

Redaktion

P. Biberthaler, München
T. Gösling, Braunschweig
T. Mittlmeier, Rostock



CrossMark



Online teilnehmen

3 Punkte sammeln auf CME.SpringerMedizin.de

Teilnahmemöglichkeiten

Die Teilnahme an diesem zertifizierten Kurs ist für 12 Monate auf CME.SpringerMedizin.de möglich. Den genauen Teilnahmeschluss erfahren Sie dort.

Teilnehmen können Sie:

- als Abonnent dieser Fachzeitschrift,
- als e.Med-Abonnent.

Als Abonnent von *Der Unfallchirurg* oder *Der Orthopäde* können Sie kostenlos an CME-Kursen beider Zeitschriften teilnehmen.

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist zertifiziert von der Ärztekammer Nordrhein gemäß Kategorie D und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig. Es werden 3 Punkte vergeben.

Anerkennung in Österreich

Gemäß Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die auf CME.SpringerMedizin.de erworbenen Fortbildungspunkte von der Österreichischen Ärztekammer 1:1 als fachspezifische Fortbildung angerechnet (§26(3) DFP Richtlinie).

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

Matti Scholz¹ · Frank Kandziora¹ · Frank Hildebrand² · Philipp Kobbe²

¹ BG Unfallklinik Frankfurt am Main gGmbH, Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und Neurotraumatologie, Frankfurt, Deutschland

² Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Uniklinik RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Verletzungen der oberen Halswirbelsäule

Update zu Diagnostik und Management

Zusammenfassung

Wegen der komplexen anatomischen Verhältnisse und der biomechanischen Besonderheiten stellen Verletzungen der oberen Halswirbelsäule eine diagnostische und therapeutische Herausforderung dar. Im vorliegenden Weiterbildungsbeitrag werden die diagnostischen Prinzipien, die gängigen Klassifikationen und Therapieempfehlungen sowie verletzungsspezifische Besonderheiten von knöchernen und ligamentären Verletzungen der oberen Halswirbelsäule (C0–C2) behandelt.

Schlüsselwörter

Okzipitalkondylen · Wirbelfrakturen · Gelenkdislokationen · Spondylolisthesis · Gelenkbänder

Ungefähr 30 % der HWS-Verletzungen betreffen den oberen HWS-Teil mit einem Verletzungsschwerpunkt des 2. HWK

Bei bewusstseinsklaren Patienten kann der Algorithmus der Canadian C-Spine Rule angewandt werden

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags ...

- haben Sie einen Einblick in die komplexen anatomischen Verhältnisse und biomechanischen Besonderheiten der oberen Halswirbelsäule (HWS) gewonnen.
- kennen Sie die gängigen Klassifikationen für Verletzungen der oberen HWS.
- können Sie die diagnostischen Prinzipien bei Verletzungen der oberen HWS beschreiben.
- sind Sie in der Lage, knöcherne und ligamentäre verletzungsspezifische Besonderheiten zu erkennen.
- fühlen Sie sich sicher darin, aus der Gesamtschau Ihrer Erkenntnisse die optimale Therapieempfehlung für Ihre einzelnen Patienten abzuleiten.

Einleitung

Verletzungen der HWS können mit einer Häufigkeit von etwa 12 Verletzungen/100.000 Einwohner und Jahr angenommen werden. Ungefähr 30 % betreffen die obere HWS (C0-2) mit einem Verletzungsschwerpunkt des 2. Halswirbelkörpers (HWK; [1]). Die prozentuale Rate an **neurologischen Defiziten** ist bei Verletzungen der oberen HWS signifikant niedriger als bei Verletzungen der unteren HWS [1].

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Diagnostik und die Versorgung von Verletzungen der oberen HWS des Erwachsenen, da insbesondere an die Therapie in dieser Region aufgrund der komplexen Anatomie und Biomechanik besondere Ansprüche zu stellen sind.

Diagnostik

Bei bewusstseinsklaren Patienten kann der Algorithmus der Canadian C-Spine Rule angewandt werden, um die Notwendigkeit der weiterführenden radiologischen Diagnostik zu eruieren [2]. Traumapatienten mit **eingeschränkter Bewusstseinslage** oder Patienten im Alter >60 Jahre sollten hingegen immer eine radiologische Abklärung der HWS erhalten.

Das radiologische Diagnostikum der Wahl bei Verdacht auf eine Verletzung der oberen HWS ist die Computertomographie (CT; [3]), da sich die komplexen anatomischen Strukturen meist nur unzureichend nativ-radiologisch beurteilen lassen [4, 5]. Die Achillesferse der CT im Bereich der oberen HWS ist allerdings die Detektion rein ligamentärer Instabilitäten; hierzu können folgende radiologische Diagnostika notwendig sein:

- Magnetresonanztomographie (MRT) oder
- dynamische Durchleuchtung.

Auf die verletzungsspezifischen Anforderungen an die radiologische Diagnostik wird im Detail bei der Erläuterung der einzelnen Verletzungen der oberen HWS eingegangen.

Injuries of the upper cervical spine. Update on diagnostics and management

Abstract

Injuries to the upper cervical spine represent a diagnostic and therapeutic challenge to the treating surgeon due to the complex anatomical relationships and biomechanical features. In this further education article the diagnostic principles, established classifications and therapeutic recommendations as well as injury-specific characteristics of bony and ligamentous injuries to the upper cervical spine (C0-C2) are presented.

Keywords

Occipital condyles · Spinal fractures · Joint dislocations · Spondylolisthesis · Ligaments, articular

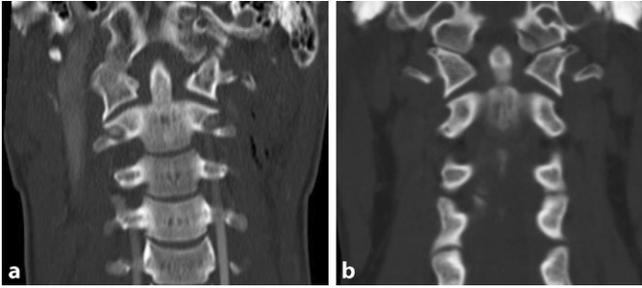


Abb. 1 ◀ a Linksseitige Okzipital-kondylenimppressionsfraktur (Typ I); b knöcherner Ausriss des Lig. alare an der linken Okzipitalkondyle (Typ III)

Besondere diagnostische Beachtung bei Verletzungen der oberen HWS sollte die A. vertebralis erhalten, da Verletzungen in bis zu 25,5 % der Fälle beschrieben werden [6] und die hohe Variabilität des Verlaufs eine präoperative Darstellung empfehlenswert macht [7, 8]. Aus diesen Gründen sollte eine **angiographische Darstellung** im Rahmen der CT oder MRT der oberen HWS erfolgen [9].

Okzipitalkondylenfrakturen

Frakturen der Okzipitalkondylen (C0) können infolge von **Hochrasanzunfällen** entstehen. Die Inzidenz wird in der Literatur zwischen 0,8 und 1,1 % angegeben [10, 11].

Klassifikation

Am gebräuchlichsten ist die 1988 von Anderson und Montesano [12] eingeführte Klassifikation:

- Typ I: durch axiale Krafteinwirkung meist unilaterale Kompressionsfraktur der Okzipitalkondyle (▣ **Abb. 1a**),
- Typ II: Schädelbasisfraktur, die in die Okzipitalkondyle ausläuft, und
- Typ III: knöcherner Ausriss des jeweiligen Lig. alare durch Distraktions-/Rotationskräfte (▣ **Abb. 1b**).

Diagnostik

Frakturen der Okzipitalkondylen werden in der nativen Röntgendiagnostik häufig übersehen. Daher ist die CT-Diagnostik die Methode der Wahl. Bei Nachweis einer Typ-III-Verletzung sollte obligat eine Insuffizienz der okzipitozervikalen Bänder (**okzipitozervikale Dissoziation**) im MRT ausgeschlossen werden.

Therapie

Gering komprimierte Typ-I-Verletzungen sowie wenig dislozierte Typ-II- und Typ-III-Verletzungen können konservativ mithilfe einer **Halskrawatte** innerhalb von 6 bis 12 Wochen ausbehandelt werden [11]. Der Heilungsverlauf sollte radiologisch (CT) überwacht werden, um eine progrediente Frakturdislokation auszuschließen bzw. eine knöcherne Heilung zu dokumentieren.

Bei stark komprimierten Typ-I-Verletzungen sowie dislozierten Typ-II- und Typ-III-Verletzungen ist eine **geschlossene Reposition** zu erwägen. Die Ausbehandlung erfolgt im Halofixateur für 6 bis 12 Wochen. Kann die Reposition im Halofixateur nicht gehalten werden, besteht die Indikation zur operativen Stabilisation. Als Methode der Wahl wird hier die okzipitozervikale Stabilisation (C0-C2) empfohlen. Die frühzeitige Metallentfernung ist anzuraten, sobald der Nachweis der knöchernen Heilung gelingt (CT-Kontrolle nach 3 bis 6 Monaten). Falls bei einer Typ-III-Verletzung zusätzlich eine relevante ligamentäre okzipitozervikale Instabilität nachgewiesen wird, kommt eine **definitive C0-C2-Fusion** infrage.

Besondere diagnostische Beachtung bei Verletzungen der oberen HWS sollte die A. vertebralis erhalten

Der Heilungsverlauf sollte mithilfe von CT-Untersuchungen überwacht werden

Bei nichterfolgreicher Reposition im Halofixateur wird die okzipitozervikale Stabilisation empfohlen

Knöcherner Hirnnervenkompressionen können dessen Dekompression erfordern

Nach C0-C2-Fusion ist eine dauerhafte Verringerung der HWS-Beweglichkeit um ca. 50 % zu erwarten

Eine CT-morphologisch nachgewiesene „Subluxation“ im C0-C1-Gelenk weist auf eine potenziell hochinstabile atlantookzipitale Verletzung hin

Die Mortalität wird je nach Fallserie mit 30–90 % beschrieben

Besonderheiten

Aufgrund der engen anatomischen Lagebeziehungen (z. B. Canalis nervi hypoglossi) werden **Hirnnervenparesen** im Zusammenhang mit einer Okzipitalkondylenfraktur im Sinne eines traumatischen „Collet-Sicard-Syndroms“ bei bis zu 30 % der Patienten beschrieben [13]. Besteht eine relevante Hirnnervenparese bei knöcherner Hirnnervenkompression, ist eine Dekompression des Hirnnerven zu erwägen, falls eine indirekte Dekompression im Rahmen der Reposition als aussichtslos erscheint [13].

Outcome

Prinzipiell sind sehr gute Ausheilungsergebnisse zu erwarten. Maserati et al. [11] geben die Rate von **chronischen Nackenschmerzen** in ihrem Patientengut mit 2 % an. Nach C0-C2-Fusion ist eine dauerhafte Verringerung der HWS-Beweglichkeit um ca. 50 % (insbesondere in Rotation) zu erwarten. Eine graduelle Besserung der Hirnnervenausfälle sowohl unter konservativem als auch operativem Management ist, je nach Ausmaß der primären Kompression/Destruktion, möglich [14].

Atlantookzipitale Instabilität

Atlantookzipitale Dislokationen (C0-C1) entstehen infolge einer subtotalen oder kompletten Zerreißen der okzipitozervikalen Bänder und werden selten überlebt. Im Rahmen einer 5-jährigen prospektiven monozentrischen Sammelstudie (2005–2009) gaben Mueller et al. die Inzidenz mit 0,2 % an, wobei 60 % der Patienten im Behandlungsverlauf verstarben [15].

Klassifikation

Atlantookzipitale Instabilitäten können gemäß Traynelis et al. [16] anhand der **Dislokationsrichtung** des Schädels gegenüber dem Atlas eingeteilt werden. Typ I entspricht einer anterioren, Typ II einer posterioren und Typ III einer axialen Dislokation des Okziputs. Da es sich bei Betrachtung der Dislokationsrichtung nur um eine Momentaufnahme handelt, hat die Klassifikation für die Therapieplanung keine Bedeutung.

Diagnostik

In der **konventionellen Röntgenaufnahme** kann die atlantookzipitale Instabilität bei kompletter Dislokation erkannt werden. Allerdings bestehen häufig „Subluxationen“ des C0-C1-Gelenks, die nur im CT sicher diagnostiziert werden können. Diese „Subluxationen“ stellen sich in der dynamischen Durchleuchtung in der Regel als hochgradig instabil dar. Das MRT zeigt die Lokalisation und das Ausmaß der Bandläsionen sowie ggf. das Vorliegen einer Myelonkontusion.

Begleitverletzungen wie Okzipitalkondylenfrakturen vom Typ III nach Anderson und Montesano oder Dens-Frakturen vom Typ I nach Anderson und D'Alonzo sind häufig und werden im Rahmen der notwendigen CT-Untersuchung evaluiert.

Therapie

Bei Nachweis einer atlantookzipitalen Instabilität sind die **geschlossene Reposition** und eine posteriore okzipitozervikale Fusion (mindestens C0-C2) indiziert.

Outcome

Die Mortalität bei Vorliegen dieser Verletzung ist hoch. Sie wird mit 30–90 % je nach Fallserie beschrieben. Persistierende **neurologische Ausfälle** werden in bis zu 60 % der Fälle beschrieben [17, 18].

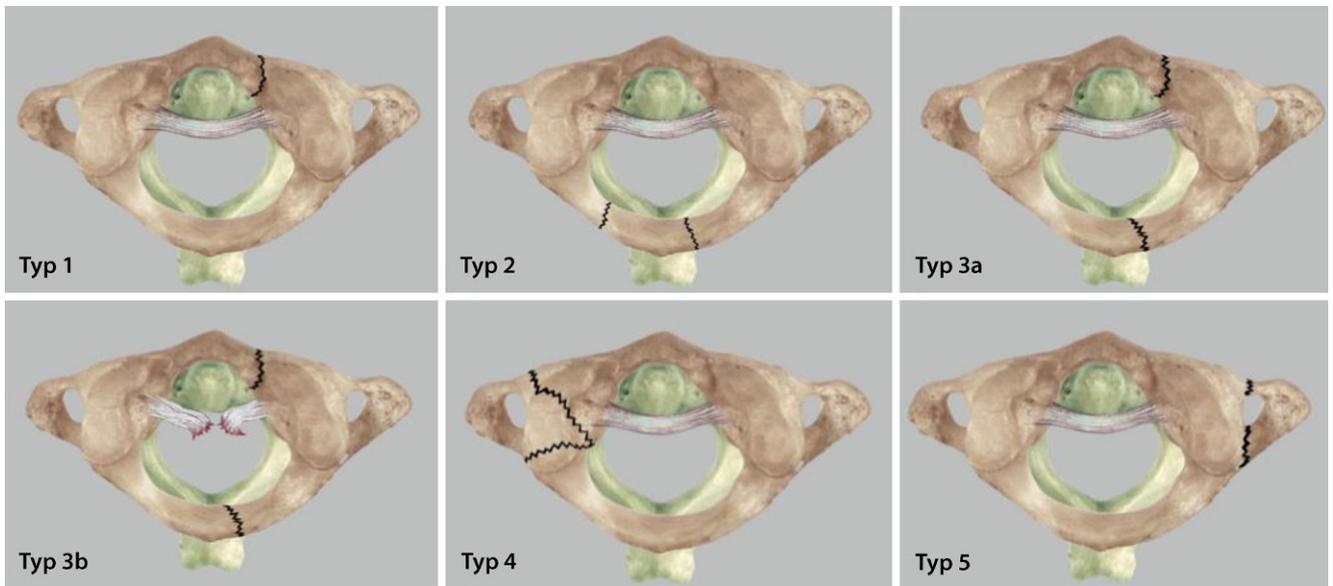


Abb. 2 ▲ Klassifikation der Atlasfrakturen gemäß Gehweiler. (Aus Kandziora et al. [22])

Atlasfrakturen

Frakturen des Atlas (C1) sind vorwiegend durch **axiale Stauchungstraumata** induziert. Sie betreffen ca. 2–13 % aller HWS-Verletzungen. Eine Häufung dieser Verletzungen ist in der Alterstraumatologie nachzuweisen. **Kombinationsverletzungen** bestehen bei bis zu 50 % der Patienten; häufig kann eine kombinierte Dens- und Atlasfraktur nachgewiesen werden [15, 19, 20].

Klassifikation

Atlasfrakturen können anhand der 1980 von Gehweiler et al. [21] eingeführten und 2010 von Kandziora et al. [22] modifizierten Klassifikation eingeteilt werden (▣ **Abb. 2**):

- Typ 1: isolierte Fraktur des vorderen Atlasbogens,
- Typ 2: isolierte Fraktur des hinteren Atlasbogens,
- Typ 3a: stabile kombinierte Fraktur des vorderen und hinteren Atlasbogens, „Jefferson-Fraktur“, bei intaktem Lig. transversum,
- Typ 3b: instabile kombinierte Fraktur des vorderen und hinteren Atlasbogens, „Jefferson-Fraktur“, bei traumatisch rupturiertem/knöchern ausgerissenem Lig. transversum,
- Typ 4: isolierte Fraktur der Massa lateralis des Atlas,
- Typ 5: isolierte Fraktur des Processus transversus.

Typ-3b-Verletzungen können hinsichtlich Art und Lokalisation der Läsion des Lig. transversum subklassifiziert werden. Dickman et al. [23] unterscheiden zwischen einer ligamentären Ruptur (Typ I) und einem knöchernen Ausriss des Lig. transversum (Typ II).

Diagnostik

Kaum dislozierte Frakturen des Atlas werden in der nativradiologischen Aufnahme häufig übersehen. Dislozierte Frakturen des Atlas lassen sich in der **transoralen Dens-Zielaufnahme** (a.-p.) hervorragend darstellen. Somit bietet sich diese Röntgenaufnahme für radiologische Verlaufskontrollen an. Um die Atlasfraktur sicher klassifizieren zu können, ist die CT das Diagnostikum der Wahl.

Oberste Priorität hat die Identifikation der instabilen Typ-3b-Verletzung. Zeigt sich eine entsprechende Fraktur des vorderen und des hinteren Atlasbogens, ist die Evaluation des Lig. transversum

Frakturen des Atlas betreffen ca. 2–13 % aller HWS-Verletzungen

Oberste Priorität hat die Identifikation der instabilen Typ-3b-Verletzung

therapieentscheidend. Eine relevante Instabilität mit Insuffizienz des Lig. transversum im Rahmen einer Atlasfraktur wird angenommen, ...

- wenn eine Lateraldeviation der Massa lateralis C1 gegenüber der Massa lateralis C2 >7 mm besteht und/oder
- wenn eine Erweiterung des atlantodentalen Intervalls >3 mm nachgewiesen werden kann.

Besteht der Verdacht auf eine Verletzung des Lig. transversum und stellt sich kein knöcherner Ausriss des Bands dar, ist die Durchführung einer MRT zu empfehlen.

Insbesondere bei Vorliegen einer **Typ-5-Verletzung** sollte eine Angiographie der A. vertebralis in Betracht gezogen werden.

Therapie

Atlasfrakturen der Typen 1, 2, 4 und 5 können durch Ruhigstellung in einer **weichen Zervikalorthese** für 6 Wochen konservativ ausbehandelt werden. Junge Patienten mit Typ-4-Frakturen, bei denen eine frakturbedingte erhebliche Inkongruenz in den okzipitozervikalen oder den atlantoaxialen Gelenken vorliegt, sollten mithilfe von Reposition und Retention für 6 bis 12 Wochen im Halofixateur behandelt werden. Bei ausgeprägter Dislokation oder Korrekturverlust kann eine temporäre **okzipitoatlantoaxiale Stabilisierung** diskutiert werden. Bei Nachweis einer mäßig dislozierten Typ-3a-Verletzung ist eine Reposition und Retention für 6 bis 12 Wochen in einer harten Zervikalorthese oder alternativ im Halofixateur zu empfehlen. Eine progrediente Dislokation unter konservativer Therapie kann mithilfe einer isolierten Atlasosteosynthese behoben werden. Bei instabiler Typ-3b-Verletzung mit intraligamentärer Läsion des Lig. transversum (Typ I nach Dickman) oder stark disloziertem knöchernem Ausriss (Typ II nach Dickman) ist die **atlantoaxiale Spondylodese** der derzeitige Goldstandard. In der aktuellen Literatur finden sich erste Hinweise, dass nach Atlasosteosynthese von Typ-3b-Verletzungen mit traumatischer Ruptur des Lig. transversum atlantis (Typ I nach Dickman) keine wesentliche atlantoaxiale Instabilität entsteht [24, 25]. Somit kann bei instabiler Typ-3b-Verletzung die Durchführung einer isolierten Atlasosteosynthese diskutiert werden, um die atlantoaxiale Beweglichkeit zu erhalten (■ **Abb. 3**).

Outcome

Nach konservativer Behandlung von Typ-3-Atlasfrakturen geben bis zu 80 % der Patienten Nackenschmerzen an. Es fühlen sich 34 % der Patienten in ihren täglichen Aktivitäten eingeschränkt [26]. Werden dislozierte/instabile Atlasfrakturen (Typ 3b) konservativ behandelt, wird von den Patienten ein schlechteres Outcome (36-Item Short Form Health Survey [SF-36], visuelle Analogskala [VAS]) angegeben als bei konservativer Therapie von Typ-3a-Verletzungen [27]. Es liegen keine Untersuchungen vor, die die operative und die konservative Therapie von Typ-3-Atlasfrakturen vergleichen. Eine signifikante Reduktion der **Rotationsfähigkeit** der Halswirbel besteht infolge einer atlantoaxialen Fusion. Dieses Problem könnte durch eine isolierte Atlasosteosynthese vermieden werden [25].

Atlantoaxiale Instabilität

Atlantoaxiale Instabilitäten sind seltene Verletzungen, bei denen es zu einer partiellen oder kompletten Zerreißung der **atlantoaxialen Bänder** kommt. Hiervon zu unterscheiden sind transdentale Luxationsfrakturen.

Klassifikation

Entsprechend der **Instabilitätsrichtung** lassen sich atlantoaxiale Instabilitäten in folgende 3 Gruppen unterteilen:

- axiale atlantoaxiale Instabilität,
- translatorische atlantoaxiale Instabilität und
- rotatorische atlantoaxiale Instabilität.

Eine progrediente Dislokation unter konservativer Therapie kann mithilfe einer isolierten Atlasosteosynthese behoben werden

Nach konservativer Behandlung von Typ-3-Atlasfrakturen fühlen sich 34 % der Patienten in ihren täglichen Aktivitäten eingeschränkt

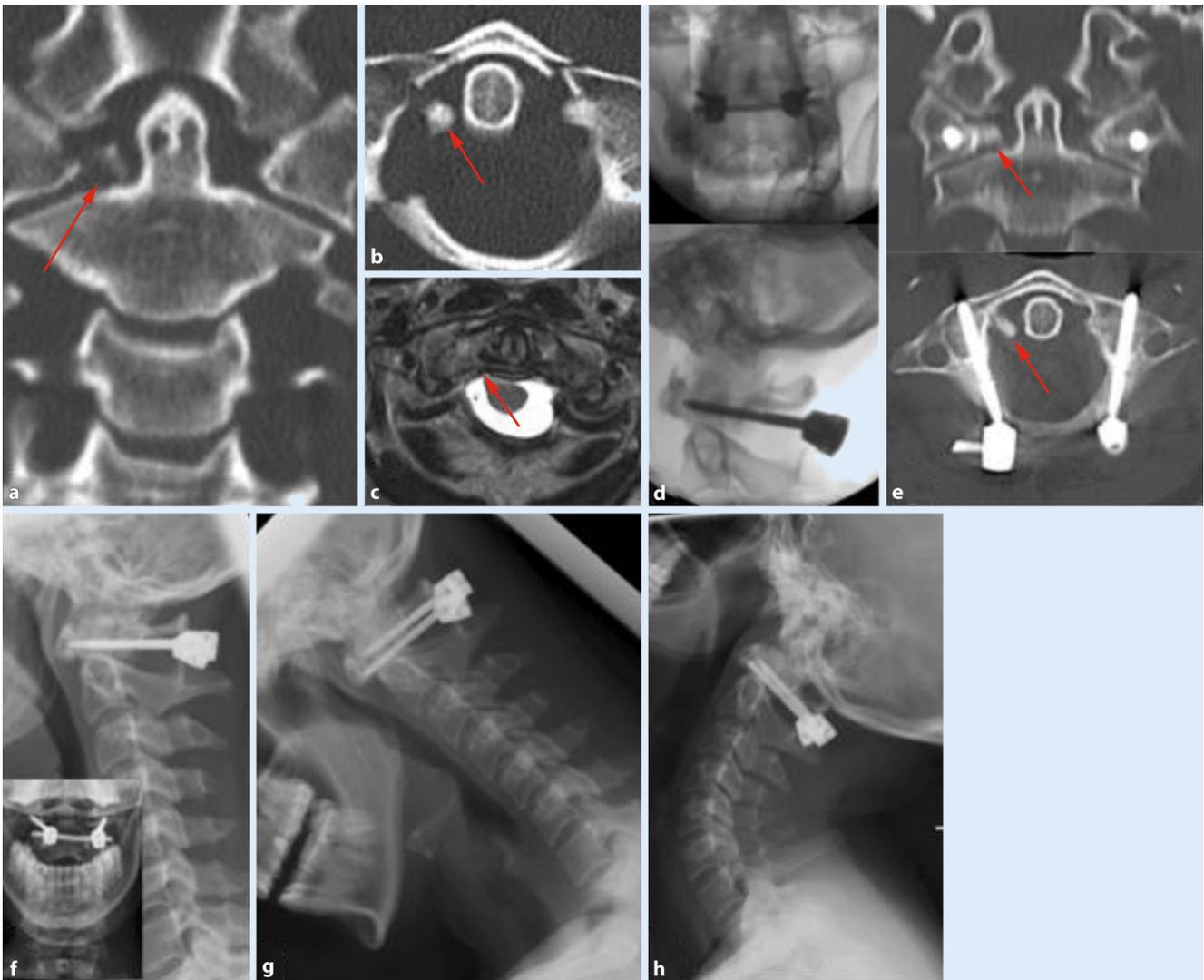


Abb. 3 ▲ Untersuchungsbeefunde im Verlauf bei einer 22-jährigen Patientin mit Typ-3b-Verletzung nach Gehweiler und dislozierter Typ-II-Verletzung nach Dickman. **a** CT: frontale 2D-Rekonstruktion mit Darstellung eines knöchernen Fragments (*roter Pfeil*); **b** CT: axiale Schnittführung mit Nachweis eines stark dislozierten knöchernen Ausrisses des Lig. transversum atlantis rechts (*roter Pfeil*); **c** MRT: axiale Schnittführung (T₂) mit Darstellung des ausgerissenen LTA rechts (*roter Pfeil*); **d** intraoperative Dokumentation der C1-Osteosynthese (*oben* a.-p. und *unten* seitlich); **e** Dokumentation der Einheilung des knöchernen Fragments (*rote Pfeile*) im CT nach 6 Monaten; **f** Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule (HWS) 12 Monate postoperativ; **g, h** Funktionsaufnahmen (**g** Flexion und **h** Extension) 12 Monate postoperativ mit Ausschluss einer translatorischen atlantoaxialen Instabilität

Axiale atlantoaxiale Instabilitäten entstehen durch eine Verletzung der in Längsrichtung stabilisierenden atlantoaxialen Bänder (Gelenkkapsel, Lig. flavum, Ligg. supra- und infraspinale). Eine etablierte Klassifikation dieser sehr seltenen Verletzung ist nicht verfügbar. Gemäß Blauth et al. [28] wird im Wesentlichen zwischen inkompletten axialen (der Atlasring steht nicht über der Dens-Spitze) und kompletten axialen (der Atlasring steht oberhalb der Dens-Spitze) Dislokationen unterschieden.

Translatorische atlantoaxiale Instabilitäten entstehen durch eine Verletzung der in Translationsrichtung stabilisierenden atlantoaxialen Bänder (Gelenkkapsel, Lig. transversum atlantis). Hierbei sich vergrößert der anteriore atlantodentale Abstand („anterior atlantodental interval“, AADI) auf mehr als 3 mm. Die Klassifikation dieser Verletzung kann nach de la Caffinière [29] erfolgen:

Axiale atlantoaxiale Instabilitäten entstehen durch eine Verletzung der in Längsrichtung stabilisierenden atlantoaxialen Bänder

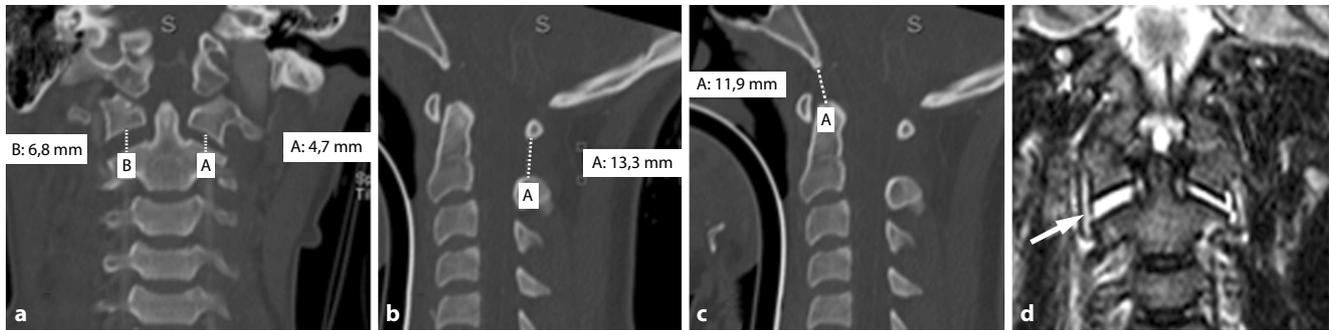


Abb. 4 ▲ Computertomographische Hinweise auf eine axiale atlantoaxiale Instabilität mit Erweiterung (A, B Messstrecke mit entsprechendem Messwert in mm): **a** des C1-C2-Gelenkspalts in der koronaren Schichtung $>3,4$ mm; **b** der spinolaminären Distanz C1-C2 $>8-10$ mm und Hochstand des Atlasbogens im Bezug zur Dens-Spitze; **c** des „basion-dens interval“ >8 mm. **d** Massives Gelenködem (Pfeil) als indirekter Hinweis auf eine Zerreißung der Gelenkkapseln im Magnetresonanztomogramm

- Typ-I: AADI 4–5 mm,
- Typ-II: AADI 6–10 mm und
- Typ-III: AADI 11–15 mm.

Rotatorische atlantoaxiale Instabilitäten treten überwiegend im Kindes- und Jugendalter auf

Rotatorische atlantoaxiale Instabilitäten treten überwiegend im Kindes- und Jugendalter und häufig ohne adäquates Trauma (Grisel-Syndrom) auf. Da sich die diagnostischen und therapeutischen Algorithmen dieser jungen Patienten erheblich vom Vorgehen bei axialen oder translatorischen atlantoaxialen Instabilitäten des Erwachsenen unterscheiden, wird diesbezüglich auf die weiterführende Literatur verwiesen [30, 31, 32, 33].

Diagnostik

Indirekte Instabilitätszeichen (Gelenkspalterweiterung, Hochstand des Atlasbogens im Bezug zur Dens-Spitze etc.) der atlantoaxialen Instabilität können häufig bereits nativ-radiologisch erkannt werden, jedoch sollte bei Verdacht auf eine C1-C2-Instabilität immer eine CT angeschlossen werden. Schwierig zu diagnostizieren sind insbesondere die inkompletten axialen atlantoaxialen Instabilitäten. Computertomographische Hinweise auf einer axiale atlantoaxiale Instabilität sind gemäß Ross und Moore [34]:

- C1/C2-Gelenkspalterweiterung in der koronaren Schichtung $>3,4$ mm (■ Abb. 4a) oder/und
- Erweiterung der spinolaminären Distanz C1/C2 $>8-10$ mm (■ Abb. 4b).

Schwierig zu diagnostizieren sind die inkompletten axialen atlantoaxialen Instabilitäten

Indirekt weist auch ein erweitertes „basion-dens interval“ >8 mm in der sagittalen Schichtung auf eine axiale atlantoaxiale Instabilität hin (■ Abb. 4c). Jedoch ist dieser Parameter nicht spezifisch, da er auch bei einer okzipitozervikalen Instabilität (z. B. atlantookzipitale Instabilität) erhöht sein kann.

Ein „basion-dens interval“ >8 mm in der sagittalen Schichtung kann auf eine axiale atlantoaxiale Instabilität hinweisen

Im Rahmen der Diagnostik muss jedoch berücksichtigt werden, dass die CT eine rein statische Untersuchung darstellt, bei der eine Spontanreposition und Maskierung der atlantoaxialen Instabilität vorliegen können. Eine ergänzende MRT (■ Abb. 4d) und/oder dynamische Durchleuchtung sollte bei Verdacht auf Instabilität erfolgen.

Im CT kann die atlantoaxiale Instabilität maskiert sein

Therapie

Die Therapie der Wahl der atlantoaxialen Instabilitäten ist eine **dorsale C1-C2-Fusion**. Hierfür stehen verschiedene Techniken zur Verfügung. Die Fusion nach Goel-Harms oder die Fusion mittels transartikulärer C1-2-Verschraubung nach Magerl-Gallie stellt das derzeitige Standardverfahren dar (■ Abb. 5; [35]).

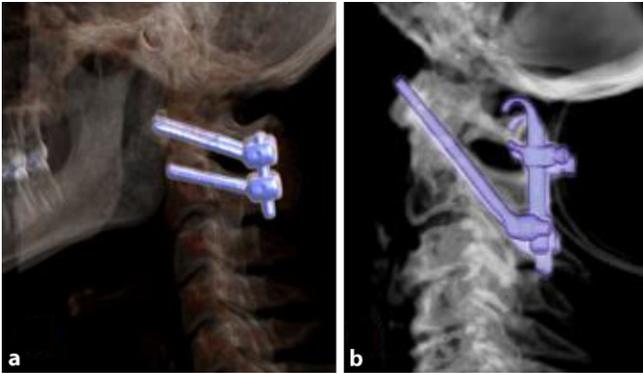


Abb. 5 ▲ a Instrumentierung in Goel-Harms-Technik; b Instrumentierung mit transartikulären Magerl-Schrauben und C1-Haken

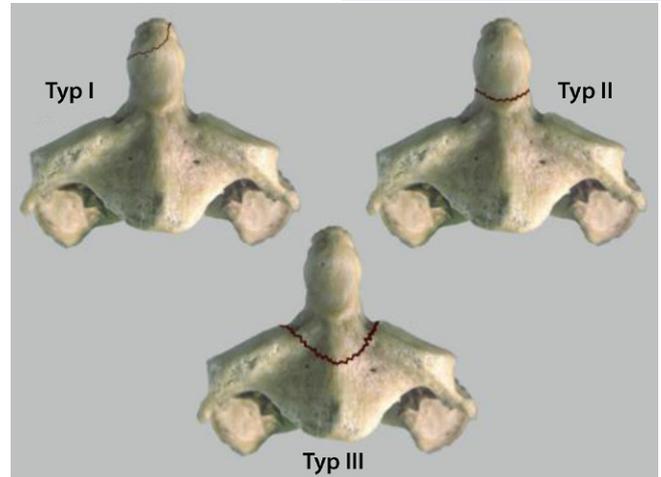


Abb. 6 ▲ Klassifikation der Dens-Frakturen (Typen I–III) gemäß Anderson und D'Alonzo. Erklärungen s. Text. (Aus Kandziora et al. [22])

Outcome

Komplette axiale Dislokationen sind aufgrund der erheblichen Rückenmarkverletzungen nicht mit dem Leben vereinbar. Erhebliche Einschränkungen der Kopffrotation sind nach der C1-C2-Fusion zu erwarten.

Frakturen des zweiten Halswirbelkörpers

Dens-axis-Frakturen

Frakturen des Dens axis betreffen 9–18 % aller HWS-Verletzungen. In der Alterstraumatologie stellt diese Fraktur die häufigste HWS-Verletzung dar. In den meisten Fällen ist ein **Sturz** auf das Gesicht ursächlich [36].

Klassifikation

Dens-Frakturen können gemäß der von Anderson und D'Alonzo [37] 1974 etablierten Klassifikation in 3 Frakturtypen eingeteilt werden (■ **Abb. 6**). Typ I beschreibt eine sehr seltene Fraktur der Dens-Spitze, im Sinne eines knöchernen Bandausrisses der Ligg. alaria. Typ II, die „transzervikale Fraktur“, beschreibt eine meist schräg durch die Dens-Basis verlaufende Fraktur. Typ III entspricht einer u- oder v-förmig durch den Korpus des 2. HWK verlaufenden Fraktur. Diese kann eine **vollständige Separation** des Dens axis vom HWK-2-Korpus bedingen. Bei der Planung der Versorgungsstrategie von Typ-II-Frakturen ist die Analyse des Frakturverlaufs von entscheidender Bedeutung. Hier kann gemäß Grauer et al. [38] zwischen folgenden Typen unterschieden werden:

- Typ IIA: Fraktur mit horizontalem Frakturverlauf,
- Typ IIB: Frakturverlauf von ventral/kranial nach dorsal/kaudal und
- Typ IIC: Frakturverlauf von dorsal/kranial nach ventral/kaudal.

Als Sonderfall können hochinstabile **transdentale Luxationsfrakturen** mit oder ohne Verhakung auftreten, die potenziell eine hohe Querschnittlähmung zur Folge haben können. Bei geriatrischen Patienten wird die Dens-Fraktur Typ II häufig durch eine vorbestehende atlantodentale Arthrose/Ankylose und/oder eine zusätzliche Atlasbogenfraktur erschwert („unhappy triad“).

Diagnostik

In der konventionellen Röntgendiagnostik der oberen HWS (Dens-Zielaufnahme in 2 Ebenen) sind Frakturen des Dens axis häufig bereits zu erkennen. Um den Frakturverlauf definitiv beurteilen zu können, ist die Durchführung einer CT zu empfehlen. Bei Typ-III- und ggf. auch bei Typ-II-Verletzungen sollte im Zweifel eine **funktionsradiologische Untersuchung** durchgeführt

In der Alterstraumatologie stellt die Dens-axis-Fraktur die häufigste HWS-Verletzung dar

Bei der Planung der Versorgungsstrategie von Typ-II-Frakturen ist die Analyse des Frakturverlaufs entscheidend

Zur definitiven Beurteilung des Frakturverlaufs bietet sich die CT an



Abb. 7 ◀ Untersuchungsbefunde im Verlauf bei einem 68-jährigen Patienten mit verhakter transdentaler Luxationsfraktur. **a** Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule (HWS) mit bereits erkennbarer verhakter Fehlstellung; **b** Computertomographie (CT) der HWS zur Analyse der Fraktur und beidseitigen Darstellung einer hoch reitenden Vertebralarterie (rote Pfeile) als Kontraindikation für das Einbringen von Pedikelschrauben in C2; **c** intraoperatives Ergebnis nach Reposition und Stabilisation (C1-C4 und Fusion C1-C2); **d** Röntgenaufnahmen der HWS 3 Monate postoperativ mit Darstellung der adäquaten Reposition und Retention der Fraktur; **e, f, g** CT-Kontrolle 6 Monate postoperativ mit Darstellung der knöchernen Heilung der Dens-Fraktur

werden, um stabile von instabilen Verletzungen zu unterscheiden. Liegt nach einem Hochrasanztrauma eine Typ-I-Verletzung vor, sollten ligamentäre C0-C1- und C1-C2-Verletzungen im MRT ausgeschlossen werden.

Therapie

Isolierte Typ-I-Frakturen ohne Hinweise auf Begleitverletzungen können konservativ in einer weichen Zervikalorthese ausbehandelt werden. Nichtdislozierte und funktionsradiologisch stabile Dens-Frakturen des Typs 2 oder 3 können ebenfalls konservativ therapiert werden. Bei instabilen Typ-IIA- und Typ-IIB-Verletzungen besteht die Standardtherapie in der anterioren Dens-Verschraubung, die bei unzureichender Knochenqualität auch zementaugmentiert erfolgen kann. Liegt eine instabile Dens-Fraktur des Typs IIC oder III vor oder bestehen anatomische Besonderheiten (Emphysemthorax, kyphotische Fehlstellung der HWS etc.), die eine anteriore Dens-Verschraubung unmöglich machen, ist die Versorgung per dorsaler **atlantoaxialer Stabilisierung** bzw. Fusion zu empfehlen. Bei jungen Patienten sollte auf eine atlantoaxiale Spondylodese verzichtet werden, falls nach Ausheilung der Fraktur die Implantatentfernung geplant ist. Alternativ kann, wenn ein ventraler Zugang anatomisch möglich ist, eine ventrale atlantoaxiale Stabilisation

Bei instabilen Typ-IIA- und Typ-IIB-Verletzungen besteht die Standardtherapie in der anterioren Dens-Verschraubung

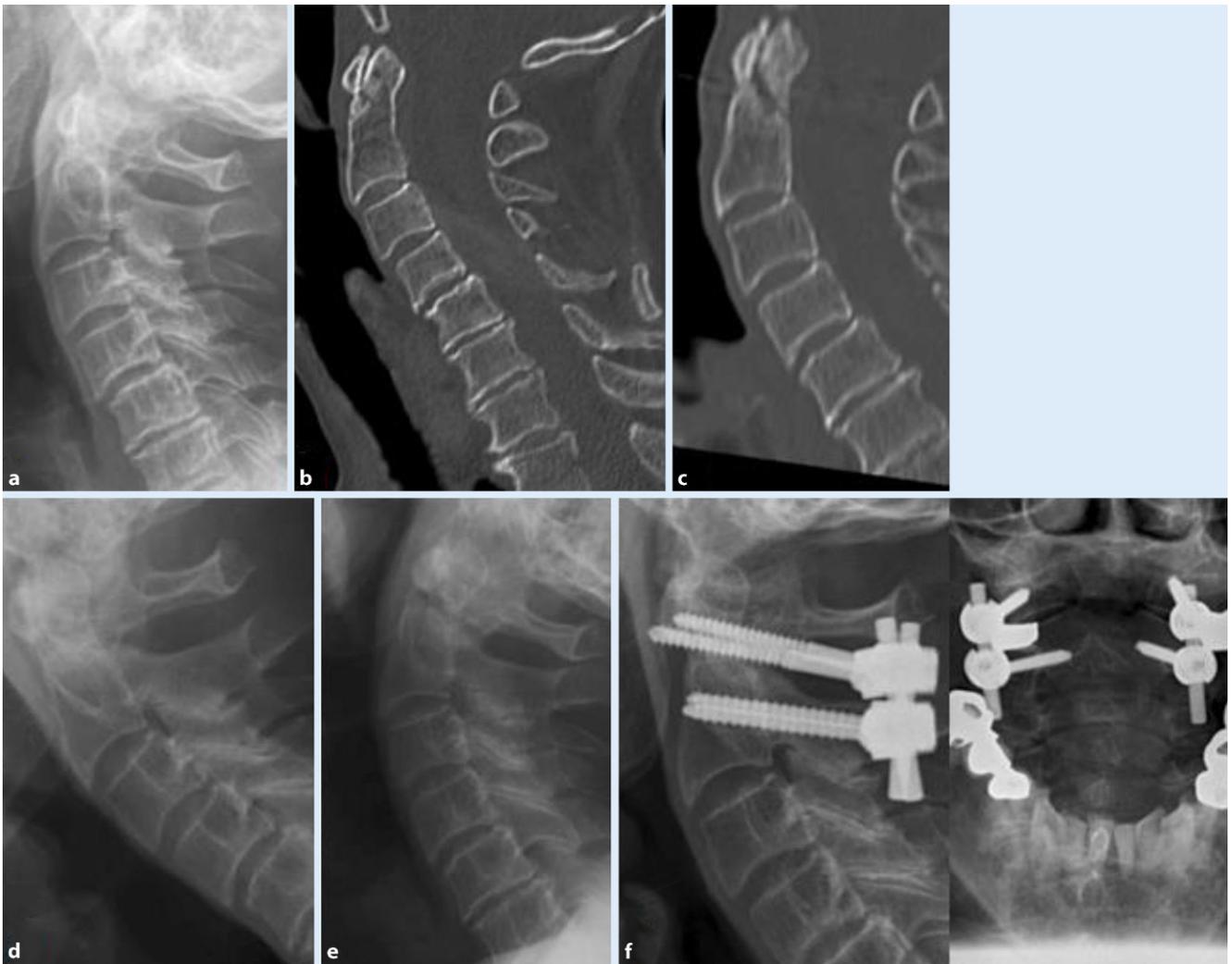


Abb. 8 ▲ Untersuchungsbefunde im Verlauf bei einer 80-jährigen Patientin mit Dens-Fraktur Typ-II-B. **a** Nativröntgenaufnahme seitlich; **b** computertomographische 2D-Rekonstruktion mit Nachweis einer kaum dislozierten Dens-Fraktur; **c** progrediente Frakturdislokation unter konservativer Therapie mit persistierenden Schmerzen; **d** Funktionsradiologie (Durchleuchtung in Flexion); **e** Funktionsradiologie (Durchleuchtung in Extension) und Bestätigung der persistierenden Instabilität; **f** radiologischer Befund 3 Monate nach Stabilisation in Goel-Harms-Technik

erfolgen. Bei Nachweis einer transdentalen Luxation sind die frühzeitige Reposition und die **dorsale Versorgung** mithilfe der atlantoaxialen Spondylodese obligat (▣ **Abb. 7**).

Bei geriatrischen Patienten mit „Unhappy-triad“-Verletzungen kann durch eine isolierte anteriore Dens-Verschraubung keine ausreichende Primärstabilität erreicht werden, da infolge der **atlantodontalen Ankylose** erhebliche Rotations- und Translationskräfte auf die Dens-Schrauben einwirken. In diesen Fällen ist somit primär eine dorsale atlantoaxiale Fusion in Magerl- oder Goel-Harms-Technik zu empfehlen. Alternativ kann eine Kombination aus anteriorer Dens-Verschraubung mit additiver ventraler bilateraler transartikulärer C1-C2-Verschraubung nach Barbour durchgeführt werden (Triple-/Quadruple-Schraubenosteosynthese; [39]).

Outcome

Ein aktuelles Review [36] weist eine signifikant geringere Morbidität bei operativ versorgten Patienten mit Dens-Frakturen (Typen II und III) im Vergleich zur konservativen Therapie nach. Die **Pseudarthrose** ist unter konservativer Therapie geriatrischer Patienten, insbesondere bei Typ-II-Frakturen, deutlich erhöht [40, 41]. Falls die konservative Behandlung einer Typ-IIA- oder Typ-IIB-Fraktur fehlschlägt, ist eine verzögert durchgeführte anteriore Schraubenosteosynthese

Für „Unhappy-triad“-Verletzungen geriatrischer Patienten eignet sich die dorsale atlantoaxiale Fusion in Magerl-Gallie- oder Goel-Harms-Technik

Eine verzögert durchgeführte anteriore Schraubenosteosynthese ist mit einer deutlich geringeren Fusionsrate verbunden



Abb. 9 ▲ Klassifikation der Korpusfrakturen des 2. Halswirbelkörpers nach Benzel. *Typ 1* koronarer; *Typ 2* sagittaler und *Typ 3* horizontaler/rostraler Frakturverlauf. (Aus Kandziora et al. [22])

(>6 Monate) mit einer deutlich geringeren Fusionsrate verbunden (25 % vs. 88 %; [42]). Somit ist bei sekundärer Operationsindikation wiederum die dorsale atlantoaxiale Stabilisation/Fusion zu präferieren (▣ **Abb. 8**).

Korpusfrakturen

Isolierte Korpusfrakturen des 2. HWK sind selten. Kombinierte Verletzungen finden sich häufig bei atypischen traumatischen Spondylolisthesen.

Klassifikation

Korpusfrakturen des HWK 2 können anhand der 1994 vorgestellten **Benzel-Klassifikation** in Typ 1 mit vertikalem (koronare Ebene), Typ 2 mit vertikalem (sagittale Ebene) und Typ 3 mit horizontalem/rostralem Frakturverlauf unterteilt werden ([43]; ▣ **Abb. 9**). Die Übergänge sind fließend.

Diagnostik

Obwohl Frakturen des HWK-2-Korpus im konventionellen Röntgenbild häufig erkennbar sind, gibt erst die CT-Untersuchung detaillierten Aufschluss über den Frakturverlauf sowie die potenziellen knöchernen Begleitverletzungen. Bei Unklarheiten über die Stabilität der Fraktur ist eine funktionsradiologische Evaluation möglich.

Therapie

Anhand der derzeit vorliegenden Klassifikationssysteme kann eine Indikation zur konservativen oder zur operativen Therapie nicht abgeleitet werden. Somit ist eine individuelle Analyse der Stabilitätsverhältnisse, des Ausmaßes der Fehlstellung und auch der Begleitverletzungen zur Therapieplanung erforderlich. Isolierte, kaum dislozierte Korpusfrakturen können meist konservativ in einer weichen Zervikalorthese ausbehandelt werden. Bei stark dislozierten Frakturen, sekundärer Dislokation oder knöcherner Einengung der A. vertebralis können eine geschlossene Reposition und Fixation im Halofixateur für 6 bis 12 Wochen sowie ggf. auch eine dorsale atlantoaxiale Stabilisierung erwogen werden. Bei Nachweis einer diskoligamentären Instabilität im Bewegungssegment HWK 2-3 im Rahmen einer „Tear-drop“-Verletzung des HWK 2 ist eine ventrale monosegmentale Fusion des Bewegungssegments HWK 2-3 indiziert. Dies gilt ebenso für das Vorliegen einer atypischen traumatischen Spondylolisthese (Typ-1-Verletzung nach Benzel).

Outcome

Die konservative Therapie führt, wenn eine adäquate Reposition und Retention möglich war, meist zu einer knöchernen Ausheilung der Fraktur in achsgerechter Stellung [44]. Inadäquat reponierte Frakturen haben ebenfalls ein gutes knöchernes Heilungspotenzial, wobei nach Frakturkonsolidierung in diesen Fällen häufig eine relevante Störung des sagittalen Profils verbleibt. Diese kann **chronische Schmerzen** und Bewegungseinschränkungen bedingen.

Zur Therapieplanung ist die individuelle Analyse erforderlich

Nach inadäquat reponierten Frakturen verbleibt häufig eine relevante Störung des sagittalen Profils

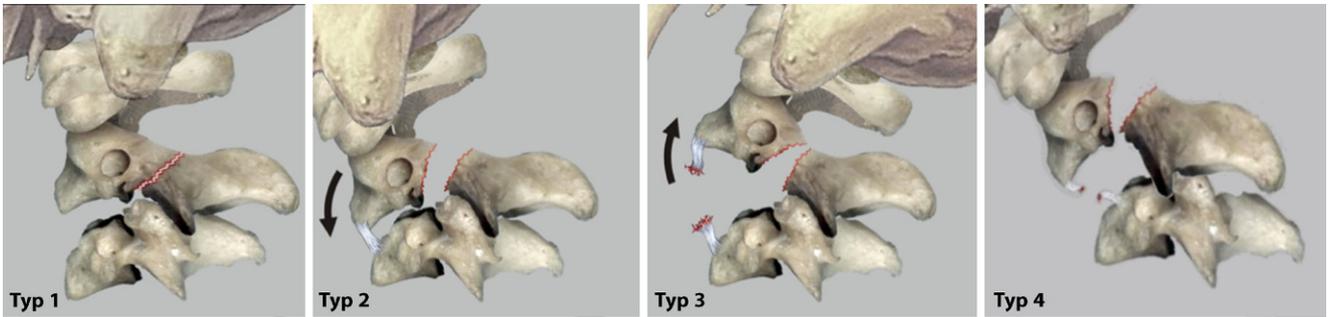


Abb. 10 ▲ Klassifikation der traumatischen Spondylolisthese nach Josten. (Aus Kandziora et al. [22])



Abb. 11 ▲ a) Serielle sagittale computertomographische Schnitte (von links nach rechts) einer Typ-3-Verletzungen nach Josten; b) das MRT zeigt eine Verletzung des vorderen Längsbandes und der Bandscheibe C2-C3; c) Röntgenaufnahmen nach ventraler monosegmentaler Spondylodese C2-C3; d) CT-Verlaufskontrolle 6 Monate postoperativ

Traumatische Spondylolisthese

Die traumatische Spondylolisthese des 2. HWK, auch „**Hanged man's fracture**“ genannt, ist durch eine beidseitige Fraktur des Wirbelbogens (Isthmus) charakterisiert. Je nach Ausprägungsgrad kann es zusätzlich neben der knöchernen Verletzung zu einer Verletzung des vorderen und des hinteren Längsbandes sowie der Bandscheibe C2/C3 kommen.

Klassifikation

Die Klassifikation dieser Verletzung kann gemäß Levine et al. [45] oder Josten et al. [46] erfolgen. Im Folgenden wird die **Josten-Klassifikation** vorgestellt (▣ Abb. 10):

- Die Typ-1-Verletzung nach Josten stellt eine nichtdislozierte Isthmusfraktur (Dislokation < 1 mm) ohne Schädigung der Längsbänder oder der Bandscheibe HWK 2/3 dar.

Zur Beurteilung der Isthmusdislokation ist eine CT erforderlich

Typ-3- oder Typ-4-Verletzungen nach Josten erfordern eine C2-C3-Fusion

- Bei der Typ-2-Verletzung nach Josten bestehen eine Isthmusdislokation >1 mm und eine kyphotische Fehlstellung $>11^\circ$, bedingt durch eine geschädigte Bandscheibe C2/C3 sowie ein geschädigtes hinteres Längsband bei intaktem vorderem Längsband (Hyperflexionsverletzung).
- Die Typ-3-Verletzung nach Josten ist durch eine Isthmusdislokation >1 mm und eine lordotische Fehlstellung $>11^\circ$, bedingt durch eine geschädigte Bandscheibe C2/C3 sowie ein geschädigtes vorderes Längsband, charakterisiert (Hyperextensionsverletzung).
- Besteht eine Isthmusfraktur in Kombination mit einer ein- oder beidseitig luxierten Facette C 2-3, liegt die Typ-4-Verletzung nach Josten vor.

Diagnostik

Zur Beurteilung der Isthmusdislokation ist eine CT erforderlich, der sich eine MRT zur Beurteilung des vorderen Längsbands und der Bandscheibensituation anschließt.

Therapie

Die Typ-1-Verletzung nach Josten wird aufgrund ihrer Stabilität konservativ mit **rigider Zervikalorthese** (für 6 Wochen) behandelt. Die gute Ausheilung kann durch die Ausbildung einer schmerzhaften, aber nichtstabilitätsgefährdenden Pseudarthrose kompliziert werden.

Bei Typ-2-Verletzungen nach Josten kann der Versuch einer konservativen Therapie mit einer hyperextendierenden Orthese oder ggf. im Halofixateur unternommen werden. Alternativ ist eine Isthmusrekonstruktion mithilfe der **Judet-Verschraubung** möglich. Ist die Reposition konservativ nicht zu erhalten bzw. unmöglich, sollte eine ventrale Fusion des HWK 2/3 erfolgen.

Typ-3- oder Typ-4-Verletzungen nach Josten erfordern aufgrund ihrer segmentalen Instabilität eine C2-C3-Fusion. Als Standardverfahren wird die monosegmentale ventrale Spondylodese C2-C3 mithilfe eines „cage“/Beckenkammspanns und einer additiven ventralen Platte durchgeführt (**Abb. 11**). Ist bei Typ-4-Verletzungen nach Josten keine geschlossene Reposition der luxierten Facettengelenke zu erzielen, muss initial eine offene **dorsale Reposition** vorgenommen werden. Anschließend sollte die dorsale Stabilisation erfolgen. Hierzu ist in vielen Fällen die Instrumentation des HWK 1 notwendig, wenn aufgrund des Frakturverlaufs oder anatomischer Gegebenheiten das frakturüberbrückende Einsetzen einer HWK-2-Pedikelschraube nicht möglich ist. Idealerweise wird die dorsale Stabilisation im Verlauf durch eine ventrale C2-C3-Spondylodese komplettiert, um das ggf. dorsal temporär stabilisierte C1-C2-Gelenk zeitnah wieder freizugeben.

Outcome

Patienten mit traumatischer Spondylolisthese sind im Durchschnitt 9 bis 16 Wochen arbeitsunfähig. Nur 40 % der Patienten werden wieder vollumfänglich im früheren Beruf tätig [26, 47].

Fazit für die Praxis

- Frakturen der Okzipitalkondylen können infolge von Hochrasanzunfällen entstehen. Die CT-Diagnostik ist die Methode der Wahl; im MRT werden ligamentäre Verletzungen nachgewiesen.
- Okzipitozervikale Dislokationen entstehen bei subtotaler oder kompletter Zerreißen der okzipitozervikalen Bänder; die geschlossene Reposition und eine posteriore okzipitozervikale Fusion sind indiziert.
- Frakturen des Atlas betreffen ca. 2–13 % aller HWS-Verletzungen. Dislozierte Frakturen des Atlas lassen sich in der transoralen Dens-Zielaufnahme hervorragend darstellen. Oberste Priorität hat die Identifikation einer instabilen Typ-3b-Verletzung nach Gehweiler in der CT. Bei Verletzungen vom Typ I oder Typ II nach Dickman ist die atlantoaxiale Spondylodese der derzeitige Goldstandard.
- Bei den atlantoaxialen Instabilitäten kommt es zu partieller oder kompletter Zerreißen der atlantoaxialen Bänder. Sie werden entsprechend der Instabilitätsrichtung unterschieden. Die Therapie der Wahl ist die dorsale C1-C2-Fusion.
- Frakturen des Dens axis betreffen 9–18 % aller HWS-Verletzungen und werden anhand der Frakturtypen unterteilt. Bei instabilen Typ-IIA- und Typ-IIB-Verletzungen besteht die

Standardtherapie in der anterioren Dens-Verschraubung; bei Typ-II- oder Typ-III-Verletzung ist die Versorgung per dorsaler atlantoaxialer Stabilisierung/Fusion zu empfehlen.

- Korpusfrakturen des HWK 2 erfordern zur optimalen Therapieplanung die individuelle Analyse der Stabilitätsverhältnisse, des Ausmaßes der Fehlstellung und der Begleitverletzungen.
- Zur Klassifikation der traumatischen Spondylolisthese eignet sich die Einteilung nach Josten. Bei leichter Verletzung kann der Versuch einer konservativen Therapie unternommen werden. Alternativ ist bei Typ-2-Verletzung nach Josten die Isthmusrekonstruktion mithilfe der Judet-Verschraubung möglich. Höhergradige Verletzungen erfordern in der Regel eine ventrale monosegmentale Spondylodese C2-C3. Bei Typ-4-Verletzungen kann eine offene dorsale Reposition des verhakten C2-C3-Gelenkes notwendig sein.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. P. Kobbe

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Uniklinik RWTH Aachen
Pauwelsstr. 30, 52074 Aachen, Deutschland
pkobbe@ukaachen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Scholz, F. Kandziora, F. Hildebrand und P. Kobbe geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Fredø HL, Rizvi SAM, Lied B et al (2012) The epidemiology of traumatic cervical spine fractures: a prospective population study from Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 20:85. doi:10.1186/1757-7241-20-85
2. Stiell IG, Clement CM, McKnight RD et al (2003) The Canadian C-spine rule versus the NEXUS low-risk criteria in patients with trauma. *N Engl J Med* 349:2510–2518. doi:10.1056/NEJMoa031375
3. Vanguri P, Young AJ, Weber WF et al (2014) Computed tomographic scan: it's not just about the fracture. *J Trauma Acute Care Surg* 77:604–607. doi:10.1097/TA.0000000000000407
4. Griffen MM, Frykberg ER, Kerwin AJ et al (2003) Radiographic clearance of blunt cervical spine injury: plain radiograph or computed tomography scan? *J Trauma* 55:222–226. doi:10.1097/01.TA.0000083332.93868.E2 (discussion 226–7)
5. Holmes JF, Akkinepalli R (2005) Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a meta-analysis. *J Trauma* 58:902–905
6. Cothren CC, Moore EE, Ray CEJ et al (2007) Cervical spine fracture patterns mandating screening to rule out blunt cerebrovascular injury. *Surgery* 141:76–82. doi:10.1016/j.surg.2006.04.005
7. Wakao N, Takeuchi M, Kamiya M et al (2014) Variance of cervical vertebral artery measured by CT angiography and its influence on C7 pedicle anatomy. *Spine* 39:228–232. doi:10.1097/BRS.0000000000000120
8. Wakao N, Takeuchi M, Nishimura M et al (2016) Risks for vascular injury during anterior cervical spine surgery: prevalence of a medial loop of vertebral artery and internal carotid artery. *Spine* 41:293–298. doi:10.1097/BRS.0000000000001241
9. Fassett DR, Dailey AT, Vaccaro AR (2008) Vertebral artery injuries associated with cervical spine injuries: a review of the literature. *J Spinal Disord Tech* 21:252–258. doi:10.1097/BSD.0b013e3180cab162
10. Krüger A, Oberkircher L, Frangen T et al (2013) Fractures of the occipital condyle clinical spectrum and course in eight patients. *J Craniovertebr Junction Spine* 4:49–55
11. Maserati MB, Stephens B, Zohny Z et al (2009) Occipital condyle fractures: clinical decision rule and surgical management. *J Neurosurg Spine* 11:388–395. doi:10.3171/2009.5.SPINE08866
12. Anderson PA, Montesano PX (1988) Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine* 13:731–736
13. Utheim NC, Josefsen R, Nakstad PH et al (2015) Occipital condyle fracture and lower cranial nerve palsy after blunt head trauma: a literature review and case report. *J Trauma Manag Outcomes*. doi:10.1186/s13032-015-0024-3
14. Fujimura Y, Nishi Y, Chiba K, Kobayashi K (1995) Prognosis of neurological deficits associated with upper cervical spine injuries. *Paraplegia* 33:195–202. doi:10.1038/sc.1995.44
15. Mueller FJ, Kinner B, Roskopf M et al (2012) Incidence and outcome of atlanto-occipital dissociation at a level 1 trauma centre: a prospective study of five cases within 5 years. *Eur Spine J* 22:65–71. doi:10.1007/s00586-012-2543-1
16. Traynelis VC, Marano GD, Dunker RO, Kaufman HH (1986) Traumatic atlanto-occipital dislocation. Case report. *J Neurosurg* 65:863–870. doi:10.3171/jns.1986.65.6.0863
17. Bellabarba C, Mirza SK, West GA et al (2006) Diagnosis and treatment of craniocervical dislocation in a series of 17 consecutive survivors during an 8-year period. *J Neurosurg Spine* 4:429–440. doi:10.3171/spi.2006.4.6.429
18. Horn EM, Feiz-Erfan I, Lekovic GP et al (2007) Survivors of occipitotantal dislocation injuries: imaging and clinical correlates. *J Neurosurg Spine* 6:113–120. doi:10.3171/spi.2007.6.2.113
19. Liu C, Kuang L, Wang L, Tian J (2014) Management of combination fractures of the atlas and axis: a report of four cases and literature review. *Int J Clin Exp Med* 7:2074–2080
20. Malagelada F, Tibrewal S, Lucar GA et al (2015) Combined type II

- odontoid fracture with axis anterior arch fracture. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 6:37–41. doi:10.1177/2151458514554083
21. Gehweiler JA, Osborne RL, Becker RF (1980) The radiology of vertebral trauma. W.B. Saunders Company, Philadelphia PA
 22. Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R (2010) Injuries to the upper cervical spine. *Unfallchirurg* 113:1023–1041. doi:10.1007/s00113-010-1896-3
 23. Dickman CA, Greene KA, Sonntag VK (1996) Injuries involving the transverse atlantal ligament: classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries. *Neurosurgery* 38:44–50
 24. Koller H, Resch H, Tauber M et al (2010) A biomechanical rationale for C1-ring osteosynthesis as treatment for displaced Jefferson burst fractures with incompetency of the transverse atlantal ligament. *Eur Spine J* 19:1288–1298. doi:10.1007/s00586-010-1380-3
 25. Shatsky J, Bellabarba C, Nguyen Q, Bransford RJ (2016) A retrospective review of fixation of C1 ring fractures – does the transverse atlantal ligament (TAL) really matter? *Spine J* 16:372–379. doi:10.1016/j.spinee.2015.11.041
 26. Lewkonja P, DiPaola C, Schouten R et al (2012) An evidence-based medicine process to determine outcomes after cervical spine trauma. *Spine* 37:E1140–E1147. doi:10.1097/BRS.0b013e31825b2c10
 27. Dvorak MF, Johnson MG, Boyd M et al (2005) Long-term health-related quality of life outcomes following Jefferson-type burst fractures of the atlas. *J Neurosurg Spine* 2:411–417. doi:10.3171/spi.2005.2.4.0411
 28. Blauth M (1998) Obere Halswirbelsäule. In: *Tscherne Unfallchirurgie*. Springer, Berlin Heidelberg, 561–151
 29. la De Caffiniere JY, Seringe R, Roy-Camille R, Saillant G (1972) Physio-pathological study of severe ligament lesions in injuries of the spino-occipital joint. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 58:11–19
 30. Garcia-Pallero MA, Torres CV, Delgado-Fernandez J, Sola RG (2017) Traumatic atlantoaxial rotatory fixation in an adult patient. *Eur Spine J* 20:1928. doi:10.1007/s00586-016-4916-3
 31. Kasten P, Zeichen J, Gössling T, Krettek C (2002) Grisel syndrome – a trauma surgery rarity. *Unfallchirurg* 105:565–568
 32. Seybold D, Hopf F, Müller E et al (2003) Die traumatische atlanto-axiale Rotationsfehlstellung mit Gelenkfortsatzfraktur des Axis. *Unfallchirurg* 106:1040–1045. doi:10.1007/s00113-003-0659-9
 33. Wang S, Yan M, Passias PG, Wang C (2016) Atlantoaxial rotatory fixed dislocation: report on a series of 32 pediatric cases. *Spine* 41:E725–32. doi:10.1097/BRS.0000000000001414
 34. Ross JS, Moore KR (2015) *Diagnostic imaging: spine*. Elsevier, Philadelphia PA
 35. Kobbe P, Kandziora F, Hildebrand F, Scholz M (2017) Dorsale atlanto-axiale Stabilisierung in Goel-Harms-Technik. *Unfallchirurg*. doi:10.1007/s00113-017-0381-7
 36. Huybregts JGJ, Jacobs WCH, Vleggeert-Lankamp CLAM (2012) The optimal treatment of type II and III odontoid fractures in the elderly: a systematic review. *Eur Spine J* 22:1–13. doi:10.1007/s00586-012-2452-3
 37. Anderson LD, D'Alonzo RT (1974) Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 56:1663–1674
 38. Grauer JN, Shafi B, Hilibrand AS et al (2005) Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. *Spine J* 5:123–129. doi:10.1016/j.spinee.2004.09.014
 39. Herren C, Pishnamaz M, Lichte P et al (2015) Die ventrale Triple-/Quadruple-Schraubenosteosynthese für die traumatische C1–C2-Kombinationsverletzung des geriatrischen Patienten: erste operative Erfahrungen mit 16 Patienten. *Z Orthop Unfall* 153:533–539. doi:10.1055/s-0035-1546133
 40. Fehlings MG, Arun R, Vaccaro AR et al (2013) Predictors of treatment outcomes in geriatric patients with odontoid fractures. *Spine* 38:881–886. doi:10.1097/BRS.0b013e31828314ee
 41. Kaminski A, Gstrein A, Muhr G, Muller EJ (2008) Transarticular C1–C2 screw fixation: results of unstable odontoid fractures and pseudarthrosis in the elderly. *Unfallchirurg* 111:167–172. doi:10.1007/s00113-007-1383-7
 42. Rao G, Apfelbaum RI (2005) Odontoid screw fixation for fresh and remote fractures. *Neurol India* 53:416–423
 43. Benzel EC, Hart BL, Ball PA et al (1994) Fractures of the C-2 vertebral body. *J Neurosurg* 81:206–212. doi:10.3171/jns.1994.81.2.0206
 44. German JW, Hart BL, Benzel EC (2005) Nonoperative management of vertical C2 body fractures. *Neurosurgery* 56:516–521 (discussion 516–21)
 45. Levine AM, Edwards CC (1985) The management of traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 67:217–226
 46. Josten C (1999) Traumatic spondylolisthesis of the axis. *Orthopäde* 28:394–400
 47. Watanabe M, Nomura T, Toh E et al (2005) Residual neck pain after traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Spinal Disord Tech* 18:148–151

CME-Fragebogen

Teilnahme am zertifizierten Kurs auf CME.SpringerMedizin.de

- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate, den Teilnahmeschluss finden Sie online beim CME-Kurs.
- Fragen und Antworten werden in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.
- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70 % der Fragen richtig beantwortet werden.

? Welche Aussage zu Verletzungen der oberen HWS trifft zu?

- Verletzungen der oberen HWS sind häufiger als Verletzungen der unteren HWS.
- Am häufigsten ist im Rahmen von Verletzungen der oberen HWS der Atlas betroffen.
- Auslöser sind in der Regel Niedrigenergietraumen.
- Verletzungen der oberen HWS sind seltener mit neurologischen Defiziten assoziiert als Verletzungen der unteren HWS.
- Eine besondere Beachtung sollte die Verletzung der V. jugularis erhalten.

? Welche Aussage zur Diagnostik an der oberen HWS trifft zu?

- Die dynamische Durchleuchtung ist gefährlich und hat heutzutage keinen Stellenwert in der Diagnostik.
- Die MRT ist einzig bei manifestem neurologischen Defizit ohne Korrelat in der CT indiziert.
- Die transorale Dens-Zielaufnahme kann eine atlantoaxiale Instabilität sicher ausschließen.
- Verletzungen der A. vertebralis sind mit bis zu 25,5 % relativ häufig und sollten durch eine angiographische CT- oder MRT-Darstellung ausgeschlossen werden.
- Die nativ-radiologische Darstellung der HWS in 2 Ebenen ist der Goldstandard bei Traumapatienten.

? Welche Aussage trifft für die Korpusfrakturen des HWK 2 zu?

- Isolierte Korpusfrakturen des HWK 2 sind häufig.

- Die MRT ist ein gutes Diagnostikum, um das knöcherne Verletzungsmuster zu beurteilen.
- Die dynamische Durchleuchtung ermöglicht eine Beurteilung der Stabilität der Fraktur.
- Isolierte, gering dislozierte Frakturen werden operativ durch eine dorsale atlanto-axiale Fusion versorgt.
- Bei Nachweis einer Instabilität des HWK 2/3 ist die Anlage eines Halo-fixateurs für 4 Wochen zur Ausheilung indiziert.

? Welche Aussage zur atlantoaxialen Instabilität trifft zu?

- Ein AADI größer 3 mm deutet auf eine axiale atlantoaxiale Instabilität hin.
- Axiale atlantoaxialen Instabilitäten sind mit dem Leben nicht vereinbar.
- Therapie der Wahl ist die dorsale C1-C2-Spondylodese.
- Translaterische atlantoaxiale Instabilitäten liegen bei einem AADI größer 1,5 mm vor.
- Bei Erwachsenen treten insbesondere rotatorische atlantoaxiale Instabilitäten auf.

? Welche Aussage zur traumatischen Spondylolisthese des HWK 2 trifft zu?

- Jede traumatische Spondylolisthese des HWK 2 sollte operativ versorgt werden.
- Aufgrund der guten Durchblutung sind Pseudarthrosen am Isthmus eine Seltenheit.
- Die Bandscheibe C2/C3 ist definitionsgemäß bei Levine-Typ-II-/Josten-Typ-3-Verletzungen intakt.
- Eine dorsale Stabilisierung ist die operative Methode der Wahl.

- Eine MRT wird zu Diagnosestellung, Klassifikation und Therapieplanung empfohlen.

? Welche Aussage zu Frakturen der Okzipitalkondylen trifft zu?

- Frakturen der Okzipitalkondylen werden gemäß Gehweiler Typ 1–5 eingeteilt.
- Eine Hirnnervenparese tritt bei bis zu 5 % der Patienten auf.
- Typ-I-Verletzungen sind instabil und sollten operativ versorgt werden.
- Die dorsale C0-C2-Stabilisation stellt die operative Methode der Wahl für instabile Okzipitalkondylenfrakturen dar.
- Okzipitalkondylenfrakturen sind nativradiologisch leicht nachzuweisen.

? Welche Aussage trifft für die traumatische okzipitozervikale Instabilität zu?

- Die Therapie der Wahl besteht in der dorsalen okzipitozervikalen Fusion.
- Mithilfe der nativ-radiologischen Diagnostik wird eine Subluxation des C0-C1-Gelenks sicher diagnostiziert.
- Die Klassifikation der Dislokationsrichtung des Schädels gegenüber der Wirbelsäule ist für die Therapieplanung entscheidend.
- Die Mortalität dieser Verletzung ist niedrig, und neurologische Ausfälle sind selten.
- Das CT zeigt sowohl das Ausmaß der ligamentären Verletzung als auch eine ggf. vorliegende Myelonkontusion.

? Welche Aussage trifft für Verletzungen des Atlas am ehesten zu?

- Die Ursache ist eine Hyperextensionsverletzung in Kombination mit einer „Hanged man's fracture“.

- Eine Gehweiler-Typ-3a-Verletzung gilt in der Regel als instabil und sollte operativ versorgt werden.
 - Eine Gehweiler-Typ-1-Verletzung erfordert eine Angiographie zur Darstellung der A. carotis.
 - Eine laterale Deviation einer Massa lateralis stellt ein potenzielles Instabilitätskriterium dar.
 - Dislozierte Atlasfrakturen stellen sich in der transoralen Dens-Zielaufnahme (a.-p.) schlecht dar.
- ? Welche Aussage trifft für die Verletzungen des Dens axis zu?**
- Dens-Frakturen sind die häufigsten HWS-Verletzungen des jungen Menschen.
 - Bei sekundärer Operationsindikation (> 6 Monate) sollte eine anteriore Schraubenosteosynthese erfolgen.
 - Dens-Frakturen Typ I nach Anderson und D'Alonzo sind häufig und gelten als sehr instabil.
 - Die Pseudarthroserate ist unter konservativer Therapie einer Dens-Fraktur Typ II nach Anderson und D'Alonzo beim geriatrischen Patienten erhöht.
 - Die Verletzung des Dens axis geht in der Regel mit einer traumatischen Spondylolisthese einher.
- ? Ein 20-jähriger Mann wird intubiert und beatmet in den Schockraum gebracht; eine Zervikalstütze ist nicht angelegt. Fremdanamnestic wird berichtet, er habe einen Kopfsprung in einen See gemacht und sei dabei mit dem Schädel auf einem Stein aufgeschlagen. Anschließend sei er bewusstlos an der Wasseroberfläche getrieben. An äußeren Verletzungszeichen findet sich eine hochfrontale Platzwunde am Schädel. Wie gehen Sie weiter vor?**
- Da der Patient bereits intubiert und beatmet ist, erfolgen eine Verlegung auf die Intensivstation, ein Extubationsversuch am Folgetag und die anschließende klinische Untersuchung der HWS.
 - Aufgrund der geringen äußeren Verletzungszeichen ist eine Verletzung der HWS auszuschließen, und der Patient sollte unter der Diagnose einer Synkope kardiologisch abgeklärt werden.
 - Die Anamnese lässt an ein axiales Stauungstrauma mit SHT und Verletzung der HWS denken, sodass zunächst eine Zervikalstütze angelegt und dann eine CT durchgeführt werden sollte.
 - Es sollte zunächst eine weiche Zervikalstütze angelegt werden, gefolgt von der Extubation und sofortiger Verlegung in eine „Stroke-Unit“.
 - Bei V.a. eine okzipitozervikale Dislokation sollte der Patient ohne weitere Maßnahmen direkt in den OP gebracht werden, um einen Halofixateur anzulegen.