

Therapeutisches Klettern nach dem Potsdamer Modell bei Jugendlichen mit Skoliose

- ein Trainingskonzept mit Übungskatalog und Vorbereitung
einer randomisierten kontrollierten Studie

Master-Thesis

zur Erlangung des Grades „Master of Science (M.Sc.)
Integrative Sport-, Bewegungs- und Gesundheitswissenschaften“

an der

Humanwissenschaftliche Fakultät

Department für Sport- und Gesundheitswissenschaften

Universität Potsdam

von: Silas Dech

1. Gutachter: Dr. René Kittel
Professur für Trainings- & Bewegungswissenschaft

2. Gutachter: Prof. Dr. Frank Bittmann
Professur für Regulative Physiologie & Prävention

Potsdam, 20.06.2019

Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist dieses Werk unter einem Creative-Commons-Lizenzvertrag Namensnennung, nicht kommerziell, Weitergabe zu gleichen Bedingungen, 4.0 International lizenziert.

Dies gilt nicht für Zitate und Werke, die aufgrund einer anderen Erlaubnis genutzt werden. Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de>

Online veröffentlicht auf dem
Publikationsserver der Universität Potsdam:
<https://doi.org/10.25932/publishup-53207>
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-532072>

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Zusammenfassung	8
I. Einleitung	9
II. Theoretischer Teil.....	11
1 Vorbetrachtungen zur Skoliose	11
1.1 Ätiologische Ansätze	12
1.2 Diagnostik	14
1.3 Pathobiomechanische Betrachtungen	15
1.3.1 Die dreidimensionale Veränderung der Wirbelsäule	15
1.3.2 Auswirkungen der pathologischen Wirbelsäulenform	16
1.4 Rolle der Muskulatur bei skoliotisch veränderten Wirbelsäulen	17
1.4.1 Die funktionelle Störung der Muskulatur.....	17
1.4.2 Ableitungen für die Therapie	19
1.5 Spezielle Anatomie und Biomechanik derotierender Muskeln.....	21
1.5.1 Musculus Trapezius	22
1.5.2 Musculi Rhomboidei.....	25
1.5.3 Musculus Latissimus Dorsi.....	27
1.5.4 Musculus Quadratus Lumborum	29
1.5.5 Musculus Obliquus Externus Abdominis	31
1.5.6 Musculus Obliquus Internus Abdominis	33

1.5.7 Musculus Longissimus	36
1.6 Therapieverfahren	38
1.6.1 Bewegungstherapie	39
1.6.2 Evidenzbasierung der Schroth-Methode	40
1.7 Kurzzusammenfassung der theoretischen Vorbetrachtungen	41
2 Trainingskonzept – Therapeutisches Klettern nach dem Potsdamer Modell bei Jugendlichen mit Skoliose	42
2.1 Ziele	43
2.2 Leitsätze und deren Umsetzung	44
2.3 Das Potsdamer Modell	46
2.3.1 Übungsgestaltung	47
2.3.2 Belastungssteuerung	50
2.4 Individualisierung	51
2.5 Allgemeine Voraussetzungen	52
2.6 Kletterspezifische Voraussetzungen	53
2.7 Griffe und Tritte bei einer Klettertherapie	53
III. Praktischer Teil	56
3 Therapieübungen	56
4 Erprobung	57
IV. Vorbereitung einer randomisierten kontrollierten Studie (Kapitel entfernt)	58
Literaturverzeichnis	69
Eidesstattliche Erklärung	VIII
Anhangsverzeichnis	A0

A1 Übungskatalog	A1-1
A1.1 Abkürzungsverzeichnis des Übungskatalogs	A1-2
A1.2 Begriffserklärung des Übungskatalogs.....	A1-3
A1.3 Zeichenerklärung des Übungskatalogs	A1-5
A1.4 Zum Gebrauch der Übungen	A1-6
A1.5 Erklärungstabelle Übungskatalog	A1-9
A1.6 Erklärungen zur Bildbetrachtung.....	A1-10
A1.7 Skoliosespezifischer Übungskatalog.....	A1-11

Abkürzungsverzeichnis

AF	Adaptive Kraft (Adaptive Force)
ATR	Angle of Trunk Rotation
BVfG e.V.	Brandenburgischer Verein für Gesundheitsförderung e.V.
BVO	Berufsverband der Ärzte für Orthopädie
DGOOC	Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
F_R	Rotationskraftvektor
F_T	Translationskraftvektor
KG	Krankengymnastik
KSP	Körperschwerpunkt
PM	Potsdamer Modell
PSSE	physiotherapeutische skoliosespezifische Übungen (Physiotherapeutic Scoliosis Specific Exercises)
QOL	Quality of Life
RCT	randomisiert kontrollierte Studie (randomized controlled trial)
SOSORT	International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment

Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. trapezius	23
Tab. 2 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen der Mm. rhomboidei	25
Tab. 3 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. latissimus dorsi ..	28
Tab. 4 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. quadratus lumborum	29
Tab. 5 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. obliquus externus abdominis	32
Tab. 6 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. obliquus internus abdominis	34
Tab. 7 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. longissimus	37
Tab. 8 Zusammenhang zwischen Kraftdimension und max. Haltezeit	50

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1 Bestimmung des Cobb-Winkels	14
Abb. 2 a) Faserverlauf M. trapezius b) dessen Rotationskraftvektor (F_R) an einem Brustwirbel mit Rippenkorb bei einer linkskonvexen, kontralateral verdrehten Brustwirbelsäule	22
Abb. 3 a) Faserverlauf Mm. rhomboidei b) deren Rotationskraftvektor (F_R) an einem Brustwirbel mit Rippenkorb bei einer rechtskonvexen, kontralateral verdrehten Brustwirbelsäule	25
Abb. 4 a) Faserverlauf M. latissimus dorsi b) dessen Rotationskraftvektor (F_R) an einem Lendenwirbel bei einer linkskonvexen, kontralateral verdrehten Lendenwirbelsäule	27
Abb. 5 a) Faserverlauf M. quadratus lumborum b) dessen Rotations- (F_R) und Translationskraftvektor (F_T) an einem Lendenwirbel bei einer rechtskonvexen, kontralateral verdrehten Lendenwirbelsäule	29
Abb. 6 a) Faserverlauf M. obliquus externus abdominis b) dessen Rotations- (F_R) und Translationskraftvektor am Rippenkorb mit Brustwirbel bei einer linkskonvexen, kontralateral verdrehten Brustwirbelsäule	31
Abb. 7 a) Faserverlauf M. obliquus internus abdominis vom pars iliaca und inguinalis b) vom pars lumbalis c) dessen Rotations- (F_R) und Translationskraftvektor (F_T) vom pars lumbalis an einem Lendenwirbel bei einer rechtskonvexen, kontralateral verdrehten Lendenwirbelsäule	33
Abb. 8 a) Faserverlauf M. longissimus b) dessen Rotations- (F_R) bzw. Translationskraftvektor (F_T) vom pars thoracis an einem Lendenwirbelkörper bei einer linkskonvexen verdrehten Lendenwirbelsäule	36
Abb. 9 a) Entspannungsviereck b) Belastungsdreieck	48
Abb. 10 Phaseneinteilung einer Kletterbewegung nach dem Potsdamer Modell	49
Abb. 11 Schraubmuster mit Ausgangs- bzw. Endvierecken und Belastungsdreiecken einer gleichartigen Bewegungssequenz	49
Abb. 12 a) Henkel Obergriff b) Henkel Seitgriff c) Henkel Untergriff d) Henkel Schultergriff 54	
Abb. 13 a) großer Tritt und b) kleiner Tritt mit neutralem Neigungswinkel	54
Abb. 14 a) Toe Hook und b) Heel Hook	55

Zusammenfassung

Bisher ist die Ursache für die Entstehung der meisten Skoliosen noch ungeklärt und damit eine kausale Behandlung der Betroffenen unmöglich. Die vorliegende Arbeit geht davon aus, dass der Auslöser für die sogenannte idiopathische Skoliose eine funktionelle Störung von Muskeln ist, die sich in einer verminderten relativen Haltekraft äußert. Durch gezielte willkürliche Muskelanspannungen könnte es möglich sein, kompensatorisch auf die Deformität einzuwirken, um damit ein Fortschreiten zu verhindern bzw. sogar eine Regression hervorzurufen. Insbesondere Patientengruppen mit einem hohen Progressionsrisiko, wie Jugendliche im Wachstumsalter, könnten davon profitieren. Ein Muskeltraining kann mit unterschiedlichsten Hilfsmitteln und Methoden erfolgen. Eine Möglichkeit bietet auch das Klettern. Im Kern wird daher ein Trainingskonzept zum Therapeutischen Klettern bei Jugendlichen mit Skoliose vorgestellt. Dabei beruft sich der Autor auf das Potsdamer Modell. Dieses Modell erlaubt es, gezielte Kraftübungen systematisiert an der Kletterwand in Absprunghöhe umzusetzen. Materielle Sicherungsmaßnahmen sind dadurch nicht erforderlich und eventuell notwendige Korrekturen bzw. Hilfestellungen können direkt erfolgen. Hauptinhalt eines Trainings nach dem vorgestellten Konzept sind spielerische Bewegungserfahrung innerhalb der Sportart Klettern und ein Systembouldertraining.

In einem beigefügten Übungskatalog werden für letzteres Möglichkeiten der praktischen Umsetzungen gegeben. Die Übungen fokussieren sich auf die Aktivierung und das Training wirbelkörperderotierender Muskeln. Im Hauptteil einer Trainingseinheit können sie dann in Kombination mit der Korrektur der Seitverbiegung und des sagittalen Profils (3D Autokorrektur) unter Aufsicht eines geschulten Therapeuten durchgeführt werden. Die Arbeit erhebt den Anspruch, einem Leser¹ vom Fach, die Auswahl der Übungen und die darin enthaltene individuelle Anpassung an den Patienten aus funktionell-anatomischer Sicht zu begründen.

In naher Zukunft wird das Konzept in einer randomisiert kontrollierten Studie untersucht. Alle notwendigen Vorbereitungen wurden im Rahmen dieser Arbeit getroffen.

¹ In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Dabei sind aber immer alle Geschlechteridentitäten ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

I. Einleitung

Klettern ist nicht mehr nur Extremsportlern vorbehalten. In den letzten zwei Jahrzehnten fand eine zunehmende Ausrichtung auf den Breitensport in allen Altersklassen statt [1]. Begleitend wird diese Bewegungsform auch zur Behandlung von Patienten mit verschiedensten Erkrankungen [2-16] und Verletzungen [17,18] eingesetzt. Dies ist aufgrund der positiv zugesprochenen Einflussmöglichkeiten des Kletterns auf physische und psychische Parameter nachvollziehbar [1,19]. Jedoch ist die Wirksamkeit dieser Therapieform bisher nicht ausreichend bewiesen [20-22]. Trotzdem liefern die bisherigen Untersuchungen Anreize für weitergehende Forschung und einer möglichen evidenzbasierten Etablierung im Behandlungsspektrum.

Im Bereich der orthopädischen Rehabilitation wird Klettern vermehrt als bewegungstherapeutische Maßnahme, insbesondere wegen der potentiellen Einflussnahme auf Haltungsschwächen und Instabilitäten, angewendet [1,23]. Patienten mit Wirbelsäulenbeschwerden scheinen damit ähnliche Kraft- und Beweglichkeitsverbesserungen zu erreichen, wie durch eine herkömmlichen Bewegungstherapie [2,3]. Auch gesunde Kinder und Jugendliche [24] sowie Erwachsenen mit hauptsächlich sitzenden Tätigkeiten [25] erzielen durch eine Kletterintervention Verbesserungen in diesen Leistungsbereichen.

Im Gegensatz zur herkömmlichen Krankengymnastik, liegt das große Potential v.a. in dem hohen Aufforderungscharakter einer Kletterwand, der mit einer gesteigerten Motivation zum inhärenten sportlichen Training einhergehen kann [19]. Dies könnte u.a. für die meist langwierige Behandlung von Patienten mit Skoliose von Bedeutung sein.

Das Deutsche Skoliosenetzwerk gibt auf ihrer Homepage das Therapeutische Klettern als eine mögliche Therapieform an [26]. Auf einem Poster bei einem deutschen Sportärztekongress (2007) wurde von einer Pilotstudie mit Jugendlichen Skoliotikern berichtet [27]. Laut der Zusammenfassung war es durch die Kletterintervention möglich, die Rückenmuskulatur und -beweglichkeit signifikant zu verbessern.

Therapeutisches Klettern ist jedoch keine geschützte Bezeichnung einer eindeutigen Behandlungsmethode. Klar ist nur, dass auf irgendeine Art und Weise geklettert wird. Bei den oben erwähnten Studien über die Effekte einer Kletterintervention, kletterten die Teilnehmer im Hauptteil der Einheit entweder vertikale Routen mit unterschiedlicher Schwierigkeit [2,24,25] oder horizontale Traversen (Queren bzw. Traversieren einer Kletterwand in geringer Höhe) mit unterschiedlichen Aufgaben [3]. Genaue Angaben zur Übungsgestaltung und Belastungssteuerung sind im Rahmen eines solchen Trainings, abgesehen von den Normativen einer bewältigten Kletterpassage (Route), nur bedingt möglich. Die Schwierigkeit einer Route kann dabei nur subjektiv von erfahrenen Kletterern bewertet werden. Für eine Übersicht der üblichen Graduierungen sei auf Giles et al. [28] verwiesen.

Bei dem Krankheitsbild der Skoliose sind spezifische Übungen, dem allgemeinen Kräftigungstraining, wie es beim Routenklettern oder Traversieren der Fall ist, vorzuziehen [29]. In der bereits erwähnten Pilotstudie von Heitkamp et al., konnte durch das allgemeine Klettertraining nur teilweise die erhoffte, vermehrte Kräftigung der konvexseitigen Muskulatur erreicht werden [27]. Da bei diesem Kletterprogramm keine Rücksicht auf die Form der Wirbelsäule gelegt worden ist, scheint ein spezifisches Klettertraining, das auf die Korrektur der individuellen Deformität abzielt, sinnvoll zu sein.

Daher ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, ein klettertherapeutisches Trainingskonzept mit gezielten Therapieübungen bei jugendlichen Patienten mit idiopathischer Skoliose zu entwickeln. Das Konzept basiert auf einem Systembouldertraining nach dem Potsdamer Modell (PM) [30-33], welches auf die individuelle Wirbelsäulenform des Patienten ausgerichtet wird. Die präsentierten Therapieübungen sollen dabei das Konzept praxistauglich und im Rahmen von zukünftig, genau definierbaren Trainingsprotokollen wissenschaftlich überprüfbar machen.

Die Arbeit ist demnach konzeptionell ausgerichtet und beinhaltet keine empirische Datenerhebung. Dazu erfolgt im theoretischen Teil die Herleitung zur Begründung der im praktischen Teil folgenden skoliosespezifischen Therapieübungen. Der theoretische Teil soll grundlegend einen Einstieg zur Skoliose mit Betrachtungen zur Ätiologie, Diagnostik und Pathobiomechanik liefern. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Rolle der Muskulatur gelegt, mit einer Hypothese für den Auslöser einer Skoliose. Die anschließenden funktionell-anatomischen Betrachtungen relevanter Muskeln dienen zur Ableitung der im Praxisteil präsentierten Übungen.

Bevor die Vorstellung des Trainingskonzepts erfolgt, erwartet dem Leser noch ein Überblick zu den üblichen bewegungstherapeutischen Therapieverfahren.

Der praktische Teil enthält, auf Grundlage der theoretischen Vorbetrachtungen, detaillierte Kletterübungen für ein gezieltes Muskeltraining mit Hinweisen zur Individualisierung und Schwierigkeitsdifferenzierung. Der Übungskatalog soll als erstes Skript für eine skoliosespezifische Erweiterung des Buches „Therapeutisches Klettern - Das Praxisbuch“ [30] fungieren.

Abschließend werden die gesamten Vorbereitungen für die Durchführung einer randomisierten kontrollierten Studie dargelegt, welche die Wirksamkeit des Konzepts im Vergleich zur gewöhnlichen Versorgung untersuchen wird.

II. Theoretischer Teil

1 Vorbetrachtungen zur Skoliose

Die Skoliose ist eine komplexe dreidimensionale Deformität der Wirbelsäule und des Rumpfes [34]. Hepp & Debrunner [35] beschreiben sie als eine strukturell fixierte Seitverbiegung der Wirbelsäule in der Frontalebene mit Verdrehung (Rotation) der Wirbel um die Längsachse. Die folgenden Absätze sind ihren Beschreibungen entnommen.

Die Rotation ist im Scheitelpunkt der seitlichen Krümmung am größten und am Übergang zur potentiellen Gegenkrümmung (Ausgleichsbogen oder Sekundärbogen) ausgeglichen. Aufgrund der Rotation kommt es im Bereich des Thorax zu einer Verdrehung und Verformung der Rippen (Rippenberg²) und im Lendenbereich zu einer Verdrehung der Querfortsätze, wodurch die Rückenstreckmuskulatur nach dorsal gedrückt wird (Lendenwulst). Rippenberg und Lendenwulst sind typischerweise jeweils auf der Konvexität einer Krümmung zu finden [35].

Zusätzlich findet eine Verwindung (Torsion) der Wirbelkörper in sich selbst statt. Wachstumsbedingt kann es somit zu einer Deformität des einzelnen Wirbelkörpers kommen. Besonders der Scheitelwirbel (apikaler Wirbel) ist davon betroffen [35].

Die meisten skoliotischen Veränderungen der Wirbelsäule sind mit einer Lordose kombiniert (Sagittalebene). In Fällen einer gleichzeitig auftretenden Kyphose, spricht man von der Kyphoskoliose. Außerdem können in der Frontalebene betrachtet, ein- und mehrbogige Skoliosen unterschieden werden [35].

Die Ursache für eine Skoliose ist weitestgehend unklar. Sogenannte idiopathische Skoliosen machen ca. 80 bis 90 % aller Fälle aus. Die restlichen Skoliosen treten in Folge von statischen Beinlängendifferenzen (statisch), Wirbelfehlbildungen (kongenital), Nerven- oder Muskelerkrankungen (neuropathisch oder myopathisch), Unfällen (traumatisch) oder ärztlichen Behandlungsmaßnahmen (iatrogen) auf [35].

Zur weiteren Klassifizierung kann eine Einteilung nach dem Zeitpunkt des Auftretens erfolgen. Dadurch ergeben sich Säuglingsskoliosen (1. Lebensjahr), infantile (2. – 6 Lebensjahr); juvenile (7 – 11 Lebensjahr) und adoleszente (12 – 18 Lebensjahr) Skoliosen. Letztere treten dabei am häufigsten auf (bis zu 90 % aller Skoliosen) [35].

Die Prävalenz der adoleszenten idiopathischen Skoliose (AIS) beträgt 0.47 – 5.2 % [36]. Weibliche Jugendliche sind häufiger betroffen, wobei das Verhältnis zwischen Mädchen und Jungen mit dem Schweregrad zunimmt (1,4:1 bei leichten (Cobb-Winkel: 10° – 20°) und bis zu 7,2:1 bei mittel bis schweren Skoliosen (Cobb-Winkel: > 40°) [36]. Damit könnte das weibliche Geschlecht als Risikofaktor angesehen werden.

² Auf die herkömmliche, negativ behaftete Bezeichnung „Rippenbuckel“ wird verzichtet

Weitere Abnormalitäten, die in Zusammenhang mit einer AIS stehen könnten, werden in der Literatur diskutiert sowie in Beziehung gesetzt. Die sind z.B. generalisierte Hypermobilität bzw. Gelenkslaxität, verzögerte Reifung, asymmetrische Belastungen der WS, wachstumsbedingte Faktoren (relative Größe, Wachstumsspurt als Risikofaktor für eine Progression), ein geringer Body-Mass-Index und geringe Leptinwerte und auch genetische Faktoren [34, 37].

Das Progressionsrisiko liegt zu Beginn der Pubertät bei 20 % für 10°-Skoliosen, erhöht sich auf 60 % bei 20° und 90 % bei 30°. Dabei sinkt es bis zum Abschluss des Wachstums, immer weiter [29].

1.1 Ätiologische Ansätze

Wie schon die Definition der idiopathischen Skoliose deutlich macht, ist die Ursache für ihre Entstehung nicht bekannt [38, 39]. In der Literatur werden, u.a. aus den zuvor erwähnten Abnormalitäten, verschiedene hypothetische Ursachen für die Abweichungen der Wirbelsäule von der Norm beschrieben.

Eine Übersichtsarbeit kategorisiert biomechanische, neurologische und evolutionäre (Aufrichtung vom Vier- zum Zweibeiner) Theorien [34]. Nachfolgend wird eine Auswahl aus den ersten beiden Kategorien vorgestellt.

Eine zu den neurologischen Theorien gehörende Auffälligkeit bezieht sich auf das disproportionale Wachstum zwischen dem skelettalen und neuralen System. Porter (2001) stützt, mit Hilfe eines künstlichen Modells, anatomischen Untersuchungen und klinischen Beobachtungen, die Hypothese eines wachstumsbedingt verkürzten Rückenmarks relativ zur Wirbelsäule (theory of uncoupled neuro-osseous growth) [40]. Zum Schutz des Nervensystems kommt es ihm zufolge, je nach Ausmaß der Verkürzung, zu einer Lordosierung, Seitabweichung und Rotation. Nach Lehnert-Schroth und Göbel wäre dann eine Neuromobilisation als Therapie sinnvoll [41]. Porter ist sich jedoch bewusst, dass diese Hypothese fortschreitende oder neuauftretende Skoliosen nach Abschluss des Wachstums nicht erklären kann [40].

Chu et al. untersuchten dieses Konzept mittels MRT-Aufnahmen bei schweren Skoliosen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe und führten die relative Verkürzung des Rückenmarks auf die ermittelte Verlängerung der anterioren Anteile der WS zurück, da sie keinen Unterschied in der Länge des Rückenmarks finden konnten [42, 43]. Dieser Ansatz wird daher den biomechanischen Theorien zugeordnet [34].

Eine Verkürzung bzw. erhöhte Spannung könnte jedoch auch andere Strukturen, wie z.B. das Ligamentum longitudinale posterius oder das filum terminale betreffen, was eine kompensatorische Veränderung der WS nach sich ziehen würde [40]. Eine exzessive Spannung wird als „Tethered cord syndrome“ beschrieben [44]. Bei dieser Diagnose ist die Skoliose aber nicht mehr als idiopathisch zu bezeichnen.

Biomechanisch betrachtet, könnten auch dorsale Scherkräfte eine Rolle spielen [45]. Kouwenhoven et al. [46] untersuchten dazu in vitro menschliche Wirbelsäulen und beschreiben eine verringerte Rotationsstabilität bei der Applikation dorsal gerichteter Scherkräfte. Diese Scherkräfte könnten also folglich eine Deformation hervorrufen.

Gegensätzliche Meinungen gibt es bei möglichen Veränderungen im zentralen Nervensystem [47-49]. Liegt eine subklinische sensomotorische Dysfunktion vor [50], würde eine Gleichgewichts- und Körperwahrnehmungsschulung sinnvoll sein. Lehnert-Schroth und Göbel sehen auch unabhängig von der kontroversen Literatur, die Notwendigkeit zur Optimierung der sensomotorischen Funktion bei Skoliosepatienten [41].

Einen weiteren Aspekt beschreibt von Piekartz [51]. Asymmetrien der Kopfgelenke bzw. Halswirbelsäule (KISS-Syndrom) bei Neugeborenen könnten mitunter Auswirkungen auf die gesamte Wirbelsäule im weiteren Lebensverlauf haben. In einem Fallbeispiel wird beschrieben, wie durch Mobilisationsbehandlungen an der kraniozervikalen Region und anschließendem propriozeptiven Training die kraniofasziale Dysfunktion und Thoraxskoliose bei einem 13-jährigen Jungen innerhalb von 8 Wochen deutlich verbessert werden konnte [52]. In einer Übersicht führt von Piekartz außerdem die Skoliose als ein klinisch, mit am häufigsten vorkommendes, Symptom einer kranio-mandibulären Dysfunktion auf [53].

Auch Faszien könnten eine Rolle spielen. Lehnert-Schroth und Göbel [41] führen dazu hypothetische Aspekte aus der Literatur in einem gesonderten Unterkapitel auf und beziehen sich dabei auf Arbeiten von Barrall (2002), Barrall & Mercier (2002), Preuße & Giebel, 2009 und Hodges et al. (1997). Nach ihrer Recherche gibt es Faszienzüge von inneren Organen, die sich über den gesamten Rumpf strecken. Daher kann eine pathologische Spannung, z.B. ausgehend von einer Motilitäts-einschränkung eines inneren Organs, über das Faszien-system stellungsverändernde Spannungen an der Wirbelsäule bewirken. Aber auch Einschränkungen der Mobilität, die üblicherweise über faszi-ale Verbindungen zum Zwerchfell ermöglicht wird, könnte einen indirekten Einfluss haben. Da die Crura diaphragmatica mit der pars lumbalis in Verbindung steht, hat das Zwerchfell wiederum einen Einfluss auf die Haltung und Bewegung der Lendenwirbelsäule. Ausgehend von diesen hypotheti-schen Überlegungen ist also bei einer Organfunktionsstörung mit Änderungen der viszeralen Motili-tät, Mobilität und/oder Position, eine statikverändernde Fernwirkung über das Faszien-system auf die Wirbelsäule möglich.

Des Weiteren listen die Autoren weitere, von Fossum (2003) beschriebene Auslöser für asymmetri-sche Faszienzüge auf. Diese sind, fehlerhafte Muskelaktivität, Haltungsänderungen bzw. haltungs-bedingte und muskuloskelettale Stressmuster (z.B. durch asymmetrische Tätigkeiten oder Ruhepo-sitionen in Kombination mit Bewegungsarmut), plötzliche oder graduell veränderte vertebrale Me-chanismen (somatische Dysfunktion), emotionale Sorgen, Narben und Verklebungen (nach OP, In-fektionen etc.).

Die dargelegte Auswahl an potentiellen Kausalitäten gibt den Anschein, dass es nicht die eine Ursache für die Verformung der Wirbelsäule geben kann, sondern jene wahrscheinlich individuell verschieden ist. Auch Kouwenhofen & Castelein [48] kommen in ihrem Review zu den Ursachen der idiopathischen adoleszenten Skoliose zu dem Schluss, dass diese multifaktoriell bedingt ist. Kausale Beziehungen sind, bei einem solch komplex vernetzten System, nur schwer abzuleiten. Für eine zielführende Therapie ist jedoch die Erkennung und Beseitigung der Ursache beim individuellen Einzelfall unerlässlich. Alle anderen Therapieformen können lediglich die Symptomatik behandeln.

1.2 Diagnostik

Die folgenden Ausführungen zur Diagnostik beziehen sich in Anlehnung an Hepp & Debrunner (2004) [35] auf die Erkennung einer Skoliose und nicht des Auslösers ihrer Entstehung.

Bei der körperlichen Untersuchung wird der Verlauf der Dornfortsatzlinie bis zur Rima Ani betrachtet. Bei dekompenzierten Skoliosen kommt es zu einem Körperüberhang und das Körperlot fällt neben die Analfalte. Außerdem werden die Schulterhöhen und Stellung der Schulterblätter begutachtet sowie das Rückenprofil bestimmt. Die Beweglichkeit bzw. Fixation einzelner Wirbelkörperabschnitte wird mit dem Auge und den aufgelegten Fingerspitzen sowohl in sagittaler als auch in frontaler Richtung geprüft. Die Seitneigung zur konvexen Seite sei immer geringer als zur konkaven [35].

Beim Vorneigetest [54] kann ein Rippenberg bzw. Lendenwulst, am besten mit Blick von kranial nach kaudal, ersichtlich werden. Der Rotationsindex ist mittels Skoliometer nach Bunnell [55] bestimmbar. Auch das Taillendreieck und die Beckenform sind zu beurteilen [35]. Eine Überprüfung der Atemfunktion (Thoraxumfang während In- und Expiration), Vitalkapazität, Atemzeitvolumen, funktionelle Residualkapazität usw.) kann bei schweren Fällen vorgenommen werden [35]. Weitere Untersuchungen liefern Hinweise für ursächliche Erkrankungen. Dabei kann u.a. der neurologische Status erhoben (Polioerestfolgen) und die Haut untersucht (Cutis laxa, Flecken, Tumore, Behaarung Dornfortsätze (Spina bifida occulta)) werden.

Standardmäßig folgt nach einer körperlichen Untersuchung mit Hinweisen auf eine Skoliose die Röntgenuntersuchung, um möglicherweise für eine feste Diagnose zu stellen [35].

Das Ausmaß der einzelnen Bögen wird hauptsächlich nach der Methode von Lippmann-Cobb bestimmt (Cobb-Winkel). Auf dem Röntgenbild sind bei anterior-posteriorem Strahlengang die Neutralwirbel des Bogens aufzusuchen. Neutralwirbel sind die am wenigsten rotierten Wirbel in der Längsachse, Grund und Deckplatte des Wirbels stehen parallel. Es wird eine Tangente an die Deckplatte des oberen Neutralwirbels und an

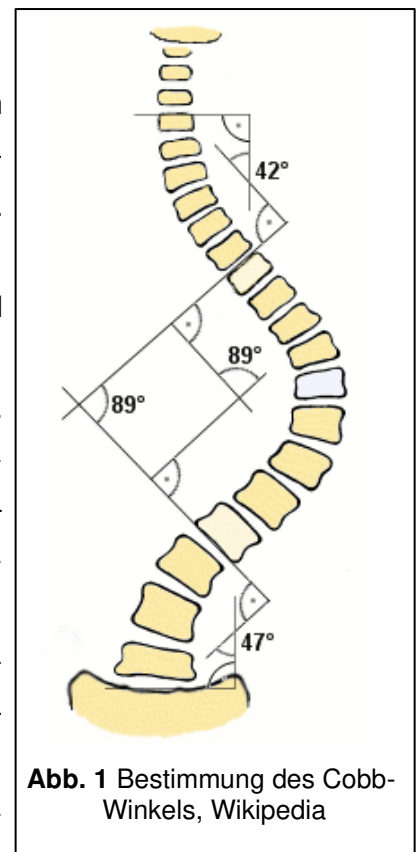


Abb. 1 Bestimmung des Cobb-Winkels, Wikipedia

die Grundplatte des unteren gezeichnet. Der Skoliosewinkel ist der Schnittwinkel dieser Beiden Tangenten. Da bei leichten Krümmungen dieser Winkel sehr weit außerhalb liegen könnte, kann auch an beide Tangenten ein senkrechtes Lot gefällt werden, woraus ein Schnittwinkel dieser Lote entsteht. Der Skoliosewinkel ist dann der Komplementärwinkel zu dem Schnittwinkel der Lotgeraden [35]. Abbildung 1 veranschaulicht beide Varianten zur Bestimmung des Cobb-Winkels.

Die Schweregradeinteilung nach Cobb gliedert sich in leichte Skoliosen bis 20°, mittelschwere bis 50°, schwere bis 90° und sehr schwere über 90° [35].

Röntgenaufnahmen in der Transversalebene sind nicht möglich um das Ausmaß der Wirbelkörperrotation bestimmen [56]. Daher kann die Methode von Nash & Moe angewendet werden [57].

Der Cobb-Winkel korreliert mit dem axialen Rotationsgrad der Wirbelkörper ($r = 0,71$) [58]. Das bedeutet, je größer die Seitverbiegung ist, desto größer ist auch die Verdrehung, bzw. je größer die Verdrehung ist, desto größer ist auch die Seitverbiegung. Daher sollte eine Behandlung immer auf die Korrektur der Seitabweichung und der Derotation abzielen.

1.3 Pathobiomechanische Betrachtungen

Die klinischen und radiologischen Befunde einer Skoliose sind bereits benannt worden. Im Folgenden sollen dazu nun die pathobiomechanischen Hintergründe näher beleuchten.

1.3.1 Die dreidimensionale Veränderung der Wirbelsäule

Aus physiologischer Sicht entsteht eine kompensatorische Seitbiegung der Wirbelsäule immer, wenn die Basis, also tiefergelegene Wirbelkörper bzw. das Sakrum schief stehen. Dies ist z.B. beim Gehen der Fall, sobald sich eine Beckenhälfte anhebt. Lewit beschreibt dies als Skoliosierung [59]. Eine pathologische Skoliose beschreibt er dagegen als unverhältnismäßige Verbiegung zur Schräglage.

Einer Seitbiegung der Wirbelsäule folgt, ebenfalls physiologisch, eine Rotation der Wirbelkörper [59]. In der Literatur wird dies als eine assoziierte Bewegung (coupled motion) bezeichnet [60]. Kapandji [56] erklärt dies aufgrund zweier Mechanismen. Erstens, weil die konkavseitige Kompression die keilförmige Bandscheibe zur konvexen Seite abweichen lässt und zweitens in diesem Zusammenhang die entstehende Straffung der Bänder (Ligg. intertransversarii) auf der konvexen Seite durch eine einhergehende Drehung verringert wird. Die Distanz zwischen den Befestigungspunkten wird demnach unter Rotation kürzer [56].

Die Drehrichtung der Wirbelkörper kann jedoch nicht für alle Wirbelsäulenabschnitte vollständig vorhergesagt werden. In einer Übersicht stellen Klein und Sommer diesen Sachverhalt dar [60]. Im Abschnitt Okziput, Atlas und Axis sei die Drehrichtung kontralateral zur Seitbiegung. Exemplarisch am Dornfortsatz des Axis bedeutet dies, dass er, von dorsal betrachtet, zur konkaven Seite dreht. Der konkavseitige Querfortsatz bewegt sich nach ventral und der konvexseitige nach dorsal.

Vom zweiten Halswirbel bis ca. vierten Brustwirbel sei die Drehrichtung genau umgekehrt (homolateral). Ab diesen Wirbel ist die Drehrichtung der Wirbel nach kaudal bis zum Sakrum unterschiedlich und nicht reproduzierbar. Die Autoren erklären sich dies aufgrund methodischer Unterschiede in den Untersuchungen, insbesondere bezogen auf die Positionierung des Probanden und bestehender interindividueller und intersegmentaler Unterschiede.

Diese bestehen auch in den unterschiedlichen Ausgangsstellungen der betreffenden Wirbelkörper in der Sagittalebene (Extension bzw. Flexion), was als zusätzliche Komponente auch eine Rolle spielen könnte. Lovett beschreibt beispielsweise eine verstärkte Rotation der lumbalen Wirbelkörper bei einer verstärkten Lordose (Lovett'sche Regel) [61]. Das sagittale Profil scheint somit auch bei Skoliosen eine Bedeutung zu haben [29].

Die unterschiedliche Ausgangsstellung der Wirbelkörper könnte auch erklären, warum der positive Zusammenhang vom Ausmaß der Rotation und Lateralflexion nicht linear ist.

Da noch kein vollständiges Verständnis des komplexen dreidimensionalen Verhaltens der Wirbelsäule vorliegt [60], ist der pathologische Befund erst recht schwierig zu erklären.

Die physiologische Rotation bei einer Seitbiegung der Wirbelsäule wird bei der Skoliose pathologisch, weil ein oder mehrere Wirbelsäulenabschnitte in dieser Stellung verharren. Bei Skoliose ist die häufigste Drehrichtung in der Brust- und Lendenwirbelsäule kontralateral zur Seitbiegung [60]. Bei den Brustwirbeln sind die Querfortsätze über ein Rippenwirbelgelenk und mit einem Band mit den Rippen verbunden (Art. und Lig. costotransversaria). Aufgrund der vornehmlichen Rotationsstellung der Querfortsätze nach dorsal, entsteht auf der konvexen Seite der dorsale Rippenberg. Dagegen bildet sich der ventrale Rippenberg aufgrund der Rotationsstellung der Querfortsätze auf der konkaven Seite nach ventral aus. Bei der Lendenwirbelsäule entsteht im klinischen Bild durch die Rotationsstellung der großen Querfortsätze in vergleichbarer Weise ein Lendenwulst auf der konvexen Seite.

Ausnahmen gibt es, wie bei der physiologischen Rotationsrichtung, auch beim pathologischen Zustand. Lehnert-Schroth und Göbel beschreiben solche als atypischen Skoliosen, die entweder keine Rotationsstellung, oder eine in genau anderer Richtung (homolateral) aufweisen [41]. Dementsprechend entsteht ein dorsaler Rippenberg auf der konkaven Seite und ein ventraler Rippenberg auf der konvexen Seite. Daher sollte der klinische Befund immer mit dem röntgenologischen abgeglichen werden. Atypische Formen treten zumeist nur bei sehr leichten Schweregraden auf [41].

1.3.2 Auswirkungen der pathologischen Wirbelsäulenform

Problematisch ist die pathologische Form der Wirbelsäule v.a. im Wachstumsalter, da sich diese durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse verschlimmern kann [62]. Das erklärt sich über das Hueter-Volkman-Gesetz [63]. Die Seitverbiegung übt auf der konkaven Seite einen vermehrten Druck auf die Epiphysenfuge aus, was zu einer Wachstumsverzögerung führen kann. Dagegen ist auf der konvexen Seite das Wachstum normal bzw. durch den verminderten Druck beschleunigt.

Durch die Kombination aus Seitverbiegung und Rotation kann es durch die asymmetrisch wirkenden Kräfte zur der bereits erwähnten Verwringung (Deformität der einzelnen Wirbel) kommen [64].

Weicht ein Körperabschnitt von einer physiologischen Form ab, wie es bei der Skoliose der Fall ist, dann kommt es zu weiteren funktionellen Kompensationsabweichungen, um den gesamten Körper wieder auszubalancieren. Lehnert-Schroth und Göbel sprechen in diesem Zusammenhang vom skoliotischen Gleichgewicht und bezeichnen dies als statische Dekompensation [41]. Eine Skoliose gilt als „kompensiert“, wenn das Kopfrot durch die Wirbel C VII und L V und zur Basis zwischen die Fersen fällt, i.e. die Schwerpunkte des Kopfes, Schultergürtels und Beckens liegen untereinander [59]. Von einer „Dekompensation“ ist dementsprechend die Rede, wenn dies nicht mehr gegeben ist.

Eine dauerhafte Statikveränderung der Wirbelsäule führt wiederum zu morphologischen Veränderungen des umliegenden Gewebes mit dementsprechend weiteren negativen Folgen und der Manifestation in einem sekundären Teufelskreislauf [34]. Basierend auf dem Hueter-Volkmann-Gesetz behaupten nämlich Stokes et al. mit ihrer „vicious cycle hypothesis“, dass nach der Entstehung einer Skoliose, die biomechanischen Einflüsse der Fehllhaltung (Asymmetrische Belastung) überwiegen und somit, v.a. während Wachstumsschüben, die Progression erklärt werden kann [65].

Diesen Ausführungen zufolge, wäre es besonders im Wachstumsalter sinnvoll, so oft wie möglich eine Korrektur der Haltung vorzunehmen, um einem Fortschreiten entgegenzuwirken.

1.4 Rolle der Muskulatur bei skoliotisch veränderten Wirbelsäulen

Für Hepp und Debrunner [35] spielt die Muskulatur eine bedeutende Rolle bei der Entwicklung bzw. Progression einer Skoliose. Zwar ist sie bei einer normalen morphologischen Form der Wirbelsäule nur geringsten Belastungen ausgesetzt, jedoch erhöht sich diese bei jeglicher Formabweichung. Ohne weitere Erläuterungen, kommt es ihren Ausführungen zu Folge, bei einem „funktionellen Versagen der Muskulatur“ zu einer Verschlechterung der Rückenform mit Beginn eines Teufelskreises. Aufgrund der engen pathologischen Beziehungen, beeinflussen sich morphologische und funktionelle Störungen immer gegenseitig [35].

1.4.1 Die funktionelle Störung der Muskulatur

Basierend auf der Lehre von Prof. Bittmann, Leiter der Professur für Regulative Physiologie & Prävention der Universität Potsdam, wird als grundlegende Annahme dieser Arbeit, eine nicht-traumatisch-bedingte Fehlstellung von Knochen als Folge einer Funktionsstörung von Muskeln postuliert. Eine Störung bzw. der Ausfall einer Funktion kann durch eine Nervenschädigung oder dessen vollständigen Durchtrennung entstehen.

Fazan und Bettany-Saltikov [34] berichten in ihrer Übersichtsarbeit von verschiedenen Denervierungsstudien. U.a. induzierten Alexander und Season (1972) eine paralytische Skoliose bei Hasen

mittels der Durchtrennung der efferenten und teilweise auch der afferenten Bahnen [34]. Eine Paralyse ist bei idiopathischen Skoliosen jedoch ausgeschlossen.

Unabhängig von der Ursache, könnte sich eine Funktionsstörung von Muskeln auch in einer unzureichenden relativen Haltekraft äußern. Das bedeutet, der betreffende Muskel kann zwar willkürlich Kraft generieren (intakte Nervenleitbahnen), jedoch nicht seinen Belastungsanforderungen standhalten. Die Belastungsanforderungen entstehen durch einwirkende äußere Kräfte. Bezogen auf die Beibehaltung einer lotgerechten Wirbelsäulenform, müsste sich die Muskulatur adäquat an diese Kräfte anpassen können. Das bedeutet, die aufzubringende Kraft sollte zeitlich und größenmäßig genau mit der Kraftanforderung übereinstimmen, sodass es weder zu einer Unter- bzw. Überkorrektur kommt.

Die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, sich adäquat an extern auftretende Kräfte anzupassen, wird als Adaptive Kraft (AF) beschrieben und bildet womöglich die Haltefunktion eines Muskels ab [66, 67]. Aufgrund komplexerer neuronaler Kontrollstrategien ist eine haltende isometrische Muskelaktion vermutlich schwieriger durchzuführen, als eine drückende [68]. Eventuell könnte sie anfälliger gegenüber Störfaktoren sein. Hoff et al. diskutieren unter neurophysiologischen Gesichtspunkten, dass bei der AF spinale sowie supraspinale Strukturen teilhaben und die Nähe zu einer exzentrischen Muskelarbeitsweise [66], deren genauen Mechanismen bis heute unbekannt sind [69]. Bei dem relativ jungen Forschungsfeld zur AF gibt es jedoch einen weiteren Untersuchungsbedarf. Trotzdem ist damit ein vielversprechendes Erklärungsmodell für die Entstehung von Beschwerden bzw. Haltungsabweichungen gegeben.

Eine unzureichende AF muss nicht zwangsläufig im maximalen Bereich liegen. Auch bei submaximalen Kraftanforderungen sollte ein Muskel adäquat extern auftretenden Kräften entgegenwirken können (z.B. der Schwerkraft) [67]. Demzufolge könnte eine abweichende Stellung der Wirbelsäule entstehen, wenn die adaptive Antwort eines oder mehrerer Muskeln nicht mit der Belastungsanforderung zeitlich und/oder größenmäßig übereinstimmt. Diese Funktionsstörung wird nachfolgend als Dysreaktivität bezeichnet.

Den genannten Überlegungen zu Folge, ließe sich durch das Defizit in der Haltekraft eine Dysbalance oder Instabilität mit entsprechenden Konsequenzen für die Statik erklären. Eine Dysbalance entsteht demnach, wenn die Funktion muskulärer Gegenspieler nicht ausgeglichen ist. Diese Unausgeglichenheit wäre auf zwei Arten zurückzuführen. Entweder ist die adaptive Antwort eines Gegenspielers auf seine Belastungsanforderung zu hoch (hyperreaktiv) oder sie ist zu niedrig (hyporeaktiv). Daraufhin könnte sich eine asymmetrische Form der Wirbelsäule einstellen. Sind Agonist und Antagonist dagegen beide hyporeaktiv, würde eine Instabilität des Segments bzw. Gelenks vorliegen.

Wenn auch nicht derart bezeichnet, finden sich Überlegungen zur Haltefunktion eines Muskels auch bei anderen Autoren wieder. Janda [70], bzw. Kendall et al. [71] unterscheiden bei der Durchführung

von manuellen Muskeltests zwischen verschiedenen Kraftgraden. Dabei hat das erfolgreiche Standhalten gegen die durch den Untersucher applizierte Kraft, eine Bedeutung für die oberen Graduierungen und damit in der Beurteilung der vollständigen Intaktheit der Muskelfunktion.

In der Applied Kinesiology ist die Beurteilung der Haltefunktion von Muskeln das zentrale diagnostische Mittel zur Erkennung von Kausalzusammenhängen bei Beschwerden [72-74].

Bezogen auf die skoliotische Veränderung einer Wirbelsäule weisen Lehnert-Schroth und Göbel auf eine möglicherweise verminderte Tiefensensibilität bzw. verzögerte Reaktionsfähigkeit der tiefenstabilisierenden Muskulatur hin [41].

1.4.2 Ableitungen für die Therapie

Wie bereits erwähnt, ist der Muskel trotz der zuvor beschriebenen, speziellen Funktionsstörung in der Lage, willkürlich Kraft zu generieren. Das birgt ein Potential zur selbständigen Korrektur der Wirbelsäule im Rahmen einer symptomatischen Behandlung. Stokes et al. [65] diskutieren nach ihren mathematischen Simulationen, dass die asymmetrische Belastung skoliotischer Wirbelsäulen von der neuromuskulären Aktivierungsstrategie des Individuums abhängig sei. Eine symmetrische Belastung wäre demnach möglich, jedoch nur mit einem größeren Energieaufwand. Die unterschiedlichen Strategien könnten Ihrer Meinung nach erklären, warum einige Skoliosen stärker fortschreiten als andere.

Ableitend für die Therapie könnte ein gezieltes Muskeltraining über günstige Zug- und Druckwirkungen einen Einfluss auf die Wirbelsäulenstatik haben. Damit bleibt diese Behandlungsform immer sekundär, da die primäre Ursache für die muskuläre Funktionsstörung nicht behandelt wird, es sei denn, diese liegt in der fehlenden Beanspruchung der Muskulatur bei Inaktivität bzw. Bewegungsmangel. Das bedeutet ein Muskeltraining zielt auf die Behebung der sekundären Statikveränderung ab. Außerdem könnte es zur Unterbrechung des bereits beschriebenen Teufelskreislaufs und damit zur Progressionsverhinderung eingesetzt werden.

Möglicherweise gibt es jedoch einen "Point of no return", bei dem die Muskeln, die Fehlhaltung aus eigener Kraft nicht mehr kompensieren können. Dem sollte daher möglichst frühzeitig entgegengewirkt werden, was eine Intervention auch bei leichten Schweregraden begründen würde.

Nun stellt sich die Frage, welche Muskulatur trainiert werden sollte, da ein symmetrisches oder allgemeines Krafttraining aufgrund der Vorbetrachtungen widersinnig wäre.

Elektromyografische Analysen mit Skoliosepatienten geben dazu nur wenig Aufschluss. Die, teilweise im Vergleich mit gesunden Vergleichsgruppen durchgeführten Untersuchungen, ergeben ein kontroverses Bild über die Muskelaktivitäten in Bezug auf Seitendifferenzen [34,41]. Die uneindeutigen Befunde könnten jedoch auf die unterschiedliche Methodik der Studien, insbesondere aufgrund der Probandenpositionierung, zurückgeführt werden [34].

Außerdem sind registrierte EMG-Signale sehr unterschiedlich interpretierbar. Eine größere Aktivität könnte einerseits auf eine höhere Belastungsanforderung hindeuten, andererseits aber auch über

das Konzept einer neuromuskulären Effizienz erklärt werden. Dieses geht davon aus, dass schwächere Muskeln bei gleicher Belastung eine größere Menge an motorischen Einheiten aktivieren müssen als stärkere [75]. Demnach arbeitet diejenige Muskulatur effektiver (ökonomischer), die weniger Aktivität aufweist. Auch der Ermüdungszustand eines Muskels könnte eine Rolle spielen, da unter Erschöpfung bei gleicher Belastung die Amplituden des EMG-Signals steigen [75].

Aufgrund der unschlüssigen Erkenntnisse aus der Elektromyografie, wird sich im Folgenden einer funktionell-anatomischen Betrachtung gewidmet.

Muskeln mit Funktion auf die Wirbelsäule entspringen bzw. setzen hauptsächlich an den Fortsätzen unterschiedlich vieler Wirbel an. Bei einseitiger Kontraktion könnte somit eine Lateralflexion und/oder Rotation von verschiedenen Wirbelsäulenabschnitten erfolgen. Um die skoliotisch veränderte Wirbelsäule in eine physiologischere Stellung zu bringen, sollten also diejenigen Muskeln aktiviert werden, die eine Korrektur der Seitverbiegung und/oder eine Derotation bewirken. Welche Muskeln das sind, hängt natürlich von der jeweiligen Wirbelsäulenform ab. Außerdem ist auch immer eine Korrektur des sagittalen Profils erforderlich (physiologische Einstellung der Lordosen und Kyphosen).

Für die Korrektur der Seitverbiegung sind v.a. die autochtonen Lateralflexoren auf der konvexen Seite relevant, um den entsprechenden Wirbelsäulenabschnitt zu begradigen.

Muskeln mit derotierender Wirkung sind dagegen nicht ganz so eindeutig ausfindig zu machen. Zwar gibt es Rotatoren der autochtonen Muskulatur, jedoch befinden sich diese meist innerhalb des verdrehten Wirbelsäulenabschnitts, der aber in der Gesamtheit derotiert werden sollte.

Das folgende Kapitel bezieht sich daher auf relevante Muskeln, die eine Hauptfunktion auf ein anderes Gelenk und damit eher eine unscheinbare derotierende Wirkung auf verschiedene Wirbelsäulenabschnitte haben. Wenn auch darin unbeachtet, wird die rotationswirksame autochtone Muskulatur als untrennbare funktionelle Einheit angesehen.

Für das Training derotierender Muskeln wird das „gewöhnliche“ punctum fixum (Wirbelsäule) mit dem „gewöhnlichen“ punctum mobile (z.B. Extremität, Becken, Schultergürtel) vertauscht. Wenn nämlich das entsprechende Körperteil muskulär fixiert wird, kann möglicherweise unter Kontraktion des zu trainierenden Muskels ein vergrößerter Rotationskraftvektor an den entsprechenden Wirbeln erfolgen. Dies ist nur bei einem Training im geschlossenen System möglich.

Die Fixierung des entsprechenden Körperteils muss jedoch erst trainiert werden, da es zumeist der beweglichere Teil bei Muskelkontraktionen ist. Damit hat diese Art des Trainings einen vergrößerten koordinativen Anspruch, was entsprechend vorzubereiten ist.

Vor einem Training der Muskulatur zur Einwirkung auf die Wirbelsäulenform ist außerdem die Schaffung einer stabilen Basis nötig. Das Becken und das Sakrum sollte möglichst in korrigierter Position stehen. Besonders entscheidend ist dies bei einem lumbosakralen Bogen. Auch das sollte beim Training beachtet werden.

Eine komplexe dreidimensionale Veränderung der Wirbelsäule erfordert ebenso eine komplexe Behandlung. Die Trainingsübungen sollten immer innerhalb einer dreidimensionalen Korrektur der Wirbelsäule erfolgen (3D Autokorrektur). Das unterstreicht die Notwendigkeit eines geschulten Therapeuten, der dem Patienten immer wieder während seiner Übungsausführungen Korrekturhinweise gibt. Eine komplett selbstständige Korrektur, auch unter Zuhilfenahme von Spiegeln, ist besonders zum Therapiebeginn nicht zu erwarten.

1.5 Spezielle Anatomie und Biomechanik derotierender Muskeln

Im folgenden Abschnitt erfolgt für jeden Muskel bzw. -anteil eine anatomische Beschreibung. Dabei ist auf die übliche Bezeichnung von Ursprung und Ansatz verzichtet worden. Stattdessen wurde die für die spätere Übungsausführung relevante Bezeichnung, „punctum fixum“ und „punctum mobile“ gewählt. Die anatomischen Beschreibungen entstammen von Rickenbacher, Landolt, und Theiler [76], Kapandji [56] bzw. Tittel [77].

Eine Abbildung von dorsal veranschaulicht jeweils den muskulären Faserverlauf. Außerdem wird die spezielle Wirkung der einzelnen Muskeln in Bezug auf eine bestimmte Skoliose mit typischer Rotationsrichtung aufgeführt. Bei den seltenen atypischen Skoliosen muss entsprechend umgedacht werden. Zum besseren Verständnis ist immer eine Skizze in der Transversalebene enthalten, die den rotationswirksamen Kraftvektor (F_R) des Muskels bei Kontraktion beinhaltet. Falls vorhanden wird auch der wirksame Translationskraftvektor (F_T) dargestellt. Aus Gründen Übersichtlichkeit sind die Muskel- und Kompressionskraftvektoren nicht eingezeichnet.

Ein Training der vorgestellten Muskeln soll dann den Betroffenen befähigen, aktiv gegen die Fehlstellung vorzugehen. Daher sind auch Ableitungen für das Training bzw. für Kletterübungen enthalten. Die konkreten Kletterübungen sind dann im Übungskatalog (Anhang A1) zu finden.

1.5.1 Musculus Trapezius

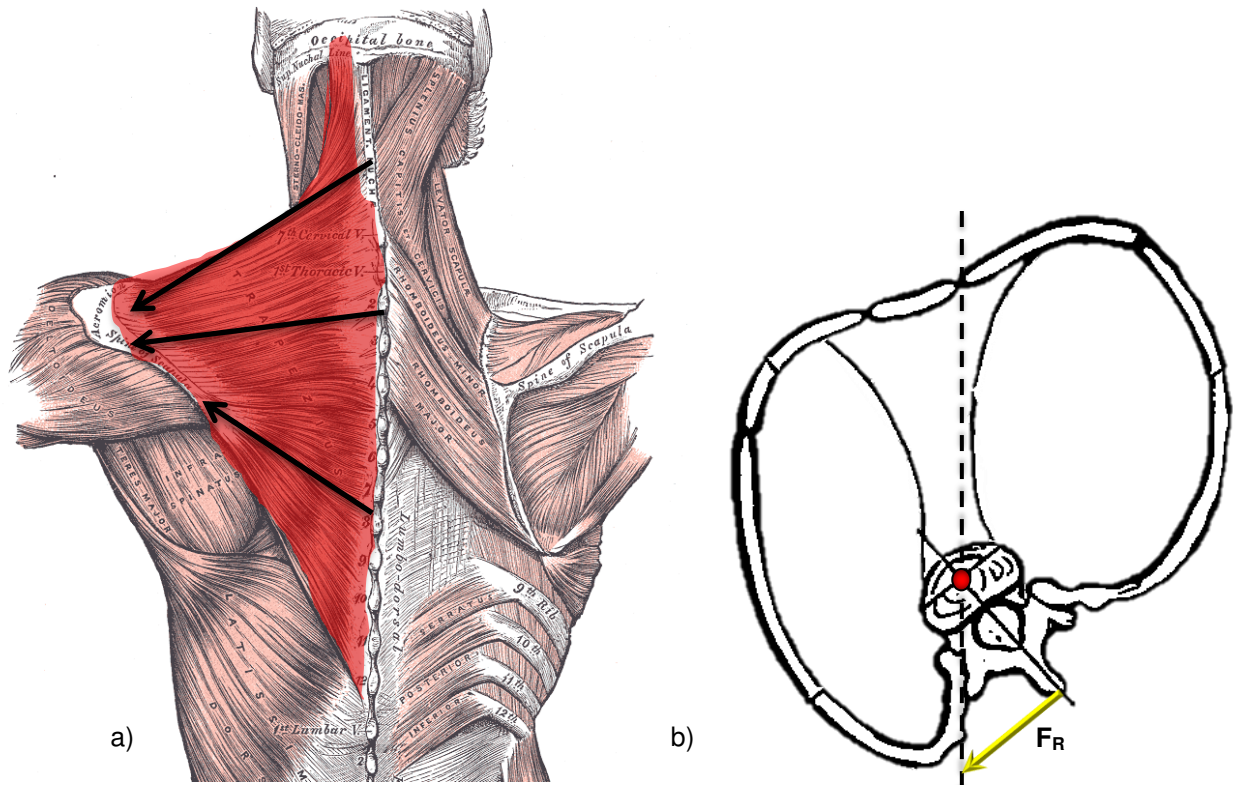


Abb. 2 a) Faserverlauf M. trapezius, 3 Anteile linke Seite (modifiziert nach Grey [78]) **b)** dessen Rotationskraftvektor (F_R) an einem Brustwirbel mit Rippenkorb (Ansicht von kranial) bei einer linkskonvexen, kontralateral verdrehten Brustwirbelsäule (modifiziert nach Gerhard [79])

Tab. 1 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. trapezius

M. trapezius		
Merkmal		Bemerkung
Kurzbeschreibung	oberflächlicher Muskel mit 3 Anteilen Teile können unabhängig voneinander eingesetzt werden	je nach Skolioseform sollten bestimmte Fasern des Muskels akzentuiert werden ³
Innervation	N. accessorius & C II – IV	
pars ascendens		
punctum fixum	mediales Ende spina scapulae	
punctum mobile	processus spinosi Th IV bis Th XI oder Th XII (Lig. supraspinale)	
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 2 a)	kraniallateral	
Spezielle Wirkung bei thorakaler Skoliose (einseitige Kontraktion auf der konvexen Seite) Abb. 2 b)	dreht bei feststehendem Schultergürtel zur Konkavseite abgewichene Dornfortsätze der Wirbelkörper (Th VI – XII) nach medial	
Schlussfolgerung für Kletterübung	Zug oder Stütz mit der thorakal konvexseitigen Hand: beim Weitergreifen mit der thorakal konkavseitigen Hand sollte das konvexseitige Schulterblatt in maximaler Adduktions- und Depressionsstellung fixiert werden	Seitobergriff bei Zugbelastung
pars transversa		
punctum fixum	Akromion, laterales Ende Spina scapulae	
punctum mobile	processus spinosi C VII – Th III	

³ Verschiedene Griffhöhen und Griffarten beim Klettern können spezielle Vektoren fordern

Merkmal		Bemerkung
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 2 a)	lateral	
Spezielle Wirkung bei hochthorakaler Skoliose (einseitige Kontraktion auf der konvexen Seite) Abb. 2 b)	dreht bei feststehendem Schultergürtel zur Konkavseite abgewichene Dornfortsätze der Wirbelkörper (C VII – Th III) nach medial	
Schlussfolgerung für Kletterübung:	Zug oder Stütz mit der hochthorakal konvexseitigen Hand: beim Weitergreifen mit der hochthorakal konkavseitigen Hand sollte das konvexseitige Schulterblatt in maximaler Adduktionsstellung fixiert werden	Seitgriff bei Zugbelastung
pars descendens		
punctum fixum	acromion, dorsokranieller Rand des lateralen Drittels der clavicula	
punctum mobile	Occiput, Ligamentum nuchae, processus spinosi C I – C VII	Protuberantia occipitalis externa möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 2 a)	kaudolateral	
Spezielle Wirkung bei cervicothorakaler Skoliose (einseitige Kontraktion auf der konvexen Seite)	dreht bei feststehendem Schultergürtel und Kopf zur Konkavseite abgewichene Dornfortsätze der Wirbelkörper (C I – C VII) nach medial.	
Schlussfolgerung für Kletterübung	Zug mit der cervicothorakal konvexseitigen Hand: beim Weitergreifen mit der cervicothorakal konkavseitigen Hand sollte das konvexseitige Schulterblatt in maximaler Elevations- und Adduktionsstellung fixiert werden	im Verbund mit Mm. rhomboidei: Seituntergriff bei Zugbelastung

1.5.2 Musculi Rhomboidei

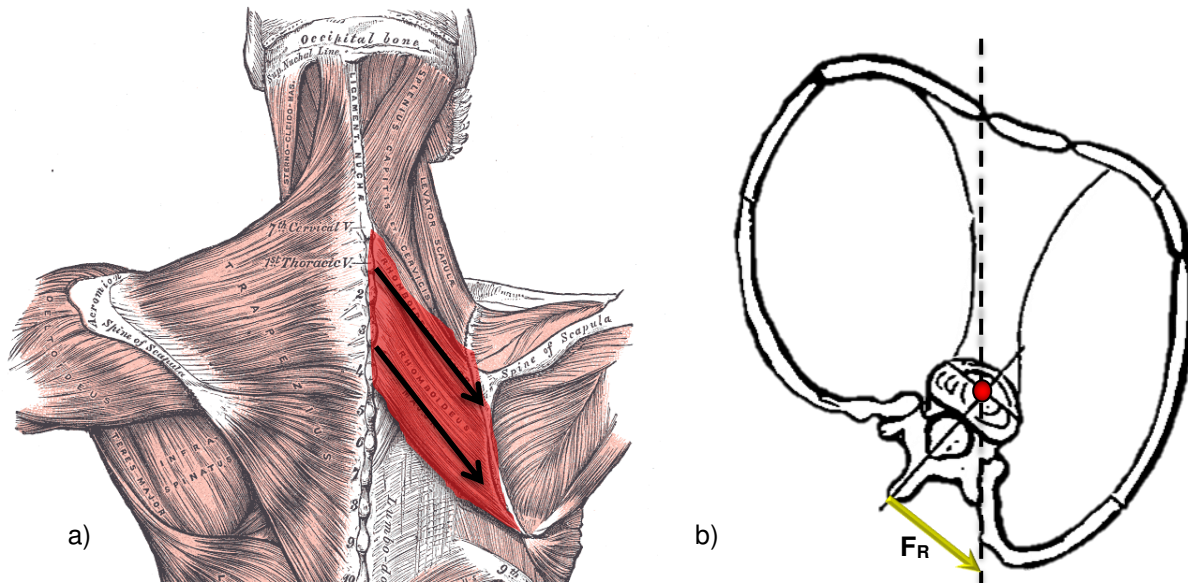


Abb. 3 a) Faserverlauf Mm. rhomboidei, rechte Seite (modifiziert nach Grey [78]) **b)** deren Rotationskraftvektor (F_R) an einem Brustwirbel mit Rippenkorb (Ansicht von kranial) bei einer rechtskonvexen, kontralateral verdrehten Brustwirbelsäule (modifiziert nach Gerhard [79])

Tab. 2 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen der Mm. rhomboidei

Mm. rhomboidei		
Merkmal	Bemerkung	
Kurzbeschreibung	zweigeteilter Muskel	
Innervation	N. dorsalis scapulae, plexus cervicalis C IV – C V	
M. rhomboideus major		
punctum fixum	margo medialis scapulae	
punctum mobile	processus spinosi Th I bis Th IV oder V	Reduktion kaudal bis auf Th III möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 3a)	kaudolateral	

Merkmal		Bemerkung
M. rhoboideus minor		
punctum fixum	margo medialis scapulae	
punctum mobile	CV – CVII	Reduktion kranial bis auf CVII möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 3 a)	kaudolateral	
Mm. rhomboidei		
Spezielle Wirkung bei cervicothorakaler Skoliose (einseitige Kontraktion auf der konvexen Seite) Abb. 3 b)	drehen bei feststehendem Schultergürtel zur Konkavseite abgewichene Dornfortsätze der Wirbelkörper C V bis Th V nach medial.	
Schlussfolgerung für Kletterübung	Zug mit der cervicothorakal konvexseitigen Hand: beim Weitergreifen mit der cervicothorakal konkavseitigen Hand sollte das konvexseitige Schulterblatt in eine fixierte Adduktions- und Elevationsstellung gebracht werden	im Verbund mit M. trapezius pars descendens Seituntergriff bei Zugbelastung

1.5.3 Musculus Latissimus Dorsi

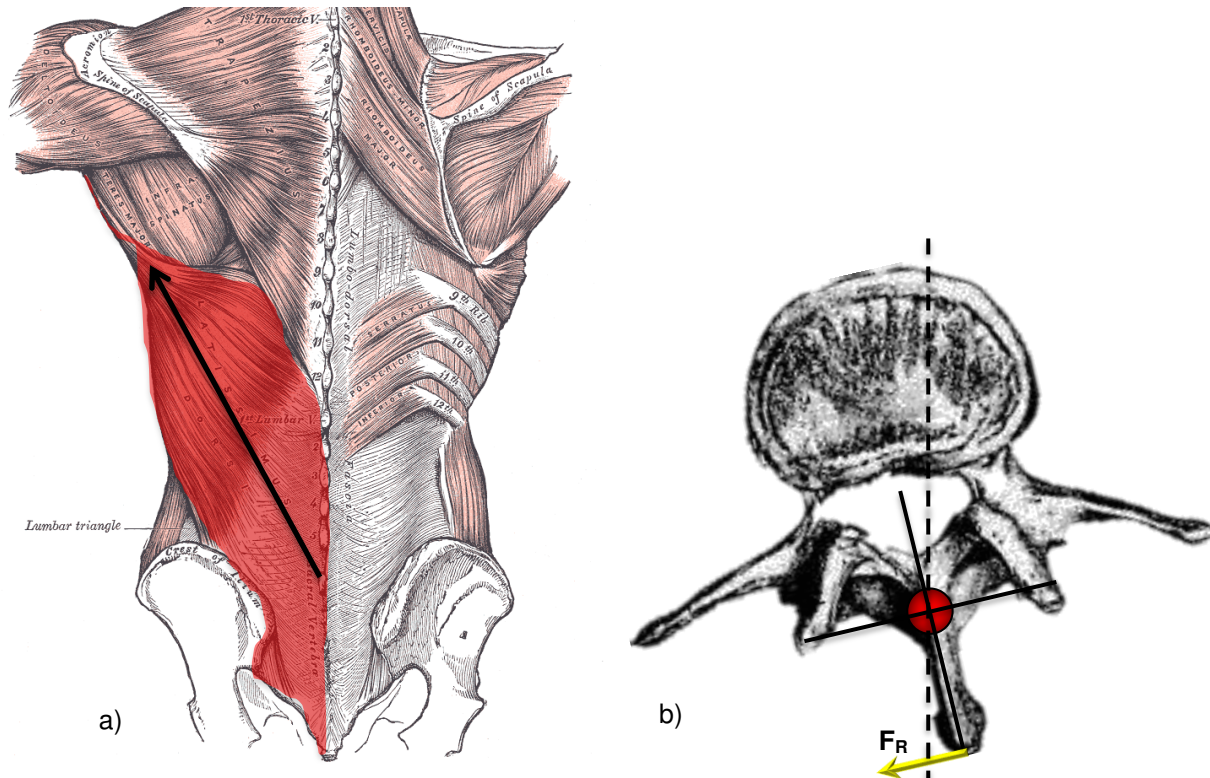


Abb. 4 a) Faserverlauf M. latissimus dorsi, linke Seite (modifiziert nach Grey [78]) b) dessen Rotationskraftvektor (F_R) an einem Lendenwirbel (Ansicht von kranial) bei einer linkskonvexen, kontralateral verdrehten Lendenwirbelsäule (modifiziert nach Radasch [80])

Tab. 3 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. latissimus dorsi

M. latissimus dorsi		
Merkmal		Bemerkung
Kurzbeschreibung	großflächige Muskelplatte	
Innervation	N. thoracodorsalis, C VI – VIII	
punctum fixum	crista tuberculi minoris humeri	Verschmelzung mit Sehne vom M. teres major möglich, Übergreifen ins spetum inter-muskulare brachii
punctum mobile	fascia thoracolumbalis (processus spinosi): Th VII oder Th VIII bis zum Sakrum, Labrium externum cristae iliacaе, costae IX oder X bis XII	Ausweitung bis ThIV bzw. Reduktion auf Lendenwirbelsäule möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 4 a)	kraniallateral und ventral (je nach Armstellung)	
Spezielle Wirkung bei thorakolumbalen oder lumbalen Skoliose (einseitige Kontraktion auf der konvexen Seite) Abb. 4 b)	dreht bei feststehendem Schultergelenk zur Konkavseite abgewichene Dornfortsätze (Th VII – LV) nach medial	
Schlussfolgerung für Kletterübung	Zug oder Stütz mit der thorakolumbalen oder lumbalen konvexseitigen Hand: beim Weitergreifen mit der thorakolumbalen bzw. lumbalen konkavseitigen Hand sollte ein Bewegungsversuch des konvexseitigen Arms unter isometrischer Anspannung in Richtung Adduktion, Retroversion, Depression und Innenrotation erfolgen, beim Stützen sollte der Arm in einer maximalen Depressionsstellung stabilisiert werden	

1.5.4 Musculus Quadratus Lumborum

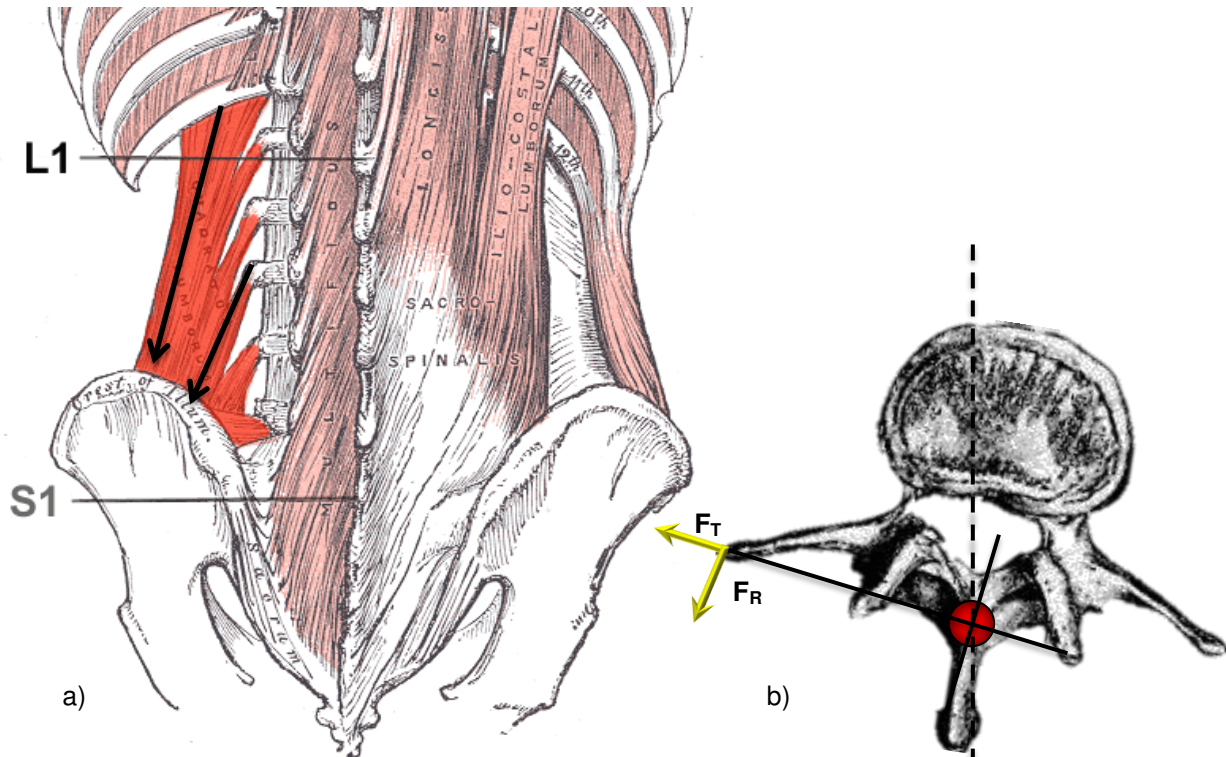


Abb. 5 a) Faserverlauf M. quadratus lumborum, linke Seite (modifiziert nach Grey [78]) **b)** dessen Rotations- (F_R) und Translationskraftvektor (F_T) an einem Lendenwirbel (Ansicht von kranial) bei einer rechtskonvexen, kontralateral verdrehten Lendenwirbelsäule (modifiziert nach Radasch [80])

Tab. 4 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. quadratus lumborum

M. quadratus lumborum		
Merkmal		Bemerkung
Kurzbeschreibung	gezackte Muskelplatte mit bis zu 3 Schichten	sehr variabel
Innervation	plexus lumbalis, Th XII, L I – III	
dorsale Schicht		
punctum fixum	labium internum cristae iliacaе (dorsale Hälfte)	
punctum mobile	costa XII	auch costa XI möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 5 a)	kaudolateral und dorsal	Hauptkraftvektor für die Lateralflexion

Merkmal		Bemerkung
mittlere Schicht⁴ (in der Abbildung nicht zu sehen)		nicht immer vorhanden
punctum fixum	Costa XII	Reduktion der Zacken möglich
punctum mobile	processus costales vertebrae (LI – LV)	Reduktion der Zacken möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum)	kaudomedial und dorsal	(überkreuzt damit die dorsale Schicht im spitzen Winkel)
ventrale Schicht⁵		
punctum fixum	crista iliaca (dorsale Hälfte)	
punctum mobile	processus costales vertebrae (LI – IV)	auch an Lendenwirbelkörpern und 12. Brustwirbelkörper möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 5 a)	kaudolateral und dorsal	Hauptkraftvektor für die Entdrehung der Lendenwirbelsäule (vgl. Rotationskraftvektor Abb. 5 b); wirkt entgegen der Lateralabweichung (vgl. Translationskraftvektor Abb. 5 b)
Spezielle Wirkung bei lumbaler Skoliose (einseitige Kontraktion auf der lumbal konkaven Seite) Abb. 5 b)	dreht bzw. zieht bei feststehendem Becken nach ventral und lateral abgewichenen Rippenfortsätze der Lendenwirbelkörper (LI – LV) auf der konkaven Seite nach dorsal und medial	erfolgt im Verbund mit den lumbalen Zacken des M. longissimus thoracis und M. obliquus internus abdominis pars lumbalis
Schlussfolgerung für Kletterübung	Neigung (keine Beugung) zur lumbal konvexen Seite (Muskel muss entgegen der Schwerkraft halten); Stütz auf der lumbal konkaven Seite	z.B. durch Klettern ohne Hände möglich

⁴ bei Kapandji (2009) als ventrale Schicht bezeichnet

⁵ bei Kapandji (2009) als mittlere Schicht bezeichnet

1.5.5 Musculus Obliquus Externus Abdominis

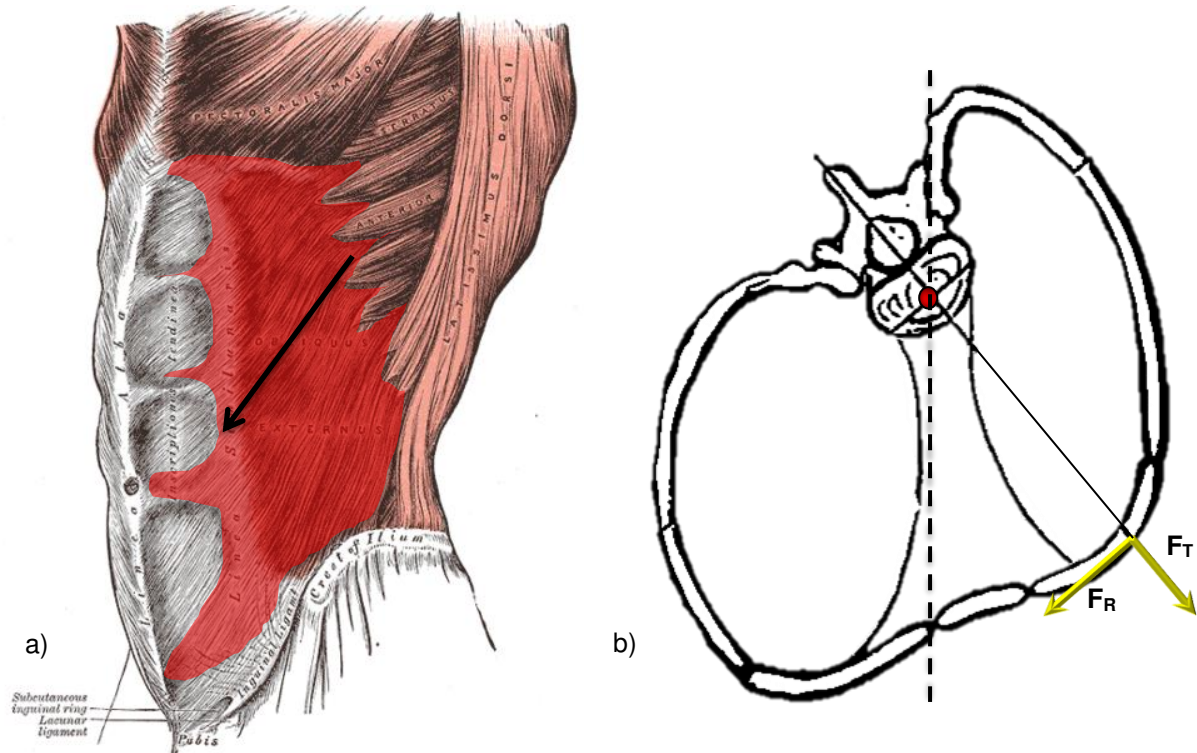


Abb. 6 a) Faserverlauf M. obliquus externus abdominis, linke Seite, (modifiziert nach Grey [78]) **b)** dessen Rotations- (F_R) und Translationskraftvektor am Rippenkorb mit Brustwirbel (Ansicht von kranial) bei einer linkskonvexen, kontralateral verdrehten Brustwirbelsäule (modifiziert nach Gerhard [79])

Tab. 5 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. obliquus externus abdominis

M. obliquus externus abdominis (äußerer schräger Bauchmuskel)		
Merkmal		Bemerkung
Kurzbeschreibung	großflächiger Muskel	
Innervation	Nn intercostales, Th V – XII, L I	
punctum fixum	Labium externum crista iliaca (vordere Hälfte bis SIAS), Aponeurosis (Linea Alba), Leistenband	
punctum mobile	breitfaserig an Außenfläche der costa V – XII mit 8 fleischigen Zacken	Verschieden viele Zacken zwischen costa IV – XII möglich
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 6 a)	kaudomedial und ventral	
Spezielle Wirkung bei Skoliose (Kontraktion auf der ventralen Rippentalseite) Abb. 6 b)	zieht bzw. dreht bei fixiertem Beckengürtel den nach dorsal abgewichenen und verdrehten ipsilateralen Rippenkorb nach ventral und medial	erfolgt nur im Verbund mit kontralateralem M. obliquus internus
Schlussfolgerung für Kletterübung	diagonale Bauchspannung zwischen dorsaler Rippenbergseite und kontralateralem Becken	z.B. durch eingedrehtes Klettern möglich

1.5.6 Musculus Obliquus Internus Abdominis

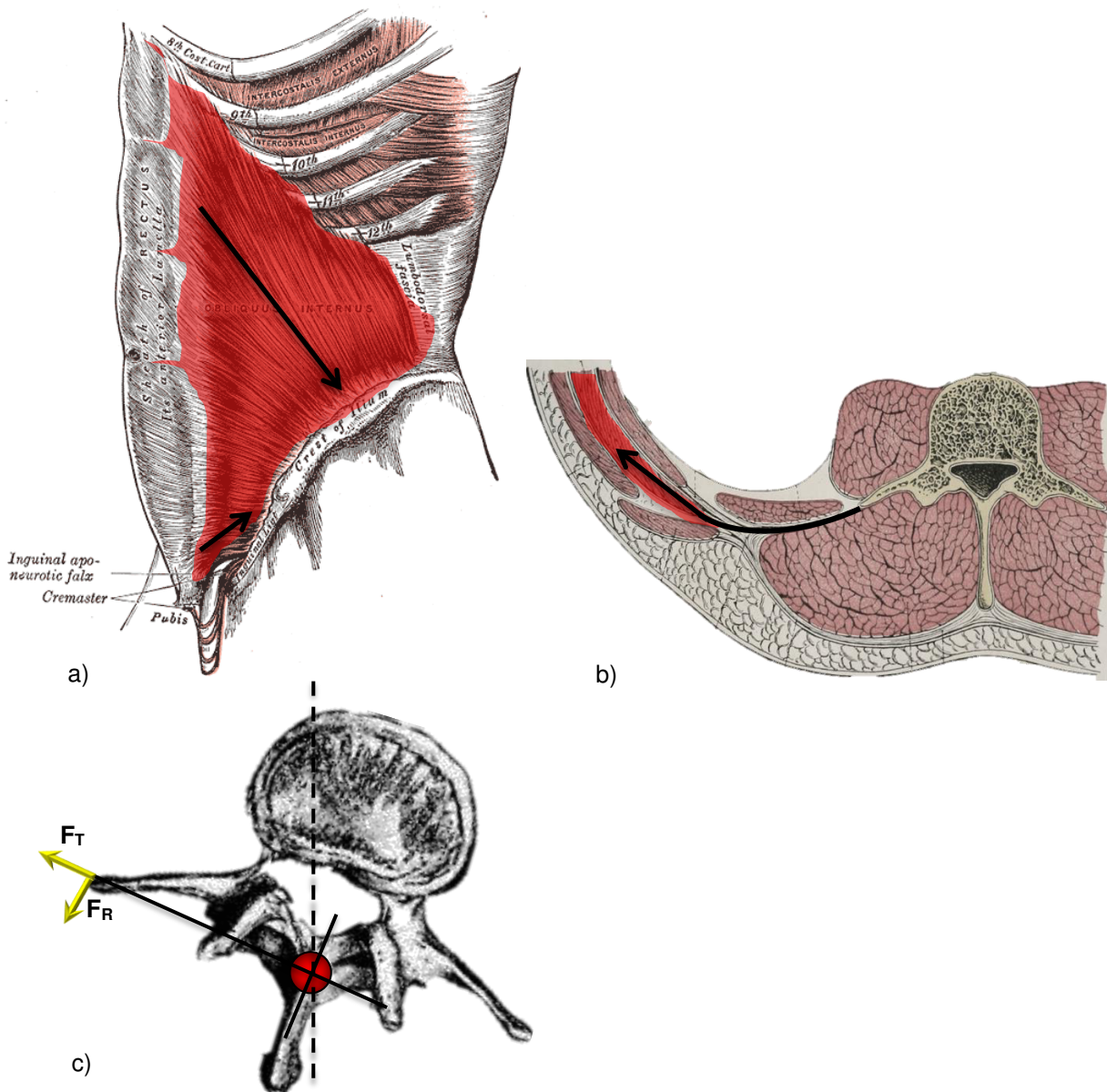


Abb. 7 a) Faserverlauf M. obliquus internus abdominis, linke Seite, vom pars iliaca und inguinalis von dorsal (modifiziert nach Grey [78]) b) vom pars lumbalis von kranial (modifiziert nach Sobotta, McMurrich & Playfair [81]) c) dessen Rotations- (F_R) und Translationskraftvektor (F_T) vom pars lumbalis an einem Lendenwirbel (Ansicht von kranial) bei einer rechtskonvexen, kontralateral verdrehten Lendenwirbelsäule (modifiziert nach Radasch [80])

Tab. 6 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. obliquus internus abdominis

M. obliquus internus abdominis (innerer schräger Bauchmuskel)		
Merkmal		Bemerkung
Kurzbeschreibung	großflächiger Muskel mit 3 Anteilen	
Innervation	kaudale 2 Nn intercostales, N. subcostalis, Nn. iliohypogastricus, ilioinguinalis (Th X – L I (II))	
pars iliaca		
punctum fixum	Linea intermedia cristae iliacaе, SIAS	
punctum mobile	processus xiphioideus, Linea Alba bis os pubis,	teilweise mit Rippenbogen verwachsen
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 7 a)	kaudolateral	
Spezielle Wirkung bei Skoliose (Kontraktion auf der ventralen Rippenbergseite)	zieht bzw. dreht bei fixiertem Beckengürtel den nach dorsal abgewichenen und verdrehten kontralateralen Rippenkorb nach ventral und medial	erfolgt nur im Verbund mit kontralateralem M. obliquus externus vgl. Abb. 6 c)
Schlussfolgerung für Kletterübung	diagonale Bauchspannung zwischen dorsaler Rippenbergseite und kontralateralem Becken	z.B. durch eingedrehtes Klettern möglich

Merkmal	Bemerkung	
pars lumbalis		
punctum fixum	Zwischenrippenräume costa XI und XII	meist auch costa X, seltener IX oder VIII
punctum mobile	lamina profunda Fascia thoracolumbalis (aponeurosis lumbalis) (inseriert wiederum an Crista iliaca, den unteren Rippen und den Processus costales der Lendenwirbel)	
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 7 b)	kranial und horizontal um die Taille herum	Zugvektor an den processus costales: dorsolateral
Spezielle Wirkung bei Skoliose (Kontraktion auf der lumbal konkaven) Abb. 7 c)	dreht bzw. zieht bei feststehendem Becken nach ventral und lateral abgewichenen Rippenfortsätze der Lendenwirbelkörper (LI – LV) auf der konkaven Seite nach dorsal und medial	erfolgt im Verbund mit M. quadratus lumborum und den lumbalen Zacken des M. longissimus thoracis
Schlussfolgerung für Kletterübung	Neigung (keine Beugung) zur lumbal konvexen Seite (Muskel muss entgegen der Schwerkraft halten); Stütz auf der lumbal konkaven Seite	z.B. durch Klettern ohne Hände möglich
pars inguinalis		
punctum fixum	laterale Hälfte Lig inguinale, SIAS	selten können Fasern fehlen
punctum mobile	Linea Alba ⁶	formt Dach des Leistenkanals
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 7 a)	kraniallateral	
Spezielle Wirkung bei Skoliose	keine	
Schlussfolgerung für Kletterübung	keine	

⁶ bei Kapandji (2009) oberhalb der Symphyse, Tuberculum pubicum

1.5.7 Musculus Longissimus

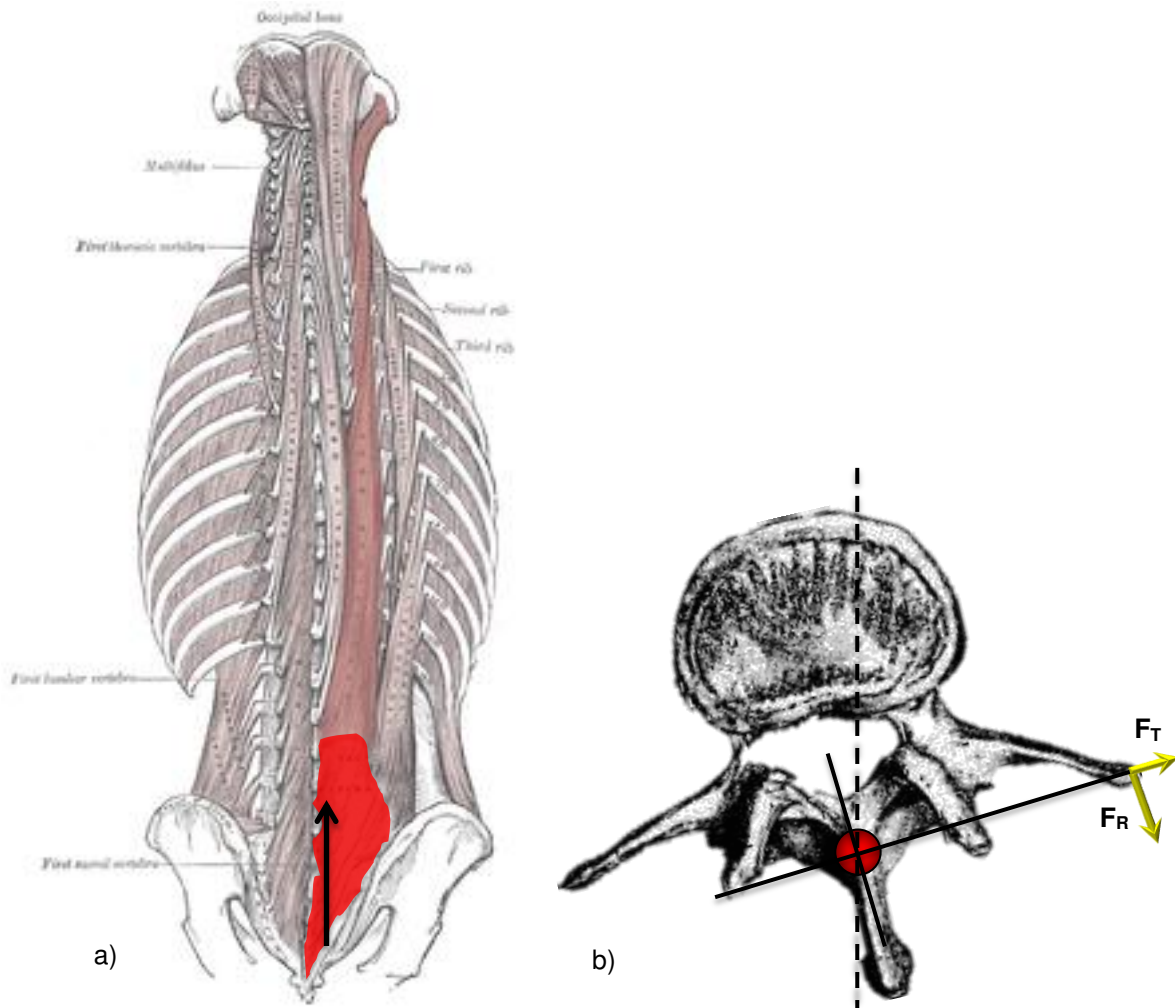


Abb. 8 a) Faserverlauf M. longissimus, rechte Seite, (modifiziert nach Grey [78] **b)** dessen Rotations- (F_R) bzw. Translationskraftvektor (F_T) vom pars thoracis an einem Lendenwirbelkörper bei einer linkskonvexen verdrehten Lendenwirbelsäule (modifiziert nach Radasch [80])

Tab. 7 funktionell-anatomische und skoliosespezifische Betrachtungen des M. longissimus

M. longissimus pars thoracis		
Merkmal		Bemerkung
Kurzbeschreibung	M. longissimus mit 3 Anteilen: pars thoracis, pars cervicis, pars capitis	einige Autoren unterscheiden zusätzlich einen lumbalen Anteil (pars lumborum)
Innervation	rami dorsalis (Th II) Th III – L V	
punctum fixum	Sakrum, Fascia thorakolumbalis	variable Verstärkungszüge von den processus transversi (Th I – XII); processus mamillaris (L I – II)
punctum mobile	processus accessorii (L I – IV); processus mamillaris (L V), processus costales (L I – V); processus transversi (Th I – XII); Unterrand costales	
Faserverlauf (zum punctum fixum) Abb. 8 a)	kranial (leicht medial bzw. lateral)	
Spezielle Wirkung bei Skoliose (Kontraktion auf der lumbal konkaven Seite): Abb. 8 b)	Kontraktion des lumbalen Teils: dreht bzw. zieht bei feststehendem Becken nach ventral und lateral abgewichenen Rippenfortsätze der Lendenwirbelkörper (L I – L V) auf der konkaven Seite wieder nach dorsal und medial	erfolgt im Verbund mit M. quadratus lumborum und M. obliquus internus abdominis pars lumbalis
Schlussfolgerung für Kletterübung	Neigung (keine Beugung) zur lumbal konvexen Seite (Muskel muss entgegen der Schwerkraft halten); Stütz auf der lumbal konkaven Seite	z.B. durch Klettern ohne Hände

1.6 Therapieverfahren

Die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) hat zusammen mit dem Berufsverband der Ärzte für Orthopädie (BVO) die Leitlinie zur Behandlung der idiopathischen Skoliose 2010 letztmalig aktualisiert [82]. Diese wurde durch eine Expertengruppe im informellen Konsens erarbeitet (S1-Leitlinie, geringste Qualitätsstufe). Sie wird derzeit überprüft, da ihre Gültigkeit 2017 abgelaufen ist. In diesem Zuge soll, unter der Leitung von Prof. Bernd Wiedenhöfer (Heidelberg), eine Überarbeitung auf S2 Niveau stattfinden [83]. Dass die Erstellung bisher noch nicht abgeschlossen ist, führt Roth [84] auf die mangelnde Evidenzlage zurück.

Eine internationale Gesellschaft (International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment, SOSORT) hat 2016 ihre Leitlinie zur konservativen Behandlung idiopathischer Skoliosen zum zweiten Mal überarbeitet [29]. Sie basiert hauptsächlich auf einem Konsens mit einer 70 bis über 90 %-igen Expertenübereinstimmung, beinhaltet jedoch auch eine systematische Literaturrecherche in diversen Fachdatenbanken. Die nächste Überarbeitung soll noch im aktuellen Kalenderjahr (2019) erfolgen. Für 2023 ist eine weitere für das Kapitel über die bewegungstherapeutischen Maßnahmen geplant.

Die zwei anderen internationalen Gesellschaften widmen sich hauptsächlich der operativen Therapie (Scoliosis Research Society) und der allgemeinen Forschung (International Research Society on Spinal Deformities) [29].

In der täglichen Praxis, ist die Behandlung von Patienten mit idiopathischer Skoliose abhängig vom Schweregrad. In den meisten Fällen erfolgt diese konservativ. Nur bei sehr schweren Fällen kommt eine Operation in Frage. Laut Aussage von Dr. med. Tom Hellriegel, Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie mit Spezialisierung auf kindliche und jugendliche Skoliosen, stützen sich die konservativen Maßnahmen auf drei Säulen [85]. Zunächst wird eine eigenständige körperliche Aktivität empfohlen. Sportarten wie Schwimmen oder Klettern bieten sich dabei zur Stärkung der Rückenmuskulatur an. Außerdem kann ein Übungsprogramm für zu Hause erarbeitet sowie in den Alltag mit eingebunden werden (z.B. Sitzen auf einem Pezziball). Ab einem Cobb-Winkel von 10° sollte der behandelnde Arzt Krankengymnastik (KG) verordnen, i.d.R. KG nach der Schroth-Methode (siehe Kapitel 1.6.2). Ab einem Cobb-Winkel von 20° bis 25° beginnt zusätzlich die Korsetttherapie, um eine unkontrollierte Progression zu verhindern. Die Tragezeiten variieren je nach Schweregrad und Compliance. Da ein Korsett die Muskulatur schwächt, ist eine parallele Muskelkräftigung unerlässlich. Während sportlicher Aktivität wird das Korsett i.d.R. nicht getragen [85].

Laut der SOSORT gibt es über 100 alternativmedizinische Ansätze [29]. Da v.a. aber die Bewegungstherapie eine zentrale Rolle in der Behandlung von Patienten mit idiopathischer Skoliose spielt und sich die vorliegende Arbeit im Kern mit einem weiteren bewegungstherapeutischen Konzept beschäftigt, wird nachfolgend nur diese näher beleuchtet.

1.6.1 Bewegungstherapie

Es gibt zahlreiche bewegungstherapeutische Konzepte zur Behandlung von Patienten mit idiopathischen Skoliosen. Die SOSORT unterscheidet zwei Hauptkategorien. Diese sind zum einen generelle Sportaktivitäten und physiotherapeutische skoliosespezifische Übungen (Physiotherapeutic Scoliosis Specific Exercises, PSSE) [29]. Laut der Experten sollten PSSE folgendes beinhalten: eine 3D Autokorrektur, Training der Alltagsaktivitäten, Stabilisation einer korrekten Haltung und eine Patientenschulung [29]. Es wird keine weitere Definition dieser Inhalte vorgenommen.

In Bezug auf die 3D-Autokorrektur, welche einer Beeinflussung der Körperhaltung durch gezielte Muskelkontraktionen in allen drei Ebenen entspricht, lassen sich bewegungstherapeutische Maßnahmen weiter klassifizieren. Jene kann entweder extrinsisch (maximale Haltungskorrektur mit Hilfe der Schwerkraft, Geräten bzw. einer bestimmten Extremitätenpositionierung) oder intrinsisch (maximale Haltungskorrektur ohne jegliche externe Hilfe) sein [29].

Ohne 3D-Autokorrektur können Übungen asymmetrisch oder symmetrisch ausgeführt werden [29]. Nisser et al. beschreiben in ihrem narrativen Review dazu die wichtigsten Konzepte [86]. Aufgrund deren Vielfalt mit supervidierten oder nicht-supervidierten Übungen, und unterschiedlichen Belastungsparameter sowie Begleitbehandlungen, ist eine generelle Aussage über die Wirksamkeit bewegungstherapeutischer Interventionen nicht möglich. Ein systematisches Review (Cochrane, 2012) konnte zwei randomisiert kontrollierte Studien (randomized controlled trial, RCT) mit einem hohen Risk of Bias ausfindig machen, welche die Autoren weder auf eine Evidenz für oder gegen die Durchführung skoliosespezifischer Übungen schlussfolgern lassen [87]. Seit 2012 wurden jedoch in diesem Forschungsbereich weitere Studien durchgeführt.

Bewegungskonzepte, die PSSE durchführen und mindestens eine geringe Evidenz zur Wirksamkeit vorweisen sind laut Negrini et al. u.a. die „Functional Individual Therapy of Scoliosis“ (FITS), die „Dobosiewicz Methode“ (DoboMed), „Global postural re-education“, „Lyon school of physiotherapy for scoliosis“, Training mit dem „MedX-Gerät“, die „Schroth-Methode“ (sowohl innerhalb einer intensivierten Rehabilitation, als auch in der ambulanten Versorgung), den „Scientific Exercise Approach To Scoliosis (SEAS), und das „Side-Shift-Program“ [29].

Ohne Favorisierung eines spezifischen Konzepts, spricht sich die SOSORT generell für die Durchführung von PSSE aus, um eine Progression zu verhindern [29]. Sie geben für diese Empfehlung, aufgrund von mehreren vorliegenden systematischen Reviews, die u.a. RCTs beinhalten, eine Evidenzstärke I an. Die Reviews berichten zwar über vielversprechende Ergebnisse, jedoch kommen alle zu dem Schluss, dass verbesserte Studiendesigns nötig seien. Außerdem kam es in den Studien oft zu signifikanten Veränderungen des Cobb-Winkels, die aber zumeist im Bereich des Messfehlers lagen. Daher liegt ihr Empfehlungsgrad für PSSE bei C („geringe Wichtigkeit, kann auf freiwilliger Basis empfohlen werden“) [29].

Allerdings räumen die Autoren der Leitlinie von 2016 ein, dass der natürliche Progressionsverlauf bisher unklar ist. Generell sei akzeptiert, dass die Wahrscheinlichkeit einer Verschlechterung vom Alter, Schweregrad, Geschlecht und sexueller Reife abhängig ist. Dennoch verschlechtern sich nicht alle Skoliosen. Laut Literatur, berichten sie, dass 25 – 75 % aller Skoliosen unverändert bleiben und sich sogar 3 – 12 % spontan verbessern.

In der Leitlinie der SOSORT wird außerdem empfohlen (Evidenzstärke II; Empfehlungsgrad B), PSSE während einer Korsettbehandlung durchzuführen [29]. Wie eingangs erwähnt, ist dies auch absolut sinnvoll, da ein Korsett die Muskelaktivität vermindert und sich diese dadurch abschwächt. Sportliche Aktivitäten nach dem Verständnis der SOSORT dienen der Verbesserung der allgemeinen Fitness und dem Wohlbefinden. Es wird empfohlen, diese in Bezug auf die generell positiven Auswirkungen durchzuführen (Evidenzstärke V, Empfehlungsgrad B), diese jedoch nicht explizit zur Behandlung der idiopathischen Skoliose zu verschreiben (Evidenzstärke III, Empfehlungsgrad C). Außerdem scheinen skoliosespezifische Übungen den allgemeinen überlegen zu sein [88, 89], was die Wichtigkeit einer gezielten, individuell ausgerichteten Übungsauswahl bzw. -anpassung unterstreicht.

1.6.2 Evidenzbasierung der Schroth-Methode

Die Schroth-Methode ist als grundlegendes, international angewandtes Therapieverfahren in der Skoliose-therapie am besten erforscht [86]. Da sich andere Konzepte an ihr orientieren bzw. von ihr abgeleitet worden sind [86], soll es in diesem Kapitel um ihre Wirksamkeit gehen. Eine ausführliche Beschreibung der Methode findet sich u.a. bei Lehnert-Schroth und Göbel [41], Weiß [90], Fusco et al. [91] und Berdishevsky et al. [92]

Kerninhalt ist eine dreidimensionale Autokorrektur, die auf sensomotorischen Grundprinzipien basiert. Dabei soll eine maximale, aktiv mögliche Aufrichtung in Verbindung mit einer Schulung des Haltungsgefühls und einer Drehwinkelatmung erfolgen [86].

Letztes Jahr (2018) wurde eine Metaanalyse über die Wirksamkeit der Schroth-Methode publiziert [93]. Diese untersuchte bzw. berechnete die Gesamteffektstärken (Hedges g) einer Therapie nach Schroth, unabhängig ob ambulant oder stationär durchgeführt, auf unterschiedliche Outcomes. Diese waren der Cobb-Winkel, Asymmetrien, Winkel der Rumpfrotation (angle of trunk rotation, ATR), Kraft der Rückenextensoren bzw. Flexoren, Lebensqualität (quality of life, QOL), Gleichgewicht, Brustausdehnung und der pulmonalen Funktion.

Die Autoren berechneten aus 15 Studien mit 69 einzelnen Effektstärken einer Schroth-Behandlung auf diese unterschiedlichen Outcomes, eine Gesamteffektstärke von $g = 0,724$. Das entspricht nach der Interpretation nach Cohen einem mittleren Effekt [94]. Es muss angemerkt werden, dass die inkludierten Studien sehr heterogen waren ($I^2 = 75,671$).

Die Subgruppenanalysen ergaben stärkere gepoolte Effektstärken bei Jugendlichen im Alter von 10 bis 19 Jahren ($g = 0,784$) im Gegensatz zu Erwachsenen (> 19 Jahre) mit $g = 0,491$, bei weiblichen

mit $g = 1,031$ im Vergleich zu gemischt-geschlechtlichen Gruppen mit $g = 0,678$. Außerdem scheinen auch der Ausgangs-Cobb-Winkel und die Interventionsdauer die Effektstärken zu maßgeblich beeinflussen. Demnach wurden für Winkel von 10° bis 30° die höchsten Effekte ($g = 1,07$) im Vergleich zu Winkeln in der Spanne $30^\circ - 50^\circ$ ($g = 0,67$) und $> 50^\circ$ ($g = 0,59$) berechnet. Bei der Betrachtung der Therapiedauer wird ersichtlich, dass je länger diese war, auch größere Effekte erzielt worden sind. Dieser Faktor scheint sogar wichtiger zu sein als die Art der Schroth-Methode (3D-Behandlung, Best Practice, Schroth ohne nähere Bestimmung). Dazu sollte angemerkt werden, dass jede der 15 inkludierten Studien die Patienten mindestens 1 h/Tag üben ließen.

Bezogen auf die verschiedenen Outcomes, ergeben sich auch unterschiedlich starke Effekte. Für die alleinige Betrachtung der Effekte auf den Cobb-Winkel besteht mit $g = 0,65$ ein moderater Effekt. Auch bezogen auf die Asymmetrie, ATR, QOL und Gleichgewicht hat die Schroth-Methode einen moderaten Effekt. Dagegen wurden große Effektstärken bzgl. der Kraft der Rückenextensoren bzw. Flexoren (n. sig.), und der Brustausdehnung ermittelt. Laut den Berechnungen hat die Schroth-Intervention nur einen kleinen Effekt auf die pulmonale Funktion.

Zwei große Limitationen werden von den Autoren der Metaanalyse selbst angegeben. Zum einen war die Interventionsdauer der inkludierten Studien, verglichen zu den Empfehlungen der SOSORT, meist kürzer. Zum anderen weisen die Studien methodische Mängel auf. Daher schlussfolgern sie, dass in Zukunft qualitativ hochwertige Studien mit einem Langzeit-Follow-Up von 2 bis 3 Jahren nötig sind, um eine überzeugendere Metaanalyse durchzuführen zu können [93].

1.7 Kurzzusammenfassung der theoretischen Vorbetrachtungen

Zusammenfassend ergeben sich folgende Punkte, die bei dem Trainingskonzept berücksichtigt werden sollen:

- neue motivationale Reize zur Aufrechterhaltung der Compliance könnten bei einer langwierigen Skoliosebehandlung hilfreich sein
- bei unbekannter Ursache, ist nur eine kompensatorische Behandlung möglich
- auch wenn hypothetisch bei einem Betroffenen eine Funktionsstörung von Muskeln vorliegt, könnten er womöglich durch deren willkürliche Aktivierung eine selbständige Korrektur der Wirbelsäule vornehmen
- besonders im Wachstumsalter ist es sinnvoll, so oft wie möglich eine Korrektur der Haltung vorzunehmen, um einem Fortschreiten entgegenzuwirken
- auch bei leichten Skoliosen ist eine frühzeitige Behandlung sinnvoll
- Bei dem Krankheitsbild der Skoliose sind spezifische Übungen, dem allgemeinen Kräftigungstraining vorzuziehen
- skoliosespezifische Übungen sollten immer innerhalb einer individuellen dreidimensionalen Korrektur der Wirbelsäule durchgeführt werden (3D Autokorrektur).

- dazu sollten diejenigen Muskeln aktiviert werden, die eine Korrektur der Seitverbiegung und/oder eine Derotation bewirken, wobei zusätzlich die Lordosen und Kyphosen in eine physiologische Stellung zu bringen sind
- ein geschulter Therapeut sollte dem Patienten dazu immer wieder während seiner Übungsausführungen Korrekturhinweise geben
- dem Therapeuten muss die genaue Form der Wirbelsäulen bekannt sein, um Ableitungen für die Therapie zu treffen
- ein derotationswirksames Training ist im geschlossenen System durchzuführen
- zusätzlich zum Krafttraining könnte ein sensomotorisches Training sinnvoll sein
- für eine zielgerichtete Therapie sind genaue Angaben zur Übungsgestaltung und Belastungssteuerung wünschenswert

2 Trainingskonzept – Therapeutisches Klettern nach dem Potsdamer Modell bei Jugendlichen mit Skoliose

Klettern, als fundamentale Bewegungsform, wird bereits als aktive bewegungstherapeutische Maßnahme eingesetzt [1,31,33] und ist eine spannende Alternative zu einer herkömmlichen Krankengymnastik [19]. Besonders bei einem Krankheitsbild wie der Skoliose, die zumeist einer mehrjährigen Behandlung bedarf [93], ist die Motivation zum Training und deren Aufrechterhaltung essentiell. Da sich Knochen in ihrer Stellung und Form nur sehr langsam verändern ist eine hohe Therapiehäufigkeit nötig, um nach den theoretischen Überlegungen den gewünschten Effekt einer dreidimensionalen Korrektur zu erzielen.

Auch Lehnert-Schroth & Göbel sehen eine hohe Reizhäufigkeit für eine krankengymnastische Behandlung als notwendig an [41]. Sie empfehlen eine deformitätsspezifische Rückenschule (zzgl. eines täglichen Heimübungsprogramms), mit dem Ziel das Haltungsempfinden des Betroffenen zu fördern und ein deformitätsförderndes Verhalten zu vermeiden. Dazu sollten homogene Altersgruppen zusammen trainieren, um psychosozialen Spannungen vorzubeugen und eine emotionale Auseinandersetzung durch gruppenspezifische Prozesse während des Übens einzuleiten. Ein Erfahrungsaustausch von gleichaltrig Betroffenen ist, nach Meinung der Autoren, gerade in der Adoleszenz zu fördern. Außerdem sehen sie die Complianceförderung als einen wichtigen Faktor an, um die genannten Ziele zu erreichen.

Ein therapeutisches Klettern birgt das Potential, dauerhaft mit hoher Therapietreue die relevante Muskulatur gezielt zu trainieren und innerhalb eines Gruppentrainings eine emotionale Auseinandersetzung bzw. einen Erfahrungsaustausch zu fördern.

Zur Schaffung einer Kontinuität, ist Variantenreichtum und ein möglichst großer Spaßfaktor hilfreich. Dennoch ist auch immer eine qualitativ hochwertige Therapie nötig, um die Motivation aufrecht zu

erhalten [33]. Das Therapeutische Klettern könnte diesen Ansprüchen gerecht werden. Insbesondere die Ausrichtung auf kleine sportliche Ziele, wie die Bewältigung eines Boulders (Kletterpassage in Absprunghöhe) mit einer bestimmten Aufgabenstellung, ist motivationsfördernd [19]. Außerdem tritt der eigentliche Zweck des Trainings in den Hintergrund. Der Teilnehmer geht nämlich klettern, statt zur möglicherweise unbeliebten Skoliotherapie.

Für den Rehabilitationsprozess ist nicht nur die Kontinuität von entscheidender Bedeutung (Trainingsprinzip der kontinuierlichen Belastung [108]). Bezogen auf die Erkrankung sollte die Therapie auch wirksam sein. Nur bei gegebener Wirksamkeit wäre eine Etablierung im Behandlungsspektrum sinnvoll. Bevor das überprüft werden kann, sind jedoch ein Trainingskonzept sowie spezifische Übungen zu entwickeln.

Vorweg sei bemerkt, dass hinter dem Konzept ein integratives Therapieverständnis steht. Das bedeutet, dass ein Therapeutisches Klettern als ein möglicher Baustein in der Versorgung von Patienten mit Skoliose verstanden wird und parallel bzw. im Anschluss an andere Behandlungsformen erfolgen sollte. Dafür ist eine Zusammenarbeit der verschiedenen Professionen unerlässlich. Um nur ein Beispiel zu nennen, könnte die aus der Schroth-Methode bekannte Dreh-Winkelatmung mit dem Therapeutischen Klettern verknüpft werden.

Das Konzept richtet sich hauptsächlich an Sport-, Bewegungs- und Physiotherapeuten bzw. deren Einrichtungen, die Patienten mit leichten bis mittleren Skoliosen aktivtherapeutisch behandeln oder zukünftig behandeln wollen. Dem Betroffenen könnte es eine attraktive Möglichkeit bieten, langfristig einer spezifisch ausgerichteten Körpererächtigung nachzugehen und ggf. bei ihm sogar das Interesse zum Betreiben der Sportart wecken.

2.1 Ziele

Wie einleitend angedeutet ist das oberste Ziel des Konzepts, dass der Patienten eine möglichst hohe und langfristige Therapietreue aufweist. Ganz konkret soll der Patient lernen, selbständig seine Haltung wahrzunehmen und zu korrigieren (3D-Autokorrektur) sowie dies dann auch so oft wie möglich im Alltag zu tun. Die inhaltliche Ausrichtung einer derartigen Therapieform ist, laut Definition der SOSORT [29], den PSSEs zuzuordnen.

Es wird angenommen, dass eine willkürliche Muskelaktivität kompensatorisch auf die Deformität einwirken kann. Der Patient könnte somit in die Lage versetzt werden, aktiv eine physiologischere Haltung einzunehmen. Dazu sind eine ausreichende koordinative Steuerung und ein entsprechendes Kraftniveau der relevanten Muskulatur nötig. Im Zentrum des Trainingskonzepts steht daher die Schulung eines Körpergefühls in Verbindung mit einer Kräftigung haltungsrelevanter Muskeln.

Die Kompensation kann jedoch nur dann überdauern, solange willkürlich die gewünschte Haltung eingenommen werden kann. Dementsprechend entscheidet letztendlich auch die Kraftausdauer über die Zeitspanne der Kompensation.

Zusammenfassend ist also ein wichtiges Ziel des Trainingskonzepts, bei dem Patienten eine verbesserte muskuläre Ausgangslage zu schaffen, um ihn für den Alltag zu befähigen, so lange wie möglich seine Haltung selbständig zu korrigieren.

Bezweckt wird damit die Beeinflussung der Wirbelsäulenform im Sinne einer Progressionsverhinderung bzw. sogar Regression. Folglich soll dies die Prävention von respiratorischen Dysfunktionen, Schmerzsyndromen und weiterem Behandlungsbedarf im Erwachsenenalter sowie der Verbesserung der Ästhetik bewirken. Durch die selbst herbeigeführte Haltungsverbesserung könnte sich auch das psychologische Wohlbefinden, im Sinne einer gesteigerten Selbstwirksamkeit und eines erhöhten Selbstbewusstseins, verbessern. Die genannten Zwecke des Trainingskonzepts sind somit mit denen der SOSORT-Leitlinie (2016) konform [29].

2.2 Leitsätze und deren Umsetzung

Um die genannten Ziele zu erreichen, werden Mittel aus der Sportart Klettern genutzt. Das bedeutet, die Therapie beinhaltet hauptsächlich ein Klettertraining an einer künstlichen Kletterwand, das i.d.R. ohne Zusatzgewichte ausgeführt wird. Dabei lautet der 1. Leitsatz des Trainingskonzepts:

„So viel klettern wie möglich, bei so viel Therapie wie nötig.“

Der Leitsatz stammt von Dr. René Kittel [30,33] und wurde für das Konzept übernommen. Das große Potential des Therapeutischen Kletterns liegt in dem motivationalen Aufforderungscharakter einer Kletterwand und dem Ausführen von spannenden Bewegungen [95]. Gleichzeitig bietet Klettern die Möglichkeit Kraft, Beweglichkeit und Koordination zu trainieren [95,96]. Ein wertvoller Nebeneffekt ist die inhärente Gleichgewichtsschulung [31]. Unter therapeutischer Anleitung kann dieses Training sehr spezifisch erfolgen und eher konditionell oder koordinativ ausgerichtet werden [31]. Die therapeutische Einwirkung sollte zwar eine zentrale Rolle spielen, jedoch immer unter der Berücksichtigung eines größtmöglichen Klettererlebnisses, um das motivationale Potential auszuschöpfen.

Sobald die Kletterwand hauptsächlich zum Klettern und nicht als alternatives Gerät zur Durchführung von klassischen Trainingsübungen genutzt wird, sei von einer Klettertherapie zu sprechen [33]. Trotzdem sollten alle notwendigen therapeutischen Maßnahmen durchgeführt werden.

Wie Kittel (2015) [30] beschreibt, ist die Auswahl an Übungen, neben der Belastungssteuerung, die größte Herausforderung für die Planung einer Klettertherapie. Grundlegend kann man zwischen klassischen und kletterspezifischen Therapieübungen an einer Kletterwand unterscheiden [30]. Zur Differenzierung kann man sich bei jeder Übung überlegen, ob diese auch ohne Kletterwand, ggf. mit anderen Hilfsmitteln (Hocker, Klimmzugstange, Sprossenwand, etc.) möglich ist. Wenn das der Fall ist, handelt es sich i.d.R. um eine klassische Übung, die an einer Kletterwand umgesetzt wird. Diese können genutzt werden, um sich an die Kletterwand zu gewöhnen und die verschiedenen Griffarten kennenzulernen. Außerdem kann eine Schulung der Ganzkörperspannung und der korrekten Haltung als Voraussetzung für die kletterspezifischen Therapieübungen erfolgen. Mühlbauer et al. kommen in ihrer Studie, in der sie die Muskelaktivitäten bei verschiedenen Übungen an der Kletterwand

verglichen, zu dem Schluss, dass zumindest bzgl. des Schultergürtels, klassische Übung in frühen und kletterspezifische in späten Rehabilitationsphasen angewendet werden können [97].

Kletterspezifische Übungen weisen außerdem einen höheren Komplexitätsgrad auf [30]. Daher ist vor der Anwendung eines Krafttrainings die Bewegungskoordination meist intensiver zu schulen als bei klassischen Übungen.

Kletterspezifische Therapieübungen machen jedoch erst den Reiz dieser Therapieform aus [30]. Daher sind für das Krankheitsbild der Skoliose kletterspezifische Übungen konzipiert worden (siehe Anhang A1), um dem 1. Leitsatz gerecht zu werden.

Eine Modifikation der eigentlichen Kletterbewegungen ist für therapeutische Zwecke jedoch unerlässlich, da die klettertechnisch optimale bzw. ökonomischste Bewegungsausführung nicht unbedingt einer wirksamen Therapieübung entspricht. Das bedeutet, die therapeutischen Maßnahmen zur Behandlung der Skoliose werden zwar mit Kletterbewegungen in Verbindung gebracht, sind jedoch nicht gleichzusetzen. Die Schaffung von Bewegungsvoraussetzungen ist dabei sehr bedeutend und wird im Unterkapitel „Kletterspezifische Voraussetzungen“ weiter ausgeführt.

„So viel Klettern wie möglich, bei so viel Therapie wie nötig“ bedeutet aber auch, dass jeder Teilnehmer ausreichend Trainingszeit an der Kletterwand hat. Aus sozialer und motivationaler Sicht findet, aufgrund potentieller Vorteile gegenüber eines Einzeltrainings, das Training in einer Kleingruppe statt. Dabei sollte für einen optimalen Betreuungsschlüssel, eine Gruppengröße von 6 Teilnehmern nicht überschreiten. Natürlich hängt dies auch von der Größe der zur Verfügung stehenden Klettertherapiewand ab. Die Empfehlung bezieht sich hierbei auf eine optimale Kletterfläche von 3 x 5 m. Falls weniger zur Verfügung steht, sollte die Gruppe möglichst kleiner sein.

Der 2. Leitsatz des Trainingskonzepts bezieht sich auf die Schaffung kletterspezifischer Bewegungsvoraussetzungen in Verbindung mit einem freudbetonten Lernen und lautet:

„Spielend klettern lernen!“

Keine Sportart ist ohne das Erlernen von Grundtechniken möglich. Klettertechniken lassen sich hervorragend spielerisch durch den hohen Wiedererkennungswert erlernen [98]. Spielen ist hier in weiter Definition zu verstehen, denn es sind neben gesellschaftlichen Spielen oder sportlichen Wettkämpfen, auch Rollenspiele⁷ und das Spielen mit der Wand sind gemeint.

Der Vorteil von Spielen gegenüber einem reinen Techniktraining ist, insbesondere aber nicht nur bei Kindern- und Jugendlichen, die freundvolle Betonung und der hohe Erinnerungseffekt [98]. Außerdem können Spiele den eingangs befürworteten Spaß beim Training bringen. Ein wertvoller Nebeneffekt von Kletterspielen ist, dass nahezu unbemerkt, viele anstrengende Kletterbewegungen hintereinander ausgeführt werden können [98]. Viele Ideen, wie durch verschiedene Spiele Klettertechniken erlernbar sind, finden sich z.B. Kittel (2014) [98].

⁷ Bei einem Rollenspiel schlüpft man mit einer zugrundeliegenden Geschichte in die Rolle eines fiktiven Lebewesens

Die beide Leitsätze finden sich in den Kerninhalten des Trainingskonzepts wieder. Sie bestehen aus dem Sammeln von spielerischen Bewegungserfahrungen innerhalb der Sportart Klettern und einem Systemtraining nach dem PM [30-33], bei dem die skoliosespezifischen Trainingsübungen (vgl. Kapitel 3) durchgeführt werden.

In den ersten Therapieeinheiten sollte der spielerische Teil des Kletterns (ca. 2/3 der Trainingseinheit) überwiegen. Dies bietet ausreichend Zeit, um Klettertechniken zu erlernen und sie dann bei den skoliosespezifischen Übungen zu nutzen.

Mit steigender Anzahl an Trainingseinheiten sei dann, für eine zweckmäßige Behandlung, der spezifische Anteil systematisch zu erhöhen, bis eine Trainingseinheit zu ca. 2/3 aus diesem besteht. Jede Trainingseinheit sollte von einem Sport- oder Physiotherapeuten mit klettertherapeutischer Ausbildung geleitet werden, um eine qualitativ hochwertige Therapie zu gewährleisten.

2.3 Das Potsdamer Modell

Es gibt verschiedenste Varianten des Kletterns. Die bekanntesten Wettkampfdisziplinen sind zum einen der Vorstieg (Lead), bei dem ein Seil von unten beim Erklimmen einer Wand vom Kletterer an Sicherungspunkten eingehängt werden muss. Zum anderen gibt es das Speedklettern, bei dem das Seil bereits an der höchstgelegenen Sicherung umgelenkt wird und man sich so auf das schnellstmögliche Klettern konzentrieren kann (Toprope-Klettern). Dagegen findet das Bouldern in Absprunghöhe statt, wodurch materielle Sicherungsmaterialien, abgesehen von Weichbodenmatten, nicht erforderlich sind [99, 100].

Ein Klettertraining nach dem PM bedeutet letztendlich „Therapiebouldern“. Es ermöglicht, gezielte Kraftübungen systematisiert an der Kletterwand während des Boulderns umzusetzen. Der materielle Aufwand ist dadurch geringer und eventuell notwendige Korrekturen bzw. Hilfestellungen können direkt erfolgen.

Diese Form des therapeutischen Kletterns bietet sich v.a. bei orthopädischen Indikationen an, bei denen die korrekte Ausführung spezifischer Übungen notwendig ist. Das Modell wurde von der Potsdamer Arbeitsgruppe um Dr. René Kittel entwickelt. Frühere Publikationen liefern eine ausführliche Beschreibung [30-33].

Bei der Sportart Klettern gibt es spezifische Griff- und Trittmuster [97]. Diese sind entweder durch die natürliche Felsstruktur oder einen Routenbauer vorgegeben. Die Aufgabe für den Kletterer besteht nun darin, geeignete Bewegungen zu finden, um weiterzukommen. In der Fachsprache wird das als „Problemlösen“ bezeichnet, da der Kletterer ständig vor dem Problem steht, wie er weiterklettern kann [97]. Dagegen fordert der Therapeut in der Klettertherapie nach dem PM spezifische Bewegungen vom Patienten. Daher müssen die Griffe und Tritte entsprechend angeordnet werden, um eine geforderte Bewegung zu ermöglichen [33]. Da es meistens verschiedene Lösungen gibt, reicht es i.d.R. nicht aus, die Griff-Tritt-Muster anzuschrauben und zu hoffen, dass der Patienten die geforderte Bewegung umsetzt. Ihm ist zusätzlich zu erklären, wie er klettern soll.

Die Einzigartigkeit von Kletterbewegungen kann jedoch die Übungsauswahl an einer Kletterwand erschweren, da jede ihre eigene Muskelschlinge besitzt [19]. Dies setzt ein hohes therapeutisches und kletterspezifisches Wissen voraus [33]. In der Literatur sind über 70 Klettertechniken bzw. -bewegungen beschrieben. Der beigefügte Übungskatalog (Anhang A1) beinhaltet eine Auswahl an Bewegungen, die in der Skoliotherapie genutzt werden können.

Wiederholende Abläufe sind für ein sportliches Training unerlässlich (vgl. Prinzip des trainingswirksamen Reizes [101]). Daher beschreibt das PM, in Anlehnung an das von Rudi Klausner geprägte Systemtraining [102], wie dies an einer Kletterwand umsetzbar ist. Das Modell nutzt gleichartige Schraubmuster bestehend aus Griffen und Tritten, um mehrere Bewegungswiederholungen zu ermöglichen. Der Therapeut überlegt sich also eine therapierelevante Bewegung und ordnet die Griffen und Tritte dementsprechend an. Anschließend wird zur Sequenzierung das gleiche Schraubmuster verwendet. Je nach Größe der Kletterwand, ist also eine Therapiebewegung mehrmals hintereinander durchführbar. Außerdem bietet das Modell damit eine Möglichkeit, die Belastung zu steuern (vgl. Kapitel 2.3.2).

2.3.1 Übungsgestaltung

Den Ausführungen von Kittel [103] zufolge, bedeutet Klettern bzw. sich an einer Kletterwand festzuhalten, sehr vereinfacht gesprochen, nichts anderes als das Entgegenwirken der Schwerkraft. Sobald die Schwerkraft größer ist als die Haltekraft des Kletterers, fällt dieser von der Wand herunter. Leistungslimitierend ist also immer die Griffkraft. Ein permanentes Ziel beim Klettern ist es daher, die Hand- und Fingermuskulatur so weit wie möglich zu entlasten, um nicht herunterzufallen [103]. Zur Erreichung dieses Ziels können durch das Zusammenwirken von Muskelketten (Schlingen) spezifische Körperpositionen eingenommen werden.

Um sich fortzubewegen, muss der Kletterer jedoch regelmäßig mindestens eine Extremität entlasten, damit diese einen nächsten Griff oder Tritt erreichen kann (statisches Klettern mit 3 festen Punkten an der Wand und einer entlasteten Extremität zum Weitergreifen bzw. -treten [19,104]). Dies ist die kritischste Phase des Kletterns, da nun weniger Muskelketten zur Verfügung stehen, um der immerwährenden Schwerkraft entgegenzuwirken. Das bedeutet auch, dass sich, je nach Körperposition, die Belastung einer spezifischen Muskelkette erhöht, sobald weitergegriffen bzw. -getreten wird.

Das statische Klettern beinhaltet also wiederholende isometrische Muskelaktionen innerhalb einer geschlossenen Kette [33]. Dies gilt insbesondere für die Unterarmmuskulatur [96], aber auch für die anderen Muskeln der beanspruchten Schlinge. Das Wechselspiel aus Belastungserhöhung und -verringern kann, ähnlich eines herkömmlichen Krafttrainings, zur Muskelkräftigung genutzt werden. Die Belastungssteuerung beim Therapeutischen Klettern nach dem PM erfolgt deshalb über

die Einteilung einer Kletterbewegung in Entspannungs-⁸ und Belastungsphasen [31]. Dazu werden anhand von Kontaktstellen der Extremitäten zur Wand geometrische Muster, bestehend aus Dreiecken und Vierecken, genutzt.

Eine Entspannungsphase findet sich immer in der Ausgangs- und Endposition wieder, wobei sich vier Extremitäten an der Wand befinden, um möglichst wenig Anstrengung zu fordern. Es entsteht ein Entspannungsviereck (Abb. 9 a)).

Die Belastungsphase, wird über vorbereitende Bewegungen eingeleitet, um eine bestimmte Extremität von der Wand zu lösen. Sobald sich drei Extremitäten an der Wand befinden, was einem Weitergreifen oder Weitertreten beim Klettern entspricht, entsteht ein Belastungsdreieck (Abb. 9 b)).

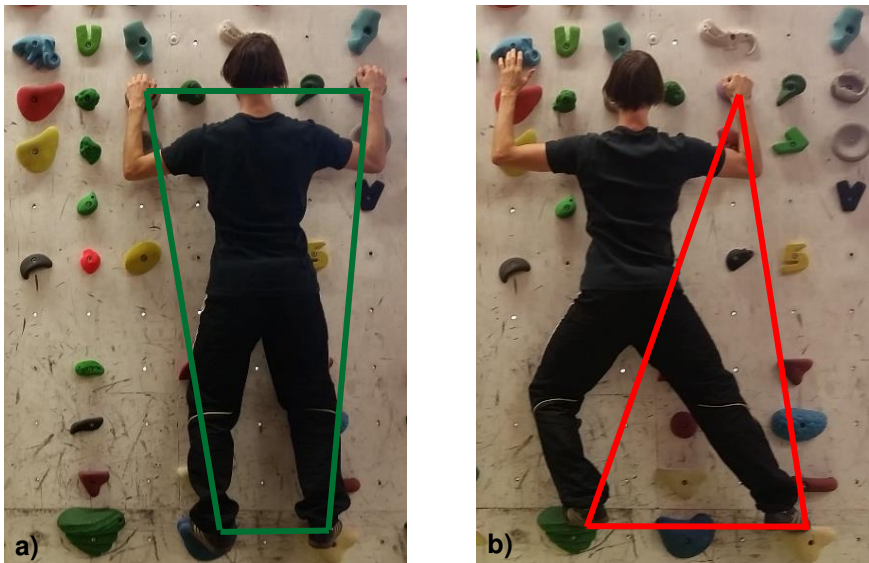


Abb. 9 a) Entspannungsviereck **b)** Belastungsdreieck

Eine Bewegungssequenz nach dem PM setzt sich also aus 4 Phasen zusammen (Abb. 10), die in ihrer Struktur, mit denen aus der Sportart Klettern übereinstimmen [19,103]. Die erste Phase ist die Ausgangsposition⁹, bei der ein Ausgangsviereck (1) eingenommen wird. Daraufhin folgt die Vorbereitungsphase (2), die i.d.R. aus einer Körperschwerpunktverschiebung (KSP-Verschiebung) besteht. Es sind aber auch vorbereitende Griff- und Trittfolgen möglich, um die therapierrelevante Bewegung einzuleiten. Letztere haben jeweils ihre eigene Phasenstruktur, die hier jedoch der Einfachheit halber vernachlässigt werden. In der 3. Phase erfolgt die Durchführung der therapiewirksamen Bewegung während eines Belastungsdreiecks (Weitergreifen) (3). Zum Schluss wird ein Endviereck (4) eingenommen, welches dem der 1. Phase entspricht.

⁸ auf die ursprüngliche Bezeichnung „Stabilisationsphase“ wird verzichtet, da auch die Belastungsphase eine Stabilisationskomponente beinhaltet

⁹ in der Literatur nicht immer in der Phasenstruktur einer Kletterbewegung vorhanden

Bewegungsrichtung



Abb. 10 Phaseneinteilung einer Kletterbewegung nach dem Potsdamer Modell

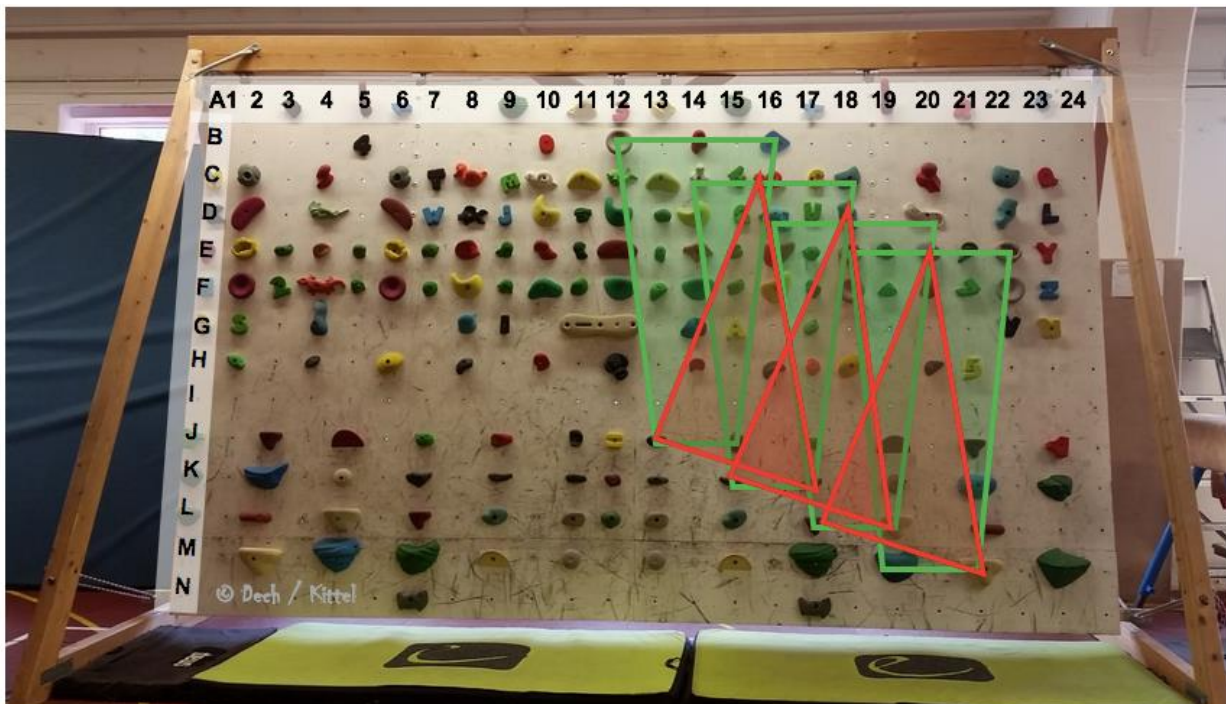


Abb. 11 Schraubmuster mit Ausgangs- bzw. Endvierecken und Belastungsdreiecken einer gleichartigen Bewegungssequenz

Durch die vierstufige Phaseneinteilung können Kletterbewegungen zyklisiert werden. Abb. 11 veranschaulicht, ein gleichartiges Schraubmuster, welches die Bewegungssequenz aus Abb. 10, dreimal hintereinander ermöglicht. Dabei entspricht das Endviereck der 1. Bewegungssequenz dem Ausgangsviereck der 2., deren Endviereck wiederum das Ausgangsviereck der 3. Bewegung bildet.

2.3.2 Belastungssteuerung

Durch die geometrischen Muster ist es möglich, ein Klettertraining mit der Belastungssteuerung aus der medizinischen Trainingstherapie zu verbinden. Auf Wiederholungszahlen kann beim Therapiebouldern jedoch nur bedingt zurückgegriffen werden, da die Kletterstrecke meist auf wenige Bewegungen begrenzt ist. Daher wird die Haltezeit der einzelnen Belastungsdreiecke als Parameter zur Belastungssteuerung genutzt. Um diese Zeit zu verlängern, kann der Kletterer das Weitergreifen oder -treten zeitlupenartig ausführen. Das würde weiterhin eine dynamische Muskelarbeitsweise ermöglichen. Der koordinative Anspruch könnte aber auch reduziert werden, indem der Patient die Kletterbewegung für eine definierte Zeit einfriert. Der Vorteil darin liegt, dass dadurch eine haltende isometrische Muskelarbeit gefordert wird, welche v.a. beim Krafttraining in spezifischen Gelenkstellungen sinnvoll ist. Insbesondere bei therapeutischen Haltungskorrekturen ist diese Form der Muskelaktion relevant [41]. Das Einfrieren kann auch stufenweise erfolgen. Außerdem sind Zusatzaufgaben, wie das Antippen oder Umkreisen von Griffen bzw. Tritten möglich. Dadurch kann die Therapie abwechslungsreich und kindgerecht (z.B. über Tiergriffe, etc.) gestaltet werden. Ein Training der Haltefunktion von Muskelketten gegen die Schwerkraft ist demnach mit einfachen Mitteln an einer Kletterwand umsetzbar.

Die akkumulierten Haltezeiten der seriell geschraubten Belastungsdreiecke bieten einen Rückschluss auf die zu trainierende Kraftdimension. Dazu hat die Potsdamer Arbeitsgruppe den von Weineck (2009) dargestellten Zusammenhang zwischen den Kraftdimensionen und der maximalen Haltezeit modifiziert (Tab. 8) [105].

Tab. 8 Zusammenhang zwischen Kraftdimension und max. Haltezeit (Kittel, 2015; mod. nach Weineck 2009)

Erscheinung	Haltezeit	% der Maximalkraft
Maximalkraft	1 bis 4 s	90 bis 100 %
Hypertrophie	8 bis 15 s	80 bis 90 %
	15 bis 30 s	60 bis 80 %
Kraftausdauer	40 bis 60 s	40 bis 60 %

Trotzdem sollte der Therapeut auch immer auf subjektive Belastungsphänomene, wie z.B. Muskelzittern, vermehrtes Schwitzen oder verminderte Bewegungskoordination achten [31]. Voraussetzung, um mit Hilfe der Haltezeit einen Rückschluss auf die trainierte Kraftdimension zu erhalten, ist nämlich immer eine „Ausbelastung“. Dies kann v.a. im therapeutischen Bereich bedeuten, dass eine korrekte Übungsausführung nicht mehr möglich ist. Falls dies von vornherein nicht gegeben ist, sollte die Übung vereinfacht bzw. zunächst angebahnt werden. Ein Krafttraining ist also immer nachgeordnet.

Eine Erleichterung bzw. Erschwerung einer Therapieübung ist dabei über die Wandneigung [106], diverse Körperpositionen oder die Hinzu- bzw. Wegnahme von Unterstützungsmöglichkeiten erreichbar. Letztere können durch die Griff- und Trittart, deren Abstände zueinander [97] bzw. zur Körpermitte [31] erfolgen. Auch die Anzahl an unterstützenden Fingern/Fingerglieder bzw. Füßen kann verringert werden.

Unter Zunahme der restlichen Belastungsnormative (Umfang, Dichte, Dauer und Qualität der Bewegungsausführung [101,107]) ist die Trainingseinheit je nach Zielstellung zu gestalten [31]. Dies kann entsprechend der Phaseneinteilung nach H.P. Meier erfolgen [108]. Dabei ist zu beachten, dass die Behandlung von Patienten mit Skoliose nicht der klassischen, orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation entspricht. Dennoch können die zugehörigen Belastungsnormative der einzelnen Phasen als Orientierung zur Trainingssteuerung genutzt werden. Entscheidend ist immer die korrekte Übungsausführung in Abhängigkeit von der Tagesform.

Trainingsgruppen können dann zwar die gleichen bzw. ähnliche Übungen ausführen, jedoch immer nur mit einer Binnendifferenzierung. Weitere Betrachtungen zur individuellen Trainingsgestaltung finden sich im nachfolgenden Kapitel.

Das PM beschränkt sich nicht nur auf Kletterbewegungen, bei denen sich mindestens drei Extremitäten an der Wand befinden. Um ein Belastungsdreieck zu erschweren, ist es u.a. möglich, eine Extremität von dem Griff/Tritt zu lösen, nur noch an die Wand zu lehnen oder sogar ganz wegzunehmen. Das Belastungsdreieck wird dadurch bewusst aufgelöst. Das Prinzip dahinter ist jedoch identisch. Außerdem könnte das Training bei Bedarf auch Formen des modernen Kletterns mit dynamischeren Anteilen beinhalten, um beispielsweise Reaktivkrafttrainingsmethoden anzuwenden [30,109]. Die Phaseneinteilung nach dem PM ist dabei nicht mehr 1:1 möglich. Die prinzipielle Einteilung dynamischer Bewegungssequenzen in Entspannungs- und Belastungsphasen kann dennoch genutzt werden.

2.4 Individualisierung

Klettern ist eine Bewegungsform, die den ganzen Körper trainiert [1,19,30]. Dabei richtet sich die Hauptbelastung nach dem Prinzip des schwächsten Glieds in der Kette [33,95]. Obwohl alle Teile der Kette beansprucht werden, wird der am wenigsten trainierte am meisten gefordert. Dennoch ist es für eine zielführende Therapie entscheidend, spezifische Muskeln vermehrt zu belasten.

Aufgrund der unterschiedlichsten Formen einer Skoliose, sind die spezifischen Übungen individuell an den Patienten anzupassen. Dazu ist im Voraus eine Befunderhebung, am besten mit Abgleich zum radiologischen Befund, nötig. Erst wenn dem Therapeuten die genaue Form und Rotationstellung der Wirbelsäule bekannt sind, kann er Ableitungen für das Training treffen.

Die Individualisierung erfolgt durch ein Training unterschiedlicher Muskeln bzw. deren Akzentuierung während des Belastungsdreiecks. Mitunter muss der Patient dazu auch die Kletterrichtung ändern, sodass die jeweiligen Therapieboulder auch spiegelverkehrt geschraubt sein müssen. Durch

Drehen von Griffen und damit der Änderung der Belastungsrichtung ist es möglich, die notwendigen Muskelschlingen einer Übung zu verändern [31].

Wie die einzelnen Übungen an bestimmte Skolioseformen angepasst werden können, wird detailliert in dem angehängten Katalog beschrieben (siehe Anhang A1). Die Ausführung entstammen theoretischen Überlegungen und praktischen Erfahrungen. Zukünftig könnten EMG-Analysen die Vorschläge überprüfen.

Ein wichtiger Punkt bei der Individualisierung ist außerdem die individuelle 3D-Autokorrektur des Beckens, der Wirbelsäule, der Skapula und des Kopfes während des Kletterns. Der Therapeut sollte dazu gezielte Korrekturhinweise geben. Da v.a. zu Beginn der Therapie viele davon nötig sind, muss er sich auf die wichtigsten fokussieren. Entscheidend ist, dass der Patient keine kontraproduktiven Bewegungsmuster lernt.

Um individuell zu trainieren, muss das Ziel einer jeden Übung klar sein. Wenn Wirbelkörper in der Transversalebene derotieren werden sollen, dann muss ein Patient mit einer atypischen Skoliose, die Übung ggf. spiegelverkehrt ausführen. Bei mehreren Bögen ist dagegen zu beachten, dass sich keiner beim Üben verstärkt. So kann bei einer 3-bogigen Skoliose eine Übung i.d.R. nur unter besonderer Aufmerksamkeit und Korrektur des anderen Bogens durchgeführt werden. Mitunter sollte ein Patient mit einer 4-bogigen Skoliose, nur beidseitig trainieren, unter jeweilig bestmöglicher Korrektur der einzelnen Krümmungen.

2.5 Allgemeine Voraussetzungen

Einige Voraussetzungen müssen für eine Klettertherapie nach dem PM gegeben sein. Die wichtigste Bedingung ist zuallererst eine allgemeine Sporttauglichkeit.

Auch wenn aktive automobilisierende Übungen an einer Kletterwand möglich sind, sollten im Voraus die betreffenden Gelenke ausreichend beweglich sein. Außerdem ist vor einer skoliosespezifischen Klettertherapie eine hinlängliche Becken-, BWS-, Schulter-, Schulterblatt- und Kopfsteuerung wünschenswert [30]. Auch wenn die Ätiologie einer idiopathischen Skoliose unbekannt ist, gehen einige Autoren davon aus, dass das sagittale Profil beteiligt sein könnte und damit die Beckenstellung eine besondere Bedeutung hat [29, 110].

Der Patient sollte daher die Einstellung und Fixierung einer funktionellen Lendenlordose durch entsprechende Beckenbewegungen vor einer Klettertherapie üben [30]. Eine methodische Reihung der klassischen Beckenschaukel (Aufrichten und Kippen des Beckens) von der Rückenlage, über den Vierfüßlerstand, dem Sitz, dem Stand, bis hin zur Umsetzung an der Kletterwand wäre sinnvoll [30]. Die häufig abgeflachte BWS sollte wieder aktiv kyphosiert werden können [41]. Dafür bieten sich Übungen, zuerst ohne, dann gegen die Schwerkraft und zuletzt gegen Widerstand an. Auch die von Weiß beschriebenen „physio-logic®-Übungen“ sind möglich [110].

Die Bewegungssteuerung der Schulterblätter und Schultern sowie des Kopfes, sind mit dem Patienten systematisch zu erarbeiten, bis dieser in der Lage ist, dies auch an einer Kletterwand umzusetzen.

2.6 Kletterspezifische Voraussetzungen

Klettern ist eine Bewegungsform, die i.d.R. in jedem Menschen verankert ist [1,19]. Das Krabbeln¹⁰ im Kleinkindalter ist von der Bewegungskoordination nichts anderes als Klettern in der Horizontalen [30,103]. Wenig später werden Treppenstufen, Hocker, Stühle und sogar Bäume erklettert. Die Grundvoraussetzung ist also i.d.R. bei jedem vorhanden. Da der Alltag jedoch mehr und mehr auf zwei Beinen bzw. im Sitzen stattfindet, ist die gekoppelte Koordination von 4 Extremitäten zur Fortbewegung meist ungewohnt. Kletteranfänger verfallen häufig in eine Passgangbewegung [19,103]. Die innewohnenden Bewegungsmuster müssen also wieder in Erinnerung gerufen werden. Je jünger man ist, desto leichter kann dies erfolgen.

Da, wie bereits erwähnt, das große Potential des Therapeutischen Kletterns nicht nur in dem inhärenten Krafttraining, sondern in der motivationalen Aufforderung zum Training liegt, sollte dieses, auch kletterspezifisch ausgelegt sein. Dazu sind einige technische Voraussetzungen, wie bei jeder Sportart, notwendig. Als Basis sollte der Patient das Kletter-ABC erlernen, das Kletterprinzipien, wie die diagonale Belastung von hauptbelastetem Griff und Tritt und einhergehender KSP-Verschiebung beinhaltet [vgl. u.a. 111]. Darauf aufbauend können weitere Klettertechniken genutzt werden, um spannende Therapiebewegungen an der Wand durchzuführen. Beschreibungen der grundlegenden Klettertechniken finden sich u.a. bei Krug [104], Hoffmann [112] oder kindgerecht bei Kittel und Hupe [98].

2.7 Griffe und Tritte bei einer Klettertherapie

Beim Klettern gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Griffe und dementsprechend Grifftechniken [vgl. z.B. 104]. Für eine Klettertherapie sind jedoch ergonomisch geformte Griffe relevant [19]. Daher sollten Henkel mit positivem Neigungswinkel, die mit mindestens zwei, besser sogar drei Fingergliedern und damit in gebeugter Fingerposition greifbar sind, verwendet werden (Abb. 12). Entscheidend ist, dass sich der Patient gut festgehalten kann und nicht die Fingermuskulatur zum limitierenden Faktor bei einer Übung wird. Die bewusste Verwendung von kleineren Griffflächen kann jedoch für eine Erhöhung der Belastung anderer Extremitäten verwendet werden. Dabei ist zu beachten, die

¹⁰ Das Krabbeln bzw. Klapp'sche Kriechen stellt eine Behandlungsform der Skoliose aus dem frühen 20 Jahrhundert dar (Klapp, 1990). Bei diesem werden zwar die Bewegungsmuster genutzt, jedoch immer nur unter einer Schwerkraftentlastung.

Finger nicht „aufzustellen“, wobei die Fingerendgelenke gestreckt bzw. überstreckt wären. Das „Aufstellen“ von Fingern, was im Klettersport häufig an sehr kleinen Griffen gemacht wird, birgt für ungeübte eine großes Verletzungspotential der Ringbänder [113].

Ein Griff kann in jedem beliebigen Rotationswinkel an eine Kletterwand geschraubt werden. Somit ergeben sich unterschiedliche Griffaus- und dementsprechend Belastungsrichtungen. Es gibt Obergriffe (**Abb. 12 a**)), Seitgriffe (**Abb. 12 b**)) und Untergriffe (**Abb. 12 c**)) bzw. jeweilige Zwischenstellungen. Je nach Stellung der Hand zu einem Griff, kann dieser auf natürliche oder unnatürliche Art belastet werden [98]. Beim natürlichen Greifen zeigt der gestreckte Daumen nach oben und beim unnatürlichen zur Seite oder nach unten. Letzteres wird auch Schultergriff bzw. Gaston genannt (**Abb. 12 d**)) [104], da eine solche Griffbelastung vermehrte Aktivität in der Schultergürtelmuskulatur erfordert. Außerdem sind, mit Relevanz zur Klettertherapie, Zug- und Stützgriffe zu unterscheiden [104]. Wie ihr Name verrät, werden diese entsprechend belastet.



Abb. 12 a) Henkel Obergriff **b)** Henkel Seitgriff **c)** Henkel Untergriff **d)** Henkel Schultergriff

Ähnlich vielfältig sind Tritte und Tritttechniken differenzierbar [vgl. z.B. 104]. Für eine Klettertherapie kommen eher große Tritte in Frage, auf die der Patient problemlos, auch ohne spezielle Kletterschuhe stehen kann [19]. Diese großen Tritte, in der Fachsprache auch als Band oder Absatz bezeichnet [104], sollten einen positiven oder neutralen Neigungswinkel haben, um einen festen Stand zu gewährleisten (**Abb. 13 a**) und **b**)).



Abb. 13 a) großer Tritt und **b)** kleiner Tritt mit neutralem Neigungswinkel

Bei den unterscheidbaren Fußstellungen [vgl. z.B. 104], sind für eine Klettertherapie wiederum alle relevant. Sowohl das Stehen auf dem Innen- und Außenrist, auf dem Ballen in einer Frontalstellung als auch das sogenannte „Hooken“, bei dem der Tritt mit den Zehen (Toe-Hook, Abb. 14 a)) oder mit der Ferse (Heel-Hook, Abb.14 b)) gehakelt wird, lässt verschiedene Therapieübungen zu.

Es sollte beachtet werden, dass zu große Griffe und Tritte, die sehr weit von der Wand abstehen, ein Verletzungspotential bei einem Abrutschen bergen [19]. Andererseits könnten diese aber auch bei verschiedenen Kletterbewegungen stören. Daher ist es im Trainingsverlauf und nach einer entsprechenden Eingewöhnungsphase, sinnvoll, die Größe zu verringern.

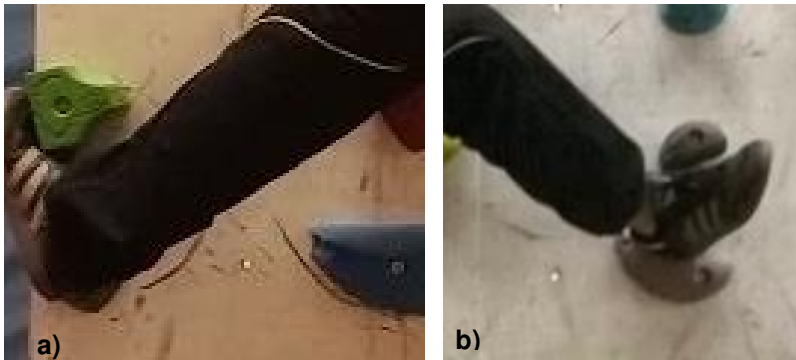


Abb. 14 a) Toe Hook und **b)** Heel Hook

III. Praktischer Teil

Ein an der Kletterwand durchgeführtes Krafttraining muss, wie bei anderen Hilfsmitteln, zuerst vorbereitet werden. Dazu sind die Benutzung des Geräts, sowie die richtige Bewegungstechnik zu schulen, bevor unter einem Kraftaspekt trainiert werden kann. Das bedeutet, ein Kletteranfänger muss zuerst die Kletterwand mit den geschraubten Griffen und Tritten kennenlernen.

Als nächstes sind grundsätzliche Klettertechniken zu erlernen bzw. wieder zu erlernen, um die Bewegungsabläufe für ein Krafttraining zu nutzen.

Das Erlernen spezieller Techniken kann dann wiederum für fortgeschrittene Übungen genutzt werden.

Besonders Kletteranfänger profitieren von einem Klettertraining, da ihre Bewegungsausführung noch unökonomisch und damit kraftaufwendig ist. Wer ineffizient klettert, führt also meistens ein Krafttraining durch. Wer dagegen die Kletterprinzipien befolgt und sich „gut an der Wand bewegt“, spart Kraft und klettert elegant. Daher kann es zur Steuerung des Krafttrainings sinnvoll sein, eine Therapieübung klettertechnisch unökonomisch zu machen. Dies kann nur unter Aufsicht und korrekten Impulsen durch einen geschulten Therapeuten erfolgen, da es völlig natürlich ist, dass man, je nach technischen Voraussetzungen, so einfach wie möglich klettert. Das ist mit Ausweichbewegungen beim klassischen Krafttraining zu vergleichen, welche zu Lasten des Trainings der Zielmuskulatur führen. Die Bewegungen bei fortgeschrittenen Kletterern müssen daher meist, für ein therapeutisch wirksames Krafttraining an der Wand, gezielt verändert und damit der Kraftanteil erhöht werden. Dem Patienten sollte immer transparent sein, wozu dies nötig ist.

Außerdem könnten sich einige, biomechanisch sinnvolle Kletterpositionen negativ auf den individuellen Pathomechanismus auswirken, wenn beispielsweise eine Hyperlordose eingestellt wird, um den KSP dicht an die Wand zu bringen und damit die Abzugskraft zu minimieren [103].

3 Therapieübungen

Übungen zur Becken-, BWS-, Schulterblatt, und Kopfsteuerung sollten, wie bereits erwähnt, vor den kletterspezifischen Übungen durchgeführt werden (z.B. Beckenschaukel, BWS-Aufrichtung, Interkapuläre Spannung in horizontaler und vertikaler Ebene, Frontalrudern, etc.). Auch die Beckenkorrekturen nach Schroth [41] kann der Therapeut in diesen Prozess einbinden. Viele Übungen wurden bereits bei Kittel [30] vorgestellt. Dazu gehört die „BWS-Aufrichtung und Depression des Schultergürtels“ sowie „Retraktion des Schultergürtels und Adduktion des Schultergelenks“. Anschließend können auch die beschriebenen, weniger komplexen Klettertherapieübungen eingebaut werden. Bei diesen kann der Patient die Becken-, BWS-, Schulterblatt- und Kopfsteuerung verfestigen. Dazu gehören z.B. die Übungen „Aktive Rotation der Brustwirbelsäule“, „Rumpfstabilisation durch Löcher tippen 1 und 2“, „Rumpfstabilisation durch Diagonalität“ sowie „Rumpfstabilisation durch offene Tür“. Auf dem Grundlagenbuch aufbauend, sind die skoliosespezifischen Übungen im Anhang (A1) präsentiert. Darin befindet sich auch ein Glossar und ein Abschnitt zum Gebrauch des Katalogs.

Mit Hilfe dieser Übungen könnte womöglich eine komplexe Körperkoordination geschult werden sowie eine Stärkung der für die Skoliose relevanten Muskulatur erfolgen, wobei der Kletteraspekt einen bedeutenden Teil einnimmt.

4 Erprobung

Die Therapieübungen wurden größtenteils im Rahmen einer unveröffentlichten Pilotstudie der Professur für Regulative Physiologie & Prävention (Universität Potsdam) an Jugendlichen mit Skoliose erprobt. Die Analyse der konzipierten Übungen hinsichtlich der individuellen Anpassung an die Krümmungsform der Wirbelsäule, der methodischen Reihung, Schwierigkeitsdifferenzierung und der Organisation im Gruppenbetrieb, lässt den Schluss zu, dass sie bei Skoliosepatienten angewendet werden können.

IV. Vorbereitung einer randomisierten kontrollierten Studie

Dieses Kapitel enthält teilweise sensible Daten zur Studie „Therapeutisches Klettern nach dem Potsdamer Modell bei Jugendlichen mit Skoliose“, weswegen die Inhalte der Seiten 58 – 68 inkl. der Anhänge A2 – A4 entfernt worden sind. Die öffentlich zugänglichen Informationen befinden sich im Deutschen Register für klinische Studien unter der Registrierungsnummer DRKS00020459 und folgender Webadresse: www.drks.de/DRKS00020459

Seiten 59 – 68 entfernt

Literaturverzeichnis

- 1 Leichtfried V. Therapeutisches Klettern – eine Extremsportart geht neue Wege. In: Berghold F, Brugger H, Burtscher M, Domej W, et al. Hrsg. Alpin- und Höhenmedizin. Wien: Springer; 2015. S. 107-17.
- 2 Heitkamp HC, Mayer F, Böhm S. Effekte eines Klettertrainings im Vergleich zu isokinetischem Krafttraining auf die wirbelsäulenstabilisierende Muskulatur. Aktuelle Rheumatologie 1999; 24:40-6.
- 3 Engbert K, Weber M. The effects of therapeutic climbing in patients with chronic low back pain: a randomized controlled study. Spine 2011;36:842-9.
- 4 Velikonja O, Curic K, Ozura A, Jazbec SS. Influence of sports climbing and yoga on spasticity, cognitive function, mood and fatigue in patients with multiple sclerosis. Clin Neurol Neurosurg 2010;112:597-601.
- 5 Mazzoni ER, Purves PL, Southward J, Rhodes RE, Temple VA. Effect of indoor wall climbing on self-efficacy and self-perceptions of children with special needs. Adapt Phys Activ Q 2009;26:259-73.
- 6 Goldman S. Rock climbing as a competence induction technique for anxiety management training with snake phobia. Dissertation Abstracts International 2004;665:2625.
- 7 Fleissner H, Sternat D, Seiwald S, Kapp G, Kauder B, Rauter R, Kleindienst R, Hörmann J. Therapeutic climbing improves independence, mobility and balance in geriatric patients. Euro J Ger 2010;12:12-6.
- 8 Kern C. Therapieoption oder nur ein Traum? Erleben und Lernen. Internationale Zeitschrift für handlungsorientiertes Lernen 2010;18:27-31.
- 9 Soravia LM, Stocker E, Schläfli K, Schönenberger N, Schreyer M, Dittrich T, Grossniklaus C. Klettern als Chance in der Suchtbehandlung. Suchttherapie 2016;17:34-9.
- 10 Reiter M, Heimbeck A, Müller M, Voderholzer U. Bewegungstherapie und therapeutisches Klettern. DNP-Der Neurologe und Psychiater 2014;15:62-6.
- 11 Kern C. Entwicklung eines therapeutischen Kletterprogramms und Evaluation seiner Effekte auf Personen mit Multipler Sklerose. Dissertation, Technische Universität München 2014.
- 12 Veser S, Bady M, Wiesner M. Therapeutisches Klettern bei Kindern mit ADHS–Konzentriert durch Klettern. Ergopraxis 2009;2:18-21.
- 13 Niggehoff S. Klettern als erlebnispädagogisches Medium in der Entwöhnungsbehandlung Drogenabhängiger. Praxis der Psychomotorik 2003;28:191-5.
- 14 Caprano R, Sinz H. Therapeutisches Klettern – ein Fallbericht. Hoch hinaus an der Kletterwand. Physiopraxis 2008;3:36-39.
- 15 Book S, Luttenberger K. Ein neuer Weg in der Behandlung depressiver Symptome. DNP-Der Neurologe und Psychiater, 2015;16:30-34.
- 16 Stemberger M, Schmit E, Czepa D, Kurnik K, Spannagl M. Climbing therapy under PK-tailored prophylaxis. Hämostaseologie 2014;34:13-6.
- 17 Gaulrapp H, Eckstein S, Auracher M. Beidseitige Kalkaneusfraktur bei einem Gleitschirmflieger: Rehabilitation mittels Klettertherapie. Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin 2000;10:65-70.
- 18 Lorenz S, Leyser D, Imhoff AB. Nachbehandlung nach vorderem Kreuzbandersatz. Trauma und Berufskrankheit 2012;14:55-60.

- 19 Bernstädt W, Kittel R. Kletterspezifische Grundlagen. In: Lazik D, Hrsg. Therapeutisches Klettern Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2008. S.1-22
- 20 Grzybowski C, Eils E. Therapeutisches Klettern – kaum erforscht und dennoch zunehmend eingesetzt. Sportverletzung Sportschaden 2011;25:87-92.
- 21 Buechter RB, Fechtelpeter D. Climbing for preventing and treating health problems: a systematic review of randomized controlled trials. Ger Med Sci 2011;9:1-9
- 22 Frühauf A, Sevecke K, Kopp M. Ist-Stand der Fachliteratur zu Effekten des therapeutischen Kletterns auf die psychische Gesundheit – Fazit: viel zu tun. Neuropsychiatrie 2019;33:1-7.
- 23 Schmidt M. Bewegungstherapie und Rehabilitation. Manuelle Medizin 2016;54:46-9.
- 24 Heitkamp HC, Wörner C, Horstmann T. Klettertraining bei Jugendlichen: Erfolge für die wirbelsäulenstabilisierende Muskulatur. Sportverletzung Sportschaden 2005;19:28-32.
- 25 Muehlbauer T, Stuercher M, Granacher U. Effects of Climbing on Core Strength and Mobility in Adults. International Journal of Sports Medicine 2012;33:445-51.
- 26 Deutsches Skoliosenetzwerk. Physiotherapie. Zugriff am 29.05.2019 unter <http://www.deutscheskoliose-netzwerk.de/index.php/ueber-skoliose-de-de/physiotherapie/therapeutisches-klettern/>
- 27 Heitkamp HC, Weber S, Rapp W et al. Auswirkungen eines Klettertrainings auf den konvexen Teil der Rückenmuskulatur bei jugendlichen Skoliotikern. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2007;7/8:244
- 28 Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE. The physiology of rock climbing. Sports medicine 2006;36:529-45.
- 29 Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Scoliosis and spinal disorders 2018;13:3
- 30 Kittel R. Therapeutisches Klettern. Das Praxisbuch. Bad Feilnbach: TKS-Verlag 2015.
- 31 Kittel R, Jockel B, Gruber M. Übungsgestaltung und Belastungssteuerung beim therapeutischen Klettern – das Modell der Stabilisierungsvierecke und Belastungsdreiecke. B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport 2010;26;126-30.
- 32 Kittel R, Brünjes I. Aufwärts als Therapierichtung. Zeitschrift für Physiotherapeuten 2015;4:54-8.
- 33 Kittel R, Mühlbauer T, Granacher U. Therapeutisches Klettern am Gerät. Möglichkeiten und praktische Umsetzung. Physiotherapie 2013;3:11-7.
- 34 Fadzani M, & Bettany-Saltikov J. Etiological Theories of Adolescent Idiopathic Scoliosis: Past and Present. Open Ortho J 2017;11:1466-1489.
- 35 Hepp WR, Debrunner HU. Orthopädisches Diagnostikum, 7. Auflage. Stuttgart, NY: Thieme. 2004.
- 36 Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. J Child Orthop 2013;7:3-9.
- 37 Schlösser TP, van der Heijden GJ, Versteeg AL, Castelein RM. How 'idiopathic' is adolescent idiopathic scoliosis? A systematic review on associated abnormalities. PloS one 2014;9:e97461.
- 38 Burwell RG, Aujla RK, Grevitt MP, Dangerfield PH, Moulton A, Randell TL, et al. Pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis in girls - a double neuro-osseous theory involving disharmony between two nervous systems, somatic and autonomic expressed in the spine and trunk: possible dependency on sympathetic nervous system and hormones with implications for medical therapy. Scoliosis 2009;4:24

- 39 Bagnall KM. Using a synthesis of the research literature related to the aetiology of adolescent idiopathic scoliosis to provide ideas on future directions for success. *Scoliosis* 2008;3:5.
- 40 Porter RW. Can a short spinal cord produce scoliosis? *Eur Spine J* 2001;10:2-9.
- 41 Lehnert-Schroth C, Göbel P. Dreidimensionale Skoliosebehandlung. *Atmungsorthopädie System Schroth*. 8. Auflage. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier. 2014.
- 42 Chu WC, Man GC, Lam WW, Yeung BH, et al. Morphological and functional electrophysiological evidence of relative spinal cord tethering in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2008;33:673-80.
- 43 Chu WC, Lam WW, Chan YL, Ng BK. Relative shortening and functional tethering of spinal cord in adolescent idiopathic scoliosis?: study with multiplanar reformat magnetic resonance imaging and somatosensory evoked potential. *Spine* 2006;31:E19-E25.
- 44 Lew SM, Kothbauer KF. Tethered cord syndrome: an updated review. *Pediatr Neurosurg* 2007;43:236-48.
- 45 Castelein RM, van Dieën JH, Smit TH. The role of dorsal shear forces in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis—a hypothesis. *Medical hypotheses*, 2005;65;501-8.
- 46 Kouwenhoven JWM, Smit TH, Van der Veen AJ, Kingma I, et al. Effects of dorsal versus ventral shear loads on the rotational stability of the thoracic spine: a biomechanical porcine and human cadaveric study. *Spine* 2007;32:2545-50.
- 47 Guo X, Chau WW, Chan YL, Cheng JY. Relative anterior spinal overgrowth in adolescent idiopathic scoliosis: results of disproportionate endochondral-membranous bone growth. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85:1026-31.
- 48 Kouwenhoven JWM, Castelein RM. The pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: review of the literature. *Spine* 2008;33:2898-2908.
- 49 Lowe TG, Edgar M, Margulies JY, Miller NH, et al. Etiology of idiopathic scoliosis: current trends in research. *JBJS* 2000;82:1157.
- 50 Liu T, Chu WC, Young G, Li K, et al. MR analysis of regional brain volume in adolescent idiopathic scoliosis: neurological manifestation of a systemic disease. *J Magn Reson Imaging* 2008;27:732-6.
- 51 Von Piekartz HJ. Neurokranium: Untersuchungs- und Behandlungstechniken. In: Von Piekartz HJ. (Hrsg.) Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion. *Neuromuskuloskeletale Untersuchung Therapie und Management*. Stuttgart: Thieme; 2005 S. 283-316.
- 52 Raaijmakers C. Klinische Präsentation aus der täglichen Praxis – Wie würden Sie in diesen Fällen handeln. 2. Beispiel. In: Von Piekartz, H. J. (Hrsg.) Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion. *Neuromuskuloskeletale Untersuchung Therapie und Management*. Stuttgart: Thieme 2005; S.506-16.
- 53 Von Piekartz HJ. Richtlinien für das Assessment der kranio-mandibulären und kranio-faszialen Region. In: Von Piekartz, H. J. (Hrsg.) Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion. *Neuromuskuloskeletale Untersuchung Therapie und Management*. Stuttgart: Thieme; 2005 S. 46-62.
- 54 Grossman TW, Mazur JM, Cummings RJ. An evaluation of the Adams forward bend test and the scoliometer in a scoliosis school screening setting. *J Pediatr Orthop* 1995;15:535-8.
- 55 Bunnell WP. An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:1381-1387.
- 56 Kapandji IA. Funktionelle Anatomie der Gelenke: schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik; einbändige Ausgabe – obere Extremität, untere Extremität, Rumpf und Wirbelsäule. Stuttgart: Thieme; 2009.

- 57 Nash CL, Moe JH. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg Am* 1969;51:223-9.
- 58 Stokes IA. Axial rotation component of thoracic scoliosis. *J Orthop Res* 1989;7:702-8.
- 59 Lewit K, Janda V, Sachse J. *Manuelle medizin*. 7. Auflage. Leipzig, Heidelberg: Jonathan Amabrosius Barth; 2007.
- 60 Klein P, Sommerfeld P. *Biomechanik der Wirbelsäule: Grundlagen, Erkenntnisse und Fragestellungen*. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2007.
- 61 Lovett RW. The mechanism of the normal spine and its relation to scoliosis. *The Boston Med Surg J* 1905;153:349-358.
- 62 Stokes IA. Mechanical effects on skeletal growth. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2002; 2(3): 277-80.
- 63 Mehlman CT, Araghi A, Roy DR. Hyphenated history: the Hueter-Volkman law. *Am J Orthop (Belle Mead N.L.)* 1997;26:798-800.
- 64 Farady JA. Current principles in the nonoperative management of structural adolescent idiopathic scoliosis. *Phys Ther* 1983;63:512-23.
- 65 Stokes IA, Burwell RG, Dangerfield PH. Biomechanical spinal growth modulation and progressive adolescent scoliosis-a test of the 'vicious cycle' pathogenetic hypothesis: Summary of an electronic focus group debate of the IBSE Scoliosis 2006;1:16.
- 66 Hoff M, Schaefer L, Heinke N, Bittmann F. Report on Adaptive Force, a specific neuromuscular function. *Eur J Trans Myol* 2015;25:5183.
- 67 Schaefer L, Hoff M, Bittmann F. Measuring system and method of determining the Adaptive Force. *Eur J Trans Myol* 2017;27:6479.
- 68 Schaefer L, Bittmann F. Are there two forms of isometric muscle action? Results of the experimental study support a distinction between a holding and a pushing isometric muscle function. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 2017;9:11.
- 69 Herzog W. Mechanisms of enhanced force production in lengthening (eccentric) muscle contractions. *J. Appl. Physiol* 2014;116:1407-7.
- 70 Janda V. *Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik*. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2009.
- 71 Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles: Testing and function, with posture and pain*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- 72 Garten H. *Lehrbuch Applied Kinesiology*. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2004.
- 73 Walther DS. *Applied Kinesiology, Synopsis 2 edition* Pueblo. CO: Systems DC; 2000.
- 74 Gerz W. *Lehrbuch der Applied Kinesiology (AK) in der naturheilkundlichen Praxis*. Wörthsee: AKSE; 2001.
- 75 Gaudreault N, Arsenault AB, Larivière C, DeSerres SJ, Rivard CH. Assessment of the paraspinal muscles of subjects presenting an idiopathic scoliosis: an EMG pilot study. *BMC Musculoskelet Disord* 2005;6: 14.
- 76 Rickenbacher J, Landolt, AM, Theiler K. *Rücken. Lanz/Wachsmuth Praktische Anatomie. Ein Lehr- und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns. Rücken*. Berlin: Springer; 2003.
- 77 Tittel K. *Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen*. 14. Auflage. München: Urban & Fischer; 2003

- 78 Gray H. Anatomy of the Human Body. Philadelphia: Lea & Febiger; 1918. Zugriff am 07.06.19 unter www.bartleby.com/107/.
- 79 Gerhardt C. Handbuch der Kinderkrankheiten, Tübingen: Laupp; 1877 S. 590. Zugriff am 07.06.19 unter <https://www.flickr.com/photos/126377022@N07/14763352922>.
- 80 Radasch HE. A Manual of Human Anatomy. Philadelphia and London: W. B. Saunders Company 1917 p.27. Zugriff am 07.06.19 unter: <https://www.flickr.com/photos/internetarchive-bookimages/14589542700/>.
- 81 Sobotta J, McMurrich JP, Thomas WH. Atlas and text-book of human anatomy 3 ed. WB Philadelphia: Saunders company; 1909 p 291. Zugriff am 14.06.2019 unter <https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/19724343553>.
- 82 Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. S1-Leitlinie: Idiopathische Skoliose im Wachstumsalter. 09/1999, letzte Aktualisierung 10/2009, Gültigkeit: abgelaufen
- 83 Halder A. Bericht der Leitlinienkommission der DGOOC. Orthopädie und Unfallchirurgie-Mitteilungen und Nachrichten 2015;4;72.
- 84 Roth A. Leitlinien 2016. Orthopädie und Unfallchirurgie-Mitteilungen und Nachrichten 2016 5:391.
- 85 Hellriegel T. Vortrag im Rahmen des Seminars „Integrative Medizin“, unter der Leitung von Prof. Dr. rer. nat. habil. Frank Bittmann (Professur für Regulative Physiologie & Prävention, Universität Potsdam)
- 86 Nisser J, Smolenski UC, Śliwiński GE, Krüger P, et al. Skoliosespezifische Physiotherapie bei Patienten mit idiopathischer Adoleszentskoliose (AIS) – ein narratives Review. Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin 2018;28:88-102.
- 87 Romano M, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, Zaina F, et al. Exercises for adolescent idiopathic scoliosis. Cochrane Database of Systematic Reviews 2012;8:CD007837.
- 88 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. Eur Spine J 2014;23:1204-14.
- 89 Borysov M, Moramarco M, SY N, G Lee S. Postural re-education of scoliosis-state of the art (mini-review). Current pediatric reviews 2016;12:12-16.
- 90 Weiß HR. Die konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose durch Krankengymnastik und Orthesen. Der Orthopäde 2003;32:146-156.
- 91 Fusco C, Zaina F, Atanasio S. et al. Physical exercises in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: an updated systematic review. Physiother Theory and Pract 2011;27:80-114.
- 92 Berdishevsky H, Lebel VA, Bettany-Saltikov J. et al. Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. Scoliosis and spinal disorders 2016;11:20.
- 93 Park J H, Jeon HS, Park HW. Effects of the Schroth exercise on idiopathic scoliosis: a meta-analysis. Eur J Phys Rehabil Med 2017;54:440-49.
- 94 Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. New York, NY: Routledge Academic; 1988.
- 95 Bernstädt W, Kittel R. Exemplarischen Indikationen der medizinischen Trainingstherapie. In: Lazik D (Hrsg.) Therapeutisches Klettern. Stuttgart: Thieme 2008 S.51-53.
- 96 Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE. The physiology of rock climbing. Sports Med 2006; 36: 529-45.

- 97 Muehlbauer T, Granacher U, Jockel B, Kittel R. Analyse der Muskelaktivität therapeutischer Kletterübungen. Sportverletzung· Sportschaden 2013;27:162-168.
- 98 Kittel R, Hupe C. Oskar lernt Klettern: Ein Spiele- und Kletterlehrbuch. Halle: Geoquest; 2014.
- 99 Schöffl V, Schöffl I. Competition climbing. Sports Orthop and Traumatol, 2012;28:22-8.
- 100 Altner J. Deutscher Alpenverein. Klettern. Nationales Regelwerk 19.1. 2019. Zugriff am 11.06.19 unter https://www.alpenverein.de/wettkampf/allgemeine-infos/regeln-und-reglement-beim-klettern_aid_10345.html.
- 101 Weineck J. Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 15. Auflage. Balingen: Spitta; 2004.
- 102 Bernstädt W, Kittel R. Grundlagen der Sporttherapie in der medizinischen Trainingstherapie. In: Lazik D, Hrsg. Therapeutisches Klettern Stuttgart: Thieme 2008 S.34-7.
- 103 Kittel R. Mechanische Aspekte beim Sportklettern. In: Wick, D, Hrsg. Biomechanik im Sport. Lehrbuch der biomechanische Grundlagen sportlicher Bewegungen. 2 Auflage. Balingen: Spitta. 2009 S. 247-58.
- 104 Krug G. Die 4. Dimension. Kletter- und Boulderlehrbuch. Halle: Geoquest; 2009.
- 105 Weineck J. Sportbiologie 10. Auflage. Balingen: Spitta; 2009.
- 106 Grzybowski C, Donath L, Wagner H. Zusammenhang zwischen Rumpfmuskelaktivität und Wandneigung bei statischen Kletterpositionen: Implikationen für die Klettertherapie. Sportverletzung· Sportschaden 2014;28:75-84.
- 107 Schnabel, G. Harre HD; Krug J. Hrsg. Trainingslehre-Trainingswissenschaft: Leistung-Training-Wettkampf. Aachen: Meyer & Meyer Verlag; 2008.
- 108 Meier H. Medizinische Trainingstherapie in der Praxis: Methodik der MTT. Mühlhausen: Medicon-Verlag; 2007.
- 109 Bernstädt W, Kittel R. Schultergürtel und Schultergelenk. In: Lazik D, Hrsg. Therapeutisches Klettern Stuttgart: Thieme 2008 S.54-69.
- 110 Weiß HR. Befundgerechte Physiotherapie bei Skoliose: das neue Schroth basierte Behandlungskonzept. München: Pflaum; 2011.
- 111 Hofmann A. Besser Bouldern: Grundlagen und Expertentipps; mit einer Bewegungslehre des Kletterns und Anmerkungen zum Coaching; [ein Lehrbuch]. Hergensweiler: tmms-Verlag; 2007.
- 112 Hoffmann M. Klettern: Technik, Taktik, Psyche. Alpin-Lehrplan 2. 3. Auflage. München: BLV; 2013.
- 113 Keller P, Schweizer A. Vertical Secrets. Zürich: Turn Till Burn GmbH; 2008.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel

„Therapeutisches Klettern nach dem Potsdamer Modell bei Jugendlichen mit Skoliose – ein Trainingskonzept mit Übungskatalog und Vorbereitung einer randomisierten kontrollierten Studie“

selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Passagen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, habe ich unter genauer Angabe der Quelle deutlich als Zitat kenntlich gemacht.

Diese Arbeit war in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung.

Potsdam, den 20.06.2019

Unterschrift

Anhangsverzeichnis

Seite

A1 Übungskatalog A1-1

A1 Übungskatalog

Inhaltsverzeichnis des Übungskatalogs

A1.1 Abkürzungsverzeichnis des Übungskatalogs.....	A1-2
A1.2 Begriffserklärung des Übungskatalogs.....	A1-3
A1.3 Zeichenerklärung des Übungskatalogs	A1-5
A1.4 Zum Gebrauch der Übungen	A1-6
A1.5 Erklärungstabelle Übungskatalog.....	A1-9
A1.6 Erklärungen zur Bildbetrachtung	A1-10
A1.7 Skoliosespezifischer Übungskatalog.....	A1-11
Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite	A1-12
Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur konkaven Seite	A1-14
Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite	A1-15
Skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen.....	A1-16
Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen	A1-19
Skoliosespezifisches Queren ohne Hände zur konkaven Seite	A1-20
Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen ohne Hände zur konkaven Seite	A1-22
Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter.....	A1-23
Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen frontal zur konvexen Seite auf Schulter.....	A1-25
Skoliosespezifisches Aufschultern mit konvexer Seite	A1-26
Skoliosespezifischer Schulterzug mit konvexer Seite.....	A1-28
Skoliosespezifisches Queren egedreht zur dorsalen Rippenbergseite	A1-30
Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen egedreht zur dorsalen Rippenbergseite	A1-32
Skoliosespezifisches Queren zur dorsalen Rippenbergseite mit Kreuzzügen eingedreht auflösen	A1-33
Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur dorsalen Rippenbergseite mit Kreuzzügen eingedreht auflösen.....	A1-34
Skoliosespezifischer Toe-Hook	A1-35
Skoliosespezifisches Stützen	A1-37

A1.1 Abkürzungsverzeichnis des Übungskatalogs

AOTR	ambulante orthopädisch-traumatologische Rehabilitation
BWS	Brustwirbelsäule
HWS	Halswirbelsäule
KSP	Körperschwerpunkt
liF	linker Fuß
liH	linke Hand
LWS	Lendenwirbelsäule
reF	rechter Fuß
reH	rechte Hand
WS	Wirbelsäule

A1.2 Begriffserklärung des Übungskatalogs

Absteigen	Klettern in der Vertikalen (nach unten)
atypische Skoliose	homolateral verdrehte Wirbelsäule (Dornfortsätze der Wirbelkörper in Richtung der konvexen Seite rotiert)
Aufschultern	Klettertechnik, bei der ein Griff zuerst auf Zug und dann auf Druck belastet wird
Aufsteigen	Klettern in der Vertikalen (nach oben)
Ausgangsviereck	Ausgangsstellung des Patienten, bei der sich 4 Extremitäten an der Wand befinden und damit ein Viereck bilden
Ägypter	spezielle eingedrehte Klettertechnik (vergleichbar mit einer typischen 2D-Darstellung in ägyptischen Malereien)
Belastungsdreieck	Position des Patienten, bei der sich 3 Extremitäten an der Wand befinden und damit ein Dreieck bilden
dorsaler Rippenberg ¹¹	dorsale Erhebung der Rückenprofils durch den verdrehten Rippenkorb beim Vorneigetest
dorsales Rippental	dorsale Abflachung auf der kontralateralen Seite zum dorsalen Rippenberg beim Vorneigetest
eingedrehtes Klettern	beim Klettern ist eine Körperseite zur Kletterwand gedreht
Endviereck	Endstellung des Patienten, bei der sich 4 Extremitäten an der Wand befinden und damit ein Viereck bilden
frontales Klettern	Hüfte und Schultern stehen parallel zur Kletterwand
Fußwechsel	Klettertechnik zum Wechsel der Füße auf einem Tritt
Gaston	siehe Schultergriff
guter Tritt	ein geschraubter Tritt, auf dem mindesten alle Zehengelenke bzw. sogar der Fußballen Platz hat
Heel-Hook	Klettertechnik, bei der die Ferse hinter einem Tritt gehakelt wird
klassische Therapieübung	Therapieübung beinhaltet keine kletterspezifische Bewegung
kletterspezifische Therapieübung	Therapieübung beinhaltet eine kletterspezifische Bewegung
Kreuzzug	Kletterbewegung bei der sich die Hände über- oder unterkreuzen
Lendenwulst	dorsale Erhebung des Rückenprofils durch verdrehte Querfortsätze im Bereich der LWS beim Vorneigetest
natürliches Greifen	beim Greifen zeigt der gestreckte Daumen nach oben

¹¹ die negativ behaftete, übliche Bezeichnung „Rippenbuckel“ wird vermieden

offene Tür	Kletterproblem, bei dem sich der Körper wie bei einer schräg eingebauten, offenen Tür aus der Wand dreht
Pendelbein	Bein, dass bewusst von einem Tritt gelöst wird, um die Last auf die verbleibenden Extremitäten zu erhöhen
positive Wandneigung	Therapiewand vom Kletterer aus nach vorne geneigt
Queren	seitliches Klettern (Traversieren)
Rehaphase	Phase der Rehabilitation zur Steuerung des Trainings
Skapulasteuerung	Bewegung des Schulterblatts in allen Ebenen
Schultergriff	beim Greifen zeigt der gestreckte Daumen zur Seite oder nach unten
Schulterzug	Zugbewegung während eines Schultergriffs
Toe-Hook	Klettertechnik, bei der die Zehen hinter einem Tritt gehakelt werden
Traversieren	siehe Queren
überhängende Wandneigung	Therapiewand hin zum Kletterer geneigt
ventraler Rippenberg	ventrale Erhebung der Rippen durch die Verdrehung
ventrales Rippental	relative Abflachung auf der kontralateralen Seite zum ventralen Rippenberg

A1.3 Zeichenerklärung des Übungskatalogs



Vektor der Haupt-Griff- oder -Trittbelastung



Vektor der isometrischen Muskelspannung



Vektor der im Bild verdeckten isometrischen Muskelspannung



Bewegungspfeil



symbolisiert Belastungsvektor, der ins 2D-Bild hineingeht

A1.4 Zum Gebrauch der Übungen

Die folgenden Übungen wurden an einer 5 m breiten, 3 m hohen und in der Neigung von $+15^\circ$ bis -15° verstellbaren Therapiewand mit symmetrischen Lochabständen von 20 cm entwickelt. Sie können je nach vorhandener Kletterwand angepasst werden. Es wird empfohlen, die genutzte Therapiewand mit einem Koordinatensystem aus Buchstaben und Zahlen versehen (vgl. Abb.1).

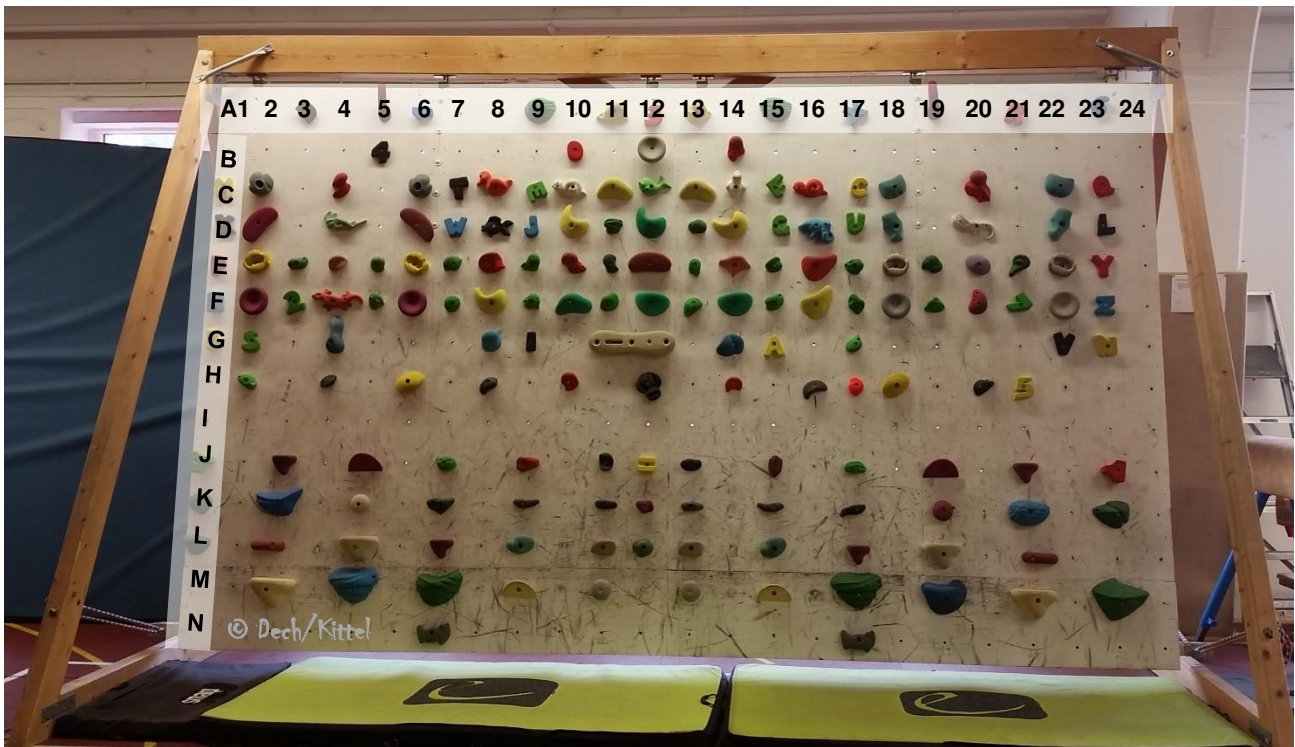


Abb.1 Beispiel einer Therapiewand mit Koordinatensystem

Für jede Übung gibt es eine Tabelle, in der alle wichtigen Informationen enthalten sind. Nähere Erklärungen finden sich im Kapitel A1.5. Anschließend folgt immer eine Bilderserie zur Veranschaulichung. Um Tritte und Griffe entsprechend zu schrauben wird zuerst ein Bild mit geometrischen Mustern zur Veranschaulichung des Ausgangsvierecks, Belastungsdreiecks und Endvierecks präsentiert. Dort ist auch immer ein Koordinatensystem angelegt, dass jedoch nicht dem aus Abb.1 entspricht. So ist eine leichtere Übertragung auf andere Therapiewände gewährleistet. Zu beachten ist jedoch, dass je nach vorhandenem Lochabstand und Größe des Patienten die Länge der Züge mitunter angepasst werden müssten.

In der Grundform sind die meisten Übungen exemplarisch auf eine thorakale (Th IV–XII) rechtskonvexe Skoliose ausgerichtet (Abb. 2 a), b) und Abb. 3a),b)). Individuelle Übungsausführungen für weitere Skolioseformen, bei denen Muskeln unterschiedlich akzentuiert werden sollten, sind in einer weiteren Tabelle mit nachfolgenden Bildern dargestellt. Für die individuellen Übungsausführungen und auch bei den Schwierigkeitsdifferenzierungen werden keine Koordinaten angegeben. Entschei-

dend ist ein Übungsverständnis, um dann die Übungen an einer gegebenen Therapiewand umzusetzen. Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Krümmungsformen kann mit den Individualisierungsvorschlägen jedoch nur ein Teil abgedeckt werden.



Abb. 2 a) thorakal rechtskonvexe Skoliose **b)** mit rechtsseitigem Rippenberg bei Vorneigetest

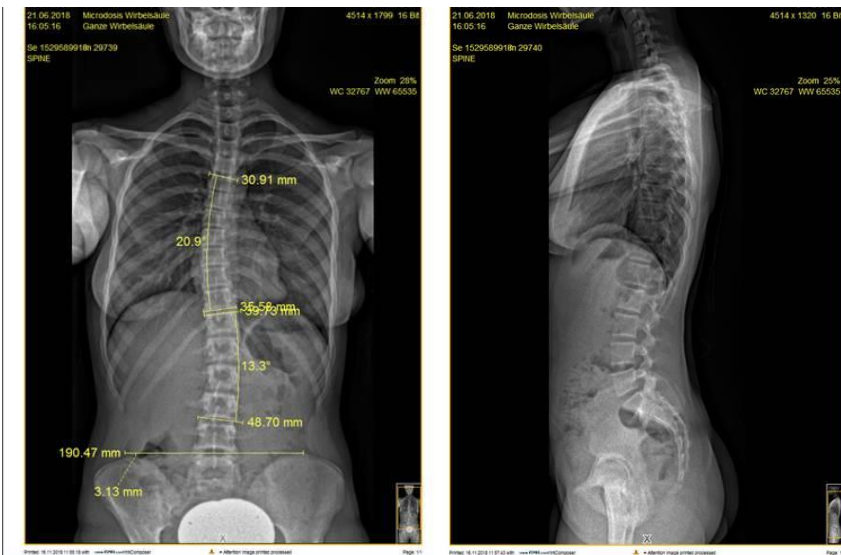


Abb. 3 radiologische Aufnahmen (EOS) der gleichen Patientin, **a)** anterior-posteriorer, **b)** sinistro-dextraler Strahlengang

Bei atypischen oder mehrbogigen Skoliosen lässt sich der Übungskatalog nur bedingt anwenden. Dazu muss sich das Ziel einer jeden Übung bewusst gemacht werden (siehe Zielstellung in der Tabelle zur Übung). Wenn mit einer Übung Wirbelkörper derotiert werden sollen, dann muss man die vorgesehenen Übungen bei atypischen Skoliosen kontralateral ausführen. Möchte man dagegen eine seitliche Wirbelsäulenstabilisation bewirken, bleibt die Übung gleich. Bei mehrbogigen Skoliosen muss beachtet werden, ob sich durch eine Übung ein anderer Bogen verstärkt. Bei 3-bogigen Skoliosen können so die Übungen i.d.R. nur unter besonderer Aufmerksamkeit und Korrektur des Ausgleichsbogens ausgeführt werden. Mitunter sollten bei 4-bogigen Skoliosen Übungen nur beidseitig, unter jeweilig bestmöglicher Korrektur der Krümmungen ausgeführt werden. Oftmals befindet sich bei 4-bogigen Skoliosen das Sakrum in einer Schräglage, die zuerst korrigiert werden müsste.

A1.5 Erklärungstabelle Übungskatalog

Titel der Übung	
Ziel der Übung	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts bzw. rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	klassisch oder kletterspezifisch
Rehaphase	mögliche Anwendung der Übung innerhalb des Phasenmodells der AOTR ¹ nach Meier ²
Voraussetzungen	Klettertechniken, die vor Anwendung der Übung bekannt sein sollten
Wandneigung	Neigungsgrad der Therapiewand
Ausgangsviereck ³	Hand- und Fußpositionen bei der Ausgangsstellung (Bild 1)
Vorbereitung ³	wechselnde Hand- und Fußpositionen bei der Vorbereitung einer Bewegung (Bild 2)
Belastungsdreieck ³	Hand- und Fußpositionen bei der Hauptbelastungsphase (Bild 3)
Endviereck ³	Hand- und Fußpositionen bei der Endstellung (Bild 4)
Bewegung	Bewegungsbeschreibung
Bemerkung	Hinweise zur Übung
individuelle Übungsausführung ⁴	beispielhafte Anpassung der Übung je nach Skolioseform (mitunter in einer Extratabelle)
Schwierigkeitsdifferenzierung ⁴	Möglichkeiten zur Vereinfachung/Erschwerung der Übung (mitunter in einer Extratabelle)

¹ findet bei der Skoliose im klassischen Sinn nicht statt, kann aber trotzdem zur Trainingssteuerung angewendet werden

² Meier H. Medizinische Trainingstherapie in der Praxis. 2. aktualisierte Auflage. Methodik der MMT. München: Medicon-Verlag, 2007.

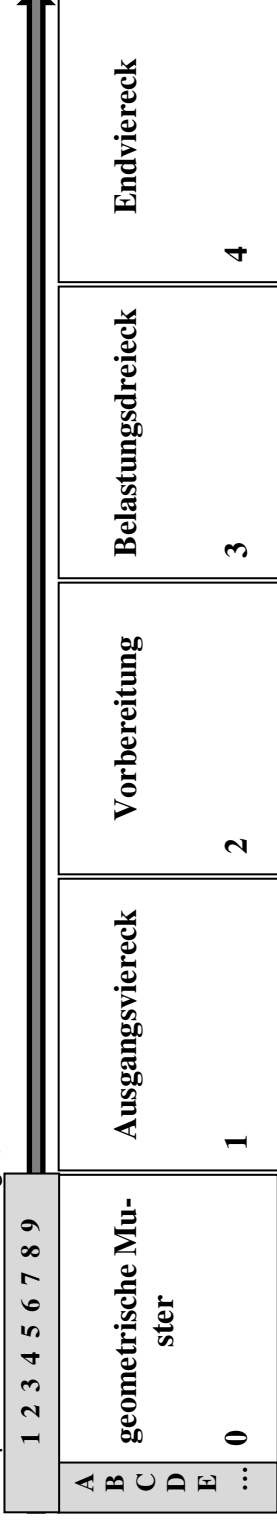
³ bei einem Schraubrastrer von 20 x 20 cm, passend für eine Person mit einer Körperhöhe von 1,75 m und normalen Proportionen der Extremitäten

⁴ Die Ausführungen entstammen hauptsächlich theoretischen Überlegungen und praktischen Erfahrungen. In Zukunft könnten EMG-Analysen die Vorschläge überprüfen.

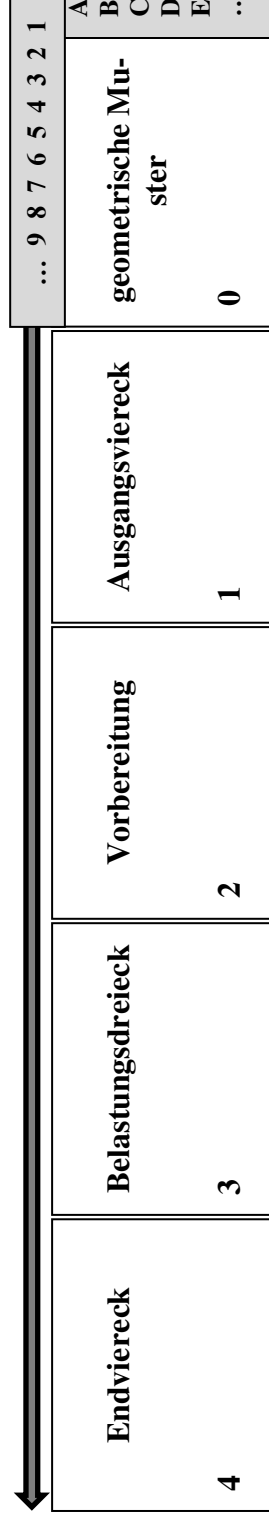
A1.6 Erklärungen zur Bildbetrachtung

Je nach Bewegungsrichtung sind die Bilder von links nach rechts oder umgekehrt zu betrachten. Ausgangspunkt sind immer die geometrischen Muster im Bild 0, bei dem auch das Koordinatensystem angelegt ist. Die Zahlen und Buchstaben des verwendeten symmetrischen Lochrasters mit 20cm-Abständen geben damit Aufschluss, welche Therapiewandbreite bzw. -höhe nötig ist, um die Bewegung 1x an der Wand durchzuführen.

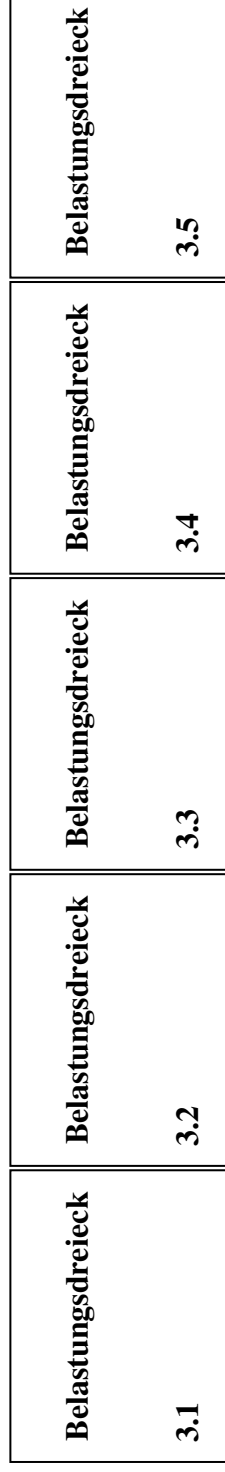
Beispiel für eine Bilderfolge, die von links nach rechts betrachtet wird:

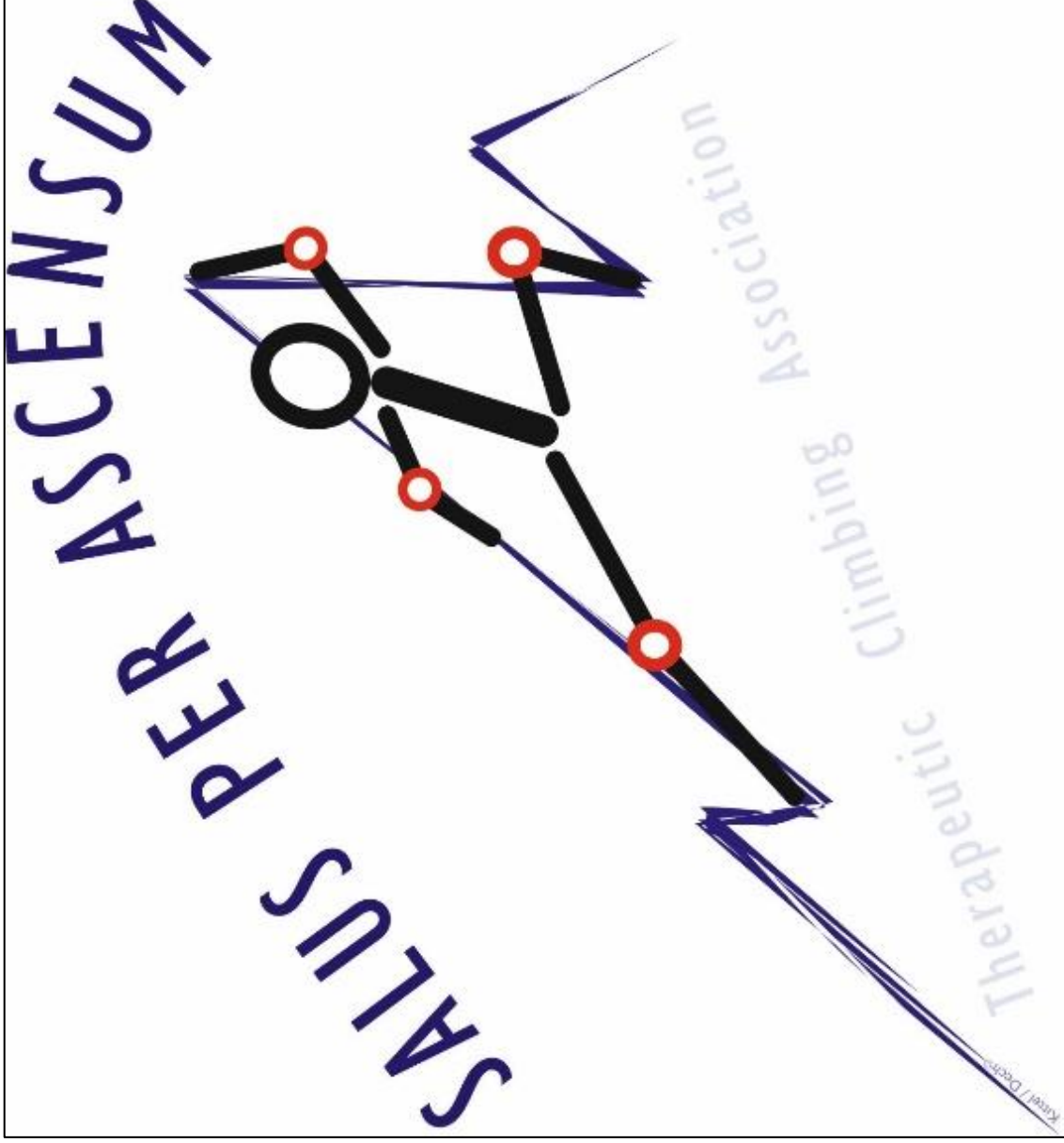


Beispiel für eine Bilderfolge, die von rechts nach links betrachtet wird:



Bei den individuellen Übungsausführungen und Schwierigkeitsdifferenzierungen wird ggf. nur das Belastungsdreieck (Bild 3) ohne Bilderfolge dargestellt und bei mehreren, entsprechend durchnummeriert (z.B. 3.1):





Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeclammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	2 – 5
Voraussetzungen	Kletter-ABC (KSP Verschiebung)
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	reH B1; liH A5; reF J2; liF J4 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liF → J6; reH → B3 (2) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH B3; reF J2; liF J6 (3) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und gute Tritte)
Endviereck	reH B3; liH → A7; reF → J4; liF J6 (4) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht mit leicht außenrotierten Füßen frontal auf beiden Ausgangstritten und hält beide Ausgangsgriffe in den Händen (1). Bewegungsvorbereitung wird der KSP zur konvexen Seite verlagert, mit dem konkavseitigen Fuß weitergetreten und der konkavseitigen Hand weitergegriffen (2). Anschließend wird der KSP zur konkaven Seite verlagert und während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der konkavseitige Schultergürtel stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitertreten durch Weitertreten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	<ul style="list-style-type: none"> - gebeugte Knie u. Ellenbogen; Hüfte, Kopf u. Körper nah zur Wand - individuelle Becken- und WS-Korrektur sowie Skapulasteuerung: - thorakale Skoliose (Th IV–XII): Retraktion + Depression Schultergürtel (M. trapezius pars ascendens) (3) - thorakalkonkavseitige Hand greift zur Öffnung der Seite eine Reihe höher als die thorakalkonvexseitige - bei hochthorakaler Skoliose und weiteren cervicothorakalen Bogen (linkskonvex) mit der thorakal konkavseitigen Hand auf gleicher Griffföhe greifen

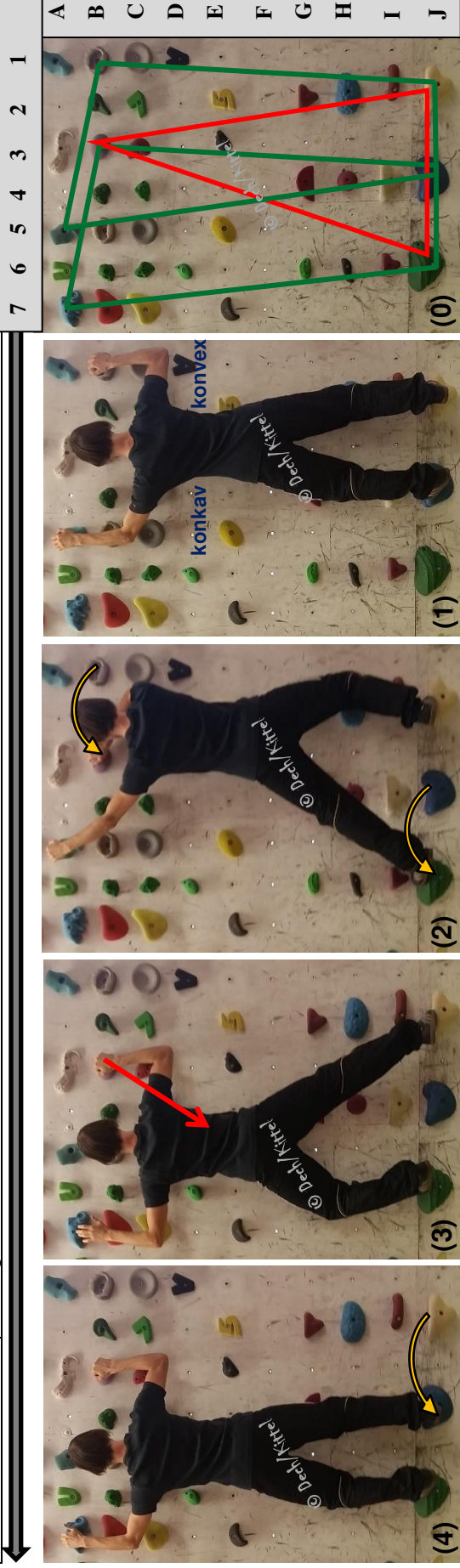
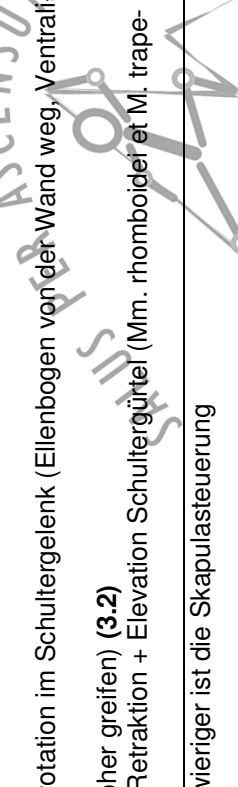


Abb. 0–4 skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite (hier: für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose) von rechts nach links: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (3.1) bis (3.5) kennzeichnen verschiedene Belastungsreiecke)	
Merkmal	Ausprägung
individuelle Übungsausführung	<ul style="list-style-type: none"> - hochthorakale Skoliose (C VII – Th III): Seitgriff konvexe Hand → Retraktion Schultergürtel (M. trapezius pars transversus) (u.U.1 Griffreihe tiefer greifen) (3.1) - lumbale/thorakolumbale Skoliose (Th VII – S V): Seitobergriff mit Innenrotation im Schultergelenk (Ellenbogen von der Wand weg, Ventralisierung Schulter erlaubt) (M. latissimus dorsi) (bei weiterem thorakalen Bogen (linkskonvex) zur Öffnung 1 Griffreihe höher greifen) (3.2) - cervicothorakale Skoliose (C I – TH V): Seituntergriff konvexe Hand → Retraktion + Elevation Schultergürtel (Mm. rhomboidei et M. trapezius pars descendens) (3.3) - Griffreihenhöhe (je näher zum Körperzentrum gegriffen wird, desto schwieriger ist die Skapulasteuerung) - Wandeigung (je überhängender, desto schwerer) - kleinere Tritte (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) - abschüssige Tritte (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) - Schultergriff (Gaston) mit konvexer Hand (erschwert Skapulasteuerung durch andere Belastungsrichtung am Griff) (kann als Vorübung für "skoliosespezifisches Queren auf Schulter" und „Aufschultern“ genutzt werden) (3.4) - Belastungsdreieck, während der konvexseitige Fuß weitertritt (ggf. konkavseitig nur mit wenigen Fingern oder gar nicht greifen) (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) (3.5) - verschiedene Kombinationen
Schwierigkeitsdifferenzierung	

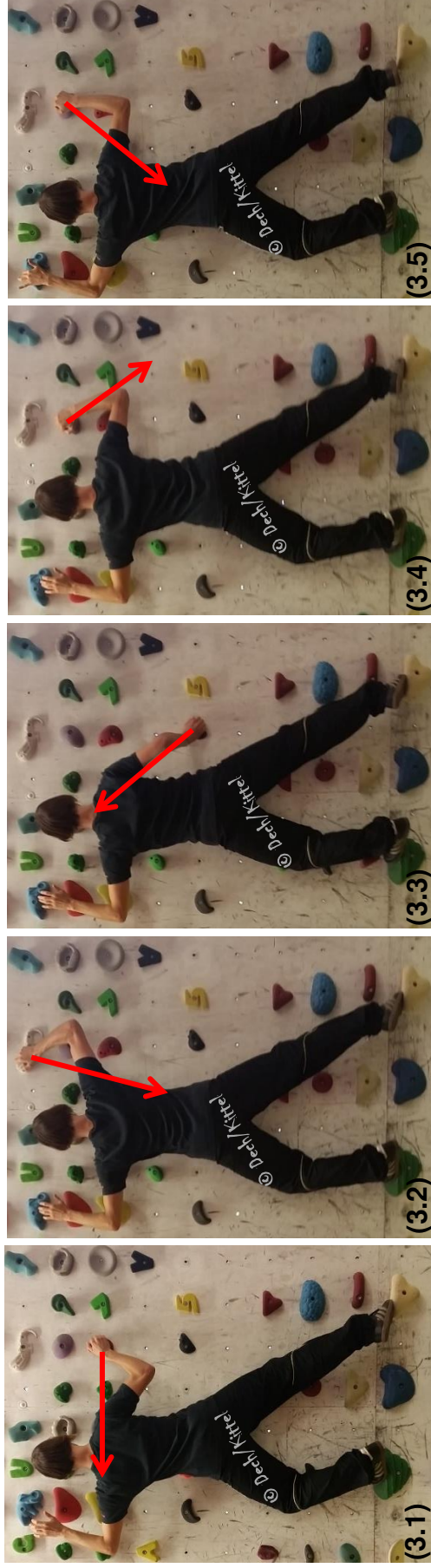


Abb. 3.1–3.3 individuell angepasste Belastungsdreiecke beim skoliosespezifischen Queren frontal zur konkaven Seite durch Griffbelastung (hier: für eine rechtskonvexe Skoliose): Seitgriff bei hochthorakaler Skoliose (3.1); Seitobergriff mit Innenrotation in der Schulter bei lumbaler/thorakolumbaler Skoliose (3.2); Seituntergriff bei cervicothorakaler Skoliose (3.3); Schultergriff (3.4); Belastungsdreieck, während der konvexseitige Fuß weitertritt (3.5)

Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur konkaven Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzungen	Kletter-ABC (KSP Verschiebung)
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	reH B1; iIH B5; reF J2; iIF J4 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	iIF → I6; reH → B3 (2) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH B3; iIH B5; reF J2; iIF I6 (3) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und gute Tritte)
Endviereck	reH → A3; iIH → A7; reF → I4; iIF I6 (4) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Ausgangsstritten und hält beide Ausgangsgriffe in den Händen (1). Bewegungsvorbereitung wird der KSP zur konvexen Seite verlagert, mit dem konkavseitigen Fuß schräg nach oben getreten und der konkavseitigen Hand weitergegriffen (2). Anschließend wird der KSP zur konkaven Seite verlagert und während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der konkavseitige Schultergürtel stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Hochtreten und Hochgreifen eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite“ - Übung erschwert durch das höhere Antreten die Einstellung der Wirbelsäule, v.a. bei zusätzlichem lumbalen Bogen - aus kletterspezifischer Sicht leichter als Queren der Therapiewand
individuelle Übungsausführung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite“
Schwierigkeits-differenzierung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite“ - + schräg Absteigen frontal zur konkaven Seite



Abb. 0–4: skoliosespezifisches schräges Aufsteigen frontal zur konkaven Seite (hier: für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose) von rechts nach links: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von nach links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	2 – 5
Voraussetzungen	Kletter-ABC (KSP Verschiebung)
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	liH A1; reH B5; reF J4; liF J2 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	reF → J6 (2) (guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH B5; reF J6, liF J2 (3) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A3; reH → B7; liF → J4; reF → J6 (4) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Ausgangstritten und hält beide Ausgangsgriffe in den Händen (1). Bewegungsvorbereitend wird der KSP zur konkaven Seite verlagert, mit dem konvexseitigen Fuß weitergetreten (2). Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der konvexseitige Schultergürtel stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck eingenommen, indem die konvexseitige Hand weitergreift und der konkavseitige Fuß weitertritt (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite“ - Koordinativ schwerer als skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite, da die KSP-Verschiebung in die entgegengesetzte Richtung im Vergleich zu Bewegungsrichtung erfolgen muss
individuelle Übungsausführung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite“
Schwierigkeitsdifferenzierung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konkaven Seite“

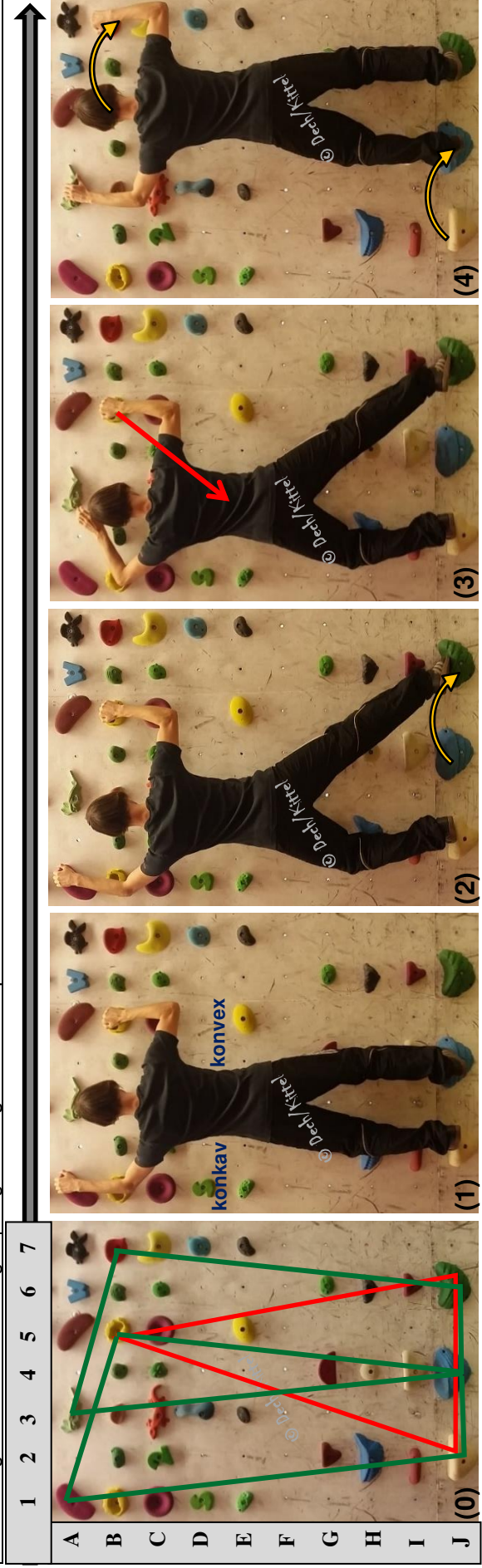


Abb. 0–4: Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite (hier: für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1), Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Klettertechnik „Kreuzzüge frontal auflösen“
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	reH B1; liH B5; reF J2; liF J4 (1) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liF → J6; reH → B6 (2) (positiver Obergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH B6; reF J2; liF J6 (3) (positiver Obergriff und gute Tritte)
Endviereck	reH → B5; liH → B9; reF → J6; liF → J8; (4) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal auf beiden Tritten und hält beide Griffe in den Händen (1). Füße stehen leicht außenrotiert. Bewegungsvorbereitend mit konkavseitigem Fuß weitertreten, mit der konvexseitigen Hand die andere unterkreuzen und einen Griff weitergreifen (2). Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der rechte Schultergürtel und der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird die Position aufgelöst und das Endviereck eingenommen, indem die Füße weitertreten und die konvexseitige Hand zurückgreift (4). Nach der Entspannungsphase wird die Bewegung wiederholt (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	<ul style="list-style-type: none"> - erschwert das „skoliosespezifische Queren frontal zur konkaven Seite“ - Kreuzzüge sind koordinativ anspruchsvoll - vergrößerte Körperschräglage beim Kreuzzug erschwert die Stabilisation der WS und verändert Griffbelastung zur Individualisierung - thorakale Skoliose (Th IV–XII): Obergriff konvexe Hand → Retraktion + Depression Schultergürtel (M. Trapezius pars ascendens) (3) - kann nur zur konkaven Seite geklettert werden

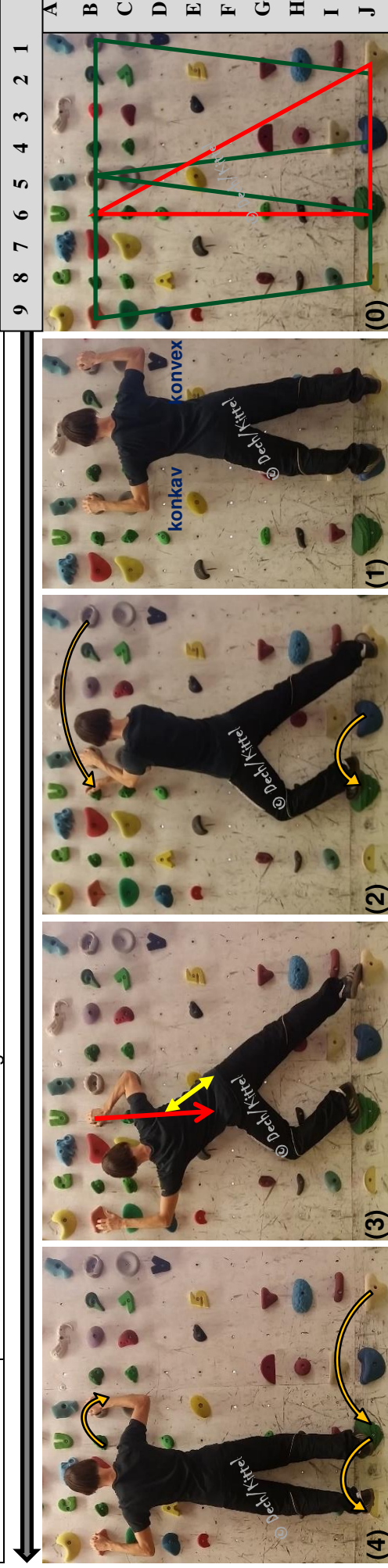


Abb. 0–4 skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen (hier: für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose) von rechts nach links: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (3.1) bis (3.6) kennzeichnen verschiedene Belastungsreiecke)	
Merkmal	Ausprägung
individuelle Übungsausführung	(Beachte: durch größere Körperschräglage veränderte Griffbelastungen im Vergleich zum skoliosespezifischen Queren ohne Kreuzzüge) - hochthorakale Skoliose (C VII – Th III): Seitobergriff konvexe Hand → Retraktion Schultergürtel (M. trapezius pars transversus) (3.1) - lumbale/thorakolumbale Skoliose (Th VII – S V): Obergriff konvexe Hand mit Innenrotation im Schultergelenk (Ellenbogen von der Wand weg, Ventralisierung Schulter erlaubt) (M. latissimus dorsi) (3.2) - cervicothorakale Skoliose (C I – Th V) Seituntergriff konvexe Hand → Retraktion + Elevation Schultergürtel (Mm. rhomboidei et M. trapezius pars descendens) (3.3)
Schwierigkeitsdifferenzierung	- Griffreihenhöhe (je näher zum Körperzentrum gegriffen wird, desto schwieriger ist die Skapulasteuerung und laterale WS-Stabilisation) - kleinere Tritte (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) - abschüssige Tritte (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) - Trittbreite: vor das Lot treten erleichtert die Übung (3.4) - Schultergriff (Gaston) mit konvexer Hand (erschwert Skapulasteuerung durch andere Belastungsrichtung am Griff) (kann als Vorübung für „skoliosespezifisches Queren auf Schulter“ und „Aufschultern“ genutzt werden) (3.5) - Belastungsdreieck, während der konvexseitige Fuß weitertritt (ggf. konkavseitig nur mit 2 Fingern greifen) (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) (3.6) - Wandneigung (je überhängender, desto schwerer) - verschiedene Kombinationen - beim Auflösen: Fußtechniken einbauen: statischer Fußwechsel zur verstärkten Beanspruchung der oberen Extremität



(3.1)

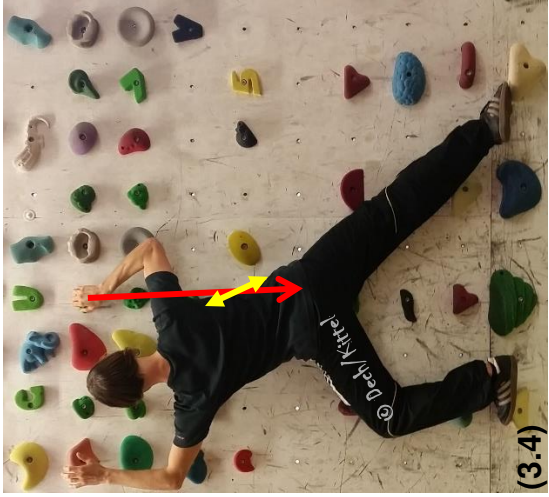


(3.2)



(3.3)

Abb. 3.1–3.3 individuelle angepasste Belastungsreiecke beim skoliosespezifischen Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzug frontal auflösen durch Griffbelastung (hier: für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose): Seitobergriff bei hochthorakaler Skoliose (3.1); Obergriff mit Schulterinnenrotation bei lumbaler/thorakolumbaler Skoliose (3.2); Seituntergriff bei cervikothorakaler Skoliose (3.3)



(3.4)



(3.5)



(3.6)

Abb. 3.4–3.6 Schwierigkeitsdifferenzierungen beim skoliosespezifischen Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen: vor das Lot treten zur Vereinfachung (3.4) Schultergriff (erschwert die Skapulafeuerung (3.5); Belastungsdreieck während der konvexseitige Fuß weitertritt (erhöht Kraftaufwand für die obere Extremität) (3.6)

Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (0) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Klettertechnik „Kreuzzüge frontal auflösen“
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	reH C1; liH C5; reF K2; liF K4 (1) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liF → J6; reH → C6 (2) (positiver Obergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH C6; reF K2; liF → J6 (3) (positiver Obergriff und gute Tritte)
Endviereck	reH → B9; liH → B5; liF → J8; reF → J6 (4) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe in den Händen (1). Bewegungsvorbereitend mit konkavseitigem Fuß einen Tritt weiter hochtreten, anschließend mit der konkavseitigen Hand die andere unterkreuzen und einen Griff weitergreifen (2). Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der rechte Schultergürtel und der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird die Position aufgelöst und das Endviereck eingenommen, indem Füße weitertreten und die konkavseitige Hand hochgreift (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	<ul style="list-style-type: none"> - erschwert das „skoliosespezifische schräge Aufsteigen frontal zur konkaven Seite“ - Kreuzzüge sind koordinativ anspruchsvoll - vergrößerte Körperschräglage beim Kreuzzug erschwert die Stabilisation der WS - kann nur zur konkaven Seite geklettert werden
individuelle Übungsausführung	- vgl. Übung: Skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen
Schwierigkeitsdifferenzierung	- vgl. Übung: Skoliosespezifisches Queren zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen - + schräg Absteigen frontal zur konkaven Seite



Abb. 0-4 Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur konkaven Seite mit Kreuzzügen frontal auflösen (hier: für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose von rechts nach links): geometrische Muster (0): Ausgangsviereck (1), Vorbereitung (2), Belastungsdreieck (3), Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren ohne Hände zur konkaven Seite	
Ziel: laterale WS-Stabilisation & Wirbelkörperrotation bei einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingezeichnete Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch (Queren ohne Hände)
Rehaphase	2 – 5
Voraussetzung	Gleichgewichtsschulung, Klettern ohne Hände
Wandneigung	stark positiv bis leicht positiv
Ausgangsviereck	reH u. iH an der Wand aufgelegt oder in der Luft; reF J2; liF J4 (1) (gute Tritte)
Vorbereitung	liF → J6 (2) (guter Tritt)
Belastungsdreieck	reF J2; liF J6, evtl. reH → mit wenigen Fingern an z.B. K17 oder einem Loch auf Schulterhöhe stabilisieren (3) (kleiner Griff gute Tritte)
Endviereck	reH u. iH an der Wand oder in der Luft, reF → J4; liF J6 (4) (gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal auf beiden Tritten und stabilisiert sich mit den Händen an der Wand ohne einen Griff zu berühren oder hält sie in der Luft (1). Füße stehen leicht außenrotiert. Vorbereitend mit thorakal konkavseitigem Fuß einen Tritt weitertreten (2). Durch Körperneigung und Kniebeugung den KSP über das thorakal konkavseitige Bein verlagern. Dabei muss der Rumpf entgegen des Pantomechanismus stabilisiert werden. Die thorakal konkavseitige Hand und der thorakal konkavseitige Fuß dürfen unterstützend ganz leicht einen Griff/Tritt belasten (3). Anschließend wird das Endviereck durch Weitertreten mit dem thorakal konkavseitigen Bein eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	<ul style="list-style-type: none"> - Oberkörper nur so weit zur thorakal konkaven Seite neigen, dass die WS noch gerade gehalten werden kann (keine Lateralflexion!) - die Übung provoziert eine Verstärkung des thorakal konvexen Bogens, konkavseitige Muskulatur muss gegenarbeiten - Beanspruchte konkavseitige Muskeln zur Derotation der LWS (hier rechts): M. quadratus lumborum, der M. obliquus internus pars lumbalis und der M. longissimus thoracis

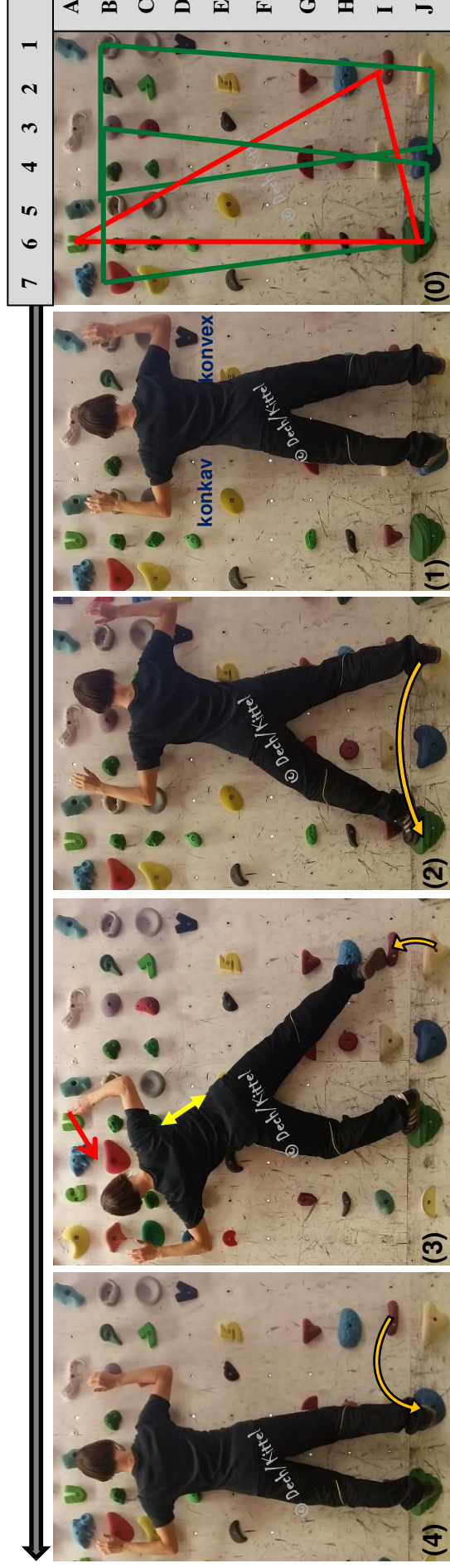
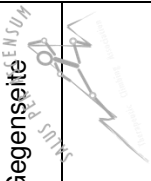


Abb. 1–4 skoliosespezifisches Queren ohne Hände (hier für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose mit einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen von rechts nach links): geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren ohne Hände zur konkaven Seite	
Ziel: laterale WS-Stabilisation & Wirbelkörperrotation bei einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (3.1) und (3.2) kennzeichnen verschiedene Belastungsdreiecke	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	- bei 1-bogiger lumbaler/thorakolumbalter Skoliose: zur konvexen Seite neigen, damit die derotierenden Muskeln auf der Gegenseite aktiviert werden
Schwierigkeitsdifferenzierung	- ohne Unterstützung an einem Griff (3.1) - Neigungswerte (Kniebeugewinkel Standbein, Tritthöhe Stabilisationsbein) (3.2) - Zusatzaufgaben (Tiere tippen)



(3.1)



(3.2)

Abb. 3.1 u. 3.2 Schwierigkeitsdifferenzierung beim skoliosespezifischen Queren ohne Hände zur konkaven Seite (hier für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose mit einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen) von rechts nach links: ohne Unterstützung an einem Griff (3.1); weitere Neigung in Kombination mit vermehrter Kniebeugung im Standbein und höherem Antreten mit dem Stabilisationsbein (3.2)

Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen ohne Hände zur konkaven Seite	
Ziel: laterale WS-Stabilisation & Wirbelkörperrotation bei einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch (Queren ohne Hände)
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Gleichgewichtsschulung, Klettern ohne Hände
Wandneigung	stark positiv bis leicht positiv
Ausgangsviereck	reH u. iIH an der Wand oder in der Luft; reF J2; iIF J4 (1) (gute Tritte)
Vorbereitung	iIF → i6 (2) (guter Tritt)
Belastungsdreieck	reF i2; iIF J6; reH → mit wenigen Fingern an z.B. K17 oder einem Loch auf Schulterhöhe stabilisieren (3) (kleiner Griff gute Tritte)
Endviereck	reH u. iIH an der Wand oder in der Luft; reF → J4; iIF J6 (4) (gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal auf beiden Tritten und stabilisiert sich mit den Händen an der Wand ohne einen Griff zu berühren oder hält sie in der Luft (1). Füße stehen leicht außenrotiert. Vorbereitend mit thorakal konkavseitigem Fuß einen Tritt weiter hochtreten (2). Durch Oberkörperneigung und Kniebeugung den KSP über das thorakal konkavseitige Bein verlagern. Dabei muss der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden. Die thorakal konkavseitige Hand und der thorakal konkavseitige Fuß dürfen unterstützend einen Griff/Tritt belasten (3). Anschließend wird das Endviereck durch Weitertreten mit dem thorakal konkavseitigen Bein eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	- vgl. Übung „Skoliosespezifisches Queren ohne Hände zur konkaven Seite“ - das höhere Antreten erschwert die Beibehaltung einer lotgerichten WS (vergrößerte Neigungsweite und Kniebeugwinkel im Standbein nötig)
Indiv. Übungsausf.	- vgl. Übung „Skoliosespezifisches Queren ohne Hände zur konkaven Seite“
Schwierigkeitsdifferenzierung	- vgl. Übung „Skoliosespezifisches Queren ohne Hände zur konkaven Seite“ - + schräg Absteigen ohne Hände zur konkaven Seite

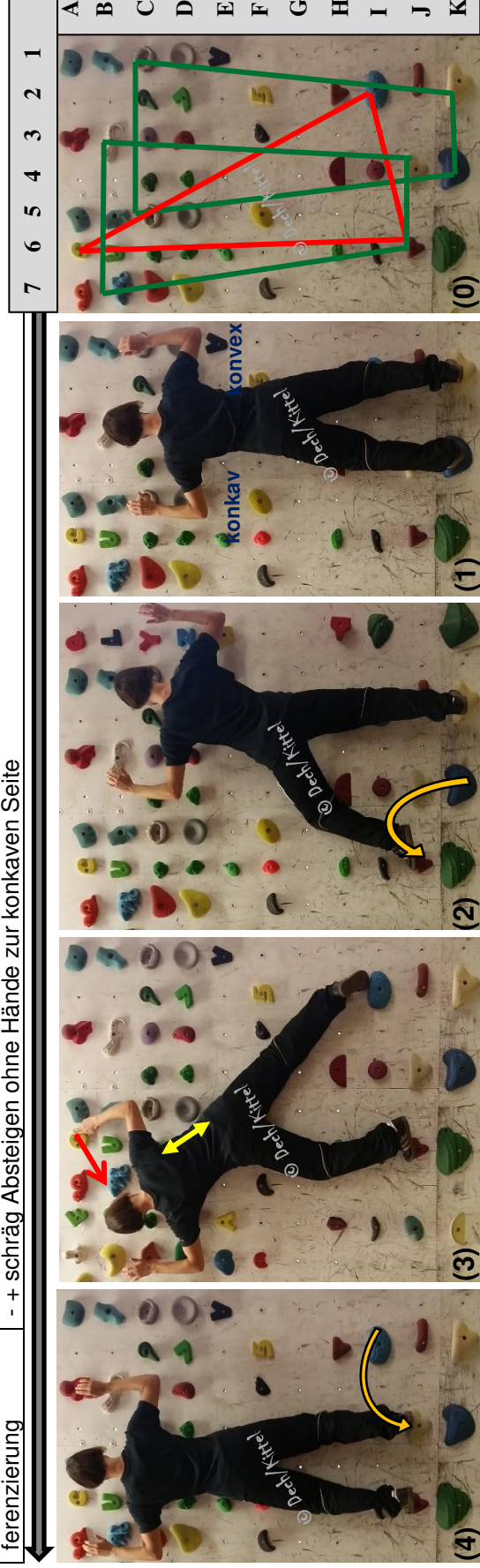


Abb. 0–4 Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen ohne Hände (hier für eine thorakal rechtskonvexe Skoliose mit einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen von rechts nach links): geometrische Muster (0): Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Greifen auf Schulter (Gaston), „offene Tür blockieren“
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	liH A1; reH B5; liF J2; reF J4 (1) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	reF → J6; reH → B6 (2) (positiver Schultergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH B6; liF J2; reF J6 (3) (positiver Schultergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A3; reH → B7; liF → J4; reF J6 (4) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe in den Händen (1). Vorbereitend mit konvexseitigem Fuß weitertreten und mit konvexseitiger Hand einen Griff auf Schulter weitergreifen (2). Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der rechte Schultergürtel und der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird durch Weitergreifen und -treten das Endviereck eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	<ul style="list-style-type: none"> - nur zur konvexen Seite möglich - die Übung provoziert eine Verstärkung eines konvexen Bogens, konvexseitige Muskulatur muss gegenarbeiten - Ellenbogen sollte dicht an der Wand gehalten werden (außer bei thorakolumbalen Skoliose) - bei dieser Übung wird besonders der M. latissimus dorsi und der M. teres major beansprucht, der hier nur seine volle Kraft entfalten kann, wenn das Schulterblatt an der Wirbelsäule stabilisiert wird (Training des schwächsten Glieds in der Kette: z.B. M. trapezius pars transversus, M. trapezius pars ascendens, Mm. rhomboidei)

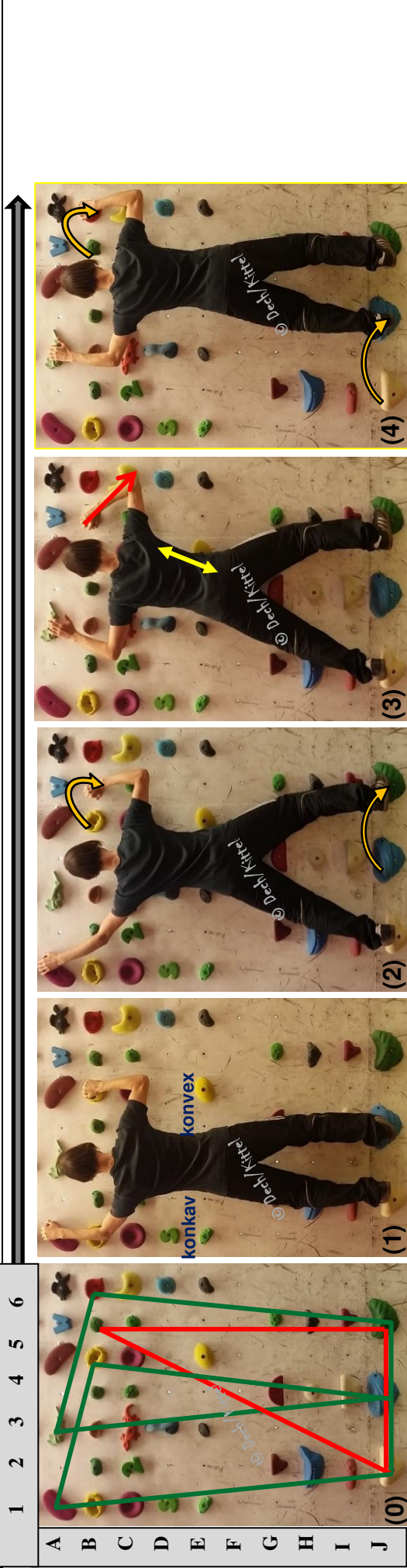


Abb. 0-4 Skoliosespezifisch Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter (hier rechtskonvexe Skoliose) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1) Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (3.1) bis (3.3) kennzeichnen verschiedene Belastungsreiecke	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	- bei lumbaler/thorakolumbalen Skoliose (Th VI – S V): Innenrotation im Schultergelenk (Ellenbogen von der Wand weg, Ventralisierung Schulter erlaubt)
Schwierigkeitsdifferenzierung	- Treten hinter das Lot (erhöht die Last auf obere Extremität) (3.1) - Treten vor das Lot (Verringert die Last auf die obere Extremität) - Griffhöhe, je näher zum Körperzentrum, desto schwieriger - Wandneigung, je überhängender, desto schwerer) - verschiedene Kombinationen (3.2) - als Kreuzzug auflösen (erschwert zusätzlich das Auflösen der Position) (3.3)



Abb 3.1–3.3 Schwierigkeitsdifferenzierungen beim skoliosespezifischen Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter, (hier rechtskonvexe Skoliose): Treten vor das Lot (3.1), Treten vor das Lot im Kombination mit tiefere Griffreihe (3.2); als Kreuzzug auflösen (3.3)

Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen frontal zur konvexen Seite auf Schulter	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Greifen auf Schulter (Gaston), „offene Tür blockieren“
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	liH B1; reH C5; liF K2; reF K4 (1) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	reF → K6; reH → C6 (2) (positiver Schultergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH C6; liF K2; reF J6 (3) (positiver Schultergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A3; reH → B7; liF → J4; reF J6 (4) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe in den Händen (1). Vorreitend mit konvexseitigem Fuß einen Tritt weiter hochtreten und mit konvexseitiger Hand einen Griff auf Schulter weitergreifen (2). Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der rechte Schultergürtel und der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird durch Weitergreifen -und treten das Endviereck eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden. (Therapiewand schräg aufsteigen)
Bemerkung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter“
Individuelle Übungsausführung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter“
Schwierigkeitsdifferenzierung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren frontal zur konvexen Seite auf Schulter“

1	2	3	4	5	6
A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	(0)

Abb.0-4 Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen frontal zur konvexen Seite auf Schulter (hier rechtskonvexe Skoliose) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1) Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Aufschultern mit konvexer Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	Kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Greifen auf Schulter (Gaston), Klettertechnik: Aufschultern
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	reH D1; liH D5, reF K2, liF K4 (1) (Seitobergriffe, gute Tritte)
Vorbereitung	liF → J6; reH → D3 (2) (konkavseitig Obergriff, konvexseitig Schultergriff und gute Tritte)
Belastungsdreieck	reH D3; reF Pendelbein; liF J6 (3) (Schultergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A7 (Zielgriff) → C7; reH → C3; reF → J4; liF J6 (4) (Seitobergriffe, gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe in den Händen (1). Bewegungsvorbereitend mit dem konkavseitigen Bein hochtreten und mit der konvexseitigen Hand weitergreifen (2). Den KSP über das konkavseitige Bein schieben. Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss die konkave Seite eine Zugbelastung und anschließend eine Druckbelastung am Griffe ausüben. Dabei muss der konvexseitige Schultergürtel und der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitergreifen und -treten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	- anstrengende Übung! muss anfangs mit positiver Wandstellung geübt und vom Therapeuten geführt werden - nur zur konkaven Seite möglich

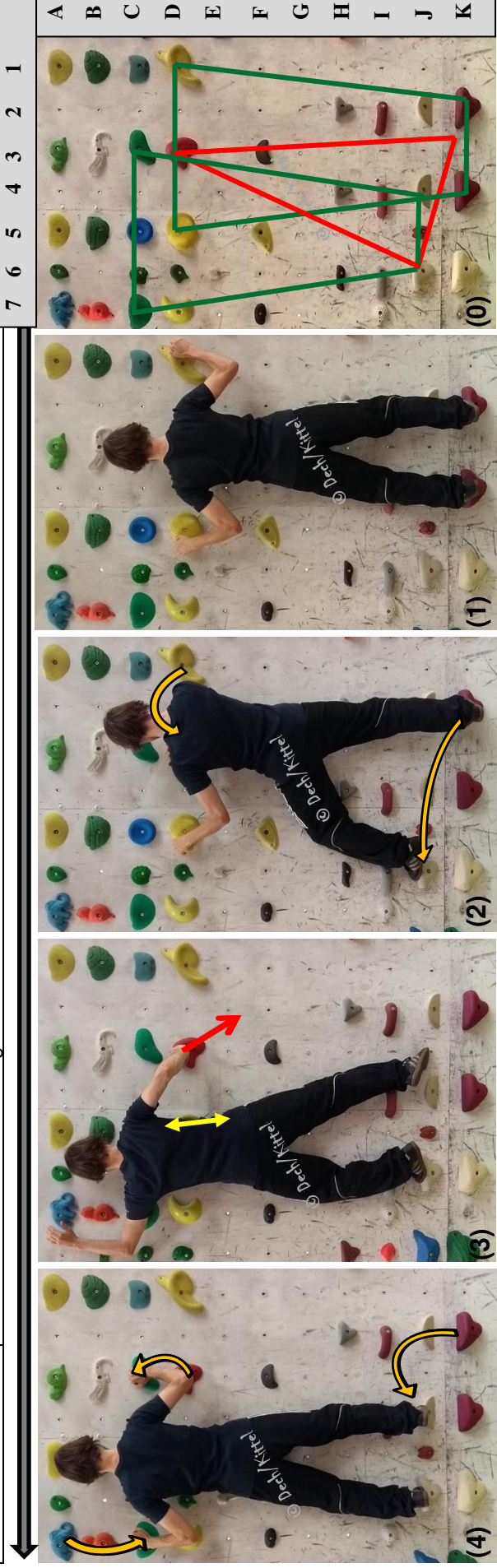


Abb. 0–4 Skoliosespezifisches Aufschultern mit konvexer Seite (hier für rechtskonvexe Skoliose von rechts nach links): geometrische Muster (0), Ausgangsviereck (1), Belastungsdreieck (2), Zwischenposition (3), Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Aufschultern mit konvexer Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummer (2.1) kennzeichnet ein erschwertes Belastungsdreieck)	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	<ul style="list-style-type: none"> - Übung zielt besonders auf thorakolumbale Skoliose ab: forcierte Schulteradduktion + -innenrotation → Akzentuierung M. latissimus M. teres major - kann u.U. auch bei anderen Skolioseformen ausgeführt werden, da der beanspruchte M. teres major hier nur seine volle Kraft entfalten kann, wenn das Schulterblatt an der Wirbelsäule stabilisiert wird (Training des schwächsten Glieds in der Kette: Mm. trapezius pars transversus, ascendens, rhomboidei) - aber auch die Mm. pectorales arbeiten synergistisch - wenn dies vermieden werden soll (individuellen abwägen), kann statt des Aufschulterns ein Schulterzug durchgeführt werden (siehe „skoliosespezifischer Schulterzug mit konvexer Seite“)
Schwierigkeitsdifferenzierung	<ul style="list-style-type: none"> - Trittentfernung (Höhe (2.1) und Breite) des Standbeins (je mehr der KSP über das linke Bein geschoben wird, desto leichter) - (Wandneigung) - verschiedene Kombinationen (2.2) - (wer braucht die wenigsten Züge bis zum letzten Griff)



Abb. 2.1 Schwierigkeitsdifferenzierung beim skoliosespezifischen Aufschultern mit konvexer Seite (hier für eine rechtskonvexe Skoliose) von rechts nach links: durch Tritthöhe (2.1) und Kombination aus Trittbreite und Höhe (2.2)

Skoliosespezifischer Schulterzug mit konvexer Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingezeichnete Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von rechts nach links in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	Kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Greifen auf Schulter (Gaston), Klettertechnik: Schulterzug
Wandneigung	leicht positiv bis leicht überhängend
Ausgangsviereck	reH D1; liH D5, reF K2, liF K4 (1) (Seitobergriffe, gute Tritte)
Vorbereitung	liF → J6; reH → D3 (2) (konkavseitig Obergriff, konvexseitig Schultergriff und gute Tritte)
Belastungsdreieck	reH D3; reF Pendelbein; liF J6 (3) (Schultergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A7 (Zielgriff) → C7; reH C3; reF → J4; liF J6 (4) (Seitobergriffe, gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe in den Händen (1). Bewegungsvorbereitend mit dem konkavseitigen Bein hochtreten und mit der konvexseitigen Hand weitergreifen (2). Den KSP über das konkavseitige Bein schieben. Während die konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der konvexseitige Schultergürtel und der Rumpf entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitergreifen und -treten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	- vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Aufschultern mit konvexer Seite“; einziger Unterschied zum Aufschultern: nur Zugbelastung am Schultergriff (Ellenbogen dicht an der Wand) - bei dieser Übung wird besonders der M. latissimus dorsi und der M. teres major beansprucht, der hier nur seine volle Kraft entfalten kann, wenn das Schulterblatt an der Wirbelsäule stabilisiert wird (Training des schwächsten Glieds in der Kette: Mm. trapezius pars transversus, ascendens, descendens, rhomboidei)

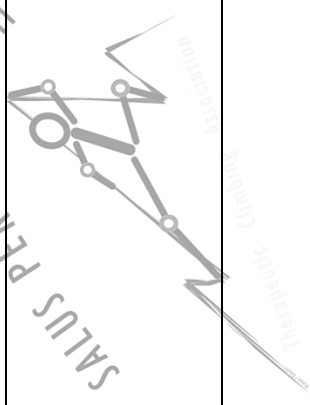


Abb. 0–4 Skoliosespezifischer Schulterzug mit konvexer Seite (hier für rechtskonvexe Skoliose von rechts nach links): geometrische Muster (0), Ausgangsviereck (1), Belastungsdreieck (2), Zwischenposition (3), Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Schulterzug mit konvexer Seite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (2.1) bis (2.3) kennzeichnen verschiedene Belastungsdreiecke)	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	- lumbale/thorakolumbale Skoliose (Th VII – S V): Innenrotation im Schultergelenk (Ellenbogen von der Wand weg, Ventralisierung Schulter erlaubt)
Schwierigkeitsdifferenzierung	- Trittentfernung: je mehr der KSP über das linke Bein geschoben wird, desto leichter - Trittbreite: je breiter, desto schwerer - Tritthöhe: je höher, desto schwerer (2.2) - Pendelbein - (Wandneigung) - verschiedene Kombinationen (2.2) - (wer braucht die wenigsten Züge bis zum letzten Griff)



Abb.2.1–2.2 Schwierigkeitsdifferenzierung beim skoliosespezifischen Schulterzug mit konvexer Seite durch Tritthöhe (2.1) und Kombination aus Trittbreite, -höhe (2.2)



Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergeite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs)	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingezeichnete Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	2 – 5
Voraussetzung	Klettertechnik: „Eingedrehtes Klettern“
Wandneigung	senkrecht bis überhängend
Ausgangsviereck	liH B1; reH B5; liF J2; reF J4 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liH → B3 (2) (natürlich zu greifender, positive Seitobergriff)
Belastungsdreieck	liH B3; reF J4; re Hüfte dreht zur Wand; liF zur Stabilisation gegen die Wand (3)
Endviereck	reH → B9; liH → B5; liF → I4 → J6; reF → J8 (4)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Startgriffe (1). Vorbereitend mit der rippentalseitigen (dorsal) Hand weitergreifen (2). Dann die rippenbergseitige (dorsal) Hüfte zur Wand drehen, gleichseitige Hand vom Startgriff lösen und zum Zielgriff greifen und den rippentalseitigen (dorsal) Fuß gegen die Wand stellen. Diese Position muss über eine diagonale Bauchspannung stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitergreifen und Umtreten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	- durch das Stabilisationsbein, das gegen die Wand drückt, werden die Hüftadduktoren beansprucht, die synergistisch zu den Mm. obliqui abdomines (internus auf der ipsilateralen und externus auf der kontralateralen Seite) arbeiten - am langen Arm (gestreckt) klettern

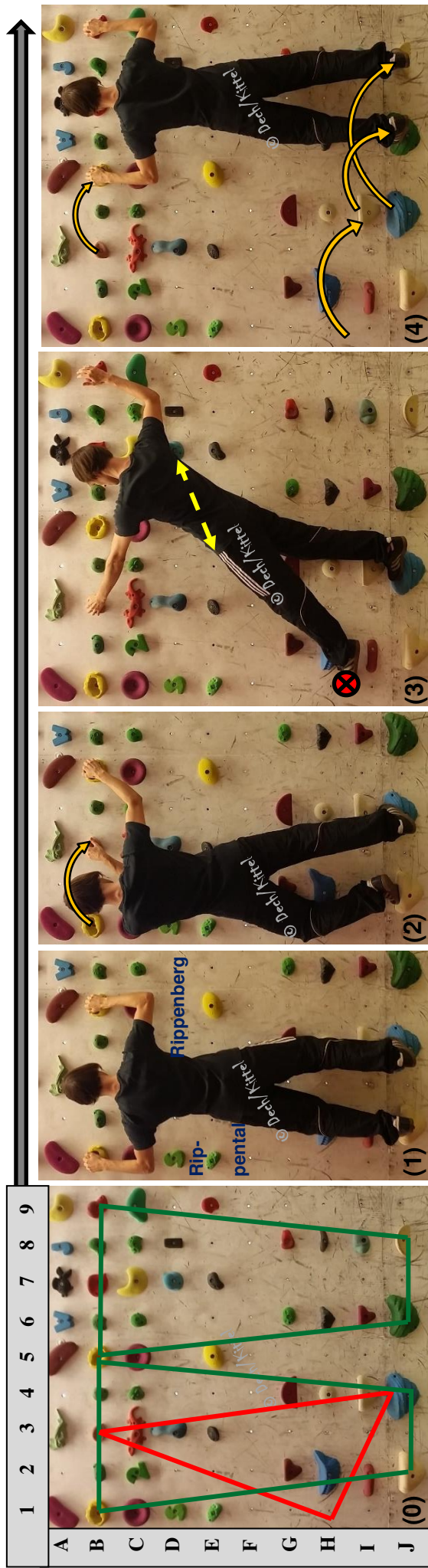


Abb. 0a-5a Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur Rippenbergseite, (hier für Skoliose mit rechtsseitigem dorsalen Rippenberg bzw. linksseitigem Lendenwulst) von links nach rechts: geometrische Muster (0), Ausgangsviereck (1), Ausgangsdreieck (2), Belastungsdreieck (3), Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren egedreht zur dorsalen Rippenbergseite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs)	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummer (3.1) kennzeichnet eine verändertes Belastungsdreieck	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	- bei Lendenwulst: Übung kontralateral zur Seite des Lendenwulstes ausführen
Schwierigkeitsdifferenzierung	- Griff im Lot zum Tritt erschwert die Übung, vor dem Lot noch mehr - Griff-Tritt-Abstand in der Höhe (je dichter, desto schwerer) (3.1) - Wandneigung, je überhängender, desto schwerer (- Wer braucht die wenigsten Züge bis zum letzten Griff?)



(3.1)

Abb. 3.1 Schwierigkeitsdifferenzierung beim skoliosespezifischen Queren egedreht zur dorsalen Rippenbergseite durch Tritthöhe



Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen egedreht zur dorsalen Rippenbergseite	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs)	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Asprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	2 – 5
Voraussetzung	Klettertechnik: „Eingedrehtes Klettern“
Wandneigung	senkrecht bis überhängend
Ausgangsviereck	liH B1; reH B5; liF J2; reF J4 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liH → B3 (2) (natürlich zu greifender, positive Seitobergriff)
Belastungsdreieck	liH B3; reF J4; re Hüfte dreht zur Wand; liF zur Stabilisation gegen die Wand (3)
Endviereck	reH → A9; liH → A5; liF → I4 → I6; reF → I8 (4)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Startgriffe (1). Vorbereitend mit der rippentalseitigen Hand weitergreifen (2). Rippenbergseite (dorsal) Hüfte zur Wand drehen, gleichseitige Hand vom Startgriff lösen und zum Zielgriff greifen und den rippentalseitigen (dorsal) Fuß gegen die Wand stellen. Diese Position muss über eine diagonale Bauchspannung stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitergreifen und Umtreten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	- durch das Stabilisationsbein, das gegen die Wand drückt, werden die Hüftadduktoren beansprucht, die synergistisch zu den Mm. obliqui abdomines (internus auf der ipsilateralen und externus auf der kontralateralen Seite) arbeiten - am langen Arm (gestreckt) klettern
Individuelle Übungsausführung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur Rippenbergseite“
Schwierigkeits-differenzierung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur Rippenbergseite“ - + schräg Absteigen eingedreht zur Rippenbuckelseite

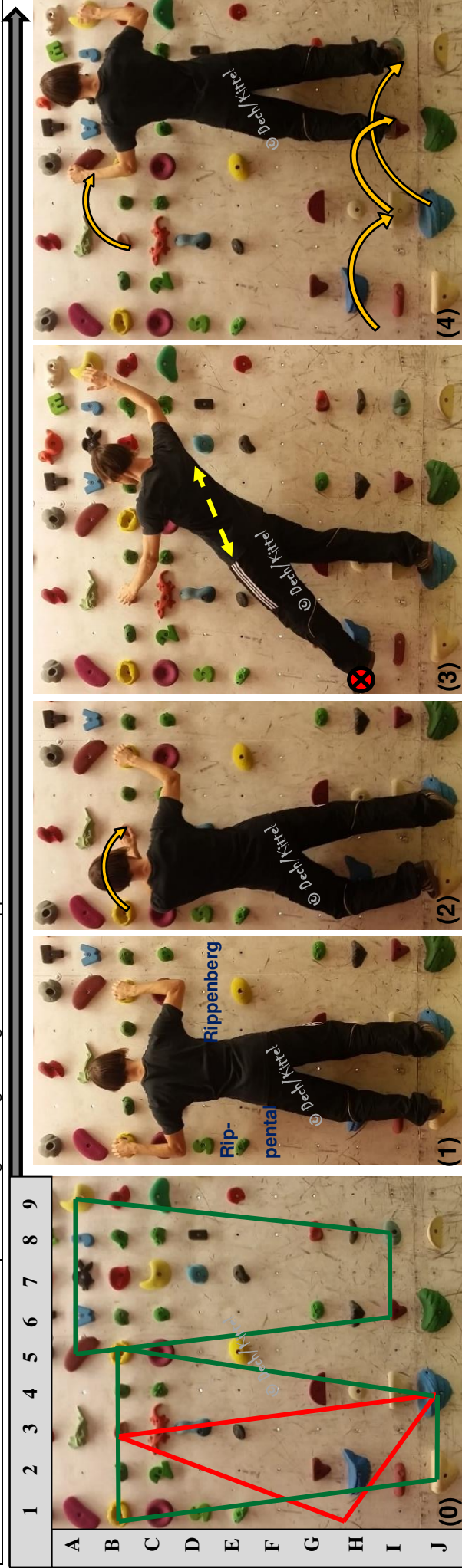


Abb. 0-4 Variation: Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen eingedreht zur Rippenbergseite, (hier für Skoliose mit rechtsseitigem dorsalen Rippenberg bzw. linksseitigem Lendenwulst) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Queren zur dorsalen Rippenbergseite mit Kreuzzügen eingedreht auflösen	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs)	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Klettertechnik: „Kreuzzüge eingedreht auflösen“
Wandneigung	leicht bis stark überhängend
Ausgangsviereck	liH B1; reH B5; liF J2; reF J4 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	reF → J6; li Hüfte (Körperhälfte) zur Wand drehen; liH → B6 (2) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	liH B6; reF J6; liF zur Stabilisation gegen die Wand (3) (natürlich zu greifender, positive Seitobergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → B5; reH B11 → B9; liF → I4 → J6; reF → J8 (4) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe (1). Vorbereitend mit dem rippenbergseitigen (dorsal) Fuß weitertreten und die Hüfte der anderen Seite zur Wand drehen (voreindrehen). Mit der rippenbergseitigen (dorsal) Hand die andere unterkreuzen und weitergreifen (2). Rippenbergseitige (dorsal) Hüfte zur Wand drehen, gleichseitige Hand vom Startgriff lösen und den rippenbergseitigen (dorsal) Fuß gegen die Wand stellen. Diese Position muss über eine diagonale Bauchspannung stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitergreifen und Umtreten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Queren der Therapiewand).
Bemerkung	- erschwert das skoliosespezifische Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite - Kreuzzüge sind koordinativ anspruchsvoll, hier sogar in Verbindung mit Eindrehen - komplizierte Übung: sollte anfangs durch einen Therapeuten geführt werden!
Individuelle Übungsausführung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite“
Schwierigkeitsdifferenzierung	Vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite“



Abb.0-4 skoliosespezifisches Queren mit Kreuzzügen zur Rippenbergseite eingedreht auflösen (hier für Skoliose mit rechtsseitigem Rippenbuckel bzw. linksseitigem Lendenwulst) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen zur dorsalen Rippenbergseite mit Kreuzzügen eingedreht auflösen	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs)	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3–5
Voraussetzung	Klettertechnik: „Kreuzzüge eingedreht auflösen“
Wandneigung	leicht bis stark überhängend
Ausgangsviereck	liH B1; reH B5; liF J2; reF J5 (1) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	reF → J6; li Hüfte (Körperhälfte) zur Wand drehen; liH → B6 (2) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	liH B6; reF J6; liF zur Stabilisation gegen die Wand (3) (natürlich zu greifender, positiver Seitobergriff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A7; reH → A11; liF → I6 → I8; reF → I10 (4) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Griffe (1). Vorbereitend mit dem rippenbergseitigen (dorsal) Fuß weitertreten und die Hüfte der anderen Seite zur Wand drehen (voreindrehen). Mit der rippenbergseitigen (dorsal) Hand die andere unterkreuzen und weitergreifen (2). Rippenbergseitige (dorsal) Hüfte zur Wand drehen, gleichseitige Hand vom Startgriff lösen und den rippenbergseitigen (dorsal) Fuß gegen die Wand stellen. Die Position muss über eine diagonale Bauchspannung stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck durch Weitergreifen und Umtreten eingenommen (4). Nach der Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden (Therapiewand schräg aufsteigen).
Bemerkung	- erschwert die vorherige Übung „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite“ - vgl. Übung: „Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite“
Individuelle Übungsausführung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite“
Schwierigkeitsdifferenzierung	vgl. Übung: „Skoliosespezifisches Queren eingedreht zur dorsalen Rippenbergseite“

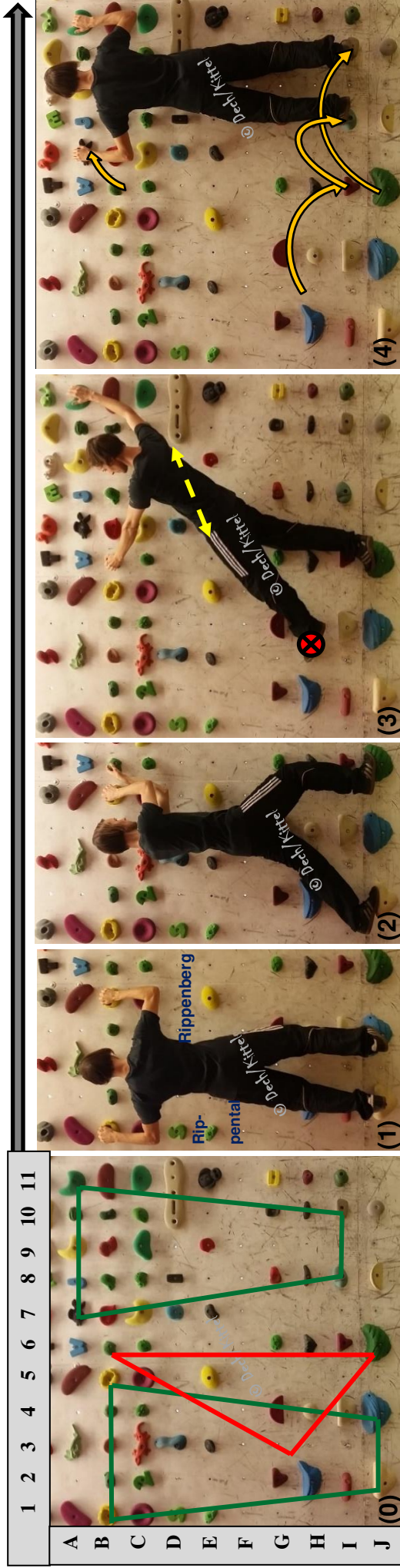


Abb.0-4 Skoliosespezifisches schräges Aufsteigen mit Kreuzzügen zur dorsalen Rippenbergseite eingedreht auflösen (hier für Skoliose mit rechtsseitigem dorsalen Rippenberg bzw. linksseitigem Lendenwulst) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifischer Toe-Hook	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs) bzw. Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Kletttechnik „Toehook“ und Greifen auf Schulter
Wandneigung	senkrecht bis überhängend
Ausgangsviereck	liH D2; reH D6; liF K3; reF K5 (1) (positive Obergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liH → D4; reH → D8 (2) (positiver Schultergriff, guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH D8; reF K5; liF H1 (3) (positiver Schultergriff, gute Tritte)
Endviereck	liH → A6; reH → A10; liF → J5 → I7; reF → I9 (4) (natürlich zu greifende, positive Seitobergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal mit leicht außenrotierten Füßen auf beiden Tritten und hält beide Startgriffe (1). Vorbereitend mit beiden Händen weitergreifen (rippenbergseitige (dorsal) Hand greift auf Schulter). (2). Dann mit den rippentalseitigen (dorsal) Zehen hinter den oberen Tritt hakeln („hooken“). Während die rippentalseitige Hand zum Zielgriff greift, muss über eine diagonale Bauchspannung WS stabilisiert werden. Außerdem muss der Schultergürtel und die WS von lateral entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Anschließend wird das Endviereck durch Umtreten und Hochgreifen eingenommen (4). Nach dem Abklettern und ggf. einer zusätzlichen Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden.
Bemerkung	- Erweiterung der Übung „Queren frontal zur konkaven Seite auf Schulter“ - Becken parallel zur Wand halten (rippentalseitigen (dorsal) Beckenkamm zur rippenbergseitigen (dorsal) Schulter ziehen)

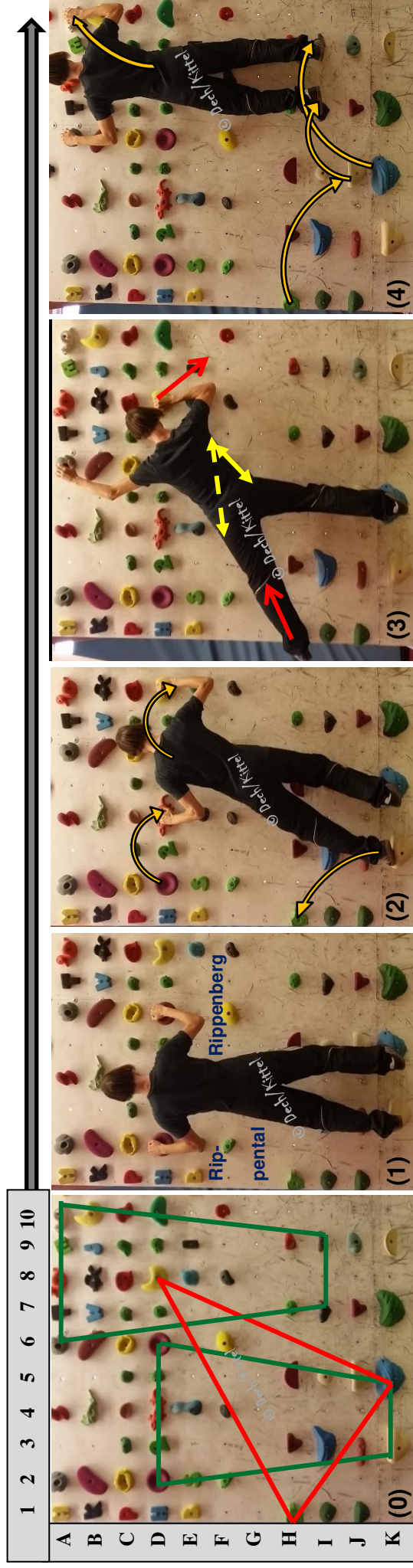


Abb. 0–4 skoliosespezifischer Toe-Hook (hier Skoliose mit rechtsseitigem dorsalen Rippenberg bzw. linksseitigem Lendenwulst): geometrische Muster (0), Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifischer Toe-Hook	
Ziel: Wirbelkörperrotation durch diagonale Bauchspannung (Ventralisierung des dorsalen Rippenbergs) bzw. Schultergürtelstabilisation & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummer (3.1) kennzeichnet eine verändertes Belastungsdreieck)	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	- bei Lendenwulst: Übung kontralateral zur Seite des Lendenwulstes ausführen
Schwierigkeits-differenzierung	- Griffhöhe, je tiefer, desto schwerer - Art des Toe-Hooks: Hüfte außenrotiert (3.1) (damit ist es schwieriger den rippentalseitigen (dorsal) Beckenkamm zur rippenbergseitigen (dorsal) Schulter zu ziehen - (Zusatzaufgaben, wie Tiere tippen (Öffnung konkave Seite))



Abb. 3.1 Schwierigkeitsdifferenzierung beim skoliosespezifischen Toe-Hook durch Positionierung des Toe-Hooks (mit Hüftaußenrotation)

Skoliosespezifisches Stützen	
Wirbelkörperderotation BWS durch Schultergürtelstabilisation bzw. Wirbelkörperderotation bei einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (1) bis (4) kennzeichnen die Abbildungen von links nach rechts in Bewegungsrichtung)	
Merkmal	Ausprägung
Übungsart	kletterspezifisch
Rehaphase	3 – 5
Voraussetzung	Klettertechnik „Stützen“
Wandneigung	stark positiv bis senkrecht
Ausgangsviereck	liH C1; reH C5; liF K2; reF K4 (1) (Positive Obergriffe und gute Tritte)
Vorbereitung	liH → C3, reH → H6, liF → H2 (2) (li: positiver Obergriff; re: neutraler großer Griff und guter Tritt)
Belastungsdreieck	reH H6, liF H2, reF K4 (3) (neutraler großer Griff und gute Tritte)
Endviereck	liH → A5, reH → A9; liF → I6 reF → I8 (4) (Positive Obergriffe und gute Tritte)
Bewegung	Der Patient steht frontal auf beiden Tritten und hält beide Startgriffe (1). Füße stehen leicht außenrotiert. Vorbereitend mit der thorakal konkav-seitigen Hand weitergreifen, mit der thorakal konvexseitigen Hand auf dem tieferen Griff stützen und mit dem thorakal konkavseitigem Fuß hoch treten (2). Während die thorakal konkavseitige Hand zum Zielgriff greift, muss der Schultergürtel und die WS entgegen des Pathomechanismus stabilisiert werden (3). Danach wird das Endviereck eingenommen, indem die Füße weitertreten und die konvexseitige Hand hochgreift. (4). Nach dem Abklettern und ggf. einer zusätzlichen Entspannungsphase kann die Bewegung wiederholt werden.
Bemerkung	<ul style="list-style-type: none"> - bei dieser Übung muss der Schultergürtel der stützenden Hand entgegen einer Elevation und Außenrotation stabilisiert werden - außerdem muss die WS von lateral stabilisiert werden um den konvexen Bogen nicht zu verstärken - beanspruchte konkavseitige Muskeln zur Derotation der LWS (hier rechts): M. quadratus lumborum, der M. obliquus internus pars lumbalis und der M. longissimus thoracis

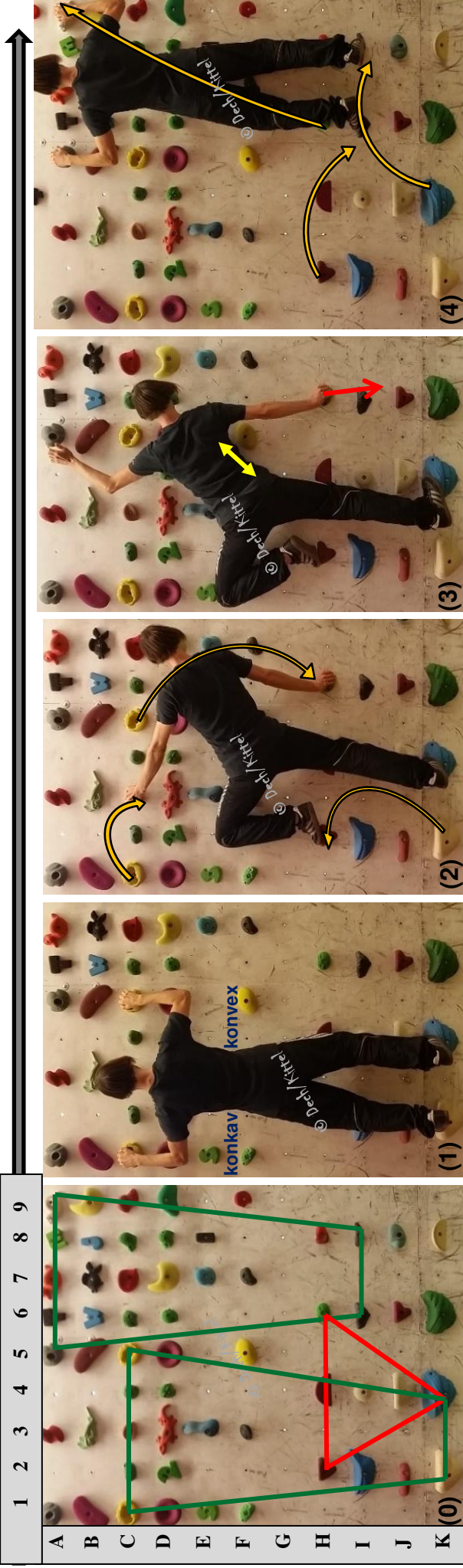


Abb. 0-4 skoliosespezifisches Stützen (hier rechtskonvexe thorakale Skoliose mit linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen) von links nach rechts: geometrische Muster (0); Ausgangsviereck (1); Vorbereitung (2); Belastungsdreieck (3); Endviereck (4)

Skoliosespezifisches Stützen	
Wirbelkörperrotation BWS durch Schultergürtelstabilisation bzw. Wirbelkörperrotation bei einem linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen & laterale WS-Stabilisation	
Fakten zur Übungsdurchführung (eingeklammerte Nummern (3.1) und (3.2) kennzeichnen verschiedene Belastungsdreiecke	
Merkmal	Ausprägung
Individuelle Übungsausführung	- Stützseite mit thorakal konvexeitiger Hand - bei 1-bogiger lumbaler/thorakolumbalen Skoliose auf konkaver Seite Stützen
Schwierigkeitsdifferenzierung	- Pendelbein (erhöht die Last auf den Stützarm) (3.1) - Tritthöhe und -Breite (je weiter entfernt, desto schwerer ist die Übung) - verschiedene Kombinationen (3.2) - Zusatzaufgaben (Tiere tippen)

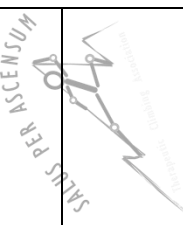


Abb. 3.1 u. 3.2 Schwierigkeitsdifferenzierung beim skoliosespezifischen Stützen (hier rechtskonvexe thorakale Skoliose mit linkskonvexen lumbalen Ausgleichsbogen) von links nach rechts: durch Pendelbein (3.1) und Kombination aus Trittweite und Pendelbein (3.2)