

Medizinische Fakultät der Universität Basel

Advanced Studies

MAS in Functional Kinetic Science MFKSc

Erstellung eines ergänzenden funktionellen  
Screeningtools bei adoleszenten idiopathischen  
Skoliosen unter Verwendung von  
motorischen Test-Items

Vorgelegt von:

Daniela Roth  
Astrid-Lindgren-Str. 2  
79100 Freiburg

Betreuer:

Andreas M. Bertram & Prof. Dr. med. Niklaus F. Friederich

Studiengangleitung:

Prof. Dr. med. Niklaus F. Friederich  
Präsident der Studiengangskommission  
Facharzt FMH Orthopädische Chirurgie und  
Traumatologie des Bewegungsapparates  
Sportmedizin SGSM

Andreas M. Bertram, Studiengangleiter  
Dipl. Physiotherapeut, Master of Sports Physiotherapy  
Certified Instructor Funktional Kinetics (CIFK)

Datum:

26.6.2021

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Einleitung</b> .....	1
<b>I. Teil</b> .....	5
I.1 Die idiopathische Skoliose .....	6
I.1.1 Ätiologie und Pathogenese der idiopathischen Skoliose.....	7
I.1.2 Einteilung der idiopathischen Skoliosen .....	8
I.1.3 Diagnostik.....	11
I.1.4 Progredienzrisiko .....	12
I.1.5 Therapie .....	15
I.1.6 Herausforderung in Diagnostik & Therapie .....	16
I.2 Die Wirbelsäule.....	24
I.2.1 Anatomie.....	24
I.2.2 Funktionelle Anatomie der wirbelsäulenzugehörigen Körperabschnitte .....	25
I.2.3 Wirbelsäulenbeweglichkeit und funktionelles Bewegungsverhalten .....	30
I.2.4 Kontrolle von Haltung und Bewegung .....	32
I.2.5 Funktion der Wirbelsäule.....	34
I.3.6 Arbeitsfragen .....	35
<b>II. Teil</b> .....	37
II.1 Darstellung von bewegungsdiagnostischen Testverfahren und ihr Bezug zu funktionellen Defiziten der adolszenten idiopathischen Skoliose (AIS) .....	38
II.1.1 Methoden zur Bewegungsdiagnostik .....	39
II.1.2 Motorische Testverfahren für Kinder und Jugendliche .....	39
II.1.3 Funktionelle Defizite AIS .....	47
<b>III. Teil</b> .....	68
III.1 Erstellung spezifischer Testitems für AIS.....	69
III.1.1 Testziel .....	69
III.1.2 Aspekte der Testinhalte, Bewegungsdimensionen, Testverfahren.....	69
III.1.3 Definition Gleichgewichtsfähigkeit .....	73
III.1.4 Definition Bewegungskoordination .....	73
III.2 Spezifische Testitems.....	74
III.2.1 Rückenschaukel.....	75
III.2.2 Purzelbaum .....	77

## Inhaltsverzeichnis

III.2.3 Klavierspieler.....	79
III.2.4 Sitzhaltung.....	82
III.2.5 Hampelmann.....	85
III.2.6 Finger-Boden-Abstand (FBA) .....	87
III.3 Testmaterial zu den Testaufgaben .....	88
III.3.1 Rückenschaukel.....	90
III.3.2 Purzelbaum .....	94
III.3.3 Klavierspieler.....	98
III.3.4 Sitzhaltung.....	101
III.3.5 Hampelmann.....	102
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>105</b>
<b>Quellennachweis .....</b>	<b>116</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>119</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>120</b>
Skoliose-Schulscreening .....	120
Info-Flyer für die Eltern .....	121
Einverständniserklärung & Anamnese-Fragebogen.....	123
Laufzettel .....	126
<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>132</b>

## Einleitung

Eine Skoliose bezeichnet eine Deformität der Wirbelsäule<sup>1</sup>. Ein Nichterkennen oder ein zu spätes Einleiten einer Behandlung kann schwere Folgen für die Patienten haben<sup>2-6</sup>. Eine frühe konservative Behandlung von idiopathischen<sup>1</sup> Skoliosen kann einen progredienten Verlauf stoppen oder verlangsamen und, nach Meinung von Experten, dadurch Operationen verhindern. So sind am Kinderspital in Basel rund 80 % der operationsbedürftigen Skoliosen „verpasste“ spät diagnostizierte Skoliosen<sup>2</sup>. Experten sind sich einig, dass eine frühe Diagnosestellung wichtig ist und Auswirkungen auf die Therapierbarkeit und damit auf die spätere Lebensqualität hat<sup>7-11</sup>. Die Diagnosestellung und Therapie von idiopathischen Skoliosen erfolgt jedoch oft erst beim Auftreten von sichtbaren, meist schon strukturellen Wirbelsäulendeformitäten (klinische Untersuchung, Röntgen)<sup>12</sup>.

Aus der Biologie und Embryologie ist bekannt und allgemein akzeptiert, dass Anpassung an eine Funktion durch Ausübung derselben passiert<sup>13</sup>, dass also die Form von der Funktion gebildet wird<sup>14</sup>. Nach diesem Prinzip des funktionellen Zusammenhangs von Struktur und Funktion<sup>13</sup> und mit der Hypothese „form follows function“ arbeitet die skoliosespezifische Physiotherapie in der Behandlung von idiopathischen Skoliosen. Durch den gezielten Einsatz funktioneller Bewegungen & Belastung wird versucht die Deformität zu reduzieren bzw.

### Hintergrund

80 % der operations-bedürftigen Skoliosen (Kinderspital Basel) sind „verpasste“ zu spät diagnostizierte Skoliosen<sup>1</sup>.

Zur Verbesserung der Früherkennung bietet die dominierend ursachenbezogene Forschung bisher keinen Ansatz.

Eine strukturelle Form entsteht durch Anpassungsvorgänge an eine Funktion<sup>13</sup> – „form follows function“<sup>14</sup>. Eine gestörte / veränderte Struktur müsste sich also in einer gestörten, veränderten, von der Norm abweichenden Funktion äußern.

Gibt es Möglichkeiten, diese funktionellen Störungen anhand von motorischen funktionspezifischen Tests, schon in einem frühen Stadium der Skoliose zu erkennen und für Diagnostik und Therapie zu nutzen?

<sup>1</sup>einer Skoliose bei der keine spezifische Ursache bekannt ist<sup>7</sup>

<sup>2</sup>Prof. Dr. Carol Claudius Hasler, Chefarzt am Universitäts-Kinderspital beider Basel, Vortrag vom 5.3.2021 im Studiengang MAS FunctionalKinetic Science

einer Deformitätszunahme entgegenzuwirken. Erste Belege der Wirksamkeit skoliosespezifischer Physiotherapie in der Therapie der adoleszenten idiopathischen Skoliose (AIS) konnten erbracht werden<sup>15-18</sup>.

Wenn also funktionelle Physiotherapie die Skolioseprogredienz stoppen oder verlangsamen kann oder evtl. sogar die Wirbelsäulendeformität reduzieren kann, wenn Therapeuten über den gezielten Einsatz von „Funktion“ einen Einfluss auf die Wirbelsäulenform respektive Wirbelsäulendeformität nehmen können, dann kann davon ausgegangen werden, dass auch bei der idiopathischen Skoliose dieser funktionelle Zusammenhang zwischen Funktion und Struktur besteht. Somit kann „die funktionelle Belastung die Haltung der Wirbelsäule entscheidend prägen und formen, ...“<sup>7</sup>.

Denkt man das Prinzip der funktionellen Zusammenhänge zwischen Struktur und Form weiter, zwingen minimale Funktionsveränderungen die Struktur zur Anpassung und Strukturveränderungen behindern bzw. veränderndes Ursprungsmuster der entsprechenden Funktion.<sup>14,19</sup> Eine gestörte / veränderte Struktur äußert sich also in einer gestörten, veränderten, von der Norm abweichenden Funktion. Dies müsste aber auch bedeuten, dass schon vor der Entstehung einer gestörten Struktur eine gestörte bzw. veränderte Funktion vorhanden sein muss. Auf die idiopathische Skoliose bezogen wäre es also durchaus vorstellbar, dass sich eine Wirbelsäulen-Deformität schon in einer Funktionsstörung äußert, (lange) bevor es zu sichtbaren Veränderungen kommt. Es sollte also möglich sein, Formabweichungen in einem Frühstadium, vielleicht schon vor dem Eintreten struktureller Veränderungen, anhand von Funktionsstörungen / funktionellen Abweichungen zu erkennen. Diese Funktionsstörungen könnten bei Bewegungs- oder Gleichgewichtsanalysen anhand einer Abweichung von der Norm im Bewegungs-, Reflex-, Koordinations-, Gleichgewichtsverhalten in Erscheinung treten. Diese Hypothese wird durch eine Studie von J. H. Tobias et. al (2006)<sup>20</sup> untermauert, welche zeigen konnten, dass AIS Kinder schon im Säuglings- / Kleinkindalter eine reduzierte körperliche Aktivität aufweisen<sup>20</sup>. Auf der Suche nach den besten Diagnose- und Therapiemöglichkeiten der idiopathischen Skoliose wäre es also evtl. sinnvoll neben den bisher gängigen klinischen Untersuchungsmethoden noch mehr funktionsorientierte Ansätze zu untersuchen und bei Erfolg zu etablieren.

In Anbetracht dieses Hintergrundes sowie eigener Erfahrungen aus der Praxis, wo beobachtet werden konnte, dass AIS Patienten häufig funktionelle und motorische Defizite

aufweisen, ist das Ziel dieser Arbeit mögliche funktionelle Testitems zu erstellen und begründen. Diese Tests sollen die Wirbelsäule möglichst funktionspezifisch mittels komplexer und / oder organsystemübergreifender Aufgaben untersuchen, um Funktionsabweichungen und Funktionsdefizite deutlich(er) aufzeigen zu können. Sollten sich diese Testtools mittels einer noch folgenden Studie als valide genug erweisen, könnten sie eine wertvolle Ergänzung im Diagnoseprozess zur Früherkennung von AIS darstellen.

Um diese Testtools zu erstellen, bedurfte es mehrerer Arbeitsschritte. Zuerst einmal muss das Krankheitsbild sowie die Anatomie und Funktion der Wirbelsäule in ihrer ganzen Komplexität erfasst werden. Weiterhin wurden die Methoden zur Bewegungsdiagnostik, existierende motorische Testverfahren und Verfahren zur Bewegungsbeobachtung sowie die schon erforschten funktionellen Defizite bei AIS gesichtet und analysiert. Alle diese Aspekte wurden dann in einer Synthese verknüpft und in der Erstellung der Testitems unter Beachtung organisatorischer und struktureller Voraussetzungen berücksichtigt.

Schaubild der Arbeitsschritte und Inhalte zur Erstellung motorischer Tests- und Testverfahren für AIS-Patienten.

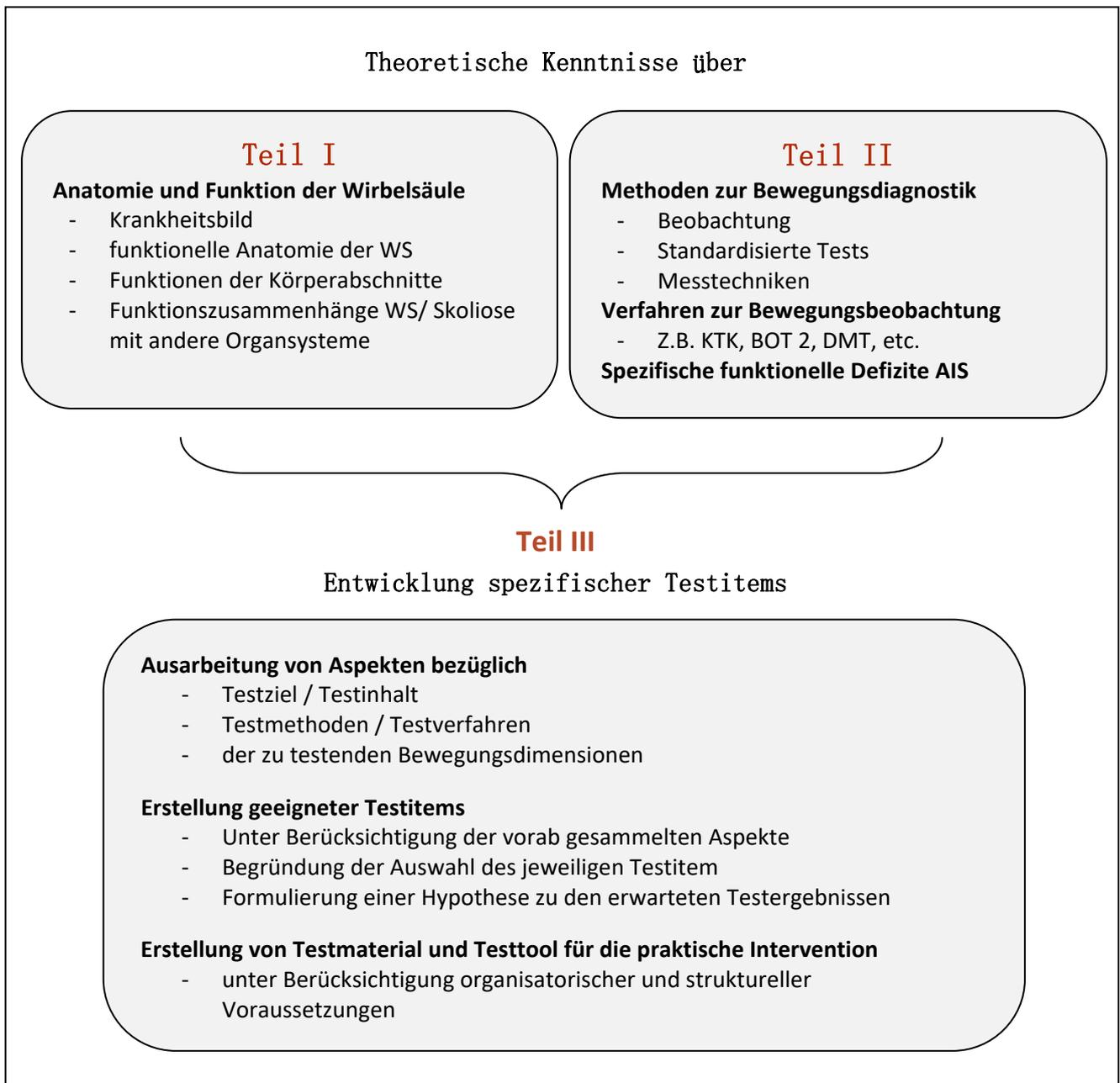
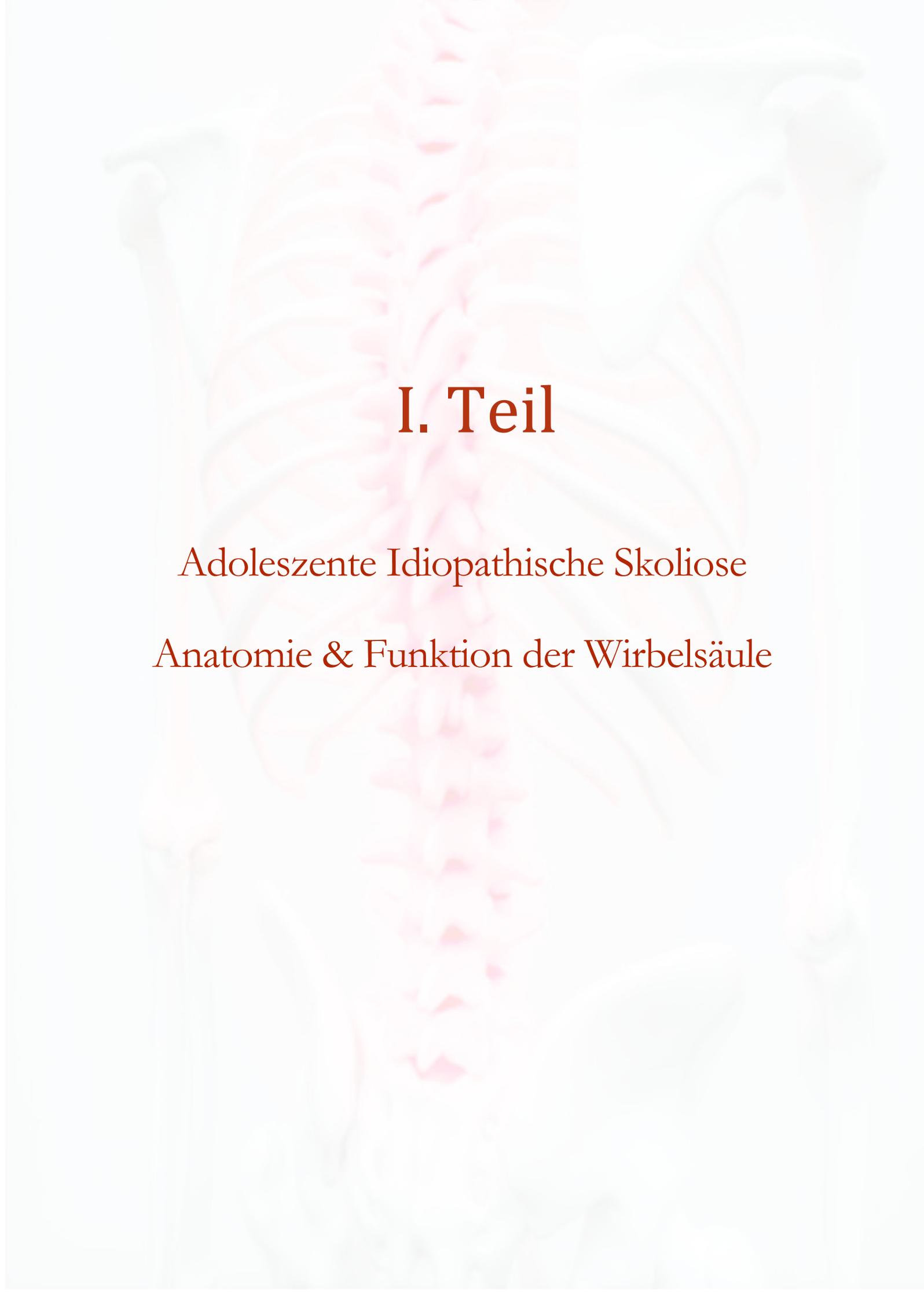


Tabelle 1 Überblick zum Aufbau dieser Arbeit zur Entwicklung spezifischer Testitems. Angelehnt an Reichenbach 2006



# I. Teil

Adoleszente Idiopathische Skoliose

Anatomie & Funktion der Wirbelsäule

## I.1 Die idiopathische Skoliose

Die Skoliose (griechisch Skoleks =Wurm, skolios krumm<sup>21</sup>) ist eine Wachstumsstörung<sup>1</sup> der Wirbelsäule, die mit einer teilstrukturellen dreidimensionalen Deformität der Wirbelsäule einhergeht. Per Definition ist sie eine Seitverbiegung der Wirbelsäule von mehr als 10° (gemessen anhand des Cobbwinkels, vgl. Abb. 3, 4c) und eine Rotation der Wirbel um die Längsachse und eine Torsion der Wirbelkörper<sup>22</sup>.

### Skoliose

teilstrukturelle dreidimensionale Deformität der Wirbelsäule<sup>22</sup>

- Seitverbiegung >10° (Cobbwinkel)
- Rotation / Torsion der Wirbelkörper um Längsachse
- Veränderung in der Sagittalebene (Hypokyphose)
- Längenverlust in Abhängigkeit vom Maß der Krümmung

Neben der seitlichen Veränderung in der Frontalebene und der Rotationsveränderung in der Transversalebene kommt es zu einer Veränderung des physiologischen Sagittalprofils. Bei zunehmender Krümmung kann die Skoliose auch zum Längenverlust<sup>7</sup> und zu strukturellen Veränderungen des Brustkorbes führen<sup>23</sup>. Mit einer Prävalenz von 1,1-5,2%<sup>12,22,24-27</sup> gehört die Skoliose im Jugendalter (adoleszente idiopathische Skoliose, (AIS)) zu den häufigsten Wirbelsäulenerkrankungen im Wachstumsalter<sup>28</sup>. Schwere behandlungsbedürftige progrediente Formen mit einem Cobbwinkel >20° / >30° / >40° haben eine Prävalenz von 0,5 / 0,2 / 0,1%.<sup>12,22,24</sup>. Sie treten vermehrt bei Mädchen auf und können einhergehen mit gesundheitlichen Folgen im Erwachsenenalter, mit einer verringerten Lebensqualität, mit kosmetischen sichtbaren Deformitäten und Behinderungen, mit Schmerz und fortschreitenden Funktionseinschränkungen sowie Einschränkungen der Lungenfunktion<sup>2-4,8,27</sup>. Das Verhältnis Mädchen zu Jungen ist je nach Ausprägung der Wirbelsäulenkrümmung unterschiedlich (>20° 7:1, >30° 10:1)<sup>22,25,26</sup>.



Abbildung 1 Skolioseskelett.  
Lehnert-Schroth, C. (2014)

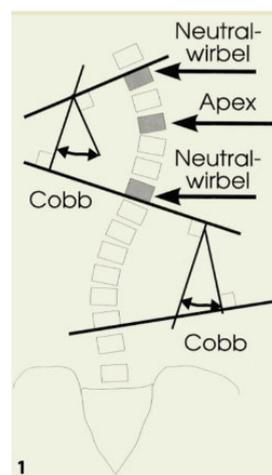


Abbildung 2 Cobbwinkel.  
Landauer, F., Krismer, M. & Bauer, R. (1997)

### I.1.1 Ätiologie und Pathogenese der idiopathischen Skoliose

Bis heute ist bei 80% der Skoliosen keine spezifische Ursache bekannt<sup>7</sup>. Erkrankungen ohne erkennbare Ursache bezeichnet man als idiopathisch. Die verschiedenen Erklärungsversuche dieser idiopathischen Skoliosen (genetische Faktoren, biomechanische Faktoren, Anomalien im Skelettwachstum, Umwelt- und Lebensfaktoren, Veränderungen des Nervensystems, hormonelle und metabolische Dysfunktionen,...<sup>8,26,27</sup>) lassen die multifaktoriellen Einflüsse erkennen, welche in der Entstehung einer Skoliose beteiligt sein könnten. Dies könnte auch die Vielzahl unterschiedlicher Skolioseformen<sup>29</sup> erklären.

#### **Die Ursache von 80% aller Skoliosen ist bislang ungeklärt.**

Multifaktorielle Einflüsse könnten an der Entstehung einer Skoliose beteiligt sein. Auffälligkeiten finden sich z.B.

- muskuloskelettal: schnelleres Wachstum der ventralen Wirbelkörper<sup>26</sup>
- metabolisch: schlechtere Knochenqualität<sup>26,30</sup>
- neuromuskulär: die motorischen Zentren im ZNS sind strukturell kleiner / Auffälligkeiten in Gleichgewicht und Bewegungskoordination<sup>26,27</sup>
- genetische Disposition<sup>27</sup>

Bei den idiopathischen Skoliosen handelt es sich in der Regel um ansonsten physisch und psychisch gesunde Kinder<sup>26</sup>. Jedoch konnten in klinischen Untersuchungen bei Kindern mit einer idiopathischen Skoliose im Jugendalter leichte Abweichungen in der Norm in pathogenese assoziierten Organsystemen festgestellt werden, zum Beispiel:

- Bei AIS ist ein disproportioniertes Wachstum der Wirbelsäule zu erkennen. „Die typische idiopathische Skoliose entsteht aus einer relativen Lordose. Wahrscheinlich ist, dass die Wirbelkörper (im Scheitelbereich der Skoliose) ventral schneller wachsen als die dorsalen Strukturen, was letztlich zur Rotation der Wirbelkörper gegeneinander führt“<sup>26</sup>.
- Auf metabolischer Ebene fand man bei den Kindern eine schlechtere Knochenqualität mit geringerer Knochendichte und einer erhöhten turn-over Rate auf. Sie sind meist größer gewachsen bei gleichzeitig geringerem Körpergewicht<sup>26,30</sup>.
- Es ist eine deutliche familiäre Häufung zu erkennen. Die genetischen Untersuchungen weisen momentan darauf hin, dass genetische Faktoren in der initialen Entstehung einer Skoliose beteiligt sind, für die Progression jedoch andere Umweltbedingungen verantwortlich sind<sup>27</sup>.

## I.1 Einteilung der idiopathischen Skoliosen

- Im neuromuskulären Bereich fand sich eine schlechtere Gangkontrolle, kleinere Kleinhirnregionen und dünnere rechtsseitige Großhirnrinden und Asymmetrien im Bereich des Hirnstammes<sup>26,27</sup>.

Aus dem physiotherapeutischen Alltag kann eine Auffälligkeit von AIS-Patienten bezüglich der Bewegungskoordination (z.B. im Gang, beim Rollen / Purzelbaum, im Gleichgewicht) bestätigt werden.

Eine Kausalität zu den o.g. Beobachtungen konnte jedoch bisher nicht festgestellt werden<sup>26</sup>

### I.1.2 Einteilung der idiopathischen Skoliosen

- **Nach dem Alter**

Die idiopathischen Skoliosen werden nach dem Zeitpunkt der Diagnosestellung in die infantile, juvenile oder die dominierende adoleszente idiopathische Skoliose<sup>23,31</sup> eingeteilt(s. Tab. 1). Die idiopathischen Skoliosen machen 90% der Skoliosen im Wachstumsalter aus, wobei die adoleszente idiopathische Skoliose die Häufigste ist<sup>31</sup>.

<b>Idiopathische Skoliosen 80%</b>	<b>Andere Ursachen 20%</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Infantil 0-3 Jahre (IIS)</b> seltener Typ, Prävalenz 1%</li><li>• <b>Juvenil 4-10 Jahre (JIS)</b> häufig progredient<sup>26</sup></li><li>• <b>Adoleszent ab 10 Jahre (AIS)</b> machen 90% aller idiopathischen Skoliosen aus. Prävalenz 0,47%(&gt;20°) und 5,2%(&lt;20°)<sup>26</sup> Mädchen : Jungen bei Krümmungen &lt;20° etwa 1-4:1, für Krümmungen &gt;20° ein Verhältnis von bereits 5-7:1<sup>23</sup></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• kongenital</li><li>• neuromuskulär</li><li>• Deformitäten, auf dem Boden von Skelettdysplasien</li><li>• sekundäre Skoliosen, z.B. bei Morbus Scheuermann, Tumoren, ausgeprägten Beinlängendifferenzen oder auch bei Spondylolisthesis etc.<sup>23,26</sup></li></ul>

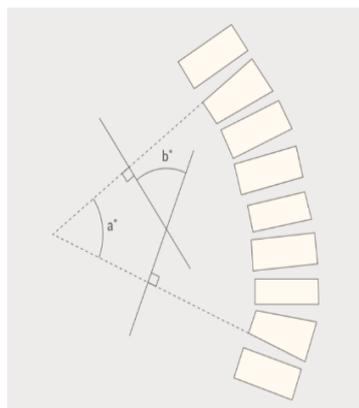
*Tabelle 2 Einteilung von Skoliosen*

▪ **Nach dem Cobbwinkel**

Anhand der Größe des Cobbwinkels orientiert sich das komplette Therapiemanagement der idiopathischen Skoliosen. Trotz bekannter Limitationen dieser Messmethode und in Ermangelung anderer Alternativen gilt er als einfaches allgemein anerkanntes Mittel zur Definition struktureller Skoliosen. Der Cobbwinkel wird röntgenologisch stehend in einer frontalen Wirbelsäulenganzaufnahme erfasst (vgl. Abb.3).

- Ab einer Abweichung von 10° spricht man von einer Skoliose.
- Ab 30° Cobbwinkel steigt das Risiko einer Krümmungsprogredienz nach Wachstumsende. Auch steigt das Risiko von gesundheitlichen Problemen und Einschränkungen in der Lebensqualität.
- Ab 50° sind Krümmungsprogression, gesundheitliche Folgen und Einschränkungen der Lebensqualität als so gut wie sicher anzunehmen<sup>27</sup>.

Cobb technique for determining size of a scoliosis curvature. On a posteroanterior view of the spine, tangents (dashed-dotted lines) are drawn along the superior endplate of the superior end vertebra and the inferior endplate of the inferior end vertebra. The angle formed (angle a) by the intersection of these two lines is the Cobb angle. This is more conveniently measured as the angle (b) formed by the intersection of two lines drawn perpendicular to the tangents. Adapted from Kim et al<sup>17</sup>



**Abbildung 1 Messung des Cobbwinkels.**  
Altaf, F., Gibson, A., Dannawi, Z. & Noordeen, H (2013)

▪ **Nach der Hauptkrümmung**

Röntgenologisch werden Skoliosen (nach der Scoliosis Research Society) in 6 Typen eingeteilt. Die Bezeichnung richtet sich nach der Höhe des Scheitelwirbels (Apex) der Krümmungen<sup>7,23</sup>.

Bezeichnung der Skoliose	Scheitelpunkt
zervikal	C2–C6
thorakal	C7–T1
thorakal	T2–T11
thorako-lumbal	T12–L1
lumbal	L2–L4
lumbo-sakral	L5 und unterhalb

## I.1 Einteilung der idiopathischen Skoliosen

*Tabelle 3 Einteilung der Skoliosen anhand des Scheitelpunktes<sup>7,23</sup>*

Neben dieser Einteilung gibt es noch weitere Einteilungen (nach Lenke, King, Schroth und Rigo-Chêneau) welche v.a. zur Operationsplanung (Lenke/King), Korsettanpassung (Schroth/Rigo-Cheneau) und Physiotherapie (Schroth) genutzt werden<sup>31</sup>.

### ▪ **Nach dem Grad der Reversibilität**

Nach dem Grad der Reversibilität lassen sich funktionelle und strukturelle Skoliosen unterscheiden:

- Die funktionelle Skoliose ist eine Wirbelsäulenverkrümmung mit Abweichung in der Frontalebene ohne strukturelle Veränderungen. Sie ist durch aktive / passive Maßnahmen reversibel<sup>31</sup>.
- Bei strukturellen bzw. teilstrukturellen Skoliosen liegen dauerhafte fixierte strukturelle Veränderungen in dem typischen Skoliosemuster vor, die weder aktiv noch passiv korrigiert werden können<sup>31</sup>.

funktionelle Skoliosen	strukturelle bzw. teilstrukturelle Skoliosen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirbelsäulenverkrümmung mit Abweichungen in der Frontalebene</li> <li>• ohne strukturelle Veränderungen</li> <li>• durch aktive / passive Maßnahmen reversibel</li> <li>• z.B. Ausweichbewegungen bei Lumbalgie, Haltungsasymmetrien durch Beckenschiefstand, Blockaden an Wirbelsäule und / oder Rippen<sup>31</sup></li> <li>• innerhalb struktureller skoliotischer Wirbelsäulendeformitäten können funktionelle (nichtstrukturelle) „Kompensations-bögen“ auftreten<sup>26</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dauerhafte fixierte strukturelle Veränderungen im typischen Skoliosemuster</li> <li>• weder aktiv noch passiv korrigierbar</li> <li>• die Haupt-/Primärkrümmung einer idiopathischen Skoliose weist immer eine strukturelle Veränderung auf<sup>31</sup></li> </ul>

*Tabelle 4 Merkmale von funktionellen und strukturellen Skoliosen*

### I.1.3 Diagnostik

Beim Auftreten von sichtbaren Veränderungen oder Asymmetrien an Wirbelsäule, Becken oder Schulter wird der Diagnoseprozess der idiopathischen Skoliose als Ausschlussdiagnose eingeleitet. Ausschlussdiagnose bedeutet, dass die Anamnese sowie die klinische und radiologische Untersuchung keine klare Ursache aufdecken konnte.

Neben der ausführlichen Anamnese (Grunderkrankungen, Operationen, Unfälle, Familienanamnese, Schmerzen, Radiation, Entwicklungsverzögerungen, Wachstumsphasen, Geschlechtsreife, Neurologie), gehören in jede klinische Untersuchung<sup>8,12,23,31</sup>:

- eine Inspektion bezüglich Körperstatik und Symmetrie (v.a. Lot, Wirbelsäule, Becken, Schulter) (vgl. Abb.4a)
- der Vorbeugetest (Adam's Test) zur Überprüfung der Rotationskomponente (Lendenberg und Rippenberg) (vgl. Abb. 4b)
- die metrische Erfassung der Rotationskomponente mithilfe des Skoliometers (vgl. Abbildung 5)

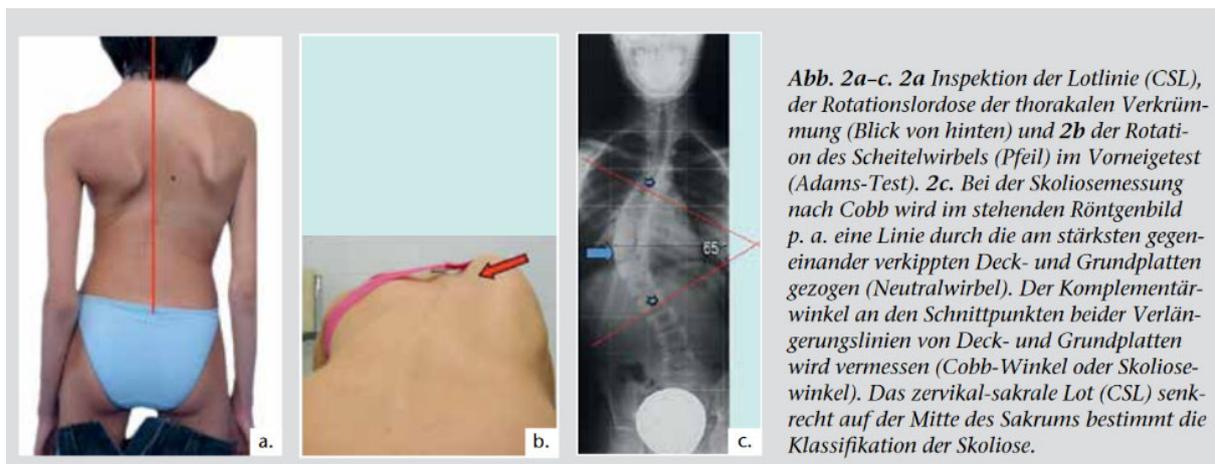


Abbildung 2 Inspektion und Adam's Test. Matussek, J. (2016)



Abbildung 3 metrische Erfassung der Rotationskomponente mithilfe des Skoliometers. Seifert, J., Thielemann, F. & Bernstein, P. (2016)

Bei auffälligen Befunden in der Basisdiagnostik schließt sich die Röntgenuntersuchung in zwei Ebenen mit Bestimmung der Abweichung in der Frontalebene über den Cobbwinkel an<sup>8,12,23,31</sup>. Sollten Hinweise auf eine sekundäre Skoliose oder neurologische Auffälligkeiten vorliegen, ist eine MRT Aufnahme indiziert<sup>26</sup>.

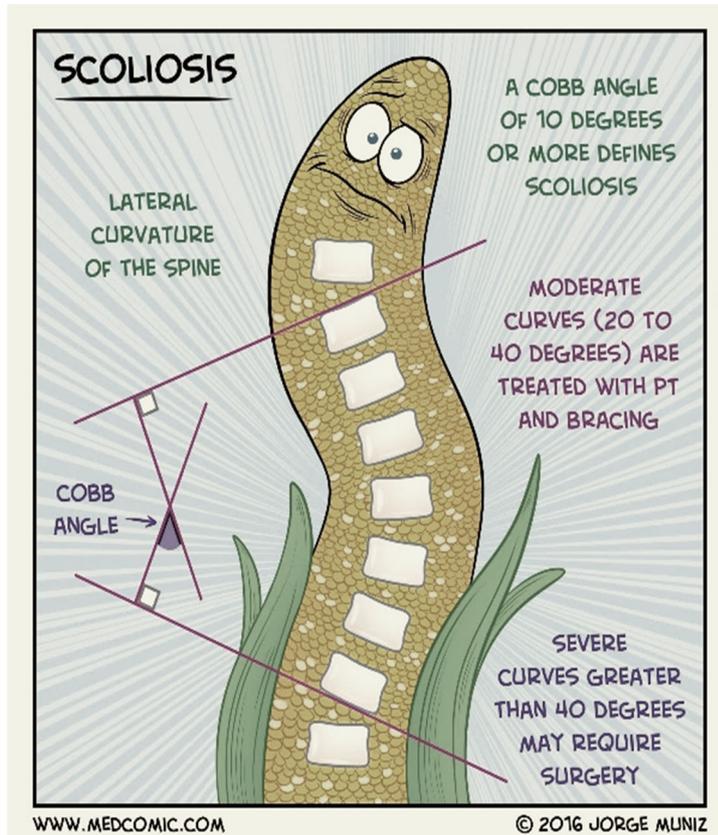


Abbildung 4 Komik-Darstellung klassischer Merkmale einer Skoliose.  
www.medcomic.com, jorge muniz (2016)

### I.1.4 Progredienzrisiko

Nur 10% aller diagnostizierten AIS werden behandlungsbedürftig<sup>22,32</sup>. Die meisten Skoliosen unter 20° weisen keine Tendenz zur Progredienz auf<sup>25</sup>, bei ca. 2/3 der Skoliosen über 20° ist mit einer Progredienz zu rechnen<sup>26</sup> und bei Skoliosen über 50° ist auch noch nach Wachstumsabschluss mit einer Progredienz von 1° pro Jahr zu rechnen<sup>25</sup>. Insofern geht es im Anschluss an die Diagnosestellung in erster Linie darum, das Progredienzrisiko zu beurteilen und zu unterscheiden welche Skoliosen stabil bzw. kaum progredient sind und welche Skoliosen ein hohes Progredienzrisiko aufweisen. Auf dieser Grundlage gilt es dann zu entscheiden, welche Patienten unter Beobachtung bleiben können, welche zum Spezialisten überwiesen werden müssen, welche eine konservative Versorgung (Physiotherapie, Korsett) und welche eine Operation benötigen<sup>22,25</sup>.

#### Die wichtigsten Progredienzfaktoren

- Alter / biologisches Alter
- Stärke Cobbwinkel
- Geschlecht
- Sagittalprofil
- Gentische Disposition

## I.1 Progredienzrisiko

Ohne die richtige Einschätzung des Progredienzrisikos können unerwünschte Nebeneffekte auftreten. Im Fall von milden, nicht progredienten Skoliosen kann es zu einer unnötigen Überbehandlung kommen, einhergehend mit zu viel Belastung ohne weiteren Nutzen wie z.B. unnötige Überweisungen zum Spezialisten, Strahlenexposition durch Röntgenaufnahmen, Übertherapie, Zeitverlust in Schule und Freizeit oder psychosoziale Nebeneffekte wie z.B. Ängsten und Stigmatisierung. Auf der anderen Seite kann es im Fall von (hoch)progredienten Skoliosen zu einer Unterversorgung kommen, mit der Folge einer Verschlechterung der Deformität, negativen kosmetischen Auswirkungen, Einschränkungen in der Lungenfunktion (ab  $>100^\circ$  Cobbwinkel) bis hin zu einer erhöhten Morbidität. In beiden Fällen können soziale und psychologische Auswirkungen (Gefühl der sozialen Isolation, niedrigere Heiratsrate, Angst, ...) auftreten. Die Fähigkeit das Progredienzrisiko richtig zu beurteilen ist also entscheidend für die anschließende Beobachtungshäufigkeit des Patienten und die angemessene Wahl einer Therapie, also konservativer Therapie (Physiotherapie, Korsettversorgung) oder Operation. Es sollte auch bedacht werden, dass das wichtigste Ziel des Patienten oft der ästhetische Aspekt ist und sich hier eine Definition in Unterversorgung und Überbehandlung nicht am Cobbwinkel festmachen lässt<sup>5,25,29</sup>.

Eine sichere Beurteilung des Progredienzrisikos ist bisher leider nicht möglich. So gibt es verschiedene Anhaltspunkte, aus welchen man im Zusammenhang das Risiko einer Progredienz abschätzen kann. Die Hauptrisikofaktoren sind die Restwachstumserwartung, welche aus dem biologischen Alter (Tanner Stadien, Risser Zeichen, Zeitpunkt Menarche) abgeleitet werden, der Cobbwinkel zum Diagnosezeitpunkt und das Geschlecht. Mädchen haben ein 7-10-fach höheres Risiko. Je jünger das Kind zur Diagnosestellung (gleichbedeutend mit je größer das Wachstumspotential noch ist) und je größer der Cobbwinkel, umso höher das Progredienzrisiko<sup>22,26,30</sup>. Zur Groborientierung: ca. 75% aller „unreifen“ Kinder (Geschlechtsreife, Risser 0-I) mit einem Cobbwinkel von  $>20^\circ$  werden einen progredienten Verlauf erfahren<sup>26</sup>.

Neue vielversprechende Forschungen zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit sind auf dem Weg. So entwickelte Zhang et al. ein kombiniertes Vorhersageschema bei dem er klinische Parameter (Alter, Größe, Gewicht, Geschlechtsreife, Zeitpunkt der ersten Menarche, Risser sign) und eine Blutanalyse (Bestimmung von genetischer Disposition, und Osteoporosemarkern) zur Vorhersage der Kurvenprogredienz kombiniert<sup>29,30</sup>. Forschungen

## I.1 Progredienzrisiko

im Bereich der Radiologie begründen die Vermutung, dass das Vorhandensein eines veränderten Sagittalprofils (Lordosierung) die Entstehung und die Progredienzwahrscheinlichkeit der Deformität begünstigen<sup>27,29</sup>. So könnte eine Abflachung der physiologischen Kyphose ein progredienzfördernder Faktor sein. Trotz all der vielversprechenden neuen Forschungsergebnisse bleibt eine Restunsicherheit bestehen, was wiederholte klinische und/oder radiologische Kontrollen erfordert<sup>26</sup>.

Risikofaktoren einer Kurvenprogredienz bei der adoleszenten idiopathischen Skoliose (AIS):

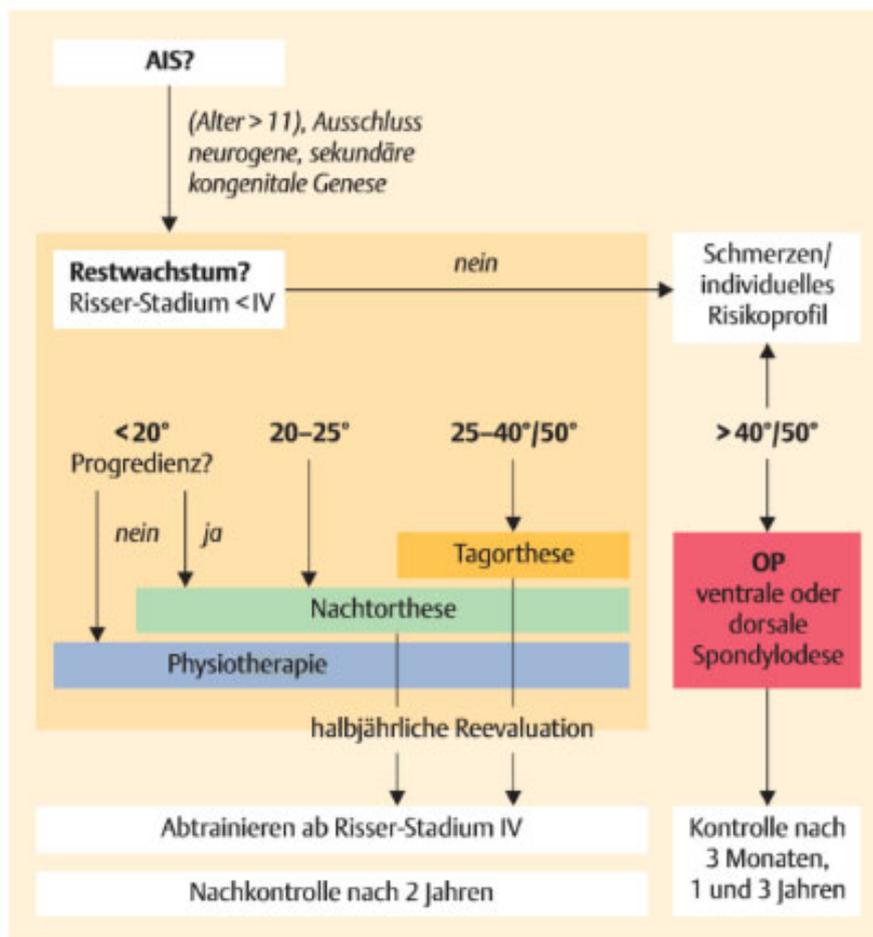
Risikofaktoren	Kommentar
<b>Biologisches Alter</b>	Je jünger das Alter bei der Diagnose, desto grösser ist das Potenzial für eine Kurvenprogredienz mit Beginn des Wachstumsschubs bei Jugendlichen
<b>Stärke der Kurve (Cobbwinkel)</b>	Das Risiko der Progredienz steigt mit der Kurvengröße
<b>Geschlecht</b>	Eine Progredienz tritt bei Mädchen häufiger auf
<b>Kurvenform</b>	Doppelkurven haben eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine Progredienz als Einzelkurven
<b>Menarche</b>	Das Progredienzrisiko ist nach der Menarche am geringsten
<b>Restwachstum</b>	Je unreifer das Skelett, desto größer das Risiko einer Kurvenprogredienz
<b>Sagittalprofil</b>	Lordosierung der Wirbel im Scheitelbereich führt zu erhöhtem Risiko <sup>29</sup>
<b>Transversalprofil</b>	Je größer die Rotationskomponente, umso größer die Progredienz <sup>29</sup>
<b>Genetische Disposition</b>	Initial an der Entstehung einer Skoliose beteiligt, für die Progredienz stehen wahrscheinlich andere Umweltbedingungen im Vordergrund <sup>29</sup>

*Tabelle 5 Risikofaktoren und ihre Ausprägung / Auswirkung adaptiert nach Atlaf et al<sup>5</sup>*

Weitere Faktoren, die zu einer Progredienz beitragen sind die Wirkung der Schwerkraft, die Muskelaktion, reaktive Kräfte, die eine Veränderung des Sagittalprofils verursachen, und der menschliche Gang<sup>27</sup>.

### I.1.5 Therapie

Aufgrund der unklaren Ätiologie ist die Skoliosetherapie präventiver Art. Das Hauptziel besteht darin, die Wirbelsäulendeformität zu reduzieren bzw. eine Kurvenprogredienz über 30° zu verhindern. Ab 30° Cobbwinkel steigt das Progredienzrisiko und damit das Risiko einer Operationsindikation (ab 40-50°) oder die Gefahr von Spätfolgen. Bei einem Cobbwinkel unter 30° nach Wachstumsabschluss sind eine Kurvenprogredienzsowie Spätfolgen mit Behinderungen oder Schmerzen im Erwachsenenalter unwahrscheinlich<sup>29</sup>. Bei einem Cobbwinkel <20° wird in Deutschland in der Regel Physiotherapie verordnet und engmaschig ärztlich kontrolliert. Bei einer Tendenz zur Progredienz und/oder einem Cobbwinkel >20° ist eine Korsetttherapie zur Wachstumslenkung sowie begleitende Physiotherapie indiziert. Eine Operation ist ab einem Cobb-Winkel von 40° (lumbal)/50° (thorakal) möglich. Bei sehr jungen Patienten mit einer noch hohen Wachstumsreserve kann auch hier ein Korsettversuch unternommen werden.



**Abbildung 5 Dresdner Skoliosepfad.** Die Entscheidung zur OP ist ab einem Cobbwinkel von 40°(lumbal) / 50°(thorakal) möglich. Handelt es sich jedoch um sehr junge Patienten mit hoher Wachstumsreserve, kann auch in diesem Winkelbereich ein Korsettversuch unternommen werden. Bernstein, P. & Seifert, J. (2015)

## I.1.6 Herausforderung in Diagnostik & Therapie

### ▪ **Diagnostik**

Eine frühe konservative Behandlung von idiopathischen Skoliosen kann einen progredienten Verlauf stoppen oder verlangsamen und, nach Meinung von Experten, dadurch Operationen verhindern. Ein Nichterkennen oder ein zu spätes Einleiten einer Behandlung kann schwere Folgen für die Patienten haben<sup>2-6</sup>. Experten sind sich einig, dass eine frühe Diagnosestellung wichtig ist und Auswirkungen auf die Therapierbarkeit und damit auf die spätere Lebensqualität hat<sup>7-11</sup>. Wie bereits erwähnt, sind jedoch nicht selten IAS Zufallsbefunde, die erst in einem fortgeschrittenen Stadium und Alter erkannt werden<sup>3,9,26,28,33</sup>. Dies liegt einerseits daran, dass Skoliosen in der Regel keine Schmerzen verursachen<sup>7-9,12</sup>. Andererseits werden sie von Außenstehenden (Familie, Lehrer, Ärzte, ...) meist nur zufällig bemerkt, da

#### **Skoliosen werden oft spät erkannt, da:**

- die Körperhaltung aufrecht ist<sup>9</sup>
- Asymmetrien im Frühstadium für das ungeschulte Auge schwer zu erkennen sind<sup>9,28</sup>
- Die Kinder in einem Alter sind, in dem sie selten mit entblößtem Oberkörper gesehen werden<sup>9,28</sup>
- es ansonsten gesunde Kinder sind
- Kinder in dem Alter seltener an Vorsorgeuntersuchungen teilnehmen
- sich während Wachstumsschüben in der Pubertät Skoliosen in einem kurzen Zeitraum sehr schnell entwickeln können<sup>8,9,34</sup>
- es keine systematischen Screeninguntersuchungen gibt<sup>25</sup>
- klinische Diagnosemöglichkeiten begrenzt sind
- Praktikabilität und Messgenauigkeit dieser Diagnosemöglichkeiten ist für ungeschulte Menschen begrenzt

meist nur zufällig bemerkt, da

- die Körperhaltung der Patienten aufgrund der Abflachung der Brustkyphose, aufgrund eines vermehrtes Längenwachstum der ventralen Wirbelkörper, aufrecht wirkt und damit von der Umwelt als gesund wahrgenommen wird<sup>9</sup>
- man Skoliosen im Stehen schwer erkennt, außer man sucht gezielt nach ihnen. Asymmetrien (Taillendreieck, Schulterhochstand, Lendenberg, Rippenberg) können im Frühstadium noch recht dezent und dadurch schwer zu erkennen sein, vor allem für

ungeschulte Augen. Auch steht man im Alltag selten ruhig und gleichbelastet auf zwei Beinen und wird direkt von hinten oder im Vornüber bücken (Adams-Test) beobachtet<sup>9</sup>

- die Kinder in einem Alter sind, in dem sie, auch von den Eltern, im häuslichen Umfeld selten noch mit entblößtem Oberkörper gesehen werden<sup>9,28</sup>
- es sich in der Regel um ansonsten gesunde Heranwachsende handelt, die nach dem 10. Lebensjahr selten einen Arzt sehen. Die Vorsorgeuntersuchungen U1-9 sind abgeschlossen und die J1-2 Untersuchungen werden seltener in Anspruch genommen. Auch in den J1-2 kann es vorkommen, dass eine Skoliose nicht entdeckt wird, da die Patienten eine sehr individuelle zeitliche Reifung aufweisen<sup>9,28</sup>
- sich während der Wachstumsschübe in der Pubertät Skoliosen in einem kurzen Zeitraum sehr schnell entwickeln können<sup>8,9,34</sup>

Andererseits liegt es aber auch daran, dass die klinischen Diagnosemöglichkeiten begrenzt sind beziehungsweise mit Bedacht eingesetzt werden müssen. Bei den gängigen klinischen Untersuchungsmöglichkeiten (Anamnese, Inspektion, Vorneigetest, Skoliometerwert) gibt es eine relativ hohe falsch positive Diagnostikrate. Um diese so klein wie möglich zu halten, liegt die momentane Röntgenempfehlung bei einem Skoliometerwert von  $5^{\circ}$ - $7^{\circ}$ . Ab diesem Wert ist die Wahrscheinlichkeit einer tatsächlich vorliegenden Skoliose sehr hoch und das Risiko, gesunde Kinder einer unnötigen Röntgenexposition auszusetzen, sehr gering<sup>9,27</sup>. Dies hat jedoch den Nachteil, dass sich dadurch Skoliosen trotz ärztlicher Untersuchung in einem frühen Stadium eventuell nicht entdecken lassen, sie also falsch negativ diagnostiziert werden. Schreitet die Skoliose mit dem nächsten Wachstumsschub voran, kann es dann passieren, dass man in diesen Fällen den wichtigen frühen Behandlungsbeginn verpasst<sup>9</sup>.

Im Gegensatz zu vielen Expertenmeinungen und Studien werden Schulscreeningverfahren, bei denen alle Kinder im Risikoalter systematisch untersucht werden, von vielen institutionellen Positionen und Leitlinien nicht befürwortet. Die Entscheidung gegen solche Programme erfolgt i.d.R. auf Grundlage der Qualität wissenschaftlicher Arbeiten<sup>25</sup> und in Ermangelung direkter Evidenz zu Nutzen und Schaden solcher Screeningprogramme<sup>15</sup>. Die derzeitige Evidenz reicht nach Einschätzung der Screeninggegner, nicht aus, um den Nutzen und Schaden eines Screenings bei Jugendlichen zu beurteilen, da es laut Studienlage derzeit keine oder nur geringe Evidenz gibt zu

- Langzeitergebnissen für im Wachstum behandelte AIS

## I.1 Herausforderung in Diagnostik und Therapie

- Zusammenhang zwischen Krümmungsgröße zur Skelettreife und den Gesundheitsresultaten von Erwachsenen
- den Gefahren von AIS Screening oder Behandlung (wurde in keiner Studie untersucht)
- Schäden/Belastungen einschließlich strahlenexpositionsbezogenen oder psychologischen Schäden des Screenings
- Nutzen von Vorsorgeuntersuchungen auf die Gesundheitsergebnisse von Erwachsenen<sup>15</sup>

Den Gegnern von Screeningverfahren wird vorgeworfen, gleichwertige Studien mit teilweise widersprüchlichen Aussagen zu Ungunsten eines Screeningprogrammes zu interpretieren<sup>25</sup>. Einige der Empfehlungen gegen Screeningprogramme beruhen selbst auf teils veralteten qualitativ minderwertigen Überprüfungen<sup>35</sup> und neuere Evidenz aus qualitativ hochwertigen Studien zu Screeningprogrammen<sup>36,37</sup> und Studien zur Wirksamkeit von konservativer Behandlung (Korsett/Übungstherapie)<sup>6,15</sup>, welche die Notwendigkeit solcher Vorsorgeuntersuchungen unterstützen, werden in den meisten Leitlinien nicht berücksichtigt<sup>25</sup>.

Diese kontroverse Diskussion über Sinn und Nutzen von Diagnostik und Therapie der AIS zeigt jedoch klar den Bedarf an qualitativ hochwertigen Primärstudien auf. Zum Nutzen von Klinikern und v.a. Patienten sollte es Ansporn für Forscher und Organisationen sein, verlässliche Evidenz durch gute verlässliche Langzeitstudien zur Beurteilung der klinischen Wirksamkeit von Diagnostik und Therapie zu liefern<sup>15,38</sup>.

Einig sind sich Befürworter und Gegner von Screeningverfahren darüber, dass ein Skoliosescreening AIS aufspüren kann<sup>6,15</sup>, dass eine Korsettversorgung und möglicherweise auch Übungsbehandlung eine Kurvenprogression im Wachstum, ohne Kurzzeitschäden hervorzurufen, unterbrechen oder verlangsamen kann<sup>6,15</sup>, dass Operationen durch eine frühe Therapie verhindert werden können<sup>36</sup> und der Großteil der aufgefundenen asymptomatischen Individuen keine Behandlung benötigen wird<sup>15</sup>.

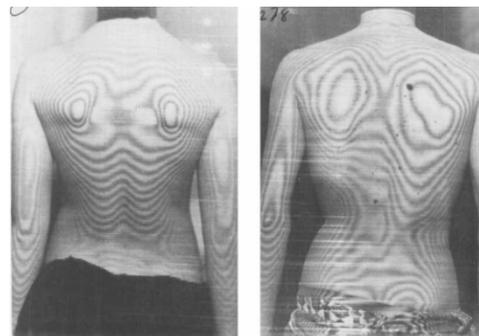
Befürworter zeigen auf, dass in Abwesenheit von Screeningprogrammen die Skoliose häufig von Laien entdeckt wird und der Cobbwinkel oft schon das obere Limit zur Korsettversorgung erreicht hat<sup>3</sup>. So wurden in Canada, nach Einstellung des Screeningprogrammes bei 32% der Skoliosediagnosen die Diagnose zu einem Zeitpunkt

gestellt, als es schon zu spät für eine Korsetttherapie war<sup>36</sup>. Auch konnte gezeigt werden, dass, in Perioden ohne Screeningprogramm, die Häufigkeit von Korsetttherapien niedriger und die von Operationen höher war im Vergleich zu Perioden mit Screeningprogramm<sup>3</sup>.

Herausforderungen mit denen Screeningverfahren zu kämpfen haben, bestehen vor allem darin, klinisch relevante Skoliosen, die eine Progressionstendenz aufweisen, bei Kindern in einem frühen Wachstumsalter zu entdecken. Auch muss die geringe Prävalenz klinisch relevanter Skoliosen (nur 10% der diagnostizierten Skoliosen werden behandlungsbedürftig) bedacht werden. Viele Kinder müssen untersucht werden, um wenige AIS Patienten aufzudecken<sup>36</sup>. Einfache klinische Diagnosemöglichkeiten mit einer möglichst hohen Sensitivität wären hier wünschenswert. Die momentan gängigen Screeningmethoden weisen jedoch eine noch verbesserungswürdige Sensitivität mit einer hohen Rate an falsch positiven (0,8-21,5%) und falsch negativen Diagnosen<sup>6</sup> auf. Beeinflusst werden diese Größen durch die Wahl und Anzahl der Messmethoden sowie durch die Qualität des Messpersonals<sup>6,36</sup>. Die gebräuchlichen Untersuchungsmethoden bestehen aus dem Vorneigetest (Adams Test), der Messung der Rotationskomponente über die Skoliometermessung und in selteneren Fällen der Moiré-Topographie (ein Verfahren zur Vermessung und bildlichen Darstellung der topographischen Rückenoberfläche<sup>39</sup>).



**Abbildung 8** the moiré' equipment. Willner, S. (1997)



**Abbildung 9** Moiré'Photografie eines normalen Rückens (links), und einer thorakolumbalen Skoliose von 37° (rechts), adaptiert nach Willner (1979)

Die Messgenauigkeit nimmt mit der Anzahl der verwendeten Screening-Tests zu. So konnte bei Messungen mit allen drei Untersuchungsinstrumenten die höchste Sensitivität und Spezifität (93,8% und 99,2%), und die geringste Falsch-Positiv-Rate erreicht werden. Messungen mit nur einem Messinstrument brachten die ungenauesten Ergebnisse. Die

falsch positiven Raten reichten von 0,8-21,5% und die der falsch negativen von 0-28,9%<sup>6</sup>. Einen weiteren großen Einfluss auf die Messgenauigkeit hat die hohe Inter-Untersucher Variabilität. Die Sensitivität und Spezifität ist häufig abhängig von den Fähigkeiten der Untersucher<sup>36</sup>. Die Folgen einer geringen Sensitivität mit hohen falsch positiven Diagnosen führt zu unerwünschten Nebeneffekten<sup>9,24,36</sup> wie z.B.

- Belastung durch unnötige Röntgenüberweisung und ein damit verbundenes evtl. erhöhtes Krebsrisiko<sup>40</sup>. Die durchschnittliche Überweisungsrate zum Röntgen in einem Screeningverfahren ist recht hoch. Sie liegt im Schnitt bei 6,6%, wobei bei 32% der Patienten ein Cobbwinkel >10° und bei 6,5% einen Cobbwinkel >20° gefunden wurde<sup>24</sup>
- unnötige Kontrolltermine<sup>40</sup>
- psychosoziale Auswirkungen, die mit einer Skoliosediagnose einhergehen können<sup>40</sup>
- Überbehandlung durch Therapie und Korsettversorgung<sup>40</sup>
- hohe Kosten vor allem durch zu hohe Überweisungsraten (falsch-positiver Patienten)<sup>36</sup>

In Deutschland und der Schweiz gibt es keine Screeningprogramme zur Früherkennung idiopathischer Skoliosen, sondern nur die Kontrolluntersuchungen beim Kinderarzt<sup>25</sup>. Die Forderung z.B. Sportlehrer oder sensibilisierte Bevölkerung in den Früherkennungsprozess einzuschalten<sup>41</sup>, scheitern an den begrenzten vorhandenen klinischen Diagnosemöglichkeiten und deren Praktikabilität und Messgenauigkeit für ungeschulte Menschen.

- Für ungeschulte Augen ist es schwierig eine Skoliose, v.a. im Frühstadium, zu erkennen (Inspektion / Adams Test / Scoliometermessung).
- Die Untersuchung ist aufwendig, da sie sich nicht in den normalen Alltag integrieren lässt und die Kleidung ausgezogen werden muss (Hemmschwelle für v.a. männliche Sportlehrer/Trainier).
- Die Untersuchungen müssten, aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Reifung, in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden.

▪ **Therapie – Wunsch und Wirklichkeit**

In der Skoliose­therapie konnten jetzt erste qualitativ hochwertige Studien belegen, dass eine konservative funktionelle Therapie sowohl in der Progredienzverring­erung als auch in der Verbesserung der Wirbelsäulendeformität Wirkung zeigt<sup>15-18</sup>. Doch trotz den Therapieempfehlungen, skoliosespezifische Physiotherapie als ersten Schritt der Skoliose­behandlung schon bei milden Skoliosen <20° Cobbwinkel einzusetzen<sup>26,27</sup>, zeigt sich in der Praxis, dass die Physiotherapie häufiger erst ab 20° Cobbwinkel als korsett­begleitende Therapie verordnet wird. Ein

**Begrenzte Therapiemöglichkeiten**

Therapiebeginn erst bei > 10° oft bei > 20° Cobbwinkel

- nur noch stoppen /verlangsamen der Progression

Therapieempfehlung erst wenn Deformitäten schon fortgeschritten sind

- wichtiges Zeitfenster zu kurativer / prophylaktischer Therapie verpasst

geringe Verschreibungsgewohnheiten / zu wenig Therapeuten

- zu wenig / uneffektive Therapie

möglicher Grund hierfür könnte sein, dass es bis vor kurzem wenig Evidenz über die Wirksamkeit von Physiotherapie gab, die neueren Erkenntnisse über die Wirksamkeit von skoliosespezifischer Physiotherapie noch nicht im Klinikalltag angekommen sind und der Einsatz von Physiotherapie von vielen Klinikern daher als nicht indiziert erachtet wird. Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass mit Physiotherapie­verordnungen sehr sparsam umgegangen wird. Verordnungen von ambulanter Physiotherapie mit einer Therapie­häufigkeit von 1 Termin/Woche sind Praxisalltag. Dies bedeutet für einen Kassenpatienten eine effektive Behandlungszeit von 15 Minuten pro Woche. Dieskoliosespezifische Physiotherapie ist jedoch ein ganzheitliches Behandlungskonzept. Die spezifischen Skoliose­übungen stellen große Anforderungen an die Bewegungswahrnehmung und Bewegungskoordination. Das motorische Lernen, vor allem von komplexen und koordinativ anspruchsvollen Bewegungen, erfordert einen großen zeitlichen Übungsaufwand. Aus diesem Grund werden stationäre oder ambulante intensivtherapeutische Behandlungen mit anschließender Langzeitbetreuung der Patienten mit regelmäßiger ambulanter Physiotherapie empfohlen<sup>42</sup>. Eine Wirksamkeit der Therapie bei solchen Verschreibungsgewohnheiten erscheint hier also als sehr fragwürdig und es wundert nicht, dass diese Ärzte keinen Nutzen von Physiotherapie feststellen können. Jedoch könnte auch die geringe Anzahl von skoliosespezifisch ausgebildeten

Physiotherapeuten eine Rolle in der sparsam verordneten Physiotherapie spielen, da eine qualitativ hochwertige und wirksame Therapie für viele Patienten nicht in Wohnortnähe zu bekommen ist. Aufgrund der neuen Evidenz zu Sinn und Nutzen von skoliosespezifischer Physiotherapie bleibt zu hoffen, dass sich dieses Wissen in absehbarer Zeit auch in den Verschreibungsgewohnheiten der niedergelassenen Ärzte äußert und mehr Physiotherapeuten einen Anreiz darin sehen, sich auf dem Gebiet der Skoliose Therapie fortzubilden. Denn „*die funktionelle Belastung kann die Haltung der Wirbelsäule entscheidend prägen und formen, ...*“<sup>7</sup>.

Auch könnte diese neue Evidenz einen Anstoß geben, den Fokus der Skolioseforschung vermehrt auf funktionelle Zusammenhänge zu lenken. Aus der Biologie und Embryologie ist bekannt und allgemein akzeptiert, dass Anpassung an eine Funktion durch Ausübung derselben passiert<sup>13</sup>, dass die Form von der Funktion gebildet wird<sup>14</sup>. Wenn also funktionelle Physiotherapie die WS-Deformität reduzieren und die Progression stoppen oder verlangsamen kann, wenn Therapeuten über den gezielten Einsatz von „Funktion“ einen Einfluss auf die Wirbelsäulenform respektive Wirbelsäulendeformität nehmen können, dann kann davon ausgegangen werden, dass auch bei der idiopathischen Skoliose dieser funktionelle Zusammenhang zwischen Funktion und Struktur besteht.

Wenn man das Prinzip der funktionellen Zusammenhänge zwischen Struktur und Form, dass minimale Funktionsveränderungen die Struktur zur Anpassung zwingen und Strukturveränderungen das Ursprungsmuster der entsprechenden Funktion behindern<sup>14,19</sup>, weiterdenkt, könnte das bedeuten, dass vor der Entstehung einer gestörten Struktur eine gestörte Funktion vorhanden sein muss.

Eine gestörte / veränderte Struktur sollte sich also in einer gestörten, veränderten, von der Norm abweichenden Funktion äußern. Auf die idiopathische Skoliose bezogen wäre es also durchaus vorstellbar, dass sich eine Wirbelsäulen-Deformität schon in einer Funktionsstörung äußert, (lange) bevor es zu sichtbaren Veränderungen kommt. Es sollte also möglich sein, Formabweichungen in einem Frühstadium (vielleicht schon vor dem Eintreten struktureller Veränderungen) anhand von Funktionsstörungen / funktionellen Abweichungen von der Norm im Bewegungs-, Reflex-, Koordinations-, Gleichgewichtsverhalten zu erkennen, wie sie in Bewegungs- oder Gleichgewichtsanalysen in Erscheinung treten können.

In Anbetracht der Problematik in der Diagnostik und Früherkennung der idiopathischen Skoliosen und der auf der Stelle tretenden Forschung in diesem Bereich, könnten funktionelle Ansätze in Form von „funktionellen Untersuchungsmöglichkeiten im Diagnoseprozess der adoleszenten idiopathischen Skoliose“ der Forschung neue Impulse geben. Auf der Suche nach den besten Diagnose- und Therapiemöglichkeiten der idiopathischen Skoliose sollten, neben den gängigen klinischen Untersuchungsmethoden, auch funktionsorientierte Ansätze untersucht und bei Erfolg etabliert werden.

Stichwortartige Übersicht der Herausforderungen in Diagnostik und Therapie der AIS:

Diagnostik	Therapie
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Röntgen erst bei Skoliometerwerten von 5°-7° → Übersehen von Skoliosen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ab &gt;10° oft erst ab &gt;20° → oft nur noch Stoppen/Verlangsamung der Progression</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falsch positive Diagnosen → unnötige Untersuchung gesunder Kinder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Therapieempfehlung erst wenn Deformitäten schon fortgeschritten sind, da man erst dann sicher sein kann, dass diese Skoliosen progredient sind. → Wichtiges Zeitfenster zu kurativer / prophylaktischer Therapie verpasst</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falsch negative Diagnosen → Skoliosen die nicht erkannt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschreibungsgewohnheiten / wenig Therapeuten → zu wenig / uneffektive Therapie</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zufallsbefund → zu späte Therapie / Spätfolgen</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Viele nicht behandlungsbedürftige Skoliosen → Wie filtert man die Progredienten Skoliosen heraus?</li> </ul>	

Tabelle 6 Herausforderung in Therapie und Diagnostik der AIS

## I.2 Die Wirbelsäule

### I.2.1 Anatomie

Anatomisch bildet die Wirbelsäule das Achsenskelett unseres Körpers (alle Knochen in der Längsachse des Körpers – Schädel, Brustkorb, Wirbelsäule, Kreuz-, Steißbein)<sup>43</sup>. An ihr sind die Knochen der Gliedmaßen angeheftet. Anatomisch werden insgesamt fünf Wirbelsäulenabschnitte unterschieden. Die Halswirbelsäule (HWS, 7 Wirbelkörper (WK)), Brustwirbelsäule (BWS, 12 WK), Lendenwirbelsäule (LWS, 5 WK), das Kreuzbein und das Steißbein.

Der Aufbau der Wirbelsäule gewährleistet einen Kompromiss zwischen Beweglichkeit und Stabilität, die Dämpfung axialer Belastungen sowie einen knöchernen Schutz des Rückenmarks. Die 24 Wirbelkörper, welche über Synchondrosen (einer Verbindung zweier Knochen über Knorpel, in diesem Fall der Verbindung von Wirbelkörper mit den Disci intervertebralis, den Bandscheiben) stabil miteinander verbunden sind<sup>43</sup>, gewährleisten in Verbindung mit dem Kapsel-Bandapparat die strukturelle Stabilität der Wirbelsäule. Eine Ausnahme bilden die obersten beiden Halswirbel, welche echte Gelenke und damit auch eine größere Beweglichkeit besitzen. Jede einzelne Synchondrose besitzt nur ein geringes Bewegungsausmaß. Jedoch summieren sich die Bewegungsausschläge der einzelnen Wirbel zu einem doch beachtlichen

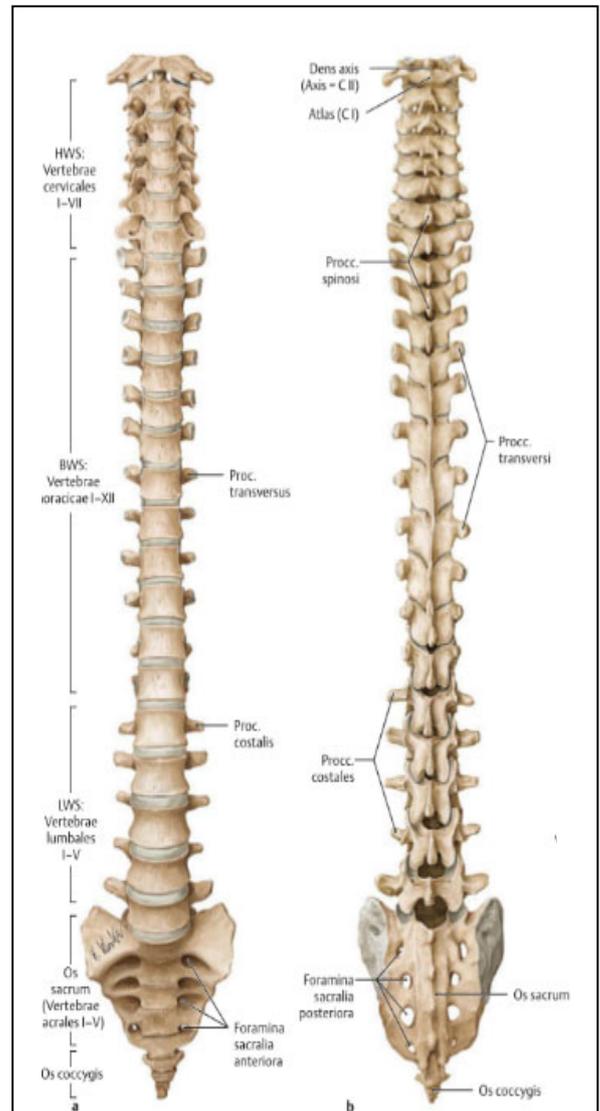


Abbildung 10 Wirbelsäulenansicht von a) ventral, b) dorsal. Aumüller, G. (2017)

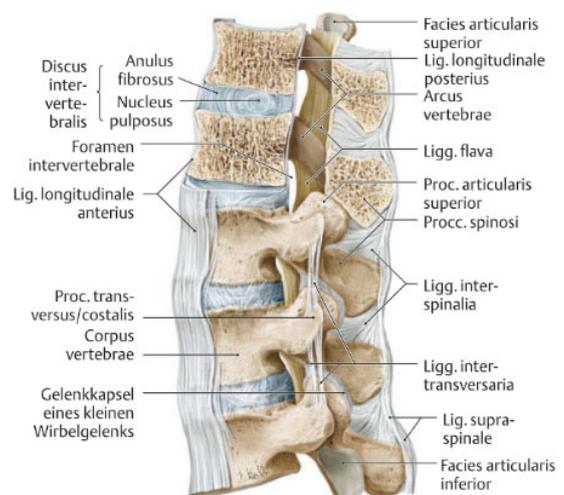


Abbildung 11 Bänder der Wirbelsäule. Aumüller, G. (2017)

Bewegungsumfang und gewährleisten somit ein Maximum an Beweglichkeit bei gleichzeitigem Maximum an Stabilität. Neben den Bandscheiben gibt es noch die Facettengelenke (echte Gelenke) zwischen den Wirbelbögen. Sie bestimmen die Bewegungsrichtung, während die Bandscheiben und die Wirbelsäulenbänder den Bewegungsumfang begrenzen.

Das physiologische Wirbelsäulenprofil weist einen S-förmigen Aufbau in der Sagittalebene auf, welcher maßgeblich für die Stoßdämpfungsfunktion ist, da sie ähnlich einer Feder Stöße abfedern kann. Die Krümmungen in der Sagittalebene nach dorsal bezeichnet man als Kyphosen (Brustwirbelsäule, Kreuz-/Steißbein) und nach ventral als Lordosen (Lenden-, Halswirbelsäule)<sup>43</sup>.

### I.2.2 Funktionelle Anatomie der wirbelsäulenzugehörigen Körperabschnitte

Neben der anatomischen Einteilung in fünf Wirbelsäulenabschnitte kann die Wirbelsäule auch in funktionelle Einheiten (Körperabschnitte (KA))

unterteilt werden. Der gesamte menschliche Körper lässt sich funktionell in die fünf Körperabschnitte Kopf, Arme, Beine, Becken und Brustkorb einteilen, wobei jeder dieser Körperabschnitte seine spezifische Funktion hat. Für die Wirbelsäule bedeutet dies, dass sie an der Bildung dreier verschiedener Körperabschnitten mit teilweise völlig unterschiedlichen Aufgaben beteiligt ist. Dem Körperabschnitt Becken, bestehend aus Becken, LWS und Sacrum, dem KA Brustkorb, bestehend aus BWS, Rippen und Sternum und dem KA Kopf bestehend aus HWS, Zungenbein, Schädel und Unterkiefer<sup>44</sup>.



▪ **Körperabschnitt Becken**

Der Körperabschnitt (KA) Becken balanciert auf den Femurköpfen und sitzt zwischen den KA Beine und Brustkorb. Er spielt eine Rolle als Vermittler, Bindeglied, Umschaltstelle, Schlichter und Manager von der unteren Extremität und dem Rumpf. Von seinem Bewegungsverhalten kann er beim Gehen funktionell dem Körperabschnitt Beine zugeordnet werden, denn er überträgt die Beinbewegung weiter auf die Wirbelsäule. Beim Gehen ist er dafür zuständig, die alternierende Bewegung der Beine koordiniert auf die Wirbelsäule zu übertragen und

dabei weiterlaufende Bewegungen soweit zu „bändigen“, damit der KA Brustkorb als stabilisierendes Zentrum für Haltung und Bewegung Bestand hat. Die Muskulatur der Hüft- und Lendenregion steht dabei in Reaktionsbereitschaft und hält durch ständige (minimale) Anpassung in den Hüft- und LWS-Gelenken das Becken im Gleichgewicht, um dessen optimale Funktionsfähigkeit zu gewährleisten<sup>44</sup>.

Neben dieser dynamisch beweglichen Komponente muss das Becken bei bestimmten Bewegungen und Belastungen in Neutralstellung stabilisiert werden können. Dies ist der Fall, wenn Kräfte auf das Becken treffen, welche dessen Stabilität gefährden könnten, wie z.B. beim Bücken, Heben von Gewichten oder um weiterlaufende Bewegungen angrenzender Körperabschnitte zu begrenzen. Das Becken wird hierzu muskulär am Standbein verankert. Bewegungen in der LWS werden dadurch verhindert oder geringgehalten. Ein Beispiel ist der Einbeinstand: muskuläre (dynamische) Verankerung des Beckens am Standbein, um ein Absinken der freien Beckenhälfte zu verhindern.

**Körperabschnitt Becken<sup>44</sup>**

- Kraftübertragung Beine-Wirbelsäule
- Dosierung / Koordination weiterlaufender Bewegungen Beine –Wirbelsäule (quantitativ, qualitativ)
- Stabilisation durch Verankerung am Standbein und durch die Fähigkeit, bei variierenden intra-abdominellen Drücken stabil zu bleiben
- Für all diese Aufgaben muss das Becken potentiell beweglich sein. Die Muskulatur ist in ständiger Reaktionsbereitschaft, um das Becken im Gleichgewicht (auf den Oberschenkelköpfen balanciert) zu halten, damit es zu jeder Zeit selektiv bewegt werden kann.
- Hierfür müssen die Gelenke der Hüfte und LWS freie Bewegungstoleranzen aufweisen
- die Beinachse hat Einfluss auf die Bewegungstoleranz des Beckens. Die Beine bilden den Unterbau von Becken und Wirbelsäule und können die Stellung des Beckens beeinflussen.

Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. 2014

## I.2 Wirbelsäule - funktionelle Anatomie der Körperabschnitte

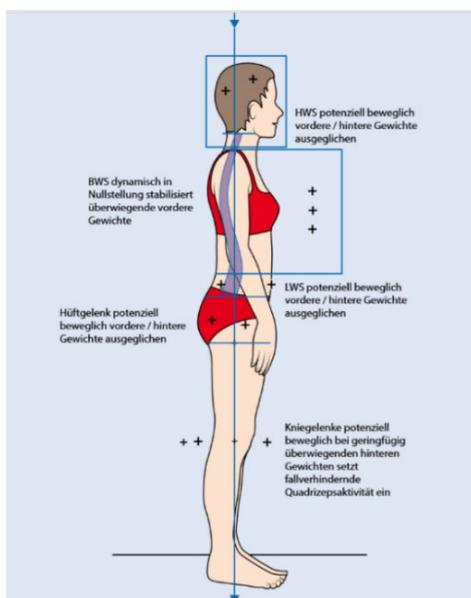


**Abbildung 13 fehlende Verankerung des Beckens im Standbein.** Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. (2014)



**Abbildung 14 verminderte Koordinations- / Stabilisationsfähigkeit des KA Becken.** Beim Anheben der Beine kann die LWS nicht in Nullstellung stabilisiert werden. Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. (2014)

Komplexer werden die Abläufe im Gehen. Hier muss durch Verankerung des Beckens am Standbein das Absinken der kontralateralen Beckenhälfte (Adduktion im Standbein) verhindert werden, die Innenrotation und Extension im Standbein-Hüftgelenk jedoch zugelassen werden und die LWS-Mitbewegung dosiert und koordiniert werden. Beim Bücken braucht es eine Verankerung des Beckens an beiden Beinen, um eine der Schwerkraft folgende Bewegung in die Hyperlordose oder eine evtl. ungewollte weiterlaufende Bewegung in die LWS-Flexion, zu verhindern. Beim Springen würden die beschleunigenden Kräfte des Schwungbeines eine weitelaufende Bewegung in LWS-Flexion mit großer Krafteinwirkung bewirken. Durch Verankerung des Beckens am Bein kann dies verhindert und die LWS stabil gehalten werden. Bei variierenden intraabdominellen Drücken muss das Becken stabilisierend arbeiten und dabei die Neutralstellung der LWS und die Ruheatmung beibehalten werden<sup>44</sup>.



**Abbildung 15 potentielle Beweglichkeit.** Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. (2014)

▪ **Körperabschnitt Brustkorb**

Er liegt zwischen Kopf, Armen und Becken, bildet den Unterbau von Kopf, Schultergürtel und Armen und ist der Ort der Atmung. Der Körperabschnitt Brustkorb ist unser stabilisierendes Zentrum für Bewegung und Haltung. Diese Stabilisation erfolgt dynamisch und erfordert ein Höchstmaß an Koordination<sup>44</sup>.

**Körperabschnitt Brustkorb<sup>44</sup>**

- ist dynamisch stabil  
Bewegungsimpulse aus der Peripherie werden koordiniert aufgefangen, aufgehalten. (Brustkorb als stabiles Zentrum)
- Bewegungstoleranz  
weiterlaufende Bewegung von Armen und Beinen / Becken auf die Brustwirbelsäule werden koordiniert ermöglicht
- dient als Unterbau für die Körperabschnitte Kopf und Arme
- ermöglicht eine funktionelle Atmung

Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. 2014

- Bewegung

Bewegungsimpulse aus der Peripherie (Arme, Beine über Becken) und der Atmung müssen koordiniert werden. So muss der Brustkorb für endgradige Bewegungen der Arme eine weiterlaufende Bewegung in der BWS zulassen. Für ein ökonomisches Gehen muss eine Bewegungstoleranz des Brustkorbes in Rotation möglich sein. In anderen Situationen z.B. für zielgerichtete Bewegungen der Arme, bei kleinen schnellen Bewegungen der Arme, bei ankommenden Bewegungen aus der unteren Extremität oder bei der Atembewegung der Rippen muss der Brustkorb in Nullstellung stabilisiert werden, damit die Bewegungsenergie nicht in einer weiterlaufenden Bewegung verpufft. Der Brustkorb muss also diese Bewegungen koordinieren und eine weiterlaufende Bewegung auf den Brustkorb durch Gegenaktivität widerlagernd begrenzen. So kann der Brustkorb Bewegungsimpulse auffangen, aufhalten oder weiterleiten.

- Haltung

In aufrechter Position ist der Brustkorb ständig in Aktion. Aufgrund der Gewichtsverteilung des Brustkorbes nach ventral sind die BWS-Extensoren ständig aktiv, um die Nullstellung der Wirbelsäule zu erhalten. Bei Lageveränderungen der Körperlängsachse muss der Brustkorb dauernd fallverhindernd im Sinne von Gleichgewichtsreaktion stabilisiert werden, um die aufrechte Haltung zu gewährleisten. Durch sein großes Eigengewicht können durch kleine horizontale Bewegungen große Gewichte verschoben werden. Dies erweist sich bei Gleichgewichtsreaktionen als

sehreffektiv, wird jedoch auch bei Fehlhaltungen und Haltungsschwächeneingesetzt. Der Brustkorb bildet den Unterbau für den Körperabschnitt Kopf und Arme. Seine reibungslose Funktionsfähigkeit bezüglich Haltung, Koordination und Stabilität ist die Basis für die physiologische Funktionsfähigkeit dieser Körperabschnitte<sup>44</sup>.

Das Versagen der stabilisierenden Funktion ist eine große funktionelle Störung. So kann z.B. ohne die Stabilisation der Wirbelsäule in Nullstellung bei der Atmung kein optimales Lungenvolumen erreicht werden. Durch mangelnde Stabilisation kann die BWS in ihrer Haltung verändert sein, was direkten Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Arme und des Kopfes hat und zu Fehl-/Überbelastungen der Wirbelsäule und angrenzender Gelenke führen kann. Durch Veränderung von Stabilität und Haltung kann die Bewegungsfähigkeit und Koordination beeinträchtigt sein, was Auswirkung z.B. auf den Gang und Armbewegungen haben kann<sup>44</sup>.

### ▪ **Körperabschnitt Kopf**

Der Kopf balanciert auf der Halswirbelsäule über dem Brustkorb und ist Sitz der meisten Sinnesorgane (Hören, Riechen, Sehen, Schmecken, Gleichgewichtsorgan). Er balanciert auf dem Brustkorb und zeichnet sich durch seine hohe Mobilität und Reaktionsbereitschaft aus<sup>44</sup>. Die sensomotorische Kontrolle und Feinjustierung der aufrechten Haltung der Wirbelsäule sowie der Kopf- und Augenbewegungen sind angewiesen auf Informationen aus dem vestibulären, visuellen und propriozeptiven System, welche in verschiedenen Zentren des

#### **Körperabschnitt Kopf<sup>44</sup>**

- Feineinstellung und Kontrolle der aufrechten Haltung der Wirbelsäule sowie der Kopf- und Augenbewegungen
- potenzielle Beweglichkeit
- die selektive Bewegungsfähigkeit bewirkt, dass die Sinnesorgane optimal genutzt werden können
- bei Änderungen der Gleichgewichtssituation kann der Kopf reaktiv als Gegengewicht eingesetzt werden
- eine optimale Position vom Zungenbein ermöglicht eine gute Stimmfaltung
- ein gut positionierter Ober- und Unterkiefer ermöglicht eine optimale Kaumotorik

Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. 2014

zentralen Nervensystems zusammenlaufen und verarbeitet werden. Hier spielt die HWS, als Sitz einer großen Anzahl an Propriozeptoren und aufgrund ihrer reflexartigen Verbindung zum vestibulären, visuellen und zentralen Nervensystem eine bedeutende Rolle<sup>44,45</sup>. Wenn die unter ihm liegenden Körperabschnitte (Brustkorb, Becken, Beine) physiologisch in der Körperlängsachse eingeordnet sind, befindet sich der Kopf in einem labilen Gleichgewicht mit einer großen Bewegungstoleranz in der HWS, was einer hohen Reaktionsbereitschaft der Muskulatur bedarf. Der Kopf ist also, wie das Becken, potentiell beweglich. Die große Beweglichkeit benötigt der Kopf, um die Funktion der Sinnesorgane optimal nutzen zu können (Gesichtsfeld einstellen, Kopf zur Geräuschquelle drehen, ...). Sie spielt außerdem eine Rolle bei Gleichgewichtsreaktionen, da der Kopf als distal freies Ende hierbei gut als Gegengewicht eingesetzt werden kann<sup>44</sup>. Weiterhin spielt der KA Kopf über die Position von Wirbelsäule, Kopf und Zungenbein und Unterkiefer eine Rolle in der Stimmfaltung sowie der Kaumotorik und somit der Nahrungsaufnahme<sup>44</sup>.

### I.2.3 Wirbelsäulenbeweglichkeit und funktionelles Bewegungsverhalten

Die Wirbelsäule besitzt drei Freiheitsgrade um drei Achsen. Flexion (Flex) und Extension (Ext) um eine frontotransversale Achse, Lateralflexion um eine sagittotransversale Achse und Rotation um eine frontosagittale Achse<sup>43,44</sup>. Das Bewegungsausmaß der Wirbelsäulenabschnitte ist unterschiedlich, so besitzt die Halswirbelsäule aufgrund der großen Beweglichkeit der oberen beiden Halswirbel (Kopfgelenke) die größte Beweglichkeit. Die Brustwirbelsäule besitzt aufgrund der Verbindung zum Thorax (Brustkorb) eine recht geringe Beweglichkeit.

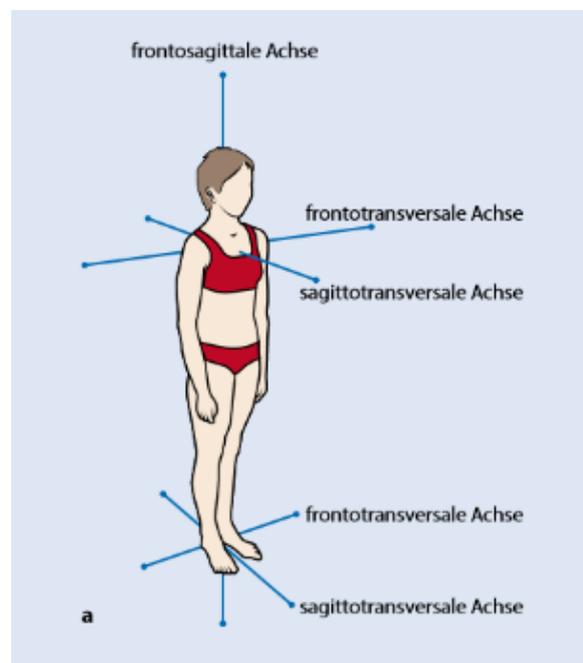


Abbildung 16 Bewegungsachsen. Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. (2014)

Die Lendenwirbelsäule ist recht gut in Flex/Ext sowie Lateralflexion beweglich, die Rotation ist jedoch aufgrund der sagittal eingestellten Gelenkflächen der Gelenkfortsätze gering<sup>43</sup>. Gemessen wird die selektive Beweglichkeit über die Neutral-Null-Methode. Sie gibt Aufschluss über Bewegungseinschränkungen und Hypermobilitäten, welche Einfluss auf die

Statik und das Bewegungsverhalten des Menschen haben können<sup>46</sup>. Diese Bewegungen können isoliert eindimensional stattfinden, werden im Bewegungsalltag funktionell jedoch fast immer kombiniert gebraucht und ausgeführt. So findet z.B. im Gehen eine dreidimensionale Bewegung in der Wirbelsäule statt, bei welcher die Flex / Ext, Rotation und Lateralflexion gleichzeitig kombiniert werden<sup>47</sup>.

Zwei Einflussgrößen spielen im Bewegungsverhalten des Menschen eine Rolle<sup>44</sup>.

- Die Auseinandersetzung des Körpers mit der Schwerkraft, was eine posturale Kontrolle (Haltungskontrolle) erfordert und
- Zielgerichtete Bewegungen. Für diese braucht es immer eine geeignete Ausgangsstellung des Körpers. Insofern basiert eine koordinierte zielgerichtete Bewegung auf der Stützmotorik<sup>48</sup>

Unser Bewegungsverhalten basiert demnach auf einerseits reaktiv bedingten Bewegungs-Haltungsprogrammen (aufrechterhalten des Gleichgewichts), andererseits auf zielgerichteten, aufgabenorientierten Bewegungen, wobei die Haltung immer der zielgerichteten Bewegung angepasst werden muss. Haltung und Bewegung sind also Bestandteil allen koordinierten Handelns und können nicht voneinander getrennt werden<sup>48</sup> und die Wirbelsäule als zentrales Achsenorgan ist so gut wie immer beteiligt.

### I.2.4 Kontrolle von Haltung und Bewegung

Für die Kontrolle von Haltung und Bewegung bedarf es der ständigen Kontrolle und Anpassung des zentralen Nervensystems und des muskuloskelettalen Systems. Das ZNS steuert also primär nicht einzelne Muskeln, sondern Bewegung und Haltung, wobei alle motorsichen Leistungen die Sinnesmeldungen aus der Peripherie voraussetzen (z.B. Vestibularorgan, Propriozeption, Sehorgan)<sup>48</sup>. Die folgende Abbildung zeigt die Organsysteme die an der Kontrolle von Haltung und Bewegung beteiligt sind.

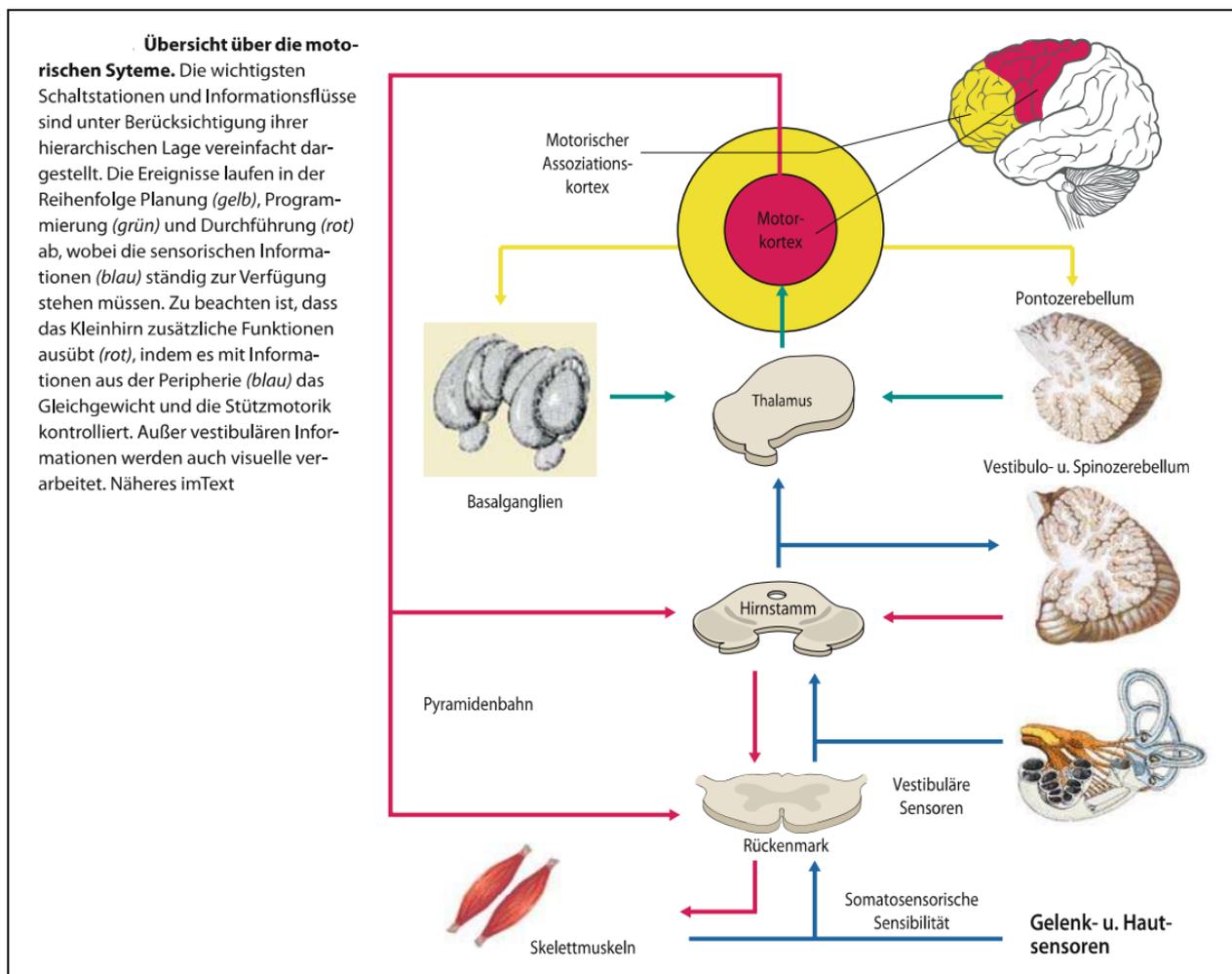


Abbildung 17 Motorische Systeme. in *Physiologie des Menschen* 143–183, Lehmann-Horn, F. (Springer, 2007)

In Abbildung 18 werden einige Aufgaben des Kleinhirns (Cerebellum), als Teil dieses Kontrollsystems sowie der mit ihr interagierenden Organsysteme dargestellt und in Bezug zu einem möglichen Funktionszusammenhang zur Wirbelsäule näher betrachtet.

Aufgaben und sensorischer Input des Kleinhirns und mögliche Funktionszusammenhänge mit der Wirbelsäule:

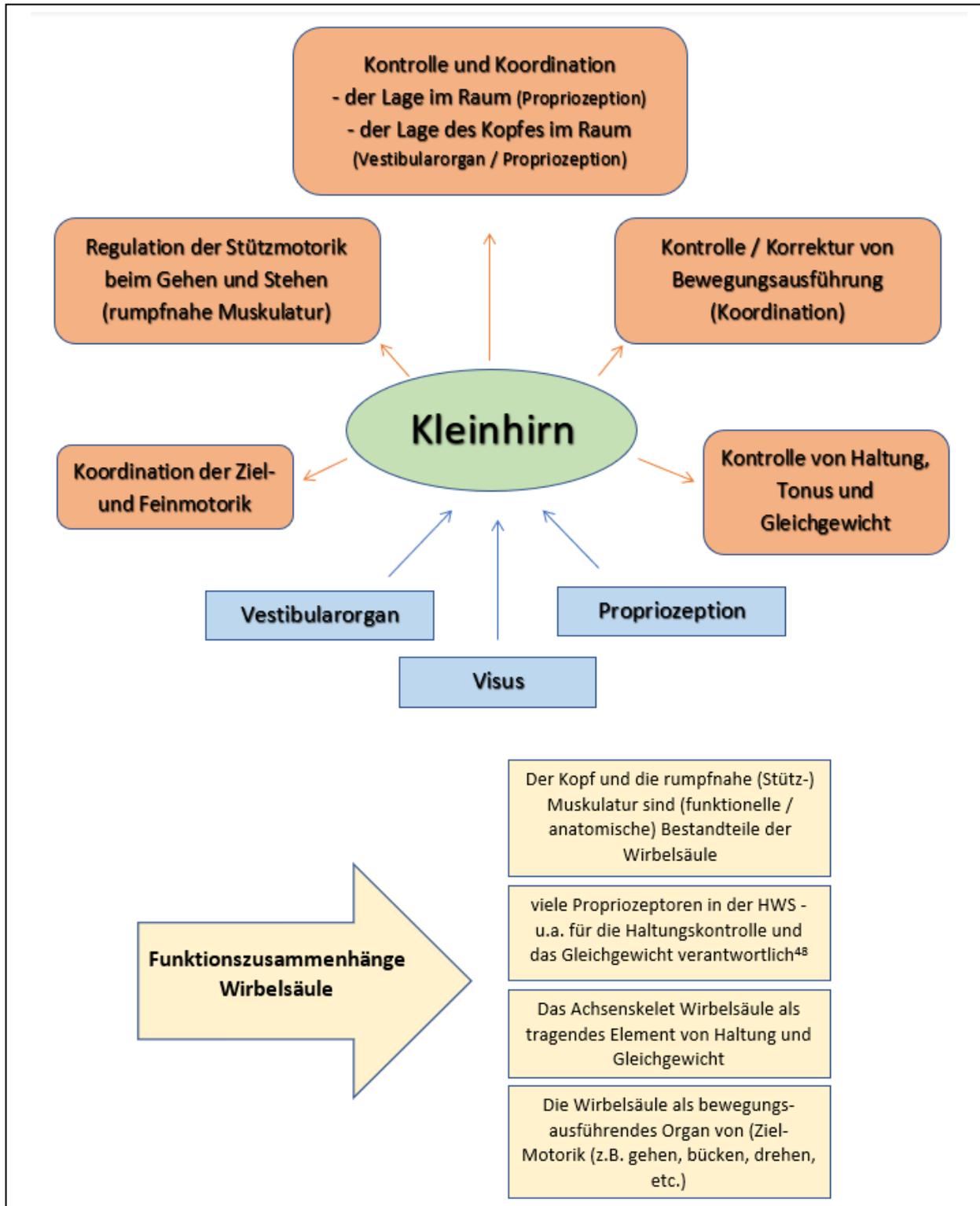


Abbildung 18 Motorische Systeme in *Physiologie des Menschen* 143–183 (Springer, 2007), mod.nach Lehmann-Horn, orange: Aufgaben Kleinhirn, blau: sensorischer Input, gelb: Funktionszusammenhänge Wirbelsäule

Anhand des Schaubildes (Abbildung 18) ist ein großer funktioneller Zusammenhang zwischen der Wirbelsäule und dem Kleinhirn, Vestibularorgan und der Propriozeption erkennbar. So werden der Kopf und die rumpfnahere (Stütz-) Muskulatur als funktionelle / anatomische Bestandteile der Wirbelsäule direkt vom Kleinhirn beeinflusst. Die Wirbelsäule als zentrales Stützorgan unseres Körpers spielt für die Haltung und das Aufrechterhalten des Gleichgewichts eine große Rolle. So befinden sich in der HWS viele Propriozeptoren, die u.a. für die Haltungskontrolle und das Gleichgewicht verantwortlich gemacht werden<sup>49</sup>. Mit ihren unterschiedlichen Funktionen der Körperabschnitte spielt die Wirbelsäule aber auch für die (Ziel-) Motorik (z.B. gehen, bücken, drehen, Bewegungen der Extremitäten, ...) eine herausragende Rolle. In beiden Bereichen besteht eine große Beziehung zum motorischen Kontrollsystem mit dem Kleinhirn als wichtige Schaltstelle und damit indirekt zu den sensorischen Leistungen aus dem visuellen, propriozeptiven und vestibulären Organsystem.

### I.2.5 Funktion der Wirbelsäule

Die Funktion der Wirbelsäule lässt sich also nicht in einem Satz beschreiben. Es handelt es sich hier um eine höchst komplexen Körperteil. Diese Komplexität zeigt sich in ihrer Anatomie – viele einzelne Bausteine mit vielen Freiheitsgrade in der Bewegung, in der schwer zu greifenden Funktion – mehrere Körperabschnitte mit vielen unterschiedlichen Funktionen und verschiedenen Bedeutung für Bewegung und Haltung sowie der vielen Organsysteme, die mit der Wirbelsäule in

#### **Wirbelsäule ein komplexes Konstrukt mit einem großen Einfluss auf die Gesamtkörperkoordination**

- Anatomie: viele einzelne Bausteine mit vielen Freiheitsgrade in der Bewegung<sup>43</sup>
- schwer zu greifenden Funktion: mehrere Körperabschnitte mit vielen unterschiedlichen Funktionen und verschiedenen Bedeutung für Bewegung und Haltung<sup>44</sup>
- vielen Organsysteme die mit der Wirbelsäule in Funktionszusammenhänge stehen (ZNS, Vestibularorgan, Propriozeption, Visus)
- zentrales Stützorgan unseres Körpers. Sowohl die Gleichgewichts- als auch die Haltungskontrolle, sind für jegliche Zielmotorik als auch für eine physiologische Atmung unerlässlich<sup>44,48</sup>

Funktionszusammenhänge stehen (ZNS, Vestibularorgan, Propriozeption, Visus).

Die Wirbelsäule als zentrales Stützorgan unseres Körpers spielt sowohl für die Gleichgewichts- und Haltungskontrolle, die ja für jegliche Zielmotorik unerlässlich ist, als auch mit ihren unterschiedlichen Funktionen der Körperabschnitte für Stabilisations- und Bewegungsaufgaben (z.B. gehen, bücken, drehen, Zielmotorik der Extremitäten, Atmung, ...) eine herausragende Rolle und könnte einen großen Einfluss auf die Gesamtkörperkoordination haben bzw. die Gesamtkörperkoordination könnte einen Einfluss auf die Wirbelsäule haben.

### I.3.6 Arbeitsfragen

Die Wirbelsäule ist ein komplexes Gebilde aus vielen Einzelteilen und Funktionseinheiten und bietet somit auch eine Vielzahl an Störungsmöglichkeiten. Jeder Maurer weiß, dass schon ein einziger schiefer Baustein an der falschen Stelle oder eine schief gemauerte erste Mauerreihe Auswirkungen auf das ganze Konstrukt Haus hat<sup>50</sup>. So erscheint es plausibel, dass eine kleine Störung in einem der Wirbelsäulen-assoziierten Bereiche so etwas wie eine Kettenreaktion auslösen kann und damit schon kleinste Störungen große Auswirkungen auf die gesamte Wirbelsäulenstatik und -funktion haben können. Forschungsansätze in der Skoliose-therapie beruhen v.a. auf der Suche nach möglichen Ursachen (genetische Disposition, hormonelle Veränderungen, Veränderungen in der Knochensynthese, ...<sup>8,26,27</sup>) und Auslösefaktoren einer Progredienz. Bei der kaum überschaubaren Menge an Störungsmöglichkeiten stellt sich jedoch in Bezug zur Diagnostik und Therapie der AIS die Frage, ob es nicht sinnvoll ist, neben Ursachen der AIS, die individuell sehr unterschiedlich sein können, auf Störungen und Auffälligkeiten in der Funktion zu untersuchen und diese zu therapieren.

In der Therapie von subakuten unspezifischen Wirbelsäulenbeschwerden weiß man inzwischen, dass bildgebende Verfahren, strukturelle Befunde, oder die Kontrolle einzelner Muskeln wenig aussagen und spezifische Ursachen der Beschwerden oft nicht genau diagnostiziert werden können<sup>51,52</sup>. Es konnten jedoch bei vielen Patienten mit solchen Wirbelsäulenbeschwerden Auffälligkeiten in der Kontrolle aktiver Bewegungen als Zeichen klinischer Instabilität gefunden werden. Heute orientiert man sich in Befundung und

Therapie von subakuten unspezifischen Wirbelsäulenpatienten zunehmend an funktionellen Befunden. So werden in der Physiotherapie Patienten gezielt auf Bewegungskontrolldysfunktionen aktiver Bewegungen untersucht. Können diese Bewegungen nicht kontrolliert werden unterstützt dies die Hypothese, dass diese Kontrolldysfunktionen die Probleme verursachen und weiter unterhalten und werden, bei positiven Befunden, mit funktionellen Übungen zur Bewegungskontrolle und Körperwahrnehmung therapiert<sup>51,52</sup>.

Hier drängt sich die Überlegung auf, ob dies auch ein sinnvoller Ansatz für die Diagnostik und Therapie der idiopathischen Skoliose sein könnte. Folgende Fragen wären interessant vertiefend zu untersuchen:

- Kann bei der AIS eine Funktionsstörung/Bewegungskontrolldysfunktion im Frühstadium einer Wirbelsäulendeformität oder schon bevor es zu Deformitäten kommt erkannt werden?
- Kann die Feststellung einer Funktionsstörung im Diagnoseprozess der AIS hilfreich sein,
  - zur Vermeidung von Zufallsbefunden?
  - zur (Früh-)Erkennung von Skoliosen (Sportunterricht / ärztlichen Untersuchung / Screeningverfahren) in einem frühen Stadium?
  - zur Verminderung von falsch-positiven-Diagnosen durch ein zusätzliches / unterstützendes Diagnosemittel?
  - als Entscheidungshilfe zur Überweisung zum Röntgen bei Skoliometerwerten unter 5°?
  - zur Differenzierung zwischen progrediente / nichtprogrediente Skoliosen?
  - zur Vermeidung von falsch-negativ-Diagnosen?
- Kann eine Strukturveränderung verhindert oder therapiert werden (kurativer / prophylaktischer Therapie), wenn eine Funktionsstörung früh genug behandelt wird?
- Sollte schon im Säuglings- / Kleinkindalter bestehende Funktionsstörungen bzw. einer reduzierte körperliche Aktivität mehr Beachtung finden?



## II. Teil

Methoden zur Bewegungsdiagnostik

Motorische Testverfahren

Funktionelle Defizite der adoleszenten  
idiopathischen Skoliose

## II.1 Darstellung von bewegungsdiagnostischen Testverfahren und ihr Bezug zu funktionellen Defiziten der adolszenten

### idiopathsichen Skoliose (AIS)

Um ein Handlungskonzept zur Entwicklung spezifischer motorischer oder funktioneller Test- bzw. Screeningverfahren zu entwickeln, ist neben der Kenntnis der verschiedenen Methoden zur Bewegungsdiagnostik auch die Kenntnis über mögliche Verfahren zur Bewegungsbeobachtung nötig<sup>53</sup>. Aus diesem Grund werden im folgenden Abschnitt die Methoden zur Bewegungsdiagnostik und eine Bestandsaufnahme über bestehende motorische / funktionelle (Test-) Verfahren von Kindern und

Jugendlichen vorgestellt. Die Testverfahren werden in Bezug auf ihre Einsatzbereiche, Zielsetzungen, die untersuchten motorischen Dimensionen und die Umsetzung der Testziele betrachtet. Der Einsatz und Umgang mit motorischen Dimensionen und ihre Definitionen werden vorgestellt, näher betrachtet und in Bezug auf ihre Einsatzmöglichkeiten für Skoliosepatienten analysiert.

Eine weitere Grundlage zur Entwicklung von Testverfahren besteht in der Formulierung eines Testziels und in der Erstellung geeigneter Testitems<sup>53</sup>. Hierfür ist es hilfreich, bekannte bestehende Defizite und Auffälligkeiten von der Zielgruppe zu kennen. Anhand einer Literatursichtung wurden bisher untersuchte motorische funktionelle Fähigkeiten bzw. Auffälligkeiten oder Defizite bei Patienten mit AIS recherchiert. Die Ergebnisse der Recherche sind in Tabelle 2 stichwortartig zusammengefasst. In der Literatur gefundene, bereits existierende motorische/ funktionelle Testverfahren für die IAS werden vorgestellt.

#### Hintergrund

Zur Erstellung von AIS-spezifischen funktionellen Tests braucht es ein Handlungskonzept.

Hierfür sind folgende Kenntnisse nötig:

- Methoden der Bewegungsdiagnostik
- existierende Verfahren zur Bewegungsbeobachtung
- funktionellen Defizite von AIS Patienten

### II.1.1 Methoden zur Bewegungsdiagnostik

Die Bewegungsdiagnostik ist ein sehr komplexes Thema. Zur Ermittlung motorischer Fähigkeiten und zur Diagnose des Bewegungsverhaltens und der Körperhaltung gibt es verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten<sup>53-57</sup>. Diese reichen von Bewegungs- und Haltungsbeobachtung sowie Bewegungsbeschreibung (Motoskopie) bis hin zur Messung motorischer Merkmale mittels objektiver standardisierter Testverfahren<sup>53,58</sup> (Motometrie<sup>3</sup>). Unterstützend wird in der Bewegungsdiagnostik auch

#### Methoden zur Bewegungsdiagnostik:

- Bewegungs- / Haltungsbeobachtung und Beschreibung
- Messung motorischer Merkmale mittels objektiver standardisierter Testverfahren<sup>53,58</sup>
- unterstützt von Messtechniken (z.B. Videotechnik)<sup>53,58</sup>

eine Vielzahl an Messtechniken und Maßsystemen eingesetzt. Diese dienen u.a. der Aufzeichnung und der Abbildung von Bewegung und Bewegungsmerkmalen mit Hilfe von Kinematik (z.B. Videotechnik), mechanischer, elektrischer und elektronischer Registrierungstechnik zur späteren Analyse (Motographie<sup>4</sup>)<sup>53,58</sup>.

### II.1.2 Motorische Testverfahren für Kinder und Jugendliche

Auf der Suche nach möglichen Testverfahren, die sich für die funktionelle Untersuchung bei AIS eignen könnten und um sich einen Überblick über schon existierende Testverfahren und die Umsetzung von motorischen Tests in der Praxis zu verschaffen, wurden bestehende motorische

#### Ergebnis der Sichtung der motorischen Testverfahren:

Bisher gibt es keine Testverfahren zur Untersuchung von

- spezifischen motorischen Funktionen einzelner Körperabschnitte
- spezifischen Krankheitsbildern
- Bewegungsqualität

<sup>3</sup>Motometrie mittels quantitativer und/oder qualitativer Testverfahren. Quantitative Messung: Messung von Häufigkeit, Zeit, Höhe, Weite, etc. Qualitative Messung: anhand eindeutig festgelegter Kriterien, nach denen die Ausführung als „richtig“ bezeichnet werden kann. Z.B.: Art der Fehler, Art der Bewegung, der Struktur, des Verlaufs, des Rhythmus.)

<sup>4</sup> Motographie sind Messsysteme zur Erfassung der Kinematik. Z.B.: Video/Foto, Marker, Inertial Measurement Unit; Messsysteme zur Erfassung der Kinetik. Z.B.: Kraftmessplatten zur Messung von Bodenreaktionskräften oder Messsysteme zur Messung physiologischer Parameter. Z.B.: Elektromyographie, O<sub>2</sub>, Temperatur, ...)

Testverfahren für Kinder und Jugendliche gesichtet und hier im folgenden Abschnitt vorgestellt.

Allein im deutschsprachigen Raum existieren zahlreiche motorische Tests<sup>58</sup>, so dass es hier nicht möglich ist einen kompletten Überblick zu geben. Die unten aufgeführten Testbatterien kommen aus pädagogischen, therapeutischen und medizinischen Arbeitsfeldern, in denen Bewegungsbeobachtung und Bewegungsdiagnostik eine große Rolle spielen<sup>53</sup>. Es handelt sich um Tests zur Erfassung der motorischen Leistungsfähigkeit oder Fitness und Verfahren zur Bewegungsdiagnostik. Tabelle 7 gibt einen Überblick über ausgewählte Verfahren, ihre Zielsetzung und die untersuchten Bewegungsdimensionen. Die untersuchten Bewegungsdimensionen und deren Definitionen werden anschließend näher betrachtet.

Dieser Überblick soll zudem helfen die Vielzahl an Testverfahren zu gliedern. Es lassen sich verschiedene Einsatzbereiche und Ziele finden, wobei die Testverfahren oft nicht auf einen Einsatzbereich festgelegt sind, sondern häufig in mehreren Einsatzbereichen eingesetzt werden. Generell können folgende Einsatzbereiche unterschieden werden<sup>53,59</sup>:

- Bestimmung und Erfassung des aktuellen motorischen Leistungsvermögens und Entwicklungsstandes / -rückstandes (im Altersverlauf – akzeleriert, normal, retardiert)
- Erfassung / Einschätzung der (sport-) motorischen Leistungsfähigkeit und Fitness
- Talentfindung
- Evaluierung / Dokumentation von Interventions- und Trainingsmaßnahmen
- Untersuchung von Zusammenhängen zwischen motorischer Leistungsfähigkeit und allgemeinen gesundheitsrelevanten Parametern
- Screening zu motorischen Schwächen und Entwicklungsstörungen zur Bestimmung von Risikogruppen
- Ermittlung von Förderbedürfnis im (psycho-)motorischen Bereich
- Erfassung der Körperhaltung

Ziel, Zweck und Einsatzbereiche der Verfahren sind sehr unterschiedlich, jedoch nicht immer präzise formuliert<sup>53</sup>. In den Verfahren beschriebene Ziele reichen von: Feststellung, Klassifikation, Charakterisierung, Förderung, Dokumentation (Therapie)verlauf, Beschreibung, Erkennen, Erfassen (quantitativ/qualitativ), Trennung gesund-krank,

## II.1 Motorische Testverfahren

Altersdifferenzierung, Ermittlung von Trainingserfolgen, Beobachten-Verstehen-Beurteilen, Verlaufskontrolle, Quantitative Erfassung des motorischen Entwicklungsstandes.

In den meisten Verfahren werden zu untersuchende **Bewegungsdimensionen** genannt. Die unten aufgeführte Tabelle 5 blickt auf die Vielfalt der untersuchten Dimensionen. Was unter den einzelnen Dimensionen zu verstehen ist, wird häufig nicht ersichtlich, da die Dimensionen oft nur genannt aber nicht definiert werden. Die in der Literatur genannten Definitionen (sofern es überhaupt welche gibt) ermöglichen meist auch kein einheitliches Begriffsverständnis, da es häufig mehrere Definitionsmöglichkeiten zu ein und derselben Dimension gibt<sup>53</sup>.

Bewegungsdimensionen		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Koordination*</b></li> <li>▪ <b>Beweglichkeit</b></li> <li>▪ <b>Gleichgewicht*</b></li> <li>▪ <b>Kraft*</b></li> <li>▪ <b>Bewegungsgeschwindigkeit*</b></li> <li>▪ Ausdruck</li> <li>▪ Statische/dynamische Koordination</li> <li>▪ Geschwindigkeit</li> <li>▪ Feinmotorische Steuerung</li> <li>▪ Geschicklichkeit</li> <li>▪ Reaktionskraft</li> <li>▪ Sprungkraft</li> <li>▪ Steuerung</li> <li>▪ Ausdauer</li> <li>▪ Muskelausdauer</li> <li>▪ Ballfertigkeit</li> <li>▪ Balance</li> <li>▪ Grobmotorik</li> <li>▪ Feinmotorik</li> <li>▪ Bilateralintegration</li> <li>▪ Leistungsfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Körperkoordination</li> <li>▪ Kraftdosierung</li> <li>▪ Sprungkraft</li> <li>▪ Schnelligkeit</li> <li>▪ Rhythmus</li> <li>▪ Vestibuläre Reaktion</li> <li>▪ Propriozeptive Wahrnehmung</li> <li>▪ Peripheres Sehen</li> <li>▪ Form- und Gestaltungserfassung</li> <li>▪ Leistungsdominanz</li> <li>▪ Tempo</li> <li>▪ Bewegungsbeherrschung</li> <li>▪ Beweglichkeit</li> <li>▪ Wendigkeit</li> <li>▪ Aerobe Ausdauer</li> <li>▪ Anaerobe Ausdauer</li> <li>▪ Kraftausdauer</li> <li>▪ Maximalkraft</li> <li>▪ Schnellkraft</li> <li>▪ Fitness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktionsschnelligkeit</li> <li>▪ Reaktionsschnelligkeit</li> <li>▪ Koordination unter Zeitdruck</li> <li>▪ Koordination bei Präzisionsaufgaben</li> <li>▪ Auge-Hand-Koordination</li> <li>▪ Handkontrolle</li> <li>▪ Handkoordination</li> <li>▪ Dominanz</li> <li>▪ Dominanz</li> <li>▪ Wahrnehmung</li> <li>▪ Gedächtnis</li> <li>▪ Körperschema</li> <li>▪ Vestibuläre, taktile, auditive, visuelle Wahrnehmung</li> <li>▪ Körperschema</li> <li>▪ Lateralität</li> </ul>

*Tabelle 7 \*Die fünf am häufigsten genannten Bewegungsdimensionen in der Bewegungsdiagnostik. Reichenbach, C. Bewegungsdiagnostik in Theorie und Praxis. (2006)*

Die Umsetzung der Testziele erfolgt in den einzelnen Testitems über unterschiedliche Methoden. Zum Großteil werden in den Testitems quantitative Merkmale evaluiert. Nur selten gibt es Information zur Bewegungsqualität. Testitems zur Evaluation qualitativer Merkmale gibt es nur wenige und klare Anweisungen und Beobachtungskriterien fehlen

häufig<sup>53,59</sup>. Hier stellt sich unter anderem die Frage, wie eine Bewegungsdimension überhaupt beobachtet und beschrieben werden kann / soll, wenn es keine klare Definition derselben gibt. Wenn „es völlig unklar ist, was unter dieser Dimensionen zu verstehen ist“<sup>53</sup>. Bei der Durchsicht der Testverfahren stellt sich auch die Frage, ob den Autoren der Testverfahren die Bewegungsquantität wichtiger ist als die Bewegungsqualität. Oder ob die die Auswahl der Testmethode (quantitative Tests vor qualitativen Tests) darin begründet liegt, dass quantitative Merkmale in der Untersuchung sowohl leichter zu messen<sup>60</sup> (zeit- / kostengünstig, geringere Anforderungen an Testpersonal), als auch objektiver<sup>60</sup> sind und ihre Ergebnisse eine größere Vergleichbarkeit<sup>60</sup> bieten.

Bei den meisten Testverfahren stehen keine spezifischen motorischen Funktionen im Mittelpunkt der Testung. Meist geht es um **allgemeine** Parameter wie Leistungsfähigkeit, Fitness, Koordination, Kraft, Entwicklungsstand, Förderbedarf, etc. Hierfür werden dann spezifische Tests (meist 1-2 Test pro Dimension) stellvertretend für die einzelnen Dimensionen zur Evaluierung benutzt. Jedoch wird meist weder definiert was unter den Dimensionen (z.B. Kraft, Leistungsfähigkeit, Fitness, etc.) zu verstehen ist, noch wird erläutert wie es zu der Auswahl der benutzten Einzeltests kommt, bzw. wie es zu der Annahme kommt, dass die Kombination dieser Einzeltests tatsächlich die jeweilige Dimension testet. So werden z.B. zur Überprüfung von „Kraft“ einzelne sehr spezifische Kraftfähigkeiten überprüft und auf eine „globale Gesamtkraft“ übertragen. In der folgenden Aufzählung werden die gängigsten Tests (i.d.R. kommen nur 1-2 Tests davon in den jeweiligen Testbatterien zur Anwendung) zur Überprüfung von Kraft, Gleichgewicht, Beweglichkeit und Koordination aufgeführt.

- **Kraft:** Situps, Standweitsprung, Zehenstand, Liegestütze, Klimmzug, Standweitsprung
- **Gleichgewicht:** Balancieren rückwärts, Einbeinstand, balancieren über Balken / Linie
- **Beweglichkeit:** Rumpfbeuge Stand / Sitz, stand and reach, sit and reach
- **Koordination:** Hampelmann, Ball werfen/fangen, seitliches hin-herspringen, Drehen im Sprung, Dreieckslauf, Gummitwist

Die meisten Testbatterien „beurteilen“ meist 4 - 5 verschiedenen motorischen Dimensionen mittels i.d.R. 1-2 Testitems, um damit einen breit gefächerten „motorischen“ Überblick des gesamten Körpers und dessen Funktion zu geben.

### **Folgerung**

Die gesichteten motorischen Testbatterien (s. Tabelle 7) bieten keine Testverfahren zur Untersuchung **spezifischer** motorischer Funktionen, bzw. motorischer Funktionen einzelner Körperabschnitte. Auch spezifische Krankheitsbilder oder Struktur- / Funktionsstörungen mit spezifischen Veränderungen z.B. der Beweglichkeit (auf Gelenkebene und oder von KA), der Funktionsfähigkeit einzelner Körperabschnitte, der Haltung, Kraft, Schmerz, Bewegungsqualität (z.B.

#### **Praktische Schlussfolgerung**

- Bewegungsdimensionen (z.B. Gleichgewicht, Koordination etc.) sollten klar definiert sein um Missverständnisse zu vermeiden
- Vor- / Nachteile bezüglich quantitativer und qualitativer Testmethoden müssen beachtet werden
- Bei qualitativen Tests müssen Beobachungskriterien und Beobachtungspunkte klar festgelegt werden und es muss eine genaue Anweisung zum Analysevorgang gegeben werden.

Abweichungen bezüglich achsengerechten Bewegens der Wirbelsäule, Beinachse) etc., können durch diese Testverfahren nicht evaluiert werden. Insofern findet sich hier kein geeignetes Testverfahren zur Erstellung eines funktionellen / motorischen Screeningtools für AIS Patienten, da wir hier doch nach sehr spezifischen Tests suchen, welche die Wirbelsäulenfunktion bzw. Störungen derselben aufdecken können.

Aus der oben aufgeführten Analyse ergeben sich jedoch praktische Hinweise zur Erstellung spezifischer funktioneller Tests. So sollten zu untersuchende Bewegungsdimensionen definiert werden, um Missverständnisse zu vermeiden. Man sollte sich Gedanken darüber machen, ob das Testverfahren quantitativer oder qualitativer Art sein soll. Bei qualitativen Tests müssen Beobachungskriterien und Beobachtungspunkte klar festgelegt werden und es muss eine genaue Anweisung zum Analysevorgang gegeben werden.

## II.1 Motorische Testverfahren

### Ausgewählte motorische Test- und Screeningverfahren für Kinder und Jugendliche im Überblick

Kürzel	Name / Zielgruppe	Testziele / Einsatzgebiet	Bewegungsdimensionen	Testaufgaben
<b>BOT-2</b>	<p><b>Bruininks-Oseretsky</b></p> <p><b>Test of Motor Proficiency Second Edition</b></p> <p>(R. H. Bruininks und B. D. Bruininks, 2005)</p> <p><b>4-21 Jahre</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Charakterisierung der Motor-Leistung <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ von Entwicklungs- und Koordinationsstörungen</li> <li>▪ leichter bis mäßiger mentaler Retardierung</li> <li>▪ hochfunktionalem Autismus oder Asperger-Störung.</li> <li>▪ Gesunden</li> </ul> </li> <li>- Quantitative Erfassung der motorischen Entwicklung</li> </ul>	<p>Handkontrolle</p> <p>Handkoordination</p> <p>Körperkoordination</p> <p>Körperkraft</p> <p>Beweglichkeit/Wendigkeit</p> <p>Feinmotorische Steuerung</p>	<p>8 Aufgabenbereiche</p> <p>Fine Motor Precision (e.g., cutting out a circle, connectingdots); Fine Motor Integration (e.g., copying a star, copying a square); Manual Dexterity (e.g., transferring pennies, sorting cards, stringing blocks); Bilateral Coordination (e.g., tapping foot and finger, jumping jacks); Balance (e.g., walking forward on a line, standing on one leg on a balance beam); Running Speed and Agility (e.g., shuttle run, one-legged side hop); Upper-Limb Coordination (e.g., throwing a ball at a target, catching a tossed ball); Strength (e.g., standing long jump, sit-ups).</p>
<b>KTK</b>	<p><b>Körperkoordinationstest für Kinder</b></p> <p>(Kiphard &amp; Schilling 1974)</p> <p><b>5-13 Jahre</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung des Entwicklungsstandes von Kindern.</li> <li>- Quantitative Erfassung/Bewertung der Gesamtkörperkoordination</li> <li>- Erkennen von koordinativen Fähigkeiten</li> <li>- Identifizierung/Diagnostik verschiedener Faktoren</li> </ul>	<p>Gesamtkörperkoordination ohne weitere Angabe</p>	<p>4 Aufgaben</p> <p>Balancieren Rückwärts BR</p> <p>Monopedales Überhüpfen MÜ</p> <p>Seitliches Hin- und Herspringen SH</p> <p>Seitliches Umsetzen SU</p>
<b>DMT</b>	<p><b>Deutscher Motorik Test</b></p> <p>(Bös, Schlenker u.a., 2009)</p> <p><b>6-18 Jahre</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung und Bewertung motorischer Fähigkeiten im Vergleich mit einer Normwertetabelle</li> <li>- Stärken-Schwächen-Analysen</li> <li>- Evaluation von Lernzielen und grundlegende Auswahlentscheidungen<sup>61</sup></li> </ul>	<p>Ausdauer</p> <p>Kraft</p> <p>Koordination</p> <p>Schnelligkeit</p> <p>Beweglichkeit</p>	<p>8 Aufgaben</p> <p>6-Minuten Lauf (AA), 20m Sprint (AS), SitUps (KA), Standweitsprung (SK), Liegestütz (KA), Rumpfbeuge/Stand-and-Reach (B), Seitl. Hin-/Herspringen (GW), Rückwärts Balancieren (G)</p>
<b>EUROFIT</b>	<p><b>EUROFIT</b></p> <p>(Adam, Klissouras,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantitative Erfassung und Einschätzung der körperlichen Fitness</li> </ul>	<p>Herz-Atmung-Ausdauer</p> <p>Kraft</p>	<p>9 Aufgaben</p> <p>Shuttle Run – 10x5m (AA), Klimmzughang</p>

## II.1 Motorische Testverfahren

	Ravazzolo, Renson, Tuxworth, 1988) <b>6-18 Jahre</b>	- Aufforderung zur Freude an körperlichen Aktivitäten	Muskelausdauer Schnelligkeit Beweglichkeit Gleichgewicht	(KA), Situps (KA), Handkraft (MK), Standweitsprung (SK), Shuttle Run (AS), Tapping (AS), Einbeinstand (G), Rumpfbeuge/Sit-and-Reach (B)
<b>MOT 4-6</b>	<b>Motoriktest für 4-6 jährige Kinder</b> (Zimmer, R. & Volkamer, M., 1987)  <b>4-6 Jahre</b>	- Quantitative Erfassung des allgemeinen motorischen Entwicklungsstandes / - alters von Kindern im Vorschulalter - Klassifikation und Förderplanung als Ziel <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Für Kinder mit Behinderungen o. Entwicklungsverzögerungen</li> <li>▪ prozessbegleitendes Beobachtungsverfahren</li> </ul> ( <a href="https://www.testzentrale.ch/shop/motorik-test-fuer-vier-bis-sechsjaehrige-kinder.html">https://www.testzentrale.ch/shop/motorik-test-fuer-vier-bis-sechsjaehrige-kinder.html</a> )	Koordination Feinmotorik Gleichgewicht Reaktion Sprungkraft Geschwindigkeit Steuerung	18 Aufgaben Sprung in Reifen , Balancieren vorwärts – Boden, liegenden Teppichstreifen, Punktieren (Tapping). Mit den Zehen Tuch aufheben, Seil seitlich beidbeinig, Stab auffangen, Tennisbälle in Kartons legen, Balancieren rückwärts -Boden liegenden Teppichstreifen, Zielwurf auf Scheibe, Streichhölzer einsammeln, Durch Reifen winden, Einbeiniger Sprung in Reifen, Tennisring auffangen, Hampelmannsprung, Sprung über Seil, Rollen um Längsachse – es soll bei vollständiger Körperstreckung eine ganze Rolle um die Längsachse durchgeführt werden (beide Richtungen), Aufstehen/Hinsetzen aus Schneidersitz, Drehsprung in Reifen – es soll mit einer 180° Drehung in den Reifen und genauso wieder heraus gesprungen werden.
<b>FTM</b>	<b>Frostigs Test der motorischen Entwicklung</b> (Bratfisch, O., 1985)  <b>6-10 Jahre</b>	- Erfassen der Dimension <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auge-Hand-Koordination</li> <li>▪ Gleichgewicht</li> <li>▪ Kraft</li> <li>▪ Flexibilität</li> <li>▪ Visuell gelenkte Bewegung</li> </ul>	Auge-Hand-Koordination Gleichgewicht Kraft Flexibilität	13 Aufgaben: Liegestütz in 20sec (KA), Situps in 30sec (KA), Standweitsprung (SK), Pendellauf – Shuttle Run (AS) Holzklötze auffädeln (KZ), Faust-Handkante-Handfläche (KZ), Holzklötze versetzen (KZ), Balancieren vorwärts (KP), Einbeinstand (KP) Zielwerfen (KP), Rumpfbeugen – Sitz (B), Körperhaltung verändern (B)
<b>DMB</b>	<b>Diagnostische Inventar motorischer</b>	- Qualitative Beobachtung und Einschätzung motorischer Basiskompetenzen	Gleichgewicht Kraft Ausdauer	6-20 Aufgaben Spannbogen, Schlussprung, Dreieckslauf, Springen im Wechsel, über Gymnastikstab

## II.1 Motorische Testverfahren

	<b>Basiskompetenzen</b> (Eggert, Ratschinski, Reichenbach, 2008)  <b>5-13 Jahre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklungsbeschreibung</li> <li>- Förderverlauf und individuelle Beschreibung</li> </ul>	Schnelligkeit Gelenkigkeit	steigen, Zehenstand, Einbeinstand, Balancieren auf Langbank, Ball hinter Kopf heben, Weg nachzeichnen, Bohnensäckchen werfen, Ball um Fuß führen, Gummitwist, Drehen im Sprung, Lochplatte stechen, Umfahren geometrischer Formen, Kugeln umstecken, ausschneiden
<b>HAKI</b>	<b>Haltungstest für Kinder</b> (Bös, Tittlbach, 2002) <b>6-10 Jahre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassen der Körperhaltung</li> </ul>		6 Aufgaben Liegestütz (KA) Matthiaß-Test (KA) Situps (KA) Aufrollen der Wirbelsäule (KA) Einbeinstand (KP) Rumpfbeugen (B)
<b>MFT/AT S(WIAD )</b>	<b>Münchener Fitness Test/ Auswahltest für den Sportförderunterricht</b> Rusch/Irrgang (1994)  <b>6-18 Jahre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassung der sportmotorischen Fitness und Leistungsfähigkeit</li> </ul>	Koordination/Rhythmusfähigkeit Raumorientierung Gleichgewicht Beweglichkeit Schnellkraft Maximalkraft Kraftausdauer und anaerobe Ausdauerfähigkeit	6 Aufgaben Stufensteigen (AA), Halten im Hang (KA), Standhochsprung (SK), Ball prellen (OK), Zielwerfen (OK), Rumpfbeuge/Stand-and-Reach (B)
	<b>MobiSreen 4-6 Mobilitätsscreening</b> Andrea Dincher (Hogrefe Verlag 2020) <b>4-6 Jahre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassung von Auffälligkeiten im Mobilitätsverhalten</li> <li>- Defizite und Störungen in der Motorik aufdecken</li> </ul>	Keine Angaben	Parcours mit 5 Aufgaben Wechseln Körperposition (RL-Stand), Überwinden Hindernis (drüber / drunter) Gegenstände (Medizinball) mit UEX / OEX bewegen, Slalom laufen

*Tabelle 8 motorische Test- und Screeningverfahren für Kinder und Jugendliche modifiziert nach Reichenbach 2006, Oberger 2015, Drenowatz/Greiner 2020. Einen größeren tabellarischen Überblick zu (sport-) motorischen (Fitness)Tests findet sich in: „sportmotorische Tests im Kindes- und Jugendalter (Oberger 2015) und Fitnesstests bei Kindern und Jugendlichen (Drenowatz, Greier 2020)*

### **Motorische Tests / Testverfahren für Kinder und Jugendliche mit AIS**

(Sport)motorische Testverfahren, wie wir sie aus den motorische Test- und Screeningverfahren für Kinder und Jugendliche kennen, wurden spezifisch für Skoliosepatienten keine gefunden. Auch finden sich keine Tests, die komplexe Bewegungen, komplexe motorische Fertigkeiten oder die Bewegungskontrolle oder Bewegungskoordination bei Kindern und Jugendlichen mit AIS untersuchen. Die funktionellen Fähigkeiten / Einschränkungen von AIS Patienten bezüglich v.a. koordinativer Fähigkeiten komplexer motorischer Aufgaben und die Fähigkeit zur Bewegungskontrolle bleiben daher weitgehend unbekannt.

### **II.1.3 Funktionelle Defizite AIS**

In diesem Arbeitsschritt wurde anhand einer Literatursichtung nach schon bekannten funktionellen motorischen Fähigkeiten und Defiziten von AIS Kindern gesucht. Die Literatursichtung ist einerseits eine Recherche nach möglichen Tests, die sich als Screeningtool in der Skoliose diagnostik eignen könnten. Andererseits sollen die Kenntnisse der aus der Literatur bekannten Defizite und Fähigkeiten in einem nächsten Arbeitsschritt helfen, möglichst skoliosepezifische Tests / Testverfahren abzuleiten.

#### **Funktionelle Defizite bei AIS betreffen**

- neben der Wirbelsäule alle Körperabschnitte
- auch andere Organsysteme, die mit der Wirbelsäule in Funktionszusammenhängen stehen (z.B. Vestibularorgan, Propriozeption)

Der Umkehrschluss,

**wenn „form follows function“, dann wird sich die Form über ihre Funktionsfähigkeit bzw. eine veränderte Form über eine veränderte Funktionsfähigkeit ausdrücken,**

kann als wahrscheinlich angenommen werden.

Eine Übersicht in Tabelle 8 zeigt die Recherche bezüglich funktioneller motorischer Fähigkeiten bzw. Defizite von AIS Patienten. Die Tabelle führt stichwortartig die Testmethoden und die wichtigsten Testergebnisse der jeweiligen Studien auf. Vor allem zu den Bereichen Gleichgewicht, Propriozeption und Gang gibt es viele Untersuchungen mit skoliosepatienten Kindern und Jugendlichen. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf dem

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

muskuloskelettalen Bereich liegt wurden Studien zu Lungenfunktion und cardiopulmonalen Fähigkeiten hier nicht aufgeführt. Studien zu Handlungsveränderungen v.a. in der Sagittalebene wurden mit aufgenommen, da hier ein ätiologischer Bezug zur AIS vermutet wird und „Handlung“ (einnehmen, halten, stabilisieren) eine der wichtigsten Funktionen der Wirbelsäulenfunktion darstellt.

*Literatursichtung funktioneller motorischer Fähigkeiten bzw. Defizite von AIS Patienten*

Suchbegriff	Ergebnisse PubMed	Relevante Artikel
((motoriktest) and (idiopathicadolescentscoliosis))	23	<p><b>Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis<sup>62</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fukuda Utenberg Step Test, Abweichung in cm und Rotation; Rombergtest, Einbeinstand           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dynamisches Gleichgewicht gestört</li> <li>▪ Veränderung der dynamischen Propriozeption, vestibuläre Defizite?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Locomotor skills and balance strategies in adolescents idiopathic scoliosis<sup>63</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gehen in der Ebene, auf einer Linie, auf einem Balken; Optische TV-Bildprozessor           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geschwindigkeit bei Balancieren auf Balken langsamer (15%)</li> <li>▪ Die Rotationskontrolle ist beeinflusst (auf Kopfhöhe fast keine Bewegung) „...der Verlust der Gierkopf-Stabilisierungsstrategien, die hauptsächlich auf der Nutzung vestibulärer Informationen basieren, spiegelt wahrscheinlich das Vorhandensein vestibulärer Defizite bei den Patienten mit AIS wider.“</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Postural instability in early-stage idiopathic scoliosis in adolescent girls<sup>64</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GG im Stand und auf oszillierender Platte           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AIS: reaktive Gleichgewichtsreaktionen &gt; antizipatorische GG-Reaktionen</li> <li>▪ +Gleichgewichtsauffälligkeiten (Schwankweg) vor allem in „Dynamik“ und bei Augen zu</li> </ul> </li> </ul>
((balance) AND (idiopathicadolescentscoliosis) NOT (surgery) NOT (brace))	128	<p><b>Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis<sup>65</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flock of Bird System - Messung der Kopf, Rumpf und Pelvisorientierung</li> <li>- Kraftmessplatte -Schwankweg im ruhigen Stehen           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Haltungsveränderungen (Skoliose) und Gleichgewichtsschwächen zeigen Zusammenhänge</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Sensory deprivation and balance control in idiopathic scoliosis adolescent<sup>66</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kraftmessplatte, Augen zu und oder Sehnenschwingung           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AIS Patienten verlassen sich in erheblichem Maße auf die Knöchelpropriozeption, um Körperschwingungen zu regulieren und die Amplitude ihrer Gleichgewichtskontrolle zu skalieren</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function<sup>67</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung der SSEP's; Stehende Gleichgewichtskontrolle unter reduzierten oder widersprüchlich sensorischen Bedingungen</li> </ul>

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<p>(Sensory Organization Test (SOT))</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Abnormale Latenzzeiten in den SSEP's (Nervenstimulation N. tibialis) in manchen AIS auffällig (15%)</li><li>▪ Hiervermehrte GG-Störungen (Standbalance +/- sensory organization test)</li><li>▪ Gestörte somatosensorische Funktion bei AIS mit abnormen SSEP's?</li></ul> <p><b>Pelvic morphology, body posture and standing balance characteristics of adolescent able-bodied and idiopathic scoliosis girls<sup>68</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Flock Bird System 3D-Analyse zur Messung der Beckenmorphologie und Rumpfhaltung; Kraftmessplatte für Standgleichgewicht (Schwankweg / Druckzonen)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ abnorme Beckenmorphologie in Kombination mit Asymmetrien in der Körperhaltung bei unbehandelten AIS</li><li>▪ Standgleichgewicht ist gestört</li><li>▪ Körperhaltung-Verlagerung des Körperschwerpunktes nach dorsal – mehr GG-Arbeit nötig???</li></ul></li></ul> <p><b>Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent idiopathic scoliosis according to the coronal curve type<sup>69</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Analyse der lateralen Röntgenaufnahmen in Bezug auf Thorakalkyphose, Lumballordose, Sacral slope, pelvic tilt, pelvic incidence<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geringere Kyphose bei Thorakalskoliosen</li><li>▪ Die Lordose wurde hauptsächlich durch die sagittale Ausrichtung des Beckens beeinflusst</li><li>▪ Pelvic incidence war höher in AIS</li></ul></li></ul> <p><b>Impact of visual and somatosensory deprivation on dynamic balance in adolescent idiopathic scoliosis<sup>70</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kraftmessplatte _ GG im Stand / Augenzu / Airexpad<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Schlechteres Gleichgewicht unter visuellem Entzug</li><li>▪ Hier erhöhte Aktivität der lumbalen Multifidii und der Glutei medii (Kompensation Visus?)</li></ul></li></ul> <p><b>Influence of pelvic asymmetry and idiopathic scoliosis in adolescents on postural balance during sitting<sup>71</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Beckenbewegungen im Sitzen auf labiler Unterlage; Sitz-Kraftmessplatte, EMG (Bauchmuskeln, erector spinae),<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Asymmetrische Muskelaktivitäten auf der konvexen Seite,</li><li>▪ Muskelaktivitätsmuster durch die Beckenasymmetrie verändert.</li><li>▪ Beckenasymmetrie und IS verursachen eine posturale Asymmetrie, eine ungleiche Gewichtsverteilung und ein muskuläres Ungleichgewicht beim Sitzen</li><li>▪</li></ul></li></ul>
--	--	---

		<p><b>Postural and muscle responses to galvanic vestibular stimulation reveal a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis<sup>72</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Messung Standgleichgewicht (galvanische vestibuläre + EMG-Ableitungen der WS und Extremitätenmuskeln)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Vestibuläre Defizite bei IAS</li></ul></li></ul> <p><b>The 3D sagittal profile of thoracic versus lumbar major curves in adolescent idiopathic scoliosis<sup>73</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 3D-Radiographie stehend<ul style="list-style-type: none"><li>▪ verringerte Kyphose / verstärkte Lordose in T/TL und L-Skoliosen</li></ul></li></ul> <p><b>Three-dimensional spinal morphology can differentiate between progressive and nonprogressive patients with adolescent idiopathic scoliosis at the initial presentation<sup>74</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 3-D-Röntgen<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Progressive AIS ist eher hypokyphotisch im Vergleich zu Kontrollgruppe</li><li>▪ signifikanter Unterschied zwischen nicht-progressivem und progressivem AIS hinsichtlich der Ebene der maximalen Krümmung, der Torsion und der apikalen intervertebralen Rotation beim ersten Besuch</li></ul></li></ul> <p><b>The practice of physical and sporting activity in teenagers with idiopathic scoliosis related to the curve type<sup>75</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Fragebogen<ul style="list-style-type: none"><li>▪ AIS mit Doppelkurven machen v.a. Gymnastik</li><li>▪ AIS mit Einfachkurven machen insgesamt weniger Sport</li></ul></li></ul> <p><b>The mobility capabilities of persons with adolescent idiopathic scoliosis<sup>76</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Step Test mit Kraftmessplatte + EMG Ableitung (erector spinae, gluteus max.), Schwankweg<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Unterschiede im dynamischen Gleichgewicht zwischen AIS und gesunden Kindern</li><li>▪ Unterschiedliche Cobbwinkel bewältigen motorische Aufgaben unterschiedlich. Unterschied gefunden jedoch Unterschied zu gering für Diagnostik</li></ul></li></ul> <p><b>Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control<sup>77</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Plattform, stehende, mit ohne Bewegung der Plattform, mit Augen auf/zu<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Gleichgewichtskontrolle unterschiedlich bei unterschiedlichen Skoliose-Typen. Bestes Gleichgewicht bei AIS mit Doppelkurven</li></ul></li></ul>
--	--	---

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<p><b>Idiopathic scoliosis: relations between the Cobb angle and the dynamical strategies when sitting on a seesaw<sup>78</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gleichgewicht im Sitzen_Messplatte mit Oszillation anterior/posterior und mediolateral), Thorakalskoliosen</li> <li>- Sehr wenige Studienteilnehmer (12), keine Kontrollgruppe             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je größer der Cobbwinkel, umso stärker ist die Gleichgewichtsreaktion im Sitzen, vor allem ap-Richtung. Die posturalen Kontrollstrategien korrelieren immer mit dem Schweregrad der Krümmung.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Cervicocephalic relocation test to evaluate cervical proprioception in adolescent idiopathic scoliosis<sup>79</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cervicocephalicrelocationtest (CRT)             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The CRT in 12 AIS patients (40 %) pathologisch</li> <li>▪ Bei bestimmten AIS-Patienten ist die zervikale Propriozeption beeinträchtigt.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Comparison of gait patterns between healthy and scoliotic patients using time and frequency domain analysis of ground reaction forces<sup>80</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung von Bodenreaktionskräften bezüglich Zeit und Frequenz im Gang             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balance problems during the stance phase of gait. Significant asymmetry in the frequency characteristics</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Evaluation of balance in young adults with idiopathic scoliosis<sup>81</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biodex Balance System (Kraftmessplatte), Vergleich Röntgenbilder (Cobbwinkel, Sagittales Profil Frontales Profil, Rumpfschift)             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ schlechteres statisches Gleichgewicht</li> <li>▪ Körperschwerpunkt auf rechter Seite (egal ob re/li Skoliose)</li> </ul> </li> </ul>
<p>(((idiopathic adolescent scoliosis)) AND (equilibrium)) NOT (surgery)) NOT (brace)</p>	<p>25</p>	<p><b>Equilibrium factors as predictors of the prognosis in adolescent idiopathic scoliosis<sup>82</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung posturales Gleichgewicht_Stabilomtrie, Funktion ZNS_EEG, vestibuläre Funktion_Electronystagmography (ENG). Follow-up nach 2.9 years             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kein Gleichgewichtsunterschied zwischen progressiven und nicht progressiven Skoliosen</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Influence of structural pelvic disorders during standing and walking in adolescents with idiopathic scoliosis<sup>83</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Klinische Untersuchung, Radiologische Untersuchung, statische 3D-Beckenaufnahme im Zweibeinstand, instrumentalisierte Ganganalyse (Kinematik, Dynamik)             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine sichtbaren Gangabweichungen</li> <li>▪ höhere und längere Muskelaktivität im Gang bilateral (erector spinae/quadratus lumborum)</li> <li>▪ Kompensation der Beckenasymmetrie durch Muskelaktivität?</li> </ul> </li> </ul>

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<p><b>Postural equilibrium in adolescent idiopathic scoliosis<sup>84</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gleichgewicht im Stand, Augen zu, auf Airexmatte, +/- Augen auf / zu, Kraftmessplatte <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Annahme: Unebenheit – erfordert erhöhte vestibuläre Reaktionen, da Propriozeption ausgeschaltet. Augen zu – erfordert erhöhte Aktivität der Propriozeptoren</li> <li>▪ Skoliosekinder haben erhöhte Schwankwerte vor allem bei verringerter visueller Kontrolle</li> <li>▪ leichte unbehandelte Skoliosen haben größeren Schwankweg als große behandelte Kurven</li> <li>▪ Einfache Krümmungen haben verringertes Gleichgewicht im Vergleich zu doppelten Bögen</li> <li>▪ Wahrscheinlich ist GG-Störung nicht sekundär, da sonst eine größere Krümmung auch ein -GG zeigen würde</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Proprioceptive function in children with adolescent idiopathic scoliosis<sup>85</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Joint position sense, Blindfoldweightdiscrimination, Charpentier test <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kein Unterschied in der Wahrnehmung der Gelenkposition und in der feinmotorischen Kontrolle</li> <li>▪ Muskelspindelssystem bei AIS evtl. gestört, wodurch posturale Gleichgewichtsreaktion anormal sein könnte</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Impaired dynamic balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and abnormal somatosensory evoked potentials<sup>86</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ganganalyse (Video), PTN-SCEPs (posteriortibial nerve somatosensorycortical evoked potentials) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine signifikante re/li-Asymmetrie in Gangparametern in Kontrollgruppe und AIS mit normaler PTN-SCEPs</li> <li>▪ Auffällige Gangparameter auf der Konvexseite bei AIS mit anormale PTN-SCEPs</li> <li>▪ Somatosensorische Dysfunktionen in AIS haben Einfluss auf dynamische Gleichgewichtskontrolle</li> <li>▪ Einige Skolisoetypen gehen einher mit Wahrnehmungsstörungen</li> </ul> </li> </ul>
<p>(((((gait) OR (locomotion)) AND (adolescentidiopathic scoliosis)) NOT (surgery)) NOT (brace)) NOT (fusion))</p>	<p>56</p>	<p><b>Gait and energy consumption in adolescent idiopathic scoliosis: A literature review<sup>87</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Review von 33 Artikeln <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Beweise für die Auswirkung der Skoliose auf zeitlich-räumliche und kinematische Gangparameter bei AIS-Patienten im Vergleich zu normalen Menschen</li> <li>▪ Die meisten Artikel berichten über Abweichungen vom Gangmuster, jedoch widersprüchliche Aussagen</li> <li>▪ Die meisten Studien ergaben keine signifikanten Unterschiede in der Gehgeschwindigkeit, Kadenz und Schrittweite bei Skoliosepatienten und gesunden Kontrollen</li> <li>▪ Patienten zeigten: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ eine verminderte Hüft- und Beckenbewegung und einen übermäßigen Energieaufwand beim Gehen</li> <li>▪ Asymmetrie des Schrittmusters und eine Asymmetrie der Bodenreaktionskraft</li> <li>▪ geringere Hüftkraft, asymmetrisches seitliches Treten, veränderte Hüft- und Becken-Beweglichkeit (insbesondere in der frontalen und transversalen Ebene)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

	<p><b>Gait in adolescent idiopathic scoliosis. Kinematics, electromyographic and energycost analysis<sup>88</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ganganalyse Laufband, EMG (Becken/Paravertebral), Lumbale/thorakolumbale-Skoliosen<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bewegungseinschränkung in Frontalebene (Hüfte, Becken, Schulter) in Sagittalebene (Knie) auch bei milden Kurven</li><li>▪ Leichte Verringerung der Schrittlänge und STB-Phase, keine Veränderung der Kadenz</li><li>▪ Verlängerte M-Aktivität bilateral (Becken/LWS), (steifes/vorsichtiges Gangbild)??</li><li>▪ „significant but slight modifications in gait, even in cases of mild scoliosis. With the naked eye, one could not see any difference from controls“</li></ul></li></ul> <p><b>Trunk rotation alters postural sway but not gait in female children and early adolescents: Results from a school-based screening for scoliosis<sup>89</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kraftmessplatte-Schwankweg im Stand / Ganganalyse mit einem Inertialsensor im Bereich des unteren Rückens (Schrittlänge, Ganggeschwindigkeit, Schrittfrequenz, Dauer der Stand-, Schwung- und Doppelstützphasen)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Rumpfrotation (Skoliosimeter &gt; 5°) haben Einfluss auf Schwankweg (GG) aber nicht auf Gangbild</li></ul></li></ul> <p><b>Analysis of coordination between thoracic and pelvic kinematic movements during gait in adolescents with idiopathic scoliosis<sup>90</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ganganalyse (Video mit Markern)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geringere Gleichmäßigkeit der Koordination in Transversal und Frontalebene</li><li>▪ geringere Gangstabilität im Rumpf</li><li>▪ In-Phase höher (Rotation Becken/Thorax zur gleichen Seite im Gang)</li></ul></li></ul> <p><b>Quantifying spinal gait kinematics using an enhanced optical motion capture approach in adolescent idiopathic scoliosis<sup>91</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ganganalyse (Video)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geringere Kyphose, vermehrte WS-ROM im Gang (Sagittalebene, Lateraldeviation nach links)</li><li>▪ Keine klinisch relevanten Differenzen in Rumpfbewegung und Gangparametern</li></ul></li></ul> <p><b>Asymmetrical gait in adolescents with idiopathic scoliosis<sup>92</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kraftmessplatten auf Gangteppich und Kameras<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Asymmetrisches Gangmuster in Kinematik und Bodenreaktionskräften (Frontal und Transversalebene bei kombinierter Rotation aller Segmente)</li><li>▪ Bodenreaktionskräfte – Gangasymmetrie in mediolateraler Richtung</li></ul></li></ul>
--	---

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<p><b>Gait analysis in patients with idiopathic scoliosis<sup>93</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Standanalyse, Ganganalyse auf Gangteppich mit Video <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine signifikanten klinische asymmetrische Seitenunterschiede (Zeit, Strecke, vertikaler-anteriorer-posteriorer Bodenreaktionskräfte, sagittale Gelenkwinkel)</li> <li>▪ Signifikante Asymmetrien in der Transversalebene mit Rotationsoffset des oberen Rumpfes in Verhältnis zur symmetrischen Rotation des Beckens</li> <li>▪ AIS zeigen Gangasymmetrien in einzelnen biomechanischen Parametern in der Transversalebene</li> </ul> </li> </ul> <p><b>The postural stability control and gait pattern of idiopathic scoliosis adolescents<sup>94</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stand mit Kraftmessplatte, Gangteppich und Video <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die AIS-Patienten sind schlecht in der Kontrolle der posturalen Stabilität</li> <li>▪ ihr Gangbild ähnelt dem von normalen Personen</li> <li>▪ Stehen mit voll gebeugtem Rumpf ist die effektivste Position, um die posturale Stabilitätskontrolle von IS-Patienten zu identifizieren</li> </ul> </li> </ul>
(((motorskills) AND (idiopathic adolescent scoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	5	<p><b>Evaluation of upper extremity function and its relation to curve pattern in female adolescents with idiopathic scoliosis: a pilot study<sup>95</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Greifkraft, Handgeschicklichkeit, Handreaktionszeit, Koordination der oberen Extremitäten (OEX), Leistung OEX, Wurfgenauigkeit, selbstberichtete Behinderung OEX</li> <li>- Dynamometer, Minnesota Manual Dexterity Test, placing and turning tests, Nelson's Hand Reaction Time Test, finger-to-nose test, Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability (CKCUES), Functional Throwing Performance Index <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funktion der oberen Extremitäten in Abhängigkeit vom Krümmungsmuster beeinträchtigt (T-Skoliosen). verminderte konkave laterale Kneifkraft, konkave Handgeschicklichkeit beim Drehen, Koordination der oberen Extremitäten und der konkaven Handreaktionszeit</li> <li>▪ verminderte Wurfgenauigkeit im Gegensatz zu gesunden</li> </ul> </li> </ul>
(((motor* tests) AND (idiopathic adolescent scoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	12	Artikel, die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden
(((coordination) AND (idiopathic adolescent scoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	20	<b>Differences in standing and sitting postures of youth with idiopathic scoliosis from quantitative analysis of digital photographs<sup>96</sup></b>

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

scoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))		<ul style="list-style-type: none"> <li>- digitale Fotos mit einer Software zur Haltungsbewertung, singlecurve Skoliosen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vergrößerte Beckenkipfung nach dorsal in sitzender Position (Sitzkyphose) bei allen Skoliostypen</li> <li>▪ + Protraktion Kopf in sitzender Position</li> <li>▪ - lateraler Shift und lateraler pelvictiltauf der Frontalebene im Sitzen (v.a. TL und L)</li> <li>▪ - Elevation und Scapulaasymmetrien im Sitzen</li> <li>▪ L/TL-Skoliosen mehr Asymmetrien in Becken/Beinbereich</li> </ul> </li> </ul>
((((functionalassessments) AND (idiopathic adolescentscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	212	keine Artikel, die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden
((((motor* function) AND (idiopathicadolescentscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	36	keine Artikel, die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden
((((movement) AND (idiopathicadolescentscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	119	<p><b>Sports activity of patients with idiopathic coliosis at long-term follow-up<sup>97</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 43 Jahre, 45° Cobbwinkel, Fragebogen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IS erleiden im Vergleich zu altersgleichen Kontrollen langfristig eine Beeinträchtigung ihrer sportlichen Aktivitäten.</li> <li>▪ Die Hauptgründe dafür sind funktionelle Beeinträchtigungen und die Häufigkeit von Rückenschmerzen.</li> <li>▪ Die sportliche Aktivität ist nach einer erweiterten Wirbelsäulenversteifung nicht stärker eingeschränkt als nach einer nichtoperativen Behandlung</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Adolescent idiopathic scoliosis and exercising: is there truly a liaison?<sup>98</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2387 Kinder, 2 Gruppen Sportler/Nichtsportler, Fragebogen, klinische Untersuchung – Röntgen, Auswertung bezüglich gesund/10°/20° Cobbwinkel <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Regelmäßiges Training ist wahrscheinlich nicht mit Entwicklung von AIS verbunden</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Adolescent idiopathic scoliosis in athletes: Is there a connection?<sup>99</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Review, 8 Studien mit geringer Evidenz</li> </ul>

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nicht gesichert ob AIS und Sportbeteiligung in einem Ursache-Wirkungs-Modell zusammenhängen</li> <li>▪ Es scheint, dass die Prävalenz von AIS bei Sportlern, die bestimmte Sportarten ausüben (z. B. Gymnastik), hoch sein könnte</li> <li>▪ Erhöhte Prävalenz von AIS bei Sportlern im Allgemeinen jedoch nicht verifiziert.</li> <li>▪ Die Amenorrhoe könnte eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von AIS spielen, vor allem dadurch, dass das unreife weibliche Skelett über einen längeren Zeitraum als normal einer erhöhten mechanischen Belastung ausgesetzt wird</li> </ul> <p><b>Association between physical activity and scoliosis: a prospective cohort study<sup>20</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragebogen (4640) Eltern über körperliche Aktivität/Fähigkeit im Alter von 18 Monaten und 10 Jahren.</li> <li>- Objektive Messungen der körperlichen Aktivität mittels Beschleunigungsmessung im Alter von 11 Jahren</li> <li>- Dual-energy X-rayAbsorptiometry (DXA) scan mit 10 und 15 Jahren <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eine reduzierte körperliche Fähigkeit und Aktivität im Alter von 18 Monaten geht mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten einer Skoliose im Alter zwischen 10 und 15 Jahren einher</li> <li>▪ Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine geringere körperliche Aktivität ein neuer Risikofaktor für die Entstehung einer Skoliose ist</li> </ul> </li> </ul>
(motordeficitproblem) AND (idiopathicadolescentscoliosis)	30	keine Artikel, die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden
((((physicalactivity) AND (idiopathicadolescentscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	148	keine Artikel, die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden
((((Sports motortests) AND (idiopathicadolescentscoliosis)) NOT (brace)) NOT	2	keine Artikel, die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

(surgery))		
(fitness) AND (scoliosis)	53	<p><b>Scoliosis deformity and childs' fitness</b><sup>101</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- shuttle run <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ geringere Geschwindigkeit/Agilität</li> </ul> </li> </ul>
(((((spinemobility) AND (idiopathicadoles centscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	40	<p><b>Alteration in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with idiopathic scoliosis</b><sup>102</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- T-Skoliose; Evaluation Schulterkinematik (3-D elektormagneisches Tracking, Skapulakippung, Rotation, skapulohumeraler Gleitrythmus) und Muskelaktivität (EMG Trapezius, Serratus anterior, mittlere Anteil Deltoideus) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ moderate Schulterdysfunktionen auf der konvexen Seite (+ anterior tilt und + Aktivität trapezius aszendenz auf konvexen Seite, inadäquate posteriortipping Bewegung)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Effect of rotation on frontal plane deformity in idiopathic scoliosis</b><sup>103</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Röntgen / MRT – Vergleich Cobbwinkel und Rotation <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einfluss der Rotation auf die Deformität in der Frontalebene und ist bei Krümmungen &gt;30 Grad deutlicher.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Pre-existent vertebral rotation in the human spine is influenced by body position</b><sup>104</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung der Wirbelrotation mittels MRI in Stand, Rückenlage, 4-Füßler, 30 gesunde Probanden <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gesunde haben Rotationsmuster wie Skoliose: untere/mittlere BWS Rotation nach rechts in allen Positionen.</li> <li>▪ Stand, Rückenlage mehr Rotation als im 4-Füßler</li> <li>▪ Rotationsstabilität abhängig von Orientierung der WS im Raum. Je stärker WS-Segment nach hinten geneigt (Sagittalprofil?), umso eher entwickelt Segment eine Rotation</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Characterizing pelvis dynamics in adolescent with idiopathic scoliosis</b><sup>105</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewegungserfassungskamera / reflektive Marker (spina iliaca ant.sup&amp;post.sup, C7, Acromion → Flex/Ext, Rot/Lat-Fles WS (12 T-Skoliosen 7 TL-Skoliosen) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L-Skoliosen – Pelvisrotation zur Krümmung (Statik), T-Skoliosen normal (T-Skoliosen Beckenbeweglichkeit wie Kontrolle)</li> <li>▪ 3-dimensionale Ausrichtung des Beckens (sagittale und frontale Neigung, Rotation in der Transversalebene) spielt eine wesentliche Rolle bei der Biomechanik des Beckens für jede Bewegungsart.</li> <li>▪ Unterschiede in der Beckendynamik bei AIS zeigen sich nicht in diskreten Parametern, z. B. dem Gesamt-ROM, sondern vielmehr in der Biomechanik während der Bewegung, die wiederum von der anfänglichen</li> </ul> </li> </ul>
(((((mobility) AND (idiopathicadoles centscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	50	
(((((Range ofmotion) AND (idiopathicadoles centscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	48	
(((((flexibility) AND (idiopathicadoles centscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	40	

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<p>Ausrichtung des Beckens bestimmt wird.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Je tiefer die Skoliose um so größer die Auswirkungen aufs Becken</li></ul> <p><b>Joint flexibilities in structurally normal girls and girls with idiopathic scoliosis<sup>106</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Fingerhyperextension, Handgelenkflexion, Ellenbogen/Kniehyperextension, FBA, Lateralflexion<ul style="list-style-type: none"><li>▪ AIS gleiche oder reduzierte Beweglichkeit wie Kontrolle. Kein Hinweis auf Übermäßige Gelenkbeweglichkeit</li></ul></li></ul> <p><b>A simple method for assessing rotational flexibility in adolescent idiopathic scoliosis modified Adam's forward bending test<sup>107</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Modifiedforwardbendingtest (MFBT)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Rotationsflexibilität einer Kurve kann vorhergesagt werden</li><li>▪ reliable test of rotational flexibility in AIS patients</li></ul></li></ul> <p><b>The association of lumbar curve magnitude and spinal range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a cross-sectional study<sup>108</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- L-/lumboskoliose, ROM sagittal, frontal, transversal<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Je größer die Kurve um so größer die Bewegungseinschränkung für Rotation und Lateralflexion</li></ul></li></ul> <p><b>Spinal mobility in adolescent girls with idiopathic scoliosis and in structurally normal controls<sup>109</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 29 T-Skoliosen / 30 Kontrolle, Messung WS-Beweglichkeit mit Inklinometer in 3 Ebenen (frontal, sagittal, transversal)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geringere Lordose und Kyphose</li><li>▪ BWS: - Flex, + BWS-Extension und + totale Latflex. Gesunde zeigen Rechtsrotation &gt; Linksrotation, Skoliosen haben keine größere Rechtsrotation aber insgesamt eine geringere Rotationsspanne (re+li-Rotation)</li><li>▪ LWS: - Extension</li><li>▪ Keine Veränderung der allgemeinen Wirbelsäulenbeweglichkeit</li></ul></li></ul> <p><b>Trunk rotation alters postural sway but not gait in female children and early adolescents: Results from a school-based screening for scoliosis<sup>110</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Scoliometer &gt;5° / &lt;5°, Schwankweg im Zweibeinstand, räumlich-zeitliche Gangparameter (stridellänge, gait speed, cadence, stance, swing and double support phases duration)<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Keine Unterschiede in den gemessenen Gangparametern</li></ul></li></ul>
--	--	---

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unterschiede GG auch bei milden Skoliosen</li> </ul> <p><b>Characteristic morphological patterns within adolescent idiopathic scoliosis may be explained by mechanical loading<sup>111</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergleich MRT-Bilder gesund/Skoliose <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kyphose verringert, Lordose L1-L3 bei Lumbalskoliosen verringert / bei Thorakolumalskoliosen erhöht</li> <li>▪ Längere ventrale Wirbelkörper</li> <li>▪ Vermutung: Wirbelsäule anpasst sich an asymmetrischen Belastungsbedingungen und wird nicht durch eine asymmetrische Wachstumsstörung deformiert</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Trunk rotation and hip joint range of rotation in adolescent girls with idiopathic scoliosis: does the "dinnerplate" turn asymmetrically?<sup>112</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung Hüftgelenkbeweglichkeit (Rot in Bauchlage, Add in verschiedenen Ausgangsstellungen, Rotationsversatz Becken ausgerechnet aus HG-Rotationsstellung) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nur wenige symmetrische Hüftrotation bei IAS (Asymmetrie Hüftgelenks-Rotationsbereich bei Skoliose (84%) und Gesunden (65%))</li> <li>▪ Geringere Rotationsspanne (Summe aus IR+AR normal, jedoch verschobener Bewegungssektor – meist zur IR auf der einen und AR auf der anderen Seite), Häufig Rotationsoffset Becken bei IAS</li> <li>▪ (Kompensation der Asymmetrien durch asymmetrische Aktivierung der Muskulatur – um physiologische Beckenbewegung zu ermöglichen? )</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Acute muscle stretching and the ability to maintain posture in females with adolescent idiopathic scoliosis<sup>113</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nur 18 Probanden; Passives Dehnen von erector spinae / Nackenextensoren / Fersensitz-Rumpf nach vorne geneigt in direkter Linie mit Becken <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dehngruppe konnte Körperhaltung schlechter aufrecht erhalten. Größere Tendenz zu gebeugter Haltung oberer / unterer Rumpf</li> </ul> </li> </ul>
(hypermobil*) AND (adolescent idiopathic scoliosis)	11	<p><b>Generalised joint hypermobility in Caucasian girls with idiopathic scoliosis: Relation with age, curve size, and curve pattern<sup>114</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 155 T-Skoliosen/201 Kontrolle, Beighton Test <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 23% IAS, 13,4% Kontrolle zeigen generalisierte Überbeweglichkeit der Gelenke</li> <li>▪ Prävalenz sinkt mit zunehmendem Alter (16-18J)</li> <li>▪ Kein Zusammenhang zu Kurvengröße</li> </ul> </li> </ul>

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

		<p><b>Hypermobility frequency in school children: Relationship with idiopathic scoliosis, age, sex and musculoskeletal problems<sup>115</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beighton Test, Schuluntersuchung (822 Kinder 10-15J) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hypermobilität bei 18,4%, 5.2% Skoliose</li> <li>▪ Alle Skoliosekinder bis auf 1 hatten Hypermobilität</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Joint hypermobility in children with idiopathic scoliosis<sup>116</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 70 IAS/58 Kontrolle (9-18), Beighton Test, Fragebogen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hypermobilität bei 51% der IAS und 19% der Kontrolle</li> <li>▪ Kein Zusammenhang zu Kurventyp, Größe, Wirbelrotation</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Lack of joint hypermobility increases risk of surgery in adolescent idiopathic scoliosis<sup>117</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 570 IAS, Beightontest (2005-2015) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 24% hatten Hypermobilität, Hypermobilität erhöht nicht das OP-Risiko</li> <li>▪ Unbeweglichkeit (Beighton Score 0) erhöht OP-Risiko, vor allem Fingerbodenabstand als Indikator für Progression zu OP</li> <li>▪ Score 0 – Patienten hatten größere Kurven im Vergleich zu Score 1+</li> </ul> </li> </ul>
(((exerciselimits) AND (idiopathicadolescentscoliosis)) NOT (brace)) NOT (surgery))	14	keine Artikel die bisher nicht in dieser Tabelle aufgeführt wurden

*Tabelle 9 Literatursichtung funktioneller motorischer Fähigkeiten bzw. Defiziten von AIS Patient*

### ***Motorische funktionelle Defizite- Auffälligkeiten bei AIS-Patienten***

Zusammenfassend werden hier die Defizite bzw. Auffälligkeiten bei AIS-Patienten aus der gesichteten Literatur (s. Tabelle 8) aufgeführt.

Kinder und Jugendliche mit AIS zeigen:

- **Defizite im Gleichgewicht, vor allem im dynamischen Gleichgewicht (GG) ohne Visuskontrolle**<sup>62-68,70,72,76-78,81,84,94</sup>, **sowie vestibuläre und oder propriozeptive Defizite**<sup>62,63,66,67,70,72,79,85,86</sup>
  - eine verstärkte Rumpfrotation (>5°Skolimeterwert) hat Einfluss auf das GG
  - Veränderung vor allem der dynamischen Propriozeption / des dynamischen GG
  - AIS Kinder zeigen eine verlangsamte Gehgeschwindigkeit beim Balancieren
  - Sitzgleichgewicht: je größer Cobbwinkel, umso höher ist das GG-Defizit im Sitzen
  - Einfachbögen haben ein schlechteres GG im Vergleich zu Doppelbögen
  - Die Wahrnehmung von Gelenkpositionen und die feinmotorische Kontrolle sind meist unauffällig
  - Das Muskelspindelssystem ist evtl. gestört – dies könnte Defizite in der posturale GG-Reaktion erklären
  - AIS Patienten verlassen sich in erheblichem Maße auf die Knöchelpropriozeption (ankle-strategy)
  - bei manchen AIS ist zervikale Propriozeption beeinträchtigt
- **Gangveränderungen - mit bloßem Auge meist nicht erkennbar**<sup>63,83,86-94</sup>
  - Geringere Gleichmäßigkeit der Koordination in Transversal und Frontalebene
  - In-Phase (Rotation Becken und Thorax zur gleichen Seite)im Gang erhöht
  - verminderte Hüft- und Beckenbewegung und ein übermäßiger Energieaufwand beim Gehen
  - Asymmetrie des Schrittmusters und eine Asymmetrie der Bodenreaktionskraft
  - geringere Hüftkraft, asymmetrisches seitliches Treten, veränderte Hüft- und Becken-Beweglichkeit (insbesondere in der frontalen und transversalen Ebene)
  - geringere Knöchelmuskelreaktionen und eine verzögerte posturale Verlagerung nach rechts
- **muskuläre Dysbalancen in Hüft und Rumpfmuskulatur**<sup>71,76,118</sup>

- **eine unphysiologisch verstärkte/verlängerte Aktivität der Becken- und Lendenmuskulatur**<sup>70,71,83</sup>
  - bei GG-Aktivität (Kompensation GG/Visus?)
- **eine veränderte Sitzhaltung v.a. im Sagittalprofil**<sup>71,96</sup>
  - vermehrte Beckenkipfung nach dorsal(Sitzkyphose)
  - lateraler Shift und pelvictilt auf der Frontalebene sind im Sitzen kleiner als im Stand
  - vermehrte Protraktion Kopf
  - verringerte Elevation und Skapulaasymmetrie im Sitzen
  - größere Asymmetrien im Becken/Beinbereich bei Lumbal- /Thorakolumbalskoliosen
- **eine Verlagerung des Körperschwerpunktes (KS) im Stand**<sup>68,81</sup>
  - in der Frontalebene gibt es unterschiedliche Studienaussagen. Einige Studien sagen, dass sich der Körperschwerpunkt bei allen Skoliosen zur rechten Seite verlagert, andere sagen aus, dass er sich zur Seite der Hauptkrümmung verlagert
  - nach dorsal (durch die aufrechtere Körperhaltung (< BWS-Kyphose)), dies erhöht die Anforderungen an die Torsionssteuerung
- **eine veränderte Kopfkontrolle v.a. in Rotation**<sup>63,79</sup>
  - Verlust der Stabilisierungsstrategie über die Kopfkontrolle. Cervicocephalicrelocationtest (CRT) auffällig
  - „en bloc“ – Stellung bei GG-Aufgaben
  - bei manchen AIS ist zervikale Propriozeption beeinträchtigt (s.o.)
- **ein verändertes Sagittalprofil im Stand**
  - Hypokyphose bei T-Skoliosen, +Beckeninzidenz bei allen Skoliosen<sup>69,73,74,96</sup>
  - Lordose durch Beckenausrichtung beeinflusst<sup>69</sup>
  - progressive Skoliose ist eher hypokyphotisch<sup>74</sup>
  - Rotationsstabilität abhängig von Orientierung der Wirbelsäule im Raum. Je stärker ein Wirbelsäulen-Segment nach hinten geneigt (Sagittalprofil?) ist, umso eher entwickelt das Segment eine Rotation<sup>104</sup>
  - die Daten deuten darauf hin, dass sich die Wirbelsäule an die asymmetrischen Belastungsbedingungen anpasst und nicht durch eine asymmetrische Wachstumsstörung deformiert wird<sup>111</sup>, „form followsfunction“

- **Lumbalskoliosen haben einen Einfluss auf die Bein- und Beckenfunktionen**<sup>105</sup>
  - Je tiefer die Kurve je größer der Einfluss
  
- **Thorakalskoliosen haben Einfluss auf Arm- und Handfunktion**<sup>95</sup>
  
- **im Bereich der allgemeinen Gelenkbeweglichkeit:**
  - dass unbeweglichere Kinder ohne Hypermobilität ein erhöhtes Risiko für Wirbelsäulen-Operationen<sup>117</sup> haben (vor allem Defizite im Finger-Boden-Abstand bei Beighton Score von 0)
  - dass IAS Patienten häufig eine allgemeine Gelenkhypermobilität zeigen, jedoch ohne Zusammenhang zu Kurventyp, Kurvengröße und Stärke der Rotation<sup>114–116</sup> (progressiv / non-progressiv)
  
- **eine veränderte Beweglichkeit in der Hüftgelenksrotation**<sup>112</sup>
  - die Hüftrotation ist bei IAS häufig verschoben (zur IR auf der einen und AR auf der anderen Seite)
  - Rotationsoffset im Becken (Kompensation durch asymmetrische Aktivierung der Hüft-/Beckenmuskulatur um physiolog. Bewegung zu ermöglichen?)
  
- **einen Zusammenhang zwischen Cobbwinkel und Funktionalität**<sup>78,78</sup>
  - Cobbwinkel als Messinstrument der Funktionalität nicht geeignet (dynamisches GG)
  - jedoch findet sich beim Sitzgleichgewicht ein Zusammenhang zur Stärke des Cobbwinkels, je stärker die Kurve, desto stärker die GG-Störung
  
- **eine veränderte Beweglichkeit der Wirbelsäule**<sup>108,108,109</sup>
  - je größer die Kurve um so größer die Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule für Rotation und Lateralflexion
  - Brustwirbelsäule (BWS): - Flexion, + BWS-Extension und + totale Lateralflexion (re+li)
  - Gesunde zeigen: Rechtsrotation > Linksrotation. Skoliosen haben keine größere Rechtsrotation und insgesamt eine geringere Rotationsspanne (re+li-Rotation)
  - Lendenwirbelsäule (LWS): - Extension

- **Sportverhalten hat einen unklaren Einfluss auf Entstehung und Progredienz der AIS<sup>75,98,99</sup>**
  - AIS mit Einfachkurven machen weniger Sport
  - nicht gesichert, ob Sportbeteiligung in einem Ursache-Wirkungs-Modell zusammenhängen
  - geringere Laufgeschwindigkeit und Agilität bei AIS Kindern
  
- **eine reduzierte körperliche Aktivität im Säuglings- / Kleinkindalter<sup>20</sup>**
  - dies geht mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten von AIS einher

### **Folgerung**

Die Sichtung der Studienlage bestätigt die Vermutung, dass sich die Wirbelsäulendeformitäten bei der AIS in funktionellen motorischen Parametern ausdrücken. Aus diesem Grund kann der Umkehrschluss, **wenn die Funktion einen Einfluss auf die Form hat, dann wird sich die Form über ihre Funktionsfähigkeit bzw. eine veränderte Form über eine veränderte Funktionsfähigkeit ausdrücken**, als wahrscheinlich angenommen werden.

Die im Literaturstudium gefundenen motorisch- funktionellen Defizite bzw. Auffälligkeiten bei AIS-Patienten betreffen neben der Wirbelsäule jeden Körperabschnitt, wobei die Arme bei den Thorakalskoliosen, Becken und Beine sich mehr bei den Lumbalskoliosen in ihrer Funktionsfähigkeit verändert zeigen. Auch anderen Organsysteme, die mit der Wirbelsäule in Funktionszusammenhängen stehen (z.B. Vestibularorgan, die Sinnesorgane mit ihren Propriozeptoren) zeigen Veränderungen im Vergleich zu „gesunden“ Kindern und Jugendlichen. Diese Defizite oder Veränderungen sind oft nicht mit bloßem Auge erkennbar und benötigen daher häufig aufwendige apparative Messmethoden. Auch gibt es keine Normwertetabellen, sodass die vorhandenen Defizite und Unterschiede nur im direkten Vergleich innerhalb einer Studienanordnung auffällig werden. So ist die Bewegungsgeschwindigkeit bei Balanceaufgaben (balancieren rückwärts über einen Balken) bei AIS Kindern langsamer<sup>63</sup>. Es werden jedoch keine Normwerte genannt, welche Zeit als langsam und somit als auffällig gilt. Die Auffälligkeit wird also nur in dem direkten Vergleich der Probanden (ca. 15% langsamer) innerhalb dieses Studiendesigns sichtbar. Insofern sind die bisherigen Tests als Screeningtool in einem Diagnoseprozess nicht geeignet.

Ein Grund dafür, dass die Funktionsauffälligkeiten nur dezent sichtbar sind, könnte sein, dass die gesichteten Tests meist eindimensionale Funktionen abprüfen. Zudem scheinen AIS Patienten Defizite in einem Bereich durch Funktionsanpassungen auf anderer Ebene so gut kompensieren zu können, dass die Defizite nur schwach sichtbar werden. Zum Beispiel können die durch Beckenasymmetrien erzeugten Funktionsdefizite und -auffälligkeiten, die im Gang erwartet werden, durch asymmetrische und übermäßige Muskelaktivität soweit kompensiert werden, dass eine sichtbare Gangauffälligkeit nicht feststellbar ist<sup>83</sup>. Hier stellt sich nun die Frage, ob man durch komplexere und/oder organsystemübergreifende Tests die Wirbelsäulenfunktion spezifischer abbilden kann und somit auch deutlichere Funktionsabweichungen und -defizite feststellen kann.

## II.1 Funktionelle Defizite AIS

Die Vermutung liegt hier nahe, dass durch komplexe spezifische organsystemübergreifende funktionelle und / oder motorische Testverfahren sich der AIS-Verdacht im Diagnoseprozess erhärten lässt.



## III. Teil

Erstellung spezifischer Test-Items zur  
Funktionsuntersuchung der Wirbelsäule bei  
adoleszenter idiopathischer Skoliose (AIS)

## III.1 Erstellung spezifischer Testitems für AIS

### III.1.1 Testziel

Der letzte Teil dieser Arbeit zielt darauf ab, Testitems und Testverfahren zu entwickeln, welche die Wirbelsäule, möglichst funktionspezifisch, mittels komplexer und / oder organsystemübergreifender Aufgaben untersucht. Diese sollen Funktionsabweichungen und Funktionsdefizite deutlich(er) aufzeigen können. Damit sich diese Tests als ergänzendes Screeningtool im Diagnoseprozess der AIS eignen, sollten sie mit wenig Aufwand, ortsunabhängig (Praxis, Sporthalle, Gymnastikraum) und ohne großen Materialaufwand durchführbar sein. Auch müssen die Defizite / Auffälligkeiten so deutlich zu Tage treten, dass sie

#### **Notwendigkeit einer komplexeren Funktionsuntersuchung der Wirbelsäule**

- Strukturelle Befunde sagen wenig über die Funktion aus
- zur Beurteilung von Funktion muss auch die Bewegungsqualität / Bewegungskontrolle analysiert werden
- die bisherigen Untersuchungen zeigen zwar funktionelle Auffälligkeiten, diese sind bei AIS jedoch oft nicht mit bloßem Auge erkennbar
- keine Normwertetabellen vorhanden, viele Ergebnisse von Funktionsuntersuchungen sind nur im direkten Vergleich aussagekräftig

Um die Funktionsfähigkeit der Wirbelsäule bei AIS Patienten sichtbar(er) darzustellen, bedarf es komplexerer, nicht alltäglicher Tests bzw. Bewegungen, bei denen auch die Bewegungsqualität untersucht werden muss.

ohne apparative Messsysteme (z.B. Motographie, Kinematik) erkennbar sind. Ob dies mit den zu erarbeitenden Tests möglich ist, ob hierfür Einzeltests ausreichen oder es einer Testbatterie bedarf, müsste dann in einer folgenden Studie validiert werden.

### III.1.2 Aspekte der Testinhalte, Bewegungsdimensionen, Testverfahren

Strukturelle Befunde sagen oft wenig über die Funktionsfähigkeit und / oder Beschwerden der Wirbelsäule aus<sup>51</sup>. So müssen bei funktionellen Untersuchungen neben dem Bewegungsausmaß auch die Qualität von Bewegung und Bewegungsverhalten sowie die Bewegungskontrolle in Bezug zu der jeweiligen Aufgabe und Funktion des betroffenen Körperabschnitts analysiert

werden. Aufgrund der Komplexität dieser Untersuchung reichen (eindimensionale) Einzeltests zur Beurteilung komplexer Funktionen nicht aus, hier kommen meist Testbatterien zum Einsatz<sup>46,47,51</sup>. Dies könnte erklären, wieso die in Kapitel II aufgeführten Studien zu den funktionellen und motorischen Defiziten bei AIS Patienten, welche fast ausschließlich mit quantitativen Testverfahren ermittelt wurden, häufig nur durch Hilfsmittel (z.B.: Videoanalyse, Kraftmessplatte) erkennbare Funktionsdefizite nachweisen konnten. Auch bei der ärztlichen Untersuchung der Wirbelsäule auf Deformitäten kommen nur eindimensionale Tests (Bewegungsüberprüfung, Adams-Test mit Skoliometermessung, FBA) zum Einsatz. Um die Funktionsfähigkeit der Wirbelsäule bei AIS Patienten also sichtbar(er) darzustellen, bedarf es offensichtlich mehr als der Untersuchung von eindimensionalen oder alltäglich im Gebrauch befindlichen Aktivitäten (wie z.B. der Bewegungsüberprüfung nach der Neutral-Null-Methode, Gleichgewichtstests im Stand oder Gang, Stand auf instabiler Unterlage, Haltungs- und Ganganalyse).

Bei der Auswahl der hier vorgestellten Tests bzw. Testbatterie wurde versucht, möglichst komplexe und nicht alltägliche Aktivitäten zu finden, welche evtl. als ergänzende funktionelle Untersuchung der komplexen Wirbelsäulenfunktion den Diagnoseprozess bei AIS ergänzen könnten. Dies schließt die Beibehaltung der gängigen Untersuchungsstrategie mit ein:

- einer ausführlichen Anamnese
- der Inspektion bezüglich Körperstatik und Symmetrie
- dem Adam's Test und
- der metrischen Erfassung der Torsions- und Rotationskomponente mithilfe des Skoliometers,
- **+** Untersuchung der Wirbelsäulenfunktion mittels komplexer motorisch funktioneller Tests bzw. Testbatterie: Rückenschaukel, Purzelbaum, Klavierspieler, Sitzhaltung, Hampelmann, Finger-Boden-Abstand.

#### **Gängiger Diagnoseprozess bei AIS**

- ausführliche Anamnese
- Inspektion Körperstatik und Symmetrie
- Adam's Test
- metrische Erfassung der Torsions- / Rotationskomponente mithilfe des Skoliometers

#### **ergänzende funktionelle Untersuchung der Wirbelsäulenfunktion (noch zu evaluieren)**

- mittels komplexer motorisch funktioneller Tests bzw. Testbatterie  
--> Purzelbaum, Rückenschaukel, Hampelmann, Fingerbodenabstand, Klavierspieler, Sitzhaltung

Bei der Erstellung dieser möglichst spezifischen Testaufgaben zur Detektion von Funktionsdefiziten der Wirbelsäulenfunktion wurden verschiedene Aspekte in der Erstellung der Testaufgaben berücksichtigt. Die aufgeführten Aspekte erschließen sich aus der Anatomie, der Funktion, der Wirbelsäule mit ihren zugehörigen Körperabschnitten, den Freiheitsgraden der Wirbelsäulen-Beweglichkeit und den in der Literatur gefundenen funktionellen Defiziten und Auffälligkeiten von AIS Patienten in Bewegung und Haltung. Auch sollte bedacht werden, dass es sich hier um Kinder und Jugendliche handelt. Daher sollten

- die Aufgaben einen hohen Aufforderungscharakter haben, sodass v. a. die jüngeren Kinder zur Mitarbeit angeregt werden.
- es sich um möglichst **nicht** alltägliche Bewegungen handeln, um evtl. schon vorhandene motorische Lern- / Kompensationsvorgänge auszuschließen.
- die Testaufgaben eine Beteiligung mehrerer Körperabschnitte beinhalten, da
  - die Wirbelsäule mehrere Körperabschnitte aufweist (Becken, Brustkorb, Kopf)
  - die Skoliose auch die Funktion von Armen und Beinen beeinflusst.
- die Aufgaben möglichst eine mehrdimensionale Wirbelsäulenbewegung enthalten, da
  - die Wirbelsäule im Alltag in der Regel mehrdimensionale Bewegungen macht (z.B. beim Gehen).
  - die strukturellen Veränderungen bei AIS dreidimensional sind:
    - AIS Patienten weisen ein verändertes Sagittalprofil auf (thorakaler Flachrücken, Veränderung der LWS Lordose). Hier bietet sich als Testbewegung die Wirbelsäulen-Flexion an.
    - Die AIS geht mit Rotations- und Torsionsveränderungen einher, bei der die Entstehung eines Rippenberges / Lentals erwartet werden kann.
    - Die Formabweichungen bei AIS findet auch in der Frontalebene statt und es kann hier zu Funktionsveränderungen / Bewegungseinschränkungen der Lateralflexion kommen.
- komplexe Gleichgewichtsreaktionen mit einer Lageveränderung im Raum stattfinden, da
  - die posturale respektive Haltungskontrolle als eine der zentralen Aufgaben der Wirbelsäule gilt,
  - das dynamische Gleichgewicht bei AIS mehr betroffen ist als das statische Gleichgewicht,

### III.1 Aspekte der Testinhalte, Bewegungsdimensionen, Testverfahren

- es bei AIS häufig zu einer Einschränkung der Funktionen des Vestibularorgans (Lageveränderung im Raum, Beschleunigungsmessung) kommt,
- es häufig zu einer Veränderung der Propriozeption bei AIS kommt (Bewegungssinn: Richtung, Amplitude, Geschwindigkeit erkennen, Positionssinn: End-/Anfangsposition vergleichen),
- das ZNS / Kleinhirn als Wirbelsäulen-funktionsassoziiertes Organ maßgeblich an der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts zuständig ist (Haltung, Tonusregulation, Bewegungskoordination, Gleichgewicht, und Funktionszusammenhang zu Visus, Vestibularorgan und Propriozeption).
- eine Beteiligung des Kopfes an der Bewegung geben, da
  - in der HWS viele Propriozeptoren liegen,
  - die HWS an der Feineinstellung der Haltung beteiligt ist,
  - AIS Patienten Schwierigkeiten in der Kopfkontrolle aufweisen, was in einer „en bloc-Haltung“ als Kompensationsmechanismus sichtbar wird,
  - es eine direkte Vernetzung des Kopfes mit den funktionsassoziierten Organen (Propriozeption und dem Vestibularorgan) gibt
- sowohl Stabilitätsfaktoren (reaktive) Haltungskontrolle / Gleichgewichtsreaktion gegen die Schwerkraft) als auch Mobilitätsfaktoren (zielgerichtete Bewegungen) in die Aufgabe einfließen, da die Wirbelsäule sowohl Haltung und Stabilität als auch Bewegungsaufgaben zu bewerkstelligen hat. Oft muss die Wirbelsäule in einer Bewegungsrichtung bewegen und die anderen zwei Freiheitsgrade der Wirbelsäule und oder Extremitätenbewegungen stabilisieren. Dies stellt hohe Anforderungen an die Bewegungskoordination dar.

Um die komplexe Wirbelsäulenfunktion zu beurteilen wird es daher vor allem um eine qualitative Testung von Bewegungsausführung, Bewegungskontrolle und Haltungskontrolle gehen. Bewegungsqualität bedeutet jedoch auch, dass man nicht isoliert einzelne motorische Dimensionen testen kann (z.B. Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit, Ausdauer, Gleichgewicht, ...), sondern immer eine Kombination mehrerer Dimensionen braucht, wobei hier wahrscheinlich am ehesten die Dimension Koordination und Gleichgewicht im Fokus stehen werden. Quantitative Tests als alleinige Tests sind nicht möglich, da sie meist auf Eindimensionalität angewiesen sind und bei mehrdimensionalen komplexen Aufgaben häufig keine Messmöglichkeit mehr bieten. Um eine objektivere Aussage über die Testergebnisse zu

bekommen, können sie jedoch in einzelnen Fällen als unterstützendes Testverfahren eingesetzt werden. Die im Folgenden ausgewählten Testitems für ein mögliches Testverfahren bedienen sich demnach zum Großteil qualitativer Testverfahren, vor allem zur Beurteilung der Bewegungskontrolle und Bewegungskoordination.

### III.1.3 Definition Gleichgewichtsfähigkeit

***Gleichgewichtsfähigkeit stellt eine koordinative Fähigkeit dar, welche bei allen Bewegungshandlungen von Bedeutung ist. Durch Bewegung – Verschiebung von körpereigenen Gewichten - im Raum kommt es zu einer Lageveränderung des Körperschwerpunktes im Verhältnis zur Unterstützungsfläche und das Körpergleichgewicht wird beeinflusst<sup>53,119</sup>.***

Die Gleichgewichtsfähigkeit ermöglicht es, den Körper in Ruhe oder während einer Bewegung soweit zu kontrollieren, dass eine stabile Körperposition hergestellt bzw. aufrechterhalten werden kann. Eine gute Gleichgewichtsfähigkeit liegt immer dann vor, wenn trotz rascher (oder komplexer) Bewegungen oder Aktionen auf (ungünstigem Untergrund) ein stabiles Gleichgewicht gehalten oder hergestellt werden kann.

Unterschieden wird zwischen statischer und dynamischer Gleichgewichtsfähigkeit. Statisch ist ein Körper im Gleichgewicht, wenn sich alle äußeren Kräfte bzw. Drehmomente gegenseitig aufheben<sup>119</sup>(z.B. Beibehaltung der Körperhaltung im Stehen), und die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit ist für die Aufrechterhaltung der (erforderlichen) Körperhaltung in Bewegung notwendig<sup>53</sup>.

### III.1.4 Definition Bewegungskoordination

***Unter Bewegungskoordination - als Komplexbegriff - wird hier das Zusammenwirken aller „motorischer Grunddimensionen“ (Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit, Schnelligkeit) und deren allgemeinen Bewegungsmerkmale (u.a. Gewandtheit, Bewegungsharmonie) verstanden. Bewegungskoordination ist der Prozess des Zusammenwirkens von Bewegungen, eingeordnet in ein zielgerichtetes übergeordnetes Handlungsprogramm. Sie kommt im harmonischen Verhältnis aller motorischen Grunddimensionen in allen Bewegungsphasen zum Ausdruck<sup>53</sup>.***

Eine optimale Bewegungskoordination ist an einem optisch, ästhetisch scheinbar mühelosen Bewegungsbild erkennbar. Die Bewegung wirkt flüssig, rhythmisch, präzise und gekonnt<sup>46,47</sup>.

### III.2 Spezifische Testitems

Die motorische Kontrolle, muskuläre Balance resp. Dysbalancen, ökonomische resp. unökonomische Bewegungskoordination, kann anhand des idealen äußeren Erscheinungsbilds und der situationsangepassten Aktivierung der Muskulatur beurteilt werden. Dies wird im Rahmen einer Bewegungsanalyse vollzogen, wobei man Informationen über Harmonie, Koordination, Rhythmus und Ausmaß einer Bewegung erhält.

Bisher gibt es keinen objektiven Test zur Untersuchung von Bewegungskoordination oder dynamischem Gleichgewicht. Insofern sind definierte Beobachungskriterien sowie gute Kenntnisse über die Norm von Haltung und Bewegung die Grundlage einer solchen nichtapparativen Bewegungsanalyse. Die erstellten Tests versuchen, durch klar definierte Beobachtungspunkte, eine möglichst objektive, aussagekräftige und von der Erfahrung des Untersuchers unabhängige Bewegungsanalyse zu ermöglichen. Als unterstützendes objektives Testverfahren kann in einzelnen Tests die qualitative Bewegungsanalyse mit quantitativ messbaren Parametern (z.B. Abweichung der Bewegungsrichtung in cm, Kraftmessplatte, Videoaufnahme, etc.) kombiniert werden.

### III.2 Spezifische Testitems

Da eine Übung allein nicht die komplexe Funktion der Wirbelsäule erfassen kann, wurden mehrere Übungen ermittelt, welche bei Bedarf zu einer Testbatterie zusammengestellt werden könnten. Dies dient dem Versuch, möglichst umfassend die oben aufgeführten Aspekte der Wirbelsäulenfunktion zu erfassen.

Die Auswahlkriterien der ermittelten Testaufgaben werden im Folgenden zu jedem Test einzeln erläutert. Weiterhin wird auf dieser Grundlage für jeden Test eine Hypothese formuliert, welche Defizite und Auffälligkeiten bei einer definierten Übung im Falle einer Funktionsstörung der Wirbelsäule, wie sie bei AIS typisch ist, zu erwarten sind. Folgende Tests wurden zur funktionellen Untersuchung der Wirbelsäule ermittelt:

- Rückenschaukel (R)                      Seite: 75
- Purzelbaum (P)                            Seite: 77
- Klavierspieler (K)                        Seite: 79
- Sitzhaltung (S)                             Seite: 82
- Hampelmann (H)                          Seite: 85
- Finger-Boden-Abstand (FBA)            Seite: 87

### III.2.1 Rückenschaukel

Die Rückenschaukel bietet sich für eine Untersuchung der spezifischen Wirbelsäulenfunktion an, da hier viele funktionelle Aspekte der Wirbelsäule und ihrer funktionsassoziierten Organe



Abbildung 19 die Rückenschaukel. Google Suche, <https://www.google.com> Rückenschaukel (2021)

kombiniert sind. Die Bewegungsaufgabe sollte somit komplex genug sein, um den Anforderungen eines spezifischen funktionellen Tests für die Wirbelsäule zu entsprechen.

- Die Bewegung ist für die meisten Kinder keine alltägliche Bewegung, sodass motorische Lern-, Anpassungs- oder Kompensationsvorgänge ausgeschlossen werden können
- Alle Körperabschnitte sind in die Bewegung involviert.
- Es bedarf der freien Bewegungsfähigkeit auf mehreren Ebenen.
  - In der Sagittalebene bedarf es einer homogenen Wirbelsäulen-Flexion,
  - in der Transversalebene bedarf es einer symmetrischen Wirbelsäulenform bzw. -beweglichkeit und Bewegungssteuerung um eine homogene Rollen zu ermöglichen und um die Rollrichtung ohne seitliches Abkippen zu stabilisieren.
- Es bedarf einerseits einer guten Stabilität (aufrechterhalten des GG während der Bewegung, z.B. Verhinderung eines seitlichen Umkippen) als auch einer guten Mobilität von Wirbelsäule und Hüftgelenken und somit einer guten Bewegungskoordination.
- Es handelt sich um eine komplexe Anforderung an das dynamische Gleichgewicht mit einer Lageveränderung des Körpers und des Kopfes im Raum.
- Bei Turner/innen ist diese Übung evtl. nicht aussagekräftig, da ein zu großer motorischer Lern- und Kompensationsprozess erwartet werden kann.

### *Hypothese*

- Bei einer Skoliose kommt es zu einer funktionellen und strukturellen Veränderung im Sagittalprofil (hypokyphotische, hypo-/hyperlordotische WS-Abschnitte) und /oder zu einer Veränderung in der sensomotorischen Ansteuerung dieser Bewegungsrichtung (verändertes asymmetrisches Körperschema), wodurch ein homogenes Abrollen über die Wirbelsäule evtl. nicht mehr möglich ist.
  - Das Bewegungsbild erscheint mühsam.
  - Es kann dazu führen, dass klatschenden Geräusch entstehen, wenn der nicht flektierte Wirbelsäulenabschnitt auf den Boden „plumpst“
  - Der Bewegungsimpuls geht hierdurch verloren, was dazu führen kann, dass der Bewegungsschwung verloren geht und das Bewegungsausmaß der Rollbewegung verringert ist und / oder der Impuls über eine vermehrte „Ausholbewegung“ von den Armen oder Beinen geleistet wird.
- Durch eine funktionelle und strukturelle Rotations- und Torsionsveränderung der Wirbelsäule (Lenden- / Rippenberg und Lenden-/Rippental) und/oder eine Veränderung in der sensomotorischen Ansteuerung dieser Bewegung ist kein geradliniges Abrollen mehr möglich.
  - Es kommt es zu einer seitlichen Bewegungsabweichung von der Rollrichtung.
  - Die Deckung der Symmetrieebene von Becken und Brustkorb zur vorgegebenen Rollrichtung kann evtl. nicht gehalten werden
- Ist die Wirbelsäulenfunktion gestört, könnte dies Auswirkung auf die gesamte Körperkoordination haben. Bei der Rückenschaukel kann dies an einem unkoordiniert wirkenden Bewegungsbild, Bewegungsfluss und veränderten Bewegungsausmaß sichtbar werden.
- Aufgrund von Funktionseinschränkungen der Wirbelsäule kann es zu Kompensationsversuchen über die Extremitäten kommen – z. B. vermehrtes Schwungholen über Impulse aus den Armen und oder Beinen wodurch es zu einem Versatz des Körpers kopf- oder fußwärts kommen kann.

### III.2.2 Purzelbaum

Finden sich bei der Rückenschaukel keine oder nur dezente Auffälligkeiten könnte dies bei einigen AIS-Patienten, auch daran liegen, dass die Rückenschaukel für diese Patienten nicht komplex oder schwer genug ist. Um die Übung noch komplexer und schwieriger zu machen, bietet sich der

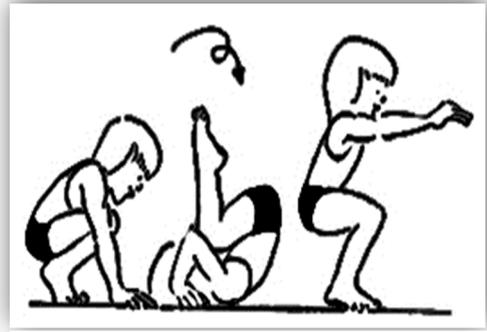


Abbildung 20 Purzelbaum. Google Suche, <https://www.google.com> Purzelbaum 2021

„Purzelbaum“ (Rolle vorwärts) als progressives Testtool an. Den Purzelbaum direkt als erste oder alleinige Testmaßnahme zu nehmen schließen folgende Argumente aus:

- Sollte schon die Rückenschaukel nicht klappen, ist davon auszugehen, dass der Purzelbaum noch weniger gekonnt wird. Bewegungen, die gar nicht gekonnt werden, sind für die Kinder frustrierend und demotivierend, was nicht im Sinne der weiteren Untersuchung und evtl. Therapie ist. Die Rückenschaukel ist einfacher und somit besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, dass die Kinder nicht das Gefühl von Versagen bekommen, sondern auch ein Erfolgserlebnis haben, da den Kindern die Beobachtungspunkte ja nicht klar sind und sie für ihre Übungsdemonstration immer gelobt werden sollten.
- Der Purzelbaum erfordert endgradige Bewegungsfreiheit vor allem in der Wirbelsäulenflexion. Unaufgewärmt könnte dies belastend vor allem für die HWS sein. Wurde die Rückenschaukel vorweg gemacht ist der Körper aufgewärmt und besser auf die Belastung vorbereitet.
- Obwohl der Purzelbaum schon im Kindergarten als Turnelement empfohlen wird und in allen Lehrplänen in Deutschland und der Schweiz ab der ersten Klasse aufgeführt ist, gibt es viele Kinder, denen der Purzelbaum schwerfällt. Dies könnte an der zunehmenden Bewegungsarmut und mangelnden motorischen Entwicklung der „heutigen“ Kinder liegen. Die Wahrscheinlichkeit ist also hoch, dass der Purzelbaum nicht gekonnt wird. Ohne eine weitere Diskriminierung könnte dies zu vielen falsch positiven AIS-Befunden führen.

Der Purzelbaum stellt ähnliche funktionelle motorische Anforderungen an das Kind wie die Rückenschaukel, ergänzt durch:

- Erhöhte Anforderung an den Körperabschnitt Arme (Stützfunktion / Beweglichkeit).

- Erhöhte Anforderung an das Gleichgewicht (instabilere Ausgangsstellung, zusätzliche Bewegungsdimension im Raum – nicht nur vor / zurück, sondern auch hoch / tief, Kontrolle eines höheren Bewegungstempos. Achtung ein hohes Bewegungstempo kann auch als Kompensation von Gleichgewichtsdefiziten eingesetzt werden.
- Erhöhte Anforderungen an den Körperabschnitt Kopf (Beweglichkeit, Augen auf/zu, Propriozeption)
- Erhöhte psychische Anforderung – größere Höhe, höheres Bewegungstempo, über den Kopf rollen, Augen häufig zu, ... dies alles erfordert mehr Mut.

### *Hypothese*

- Bei einer Skoliose kommt es zu einer funktionellen und strukturellen Veränderung im Sagittalprofil (hypokyphotische, hypo-/hyperlordotische WS-Abschnitte) und /oder zu einer Veränderung in der sensomotorischen Ansteuerung dieser Bewegungsrichtung (verändertes asymmetrisches Körperschema), wodurch ein homogenes Abrollen über die Wirbelsäule evtl. nicht mehr möglich ist.
- Durch eine funktionelle und strukturelle Rotations- und Torsionsveränderung der Wirbelsäule (Lendenberg / Lendenwulst) und / oder eine Veränderung in der sensomotorischen Ansteuerung ist kein geradliniges Abrollen mehr möglich.
  - Es kommt es zu einer seitlichen Bewegungsabweichung von der Rollrichtung immer zur gleichen Seite hin
  - Die Deckung der Symmetrieebene von Becken und Brustkorb zur vorgegebenen Rollrichtung kann evtl. nicht gehalten werden
- Ist die Wirbelsäulenfunktion gestört, könnte dies Auswirkung auf die gesamte Körperkoordination haben. Dies kann an einem unkoordiniert wirkenden Bewegungsbild und Bewegungsfluss sichtbar werden.
- Aufgrund von Funktionseinschränkungen der Wirbelsäule kann es zu Kompensationsversuchen über eine Veränderung des Bewegungstempos kommen. Durch eine schnelle Bewegungsausführung können Gleichgewichtsdefizite kompensiert werden. Aus diesem Grund muss darauf geachtet werden, dass bei der Bewegungsausführung kein vermehrtes Abdrücken aus den Beinen oder gar ein Abspringen im Sinne einer „Flugrolle“ stattfindet.

### III.2.3 Klavierspieler

Der Brustkorb ist das stabile Zentrum in der aufrechten Haltung und bei vielen Bewegungen.



Abbildung 21 Klavierspieler. Spirgi-Gantert, I. & Oehl, M. Klavierspieler. (2018)

Auch bei seitlichen Verschiebungen des Brustkorbs im Sitz. Zur Erweiterung des Aktionsradius der Arme muss hierfür die Brustwirbelsäule extensorisch stabilisiert bleiben. Dies fördert die Bewegungsbereitschaft des Körperabschnitts Arm. Für eine korrekte Bewegungsausführung muss der Brustkorb translatorisch seitwärts verschoben und das Gewicht auf eine Gesäßhälfte verlagert werden ohne die Neutralstellung der BWS bezgl. Flex-/Extension und Rotation aufzugeben. Auch müssen die Arme und Beine rechtzeitig und koordiniert als Gegengewicht eingesetzt werden<sup>120</sup>.

- Die Bewegung ist für die meisten Kinder keine alltägliche Bewegung, sodass motorische Lern-, Anpassungs- oder Kompensationsvorgänge ausgeschlossen werden können.
- Alle Körperabschnitte sind in die Bewegung involviert
- Es bedarf der freien Bewegungsfähigkeit auf mehreren Ebenen.
  - In der Frontalebene bedarf es einer freien Lateralflexion in der Wirbelsäule.
  - Die physiologische Lateralflexion der Wirbelsäule in der Frontalebene tritt immer gekoppelt mit einer Rotation auf.
- Es bedarf sowohl einer guten Stabilität mit der extensorischen Stabilisation der aufrechten Sitzposition (Flex- /Ext- und Rotationskomponente) während der Bewegung, als auch einer guten Beweglichkeit der Wirbelsäule, Hüftgelenke und Schultergelenke, und somit einer guten Bewegungskoordination
- Es handelt sich um eine komplexe Anforderung an das dynamische Gleichgewicht durch eine Verkleinerung und seitliche Verlagerung der Unterstützungsfläche und der Lageveränderung des Körpers und des Kopfes im Raum.

### *Hypothese*

- Die funktionellen und / oder strukturellen Veränderung bei der AIS in der Frontalebene (lateralflektorische / translatorische) und / oder eine Veränderung in der sensomotorischen Ansteuerung dieser Bewegungsrichtung lässt ein asymmetrisches Bewegungsausmaß und Bewegungsbild erwarten.
  - Das Bewegungsausmaß (Lateralflexion / Translation) nach rechts und links ist unterschiedlich groß.
  - Die Gleichgewichtsreaktion von Armen und oder Beinen ist asymmetrisch
- Durch eine funktionelle / strukturelle Rotations-/Torsionsveränderung der Wirbelsäule und oder eine Veränderung in der sensomotorischen Ansteuerung ist ein rotatorische Ausweichbewegung zu erwarten.
  - Ausweichbewegung in Wirbelsäulenrotation während der Bewegung.
  - Die Gleichgewichtsreaktion von Armen und oder Beinen ist asymmetrisch
- Eine Hypokyphose (Flachrücken) ist ein typischer Befund bei AIS Patienten. Dieser verlangt nach einer guten Stabilisationsfähigkeit der Wirbelsäule, da ein Flachrücken eine Verlängerung des Hebels durch den Brustkorb bedeutet. Ist keine gute Stabilisationsfähigkeit vorhanden, kompensieren Patienten dies häufig über eine Hebelverkürzung – sprich einer Wirbelsäulenflexion bzw. Translation nach dorsal (global oder lokal LWS/BWS). Eine schlechte Stabilisationsfähigkeit der BWS könnte also dazu führen, dass die Neutralstellung bezüglich Flexion, Extension und Rotation aufgegeben wird oder erst gar nicht eingenommen werden kann.
  - Ausweichbewegung in Wirbelsäulenflexion während der Bewegung
  - Ausweichbewegung der Wirbelsäulenrotation während der Bewegung
- Die Veränderung in der Sagittalebene könnte zu Veränderungen in der Sitzstatik führen (Sitzkyphose, s. Sitzhaltung) und zu der Unfähigkeit die physiologische Körperlängsachse (KLA) in der Sagittalebene während der Bewegung aufrecht zu erhalten.
  - Neutralstellung bezüglich Flex-/Extension in der Sitzstatik ist nicht möglich. Es zeigt sich das Bild einer Sitzkyphose (s. Abbildung 23 und 24).
  - Neutralstellung bezüglich Flexion und Extension während der Bewegungsausführung nicht möglich.

### III.2 Klavierspieler

- Ist die Wirbelsäulenfunktion gestört, könnte dies Auswirkung auf die gesamte Körperkoordination haben. Dies kann an einem unkoordiniert wirkenden Bewegungsbild und Bewegungsfluss sichtbar werden.

### III.2.4 Sitzhaltung

Die meiste Zeit verbringen Kinder und Jugendliche heutzutage im Sitzen. Auch zählt das Sitzen zu den belastendsten Haltungen für



Abbildung 22 Sitzhaltung. Google Suche, <https://www.google.com/Sitzhaltungen> Strichmännchen. (2021)

die Wirbelsäule<sup>121</sup>. Doch die routinemäßige Haltungsinspektion findet bei der ärztlichen Untersuchung in Stehen statt. Die Studienergebnisse von Fortin et. al. (2013)<sup>96</sup> zeigen, dass bei Patienten mit idiopathischen Skoliosen ein deutlicher Unterschied zwischen der Sitzhaltung und der Haltung im Stehen besteht. So fanden sie im Sitzen

- in der Sagittalebene eine vermehrte Beckenkipfung nach dorsal (Sitzkyphose),
- eine vermehrte Protraktion des Kopfes,
- in der Frontalebene eine geringere Elevation und Scapulaasymmetrie und einen geringeren lateralen Shift der Wirbelsäule und pelvictilt (v.a. bei Thorakolumbal- und Lumbalskoliosen)

Diese Studienergebnisse decken sich mit den Erfahrungen aus der Praxis. Leider gab es bei der Studie keine Kontrollgruppe, sodass nicht gesagt werden kann, ob diese Haltungsauffälligkeiten nicht auch bei gesunden Kindern auftreten. Zumindest für die im Stehen charakteristische Lendenlordose weiß man, dass sich die Wirbelsäule im Sitzen in einen globalen kyphotischen Bogen verändert<sup>121</sup>. Die physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen lassen sich jedoch durch ein Aufrichten der Wirbelsäule in den „aufrechten Sitz“ aktiv herstellen.

Die Praxis zeigt jedoch, dass viele Skoliosekinder diese physiologischen Wirbelsäulenkrümmung im Sitzen nicht einnehmen können und das Bild einer Sitzkyphose (siehe Abb. 23 und 24) mit einer kyphotisch eingestellten LWS und einer kompensatorischen (Hyper-) Extension in der unteren BWS zeigen. Da Veränderungen in der Sagittalebene und vor allem die Hypokyphose der BWS in der Literatur als potentiell Skolioseprogredienz unterstützend oder zumindest skoliosunterhaltend diskutiert werden, sollten diese Haltungsbefunde auf jeden Fall Beachtung finden.

Aus diesem Grund sollte die Inspektion der Sitzhaltung in die skoliosespezifische funktionelle Untersuchung der Wirbelsäule aufgenommen werden.

### *Sitzkyphose*

Um bei einer in Flexion eingestellten LWS (vermehrte Beckenkipfung nach ventral) im Sitzen eine aufrechte Sitzposition einzunehmen, kommt es zu einer (Hyper-)Extension in der unteren BWS. Abbildung 23 und 24 zeigt Sitzkyphosen bei AIS Patienten. Diese "aufrechte" Sitzhaltung wird von den Patienten als normal und gerade empfunden. Die Hyperextension in der BWS verstärkt die schon vorhandene Hypokyphose der BWS bei AIS Patienten.



*Abbildung 23 Sitzkyphose mit Ansicht von lateral. Eigenes Foto*



*Abbildung 24 Sitzkyphose mit Ansicht von dorsal. Eigenes Foto*

### *Hypothese*

- Skoliosepatienten weisen im Sitzen verstärkte Abweichungen von der Neutralstellung im Sagittalprofil auf. AIS Patienten können die physiologische Nullstellung auch im „aufrechten“ Sitz oft nicht einnehmen. Dies zeigt sich anhand von
  - einer vermehrten Beckenkippung nach dorsal mit dem Bild einer Sitzkyphose und
  - einer vermehrten Protraktion des Kopfes

Die Beurteilung der Sitzhaltung orientiert sich an den gleichen Parametern wie bei der Inspektion der Haltung im Stand (siehe S. 13). Es sollte neben der spontan eingenommenen Sitzhaltung auch die aufrechte Sitzhaltung untersucht werden, um eine evtl. vorhandene Sitzkyphose zu erkennen.

- Körperstatik (Lot, Einordnen der Körperabschnitte in die physiologische KLA)
- Symmetrie (Schultern, Scapulae, Taillendreieck, Abstand Rumpf-Arme, Becken, Wirbelsäule)
- Beurteilung der Neutralstellung der Wirbelsäule in der Sagittalebene (LWS Flexion, Sitzkyphose?)
- Beckenstellung (Symphyse – SIAS in einer vertikalen Ebene, Achse durch SIPS-SIAS waagrecht), Lordose LWS, Kyphose BWS, Protraktion Kopf
- Schulterstellung in Pro- / Retraktion

### III.2.5 Hampelmann

Der „Hampelmann“ stellt eine oft unterschätzte koordinative Herausforderung dar. Bei einer dynamisch stabilisierten Wirbelsäule in aufrechter Position müssen Arme und Beine flüssig, rhythmisch, simultan, aber in gegenläufigen Bewegungsrichtungen, bewegen. Schon allein das Springen mit beiden Beinen und einer gleichzeitigen Abduktions-, Adduktions-



Abbildung 25 Hampelmann. Google Suche, <https://www.google.com> Hampelmann, 2021

bewegung ist eine große koordinative Leistung. Es muss nicht nur die Hoch-Tief-Bewegung, sondern simultan die Abd- und Adduktionsbewegung koordiniert werden, welche nicht im Sinne einer weiterlaufenden Bewegung automatisch stattfinden würde, sondern aus dem normalen Bewegungsablauf ausbricht. Für den Hampelmann müssen aber nicht nur die Beine, sondern Arme und Beine symmetrisch, im gleichen Rhythmus, aber in verschiedene Bewegungsrichtungen, simultan und kontrolliert bewegt werden. Diese Übung stellt eine sehr komplexe Herausforderung an unsere Bewegungskoordination dar, welche ohne die Wirbelsäule als stabiles Zentrum und Basis für eine freie koordinierte Bewegungsfähigkeit der Extremitäten nicht möglich wäre. Von der motorischen Herausforderung, die das Springen erfordert, ganz zu schweigen. Durch den Sprung und der damit einhergehenden Lageveränderung im Raum, der stetig veränderten bzw. teilweise nicht vorhandenen Unterstützungsfläche während der Flugphase, werden die Herausforderungen an die Wirbelsäule und ihre funktionsassoziierten Organe bezüglich Haltungskontrolle, Propriozeption und Gleichgewicht noch zusätzlich erschwert.

Eine gute Funktionsfähigkeit der Wirbelsäule als stabiles Zentrum, sowohl am Boden als auch in der Luft, im Zusammenspiel mit ihren Funktionszusammenhängen zu Gleichgewicht, Haltung, Propriozeption, spielt also eine Schlüsselrolle in der Bewegungskontrolle und Bewegungskoordination dieser sehr komplexen motorischen Aufgabe.

Unter Beachtung der oben erwähnten Aspekte und in Anbetracht dessen, dass sich die AIS auch in Defizite der Funktion der Arme und Beine äußert, könnte diese Übung eine sinnvolle

Ergänzung zu den bisher genannten Aufgaben sein, um die Funktionsfähigkeit der Wirbelsäule über das Zusammenspiel der Extremitäten (mobil) und Wirbelsäule (stabil) zu erfassen.

Der Hampelmann wird von schon ab 4 Jahren als Bewegungsform zur Bewegungsförderung empfohlen und sollte mit 6 Jahren sicher beherrscht werden. Im Kindergarten wird er als Bestandteil in Entwicklungstests (z.B.: MOT4-6) benutzt<sup>122</sup>. In der Praxis hat sich gezeigt, dass es bei der Durchführung dieser Übung mit AIS - Kindern große Unterschiede in der Bewegungskoordination gibt. Für einige Kinder stellt der Hampelmann nur eine geringere Herausforderung dar, für andere wiederum ist die sichere Beherrschung des Hampelmanns auch noch mit 12 oder 13 Jahren ein Ding der Unmöglichkeit. Je nachdem, wie intensiv oder ob der Hampelmann überhaupt im Bewegungsalltag der Kinder bestand hat, können evtl. motorische Lern- und Kompensationsvorgänge für diese Übung stattgefunden haben. Dies konnte die im Praxisalltag erlebten Unterschiede erklären.

#### *Hypothese*

- Aufgrund der Funktionsstörung der Wirbelsäule ist das koordinierte Zusammenspiel zwischen Extremitäten und Wirbelsäule gestört. Dies zeigt sich am optischen Bewegungsbild. Die Bewegung erscheint mühsam unflüssig, unrhythmisch unpräzise und ungekonnt. Eine Koordinationsschwäche liegt vor, wenn:
  - der Sprung nicht exakt ausgeführt wird
  - wenn die Beine nicht gegrätscht sind und die Hände sich nicht über dem Kopf treffen
  - wenn die Beine und Arme nicht gleichzeitig bewegt werden können
  - wenn mehrere Sprünge hintereinander nicht flüssig möglich sind
  - wenn es zu keiner Ganzkörperstreckung kommt, weil die Beine angezogen werden
- Aufgrund der mit der AIS einhergehenden Asymmetrie, aufgrund der strukturellen Veränderungen der Wirbelsäule und / oder aufgrund der evtl. asymmetrischen Ansteuerung der Muskulatur, kommt es zu
  - asymmetrischen Bewegungen der Arme und / oder Beine.
- Eine Funktionsstörung der Wirbelsäule äußert sich darin, dass die Wirbelsäule während der Bewegung nicht in Nullstellung stabilisiert werden kann. Es kann zu
  - Ausweichbewegungen der Wirbelsäule in Flex / Ext, Lateralflexion oder Rotation kommen

### III.2.6 Finger-Boden-Abstand (FBA)

Der Finger-Boden-Abstand ist ein relativ unspezifisches Assessment zur Einschätzung der Beweglichkeit von Wirbelsäule, Becken und Hüfte. Er wird in der medizinischen Untersuchung zusammen mit anderen Funktionsuntersuchungen häufig zur Verlaufskontrolle bei Erkrankungen und Verletzungen von Wirbelsäule, Hüfte und Becken eingesetzt<sup>123,124</sup>. Gemessen wird der Abstand zwischen Boden und Fingerspitze bei maximaler Vorneigung des Oberkörpers mit herabhängenden

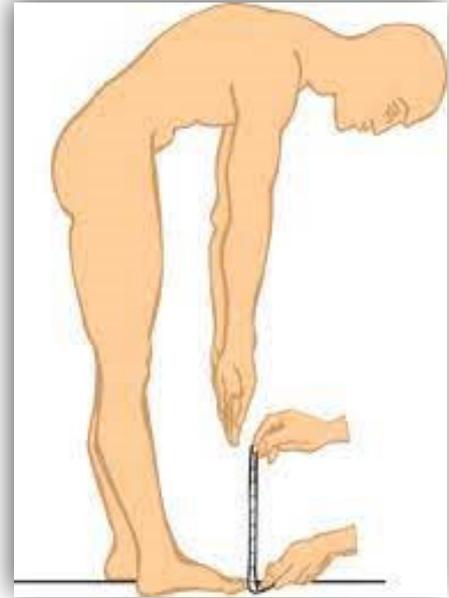


Abbildung 26 Messung des Finger-Boden-Abstandes. Google Suche, <https://www.google.com>Finger-Boden-Abstand, (2021)

Armen. Die Knie bleiben dabei gestreckt. Der Normwert liegt zwischen 0-10 cm. Bei jungen Menschen können auch negative Werte erreicht werden. Der FBA ist ein sehr schnell durchzuführender Test, der in den meisten Arztpraxen meist routinemäßig bei Wirbelsäulenerkrankungen durchgeführt wird. In der Routine-Diagnostik von AIS wird er jedoch nicht explizit aufgeführt. Da unbeweglichere AIS Kinder jedoch ein erhöhtes Risiko für Wirbelsäulenoperationen haben<sup>117</sup>, sichtbar vor allem bei Defiziten im Finger-Boden-Abstand (bei einem Beighton Score von 0), ist es durchaus sinnvoll den Test mit in die Untersuchungsbatterie aufzugreifen. Da der Test ein allgemein gängiges Assessment in der medizinischen Untersuchung darstellt, wurde kein eigenes Testmaterial hierfür erstellt.

#### **Hypothese**

- Bei Kindern, die nicht in die Gruppe der AIS-Patienten mit einer allgemeinen Hypermobilität gehören, zeigt sich evtl. ein eingeschränkter FBA (> 10 cm). Bei normal beweglichen Menschen erwartet man, dass das Sacrum horizontal steht und ein homogener Bogen in der Wirbelsäule erkennbar ist. Bei den AIS-Patienten könnte aufgrund der Veränderung im Sagittalprofil mit einer Veränderung in diesen Bereichen gerechnet werden:
  - Die dauerhaft vermehrte Beckenkipfung nach dorsal könnte eine Kontraktur der vom Hüftgelenk extendierenden Muskulatur zur Folge haben. Dies führt dazu, dass der FBA verringert ist und das Sacrum nicht horizontal gestellt werden kann (s. Abb. 26).
  - Die Hypokyphose verhindert eine gute Beweglichkeit in Wirbelsäulenflexion. Dies führt dazu, dass der FBA verringert ist und es keinen homogenen Wirbelsäulenbogen gibt.

## III.3 Testmaterial zu den Testaufgaben

Die Testtools wurden für ein Studiendesign zur Validierung der Übungen als ergänzendes Screeningtool in der Skoliosediagnostik erstellt. Sollte sich die Testbatterie oder einzelne Testitems als ein valides ergänzendes Diagnoseverfahren erweisen, müssten die Testtools im Bereich der Beobachtungspunkte gekürzt werden. Für einen in der Bewegungsbeobachtung unerfahrenen Untersucher sind zu viele Punkte gleichzeitig zu beobachten, was ohne eine Videoaufnahme mit der Möglichkeit einer wiederholten Bewegungsanalyse zu einem späteren Zeitpunkt kaum zu bewerkstelligen ist. Die Validierung der Testaufgaben sollte also einerseits dazu dienen die Gültigkeit der Übungen als Screeningtool zu ermitteln und andererseits auch Hinweise liefern, ob und welche Beobachtungspunkte sich als Schlüsselpunkte zur Bewegungsanalyse erweisen, welche evtl. weggelassen werden können und ob es Beobachtungspunkte gibt, die bisher nicht aufgeführt wurden, sich aber in der praktischen Durchführung als auffällig erwiesen haben.

Im folgenden Abschnitt wurde für jede Testaufgabe ein begleitendes Testmaterial mit Informationen zu den benötigten Testmaterialien sowie zur Testdurchführung mit einer genauen Anleitung zur Durchführung der objektiven Messverfahren und mit der Formulierung genauer Beobachtungskriterien zur Bewegungsanalyse erstellt. Außerdem liegt jeder Testaufgabe ein Testtool für die praktische Testdurchführung bei.

Vorhandene Testaufgaben:

- Rückenschaukel (S. 90)
- Purzelbaum (S. 94)
- Klavierspieler (S. 98)
- Sitzhaltung (S. 101)
- Hampelmann (S. 102)

### *Hinweise zur Durchführung der Testitems*

#### **Testleiter:**

- Der Testleiter sollte mit den Aufgaben so vertraut sein, dass seine Aufmerksamkeit in erster Linie auf das Kind oder den Jugendlichen gerichtet ist. Die Aufgabenbeschreibung sowie die Bewertungskriterien sollten dem Testleiter ohne Nachlesen präsent sein.
- Die Atmosphäre während der Durchführung sollte entspannt und locker sein. Das Kind oder der Jugendliche, sollte den Test nicht als Prüfungssituation erleben. Vor allem jüngere Kinder (Vorschulalter) sind häufig empfindlich in unbekanntem Situationen. Hier ist es wichtig, dass der Testleiter vor der Untersuchung eine positive emotionale Beziehung zu dem Kind herstellt.
- Bei jeder Aufgabe sind zwei Vorversuche erlaubt. So kann eine Gewöhnung an die Aufgabenstellung und das Testmaterial gewährleistet werden. Gelingt ein Vorversuch der Testversuch jedoch nicht, so wird die im Vorversuch gezeigte Leistung bewertet.

#### **Proband:**

- Der Proband sollte eine leichte, nicht einengende Hose tragen, um genügend Bewegungsfreiheit zur Testdurchführung zu gewährleisten.
- Der Oberkörper sollte frei sein. Bei Mädchen ist ein Bustier oder BH möglich. Sollte eine große Scham vorhanden sein (z.B. bei stark übergewichtigen Kindern, Mädchen in der Pubertät) kann in Einzelfällen auch mit einem T-Shirt, optimalerweise mit einem eng anliegenden Trägershirt oder Unterhemd getestet werden.

### III.3.1 Rückenschaukel



#### **Materialbedarf:**

- Turnmatte
- Markierung für die Mittellinie und der Ausgangstellung (z.B. Kreppband, Kreide)
- Maßband zur Messung der Abweichung des seitlichen und des kopfwärts/fußwärts - Versatzes (Maß für unhomogenes Abrollen / Schwung holen)
- Goniometer – Abweichung der Körperlängsachse von der vorgegebenen Bewegungsrichtung
- Mögliche Apparative Unterstützung:
  - Videoaufnahme (frontal von schräg oben von den Füßen auf den Probanden - Seitabweichungen / AWB Körper / Arme / Beine. Seitenaufnahme - Beurteilung der Rollbewegung der WS)
  - Druckmessplatte / Gangteppich

#### **Testdurchführung:**

- Bewegung vormachen
- Bewegung anleiten
- 3 - 5 Schaukelbewegungen als Probedurchlauf
- kurze Pause
- Durchführung der Rückenschaukel (2 Versuche)

#### **Ausgangsstellung Proband**

- Sitz mit der Mitte des Gesäßes (Gesäßfalte) auf der Mittellinie, die Beine angehockt, die Füße rechts und links von der Mittellinie, Beine (Knie / Unterschenkel) locker geschlossen
- Die Hände halten sich an den Unterschenkeln (Schienbein) knapp unterhalb der Kniegelenke
- Die Hände sollen während der Bewegungsdurchführung an den Unterschenkeln (Schienbeinen) bleiben

### ***Ausgangsstellung Tester***

- Der Tester steht seitlich zum Probanden, um die Rollbewegung der Wirbelsäule in ihrer Sagittalebene zu beurteilen.

### ***Bewegungsauftrag***

- „Schaukel 5 x ohne Pause über deinen Rücken bis auf die Schultern und wieder zu den Füßen zurück!“
- Kinder dürfen und sollen für Ihre Bewegungsausführung gelobt, aber auf keinen Fall kritisiert werden. Es geht nicht um eine Leistungsbewertung der Kinder, sondern um eine funktionelle Bestandsaufnahme. Da jedes Kind die Übungen so gut macht wie es kann, ist auch jede Bewegungsausführung grundsätzlich gut, eben so wie sie gekonnt wird.

### ***Messkriterien***

- Messung der Abweichung des Gesäßes (Gesäßfalte) nach der 5. Wiederholung
  - von der Mittellinie zu einer Seite, die Abweichung wird in cm gemessen
  - kopfwärts / fußwärts vom Ausgangspunkt (Mitte Sacrum), bei zusätzlichem seitlichen Versatz evtl. parallel zur Mittellinie, die Abweichung wird in cm gemessen
- Messung der Abweichung der Körperlängsachse von der vorgegebenen Bewegungsrichtung (Mittellinie)
  - Winkelmessung, Drehpunkt: Mitte Gesäß (parallel über dem Kopf messen), Zeiger I: auf oder parallel zur Mittellinie, Zeiger II: Gesäß - Mitte Knie - Mitte Füße
- Zusätzliche Notation
  - ein größerer Abstand zwischen den Füßen oder Knien (mehr als Spurbreite auseinander) sollte vermerkt werden.
  - Notation von eventuellen Abweichungen während der Bewegungsausführung, die jedoch bis zur 5. Wiederholung wieder korrigiert wurden

### ***Beobachtungskriterien***

Beurteilung der Rollbewegung / homogenen Flexion der Wirbelsäule (dichotom)

- Bewegungsbild:
  - scheinbar müheloses / mühsames Bewegungsbild

- homogenes / inhomogenes Abrollen der Wirbelsäule
- lineare Bewegung der Wirbelsäule auf einer „gedachten“ Mittellinie

Kurve in der Rollbewegung (Seitabweichung beim Rollen von der Mittellinie), am Bewegungsanfang und Ende kann jedoch auch eine mittige Position vorhanden sein (vergleiche Abweichungen Gesäßmarkierung)

- Bewegungsfluss / Bewegungsschwung
  - ist erhalten
  - Bewegungsfluss wird unterbrochen – der Schwung geht während der Bewegung verloren
  - Vermehrtes Schwungholen über Arme oder Beine
- Geräusche
  - „aufklatschendes“ Geräusch während der Rollbewegung (aufgrund mangelnder homogener Flexionsfähigkeit) der Wirbelsäule.
    - wenn die WS in der LWS auf den Boden kommt/rollt
    - wenn die WS in der BWS auf den Boden kommt/rollt
- Bewegungsausmass
  - Proband rollt von den Füßen bis zu den Schulterblätter
  - Proband rollt nur von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_



### Testtool Rückenschaukel

<b>Abweichung Gesäßmarkierung nach der 5. Wiederholung in cm nach:</b>		
<input type="checkbox"/> links / <input type="checkbox"/> rechts	_____ cm	
<input type="checkbox"/> kopfwärts / <input type="checkbox"/> fußwärts	_____ cm	
<b>Winkelabweichung in Grad° nach</b>		
<input type="checkbox"/> links / <input type="checkbox"/> rechts	_____ °	
<b>Beurteilung Rollbewegung / homogenen Flexion der Wirbelsäule</b>		
<b>Bewegungsbild</b>		<b>Anmerkungen:</b>
<input type="checkbox"/> mühelos	<input type="checkbox"/> mühsam	
<b>Flexion Wirbelsäule</b>		
<input type="checkbox"/> homogen	<input type="checkbox"/> inhomogen	
<b>Bewegungsausmaß</b>		
<input type="checkbox"/> ist erhalten	<input type="checkbox"/> nicht erhalten	Von _____ bis _____
<b>Bewegungsschwung (vermehrtes Schwungholen)</b>		
<input type="checkbox"/> angemessenes	<input type="checkbox"/> vermehrt	
<b>Geräusche</b>		
<input type="checkbox"/> kein Geräusch	<input type="checkbox"/> Klatschgeräusch	
<b>Beurteilung der Bewegungsdurchführung in eigenen Worten</b>		

### III.3.2 Purzelbaum

#### **Materialbedarf:**

- Turnmatte
- Markierung der Mittellinie und der Ausgangstellung Füße (Kreppband, Kreide)
- Apparative Unterstützung:
  - Videoaufnahme (Frontal von schräg oben von den Füßen auf den Probanden (Seitabweichungen / AWB Körper / Arme / Beine) Seitenaufnahme (Beurteilung der Rollbewegung der WS))
  - Druckmessplatte / Gangteppich



#### **Testdurchführung:**

- Bewegung vormachen
- Bewegung anleiten
- 1 Purzelbaum als Probedurchlauf
- kurze Pause
- 3-5 Purzelbäume

#### **Ausgangsstellung Proband**

- Tiefe Hocke mit Stand auf Zehenspitzen, Füße etwas mehr als hüftbreit (ca. 1-2 Fäuste auseinander)
- Die Hände können (müssen aber nicht) vor dem Körper etwas mehr als schulterbreit auf der Matte aufgesetzt werden.
- Die Füße stehen parallel zur Rollrichtung

#### **Ausgangsstellung Tester**

- Der Tester steht seitlich zum Probanden, um die Rollbewegung der Wirbelsäule in ihrer Sagittalebene zu beurteilen

### ***Bewegungsauftrag***

- „Versuch einen Purzelbaum / Rolle vorwärts auf der Linie zu machen!“
- Kinder dürfen und sollen für ihre Bewegungsausführung gelobt werden, aber auf keinen Fall kritisiert. Es geht nicht um eine Leistungsbewertung der Kinder, sondern um eine funktionelle Bestandsaufnahme. Da jedes Kind die Übungen so gut macht wie es kann, ist auch jede Bewegungsausführung gut, so wie sie gekonnt wird.

### ***Messkriterien***

- Messung der Abweichung von der Mittellinie in 4 Stufen
  - Rollen auf der Linie möglich
  - Leichte seitliche Abweichung – Gesäß berührt noch die Mittellinie
  - Mittlere Abweichung – Gesäß berührt die Mittellinie nicht mehr
  - Starke Abweichung – Gesäß berührt die Mittellinie nicht mehr und schon der Schultergürtel setzt nicht symmetrisch und mittig auf der Mittellinie auf
- Zusätzliche Notation
  - Seite zu der gerollt wird
  - Ein größerer Abstand oder eine Asymmetrie zwischen den Füßen in der Endstellung (mehr als Spurbreite auseinander) sollte vermerkt werden.

### ***Beobachtungskriterien***

Beurteilung der Rollbewegung / homogenen Flexion der Wirbelsäule

- Bewegungsbild / Bewegungsausführung:
  - scheinbar müheloses / mühsames Bewegungsbild
  - homogenes / inhomogenes Abrollen der Wirbelsäule
  - Aufsetzen auf Kopf / Schultergürtel
  - lineare Bewegung der Wirbelsäule auf einer „gedachten“ Mittellinie
  - Kurve in der Rollbewegung (Seitabweichung beim Rollen von der Mittellinie, am Bewegungsanfang und Ende jedoch mittige Position – Körperschwerpunkt mehr auf einer Körperseite)

- Bewegungsfluss / Bewegungsausmaß
  - ist erhalten, Kind rollt bis auf die Füße
  - Bewegungsfluss ist nicht erhalten, Kind bleibt auf dem Po sitzen, auf dem Rücken liegen
  - großes Bewegungstempo – Rollen mit starker Abdruckaktivität aus den Beinen evtl. Flugrolle
- Geräusche
  - „aufklatschendes“ Geräusch während der Rollbewegung (aufgrund mangelnder homogener Flexionsfähigkeit) der Wirbelsäule
  - wenn die WS in der BWS auf den Boden kommt/rollt
  - Wenn die WS in der LWS auf den Boden kommt/rollt
- Notation anderer Auffälligkeiten
  - Bleiben Becken und Brustkorb in der Symmetrieebene
  - Notation anderer Abweichungen während der Bewegungsausführung



**Testtool Purzelbaum**

Abweichung von der Rollrichtung (Versuch 1-5)		
<input type="checkbox"/> gerades Rollen	<input type="checkbox"/> Abweichung a: Gesäß noch auf Mittellinie b: Gesäß neben Mittellinie c: Gesäß neben der Mittellinie und schon Schultergürtel setzt nicht symmetrisch oder neben Mittellinie auf	1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <b>li a b cre</b>
Beurteilung Rollbewegung / homogenen Flexion der Wirbelsäule		
Bewegungsbild		Anmerkungen:
<input type="checkbox"/> mühelos	<input type="checkbox"/> mühsam	
<input type="checkbox"/> homogene Flex	<input type="checkbox"/> inhomogene Flex	
<input type="checkbox"/> aufsetzen SG	<input type="checkbox"/> aufsetzen Kopf	
Bewegungsfluss / Bewegungsausmaß (Versuch 1-5)		
<input type="checkbox"/> ist erhalten a: erhalten	<input type="checkbox"/> unterbrochen b: Kind bleibt auf dem Gesäß sitzen c: Kind bleibt auf dem Rücken liegen d: großes Bewegungstempo (Flugrolle)	1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <b>a b c d</b>
Geräusche		
<input type="checkbox"/> kein Geräusch	<input type="checkbox"/> Klatschgeräusch	
Beurteilung der Bewegungsdurchführung in eigenen Worten		

### III.3.3 Klavierspieler

#### **Materialbedarf:**

- Bank / Tisch
- Lot
- Maßband / Kreppband mit cm-Markierung



#### **Testdurchführung:**

- Bewegung vormachen
- Bewegung anleiten
- 1 Probedurchlauf mit verbaler und taktiler Bewegungsanleitung durch den Therapeuten, 1 Probedurchlauf ohne Therapeutenhilfe
- kurze Pause
- 2-3 Durchgänge

#### **Ausgangsstellung Proband**

- Bank / Tisch mit cm-Markierung oder einem Maßband
- Aufrechter Sitz mit der Mitte des Gesäßes auf dem Nullpunkt auf einem Tisch oder Bank. So hat der Patient genügend Bewegungstoleranz nach rechts und links. Die Oberschenkel liegen ganz auf der Bank / Tisch auf, die Unterschenkel hängen frei.
- Der linke Arm steht in 90° Flex im Ellenbogengelenk, als ob man auf einem Klavier spielen wollte.
- Am Schultergelenk hängt ein Lot

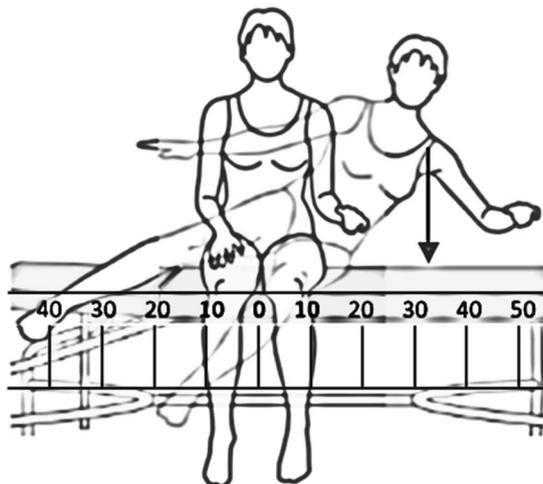


Abbildung 27 Zeichnung Klavierspieler. Spirgi-Gantert, I. & Oehl, M. Zeichnung Klavierspiele, (2018)

### ***Bewegungsauftrag***

- „Du möchtest mit der linken Hand Klavier spielen, von der Mitte bis zu den tiefsten Tönen. Die Finger wandern an den Tasten entlang. Du spürst, wie sich die Belastung auf die linke Gesäßhälfte verlagert, die rechte Gesäßhälfte löst sich von der Behandlungsbank. Die linke Hand wandert immer weiter nach links. Du gehst so weit, dass Du das Gleichgewicht noch halten kannst. Dann komm langsam in die Startstellung zurück und wechsele die Richtung. Jetzt spielt die rechte Hand Klavier!“
- Für den Probedurchlauf führt der Therapeut die Hand des Patienten, damit die Bewegungsrichtung wahrgenommen werden kann. Auch kann er die Übung spiegelverkehrt mitmachen.

### ***Bedingung***

- Der Abstand Finger – Bank verändert sich nicht
- Die Unterschenkel dürfen sich nicht an der Bank einhängen

### ***Messkriterien***

- Messung der Seitbewegungen des Lots vom Schultergelenk von der Nullmarkierung nach rechts und nach links in cm
- Sollte es asymmetrische Einschränkungen in der Schulterbeweglichkeit geben kann nur das Lot von den SG genommen werden

### ***Beobachtungskriterien***

Beurteilt wird, ob

- der Patient in der Ausgangsstellung die Neutralnullstellung der WS bezüglich Flex / Ext einnehmen kann
- der Patient den Brustkorb nach links / rechts translatorisch seitwärts verschieben kann, ohne die Neutralnullstellung der WS bezüglich Flex / Ext und Rotation aufzugeben
- der Patient die Arme und Beine koordiniert als Gegengewicht einsetzen kann und ob diese GG-Reaktion auf beiden Seiten gleich ist, oder ob es hier deutlich Asymmetrien im Rechts-Links-Vergleich gibt
- die Unterstützungsfläche auf die jeweils laterale Seite des Oberschenkels verlagert werden kann.
- die Verlagerung der Unterstützungsfläche asymmetrisch im Rechts-Links-Vergleich ist.



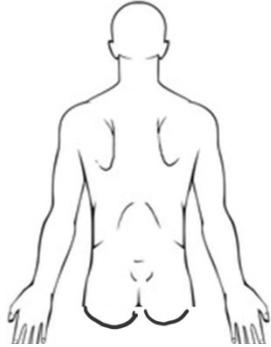
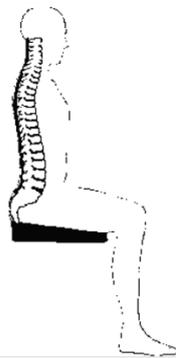
**Testtool Klavierspieler**

Sitzhaltung mit Wirbelsäulen-Nullstellung Flex/Ext				
<input type="checkbox"/> möglich		<input type="checkbox"/> nicht möglich		
Lot-Abweichung nach lateral in cm				
Links (Versuch 1-3)		Rechts (Versuch 1-3)		
_____ cm _____ cm _____ cm		_____ cm _____ cm _____ cm		
Bewegungsausführung				
Nullstellung (+bleibt erhalten / - bleibt nicht erhalten)			Anmerkungen	
Flex / Ext	Links		Rechts	
	Versuch 1 2 3		Versuch 1 2 3	
	+ □ □ □ - □ □ □		+ □ □ □ - □ □ □	
Nullstellung (+bleibt erhalten / - bleibt nicht erhalten)				
Rotation	Links			Rechts
	Versuch 1 2 3			Versuch 1 2 3
	+ □ □ □ - □ □ □		+ □ □ □ - □ □ □	
Gleichgewichtsreaktion Arme und Beine (+ symmetrisch / - asymmetrisch)				
Arme	Links		Rechts	
	Versuch 1 2 3		Versuch 1 2 3	
	+ □ □ □ - □ □ □		+ □ □ □ - □ □ □	
Beine	Links		Rechts	
	Versuch 1 2 3		Versuch 1 2 3	
	+ □ □ □ - □ □ □		+ □ □ □ - □ □ □	
Verlagerung der Unterstützungsfläche				
+ symmetrisch / - asymmetrisch		Versuch 1 2 3 + □ □ □ - □ □ □		
+ kann verlagert werden - kann nicht verlagert werden		Links Versuch 1 2 3 + □ □ □ - □ □ □	Rechts Versuch 1 2 3 + □ □ □ - □ □ □	
Beurteilung der Bewegungsdurchführung in eigenen Worten				

III.3.4 Sitzhaltung

Testtool Sitzhaltung



Frontalebene			
<b>Abweichung Kopf vom Lot</b>			<b>Anmerkungen:</b>
<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts	
Einrdnung der KA in Körperlängsachse			
<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
Symmetrie (+ erhalten / - nichterhalten)			
Kopf	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + -	 <p><b>Abbildung 28 Bodychart von dorsal.</b> Google-Suche, Sitting position spine (2021)</p>	
Schultern	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + -		
Schulterblätter	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + -		
Tailendreieck	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + -		
Wirbelsäule	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + -		
Becken	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + -		
Sagittalebene (+/- = Norm)			
KA in der KLA eingeordnet	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	
Sitzkyphose	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	
Thorakale Kyphose	<input type="checkbox"/> -	<input type="checkbox"/> +/-	<input type="checkbox"/> +
Lumbale Lordose	<input type="checkbox"/> -	<input type="checkbox"/> +/-	<input type="checkbox"/> +
			 <p><b>Abbildung 29 Bodychart.</b> google-Suche, bodychart (2021)</p>

### III.3.5 Hampelmann

#### **Materialbedarf:**

- Stoppuhr
- Apparative Unterstützung:  
Videoaufnahme (von Frontal und Lateral)



#### **Ausgangsstellung Proband**

- Aufrechter Stand mit geschlossenen Beinen und hängenden Armen, Hände an den Oberschenkeln

#### **Testdurchführung:**

- Bewegung vormachen erst langsam:
  - 1 Sprung „auf“: Beine landen gespreizt etwas mehr als Schulterbreit und die Händebewegen sich dabei in der Frontalebene nach oben und treffen sich über dem Kopf
  - 1 Sprung „zu“: Sprung zurück in die Ausgangsstellung
  - dann schnell mehrere Sprünge auf/zu am Stück zeigen
- 1-2 Probedurchläufe
- kurze Pause
- 15 sec Hampelmannsprünge (Ziel mindestens 15 Sprünge)

#### **Bewegungsauftrag**

- Spring wie ein Hampelmann. Spring „auf“ und lande mit Deinen gespreizten Beinen, die Hände treffen sich über dem Kopf
- Spring „zu“, die Beine schließen sich wieder und die Hände gehen zurück an den Oberschenkel
- Spring nun 15 Sekunden hintereinander wie ein Hampelmann „auf und zu“

#### **Messkriterien**

- Messung der Sprünge in 15 Sekunden. Es sollten mindestens 15 Sprünge geschafft werden<sup>122</sup>

## ***Beobachtungskriterien***

### **Allgemeine Beobachtung der Bewegungskoordination**

- **Koordination & Rhythmus**
  - Hampelmann kann nicht ausgeführt werden
  - Hampelmann wurde zeitweise richtig ausgeführt, aber nicht 15 sec. lang
    - Die Bewegung war richtig, aber es gab Rhythmusunterbrechungen
    - Der Rhythmus war richtig, aber die Bewegungskoordination war falsch
  - Rhythmus und Bewegungskoordination war korrekt

### **Detailliertere Beobachtungspunkte**

- **Beobachtung der Symmetrie**
  - ob sich die Arme symmetrisch re / li in der Frontalebene bewegen
  - ob sich die Beine symmetrisch re / li in der Frontalebene bewegen
- **Beobachtung der Stabilisation der Wirbelsäulen**
  - ob die Wirbelsäule im Stand und in der Flugphase in Ihrer Neutralnullstellung stabilisiert bleibt (Flex / Ext, Lateralflexion, Rotation)
- **Beobachtung der Arm- und Beinbewegung**
  - Ob Arme und Beine gleichzeitig bewegt werden können
  - Ob die Beine gegrätscht werden können
  - Ob sich die Arme über dem Kopf treffen können
- **Beobachtung der Sprungbewegung**
  - Ob der Hampelmann exakt ausgeführt werden kann
  - Ob mehrere Sprünge gleichzeitig hintereinander flüssig möglich
  - Ob es im Sprung zu einer Ganzkörperstreckung kommt oder ob die Beine und evtl. der Rumpf im Sprung flektiert werden



**Testtool Hampelmann**

<b>Messung der Sprünge in 15 Sekunden</b>				
_____ Sprünge / 15 Sekunden				
<b>Allgemeine Beobachtung Koordination / Rhythmus</b>				
<input type="checkbox"/> Ausführung korrekt <input type="checkbox"/> Bewegung Korrekt / Rhythmusunterbrechungen <input type="checkbox"/> Rhythmus korrekt Bewegungskoordination falsch <input type="checkbox"/> Keine Ausführung möglich				
<b>Beobachtung Sprungbewegung</b>				<b>Anmerkungen:</b>
Sprünge	<input type="checkbox"/> exakt ausführbar	<input type="checkbox"/> mehrere flüssig möglich	<input type="checkbox"/> keine hintereinander möglich	
Rumpf	<input type="checkbox"/> Streckung (Norm)		<input type="checkbox"/> Flexion	
Beine	<input type="checkbox"/> gestreckt (Norm)		<input type="checkbox"/> angezogen	
<b>Beobachtung Arm- / Beinbewegung</b>				
gleichzeitige Bewegung	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
Beine grätschen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
Arme treffen sich über dem Kopf	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
<b>Beurteilung der Bewegungsdurchführung in eigenen Worten</b>				

## Literaturverzeichnis

1. Studer, D. & Hasler, C. Ätiologie und Bedeutung von Wachstumsstörungen der Wirbelsäule. *Orthopäde* **48**, 469–476 (2019).
2. Landauer, F., Krismer, M. & Bauer, R. Konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose. *Orthopäde* **26**, 808–817 (1997).
3. Adobor, R. D. *et al.* Scoliosis detection, patient characteristics, referral patterns and treatment in the absence of a screening program in Norway. *Scoliosis* **7**, 18 (2012).
4. Grivas, T., Vasiliadis, E. & O'Brien, J. How to improve the effectiveness of school screening for idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform* **135**, 115–21 (2008).
5. Altaf, F., Gibson, A., Dannawi, Z. & Noordeen, H. Adolescent idiopathic scoliosis. *British Medical Journal* **346**, f2508–f2508 (2013).
6. Dunn, J. *et al.* Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA* **319**, 173–187 (2018).
7. Kafchitsas, K., Vetter, T. & Kurth, A. „Das gerade Kind“ – kindliche Wirbelsäule und Skoliose. *Pädiatrie up2date* **5**, 191–212 (2010).
8. Seifert, J., Thielemann, F. & Bernstein, P. Adoleszente idiopathische Skoliose. *Orthopäde* **45**, 509–517 (2016).
9. Studer, V. K., Lengnick, H., Klima, H. & Payne, E. Behandlungsbedürftige Skoliose als Zufallsbefund. *Pädiatrie* **5**, 3 (2017).
10. Aulisa, A. G. *et al.* Effectiveness of school scoliosis screening and the importance of this method in measures to reduce morbidity in an Italian territory. *J Pediatr Orthop B* **28**, 271–277 (2019).
11. Cimino, F. Die Arbeit des öffentlichen Gesundheitsdienstes in Italien im Hinblick auf die Früherkennung von Wirbelsäulendeformitäten im Wachstumsalter. In *Erwachsenenskoliose —: Konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose* (ed. Weiss, H.-R.) 19–23 (Springer, 1991).
12. Stücker, R. Die wachsende Wirbelsäule. *Der Orthopäde* **45**, 534–539 (2016).

13. Roux, W. *Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen: Bd. Entwicklungsmechanik des Embryo*. vol. 2 (Wilhelm Engelmann, 1895).
14. Liem, T., Schleupen, A., Altmeyer, P. & Zweedijk, R. *Osteopathische Behandlung von Kindern*. (Georg Thieme Verlag, 2010).
15. Sarwark, J. F. & Davis, M. M. Evolving Recommendations for Scoliosis Screening: A Compelling Need for Further Research. *JAMA* **319**, 127–129 (2018).
16. Burger, M. *et al.* The effectiveness of Schroth exercises in adolescents with idiopathic scoliosis: A systematic review and meta-analysis. *S Afr J Physiother* **75**, (2019).
17. Negrini, S., Zaina, F., Romano, M., Negrini, A. & Parzini, S. Specific exercises reduce brace prescription in adolescent idiopathic scoliosis: A prospective controlled cohort study with worst-case analysis. *J Rehabil Med* **40**, 451–455 (2008).
18. Monticone, M., Ambrosini, E., Cazzaniga, D., Rocca, B. & Ferrante, S. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. Results of a randomised controlled trial. *EurSpine J* **23**, 1204–1214 (2014).
19. Das Prinzip der Osteopathie. <https://www.osteopathie-preetz.de/index.php/das-prinzip-der-osteopathie>.20.8.2020. 19.34
20. Tobias, J. H., Fairbank, J., Harding, I., Taylor, H. J. & Clark, E. M. Association between physical activity and scoliosis: a prospective cohort study. *Int J Epidemiol* **48**, 1152–1160 (2019).
21. Arndt, C. G. von. *Über den Ursprung und die verschiedenartige Verwandtschaft der europäischen Sprachen*. (Heinrich Ludwig Brönnner, 1818).
22. Reamy, B. V. & Slakey, J. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Review and Current Concepts. *American Family Physician* **64**, 111 (2001).
23. Stücker, R. Die idiopathische Skoliose. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* **5**, 39–56 (2010).
24. Altaf, F., Drinkwater, J., Phan, K. & Cree, A. K. Systematic Review of School Scoliosis Screening. *Spine Deform* **5**, 303–309 (2017).

25. Plaszewski, M., Nowobilski, R., Kowalski, P. & Cieslinski, M. Screening for scoliosis: different countries' perspectives and evidence-based health care. *Int J Rehabil Res* **35**, 13–19 (2012).
26. Bernstein, P. & Seifert, J. Die Skoliose im Wachstumsalter. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* **10**, 259–276 (2015).
27. Negrini, S. *et al.* 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis* **13**, 3 (2018).
28. Kolland, D. *et al.* Algorithmus zum Management häufiger kindlich-jugendlicher Wirbelsäulen-Probleme. *Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis* **7**, 446–450 (2016).
29. Donzelli, S., Zaina, F. & Negrini, S. Predicting scoliosis progression: a challenge for researchers and clinicians. *E Clinical Medicine* **18**, (2020).
30. Zhang, J. *et al.* A validated composite model to predict risk of curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. *E Clinical Medicine* **18**, 100236 (2020).
31. Matussek, J. Pathomorphologie der idiopathischen Skoliose. *Orthopädie Technik* **2**, 2–7 (2016).
32. Plaszewski, M., Nowobilski, R., Kowalski, P. & Cieslinski, M. Screening for scoliosis: different countries' perspectives and evidence-based health care. *Int J Rehabil Res* **35**, 13–19 (2012).
33. Böddeker, K. In welchem chronologischen Lebensalter findet bei Patienten mit idiopathischer Skoliose die Erstdiagnose durch einen Arzt statt und welchen Einfluss hat das Knochenalter zu diesem Zeitpunkt auf die folgenden konservativen Behandlungsmöglichkeiten? (Bachelorarbeit, FH Aachen, 2018).
34. Nebe, T. Skoliose: Wenn eine schiefe Wirbelsäule zu lange unentdeckt bleibt. *DIE WELT* <https://www.welt.de/gesundheit/article147080534/Wenn-eine-Skoliose-zu-lange-unentdeckt-bleibt.html> (2015), 12.7.2020, 18.45.
35. Płaszewski, M. & Bettany-Saltikov, J. Are current scoliosis school screening recommendations evidence-based and up to date? A best evidence synthesis umbrella review. *Eur Spine J* **23**, 2572–2585 (2014).

36. Adobor, R. D., Rimeslatten, S., Steen, H. & Brox, J. I. School screening and point prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in 4000 Norwegian children aged 12 years. *Scoliosis* **6**, 23 (2011).
37. Aulisa, A. G. *et al.* Effectiveness of school scoliosis screening and the importance of this method in measures to reduce morbidity in an Italian territory: *J PediatrOrthop B* **28**, 271–277 (2019).
38. Fong, D. Y. T. *et al.* A Meta-Analysis of the Clinical effectiveness of school scoliosis screening: *Spine* **35**, 1061–1071 (2010).
39. Betsch, M. *et al.* Strahlenfreie Diagnostik bei Skoliosen. *Orthopäde* **44**, 845–851 (2015).
40. Grossman, D. C. *et al.* Screening for adolescent idiopathic scoliosis: US preventive services task force recommendation statement. *Jama* **319**, 165–172 (2018).
41. Skoliose. *Wikipedia* (2020). 7.10.2020, 19.33
42. Steffan, K. Physiotherapie in der idiopathischen Skoliosebehandlung. *Orthopäde* **44**, 852–858 (2015).
43. Aumüller, G. *et al.* *Anatomie*. (Thieme, 2017).
44. Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen: Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung*. (Springer, 2014).
45. Treleaven, J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Manual Therapy* **13**, 2–11 (2008).
46. Suppé, B. *FBL Klein-Vogelbach functional kinetics: die Grundlagen: Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung*. (Springer-Verlag, 2007).
47. *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics praktisch angewandt*. (Springer Berlin Heidelberg, 2013).
48. Lehmann-Horn, F. Motorische Systeme. in *Physiologie des Menschen* 143–183 (Springer, 2007).
49. Büttner, N. *Zervikale Bewegungs- und Kontrollstörungen*. (Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018).
50. Batran, B. & Frey, H. Grundwissen Bau. *Handwerk und Technik* (1995).
51. Luomajoki, H. Sechs Richtige: Mit der Testbatterie die lumbale Bewegungskontrolle untersuchen. *Manuelle Therapie* **16**, 220–225 (2012).

## Literaturverzeichnis

52. Cook, C., Brismée, J.-M. & Sizer, P. S. Subjective and objective descriptors of clinical lumbar spine instability: A Delphi study. *Manual Therapy* **11**, 11–21 (2006).
53. Reichenbach, C. *Bewegungsdiagnostik in Theorie und Praxis. Bewegungsdiagnostische Verfahren und Modelle. Bedeutung für Praxis und Qualifizierung. Basel: Borgmann Media (2006).*
54. Motodiagnostik. *Wikipedia* (2019).20.6.2021, 21.13 Uhr.
55. Motoskopie. *Wikipedia* (2016). 20.6.2021, 21.16 Uhr.
56. Motographie. *Wikipedia* (2016).20.6.2021, 21.10 Uhr.
57. Motometrie. *Wikipedia* (2016). 19.6.2021, 20.13 Uhr.
58. Oberger, J. - Sportmotorische Tests im Kindes- und Jugendalter  
pdf.[https://books.google.de/books?hl=en&lr=&id=aw\\_pCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Oberger+-+Sportmotorische+Tests+im+Kindes-+und+Jugendalter+.pdf.&ots=AkEE0UeQMw&sig=7W68dP7GSBtihaaoKZTfxJzvH-w&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Oberger%20-%20Sportmotorische%20Tests%20im%20Kindes-%20und%20Jugendalter%20.pdf.&f=false](https://books.google.de/books?hl=en&lr=&id=aw_pCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Oberger+-+Sportmotorische+Tests+im+Kindes-+und+Jugendalter+.pdf.&ots=AkEE0UeQMw&sig=7W68dP7GSBtihaaoKZTfxJzvH-w&redir_esc=y#v=onepage&q=Oberger%20-%20Sportmotorische%20Tests%20im%20Kindes-%20und%20Jugendalter%20.pdf.&f=false).21.6.2021, 21.17 Uhr.
59. Drenowatz, C. & Greier, K. Fitnesstests bei Kindern und Jugendlichen. *Bewegung und Sport***4**, (2020).
60. Quantitative vs. Qualitative Methoden.  
[http://nosnos.synology.me/MethodenlisteUniKarlsruhe/imihome.imi.uni-karlsruhe.de/nquantitative\\_vs\\_qualitative\\_methoden\\_b.html](http://nosnos.synology.me/MethodenlisteUniKarlsruhe/imihome.imi.uni-karlsruhe.de/nquantitative_vs_qualitative_methoden_b.html). 20.12.2020, 20.12 Uhr.
61. Seidel, I. & Bös, K. Chancen und Nutzen motorischer Diagnostik im Schulsport am Beispiel des DMT 6-18. *7* (2012).
62. Le Berre, M. *et al.* Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis. *EurSpine J* **26**, 1638–1644 (2017).
63. Mallau, S., Bollini, G., Jouve, J.-L. & Assaiante, C. Locomotor Skills and Balance Strategies in Adolescents Idiopathic Scoliosis. *Spine* **32**, E14 (2007).
64. Haumont, T., Gauchard, G. C., Lascombes, P. & Perrin, P. P. Postural instability in early-stage idiopathic scoliosis in adolescent girls. *Spine (Phila Pa 1976)* **36**, E847-854 (2011).

65. Nault, M.-L. *et al.* Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* **27**, 1911–1917 (2002).
66. Simoneau, M., Richer, N., Mercier, P., Allard, P. & Teasdale, N. Sensory deprivation and balance control in idiopathic scoliosis adolescent. *Exp Brain Res* **170**, 576–582 (2006).
67. Guo, X. *et al.* Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function. *Spine (Phila Pa 1976)* **31**, E437-440 (2006).
68. Stylianides, G. A., Dalleau, G., Begon, M., Rivard, C.-H. & Allard, P. Pelvic Morphology, Body Posture and Standing Balance Characteristics of Adolescent Able-Bodied and Idiopathic Scoliosis Girls. *PLOS ONE* **8**, e70205 (2013).
69. Mac-Thiong, J.-M., Labelle, H., Charlebois, M., Huot, M.-P. & de Guise, J. A. Sagittal Plane Analysis of the Spine and Pelvis in Adolescent Idiopathic Scoliosis According to the Coronal Curve Type. *Spine* **28**, 1404–1409 (2003).
70. Kuo, F.-C., Wang, N.-H. & Hong, C.-Z. Impact of visual and somatosensory deprivation on dynamic balance in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* **35**, 2084–2090 (2010).
71. Jung, J.-Y. *et al.* Influence of pelvic asymmetry and idiopathic scoliosis in adolescents on postural balance during sitting. *Biomed Mater Eng* **26 Suppl 1**, S601-610 (2015).
72. Hatzilazaridis, I., Hatzitaki, V., Antoniadou, N. & Samoladas, E. Postural and muscle responses to galvanic vestibular stimulation reveal a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis. *Eur J Neurosci* **50**, 3614–3626 (2019).
73. Newton, P. O., Osborn, E. J., Bastrom, T. P., Doan, J. D. & Reighard, F. G. The 3D Sagittal Profile of Thoracic Versus Lumbar Major Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine Deform* **7**, 60–65 (2019).
74. Nault, M.-L. *et al.* Three-Dimensional Spinal Morphology Can Differentiate Between Progressive and Nonprogressive Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis at the Initial Presentation. *Spine (Phila Pa 1976)* **39**, E601–E606 (2014).

75. Meyer, C. *et al.* The practice of physical and sporting activity in teenagers with idiopathic scoliosis is related to the curve type. *Scand J MedSciSports* **18**, 751–755 (2008).
76. Filipovic, V. & Viskic-štalec, N. The Mobility Capabilities of Persons With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* **31**, 2237–2242 (2006).
77. Gauchard, G. C., Lascombes, P., Kuhnast, M. & Perrin, P. P. Influence of Different Types of Progressive Idiopathic Scoliosis on Static and Dynamic Postural Control. *Spine* **26**, 1052–1058 (2001).
78. Bruyneel, A.-V., Chavet, P., Ebermeyer, E. & Mesure, S. Idiopathic scoliosis: relations between the Cobb angle and the dynamical strategies when sitting on a seesaw. *Eur Spine J* **20**, 247–253 (2011).
79. Guyot, M.-A. *et al.* Cervicocephalic relocation test to evaluate cervical proprioception in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* **25**, 3130–3136 (2016).
80. Giakas, G., Baltzopoulos, V., Dangerfield, P. H., Dorgan, J. C. & Dalmira, S. Comparison of gait patterns between healthy and scoliotic patients using time and frequency domain analysis of ground reaction forces. *Spine* **21**, 2235–2242 (1996).
81. Şahin, F., Urak, Ö. & Akkaya, N. Evaluation of balance in young adults with idiopathic scoliosis. *Turk J Phys Med Rehabil* **65**, 236–243 (2019).
82. Sahlstrand, T. & Lidström, J. Equilibrium factors as predictors of the prognosis in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 232–236 (1980).
83. Mahaudens, P., Thonnard, J.-L. & Detrembleur, C. Influence of structural pelvic disorders during standing and walking in adolescents with idiopathic scoliosis. *Spine J* **5**, 427–433 (2005).
84. Sahlstrand, T., Örtengren, R. & Nachemson, A. Postural Equilibrium in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *ActaOrthopScand* **49**, 354–365 (1978).
85. Yekutiel, M., Robin, G. C. & Yarom, R. Proprioceptive Function in Children With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* **6**, 560–566 (1981).

86. Lao, M. L. M., Chow, D. H. K., Guo, X., Cheng, J. C. Y. & Holmes, A. D. Impaired Dynamic Balance Control in Adolescents With Idiopathic Scoliosis and Abnormal Somatosensory Evoked Potentials. *J PediatrOrthop* **28**, 846–849 (2008).
87. Daryabor, A. *et al.* Gait and energy consumption in adolescent idiopathic scoliosis: A literature review. *Ann Phys Rehabil Med* **60**, 107–116 (2017).
88. Mahaudens, P., Detrembleur, C., Mousny, M. & Banse, X. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: energy cost analysis. *Eur Spine J* **18**, 1160–1168 (2009).
89. Pau, M. *et al.* Trunk rotation alters postural sway but not gait in female children and early adolescents: Results from a school-based screening for scoliosis. *Gait Posture* **61**, 301–305 (2018).
90. Hj, P. *et al.* Analysis of coordination between thoracic and pelvic kinematic movements during gait in adolescents with idiopathic scoliosis. *EurSpine J* vol. 25 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25893334/> (2016).
91. Schmid, S. *et al.* Quantifying spinal gait kinematics using an enhanced optical motion capture approach in adolescent idiopathic scoliosis. *Gait Posture* **44**, 231–237 (2016).
92. Yang, J. H., Suh, S.-W., Sung, P. S. & Park, W.-H. Asymmetrical gait in adolescents with idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* **22**, 2407–2413 (2013).
93. Kramers-de Quervain, I., Müller, R., Stacoff, A., Grob, D. & Stüssi, E. Gait analysis in patients with idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* **13**, (2004).
94. Chen, P.-Q. *et al.* The postural stability control and gait pattern of idiopathic scoliosis adolescents. *Clinical Biomechanics* **13**, S52–S58 (1998).
95. Yagci, G. *et al.* Evaluation of upper extremity function and its relation to curve pattern in female adolescents with idiopathic scoliosis: a pilot study. *Spine Deform* **8**, 1175–1183 (2020).
96. Fortin, C., Ehrmann Feldman, D., Cheriet, F. & Labelle, H. Differences in standing and sitting postures of youth with idiopathic scoliosis from quantitative analysis of digital photographs. *Phys Occup Ther Pediatr* **33**, 313–326 (2013).

97. Parsch, D., Gärtner, V., Brocai, D. R. C., Carstens, C. & Schmitt, H. Sports activity of patients with idiopathic scoliosis at long-term follow-up. *Clin J SportMed* **12**, 95–98 (2002).
98. Kenanidis, E., Potoupnis, M. E., Papavasiliou, K. A., Sayegh, F. E. & Kapetanos, G. A. Adolescent idiopathic scoliosis and exercising: Is there truly a liaison? *Spine* **33**, 2160–2165 (2008).
99. Kenanidis, E. I., Potoupnis, M. E., Papavasiliou, K. A., Sayegh, F. E. & Kapetanos, G. A. Adolescent idiopathic scoliosis in athletes: Is there a connection? *Phys Sportsmed* **38**, 165–170 (2010).
100. Meyer, C. *et al.* Why do idiopathic scoliosis patients participate more in gymnastics? *Scand J Med Sci Sports* **16**, 231–236 (2006).
101. Sana K, Banerjee K. Scoliosis deformity and childs' fitness. *International Journal of Research in Social Sciences*. 2018 Apr; 8(4).
102. Lin, J., Chen, W.-H., Chen, P.-Q. & Tsauo, J.-Y. Alteration in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* **35**, 1151–1157 (2010).
103. Göçen, Sedat, and Hasan Havitçioğlu. "Effect of rotation on frontal plane deformity in idiopathic scoliosis." (2001): 265-268.
104. Janssen, M. M. A. *et al.* Pre-existent vertebral rotation in the human spine is influenced by body position. *Eur Spine J* **19**, 1728–1734 (2010).
105. Pasha, S. *et al.* Characterizing pelvis dynamics in adolescent with idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* **35**, E820-826 (2010).
106. Mattson, G., Haderspeck-Grib, K., Schultz, A. & Nachemson, A. Joint flexibilities in structurally normal girls and girls with idiopathic scoliosis. *J Orthop Res* **1**, 57–62 (1983).
107. Senkoylu, A., Ilhan, M. N., Altun, N., Samartzis, D. & Luk, K. D. K. A simple method for assessing rotational flexibility in adolescent idiopathic scoliosis: modified Adam's forward bending test. *Spine Deform* (2020).
108. Eyvazov, K., Samartzis, D. & Cheung, J. P. Y. The association of lumbar curve magnitude and spinal range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* **18**, 51 (2017).

109. Poussa, M., Härkönen, H. & Mellin, G. Spinal mobility in adolescent girls with idiopathic scoliosis and in structurally normal controls. *Spine (Phila Pa 1976)* **14**, 217–219 (1989).
110. Pau, M. *et al.* Trunk rotation alters postural sway but not gait in female children and early adolescents: Results from a school-based screening for scoliosis. *Gait Posture* **61**, 301–305 (2018).
111. Schlager, B. *et al.* Characteristic morphological patterns within adolescent idiopathic scoliosis may be explained by mechanical loading. *Eur Spine J* **27**, 2184–2191 (2018).
112. 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* **3**, 1 (2008).
113. Levi, D., Springer, S., Parmet, Y., Ovadia, D. & Ben-Sira, D. Acute muscle stretching and the ability to maintain posture in females with adolescent idiopathic scoliosis. *J Back Musculoskeletal Rehabil* **32**, 655–662 (2019).
114. Czaprowski, D. Generalised joint hypermobility in Caucasian girls with idiopathic scoliosis: Relation with age, curve size, and curve pattern. *The Scientific World Journal* (2014).
115. BOZKURT, S. *et al.* Hypermobility frequency in school children: Relationship with idiopathic scoliosis, age, sex and musculoskeletal problems. *Arch Rheumatol* **34**, 268–273 (2018).
116. Czaprowski, Dariusz, *et al.* "Joint hypermobility in children with idiopathic scoliosis: SOSORT award 2011 winner." *Scoliosis* **6.1** (2011): 1-10
117. Haller, G. *et al.* Lack of joint hypermobility increases risk of surgery in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop B* **27**, 152–158 (2018).
118. M, P., J, C. & J, K. Assessment of muscle strength of hip joints in children with idiopathic scoliosis. *Ortop Traumatol Rehabil* **9**, 636–643 (2007).
119. Suppé, B., Bongartz, M. & Bacha, S. *FBL Functional Kinetics praktisch angewandt*. (Springer Berlin Heidelberg, 2012).
120. Spirgi-Gantert, I. & Oehl, M. KlavierspielerKlavierspielerSpinnübung. *Therapeutische Übungen* 53–56 (2018).
121. Schoberth, H. Biomechanik des Sitzens. in *Orthopädie des Sitzens* 89–182 (Springer, 1989).

## Literaturverzeichnis

122. Reuter, M. *Bewegung fördern im Kindergarten: Kompaktes Grundwissen und Übungen zu Haltung, Motorik, Koordination und Co.(1. Klasse/Vorschule)*. (Auer Verlag, 2009).
123. Finger-Boden-Abstand. *DocCheckFlexikon* <https://flexikon.doccheck.com/de/Finger-Boden-Abstand>. 21.6.2021, 21.42 Uhr.
124. Finger-Boden-Abstand. *Wikipedia* (2017). 20.6.21, 21.04 Uhr.

## Quellennachweis

- Titelbild:** Google-Suche, Wirbelsäulenimage – 29.5.2020, 23:10:36  
[https://www.google.com/search?q=wirbels%C3%A4ule+image&tbm=isch&ved=2ahUKEwi24qj1\\_dnpAhXjwAIHHfpODdEQ2-cCegQIABAA&oq=wirbels%C3%A4ule+image&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoCCAA6BAgAEBhQ2pEBW0mXAWCbmGf0AHAAeACAAZgBiAGqBJIBAzEuNjgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&scient=img&ei=L3rRXvaOKuOBi-gP-p21iA0&client=firefox-b-d#imgsrc=FYLM7r-V3yq40M](https://www.google.com/search?q=wirbels%C3%A4ule+image&tbm=isch&ved=2ahUKEwi24qj1_dnpAhXjwAIHHfpODdEQ2-cCegQIABAA&oq=wirbels%C3%A4ule+image&gs_lcp=CgNpbWcQAzoCCAA6BAgAEBhQ2pEBW0mXAWCbmGf0AHAAeACAAZgBiAGqBJIBAzEuNjgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&scient=img&ei=L3rRXvaOKuOBi-gP-p21iA0&client=firefox-b-d#imgsrc=FYLM7r-V3yq40M)
- Abbildung 1 Skolioseskelett.** Lehnert-Schroth, C. *Dreidimensionale Skoliosebehandlung: Atmungs-Orthopädie System Schroth.* (Urban & Fischer, 2014).
- Abbildung 2 Cobbwinkel.** Landauer, F., Krismer, M. & Bauer, R. Konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose. *Orthopäde* **26**, 808–817 (1997).
- Abbildung 3 Messung Cobbwinkel.** Altaf, F., Gibson, A., Dannawi, Z. & Noordeen, H. Adolescent idiopathic scoliosis. *British Medical Journal* **346**, f2508–f2508 (2013).
- Abbildung 4 Inspektion und Adam’s Test.** Matussek, J. Pathomorphologie der idiopathischen Skoliose. *Orthopädie Technik* **2**, 2–7 (2016).
- Abbildung 5 metrische Erfassung der Rotationskomponente mithilfe des Scoliometers.** Seifert, J., Thielemann, F. & Bernstein, P. Adoleszente idiopathische Skoliose. *Orthopäde* **45**, 509–517 (2016).
- Abbildung 6 Komik-Darstellung klassischer Merkmale einer Skoliose.** Google -Suche, Skoliose comic, 29.5.2020, 22:37:18  
[https://www.google.com/search?q=Skoliose+comic&tbm=isch&ved=2ahUKEwi249C\\_9tnpAhWEr6QKHSI4Bq8Q2-cCegQIABAA&oq=Skoliose+comic&gs\\_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzoCCAA6BggAEAgQHjoECAAQGFctYFjdZ2DXamgAcAB4AIABgAGIAeYDkgEDMC40mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=aHLRXraPA4TfkgWp8Jn4Cg&bih=551&biw=1280&client=firefox-b-d#imgsrc=v4FCgsdUH0okHM](https://www.google.com/search?q=Skoliose+comic&tbm=isch&ved=2ahUKEwi249C_9tnpAhWEr6QKHSI4Bq8Q2-cCegQIABAA&oq=Skoliose+comic&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzoCCAA6BggAEAgQHjoECAAQGFctYFjdZ2DXamgAcAB4AIABgAGIAeYDkgEDMC40mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=aHLRXraPA4TfkgWp8Jn4Cg&bih=551&biw=1280&client=firefox-b-d#imgsrc=v4FCgsdUH0okHM)
- Abbildung 7 Dresdner Skoliosepfad.** Bernstein, P. & Seifert, J. Die Skoliose im Wachstumsalter. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* **10**, 259–276 (2015).
- Abbildung 8 The moire´ equipment.** Willner, S. *Moiré Topography for the Diagnosis and Documentation of Scoliosis. Acta Orthopaedica Scandinavica* **50**, 295–302 (1979).
- Abbildung 9 Moire Fotografie eines normalen Rückens.** Willner, S. *Moiré Topography for the Diagnosis and Documentation of Scoliosis. Acta Orthopaedica Scandinavica* **50**, 295–302 (1979).
- Abbildung 10 Wirbelsäulenansicht von a) ventral, b) dorsal.** Aumüller, G. et al. *Anatomie.* (Thieme, 2017). Wirbelsäulenansicht von ventral, dorsal, links lateral
- Abbildung 11 Bänder der Wirbelsäule.** Aumüller, G. et al. *Anatomie.* (Thieme, 2017). Bänder der Wirbelsäule auf Höhe des thorakolumbalen Übergangs

- Abbildung 12 Wirbelsäulenansicht von lateral.** Aumüller, G. *et al. Anatomie.* (Thieme, 2017). Wirbelsäulenansicht von links lateral
- Abbildung 13 fehlende Verankerung des Beckens im Standbein.** Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen: Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung.* (Springer, 2014).
- Abbildung 14 verminderte Koordinations- / Stabilisationsfähigkeit des KA Becken.** Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen: Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung.* (Springer, 2014).
- Abbildung 15 potentielle Beweglichkeit.** Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen: Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung.* (Springer, 2014).
- Abbildung 16 Bewegungsachsen.** Spirgi-Gantert, I. & Suppé, B. *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen: Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung.* (Springer, 2014).
- Abbildung 17 Motorische Systeme** in *Physiologie des Menschen* 143–183 (Springer, 2007)
- Abbildung 18 Motorische Systeme modifiziert** in *Physiologie des Menschen* 143–183 (Springer, 2007), modifiziert nach Lehmann- Horn, F.
- Abbildung 19** Google-Suche, **Rückenschaukel**, 14.3.2021, 20.53 Uhr  
<https://www.google.com/search?q=R%C3%BCckenschaukel&client=firefox-b-d&source=Inms&tbm=isch&biw=1280&bih=551#imgrc=hn5R2JWie8I4xM>.
- Abbildung 20** google-Suche, **Purzelbaum**, 20.3.21, 12.18 Uhr  
[https://www.google.com/search?q=Purzelbaum&client=firefox-b-d&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiQqdKd3r7vAhVnwQIHaeFAZYQ\\_AUoAXoECAIQAw&biw=1280&bih=551#imgrc=O3tX-xa2XqglNM](https://www.google.com/search?q=Purzelbaum&client=firefox-b-d&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiQqdKd3r7vAhVnwQIHaeFAZYQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1280&bih=551#imgrc=O3tX-xa2XqglNM)
- Abbildung 21** Spirgi-Gantert, I. & Oehl, M. **Klavierspieler.** *Therapeutische Übungen* 53–56 (2018)
- Abbildung 22** Google-Suche, **Sitzhaltungen Strichmännchen**, 20.3.21, 20.32 Uhr  
[https://www.google.com/search?q=sitzhaltungen+strichm%C3%A4nnchen&tbm=isch&ved=2ahUKEwiZr5D-yr\\_vAhUi6rsIHAYCBUYQ2cCegQIABAA&oq=sitzhaltungen+strichm%C3%A4nnchen&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoGCAAQBxAeOggIABAIEAcQHICE8ghY8pUJYNqXCWgCcAB4AIAABZ4gBpQmSAQqXNC4xmAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&scclient=img&ei=VUPWYNmwMqLU7\\_UPpoWUsAQ&bih=551&biw=1263&client=firefox-b-d&hl=de#imgrc=SmBCr0Pn7Mqm4M](https://www.google.com/search?q=sitzhaltungen+strichm%C3%A4nnchen&tbm=isch&ved=2ahUKEwiZr5D-yr_vAhUi6rsIHAYCBUYQ2cCegQIABAA&oq=sitzhaltungen+strichm%C3%A4nnchen&gs_lcp=CgNpbWcQAzoGCAAQBxAeOggIABAIEAcQHICE8ghY8pUJYNqXCWgCcAB4AIAABZ4gBpQmSAQqXNC4xmAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&scclient=img&ei=VUPWYNmwMqLU7_UPpoWUsAQ&bih=551&biw=1263&client=firefox-b-d&hl=de#imgrc=SmBCr0Pn7Mqm4M).
- Abbildung 23 Sitzkyphose, Ansicht von lateral** eigenes Bildmaterial
- Abbildung 24 Sitzkyphose, Ansicht von dorsal** eigenes Bildmaterial
- Abbildung 25** Google-Suche, **Hampelmann Bewegung**, 21.3.21, 16.03 Uhr  
<https://www.google.com/search?q=hampelmann+bewegung&tbm=isch&hl=de&client=firefox-b-d&sa=X&ved=%202ahUKE%20wjFnt3Ck8HvAhUY7qQKHae3A1kQrNwCKAB6BAGBEGE&biw=1263&bih=551#imgrc=b4M4OoWAekKpeM>

**Abbildung 26** Google-Suche, **Finger Boden Abstand**, 5.4.2021, 12.22 Uhr

[https://www.google.com/search?q=Finger-Boden-Abstand+Kinder&tbm=isch&ved=2ahUKewjMkbK6renvAhVE2xoKHeWTCgoQ2-cCegQIABAA&aq=Finger-Boden-Abstand+Kinder&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQGDCCAA6BAGAEb5QJpIcWP-aHGDvnBxoAHAAeACAAYBiAGvBplBAzAuN5gBAKABAoBC2d3cy13aXotaW1nwAEb&scient=img&ei=hDBsYMy\\_CcS2a-WnqlA&client=firefox-b-d&hl=de#imgrc=ympUNwahRE9duM](https://www.google.com/search?q=Finger-Boden-Abstand+Kinder&tbm=isch&ved=2ahUKewjMkbK6renvAhVE2xoKHeWTCgoQ2-cCegQIABAA&aq=Finger-Boden-Abstand+Kinder&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQGDCCAA6BAGAEb5QJpIcWP-aHGDvnBxoAHAAeACAAYBiAGvBplBAzAuN5gBAKABAoBC2d3cy13aXotaW1nwAEb&scient=img&ei=hDBsYMy_CcS2a-WnqlA&client=firefox-b-d&hl=de#imgrc=ympUNwahRE9duM)

**Abbildung 27** Spirgi-Gantert, I. &Oehl, M. **Zeichnung Klavierspieler**. *Therapeutische Übungen* 53–56 (2018)

**Abbildung 28** **Bodychart Ansicht von dorsal**. google-Suche, **Sitting position spine**, 21.3.21, 15.14 Uhr. [https://www.nicepng.com/png/detail/49-499805\\_sit-on-a-wedge-especially-when-you-have.png](https://www.nicepng.com/png/detail/49-499805_sit-on-a-wedge-especially-when-you-have.png)

**Abbildung 29** **Bodychart Oberkörper**. Google-Suche, **bodychart**, 21.3.21, 15.28

<https://www.google.com/search?source=univ&tbm=isch&q=body+chart&client=firefox-b-d&sa=X&ved=2ahUKewjHgfTTysHvAhXE2aQKHQY4DSMQ7Al6BAGBEEQ&biw=1280&bih=551&dpr=1.5#imgrc=Bk4zOltEE5F8oM>

<b>Tabelle 1</b>	Überblick zum Aufbau dieser Arbeit	3
<b>Tabelle 2</b>	Einteilung von Skoliosen	8
<b>Tabelle 3</b>	Einteilung der Skoliosen anhand des Scheitelpunktes	10
<b>Tabelle 4</b>	Merkmale von funktionellen und strukturellen Skoliosen	10
<b>Tabelle 5</b>	Risikofaktoren und ihre Ausprägung / Auswirkung	14
<b>Tabelle 6</b>	Herausforderung in Therapie und Diagnostik der AIS	22
<b>Tabelle 7</b>	*Die fünf am häufigsten genannten Bewegungsdimensionen in der Bewegungsdiagnostik	40
<b>Tabelle 8</b>	motorische Test- und Screeningverfahren für Kinder und Jugendliche	46- 45
<b>Tabelle 9</b>	Literatursichtung funktioneller motorischer Defiziten von AIS Patienten	48 - 60

## Danksagung

Bedanken möchte ich mich

- bei Christina Bertram, von der die Idee zu dieser Arbeit stammt. Auch hat sich mich im praktischen Teil tatkräftig mit Tipps und Verbesserungsvorschlägen unterstützt.
- bei Ralf Roth, für seine guten Nerven die er immer behalten hat.
- bei Prof. Dr. med. Niklaus Friederich, der versucht hat uns die Augen zu öffnen, um wissenschaftliche Literatur bewerten zu können und wissenschaftliche Fehler zu erkennen und somit zu vermeiden. Er hat einen wesentlichen Beitrag geleistet, dass diese Arbeit aus wissenschaftlicher Sicht Bestand hat.
- bei Andreas Bertram und Christina Bertram, die nachhaltig an der Weiterentwicklung meines funktionellen Verständnisses für Normen des Bewegungsapparates und deren Abweichungen beteiligt waren, ohne die eine solch komplexe Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Herzlichen Dank

## Anhang

### Skoliose-Schulscreening

#### Vorarbeit:

- Gespräch Schule
- Info-Flyer für die Eltern
- Einverständniserklärung (Teilnahme / Bildrechte)
- Anamnesebogen
- Elterninformation und Vorstellung des Screeningablaufes in einem Elternabend

#### Stationen:

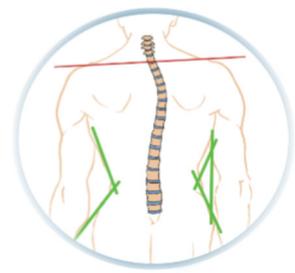
1. Anthropometrie (Gewicht / Größe (Sitz, Stand) / Alter)
  2. Inspektion Stand  
Adam's Test  
Skoliometerwert
  3. Beweglichkeit WS  
Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)
  4. Klavierspieler
  5. Hampelmann
  6. Rückenschaukel  
Purzelbaum
- Shuttle run mit der ganzen Gruppe

#### Organisation:

- Jeweils 1 Lehrer der Kindern und 1 Physiotherapeut als Ansprechpartner
- Ca. 3-5 Kinder / Station
- Ca. 3-4 Physios / Station  
1 Physio / Station leitet die Übung an, die anderen nehmen die Befunde auf
- Flipchart mit Laufblättern für jede Kindergruppe
- An jeder Station vorgedruckte Testtools mit Namen und Geburtsdatum  
Je 1 Formular pro Kind / Physio. Das sind ca. 3 Stück / Kind, so dass jeder Physio einen eigenen Befund erstellt, um diesen auf Interuntersucherreliabilität zu untersuchen zu können)
- 1 Spiel / Station für Wartezeiten
- „shuttle run“ zum Schluss mit allen

#### Material:

- Für die Stationen siehe Testmaterial
- Glöckchen zur Ansage der nächsten Station



## Info-Flyer für die Eltern

### *Rückengesundheit bei Kindern und Jugendlichen*

*Einladung zur Schuluntersuchung zur Früherkennung von Wirbelsäulendeformitäten  
und Haltungsschäden*

Sehr geehrte Eltern,

Wir möchten Ihnen anbieten, im Rahmen einer Schuluntersuchung eine Vorsorgeuntersuchung zur Früherkennung von Skoliosen mit Ihrem Kind durchzuführen.

Wirbelsäulendeformitäten wie die Skoliose werden auch heute noch oft zu spät erkannt. In manchen Ländern gibt es regelmäßige Schuluntersuchungen zur Früherkennung von Skoliosen. Deutschland gehört leider noch nicht dazu. In Deutschland gibt es einige wenige Schulen, die das „knowhow“ und den inneren Antrieb haben und selbständig regelmäßige Schuluntersuchungen für Ihre Schüler anzubieten.

Direkt benachbart zur Angell-Schule ist die Berufsfachschule für Physiotherapie der Angell-Akademie Freiburg, an der ich u.a. Dozentin für Skoliose-therapie und Funktionelle Bewegungslehre bin. Die Physiotherapie spielt in der Skoliose-therapie eine große Rolle, wobei auch an unserer Schule die Ausbildung in Skoliose-therapie ein Bestandteil der Grundausbildung ist. Aus diesem Grunde kam mir die Idee, das Praktische mit dem Nützlichen zu verbinden, bei dem sowohl unsere angehenden Physiotherapeuten / inne als auch Ihre Kinder davon profitieren könnten. Daher bietet der Abschlussjahrgang unserer Schule im Rahmen ihrer Physiotherapieausbildung an, mit jeweils den Kindern einer Klasse eine Untersuchung zum Skoliose-Screening durchzuführen. Die Untersuchung wird von mir betreut und begleitet. Im Hintergrund steht uns Herr Dr. \_\_\_\_\_ (Facharzt für Orthopädie und Skoliose-therapie) in Fachfragen unterstützend zur Seite. Über die Ergebnisse der Untersuchung, die insgesamt anonym aufgearbeitet werden, werden Sie Ihr Kind betreffend natürlich anschließend von uns informiert und auf Wunsch ggf. weiterführend beraten. Die Inhalte der Untersuchung sind auf der nächsten Seite für Sie zusammengestellt.

Über die Teilnahme Ihres Kindes an dieser Untersuchung würden wir uns sehr freuen.

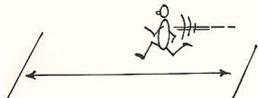
Mit freundlichen Grüßen

(MFKSc)<sup>5</sup> Daniela Roth und die Schüler der Physiotherapie-Abschlussklasse

<sup>5</sup> Der Titel MFKSc wird mit dieser Arbeit erst noch erworben

Die Untersuchung besteht aus:

- Fragebogen (von Eltern auszufüllen)
- Untersuchung als Stationenbetrieb in der Sporthalle und unter Wahrung der Hygiene und Abstandsregeln während des regulären Schulbetriebs:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Messung von:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewicht</li> <li>- Körpergröße</li> <li>- Fotographische Darstellung des Oberflächenreliefs des Rückens (bei Einverständniserklärung der Eltern)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Haltungsuntersuchung im Stand</li> <li>▪ Vorneigetest (Adam's Test)</li> <li>▪ Messung des Finger-Boden-Abstandes</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Untersuchung der             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beweglichkeit Wirbelsäule</li> <li>- Sitzhaltung</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ motorische Untersuchung:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hampelmann</li> <li>- + Videoaufnahme zur späteren Analyse der Bewegung (bei Einverständniserklärung der Eltern)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ motorische Untersuchung:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Klavierspieler</li> <li>- + Videoaufnahme zur späteren Analyse der Bewegung (bei Einverständniserklärung der Eltern)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ motorische Untersuchung             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückenschaukel</li> <li>- Purzelbaum</li> <li>- + Videoaufnahme zur späteren Analyse der Bewegung (bei Einverständniserklärung der Eltern)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausdauerstest             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Shuttle run</li> </ul> </li> </ul>

Die anonymisierten Daten der Untersuchungen sollen in einer geplanten Bachelorarbeit im Studiengang Physiotherapie der ISBA University weiter analysiert werden. Auch hier werden Sie anschließend über die Studienergebnisse informiert.

Nähere Informationen zur Skoliose finden sie bei dem Deutschen Skoliose Netzwerkes (DSN):  
[https://deutsches-skoliose-netzwerk.de/wp-content/uploads/flyer/364\\_PRP\\_Deutsch\\_Version2.pdf](https://deutsches-skoliose-netzwerk.de/wp-content/uploads/flyer/364_PRP_Deutsch_Version2.pdf)

## Einverständniserklärung & Anamnese-Fragebogen

Liebe Eltern,

vielen Dank für Ihre Zustimmung zur Teilnahme Ihres Kindes an dem physiotherapeutischen Skoliose-Screening im Rahmen der staatlich anerkannten Ausbildung zum / zur Physiotherapeuten / in der Angell-Akademie-Freiburg.

Anbei finden Sie eine Einverständniserklärung und einen Fragebogen, den Ihr Kind bitte ausgefüllt, bis zum \_\_\_\_\_ an den / die Klassenlehrer / in abgibt.

Sie können den Fragebogen auch direkt per E-Mail an \_\_\_\_\_ schicken.

Mit freundlichen Grüßen

**Daniela Roth**

*Dozentin an der Angell-Akademie Freiburg*

*Master of Functional Kinetic Science<sup>6</sup>, SchrothTherapeutin*

### Einverständniserklärung Skoliose-Schulscreening

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, dass mein Kind \_\_\_\_\_ an dem Skoliose-Schulscreening-Programm im Rahmen der Ausbildung zum / zur Physiotherapeut / in der Angell-Akademie-Freiburg teilnimmt.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Elternteil

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Elternteil

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, dass im Rahmen dieser Veranstaltung Foto- und Videoaufnahmen gemacht werden. Diese Aufnahmen dürfen nur zu Untersuchungszwecken im Rahmen dieser Veranstaltung benutzt werden. Eine Veröffentlichung der Bilder ist nicht erlaubt.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Elternteil

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Elternteil

<sup>6</sup> Der Titel MFKSc wird mit dieser Arbeit erst noch erworben

## Anamnese-Fragebogen

Name: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

### Persönliche Daten des Kindes

- Geschlecht: weiblich  / männlich
- Gibt es in Ihrer Familie jemanden der eine Skoliose hat? Ja  / Nein   
Wenn ja, wer (Elternteil, Geschwister, etc.)? \_\_\_\_\_
- Bestehen irgendwelche Vorerkrankungen oder körperliche Einschränkungen bei Ihrem Kind? Wenn ja, welche?

Nimmt Ihr Kind regelmäßig Medikamente ein? Wenn ja, welche?

### Schmerzen

- klagt Ihr Kind gelegentlich über Rückenschmerzen? Wenn ja, geben Sie bitte an: Häufigkeit / was löst den Schmerz aus? / was reduziert den Schmerz?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- klagt Ihr Kind gelegentlich über andere Schmerzen? Wenn ja, wo und wann:

### Bewegungsverhalten im letzten ½ Jahr

- Episoden mit starker körperlicher Aktivität
  - Weniger als 1 x / Woche
  - 1-3x / Woche
  - 4+ / Woche
  
- Ist Ihr Kind in einem Sportverein aktiv? Wenn ja, welche Sportart?



## Laufzettel

### Laufzettel Gruppe 1:

Namen der Kinder:

- 
- 
- 
- 

	<p>1. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>2. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>3. Beweglichkeit WS / Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>4. Hampelmann</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>5. Klavierspieler</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>6. Rückenschaukel / Purzelbaum</p> <p>Unterschrift Stationsleitung</p>

## Laufzettel Gruppe 2:

Namen der Kinder:

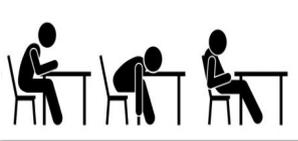
- 
- 
- 
- 
- 

	<p>1. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>2. Beweglichkeit WS / Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>3. Hampelmann</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>4. Klavierspieler</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>5. Rückenschaukel / Purzelbaum</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>6. Anthropometrie (Gewicht / Größe (Sitz, Stand) / Alter)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>

### Laufzettel Gruppe 3:

Namen der Kinder:

- 
- 
- 
- 
- 

	<p>1. Beweglichkeit WS / Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>2. Hampelmann</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>3. Klavierspieler</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>4. Rückenschaukel / Purzelbaum</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>5. Anthropometrie (Gewicht / Größe (Sitz, Stand) / Alter)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>6. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>

### Laufzettel Gruppe 4:

Namen der Kinder:

- 
- 
- 
- 
- 

	<p>1. Hampelmann</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>2. Klavierspieler</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>3. Rückenschaukel / Purzelbaum</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>4. Anthropometrie (Gewicht / Größe (Sitz, Stand) / Alter)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>5. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>6. Beweglichkeit WS / Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>

### Laufzettel Gruppe 5:

Namen der Kinder:

- 
- 
- 
- 
- 

	<p>1. Klavierspieler</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>2. Rückenschaukel / Purzelbaum</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>3. Anthropometrie (Gewicht / Größe (Sitz, Stand) / Alter)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>4. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>5. Beweglichkeit WS / Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>
	<p>6. Hampelmann</p> <p>Unterschrift Stationsleitung:</p>

## Laufzettel Gruppe 6:

Namen der Kinder:

- 
- 
- 
- 

	1. Rückenschaukel / Purzelbaum
	Unterschrift Stationsleitung:
	2. Anthropometrie (Gewicht / Größe (Sitz, Stand) / Alter)
	Unterschrift Stationsleitung:
	3. Inspektion im Stand / Adam's Test / Skoliometerwert / FBA
	Unterschrift Stationsleitung:
	4. Beweglichkeit WS / Inspektion Sitz (Alltagshaltung, aufrechte Haltung)
	Unterschrift Stationsleitung:
	5. Hampelmann
	Unterschrift Stationsleitung:
	6. Klavierspieler
	Unterschrift Stationsleitung:

## Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorgelegte Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet. Darüber hinaus bestätige ich, dass die vorgelegte Arbeit nicht an einer anderen Hochschule als Seminar-, Projekt- oder Abschlussarbeit oder als Teil solcher Arbeit eingereicht wurde.

Ich bin mir bewusst, dass Plagiate an der Medizinischen Fakultät der Universität Basel als unlauteres Prüfungsverhalten gewertet werden und kenne die Konsequenzen eines solchen Handelns.

Datum: 21.6.2021

Unterschrift: Daniela Roth