

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MED. DR. BIOL. HOM. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Atlanto-axiale Rotationssubluxation (AARS) im Kindesalter - Diagnostik,
Therapie und Langzeitergebnisse aus manualmedizinischer Sicht**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Annegret Schwerdtner

2019

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	PD Dr. Florian Baumann
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Jürgen Schlaier
Tag der mündlichen Prüfung:	28.11.2019

Meiner Familie und meinen Eltern gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Material und Methoden.....	19
2.1	Studiendesign	19
2.2	Studienablauf.....	19
2.2.1	Aktenauswertung.....	19
2.2.2	Klassifizierung nach Fielding und Hawkins.....	20
2.3	Behandlung der AARS.....	22
2.3.1	Basistherapie und konservative Behandlung.....	22
2.3.2	Operative Behandlung	23
2.4	Nachuntersuchung.....	25
2.4.1	Anamnese	25
2.4.2	Klinische Untersuchung	26
2.4.2.1	Fragebögen	28
3	Ergebnisse	31
3.1	Patientengut.....	31
3.2	Diagnostik.....	35
3.3	Klassifikation nach Fielding.....	38
3.4	Therapie.....	40
3.4.1	Chronischer Verlauf.....	42
3.5	Nachuntersuchung.....	44
3.5.1	Anamnese	44
3.5.2	Klinische Nachuntersuchung	44
3.5.2.1	Bewegungsprüfung.....	45
3.5.3	Manualmedizinische Nachuntersuchung der oberen HWS.....	48
3.5.4	Fragebögen	52
3.5.4.1	Pediatric Quality of Life Inventory	52

3.5.4.2	Spine Tango COMI Fragebogen.....	53
4	Diskussion.....	54
5	Zusammenfassung.....	82
6	Literaturverzeichnis.....	84
7	Abbildungsverzeichnis.....	97
8	Tabellenverzeichnis.....	98
9	Danksagung.....	99

1 Einleitung

Der kindliche Schiefhals (Torticollis) ist ein häufiges klinisches Erscheinungsbild im Wachstumsalter. Meist verläuft er selbstlimitierend und unkompliziert (Schwarz et al. 2000). Es existieren jedoch auch komplizierte und nicht selbstlimitierende Formen des kindlichen Schiefhalses (Fielding und Hawkins 1977).

Der Torticollis wurde schon im Altertum als eine besondere Haltung des Kopfes beschrieben und bezeichnet eine unwillentliche Schiefhaltung des Kopfes mit unterschiedlicher Ausprägung. Er ist kein Kennzeichen einer spezifischen Diagnose, sondern seine Ursachen sind vielfältig. Der Torticollis wird eingeteilt in eine angeborene, muskuläre Form des Schiefhalses und eine erworbene (nicht muskuläre) Form des Schiefhalses (Ballock und Song 1996; Thiemel und Hipp 2003; Ozuah 2001; Sarwark 2010). Kennzeichen für den meist beschriebenen angeborenen muskulären Torticollis sind: Strukturelle Veränderungen in Form einer Verkürzung mit fibrösen Umbauten des M. sternocleidomastoideus, die bei Nichtbehandlung zu einer Muskelkontraktur des M. sternocleidomastoideus und daraus folgender Gesichtsymmetrie mit Schulterschiefstand führt (Ballock und Song 1996). Ätiologisch werden neben genetischen Faktoren auch intrauterine Ischämien, die in der Folge zu einem Kompartmentsyndrom der Halsmuskulatur führen, diskutiert (Thiemel und Hipp 2003). Vielfältige Erkrankungen können zu dem klinischen Erscheinungsbild des erworbenen Torticollis führen. Wichtig differentialdiagnostisch abzuklären sind vor allem entzündliche Prozesse (z.B. Meningitis, Tumore, neurologische Erkrankungen und Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises (juvenile Arthritis).

Die Atanto-axiale Rotationssubluxation (AARS) gehört zu den erworbenen Ursachen für einen Schiefhals (nicht muskulärer Torticollis). Nicht muskulär, hat hierbei die Bedeutung, dass keine strukturelle muskuläre Gewebeveränderung vorliegt. Kennzeichnend ist eine Störung der muskulären Spannung, insbesondere des M. sternocleidomastoideus. Nicht alle Patienten präsentieren sofort das Vollbild einer AARS mit Nackenschmerzen und Fehlhaltung. Einige Autoren gehen von einem Prozess aus, in dem sich die Fehlstellung von Atlas und Axis zunehmend entwickelt (Lohse-Busch und Riedel 2002; Wang et al. 2016). Das Auftreten eines Schiefhalses im Zusammenhang mit Infektionen, wird nach dem Namensgeber Pierre Grisel,

Grisel-Syndrom oder als entzündliche Atlantoaxiale Rotations- Subluxation (AARS) bezeichnet (Grisel 1930; Fielding und Hawkins 1977).

Erste Fallberichte zum komplizierten kindlichen Schiefhals stammen aus dem Jahr 1830. Sir Charles Bell beschrieb eine nicht-traumatische Rotations-Subluxation des ersten und zweiten Halswirbels. Dazu untersuchte Bell den Leichnam eines an Syphilis erkrankten Patienten und fand Infektionsherde im Pharynx und eine spinale zervikale Einengung, die ursächlich für den Tod des Patienten waren (Bell 1830). Eine weitere ausführliche Fallbeschreibung und Verlaufsbeobachtung erfolgte durch A. Wittek 1908. Ihm war ein Junge im Alter von 11 Jahren aufgefallen, der einen zunehmenden Schiefhals entwickelte bei einer Periostitis am linken Unterkiefer. Er mutmaßte, dass ausgehend von der Periostitis ein Erguss und die anschließende Schwellung zu einer starken Überdehnung des Kapsel-Bandapparates führten und es so zu einer Verschiebung von C1 und C2 kommen konnte (Wittek 1908).

Der französische Hals-Nasen-Ohren Arzt Pierre Grisel verfasste 1930 eine erste wissenschaftliche Abhandlung zu dieser Problematik. Er berichtete detailliert von zwei Fällen einer „ènuclèation“ des Atlas mit einem begleitendem Torticollis und einer Infektion im Nasenrachenraum. Der Autor beschrieb die Erkrankung als ein Syndrom, das mit entzündlichen Prozessen im Kopf- Halsbereich assoziiert ist und zu einer einseitigen oder beidseitigen atlanto-axialen Rotations-Subluxation von C1 und C2 (AARS) führt. Als Ursache sah er folgenden Pathomechanismus: Streuende inflammatorische Ödeme, aufgrund einer bestehenden Pharyngitis, führen zu einem sehr starken asymmetrischen Hypertonus der umgebenden Muskulatur. Eine vorliegende ligamentäre Laxität der zervikalen Bänder bildet die Grundlage für eine rotatorische Subluxation von C1 und C2 (Grisel 1930).

Neben dem entzündlichen AARS, kann auch ein Trauma eine AARS hervorrufen. Diese sind jedoch sehr selten (Blauth et al. 1998). Besonders bei Kindern und Jugendlichen kann es nach Tonsillitis und anderen Infektionen im oberen Kopf-Halsbereich, postoperativ z.B. nach Tonsillektomie oder Adenoidektomie, zu einem erworbenen Schiefhals kommen. Dabei kommt es nicht immer sofort zu einer Veränderung der Kopfhaltung. Diese kann verzögert, im Zusammenspiel mit Bagateltraumen oder auch nur nach dem Aufstehen am Morgen in Erscheinung

treten. (Deichmüller und Welkoborsky 2011; Thiemel und Hipp 2003; Mathern und Batzdorf 1989; Powell et al. 2017). Neben den meist entzündlichen Ursachen, kann auch ein AARS spontan oder durch angeborene Anomalien der oberen HWS bedingt sein. Im angloamerikanischen Bereich wird vor allem der Begriff fixierte AARS verwendet. Die Angaben in der Literatur zu einer fixierten AARS sind uneinheitlich. Fielding et al. führte den Begriff 1977 ein. Sie bezeichneten damit eine beständige, nicht auflösbare AARS mit einer anterioren oder posterioren Verschiebung des Atlas. Fieldings Hypothese basiert auf der Vorstellung einer Bänder- und Kapselkontraktur, welche sich bei länger andauernder Fehlhaltung einstellt (Fielding und Hawkins 1977). In neueren Publikationen wird der Begriff der fixierten AARS als Folge von Entzündungsreizen und Überbelastungsreaktionen beschrieben. Folge sind strukturelle und morphologische Anpassungsreaktionen, welche sich als Ödeme und Weichteilschwellungen zeigen (Wang et al. 2016; Lustrin et al. 2003).

Die Kopfhaltung bei der AARS resultiert aus einer Fehlstellung des Atlasringes. Eine AARS besteht aus einer Rotationskomponente und eine translatorische Verschiebung des Atlasbogens, bis hin zur vollständigen Abkipfung des Wirbelkörpers. Als Folge daraus entsteht eine Blockade der Facettengelenke von C1 und C2. Die blockierten Facettengelenke verringern oder behindern komplett die Rotation in diesem Segment. Eine vorhandene Verschiebung von der *Massae laterales* von C1 zu C2 kann zu einen einseitigen oder beidseitigen Kontaktverlust der Facetten führen (Fielding und Hawkins 1977; Hicazi et al. 2002; Lustrin et al. 2003; Blauth et al. 1998).

Das klinische Erscheinungsbild (*Torticollis*) ähnelt der Kopfhaltung des Rotkehlchens („cock robin“). Dabei neigt sich der Kopf zur Schulter (Seitneigung), das Kinn wird zur Gegenseite gedreht (Rotation) und zum Sternum leicht gebeugt (Flexion) (Fielding und Hawkins 1977; Blauth et al. 1998). Eine schematische Darstellung der Kopfhaltung ist in der Abbildung 1 zu sehen.

In der akuten Situation vermeiden die betroffenen Kinder ihren Kopf zu bewegen. Dabei ist die Drehbewegung bis zur Mittellinie meist noch möglich, jedoch nicht zur Gegenseite. Das passive Bewegen wird als sehr schmerzhaft empfunden. Im Sinne einer reflektorischen Korrektur der Fehlhaltung, verändert die Halsmuskulatur, insbesondere der *M. sternocleidomastoideus* ihren Muskeltonus. Durch die Zunahme

der muskulären Spannung kommt es zu schmerzhaften Verspannungen mit starken Schmerzen im Schulter- Nackenbereich und im vorderem Halsbereich. Neben den muskulären Schmerzen können auch starke, meist einseitige Kopfschmerzen besonders im hinterem Kopfbereich auftreten (Lohse-Busch und Riedel 2002). Ein direkter Auslöser kann durch die Reizung des N. occipitalis major hervorgerufen werden, aufgrund seiner anatomischen Nähe. Ein Teil der sensiblen Fasern versorgt die Gelenkkapsel der atlantoaxialen Gelenken und gleichzeitig sensibel die Rückseite von Kopf und Hals. Bei einem AARS können diese Nervenfasern irritiert werden und starke Schmerzen in ihren Versorgungsgebiet verursachen (Blauth et al. 1998; Deichmüller und Welkoborsky 2011; Muñoz und Belfer 1999; Schünke et al. 2009b). Bei einer über Monate unveränderten Fehlstellung können sich die Schmerzen verringern. Der daraus resultierende veränderte Gebrauch der Kopf-, Hals- und Nackenmuskulatur führt zu strukturellen und morphologischen Anpassungsreaktionen, die sich äußerlich durch einseitige Abflachung des muskulären Gesichtsreliefs zeigen können. Durch die veränderte Stellung von Oberkiefer zu Unterkiefer kann ein Bissfehler entstehen, sowie eine schmerzhafte Mundöffnung hervorgerufen werden (Fielding und Hawkins 1977; Fielding et al. 1978; Tscherne 1998).



M. trapezius (Ausschnitt)

M. sternocleidomastoideus

Abbildung 1: Skizze Kopfhaltung ("cock robin") bei AARS, Kopf seitlich zur Schulter geneigt und Kinn ist zur Gegenseite rotiert.

Auch heute noch besitzt die klinische Untersuchung einen hohen Stellenwert. In der klinischen Untersuchung wird neben der Dokumentation der Schmerzen, auch der neurologische Status erhoben. Dabei werden die Sensibilität, die Reflexe und die grobe Kraft im Seitenvergleich geprüft. Die Dokumentation der veränderten Kopfhaltung, sowie die manuelle Bewegungsprüfung sind Kernstück der klinischen Untersuchung. Das nicht homogene Erscheinungsbild erfordert eine gute manuelle Untersuchung der HWS, um Bewegungseinschränkungen festzustellen. Dazu soll sich der Patient zunächst einmal aktiv in alle Bewegungsrichtungen bewegen, anschließend erfolgt nochmal eine passive Bewegungsprüfung.

Bringt die Auswertung aller erhalten Befunde und anamnestischen Erkenntnisse eine unkomplizierte AARS als Diagnose hervor, sind in der Initialphase weiterführende bildgebende Verfahren nicht zwingend erforderlich (Blauth et al. 1998; Baumann et al. 2015). Bei Persistenz der Symptomatik sollte jedoch eine weitere Abklärung mittels Bildgebung erfolgen (Deichmüller und Welkoborsky 2011).

Grundlagen der bildgebenden Abklärung bei Beteiligung der HWS bilden die Darstellung der HWS in 2 Ebenen (Schilling et al. 2006). Im seitlichen Röntgenbild der Halswirbelsäule tritt typischerweise der Atlasbogen nach ventral, was auch eine Positionsänderung des Dens axis zur Folge hat. Durch die Beurteilung der sich abbildenden vier Konturlinien (vordere und hintere Wirbellinie, spinolaminäre Linie, hintere Dornfortsatzlinie, Klivus-Dens-Linie) der HWS, kann das regelrechte Aligement beurteilt werden. Der Zentralstrahl richtet sich horizontal auf den vierten HWK (Kinnhöhe) beim stehenden oder liegendem Patienten (Greenspan 2007b). Bei der ARRS bilden sich neben einem verkippten Atlasbogen, die atlantoaxialen Gelenke seitlich und unterhalb vom Axis ab (Blauth 1998a). Die Massa lateralis atlantis projiziert sich dabei ventral der Wirbelkörpervorderkante (siehe Abbildung 2 und 3). Wird der Kopf zusätzlich gedreht (Funktionsaufnahme im lateralem Strahlengang) ist der atlanto-dentalen Abstand sichtbar. Damit ist eine Beurteilung über den Zustand des Lig. transversum atlantis möglich (Dvorak et al. 1987).

Ergänzend werden der Atlas, der Axis und der Dens axis transoral, d.h., mit geöffnetem Mund, dargestellt. Die transorale Aufnahme ermöglicht die Beurteilung der Beschaffenheit des ersten und zweiten Halswirbels, der Atlantoaxialgelenke, des Axis und der massetragenden Anteile des Atlas (Weigel und Neumann 2011b; Blauth 1998a; Blauth et al. 1998; Kathrein und Blauth 2006; Blauth 1998b; Merian und Bernhard 2005).

Erste Anzeichen einer rotatorischen Fehlstellung kann in der Dens-Zielaufnahme die asymmetrische Position des Dens sein. Als Indikator kann hier der Dornfortsatz von C2 genutzt werden, der sich gegenüber dem Dens axis befindet (Weigel und Neumann 2011a).



Abbildung 2: seitliche HWS Aufnahme, ventrale Kippung von C1 (Nr.1) über C2 (Nr.2)

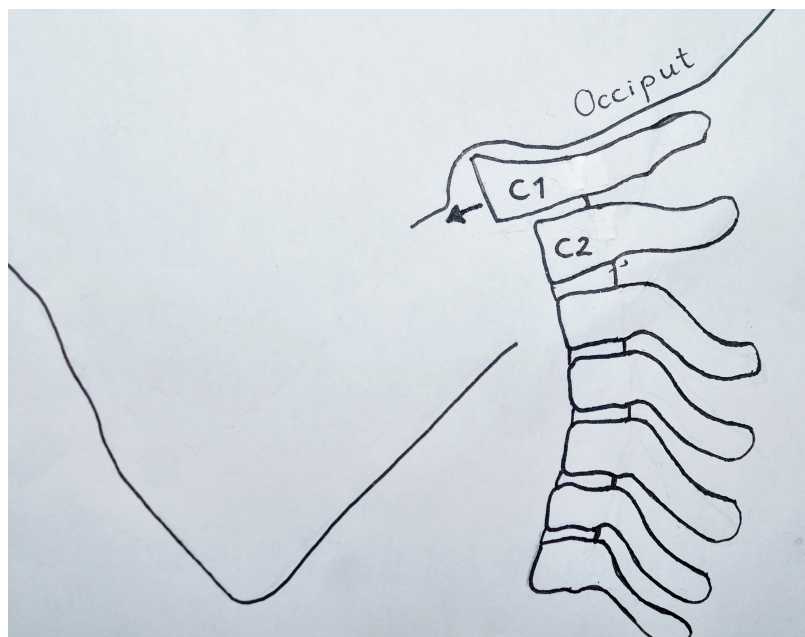


Abbildung 3: Schematische Darstellung der AARS

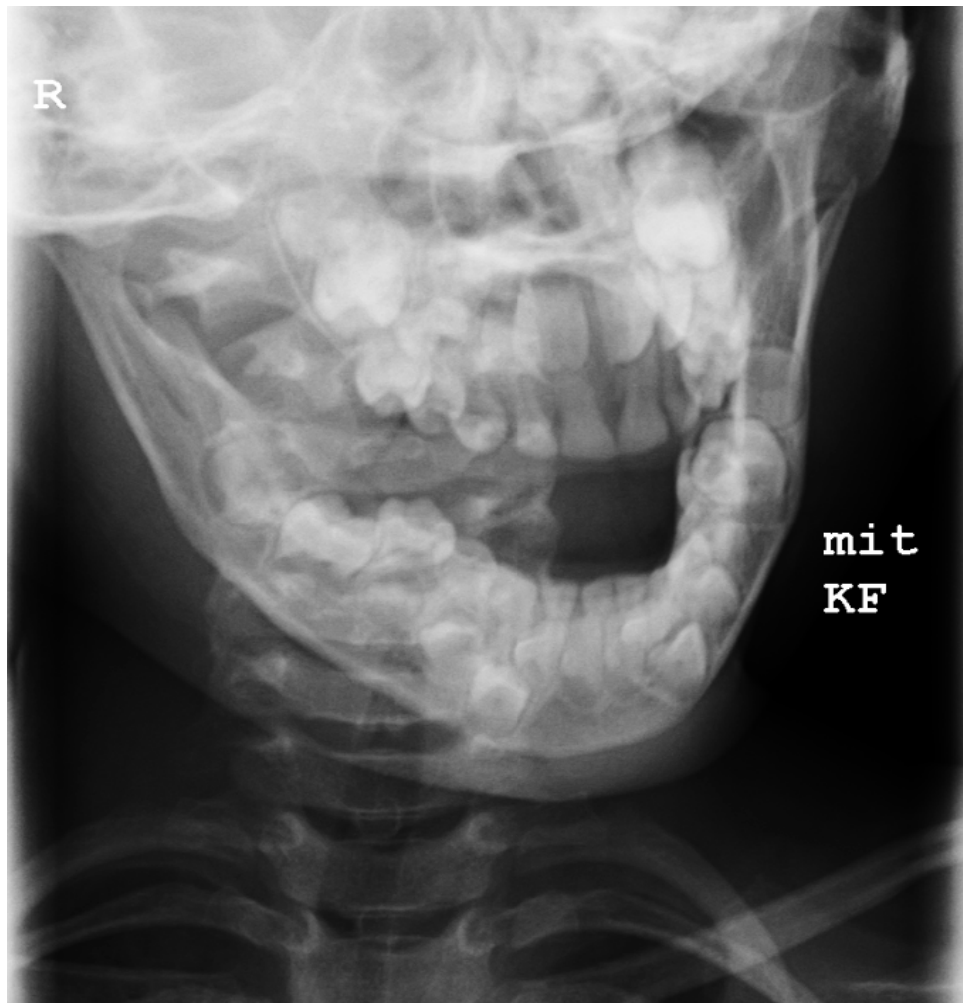


Abbildung 4: a.p. Darstellung der HWS

Ein weiterer Hinweis ist der Abstand der Massa lateralis atlantis zur Mittellinie. Der Abstand erscheint breiter und näher an der Mittellinie, auf der Seite, die nach anterior gedreht ist (Roche et al. 2001). Kommt es zu einem einseitigen Verrutschen der Massa lateralis atlantis nach anterior (gekippter Atlas), verdeckt sie den gleichseitigen Gelenkspalt zum Axis. Folge ist, dass die Abbildung der Gelenkspalte sich nicht mehr seitengleich darstellt, was auch als „Zwinkerzeichen“ benannt wird (siehe Abbildung 5). Charakteristisch dabei ist, dass es zu einer einseitigen Verengung des atlantoaxialen Gelenkspalts kommt, der auch auf der Seite der Dislokation vollständig überlagert sein kann (Blauth et al. 1998).

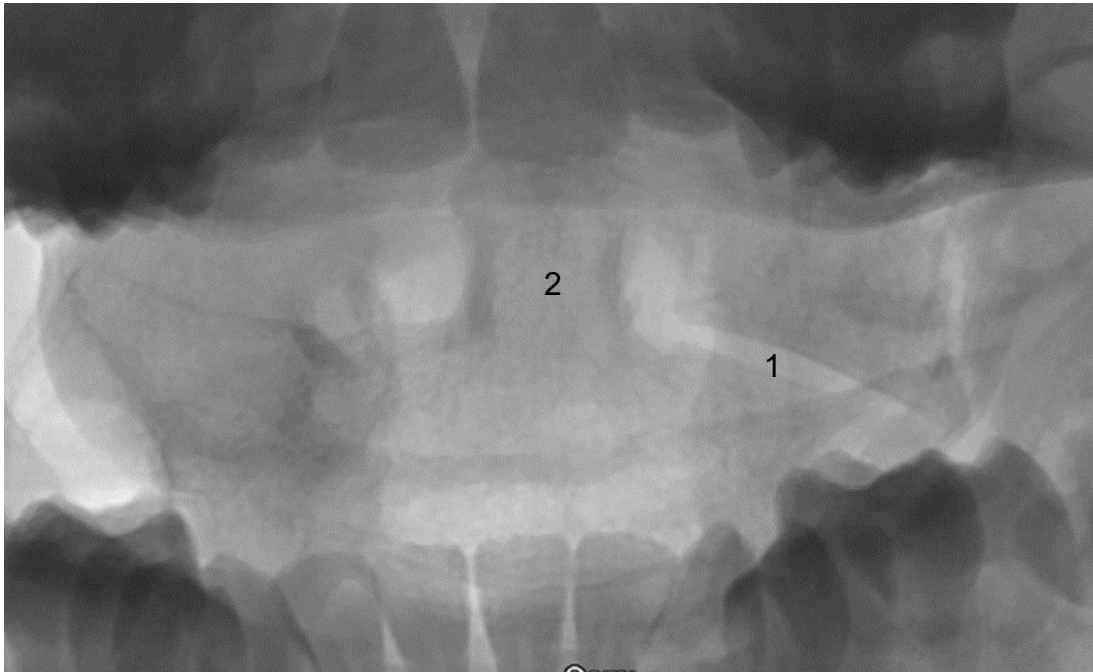


Abbildung 5: Offene Mund Darstellung, Zwinkerzeichen, rechts ist kein Articulatio atlanto-axialis mehr sichtbar, Atlas ist über Axis nach ventral gekippt, links gut sichtbares Articulatio atlanto-axialis (1), Corpus vertebrae von C2 mit dens axis (2).

Ist eine AARS anhand von konventionellen Bildern nicht sicher auszuschließen, kann eine Schnittbilddarstellung in Form von Magnetresonanztomographie (MRT) oder Computertomographie (CT) Aufschluss geben.

Das MRT ist ein strahlenfreies Verfahren, das die Pathoanatomie der Weichteile sensitiv abbildet. Die Aussagekraft beruht auf einem intensiven Kontrast zwischen den Knochen, den Weichteilen, der Luft und der mehrdimensionalen Darstellung der Bilder. Je nach Gewichtung werden T1 und T2 Aufnahmen unterschieden. Die hohe Sensitivität der Abbildungen ermöglicht die frühzeitige Detektion von akuten und chronischen entzündlichen Prozessen (Pärtan et al. 2008; Greenspan 2007a). In der akuten Phase von entzündlichen AARS kann es zu einer asymmetrischen, prävertebralen Flüssigkeitsansammlung (Ödemen) in der Höhe von Atlas und Axis kommen. Diese lässt sich im MRT sicher darstellen. Die drei Haubebenen der bildlichen Darstellung (sagittal, axial, koronare Ebene) geben einen Überblick über mehrere Segmente und ermöglichen das Erkennen einer Rotation des Atlas zum Axis bis hin zu einer Subluxation. Bei der AARS traumatischer Genese ist eine Mitbeteiligung des zervikalen Myelons und daraus folgenden neurologischen Schäden,

mittels MRT beurteilbar (Lohse-Busch und Riedel 2002; Durst et al. 2012; Linsenmaier und Reiser 2012).

Neben dem MRT steht die Computertomographie als eine schnelle bildgebende Modalität zur Verfügung. Die spiralförmigen Aufnahmen werden über eine computergestützte Auswertung der Daten zu exakten Rekonstruktionsebenen und auch zu dreidimensionalen Rekonstruktionen verarbeitet.

Die Art der Datenerfassung ermöglicht eine kurze Untersuchungszeit innerhalb einer Atemphase. Ein weiterer Vorteil ist eine vollständige (keine Datenlücken) Volumenerfassung, die wiederum eine überlappende Rekonstruktion der Bilddaten ermöglicht. Diese multiplanare Bildrekonstruktion ermöglicht eine 2- und 3-D-Oberflächenabbildung. Die 3-D-Oberflächenrekonstruktion kann plastisch Knochen und Organe abbilden und führt zu einer besseren optischen Orientierung. In der Diagnostik der AARS mittels CT kann somit eine exakte Darstellung der knöchernen Strukturen erfolgen. Die Pathologie der AARS betrifft unterschiedliche Schichten und kann nicht sicher in konventionellen Röntgenaufnahmen dargestellt werden. In der axialen CT Darstellung kann die Rotationskomponente bei einer AARS übersehen werden. Die 3-D-Rekonstruktion ermöglicht eine vollständige plastische Darstellung der Lage von C1 und C2 und bildet deutlich sichtbar rotatorische Fehlstellungen und Dislokationen ab (siehe Abbildung 6). Mittels Spiral CT Durchführung können knöcherne Läsionen vor geplanten Repositionen ausgeschlossen werden (Durst et al. 2012; Kasten et al. 2002; Münch et al. 2005; Linsenmaier und Reiser 2012).

Für die Beurteilung der verbliebenen Mobilität in den oberen HWS-Segmenten, kann als diagnostischer Goldstandard ein funktionelles Computertomogramm mit maximaler Drehung zu beiden Seiten erstellt werden (Friedburg H. 2005). Dvorak u. Hayek führten diese Untersuchungsmethode ein, um Hypo- und Hypermobilitäten der oberen Halswirbelsäule zu erfassen (Dvorak et al. 1987). Neben der Darstellung der HWS in Neutralstellung werden Aufnahmen in maximaler Rotation nach rechts und nach links aufgenommen. Dabei liegen die physiologischen Werte für die axiale Rotation bei Erwachsenen zwischen Atlas und Axis bei 43°. Eine Seitendifferenz größer 5° wird als pathologisch bewertet. Besteht eine AARS, ist diese unabhängig von der axialen Drehung in den funktionellen Aufnahmen zu sehen (Blauth et al. 1998). Von Nachteil ist die Belastung mit ionisierender Strahlung bei Kinder, vor

allem unter dem 10. Lebensjahr. Kinder haben im Vergleich zu Erwachsenen eine deutlich kleinere Körperoberfläche. Bei Aufnahmen der HWS ist die Schilddrüse, ein strahlensensibles Organ, somit zusätzlicher Strahlenbelastung ausgesetzt. Weiterhin steigt das Lebenszeitrisiko um das drei- bis vierfache für spätere Krebserkrankungen, bei einer erhöhten Strahlenexposition (SSK 2006).



Abbildung 6: 3D Rekonstruktion einer AARS, Atlas rotiert und subluxiert auf Axis

Auf Basis der Schnittbildgebung von Computertomografie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) wird schließlich auch die Klassifikation vorgenommen.

Die Klassifikation nach Fielding ist am verbreitetsten. Sie geht auf eine Publikation aus dem Jahre 1977 zurück. JW. Fielding et al. publizierte eine erste systematische Untersuchung von 17 Fällen mit einer fixierten atlanto-axialen Rotations- Subluxation verschiedener Genese. Alle Patienten zeigten das klinische Bild eines Torticollis mit Seitneigung und Rotation zur Gegenseite. Anhand von radiologischen Standardaufnahmen erkannten sie unterschiedliche Gelenkstellungen von C1 und

C2. Sie verglichen es mit der Kopfstellung eines Rotkehlchens und führten den Begriff „cock robin position“ mit eingeschränkter Drehbewegung ein. Die frühe Beeinträchtigung der Rotation in den Atlantoaxialgelenken führte Fielding und Hawkins auf eine Obstruktion des Gelenkes zurück. Vermehrte Synovia und eine geschwollene Gelenkkapsel sollen Ursache für die Obstruktion sein. Er konnte keine anatomischen Studien oder Autopsien durchführen, um seine Hypothese zu beweisen (Fielding und Hawkins 1977; Fielding et al. 1978; Roche et al. 2001). Diese Einteilung wird heute immer noch angewendet.

Mit der manualmedizinischen Diagnostik können allgemein Funktionsstörungen des Bewegungsapparates untersucht werden. Die manualmedizinische Untersuchung der Halswirbelsäule erfolgt nach den diagnostischen Kriterien der Dreischrittdiagnostik. Diese beinhaltet die Prüfung der segmentalen Beweglichkeit, das Aufsuchen von segmentalen Irritationspunkten und eine Schmerzprovokation. Die Vorgehensweise bei der Prüfung der segmentalen Beweglichkeit ist vergleichbar mit der herkömmlichen Bewegungsprüfung („range of motion“, ROM). In diesem ersten Untersuchungsschritt ist eine Hypermobilität bzw. Hypo- oder Normmobilität festzustellen. Eine vorhandene Hypermobilität würde eine absolute Kontraindikation für eine manualmedizinische Behandlung darstellen. Die verstärkte Nozizeptoraktivität der autochthonen Muskulatur bildet die Grundlage für den zweiten Teilschritt, die Prüfung segmentaler Irritationspunkte an der Linea nuchae oder paravertebral. Die Provokation von Schmerzen unter Hinzunahme von Bewegungen (z.B. Rotation zu beiden Seiten) als letzter Schritt, soll die Reversibilität der Dysfunktion in den Wirbelgelenken prüfen. Erkenntnisse aus der Dreischrittdiagnostik bilden die Grundlage für die Indikation zur Manuellen Therapie. Die grundsätzlichen manualmedizinischen Therapieprinzipien sind drei verschiedene Vorgehensweisen. Neben der Manipulation als kurzer, schneller, kraftarmer Impuls in die schmerzfreie Richtung des getesteten Gelenkes, existieren sanfte mobilisierende Techniken. Zu einem können dabei langsam, rhythmisch weiche Bewegungen in die verminderte und in die freie Richtung des Gelenkes gegeben werden. Zum anderen unterstützen myofaziale und postisometrische Weichteiltechniken neuromuskulär zu wirken (Bischoff und Moll 2018c).

Die AARS ist ein Krankheitsbild, das einen lokalen Teil des Bewegungsapparates betrifft. Die Manuelle Medizin beinhaltet die Diagnostik und die Therapie von Beschwerden, welche von funktionellen Störungen des Bewegungssystems ausgehen (Bischoff und Moll 2018a). Aus manualmedizinischer Sicht kann eine lokale artikulierende Dysfunktion (AARS), die mit erhöhtem lokalem Muskeltonus einhergeht, zu strukturellen Veränderungen führen. Folge kann eine chronisch schmerzhaft eingeschränkte Bewegung sein.

In der Entstehung des Krankheitsbildes der AARS wird eine myofasciale Dysfunktion angenommen, gesteuert über Rückkopplungsmechanismen (Nozizifferenz/Gamma-Motoneurone im Rückenmarksvorderhorn), die zur Aktivierung von Muskelspindeln, u.a. in den kurzen Wirbelsäulenmuskeln, führen. Folge sind anhaltende Muskelkontraktionen (Triggerpunkte), Bewegungseinschränkung und Schmerzen. Die Methoden der Manuellen Therapie setzen an diesem Modell an und arbeiten mit verschiedenen Techniken, die die myofasciale Dysfunktion beheben sollen. In der Literatur existieren bisher keine Daten zu einer systematischen Bewertung der AARS aus manualmedizinischer Sicht.

In dieser Untersuchung war es wichtig, funktionelle Langzeitergebnisse nach AARS manualmedizinisch zu erfassen, bezüglich der Beweglichkeit der HWS (Normo-Hypo-Hypermobilität), vorhandener chronischer Schmerzen (z.B. Nackenschmerzen) und eventuell vorliegender artikulierende Dysfunktion (Blockade) im Segment C1/C2. Diese Erhebung der Daten ermöglichen erste Erkenntnisse, ob eine physiologische normwertige HWS Artikulation nach einer AARS vorliegt, oder ob eine Chronizität möglicherweise mit der Entwicklung einer chronischen Schmerzerkrankung gegeben ist. Anhand einer Literatursuche sollen Erkenntnisse über die therapeutischen Maßnahmen aus manualmedizinischer Sicht gewonnen werden.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

In einer retrospektiven, klinischen Studie wurden Patienten mit radiologisch gesicherter AARS nachuntersucht, die im Zeitraum vom Januar 2002 – Januar 2014 am Universitätsklinikum Regensburg behandelt wurden.

Die Einschlusskriterien waren ein Alter von 3 – 15 Jahren und eine radiologisch gesicherte AARS. Ausgeschlossen wurden Kinder mit einem kongenitalen muskulärem Schiefhals, knöchernen Fehlbildungen, Trisomie 21, rheumatische Arthritis, psychische Erkrankungen und nicht einwilligungsbereite Studienteilnehmer.

Es wurden retrospektiv alle klinische Daten sowie die Daten der Bildgebung ausgewertet. Die Patienten wurden nach einem mindest-follow-up von zwei Jahren (Mittelwert 6,7 Jahre) zu einer Nachuntersuchung eingeladen, um das klinische Langzeitergebnis zu evaluieren. Bei der Nachuntersuchung erfolgte ein Anamnesegespräch, indem nach Bewegungseinschränkungen, Schmerzen und eventuellen nochmaligen Ereignissen u.a. gefragt wurde. Neben der körperlichen Untersuchung zur Feststellung des Bewegungsumfanges der Halswirbelsäule wurde eine neurologische Untersuchung durchgeführt. Die Erhebung der Lebensqualität erfolgte über zwei Fragebögen (Spine Tango COMI und PedsQL). Bei der radiologischen Diagnostik wurde aus Strahlenschutzgründen auf eine routinemäßige Verlaufskontrolle verzichtet. Eine Röntgendiagnostik war den Fällen vorbehalten, in denen ein klinischer Verdacht auf ein Rezidiv bestand.

2.2 Studienablauf

2.2.1 Aktenauswertung

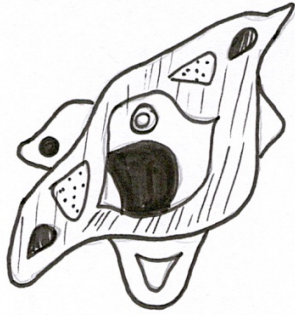
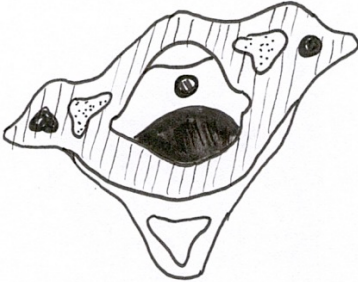
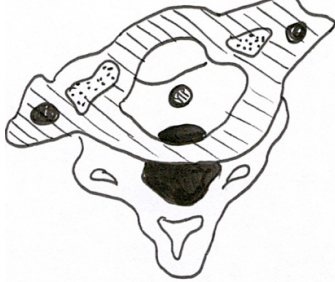

Die Patientenakten aller involvierten Patienten wurden systematisch ausgewertet. Dabei wurden demografische Daten, wie Alter und Geschlecht erhoben. Weiterhin wurden Ursachen, Klassifikation, initiale Diagnostik, Verlaufsbeurteilung, neurologischer Befund und Therapieergebnisse entnommen. Radiologische Befunde und Bilder sowie OP Berichte wurden für die Auswertung herangezogen.

2.2.2 Klassifizierung nach Fielding und Hawkins

Die Klassifizierung nach Fielding unterscheidet vier Schweregrade der AARS. Kriterien für die Einteilung sind die Lage des Rotationszentrums, um das der Atlas rotiert ist, die ligamentäre Stabilität und der atlantodentale Abstand. Fielding wollte mit dieser Klassifizierung eine Orientierung für die Therapie sowie für die Prognose geben (Fielding und Hawkins 1977; Fielding et al. 1978) .

Eine Rotation des Atlas um den Dens axis ohne Verschiebung nach anterior, wird als Typ 1 bezeichnet. Sie stellt die häufigste Form dar und wurde von Fielding und Hawkins mit einer günstigen Prognose eingestuft. Beim Typ 2 befindet sich das Rotationszentrum (siehe Abbildung 2 in Tabelle 1), über dem kontralateralen Facettengelenk. Folge ist eine Ventralisierung der ipsilateralen Facette von bis zu 5 mm. Bei einer Subluxation des Atlas von mehr als 5 mm handelt es sich um Typ 3. Fielding gibt an, dass bei diesem Grad der Auslenkung von einer Beschädigung des Lig. transversum atlantis auszugehen ist. Beim Typ 4 sind beide Massae laterales nach posterior verschoben und der gesamte Bandapparat ist geschädigt. Die Typen 3 und 4 sind sehr selten und haben nach ihren Erkenntnissen eine schlechte Prognose und erhöhte Komplikationsraten (Fielding et al. 1974; Fielding et al. 1978). Die Schwere der Verletzung bei Grad 4 kann mit einer Fraktur oder einer Aplasie des Odontoids verglichen werden (Baumann et al. 2015). Eine Übersicht mit schematischer Darstellung der Klassifizierung befindet sich in der nachfolgenden Tabelle Nr. 1.

Tabelle 1: Einteilung nach Fieldings und Hawkins

Typ	Beschreibung / Charakter	Bildliche Darstellung
1	<p>Dislokation ohne Verschiebung des Atlas nach anterior. Lig. transversum atlantis unversehrt. Atlantodentaler Abstand normwertig (3mm oder weniger). am häufigsten</p>	
2	<p>Einseitige Dislokation mit Verschiebung der Massae lateralis des Atlas nach anterior. Drehpunkt befindet sich in der nicht verschobenen Seite. Lig. transversum atlantis mit verminderter Stabilität. Atlantodentaler Abstand (3mm bis 5mm). zweithäufigste</p>	
3	<p>Beidseitige Dislokation mit Verschiebung der Massae lateralis des Atlas nach anterior. Lig. transversum atlantis und Ligg. alaria sind insuffizient. Atlantodentaler Abstand (mehr als 5mm).</p>	
4	<p>Rotatorische Dislokation mit beidseitiger Verschiebung der Massae lateralis des Atlas nach posterior, bei fehlendem oder insuffizientem Dens axis. Lig. transversum atlantis und Ligg. alaria sichern nicht mehr den Dens axis. Sehr selten.</p>	

2.3 Behandlung der AARS

Nicht immer ist eine therapeutische Intervention bei der AARS erforderlich. Der Anteil an Spontanrepositionen in den ersten Tagen nach Ersterscheinung ist hoch. Kommt es zu keiner spontanen Reposition, sind therapeutische Maßnahmen erforderlich. Diese sind bei der AARS vielfältig und es existieren unterschiedliche Therapieansätze. Neben einer Basistherapie, stehen ein konservatives Management, Manuelle Therapie und verschiedene operative Verfahren zur Verfügung. Art und Umfang der therapeutischen Maßnahmen sind abhängig vom Ausmaß und der Dauer der Symptome. Im Folgenden wird der Therapiealgorithmus dargestellt, der für das Studienkollektiv angewendet wurde.

2.3.1 Basistherapie und konservative Behandlung

Grundlegende Maßnahmen der Basistherapie sind eine bedarfsgerechte Schmerztherapie, eine Ruhigstellung und körperliche Schonung. Eine weitere Basismaßnahme ist die Herdsanierung von Infektionen im Kopf- und Halsbereich, mittels antibiotischer und chirurgischer Behandlung (Mathern und Batzdorf 1989; Deichmüller und Welkoborsky 2011).

Bei der akuten, nichttraumatischen AARS ohne neurologische Komplikationen wurde im vorgestellten Patientenkollektiv in der Akutphase ein konservatives Vorgehen empfohlen. Bei Persistenz des Schiefhalses erfolgte, bei rotatorischer Subluxation eine geschlossene Reposition in Narkose. Dabei wurde zunächst eine axiale Traktion mit sanftem Längszug am Kopf ausgeübt. Diese Maßnahme kann schon die gewünschte Korrektur hervorbringen (Phillips und Hensinger 1989). Stellte sich die Korrektur dadurch nicht ein, wurde eine rotatorische Reposition unter gehaltenem Längszug durchgeführt. Sie ermöglicht das Zurückführen der Gelenkpartner in ihre ursprüngliche Position. Dabei wird zunächst der Kopf in die subluxierte Drehrichtung unter Zug bewegt, um das verklemmte Gelenk zu enthaken. Unter dem gehaltenen Längszug wird dann der Kopf wieder zurückgedreht und in seine physiologische Position gebracht (Jeszenszky et al. 2018).

Zur Überprüfung des korrekten Repositionsergebnisses erfolgte eine transorale Palpation von HWK 2 an der Rachenhinterwand.

Zur Sicherung des Repositionsergebnisses erfolgte eine Ruhigstellung der HWS in einer starren Halskrawatte für 6 Wochen (Tscherne und Blauth 1998; Weigel und Neumann 2011c; Blauth et al. 1998; Kinon et al. 2016). Bei Auftreten einer Rezidivluxation erfolgte die erneute geschlossene Reposition und Ruhigstellung mittels Halo-Fixateur (Blauth et al. 1998; Kinon et al. 2016).

2.3.2 Operative Behandlung

Eine operative Behandlung ist erforderlich, wenn durch konservative Maßnahmen keine dauerhafte Sicherung der Reposition erfolgen kann (Blauth et al. 1998; Baumann et al. 2015; Kinon et al. 2016). Es existieren mehrere operative Verfahren für eine reversible oder irreversible Stellungskorrektur von C1 und C2. Eine Möglichkeit ist die dorsale Instrumentation von C1 und C2 nach Harms. Diese Stabilisierung ist durch eine spätere Implantatentfernung potentiell reversibel. Die atlantoaxiale Spondylodese von C1 und C2 stellt eine irreversible Fusion dar und kann verschieden ausgeführt werden. Dazu existieren verschiedene Beschreibungen nach Galli, Brooks-Southwick und nach Magerl (Blauth und Tscherne 1998).

Als Behandlungsalternative zur dorsalen Stabilisierung mittels Instrumentation wurde während der vorliegenden Studie ein neu entwickeltes Verfahren angewendet, bei dem die dorsale Stabilisierung über nicht-resorbierbares Fadenmaterial erfolgt (Abbildung 7). Bei diesem Verfahren wird die Rotationskomponente von HWK 1 über eine schräg verlaufende Fadentransfixation vom Querfortsatz der subluxierten Seite zum Querfortsatz der kontralateralen Seite von HWK 2 verknotet. Hierzu werden in Bauchlage über einen dorsalen Zugang zur HWS der Dornfortsatz von HWK 2 und der Bogens von HWK 1 dargestellt. Durch weitere Präparation von dem Pedikel von HWK 2 ausgehend nach ventral, wird das Gelenk dargestellt. In der Präparationstechnik verwendetes Raspatorium kann zu Hilfe genommen werden, um das Gelenk zu reponieren. Als Material zur Fixierung dient ein nicht resorbierbarer Flechtfaden (fibrewire, Fa. Arthrex, Naples, USA). Dies ist ein sehr stabiles Nahtmaterial mit hoher Festigkeit und Abriebsfestigkeit. Der Bogen von HWK 1 wird

beidseitig mit dem Faden umfahren und in Schlaufen gelegt. Diese Schlaufen werden am kontralateralen Dornfortsatz von HWK 2 transossär fixiert. Dadurch werden die ventralisierenden Rotationskräfte von HWK 1 neutralisiert. Daraus erschließt sich auch, dass diese Operationstechnik nicht für Typ IV-Verletzungen nach Fielding geeignet ist. Bei Typ IV-Verletzungen besteht eine dorsale Subluxation von HWK 1. Diese lässt sich über eine retrahierende Fadenfixation von dorsal nicht stabilisieren, weshalb das Verfahren hier kontraindiziert ist. Alle Patienten mit einer AARS wurden an der Universitätsklinik Regensburg mit einem therapeutischen Stufenkonzept, wie in Abbildung Nr.8 dargestellt, behandelt (Mahr et al. 2019).

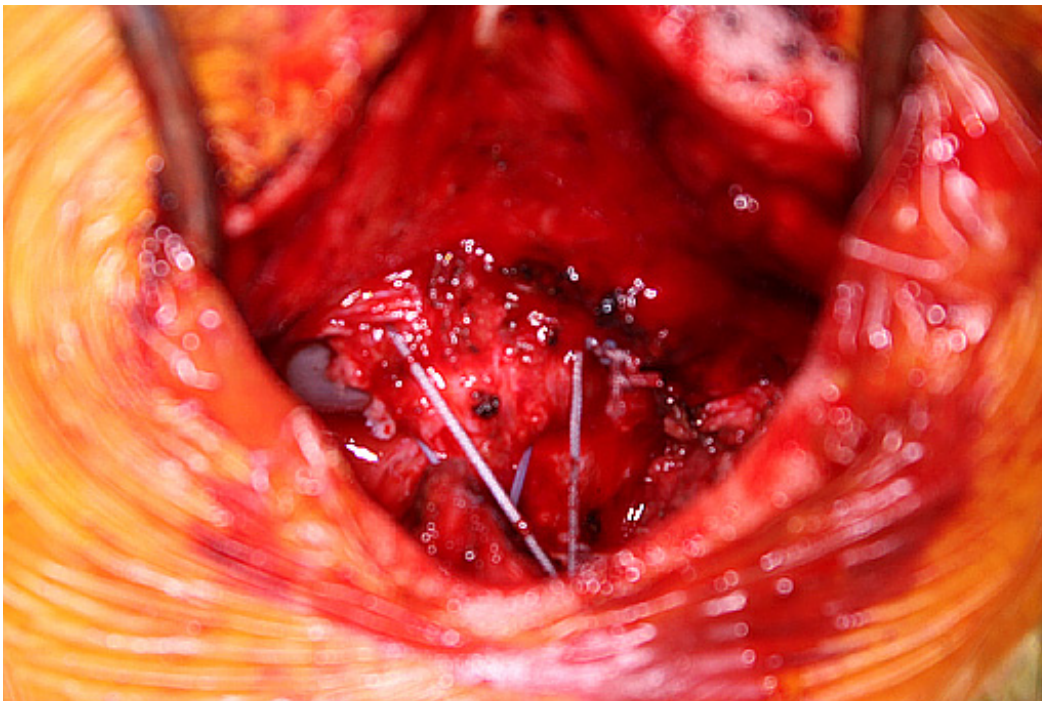


Abbildung 7: Offene Reposition und transverse Fadenfixation

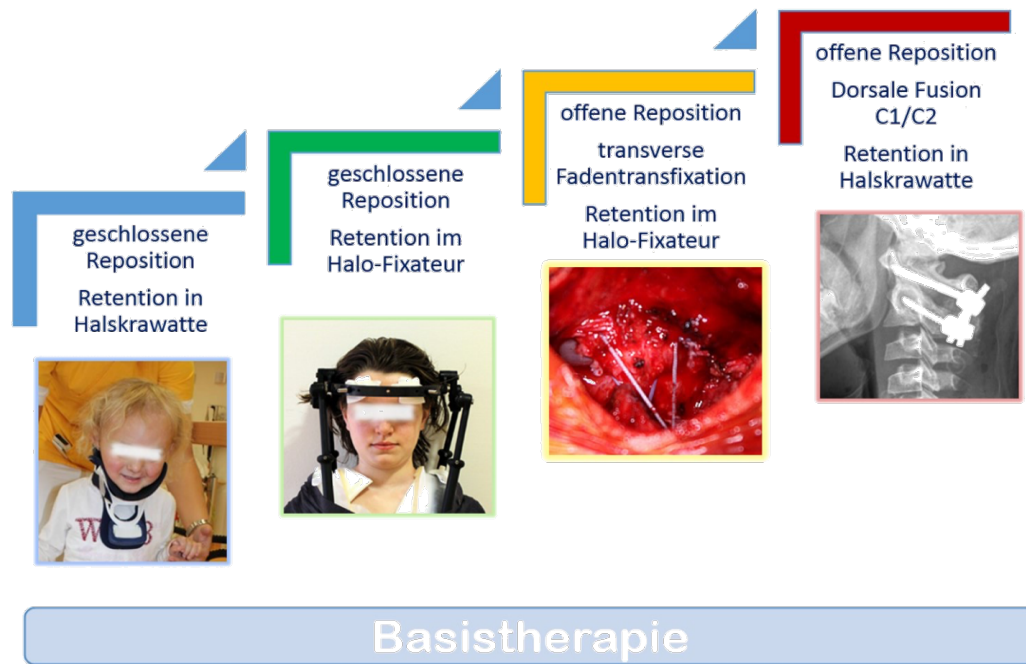


Abbildung 8: Therapeutisches Stufenkonzept

2.4 Nachuntersuchung

Die eingeschlossenen Studienpatienten wurden über ein Anschreiben zu einer klinischen Nachuntersuchung eingeladen. Sechs Patienten sind persönlich im Klinikum der Universität Regensburg zu einem Interview und körperlicher Nachuntersuchung erschienen. Zwei weitere Patienten konnten wir telefonisch befragen und Ihnen die Fragebögen zusenden. Eine Patientin lehnte die Nachuntersuchung und eine telefonische Befragung ab. Zwei Patienten waren nicht mehr ausfindig zu machen.

2.4.1 Anamnese

Ziel der Eigenanamnese war es, ein umfassendes Bild des Patienten zu erhalten. Es wurden Fragen zum Unfallhergang, den Begleitumständen und klinischem Verlauf gestellt. Die initiale Behandlung und Behandlung im Verlauf, Komplikationen, aktuelle Beschwerden und das aktuelle Aktivitätsniveau wurden erfragt und dokumentiert. Zusätzlich erfolgte eine kurze Rekonstruktion des zurückliegenden

Erkrankungsgeschehen ARRS. Da sich die Patienten teilweise nicht gut erinnern konnten, wurde dies über eine Fremdanamnese der Eltern gestützt.

2.4.2 Klinische Untersuchung

Die klinische Nachuntersuchung bestand aus einem allgemeinen Teil, bei dem die Haltung im Stehen sowie die seitliche und dorsale Ansicht der Wirbelsäule zur Beurteilung von Asymmetrien analysiert wurden. Für die Beurteilung der Haltung wurde der Haltungstest nach Matthiaß durchgeführt (Hepp und Debrunner 2004). In aufgerichteter und stehender Haltung, mit geschlossenen Augen, werden beide Arme für 30 Sekunden gestreckt nach vorne gehalten. Die Armhaltung führt zu einer Verlagerung des Körperschwerpunktes nach ventral. Kann der Patient diese Haltung konstant 30 Sekunden halten, spricht es für eine gute Haltungsfähigkeit. Bei einer Haltungsschwäche Grad 1 nach Matthiaß, kann sich der Patient aktiv aufrichten, sinkt aber innerhalb der 30 Sekunden in sich mit einer Verlagerung des Rumpfes nach dorsal. Bei Grad 2 ist keine aktive Aufrichtung und keine weitere Verschiebung des Rumpfes nach dorsal möglich. Folge ist eine Verschiebung des Beckens nach ventral und die Lendenlordose nimmt zu (Haltungsverfall).

Danach erfolgte eine Palpation der paravertebralen Muskulatur von kaudal nach kranial sowie eine Testung auf Klopf- und Rüttelschmerz an den Dornfortsätzen. Im Anschluss erfolgte die orientierende neurologische Untersuchung, in der die segmentale Sensibilität von C2-C8 anhand der Dermatome und die wichtigsten dazugehörigen Kennmuskeln nach Kraftgrade 1-5 geprüft wurden.

Kennmuskeln: Tiefe EA C3/C4, M.levator scapulae C4, M.deltoideus C5, M. biceps brachii C6, M.triceps brachii C7, M.interossei und Kleinfingerballenmuskulatur C8.

Dermatome: C2 Hinterhaupt, C3 vorderer Hals, C4 Schultergürtel, C5 Oberarm, C6 Unterarm lateral, C7 Daumenseite /Hand, C8 Kleinfingerseite/Hand.

Zur Vervollständigung wurden noch der Bicepssehnenreflex und der Tricepssehnenreflex im Seitenvergleich getestet. Das Ausmaß der Bewegungen in allen drei Hauptachsen, Inklination/ Reklination, Lateralflexion rechts/links und Rotation rechts/links wurde mittels Neutral-Null-Methode gemessen.

Im Anschluss erfolgte eine manualmedizinische Untersuchung der Halswirbelsäule im Sitzen, nach den diagnostischen Kriterien der Dreischrittdiagnostik nach Bischoff. Die erste Untersuchung dient der Prüfung der segmentalen Beweglichkeit gefolgt von dem Aufsuchen von segmentalen Irritationspunkten. Am Ende erfolgt eine Schmerzprovokation, d.h. nachdem der Therapeut schmerzhafte Irritationspunkte gefunden hat, wird der Kopf in alle drei Hauptrichtungen bewegt. Die segmentale Bewegungsprüfung gibt einen ersten Eindruck der Beweglichkeit der Halswirbelsäule wieder. Die Lokalisation der segmentalen Irritationspunkte zeichnet einen Bereich ab, bei dem eine verstärkte Nozizeptorenaktivität stattfindet. Der dritte Schritt stellt einen Provokationstest dar und bildet die Grundlage für die Indikation zur manuellen Therapie (Bischoff und Moll 2018c).

Als erstes wurde die Rotation zu beiden Seiten bei maximaler Inklination der HWS getestet. Der Patient wird gebeten seinen Kopf maximal zu beugen, der Untersucher dreht passiv die Halswirbelsäule beidseitig und achtet auf Bewegungseinschränkung und Schmerzen. Dieser Test ermöglicht die Rotationstestung der Segmente C1 und C2, da der untere Anteil der HWS durch die Fixierung der Facettengelenke in Flexion der HWS an der Rotation gehindert wird.

Der nächste Schritt war die segmentale Bewegungsuntersuchung von C1 und C2. Der Kopf des Patienten wird mit einer Therapeutenhand stirnseitig gehalten. Durch tiefe Palpation wird der Processus spinosus von C2 ertastet und muss während der gesamten Testung dort belassen werden. Der Therapeut rotiert nun den Kopf passiv nach rechts und links und prüft, ob ein sofortiges Mitbewegen des Processus spinosus bei Drehbeginn stattfindet. Ein positiver Befund dieser Testung ist als Hinweis auf eine nicht mehr vorhandene selektive Bewegung in diesem Segment von C2 zu werten. Bei der Testung der Seitneigung haben die Therapeutenhände die gleiche Ausgangsstellung wie oben beschrieben. Wird der Kopf passiv nach rechts geneigt, sollte der Processus spinosus sich nach links bewegen. Ist dies nicht zu spüren, so kann die Bewegung in diesem Segment unterdrückt sein, was auch als Blockierung bezeichnet wird.

Bei der Irritationspunktprüfung nach Sell werden durch Tasten Zonen mit vermehrten Schmerzen aufgesucht. Bei der Halswirbelsäule ertastet der Therapeut speziell die Bereiche von C1–C7. Für C1 wird mit dem Mittelfinger von lateral der

Atlasquerfortsatz palpirt. Dieser befindet sich zwischen dem Mandibulaast und dem ventralen Anteil des Mastoids. Für die restlichen Segmente wird an der Protuberantia occipitalis für C2 begonnen. Die Finger tasten sich immer weiter nach lateral bis zum Processus mastoideus für C7. Die Irritationspunkte befinden sich nebeneinander auf einer Linie zwischen Protuberantia occipitalis externa und Proc. mastoideus. Diese beschriebene Linie ermöglicht eine segmentale Zuordnung der Insertionen der Nackenmuskulatur. Kommt es zu veränderter Beweglichkeit in Segmenten der HWS (Blockierungen), können diese durch Zunahme des Muskeltonus sowie schmerzhaft Veränderungen an den jeweiligen Irritationspunkten im Bereich der Linea nuchae ertastet und zugeordnet werden. Als letzter Schritt werden Bewegungen in Ante-Reklination, Seitneigung und Rotation bei gleichzeitigem Tasten der Irritationspunkte von C1-C7 durchgeführt. Dadurch kommt es zu einer schmerzbedingten Änderung des Muskeltonus an den autochthonen Rückenmuskeln, insbesondere an denen, die ihre Insertionen im Bereich der Tastregion haben. Diese sind Muskeln des lateralen Trakts z.B. M. splenius capitis aber auch des medialen Trakts z.B. M. semispinalis. Gleichzeitiges exaktes Befragen des Patienten ermöglicht eine genaue Lokalisierung und Seitenzuordnung (Bischoff und Moll 2018c; Stücker 2008).

Zusätzlich wurden der Muskeltonus paravertebral von C1-C7 und im Bereich des M. trapezius Pars descendens geprüft.

2.4.2.1 Fragebögen

Ergänzend haben wir den Spine Tango COMI Fragebogen eingesetzt. Der Spine Tango COMI ist ein Selbsteinschätzungs-Fragebogen, der im Jahre 2000 von einer internationalen Expertengruppe entwickelt wurde. Klinische Outcome-Ergebnisse können somit standardisiert ermittelt werden. Er ermöglicht Aussagen über den Gesundheitszustand, das körperliche Befinden, über Schmerzen und über das psychische Wohlbefinden.

Für die Darstellung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (health-related quality of life, HRQOL) wurde der Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQL) 4.0 Generic Core Scales verwendet. Es ist die vierte und aktuelle Version der World Health Organization verfasst von James W. Varni. Der Fragebogen besteht aus 23 Fragen die sich in vier Kategorien erhoben werden. Für die Ermittlung der verschiedenen

Scores werden die Aussagen (0-100) aus den einzelnen Kategorien addiert und durch die Anzahl der jeweils angekreuzten Fragen dividiert. Eine Auswertung ist nur zulässig, wenn mehr als 50% der Fragen pro Kategorie gekreuzt wurden. Somit ist für jede Kategorie ein Scales Score und der Total Score (alle Kategorien) errechenbar. Der Physical Health Summary Score wird aus der ersten Kategorie ermittelt und der Psychosocial Health Summary Score aus den Kategorien 2-3. Die erste Kategorie (Physical Health Summary Score) betrifft die Rubrik: Probleme mit Gesundheit und Aktivität (Physical Function) und dient der Ermittlung des Physical Health Summary Score. Dieser entspricht somit dem Physical Functioning Scale Score.

Er ermöglicht die Abbildung der Bedeutsamkeit von Gesundheit und deren Auswirkung auf die Lebensqualität. Es ist ein validiertes Messinstrument, das gesundheitsbezogene Lebensqualität im Vergleich von gesunden Kindern mit akut und chronisch kranken Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen wiedergibt. Er gliedert sich in verschiedene Altersgruppen auf. Für diese Arbeit wurden Fragebögen in Form von Selbstauskunft für Jugendliche (13-18 Jahre) verwendet. Der Fragebogen besteht aus 23 Items und gibt Aussagen mittels 8 Items über das körperliche Befinden und mittels 15 Items über die aktuelle emotionale Situation, über die sozialen Kontakte und über das schulische/berufliche Umfeld wieder. Der Befragte hat pro Frage vier Antwortmöglichkeiten nach einem Rang von 0=100 (nie), 1=75 (fast nie), 2=50 (manchmal), 3=25 (häufig) und 4=0 (fast immer). Die Übertragung in den 0-100 Scales Score dient der Ermittlung der einzelnen Scale Scores, des gesamten Total Scale Score, des Psychosocial Health Summary Score und dem Physical Health Summary Score. Ein hoher Score Wert widerspiegelt eine hohe gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQOL) und ein niedriger Wert eine geringe HRQOL (Varni et al. 2001; Hullmann et al. 2011). Die Beschreibung der Ermittlung der Scores siehe unter Auswertung Fragebögen im Ergebnisteil.

Beschreibende Daten liegen in Form von Häufigkeiten (Anzahl der Vorkommnisse) und prozentualen Anteilen für kategoriale Variablen, Durchschnittswerte und Abweichungen für fortlaufende und normalverteilte Variablen vor. Die Normalverteilung wurde vom Shapiro-Wilk-Test beurteilt.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Regensburg angenommen (Institutional Review Board Number 18-987-104). Die Studie ist unter dem Kennzeichen Z-2014-0453-4 im Studienregister der Universität Regensburg registriert. Alle in der Studie durchgeführten Verfahren entsprechen den Vorschriften der Helsinki Deklaration von 1964.

3 Ergebnisse

3.1 Patientengut

In der Universitätsklinik Regensburg wurden im Zeitraum zwischen Juli 2002 und September 2014, 11 Patienten mit radiologisch gesicherter ARRS behandelt. Alle Patienten erfüllen die Einschlusskriterien einer Atlanto-axialen Rotations-Subluxation (AARS). Das Patientenkollektiv setzt sich aus neun Mädchen und zwei Jungen zusammen. Das weibliche Geschlecht war mehr als dreimal so häufig betroffen. Das Alter der Patienten lag zwischen vier und vierzehn Jahren. Das Durchschnittsalter aller Patienten betrug 8,72 Jahre ($\pm 3,9$ Jahre).

Die Auswertung der medizinischen Krankenakten ergab, dass im Rahmen der AARS folgende Begleitsymptomatik diagnostiziert wurden. Insgesamt hatten sieben Patienten Infektionen im Kopf-Halsbereich, insbesondere Lymphadenitis und Abszesse. Ein Patient hatte eine Tonsillektomie erhalten und entspricht der Zuordnung nach kleinen HNO Eingriffen. Drei Patienten erlitten neben den Infektionen im Kopf- Halsbereich, zusätzlich ein Bagateltrauma. Drei weitere Patienten hatten nur ein Minitrauma erfahren. Bei einem Patienten war die Zuordnung erschwert (siehe Tabelle 4, Patient Nr. 2). In der Dokumentation sind vier Ereignisse einer AARS hinterlegt. Drei ereigneten sich innerhalb eines Jahres. Das erste Ereignis (06/2009) trat nach dem Aufwachen am Morgen, bei gleichzeitigem leichtem Schnupfen auf. Am Tag zuvor hatte der Patient intensives Taekwondo-Training absolviert. Im November 2009 und im Dezember 2009 werden erneut Symptome einer AARS und eine persistierende Hypakusis dokumentiert. Die letzte AARS im Mai 2005, trat ohne Ereignis (Infektion, Trauma) während einer sitzenden Tätigkeit auf. Die Zuordnung erfolgte zur Subgruppe idiopathisch.

Bei der körperlichen Untersuchung gaben zehn Patienten Schmerzen in Ruhe und bei Bewegung an, lokalisiert im Hals- Nackenbereich und vereinzelt bis zur Skapula. Ein muskulärer Hypertonus zeigte sich bei sechs Patienten im Bereich des M. sternocleidomastoideus. Eine verminderte Rotation in der oberen HWS zeigten zehn von elf Patienten (siehe Abbildung 12). Weiterhin zeigten sechs Patienten Lymphknotenschwellungen im Bereich der abführenden Lymphbahnen. Die Lokalisationen waren im Bereich profunde zervikale einseitig wie beidseitig, supraklavikulär und multiple im Übergang von dem Kopf zu dem Hals.

Fünf Patienten hatten dazu entzündliche Prozesse im Kopf- Halsbereich (Abszedierte Lymphadenitis, Retropharyngealabszess, Peritonsillitis, Retrotonsillarabszess). Ein Patient hatte eine lymphatische Schwellung im Waldeyer Rachenring ohne weiteren erkennbaren entzündlichen Prozess (siehe Tabellen 2 und 3 Übersicht klinische Daten). Fünf Patienten der vorliegenden Stichprobe zeigten im Labor eine Erhöhung des CRP als Ausdruck der momentanen entzündlichen Erkrankung, Minimum 23 mmg/l, Maximum 136 mg/l, Median 23 mg/l. Das C-reaktive Protein (CRP) ist ein diagnostischer Parameter mit einem Referenzbereich < 3,0 mg/l für Kinder. Diese fünf Patienten hatten neben dem CRP Anstieg auch eine Leukozytose, Minimum 14,4/nl, Maximum 36/nl, Median 13/nl. Als Normbereich werden Werte zwischen 4,0-10,0/nl angegeben (siehe Tabellen 2 und 3).

Ein Patient (Patient Nr. 2) zeigte in der klinisch neurologischen Untersuchung eine schmerzhaft bedingte linksseitige Kraftminderung des Armes (Kraftgrad 4/5). Weiterhin gab dieser Patient nucheale Parästhesien im linken Kopfbereich an. Das Bewegungsausmaß der oberen Extremitäten war in alle Richtungen schmerzhaft eingeschränkt. Dieser Patient hatte insgesamt drei dokumentierte AARS. Die beschriebenen neurologischen Symptome traten bei der zuletzt dokumentierten AARS auf und waren ohne ein Trauma oder Entzündung im Kopf-Halsbereich aufgetreten. Die nuchalen Parästhesien waren nach der Reposition vollständig regredient.

Ein Patient gab während der akuten Phase der AARS Schwindel und Erbrechen an. Ein weiterer Patient (Patient Nr.1) hatte diese Symptome nach einer geschlossene Reposition und Anlage eines Halo Fixateur. Es erfolgte eine offene Reposition mit Wiederanlage eines Halo Fixateur. Beide Patienten zeigten aber keine weiteren neurologischen Auffälligkeiten.

Tabelle 2: Übersicht über klinische Daten der Patienten mit AARS, Aktenauswertung, (n=8) ohne Reposition

Patient Nr:	Alter bei Diagnose in Jahren	Geschlecht	Ätiologie	Zeit bis zur Diagnose-	Einteilung nach Fielding	Lymph-Knoten-schwellung Lymphaden	CRP mg/l Leukozyten (4,0-10,0/nl)	Basistherapie
3	14	w	Abszedierte Lymphadenitis colli links cervical, Kieferklemme Grad 1	4 Tage	1	multiple beidseitig profunde zervikale		Abszesseröffnung mit Lascheneinlage und Antibiose, NSAIR,
5	3	m	Grippaler Infekt, Sturz auf der Treppe ohne Sturzfolgen, Lymphadenitis retrotonsillär rechts, V.a. Retoparyngealabszess, Adenoide, Peritonsillitis rechts	14 Tage	1	Rechts profunde zervikale	25 mg/l 14,4/nl	Exploration und Spaltung des Retropharyngealraumes und peritonsillär, Adenotomie, Tonsillektomie rechts, Antibiose, NSAIR,
6	6	m	Abszedierte Lymphadenitis colli rechts, Mastoiditis rechts, Tonsillitis beidseitig,	14 Tage	1	Rechts Profunde zervikale	136 mg/l 36 /nl	Mastoidexploration, Abszessräumung, Adenotonsillektomie beidseitig, Antibiose, NSAIR,
7	7	m	Retrotonsillarabszess, Tonsillektomie,	7 Tage	1	Profunde zervikale	23 mg/l 13 /nl	Tonsillektomie beidseitig, Antibiose, NSAIR,
8	13	w	Lymphadenitis colli, Retropharyngealabszess,	1 Tag	1	Profunde zervikal links, supraklavikulär,	37 mg/l 12,92 /nl	Transzervikale Exploration mit Antibiose, Rezidiv: Abszessspaltung mit veränderter Antibiose, NSAIR,
9	4	w	Leichtes Trauma, gestolpert, Mikropapille, Pendelnystagmus,	4 Tage	1	Profunde Zervikale Waldeyer Rachenring		Körperliche Schonung, NSAIR, Kontrolle,
10	11	w	Minitrauma, leichter Sturz beim Skifahren	1 Tag	1			Körperliche Schonung, Ruhigstellung mit Henßge-Krawatte, lokale Wärmeanwendung, NSAIR, Kontrolle,
11	13	w	Minitrauma, Sturz im Schulsport)	3 Tage	2			Körperliche Schonung, Ruhigstellung mit Aspenkrawatte für 6 Wochen, NSAIR; spontane Reposition, Kontrolle,

Tabelle 3: Übersicht klinische Daten der Patienten mit AARS, Aktenauswertung, (n=3) mit Reposition

Patienten Nr.:	Alter bei Diagnose	Geschlecht	Ätiologie	Zeit bis zur Diagnosestellung	Einteilung nach Fielding	Lymphknote	CRP mg/l Leukozyten (4,0-10,0/nl)	Therapie
1	10	w	Minitrauma (Rolle rückwärts im Schulsport) 11/2011	13 Wochen	4			<ol style="list-style-type: none"> 1. Geschlossene Reposition mit anschließender Aspenkrawatte 02/2012 2. Geschlossene Reposition in Narkose mit anschließendem Halofixateur 03/2012 3. offene Reposition mit Fadentransfixation und Halofixateur für 6 Wochen, NSAIR, 03/2012
2	12	w	Idiopathisch, zunehmende Cephalgie während der Hausaufgaben mit rechtsseitigem Torticollis, bei persistierender Hypakusis rechts, Diagnosen: temp. auditorische Neuropathie, V.a. somatoforme Hörstörung Z.n. Tonsillektomie u. Adenotomie, Parazentese und Paukenröhrchen, Z. n. Torticollis, erster mit 10 Jahren (06/2009, 11/2009, 12/2009, 05/2011)	1 Jahre und 5 Monate	2		7,1 mg/l 19,7 nl	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ruhigstellung mittels Halswickel und NSAIR beim ersten Torticollis. 2. Geschlossene Reposition in Narkose und Philadelphiaorthese für 1 Woche, begleitend NSAIR nach Rezidiv.
4	4	w	Leichter Sturz auf das Gesäß, zuvor Infekt der oberen Luftwege	4 Tage	2			<p>Reposition in Narkose und Stiffneckanlage für einen Tag, NSAIR, anschließend Aspenkrawatte für 6 Wochen. Zwei Tage später Rezidiv, erneute Reposition in Narkose und Aspenkrawatte.</p>

Tabelle 4: Klinische Daten Patienten, Aktenauswertung, Schmerz, Torticollis, Muskelhartspann, Bewegungseinschränkungen (n=11):

Patient	Torticollis nach:	Schmerzlokalisation	Schmerzen bei Bewegung	Ruhschmerz	Muskelhartspann M. sternocleidomastoideus	Eingeschränkte Rotation der HWS
1	rechts	/	ja	ja	/	ja
2	rechts	Zervikal links, frontal bis Clavicula, dorsal bis Skapula	ja	ja	ja	ja
3	links	Hals / Nacken	ja	ja	ja	ja
4	links	Hals / Nacken	ja	ja	ja	ja
5	rechts	Zervikal rechts	ja	ja	/	ja
6	rechts	Zervikal rechts	ja	ja	ja	ja
7	rechts	Zervikal rechts	ja	ja	/	ja
8	links	Zervikal links	ja	ja	ja	ja
9	ja	/	/	/	Keine Angaben	Keine Angaben
10	rechts	Einschießender Schmerz HWS mit Ausstrahlung linke Schulter	ja	ja	ja	ja
11	rechts	Nacken	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	ja

3.2 Diagnostik

Bei neun Patienten erfolgte die Diagnosestellung innerhalb von 14 Tagen, bei zwei Patienten zeigte sich ein deutlich verlängerter Diagnosezeitraum. Eine Patientin hatte im November 2011 eine fixierte AARS beim Schulsport erlitten. Die exakte Diagnose einer AARS (Typ 4 nach Fielding) wurde im Februar 2012 im Universitätsklinikum Regensburg gestellt. Somit beträgt der Zeitraum der Diagnosestellung bei diesem Patienten 13 Wochen. Bei der zweiten Patientin, war ein exakter Zeitraum schwer zu ermitteln. Erste dokumentierte Befunde von einer AARS stammen von Juni 2009, in

einem auswärtigem Krankenhaus. Weitere dokumentierte klinische Symptome, einschließlich Torticollis, sind von 11/2009 und 12/2009. Das letzte dokumentierte Ereignis ist vom Mai 2011, am Universitätsklinikum Regensburg. Hier erfolgte eine eindeutige Zuordnung zu einer AARS. Der Zeitraum der Diagnosestellung beträgt hier ein Jahr und fünf Monate und ist somit der längste. Statistisch beträgt die mittlere Zeitspanne 8,6 Wochen ($\pm 20,9$ Wochen). Der Median, als zentrale Lage der Verteilung, liegt bei einer Woche (siehe Tabelle 2 und 3).

Für die primäre Diagnostik wurden konventionelle Röntgenaufnahmen der HWS bei fünf Patienten angefertigt. Zusätzlich wurden bei sieben Patienten für die initiale Diagnostik ein CT durchgeführt. Vier Patienten erhielten nur eine CT-Darstellung. Vier Patienten erhielten neben dem CT auch ein MRT. Bei fünf Patienten wurden nur Schnittbilder mittels MRT zur initialen Diagnostik angefertigt (siehe Abbildung 9).

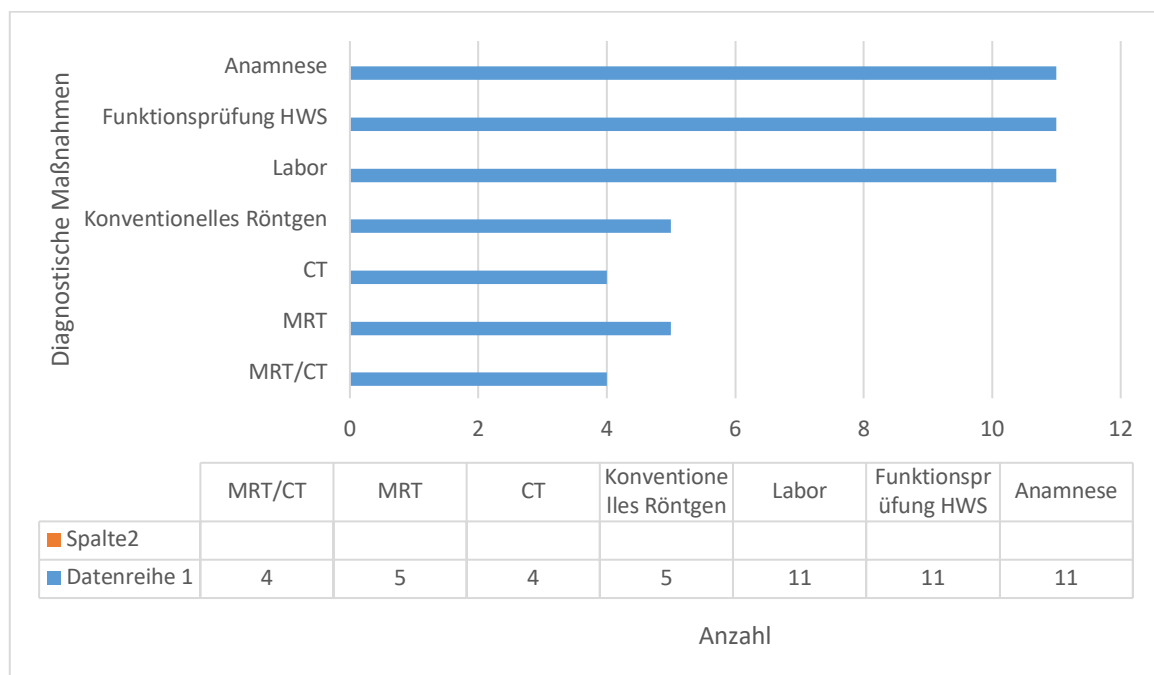


Abbildung 9: Verteilung Diagnostische Maßnahmen

Zur Verlaufsbeurteilung wurden neben der Auswertung von klinischen Daten auch bildgebende Verfahren angewendet. Dabei erhielten sechs Patienten Schnittbildaufnahmen mittels MRT. Insgesamt wurden 14 MRT ausgeführt. Ein Patient erhielt sechs MRT in einem Zeitraum von zwei Jahren, da sich die entzündlichen Veränderungen im engen Kontakt zur A. carotis und der Halswirbelsäule befanden. Drei MRT wurden bei einem Patienten (Nr. 4) mit chronischem Verlauf nach dreimaliger Reposition angefertigt. Zusätzlich erfolgte bei diesem Patienten eine Kontrolle mit insgesamt vier konventionellen Röntgenaufnahmen. Patient Nr. 1 erhielt neben zwei MRT zwei konventionelle Röntgenaufnahmen und ein Low dose CT zur Stellungskontrolle. Bei weiteren drei Patienten (Nr. 8, 9, 11) wurden jeweilige ein MRT zur Kontrolle nach Reposition durchgeführt (siehe Abbildung 10).

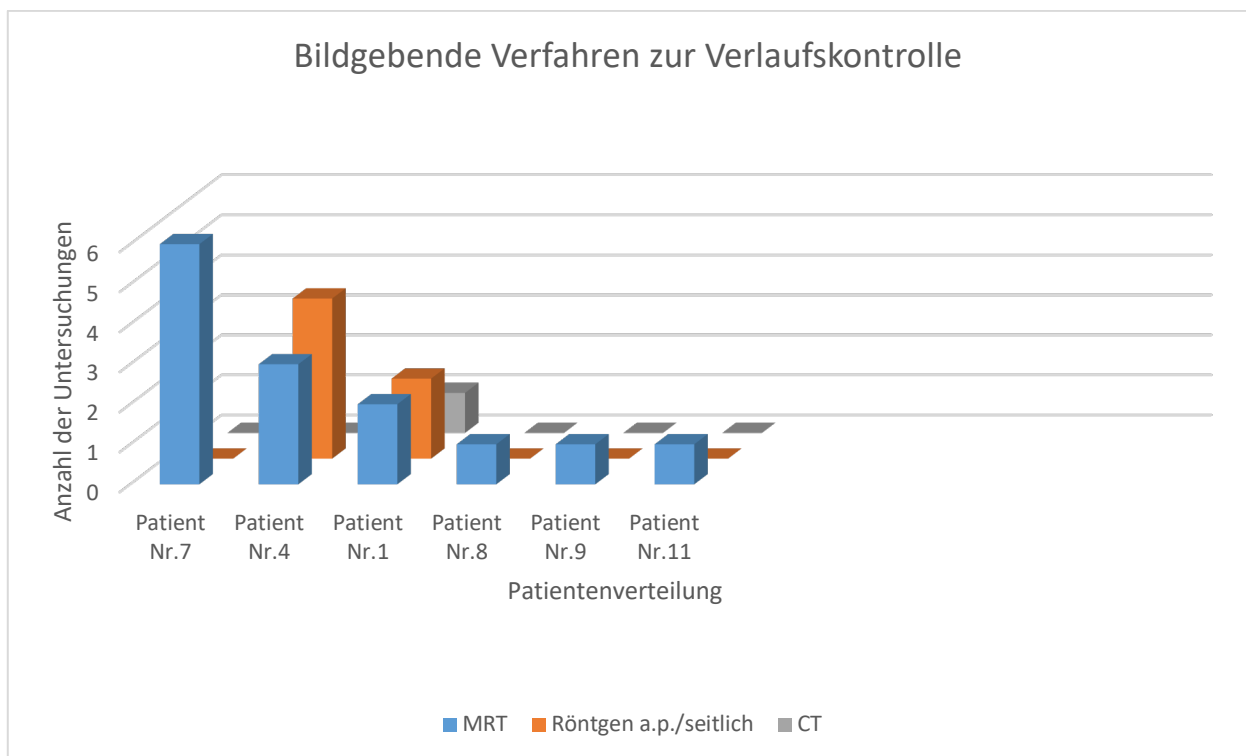


Abbildung 10: Verteilung Bildgebende Verfahren

3.3 Klassifikation nach Fielding

Nach der Klassifizierung nach Fielding, wurden in dieser Arbeit sieben Patienten mit Typ 1, drei Patienten mit Typ 2 und ein Patient mit Typ 4 eingestuft. Bei neun Patienten bestand eine akute AARS und bei zwei Patienten eine chronische AARS mit einer Symptombdauer von mehr als vier Wochen (siehe Abbildung 11).

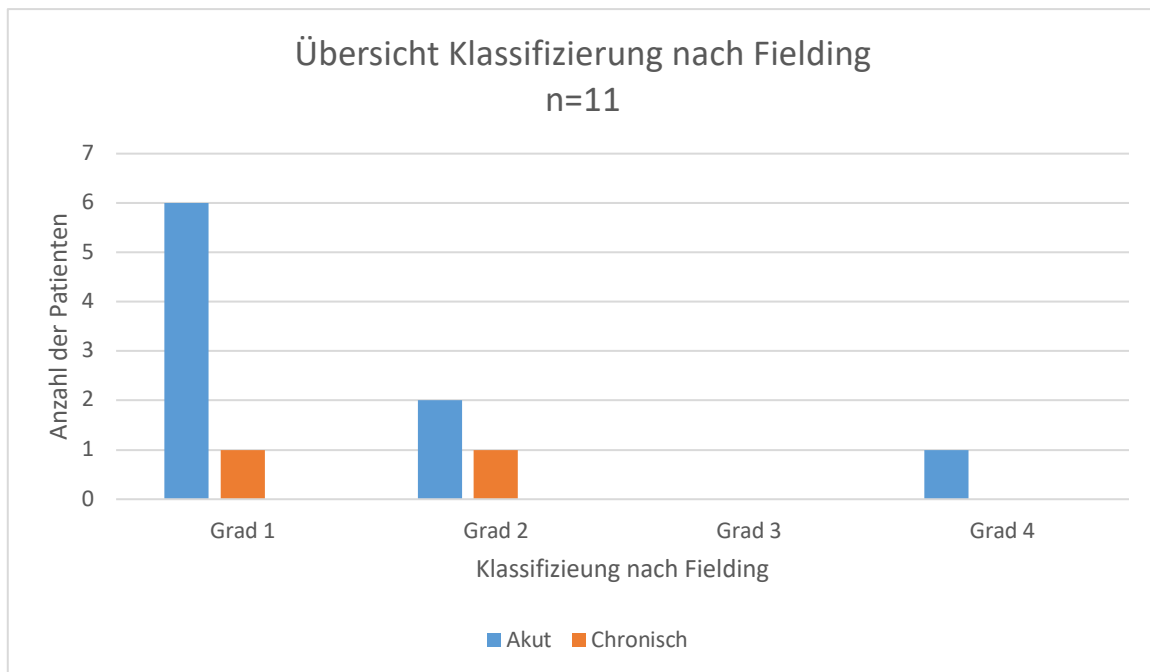


Abbildung 11: Klassifizierung nach Fielding

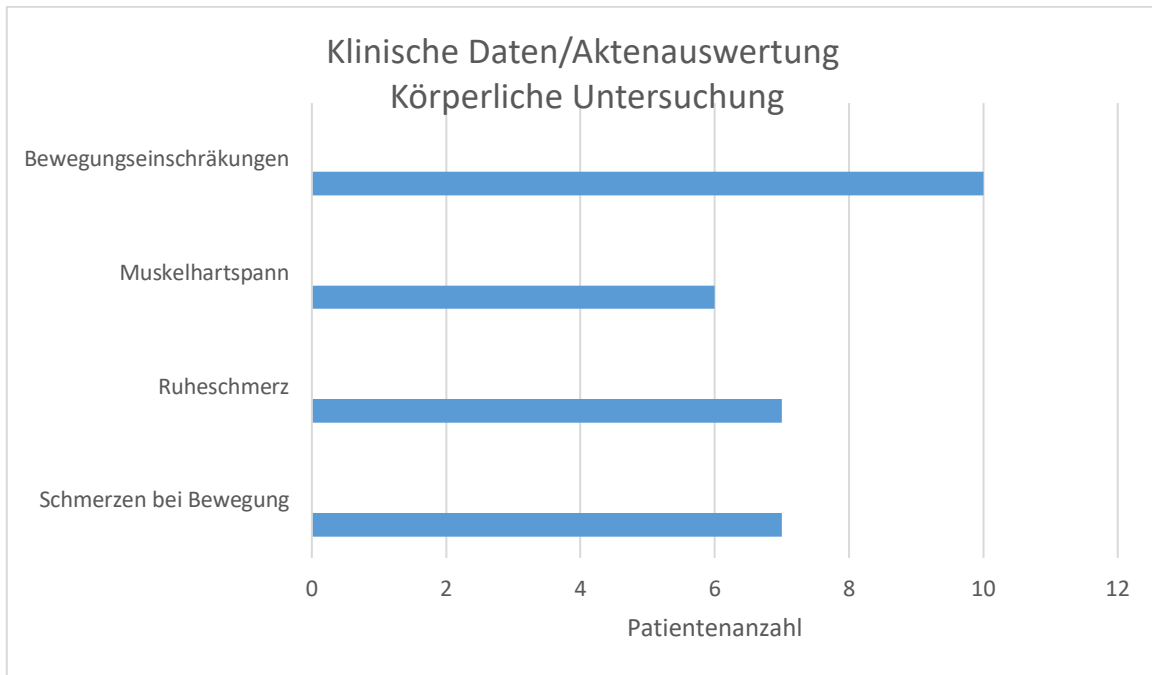


Abbildung 12: Ergebnisse Körperliche Untersuchung

3.4 Therapie

Acht von elf Patienten wurden mit einer Basistherapie ohne Reposition behandelt (siehe Abbildung 14). Alle Patienten erhielten als Basistherapie eine bedarfsgerechte Analgesie mittels NSAR. Zusätzlich wurde bei einem Patienten ein Halswickel aus weichen Bandagen angebracht. Bei zwei Patienten erfolgte eine Ruhigstellung mittels zervikalen Orthesen. Zur Anwendung kamen einmal eine Stiffneck-Versorgung für 24 Stunden und eine Heißgekratte ohne Zeitvorgabe. Unter der Basistherapie war bei acht Patienten eine Spontanreposition eingetreten. Zwei Patienten hatten erst nach geschlossener Reposition in Narkose wieder eine regelrechte Artikulation zwischen C1 und C2. Bei einem Patienten war eine offene Reposition und interne Fixation erforderlich (siehe Abbildung 13). Bei fünf Patienten erfolgte eine HNO-chirurgische Intervention bei begleitender Tonsillitis bzw. Abszess im Rachenraum (siehe Abbildung 14).

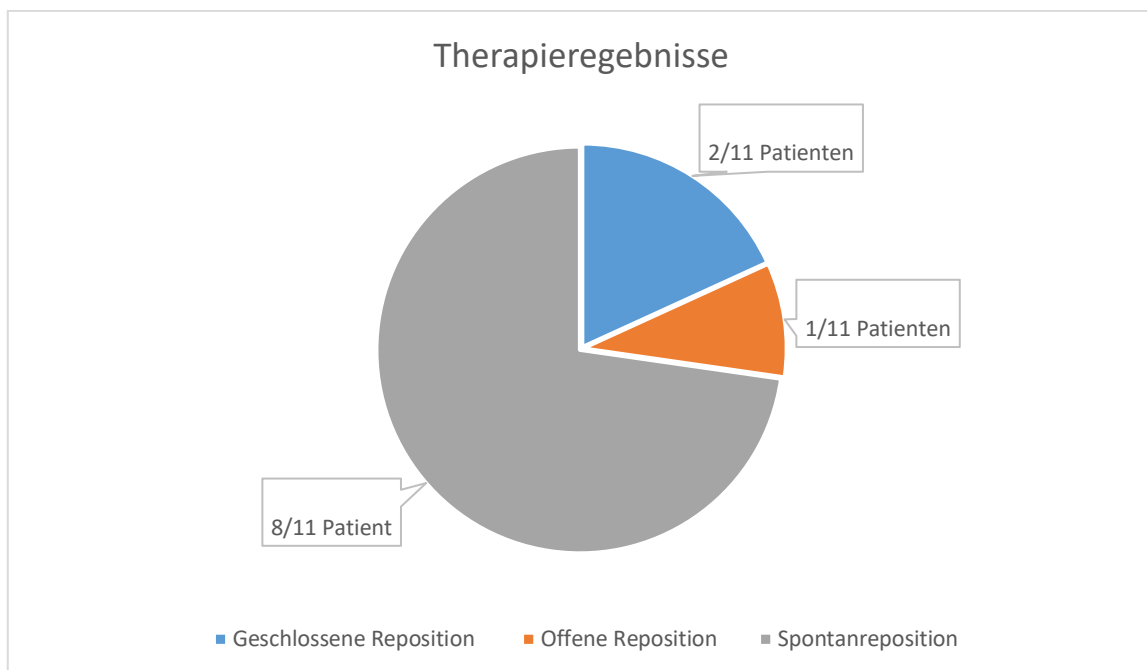


Abbildung 13: Übersicht Therapieergebnisse

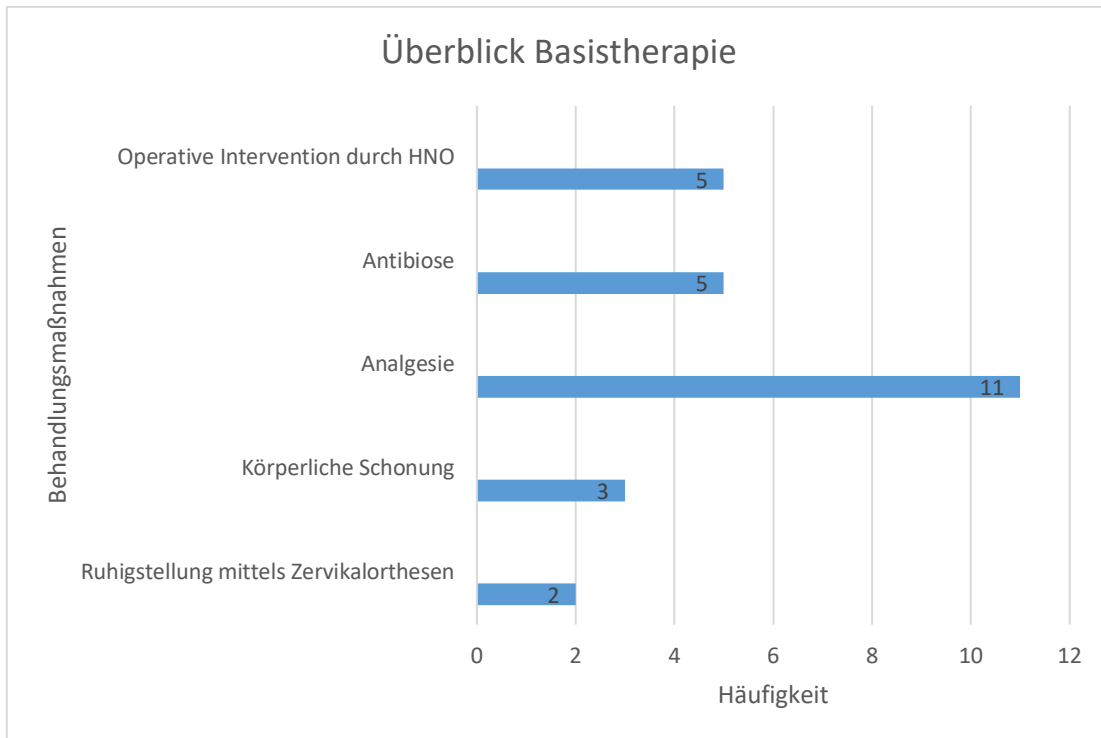


Abbildung 14: Übersicht Basistherapie

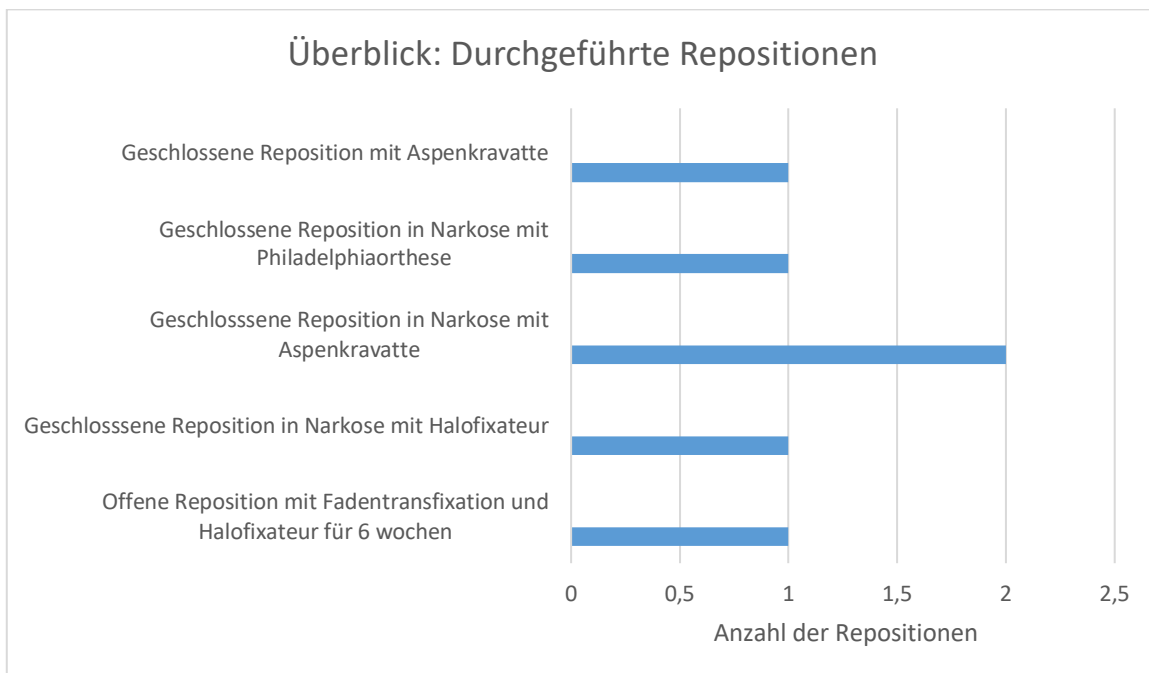


Abbildung 15: Übersicht über die durchgeführten Repositionen

Eine von elf Patienten musste nach dreifachem Rezidiv mit einer offenen Reposition behandelt werden. Dazu wurde ein nicht resorbierbarer Flechtgarn transossär durch den Atlasbogen gestochen und an den kontralateralen Bogen von HWK C2 geknotet (siehe Abbildung 15). Dadurch wurde eine Transfixation von C1/C2 erzeugt und die Rotationsstellung von HWK 1 ausgeglichen. Nach der Fadentransfixation wurde ein Halo-Fixateur für sechs Wochen angelegt. Die Verlaufskontrolle nach vier Wochen zeigte eine regelrechte Artikulation. Das Bewegungsausmaß der Rotation lag bei 20°-0°-20°. Die zweite Nachuntersuchung (12 Wochen post OP) zeigte ebenfalls eine regelrechte Artikulation. Zwei Jahre später hatte die Patientin ein physiologisches Bewegungsausmaß der Rotation von 60°-0°-60°, bei regelrechter Artikulation und Beschwerdefreiheit. Die Rotation im Segment C1/C2 lag bei 20°-0°-20°. Die Fadentransfixation hatte offensichtlich im Verlauf nachgegeben.

3.4.1 Chronischer Verlauf

Bei zwei Patienten zeigte sich ein chronischer Verlauf. Bei der Patientin Nr. 1 kam es zu drei Rezidiven eines ARRS mit einer Gesamtdauer von fünf Monaten. Erst nach einer Symptombdauer von drei Monaten mit schmerzhaftem Torticollis ohne sensomotorischen/neurologischen Defizit, zeigte sich im CT mit 3D-Rekonstruktion eine AARS mit einer Rotation des Atlas, um den Dens Axis von 45° nach links. Der Atlas war linksseitig nach ventro-kaudal ohne Translation verschoben. In Allgemeinnarkose erfolgte eine Reposition mit Anlage einer Aspenkrawatte. Drei Tage später zeigte sich ein erneutes Rezidiv. Die erneut durchgeführte Stellungskorrektur konnte keinen anhaltenden Therapieerfolg hervorbringen, sodass eine Indikation zur offenen Reposition gestellt wurde. Es erfolgte eine intraoperative Reposition, die mittels Fadentransfixation gestellt und gesichert wurde.

Bei der zweiten Patientin zeigte sich ein deutlich längerer Verlauf von 17 Monaten mit vier Rezidiven. Das erste Ereignis eines ARRS war im Juni 2009. Danach kam es zu einer leichten spontanen Besserungen der Kopfpositionen. Im November 2009 verschlechterte sich die Situation und ein Rezidiv eines ARRS trat ein. Durch Ruhigstellung und NSAIR trat eine Besserung der Symptome ein. Im Dezember 2009 ein erneutes Rezidiv, welches mit Ruhigstellung und NSAIR behandelt wurde. Das

vierte Rezidiv war Mai 2005. Hier erfolgte eine zeitnahe geschlossene Reposition in Narkose und anschließende Versorgung mittels Philadelphiaorthese.

3.5 Nachuntersuchung

In die Auswertung der Nachuntersuchung gehen acht Patientendaten ein. Diese setzen sich wie folgt zusammen: sechs Patienten mit klinischer und manualmedizinischer Nachuntersuchungen und Interviews und Fragebögen, zwei Patienten telefonisch befragt und Fragebögen.

Die Anzahl der Patienten im Follow-up liegt somit bei den klinischen und manualmedizinischen Nachuntersuchungen bei 6 Patienten und bei den Fragebögen bei 8 Patienten. Die Nachuntersuchung und Befragung erfolgte im Durchschnitt nach 4,3 Jahren ($\pm 4,6$ SD).

3.5.1 Anamnese

In der Befragung gaben alle acht Patienten an, keine aktuellen Beschwerden in der HWS zu haben. Vier Patienten gaben wiederkehrende Beschwerden nach dem Erstereignis an. Diese gliedern sich auf, in muskuläre Verspannungen (n=2), Kopf-Nackenschmerzen (n=2), unangenehmes Druckgefühl im Bereich der oberen HWS (n=1) und eine Überempfindlichkeit im Hals-Nackenbereich (n=1). Zwei von acht Patienten berichteten über Rezidive. Sechs Patienten betreiben sportliche Aktivitäten 1-2 mal pro Woche.

3.5.2 Klinische Nachuntersuchung

Bei der klinischen Inspektion im Stehen zeigten drei Patienten eine Haltungsauffälligkeit. Bei zwei Patienten zeigte sich eine Steilstellung der HWS. Kennzeichen dafür waren eine Reduktion der HWS/LWS Lordose und BWS Kyphose. Eine vermehrte Kypholordose wies ein Patient auf. Hier ist die HWS/LWS Lordose und die BWS Kyphose vermehrt. Der Haltungstest nach Matthiaß war bei dem Patienten mit der Kypholordose auffällig. Der Patient konnte sich zunächst aktiv aufrichten, sank aber innerhalb der 30 Sekunden in eine Rumpfrückenlage mit Verstärkung der BWS Kyphose und LWS Lordose. Nach Matthiaß entspricht das einer Haltungsschwäche Grad 1. Bei der Palpation der Wirbelsäule gaben zwei Patienten Schmerzen im Bereich der Brustwirbelsäule an. Ein Patient hatte einen Klopfschmerz über dem siebten BWK (Visuelle Analoge Schmerzskala: 7). Der

andere Patient hatte paravertebralen beidseitigen Druckschmerz in der mittleren BWS (VAS: 2). Bei vier Patienten waren keine Auffälligkeiten. Die neurologische Nachuntersuchung gestaltete sich bei allen Patienten (n=6) als unauffällig. Unter den untersuchten Patienten befand sich kein Patient mit primären neurologischen Symptomen.

3.5.2.1 Bewegungsprüfung

Die Bewegungsprüfung der HWS erfolgte mittels Messung nach der Neutral-Null-Methode. Für die Auswertung wurden folgende Normalwerte als Grundlage verwendet: Rotation rechts/links 60° - 0° - 60° , Dorsalextension/Ventralflexion 70° - 0° - 45° , Lateralflexion 40° - 0° - 40° . Die Tabelle Nr.5 gibt einen Überblick über die Normwerte und die Mittelwerte der erreichten Bewegungen. Weiterhin ist der Patientenanteil mit Bewegungseinschränkung angegeben. Die letzte Spalte zeigt den Patientenanteil, der mehr als 50% des Normalwertes erreichen konnte. Nach Illgner et al. entspricht das einer befriedigenden Beweglichkeit (Illgner et al. 1989).

Tabelle 5: Übersicht Messwerte Bewegungsausmaß (n=6)

n		Mittelwerte	Normwerte	Anteil der Patienten mit Bewegungseinschränkungen	Anteil der Patienten (n) mit >50% des Normalwertes
6	Ventralflexion	44°	45°	-	6/6
6	Dorsalextension	63°	70°	-	6/6
6	Lateralflexion nach rechts	36°	45°	1/6	6/6
6	Lateralflexion nach links	36°	45°	1/6	6/6
6	Rotation nach rechts	55°	60°	3/6	6/6
6	Rotation nach links	58°	60°	3/6	6/6

Fünf Patienten zeigten eine normwertige Ventralflexion und Dorsalextension. Dabei lag das Ausmaß für die Dorsalextension zwischen 60°-70°. Die Ventralflexion lag bei diesen fünf Patienten normwertig zwischen 40°-50°. Ein Patient zeigte Werte für die Dorsalextension/Ventralflexion an der Grenze der Normwerte (50°-0°-35°). Dieser Patient wies auch eingeschränkte Werte bei der Lateralflexion (25°-0°-25°) auf. Zusätzlich gab er Schmerzen im Verlauf des M. sternocleidomastoideus rechts mehr wie links an. Die Lateralflexion zeigte sich bei den anderen fünf Patienten im Normbereich. Eine Einschränkung der Rotation lag bei drei Patienten vor. Ein Patient mit einer Rotation von: rechts/links, 45°-0°-50°. Dieser Patient hatte auch Einschränkungen bei den anderen Bewegungsrichtungen. Der zweite Patient konnte eine Rotation von: rechts/links 40°-0°-50° vorweisen. Der dritte Patient zeigte eine Rotation von: rechts/links 50°-0°-50° (siehe Tabelle 5). Trotz der vorhandenen Bewegungseinschränkungen, war die Beweglichkeit nach der Einteilung von Illinger et al. bei allen Patienten befriedigend (Illgner et al. 1989).

Tabelle 6: Übersicht Auswertung Klinische Nachuntersuchung (n=6)

Patienten Nr.:	Inspektion im Stehen Haltungstest nach Matthiaß	Palpation Muskulatur Wirbelsäule Analoge Schmerzskala	Neurologische Untersuchung HWS /Obere Extremität: Sensibilität Kraft (5/5) Reflexe (BSR, TSR, RPR)	Dorsal-extension/ Ventral-flexion Normwert: 70°-0°-50°	Lateralflexion rechts/links Normwert: 45°-0°-45°	Rotation rechts/links Normwert: 60°-0°-60°
1	Geradstellung der WS mit reduzierte HWS/LWS Lordose und verminderter BWS Kyphose. Haltungstest nach Matthiaß unauffällig.	Muskulärer Hartspann M.trapezius	unauffällig	70-0-40°	40-0-40°	60-0-60°
4	unauffällig	unauffällig	unauffällig	70-0-45°	40-0-40°	60-0-60°
6	unauffällig	Klopfschmerz Dornfortsatz 7. BWK, Schmerzskala Grad 6	unauffällig	50-0-35°	25-0-25° Schmerzen im Bereich M.sternocleidomastoideus re > li	45-0-50°
7	Geradstellung der WS mit reduzierte HWS/LWS Lordose und verminderter BWS Kyphose. Haltungstest nach Matthiaß unauffällig.	Druckschmerz paravertebral mittlere BWS Grad 2	unauffällig	70-0-50°	35-0-35°	40-0-50°

8	unauffällig	unauffällig	unauffällig	60-0-45°	40-0-40°	60-0-60°
10	Vermehrte Kypholordose mit verstärkter BWS- Kyphose bei verstärkter LWS /HWS- Lordose. Haltungstest nach Matthiaß auffällig.	Muskulärer Hartspann M.trapezius	unauffällig	60-0-40°	40-0-40°	50-0-50°

3.5.3 Manualmedizinische Nachuntersuchung der oberen HWS

Im Rahmen der Nachuntersuchung gaben drei Patienten Schmerzen an. Diese traten bei der Ventralflexion auf und nahmen in der Rotation zu. Die Symptome stellten sich bei zwei Patienten als ein muskuläres Ziehen im Verlauf des M. trapezius descendens dar. Zusätzlich beschrieb ein Patient neben dem muskulären Ziehen auch Schmerzen (Analoge Schmerzskala Grad 4) im Bereich des M. trapezius descendens.

Die segmentale Funktionsprüfung der Lateralflexion nach Bischoff war bei allen Patienten unauffällig (Bischoff und Moll 2011). Die Prüfung der segmentalen Rotation zeigte sich bei zwei Patienten auffällig. Hier zeigte sich eine sofortige Mitbewegung des Processus spinosus von C2. Es ist ein erster Hinweis auf eine reversiblen segmentale rotatorischen Bewegungseinschränkung (Gelenkblockade) im Segment C1/C2. Der erste Patient (Nr. 4) hatte eine akute AARS Typ 2 nach Fielding. Er wurde zeitnah in Narkose geschlossen reponiert. Nach zwei Tagen erlitt er ein Rezidiv und es erfolgte eine erneute Reposition in Narkose mit Rühigstellung in Aspenkrawatte. Der zweite Patient (Nr. 7) hatte eine akute AARS Typ 1 nach Fielding und wurde konservativ ohne Reposition behandelt.

Bei drei Patienten konnten segmentale Irritationspunkte in Ruhe mit vermehrter Nozizeptorenaktivität im Bereich von C1 und C2 diagnostiziert werden. Darunter

befanden sich die zwei Patienten (Nr.4, 7), welche in der segmentalen Prüfung der Rotation Symptome einer Gelenksblockade zeigten. Die zusätzlich ausgeübte Bewegung in alle drei Hauptrichtungen löste, bei der Rotation nach rechts, eine Zunahme des schmerzhaften Hypertonus im Bereich von C1 und C2, bei diesen zwei Patienten aus. Diese Zunahme der druckbedingten Schmerzhaftigkeit ist manualtherapeutisch als eine blockierte Bewegung der Rotation (Segment C1/C2) nach rechts zu bewerten. Es bestätigt somit den ersten Verdacht einer vorliegenden Gelenksblockade von C1 und C2, bei den Patienten Nr. 4 und 7. Bei einem Patienten nahmen die schmerzhaften Irritationspunkte von C1- C3 unter der Bewegung ab. Durch die Abnahme liegt eine freie Rotationsbewegung in den Segmenten C1- C3 vor (siehe Tabelle 7 und Abbildung 16).

Der muskuläre Tastbefund zeigte bei vier Patienten Veränderungen. Hauptsymptom war ein Schmerz aufgrund muskulärem Hypertonus. Betroffen war der Mm. trapezius Pars descendens und paravertebral (HWS). Drei Patienten konnten dazu lokale schmerzhafteste Maximalpunkte (Triggerpunkte) angeben. Diese lokalisierten sich auf die gesamte HWS (siehe Tabelle 7).

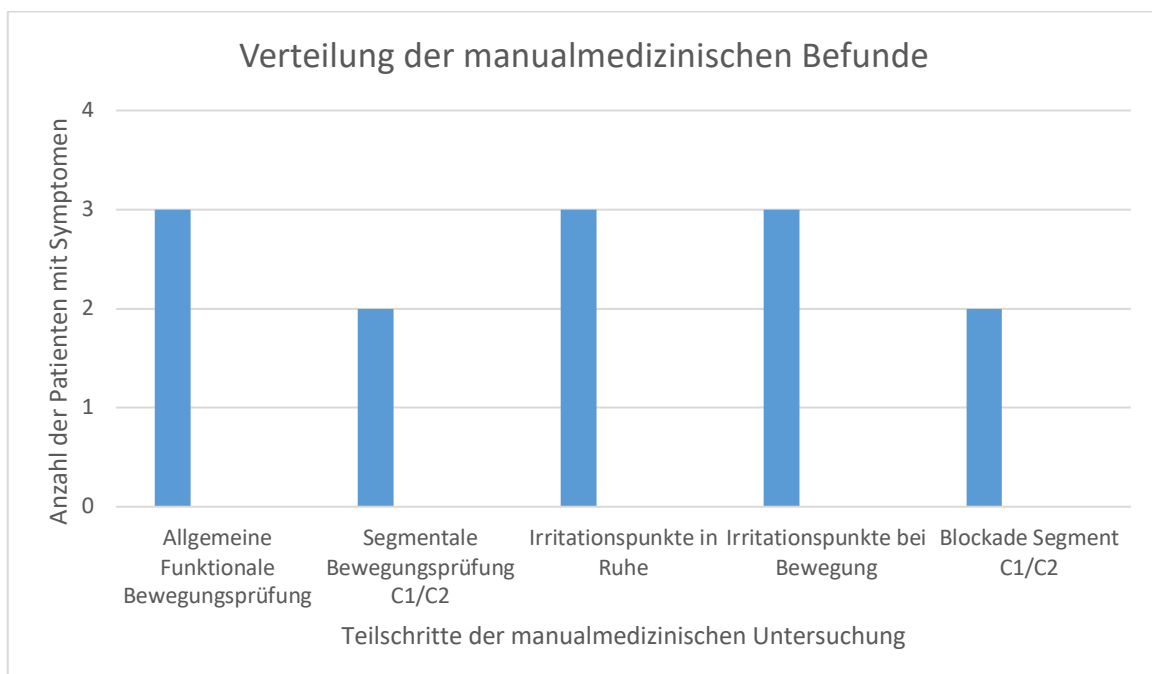


Abbildung 16: Verteilung der Befunde in der manualtherapeutischen Untersuchung

Tabelle 7: Übersicht Auswertung manualmedizinische Nachuntersuchung nach Bischoff der oberen Halswirbelsäule, (n=6):

Patienten Nr.:	Funktionale Bewegungsprüfung der Rotation bei maximaler Anteflexion C1/C2)	Segmentale Bewegungsprüfung der Rotation nach links und rechts von C1/C2	Segmentale Bewegungsprüfung der Lateralflexion nach links und rechts von C1/C2	Irritationspunkte in Ruhe Linea Nuchae C2- C6 Processus transversus C1	Irritationspunkte bei Bewegung (Funktionelle segmentale Irritationspunktdiagnostik)	Tastbefund: Paravertebral HWS, Mm. Trapezius Pars descendens	Bemerkungen der Patienten
1	Muskuläres Ziehen Bereich des M. trapezius descendens bei Rotation nach rechts	/	/	/	/	/	/
4	/	Sofortiges Mitbewegen Processus spinosus C2 nach rechts	/	C1/C2 re > li schmerzhafter Hypertonus	C1/C2 schmerzhafter Hypertonus bei Rotation nach rechts C2 bis C6, wird als unangenehm empfunden bei Rotation beidseitig, Zunahme des muskulären Tonus	/	Ständiges Tragen eines Schals, Gefühl das HWS sehr empfindlich ist, unangenehmes Druckgefühl im Nacken beim Zähneputzen.
6	Muskuläres Ziehen im Bereich des M. trapezius descendens bei Rotation nach rechts	/	/	/	/	Muskelhartspann paravertebral rechts, schmerzhafteste Maximalpunkte in Höhe C3-C4, hoher Muskeltonus gesamter Bereich Mm. Trapezius Pars descendens	Intermittierende Zervikale Verspannungen mit Kopfschmerzen. Starke muskuläre Beanspruchung des Nackens und Schultergürtels im Beruf.
7	Schmerzen Grad 4 im Bereich des M. trapezius descendens „zahnradartige“ Bewegungsausführung	Sofortiges Mitbewegen des Processus spinosus C2 Nach rechts	/	C1/C2 beidseitiger Schmerzhafter Hypertonus	C1/C2 schmerzhafter Hypertonus bei Rotation nach rechts	Muskelhartspann paravertebral rechts (HWS), schmerzhafter Maximalpunkt in Höhe C2	Intermittierende Zervikale Verspannungen mit Kopfschmerzen.

8	/	/	/	/	/	Muskelhartspann beidseitig paravertebral obere HWS	/
10	/	/	/	C1-C3 rechts > links, schmerzhafter Hypertonus	C1-C3 Abnahme des schmerzhaften Hypertonus	Muskelhartspann paravertebral beidseitig (HWS), schmerzhafte Maximalpunkte C6-C7	Erneuter Torticollis nach rechts vor ca. 3 Jahren, Dauer ca. 14 Tage, spontaner Heilungsverlauf.

3.5.4 Fragebögen

3.5.4.1 Pediatric Quality of Life Inventory

In der Auswertung konnten alle acht Fragebögen vollständig verwendet werden. Bei $n=8$ liegt der Mittelwert bei 98,87 mit einem Minimalwert von 93,75 und einem Maximalwert von 100.

Bei der Berechnung des Psychosocial Health Summary Score wurden die Fragen aus den drei Kategorien: Probleme mit Stimmung/Gefühlen, im Umgang mit Anderen, bei der Arbeit/Studium/Schule verwendet. Bei $n=8$ liegt der Mittelwert bei 94,78 mit einem Minimum von 83,33 und einem Maximum von 100.

Die Auswertung des Total Scale Score ergibt einen Mittelwert von 95,10 mit einem Minimum von 86,95 und einem Maximum von 100.

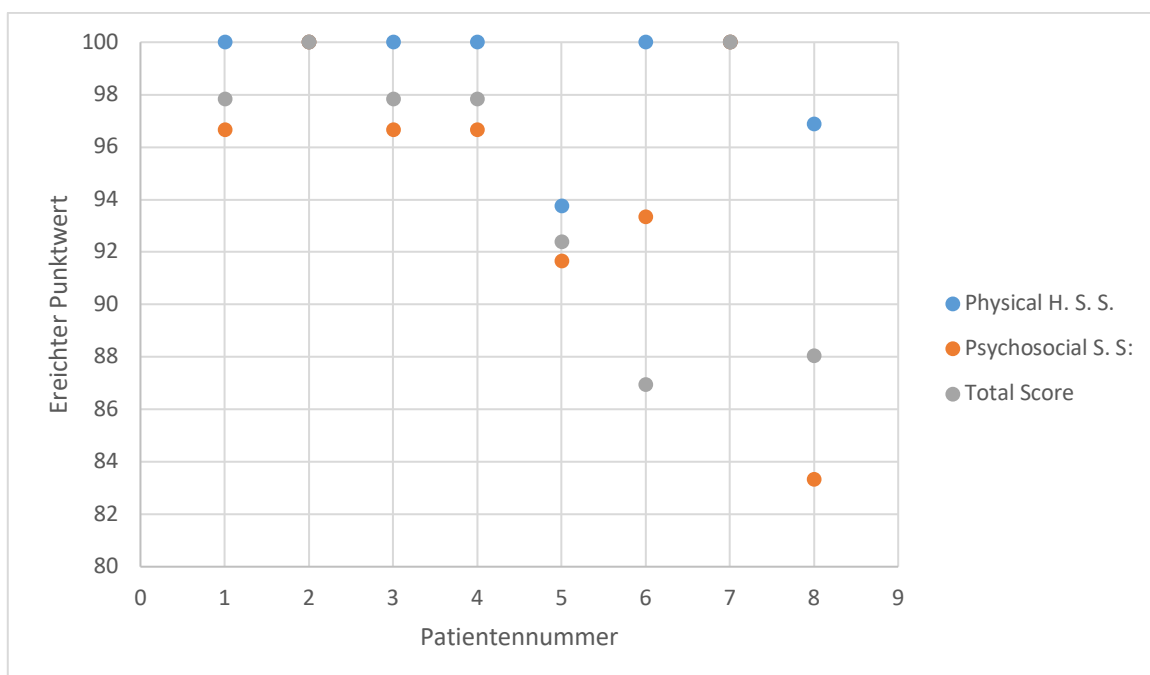


Abbildung 17: Verteilung der Punktwerte des Physical H. S. Score, Psychosocial S. Score und Total Score, ($n=8$) Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQL) 4.0 Generic Core Scales

3.5.4.2 Spine Tango COMI Fragebogen

Die Auswertung des Spine Tango Fragebogen (n=8) brachte folgendes Ergebnis hervor: Fünf Patienten gaben an keine Beschwerden zu haben. Zwei Patienten hatten Schmerzen im Nacken mit einer Intensität von 1 (0 keine Schmerzen, 10 stärkste Schmerzen). Ein Patient gab Schmerzen im Arm-Schulterbereich an, mit einer Intensität von 2. Zwei von acht Patienten gaben an, durch die vorhandenen Schmerzen ein wenig beeinträchtigt zu sein. Ihre Lebensqualität beurteilten vier Patienten mit sehr gut und vier Patienten mit gut. Alle acht Patienten gaben an, keine Einschränkungen im Alltag oder bezüglich der Arbeit in den letzten vier Wochen gehabt zu haben. Weiterhin hatten alle acht Patienten einen komplikationsfreien Heilungsverlauf und keine weitere Operation an der HWS. Sechs Patienten waren mit der Behandlung in der Universitätsklinik sehr zufrieden und ein Patient etwas zufrieden. Auf die letzte Frage, ob die Behandlung geholfen habe, antworteten fünf mit „sehr“ und zwei mit „gehoffen“.

4 Diskussion

Das klinische Erscheinungsbild eines erworbenen Torticollis tritt häufig auf. Schwarz et al. beschreibt den erworbenen Torticollis als kurzzeitige und sich schnell regulierende Erscheinung (Schwarz et al. 2000). Nur wenige Patienten entwickeln eine komplizierte Verlaufsform, mit einer AARS (Mezue et al. 2002; Karkos et al. 2007; Baumann et al. 2015). Nach einer Untersuchung von Ballock sind von allen Torticollis- Patienten nur 0,7% mit einer AARS betroffen und dies stellt somit eine seltene Komplikation dar (Ballock und Song 1996). Diese erste und ältere Bewertung von Ballock und Song wird auch in der jüngeren Literatur bestätigt. Die Datenlage in der Literatur ist spärlich. Es existieren nur wenige Arbeiten mit mehr als 10 Patienten. Die wichtigsten Publikationen, die sich mit Therapie und Outcome nach AARS beschäftigen, stammen von Pang (n=35), Wang (N=32), Mihara (n=35), Subach (n=20) und von Glotzberger mit 15 untersuchten Patienten (Subach et al. 1998; Mihara et al. 2001; Pang und Li 2005a; Wang et al. 2016; Glotzbecker et al. 2014).

Pang untersuchte in einer prospektiven Studie 50 Kinder mit einem schmerzhaften Torticollis. Darunter befanden sich 35 Patienten mit einer AARS ohne neurologische Symptome, nach Fielding waren acht Patienten mit einem Typ 1, elf Patienten mit Typ 2, zehn Patienten mit Typ 3 und sechs Patienten, die zu keiner Gruppe eindeutig zugeordnet werden konnten und als „Grauzone“ benannt wurden. Alle Patienten hatten Symptome einer AARS, die einige Stunden bis maximal 11 Monate dauerten. Die Autoren unterteilten die Patienten weiterhin zu 12 akuten AARS (Symptombdauer < 1 Monat), sieben zu subakuten AARS (Symptombdauer 1-3- Monate) und 10 Patienten zu einer chronischen AARS (Symptome > 3 Monate). Die Patienten in der „Grauzone“ wurden gesondert betrachtet. Unabhängig von der Symptombdauer erhielten alle 35 Patienten Traktionsbehandlungen in Kombination mit medikamentöser Schmerzbehandlung für maximal drei Monate.

Die akuten und subakuten Patienten erhielten eine „Halter-Traktion“, dagegen die Patienten mit chronische AARS ein Traktion über den Halo-Fixateur. Das Ergebnis dieser Maßnahmen wurden mittels CT kontrolliert. Pang et al. empfehlen bei der akuten und subakuten eine konservative Behandlung mittels Traktion und Schmerzmedikation für maximal drei Monate. Erst bei Rezidiven oder Ausbleiben einer Symptombesserung der AARS, sprechen die Autoren sich für eine operative

Versorgung aus. In dem von Pang et al vorgestellten Patientengut besteht ein Zusammenhang zwischen der Symptombdauer bis zum Behandlungsbeginn und dem Outcome. Des Weiteren besteht in der genannten Studie eine indirekte Korrelation zwischen dem Schweregrad nach der Klassifikation nach Fielding und dem Langzeitergebnis: Dementsprechend hatten die Patienten mit einer Typ 1 Verletzung häufiger einen komplikationsreichen Verlauf mit irreversiblen Rotationsverlust und Notwendigkeit einer operativen Versorgung. Bei der Typ 1-Patientengruppe betrug die Symptombdauer bis zur Diagnosestellung häufiger mehr als 3 Monate. Im Vergleich dazu wurden Patienten mit Typ 3 meist innerhalb eines Monats identifiziert. Eine verzögerte Diagnostik führt in diesen Fällen zu einer Chronifizierung mit Dislokation und Schwächung der Weichteile. Die Rezidivquote war mit 80% bei den chronischen Patienten am größten. Bei den subakuten Subluxationen betrug sie 57% und bei den akuten Verletzungen nur 8%. Die 13 Patienten mit Therapieversagen erhielten alle eine chirurgische Versorgung (dorsale Fusion) und mit Verlust ihrer physiologischen Bewegungsfreiheit (Pang und Li 2005a).

Wang et al. untersuchte retrospektiv 32 Patienten mit einer operativ versorgten AARS in einem Zeitraum von zehn Jahren (2001-2012). Ein Follow up wurde nach einem durchschnittlichen Intervall von 42 Monaten (25-120 Monate) durchgeführt. Wang et al. klassifizierte nach Fielding 28 Patienten mit Typ 3 und vier Patienten mit Typ 4. Die Symptombdauer lag zwischen 1,5 und 12 Monaten (Durchschnitt 5,7 Monate). Der atlanto-axiale Abstand betrug zwischen 8-22 mm (Mittel 11,3 mm). In dieser Studie wurde der *Japanese Orthopaedic Association (JOA) Score* zur Qualifizierung der Myelopathie angewendet (Wada et al. 2018). Acht Patienten zeigten präoperativ eine neurologische Dysfunktion (n=2 mit Dyspnoe), dokumentiert mittels einem JOA-Score von 11,9 Punkten. Postoperativ waren die neurologischen Symptome fast vollständig regredient (JOA 16). Zur Anwendung kamen zwei verschiedene Operationsverfahren. Eine Gruppe (16 Patienten) erhielt eine Stellungskorrektur und eine posteriore Fusion. In der anderen Gruppe (n=16) erfolgte zunächst eine transorale Entlastung. Dabei wurde beidseitig der M. longus colli, M. longus capitis und das Ligamentum longitudinale durchtrennt und das Gelenk arthrolysiert. Im Anschluss erfolgte eine operative Fusion von C1 und C2 von posterior. In der Nachuntersuchung zeigten zwei von den 32 Patienten eine

Komplikation. Ein Patient zeigte einen Monat postoperativ (ohne transorale OP) ein erneutes Rezidiv. Er wurde erneut mittels zusätzlicher transoraler Operation erfolgreich versorgt. Bei dem zweiten Patienten trat Liquor postoperativ aus, was er mittels lumbaler Drainage therapiert wurde. Die Autoren empfehlen beim Vorliegen einer AARS Typ 3 und 4 und bei vorhandener Myelopathie eine operative Versorgung (Wang et al. 2016).

Mihara et al. untersuchten 35 Kinder mit einer AARS nach einem konservativen Therapiemangement. Die Nachuntersuchung erfolgte im Mittel nach 3,4 Jahren. 11 Patienten wurden gleich bei Symptombeginn behandelt, 20 Patienten mit einer Verzögerung von einer Woche und vier Patienten mit mehr als einer Woche. Alle Patienten zeigten zunächst unter der konservativen Behandlung nach 2-3 Wochen eine Remission. Bei neun Patienten trat ein Rezidiv auf, welches ebenfalls erfolgreich konservativ (weiche Halsorthese/Traktionen) behandelt wurde. Für die radiologische Diagnostik wurden der atlanto-axiale Abstand und der atlanto-axiale Winkel in der seitlichen Halswirbelsäulenaufnahme bestimmt. In der a.p.-Röntgenaufnahme wurde die Distanz zwischen der Massae lateralis von Atlas und Dens, sowie die Distanz zwischen den seitlichen Gelenkflächen zwischen Atlas und Axis bestimmt. In dieser Arbeit zeigte sich eine Korrelation zwischen Zeitdauer der Symptome und Rezidivneigung. Diese war am größten in der Gruppe mit einem Behandlungsbeginn nach mehr als einer Woche (Mihara et al. 2001).

In der retrospektiven Untersuchung von Subach et al. von 20 Kindern mit AARS wird der Zusammenhang zwischen Symptombdauer und Inzidenz eines Rezidives bei zunächst konservativer Behandlung beschrieben. Klinische Symptome, Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen und ein CT sicherten die Diagnose der AARS. Im Mittel bestanden die Symptome bis zum konservativen Behandlungsbeginn 11 Tage. Fünf Patienten zeigten nur leichte Symptome und wurden mittels einer weichen Kravatte für vier Wochen immobilisiert. In dieser Gruppe hatte ein Patient ein Rezidiv und wurde nach erfolgloser Traktion fusioniert. In der anderen Gruppe erhielten alle 15 Patienten eine Traktionsbehandlung mit anschließender 12-16-wöchiger Immobilisation. Fünf Patienten mussten schließlich operativ nach einer Technik nach Brooks oder Gallie versteift werden. Die Autoren sehen in einer zeitnahen Diagnosesicherung und möglichst frühem Beginn der konservativen Behandlung einen protektiven Faktor bezüglich der Entwicklung von Rezidiven. Auch

bei chronischen Verläufen empfehlen die Autoren zunächst Traktionsbehandlungen und eine Ruhigstellung mittels Orthese (Subach et al. 1998).

In der vorliegenden Studie der Universitätsklinik Regensburg konnten von 2002 bis 2004 11 Patienten mit einer AARS identifiziert. Das Patientenkollektiv in der vorliegenden Studie setzt sich aus neun Mädchen und zwei Jungen zusammen. Die Geschlechterverteilung in dieser Arbeit zeigt eine Dominanz des weiblichen Geschlechtes. Diese Verteilung deckt sich mit zahlreichen Publikationen in der älteren Literatur (Tscherne 1998). Jüngere Daten sehen kein Überwiegen eines Geschlechtes (Bocciolini et al. 2005). Es gibt keine Erklärungen oder Untersuchungen, ob ein Geschlecht mehrheitlich betroffen ist.

Das Durchschnittsalter in der zugrunde liegenden Arbeit betrug 8,72 Jahre. Ebenso wird in der Literatur fast ausschließlich von Kindern und Jugendlichen berichtet. (Mathern und Batzdorf 1989; Lukhele 1996; Karkos et al. 2007; Deichmüller und Welkoborsky 2011; Glotzbecker et al. 2014). Die AARS ist ein Krankheitsbild, das typischerweise während des Wachstums bei Kindern und Jugendlichen und bei einem Altersgipfel um das neunte Lebensjahr auftritt. Wilson analysierte in einem Review 62 Fälle von AARS. Die betroffenen Patienten waren zu 90% unter 21 Jahren und 62 % im Alter zwischen 5- 12 Jahren (Wilson et al. 1987). Gründe für den Altersgipfel sieht man u.a. bedingt durch Reifungsprozesse und entwicklungsbedingte Besonderheiten der kindlichen Wirbelsäule (Blauth et al. 1998; Schwarz et al. 2000). Die kindliche HWS besitzt einen hohen bindegewebigen Anteil, der eine sehr große Elastizität in der Wirbelsäule ermöglicht. Ein weiter und weniger straffer Kapsel- Bandapparat ermöglicht ein größeres Gelenkspiel, welches sich in einem größeren physiologischen Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule zeigt. Die während des Wachstums flach gestellten Facettengelenke und eine weite, schlaffe Gelenkkapsel stellen somit eine potentielle Gefahr für eine AARS bei Kindern dar (Münch et al. 2005). Diese Tatsache brachte eine Hypermobilität und ligamentäre Laxität der HWS bei Kindern in den Fokus der Ursachenforschung. Weiterhin wird auch eine familiäre Disposition angenommen (Blauth et al. 1998). Fälle von AARS im

Erwachsenenalter werden nur selten in der Literatur beschrieben (Mathern und Batzdorf 1989).

In der Literatur werden viele Ursachen der AARS genannt und teilweise kontrovers diskutiert. Es existieren zahlreiche Theorien, die versuchen eine Erklärung der Zusammenhänge herzustellen. Bis heute besteht keine Einigkeit in der Zuordnung einer spezifischen Ursache.

Das AARS Syndrom tritt häufig nach Infektionen oder Interventionen im Hals-Nasen-Ohrenbereich, spontan oder nach Minitraumen auf (Fielding et al. 1978; Deichmüller und Welkoborsky 2011; Bocciolini et al. 2005; Salpietro et al. 2012). Die umfangreichste Arbeit über epidemiologische Fragen ist ein Review von Karkos. Er analysierte 71 Veröffentlichungen in dem Zeitraum 1950-2005 und konnte 103 Patienten daraus generieren. Seine Auswertungen ergab, dass 48% der Patienten mit AARS eine Infektion im Atemtrakt hatten. Die zweithäufigste Ursache war eine postoperativ eingetretene AARS, meistens nach Adenotonsillektomie (78%) (Karkos et al. 2007).

Einen ersten Zusammenhang zwischen vorhandener Infektion und einer AARS mutmaßte Watson-Jones. Seine Theorie ist, dass die schon vorhandene Infektion im Mund- Rachenbereich, sich auf die Stabilität der Bänder zwischen C1 und C2 auswirkt. Er nahm an, dass das Blut mit Entzündungsmediatoren aus dem Mund und Rachen, auch die Insertionspunkte des Lig. transversum atlantis versorgt. Folge könnte eine lokale Infektion mit erhöhter Laxität der Bänder und Strukturschwächung des Knochens, besonders des Arcus anterior von C1 sein (Watson-Jones 1932; Wetzell und La Rocca 1989). Einen wichtigen Beitrag für die Theorie von Watson-Jones, leistete W. Parke 1984. Er konnte den pharyngo-vertebralen Venenplexus, eine anatomische Verbindung zwischen Mund-Rachenraum und der Halswirbelsäule, identifizieren. Somit fließt bei Patienten mit dieser Variation das venöse Blut aus dem Nasopharynx und dem lateralem Pharynxrecessus in die Venen der oberen HWS (Parke et al. 1984). Eine Verbindung von einer generellen Prädisposition der Kinder und der anatomischen Grundlage des pharyngo- vertebralem Venenplexus wird in der Zwei-Schritt-Hypothese von A. P. Battiatà 2004 hergestellt. Als Grundlage sehen sie die noch unreife und sehr bewegliche Halswirbelsäule bei Kindern. Der Venenplexus als zweiten Schritt stellt ein anatomisches Korrelat dar: Eine Verbindung für die

Verschleppung von Entzündungsmediatoren zwischen Pharynx und HWS wird daraus abgeleitet. Diese Entzündungsmediatoren rufen Entzündungen in den Halsmuskeln hervor, die wiederum mit reaktiven Kontraktionen reagieren und zu einer Subluxation führen (Battiata und Pazos 2004).

In der eigenen Erhebung konnte ein stattgefundenes infektiöses Geschehen in Verbindung mit einer AARS bei sieben Patienten ermittelt werden. Die Patienten hatten als Zeichen einer Infektion geschwollene Lymphknoten, Fieber und Entzündungsparameter (CRP/ Leukozyten). Bei vier Patienten waren beide Parameter zeitgleich vorhanden. Zwei Patienten hatten nur Lymphknotenschwellungen. In der Literatur werden diese Entzündungsparameter als ein nicht sicherer Hinweis gewertet, da sie nicht immer bei allen Patienten auftreten. Nach Mathern und Batzdorf kann eine Leukozytose oder erhöhtes CRP bestehen (Mathern und Batzdorf 1989). Der Nachweis von Entzündungsparameter im Labor ist bei einer AARS nicht immer möglich und erscheint stark abhängig von dem Zeitpunkt der Bestimmung zu sein. Bei den Untersuchungen von Deichmüller und Welkobrosky korrelierten die Entzündungsparameter mit der Dauer der Symptome. Die höchsten Werte zeigten sich zu Beginn der Erkrankung (Deichmüller und Welkoborsky 2011). Roche berichtet nur von einer erhöhten Blutsenkung (Roche et al. 2001). Eine retrospektive Analyse von Mezue stellt einen Zusammenhang von Fieber und eingeschränkter Drehbewegung und Fehlhaltung her. Alle 13 Kinder hatten Fieber und eine verminderte Rotation und wurden innerhalb von 48 Stunden ärztlich versorgt. Eine unmittelbare radiologische Untersuchung zeigte nur bei zwei von den 13 Patienten eine entzündliche Schwellung im atlantoaxialen Komplex. Die Autoren sahen darin Zeichen einer beginnenden AARS und mutmaßten, dass die AARS sich erst entwickelte und initial nicht immer vorhanden ist. Fieber und eine eingeschränkte Bewegung könnten hilfreiche Hinweise für eine bevorstehende Entwicklung bis hin zur AARS sein (Mezue et al. 2002).

Weiterhin konnte aus den Krankenakten bei sechs Patienten der Universitätsklinik Regensburg ein Bagateltrauma unmittelbar vor dem Auftreten einer AARS ermittelt werden. Unter Minitraumen oder auch Bagatellverletzungen fallen Bewegungen des Alltags (Rolle vorwärts, Kopfdrehung u.a.), die unter physiologischen Bedingungen

nicht zu einer Verletzung führen. Es sind Situationen, in denen die HWS eine kurze Zeit verstärkt beansprucht wird. Allgemein sind kindliche HWS-Verletzungen sehr selten. Traumatische Verletzungen der kindlichen Halswirbelsäule haben ca. einen Anteil von 0,2% an allen kindlichen Verletzungen, u.a. Frakturen oder Distorsionen. Kommt es zu einer Verletzung der kindlichen Wirbelsäule, dann betrifft es am häufigsten die obere HWS. Der Anteil an Verletzungen der oberen HWS betrifft im Wachstumsalter 50% im Gegensatz bei Erwachsenen nur 16% (Blauth et al. 1998; Schwarz et al. 1993; Baumann et al. 2015).

Pathogenetisch könnten die synovialen Falten zwischen C1 und C2 eine Rolle in der Entstehung der AARS spielen. Nach Tang ist die Inzidenz von synovialen Falten bei Kindern höher (72,5%) als bei Erwachsenen. Eine Prädisposition für eine AARS sind nach seiner Auffassung die Größe und strukturelle Beschaffenheit der synovialen Falten zwischen C1 und C2: Nach seiner Untersuchung an 30 post-mortem C1/C2 Gelenken von Kindern, haben vor allem Kinder größere synoviale Falten als Erwachsene. Sie sind reich an Fettzellen und Blutgefäßen mit nur wenigen fibrösen Strukturen. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass große und bewegliche synoviale Falten bei entzündlichen oder traumatischen Ereignissen mit stärkerer Schwellung und Ödembildung reagieren. Eine Art Obstruktion der Facettengelenke führt zu einer Einklemmung, bis hin zur Subluxation der atlantoaxialen Gelenke (Tang et al. 2007). Der Japaner S. Inami bewertet zu kleine und schmale meniskuide Synovialfalten im atlantoaxialen Gelenk als eine mögliche Ursache für eine Subluxation (Inami et al. 2000).

Dagegen argumentiert Schwarz et al. mit einer post-mortem-Untersuchung an C1/C2 Gelenken von fünf Kindern, dass zwischen den vorgefundenen anatomischen Strukturen und einem AARS kein direkter Zusammenhang bestand. Die Autoren beschreiben eine sehr weite Rotationsfähigkeit des Atlas über den Axis und bewerten die Subluxation der atlantoaxialen Gelenke als Teil des physiologischen Bewegungsausmaßes (Schwarz et al. 2000). Eine genaue Unterscheidung zwischen dem physiologischen Bewegungsausmaß und einer fixierten Subluxation ist demnach schwierig.

Die typische Fehlhaltung des Kopfes („Cock robin“/Torticollis) mit deutlicher Bewegungseinschränkung des Kopfes präsentierten alle 11 Patienten mit AARS in der vorliegenden Untersuchung. Neun Patienten gaben zusätzlich Schmerzen im Nacken, vorderem Hals und zervikal an. Sechs Patienten zeigten deutlich einen einseitigen muskulären Hypertonus im M. sternocleidomastoideus. In der Literatur sind einheitliche Berichte über das uniforme und typische klinische Erscheinungsbild der AARS zu finden. Die Fehlhaltung kann dabei verzögert auftreten. Es können zunächst auch nur Schmerzen im Bereich der Nackenmuskulatur ohne Bewegungseinschränkungen auftreten. Daneben existieren Übergangsphasen mit muskulärem schmerzhaften Hypertonus und ein unterschiedliches Maß an Bewegungen der HWS (Mezue et al. 2002; Pang und Li 2005b; Powell et al. 2017; Ozalp et al. 2018).

In dem vorgestellten Patientengut zeigte ein Patient mit einer chronischen AARS, Typ 2 nach Fielding, neurologische Symptome, welche während der Therapie vollständig remittierten. Die Symptome waren nuchale Parästhesien und eine linkseitige, schmerzbedingte Kraftminderung (4/5). Die Lokalisation der Parästhesien entsprechen dem sensiblen Versorgungsgebiet des N. occipitalis major. Ausführliche und differenzierte wissenschaftliche Arbeiten über neurologische Defizite sind rar. Eine der neueren Arbeiten zu diesem Thema stammt von Ishii aus dem Jahr 2012. Ishii beschreibt, dass bei fortdauernder Fehlstellung der C1/C2 Facette es zu einer Deformierung der betroffenen C2 Facette kommen kann. Die Folge ist eine Schädigung des C1/C2 Gelenkes mit einer zunehmenden seitlichen Neigung des Atlas zum Axis (Ishii et al. 2012). Die neurologischen Beschwerden des in der vorgelegten Studie beschriebenen Patienten mit chronischer Typ 2 Verletzung könnte vor allem durch die lange Fehlstellung und mögliche Schädigung der Facette, die zu einer Irritation des N. occipitalis major führte, verursacht worden sein. Die enge anatomische Beziehung zwischen C1/C2 und dem Verlauf des Nerven erklärt die klinischen Symptome. Der N. occipitalis major versorgt als rein sensibler Nerv den Hinterkopf. Er stammt aus Ramus dorsalis der C2 Wurzel und zieht eng zwischen Axis und dem M. obliquus capitis inferior nach dorsal und medial. Sein Weg durchbohrt die Ursprungssehne des M. trapezius und zieht über die der Linea nuchae superior, in der Subkutis zum Hinterkopf (Schünke et al. 2009a). Pang

beschreibt eine mögliche Dehnung des N. occipitalis major bei der Rotation von C1, als Ursache von neurologischen Ausfällen (Pang und Li 2005a).

In der Literatur existieren nur wenige valide Daten über neurologische Defizite. Die Fallberichte, die neurologische Ausfälle beschreiben, betreffen meist AARS Patienten mit Typ 3 und Typ 4. Neurologische Komplikationen, z.B. Parästhesien, gesteigerte Reflexe oder Lähmungen werden in einigen Artikeln erwähnt, jedoch ohne Konkretisierung (Guleryuz et al. 2002; Rinaldo et al. 2005; Karkos et al. 2007; Osiro et al. 2012; Gourin et al. 2002; Pang und Li 2005a). Eine erhöhte Gefahr von neurologischen Schäden (Parästhesien, Myelonkompression) wird erst ab Typ 3 nach Fielding und Hawkins gesehen. Das entspricht einer beidseitigen Ventralisierung der Massae lateralis des Atlas und einem atlantoaxialen Abstand > 5mm (Wetzel und La Rocca 1989; Wang et al. 2016). Beschriebene Fälle stammen überwiegend aus der älteren Literatur und hatten ein AARS nach der Einteilung von Fielding von Grad 3 mit einem sehr langen klinischen Verlauf (Mathern und Batzdorf 1989; Kasten et al. 2002; Fielding et al. 1978; Roche et al. 2001).

Eine der umfangreichsten retrospektiven Untersuchungen (103 Casestudies mit AARS) stammt von Boever und Hennebert aus dem Jahr 1953. Sie fanden bei 15 von 103 Patienten neurologische Symptome (14,5%). Sechs Patienten hatten ein AARS Typ 3 nach Fielding und Hawkins und starben durch Atemversagen (Boever F. und Hennebert 1953). Auf diese Untersuchung wird häufig Bezug genommen. In einer Analyse von Lukhele von 10 Patienten mit AARS, befand sich ein 13 Jahre altes Mädchen mit einer AARS Typ 3. Sie entwickelte innerhalb von 1 Jahr eine zunehmende Tetraparese. Sie verstarb an respiratorischem Versagen 4 Wochen postoperativ (Lukhele 1996). Neurologische Komplikationen, die auf Grundlage einer Einengung des Spinalkanals und daraus resultierenden Myelonschädigung (Reflexverstärkungen, Nervenläsionen, Lähmung) entstehen, sind bei dem AARS sehr selten. Die anatomischen Gegebenheiten, das Fehlen des Corpus vertebrae bei C1 und C2, geben dem Rückenmark viel Platz (Lukhele 1996). Das Risiko neurologische Erscheinungen zu bekommen, scheint von dem betroffenen Segment und dem Ausmaß der Myelonschädigung stark abhängig zu sein. Es ist bei der

AARS eine sehr seltene Komplikation (Boever F. und Hennebert 1953; Pang und Li 2005a; Osiro et al. 2012; Baumann et al. 2015; Ozalp et al. 2018).

Eine besondere Patientengruppe bezüglich der Subluxierbarkeit von C1/C2 sind Kinder mit Down-Syndrom. Bei ca. 9-40% der betroffenen Kinder wird eine angeborene atlantoaxiale Instabilität vermutet. Minimale Traumen im Bereich der HWS könnten somit zu einer AARS führen. Unklar bleibt, ob ein allgemein erhöhtes Risiko für AARS in dieser Patientengruppe besteht (Briem et al. 2001).

Neben den genannten neurologischen Symptomen, konnten bei zwei weiteren Patienten mit einer AARS Typ 2 und Typ 4, Schwindel und Übelkeit detektiert werden. Sie zeigten keine weiteren neurologische Beschwerden. In der Literatur werden Symptome wie Schwindel, Übelkeit und Kopfschmerzen erwähnt (Roche et al. 2001; Mezue et al. 2002; Pang und Li 2005a). Eine physiologisch bedingte mechanische Reizung der A. vertebralis zwischen C1 und C2 erfolgt schon bei einem normalen Rotationsausmaß (40°). Nimmt die Drehbewegung um ca. 11° (+30%) zu, kann es zu stärkeren Kompression mit verändertem Blutdurchfluss in der A. vertebralis und des N. vertebralis kommen. Auch schmerz-sensitive Rezeptoren in den einzelnen Facetten können verstärkt aktiviert werden (Dvorak et al. 1987; Roche et al. 2001).

In dieser Arbeit klassifizierten wir nach Fielding sieben Patienten mit Typ 1, drei Patienten mit Typ 2 und ein Patient mit Typ 4. Das Verteilungsmuster in dieser Arbeit deckt sich mit der in der Literatur beschriebenen Verteilung. Die Klassifizierung nach Fielding findet bis heute noch breite Anwendung in der Literatur, von welcher der Typ 1 dabei am häufigsten auftritt. (Blauth et al. 1998; Landi et al. 2012; Mihara et al. 2001). In der Untersuchung (n=29) von Pang, hatten 75% einen Typ 1, 55% einen Typ 2 und 10% einen Typ 3 (Pang und Li 2005a). Von Seiten einiger Autoren wird ein Therapiealgorithmus empfohlen, der streng auf der Klassifikation nach Fielding basiert. Andere Autoren sehen dies jedoch kritisch. So fanden Pang et al. komplikationsträchtige, chronische Luxationen vorwiegend in der Patientengruppe mit Typ 1 Verletzung nach Fielding. Problematisch bei der Einteilung muss auch angeführt werden, dass die Therapieempfehlung und die Prognosen vorwiegend aus

der unterschiedlichen Gelenkverschiebung resultieren. Neuere Erkenntnisse sehen den Schwerpunkt bezüglich dem Auftreten von Rezidiven in der frühzeitigen Diagnostik. Fielding bezeichnete grob Symptome mit einer Zeitspanne größer 3 Monate als chronischen Verlauf (Fielding und Hawkins 1977). In der jüngeren Literatur wird zunehmend zwischen einer akuten und chronischen AARS unterschieden. Es existiert keine einheitliche Empfehlung, wann eine akute und wann eine chronische Form der AARS besteht. In der Studie mit dem größten Patientenkollektiv wurden die Symptome wie folgt klassifiziert: Innerhalb der ersten 4 Wochen als akut, eine Symptombdauer von 1-3 Monaten als subakut und als eine chronische AARS, wenn die Symptome länger als 3 Monate bestehen (Pang und Li 2005a).

In der vorliegenden Arbeit konnten wir in Anlehnung an Pang und Li, neun Patienten einer akuten und zwei Patienten einer chronischen AARS zuordnen. Der Zeitraum der Diagnosestellung war bei neun Patienten 1-14 Tage. Bei einem Patienten dauerte es 13 Wochen und bei einem Patienten 1 Jahr und 5 Monate. Acht von den früh diagnostizierten Patienten, wurden ohne Rezidive erfolgreich behandelt. Bei einem Patienten (Diagnosestellung < 1 Woche) mit einer entzündlichen AARS war 6 Wochen nach Reposition in Narkose und anschließender Ruhigstellung ein Rezidiv aufgetreten. Er wurde erneut in Narkose reponiert und mit Aspenkrawatte versorgt. Eine Patientin hatte innerhalb eines Jahres drei Rezidive unter konservativer Therapie. Erst eine Sicherung der Diagnose (1,5 Jahre) und eine geschlossene Reposition mit anschließender Philadelphiaorthese brachte einen anhaltenden Therapieerfolg.

Ein Patient mit mittlerem Diagnosezeitraum (13 Wochen) entwickelte in dieser Patientengruppe einen komplikationsträchtigen Verlauf. Zunächst wurde eine geschlossene Reposition in Narkose mit Aspenkrawattenversorgung, dann geschlossene Reposition in Narkose mit Halofixateur durchgeführt. Das dritte Rezidiv wurde offen mit einer Fadentransfixation und Halofixateur für 6 Wochen erfolgreich therapiert. Anhand der erhobenen Daten in dieser Arbeit, lässt sich ein Zusammenhang zwischen früher Diagnostik und komplikationslosem Verlauf erkennen. Einen problemreichen und langen intensiven Therapieverlauf hatten alle Patienten mit einer Diagnosestellung > 2 Wochen. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Angaben in der Literatur. Zahlreiche Arbeiten beschreiben einen langen

Zeitraum bis zur sicheren Diagnose und daraus entstehenden komplikationsreichen Verläufen der AARS. Ein deutlicher Zusammenhang besteht zwischen dem Zeitraum der Diagnosestellung, dem Verlauf und dem Behandlungsergebnis (Mihara et al. 2001; Weisskopf et al. 2005; Karkos et al. 2007; Deichmüller und Welkoborsky 2011; Pang und Li 2005a; Mifsud et al. 2016). In der prospektiven Studie von Pang dauerte es durchschnittlich 11 Monate bis zum Behandlungsbeginn (Pang und Li 2005a). Ishii stellte bei 9 von 24 einen Diagnosezeitraum von mehr als 8 Wochen fest (Ishii et al. 2006). Eine weitere Untersuchung von Ishii mit 7 Mädchen erwähnt einen Zeitraum von 4,6 Monaten (Ishii et al. 2011). In einem weiteren Fallbericht dauerte es 9 Monate (Krengel, Walter F 3rd et al. 2015).

Ältere Beiträge sind von Phillips und Subach. Phillips konnte in seiner Untersuchung von 23 Patienten folgenden Zusammenhang erkennen: Je länger der Zeitraum der Diagnosestellung ist, umso weniger erfolgreich war die therapeutische Behandlung (Geschlossene Reposition) (Phillips und Hensinger 1989). Subach et al. erkannte in seiner retrospektiven Untersuchung von 20 akuten AARS Patienten ebenfalls eine Zunahme der Chronizität der AARS, wenn die Symptome länger als 3 Wochen persistieren (Subach et al. 1998).

Auch in der jüngeren Literatur verdichten sich die Erkenntnisse bezüglich des Outcome. Eine frühe Diagnostik und eine schnelle Therapie sichern ein sehr gutes therapeutisches Ergebnis und wirken protektiv bezüglich Rezidiven (Deichmüller und Welkoborsky 2011; Battiata und Pazos 2004; Sia et al. 2012; Dagtekin et al. 2011; Pang und Li 2005a; Mezue et al. 2002; Mifsud et al. 2016).

Karkos et al. fassten in ihrem Review 103 Patienten zusammen und konnten diesen Zusammenhang von einer frühzeitigen Diagnostik, Chronifizierung, Komplikationen und einer operativer Versorgung (Fusion) bestätigen (Karkos et al. 2007). Mezue sieht in der frühzeitigen Diagnostik und sofortigen Behandlung (innerhalb 24h) einen protektiven Faktor. In einer weiteren retrospektiven Auswertung von 13 Kindern mit Torticollis und Fieber zeigten nur drei eine radiologisch gesicherte AARS. Alle Kinder wurden bereits initial konservativ behandelt, wodurch die weitere Behandlung dieser Patienten komplikationslos war. Die Autoren schlussfolgern daraus, dass nicht alle Patienten mit einem Torticollis und fieberhafter Infektion sofort eine AARS ausbilden, jedoch eine verzögerte Therapie einen Progress mit AARS hervorbringen kann

(Mezue et al. 2002). Mihara veröffentlichte eine klinische und radiologische Nachuntersuchung. Darin wurden 35 Patienten in einem Zeitraum von 1991-1996 mit einer AARS diagnostiziert, konservativ behandelt und nach 3,4 Jahren nachuntersucht. Rezidive erlitten alle Patienten mit einem verzögertem Behandlungsbeginn (> 1 Woche). Es traten aber nur sehr wenige Rezidive (n=2) in der Patientengruppe (n=11) auf, wo eine Therapie unmittelbar nach Symptombeginn stattfand. Weiterhin sieht der Autor eine erhöhte Rezidivneigung bei Kindern, die älter als 6 Jahre sind (Mihara et al. 2001).

In der Literatur wird u.a. darüber spekuliert, ob die AARS unterdiagnostiziert sei und eine nicht identifizierte Dunkelziffer von AARS besteht. Der Anteil betroffener Kinder und Jugendlicher könnte also deutlich höher liegen, da die Diagnosestellung oft verzögert stattfindet und das Krankheitsbild in der Allgemeinheit wenig bekannt sei (Lohse-Busch und Riedel 2002). In der vorliegenden Studie wurden nur Kinder eingeschlossen, die eine radiologisch gesicherte AARS aufwiesen. Dadurch ist die Fallzahl an eingeschlossenen Patienten überschaubar. Dies ist jedoch auch als Stärke der Studie zu sehen.

Neben der anamnestischen und körperlichen Befundung, wurde in der vorliegenden Studie bei 11 Patienten eine radiologische Diagnostik durchgeführt. Neben konventionellem Röntgen (Darstellung des Dens, seitliche HWS Aufnahme), erhielten die Patienten ein CT, ein MRT oder beide Verfahren. Einigkeit besteht über die Notwendigkeit der Erstellung von radiologischen Aufnahmen, da der Nachweis einer lokal stattfindenden Entzündung bei einer AARS, häufig erst durch eine Bildgebung erkennbar ist (Durst et al. 2012). Weiterhin lassen sich die meisten AARS durch konventionelle Röntgendarstellung gut erkennen (Baumann et al. 2015). In der Literatur ist eine anhaltende Diskussion, welches Verfahren die sicherste Diagnostik bietet und ob viele Darstellungen notwendig sind. Es besteht Uneinigkeit in der Auswahl bezüglich CT oder MRT zum radiologischen Nachweis von AARS. Nach den Autoren sei eine akute AARS nicht immer eindeutig durch ein Verfahren darstellbar. Die Pathologie der Fehlstellung der AARS begründet sich durch knöcherne Funktionsstörung, mit Beteiligung von Weichteilen und Fehlhaltung. Die

Fehlhaltung mit eingeschränkter Beweglichkeit kann die konventionelle Bildgebung beeinflussen (Haque et al. 2012).

Darüber hinaus ist die radiologische Beurteilung der kindlichen HWS nicht einfach. Zeichen des Wachstums können auf Aufnahmen zu sehen sein und als Pathologien interpretiert werden. Die noch vorhandenen knorpeligen Anteile am Atlas und Dens werden irrtümlich als Band gedeutet und so eine Läsion des Bandes vorgetäuscht. Wichtig für eine differenzierte Befundung sind ausreichende Kenntnisse in der Entwicklung der Wirbelsäule und in der Vielfalt des Aussehens (Tscherne 1998).

Einige Autoren favorisieren eine Darstellung mittels MRT, da bei der AARS häufig ein entzündlicher Prozess mit Ödembildung im oberen Kopf-Halsbereich zuvor oder begleitend stattfindet. Somit könnte ein AARS im frühen Stadium diagnostiziert werden (Harth et al. 2004; Salpietro et al. 2012; Compes et al. 2015). Flüssigkeitsansammlung in den Atlantoaxialgelenken, Ödeme an Insertionsstellen des Ligamentum transversum atlantis, in den Wirbelkörpern, sind Zeichen einer Entzündungsreaktion und als Hyperintensitäten erkennbar (Greenspan 2007b). In einer weiteren Untersuchung von 9 Patienten, mit einer AARS Typ 1 (n=7) und einer AARS Typ 2 (n=2) konnten ebenfalls radiologische Auffälligkeiten gefunden werden. Im MRT zeigten sich bei dem Typ 1 eine deutliche Hyperintensität in dem Lig. alare und in der Gelenkkapsel. Bei dem Typ 2 war der Entzündungsprozess zusätzlich im Lig. transversum atlantis zu sehen. Nach der Auffassung der Autoren eignet sich das MRT nicht nur für eine frühe Diagnostik und die Klassifizierung nach Fielding, sondern auch für die Verlaufskontrolle einer erfolgreichen Behandlung. In ihrer Nachuntersuchung (3-6 Monate) war kein Nachweis eines entzündlichen Geschehens mehr vorhanden (Landi et al. 2012). Weiterhin können durch die axiale Aufnahme Veränderungen im anatomischen-funktionellen Gefüge der Wirbelsäule (Gefügestörungen), besonders bei AARS die Subluxation von C1/C2 beurteilt werden (Harth et al. 2004). Verletzung des Myelons in Form einer Rückenmarkskompression, intrakranielle Raumforderungen durch Tumore oder Einblutungen können mittels MRT sehr gut diagnostiziert werden (Pärtan et al. 2008; Greenspan 2007b). Ein weiterer genereller Vorteil ist, dass der Patient dadurch ohne Strahlenbelastung bleibt.

Dagegen sehen andere Autoren die schnelle Verfügbarkeit und die kurze Untersuchungsdauer als Vorteil für eine Darstellung mittels CT. Außerdem können verdeckte oder schwer erkennbare Begleitfrakturen besser erkannt werden (Weinberg und Tscherne 2006). Die Möglichkeit eines dynamischen CT mit einer dreidimensionalen Rekonstruktion (3D Rekonstruktion) des atlantoaxialen Komplexes wird in der Literatur als Goldstandard bewertet. In der 3D Rekonstruktion lassen sich knöchernen Strukturen sehr gut darstellen und ermöglichen eine gute Übersicht, die wiederum eine sichere Diagnostik und Aussage über das Ausmaß der AARS zulassen (Haque et al. 2012; Hosten und Liebig 2007; Bocciolini et al. 2005; Schröder et al. 2003, Ishii et al. 2006).

Eine neuere Methode ist eine graphische Darstellung einer C1/C2 Rotations-Bewegungskurve. Im CT werden Aufnahmen in drei unterschiedlichen Kopfhaltungen (Kopf nach rechts/links gedreht und axial) erstellt. Diese werden mit Rotations-Bewegungskurven gesunder Probanden verglichen und drei Gruppen zugeordnet. Die Autoren sehen in dieser Methode eine erweiterte Möglichkeit, die Diagnose AARS zu detektieren (Pang und Li 2005a; Rozzelle et al. 2013; Spiegel et al. 2017). Nachteilig ist jedoch die Strahlenbelastung bei den zum Teil sehr jungen Patienten. Um die Strahlenexposition gering zu halten, wird eine Dosisoptimierung empfohlen (Gaßner und Riccabona 2010).

Mittels CT ist auch der atlantodentale Abstand darstellbar. Seine Aussagekraft bezüglich der AARS wird unterschiedlich bewertet. Der Atlantodentale Abstand ist die Distanz zwischen dem vorderen Atlasbogen und dem Dens axis. Der messbare Abstand ermöglicht eine Aussage über die Stabilität der Bandstruktur zwischen Atlas und Axis (Lig. transversum atlantis). Der physiologische Abstand beträgt 1-2mm, bei Kindern sollte er nicht größer 4mm sein (Fielding und Hawkins 1977; Locke et al. 1966; Weinberg und Tscherne 2006). In zahlreichen Untersuchungen zeigten Kinder mit AARS eine Zunahme des atlantodontalen Abstandes (> 5mm) und wurden als instabil eingestuft (Blauth et al. 1998; Fielding und Hawkins 1977; Fielding et al. 1974; Dvorak et al. 1987; Dvorak et al. 1988). Gemäß Tscherne liegt eine ligamentäre Verletzung eindeutig ab einer Distanz von größer-gleich 5 mm vor (Weinberg und Tscherne 2006).

Schwarz lehnt die Anwendbarkeit der atlanto- dentalen Distanz als diagnostisches Mittel zur Beurteilung einer atlantoaxialen Instabilität bei der AARS ab. In seiner experimentellen Untersuchung konnte er einen größeren Abstand über 5mm ohne eine atlantoaxialen Instabilität nachweisen. Er bewertet o.g. Abstand als maximalen physiologischen Bewegungsspielraum der Gelenkkapsel von C1 und C2 in der kindlichen HWS. Er begründet seine Vorstellungen damit, dass die Darstellung der Distanz von dem physiologischen Verlauf der Röntgenstrahlen abhängt und somit größere Werte annehmen kann (Schwarz et al. 2000).

Zur Frage des therapeutischen Vorgehens bei der AARS gibt es keinen Konsens und somit kein einheitliches Vorgehen. Beschrieben werden Maßnahmen einer konservativen Behandlung und verschiedene operative Verfahren. Erste Empfehlungen kamen von Fielding, entwickelt anhand von einer Unterteilung in 4 Typen. Bei Typ 1 empfahl er körperrgewichtabhängige Traktionen, welche bei Persistenz länger angewendet werden sollten. Zur Sicherung des Therapieergebnisses sollte im Anschluss eine Ruhigstellung erfolgen. Eine sofortige Reposition empfahl Fielding erst bei einem Grad 3 und 4. Eine operative Versorgung mittels einer Fusion, sollte bei Patienten mit einer mehr als 3 Monate bestehenden fixierten Fehlstellung erfolgen (Fielding und Hawkins 1977; Fielding et al. 1978).

In der jüngeren Literatur kristallisiert sich heraus, dass zur Vermeidung einer Chronizität eine frühstmögliche Wiederherstellung der Gelenkkongruenz von Atlas und Axis große Bedeutung hat. Der überwiegende Patiententeil scheint dabei spontan die anatomische Stellung wieder zu erlangen, ohne dass eine therapeutische Intervention notwendig wird. Die Patienten ohne spontane Reposition sollten eine frühzeitige Stellungskorrektur erhalten (Pang und Li 2005a).

In dieser Untersuchung wurden neun von elf Patienten konservativ behandelt. Die therapeutischen Maßnahmen waren körperliche Schonung, Sanierung der Infektion, Antibiose, Schmerzmedikation und Ruhigstellung mit weichen Krawatten. Acht Patienten konnten durch diese Maßnahmen erfolgreich behandelt werden und zeigten eine Spontanreposition. Ein Patient erlitt ein Rezidiv nach zwei Monaten und musste geschlossen unter Narkose reponiert werden.

Viele Autoren berichten von erfolgreichen konservativen Behandlungen. Maßnahmen des konservativen Managements sind Bettruhe, Ruhigstellung mit Hilfsmitteln,

medikamentöse Versorgung mit Analgetika und Antibiotika, Muskelrelaxanzien und Traktion (Mezue et al. 2002; Schwarz et al. 2000; Phillips und Hensinger 1989; Mifsud et al. 2016).

Karkos beschreibt drei wesentliche Bestandteile einer effizienten Behandlung: Therapie der bestehenden Infektion, Wiederherstellung der korrekten Stellung von C1 und C2 und Abwendung von neurologischen Komplikationen (Karkos et al. 2007). Eine Untersuchung von 15 Patienten mit AARS stellte besonders hervor, dass eine sofortige antibiotische Behandlung zu einer vollständigen Remission führte (n=9) (Deichmüller und Welkoborsky 2011). Glotzberger et al. behandelte 8 von 11 Kindern mit AARS erfolgreich mit Traktion, Halofixateur und Krawatte. Der Autor empfiehlt zunächst immer erst einen konservativen Behandlungsversuch bei chronischer AARS (Symptome > 1 Monat) (Glotzbecker et al. 2014). Die Analyse von Landi et al. (n= 9 Kindern mit AARS Typ 1 und 2) konnte eine erfolgreiche konservative Behandlung aufzeigen. Die Patienten erhielten zunächst Bettruhe, Philadelphia-Krawatte und Muskelrelaxanzien (Landi et al. 2012). Eine Arbeit von Subach et al. mit 20 Patienten beschreibt das konservative Management mit Ruhigstellung und Traktionen. Fünf Patienten zeigten eine Spontanremission. Sechs Patienten mussten nach erfolgloser konservativer Therapie operativ versorgt werden (Subach et al. 1998). Blauth beschreibt ebenso spontane Remissionen mit Bettruhe und kurzer zervikaler Traktion. Die Behandlung sollte in einem frühen Stadium beginnen, um danach komplikationslos zu verlaufen (Blauth et al. 1998).

Neben den ärztlichen konservativen Behandlungsansätzen werden auch physiotherapeutische Therapien beschrieben, vorwiegend in Einzelfallberichten. Es gibt in der Literatur noch keine Daten oder Empfehlungen zur physiotherapeutischen Behandlungsart (Manuelle Therapie oder konventionelle Krankengymnastik).

Wird die Manuelle Medizin therapeutisch eingesetzt, sind an der HWS die mobilisierenden Techniken von den manipulierenden Techniken zu unterscheiden. Beiden Verfahren liegt die Vorstellung zugrunde, dass das Gelenkspiel mit allen beteiligten Strukturen unstimmig ist. Es wird allgemein der Begriff Blockade verwendet. Grundlage bildet die Vorstellung, dass es zu einer verstärkten Noziafferenz kommt, verursacht durch die Gelenkblockade, die wiederum eine muskuläre Imbalance hervorrufen kann. Der betroffene Patient vermeidet die

Bewegung, welche vermehrt Nozizeption verursacht und nimmt eine Schonhaltung ein (Bischoff und Moll 2018a). Mehrere Autoren mahnen zum vorsichtigen Einsatz, bis hin zum Verbot von manipulativen Techniken. Sie sehen in der Anwendung die Gefahr einer Verschlimmerung des Krankheitsbildes. An der kindlichen HWS sollten vor allem milde axiale Traktionen und mobilisierende Weichteiltechniken angewendet werden (Lohse-Busch und Riedel 2002; Bischoff und Moll 2018c). Sie sind sehr wirksam und haben ein geringes Risiko für neuro-vaskuläre Komplikationen. Gefährdete Strukturen sind vor allem versorgende Gefäße des Kopfes, besonders die A. vertebralis. Seit 1993 (durch Oberlandesgerichtsurteile) werden Verletzungen in Form einer Dissektion der A. vertebralis als ernsthaftes Risiko einer manuellen Therapie zugeordnet. In der vorliegenden Studie wurden alle Patienten, die zu einer klinischen Nachuntersuchung bereit waren, qualifiziert manualmedizinisch nachuntersucht. Dies ist ein besonderer Schwerpunkt dieser Arbeit.

Davon abgesehen, kann die Manuelle Medizin auch einen therapeutischen Beitrag bei der AARS leisten. In der Akutphase dürfen demnach nur mobilisierende Griffe in Weichtechnik angewendet werden. Nach Bischoff ist in diesen Fällen eine sanfte kyphosierende Traktionsbehandlung anwendbar. Der Patient befindet sich in Rückenlage mit einem ca. 10- 15° angehobenen Kopfteil. Der am Kopf sitzende Therapeut legt seine Hände soweit wie möglich, flächig am M. trapezius des Patienten. Der Behandler soll wie eine zweite Haut, Kontakt zum Gewebe herstellen und eine zum Kopf gerichtete Vorspannung erzeugen. Die Hände gleiten unter Vorspannung nach kranial (Bischoff und Moll 2018c).

Im klinischen Alltag wird nicht selten auch vor endgültiger Diagnosestellung zunächst eine physiotherapeutische Behandlung durchgeführt. In der Untersuchung von Lukhele erhielten 7 von 10 Patienten physiotherapeutische Behandlungen vor der Diagnose AARS. Es kam zu keiner Besserung der Symptome (Lukhele 1996). Pilge berichtet von einem Mädchen, das 2 Monate erfolglos physiotherapeutisch behandelt wurde (Pilge et al. 2013). Bemerkenswert ist ein ausführlicher Fallbericht von einem 11 Jahre alten Jungen aus dem Jahr 2015. Nach Auftreten der ersten Symptome wurde er mit Schmerzmedikation und mit physiotherapeutischen Maßnahmen behandelt. Es kam zu einer Persistenz der Symptome. Weitere 28

chiropraktische Anwendungen erfolgten. Nach neun Monaten wurde ein AARS Typ 2 diagnostiziert. Neben den Bewegungseinschränkungen, zeigte der Patient eine linksseitige C5 Parese (3/5 neurologische Kraftgrade). Der Patient wurde geschlossen reponiert und mit einem Halofixateur versorgt (Krengel, Walter F 3rd et al. 2015).

Lohse-Busch et al. beschreibt eine chronische AARS bei einem 4 Jahre altem Jungen. Postoperativ nach Mastoidektomie entwickelte er einen Torticollis. Weitere 8 Wochen später wurde eine chiropraktische Behandlung an der HWS durchgeführt. Eine zuvor angefertigte radiologische Aufnahme der HWS zeigte schon damals eine Rotationsfehlstellung mit Kippung des Atlas. Es kam zu einer deutlichen Zunahme der Fehlstellung und starken Kopfschmerzen. Es folgten physiotherapeutische Behandlungen und nach 3 Monaten die stationäre Aufnahme. Elektrophysiologische Untersuchungen wiesen ein Defizit der Muskelaktivität auf. Erst die Überweisung des Patienten in eine andere Klinik und eine erneute radiologische Abklärung, offenbarten eine fortgeschrittene AARS. Es zeigten sich neben starken strukturellen Schäden von C1, eine Zunahme der Kippung von C2 nach lateral ($>30^\circ$). Mittels einer geschlossenen Reposition in Narkose und Ruhigstellung durch Halofixateur und Halo-Body-Jacket, konnte der Junge erfolgreich behandelt werden. Diese Falldarstellung zeigt, dass die Unkenntnis und das Nichterkennen das Krankheitsbild chronifizieren können. Die Autoren plädieren gegen eine manualmedizinische Anbehandlung ohne Kenntnisse über das Krankheitsbild, weil dies aus ihrer Sicht einen schon bestehenden Befund dramatisch verschlechtern kann. Die Datenlage hierzu ist aber nicht ausreichend sicher, um diese Aussage zu stützen (Lohse-Busch und Riedel 2002). Auch Fielding lehnte Manipulationen im Sinne einer chiropraktischen Behandlung ab und stufte diese als sehr riskant ein (Fielding und Hawkins 1977; Fielding et al. 1978). Einschränkend muss hier allerdings angemerkt werden, dass dieser Kommentar auf die zu der Zeit üblichen chiropraktischen Manipulationstechniken gemünzt war. Die heutzutage üblichen mobilisierenden Weichtechniken sind davon unberührt.

Eine weitere Fallstudie berichtet von einem erfolgreichen physiotherapeutischen Behandlungsablauf bei AARS. Zunächst wurden muskelentspannende Techniken für die Nackenmuskulatur durchgeführt und im Anschluss kräftigende Bewegungsübungen für die Flexion, Extension, Rotation und Seitneigung. Eine

Behandlungseinheit dauerte 25 min (Hsu et al. 2013). Lohse-Busch et al. berichten von einem 8-jährigen Mädchen mit einer AARS nach Otis media. Neben Antibiose und NSAR Therapie, wurde sie mit manueller axialer Traktion und myofaszialer Technik erfolgreich therapiert (Lohse-Busch und Riedel 2002).

Der Erfolg einer konservativen Behandlung wird unterschiedlich bewertet. Er ist nach der Auffassung von Glotzberger, Mihara und Subach, stark abhängig vom Behandlungsbeginn (Glotzbecker et al. 2014; Subach et al. 1998; Mihara et al. 2001). Subach sieht den größten Erfolg der konservativen Therapie innerhalb der ersten 21 Tage (Subach et al. 1998). Daneben existieren zahlreiche Berichte über gescheiterte konservative Behandlungen und im Anschluss erforderliche operative Maßnahmen. Neben einer langen Symptombdauer, kann auch eine erfolglose konservative Behandlung zu einer Chronifizierung mit Rezidiven führen (Subach et al. 1998; Phillips und Hensinger 1989).

Im vorliegenden Patientengut wurde bei 2 von 11 Patienten eine geschlossene Reposition unter Narkose und Krawattenversorgung als erste therapeutische Maßnahme durchgeführt, bei einem Patienten unmittelbar (nach 4 Tagen). Er bekam ein Rezidiv nach 6 Wochen und wurde erneut erfolgreich reponiert. Der andere Patient wurde erst nach 13 Wochen mit einer geschlossenen Reposition behandelt. Es kam zu einer Chronifizierung (drei Rezidive) und einer notwendigen operativen Versorgung. Ein weiterer Patient, der zunächst konservativ behandelt wurde ohne Reposition, erlitt nach 4 Monaten ein Rezidiv. Es wurde ein konservatives Management fortgeführt, aber keine Korrektur der Gelenkstellung. Einen Monat später trat ein erneutes Rezidiv auf, welches ebenfalls wie zuvor behandelt wurde. Erst nach dem vierten Rezidiv erfolgte eine geschlossene Reposition mit Aspenkrawattenversorgung. Diese Maßnahme brachte einen anhaltenden Therapieerfolg. Die Erkenntnisse aus der vorliegenden Fallstudie decken sich mit den Erkenntnissen in der Literatur.

Phillips beschreibt einen Zusammenhang zwischen frühzeitiger Wiederherstellung des physiologischen Gelenkspiels (geschlossene Reposition) und der Krankheitsdauer. Bei 16 von 20 Kindern führte eine frühzeitige Traktion mit Reposition (< 4 Wochen nach Erstsymptomen) zur vollständigen Genesung (Phillips und Hensinger 1989). Auf die Frage, wann eine geschlossene Reposition erfolgen

soll, gibt die Literatur unterschiedliche Antworten. Phillips und Baumann sehen in der zeitnahen geschlossenen Reposition eine deutliche Abnahme von Rezidiven (Phillips und Hensinger 1989; Baumann et al. 2015). Ishii et al. entwickelten 2012 eine Klassifikation, die das Fortschreiten der AARS darstellt und wiesen auf den Erfolg einer geschlossenen Reposition hin. Er klassifizierte drei Gruppen mit Grad 1 bis 3. Grundlage dieser Einteilung bildet folgende Vorstellung: Je länger ein AARS besteht, umso mehr vertikale Kraft muss eine Gelenkfacette tragen. Die vermehrte Belastung führt zur Strukturschädigung der Gelenkfläche von Atlas und Axis. Die fortschreitende Schwächung führt zu einer Kippung (Seitneigung) des Atlas zum Axis. Bei Grad 1 liegen keine Strukturschäden der betroffenen Gelenkfacette vor. Ab Grad 2 trat neben der Gelenkveränderung, eine seitliche Kippung $< 20^\circ$ auf. Die Autoren schlussfolgern, dass eine erfolgreiche geschlossene Reposition ohne strukturelle Schädigung der C1/C2 Facette am größten ist. Somit hat eine frühe Korrektur der Fehlstellung eine große Bedeutung für den Progress und eine erfolgreiche Therapie (Ishii et al. 2012).

Andere Autoren sehen in der geschlossenen Reposition eine Behandlungsoption vor allem für chronische Verläufe. Patienten mit einer AARS (Torticollis) länger als 2 Wochen, erhielten häufig eine Reposition unter Narkose. In zahlreichen Beiträgen konnte durch diese Behandlungsmethode ein erfolgreiches Therapieergebnis erreicht werden. Jedoch ist die Vorgehensweise umstritten, und es existiert diesbezüglich kein Konsens (Osiro et al. 2012; Pilge et al. 2011).

Ishii führte eine geschlossene Reposition und anschließende Halofixation bei 7 Patienten mit chronischer AARS (> 2 Monate) durch. In seiner radiologischen Nachuntersuchung erkannte er die Wiederherstellung der physiologischen Gelenkstellung von C1 und C2. Er sieht in seiner Behandlungsmethode einen hohen protektiven Faktor bezüglich des Auftretens von Rezidiven (Ishii et al. 2011). Eine weitere retrospektive Arbeit von Ishii an 12 Kindern bestätigt, dass eine zügige Wiederherstellung der Facettengelenke und ihr physiologisches Bewegungsspiel, Rezidive verhindern kann (Ishii et al. 2012).

Der Patient in der vorliegenden Studie mit chronischer AARS Grad 4, mit einer 13-wöchigen Fehlstellung, zeigte einen komplikationsbehafteten Verlauf. Auch nach

einem zweiten Versuch der geschlossenen Reposition konnte keine Remission erzielt werden. Erst eine offene Reposition und Fixierung mittels Fadentransfixation führte zu einer physiologischen Stellung der Facettengelenke von C1 und C2.

Nach Einschätzung zahlreicher Autoren, besteht die Gefahr für eine chronische AARS, in einer dauerhaften Schädigung des Kapsel-Bandapparates. Durch länger dauernde Fehlstellung, passt sich das Gewebe morphologisch den neuen Gegebenheiten an. Es kann zu struktureller Überdehnung und Verkürzungen kommen. Versuche der Korrekturen schlagen fehl, da die stabilisierenden Weichteile für C1 und C2 geschädigt sind. Eine mögliche Therapie kann durch operative Maßnahmen erfolgen. Nach Tauchi ist bei chronischer AARS und Versagen der konservativen Therapie eine operative Versorgung notwendig (Tauchi et al. 2013). Mehrere Verfahren existieren für operativen Verfahren. Diese stellen ein invasives Vorgehen in einem hochsensiblen Bereich dar. Frühzeitig verlieren die Kinder ein wichtiges Bewegungssegment der HWS. Daraus können sich weitere Komplikationen ergeben. Es können verstärkt Schmerzen in den verbleibenden beweglichen Wirbelsegmenten entstehen. Die betroffenen Kinder müssen ihre eingeschränkte Rotation über andere Segmente ausgleichen. Neben operativen Komplikationen (neurologische Schäden, Verletzungen von Gefäßen), kann die operative Versorgung auch erfolglos bleiben (Tauchi et al. 2012; Ishii et al. 2011; Crossman et al. 2004; Glotzbecker et al. 2014; Ishii et al. 2006; Mihara et al. 2001; Phillips und Hensinger 1989). Die oben genannten Gründe regen immer wieder an, neue Wege zu gehen. Crossman verzichtete nach einer offenen Reposition (n=13) auf eine dorsale Fixierung. Er stabilisierte sein Repositionsergebnis mit einem Halofixateur für 8-12 Wochen. Seine Nachuntersuchung (29-72 Monate) zeigte eine vollständige Gensung (Crossman et al. 2004).

Verschiedene Stufenkonzepte sind in der Literatur veröffentlicht. Sie orientieren sich an der Einteilung nach Fielding und variieren in ihren Empfehlungen (Wetzel und La Rocca 1989; Battiata und Pazos 2004). Ein Stufenkonzept aus der jüngeren Literatur stammt von Pilge aus dem Jahr 2011. Er empfiehlt ein stufenweises Vorgehen ebenfalls auf Basis der Einteilung nach Fielding:

Antibiotische Behandlung bei Typ 1, konservative Behandlung mit Krawattenversorgung bei Typ 2, geschlossener Reposition bei Typ 3 und operativer Versorgung bei Typ 4 (Pilge et al. 2011).

In der Literatur werden zum Teil Therapieempfehlungen abhängig von der Verletzungsmorphologie nach der Klassifikation Fielding diskutiert (Pang und Li 2005a). Es gibt jedoch keine Studien, die ein derartiges Vorgehen stützen. Bisher konnte keine Studie einen Zusammenhang zwischen der Klassifikation nach Fielding und der Rezidivrate nachweisen. Dies liegt vorwiegend auch an den geringen Fallzahlen der einzelnen Studien. Der Erfolg der Behandlung scheint aber vielmehr von der Symptombdauer des Patienten abhängig zu sein. In der Literatur zeigt sich, dass insbesondere chronische Formen der AARS zu Rezidivluxationen neigen und häufiger einer operativen Therapie bedürfen (Glitzbecker et al. 2014; Tauchi et al. 2013; Pang und Li 2005a; Ishii et al. 2012). Auch in dem vorgestellten Patientengut war eine operative Therapie nur in einem Fall erforderlich, bei denen die AARS länger als 12 Wochen bestanden hatte. In der vorliegenden Studie wurde deshalb ein vierstufiges Behandlungskonzept unabhängig von der Einteilung nach Fielding angewendet. Es richtet sich nach der Invasivität und dem Erfolg der jeweiligen therapeutischen Maßnahme. Die erste Stufe beschreibt die geschlossene Reposition und anschließender Retention in Halskrawatte. Der nächste Schritt stellt die geschlossene Reposition und Retention im Halo-Fixateur da. Offene Reposition, transverse Fadenfixation und Retention im Halo-Fixateur bei Versagen der ersten beiden Stufen. Als letzte Maßnahme erfolgt eine offene Reposition mit dorsaler Fusion von C1 und C2 und Retention in Halskrawatte. Mithilfe dieses „therapeutischen Crescendo“ konnten alle Patienten erfolgreich behandelt werden. Entscheidend ist, dass dabei der therapeutische Aufwand so wenig invasiv wie möglich gehalten werden konnte.

Aktuelle umfangreichere wissenschaftliche Arbeiten zu operativen Therapien und einem homogenen Patientengut sind von Wang aus dem Jahr 2016 und von Glitzberger aus dem Jahr 2014. Glitzberger identifizierte in einer retrospektiven Suche zwischen 1984 und 2011, 15 Patienten mit einer chronischen AARS (>4 Wochen). Insgesamt wurden sechs Patienten mit einer Operation (Fusion) versorgt und acht Patienten erfolgreich konservativ behandelt. (Glitzbecker et al. 2014). Wang analysierte retrospektiv 32 Patienten mit einer atlanto-axialen rotatorisch-

fixierten Dislokation. Der atlantoaxiale Abstand war bei allen Patienten > 5mm und würde nach der Klassifizierung von Fielding dem Typ 3 entsprechen. Die Symptombdauer betrug im Durchschnitt ca. 6 Monate bis zum Therapiebeginn. Alle 32 Patienten wurden operativ mit einer Fusion von C1 und C2 versorgt und im Durchschnitt von 42 Monaten nachuntersucht. In der Nachuntersuchung zeigte sich bei 32 Patienten eine stabile Fusion, zwei Patienten erlitten eine weitere Luxation, die revidiert werden musste (Wang et al. 2016).

In der vorgestellten Untersuchung zeigte kein Patient zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung Symptome einer AARS. Ein Patient gab anamnestisch an, 3 Jahre nach dem letzten Ereignis, einen erneuten Torticollis entwickelt zu haben. Es kam zu einem spontanen Heilungsverlauf nach 14 Tagen. Eine ärztliche Dokumentation ließ sich nicht eruieren. Die vorgestellte Nachuntersuchung von acht Patienten erfolgte nach einer durchschnittlichen Zeit von 4,3 Jahren. Sechs Patienten sind der Einladung zu einer klinischen und manualtherapeutischen Nachuntersuchung gefolgt. Zwei Patienten wollten nur telefonisch befragt werden. In der Literatur existieren nur vereinzelt Berichte über Nachuntersuchungen bei einer AARS. Der Schwerpunkt liegt dabei auf radiologischen Kontrollen der Repositionsergebnisse und der operativen Versorgung. Bezogen auf manualtherapeutische Nachuntersuchung existiert keine vergleichbare Studie in der Literatur.

Yang führte eine Follow-up nach 2-2,5 Jahren bei 17 Patienten durch. Alle Patienten erhielten eine atlantoaxiale Fusion (Yang et al. 2013). Wurm dokumentierte eine Nachuntersuchung nach 5,5 Jahren, ausgehend von einer infektiösen akuten AARS. Er fertigte ein CT und ein MRT an, um die Stellung von C1 und C2 zu kontrollieren (Wurm et al. 2004). Goel untersuchte 14 traumatische AARS nach durchschnittlich 23 Monaten (Goel und Shah 2011). Ishii überprüfte seine Ergebnisse bei 12 chronischen AARS nach 2,4 und 42 Monaten, mittels 3D CT (Ishii et al. 2012).

Die klinische Inspektion zeigte bei drei Patienten Haltungsauffälligkeiten. Zwei Patienten präsentierten eine unphysiologische Geradstellung. Der dritte Patient mit Kypholordose, zeigte eine Haltungsschwäche und gab Schmerzen im Bereich des 7. HWK an (VAS: 7). Zwei Patienten gaben muskuläre Schmerzen im Bereich des M. trapezius an. Insgesamt konnten bei vier Patienten schmerzhaft

Muskeltonusveränderungen erhoben werden. Nach Angaben in der Literatur treten Schmerzen und Muskeltonusstörungen zunehmend auch bei Kindern und Jugendlichen auf. Cox analysierte retrospektiv 50 klinische Akten. Das Alter der Probanden war zwischen sechs und acht Jahren. Durchschnittlich hatten sie fünf manualtherapeutische Behandlungen durchlaufen (Cox et al. 2016). Kamper gibt an, dass eine zunehmende Prävalenz von muskelskeletalen Schmerzen sich besonders bei Jugendlichen zeigt. Weiterhin sieht er eine Gefahr für eine Chronifizierung von Schmerzen im Erwachsenenalter (Kamper et al. 2016).

Die neurologische Untersuchung der vorgestellten Patienten zeigte keine Defizite. Das deckt sich mit den Ergebnissen der neurologischen Kontrolle in der Literatur (Goel und Shah 2011; Wurm et al. 2004; Ishii et al. 2012; Yang et al. 2013).

In der manualmedizinischen Dreischritt-Funktionsprüfung der HWS zeigten sich bei zwei Patienten Befunde. Die Ergebnisse weisen auf eine Blockade des Segmentes C1/ C2 hin. Als ein Hinweis wird dabei ein sofortiges Mitbewegen des Processus spinosus von C2 während der Rotation gesehen. Nach der Lehrmeinung der manuellen Medizin dreht sich der Processus spinosus von C2 erst ab 20° Rotation mit. Geschieht das sofort ab Bewegungsbeginn, spricht das für eine Blockade dieses Segmentes (Stücker 2008). Die manuell ausgeführte Schmerzprovokation erzeugte bei diesen Patienten eine Zunahme des schmerzhaften Hypertonus. Nach Airaksinen und Seffinger ist dieser Teil in der Dreischrittdiagnostik eine zuverlässige Untersuchungsmethode. In beiden Untersuchungen konnte die Reproduzierbarkeit dieser segmentellen Untersuchung beobachtet und nachgewiesen werden (Airaksinen et al. 2006; Seffinger et al. 2004). Eine weitere Studie untersuchte die Korrelation einer manualtherapeutisch erkannten segmentalen Bewegungsstörung und der Darstellbarkeit mittels Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT). Dazu wählte Wilke et al. 13 Patienten aus. Davon wurden sieben Patienten, mittels Dreischrittdiagnostik, manualtherapeutisch an der HWS untersucht. 12 Patienten wurden verblindet von einem Nuklearmediziner untersucht. 9 von 12 Patienten wurden von beiden Seiten übereinstimmend identifiziert und bei 10 von 12 Patienten stimmte die bestimmte Seite überein (Wilke et al. 2000).

In der Irritationsprüfung nach Sell, konnten bei drei Patienten Schmerzen bei Palpation entlang der Linea nuchae festgestellt werden. Entlang der Linea nuchae

befinden sich Insertionspunkte der autochthonen Muskulatur. Die Erkenntnisse über den Zusammenhang eines nozireaktiven Hypertonus und segmentaler Gelenksblockade, wurde zunächst empirisch von Sell erkannt (Bischoff und Moll 2018b). Die Zuverlässigkeit dieses diagnostischen Teilschrittes wird in der Literatur unterschiedlich bewertet. Allgemein existieren nur sehr wenige Hinweise darüber. Seffinger bewertet sie als eine der unsichersten von den drei Methoden (Seffinger et al. 2004). Nilsson untersuchte die therapeutische Aussagekraft über palpatorisch festgestellte Schmerzlokalisierung. Er bewerte diese einfache Methode als sehr hilfreich und mit einer hohen Reliabilität (Nilsson 1995).

Die Frage nach dem allgemeinen Befinden brachte interessante Aspekte hervor. Vier Patienten gaben an, seit der AARS immer wiederkehrende Probleme mit ihrer HWS zu haben. Neben zervikalen Verspannungen äußerten sie Kopfschmerzen und Druckempfindlichkeit in der oberen HWS. Die persönlichen Angaben ergänzen sich mit den manualtherapeutischen Untersuchungsergebnissen. Beide Patienten mit einer manualtherapeutisch diagnostizierten Gelenkblockade gaben Kopfschmerzen und intermittierend zervikale Verspannungen an. Hall und Robinson untersuchten 28 Patienten mit der Fragestellung der Korrelation von Kopfschmerzen und einer Bewegungseinschränkung von C1 und C2. Bei 24 Patienten mit einseitigem zervikogenem Kopfschmerzen, konnten sie eine schmerzhaft-eingeschränkte Drehung in den Facetten von C1 und C2 feststellen. Sie schlussfolgerten, dass die Gelenkblockade mit hoher Wahrscheinlichkeit die Kopfschmerzen verursachen (Hall und Robinson 2004).

Ob die in frühen Lebensjahren stattgefundene AARS, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung beschriebenen Befunde mitverursachen, ist nicht eindeutig zu beantworten. Hervorzuheben ist, dass 4 von 6 nachuntersuchten Patienten eine fortdauernde Problematik mit ihrer oberen HWS beschreiben. Bezogen auf die Aussagen von Kamper, könnte eine Chronifizierung mit Zunahme der Schmerzen im Alter eintreten (Kamper et al. 2016). Nach maunaltherapeutischer Lehrmeinung, führt ein chronischer Schmerzzustand zu einer verstärkten afferenten Erregung. Das betroffene Gewebe reagiert mit Muskeltonuserhöhung und einer strukturellen

Veränderung. Die exakte Wiederherstellung der völlig freien Rotation in der C1/C2 Facette hat grundsätzlich eine große Bedeutung für eine beschwerdefreie HWS.

Die manualtherapeutische Untersuchung kann eine frühzeitig gestörte Bewegung in einem Segment und deren Therapie ermöglichen. Dabei beruht die Vorgehensweise auf Kenntnissen der Anatomie, Neurophysiologie und Biomechanik. Diese Untersuchungsmethode ist u.a. Teil der medizinischen Weiterbildung (Heymann und Locher 2013).

In der Literatur sind nur wenige Beiträge zu diesem Thema präsent, es besteht keine Evidenzlage zum Stellenwert der Manuellen Medizin bei einer AARS. In Zukunft bedarf es einer ausführlichen, zugänglichen Dokumentation der physiotherapeutischen Maßnahmen. Es ist wichtig, dabei konventionelle therapeutische Maßnahmen von manualtherapeutischen Maßnahmen sauber zu trennen. Eine Sammlung von Daten könnte somit weiterführende und vergleichende Studien bezüglich Stellenwert der manualtherapeutischen Behandlung und Therapieverfahren (konservativ/ operativ) hilfreich unterstützen.

Die vorliegende Studie besitzt einige Limitationen, die nicht unerwähnt bleiben sollen. Hierzu zählt das retrospektive Studiendesign und eine sehr geringe Fallzahl an eingeschlossenen Patienten. Dies ist unter anderem auch damit begründet, dass nur Patienten eingeschlossen wurden, bei denen die AARS radiologisch gesichert wurde. Die „Dunkelziffer“ an Patienten mit AARS ist sicher höher, da nicht jeder Patient mit einem kindlichen Schiefhals initial einer Bildgebung zugeführt wird und die Rate an Spontanrepositionen vergleichsweise hoch ist. Vergleicht man die Patientenzahl der vorliegenden Studie mit den Zahlen anderer Arbeiten in der Literatur, so existieren nur wenige Publikationen mit höheren Fallzahlen. Das retrospektive Studiendesign hat naturgemäß auch zur Folge, dass die Datenqualität hinsichtlich Diagnostik und Therapie von der Dokumentationsqualität abhängig ist. Es bleibt jedoch hervorzuheben, dass der in der vorliegenden Studie angewendete Therapiealgorithmus mit klinischen Langzeitergebnissen bestätigt werden konnte. Die detaillierte manualmedizinische Nachuntersuchung der Patienten ist ein Alleinstellungsmerkmal dieser Studie und dokumentiert erstmals das funktionelle

Langzeitergebnis nach AARS. Weitere Studien, auch mit größerer Fallzahl zur manualmedizinischen Therapie der AARS wären wünschenswert.

5 Zusammenfassung

Die atlanto-axiale rotatorische Subluxation ist ein Krankheitsbild, das meist im Wachstumsalter von Kindern auftritt. Das klinische Erscheinungsbild äußert sich in einer Fehlhaltung des Kopfes (Torticollis) und kann zahlreiche Ursachen haben. Über das funktionelle Langzeitergebnis existieren bisher keine Daten.

In einer retrospektiven Untersuchung wurden die Daten von 11 Patienten mit radiologisch gesicherter AARS analysiert, die im Zeitraum vom Januar 2002 – Januar 2014 am Universitätsklinikum Regensburg behandelt wurden. Die Einschlusskriterien waren ein Alter von 3–15 Jahren und eine radiologisch gesicherte AARS. Ausgeschlossen wurden Kinder mit einem kongenitalen muskulären Schiefhals, knöchernen Fehlbildungen, Trisomie 21, rheumatische Arthritis, psychische Erkrankungen und nicht einwilligungsbereite Studienteilnehmer.

Es wurden retrospektiv alle klinische Daten, sowie die Bildgebung ausgewertet. Die Patienten wurden im Durchschnitt nach 4,3 Jahren zu einer Nachuntersuchung eingeladen, um klinische Langzeitergebnissen zu evaluieren. In der Nachuntersuchung, die aus einer körperlichen, manualtherapeutischen Untersuchung sowie Erhebung von Daten zur Lebensqualität bestand, konnten acht Patienten rekrutiert werden.

Die Auswertung der klinischen Daten zeigte, dass acht von elf Patienten zunächst mit einer Basistherapie behandelt wurden und einen spontanen Heilungsverlauf ohne Reposition aufwiesen. Zwei Patienten hatten erst nach geschlossener Reposition in Narkose wieder eine regelrechte Artikulation zwischen C1 und C2. Bei einem Patienten war nach erfolgloser mehrmaliger geschlossener Reposition in Narkose, eine offene Reposition und dorsale Stabilisierung erforderlich. Das dabei eingesetzte Verfahren, der transversen Fadenfixation, ist ein neu entwickeltes Verfahren, das in diesem Fall erstmals angewendet wurde.

In der Nachuntersuchung lag der Focus auf dem funktionellen Langzeitergebnis nach AARS. Diese wurden neben der üblichen körperlichen Untersuchung mittels einer strukturierten, manualmedizinischen Untersuchung der oberen HWS durchgeführt. Alle Patienten zeigten in der Bewegungsprüfung der HWS nach der Neutral-Null-Methode zufriedenstellende Werte für die Ventraflexion und Dorsalextension. Dagegen zeigte sich eine eingeschränkte Rotation bei drei Patienten. Schmerzhaft

bewegungsabhängige Muskelverspannungen im Verlauf des M. trapezius descendens gaben vier Patienten an. In der manualmedizinischen Untersuchung nach Bischoff, wies die segmentale und funktionale Untersuchung eine verminderte Rotation bei zwei Patienten auf, die als reversible segmentale rotatorische Bewegungseinschränkung (Gelenkblockade) im Segment C1/C2 interpretiert werden kann. Unterstützt durch die Ergebnisse der schmerzhaften Provokation bei Rotation nach rechts, ist von einer vorliegenden Gelenkblockade von Atlas und Axis auszugehen. Betroffen war ein Patient (Nr.4) mit einer akuten AARS Typ 2 und einem Rezidiv nach zwei Tagen, welches erneut in Operationsnarkose reponiert und in einer Aspenkrawatte ruhig gestellt wurde. Der zweite Patient (Nr.7) hatte ebenfalls eine akute AARS Typ 1 nach Fielding und wurde konservativ ohne Reposition behandelt. Der operativ behandelte Patient zeigte sich in der Nachuntersuchung unauffällig, ohne Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen. Aus Sicht der Behandler wird angenommen, dass sich die transverse Fadentransfixation gelockert hatte. Die Auswertung des Spine Tango Fragebogen (n=8) zeigte, dass drei Patienten geringfügige Schmerzen hatten, die sie als Beeinträchtigung im Alltag erlebten. Der überwiegende Teil zeigte sich umfassend beschwerdefrei. Die Lebensqualität wurden von allen Teilnehmern mit gut und sehr gut bewertet.

Beim Auftreten eines kindlichen Torticollis, der länger als eine Woche besteht, sollte immer eine AARS ausgeschlossen werden. Schwerwiegende Folgen können bei frühzeitiger Diagnostik und indizierter Therapie vermieden werden. Im Fall einer verzögerten Diagnosesicherung besteht die Gefahr einer Chronifizierung durch rezidivierende Subluxationen. Weitere negative Folgen einer AARS können eine dauerhafte Fehlhaltung des Kopfes, chronische Schmerzen und neurologische Schäden sein. Eine dauerhafte Korrektur ist bei Chronifizierung häufig nur mit einer operativen Versorgung (Fusion von C1/C2) zu erzielen. Das funktionelle Langzeitergebnis nach AARS kann als gut bis sehr gut eingeschätzt werden.

6 Literaturverzeichnis

Airaksinen, O.; Brox, J. I.; Cedraschi, C.; Hildebrandt, J.; Klaber-Moffett, J.; Kovacs, F. et al. (2006): Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 15 Suppl 2, S192-300. DOI: 10.1007/s00586-006-1072-1.

Ballock, R. T.; Song, K. M. (1996): The prevalence of nonmuscular causes of torticollis in children. In: *Journal of pediatric orthopedics* 16 (4), S. 500–504.

Battiata, Andrew P.; Pazos, George (2004): Grisel's syndrome: the two-hit hypothesis--a case report and literature review. In: *Ear, nose, & throat journal* 83 (8), S. 553–555.

Baumann, Florian; Ernstberger, Toni; Neumann, Carsten; Nerlich, Michael; Schroeder, Gregory D.; Vaccaro, Alexander R.; Loibl, Markus (2015): Pediatric Cervical Spine Injuries: A Rare But Challenging Entity. In: *Journal of spinal disorders & techniques* 28 (7), E377-84. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000307.

Bell, Charles (Hg.) (1830): *The Nervous System of the Human Body*. London: Embracing the Papers Delivered to the Royal Society on the Subject of Nerves (Case no 148, p.403).

Bischoff, H. P.; Moll, H. (2011): Diagnose und Therapie an der Halswirbelsäule. In: H. P. Bischoff und H. Moll (Hg.): *Lehrbuch Manuelle Medizin*. 6. Aufl. Balingen: Spitta Verlag GmbH&Co.KG, S. 152–190.

Bischoff, H. P.; Moll, Horst (2018a). Allgemeine Grundbegriffe. In: Hans Peter Bischoff und Horst Moll (Hg.): *Lehrbuch der manuellen Medizin*. 7., überarbeitete Auflage. Balingen: Spitta, S. 13–49.

Bischoff, H. P.; Moll, Horst (2018b). Diagnostik und Therapie an den Wirbelsäulenabschnitten. In: Hans Peter Bischoff und Horst Moll (Hg.): *Lehrbuch der manuellen Medizin*. 7., überarbeitete Auflage. Balingen: Spitta, S. 53–61.

Bischoff, Hans Peter; Moll, Horst (2018c). Diagnostik und Therapie an der Halswirbelsäule. In: Hans Peter Bischoff und Horst Moll (Hg.): *Lehrbuch der manuellen Medizin*. 7., überarbeitete Auflage. Balingen: Spitta, S. 161–202.

- Blauth, M. (1998a): Obere Halswirbelsäule. In: Harald Tscherne (Hg.): Wirbelsäule. Mit 62 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer (Tscherne Unfallchirurgie), S. 78–88.
- Blauth, M. (1998b): Obere Halswirbelsäule. Rotaorische atlantoaxiale Dislokation. In: Harald Tscherne (Hg.): Wirbelsäule. Mit 62 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer (Tscherne Unfallchirurgie), S. 83–85.
- Blauth, M.; Schmidt, U.; Lange, U. (1998): Verletzungen der Halswirbelsäule bei Kindern. In: *Der Unfallchirurg* 101 (8), S. 590–612.
- Blauth, M.; Tscherne, H. (1998): Wirbelsäule. Operative Behandlung. In: Harald Tscherne (Hg.): Wirbelsäule. Mit 62 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer (Tscherne Unfallchirurgie), S. 128–133.
- Boccolini, C.; Dall'Olio, D.; Cunsolo, E.; Cavazzuti, P. P.; Laudadio, P. (2005): Grisel's syndrome: a rare complication following adenoidectomy. In: *Acta otorhinolaryngologica Italica : organo ufficiale della Societa italiana di otorinolaringologia e chirurgia cervico-facciale* 25 (4), S. 245–249.
- Boever F.; Hennebert, P. (1953): Non-traumatic dislocations of the cervical spine. In: *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur* 39 (1), S. 24–69.
- Briem, D.; Linhart, W.; Kroge, H. von; Meenen, N. M.; Rueger, J. M. (2001): HWS-Trauma bei Patienten mit Trisomie 21. In: *Der Unfallchirurg* 104 (8), S. 687–691.
- Compes, Paloma; Rakotozanany, Patrick; Dufour, Henry; Fuentes, Stephane (2015): Spontaneous atlantoaxial pyogenic arthritis surgically managed. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 24 Suppl 4, S461-4. DOI: 10.1007/s00586-014-3372-1.
- Cox, Jocelyn; Davidian, Christine; Mior, Silvano (2016): Neck pain in children: a retrospective case series. In: *The Journal of the Canadian Chiropractic Association* 60 (3), S. 212–219.
- Crossman, John E.; David, Karoly; Hayward, Richard; Crockard, H. Alan (2004): Open reduction of pediatric atlantoaxial rotatory fixation: long-term outcome study with functional measurements. In: *Journal of neurosurgery* 100 (3 Suppl Spine), S. 235–240.

- Dagtekin, Ahmet; Kara, Engin; Vayisoglu, Yusuf; Koseoglu, Aslihan; Avci, Emel; Talas, Derya; Bagdatoglu, Celal (2011): The importance of early diagnosis and appropriate treatment in Grisel's syndrome: report of two cases. In: *Turkish neurosurgery* 21 (4), S. 680–684. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.
- Deichmüller, CM.; Welkoborsky, HJ. (2011): Das Grisel- Syndrom. Eine wichtige Differenzialdiagnose des kindlichen Schiefhalses. In: *Kinder- und Jugendarzt* 42 (11), S. 618–623.
- Durst, F.; Staudenmaier, R.; Pilge, H.; Lauen, J.; Prodingler, P.; Holzapfel, K.; Pickhard, A. (2012): Grisel-Syndrom nach Anthelixplastik. In: *HNO* 60 (2), S. 135–140. DOI: 10.1007/s00106-011-2315-y.
- Dvorak, J.; Panjabi, M. M.; Hayek, J. (1987): Diagnosis of hyper- and hypomotility of the upper cervical spine using functional computerized tomography. In: *Der Orthopade* 16 (1), S. 13–19.
- Dvorak, J.; Schneider, E.; Saldinger, P.; Rahn, B. (1988): Biomechanics of the craniocervical region: the alar and transverse ligaments. In: *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* 6 (3), S. 452–461. DOI: 10.1002/jor.1100060317.
- Fielding, J. W.; Cochran, G van B; Lawsing, J F 3rd; Hohl, M. (1974): Tears of the transverse ligament of the atlas. A clinical and biomechanical study. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 56 (8), S. 1683–1691.
- Fielding, J. W.; Hawkins, J. R.; et al. (1978): Atlantoaxial Rotary Deformities. In: *The orthopedic clinics of North America* (9), S. 955–967.
- Fielding, J. W.; Hawkins, R. J. (1977): Atlanto-axial rotatory fixation. (Fixed rotatory subluxation of the atlanto-axial joint). In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 59 (1), S. 37–44, zuletzt geprüft am 09.11.2015.
- Friedburg H. (2005): Bildgebende Verfahren und ihre Wertigkeit. In: Die obere Halswirbelsäule. Pathophysiologie und Klinik. Heidelberg: Springer Medizin, S. 184–194.
- Gaßner, Ingmar; Riccabona, Michael (Hg.) (2010): Trainer Kinderradiologie. Röntgen, Ultraschall, CT und MRT im Neugeborenen- und Kindesalter ; 42 Tabellen. Stuttgart [u.a.]: Thieme (Literaturangaben).

Glottzbecker, Michael P.; Wasser, Aubrey M.; Hresko, Michael T.; Karlin, Lawrence I.; Emans, John B.; Hedequist, Daniel J. (2014): Efficacy of nonfusion treatment for subacute and chronic atlanto-axial rotatory fixation in children. In: *Journal of pediatric orthopedics* 34 (5), S. 490–495. DOI: 10.1097/BPO.000000000000128.

Goel, Atul; Shah, Abhidha (2011): Atlantoaxial facet locking: treatment by facet manipulation and fixation. Experience in 14 cases. In: *Journal of neurosurgery. Spine* 14 (1), S. 3–9. DOI: 10.3171/2010.9.SPINE1010.

Gourin, Christine G.; Kaper, Bertrand; Abdu, William A.; Donegan, J. Oliver (2002): Nontraumatic atlanto-axial subluxation after retropharyngeal cellulitis: Grisel's syndrome. In: *American journal of otolaryngology* 23 (1), S. 60–65.

Greenspan, Adam (Hg.) (2007a): Skelettradiologie. Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie, Onkologie. 4. Aufl. München, Jena: Elsevier, Urban & Fischer.

Greenspan, Adam (2007b): Wirbelsäule. Anatomische-radiologische Betrachtung. In: Adam Greenspan (Hg.): Skelettradiologie. Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie, Onkologie. 4. Aufl. München, Jena: Elsevier, Urban & Fischer, S. 427–443.

Grisel, P. (1930): Enucleation de l'atlas et torticollis naso-pharyngien. In: *La presse medicale* (38), S. 50–53.

Guleryuz, Adil; Bagdatoglu, Celal; Duce, Meltem Nass; Talas, Derya U.; Celikbas, Hikmet; Koxsel, Turgut (2002): Grisel's syndrome. In: *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia* 9 (1), S. 81–84. DOI: 10.1054/jocn.2001.0944.

Hall, T.; Robinson, K. (2004): The flexion-rotation test and active cervical mobility--a comparative measurement study in cervicogenic headache. In: *Manual therapy* 9 (4), S. 197–202. DOI: 10.1016/j.math.2004.04.004.

Haque, Saira; Bilal Shafi, Badar Bin; Kaleem, Musa (2012): Imaging of torticollis in children. In: *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 32 (2), S. 557–571. DOI: 10.1148/rg.322105143.

Harth, Marc; Mayer, Marcus; Marzi, Ingo; Vogl, Thomas J. (2004): Lateral torticollis on plain radiographs and MRI: Grisel syndrome. In: *European radiology* 14 (9), S. 1713–1715. DOI: 10.1007/s00330-003-2213-0.

- Hepp, Wolfgang Rüdiger; Debrunner, Hans U. (2004). Wirbelsäule und Rumpf. In: Wolfgang Rüdiger Hepp, Hans U. Debrunner und Werner Grosser (Hg.): Orthopädisches Diagnostikum. 82 Tabellen. 7., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Thieme, S. 76.
- Heymann, W. von; Locher, H. (2013): Manual medicine and orthopedics. In: *Der Orthopäde* 42 (10), S. 834–841. DOI: 10.1007/s00132-013-2094-0.
- Hicazi, Abdusselam; Acaroglu, Emre; Alanay, Ahmet; Yazici, Muharrem; Surat, Adil (2002): Atlantoaxial rotatory fixation-subluxation revisited: a computed tomographic analysis of acute torticollis in pediatric patients. In: *Spine* 27 (24), S. 2771–2775. DOI: 10.1097/01.BRS.0000035723.17327.49.
- Hosten, Norbert; Liebig, Thomas (Hg.) (2007): Computertomographie von Kopf und Wirbelsäule. 24 Tabellen. 2. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Thieme (Referenz-Reihe Radiologie).
- Hsu, Pei-Te; Liou, I-Hsiu; Sun, Shu-Fen; Hwang, Chiao-Wen; Wang, Jue-Long (2013): Effect of rehabilitation on a child with atlantoaxial rotatory fixation. In: *Spine* 38 (9), E569-72. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31828a3048.
- Hullmann, Stephanie E.; Ryan, Jamie L.; Ramsey, Rachelle R.; Chaney, John M.; Mullins, Larry L. (2011): Measures of general pediatric quality of life. Child Health Questionnaire (CHQ), DISABKIDS Chronic Generic Measure (DCGM), KINDL-R, Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQL) 4.0 Generic Core Scales, and Quality of My Life Questionnaire (QoML). In: *Arthritis care & research* 63 Suppl 11, S420-30. DOI: 10.1002/acr.20637.
- Illgner, A.; Haas, N.; Blauth, M.; Tscherne, H. (1989): The surgical treatment of injuries of the cervical spine. In: *Der Unfallchirurg* 92 (8), S. 363–372.
- Inami, S.; Kaneoka, K.; Hayashi, K.; Ochiai, N. (2000): Types of synovial fold in the cervical facet joint. In: *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association* 5 (5), S. 475–480.
- Ishii, Ken; Chiba, Kazuhiro; Maruiwa, Hirofumi; Nakamura, Masaya; Matsumoto, Morio; Toyama, Yoshiaki (2006): Pathognomonic radiological signs for predicting prognosis in patients with chronic atlantoaxial rotatory fixation. In: *Journal of neurosurgery. Spine* 5 (5), S. 385–391. DOI: 10.3171/spi.2006.5.5.385.

- Ishii, Ken; Matsumoto, Morio; Momoshima, Suketaka; Watanabe, Kota; Tsuji, Takashi; Takaishi, Hironari et al. (2011): Remodeling of C2 facet deformity prevents recurrent subluxation in patients with chronic atlantoaxial rotatory fixation: a novel strategy for treatment of chronic atlantoaxial rotatory fixation. In: *Spine* 36 (4), E256-62. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d8bbdd.
- Ishii, Ken; Toyama, Yoshiaki; Nakamura, Masaya; Chiba, Kazuhiro; Matsumoto, Morio (2012): Management of chronic atlantoaxial rotatory fixation. In: *Spine* 37 (5), E278-85. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31823cc2ea.
- Jeszenszky, Dezsoe; Fekete, Tamas; Kleinstuck, Frank; Haschtmann, Daniel; Loibl, Markus (2018): Transoral Closed Reduction of Fixed Atlanto-Axial Rotatory-Subluxation (AARS) in Childhood and Adolescence. In: *Clinical spine surgery* 31 (5), E252-E256. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000563.
- Kamper, Steve J.; Henschke, Nicholas; Hestbaek, Lise; Dunn, Kate M.; Williams, Christopher M. (2016): Musculoskeletal pain in children and adolescents. In: *Brazilian journal of physical therapy* 20 (3), S. 275–284. DOI: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0149.
- Karkos, P. D.; Benton, J.; Leong, S. C.; Mushi, E.; Sivaji, N.; Assimakopoulos, D. A. (2007): Grisel's syndrome in otolaryngology: a systematic review. In: *International journal of pediatric otorhinolaryngology* 71 (12), S. 1823–1827. DOI: 10.1016/j.ijporl.2007.07.002.
- Kasten, P.; Zeichen, J.; Gössling, T.; Krettek, C. (2002): Grisels Syndrom--eine unfallchirurgische Rarität. In: *Der Unfallchirurg* 105 (6), S. 565–568.
- Kathrein, A.; Blauth, M. (2006): Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. In: Annelie Weinberg und H. Tscherne (Hg.): *Tscherne Unfallchirurgie. Unfallchirurgie im Kindesalter*. Berlin: Springer, S. 514–536.
- Kinon, Merritt D.; Nasser, Rani; Nakhla, Jonathan; Desai, Rupen; Moreno, Jessica R.; Yassari, Reza; Bagley, Carlos A. (2016): Atlantoaxial Rotatory Subluxation. A Review for the Pediatric Emergency Physician. In: *Pediatric emergency care* 32 (10), S. 710–716. DOI: 10.1097/PEC.0000000000000817.
- Krengel, Walter F 3rd; Kim, Paul H.; Wiater, Brett (2015): Spontaneous Ankylosis of Occiput to C2 following Closed Traction and Halo Treatment of Atlantoaxial Rotary Fixation. In: *Global spine journal* 5 (3), S. 233–238. DOI: 10.1055/s-0035-1549432.

Landi, Alessandro; Pietrantonio, Andrea; Marotta, Nicola; Mancarella, Cristina; Delfini, Roberto (2012): Atlantoaxial rotatory dislocation (AARD) in pediatric age: MRI study on conservative treatment with Philadelphia collar--experience of nine consecutive cases. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 21 Suppl 1, S94-99. DOI: 10.1007/s00586-012-2216-0.

Linsenmaier, U.; Reiser, M. (2012): Computertomographie, Magnetresonanztomographie und Angiographie. In: Rainbow Rowell (Hg.): *Chirurgie Basisweiterbildung. In 100 schritten durch den common trunk.* [Place of publication not identified]: Springer, S. 118–127.

Locke, G. R.; Gardner, J. I.; Van Epps, E F (1966): Atlas-dens interval (ADI) in children: a survey based on 200 normal cervical spines. In: *The American journal of roentgenology, radium therapy, and nuclear medicine* 97 (1), S. 135–140.

Lohse-Busch, H.; Riedel, M. (2002): Der unbekannte akute kindliche Schiefhals. 3 Fälle von Grisel-Syndrom. In: *Manuelle Medizin* (40), S. 212–219.

Lukhele, M. (1996): Atlanto-axial rotatory fixation. In: *South African medical journal = Suid-Afrikaanse tydskrif vir geneeskunde* 86 (12), S. 1549–1552.

Lustrin, Elizabeth Susan; Karakas, Sabiha Pinar; Ortiz, A. Orlando; Cinnamon, Jay; Castillo, Mauricio; Vaheesan, Kirubahara et al. (2003): Pediatric cervical spine: normal anatomy, variants, and trauma. In: *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 23 (3), S. 539–560. DOI: 10.1148/rg.233025121.

Mahr, D.; Freigang, V.; Himanshu, B.; Kerschbaum, M.; Frankewycz, B.; Loibl, M.; Nerlich, M.; Baumann F. (2019): Comprehensive treatment algorithm for atlanto-axial rotatory fixation (AARF) in children. In: *European Journal of Trauma and Emergency Surgery: official publication of the European Trauma Society.*

Mathern, G. W.; Batzdorf, U. (1989): Grisel's syndrome. Cervical spine clinical, pathologic, and neurologic manifestations. In: *Clinical orthopaedics and related research* (244), S. 131–146.

- Merian, M.; Bernhard, J. (2005): Der Schiefhals des Kindes, eine Bagatelle? In: *Schweiz Med Forum* (5), S. 472–474.
- Mezue, W. C.; Taha, Z. M.; Bashir, E. M. (2002): Fever and acquired torticollis in hospitalized children. In: *The Journal of laryngology and otology* 116 (4), S. 280–284.
- Mifsud, M.; Abela, M.; Wilson, N I L (2016): The delayed presentation of atlantoaxial rotatory fixation in children: a review of the management. In: *The bone & joint journal* 98-B (5), S. 715–720. DOI: 10.1302/0301-620X.98B5.36306.
- Mihara, H.; Onari, K.; Hachiya, M.; Toguchi, A.; Yamada, K. (2001): Follow-up study of conservative treatment for atlantoaxial rotatory displacement. In: *Journal of spinal disorders* 14 (6), S. 494–499.
- Münch, C.; Linhart, W.; Storck, A.; Papavero, L.; Windolf, J.; Rueger, J. M.; Briem, D. (2005): Behandlung der traumatisch rotatorischen atlantoaxialen Dislokation im Kindesalter. Fallvorstellung und Literaturübersicht. In: *Der Unfallchirurg* 108 (11), S. 987–990. DOI: 10.1007/s00113-005-0944-x.
- Muñiz, A. E.; Belfer, R. A. (1999): Atlantoaxial rotary subluxation in children. In: *Pediatric emergency care* 15 (1), S. 25–29.
- Nilsson, N. (1995): Measuring cervical muscle tenderness. a study of reliability. In: *Journal of manipulative and physiological therapeutics* (18), S. 88–90.
- Osiro, Stephen; Tiwari, Kevin J.; Matusz, Petru; Gielecki, Jerzy; Tubbs, R. Shane; Loukas, Marios (2012): Grisel's syndrome: a comprehensive review with focus on pathogenesis, natural history, and current treatment options. In: *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery* 28 (6), S. 821–825. DOI: 10.1007/s00381-012-1706-z.
- Ozalp, Hakan; Hamzaoglu, Vural; Avci, Emel; Karatas, Derya; Ismi, Onur; Talas, Derya Umit et al. (2018): Early diagnosis of Grisel's syndrome in children with favorable outcome. In: *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*. DOI: 10.1007/s00381-018-3996-2.
- Ozuah, P. (2001): Torticollis. In: *Primary pediatric care* (176), S. 1282–1284.
- Pang, Dachling; Li, Veetai (2005a): Atlantoaxial rotatory fixation. Part 3—a prospective study of the clinical manifestation, diagnosis, management, and outcome of children with atlantoaxial rotatory fixation. In: *Neurosurgery* 57 (5), 954-72; discussion 954-72.

- Pang, Dachling; Li, Veetai (2005b): Atlantoaxial rotatory fixation: part 2--new diagnostic paradigm and a new classification based on motion analysis using computed tomographic imaging. In: *Neurosurgery* 57 (5), 941-53; discussion 941-53.
- Parke, W. W.; Rothman, R. H.; Brown, M. D. (1984): The pharyngovertebral veins: an anatomical rationale for Grisel's syndrome. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 66 (4), S. 568–574.
- Pärtan, G.; Kainberger, F.; Fruhwald, F. (2008): Referral guidelines in diagnostic imaging. In: *Der Radiologe* 48 (3), S. 268–271. DOI: 10.1007/s00117-008-1618-9.
- Phillips, W. A.; Hensinger, R. N. (1989): The management of rotatory atlanto-axial subluxation in children. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 71-A (5), S. 664–668.
- Pilge, Hakan; Holzzapfel, Boris Michael; Lampe, Renee; Pilge, Stefanie; Prodingler, Peter Michael (2013): A novel technique to treat Grisel's syndrome: results of a simplified, therapeutical algorithm. In: *International orthopaedics* 37 (7), S. 1307–1313. DOI: 10.1007/s00264-013-1895-4.
- Pilge, Hakan; Prodingler, Peter M.; Burklein, Dominik; Holzzapfel, Boris M.; Lauen, Jochen (2011): Nontraumatic subluxation of the atlanto-axial joint as rare form of acquired torticollis: diagnosis and clinical features of the Grisel's syndrome. In: *Spine* 36 (11), E747-51. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181fab0e4.
- Powell, Elizabeth C.; Leonard, Jeffrey R.; Olsen, Cody S.; Jaffe, David M.; Anders, Jennifer; Leonard, Julie C. (2017): Atlantoaxial Rotatory Subluxation in Children. In: *Pediatric emergency care* 33 (2), S. 86–91. DOI: 10.1097/PEC.0000000000001023.
- Rinaldo, Alessandra; Mondin, Vanni; Suarez, Carlos; Genden, Eric M.; Ferlito, Alfio (2005): Grisel's syndrome in head and neck practice. In: *Oral oncology* 41 (10), S. 966–970. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2005.02.005.
- Roche, C. J.; O'Malley, M.; Dorgan, J. C.; Carty, H. M. (2001): A pictorial review of atlanto-axial rotatory fixation: key points for the radiologist. Pictorial Review. In: *Clinical radiology* 56 (12), S. 947–958. DOI: 10.1053/crad.2001.0679.
- Rozzelle, Curtis J.; Aarabi, Bizhan; Dhall, Sanjay S.; Gelb, Daniel E.; Hurlbert, R. John; Ryken, Timothy C. et al. (2013): Management of pediatric cervical spine and

spinal cord injuries. In: *Neurosurgery* 72 Suppl 2, S. 205–226. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318277096c.

Salpietro, V.; Polizzi, A.; Granata, F.; Briuglia, S.; Mankad, K.; Ruggieri, M. (2012): Upper respiratory tract infection and torticollis in children: differential diagnosis of Grisel's syndrome. In: *Clinical neuroradiology* 22 (4), S. 351–353. DOI: 10.1007/s00062-012-0145-2.

Sarwark, John F. (2010): Torticollis. In: John F. Sarwark (Hg.): *Essentials of musculoskeletal care*. 4th ed. Rosemount, Ill.: American Academy of Orthopaedic Surgeons, S. 1194–1198.

Schilling, A. M.; Heidenreich, J. O.; Wolf, K-J (2006): Pitfalls and special features of modern imaging diagnostics of the upper cervical spine. In: *Der Orthopade* 35 (3), S. 237–243. DOI: 10.1007/s00132-005-0922-6.

Schröder, R-J; Albus, M.; Kandziora, F.; Herzog, H.; Rottgen, R.; Maurer, J.; Felix, R. (2003): Diagnostic value of three-dimensional reconstruction in CT of traumatic spinal fractures. In: *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 175 (11), S. 1500–1507. DOI: 10.1055/s-2003-43405.

Schünke, Michael; Schulte, Erik; Schumacher, Udo; Voll, Markus; Wesker, Karl (2009b): Prometheus Lernatlas der Anatomie. Kopf,Hals und Neuroanatomie. In: Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll und Karl Wesker (Hg.): *Kopf, Hals und Neuroanatomie*. 115 Tabellen. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Thieme (Prometheus, LernAtlas der Anatomie / Michael Schünke; Erik Schulte; Udo Schumacher. Ill. von Markus Voll; Karl Wesker...[...]), S. 222–223.

Schwarz, N.; Lenz, M.; Berzlanovich, A.; Smetka, W. (2000): Atlanto-axial rotation and distance in small children. A postmortem study. In: *Der Unfallchirurg* 103 (8), S. 656–661.

Schwarz, N.; Ohner, T.; Schwarz, A. F.; Gerschpacher, M.; Meznik, A. (1993): Verletzungen der Halswirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen. In: *Der Unfallchirurg* 96 (5), S. 235–241.

Seffinger, Michael A.; Najm, Wadie I.; Mishra, Shiraz I.; Adams, Alan; Dickerson, Vivian M.; Murphy, Linda S.; Reinsch, Sibylle (2004): Reliability of spinal palpation for

diagnosis of back and neck pain: a systematic review of the literature. In: *Spine* 29 (19), E413-25.

Sia, K. J.; Tang, I. P.; Kong, C K L; Nasriah, A. (2012): Grisel's syndrome: a rare complication of tonsillectomy. In: *The Journal of laryngology and otology* 126 (5), S. 529–531. DOI: 10.1017/S0022215112000175.

Spiegel, David; Shrestha, Shikshya; Sitoula, Prakash; Rendon, Norma; Dormans, John (2017): Atlantoaxial rotatory displacement in children. In: *World journal of orthopedics* 8 (11), S. 836–845. DOI: 10.5312/wjo.v8.i11.836.

SSK/Strahlenschutzkommission verabschiedet in der 208. Sitzung am 11./12. Juli 2006: Bildgebende Diagnostik beim Kind-Strahlenschutz, Rechtfertigung und Effektivität (<https://www.google.com/search?q=Bildgebende+Diagnostik+beim+Kind-Strahlenschutz%2C+rechtfertigung&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b> (Stand: 28.11.2018. 9:45h)

Stücker, Markus (2008): Manuelle Therapie in der Praxis. Darmstadt: Steinkopff.

Subach, B. R.; McLaughlin, M. R.; Albright, A. L.; Pollack, I. F. (1998): Current management of pediatric atlantoaxial rotatory subluxation. In: *Spine* 23 (20), S. 2174–2179.

Tang, Xue-Yang; Liu, Li-Jun; Yang, Hui-Jun; Peng, Ming-Xing; Liao, Su-Hua (2007): Anatomic study of the synovial folds of the occipito-atlanto-axial joints. In: *Clinical anatomy (New York, N.Y.)* 20 (4), S. 376–381. DOI: 10.1002/ca.20408.

Tauchi, Ryoji; Imagama, Shiro; Ito, Zenya; Ando, Kei; Hirano, Kenichi; Muramoto, Akio et al. (2012): Complications and outcomes of posterior fusion in children with atlantoaxial instability. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 21 (7), S. 1346–1352. DOI: 10.1007/s00586-011-2083-0.

Tauchi, Ryoji; Imagama, Shiro; Ito, Zenya; Ando, Kei; Muramoto, Akio; Matsui, Hiroki et al. (2013): Surgical treatment for chronic atlantoaxial rotatory fixation in children. In: *Journal of pediatric orthopedics. Part B* 22 (5), S. 404–408. DOI: 10.1097/BPB.0b013e3283633064.

Thiemel, G.; Hipp, Erwin G. (2003): Schiefhals. In: Erwin G. Hipp, W. Plötz und G. Thiemel (Hg.): Orthopädie und Traumatologie. 40 Tabellen. Stuttgart [u.a.]: Thieme, S. 465–469.

Tscherne, Harald (Hg.) (1998): Wirbelsäule. Mit 62 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer (Tscherne Unfallchirurgie).

Tscherne, Harald; Blauth, M. (1998): Wirbelsäule. Konservative Behandlung. In: Harald Tscherne (Hg.): Wirbelsäule. Mit 62 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer (Tscherne Unfallchirurgie), S. 113–117.

Varni, J. W.; Seid, M.; Kurtin, P. S. (2001): PedsQL 4.0. Reliability and validity of the Pediatric Quality of Life Inventory version 4.0 generic core scales in healthy and patient populations. In: *Medical care* 39 (8), S. 800–812.

Wada, Eiji; Fukui, Mitsuru; Takahashi, Kazuhisa; Takeuchi, Daisaku; Hashizume, Hiroshi; Kanamori, Masahiko et al. (2018): Japanese orthopaedic association cervical myelopathy evaluation questionnaire (JOACMEQ). Part 5. Determination of responsiveness. In: *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*. DOI: 10.1016/j.jos.2018.08.015.

Wang, Shenglin; Yan, Ming; Passias, Peter G.; Wang, Chao (2016): Atlantoaxial Rotatory Fixed Dislocation: Report on a Series of 32 Pediatric Cases. In: *Spine* 41 (12), E725-32. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001414.

Watson-Jones, R. (1932): Spontaneous dislocation of the atlas. In: *Proc. Roy. Soc. Med.* (25), S. 785.

Weigel, Bernhard; Neumann, Carsten (2011a): Atlantoaxiale Dislokationen. In: Bernhard Weigel und Michael Nerlich (Hg.): Praxisbuch Unfallchirurgie. Mit 161 Tabellen. 2., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, S. 180–184.

Weigel, Bernhard; Neumann, Carsten (2011b): Diagnostik. In: Bernhard Weigel und Michael Nerlich (Hg.): Praxisbuch Unfallchirurgie. Mit 161 Tabellen. 2., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, S. 161–162.

Weigel, Bernhard; Neumann, Carsten (2011c): Klinische Versorgung. In: Bernhard Weigel und Michael Nerlich (Hg.): Praxisbuch Unfallchirurgie. Mit 161 Tabellen. 2., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, S. 163–167.

Weinberg, Annelie; Tscherne, H. (Hg.) (2006): Tscherne Unfallchirurgie. Unfallchirurgie im Kindesalter. Berlin: Springer.

Weisskopf, Markus; Naeve, Detlef; Ruf, Michael; Harms, Jurgen; Jeszenszky, Dezso (2005): Therapeutic options and results following fixed atlantoaxial rotatory dislocations. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 14 (1), S. 61–68. DOI: 10.1007/s00586-004-0772-7.

Wetzel, F. T.; La Rocca, H. (1989): Grisel's syndrome. Review. In: *Clinical orthopaedics and related research* (240), S. 141–152.

Wilke, A.; Wolf, U.; Gotthardt, M. (2000): Imaging of blocks in the spine with bone scintigraphy (SPECT). In: *Biomedizinische Technik. Biomedical engineering* 45 (7-8), S. 206–210.

Wilson, B. C.; Jarvis, B. L.; Haydon, R. C. (1987): Nontraumatic subluxation of the atlantoaxial joint: Grisel's syndrome. In: *The Annals of otology, rhinology, and laryngology* 96 (6), S. 705–708.

Wittek, A. (1908): Ein Fall von Distensionsluxation im Atlanto-epistropheal-Gelenke. In: *Muenchener Medizinische Wochenschrift* (55), S. 1836–1837.

Wurm, G.; Aichholzer, M.; Nussbaumer, K. (2004): Acquired torticollis due to Grisel's syndrome: case report and follow-up of non-traumatic atlantoaxial rotatory subluxation. In: *Neuropediatrics* 35 (2), S. 134–138. DOI: 10.1055/s-2004-815836.

Yang, Feng; Dong, Liang; Tan, Mingsheng; Ma, Haoning; Yi, Ping; Tang, Xiangsheng (2013): In vivo analysis of cervical range of motion after revised C1-C2 pedicle screw technique for pediatric atlantoaxial instability. In: *Pediatric neurosurgery* 49 (5), S. 282–286. DOI: 10.1159/000366165.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze Kopfhaltung ("cock robin") bei AARS, Kopf seitlich zur Schulter geneigt und Kinn ist zur Gegenseite rotiert.	10
Abbildung 2: seitliche HWS Aufnahme, ventrale Kippung von C1 (Nr.1) über C2 (Nr.2).....	12
Abbildung 3: Schematische Darstellung der AARS.....	12
Abbildung 4: a.p.Darstellung der HWS	13
Abbildung 5: Offene Mund Darstellung, Zwinkerzeichen, rechts ist kein Articulatio atlanto-axialis mehr sichtbar, Atlas ist über Axis nach ventral gekippt, links gut sichtbares Articulatio atlanto-axialis (1), Corpus vertebrae von C2 mit dens axis (2).	14
Abbildung 6: 3D Rekonstruktion einer AARS, Atlas rotiert und subluxiert auf Axis ...	16
Abbildung 7: Offene Reposition und transverse Fadenfixation	24
Abbildung 8: Therapeutisches Stufenkonzept.....	25
Abbildung 9: Verteilung Diagnostische Maßnahmen	36
Abbildung 10: Verteilung Bildgebende Verfahren	37
Abbildung 11: Klassifizierung nach Fielding.....	38
Abbildung 12: Ergebnisse Körperliche Untersuchung.....	39
Abbildung 13: Übersicht Therapieergebnisse	40
Abbildung 14: Übersicht Basistherapie	41
Abbildung 15: Übersicht über die durchgeführten Repositionen	41
Abbildung 16: Verteilung der Befunde in der manualtherapeutischen Untersuchung	49
Abbildung 17: Verteilung der Punktwerte des Physical H. S. Score, Psychosocial S. Score und Total Score, (n=8)Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQL) 4.0 Generic Core Scales	52

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung nach Fieldings und Hawkins	21
Tabelle 2: Übersicht über klinische Daten der Patienten mit AARS, Aktenauswertung, (n=8) ohne Reposition.....	33
Tabelle 3: Übersicht klinische Daten der Patienten mit AARS, Aktenauswertung, (n=3) mit Reposition.....	34
Tabelle 4: Klinische Daten Patienten, Aktenauswertung, Schmerz, Torticollis, Muskelhartspann, Bewegungseinschränkungen (n=11):	35
Tabelle 5: Übersicht Messwerte Bewegungsausmaß (n=6).....	46
Tabelle 6: Übersicht Auswertung Klinische Nachuntersuchung (n=6)	47
Tabelle 7: Übersicht Auswertung manualmedizinische Nachuntersuchung nach Bischoff der oberen Halswirbelsäule, (n=6):	50

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Doktorvater PD. Dr. Florian Baumann für das Dissertationsthema und die stets hilfsbereite und fachliche Unterstützung. Über den gesamten Zeitraum nahm er sich viel Zeit, um meine Entwürfe zu korrigieren, motivierte mich durchzuhalten und die Arbeit fertig zustellen.

Einen großen Dank an meinen Mann Johannes und meine Kinder Anne-Sophie und Vincent, die mich häufig entbehren mussten. Wenn ich verzweifelt war, redeten sie behutsam auf mich ein, gaben mir Zuversicht und Kraft weiterzumachen.

Weiterhin bedanke ich mich bei meinen Eltern für ihre tatkräftige Unterstützung und ihre positiven Sichtweisen. Danke sagen möchte ich meinen Freundinnen Carolyn, Birgit und Hanna für ihre stützenden Gespräche.