

**Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. med. habil. Andreas Paech
und
aus dem Querschnittgelähmten-Zentrum
des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität zu Lübeck
Chefarzt: Prof. Dr. med. habil. Roland Thietje**

**Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge der
Halswirbelsäule und dem funktionellen Outcome von Patienten
mit Querschnittlähmung – eine monozentrische
Längsschnittstudie**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
- Aus der Sektion Medizin -

vorgelegt von
Yannick Niklas Rau
aus Lübeck

Lübeck 2023

1. Berichterstatterin/Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Roland Thietje

2. Berichterstatterin/Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Jan Gliemroth

Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.2023

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 14.12.2023

-Promotionskommission der Sektion Medizin-

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1. Einleitung.....	1
1.1 Einführung in die zervikale Querschnittlähmung.....	1
1.2 Anatomie.....	4
1.3 Verletzung der Halswirbelsäule.....	6
1.4 Die Spondylodese der Halswirbelsäule.....	8
1.5 Nachsorge in der stationären Behandlung.....	11
1.6 Epidemiologie der Verletzung der Halswirbelsäule und assoziierter Querschnittlähmung.....	13
1.7 Fragestellung.....	15
2. Material und Methoden.....	16
2.1 Studiendesign.....	16
2.2 Studienziel.....	18
2.3 Verwendete Instrumente.....	19
2.3.1 ASIA Impairment Scale (AIS).....	19
2.3.2 Spinal Cord Independence Measure (SCIM).....	21
2.3.3 Das Ergotherapeutische Assessment (EA).....	22
2.3.4 Freiheitsgrade der Halswirbelsäule.....	23
2.3.5 Die subjektive Lebensqualität.....	24
2.4 Weitere Untersuchungen.....	25
2.4.1 Urologischer Status.....	25
2.4.2 Wohnsituation.....	26
2.4.3 Erwerbsstatus.....	26
2.5 Hypothesen.....	28
2.6 Auswertung.....	29
2.6.1 Welch T Test.....	29
2.6.2 Multiple lineare Regressionsanalyse.....	29
2.6.3 Chi Quadrat Unabhängigkeitstest.....	31
3. Ergebnisse.....	32
3.1 Das Patientenkollektiv.....	32
3.1.1 Typisierung der Lähmungen nach AIS.....	34
3.1.2 Ursache der Querschnittlähmung.....	35

3.2 Einflüsse der Spondylodesenlänge.....	36
3.2.1 ASIA Impairment Scale (AIS).....	36
3.2.2 Spinal Cord Independence Measure (SCIM).....	38
3.2.3 Das Ergotherapeutische Assessment (EA).....	41
3.2.4 Freiheitsgrade der Halswirbelsäule.....	44
3.2.5 Die subjektive Lebensqualität.....	47
3.2.6 Urologischer Status.....	48
3.2.7 Wohnsituation.....	49
3.2.8 Erwerbsstatus.....	50
4. Diskussion.....	52
4.1 Generelles Studiendesign.....	52
4.2 Das Patientenkollektiv.....	54
4.3 Einfluss der Spondylodesenlänge.....	56
4.3.1 ASIA Impairment Scale.....	56
4.3.2 Spinal Cord Independence Measure.....	58
4.3.3 Ergotherapeutisches Assessment (EA).....	61
4.3.4 Freiheitsgrade der Halswirbelsäule.....	64
4.3.5 Subjektive Lebensqualität.....	66
4.3.6 Urologischer Status.....	67
4.3.7 Wohnsituation.....	68
4.3.8 Erwerbsstatus.....	69
4.4 Schlussfolgerung.....	71
5. Zusammenfassung.....	72
6. Literaturverzeichnis.....	73
7. Anhänge.....	94
8. Danksagung.....	105
9. Lebenslauf.....	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Dermatome des Oberkörpers und ihr zugeordnetes neurologisches Segment in vereinfachter Darstellung	Seite 2
Abbildung 2	Anatomie der knöchernen Halswirbelsäule mit beispielhafter Darstellung eines Wirbels	Seite 4
Abbildung 3	Die Halswirbelsäule im Transversalschnitt von kaudal	Seite 5
Abbildung 4	Dislokation zwischen HWK 6 und 7 mit Verdacht auf Rückenmarksläsion im computertomographischen Sagittalschnitt	Seite 6
Abbildung 5	Beispiel einer ventralen Fusion von HWK 4 bis 6 mit interkorporellen Cages und Plattenosteosynthese bei einer 57-jährigen Patientin im seitlichen Strahlengang	Seite 10
Abbildung 6	Anzahl der Patienten in Abhängigkeit von der Läsionshöhe bei Aufnahme	Seite 32
Abbildung 7	Anzahl der Patienten in Abhängigkeit von der Spondylodesenlänge	Seite 33
Abbildung 8	AIS Typ bei Aufnahme	Seite 34
Abbildung 9	AIS Typ bei Entlassung	Seite 34
Abbildung 10	Boxplot-Visualisierung der den Rehabilitationserfolg repräsentierenden Motorscoredifferenz zwischen Aufnahme und Entlassung	Seite 37
Abbildung 11	Boxplot-Visualisierung der den Rehabilitationserfolg repräsentierenden SCIM-Differenz zwischen Aufnahme und Entlassung	Seite 39
Abbildung 12	Urologischer Status aufgeteilt nach Versorgungslänge	Seite 49
Abbildung 13	Erwerbsstatus aufgeteilt nach Versorgungslänge	Seite 50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Klassifikation nach AIS	Seite 20
Tabelle 2	Lähmungsursachen	Seite 35
Tabelle 3	ASIA Impairmentscale nach Gruppen geteilt	Seite 36
Tabelle 4	AIS T Testergebnisse	Seite 37
Tabelle 5	SCIM bei Aufnahme und Entlassung	Seite 38
Tabelle 6	SCIM T Testergebnisse	Seite 39
Tabelle 7	Lineare Regressionsanalyse der SCIM Differenz	Seite 40
Tabelle 8	Deskriptive Darstellung der EA Daten	Seite 41
Tabelle 9	Lineare Regressionsanalyse der EA Werte in der Subkategorie Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung	Seite 42
Tabelle 10	Deskriptive Darstellung der Freiheitsgrade der Halswirbelsäule	Seite 44
Tabelle 11	Lineare Regressionsanalyse der Rotationsfähigkeit nach rechts	Seite 44
Tabelle 12	Lineare Regressionsanalyse der Rotationsfähigkeit nach links	Seite 45
Tabelle 13	Lineare Regressionsanalyse der Neigungsfähigkeit	Seite 46
Tabelle 14	Deskriptive Darstellung der Lebensqualitätsdaten	Seite 47
Tabelle 15	T Testergebnisse zur Lebensqualität	Seite 47
Tabelle 16	Deskriptive Darstellung des urologischen Status des Kollektivs	Seite 48
Tabelle 17	Deskriptive Darstellung der Wohnsituation	Seite 49
Tabelle 18	Deskriptive Darstellung des Erwerbsstatus	Seite 50

Abkürzungsverzeichnis

AIS	American Spinal Injury Association Impairment Scale
ASIA	American Spinal Injury Association
BGKH	Berufsgenossenschaftliches Klinikum Hamburg
EA	Ergotherapeutisches Assessment
HWK	Halswirbelkörper
MS	Motorscore
SCIM	Spinal Cord Independence Measure
QZ	Querschnittgelähmtenzentrum des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg
VIF	Varianzinflationsfaktor

1. Einleitung

1.1 Einführung in die zervikale Querschnittlähmung

Querschnittlähmungen sind kein Phänomen der modernen Medizin. Tatsächlich sind erste dokumentierte Fallberichte bereits etwa 4.000 Jahre alt und entstammen dem Papyrus Edwin Smith. Hier wurden unter anderem drei Fälle von Querschnittsyndromen durch einen unbekanntem Gelehrten dokumentiert und in ihrer klinischen Darstellung sowie ihrer teils sehr schlechten Prognose beschrieben.⁽¹⁾ Trotz bedeutender Fortschritte in Bezug auf experimentelle Therapien und den fortwährend verbesserten Rehabilitationskonzepten bleibt auch heute die Querschnittlähmung eine lebensverändernde Erkrankung ohne Aussicht auf vollständige Genesung und nur mäßige Aussicht auf Besserung.

Bei einer Querschnittlähmung kommt es zu einem Ausfall oder einer relevanten Einschränkung der neurologischen Funktion jener Gebiete, welche durch Spinalnerven segmentalen Ursprungs unterhalb einer Läsion versorgt werden. Der Querschnitt in Querschnittlähmung leitet sich aus der relativ klaren, annähernd zweidimensionalen Grenze zwischen den neuronalen Segmenten, die sich in der Transversalebene ausdehnt, ab. Die Vorstellung, eine klare Grenze zwischen den Segmenten ziehen zu können, erscheint zunächst wie eine starke Vereinfachung, spiegelt sich jedoch klinisch wider. Lediglich das Ausmaß der Störungen unterhalb der Läsion variiert bei verschiedenen Querschnittsyndromen. Die Lähmung kann also komplett oder inkomplett verlaufen.⁽²⁾ Aus der segmentalen Unterteilung des Rückenmarks ergibt sich des Weiteren, dass eine Läsion unterschiedliche Konsequenzen für den Gelähmten hat, je nachdem auf welcher Segmenthöhe sie zu finden ist. So ist von wesentlich vermehrter Einschränkung auszugehen, wenn die Läsion auf zervikaler Höhe zu finden ist, als bei einer auf thorakaler Segmenthöhe befindlichen Störung.

Die Querschnittlähmungssymptomatik kann durch weitere Begrifflichkeiten konkretisiert werden. Zunächst müssen die Begriffe Parese und Plegie abgegrenzt werden. Bei einer Parese handelt es sich um einen partiellen Ausfall der Motorfunktionen eines oder mehrerer Körperteile. Die Plegie hingegen stellt den vollständigen Ausfall der Motorfunktionen einzelner oder mehrerer Körperteile dar.

Die Plegie und die Parese können in Hinblick auf die Querschnittlähmung in Tetra- und Paraplegie beziehungsweise Tetra- und Paraparese unterteilt werden. Paraplegie oder Paraparese beschreiben eine doppelseitige Lähmung und werden häufig bei Ausfällen an beiden Beinen verwendet. Die Tetraplegie oder Tetraparese hingegen beschreiben einen

Ausfall an allen vier Extremitäten. Eine derart strikte Trennung der Begrifflichkeiten ist im klinischen Sprachgebrauch unüblich und auch in der Literatur nicht konsequent anzutreffen, da einige Autoren eine Unterteilung als unpräzise und daher obsolet beschreiben.(2)

Betrachtet man nun die nervale Versorgung der Extremitäten und die anatomische Lagebeziehung der Arme und Beine unter Berücksichtigung der natürlichen Verhältnisse von oben und unten, so wird klar, dass das Risiko einer Tetraplegie gegenüber einer Paraplegie und analoger Paresen mit aufsteigender Läsionshöhe steigt. Entsprechend ist bei Verletzung des Zervikalmarks, dessen unterstes neurologisches Segment C8 an der Mitversorgung des Armes beteiligt ist, eine Tetraplegie oder Tetraparese unterschiedlicher Schwere zu erwarten [Abbildung 1].

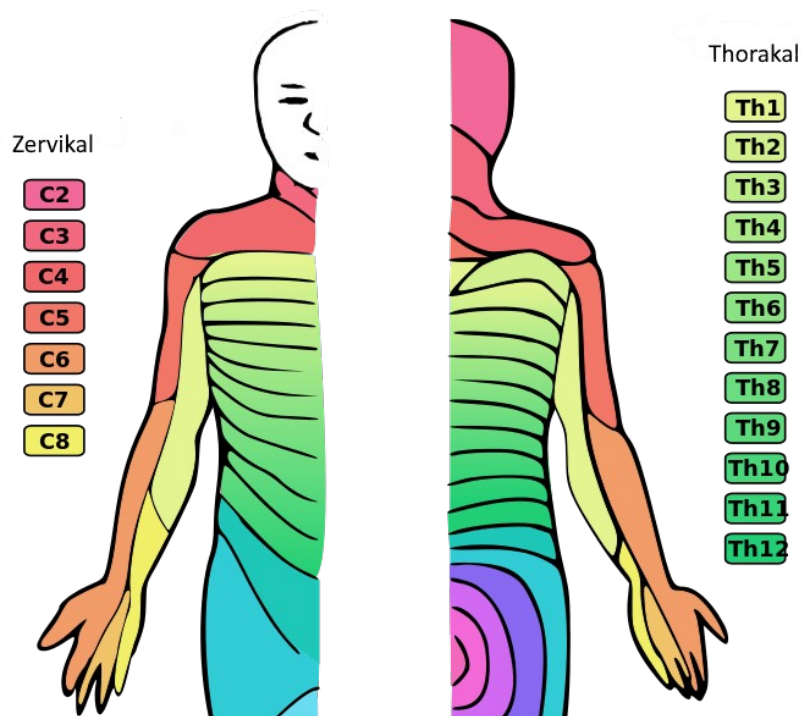


Abbildung 1: Dermatome des Oberkörpers und ihr zugeordnetes neurologisches Segment in vereinfachter Darstellung – Quelle: *Dermatome* von Ralph Stephan (2005), modifiziert durch den Autor. Als gemeinfrei durch den Ersteller veröffentlicht.

Neben der Einschränkung der Willkürmotorik und der subsequent möglichen Unfähigkeit zu laufen oder dem Greifen nach Dingen, geht die Querschnittlähmung mit einem komplexen, erweiterten Beschwerdebild für den Patienten einher.

Es kommt zum Beispiel zu einer gestörten Harnblasen- und Mastdarmfunktion, da zentral verschaltete Reflexe und willkürliche Steuerung häufig nicht mehr ungehindert ablaufen

können. Man spricht in diesem Zusammenhang bei stark ausgeprägter Entleerungsstörung der Blase auch von der neurogenen Blase.(3–6)

Außerdem können gefährliche autonome Dysreflexien auftreten. Nicht wahrgenommene Schmerzen oder starke Reizzustände im Bereich der Lähmung lösen dennoch eine Reaktion des vegetativen Nervensystems aus und können zu Blutdruckspitzen, Harnverhalt und anderen vegetativ bedingten Störungen führen.(7,8) Dies kann schwerwiegende Folgen, wie Aneurysmablutungen, nach sich ziehen.(9)

Auch die Sexualfunktion und der Sexualtrieb sind häufig eingeschränkt, was insbesondere männliche Patienten als belastend beschreiben.(10–12)

Im Rahmen des Querschnittsyndroms kann neuropathischer Schmerz zu einer Einschränkung der Lebensqualität führen, wobei Frauen hier besonders betroffen sind.(13–15)

Im gelähmten Bereich treten außerdem in etwa zwei Dritteln der Fälle Spastiken auf, welche die Patienten in ihrer Mobilität einschränken und schwere Schmerzen auslösen können.(16–18)

Die Querschnittlähmung auf Höhe zervikaler Segmente kann einige zusätzliche Funktionseinschränkungen für die Patienten bedeuten. Neben der genannten Häufung von Tetraplegien und Tetraparesen kann in Abhängigkeit der Lähmungshöhe ein Ausfall der Atemmuskulatur auftreten, welcher eine Einschränkung der Atemfähigkeit konstituiert. Tritt ein Ausfall der Segmente C1 bis C4 auf, so kann es zum Funktionsverlust des Zwerchfells kommen und so eine nichtassistierte Atmung durch den Patienten nicht mehr stattfinden.(19) Grundsätzlich besteht bei zervikalen Querschnittsyndromen ein erhöhtes Risiko der Aspirationspneumonie, Atelektasen und ein verminderter Hustenantrieb, was zu vermehrten Infektionen der Atemwege und der Lunge führen kann.(20–22)

1.2 Anatomie

Die Halswirbelsäule als Ganzes dient der Stabilisierung des Schädels auf dem Rumpf sowie dem Schutz diverser lebenswichtiger Leitungsbahnen, wobei das Rückenmark im zentralen Wirbelkanal im Vordergrund steht. Damit ist der Austritt einzelner Nervenbahnen durch die entsprechenden lateral gelegenen Foramina intervertebrales, im klinischen Sprachgebrauch als Neuroforamen bezeichnet, verbunden. Darüber hinaus stellt die Halswirbelsäule den relevanten Teil der Beweglichkeit des Kopfes sicher. Sie ist flektierbar, extendierbar und um die Longitudinalachse drehbar. Die Bewegung in der Sagittalebene sollte dabei sowohl in Inklination als auch in Reklination, ausgehend von der Neutral-Null-Stellung, etwa 35 bis 45 Grad betragen. Eine Neigung beziehungsweise Flexion in der Frontalebene sollte bis zu 45 Grad betragen. Eine isolierte Drehung des Kopfes durch die Gelenke der Halswirbelsäule um die Longitudinalachse sollte in beide Richtungen um 60 bis 80 Grad möglich sein.(23) Je nach Autor variieren diese Werte jedoch stark und sind von weiteren Faktoren wie dem Alter des Patienten und insbesondere auch der Untersuchungstechnik abhängig.(24) Die Halswirbelsäule besteht aus sieben Halswirbelkörpern (HWK), wobei Atlas und Axis, die am weitesten kranial gelegenen Wirbel, eine funktionelle Einheit darstellen, welche den größten Teil der Rotationsbeweglichkeit des Kopfes sicherstellt und einen eigenen Bandapparat besitzt. Alle Wirbel sind über ligamentäre Strukturen, Gelenkflächen und unterhalb des Axis über Bandscheiben miteinander verbunden. Das physiologische Zusammenspiel der knöchernen und diskoligamentären Strukturen ist Voraussetzung für die Stabilität des Wirbelkanals.

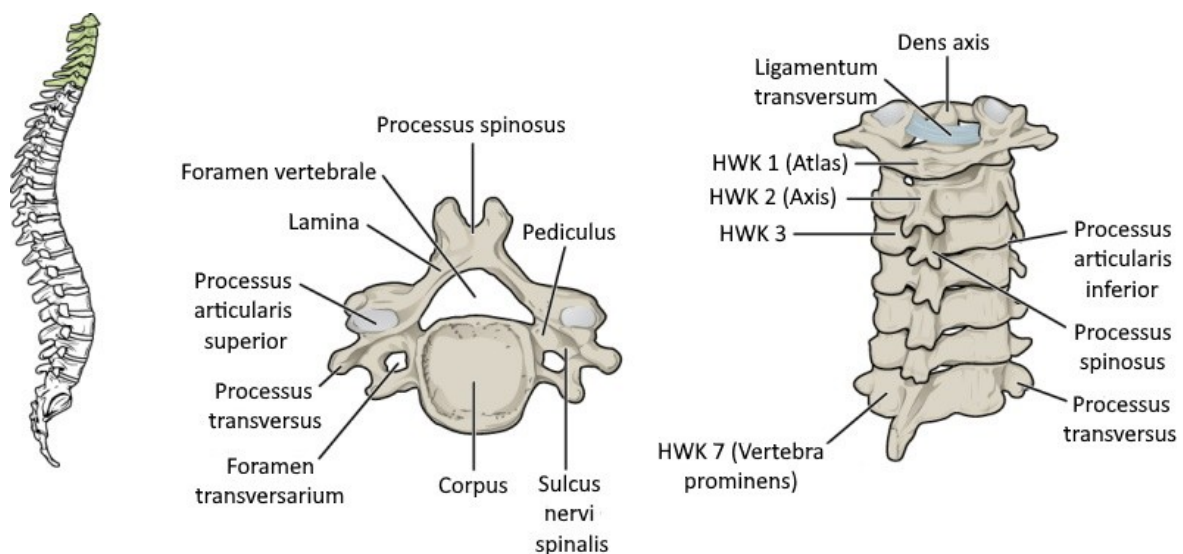


Abbildung 2: Anatomie der knöchernen Halswirbelsäule mit beispielhafter Darstellung eines Wirbels –
Quelle: Original entnommen aus *Anatomy & Physiology*, von *Betts et al. (2013)*, Abb. 7.25, modifiziert durch den Autor. Lizenziert unter CC BY 4.0 - creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

Nach kranial erfolgt eine Verbindung mit dem Os occipitale über das Atlantookzipitalgelenk. Nach kaudal besteht eine Verbindung zur Brustwirbelsäule über die Zygapophysialgelenke, den Discus intervertebralis sowie die Fortsetzung diverser ligamentärer Strukturen, wie das Ligamentum supraspinale, als Verlängerung des zervikalen Ligamentum nuchae, das sich über den Processus spinosi der Halswirbelsäule aufspannt.

Das Rückenmark der Halswirbelsäule stellt die kaudale Fortsetzung der dem Hirnstamm zugehörigen Medulla oblongata dar. Es liegt im zentralen Wirbelkanal, welcher durch die Foramina vertebralia knöchern gebildet wird und durch verschiedene Bänder begrenzt wird. Das Rückenmark besteht aus der zentral gelegenen Substantia grisea und der peripher gelegenen Substantia alba. Die Substantia grisea besteht hauptsächlich aus Gliazellen, wie den Oligodendrozyten, den Astrozyten und den Mikrogliazellen, sowie Moto- und Interneuronen. Die Substantia alba hingegen besteht aus der Summe auf- und absteigender Nervenbahnen, die durch Myelinscheiden isoliert sind. Das Rückenmark umgebend, befinden sich die in Abbildung 3 als Meningen zusammengefasste Pia mater, Arachnoidea mater und Dura mater, welche wiederum von einem Gefäßplexus und Fettgewebe umhüllt sind. Aus dem Rückenmark treten Hinter- und Vorderwurzel aus, die sich zum Spinalnerven vereinigen und so die Verbindung ins periphere Nervensystem darstellen.

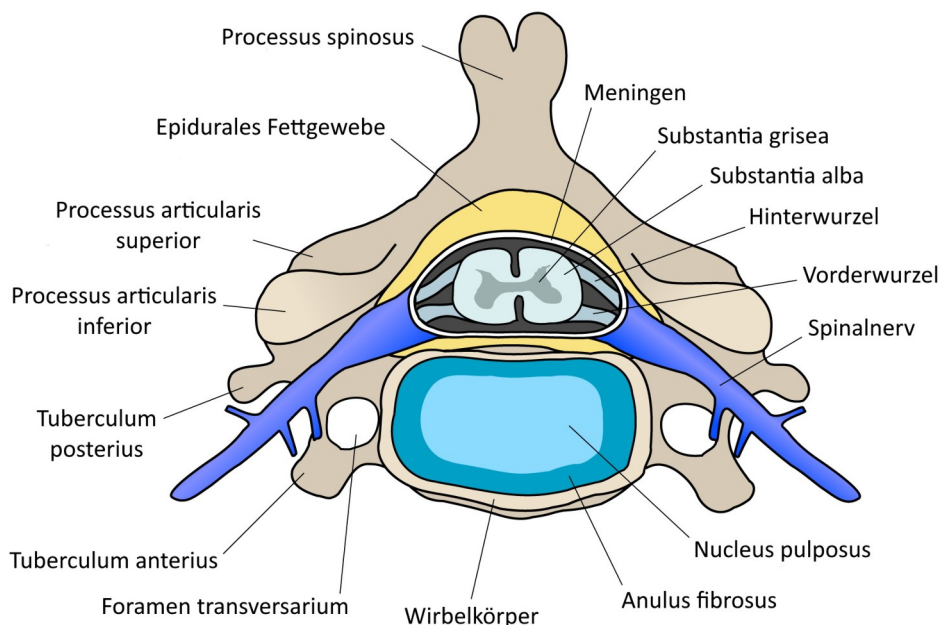


Abbildung 3: Die Halswirbelsäule im Transversalschnitt von kaudal – Quelle: *Cervical vertebra english* von Wikimedia Commons Nutzer *Debivort* (2007), modifiziert durch den Autor. Lizenziert unter CC BY-SA 3.0 - creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en

1.3 Verletzung der Halswirbelsäule

Verletzungen der in Abschnitt 1.2 aufgeführten Strukturen und mit ihnen verbundene strukturelle Veränderungen können zu Kompressionen des Rückenmarks führen. Kommt es zu einer Quetschung des Rückenmarks, kann es zur Nekrose und verzögert auch zur Apoptose von Nervenzellen und ihrer Gliazellen kommen, was meist irreversible Schäden nach sich zieht.(25–30) Dieser Prozess sollte, so der Patient noch nicht an den Folgen eines neurogenen oder spinalen Schocks und der damit verbundenen vaskulären Dysfunktion verstorben ist, verhindert beziehungsweise gestoppt werden.(31,32)



Abbildung 4: Dislokation zwischen HWK 6 und 7 mit Verdacht auf Rückenmarksläsion im computertomographischen Sagittalschnitt – Quelle: *Cervical fracture dislocation C6-C7* veröffentlicht durch *Associated Professor Frank Gaillard (2009)*. Lizenziert unter [CC BY-SA 3.0 - creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en)

Eine solche Veränderung, wie sie beispielhaft in Abbildung 4 zu sehen ist, kann auch nach eingetretener Verletzung verstärkt oder sogar erst durch nicht gestützte Bewegungen des Patienten, die Zug und Scherkräfte auf die Fragmente ausüben, hervorgerufen werden. Dabei ist eine knöcherne Verletzung keine Voraussetzung der Entstehung des Querschnittsyndroms. Beispielsweise kann eine prolabierte Bandscheibe ebenso schwerwiegende Folgen verursachen.(33) In der Regel handelt es sich bei einer Verletzung der Halswirbelsäule ohnehin nicht um eine isolierte Fraktur, sondern um eine Kombinationsverletzung aus Bandapparat und knöchernen Strukturen.

In Hinblick auf die Einschätzung des Risikos der Querschnittlähmung ist die diskoligamentäre Verletzung von besonderer Bedeutung, da eine Verletzung des diskoligamentären Apparats, sprich der stabilisierenden Bänder zwischen den Wirbelkörpern sowie des Discus intervertebralis, eine Luxation mit anschließender Querschnittsymptomatik durch translationale Bewegungen der Einzelelemente besonders begünstigt.(34) Im Falle einer isolierten ligamentären Verletzung ist die Luxation selten, so sie nicht im Bereich des Dens Axis auftritt und die Stabilisierung des Dens nach dorsal wesentlich beeinträchtigt, wobei eine solche isolierte Verletzung ohne Fraktur praktisch nicht vorkommt und eine kombinierte Verletzung mit dem Atlas allgemein nur selten zu einem neurologischen Defekt führt.(35,36)

1.4 Die Spondylodese der Halswirbelsäule

Entsteht eine wie im Abschnitt 1.3 beschriebene, medizinisch relevante Verletzung, insbesondere im Zusammenhang mit relevanten spinalen Engen, so ist eine schnelle chirurgische Intervention erforderlich. Wenn möglich, sollte ein Eingriff zur Entlastung des Spinalkanals in den ersten 24 Stunden nach initialer Kompression erfolgen, auf jeden Fall aber so schnell wie umsetzbar, um weitere Komplikationen zu vermeiden.(37–39) Gemäß der aktuellen S1 Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zur Verletzung der subaxialen Halswirbelsäule in der Fassung vom 15.12.2017 mit einer Gültigkeit bis zum 15.12.2022 gelten als Operationsindikationen Verletzungen mit translationalen Verschiebungen der Wirbelsäule, Verletzungen unter Einbeziehung des strukturellen Haltebandapparats im Sinne der Längsbandstrukturen, Berstungsfrakturen, ersichtliche Kompression von neurologischen Strukturen durch etwaige knorpelige Verlagerungen oder Absprengungen und bei nicht strukturellen Verletzungen eine Kyphosezunahme um mehr als 15 Grad.(40) Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit radiologische Klassifikationssystem wie das System von White und Panjabi oder Denis einzusetzen, um eine Operationsindikation zu stellen.(41)

Um das primäre Problem der Kompression zu lösen, kann es bei einigen Kausalitäten, wie bei tumorösen Veränderungen oder Myelopathien, aber auch bei komplexen Frakturen der Wirbel mit Berstungskomponenten, notwendig sein, eine Laminektomie oder Korporektomie der Wirbel auf betroffener Segmenthöhe durchzuführen, wobei eine zusätzliche Diskektomie erforderlich werden kann.(42–46) Unabhängig von der verwendeten Methode entsteht oder verbleibt eine anatomisch bedingte Instabilität der Wirbelsäule an der versorgten Stelle. Diese würde zu weiterführenden Komplikationen führen und muss chirurgisch stabilisiert werden, um sekundäre Verletzungen zu vermeiden. Eine gänzliche Wiederherstellung der vorherigen Stabilität bei gleichzeitigem Erhalt der physiologischen Beweglichkeit ist dabei unwahrscheinlich und eine Fusion mehrerer Wirbelkörper ist in der Regel erforderlich.(47–50) Um eine solche Stabilisierung zu provozieren, wird eine operative Verbindung und anschließende Fusion einzelner Wirbelkörper durch den Chirurgen herbeigeführt. Wie viele Wirbel hierbei fusioniert werden, hängt in erster Linie vom Ausmaß der Verletzung und von der möglichen Notwendigkeit einer Revision bei unzureichend stabilen Verhältnissen im initial nicht fusionierten Bereich ab.

Bei einer Spondylodese handelt es sich um eine solche Wirbelkörperfusion. Zu diesem Zweck werden knorpelige Strukturen, wie die Bandscheiben, entfernt, die Wirbelkörper

miteinander über zusätzliches Graftmaterial und interkorporelle Platzhalter in Verbindung gesetzt und anschließend mittels Osteosynthesematerialien stabilisiert. Die verwendeten Osteosynthesematerialien können klassischerweise metallener Natur sein, zum Beispiel aus Titan oder rostfreiem Stahl hergestellte Stangen, Platten, Kabel oder entsprechende Fixierschrauben.(51–55) Als Platzhalter werden meist zylinderförmige Cages aus ebenfalls allogenen Material eingesetzt, welche wiederum mit Knochen oder Ersatzstoffen bestückt werden. Diese werden bei irreparabel geschädigter Bandscheibe anstelle selbiger zwischen den Wirbelkörpern eingebracht und so annähernd physiologische Abstände, Größenverhältnisse und Kyphosen geschaffen.(47,48,56–58) Interkorporelle Spacer umfassen des Weiteren auch nicht zylindrische Konstrukte, welche aber das gleiche anatomische Ziel verfolgen.(59,60) Weiterführend werden auch sogenannte Knochenspane verwendet. Diese können anstelle oder in Kombination mit einem Spacer eingesetzt werden. Alle genannten interkorporellen Implantate dienen als vorgefertigte Matrix zwischen den Wirbelkörpern und unterstützen so den Knochen bei der Herstellung der eigentlichen Spondylodese, also der knöchernen Verbindung zwischen den Wirbeln. Sie können dem Patienten selbst an anderer Stelle entnommen oder in vielen Fällen auch artifiziell hergestellt oder einer Knochenbank entnommen werden.(53,61–63) An der Halswirbelsäule kann in einzelnen Fällen der Dislokation von Atlas und Axis die Notwendigkeit bestehen, das Os occipitale in die Fusion mit einzubeziehen und so eine nachhaltige Stabilität zu gewährleisten.(64–67)

Dem Operateur stehen zwei wesentliche Versorgungswege offen. Zum einen die ventrale und zum anderen die dorsale Versorgung, welche auch als kombinierte, dorsoventrale Varianten eingesetzt werden können. Ein Beispiel einer ventralen Versorgung findet sich in Abbildung 5. Jede Variante hat verschieden breite Anwendungsspektren und unterschiedliche Vor- und Nachteile. Verletzungsmuster, patientenspezifische Merkmale und die Erfahrung sowie individuelle Einschätzung des Operateurs müssen also dringend einbezogen werden und ein eindeutig vorzuziehendes Verfahren kann bisher nicht etabliert werden, da hinlängliche Evidenz für die Überlegenheit einzelner Methoden fehlt.(68,69) Während in einigen Fällen eine Überlegenheit hinsichtlich des Fusionserfolgs bei kombiniert dorsoventralen Versorgungen beschrieben werden konnte, gilt häufig die ventrale Versorgung aufgrund von Hinweisen auf bessere postoperative Schmerzverhältnisse, kürzere Aufenthaltsdauern und geringere Reoperationsraten als präferenziell und ist bereits der Goldstandard bei Herniationen von Bandscheiben.(70–73) Mögliche Komplikationen der Eingriffe umfassen beispielsweise Pseudarthrosenbildung

bei etwa ein bis zwei Prozent aller Patienten mit angestrebter zervikaler Fusion.(74,75)
Aber auch Lockerungen oder Schäden des Materials und Materialversagen sowie heterotrope Ossifikationen kommen vor.(51,76–79)



Abbildung 5: Beispiel einer ventralen Fusion von HWK 4 bis 6 mit interkorporellen Cages und Plattenosteosynthese bei einer 57-jährigen Patientin im seitlichen Strahlengang – Quelle: *Anterior cervical discectomy and fusion (ACDF)* veröffentlicht durch *Associated Professor Craig Hacking (2015)*. Lizenziert unter CC BY-NC-SA 3.0 – creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/

1.5 Nachsorge in der stationären Behandlung

Eine rehabilitative Behandlung der Patienten soll so früh wie möglich und bereits während der intensivmedizinischen Betreuung beginnen, um das funktionelle Ergebnis der Patienten zu optimieren und bestmöglich auf die weitere stationäre Rehabilitation vorzubereiten.(80–82) Vermeidung von Sekundärkomplikationen, wie die Entstehung von Dekubitalgeschwüren oder Pneumonien, Steigerung der Lebensqualität und das Erlangen eines möglichst hohen Grades an Selbständigkeit sind dabei die Maximen der rehabilitativen Therapie Querschnittgelähmter. Um diese Ziele zu erreichen, stehen im Querschnittgelähmtenzentrum verschiedene Therapieformen zur Verfügung und es wird stets ein interdisziplinäres Konzept erarbeitet, welches individuelle Ziele festlegt und eine regelmäßige Plausibilitätsprüfung vorsieht. Von besonderer Bedeutung für die Patienten ist die Ermächtigung, alltägliche Aufgaben zu meistern und eine gewisse Unabhängigkeit zu erwerben. Zu alltäglichen Aufgaben kann das Zubereiten von Nahrungsmitteln gehören, aber auch das Management der eigenen Ausscheidungen, welches einen besonderen psychosozialen Stellenwert im Rahmen der Querschnittlähmung einnimmt.(83,84)

Bei eingeschränkter Atemfähigkeit kann neben invasivem Atemwegsmanagement auch weniger invasive Unterstützung erfolgen. Atmungstherapeuten stehen im Querschnittgelähmtenzentrum zur Verfügung, um mit den Patienten sowohl bei invasiver, nicht invasiver Beatmung als auch selbständiger Atmung zusammenzuarbeiten. Die komplexen und spezifischen Ventilationsprobleme Querschnittgelähmter können so gezielt therapiert werden und insbesondere die komplexe Entwöhnung von invasiver Beatmung oder assistierter Atmung hat einen Experten vor Ort. Insgesamt korreliert die Lähmungshöhe negativ mit dem Entwöhnungserfolg bei invasiver Beatmung, so dass insbesondere bei zervikalen Querschnittsyndromen eine intensivierete Betreuung und aufwendigere Schemata Anwendung finden sollten.(85) Die potentiellen Erfolge der anderen rehabilitativ arbeitenden Disziplinen wie der Ergotherapie werden also unmittelbar durch den Erfolg des Atmungstherapeuten bestimmt. Doch auch bei fortgeschrittener Therapie mit persistierendem Atmungsproblem soll der Atmungstherapeut die Ermächtigung zur häuslichen Unabhängigkeit in Bezug auf die Atmung schaffen und greift dabei auf Erfolge der anderen Disziplinen zurück.(86)

Die bereits beschriebene neurogene Blase bedarf zusätzlicher besonderer urologischer Betreuung.(5,6) Die Entleerungsstörung kann dabei auf unterschiedliche Art, patientenadaptiert und häufig sogar noninvasiv behandelt werden. Dies muss für den Patienten in sozial und funktionell verträglichster Weise stattfinden, um eine möglichst

hohe Lebensqualität zu erreichen, was eine Überwachung, Kontrolle und Behandlung durch Experten der Neurourologie voraussetzt.(87,88) Besondere medizinische Ziele sind dabei der Erhalt der Speicherfähigkeit der Blase und eine Verhinderung des Refluxes mit entsprechender Nierenschädigung sowie die Behandlung und Prävention von Infekten. (5,89)

Darüber hinaus erfolgt eine Mitversorgung durch Physiotherapeuten. Mit der Querschnittlähmung assoziierte Schmerzen des Bewegungsapparats sowie neuropathische Schmerzen können durch Physiotherapie und gezieltes Training gesenkt werden, was eine Steigerung der Lebensqualität zur Folge hat.(90,91) Die Kräftigung des Patienten kann außerdem die Fähigkeit zur Partizipation am täglichen Leben steigern.(92) Um die positiven Effekte der Physiotherapie nachhaltig zu festigen, steht den Patienten im Querschnittgelähmtenzentrum außerdem eine Sporttherapie zur Verfügung. Hier können Kräftigungsprogramme an spezialisierten Geräten eigenständig durchgeführt und der Umgang mit dem Rollstuhl in sportlicher Weise geübt werden. Die Patienten profitieren davon, den Rollstuhlsport als Möglichkeit zur Erweiterung und zum Ausbau der in der Physiotherapie oder in der im folgenden Abschnitt beleuchteten Ergotherapie erworbenen Fertigkeiten zu nutzen.(93)

Die Ergotherapie macht sich, als weiterer wichtiger Baustein des Rehabilitationskonzepts, die in der Rehabilitationsmedizin und Physiotherapie geschaffenen Grundlagen zunutze. Hier werden konkrete Alltagsfähigkeiten in Abhängigkeit von den Voraussetzungen des Patienten geübt und trainiert. Dies können Fähigkeiten wie der Transfer vom Bett in den Rollstuhl unter Hinzunahme entsprechender Hilfsmittel, wie einem Rutschbrett, aber auch initial zum Beispiel die Benutzung einer Fernbedienung sein.(94,95)

Im Rahmen der genannten Therapien erfolgt regelmäßig eine Evaluation der Patientenfähigkeiten und Perspektiven, welche im interdisziplinären Kontext genutzt werden kann.

1.6 Epidemiologie der Verletzung der Halswirbelsäule und assoziierter Querschnittlähmung

Aus einer Metaanalyse von Milby et al. aus dem Jahre 2008 lässt sich unter Traumapatienten eine Prävalenz der Halswirbelsäulenverletzung von knapp 3,7 Prozent beziffern, von denen rund 42 Prozent instabile Verletzungen zeigen und somit ein erhöhtes Risiko der Querschnittlähmung mit sich bringen.(96) Die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. hat im Rahmen ihres jährlichen Reports über Traumapatienten für das Jahr 2018 eine Gesamtzahl von 40.882 Patienten herausgegeben.(97) Daraus resultiert unter Beachtung der oben genannten Zahlen, eine an der Halswirbelsäule verletzte und von Querschnittlähmung bedrohte Subpopulation von etwa 635 Patienten pro Jahr pro 82 Millionen Einwohner. Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass internationale Daten in die Bewertung mit eingeflossen sind und insbesondere soziokulturelle Unterschiede hinsichtlich der Arbeitssicherheit, Verkehrssicherheit und Sicherheit vor Gewaltverbrechen eine direkte Übertragung auf Deutschland eigentlich nicht zulassen. Außerdem erleiden nicht alle Patienten mit instabiler Verletzung auch tatsächlich eine Querschnittlähmung.

Querschnittlähmungen insgesamt treten nach Evaluation der World Health Organization mit einer Inzidenz von etwa 40 bis 80 pro 1.000.000 weltweit auf.(98) Dies entspräche in Deutschland bei einer Annahme von 84 Millionen Einwohnern also etwa 3.000 bis 7.000 Fälle pro Jahr. Ältere Untersuchungen des Arbeitskreises „Querschnittlähmungen“ des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften in Deutschland, welche im Jahr 2004 veröffentlicht wurden, gehen allerdings eher von etwa 1.250 Neuerkrankungen in Deutschland pro Jahr aus.(99)

Allerdings ist nicht jede Querschnittlähmung traumatisch bedingt. Eine Analyse des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. des Zeitraums 2002 bis 2012 ergab bei über 16-Jährigen 57.310 (5.210 / Jahr) Traumata der Wirbelsäule, von denen 4.285 Patienten eine Rückenmarksverletzung erlitten. Mit einem Anteil von 2.222 (~ 3,9 %) Patienten mit Rückenmarksverletzung und assoziierter Halswirbelsäulenverletzung ergibt sich hieraus eine Jahresinzidenz von 202 Querschnittlähmungssyndromen nach Verletzung der Halswirbelsäule.(100)

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass keine Verpflichtung zur Registrierung der Fälle im Register besteht und eine Dunkelziffer anzunehmen ist.

Untersuchungen verschiedener Kollektive führen zu der Beobachtung, dass es je einen Altersgipfel, bei 15- bis 45-Jährigen und 65- bis 80-Jährigen, gibt.

Eine übermäßige Inzidenz bei Männern kann generell beobachtet werden und lässt sich allgemein als etwa dreimal so hoch gegenüber dem weiblichen Geschlecht beschreiben.
(100–112)

1.7 Fragestellung

Im Zusammenhang mit der Querschnittlähmung und ihrer Behandlung hat sich aufgrund klinischer Beobachtungen im Querschnittgelähmtenzentrum des BGKH der Verdacht ergeben, dass Patienten mit langen zervikalen Spondylodesen einen therapeutischen und funktionellen Nachteil gegenüber jenen mit kurzstreckigen Spondylodesen haben.

Bei zervikaler Lähmungshöhe ist die Beweglichkeit in der Halswirbelsäule von besonderer Bedeutung für die vorhandene Restfunktionalität der Patienten und damit auch für ihre Teilhabe an therapeutischen Rehabilitationsmaßnahmen. Bisherige Untersuchungen zu einer möglichen Korrelation bestehen im Sinne eines Zusammenhangs zum Ausmaß der chirurgischen Intervention nicht. Das rehabilitative Outcome zervikal Querschnittgelähmter betreffende Untersuchungen sind auch international nur in ungenügendem Ausmaß vorhanden. Es konnte lediglich die Arbeit von Holzapfel aus dem Jahr 2008 identifiziert werden, die keinen signifikanten Zusammenhang zwischen funktionellem Outcome und Spondylodesenlänge der Lendenwirbelsäule nachweisen konnte.⁽¹¹³⁾ Arbeiten mit Bezug zu zervikalen Verletzungen konnten nicht identifiziert werden.

Da eine eingeschränkte Bewegungsfähigkeit des Patienten im Zervikalbereich durch eine dortige Spondylodese, in Abhängigkeit ihrer Länge, anatomisch plausibel und ein Zusammenhang zum funktionellen Outcome der Patienten rehabilitationsmedizinisch plausibel erscheint, soll diese Arbeit untersuchen, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome für zervikal verletzte und querschnittgelähmte Patienten besteht, oder ob Holzapfels Ergebnisse auf diese Patienten erweitert werden können und ein entsprechender Zusammenhang nicht besteht. Die so geschaffene Evidenz kann in die zu berücksichtigenden Faktoren in der Primärversorgung aufgenommen und durch weitere Untersuchungen präzisiert werden.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Als Basis dieser Analyse dienen die Patientendaten des Querschnittgelähmtenzentrums des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg. Dieses ist das größte spezialisierte Versorgungszentrum seiner Art in Deutschland und dient damit als bundesweite Anlaufstelle für erkrankte Patienten. Zum Zwecke der Untersuchung wurden die Daten der Patienten geprüft, welche zwischen einschließlich dem 01.01.2003 und einschließlich dem 31.12.2018 aufgenommen wurden.

Die ermittelten Daten wurden pseudonymisiert und mittels LibreOffice (Version 6.2.7.1) tabellarisch katalogisiert.

Eingeschlossen wurden alle Patienten, welche eine traumatische, knöcherne oder diskoligamentäre Verletzung der Halswirbelsäule mit Querschnittlähmungssymptomatik aufwiesen und mindestens in einem Segment mittels Wirbelkörperfusion beziehungsweise Spondylodese behandelt wurden. Gemäß OPS-2020 Abschnitt 5-836 wird die Spondylodese ihrer Länge nach verschlüsselt. Es wird dabei zwischen monosegmentalen, zweisegmentalen, drei- bis fünfsegmentalen und sechs- oder mehrsegmentalen Verblockungen unterschieden.(114) Entsprechend wird in dieser Arbeit eine Spondylodese als monosegmental bezeichnet, wenn sie zwei Wirbel umfasst und als polysegmental, wenn mehr Wirbelkörper beteiligt sind.

Darüber hinaus mussten die Untersuchten zum Zeitpunkt der Erkrankung zwischen 18 und 50 Jahre alt gewesen sein, durften keine geistigen oder seelischen und keine konsumierenden Erkrankungen sowie allgemein keine relevanten, das heißt funktionsbeeinflussenden, Verletzungen beziehungsweise Unfallfolgen abseits der Querschnittlähmung aufweisen. Kanzerogene Schäden des Nervensystems, ein schweres Schädelhirntrauma mit anschließender signifikanter kognitiver Beeinträchtigung oder aber eine inoperable Plexusläsion können hier als Beispiel genannt werden.

Die Altersgrenze von 50 Jahren wurde gewählt, da sie in früheren Publikationen etabliert ist und signifikant schlechtere Rehabilitationsergebnisse für Menschen über 50 gezeigt werden konnten. In dieser Arbeit sollen aber primär jene Patienten untersucht werden, welche möglichst gute Voraussetzungen zur Rehabilitation mitbringen und wenige konfundierende und limitierende Faktoren als Konsequenz ihres Alters mitbringen.(115–117)

Anhand der Einschlusskriterien konnten insgesamt 360 Patienten identifiziert werden. Unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien verblieben 199 Patienten für die Studie. Vollständige Datensätze liegen jedoch nicht für jeden Untersuchungsaspekt vor, weshalb die zugrundeliegende Patientenzahl für jede Untersuchung einzeln angegeben wird.

Das zugrundeliegende Studienprotokoll wurde der Ethikkommission der Universität zu Lübeck präsentiert und unter Aktenzeichen 20-336 ohne Bedenken zur Kenntnis genommen.

2.2 Studienziel

Diese Studie dient der epidemiologischen und analytischen Aufarbeitung einzelner Aspekte der Versorgung Querschnittgelähmter nach Halswirbelsäulenverletzungen.

Insbesondere soll gezeigt werden, ob ein Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome besteht.

Dabei sind die folgenden Merkmale Bestandteil der Untersuchung:

1. Alter: Das Alter der Patienten bei Aufnahme im Querschnittgelähmtenzentrum
2. Geschlecht: Die Geschlechteridentität des Patienten zum Zeitpunkt seiner Erkrankung, erfasst anhand seines biologischen Geschlechts, so nicht anders kommuniziert
3. Lähmungsursache: Auslösendes Ereignis der Querschnittlähmung beziehungsweise Art des Unfalls
4. Ausmaß: Das initiale und spätere Ausmaß der Querschnittlähmung anhand der AIS Klassifikation
5. Lähmungshöhe: Angabe des Lähmungsniveaus anhand der neurologischen Segmenthöhe
6. Versorgungslänge: Die Länge der Spondylodese, angegeben als Anzahl der beteiligten Wirbelkörper
7. Versorgungsweg: Grundsätzliche Unterscheidung zwischen ventraler, dorsaler und dorsoventraler Versorgung
8. Funktionalität: Verschiedene Scores, welche im Weiteren beschrieben werden, die zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben wurden
9. Lebensqualität: Die subjektive Lebensqualität der Patienten nach Entlassung, ermittelt anhand einer numerischen Ratingskala
10. Wohnsituation: Die Wohnsituation im Sinne der vorhandenen Barrieren als Repräsentant der Funktionalität der Patienten im Alltagsleben
11. Urologie: Der urologische Status in Bezug auf Notwendigkeit eines Katheters und der Art desselbigen
12. Erwerbsstatus: Der Erwerbsstatus der Patienten nach erfolgreicher Entlassung

2.3 Verwendete Instrumente

2.3.1 ASIA Impairment Scale (AIS)

Gemäß den aktuellen, derzeit in Überarbeitung befindlichen, Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie, wird zur initialen Diagnostik eines Querschnittlähmungssyndroms die Klassifikation der American Spinal Injury Association (ASIA), die sogenannte ASIA Impairment Scale (AIS), oder synonym die International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, angewendet.(118)

Diese löste die verwendete Frankel Skala ab, welche bereits ein ähnliches Konzept aufwies, dass ebenfalls grobe Klassifikationen von A (komplette Lähmung) bis E (keine Lähmungssymptomatik) vorsah, welche sich allerdings ausschließlich am Verletzungsniveau orientierten und kein erweitertes Punktscoren zuließen.(119) Die AIS beziehungsweise die International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury zeigen hier eine gesteigerte Reproduzierbarkeit und Präzision bei der Beurteilung von Querschnittsyndromen und werden heute als international gängiges Werkzeug eingesetzt.(120)

Die Erfassung erfolgt im QZ durch ärztliches Personal zum Zeitpunkt der Aufnahme und zum Zeitpunkt der Entlassung anhand eines durch die ASIA herausgegebenen Arbeitsblatts (siehe Anhang).

Eine Klassifikation erfolgt dabei anhand qualitativer Merkmale der Querschnittsymptomatik. Der Untersucher überprüft dabei einerseits die sensible Funktion aller Dermatome durch leichtes Berühren und Nadelstiche in den zugehörigen Arealen auf beiden Körperhälften. Andererseits wird die Motorfunktion anhand einiger Kennmuskeln der Segmente C5 bis T1 und L2 bis S1 überprüft. Zusätzlich erfolgt eine Überprüfung der Rektumsensibilität sowie der analen Schließmuskelaktivität mittels digitaler Untersuchung. Um eine sinnvolle Untersuchung durchführen zu können, sollte der initiale spinale Schock überwunden sein. Anhand der Befunde kann zunächst eine grobe Einteilung erfolgen. Die Kategorie A stellt die schwerste Form der Lähmung dar. Sie wird auch als komplette Querschnittlähmung bezeichnet. Die Klassifikation E hingegen stellt die Abwesenheit einer Lähmung dar. Genaueres ist Tabelle 1 zu entnehmen.(121) Anhand der durchgeführten Untersuchung wird außerdem die neurologische Segmenthöhe der Schädigung im Rückenmark festgelegt.

A	Komplett	Keine sensorische oder motorische Funktion der Segmente S4-S5
B	Inkomplett	Sensorische, aber keine motorischen Funktionen unterhalb des neurologischen Schädigungsniveaus bei Ausdehnung bis in die Segmente S4-S5
C	Inkomplett	Auch motorische Funktionen sind unterhalb des neurologischen Schädigungsniveaus erhalten, aber die Kennmuskeln der einzelnen Segmente weisen Kraftgrade von weniger als 3 auf
D	Inkomplett	Motorische Funktionen sind unterhalb des neurologischen Schädigungsniveaus erhalten, aber die Kennmuskeln der einzelnen Segmente weisen Kraftgrade von 3 oder mehr auf
E	Normal	Sowohl Motorik als auch Sensibilität sind nicht eingeschränkt, aber pathologische Reflexe können auftreten

Tabelle 1: Klassifikation nach AIS – Kraftgrade werden nach Janda bewertet und von 0 (vollständige Lähmung) bis 5 (normale Kraft) beurteilt. 3 bedeutet hier, dass aktive Bewegung gegen die Schwerkraft möglich ist und volle Bewegungsfreiheit besteht, Bewegung gegen Widerstand kann jedoch nicht erfolgen.

Um genauere Werte zu erhalten, lassen sich die erhobenen Befunde in ein Arbeitsblatt übertragen und dort in Zahlenwerte übersetzen. Ein Motorscore und zwei Sensibilitätsscores werden berechnet. Der Motorscore kann dabei Werte zwischen 0 und 100 Punkten annehmen, die einzelnen Sensibilitätsscores 0 bis 112 Punkte. Hierdurch können motorische und sensible Funktionen dezidiert und genauer bewertet werden. Die Sensibilitätsscores unterscheiden sich dabei hinsichtlich der Prüfmethode. Zum einen wird eine Nadelstichsensation ausgelöst, was eine mögliche Hypalgesie überprüfen soll, und zum anderen wird eine leichte Berührung durchgeführt, die eine mögliche Hypästhesie überprüfen soll.(121,122) Der Sensibilitätsscore wird in dieser Arbeit als Summe der Nadelstich- und leichten Berührungswerte untersucht und kann damit Werte von 0 bis 224 Punkte annehmen. Es werden Werte zum Zeitpunkt der Aufnahme und zum Zeitpunkt der Entlassung sowie deren Differenz zwischen beiden Zeitpunkten untersucht. Eine positive Differenz ist klinisch positiv und entspricht einer vorteilhaften, physisch funktionellen Entwicklung. Die AIS wird in diversen Studien als reliabel und valide beschrieben.(123–129) Zum Zwecke der Analyse wird mindestens eine Intervallskalierung der ermittelten Werte angenommen.

2.3.2 Spinal Cord Independence Measure (SCIM)

Der Spinal Cord Independence Measure ist ein validierter Score zur Beurteilung der funktionellen Einschränkungen eines Patienten mit Erkrankung des Rückenmarks. Ziel ist die Abschätzung der Fähigkeit des Patienten, einen unabhängigen Alltag zu bestreiten, indem dafür erforderliche einfache Aktivitäten beurteilt werden. SCIM wurde in seiner ersten Fassung 1997 durch Catz et al. veröffentlicht und im Jahr 2001 zur Steigerung der Reliabilität und Sensitivität erstmals erfolgreich überarbeitet.(130–133) Die neueste Version III wurde 2002 mit dem Ziel publiziert, kulturelle Ungleichheiten als Störfaktoren zu eliminieren und unterscheidet sich im Wesentlichen durch die neu eingeführte Untersuchung des Transfers vom Boden zum Rollstuhl und einer minimalen Neugewichtung der Punktvergabe.

Da die endgültige Validierung des SCIM III erst im Jahr 2007 erfolgte, wurde zum Zwecke der Vergleichbarkeit für alle Patienten im Untersuchungszeitraum eine Erhebung des SCIM II durchgeführt.(132)

Die Erhebung des Scores im Querschnittgelähmtenzentrum erfolgt anhand eines ins Deutsche übersetzten Bogens (siehe Anhang) durch Pflegefachkräfte, Ergotherapeuten und Physiotherapeuten. Sie kann sowohl in einer Befragung als auch in einer Beobachtung des Patienten stattfinden - im QZ erfolgt sie jedoch in der Regel im kombinierten Interview.

Es werden drei Subkategorien bezüglich der Funktion beurteilt:

1. Selbstversorgung
2. Atmung und Ausscheidungen
3. Mobilität

Im SCIM II besteht eine Erhebung aus 16 Items, wovon zwei Items jeweils auf die obere und auf die untere Extremität angewendet werden. Es ergeben sich somit 18 Einzelwerte. Jeder Wert wird aufsummiert und es ergibt sich eine minimale Gesamtpunktzahl von 0 und eine maximale Punktzahl von 100. Eine höhere Punktzahl entspricht dabei der besseren Funktion.(131)

Der SCIM II gilt als sensitives Tool zur Ermittlung funktioneller Veränderungen in der unmittelbaren Rehabilitation von Aufnahme bis Entlassung, das bereits kleine Änderungen erfassen kann.(135)

Die Validität wurde für den SCIM II anhand von Korrelationsstudien zu etablierten Scores überprüft. Es konnte unter anderem eine hohe Korrelation zum Functional Independence

Measure, zum Walking Index of Spinal Cord Injury und zur Berg Balance Scale nachgewiesen werden.(136–138) Die Validität und Reliabilität wurden 2002 anhand einer Rasch Analyse für Querschnittgelähmte jeder Art verifiziert.(132)

Zum Zwecke der Analyse wird mindestens eine Intervallskalierung der ermittelten Werte angenommen.

2.3.3 Das Ergotherapeutische Assessment (EA)

Das Ergotherapeutische Assessment nach Kiesinger und Vogt-Radloff ist ein 1996 veröffentlichtes Instrument zur ergotherapeutischen Beurteilung und Verlaufskontrolle von Patienten in allen Fachbereichen, also nicht speziell für Querschnittgelähmte, wobei die einzelnen Items an Elemente der International Classification of Functioning gebunden sind.(139,140) Das Ergotherapeutische Assessment wurde validiert und seine Reliabilität überprüft. Es ist von einer guten Interrater- und Retestreliabilität auszugehen. Die interne Konsistenz wurde ebenfalls als hoch beschrieben.(141)

In der hier verwendeten Version 3 des Ergotherapeutischen Assessments gibt es sieben Beurteilungskategorien, die einzeln betrachtet werden können. Der ausführende Ergotherapeut entscheidet dabei, welche Kategorien für den Patienten und seinen Rehabilitationserfolg relevant sind und somit erhoben werden.

1. Kompensationsmittel
2. Aktivitäten der körperlichen Selbstversorgung
3. Aktivitäten zur eigenständigen Lebensführung
4. Alltagsrelevante Folgen sensomotorischer Funktionen
5. Alltagsrelevante Folgen neuropsychologisch-kognitiver Funktionen
6. Alltagsrelevante Folgen psychosozialer Funktionen
7. Arbeitsrelevante Basisaktivitäten

Insgesamt ergeben sich dadurch 60 erfasste Items plus getrennt betrachtete Kompensationsmittel. Für jedes Item abseits der Kompensationsmittel kann in ganzen Zahlen ein Wert zwischen einem und vier Punkten angegeben werden, welcher einer Schweregradkategorie entspricht. Kompensationsmittel werden daher auch nicht in dieser Arbeit berücksichtigt, da ihre Analyse im Sinne einer quantitativen Aufschlüsselung nicht zur Beantwortung der Fragestellung geeignet ist. Eine Schweregradkategorie I entspricht dabei

keiner Einschränkung bei Alltagsaktivitäten. Eine Kategorie IV hingegen entspricht massiver Einschränkungen ohne relevante oder auch nur partielle Mitarbeit bei Alltagsaktivitäten. Aus der Beurteilung einzelner Items kann ein Durchschnittswert für jede Subkategorie ermittelt werden.(142–144) Ein entsprechender Mustererfassungsbogen der vierten Version befindet sich im Anhang. Dieser unterscheidet sich primär durch eine zusätzlich eingeführte, achte Kategorie „Aktivitäten zur Freizeitgestaltung und Erholung“. Er kann ansonsten als analog betrachtet werden.(144)

Aufgrund der Tatsache, dass nicht jede Kategorie für jeden Patienten relevant ist, erfolgt eine Analyse der im Einzelfall durch die Ergotherapeuten als relevant eingestuften Subkategorien des Assessments und nicht dem Gesamtergebnis, um einer Verzerrung entgegenzuwirken, da auch in einer definierten Patientengruppe nicht für jeden Patienten die gleichen Kategorien gewählt wurden. Der Durchschnittswert jeder Subkategorie wird als Mittelwert der Itemwerte bestimmt und kann Werte zwischen eins und vier annehmen. Zum Zwecke der Analyse wird entsprechend eine Intervallskalierung der ermittelten Werte angenommen.

Das EA wird zu zwei Zeitpunkten erhoben. Die erste Erfassung erfolgt bei ergotherapeutischer Erstbeurteilung nach erfolgter Erstbehandlung und Bereitschaft zur Ergotherapie. Die zweite Erfassung erfolgt vor geplanter Entlassung, um den Therapieerfolg mittels der Veränderung zu quantifizieren. Es wird also eine Differenz der Mittelwerte zwischen Erstbeurteilung und Abschlussbeurteilung gebildet und analysiert.

2.3.4 Freiheitsgrade der Halswirbelsäule

Wie in Abschnitt 1.2 beschrieben, besitzt die Halswirbelsäule eine besondere Bedeutung, wenn es um die Beweglichkeit des Kopfes geht, was einen wesentlichen Anteil der motorischen Restfunktion des Individuums mit Querschnittlähmungssyndrom des zervikalen Rückenmarks ausmacht.

Um einen genaueren Einblick in das anatomisch funktionelle Outcome zu bieten, werden hier die Ergebnisse der klinischen Untersuchung nach Neutral-Null-Methode unter Einsatz eines Drehwinkels analysiert und in einen Zusammenhang zur Versorgungslänge gesetzt.

Die Beweglichkeit der Halswirbelsäule wird im QZ standardmäßig bei Patienten, welche sich im Zentrum zur ambulanten Wiedervorstellung etwa ein Jahr nach Abschluss der Rehabilitationsbehandlung melden, untersucht. Zum Zwecke der Analyse wird eine Intervallskalierung der ermittelten Werte angenommen.

2.3.5 Die subjektive Lebensqualität

Eine Messung der Lebensqualität dient in der Medizin der Überprüfung des Therapieerfolgs und der Erfassung der Gesamtsituation des Patienten. Die Lebensqualität kann dabei auch als Outcomeparameter eingesetzt werden. Es kann auf diverse Instrumente zurückgegriffen werden, welche sich mit generellen oder aber spezifischen Problemen des Patienten befassen.(145,146) Es können Instrumente spezifisch für besondere Erkrankungen oder Patientenkollektive, aber auch allgemein einsetzbare Werkzeuge verwendet werden. Eine Erhebung kann dabei als qualitativ deskriptive Befragung erfolgen. Sie kann aber auch in Form einer visuellen Analogskala oder einer numerischen Ratingskala durchgeführt werden.(147–152)

Im Querschnittgelähmtenzentrum des BGKH wird standardmäßig kein validierter profunder Fragebogen eingesetzt, sondern stattdessen auf drei numerische Ratingskalen zurückgegriffen. Die Patienten werden bei erster ambulanter Wiedervorstellung, etwa ein Jahr nach Entlassung, durch den behandelnden Arzt aufgefordert, jeweils ihrer allgemeinen, physischen und psychischen Lebensqualität einen Wert zwischen null und zehn zuzuweisen. Zehn entspricht dabei maximaler Lebensqualität. Zum Zwecke der Analyse erfolgte die Annahme mindestens einer Intervallskalierung der erhobenen Daten.

2.4 Weitere Untersuchungen

2.4.1 Urologischer Status

Wie in Kapitel 1.5 beschrieben, stellt die urologische Situation der Patienten einen zentralen Baustein der Rehabilitation von Querschnittgelähmten dar. Die urologische Versorgung der Patienten wird zwar bereits im SCIM mitberücksichtigt, klinische Beobachtungen im BGKH und an anderer Stelle betonen jedoch den besonderen Stellenwert, den dieser Teilbereich für die Patienten hat.(153,154) Daher soll in dieser Arbeit eine gesonderte Betrachtung stattfinden.

Das urologische Management der Patienten besteht dabei im Wesentlichen aus vier Kategorien, die sich nach der mit ihnen verbundenen Funktionalität des Patienten ordnen lassen:

1. Spontanes Harnlassen
2. Intermittierender Selbstkatheterismus
3. Intermittierender Fremdkatheterismus
4. Dauerkatheter

Die vier Subkategorien des urologischen Status können anhand der notwendigen Funktionalität in eine numerische Ordinalskala überführt werden, welche analog zur aufgeführten Rangfolge aufgebaut ist.

Bei 1. ist von einem hohen Grad an Funktion auszugehen, wobei 4. praktisch keine verbleibende Funktion erfordert. Spontanes Harnlassen kann hier auch durch ein Klopfen auf die Bauchdecke oberhalb der Blase und ein entsprechendes Auslösen des Auslassreflexes erfolgen und intermittierender Katheterismus durch den Einsatz von anticholinergischer Medikation oder Botoxinjektionen in die Harnblasenwand mit entsprechender Herabsetzung der Wandspannung und Steigerung der Speicherfähigkeit der Blase ermöglicht werden.(89,155–158) Unter Dauerkatheter wird sowohl der transurethrale, als auch der suprapubische Dauerkatheter zusammengefasst, da beide mit vergleichbarer Autonomie verbunden sind und ähnlich minimale Funktionszustände voraussetzen. Der urologische Status wird im QZ bei Entlassung erhoben.

2.4.2 Wohnsituation

Die Wohnsituation der Patienten wird im QZ bei der ersten ambulanten Wiedervorstellung, etwa ein Jahr nach der Entlassung, erfasst und spiegelt einen Teil ihrer Alltagsfähigkeiten wider.

Dabei kann zwischen verschiedenen Möglichkeiten unterschieden und zusammengefasst werden, die nach der notwendigen Autonomie der Patienten in eine Rangfolge gebracht werden können.

1. Normale Wohnsituation
2. Barrierefreies Wohnen
3. Pflegeheim, Betreutes Wohnen oder Ähnliche

Eine normale Wohnsituation umfasst dabei nicht speziell für eingeschränkt gehfähige Personen hergerichteten Wohnraum.

Unter Barrierefreiheit wird ein nach den Bestimmungen des Behindertengleichstellungsgesetz § 4 veränderter oder bezogener Wohnraum verstanden. (159)

Pflegeheime, Betreutes Wohnen oder Ähnliche umfassen alle Wohnformen, in denen rund um die Uhr eine Fachkraft aus dem pflegerischen Bereich verfügbar ist.

2.4.3 Erwerbsstatus

Der Erwerbsstatus wird ebenfalls bei der ersten ambulanten Wiedervorstellung nach Ablauf eines Jahres im QZ erhoben.

Dabei wird zwischen drei verschiedenen Kategorien unterschieden, welche absteigend stark ausgeprägte Funktionalität voraussetzen.

1. Arbeitsfähig
2. Arbeitsunfähig
3. Erwerbsunfähig

Als arbeitsfähig gilt in dieser Aufteilung jeder, der mindestens 20 Stunden pro Woche einer beliebigen beruflichen Tätigkeit nachgehen kann. Dies schließt auch Schüler und Studenten ein.

Als arbeitsunfähig gilt jeder Patient, der zum Zeitpunkt der Erhebung gemäß der Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Beurteilung der Arbeitsunfähigkeit und die Maßnahmen zur stufenweisen Wiedereingliederung nach § 92 Absatz 1 Satz 2 Nummer 7 Sozialgesetzbuch V § 2 in der Fassung vom 14. November 2013, bei älteren Patientendaten in der Fassung vom 01. Dezember 2003 oder noch weiter zuvor in der Fassung vom 03. September 1991 als arbeitsunfähig gilt.(160–162) Dies betrifft im untersuchten Kollektiv Patienten, die aufgrund von Krankheit, in diesem Fall aufgrund eines Bestandteils des Querschnittlähmungssyndroms, zunächst zeitlich begrenzt nicht mehr ihrer zuletzt ausgeübten Tätigkeit nachgehen können.

Als erwerbsunfähig wird eingeordnet, wer die Kriterien in § 43 des Sozialgesetzbuchs VI erfüllt.(163)

2.5 Hypothesen

1. Das neurologische Outcome korreliert negativ mit der Länge der Spondylodese.
2. Der Rehabilitationserfolg, gemessen an der Spinal Cord Independence Measure Differenz zwischen Aufnahme und Entlassung, hängt negativ mit der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule zusammen.
3. Der Rehabilitationserfolg, gemessen an der Differenz einzelner EA Subkategorien über die Aufenthaltsdauer, hängt negativ mit der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule zusammen.
4. Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen den Freiheitsgraden der Halswirbelsäule und der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule.
5. Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der subjektiven Lebensqualität und der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule.
6. Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule und dem urologischen Status der Patienten.
7. Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule und der Wohnsituation der Patienten.
8. Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule und dem Erwerbsstatus der Patienten.

2.6 Auswertung

Die statistische Analyse erfolgte mittels der R basierten Software Jamovi (Version 1.6.15.0). Einerseits wurden die rein deskriptiven Möglichkeiten dieses Programms verwendet, andererseits wurde auf komplexere Verfahren zur Analyse einzelner Gruppen im Vergleich zueinander zurückgegriffen. Die im Folgenden beschriebenen Verfahren wurden in einem Beratungsgespräch im Institut für Medizinische Biometrie und Statistik der Universität zu Lübeck eruiert und für zielführend befunden.

2.6.1 Welch T Test

Da bei keinem Parameter eine Normalverteilung vorausgesetzt werden konnte, gilt diese Voraussetzung für den gängigen T Test nach Student als nicht erfüllt. Es wurde in diesem Zusammenhang der Einsatz von nicht-parametrischen Tests, wie dem Mann-Whitney U Test überprüft. Allerdings wurden inhomogene Varianzen in einigen Datensätzen durch den Levene Test nachgewiesen. Daraufhin wurde sich dazu entschlossen, den Argumenten von Ruxton aus 2006 und Kubinger et al. aus 2009 zu folgen und aufgrund der Vernachlässigbarkeit einer Überprüfung der Normalverteilung sowie der Einsetzbarkeit bei inhomogenen Varianzen, den T Test nach Welch einzusetzen.(164,165)

Bei einer Alphafehlerwahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wird die Nullhypothese, es gäbe keinen Unterschied zwischen den Mittelwerten der Gruppen, abgelehnt und ein Unterschied ist anzunehmen.

Die Effektstärke des Ergebnisses wird mittels Cohens d angegeben. Gemäß den Angaben von Cohen aus 1988 wird bei $|d|$ um 0,2 von einem kleinen Effekt, bei $|d|$ um 0,5 von einem mittleren Effekt und bei $|d|$ um 0,8 von einem großen Effekt ausgegangen.(166)

2.6.2 Multiple lineare Regressionsanalyse

Zur Einbeziehung möglicher Störvariablen wird eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Die Auswahl der verwendeten Variablen erfolgt nach Schneider et al. 2010 aufgrund ihrer klinischen Plausibilität.(167)

Es wird zur Begrenzung der einbezogenen Variablen und damit zur Verbesserung der Aussagekraft die Faustregel angewendet, dass etwa eine Variable auf zehn Datensätzen in die Analyse einbezogen werden kann.(168)

In die Analyse wird - wenn möglich und sinnvoll - in absteigender Reihenfolge neben der Spondylodesenlänge miteinbezogen:

1. Initiale Beurteilung des jeweiligen Werts
2. Läsionshöhe bei Aufnahme (als numerischer Wert von null bis acht, analog zu den Niveaus C0 bis C8)
3. Alter bei Aufnahme (in Jahren)
4. Tage bis Aufnahme
5. AIS bei Aufnahme (Summe aus Motor- und Sensibilitätsscore)

Die Läsionshöhe wird in einen numerischen Wert überführt und zum Zwecke der Regressionsanalyse wird eine Intervallskalierung angenommen.

Die Einbeziehung des initialen AIS Scores im Besonderen soll der Vergleichbarkeit der Patienten untereinander hinsichtlich ihrer neurologischen Voraussetzungen zur Rehabilitation dienen. So sollen in Kombination mit den anderen Variablen mögliche Konfundierungen durch unterschiedliche Verletzungsmuster und Ausfälle vermindert werden.

Bei $p < 0,05$ wird die Nullhypothese, der einzelne Regressionskoeffizient unterscheidet sich nicht von 0, abgelehnt und ein Unterschied ist anzunehmen.

Nicht signifikant ausfallende Regressionskoeffizienten werden nicht aus der Analyse ausgeschlossen, da ein informativer Mehrwert auch bei Insignifikanz möglich ist.

Der Ausschluss von Multikolarität erfolgt stets a priori mittels Varianzinflationsfaktor (VIF). Zu diesem Zwecke wird auf die Daumenregel zurückgegriffen, dass ein VIF größer als zehn in dieser Arbeit als zu hoch betrachtet und eine Multikolarität angenommen wird, auch wenn eine Multikolarität damit nicht zwangsläufig bewiesen ist.(169) Bei vorliegender Multikolarität wird keine weitere Analyse durchgeführt.

Um die Anpassungsgüte des angenommenen Modells zu bestimmen, wird die erklärte Varianz (R^2) und korrigierte erklärte Varianz (korrigiertes R^2) angegeben und verwendet. Für sie werden die Referenzwerte nach Cohen aus 1988 zur Interpretation herangezogen. Hiernach liegt eine schwache Anpassungsgüte bei Werten um $|R^2| = 0,02$, moderate Anpassungsgüte bei Werten um $|R^2| = 0,13$ und eine starke Anpassungsgüte bei Werten um $|R^2| = 0,26$ vor.(166)

Darüber hinaus werden die Kenngrößen des F Tests mit zugehörigem p Wert angegeben, welche eine Aussage darüber zulassen, ob Parameter in der Analyse tatsächlich die Zielgröße vorhersagen. Bei $p < 0,05$ wird diese Fähigkeit als signifikant angenommen.

Es sollte grundsätzlich berücksichtigt werden, dass nichtlineare Zusammenhänge durch die lineare Regressionsanalyse systematisch unterschätzt werden und somit zwar der lineare Zusammenhang bei den nicht signifikant ausfallenden Variablen mit großer Sicherheit ausgeschlossen ist, beispielsweise aber ein quadratischer oder anderweitiger Zusammenhang nicht ausgeschlossen werden kann. Eine graphische Exploration mittels Scatterplot wird angewendet, um etwaige Hinweise auf solche Zusammenhänge zu ermitteln. Bei offensichtlichen Anzeichen würde hierauf hingewiesen.

2.6.3 Chi Quadrat Unabhängigkeitstest

Der Chi Quadrat Test überprüft die Unabhängigkeit zweier mindestens nomialskalierten Variablen und ihrer Ausprägung. Hierzu werden real ermittelte Häufigkeiten mit kalkulierten Größen tabellarisch verglichen. Voraussetzung für ein präzises Ergebnis ist, dass jede Zelle, eine minimale, erwartete Häufigkeit von fünf aufweist. Bei einer Alphafehlerwahrscheinlichkeit p unterhalb eines Signifikanzniveaus von 5 % wird die Nullhypothese abgelehnt und die Variablen gelten als nicht unabhängig beziehungsweise als voneinander abhängig. Die Richtung dieser Abhängigkeit ist jedoch nicht ableitbar.

(170)

3. Ergebnisse

3.1 Das Patientenkollektiv

Insgesamt konnten im Erfassungszeitraum 199 Patienten ermittelt werden, welche die Einschlusskriterien erfüllten. Von den 199 Patienten waren 170 (~85,4%) männlich und 29 (~14,6%) weiblich. Nicht binäre Geschlechteridentitäten wurden nicht erfasst.

Die Patienten wurden im Mittel 11,6 Tage nach Unfall im QZ aufgenommen. Bei 192 Patienten wurde eine Verweildauer dokumentiert und belief sich im Mittel auf 169 Tage bei einer Standardabweichung von 81,4 Tagen und einem Median von 164 Tagen in der stationären Behandlung.

Das mittlere Alter der Patienten zum Verletzungszeitpunkt betrug 31,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 9,82 Jahren. Der Median der Altersverteilung liegt bei 29 Jahren. Das Alter der Patienten bewegt sich den Einschlusskriterien folgend zwischen 18 und 50 Jahren. Entsprechend ist eine Analyse der Altersverteilung nur innerhalb dieser Grenzen möglich. Innerhalb dieser Gruppe lassen sich zwei Altersgipfel darstellen. Zum einen im Alter von 20 bis 25 Jahren und zum anderen im Alter von 42 bis 48 Jahren.

156 der 199 Patienten wurden rein ventral, 33 Patienten dorsoventral und 10 Patienten rein dorsal versorgt.

Es wurden Läsionshöhen bei Aufnahme vom neurologischen Niveau C0 bis zum Niveau C8 dokumentiert. Patienten mit Läsionen auf Höhe C1 wurden nicht erfasst. Der Modus lag bei C4 mit 80 Patienten [Abbildung 6].

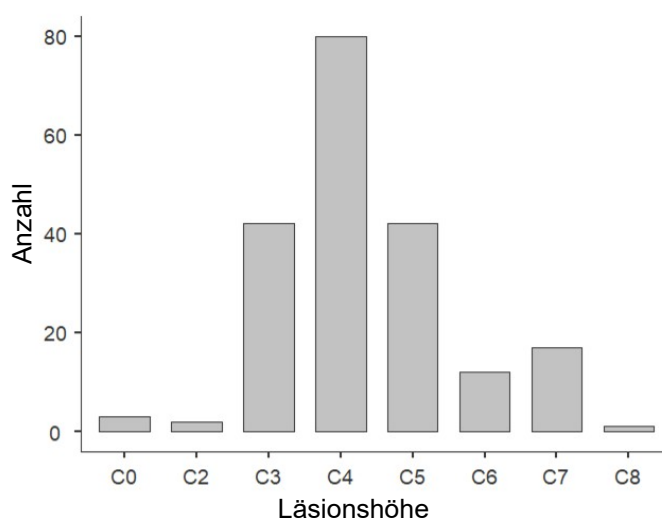


Abbildung 6: Anzahl der Patienten in Abhängigkeit von der Läsionshöhe bei Aufnahme

Die Spondylodesenlänge wurde ebenfalls erfasst. Als Länge wird bei isolierten oder kombinierten Versorgungsvarianten (ventral, dorsal oder dorsoventral) die längste Versorgungsstrecke bezeichnet. Median und Modus der Spondylodesenlänge betragen jeweils drei beteiligte Wirbelkörper bei einem Minimum von zwei und einem Maximum von zehn [Abbildung 7].

Bei vier Patienten fand eine chirurgische Einbeziehung des Atlantoaxialgelenks statt. Drei dieser Patienten wurden polysegmental versorgt. 34 Patienten erfuhren eine Spondylodese, welche auch thorakale Wirbel einschloss.

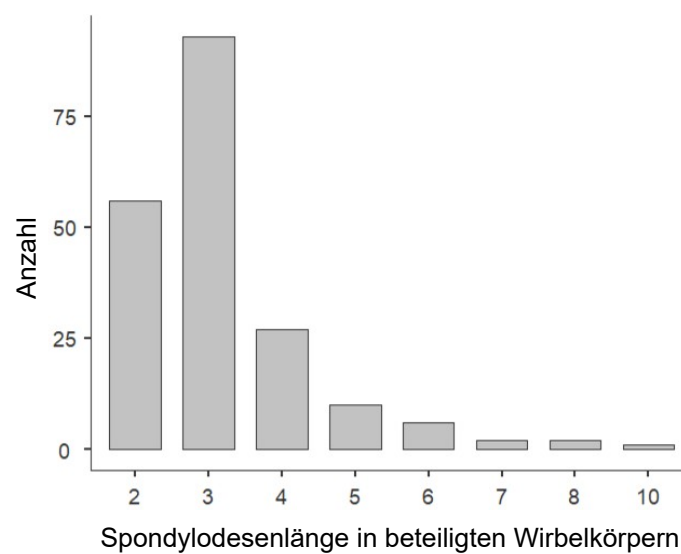


Abbildung 7: Anzahl der Patienten in Abhängigkeit von der Spondylodesenlänge

3.1.1 Typisierung der Lähmungen nach AIS

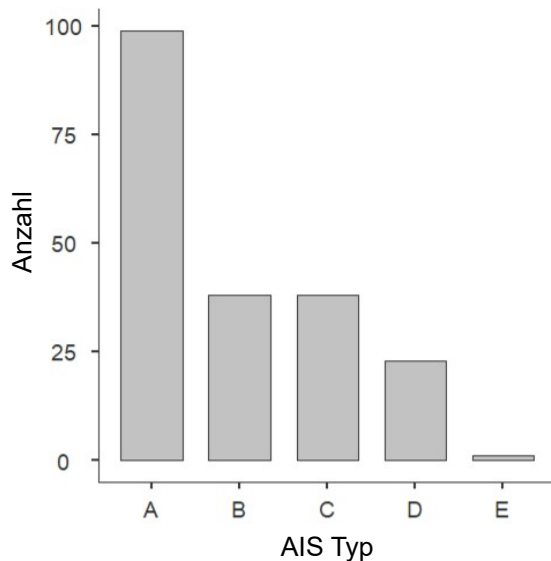


Abbildung 8: AIS Typ bei Aufnahme

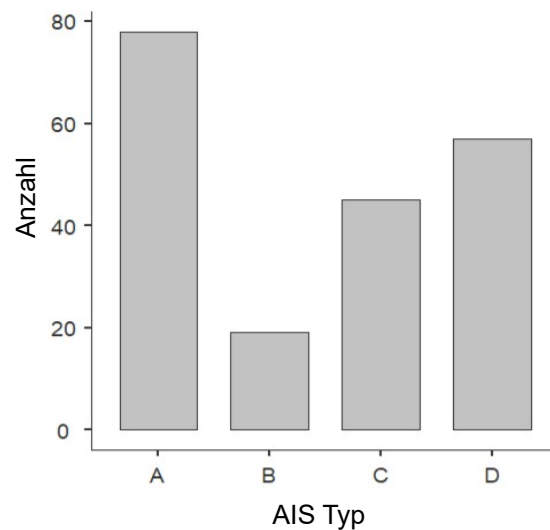


Abbildung 9: AIS Typ bei Entlassung

Bei Aufnahme ergab sich ein Anteil von etwa 49,7 % komplett gelähmten (AIS Typ A) Patienten. Zum Zeitpunkt der Entlassung waren es nur noch etwa 39,2 %. In 69 Fällen, also bei etwa 34,7 %, trat eine Verbesserung über mindestens einen Typ ein. Davon entfallen 21 Fälle auf initial komplette Lähmungen.

Verbesserungen erfolgten meist nur über einen Typ hinweg, so zum Beispiel vom Typ A zum Typ B. Sprünge über mehrere Klassen kamen jedoch vor und ein Patient erlebte sogar eine Verbesserung von einer kompletten Lähmung zur geringfügigen Einschränkung des Typs D.

Während sich also im Allgemeinen ein Trend hin zur klinisch besseren Klassifikation bei Entlassung zeigt, so gibt es insgesamt fünf Fälle, bei denen eine Verschlechterung eintrat. Besonders prominent ist hierbei der Fall eines Patienten, welcher bei Aufnahme keine relevanten Einschränkungen aufwies (AIS Typ E), im weiteren Verlauf jedoch eine Klassifikation vom Typ D erhielt, und somit im Verlauf der Rehabilitation qualitativ neue Störungen der neuromuskulären Funktion in der Untersuchung auffielen.

3.1.2 Ursache der Querschnittlähmung

Insgesamt konnten die 199 Patienten hinsichtlich der Ursache ihrer Querschnittlähmung in sieben Gruppen unterteilt werden [Tabelle 2].

Ursache	n	Relativer Anteil in %
Verkehrsunfall	80	40,2
Sprung in zu flaches Gewässer	57	28,6
Sturzereignis	36	18,1
Sportunfall	14	7,0
Arbeitsunfall	5	2,5
Anpralltrauma	4	2,0
Suizidversuch	3	1,5

Tabelle 2: Lähmungsursachen – n gibt die Anzahl der jeweilig betroffenen Patienten wieder. Die relativen Anteile sind gerundet.

Verkehrsunfälle beinhalten dabei Personen, welche in jedweder Form am Verkehr zum Zeitpunkt ihrer Rückenmarksverletzung teilnahmen.

Ein Sprung in zu flaches Gewässer könnte zwar sowohl in der Kategorie Sturz als auch in der Kategorie des nicht näher definierten Anpralltraumas subsummiert werden, trat im Kollektiv jedoch so überproportional häufig auf, dass eine eigene Kategorie geschaffen wurde.

Darüber hinaus sind fünf nicht näher definierte Arbeitsunfälle erfasst, welche ebenfalls in Zusammenhang mit Stürzen stehen könnten.

Das gleiche gilt für Sportunfälle, von denen ein Großteil Reitunfälle darstellt. Hierbei ist der genaue Unfallhergang komplex, eine Querschnittlähmung lässt sich jedoch häufig auch hier auf den initialen Sturz zurückführen.

Suizidversuche erhalten ebenfalls eine eigene Kategorie. Die aus den Versuchen resultierenden Verletzungen und damit auch die Querschnittlähmung, welche nicht intentional herbeigeführt wurde, könnte es jedoch zulassen, diese Patienten ebenfalls zu den unfallbedingten Querschnittlähmungen zu zählen.

Anpralltraumata schließen alle nicht sturz-, sport-, suizidversuchs- oder verkehrsunfallbedingten, beziehungsweise nicht näher eruierbaren stumpfen Traumata ein.

3.2 Einflüsse der Spondylodeseulänge

3.2.1 ASIA Impairment Scale (AIS)

Es folgt eine Darstellung der AIS Werte, aufgeteilt nach mono- beziehungsweise polysegmentaler Versorgungsart. T1 entspricht dem Zeitpunkt bei Aufnahme und T2 dem Zeitpunkt bei Entlassung [Tabelle 3].

	Gruppe	n	Mittelwert	Standardabweichung
Motorscore T1	monosegmental	59	26,8	23,9
	polysegmental	140	23,4	21,0
Sensibilitätsscore T1	monosegmental	59	86,7	52,3
	polysegmental	139	78,8	52,4
Motorscore T2	monosegmental	49	50,6	29,5
	polysegmental	115	38,2	27,8
Sensibilitätsscore T2	monosegmental	49	115,6	60,9
	polysegmental	115	97,2	52,3
Motorscoredifferenz	monosegmental	49	23,8	24,2
	polysegmental	115	14,3	16,4
Sensibilitätsscoredifferenz	monosegmental	49	25,0	54,1
	polysegmental	114	14,3	42,5

Tabelle 3: ASIA Impairmentscale nach Gruppen geteilt – Die Tabelle gibt die Eckdaten der AIS wieder. Aufgrund unvollständiger Aufzeichnung unterscheiden sich teilweise die Gruppengrößen von Zeitpunkt T1 zum Zeitpunkt T2 und die Differenzen können entsprechend nur für die Fälle berechnet werden, bei denen für beide Zeitpunkte Werte verfügbar sind. Alle Werte sind gerundet.

Im Folgenden sind die Ergebnisse des Gruppenvergleichs mittels Welch T Test abgebildet [Tabelle 4, Abbildung 10].

	p Wert	95 % Konfidenzintervall		Cohens d
		Unten	Oben	
Motorscore T1	0,339	-3,7	10,5	0,157
Sensibilitätsscore T1	0,333	-8,2	24,0	0,151
Motorscore T2	0,015	2,5	22,2	0,435
Sensibilitätsscore T2	0,070	-1,5	38,2	0,334
Motorscoredifferenz	0,017	1,7	16,8	0,488
Sensibilitätsscoredifferenz	0,226	-6,7	27,9	0,229

Tabelle 4: AIS T Testergebnisse – p Werte des Welch T Tests zur Analyse der AIS Werte in Abhängigkeit von der Spondylodeseulänge und entsprechende Konfidenzintervalle sowie die Effektstärke, angegeben als Cohens d. Alle Werte sind gerundet.

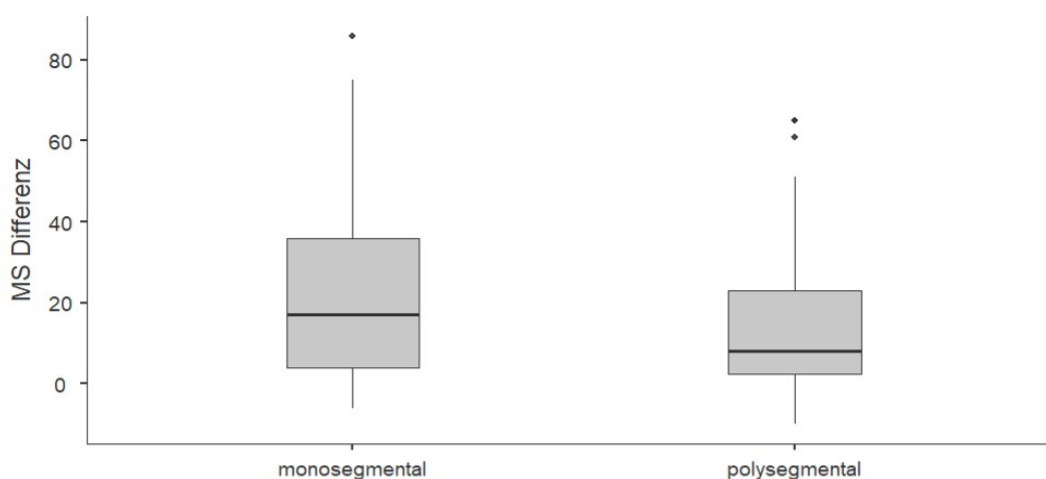


Abbildung 10: Boxplot-Visualisierung der den Rehabilitationserfolg repräsentierenden Motorscoredifferenz zwischen Aufnahme und Entlassung

Im Welch T Test zeigte sich bei $p > 0,05$ für den Motorscore und den Sensibilitätsscore kein signifikanter Unterschied der beiden Gruppen bei Aufnahme (T1).

Bei $p > 0,05$ ist beim Sensibilitätsscore bei Entlassung (T2) von keinem signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen auszugehen. Dies gilt auch für die

Sensibilitätsscoredifferenz. Hier ist die Nullhypothese anzunehmen und es ist von keinem Zusammenhang zwischen der Spondylodesenlänge und der Sensibilität auszugehen.

Motorscore und Motorscoredifferenz unterscheiden sich in den Gruppen bei $p < 0,05$ signifikant bei gleichzeitig kleinem bis mittelstarkem Effekt.

Die Nullhypothese ist abzulehnen und es ist von einem signifikanten Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und der motorisch neurologischen Funktionalität bei Entlassung und deren Entwicklung auszugehen.

Zum Zwecke der weiteren Untersuchung wurde eine lineare Regressionsanalyse in Erwägung gezogen. Aufgrund wesentlich zu geringer Anpassungsgüte ($R^2 < 0,01$) des zugrundeliegenden Modells und Überprüfung mittels graphischem Plot wurde diese jedoch verworfen.

Hypothese Nummer 1 „Das neurologische Outcome korreliert negativ mit der Länge der Spondylodese“ ist anzunehmen.

3.2.2 Spinal Cord Independence Measure (SCIM)

Der SCIM-Wert wurde bei Aufnahme für 198 und bei Entlassung für 199 Patienten erhoben.

Erneut erfolgt zunächst eine deskriptive Darstellung unter Aufteilung in eine monosegmental und eine polysegmental versorgte Gruppe. T1 entspricht dem Zeitpunkt bei Aufnahme und T2 dem Zeitpunkt bei Entlassung [Tabelle 5].

	Gruppe	n	Mittelwert	Standardabweichung
SCIM T1	monosegmental	59	13,9	23,9
	polysegmental	139	13,7	21
SCIM T2	monosegmental	59	48,9	52,3
	polysegmental	140	39,3	52,4
SCIM Differenz	monosegmental	59	35,0	29,5
	polysegmental	139	25,3	27,8

Tabelle 5: SCIM bei Aufnahme und Entlassung – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. Eine positive Veränderung des Werts über den abgedeckten Zeitraum ist klinisch positiv. Alle Werte sind gerundet.

Es wird wieder ohne Berücksichtigung weiterer Variablen ein allgemeiner Vergleich zwischen den beiden Gruppen durchgeführt. Zu diesem Zweck wird ein Welch T Test angewendet [Tabelle 6, Abbildung 11].

	p Wert	95 % Konfidenzintervall		Cohens d
		Unten	Oben	
SCIM T1	0,913	-3,29	3,67	0,0173
SCIM T2	0,025	1,22	17,94	0,3774
SCIM Differenz	0,010	2,39	17,06	0,4441

Tabelle 6: SCIM T Testergebnisse - p Werte des Welch T Tests zur Analyse der SCIM Werte in Abhängigkeit von der Spondylodesenlänge und entsprechende Konfidenzintervalle sowie die Effektstärke, angegeben als Cohens d. Alle Werte sind gerundet.

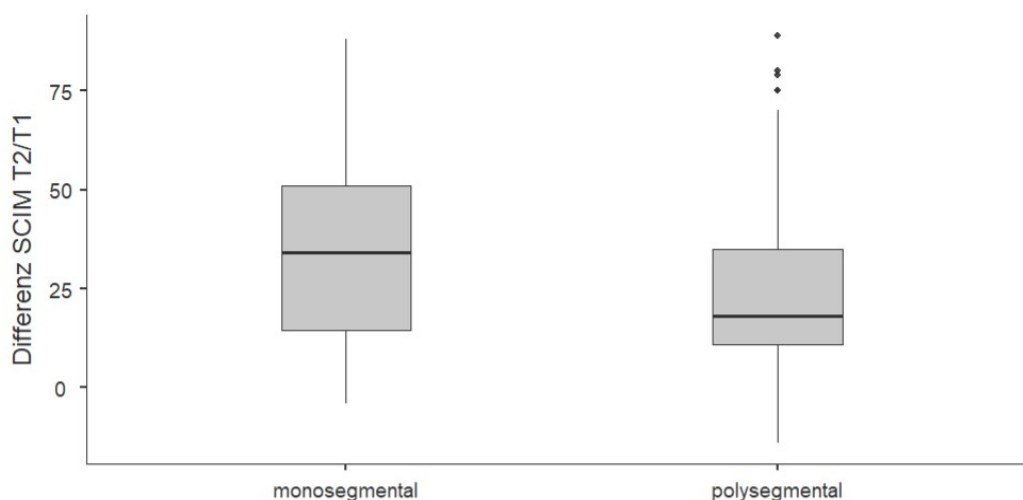


Abbildung 11: Boxplot-Visualisierung der den Rehabilitationserfolg repräsentierenden SCIM-Differenz zwischen Aufnahme und Entlassung

Im Welch T Test zeigte sich bei $p = 0,913$ mit großer Sicherheit kein signifikanter Unterschied der beiden Gruppen bei Aufnahme (T1).

Die Nullhypothese ist anzunehmen und von einem Zusammenhang zwischen der Spondylodesenlänge und der unmittelbaren Funktionalität ist nicht auszugehen.

Der absolute SCIM bei Entlassung und die Differenz zur Aufnahme, welche den Therapieerfolg quantifiziert, unterscheiden sich jedoch bei einer Alphafehlerwahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ signifikant bei gleichzeitig kleinem bis

mittelstarkem Effekt. In beiden Fällen ist also die Nullhypothese abzulehnen und von einem signifikanten Zusammenhang zwischen der Spondylodesenlänge und dem SCIM Wert bei Entlassung und den Rehabilitationserfolg auszugehen.

Zum Zwecke der weiteren Untersuchung wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

Neben der Versorgungslänge (Anzahl der Wirbel) konnten unter Berücksichtigung der Läsionshöhe bei Aufnahme (als numerischer Wert von 0 bis 8), des Alters (in Jahren), der Zeit zwischen Unfall und Aufnahme im QZ (in Tagen), AIS bei Aufnahme und des SCIM Werts bei Aufnahme die im Folgenden dargestellten Ergebnisse berechnet werden [Tabelle 7]. Die Verfügbarkeit vollständiger Datensätze lies eine Analyse von 198 der 199 Patienten zu.

Variable	B	Standardfehler	p Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	13.4	7.6	0.08	-1.8	28.4
SCIM bei Aufnahme	-0.39	0.14	0.01	-0.67	-0.12
Alter bei Aufnahme	0.10	0.15	0.50	-0.19	0.39
Tage bis Aufnahme	-0.16	0.09	0.08	-0.35	0.02
Läsionshöhe	1.9	1.2	0.10	-0.40	4.3
AIS bei Aufnahme	0.17	0.02	< 0.01	0.13	0.22
Versorgungslänge	-2.4	1.1	0.03	-4.6	-0.21

$R^2 = 0.31$; adjusted $R^2 = 0.29$; $F(6, 190) = 14.5$, $p < 0.001$

Tabelle 7: Lineare Regressionsanalyse der SCIM Differenz – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein positives B ist klinisch positiv zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Die lineare Regressionsanalyse ergab bei $p < 0,05$ eine signifikante Differenz zwischen unterschiedlich langstreckig versorgten Patienten. Diese Differenz wird durch den Regressionskoeffizient B quantifiziert und beschreibt, dass sich bei Fixierung der berücksichtigten Variablen die SCIM Differenz zwischen Aufnahme und Entlassung pro zusätzlich versorgtem Segment um etwa 2,4 Punkte verringert. Gleichzeitig zeigt sich eine statistisch signifikante positive Korrelation zwischen SCIM, Läsionshöhe und AIS bei Aufnahme und SCIM Differenz. R^2 und korrigiertes R^2 weisen auf eine moderate

Anpassungsgüte des Modells hin. Der F Test zeigt eine statistisch signifikante Vorhersagefähigkeit der SCIM Differenz durch die gewählten Variablen.

Die Berücksichtigung des 95 % Konfidenzintervalls in Bezug auf die Länge stützt zusätzlich die Hypothese, es gäbe eine negative Korrelation zwischen Spondylodesenlänge und SCIM Veränderung.

Die ermittelten Ergebnisse stützen Hypothese Nummer 2 „Der Rehabilitationserfolg, gemessen an der Spinal Cord Independence Measure Differenz zwischen Aufnahme und Entlassung, hängt negativ mit der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule zusammen“.

3.2.3 Das Ergotherapeutische Assessment (EA)

Insgesamt wurden EA Werte in verschiedenen Kategorien bei 60 Patienten erfasst [Tabelle 8].

EA Subkategorieveränderungen	Gruppe	n	Mittlere Veränderung	Standardabweichung
Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung	monosegmental	13	1,51	0,65
	polysegmental	29	1,03	0,71
Aktivitäten zur eigenständigen Lebensführung	monosegmental	13	0,97	0,77
	polysegmental	28	0,87	0,62
Alltagsrelevante Folgen sensomotorischer Funktionen	monosegmental	13	0,88	0,48
	polysegmental	28	0,68	0,42
Alltagsrelevante Folgen neuropsychologischer Funktionen	monosegmental	12	0,29	0,37
	polysegmental	24	0,35	0,55
Alltagsrelevante Folgen psychosozialer Funktionen	monosegmental	12	0,56	0,47
	polysegmental	26	0,61	0,59
Arbeitsrelevante Basisaktivitäten	monosegmental	1	0,5	-
	polysegmental	2	1,3	0,28

Tabelle 8: Deskriptive Darstellung der EA Daten – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. Die mittlere Veränderung entspricht der Veränderung des EA, gemittelt über alle erfassten Daten. Eine positive Veränderung des Werts ist klinisch positiv. Alle Werte sind gerundet.

Erneut erfolgte eine multiple lineare Regressionsanalyse. Es wurden zu diesem Zwecke neben der Versorgungslänge (Anzahl der Wirbelkörper) das Alter der Patienten (in Jahren),

die Läsionshöhe bei Aufnahme (als numerischer Wert von 0 bis 8) und der Ergotherapeutische Assessment Wert bei Erstbeurteilung zur Koanalyse ausgewählt. Aufgrund der niedrigen Fallzahl entfällt die Dauer bis zur Aufnahme und der AIS bei Aufnahme.

Da in der Kategorie Arbeitsrelevante Basisaktivitäten nur 3 Datensätze zur Verfügung stehen, entfällt hier eine statistische Auswertung vollständig aufgrund nicht erfüllter Voraussetzungen für eine mathematisch sinnvolle Testung.

Im Folgenden wird ausschließlich die Subkategorie Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung für die die Versorgungslänge als signifikanter Prädiktor ermittelt werden konnte dargestellt [Tabelle 9]. Alle weiteren Auswertungen finden sich im Anhang.

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	-0,200	0,873	0,820	-1,969	1,569
Alter bei Aufnahme	0,022	0,010	0,039	0,001	0,043
Läsionshöhe	0,088	0,084	0,298	-0,081	0,258
Erstbeurteilung	0,291	0,155	0,068	-0,023	0,605
Versorgungslänge	-0,239	0,101	0,023	-0,444	-0,035

$R^2 = 0,260$; korrigiertes $R^2 = 0,179$; $F(4,37) = 3,24$, $p = 0,022$

Tabelle 9: Lineare Regressionsanalyse der EA Werte in der Subkategorie Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein positives B ist klinisch positiv zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Es konnte ein Regressionskoeffizient B der Versorgungslänge mit signifikantem Ergebnis bei $p < 0,05$ und negativem oberen Ende des 95 % Konfidenzintervalls berechnet werden. Entsprechend ist unter Fixierung der anderen Variablen von einer Verschlechterung der EA Veränderung in der Subkategorie Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung auszugehen bei verlängerter Spondylodese.

Die Regressionskonstante der Läsionshöhe bei Aufnahme konnte anhand der gegebenen Daten nicht als signifikant von null unterschiedlich ermittelt werden.

R^2 und korrigiertes R^2 weisen auf eine moderate Anpassungsgüte des Modells hin. Der F Test zeigt eine statistisch signifikante Vorhersagefähigkeit der EA Veränderung hinsichtlich der Subkategorie Selbstversorgung durch die gewählten Variablen.

Die ermittelten Ergebnisse stützen die Hypothese, dass ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome, insbesondere hinsichtlich der Fähigkeit zur unabhängigen Lebensgestaltung, besteht.

Die Hypothese Nummer 3 „Der Rehabilitationserfolg, gemessen an der Differenz einzelner EA Subkategorien über die Aufenthaltsdauer, hängt negativ mit der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule zusammen“ ist anzunehmen.

3.2.4 Freiheitsgrade der Halswirbelsäule

Die Freiheitsgrade der Halswirbelsäule wurden bei 93 Patienten erfasst und gestalteten sich im Gesamtkollektiv wie folgt [Tabelle 10].

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Rotation rechts	93	57,4°	13,4°	60°
Rotation links	93	58,8°	13,6°	60°
Neigung rechts	93	33,1°	9,9°	35°
Neigung links	93	33,4°	10,5°	35°
Reklination	93	36,9°	11,2°	40°
Inklination	93	54,1°	7,2°	60°

Tabelle 10: Deskriptive Darstellung der Freiheitsgrade der Halswirbelsäule – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. Alle Werte sind gerundet.

Die Analyse in Abhängigkeit zur Spondylodesenlänge erfolgte erneut via multipler linearer Regressionsanalyse. Es wurden als Variablen das Alter bei Aufnahme in Jahren, die Läsionshöhe bei Aufnahme als numerischer Wert und die Versorgungslänge als Anzahl der fusionierten Segmente berücksichtigt [Tabelle 11, Tabelle 12].

Initialbewertungen entfallen aufgrund der Einzeitigen Erhebung.

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	65.832°	7,846	< 0,001	50,237°	81,427°
Alter bei Aufnahme	-0,364°	0,160	0,025	-0,682°	-0,047°
Tage bis Aufnahme	0,019°	0,069	0,779	-0,117°	0,156°
Läsionshöhe	2,831°	1,238	0,025	0,371°	5,291°
AIS bei Aufnahme	-0,024°	0,025	0,333	-0,073°	0,025°
Versorgungslänge	-2,547°	1,052	0,018	-4,638°	-0,457°

$R^2 = 0,194$; korrigiertes $R^2 = 0,148$; $F(5,87) = 4,20$, $p = 0,002$

Tabelle 11: Lineare Regressionsanalyse der Rotationsfähigkeit nach rechts – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein negatives B ist klinisch negativ zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Bei moderater bis starker Anpassungsgüte des Modells und signifikanter Vorhersagefähigkeit im F Test der Variablen zeigten sich statistisch signifikant ermittelte Regressionskoeffizienten B. Die Regressionskonstanten für die Versorgungslänge, das Alter bei Aufnahme sowie die Läsionshöhe bei Aufnahme konnten als signifikant bei $p < 0,05$ von 0 unterschiedlich ermittelt werden. Bei $p > 0,05$ konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Zeit zur Aufnahmen der Patienten und ihrer Rotationsfähigkeit festgestellt werden.

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	67,589°	8,253	< 0,001	51,186°	83,993°
Alter bei Aufnahme	-0,415°	0,168	0,016	-0,749°	-0,080°
Tage bis Aufnahme	-0,006°	0,072	0,930	-0,150°	0,138°
Läsionshöhe	1,876°	1,302	0,153	-0,711°	4,463°
AIS bei Aufnahme	-0,006°	0,026	0,811	-0,058°	0,045°
Versorgungslänge	-1,313°	1,106	0,239	-3,512°	0,886°

$R^2 = 0,130$; korrigiertes $R^2 = 0,080$; $F(5,87) = 2,60$, $p = 0,031$

Tabelle 12: Lineare Regressionsanalyse der Rotationsfähigkeit nach links – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein negatives B ist klinisch negativ zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Bei niedriger bis moderater Anpassungsgüte des Modells und signifikanter Vorhersagefähigkeit der Variablen im F Test zeigte sich ein Regressionskoeffizient B der Versorgungslänge, welcher bei $p > 0,05$ nicht als signifikant von 0 unterschiedlich ermittelt werden konnte.

Entsprechend konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und Rotationsfähigkeit nach links entdeckt werden und die Nullhypothese ist anzunehmen. Erneut kann bei $p < 0,05$ ein signifikanter inverser Zusammenhang zwischen Alter bei Aufnahme und Rotationsfähigkeit im Zusammenhang mit den beschriebenen Variablen genannt werden.

Ein Welch T Test zeigte bei $p > 0,05$ keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Rotation nach rechts und nach links ohne Aufteilung in Subgruppen.

Anschließend wird die Summe der Neigungswinkel nach rechts und links in der multiplen linearen Regressionsanalyse untersucht und als Ergebnis dargestellt [Tabelle 13].

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	75,191°	11,216	< 0,001	52,894°	97,488°
Alter bei Aufnahme	-0,327°	0,229	0,156	-0,782°	0,128°
Tage bis Aufnahme	0,046°	0,099	0,639	-0,150°	0,243°
Läsionshöhe	5,252°	1,774	0,004	1,726°	8,779°
AIS bei Aufnahme	-0,054°	0,036	0,135	-0,125°	0,017°
Versorgungslänge	-5,479°	1,503	< 0,001	-8,468°	-2,491°

$R^2 = 0,244$; korrigiertes $R^2 = 0,200$; $F(5,86) = 5,56$ $p < 0,001$

Tabelle 13: Lineare Regressionsanalyse der Neigungsfähigkeit – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein negatives B ist klinisch negativ zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Bei moderater bis hoher Anpassungsgüte des Modells und signifikanter Vorhersagefähigkeit der Variablen im F Test zeigte sich ein Regressionskoeffizient B der Versorgungslänge, welcher bei $p < 0,05$ als signifikant von 0 unterschiedlich ermittelt werden konnte.

Entsprechend konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und Neigungsfähigkeit des Kopfes hergestellt werden. Gleiches gilt für die Läsionshöhe.

Unter Berücksichtigung gleicher Variablen konnte sowohl für die Inklination als auch die Reklination in der linearen Regressionsanalyse kein signifikanter Zusammenhang zur Spondylodesenlänge festgestellt werden. Die Nullhypothese ist anzunehmen und von einem Zusammenhang zur Spondylodesenlänge ist nicht auszugehen. Eine erweiterte detaillierte Darstellung der Ergebnisse entfällt hier.

Die ermittelten Ergebnisse stützen die Hypothese, dass ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und Freiheitsgraden der Halswirbelsäule besteht, wobei nicht jede Bewegung gleichermaßen betroffen ist. Insgesamt ist Hypothese Nummer 4 „Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen den Freiheitsgraden der Halswirbelsäule und der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule“ anzunehmen.

3.2.5 Die subjektive Lebensqualität

Die subjektive Lebensqualität wurde für 99 der 199 Patienten erhoben [Tabelle 14].

Lebensqualität	Gruppe	n	Mittelwert	Standard- abweichung
Allgemeine Lebensqualität	monosegmental	26	6,54	0,65
	polysegmental	63	6,85	0,71
Psychische Lebensqualität	monosegmental	26	7,15	0,77
	polysegmental	63	7,41	0,62
Physische Lebensqualität	monosegmental	26	5,96	0,48
	polysegmental	63	6,04	0,42

Tabelle 14: Deskriptive Darstellung der Lebensqualitätsdaten – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. Ein höherer Wert entspricht einer erhöhten Lebensqualität. Mittelwerte und Standardabweichung sind gerundet.

Der Mittelwert der psychischen Lebensqualität für das Gesamtkollektiv beträgt 6,02 (Standardabweichung 1,9). Der Mittelwert der physischen Lebensqualität für das Gesamtkollektiv beträgt 7,34 (Standardabweichung 2,04). Diese Werte sind im Welch T Test bei $p < 0,0001$ signifikant unterschiedlich.

Es erfolgte eine überprüfende Testung der poly- und monosegmental versorgten Gruppen mittels Welch T Test [Tabelle 15].

	p Wert	95 % Konfidenzintervall		Cohens d
		Unten	Oben	
Allgemeine Lebensqualität	0,378	-1,01	0,39	-0,1768
Psychische Lebensqualität	0,549	-1,11	0,60	-0,1255
Physische Lebensqualität	0,846	-0,90	0,74	-0,0418

Tabelle 15: T Testergebnisse zur Lebensqualität - Alle Werte sind gerundet.

Für keine Dimension wurde ein signifikanter Unterschied ermittelt.

Eine erweiterte Analyse via linearer Regression wurde ebenfalls durchgeführt. Unter Miteinbeziehung des Alters, der Läsionshöhe bei Aufnahme und der Zeit zwischen Unfall

und Aufnahme konnte für keine der drei Kategorien ein signifikant von 0 unterschiedlicher Korrelationskoeffizient B ermittelt werden und wird hier nicht dargestellt.

Es gilt also, anhand der vorliegenden Daten, die Hypothese Nummer 5 „Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der subjektiven Lebensqualität und der Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule“ abzulehnen.

3.2.6 Urologischer Status

Der urologische Status wird gemäß den in Abschnitt 2.5.1 beschriebenen Kategorien erfasst. Insgesamt konnte der Status für 146 der 199 Patienten ermittelt werden. Davon entfallen 43 auf die Gruppe monosegmental versorgter und 103 auf die Gruppe polysegmental versorgter Patienten [Tabelle 16].

Urologischer Status	n (relativer Anteil in %)	
	monosegmental	polysegmental
Spontanes Harnlassen	10 (23,3)	16 (15,5)
Intermittierender Selbstkatheterismus	15 (34,9)	45 (43,7)
Intermittierender Fremdkatheterismus	9 (20,9)	23 (22,3)
Dauerkatheter	9 (20,9)	19 (18,4)

Tabelle 16: Deskriptive Darstellung des urologischen Status des Kollektivs – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. In Klammern steht der relative Anteil an der jeweiligen Subpopulation. Die Prozentangaben sind gerundet.

Eine Untersuchung mittels Chi Quadrat Unabhängigkeitstest ergab bei $p = 0,634$ einen Wert oberhalb des Signifikanzniveaus. Eine Unabhängigkeit der Variablen ist anzunehmen.

Es folgte eine Darstellung des urologischen Status als ordinalskaliertes Merkmal.

In dieser nimmt spontanes Harnlassen den Wert 1, intermittierender Selbstkatheterismus den Wert 2, intermittierender Fremdkatheterismus den Wert 3 und der Dauerkatheter den Wert 4 an [Abbildung 12].

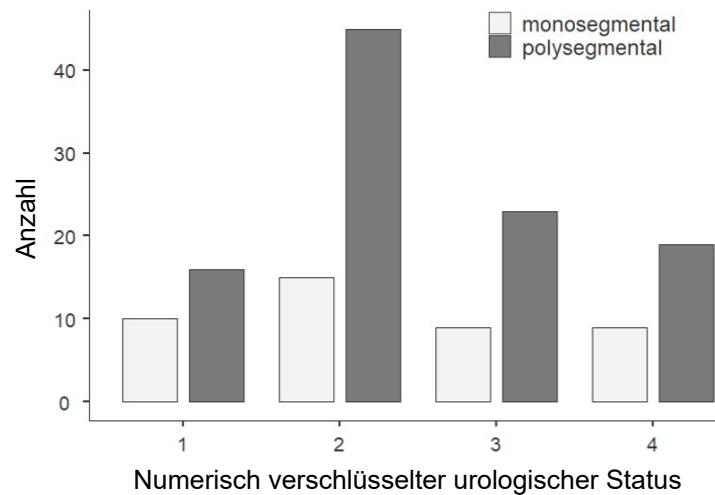


Abbildung 12: Urologischer Status aufgeteilt nach Versorgungslänge

Der Median und Modus für beide Gruppen liegt dann bei 2 (intermittierender Selbstkatheterismus) und die Verteilungsformen erscheinen im graphischen Vergleich nahezu identisch.

Die Hypothese Nummer 6 „Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule und dem urologischen Status der Patienten“ ist abzulehnen.

3.2.7 Wohnsituation

Insgesamt wurde bei 128 Patienten die Wohnsituation erfasst. Davon entfallen 35 auf die Gruppe monosegmental und 93 auf die Gruppe polysegmental versorgter Patienten [Tabelle 17].

Wohnsituation	n (relativer Anteil in %)	
	monosegmental	polysegmental
Normal	7 (20,0)	16 (17,2)
Barrierefrei	24 (68,6)	70 (75,3)
Pflegeheim, betreutes Wohnen o. Ä.	4 (11,4)	7 (7,5)

Tabelle 17: Deskriptive Darstellung der Wohnsituation – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. In Klammern steht der relative Anteil an der jeweiligen Subpopulation. Die Prozentangaben sind gerundet.

Eine Untersuchung mittels Chi Quadrat Unabhängigkeitstest wurde durchgeführt und ergab bei $p = 0,681$ einen Wert oberhalb des Signifikanzniveaus. Es ist eine Unabhängigkeit der Variablen anzunehmen.

Die Hypothese Nummer 7 „Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule und der Wohnsituation der Patienten“ ist abzulehnen.

3.2.8 Erwerbsstatus

Es wurde bei 128 der 199 Patienten ein Erwerbsstatus nach Entlassung erhoben. Davon entfallen 32 auf die Gruppe der monosegmental versorgten und 86 auf die Gruppe der polysegmental versorgten Patienten [Tabelle 18].

Erwerbsstatus	n (relativer Anteil in %)	
	monosegmental	polysegmental
Arbeitsfähig (AF)	11 (34,4)	17 (19,8)
Arbeitsunfähig (AU)	9 (28,1)	25 (29,1)
Erwerbsunfähig (EU)	12 (37,5)	44 (51,2)

Tabelle 18: Deskriptive Darstellung des Erwerbsstatus – n gibt die Anzahl der erfassten Werte in der jeweiligen Kategorie an. In Klammern steht der relative Anteil an der jeweiligen Subpopulation. Die Prozentangaben sind gerundet.

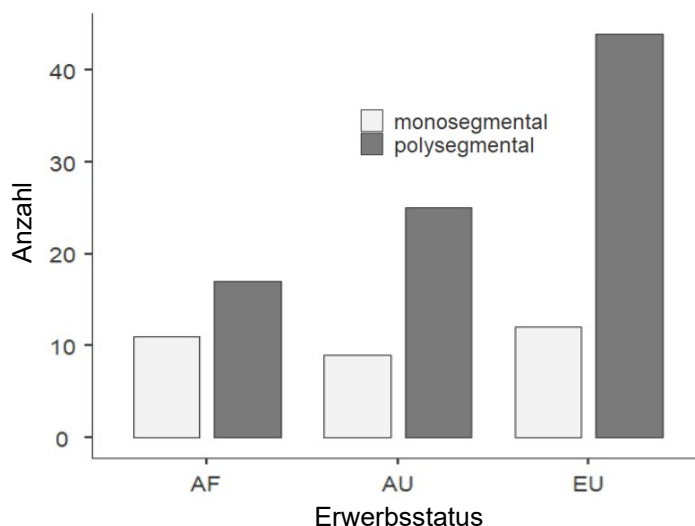


Abbildung 13: Erwerbsstatus aufgeteilt nach Versorgungslänge

Es zeigt sich graphisch ein deutlicher Unterschied in der Verteilung [Abbildung 13]. Zum Zeitpunkt der Erhebung ist ein um $\sim 36,5\%$ höherer Anteil an Erwerbsunfähigen in der polysegmental versorgten Patientengruppe gegenüber jener mit monosegmentaler Versorgung zu finden. Gleichzeitig ist der Anteil der Arbeitsfähigen in der Gruppe der monosegmental versorgten gegenüber der polysegmental versorgten Gruppe um $\sim 73,7\%$ höher. Eine Untersuchung mittels Welch T Test zeigte bei $p > 0,05$ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Durchschnittsalters in beiden Gruppen.

Eine Untersuchung mittels Chi Quadrat Unabhängigkeitstest ergab allerdings bei $p = 0,221$ einen Wert oberhalb des Signifikanzniveaus. Eine Unabhängigkeit der Variablen ist anzunehmen.

Die Hypothese Nummer 8 „Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule und dem Erwerbsstatus der Patienten“ ist auf Grundlage des Chi Quadrat Unabhängigkeitstests abzulehnen.

4. Diskussion

4.1 Generelles Studiendesign

Die Tatsache, dass es sich bei dieser Arbeit um eine Kohortenstudie handelt, schränkt die Möglichkeiten der Interpretation ein und senkt die Wertigkeit der geschaffenen Evidenz auf CEBM Evidenzklasse III.(171)

Ein klarer Beweis für kausale Zusammenhänge ist hiermit also nicht möglich, da kausale Interferenz nicht ausgeschlossen werden kann.(172)

Eine randomisierte kontrollierte Studie ist zur Beantwortung der Fragestellung jedoch nur im Tiermodell denkbar und somit nicht praktikabel. Eine Fall-Kontroll-Studie könnte jedoch allgemein durchgeführt werden und erweiterten Erkenntnisgewinn mit sich bringen. Aufgrund einer fehlenden Kontrollgruppe, welche Patienten mit Spondylodese der Halswirbelsäule, aber ohne Querschnittlähmungssyndrom beinhaltet, kann zum Beispiel nicht bestimmt werden, ob die hier gezeigten Zusammenhänge auch für das größere Gesamtkollektiv der traumatisch Halswirbelsäulenverletzten Geltung finden.

Eine besondere Stärke dieser Studie stellt jedoch die hohe Patientenzahl dar, die durch das Kohortendesign erreicht werden konnte und welche in einem prospektivem Design aufgrund der niedrigen Inzidenz nicht ohne erheblichen Zeitaufwand denkbar wäre. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass eine große Patientenzahl auch dazu führt, dass kleine Effekte als statistisch signifikant ermittelt werden können und somit bei parametrischen Tests stets eine Betrachtung der Größe des als signifikant ermittelten Unterschieds erfolgt.

Darüber hinaus ist die Tatsache zu erwähnen, dass eine monozentrische Studie einer multizentrischen Studie dahingehend unterlegen ist, dass ein in diesem Zentrum bestehender Bias in die Auswertung übernommen werden könnte. Dem gegenüber steht, dass erhobene Daten einem zentrumsinternen Standard folgend erhoben wurden. So kann eine bessere Vergleichbarkeit der Daten untereinander erreicht werden. Es sei in diesem Zusammenhang außerdem erwähnt, dass die zugrundeliegende Fragestellung auf klinischen Beobachtungen im QZ basiert. Aufgrund fehlender Verblindung der Untersucher ist ein das Ergebnis verzerrender Bias denkbar. Hier wird auf die Professionalität und Objektivität des geschulten Personals und die Standardisierung der zugrundeliegenden Testverfahren gesetzt. Des Weiteren wurden Unterschiede im Behandlungskonzept der Patienten nicht erfasst, was darauf zurückgeführt werden kann, dass individuelle Konzepte anhand der zugrundeliegenden Restfunktion der Patienten erarbeitet werden. Es wäre also

von vornherein von einer Interdependenz zwischen Behandlungskonzept und funktionellem Outcome auszugehen. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass jedem Patienten die gleichen Möglichkeiten geboten wurden, seinen Gesundheitszustand zu verbessern und eine Rehabilitation stets im für das Individuum optimalen Maße stattgefunden hat, obwohl Kostenträger bei der Therapieauswahl einen wesentlichen Stellenwert haben und somit potentiellen Einfluss auf den Therapieerfolg.

4.2 Das Patientenkollektiv

Das Kollektiv umfasst 199 Patienten. Bei einer Jahresinzidenz von zervikalen Querschnittslähmungen nach Trauma, wie sie aus Daten des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. mit etwa 200 Patienten pro Jahr ermittelt wurde, entspricht das Kollektiv etwa 5 % aller betroffenen Patienten im Untersuchungszeitraum in Deutschland.(100) Dieser vergleichsweise große Anteil an Patienten ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass das Querschnittgelähmtenzentrum des BGKH das bundesweit größte Zentrum seiner Art ist.

Gleichwohl wäre eine Vergrößerung des Kollektivs durch ein polyzentrisches Studiendesign denkbar. Dies wäre aber aufgrund unterschiedlicher Dokumentation und Datenbankpflege derzeit nicht durchführbar. Die Einführung einer bundesweit einheitlichen Datenbank könnte hier ein erster Ansatz für weitere Forschung sein.

Die große Anzahl an Patienten ist darüber hinaus nicht homogen hinsichtlich der Verteilung verschiedener potentieller Störvariablen strukturiert. Aufgrund zu geringer Fallzahlen in den Subgruppen konnte eine dedizierte Analyse hinsichtlich einzelner Outcomeparameter, beispielsweise unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Versorgungswege oder des Einflusses der Einbeziehung des Atlantoaxialgelenks in die Spondylodese, nicht sinnvoll stattfinden.

Da die Einschlusskriterien ausschließlich Patienten im Alter zwischen 18 und 50 Jahren ohne konsumierende Erkrankungen zuließen, konnte eine Analyse auch nur in diesem Rahmen erfolgen. Daraus ergeben sich Limitationen hinsichtlich einer möglichen Induktion der Ergebnisse. Insbesondere Frakturen, welche durch osteoporotische Erkrankungen oder vertebral metastasierende Karzinome begünstigt oder verursacht wurden, sind bei dem gewählten Kollektiv nicht zu erwarten und stellen eine weitere Pathogenese dar, welche hier nicht berücksichtigt wurde.

Die Geschlechterverteilung bewegt sich mit einem Verhältnis männlich zu weiblich von etwa 5,7 zu 1. Ein derart großer Anteil männlicher Patienten lässt sich womöglich durch einen größeren Anteil an zervikalen Lähmungen erklären, welche durch Risikoverhalten verursacht sind. Insbesondere die häufig aufgetretenen Sprünge in zu flache Gewässer sind hier zu nennen. Diese Art des Unfallmechanismus wird nahezu ausschließlich (> 90 %) bei Männern beschrieben und auch in dieser Arbeit ist lediglich ein weiblicher Patient identifiziert worden, welche aufgrund eines solchen Sprungs erkrankt ist.(173–176)

Die Primärliteratur legt jedoch bisher keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlecht und Rehabilitationsoutcome Querschnittgelähmter nahe.(177,178)

Der Anteil an kompletten zu inkompletten Lähmungen ist initial bei etwa 50 % und bei Entlassung etwa 39 % AIS Typ A Patienten hoch, aber nicht außerordentlich im Vergleich zu anderen Kollektiven Querschnittgelähmter angesiedelt.(108–112,179)

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer von 169 Tagen im QZ (n=192) liegt unterhalb der durch Gerner 1992 beschriebenen Verweildauer für Tetraplegiker und -paretiker von 206 Tagen in der Rehabilitation (n=30) und unterhalb der durch Raiser im Zeitraum von 1990 bis 1998 beschriebenen Verweildauer für operativ versorgte Tetraplegiker und -paretiker von etwa 237 Tagen in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen (n=56). (180,181) Ein Trend hin zu kürzeren Verweildauern bei den Patienten der letzten Jahre konnte in dieser Arbeit jedoch nicht beobachtet werden. Die Ursache dieser deutlichen Diskrepanz dürfte in der Professionalisierung der Rehabilitation Querschnittgelähmter im QZ liegen. Als größtes Zentrum seiner Art bundesweit besitzt es auch die umfassendsten Möglichkeiten der konkreten rehabilitativen Versorgung.

Die beschriebenen Lähmungshöhen wurden anhand des Untersuchungsbogens der ASIA Impairment Scale ermittelt (siehe Anhang). Dies führt dazu, dass eine Abgrenzung zwischen einer Schädigung des unteren Hirnstamms und einer Schädigung des ersten zervikalen Segments C1 anhand der äußeren Untersuchung nicht möglich ist, da es keine entsprechenden Kennmuskeln oder Hautareale gibt. Hieraus resultiert, dass bei einer Schädigung auf Höhe C1 trotzdem die Höhe C0 dokumentiert wird und somit in dieser Arbeit kein einziger Fall mit einer Schädigung des Segments C1 erfasst wurde.

Insgesamt gibt es einige Eigenschaften des Kollektivs, die eine Induktion der Ergebnisse beschränken. Die Größe des Gesamtkollektivs, der einzelnen Untersuchungskollektive und die generelle Struktur lassen jedoch eine sinnvolle Beantwortung der Fragestellung zu.

4.3 Einfluss der Spondylodesenlänge

4.3.1 ASIA Impairment Scale

Die ASIA Impairment Scale ist als Instrument zur Evaluation des körperlichen Zustands querschnittgelähmter Patienten nur bedingt geeignet, die funktionelle Situation der Patienten abzubilden. Die Beurteilung des physischen Verlaufs lässt jedoch indirekte Schlüsse auf die Funktionalität und ihre Entwicklung zu. Eine positive Entwicklung des physischen Zustands geht wahrscheinlich auch mit einer positiven Entwicklung des funktionellen Zustands einher. Umgekehrt muss eine verbesserte Funktionalität jedoch nicht unbedingt von einer Verbesserung des physischen Zustands abhängen, sondern kann zum Beispiel durch gezielte Schulungen von alternativen Lösungen funktionaler Problematiken erreicht werden. Beispielfähig kann hier die Funktionshand beschrieben werden, die, trotz weiter bestehendem Ausfall entsprechender Myotome, eine Greiffunktion der Hand bedeuten kann. Der physische Zustand bleibt also gleich, der Funktionsgewinn ist jedoch vorhanden.(95)

Die Motorscoremittelwerte zum Zeitpunkt der Entlassung lagen für die Gruppe monosegmental versorgter Patienten etwa auf dem Niveau, welches Kirshblum et al. 2004 für ein Kollektiv, bestehend aus 559 Para- und Tetraplegikern und -paretikern, ein Jahr nach Verletzung des Rückenmarks bei 45,23 Punkten (Standardabweichung 22,8) beschrieben haben.(182) Beide Gruppen unterboten jedoch die durch Scivoletto et al. im Jahr 2015 beschriebenen Mittelwerte, welche sowohl bei Aufnahme (59,3; Standardabweichung unbekannt) als auch bei Entlassung (69; Standardabweichung 21,7) aus dem Rehabilitationszentrum höher ausfielen. Hier bestand das Kollektiv aus insgesamt 661 Para- und Tetraplegikern und -paretikern aus sechs verschiedenen Ländern.(183) Die niedrigeren Werte in dieser Arbeit lassen sich durch das zugrundeliegende Messprinzip und die Tatsache, dass ausschließlich zervikal gelähmte Patienten untersucht wurden, erklären. Allerdings ist die Differenz zwischen Aufnahme und Entlassung im Schnitt bei 23,8 Punkten für die monosegmental versorgten und 14,8 Punkten für die polysegmental versorgten Patienten in beiden Gruppen deutlich größer als im untersuchten Kollektiv von Scivoletto et al. 2015. Dies ist ein Hinweis darauf, dass verstärkt beeinträchtigte Patienten mit niedrigeren Ausgangswerten vermehrt von Rehabilitationsmaßnahmen profitieren können.

Es konnte im Welch T Test ein signifikant besseres neuromotorisches Outcome für monosegmental versorgte Patienten ermittelt werden. Die zugrundeliegende Effektstärke

kann gemäß Abschnitt 2.6.1 als mittelstark angenommen werden und die Signifikanz ist somit wahrscheinlich nicht auf die hohe Patientenzahl zurückzuführen.

Der Unterschied zwischen den Motorscoredifferenzen von mono- zu polysegmental liegt bei etwa 9,5 Punkten. Dies liegt oberhalb der durch Scivoletto et al. 2013 an einem Kollektiv von 600 Para- und Tetraplegikern und -paretikern ermittelten minimalen klinisch relevanten Veränderung von etwa 4,48 Punkten im Gesamtmotorscore.(184) Hier ist zu beachten, dass eine Evaluation anhand mathematischer und nicht anhand klinischer Kriterien erfolgte, was eine Minderung der Aussagekraft des Vergleichswerts nach sich zieht.(185)

Es kann aber zunächst eine klinische Relevanz des in dieser Arbeit ermittelten Unterschieds angenommen werden.

Die verstärkte Verbesserung der neuromotorischen Funktion bei monosegmental versorgten Patienten konnte nicht via linearer Regression untersucht werden, so dass Störvariablen als Ursache des Ergebnisses nicht auszuschließen sind.

Grundsätzlich gilt es zum Beispiel zu bedenken, dass eine verstärkte Verbesserung auch von der Ausgangslage abhängen kann. Ein komplett gelähmter Patient hat eine prinzipiell schlechtere Prognose hinsichtlich des neuromotorischen Outcomes, das die AIS abbildet. (186)

Die Tatsache, dass kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der neuromotorischen Funktion zwischen den Gruppen zum Aufnahmezeitpunkt festgestellt werden konnte, kann als Hinweis gewertet werden, dass hier zwischen den Gruppen keine wesentlichen strukturellen Unterschiede bestehen, welche die initiale Bewertung beeinflussen. Die Zeit zwischen Unfall und Aufnahme, das Läsionsniveau und das Geschlecht zählen nach Literaturangaben nicht zu diesen beeinflussenden Faktoren, wahrscheinlich aber zum Beispiel das Alter und die initiale Klassifikation nach AIS Typ A bis E der Patienten. (187,188)

Des Weiteren konnte in dieser Arbeit kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der sensorischen Funktion und ihrer Entwicklung für die Patienten der beiden Gruppen ermittelt werden. Dies könnte unter anderem auf eine geringere Sensitivität der AIS für sensorische Funktionsänderungen zurückzuführen sein. Im Gegensatz zur Untersuchung der Motorfunktion fällt die kleinste reale Differenz nach Beckerman et al. 2001 deutlich höher aus.(126,189) Werte für den Nadelstichtest bewegen sich nach Marino et al. 2008 im Interratervergleich um 22,1 und für die leichte Berührung um 15,0 Punkte, während der Motorscore Werte von 7,4 Punkten erreicht.(126) Die Verlässlichkeit der Untersuchungen,

insbesondere, da sie meist durch verschiedene Untersucher durchgeführt wurden, ist also prinzipiell mit berechtigten Zweifeln behaftet. Es besteht aber auch weiterhin die Möglichkeit, dass die sensorische Funktion tatsächlich nicht im gleichen Maße mit der Versorgungslänge zusammenhängt, wie die neuromotorische Funktion der Patienten.

4.3.2 Spinal Cord Independence Measure

Der SCIM Wert ist der wohl beste Parameter dieser Arbeit, um die Grundfragestellung eines Funktionsunterschieds der Patienten in Korrelation zu weiteren Variablen zu beantworten, da er speziell zur Bewertung der Funktion querschnittgelähmter Patienten entwickelt und validiert wurde.(130,132,133,135,136)

Es konnten für 197 der 199 Patienten Datensätze zu den beiden Erhebungszeitpunkten untersucht werden, was die Aussagekraft der Ergebnisse weiter stützt.

Die durchschnittlichen SCIM II Werte lagen bei Aufnahme bei 13,9 und bei Entlassung bei 48,9 Punkten in der monosegmental versorgten Gruppe sowie 13,7 und 39,3 Punkten in der polysegmental versorgten Gruppe.

Die Mittelwerte bei Aufnahme im Rehabilitationszentrum liegen bei vergleichbaren Standardabweichungen deutlich unterhalb jener durch Catz et al. 2002 anhand von 28 Patienten in Israel beschriebenen, im interdisziplinären Team erhobenen Werte von etwa 48,9 Punkten (Standardabweichung 22,1).(190)

Auch Ronen et al. beschrieben 2004 anhand von 1411 Patienten in Israel deutlich höhere, durchschnittliche SCIM II Werte von etwa 38,9 bis 40,29 Punkten (Standardabweichung 19,9 bis 20,3) unmittelbar nach Aufnahme und 63,2 bis 64 Punkten (Standardabweichung 17,9 bis 23,9) unmittelbar vor Entlassung.(191)

Diese Werte sind vergleichbar mit Erhebungen auf Grundlage der dritten Version des SCIM. So beschrieben Scivoletto et al. 2015 (n = 661 aus sechs Ländern) SCIM III Werte von durchschnittlich 30,3 Punkten (Standardabweichung unbekannt) bei Aufnahme und 64,1 Punkten (Standardabweichung 21,7) bei Entlassung aus einem Rehazentrum.(183)

Die Unterbietung der Vergleichswerte in dieser Arbeit könnte durch die Einbeziehung subzervikal querschnittgelähmter Patienten in den genannten Arbeiten erklärt werden, da diese in der Regel a priori bessere Werte erreichen.

Die in dieser Arbeit ermittelten durchschnittlichen SCIM Differenzen zwischen Aufnahme und Entlassung sind allerdings oberhalb der recherchierten Vergleichswerte angesiedelt.

Dies kann hier wiederum nicht durch den Anteil an subzervikal gelähmten Patienten erklärt werden und muss stattdessen womöglich in der besonders hochwertigen und umfangreichen Rehabilitation im QZ gesucht werden.

Es konnte in dieser Arbeit nicht gezeigt werden, dass eine positive Korrelation zwischen numerischer Läsionshöhe bei Aufnahme und SCIM Differenz bei gleichzeitiger Berücksichtigung der analysierten Kovariablen besteht. Eine Alphafehlerwahrscheinlichkeit von $\sim 0,1$ schließt einen realen Zusammenhang jedoch auch nicht aus und das 95% Konfidenzintervall macht zumindest eine relevante, negative Korrelation sehr unwahrscheinlich. Dies steht den Erkenntnissen von Aidinoff et al. aus dem Jahr 2011 also nur teilweise entgegen, welche eine signifikante positive Korrelation zwischen numerischer Läsionshöhe bei Aufnahme und SCIM III Differenz von Aufnahme zu Entlassung zeigen konnten ($n = 128$). Hier wurden jedoch ausschließlich AIS Typ A Patienten anhand von SCIM III Werten untersucht und die Analyse erfolgte nicht unter Berücksichtigung weiterer Variablen. Im Gegensatz zu dieser Arbeit wurden jedoch auch subzervikale Läsionshöhen in die Analyse eingeschlossen.(192)

Sowohl im Welch T Test als auch mittels multipler linearer Regressionsanalyse ließen sich statistisch signifikante Unterschiede hinsichtlich der SCIM Differenz in Relation zur Länge der Spondylodesen ermitteln. Die Effektstärken der Welch T Tests für den SCIM Wert zum Zeitpunkt der Entlassung und die SCIM Differenz lassen sich als klein bis mittel beschreiben.

Von besonderem Interesse ist der, unter Berücksichtigung weiterer Variablen berechnete, Korrelationskoeffizient $B = -2,4$ mit einem 95 % Konfidenzintervall von $-4,6$ bis $-0,21$. Dieser Wert approximiert einen verringerten Rehabilitationserfolg von etwa 2,4 SCIM Punkten pro zusätzlich versorgtem Segment. Insbesondere der Zustand der Patienten vor rehabilitativer Behandlung, quantifiziert durch den SCIM und AIS bei Aufnahme, wurde hierbei mathematisch mitberücksichtigt.

R^2 und korrigiertes R^2 weisen auf eine moderate Anpassungsgüte des Modells hin. Beim F Test mit $p < 0,001$ ist von einer statistisch signifikanten Vorhersagefähigkeit der SCIM Differenz durch die gewählten Variablen auszugehen.

Das Ergebnis ist in seiner Aussagekraft durch die Anpassungsgüte des Modells limitiert und eine Verbesserung hinsichtlich dieser könnte in zukünftigen Studien angestrebt werden.

Die minimale klinisch relevante Differenz des SCIM in seiner dritten Version wurde durch Scivoletto et al. im Jahr 2013 mathematisch mit einem Wert von etwa 4,2 Punkte bestimmt. (193)

Unter der Annahme dieses Wertes und der Korrektheit des ermittelten Korrelationskoeffizienten besteht die Möglichkeit eines klinisch relevanten Einflusses der Spondylodesenlänge erst bei zwei zusätzlich versorgten Segmenten. Unter Berücksichtigung des 95 % Konfidenzintervalls ist ein klinisch relevanter Einfluss im Durchschnitt aber auch bereits bei einem zusätzlichen oder sogar erst bei theoretischen 20 zusätzlichen Segmenten möglich.

Die Schwäche des zugrundeliegenden Vergleichswerts von Scivoletto et al. liegt, neben der unterschiedlichen Version des Scores zum hier verwendeten, in der fehlenden Evaluation des Wertes durch klinisches Personal. Es erfolgte die Ermittlung anhand stochastischer Annahmen.(185)

Stattdessen könnte man anhand klinischer Merkmale der Erhebung des Scores argumentieren, dass jeder zusätzliche Punkt eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich eines zugrundeliegenden Items bedeutet. Diese Items wurden ausgewählt, um für die Patienten relevante Bereiche der Funktionalität abzudecken. Somit ist jeder zusätzliche Punkt ein wesentlicher Zugewinn für das Individuum. Die Problematik besteht dabei darin, dass ein Unterschied von einem Punkt nicht zwangsläufig reliabel erfasst werden kann, weshalb eine kombinierte Evaluation des minimalen klinisch signifikanten Unterschieds anhand mathematischer und klinischer Kriterien erfolgen sollte. Dies wurde bisher für den SCIM in keiner seiner Versionen durchgeführt.

Die Analyse der Werte zum Aufnahmezeitpunkt zeigte keinen signifikanten Zusammenhang des SCIM Wertes bei Aufnahme und der Spondylodesenlänge. Dies kann jedoch nicht nur als Zeichen dahingehend interpretiert werden, dass die chirurgische Intervention keinen unmittelbaren Einfluss auf die Funktionalität der Patienten nimmt, sondern kann auch als Ausdruck möglicher Bodeneffekte und der hinlänglich bekannten Notwendigkeit einer Rehabilitation zur grundsätzlichen Wiederherstellung von Fertigkeiten gesehen werden, weshalb erst eine Betrachtung des Verlaufs sinnvoll zu beurteilende Ergebnisse im Sinne der Fragestellung liefert. Unterschiede hinsichtlich des Outcomes werden entsprechend erst im mittel- bis langfristigen Verlauf sichtbar.

Weiter gilt es im Umgang mit den hier verwendeten SCIM Werten zu beachten, dass eine Erhebung des SCIM teilweise durch Beobachtung und nicht durch das reine Interview erfolgt ist. Itzkovich et al. zeigten 2003, dass ein solches Vorgehen der Beobachtung durch

ein interdisziplinäres Team vergleichbare Ergebnisse zum reinen Interview bietet (Pearsons Korrelationskoeffizient zwischen 0,765 und 0,940 bei $p < 0,0001$).⁽¹³³⁾ Aktuelle Forschungsergebnisse zum SCIM III unterstützen aber insbesondere die Befragungsmethodik als Goldstandard.⁽¹⁹⁴⁾

Unter Berücksichtigung genannter Einschränkungen weisen die gesammelten Ergebnisse in beiden Testverfahren auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome bei zervikal Querschnittgelähmten hin.

Eine Reevaluation des Rehabilitationskonzepts mit einer vermehrten Berücksichtigung der Versorgungslänge und eine Verschärfung der Kriterien zur Indikationsstellung hinsichtlich des Ausmaßes der chirurgischen Primärbehandlung sollten angestrebt werden.

Die Einbeziehung der initialen AIS Scores ermittelte diese als positiv zum Rehabilitationserfolg korreliert und festigt den prädiktiven Charakter des Instruments im klinischen Setting.

Bei einem p Wert von 0,08 und überwiegend negativem 95% Konfidenzintervall, kann außerdem eine negative Korrelation von der Zeit zwischen Verletzungseintritt und Zeit der Aufnahme im spezialisierten Rehabilitationszentrum und Rehabilitationserfolg als möglich, wenn auch in dieser Arbeit nicht als signifikant nachgewiesen, betrachtet werden.

4.3.3 Ergotherapeutisches Assessment (EA)

Das Ergotherapeutische Assessment ist nicht speziell für den Einsatz bei querschnittgelähmten Patienten konzipiert. Einzelne Teilbereiche spiegeln daher unterschiedlich gut die Problematiken querschnittgelähmter Patienten wider. Es ist jedoch möglich und im Konzept des EA vorgesehen, eine Erhebung und Analyse des Assessment in einzelnen Kategorien vorzunehmen, wie es hier erfolgt ist. Dies macht das EA zu einem adaptiven Werkzeug, das auch zur Beantwortung der eingangs angeführten Fragestellungen geeignet ist.^(139,140) Beschriebene Bodeneffekte in Kollektiven nicht Querschnittgelähmter könnten die Anwendbarkeit auf die in ihrer Alltagsfähigkeit häufig stark eingeschränkten Patienten, insbesondere bei Erstbeurteilung, limitieren.⁽¹⁴¹⁾

In dieser Untersuchung besteht ein wesentlicher Nachteil darin, dass nur für einen kleinen Anteil des Kollektivs Daten zur Verfügung stehen. Da Das Ergotherapeutische Assessment erst im Jahr 2008 durch die Ergotherapie des BGKH eingeführt und erst in den letzten Jahren konsequent erhoben wurde, konnten nur 60 Datensätze der Patienten identifiziert werden. Hierdurch kann die Datenlage jedoch auch als aktueller betrachtet werden. Dies

limitiert allerdings die Anzahl an Variablen, welche sinnvoll in eine multiple Regressionsanalyse integriert werden können und entsprechend wurde die Variable „Tage bis Aufnahme“ und „AIS bei Aufnahme“ in den einzelnen Analysen nicht berücksichtigt und könnte als Störvariable fungieren. Darüber hinaus hat Maxwell im Jahr 2000 eine Arbeit veröffentlicht, nach der eine multiple lineare Regressionsanalyse bei geringen Fallzahlen und einer Übernahme der Daumenregel von 10 Datensätzen pro einbezogener Variable, wie sie hier anzutreffen ist, ihre Aussagekraft einbüßt.(195) Unter Berücksichtigung von Maxwells Ausführungen wird die Methodik jedoch mangels adäquater Alternative und gängiger Praxis der etablierten Daumenregel als hinreichend präzise betrachtet, die Ergebnisse sind jedoch möglicherweise in ihrer Aussagekraft eingeschränkt.

Des Weiteren sind die Erhebungszeitpunkte, anders als beim SCIM, nicht strikt bei Aufnahme und Entlassung anzunehmen. Insbesondere bei initial beatmungspflichtigen Tetraplegikern spielt das EA erst dann eine wichtige Rolle für die Ergotherapeuten, wenn Fähigkeiten außerhalb des Intensivbetts oder Intensivüberwachungsbetts trainiert werden sollen. Dies ist in der Regel nach erfolgreicher Entwöhnung von der Beatmung der Fall. Hiernach wird eine Zielsetzung im Sinne der Kategorien des EA angesetzt und eine Umsetzung entsprechend der Erstbeurteilung geplant. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit einzelner Patienten untereinander eingeschränkt. Gerade deshalb ist es wichtig, die Erstbeurteilung in die multiple lineare Regression einzuschließen.

Unter Berücksichtigung genannter Einschränkungen konnte für die Subkategorie Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung ein signifikanter Zusammenhang des Outcomes zur Spondylodesenlänge festgestellt werden.

Der signifikant von 0 unterschiedlich ermittelte Korrelationskoeffizient $B = -0,239$ ist mit einem 95 % Konfidenzintervall bei einem oberem Ende von $-0,035$ mit großer mathematischer Sicherheit auf eine negative Korrelation zur Versorgungslänge zurückzuführen. Auch hier ist das Ergebnis in seiner Aussagekraft durch die Anpassungsgüte des Modells limitiert.

In der hier gezeigten Kategorie werden insbesondere Fähigkeiten in der häuslichen Umgebung des Patienten überprüft. Hierzu zählen zum Beispiel das Be- und Entkleiden oder die Körperhygiene. Dabei handelt es sich um Fähigkeiten, welche zervikal querschnittgelähmte Patienten teilweise nur noch mit ständiger pflegerischer Hilfe durchführen können und eine Verbesserung dieser Fähigkeiten im Verlauf einen äußerst positiven Einfluss auf die Unabhängigkeit der Betroffenen haben kann.

Auffällig ist insbesondere, dass in der Kategorie Alltagsrelevante Folgen sensomotorischer Funktionen kein signifikanter Zusammenhang zur Versorgungslänge festgestellt werden konnte, obwohl hier die physischen Fähigkeiten des Patienten im Vordergrund stehen, welche auch durch die AIS abgebildet werden. Ein Grund hierfür dürfte die Tatsache sein, dass die Bewertung des Items nicht nur von der klinisch physischen Funktion abhängt, sondern vielmehr von der Möglichkeit der Kompensation im ergotherapeutischen Sinne, beispielsweise durch Hilfsmittel.(139,142,144)

Eine minimale klinisch relevante Veränderung sowie ein minimal detektierbarer Unterschied wurden bisher in der Literatur für das EA nicht beschrieben.

Eine in auch nur entfernter Weise vergleichbare Studie an Querschnittgelähmten mittels Ergotherapeutischem Assessment konnte nach ausgiebiger Recherche nicht identifiziert werden und so ist auch kein Vergleich der erhobenen Daten zu bestehender Literatur möglich.

Es konnten auch keine Studien an anderen Patientengruppen identifiziert werden, die Ergebnisse zeigten, welche anhand der Veränderung von EA Werten erhoben wurden. Lediglich für einzeitig erhobene Werte gäbe es Vergleichswerte aus der Validierungsstudie aus dem Jahr 2002; der Erhebungszeitpunkt ist hier jedoch am Beginn der Behandlung angesiedelt und ein Outcomevergleich somit nicht möglich.(141)

Die hier durchgeführte Studie ist also wahrscheinlich die erste, die das EA in dieser Form zur wissenschaftlichen Anwendung bringt, obwohl das EA in der klinischen Praxis der Ergotherapie bereits etabliert und dem Informationsaustausch sowie der Qualitätssicherung dienlich ist. (142,196)

Außerdem konnte in diesem Untersuchungsteil durch die Analyse unter Miteinbeziehung weiterer Faktoren, wie der Spondylodesenlänge, zusätzlich eine signifikante positive Korrelation zwischen Alter und EA Veränderung in der entsprechenden Subkategorie nachweisen, welche mit einem 95 % Konfidenzintervall von 0,001 bis 0,043 und $p < 0,05$ mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit besteht. Dies weist auf ein vermehrtes Profitieren älterer Menschen von der Rehabilitationsbehandlung, insbesondere der Ergotherapie, hin.

Unter der Annahme der Relevanz und gegebener Signifikanz des Ergebnisses muss davon ausgegangen werden, dass Patienten mit längerstreckigen Versorgungslängen das Rehabilitationszentrum mit schlechteren ergotherapeutischen Ergebnissen verlassen, als jene mit kurzstreckigen. Dies gilt im Speziellen für die körperliche Selbstversorgung,

welche zukünftig besonders durch die Ergotherapie bei langstreckig Versorgten berücksichtigt werden sollte.

4.3.4 Freiheitsgrade der Halswirbelsäule

Eine Einschränkung der Beweglichkeit der Halswirbelsäule kann insbesondere bei motorischer Beeinträchtigung unterhalb der zervikalen Segmente besonders belastend sein und beispielsweise die Fähigkeit zur Bedienung eines Rollstuhls massiv erschweren. Dass die verbesserte Beweglichkeit der Halswirbelsäule tatsächlich mit besserer Alltagsfunktionalität und Lebensqualität korreliert und entsprechend angestrebt werden sollte, konnte beispielsweise bereits durch Takeuchi et al. 2018 gezeigt werden.(197)

Eine Untersuchung der Freiheitsgrade der Halswirbelsäule erfolgt im QZ nur einmalig bei ambulanter Wiedervorstellung. Entsprechend ist eine Analyse des Verlaufs nicht möglich und der Erhebungszeitpunkt interindividuell unterschiedlich, allerdings etwa ein Jahr nach Entlassung angesiedelt und somit immer noch vergleichbar. Da sich nicht jeder Patient zur ambulanten Wiedervorstellung im QZ meldet, wurde nur für 93 der 199 Patienten eine entsprechende Untersuchung dokumentiert. Hierzu zählte auch ein Patient, dessen Versorgung das Atlantoaxialgelenk einschloss. Es wurde bereits früher gezeigt, dass auch funktionserhaltende chirurgische Interventionen am Atlantoaxialgelenk zu signifikanten Funktionseinschränkungen führen können.(198) Da es sich um eine langstreckige Versorgung handelte und eine Verzerrung des Ergebnisses durch potentiell extreme Einschränkungen vermieden werden sollte, wurde ein explorativer Versuch der Untersuchung unter Ausschluss des Patienten durchgeführt. Der Ausschluss änderte die Ergebnisse jedoch nicht und wurde verworfen.

Eine mittels linearer Regressionsanalyse durchgeführte Untersuchung zeigte signifikante negative Zusammenhänge zwischen Versorgungslänge und Neigungsfähigkeit sowie Rotationsfähigkeit der Halswirbelsäule nach rechts. In beiden Fällen konnten 95 % Konfidenzintervalle im negativen Bereich für die Korrelationskoeffizienten ermittelt werden. Ein negativer Zusammenhang ist mit entsprechend hoher mathematischer Sicherheit behaftet. Ab welchem Ausmaß der Bewegungseinschränkung eine klinische Relevanz gegeben ist, kann anhand aktueller Literatur jedoch nicht bestimmt werden.

Von besonderem Interesse ist die Feststellung, dass ein Zusammenhang zwischen der Rotationsfähigkeit nach rechts, nicht jedoch der Rotationsfähigkeit nach links mit der

Versorgungslänge gezeigt werden konnte. Ein solches Phänomen wurde bisher nicht beschrieben.

Da die Untersuchung der Rotation in beide Richtungen bei jedem individuellen Patienten durch einen einzelnen Untersucher durchgeführt wurde, ist von einem realen Unterschied auszugehen, der nicht auf mangelnde Interraterreliabilität zurückgeführt werden kann.

Eine mögliche Ursache des Phänomens könnte der chirurgische Zugangsweg bei ventralen Spondylodesen sein. Bei der von ventral herbeigeführten Spondylodese, welche im Kollektiv die vorherrschende Behandlungsmethode darstellt, wird in der Regel durch den ersten Operateur von der rechten Patientenseite aus operiert und Halsorgane von rechts ausgehend freipräpariert und mobilisiert. Dabei wird im Normalfall der anterolaterale Zugang nach Smith-Robinson gewählt.(199)

Da die bisherige Literatur keinen zu präferierenden Zugangsweg - rechts oder links - beweisen konnte, insbesondere im Hinblick auf mögliche Nervenläsionen, wird hier die für den ersten Operateur ergonomische und arbeitsplatzgerechte Variante gewählt.(200,201)

Außerdem konnte gezeigt werden, dass Patienten, wenn man ihnen die Wahl eines Zugangs offenlegt, nach einem medianen Zugangsweg, häufiger einen rechtsseitigen als linksseitigen Zugang zur Halswirbelsäule bevorzugen würden.(202)

Als Konsequenz des rechtsseitigen Zugangswegs ist von einer vermehrten Narbenbildung und heterotropen Ossifikation auf der rechten Seite des Halses auszugehen und somit eine verstärkte Beeinträchtigung in Abhängigkeit von der Länge der Versorgung anzunehmen. Hier konnten bereits Zusammenhänge zwischen der Bildung von Ossifikationen und Beweglichkeit der Halswirbelsäule nachgewiesen werden.(77) Da im Welch T Test kein signifikanter Unterschied zwischen der Rotationsfähigkeit nach rechts und nach links, unabhängig von der Länge oder anderer Störvariablen, ermittelt werden konnte, scheint ein Unterschied nur in Abhängigkeit der Länge und entsprechender zusätzlicher Einflussfaktoren der Versorgungen relevant zu sein. Es sollte diesbezüglich eine erweiterte Untersuchung durchgeführt werden, welche diese Theorie verifiziert und somit eine mögliche Relevanz bei der individuellen Auswahl des Zugangswegs eruiert.

Darüber hinaus wurde eine mathematisch signifikante Beeinträchtigung der Neigungsfähigkeit nach rechts und links in Abhängigkeit zur Spondylodesenlänge errechnet. Hieraus resultieren Barrieren für langstreckig Versorgte, wie zum Beispiel bei der Bedienung eines Rollstuhls, der Neigungsfähigkeit des Kopfes voraussetzt. Solche Barrieren können in der sowohl in der Primärversorgung als auch in der rehabilitativen Betreuung betroffener Patienten berücksichtigt und reduziert werden.

Von zusätzlichem Interesse ist die in beiden als signifikant bewerteten Untersuchungen als signifikanter Einflussfaktor bewertete Variable Alter bei Aufnahme. In diesen Untersuchungen besteht nämlich ein mit hoher mathematischer Sicherheit negativer Zusammenhang zur Beweglichkeit der Halswirbelsäule bei gleichzeitig verlängerter Spondylodese. Dies ist ein den Ergebnissen der EA Analyse gegenläufiger Zusammenhang. Es muss davon ausgegangen werden, dass in der entsprechenden Regressionsanalyse das Alter nicht als Mediatorvariable für die Beweglichkeit der Halswirbelsäule fungiert, sondern eine andere Einflussnahme auf das EA Ergebnis durch erhöhtes Lebensalter stattfindet, welche zum Beispiel psychosozialer Natur sein könnte. Denn ein positiver funktioneller Gewinn bei gleichzeitig zunehmend eingeschränkter Beweglichkeit erscheint physiologisch äußerst unplausibel.

Auch die initiale AIS Beurteilung konnte nicht als signifikanter Prädiktor ermittelt werden. Dies weist weiter auf eine Unabhängigkeit der Halswirbelsäulenbeweglichkeit nach Operation von der neuromotorischen Beurteilung hin und könnte als Anlass genutzt werden diese Beweglichkeit in die Initialdiagnostik aufzunehmen.

Anhand der hier durchgeführten Untersuchung kann nicht geklärt werden, ob die Beweglichkeit der Halswirbelsäule der die Funktion einschränkende Faktor ist oder Ausdruck selbiger und ein weiterer Mediator zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome besteht. Hier kämen zum Beispiel vermehrte Schmerzen oder aber Komorbiditäten, welche sich aus dem Unfallgeschehen, das eine verlängerte Spondylodese überhaupt erst nötig gemacht hat, ergeben haben, infrage. Zur Klärung der hier noch weitestgehend unklaren Zusammenhänge sollte in zukünftigen Studien auch eine Erfassung des Leidensdrucks bei Bewegungen einbezogen werden, welcher eine psychogene Ursache für funktionelle Einschränkungen darstellen könnte, die nicht durch eine einmalige Untersuchung der maximalen Beweglichkeit entdeckt werden kann.

4.3.5 Subjektive Lebensqualität

Es konnte weder im Welch T Test noch via multipler linearer Regressionsanalyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen subjektiver Lebensqualität und Spondylodesenlänge ermittelt werden.

Dies kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass das subjektive Befinden der Patienten nach abgeschlossener Rehabilitationsbehandlung unabhängig von der Versorgungslänge ist. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die zugrundeliegende Methodik einer nicht

validierten Testung via numerischer Ratingskala mit einer großen Unsicherheit behaftet ist und eine wesentliche Aussagekraft des Ergebnisses fraglich ist.

Außerdem ist die einzeitige Befragung bei ambulanter Wiedervorstellung, zu der nicht alle Patienten ins BGKH zurückkehren eine entscheidende Limitation der Ergebnisse. Es könnten hier relevante Verzerrungen aufgetreten sein, die sich nicht mathematisch beheben lassen.

Um die Ergebnisse zu validieren, sollte eine prospektive Untersuchung mittels etablierten Lebensqualitätsfragebögen durchgeführt werden. Hierfür käme beispielsweise der WHOQOL-BREF infrage welcher bereits in anderen Studien zum Thema Querschnittslähmungen eingesetzt wurde und generell als reliables und valides Instrument, auch in Anwendung bei Querschnittgelähmten, gilt.(203–207)

Es lässt sich jedoch allgemein anhand der ermittelten Mittelwerte der einzelnen Dimensionen der Lebensqualität aussagen, dass die Patienten ihren physischen Zustand als durchschnittlich und im Welch T Test signifikant schlechter empfinden als ihren psychischen Zustand, welcher ebenfalls durch die Querschnittslähmung und ihre Konsequenzen beeinträchtigt wird und zum Beispiel zu Depressionen und Angststörungen führen kann.(208–210)

Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen von Kennedy et al. aus dem Jahr 2011, welche den WHOQOL-BREF auf ein Kollektiv querschnittgelähmter Patienten in Irland anwendeten und eine durchschnittlich schlechtere physische als psychische Lebensqualität ermittelten.(211)

4.3.6 Urologischer Status

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen urologischem Status und Spondylodesenlänge konnte nicht nachgewiesen werden.

Für diese Arbeit ist das funktionelle Outcome von entscheidender Bedeutung und somit das spontane Harnlassen beziehungsweise der intermittierende Selbstkatheterismus als besonders hochwertig anzusehen. Es wäre also anzunehmen, dass ein verbessertes funktionelles Outcome mit einem erhöhten Anteil an intermittierend selbstkatheterisierenden Patienten in der monosegmental versorgten Patientengruppe einhergeht. Grundsätzlich gilt, dass das spontane Harnlassen und der intermittierende Selbstkatheterismus im Gegensatz zu Dauerkathetern als deutlich vorteilhafter gegenüber

Alternativverfahren anzusehen ist, da es als die komplikationsärmste Methode betrachtet wird.(212)

Es sollte jedoch beachtet werden, dass ein Dauerkatheterismus oder eine chirurgische Intervention, insbesondere im zunehmendem Alter, mit einer erhöhten Lebensqualität gegenüber dem intermittierenden Selbstkatheterismus assoziiert ist.(213,214) Dies kann in Einzelfällen zu einer Umsetzung eines urologischen Managements führen, das auf die Bedürfnisse des Patienten, unabhängig von seinen funktionellen Fähigkeiten zurückzuführen ist. Dabei ist ein objektiv nachteiliges Verfahren, wie der transurethrale Dauerkatheter, einem inadäquat durchgeführten Alternativverfahren vorzuziehen, sollte der Patient sich inadhärent gegenüber entsprechenden Therapieansätzen zeigen, da eine verträgliche, soziale Reintegration immer das oberste Ziel sein sollte.(5,88,215)

Somit ist eine direkte Translation des urologischen Status in einen funktionellen Zustand nicht ohne Einschränkungen möglich.

Die unterschiedlichen Zeitpunkte der Statuserhebung bei den Patienten können zudem zu einer Verzerrung des Ergebnisses gegenüber einer Prävalenzaufnahme des Status über das gesamte Kollektiv zu einem einzelnen Zeitpunkt führen.

Die erhobenen Daten unterstützen die Hypothese eines negativen Zusammenhangs zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome zwar nicht, weisen aber auch nicht auf gegenteilige Effekte hin. Zum Zwecke der genaueren Analyse könnte eine prospektive Analyse des Verlaufs des urologischen Managements unter Einbeziehung patientenspezifischer Wünsche dienen.

4.3.7 Wohnsituation

Es konnte bereits an anderer Stelle gezeigt werden, dass wenige Barrieren in der häuslichen Umgebung Querschnittgelähmter zu einer verbesserten Teilhabe am sozialen Leben und Autonomie in der eigenen Häuslichkeit beitragen.(216) Entsprechend wird eine möglichst barrierearme Wohnsituation für die Patienten angestrebt und finanziell durch die Kostenträger unterstützt.

Die Wohnsituation der untersuchten Patienten unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den monosegmental und polysegmental versorgten Gruppen. Ein signifikant größerer Anteil an Patienten mit monosegmentaler Versorgung in regulärer Wohnsituation hätte als Hinweis auf einen großen Unterschied im funktionellen Outcome in Korrelation zur

Spondylodesenlänge bewertet werden können, da die geringere Notwendigkeit der Barrierearmut bestünde.

Die Subpopulationen, insbesondere der monosegmental versorgten Patientengruppe, sind sehr klein. Die im Pflegeheim, betreutem Wohnen und ähnlichen Wohnverhältnissen lebenden Patienten stechen mit gerade einmal vier Patienten ins Auge.

Aufgrund der in Abschnitt 2.6.3 beschriebenen Anforderungen an einen Chi Quadrat Test, welche hier nicht voll erfüllt sind, ist eine gewisse Unsicherheit des Ergebnisses nicht zu vermeiden.

Insgesamt ist die erhobene Unterscheidung der Wohnformen wahrscheinlich nicht ausreichend, um derart kleinteilig differenzierte Aussagen treffen zu können, wie sie notwendig wären, um Unterschiede abzubilden. Insbesondere die Gruppen, welche außerhalb der regelmäßigen Betreuung durch Fachkräfte wohnen, werden sehr unterschiedlich durch Angehörige wie Ehepartner oder Eltern unterstützt, die teilweise einen immensen pflegerischen Aufwand betreiben. Somit kann hier weniger Autonomie des Patienten angenommen werden. Dies kann durch die erfassten Kategorien nicht abgebildet werden.

Eine erweiterte Analyse sollte detaillierter auf die Hilfsmittelversorgung in der Häuslichkeit und Unterschiede hinsichtlich der pflegerischen und sozialen Unterstützung eingehen, da hier bereits positive und negative Einflüsse auf die langfristigen Ergebnisse der Patienten durch Labbé et al. beschrieben wurden.(217)

4.3.8 Erwerbsstatus

Beim Erwerbsstatus konnte im Chi Quadrat Unabhängigkeitstest ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zur Spondylodesenlänge nachgewiesen werden. Allerdings weisen die deskriptiven Daten auf einen möglichen Trend hin. Es ist auffällig, dass der relativ größere Anteil der Patienten mit monosegmentaler Versorgung arbeitsfähig ist und relativ weniger erwerbsunfähig.

Es ist bereits bekannt, dass es Faktoren wie das Alter bei Rückenmarksläsion gibt, welche negativ mit der Fähigkeit zur Wiederaufnahme der Arbeitstätigkeit korrelieren.(218) Da die beiden untersuchten Gruppen sich im Welch T Test jedoch nicht signifikant hinsichtlich des durchschnittlichen Alters unterscheiden, ist dieses als Störvariable zunächst nicht anzunehmen.

Es gilt zusätzlich zu berücksichtigen, dass Patienten, welche als arbeitsunfähig eingestuft wurden, zu dem Zeitpunkt der Erhebung nicht am Arbeitsleben teilnahmen, eine Rehabilitation der Arbeitsfähigkeit oder aber auch eine Erwerbsunfähigkeitsfeststellung jedoch ausstehen könnten, so dass diese Kategorie nicht abschließend im Sinne eines positiven oder negativen Outcomes bewertet werden kann.

Die Ergebnisse könnten trotz Insignifikanz als erster Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und Partizipation am Erwerbsleben betrachtet werden und eine weitere Untersuchung im Rahmen der Forschung der Rentenversicherungen wäre denkbar, um mögliche gesamtgesellschaftliche und wirtschaftlichen Konsequenzen zu bewerten.

4.4 Schlussfolgerung

Die ermittelten Ergebnisse weisen auf signifikante Zusammenhänge zwischen funktionellem Outcome und Spondylodesenlänge der Halswirbelsäule hin. In diesem Zusammenhang sollten Konsequenzen in Bezug auf die Primärversorgung und die Rehabilitation der Patienten getroffen werden.

In den derzeit gültigen S1 Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. zum Thema „Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule“ (Registrierungsnummer 012-032) und „Verletzungen der oberen Halswirbelsäule“ (Registrierungsnummer 012-011) werden die Standardoperationsverfahren und Indikationen beschrieben. Als mögliche Auswahlkriterien zum Ausmaß einer Spondylodese wird lediglich die nicht näher konkretisierte Verletzungsmorphologie genannt.(40,219) Es ergibt sich die Notwendigkeit der Aufnahme des rehabilitativen Outcomes der Patienten als Kriterium zur Wahl einer entsprechenden Versorgungsmethode. Anhand der hier gewonnenen Daten kann der Wirbelsäulenchirurg eine informierte Entscheidung über das Ausmaß der Konsequenzen seines Eingriffes treffen, welche sich nicht nur auf das unmittelbare Ergebnis und mögliche Instabilitäten beschränkt. Bisher konnte anhand der gegebenen Literatur nicht davon ausgegangen werden, dass eine verlängerte Spondylodese im Zweifel nachteilige Effekte hat.

Weitergehend ist es denkbar, die Rehabilitationsmaßnahmen adaptiert an die Länge der Spondylodesen anzupassen. Da es oft nicht möglich ist, eine kürzere Spondylodesenlänge zu wählen, weil das Verletzungsmuster der Patienten eine solche nicht zulässt, sollte für diese Patienten nach Möglichkeiten gesucht werden, konkrete Rehabilitationsmaßnahmen zur Lösung und Ausweichstrategien hinsichtlich der konkreten Problematiken, wie zum Beispiel der hier analysierten Freiheitsgrade, zu schaffen. Hierbei dürften die Ergotherapie und Physiotherapie als federführende Disziplinen gefragt sein.

5. Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigte sich mit der Frage nach einem signifikanten Zusammenhang zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome von Patienten mit Querschnittlähmungssyndrom in Folge von zervikalen Halswirbelsäulenverletzungen.

Zu diesem Zweck wurde ein Kollektiv von 199 Patienten im Alter zwischen 18 und 50 Jahren, welche im Zeitraum von 2003 bis 2018 im Querschnittgelähmtenzentrum des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg in Behandlung waren, untersucht. Es erfolgte eine Analyse verschiedener Aspekte. Insbesondere wurde ein Verlauf während der Rehabilitation anhand des Spinal Cord Independence Measure (II) und dem Ergotherapeutischen Assessment analysiert. Darüber hinaus wurden die Beweglichkeit der Halswirbelsäule und die subjektive Lebensqualität der Patienten ausgewertet. Ergänzend wurden Daten zum urologischen Management, zur Wohnsituation und zum Erwerbsstatus beurteilt. Eine Analyse erfolgte mittels multipler linearer Regressionsanalyse, Welch T Test und Chi Quadrat Unabhängigkeitstest. Die Umsetzung der Testverfahren erfolgte in der R basierten Software Jamovi und der Tabellenkalkulationslösung LibreOffice. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass für das Kollektiv der zervikal Querschnittgelähmten eine signifikante negative Korrelation zwischen Spondylodesenausmaß und funktionellem Outcome unter Berücksichtigung diverser Störvariablen besteht. Es konnten auch konkrete Einschränkungen, wie die Rotationsbeweglichkeit und Neigungsfähigkeit des Kopfes nach lateral, als konkrete Probleme in der Beweglichkeit, mit einer signifikanten Korrelation zur Länge nachgewiesen werden. Es konnte nicht gezeigt werden, dass eine signifikante Korrelation zur Lebensqualität, dem urologischen Status, der Wohnsituation oder dem Erwerbsstatus besteht. Positive Korrelationen zwischen Spondylodesenlänge und funktionellem Outcome wurden in keiner Untersuchung ermittelt. Insbesondere der verwendete Spinal Cord Independence Measure konnte als besonders gutes Instrument zur Beantwortung der Fragestellung eruiert werden und die signifikanten Ergebnisse der Analyse sind als besonders wertvoll hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit hervorzuheben.

Die Ergebnisse können aufgrund des nicht kontrollierten, nicht randomisierten Studiendesigns der Evidenzklasse III zugeordnet werden. Insgesamt ist das Kollektiv eines der größten seiner Art und die Ergebnisse legen den Grundstein für das bisher mangelhaft erforschte Feld des längerfristigen Outcomes zervikal Querschnittgelähmter.

6. Literaturverzeichnis

1. Hughes JT: The Edwin Smith Surgical Papyrus: an analysis of the first case reports of spinal cord injuries. *Spinal Cord* 1988; 26: 71–82.
2. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, u. a.: International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). *J Spinal Cord Med* 2011; 34: 535–46.
3. Grigoleit U, Pannek J: Urologische Rehabilitation Querschnittgelähmter. *Urologe* 2006; 45: 1549–58.
4. Lynch AC, Frizelle FA: Colorectal motility and defecation after spinal cord injury in humans. *Prog Brain Res* 2006; 152: 335–43.
5. Taweel WA, Seyam R: Neurogenic bladder in spinal cord injury patients. *Res Rep Urol* 2015; 7: 85–99.
6. Hamid R, Averbeck MA, Chiang H, u. a.: Epidemiology and pathophysiology of neurogenic bladder after spinal cord injury. *World J Urol* 2018; 36: 1517–27.
7. Karlsson AK: Autonomic dysreflexia. *Spinal Cord* 1999; 37: 383–91.
8. Eldahan KC, Rabchevsky AG: Autonomic Dysreflexia after Spinal Cord Injury: Systemic Pathophysiology and Methods of Management. *Auton Neurosci* 2018; 209: 59–70.
9. Vallès M, Benito J, Portell E, Vidal J: Cerebral hemorrhage due to autonomic dysreflexia in a spinal cord injury patient. *Spinal Cord* 2005; 43: 738–40.
10. Courtois F, Alexander M, McLain AB (Jackson): Women’s Sexual Health and Reproductive Function After SCI. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2017; 23: 20–30.
11. Krassioukov A, Elliott S: Neural Control and Physiology of Sexual Function: Effect of Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2017; 23: 1–10.

12. Aikman K, Oliffe JL, Kelly MT, McCuaig F: Sexual Health in Men With Traumatic Spinal Cord Injuries: A Review and Recommendations for Primary Health-Care Providers. *Am J Mens Health* 2018; 12: 2044–54.
13. Norrbrink Budh C, Lund I, Hultling C, u. a.: Gender related differences in pain in spinal cord injured individuals. *Spinal Cord* 2003; 41: 122–8.
14. Jensen MP, Chodroff MJ, Dworkin RH: The impact of neuropathic pain on health-related quality of life: review and implications. *Neurology* 2007; 68: 1178–82.
15. Shiao R, Lee-Kubli CA: Neuropathic Pain After Spinal Cord Injury: Challenges and Research Perspectives. *Neurotherapeutics* 2018; 15: 635–53.
16. Rekand T, Hagen EM, Grønning M: Spasticity following spinal cord injury. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2012; 132: 970–3.
17. Holtz KA, Lipson R, Noonan VK, Kwon BK, Mills PB: Prevalence and Effect of Problematic Spasticity After Traumatic Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2017; 98: 1132–8.
18. Tibbett J, Widerström-Noga EG, Thomas CK, Field-Fote EC: Impact of spasticity on transfers and activities of daily living in individuals with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2019; 42: 318–27.
19. Oo T, Watt JWH, Soni BM, Sett PK: Delayed diaphragm recovery in 12 patients after high cervical spinal cord injury. A retrospective review of the diaphragm status of 107 patients ventilated after acute spinal cord injury. *Spinal Cord* 1999; 37: 117–22.
20. Jackson AB, Groomes TE: Incidence of respiratory complications following Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 270–5.
21. Shem K, Castillo K, Wong S, Chang J: Dysphagia in individuals with tetraplegia: incidence and risk factors. *J Spinal Cord Med* 2011; 34: 85–92.
22. Ramczykowski T, Grüning S, Gurr A, u. a.: Aspirationspneumonie nach HWS-Verletzung. *Unfallchirurg* 2012; 115: 427–32.

23. Rettig H, Oest O, Eichler J: Wirbelsäulen - Fibel. 2., neubearb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 1997.
24. Hohmann D, Uhlig R: 3.4 Wirbelsäulenbeweglichkeit. In: Orthopädische Technik 9., überarbeitete und neu gestaltete Auflage. Georg Thieme Verlag 2005.
25. Liu XZ, Xu XM, Hu R, u. a.: Neuronal and Glial Apoptosis after Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurosci* 1997; 17: 5395–406.
26. Carlson SL, Parrish ME, Springer JE, Doty K, Dossett L: Acute Inflammatory Response in Spinal Cord Following Impact Injury. *Exp Neurol* 1998; 151: 77–88.
27. Emery E, Aldana P, Bunge MB, u. a.: Apoptosis after traumatic human spinal cord injury. *J Neurosurg* 1998; 89: 911–20.
28. Lou J, Lenke LG, Ludwig FJ, O'Brien MF: Apoptosis as a mechanism of neuronal cell death following acute experimental spinal cord injury. *Spinal Cord* 1998; 36: 683–90.
29. Byrnes KR, Stoica BA, Fricke S, Di Giovanni S, Faden AI: Cell cycle activation contributes to post-mitotic cell death and secondary damage after spinal cord injury. *Brain* 2007; 130: 2977–92.
30. Zhang N, Yin Y, Xu S-J, Wu Y-P, Chen W-S: Inflammation & apoptosis in spinal cord injury. *Indian J Med Res* 2012; 135: 287–96.
31. Atkinson PP, Atkinson JL: Spinal shock. *Mayo Clin Proc* 1996; 71: 384–9.
32. Popa C, Popa F, Grigorean V, u. a.: Vascular dysfunctions following spinal cord injury. *J Med Life* 2010; 3: 275–85.
33. Barnes R: Paraplegia in cervical spine injuries. *J Bone Joint Surg Br* 1948; 30B: 234–44.
34. Ulrich C, Bühren V: Verletzungen der Halswirbelsäule. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2006; 1: 415–41.
35. Gehweiler JA, Duff DE, Martinez S, Miller MD, Clark WM: Fractures of the atlas vertebra. *Skeletal Radiol* 1976; 1: 97–102.

36. Kakarla UK, Chang SW, Theodore N, Sonntag VKH: Atlas fractures. *Neurosurgery* 2010; 66: 60–7.
37. Papadopoulos SM, Selden NR, Quint DJ, Patel N, Gillespie B, Grube S: Immediate Spinal Cord Decompression for Cervical Spinal Cord Injury: Feasibility and Outcome. *J Trauma* 2002; 52: 323–32.
38. Furlan JC, Noonan V, Cadotte DW, Fehlings MG: Timing of Decompressive Surgery of Spinal Cord after Traumatic Spinal Cord Injury: An Evidence-Based Examination of Pre-Clinical and Clinical Studies. *J Neurotrauma* 2011; 28: 1371–99.
39. Piazza M, Schuster J: Timing of Surgery After Spinal Cord Injury. *Neurosurg Clin N Am* 2017; 28: 31–9.
40. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: AWMF-Leitlinie Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule. 2017. awmf.org/leitlinien/detail/ll/012-032.html (zugegriffen 22. November 2020)
41. Kim CW, Perry A, Garfin SR: Spinal Instability: The Orthopedic Approach. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005; 09: 77–87.
42. Hall AJ, Mackay NNS: The results of laminectomy for compression of the cord or cauda equina by extradural malignant tumour. *J Bone Joint Surg Br* 1973; 55-B: 497–505.
43. Sherman RM, Waddell JP: Laminectomy for metastatic epidural spinal cord tumors. Posterior stabilization, radiotherapy, and preoperative assessment. *Clin Orthop Relat Res* 1986; : 55–63.
44. Komotar RJ, Mocco J, Kaiser MG: Surgical management of cervical myelopathy: indications and techniques for laminectomy and fusion. *Spine J* 2006; 6: S252–67.
45. Bruneau M, Cornelius JF, George B: Multilevel Oblique Corpectomies: Surgical Indications and Technique. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2007; 61: ONS-106-ONS-112.

46. Schleicher P, Scholz M, Kandziora F, u. a.: Therapieempfehlungen zur Versorgung von Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule. *Z Orthop Unfall* 2017; 155: 556–66.
47. Hee HT, Majd ME, Holt RT, Whitecloud, Pienkowski D: Complications of Multilevel Cervical Corpectomies and Reconstruction With Titanium Cages and Anterior Plating. *J Spinal Disord Tech* 2003; 16: 1–8.
48. Acosta FLJ, Aryan HE, Chou D, Ames CP: Long-term Biomechanical Stability and Clinical Improvement After Extended Multilevel Corpectomy and Circumferential Reconstruction of the Cervical Spine Using Titanium Mesh Cages. *J Spinal Disord Tech* 2008; 21: 165–74.
49. Sciubba DM, Chaichana KL, Woodworth GF, McGirt MJ, Gokaslan ZL, Jallo GI: Factors associated with cervical instability requiring fusion after cervical laminectomy for intradural tumor resection. *J Neurosurg Spine* 2008; 8: 413–9.
50. Mayer M, Meier O, Auffarth A, Koller H: Cervical laminectomy and instrumented lateral mass fusion: techniques, pearls and pitfalls. *Eur Spine J* 2015; 24: 168–85.
51. Mann DC, Braner BW, Keene JS, Levin AB: Anterior plating of unstable cervical spine fractures. *Spinal Cord* 1990; 28: 564–72.
52. Huhn SL, Wolf AL, Ecklund J: Posterior spinal osteosynthesis for cervical fracture/dislocation using a flexible multistrand cable system: technical note. *Neurosurgery* 1991; 29: 943–6.
53. Ebraheim NA, Rupp RE, Savolaine ER, Brown JA: Posterior plating of the cervical spine. *J Spinal Disord* 1995; 8: 111–5.
54. Barnes B, Haid RW, Rodts GE, Subach BR, Kaiser M: Early results using the Atlantis anterior cervical plate system. *Neurosurg Focus* 2002; 12: E13.
55. Rickert M, Rauschmann M, Fleege C, Behrbalk E, Harms J: Interkorporelle Fusionsverfahren an der Wirbelsäule. *Orthopade* 2015; 44: 103.

56. Agrillo U, Mastronardi L, Puzzilli F: Anterior cervical fusion with carbon fiber cage containing coralline hydroxyapatite: preliminary observations in 45 consecutive cases of soft-disc herniation. *J Neurosurg* 2002; 96: 273–6.
57. Nemoto O, Asazuma T, Yato Y, Imabayashi H, Yasuoka H, Fujikawa A: Comparison of fusion rates following transforaminal lumbar interbody fusion using polyetheretherketone cages or titanium cages with transpedicular instrumentation. *Eur Spine J* 2014; 23: 2150–5.
58. Jain S, Eltorai AEM, Ruttiman R, Daniels AH: Advances in Spinal Interbody Cages. *Orthop Surg* 2016; 8: 278–84.
59. Chen Y, Chen H, Cao P, Yuan W: Anterior cervical interbody fusion with the Zero-P spacer: mid-term results of two-level fusion. *Eur Spine J* 2015; 24: 1666–72.
60. Kuhns CA, Harris JA, Hussain MM, Muzumdar A, Bucklen BS, Khalil S: Evaluation of Two Novel Integrated Stand-Alone Spacer Designs Compared with Anterior and Anterior-Posterior Single-Level Lumbar Fusion Techniques: An In Vitro Biomechanical Investigation. *Asian Spine J* 2017; 11: 854–62.
61. Bühren V: Erste Erfahrungen mit der endoskopischen Versorgung von Wirbelsäulenfrakturen mit Knochenspan und Platte. *Trauma Berufskrankh* 2000; 2: S19–22.
62. Rihn JA, Kirkpatrick K, Albert TJ: Graft options in posterolateral and posterior interbody lumbar fusion. *Spine* 2010; 35: 1629–39.
63. Radcliff K, Hwang R, Hilibrand A, u. a.: The effect of iliac crest autograft on the outcome of fusion in the setting of degenerative spondylolisthesis: a subgroup analysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94: 1685–92.
64. Grob D, Dvorak J, Panjabi M, Froehlich M, Hayek J: Posterior occipitocervical fusion. A preliminary report of a new technique. *Spine* 1991; 16: S17-24.

65. Lee S-C, Chen J-F, Lee S-T: Clinical experience with rigid occipitocervical fusion in the management of traumatic upper cervical spinal instability. *J Clin Neurosci* 2006; 13: 193–8.
66. Hu Y, Yuan Z, Kepler CK, Dong W, Sun X, Zhang J: Comparison of occipitocervical and atlantoaxial fusion in treatment of unstable Jefferson fractures. *Indian J Orthop* 2017; 51: 28–35.
67. Tang C, Li GZ, Kang M, Liao YH, Tang Q, Zhong DJ: Revision surgery after rod breakage in a patient with occipitocervical fusion. *Medicine (Baltimore)* 2018; 97: e0441.
68. Witwer BP, Trost GR: Cervical spondylosis: ventral or dorsal surgery. *Neurosurgery* 2007; 60: S130-136.
69. Schären S: Luxationsfraktur untere HWS – ventral beginnen! *Die Wirbelsäule* 2018; 02: 48–53.
70. Schultz KD, McLaughlin MR, Haid RW, Comey CH, Rodts GE, Alexander J: Single-stage anterior-posterior decompression and stabilization for complex cervical spine disorders. *J Neurosurg* 2000; 93: 214–21.
71. Asher AL, Devin CJ, Kerezoudis P, et al.: Comparison of Outcomes Following Anterior vs Posterior Fusion Surgery for Patients With Degenerative Cervical Myelopathy: An Analysis From Quality Outcomes Database. *Neurosurgery* 2019; 84: 919–26.
72. Lin G-X, Rui G, Sharma S, Kotheeranurak V, Suen T-K, Kim J-S: Does the Neck Pain, Function, or Range of Motion Differ After Anterior Cervical Fusion, Cervical Disc Replacement, and Posterior Cervical Foraminotomy? *World Neurosurg* 2019; 129: e485–93.
73. Mazas S, Benzakour A, Castelain J-E, Damade C, Ghailane S, Gille O: Cervical disc herniation: which surgery? *Int Orthop* 2019; 43: 761–6.

74. Fredø HL, Rizvi SAM, Rezai M, Rønning P, Lied B, Helseth E: Complications and long-term outcomes after open surgery for traumatic subaxial cervical spine fractures: a consecutive series of 303 patients. *BMC Surg* 2016; 16: 56.
75. Hofler RC, Swong K, Martin B, Wemhoff M, Jones GA: Risk of Pseudoarthrosis After Spinal Fusion: Analysis From the Healthcare Cost and Utilization Project. *World Neurosurg* 2018; 120: e194–202.
76. Yi S, Kim KN, Yang MS, u. a.: Difference in occurrence of heterotopic ossification according to prosthesis type in the cervical artificial disc replacement. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35: 1556–61.
77. Tu T-H, Wu J-C, Huang W-C, u. a.: Heterotopic ossification after cervical total disc replacement: determination by CT and effects on clinical outcomes. *J Neurosurg Spine* 2011; 14: 457–65.
78. Wu J-C, Huang W-C, Tsai H-W, u. a.: Differences between 1- and 2-level cervical arthroplasty: more heterotopic ossification in 2-level disc replacement: Clinical article. *J Neurosurg Spine* 2012; 16: 594–600.
79. Park S, Lee D-H, Ha J-K, u. a.: How Does Screw Migration or Fracture After Anterior Cervical Plate Fixation Affect the Radiographic and Clinical Outcomes? *Clin Spine Surg* 2019; 32: 398–402.
80. Murphy M: Traumatic Spinal Cord Injury: An Acute Care Rehabilitation Perspective. *Crit Care Nurs Q* 1999; 22: 51–9.
81. Sumida M, Fujimoto M, Tokuhiko A, Tominaga T, Magara A, Uchida R: Early rehabilitation effect for traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 391–5.
82. Scivoletto G, Morganti B, Molinari M: Early versus delayed inpatient spinal cord injury rehabilitation: An Italian study. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 512–6.
83. Sigurdson E, Tørhaug T: Ryggmargsskade og tarmfunksjon. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2012; 132: 1107–10.

84. Coggrave M, Norton C, Cody JD: Management of faecal incontinence and constipation in adults with central neurological diseases. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; : CD002115.
85. Call MS, Kutcher ME, Izenberg RA, Singh T, Cohen MJ: Spinal Cord Injury: Outcomes of Ventilatory Weaning and Extubation. *J Trauma Acute Care Surg* 2011; 71: 1673–9.
86. Hirschfeld S: Beatmung bei Querschnittlähmung. In: Groß M (Hrsg.): *Neurologische Beatmungsmedizin: Auf der Intensivstation, in der Frührehabilitation, im Schlaflabor, zu Hause* Berlin, Heidelberg: Springer 2020; 247–60.
87. Liu C-W, Huang C-C, Yang Y-H, Chen S-C, Weng M-C, Huang M-H: Relationship between neurogenic bowel dysfunction and health-related quality of life in persons with spinal cord injury. *J Rehabil Med* 2009; 41: 35–40.
88. Romo PGB, Smith CP, Cox A, u. a.: Non-surgical urologic management of neurogenic bladder after spinal cord injury. *World J Urol* 2018; 36: 1555–68.
89. Wu CQ, Franco I: Management of vesicoureteral reflux in neurogenic bladder. *Investig Clin Urol* 2017; 58: S54–8.
90. Putzke JD, Richards JS, Hicken BL, DeVivo MJ: Interference due to pain following spinal cord injury: important predictors and impact on quality of life. *Pain* 2002; 100: 231–42.
91. Sandrow-Feinberg HR, Houlé JD: Exercise after Spinal Cord Injury as an Agent for Neuroprotection, Regeneration and Rehabilitation. *Brain Res* 2015; 1619: 12–21.
92. Gómara-Toldrà N, Sliwinski M, Dijkers MP: Physical therapy after spinal cord injury: A systematic review of treatments focused on participation. *J Spinal Cord Med* 2014; 37: 371–9.
93. Richarz P, Gugel C: Auf einmal ist alles anders! – Zur Rolle der klinischen Sport und Bewegungstherapie bei Querschnittlähmung. *B&G Bewegungstherapie und Gesundheitssport* 2009; 25: 206–9.

94. Sargant C, Braun MA: Occupational therapy management of the acute spinal cord-injured patient. *Am J Occup Ther* 1986; 40: 333–7.
95. Römer U: Ergotherapie bei Querschnittlähmung. *Trauma Berufskrankh* 2008; 10: 411–5.
96. Milby AH, Halpern CH, Guo W, Stein SC: Prevalence of cervical spinal injury in trauma. *Neurosurg Focus* 2008; 25: E10.
97. Hoefler C, Lefering R, Traumaregister DGU: Annual Report 2019 - TraumaRegister DGU® for the time period 2018. 2019 Nov.
98. Bickenbach J, Officer A, Shakespeare T, von Groote P, Organization WH, Society TISC: A global picture of spinal cord injury. In: *International perspectives on spinal cord injury* World Health Organization 2013; 13–41.
99. Exner G: Der Arbeitskreis „Querschnittlähmungen“ des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften in Deutschland. *Trauma Berufskrankh* 2004; 6: 147–51.
100. Stephan K, Huber S, Häberle S, u. a.: Spinal cord injury--incidence, prognosis, and outcome: an analysis of the TraumaRegister DGU. *Spine J* 2015; 15: 1994–2001.
101. Bohlman HH: Acute fractures and dislocations of the cervical spine. An analysis of three hundred hospitalized patients and review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 1979; 61: 1119–42.
102. Ryan MD, Henderson JJ: The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury* 1992; 23: 38–40.
103. Goldberg W, Mueller C, Panacek E, u. a.: Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Ann Emerg Med* 2001; 38: 17–21.
104. Lowery DW, Wald MM, Browne BJ, u. a.: Epidemiology of cervical spine injury victims. *Ann Emerg Med* 2001; 38: 12–6.
105. Clayton JL, Harris MB, Weintraub SL, u. a.: Risk factors for cervical spine injury. *Injury* 2012; 43: 431–5.

106. Fredø HL, Rizvi SAM, Lied B, Rønning P, Helseth E: The epidemiology of traumatic cervical spine fractures: a prospective population study from Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012; 20: 85.
107. Schoenfeld AJ, Sielski B, Rivera KP, Bader JO, Harris MB: Epidemiology of cervical spine fractures in the US military. *Spine J* 2012; 12: 777–83.
108. Nijendijk JH, Post MW, van Asbeck FW: Epidemiology of traumatic spinal cord injuries in the Netherlands in 2010. *Spinal Cord* 2014; 52: 258–63.
109. Bárbara-Bataller E, Méndez-Suárez JL, Alemán-Sánchez C, Sánchez-Enríquez J, Sosa-Henríquez M: Change in the profile of traumatic spinal cord injury over 15 years in Spain. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2018; 26: 27.
110. Smith E, Fitzpatrick P, Murtagh J, Lyons F, Morris S, Synnott K: Epidemiology of Traumatic Spinal Cord Injury in Ireland, 2010–2015. *Neuroepidemiology* 2018; 51: 19–24.
111. Halvorsen A, Pettersen AL, Nilsen SM, Halle KK, Schaanning EE, Rekan T: Epidemiology of traumatic spinal cord injury in Norway in 2012–2016: a registry-based cross-sectional study. *Spinal Cord* 2019; 57: 331–8.
112. Smith É, Fitzpatrick P, Lyons F, Morris S, Synnott K: Prospective epidemiological update on traumatic spinal cord injury in Ireland. *Spinal Cord Ser Cases* 2019; 5: 1–4.
113. Holzapfel BM: Langzeitergebnisse nach ein- und mehrsegmentalen Spondylodesen der Lendenwirbelsäule mit Pedikelschrauben. [München]: Ludwig-Maximilians-Universität zu München 2008.
114. OPS-2020 5-836 Spondylodese. icd-code.de/ops/code/5-836.html (zugegriffen 18. August 2020)
115. Penrod LE, Hegde SK, Ditunno JF: Age effect on prognosis for functional recovery in acute, traumatic central cord syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 963–8.
116. Burns SP, Golding DG, Rolle WA, Graziani V, Ditunno JF: Recovery of ambulation in motor-incomplete tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78: 1169–72.

117. Scivoletto G, Morganti B, Ditunno P, Ditunno JF, Molinari M: Effects on age on spinal cord lesion patients' rehabilitation. *Spinal Cord* 2003; 41: 457–64.
118. Diener H-C: Querschnittlähmung. In: Weimar C (Hrsg.): Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie 5. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2012; 878–86.
119. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, u. a.: The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Spinal Cord* 1969; 7: 179–92.
120. Kirshblum S, Waring W: Updates for the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2014; 25: 505–17, vii.
121. Roberts TT, Leonard GR, Cepela DJ: Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale. *Clin Orthop Relat Res* 2017; 475: 1499–504.
122. van Middendorp JJ, Goss B, Urquhart S, Atresh S, Williams RP, Schuetz M: Diagnosis and Prognosis of Traumatic Spinal Cord Injury. *Global Spine J* 2011; 1: 1–8.
123. Clifton GL, Donovan WH, Dimitrijevic MM, u. a.: Omental transposition in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord* 1996; 34: 193–203.
124. Mulcahey MJ, Gaughan J, Betz RR, Vogel LC: Rater agreement on the ISCSCI motor and sensory scores obtained before and after formal training in testing technique. *J Spinal Cord Med* 2007; 30 Suppl 1: S146-149.
125. Savic G, Bergström EMK, Frankel HL, Jamous MA, Jones PW: Inter-rater reliability of motor and sensory examinations performed according to American Spinal Injury Association standards. *Spinal Cord* 2007; 45: 444–51.
126. Marino RJ, Jones L, Kirshblum S, Tal J, Dasgupta A: Reliability and Repeatability of the Motor and Sensory Examination of the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. *J Spinal Cord Med* 2008; 31: 166–70.

127. Vogel L, Samdani A, Chafetz R, Gaughan J, Betz R, Mulcahey MJ: Intra-rater agreement of the anorectal exam and classification of injury severity in children with spinal cord injury. *Spinal Cord* 2009; 47: 687–91.
128. Furlan JC, Noonan V, Singh A, Fehlings MG: Assessment of Impairment in Patients with Acute Traumatic Spinal Cord Injury: A Systematic Review of the Literature. *J Neurotrauma* 2011; 28: 1445–77.
129. Mulcahey MJ, Gaughan JP, Chafetz RS, Vogel LC, Samdani AF, Betz RR: Interrater reliability of the international standards for neurological classification of spinal cord injury in youths with chronic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; 92: 1264–9.
130. Catz A, Itzkovich M, Agranov E, Ring H, Tamir A: SCIM--spinal cord independence measure: a new disability scale for patients with spinal cord lesions. *Spinal Cord* 1997; 35: 850–6.
131. Catz A, Itzkovich M, Steinberg F, u. a.: The Catz-Itzkovich SCIM: a revised version of the Spinal Cord Independence Measure. *Disabil Rehabil* 2001; 23: 263–8.
132. Itzkovich M, Tripolski M, Zeilig G, u. a.: Rasch analysis of the Catz-Itzkovich spinal cord independence measure. *Spinal Cord* 2002; 40: 396–407.
133. Itzkovich M, Tamir A, Philo O, u. a.: Reliability of the Catz-Itzkovich Spinal Cord Independence Measure assessment by interview and comparison with observation. *Am J Phys Med Rehabil* 2003; 82: 267–72.
134. Catz A, Itzkovich M, Tesio L, u. a.: A multicenter international study on the Spinal Cord Independence Measure, version III: Rasch psychometric validation. *Spinal Cord* 2007; 45: 275–91.
135. Catz A, Itzkovich M, Agranov E, Ring H, Tamir A: The spinal cord independence measure (SCIM): sensitivity to functional changes in subgroups of spinal cord lesion patients. *Spinal Cord* 2001; 39: 97–100.
136. Catz A, Itzkovich M, Tamir A, u. a.: SCIM--spinal cord independence measure (version II): sensitivity to functional changes. *Harefuah* 2002; 141: 1025–31, 1091.

137. van Hedel HJA, EMSCI Study Group: Gait speed in relation to categories of functional ambulation after spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 343–50.
138. Wirz M, Müller R, Bastiaenen C: Falls in persons with spinal cord injury: validity and reliability of the Berg Balance Scale. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24: 70–7.
139. Kiesinger A, Voigt-Radloff S: Das Ergotherapeutische Assessment. *Ergotherapie & Rehabilitation* 1996; 7: 647–51.
140. Voigt-Radloff S, Schochat T, Heiss H: Das Ergotherapeutische Assessment - Praktische Anwendung und Implementierung. *Ergotherapie & Rehabilitation* 2002; : 5–8.
141. Schochat T, Voigt-Radloff S, Heiss HW: Psychometrische Testung des Ergotherapeutischen Assessments. *Gesundheitswesen* 2002; 64: 343–53.
142. Voigt-Radloff S, Kiesinger A, Schochat T: Das Ergotherapeutische Assessment: Implementierung in der Routine. *Rehabilitation (Stuttg)* 2003; 42: 16–21.
143. Leonhart R, Akkad H, Seume C, Häußermann H, Voigt-Radloff S: Die Domain Arbeitsrelevante Basisaktivitäten im Ergotherapeutischen Assessment: Feldversuch zu psychometrischen Eigenschaften, Praktikabilität, Akzeptanz und Prozessqualität. *ergoscience* 2006; 1: 26–35.
144. Akkad H, Seume C: Strukturiert planen und dokumentieren - Das Ergotherapeutische Assessment (EA). *Ergotherapie & Rehabilitation* 2015; 54: 21–7.
145. Schipper H, Levitt M: Measuring quality of life: risks and benefits. *Cancer Treat Rep* 1985; 69: 1115–25.
146. Wiklund I: Measuring quality of life in medicine. *Scand J Prim Health Care Suppl* 1990; 1: 11–4.
147. Mosteller F, Falotico-Taylor J: Assessing Quality of Life: Measures and Utility. *Quality of Life and Technology Assessment: Monograph of the Council on Health Care Technology*. National Academies Press (US) 1989.

148. Grunberg SM, Groshen S, Steingass S, Zaretsky S, Meyerowitz B: Comparison of conditional quality of life terminology and visual analogue scale measurements. *Qual Life Res* 1996; 5: 65–72.
149. Mosconi P, Apolone G, Mingardi G: Quality of life assessment and instruments in end-stage renal disease. *J Nephrol* 2008; 21 Suppl 13: S107-112.
150. Bulamu NB, Kaambwa B, Ratcliffe J: A systematic review of instruments for measuring outcomes in economic evaluation within aged care. *Health Qual Life Outcomes* 2015; 13: 179.
151. Strada L, Vanderplasschen W, Buchholz A, u. a.: Measuring quality of life in opioid-dependent people: a systematic review of assessment instruments. *Qual Life Res* 2017; 26: 3187–200.
152. Pollo CF, Meneguín S, Miot HA: Evaluation Instruments for Quality of Life Related to Melasma: An Integrative Review. *Clinics (Sao Paulo)* 2018; 73: e65.
153. Pannek J, Kullik B: Does optimizing bladder management equal optimizing quality of life? Correlation between health-related quality of life and urodynamic parameters in patients with spinal cord lesions. *Urology* 2009; 74: 263–6.
154. Kreydin E, Welk B, Chung D, u. a.: Surveillance and management of urologic complications after spinal cord injury. *World J Urol* 2018; 36: 1545–53.
155. Ku JH: The management of neurogenic bladder and quality of life in spinal cord injury. *BJU Int* 2006; 98: 739–45.
156. Böthig R, Burgdörfer H: Die Bedeutung des Katheterismus in der Neurourologie. *Der Urologe* 2012; 51: 204–11.
157. Deutschsprachige Medizinische Gesellschaft für Paraplegiologie e.V.: AWMF-Leitlinie Neuro-urologische Versorgung querschnittgelähmter Patienten. 2016. awmf.org/leitlinien/detail/ll/179-001.html (zugegriffen 17. August 2020)
158. Smith CP, Chancellor MB: Botulinum Toxin to Treat Neurogenic Bladder. *Semin Neurol* 2016; 36: 5–9.

159. § 4 BGG - Einzelnorm. gesetze-im-internet.de/bgg/__4.html (zugegriffen 7. Oktober 2020)
160. Richtlinien des Bundesausschusses der Ärzte und Krankenkassen über die Beurteilung der Arbeitsunfähigkeit und die Maßnahmen zur stufenweisen Wiedereingliederung („Arbeitsunfähigkeits-Richtlinien“). Bundesarbeitsblatt 1991; : S. 30.
161. Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Beurteilung der Arbeitsunfähigkeit und die Maßnahmen zur stufenweisen Wiedereingliederung (Arbeitsunfähigkeits-Richtlinien) nach § 92 Abs. 1 Satz 2 Nr. 7 SGB V. Bundesanzeiger 2004; : S. 6501.
162. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Beurteilung der Arbeitsunfähigkeit und die Maßnahmen zur stufenweisen Wiedereingliederung nach § 92 Abs. 1 Satz 2 Nr. 7 SGB V (Arbeitsunfähigkeits-Richtlinie). Bundesanzeiger. bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?7 (zugegriffen 8. Oktober 2020)
163. § 43 SGB 6 - Einzelnorm. gesetze-im-internet.de/sgb_6/__43.html (zugegriffen 8. Oktober 2020)
164. Ruxton G: The Unequal Variance T-Test is an Underused Alternative to Student's T-Test and the Mann-Whitney U Test. *Behav Ecol* 2006; 17: 688–90.
165. Kubinger KD, Rasch D, Moder K: Zur Legende der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben. *Psychologische Rundschau* 2009; 60: 26–7.
166. Cohen J: *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2. Aufl. Hillsdale, N.J: Taylor & Francis Ltd. 1988.
167. Schneider A, Hommel G, Blettner M: Linear regression analysis: part 14 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int* 2010; 107: 776–82.
168. Harrell FE, Lee KL, Mark DB: Multivariable prognostic models: issues in developing models, evaluating assumptions and adequacy, and measuring and reducing errors. *Stat Med* 1996; 15: 361–87.

169. O'Brien RM: A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Qual Quant* 2007; 41: 673–90.
170. McHugh ML: The Chi-square test of independence. *Biochem Med (Zagreb)* 2013; 23: 143–9.
171. Howick J, Chalmers I, Glasziou P, u. a.: *The Oxford 2011 Levels of Evidence*. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. e. <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653> (zugegriffen 12. Dezember 2020)
172. Holland PW, Rubin DB: *Causal Inference in Retrospective Studies*. ETS Research Report Series 1987; 1987: 203–31.
173. Awad T, Elqazaz M: Cervical Spine Injuries in Fayed Resort: Shallow Water Accidents. *The Egyptian Spine Journal* 2014; 12: 15–20.
174. Steinbrück K, Paeslack V: Analysis of 139 spinal cord injuries due to accidents in water sports. *Spinal Cord* 1980; 18: 86–93.
175. Aito S, D'Andrea M, Werhagen L: Spinal cord injuries due to diving accidents. *Spinal Cord* 2005; 43: 109–16.
176. Chan-Seng E, Perrin FE, Segnarbieux F, Lonjon N: Cervical spine injuries from diving accident: A 10-year retrospective descriptive study on 64 patients. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2013; 99: 607–13.
177. Greenwald BD, Seel RT, Cifu DX, Shah AN: Gender-related differences in acute rehabilitation lengths of stay, charges, and functional outcomes for a matched sample with spinal cord injury: A multicenter investigation. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 1181–7.
178. Scivoletto G, Morganti B, Molinari M: Sex-related differences of rehabilitation outcomes of spinal cord lesion patients: *Clin Rehabil* 2016; .
179. Anderson KD, Acuff ME, Arp BG, u. a.: United States (US) multi-center study to assess the validity and reliability of the Spinal Cord Independence Measure (SCIM III). *Spinal Cord* 2011; 49: 880–5.

180. Gerner HJ: Die Querschnittlähmung: Erstversorgung, Behandlungsstrategien, Rehabilitation. 1. Aufl. Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verlag 1992.
181. Raiser JS: Komplikationen während der Primärrehabilitation von Querschnittgelähmten. [Tübingen]: Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen 2004.
182. Kirshblum S, Millis S, McKinley W, Tulsky D: Late neurologic recovery after traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1811–7.
183. Scivoletto G, Glass C, Anderson KD, u. a.: An international age- and gender-controlled model for the Spinal Cord Injury Ability Realization Measurement Index (SCI-ARMI). *Neurorehabil Neural Repair* 2015; 29: 25–32.
184. Scivoletto G, Tamburella F, Laurenza L, Molinari M: Distribution-based estimates of clinically significant changes in the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury motor and sensory scores. *Eur J Phys Rehabil Med* 2013; 49: 373–84.
185. Wu X, Liu J, Tanadini LG, u. a.: Challenges for defining minimal clinically important difference (MCID) after spinal cord injury. *Spinal Cord* 2015; 53: 84–91.
186. Marino RJ, Ditunno JF, Donovan WH, Maynard F: Neurologic recovery after traumatic spinal cord injury: data from the model spinal cord injury systems. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 1391–6.
187. Bravo P, Labarta C, Alcaraz MA, Mendoza J, Verdú A: An assessment of factors affecting neurological recovery after spinal cord injury with vertebral fracture. *Spinal Cord* 1996; 34: 164–6.
188. Al-Habib AF, Attabib N, Ball J, Bajammal S, Casha S, Hurlbert RJ: Clinical Predictors of Recovery after Blunt Spinal Cord Trauma: Systematic Review. *J Neurotrauma* 2011; 28: 1431–43.
189. Beckerman H, Roebroek ME, Lankhorst GJ, Becher JG, Bezemer PD, Verbeek ALM: Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual Life Res* 2001; 10: 571–8.


190. Catz A, Itzkovich M, Steinberg F, u. a.: Disability assessment by a single rater or a team: a comparative study with the Catz-Itzkovich spinal cord independence measure. *J Rehabil Med* 2002; 34: 226–30.
191. Ronen J, Itzkovich M, Bluvshstein V, u. a.: Length of stay in hospital following spinal cord lesions in Israel. *Spinal Cord* 2004; 42: 353–8.
192. Aidinoff E, Front L, Itzkovich M, u. a.: Expected spinal cord independence measure, third version, scores for various neurological levels after complete spinal cord lesions. *Spinal Cord* 2011; 49: 893–6.
193. Scivoletto G, Tamburella F, Laurenza L, Molinari M: The spinal cord independence measure: how much change is clinically significant for spinal cord injury subjects. *Disabil Rehabil* 2013; 35: 1808–13.
194. Itzkovich M, Shefler H, Front L, u. a.: SCIM III (Spinal Cord Independence Measure version III): reliability of assessment by interview and comparison with assessment by observation. *Spinal Cord* 2018; 56: 46–51.
195. Maxwell SE: Sample size and multiple regression analysis. *Psychol Methods* 2000; 5: 434–58.
196. Lehnguth R: Assessment: Ergotherapeutisches Assessment – Der Allrounder für die Erwachsenenreha. *ergopraxis* 2010; 3: 28–9.
197. Takeuchi K, Yokoyama T, Numasawa T, u. a.: Fixed Neck Position in Multilevel Cervical Posterior Decompression and Fusion to Reduce Postoperative Disturbances of Cervical Spine Function. *Spine Surg Relat Res* 2018; 2: 253–62.
198. Wolan-Nieroda A, Maciejczak A, Przysada G, u. a.: Assessment of cervical range of motion in patients after axis fracture. *Neurol Neurochir Pol* 2018; 52: 334–40.
199. Scholz M, Pingel A, Schleicher P, Kandziora F: Verletzungen der Halswirbelsäule: ventrale Spondylodesetechniken. *OP-JOURNAL* 2018; 34: 138–50.
200. Beutler WJ, Sweeney CA, Connolly PJ: Recurrent laryngeal nerve injury with anterior cervical spine surgery risk with laterality of surgical approach. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001; 26: 1337–42.

201. Kilburg C, Sullivan HG, Mathiason MA: Effect of approach side during anterior cervical discectomy and fusion on the incidence of recurrent laryngeal nerve injury. *J Neurosurg Spine* 2006; 4: 273–7.
202. Pencle FJR, Seale JA, Benny A, Salomon S, Simela A, Chin KR: Option for transverse midline incision and other factors that determine patient’s decision to have cervical spine surgery. *J Orthop* 2018; 15: 615–9.
203. Skevington SM, Lotfy M, O’Connell KA, WHOQOL Group: The World Health Organization’s WHOQOL-BREF quality of life assessment: psychometric properties and results of the international field trial. A report from the WHOQOL group. *Qual Life Res* 2004; 13: 299–310.
204. Burke D, Lennon O, Fullen BM: Quality of life after spinal cord injury: The impact of pain. *Eur J Pain* 2018; 22: 1662–72.
205. Rofi’i AYAB, Maria R, Masfuri null: Quality of life after spinal cord injury: An overview. *Enferm Clin* 2019; 29 Suppl 2: 1–4.
206. Salvador-De La Barrera S, Mora-Boga R, Ferreiro-Velasco ME, u. a.: A validity study of the Spanish-World Health Organization Quality of Life short version instrument in persons with traumatic spinal cord injury. *Spinal Cord* 2018; 56: 971–9.
207. Boakye M, Leigh BC, Skelly AC: Quality of life in persons with spinal cord injury: comparisons with other populations. *J Neurosurg Spine* 2012; 17: 29–37.
208. Orbaan IJ: Psychological adjustment problems in people with traumatic spinal cord lesions. *Acta Neurochir (Wien)* 1986; 79: 58–61.
209. Judd FK, Brown DJ, Burrows GD: Depression, disease and disability: application to patients with traumatic spinal cord injury. *Spinal Cord* 1991; 29: 91–6.
210. Craig AR, Hancock KM, Dickson HG: A longitudinal investigation into anxiety and depression in the first 2 years following a spinal cord injury. *Spinal Cord* 1994; 32: 675–9.
211. Kennedy P, Nolan M, Smithson E: Psychological adjustment to spinal cord injury in Ireland: quality of life, appraisals and coping. *Ir J Psychol* 2011; 32: 116–29.


212. Weld KJ, Dmochowski RR: Effect of bladder management on urological complications in spinal cord injured patients. *J Urol* 2000; 163: 768–72.
213. Adriaansen JJE, van Asbeck FWA, Tepper M, u. a.: Bladder-emptying methods, neurogenic lower urinary tract dysfunction and impact on quality of life in people with long-term spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2017; 40: 43–53.
214. Myers JB, Lenherr SM, Stoffel JT, u. a.: Patient Reported Bladder Related Symptoms and Quality of Life after Spinal Cord Injury with Different Bladder Management Strategies. *J Urol* 2019; 202: 574–84.
215. Samson G, Cardenas DD: Neurogenic bladder in spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2007; 18: 255–74, vi.
216. Norin L, Slaug B, Haak M, Jörgensen S, Lexell J, Iwarsson S: Housing accessibility and its associations with participation among older adults living with long-standing spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2017; 40: 230–40.
217. Labbé D, Jutras S, Jutras D: Housing priorities of persons with a spinal cord injury and their household members. *Disabil Rehabil* 2016; 38: 1716–29.
218. Hug K, Hummel B, Rinaldo C, Saleh C, Lochmann H, Hund-Georgiadis M: Arbeitstätigkeit nach einer Rückenmarksläsion – Daten aus dem Ambulatorium einer paraplegiologischen Rehabilitationsklinik. *Rehabilitation (Stuttg)* 2020; 59: 87–94.
219. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: AWMF-Leitlinie Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. 2018. awmf.org/leitlinien/detail/ll/012-011.html (zugegriffen 22. November 2020)

7. Anhänge

Erfassungsbogen der ASIA Impairment Scale



INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)



Patient Name _____ Date/Time of Exam _____

Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

UER (Upper Extremity Right)

- Elbow flexors C5
- Wrist extensors C6
- Elbow extensors C7
- Finger flexors C8
- Finger abductors (palm finger) T1

LER (Lower Extremity Right)

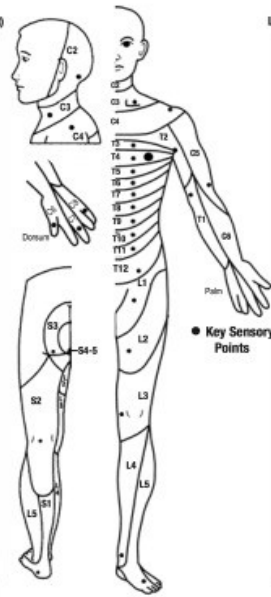
- Hip flexors L2
- Knee extensors L3
- Ankle dorsiflexors L4
- Long toe extensors L5
- Ankle plantar flexors S1

(VAC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No)

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

C2		
C3		
C4		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
S2		
S3		
S4-5		



● Key Sensory Points

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (LTR) Pin Prick (PPL)

C2		
C3		
C4		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
S2		
S3		
S4-5		

MOTOR KEY MUSCLES

UEL (Upper Extremity Left)

- Elbow flexors C5
- Wrist extensors C6
- Elbow extensors C7
- Finger flexors C8
- Finger abductors (palm finger) T1

MOTOR (SCORING ON REVERSE SIDE)

0 = total paralysis
 1 = palpable or visible contraction
 2 = active movement, gravity eliminated
 3 = active movement, against gravity
 4 = active movement, against some resistance
 5 = active movement, against full resistance
 NT = normal corrected for pain/disease
 NT = not testable

SENSORY (SCORING ON REVERSE SIDE)

0 = absent
 1 = altered
 2 = normal
 NT = not testable

LER (Lower Extremity Left)

- Hip flexors L2
- Knee extensors L3
- Ankle dorsiflexors L4
- Long toe extensors L5
- Ankle plantar flexors S1

(DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)

RIGHT TOTALS (MAXIMUM)

UER + UEL = UEMS TOTAL (50)

LER + LEL = LEMS TOTAL (25)

SENSORY SUBSCORES

LTR + LTL = LT TOTAL (56)

PPR + PPL = PP TOTAL (56)

NEUROLOGICAL LEVELS

Step 1-5 for classification as on reverse

1. SENSORY R L

2. MOTOR R L

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE?

Incomplete = Any sensory or motor function in S4-5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS)

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION

(On complete injuries only)

Most caudal level with any innervation

SENSORY R L

MOTOR R L

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. REV 11/15

Quelle: Roberts TT, Leonard GR, Cepela DJ. *Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale*. Clin Orthop Relat Res. 2017;475(5):1499-1504. doi:10.1007/s11999-016-5133-4

Zentrumsinterner Erfassungsbogen des Spinal Cord Independence Measure (II) – Seite 1

Patient: _____

Fall Nr.:

--	--	--

Datum:

--	--	--	--	--	--

Punkte

I. Funktionaler Status (SCIM)

1. Selbstversorgung

- **Essen/Trinken** (schneiden, Verpackungen öffnen, Essen zum Mund bringen, Tasse/Becher mit Flüssigkeit halten, Halm anziehen muss nicht s/s mögl. sein) (Pfleger)

- | | | |
|---|---|---|
| 0 | parenteral, Gastrostoma oder Eingeben durch Hilfsperson | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 1 | essen zerschnittener Nahrung mit mehreren Hilfsmitteln, Becher halten nicht möglich | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 2 | essen zerschnittener Nahrung mit nur 1 Hilfsmittel, hält angepassten Becher | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 3 | essen zerschnittener Nahrung ohne Hilfsmittel, hält normalen Becher/Tasse, Hilfe beim Verpackungen öffnen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 4 | selbstständig ohne Hilfsmittel | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

- **Waschen** (Wasserhahn bedienen, waschen) (Pfleger)

Oberkörper

- | | | |
|---|---|---|
| 0 | unselbstständig in allen Bereichen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 1 | teilweise hilfsbedürftig (auch wenn nur an- oder ausziehen mögl.) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 2 | wäscht sich selbstständig mit Hilfsmittel oder in angepasstem Umfeld (auch s/s im Bett, mit Waschschißel) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 3 | selbstständig ohne Hilfsmittel, kein angepasstes Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

Unterkörper

- | | | |
|---|--|---|
| 0 | unselbstständig in allen Bereichen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 1 | teilweise hilfsbedürftig | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 2 | wäscht sich selbstständig mit Hilfsmittel oder in angepasstem Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 3 | selbstständig ohne Hilfsmittel, kein angepasstes Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

- **An-/Ausziehen** (Pfleger)

Oberkörper

- | | | |
|---|--|---|
| 0 | unselbstständig in allen Bereichen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 1 | teilweise hilfsbedürftig | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 2 | an-/ausziehen selbstständig mit Hilfsmittel oder in angepasstem Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 3 | selbstständig ohne Hilfsmittel, kein angepasstes Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

Unterkörper

- | | | |
|---|--|---|
| 0 | unselbstständig in allen Bereichen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 1 | teilweise hilfsbedürftig | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 2 | an-/ausziehen selbstständig mit Hilfsmittel oder in angepasstem Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 3 | selbstständig ohne Hilfsmittel, kein angepasstes Umfeld | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

- **Gesichtspflege** (Gesicht und Hände waschen, rasieren, Zähne putzen, kämmen, schminken) (Pfleger)

- | | | |
|---|---|---|
| 0 | unselbstständig in allen Bereichen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 1 | nur in 1 Bereich selbstständig | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 2 | in einigen Bereichen selbstständig mit Hilfsmittel, gebraucht Hilfsmittel mit Hilfe | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 3 | in allen Bereichen selbstständig mit Hilfsmittel, gebraucht Hilfsmittel selbstständig | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| 4 | selbstständig in allen Bereichen ohne Hilfsmittel | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

2. Atmung und Sphinkterkontrolle

- **Atmung** (Pfleger)

- | | | |
|------|--|---|
| 0 | Dauer-Beatmung | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 2 | Tracheostoma und maschinelle Atemhilfe (Teilbeatmung) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 4 | Spontanatmung, benötigt aber viel Hilfe im Umgang mit Tracheostoma | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 6 | Spontanatmung, wenig Hilfe im Umgang mit Tracheostoma | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 8 | kein Tubus/Tracheostoma, aber teilweise mechanische Unterstützung beim Atmen | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 10 | selbstständiges Atmen ohne Hilfsmittel | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

- **Blasenkontrolle** (Pfleger)

- | | | |
|------|--|---|
| 0 | Dauerkatheter (transurethral/suprapubisch) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 4 | (F)IK oder spontanes Wasserlassen mit Restharn > 100ml | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 8 | Restharn < 100ml, braucht Hilfe beim S(I)K | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 12 | S(I)K selbstständig | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 15 | spontanes Wasserlassen, Restharn < 100ml | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

- **Darmkontrolle** (Pfleger)

- | | | |
|------|--|---|
| 0 | unregelmäßige, zeitl. nicht kontroll. od. sehr seltene Darmtätigkeit (weniger als 1x/3 Tage) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 5 | regelmäßige, zeitl. kontrollierte Darmtätigkeit, aber benötigt Hilfe (z.B. Zäpfchen einführen), seltenes Einstuhlen (weniger als 1x/Monat) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
| ! 10 | regelmäßige, zeitl. kontrollierte Darmtätigkeit ohne Hilfe, seltenes Einstuhlen (weniger als 1x/Monat) | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |

Quelle: Querschnittgelähmtenzentrum des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg

Zentrumsinterner Erfassungsbogen des Spinal Cord Independence Measure (II) – Seite 2

	- Toilettenhygiene	(Pflege)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	ausziehen Unterkörper selbstständig, sonst Hilfe in allen Bereichen notwendig	
2	ausziehen Unterkörper selbstständig, säubern teilweise selbstständig, Anziehen und Gebrauch von Einlagen mit Hilfe	
3	ausziehen und säubern selbstständig, Hilfe beim Anziehen und Gebrauch von Einlagen	
4	selbstständig in allen Bereichen, aber Hilfsmittel oder angepasstes Umfeld	
5	selbstständig ohne Hilfsmittel	
	3. Mobilität	
	- Bettmobilität, Dekubitusprophylaxe	(Pflege)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	teilweise bettmobil (kann s. nur unvollständig auf eine Seite drehen, braucht Lagerungshilfe)	
2	kann sich auf beide Seiten drehen, keine vollständige Entlastung, braucht Lagerungshilfe	
3	kann sich nur im Liegen selbstständig druckentlasten	
4	selbstständiges Drehen und Aufsitzen im Bett	
5	vollständige Bettmobilität, aber kann im Sitzen Gesäß nicht vollständig von der Unterlage anheben	
6	kann im Sitzen Gesäß vollständig von der Unterlage anheben	
	- Transfer Bett – Rollstuhl (Bremsen, Fußstützen und Armlehnen handhaben, transferieren, Beinhandlung)	(Ergotherapie)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	benötigt wenig Hilfe und/oder Supervision	
2	selbstständig	
	- Transfer Rollstuhl – WC - Dusche	(Ergotherapie)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	benötigt wenig Hilfe und/oder Supervision, oder Hilfsmittel (z.B. Handgriffe)	
2	selbstständig	
	- Transfer Rollstuhl – Auto (zum Auto fahren, Bremsen einstellen, Arm- und Fußstützen bedienen, Transfer, Rollstuhl ein- und ausladen)	(Ergotherapie)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	benötigt Hilfe und/oder Supervision und/oder Hilfsmittel	
2	selbstständig mit Hilfsmitteln	
3	selbstständig ohne Hilfsmittel	
	- kurze Distanzen im Haus	(Physiotherapie)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	Elektrollstuhl oder benötigt teilweise Hilfe beim Bedienen eines Aktivrollstuhls	
2	selbstständig mit Aktivrollstuhl	
3	braucht Supervision beim gehen (mit oder ohne Hilfsmittel)	
4	geht am Gehgestell oder Unterarmstöcken (Schwunggang)	
5	geht an Unterarmstöcken oder zwei Gehstöcken (reziprokes Gehen)	
6	geht an 1 Gehstock	
7	benötigt nur Beinorthese	
8	gehen ohne Hilfsmittel	
	- mittlere Distanzen (10 – 100 m)	(Physiotherapie)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	Elektrollstuhl oder benötigt teilweise Hilfe beim Bedienen eines Aktivrollstuhls	
2	selbstständig mit Aktivrollstuhl	
3	braucht Supervision beim gehen (mit oder ohne Hilfsmittel)	
4	geht am Gehgestell oder Unterarmstöcken (Schwunggang)	
5	geht an Unterarmstöcken oder zwei Gehstöcken (reziprokes Gehen)	
6	geht an 1 Gehstock	
7	benötigt nur Beinorthese	
8	gehen ohne Hilfsmittel	
	- Distanzen über 100 m außerhaus	(Physiotherapie)
0	unselbstständig in allen Bereichen	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	Elektrollstuhl oder benötigt teilweise Hilfe beim Bedienen eines Aktivrollstuhls	
2	selbstständig mit Aktivrollstuhl	
3	braucht Supervision beim gehen (mit oder ohne Hilfsmittel)	
4	geht am Gehgestell oder Unterarmstöcken (Schwunggang)	
5	geht an Unterarmstöcken oder zwei Gehstöcken (reziprokes Gehen)	
6	geht an 1 Gehstock	
7	benötigt nur Beinorthese	
8	gehen ohne Hilfsmittel	
	- Treppensteigen (Fußgänger, auf und abwärts)	(Physiotherapie)
0	Treppensteigen nicht möglich	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
1	Überwindet mindestens 3 Stufen mit Hilfe oder Supervision	
2	Überwindet mindestens 3 Stufen am Handlauf, mit Unterarm- oder Gehstock	
3	Überwindet mindestens 3 Stufen ohne Hilfe oder Supervision	
SUMME		<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>

Quelle: Querschnittgelähmtenzentrum des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg

Musterbogen zur Erfassung des Ergotherapeutischen Assessments - Seite 1

Ergotherapeutisches Assessment[©]	
Patientenstammdaten (Name, Geschlecht, geb., Alter, Tel.)	Ärztliche Diagnosen
	führende Diagnose:
	Nebendiagnosen:
Ausgangslage seitens des Patienten / der Patientin und seines / ihres Umfeldes	
1. Familiäre, berufliche und sonstige soziale Situation, incl. Unterstützungsmöglichkeit durch Angehörige	
2. Krankengeschichte und medizinische Zusatzinformation (z. B. Medikation)	
3. bisherige Therapie/Hilfe durch professionelle Dienste oder Privatpersonen	
4. Wohnraum und Wohnumfeld	
5. Kommunikationsfähigkeit (Sprach- oder Sprechstörung, mangelnde Sprachkenntnisse, Schwerhörigkeit, Stummheit, verändertes Kommunikationsverhalten)	
6. Visus (Defizite basaler Sehleistung: z.B. Sehschärfe, Kontrastsehen, Fusionsfähigkeit, Okulomotorik), Geschmacks- und Geruchssinn	
7. Interessen, Gewohnheiten, Werte und prägende Erlebnisse des Patienten / der Patientin	

© entwickelt in Kooperation von ZGGF und der AG "Ergo-Ass" und in Abstimmung mit dem DVE und Vertretern der Rehabilitationswissenschaft

Quelle: ergoas.de/downloads.html (Zugriff am 22.11.2020) – Mit freundlicher Genehmigung durch Dr. Sebastian Voigt-Radloff

Musterbogen zur Erfassung des Ergotherapeutischen Assessments - Seite 2

Datum der Erstbeurteilung Datum der Zweitbeurteilung

1. Kompensationsmittel (Hilfsmittel / Schienen / Prothesen / Anpassung der Wohn- oder Arbeitssituation)

Erstbeurteilung	(Bitte Kompensationsmittel auflisten)	Zweitbeurteilung
	I Kompensationsmittel, die sinnvoll genutzt werden	
	II Kompensationsmittel, die in der Erprobung sind oder noch organisiert werden müssen	
	III Vorhandene Kompensationsmittel, die nicht sinnvoll genutzt werden	

Legende für die nachfolgende Beurteilung des Patienten / der Patientin

- I** = keine Einschränkungen bei Alltagsaktivitäten im individuellem, vertrauten und nicht vertrauten Umfeld
- II** = leichte, selbständig kompensierbare Einschränkungen bei Alltagsaktivitäten im individuellen vertrauten Umfeld
- III** = erbringt aufgrund deutlicher Einschränkungen Teilleistungen bei Alltagsaktivitäten im individuellen vertrauten Umfeld, benötigt eine Hilfsperson
- IV** = erbringt aufgrund massiver Einschränkungen keine relevanten Teilleistungen bei Alltagsaktivitäten im individuellen vertrauten Umfeld
- N** = Funktion ist für die Ergotherapie derzeit **nicht** beurteilbar
- Z** = Zielbereiche der Behandlung, d.h. bedeutsam und durch Ergotherapie voraussichtlich positiv zu beeinflussen
- V** = Veränderungen zwischen Erst- und Zweitbeurteilung

2. Aktivitäten zur körperlichen Selbstversorgung

nicht relevant

Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung						Zweitbeurteilung					V	
		I	II	III	IV	N		I	II	III	IV	N		
							1	Umsetzen						
							2	Toilettenbenutzung						
							3	Tägliche Hygiene						
							4	Baden/ Duschen						
							5	An- / Ausziehen oben						
							6	An- / Ausziehen unten						
							7	Trinken						
							8	Essen						
							9	Beweglichkeit im Haus						

3. Aktivitäten zur eigenständigen Lebensführung

nicht relevant

Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung						Zweitbeurteilung					V	
		I	II	III	IV	N		I	II	III	IV	N		
							1	Telekommunikation						
							2	Medikamenteneinnahme						
							3	Schreiben						
							4	Lesen						
							5	Umgang mit Zahlen						
							6	Geld-Haushalt						
							7	Mobilität außer Haus						
							8	Einkaufen						
							9	Mahlzeiten zubereiten						
							10	Haushalt führen						

Quelle: ergoas.de/downloads.html (Zugriff am 22.11.2020) – Mit freundlicher Genehmigung durch Dr. Sebastian Voigt-Radloff

Musterbogen zur Erfassung des Ergotherapeutischen Assessments - Seite 3

4. Alltagsrelevante Folgen sensomotorischer Funktionen

linkshändig rechtshändig, Bemerkungen zur Händigkeit:

nicht relevant

Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung						Zweitbeurteilung					Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	V					
		I	II	III	IV	N		I	II	III	IV	N							
							1												
							2												
							3												
							4												
							5												
							6												
							7												
							8												
							9												
							10												
							11												
							12												
							13												
							14												

5. Alltagsrelevante Folgen neuropsychologisch-kognitiver Funktionen

nicht relevant

Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung						Zweitbeurteilung					Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	V					
		I	II	III	IV	N		I	II	III	IV	N							
							1												
							2												
							3												
							4												
							5												
							6												
							7												
							8												
							9												
							10												

6. Alltagsrelevante Folgen psychosozialer Funktionen

nicht relevant

Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung						Zweitbeurteilung					Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	V					
		I	II	III	IV	N		I	II	III	IV	N							
							1												
							2												
							3												
							4												
							5												
							6												
							7												

Quelle: ergoas.de/downloads.html (Zugriff am 22.11.2020) – Mit freundlicher Genehmigung durch Dr. Sebastian Voigt-Radloff

Musterbogen zur Erfassung des Ergotherapeutischen Assessments – Seite 4

7. Arbeitsrelevante Basisaktivitäten nicht relevant

Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung				Beurteilungs- umfeld	Zweitbeurteilung				V		
		I	II	III	IV		N	I	II	III		IV	N
								1					
					2								
					3								
					4								
					5								
					6								
					7								
					8								
					9								
					10								

8. Aktivitäten zur Freizeitgestaltung und Erholung nicht relevant

Individuelle Beschreibung der Aktivitäten											
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
Z	Kommentare oder Begründung für Nicht-Beurteilung des gesamten Bereiches	Erstbeurteilung				Aktivitäten	Zweitbeurteilung				V
		I	II	III	IV		N	I	II	III	

Quelle: ergoas.de/downloads.html (Zugriff am 22.11.2020) – Mit freundlicher Genehmigung durch Dr. Sebastian Voigt-Radloff

Musterbogen zur Erfassung des Ergotherapeutischen Assessments - Seite 5

Zusammenfassung

Ziele des Patienten / der Patientin (nach Erstbeurteilung):

Abgestimmte (im Team, mit Patienten / Patientin und Angehörigen) ergotherapeutische Ziele (nach Erstbeurteilung):

Ergebnis (nach Zweitbeurteilung):

Empfehlungen (nach Zweitbeurteilung):

Statistik

Durchschnittliche Behandlungsintensität	Zeitaufwand in Stunden (auf halbe Stunden gerundet)	
<input type="checkbox"/> mehr als 5 x pro Woche	Versorgung mit Kompensationsmitteln	aus der Summe als Hausbesuche geleistete Stunden: <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> 3 - 5 mal pro Woche	Angehörigenberatung	
<input type="checkbox"/> weniger als 3 mal pro Woche	Dokumentation, Wegezeit u.ä.	
<input type="checkbox"/> vorwiegend Einzel	Zeit am Patienten	
<input type="checkbox"/> vorwiegend Gruppe	Summe	

Quelle: ergoas.de/downloads.html (Zugriff am 22.11.2020) – Mit freundlicher Genehmigung durch Dr. Sebastian Voigt-Radloff

Zentrumsinterner Erfassungsbogen bei der ambulanten Wiedervorstellung

Name:

Untersuchungsdatum:

Kraftgrade (5 = Normalwert)			
		rechts	links
C5	Ellenbogenbeuger		
C6	Handgelenkstrecker		
C7	Ellenbogenstrecker		
C8	Fingerbeuger		
D1	Fingerabspreizer		
L2	Hüftbeuger		
L3	Kniestrecker		
L4	Fußheber		
L5	Großzehenstrecker		
S1	Fußsenker		

HWS - BEWEGLICHKEIT:

SCIM:

In- / Reklination (max. 40- 0 – 60):

Seitneigung re / li (max. 45 – 0 - 45):

Rotation re / li (max. 70 – 0 - 70):

Beruf:

Wohnsituation:

Erwerbsunfähig:

Barrierefrei zuhause:

Arbeitsunfähig:

Nicht barrierefrei zuhause:

Arbeitsfähig Vollzeit:

Heim / Betreute Wohnsituation:

Urologie:

Quality of life (0-10):

SK:

Allgemein:

FK:

Physisch:

DK:

Psychisch:

SPK:

Sonstiges:

Sonstiges:

Quelle: Querschnittgelähmtenzentrum des Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg

Erweiterte Auswertungen des Egrotherapeutischen Assessments

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	-1,023	0,383	0,012	-1,802	-0,244
Alter bei Aufnahme	0,013	0,006	0,039	6,947e-4	0,026
Läsionshöhe	0,030	0,045	0,514	-0,062	0,122
Erstbeurteilung	0,635	0,088	<0,001	0,457	0,813
Versorgungslänge	-0,095	0,055	0,097	-0,208	0,018

$R^2=0,644$; korrigiertes $R^2 = 0,600$; $F(4,33) = 14,90$, $p = <0,001$

Lineare Regressionsanalyse der EA Werte in der Subkategorie Alltagsrelevante Folgen psychosozialer Funktionen– Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein positives B ist klinisch positiv zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	-0,288	0,581	0,623	-1,467	0,891
Alter bei Aufnahme	-4,097e-5	0,006	0,995	-0,013	0,013
Läsionshöhe	0,017	0,054	0,753	-0,092	0,126
Erstbeurteilung	0,405	0,110	<0,001	0,183	0,628
Versorgungslänge	-0,067	0,059	0,268	-0,187	0,054

$R^2 = 0,326$; korrigiertes $R^2 = 0,251$; $F(4,36) = 4,35$, $p = 0,006$

Lineare Regressionsanalyse der EA Werte in der Subkategorie Alltagsrelevante Folgen sensomotorischer Funktionen– Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein positives B ist klinisch positiv zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	-0,956	0,649	0,149	-2,272	0,360
Alter bei Aufnahme	0,012	0,009	0,171	-0,005	0,030
Läsionshöhe	0,069	0,068	0,319	-0,070	0,208
Erstbeurteilung	0,525	0,080	<0,001	0,315	0,736
Versorgungslänge	-0,148	0,080	0,072	0,014	-1,855

$R^2 = 0,454$; korrigiertes $R^2 = 0,393$; $F(4,36) = 7,48$, $p = <0,001$

Lineare Regressionsanalyse der EA Werte in der Subkategorie Aktivitäten zur eigenständigen Lebensführung – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein positives B ist klinisch positiv zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

Variable	B	Standardfehler	p-Wert	95 % Konfidenzintervall	
				Unten	Oben
Interceptkonstante	-1,038	0,248	<0,001	-1,544	-0,531
Alter bei Aufnahme	0,004	0,004	0,278	-0,003	0,012
Läsionshöhe	-0,002	0,029	0,950	-0,062	0,058
Erstbeurteilung	0,852	0,062	<0,001	0,724	0,979
Versorgungslänge	-0,022	0,031	0,490	-0,086	0,042

$R^2 = 0,858$; korrigiertes $R^2 = 0,839$; $F(4,31) = 46,75$, $p = <0,001$

Lineare Regressionsanalyse der EA Werte in der Subkategorie Alltagsrelevante Folgen neuropsychologisch-kognitiver Funktionen – Darstellung aller berücksichtigten Variablen. B stellt den jeweiligen unstandardisierten Regressionskoeffizienten dar. Die entsprechenden Werte sind nur gemeinsam gültig und können nicht alleinstehend weiterverwendet werden. Ein positives B ist klinisch positiv zu bewerten. Alle Werte sind gerundet.

8. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Professor Doctor medicinae habitatus Roland Thietje für die Überlassung des Themas und die verlässliche Unterstützung im gesamten Entstehungsprozess dieser Arbeit.

Außerdem danke ich den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Querschnittgelähmtenzentrums, die mir einen Einblick in ihre Arbeit ermöglichten und mir stets fachliche Unterstützung boten.

Schließlich möchte ich meiner Frau für ihre fortwährende Unterstützung und Geduld danken - ohne sie würde es diese Arbeit nicht geben.

9. Lebenslauf

Name Yannick Niklas Rau
Geburtsdatum 25.10.1998
Geburtsort Lübeck

Ausbildung

2017 - 2023 Abgeschlossenes Medizinstudium an der
Universität zu Lübeck
2017 Abitur am Johanneum zu Lübeck

Wissenschaftliche Leistungen

2020 - 2023 Promotion und wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Querschnittgelähmtenzentrum des
Berufsgenossenschaftlichen Klinikums Hamburg

Aus der Dissertation resultierende Veröffentlichungen und Kongressbeiträge

Oktober 2023 Kongressbeitrag EUROSPINE Annual Meeting 2023 „The
relation between spinal fusion length and functional outcome
of patients with traumatic cervical spinal cord injury“

Dezember 2022 Originalartikel in ergoscience 17(4):142-149 „Das
Ergotherapeutische Assessment als Möglichkeit zur
Ermittlung prädiktiver Parameter des
Rehabilitationserfolgs bei Patient*innen mit zervikaler
Querschnittlähmung – eine retrospektive Kohortenstudie“

Oktober 2022 Originalartikel im Journal of Clinical Medicine 11(19):5867
„The Correlation between Cervical Fusion Length and
Functional Outcomes in Patients with Traumatic Spinal Cord
Damage—A Registry-Based Cohort Study“

Juni 2022 Kongressbeitrag bei der 35. Jahrestagung der DMGP „V
07 Der Zusammenhang zwischen Spondylodese­länge der
Halswirbelsäule und dem funktionellen Rehabilitationserfolg
von Patienten mit Querschnittlähmung“

Berufserfahrung

November 2022 – Oktober 2023

Praktisches Jahr (Wahlfach Orthopädie und Unfallchirurgie)

August 2021 – Januar 2023

Studentische Hilfskraft im Bereitschaftsdienst der Klinik für Chirurgie des UKSH Campus Lübeck

März – Juli 2020

Disponententätigkeit in der medizinischen Leitstelle der KVSH