

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Lund (Schweden)

Zur Mechanik der Ringbrüche der Schädelbasis und der Verletzungen der oberen Halswirbelsäule

Von

GERHARD E. VOIGT

Mit 7 Textabbildungen (13 Einzelbilder)

(Eingegangen am 14. Mai 1962)

Bei Frakturen und Luxationen im Bereich der Schädelbasis und der Halswirbelsäule handelt es sich um direkte, meist aber um indirekte Verletzungen, deren Mechanik zu klären oft auf erhebliche Schwierigkeiten stößt, zumal in der Literatur hierzu keine völlig einheitlichen Ansichten geäußert worden sind. Die im folgenden beschriebenen, innerhalb weniger Wochen beobachteten Fälle sollen die Verhältnisse etwas näher beleuchten.

Fall I (S. Nr. 462/61): 32jähriger Fahrer eines PKW, der auf einer Landstraße einen entgegenkommenden, ins Rutschen geratenen PKW gerammt hatte und hiernach einige Meter — nach den Spuren zu urteilen ohne Bodenberührung — aus dem Fahrzeug heraus auf ein Feld geschleudert worden war. Der Fahrersitz war nach vorn und links gedrückt worden, so daß die Rücklehne teilweise durch die Türöffnung heraushing. Der Fahrer wurde in der Weise vorgefunden, daß die Beine sich noch im PKW befanden, der Oberkörper dagegen außerhalb auf dem Boden lag. Er zeigte noch einige Minuten schwache Lebenszeichen.

Sektionsbefund: Schnitt- und Platzwunden im Gesicht. Subcutane Hämatome an der linken Schulter und am linken Arm. Platzwunden an der Vorderseite der beiden Unterschenkel.

Alle Schichten der Haut, das subcutane Gewebe und den obersten Teil des M. sternocleidomastoideus durchsetzendes Hämatom in der Umgebung des Proc. mastoideus sowie unterhalb und hinter diesem. Schädelbasisbruch mit deutlicher Impression im rechten Teil der hinteren Schädelgrube. Von hier ausgehende Bruchlinien, die das Foramen occipitale magnum umgreifen, wobei die Fraktur ventral schräg durch den Clivus verläuft. Die die linke Seite des Ringbruches bildende Bruchlinie setzt außerhalb desselben etwas nach links, dorsalwärts fort und endet in der Lambdanaht. Die Dura ist unverletzt. Kontusion an der Basis der rechten Kleinhirnhemisphäre und des rechten Temporallappens. Geringfügige subdurale Blutung. Keine Verletzung der basalen Hirnarterien.

Außerdem fanden sich zahlreiche Rippenbrüche, die offenbar beim Aufprall auf das Lenkrad entstanden waren, Lungenverletzungen und Blutaspiration sowie Kapselrisse der Leber.

Wie die Schädelverletzung zustande gekommen ist, konnte bei der Rekonstruktion des Unfallherganges nicht geklärt werden. Auf jeden Fall hat ein kräftiges Trauma gegen die Schädelbasis auf der rechten, oberen Seite des Halses bzw. Nackens stattgefunden.

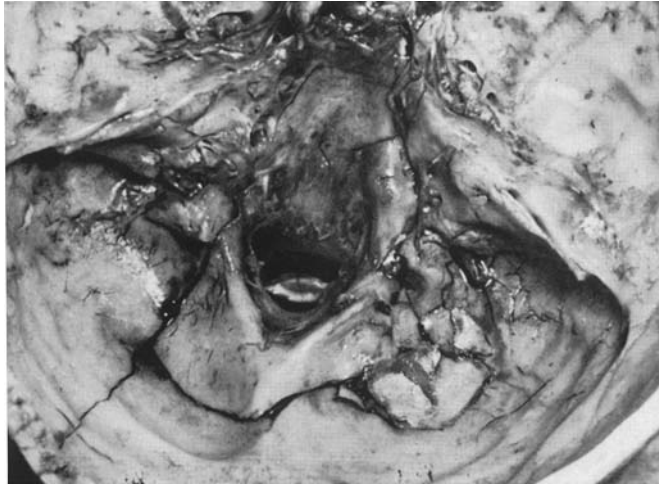
Fall II (S. Nr. 489/61): 22jähriger Fahrer eines PKW, der ins Rutschen geraten, etwas mit der linken Seite vorausgehend, frontal mit einem entgegenkommenden LKW zusammengestoßen war. Kräftige Deformierung des Lenkrades. Der Fahrer wurde aus der sich öffnenden Tür herausgeschleudert und war angeblich sofort tot.

Sektionsbefund: Kleinere Schnittwunden und Hautabschürfungen im Gesicht; Bruch des Unterkiefers zwischen den beiden ersten Schneidezähnen. Hautabschürfung an der Unterseite des Kinns. Multiple Hautabschürfungen und subcutane Hämatome an der Vorderseite des Rumpfes und der Arme, Fraktur des linken Schien- und Wadenbeines.

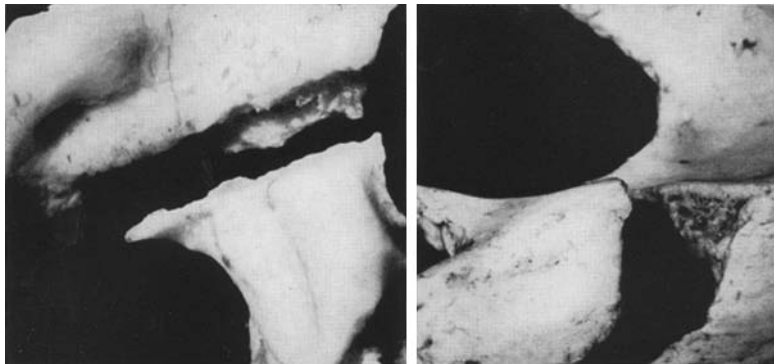
Ringbruch der Schädelbasis. Die Bruchlinie verläuft durch die Sella turcica und die beiden Felsenbeinpyramiden, mündet auf der linken Seite in die gesprengte Lambdanaht ein,

während sie auf der rechten Schädelseite in Höhe der Facies anterior der Felsenbeinpyramide dorsalwärts verläuft, um gleich rechts der Mittellinie am Hinterkopf im rechten Winkel scheidelwärts abzubiegen und in die gesprengte Lambdanaht einzumünden.

Der vordere Teil der Schädelbasis und der oberhalb des Ringbruches befindliche Teil des Schädels lassen sich nach Entnahme des Gehirns leicht nach oben rückwärts und etwas rechts



a



b

c

Abb. 1a—c. Fall I. a Impressionsfraktur in der rechten hinteren Schädelgrube und hiervon ausgehender, das Foramen occipitale magnum umgreifender Bruch. b Fraktur des Clivus (nach Mazeration). Gleiche Blickrichtung wie in Abb. 1a. c Fraktur in der Schuppe des os occipitale von der linken Kopfseite aus gesehen

verschieben. In der Umgebung des Bruches sind in der Kopfschwarte Blutungen nur in deren tieferen Schichten vorhanden. Es findet sich weiterhin, von Blutungen in den weichen Bedeckungen in der linken Schläfengegend umgeben, eine Fraktur auf der linken Seite des Os frontale. Sie setzt sich in der vorderen Schädelgrube nach rechts fort und endet im Os ethmoidale. Von dieser Bruchlinie zweigt eine Frakturlinie ab, die auf der linken Außenseite der vorderen und mittleren Schädelgrube dorsalwärts verläuft und im Ringbruch in der linken Pyramide endet. Diese Fraktur ist also zeitlich offenbar nach dem Ringbruch entstanden, möglicherweise im Zusammenhang mit dem Fall aus dem PKW. Eine weitere Fraktur findet sich auf der linken und hinteren Seite des Foramen occipitale magnum. Das freie Ende des Fragmentes ist etwa 2 mm in das Schädelinnere hineingedrückt. Abriß zwischen Pons und Medulla

oblongata und der A. basilaris dicht oberhalb davon. Die weichen Hirnhäute in der Umgebung sind quer zerfetzt. Geringfügige Subdural- und Subarachnoidalblutung.

An weiteren Befunden sind erwähnenswert: Serienbrüche der Rippen an der Vorderseite des Thorax; Zerfetzung des Herzbeutels; querverlaufende, vom Kammerinneren ausgehende, mehrere Millimeter tiefgreifende Zerfetzung der Wandung der linken Herzkammer im Bereich

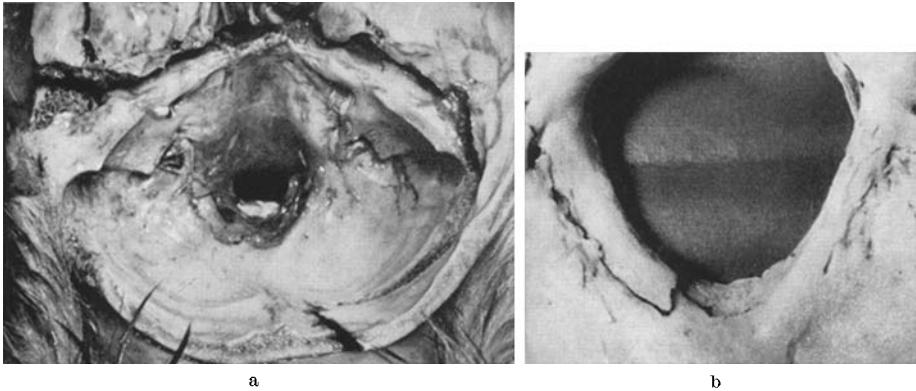


Abb. 2a u. b. Fall II. a Ringbruch der Schädelbasis. Ein Teil der Fraktur am Hinterkopf befindet sich oberhalb der Sägeschnittebene und ist somit nicht von der Aufnahme erfaßt. b Impressionsfraktur an der linken und hinteren Seite des Foramen occipitale magnum (nach Mazeration)

des Septum und der Hinterwand, ohne daß eine Eröffnung des Herzens in den Herzbeutel hinein vorliegt. Aortaruptur dicht oberhalb der Aortenklappen; Abriß des linken Hauptbronchus; Kapselrisse der Leber und Zerfetzung der linken Nebenniere. Es handelt sich um typische Verletzungen, wie sie durch den Aufprall des Fahrers auf das Lenkrad hervorgerufen sein können.

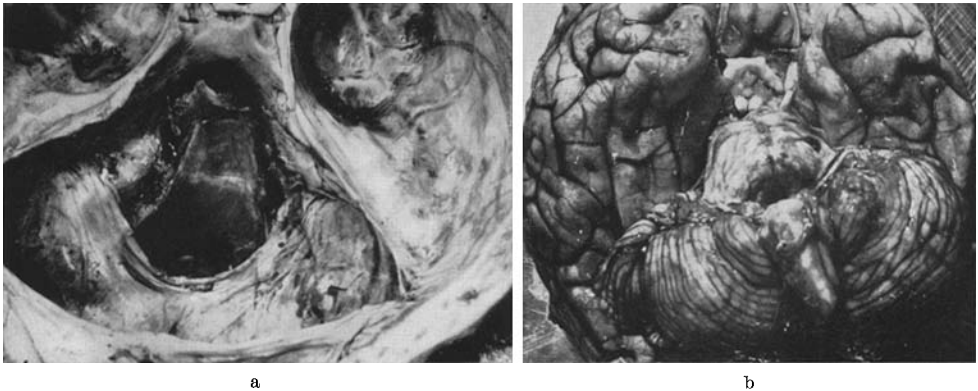


Abb. 3a u. b. Fall III. a Ringbruch um das Foramen occipitale magnum herum mit Aussprengung des Corpus ossis occipitalis. Zerfetzung der Dura in der Umgebung der Fraktur. b Abriß der Medulla oblongata von der Pons und Durchriß der A. basilaris

Fall III (S. Nr. 392/61): 42jähriger Radfahrer, der von hinten von einem PKW angefahren und auf den Kühler, die Windschutzscheibe und gegen die vordere Kante des Daches geschleudert worden war. In dieser Stellung blieb er liegen, bis der PKW nach etwa 35 m zum Stehen gebracht wurde, glitt erst dann seitlich herab und blieb auf dem mitgeschleppten, zerbeulten Fahrrad liegen, wodurch der Sturz ganz erheblich gemildert wurde. Der Tod ist offenbar sofort eingetreten.

Sektionsbefund: Ausgebreitete subcutane Hämatome am rechten Ellenbogen, am Rücken in der Mitte des Thorax, an der rechten Hüfte. Unvollständiger Ringbruch um das For.

occipitale magnum herum, mit Aussprengung des Corpus ossis occipitale. Die Bruchlinie umgreift die beiden Condylen und mündet am rückwärtigen Umfang des Foramen occipitale magnum ca. 1 cm beiderseits der Mittellinie in dieses ein. Das ausgesprengte Bruchstück bildet mit der Wirbelsäule eine Einheit und läßt sich nicht in das Schädelinnere hineinschieben. In der Umgebung des Bruches ist die Dura zerfetzt. Vollständiger Abriß der Medulla oblongata von der Pons mit Durchriß der A. basilaris. Spärliche Subdural- und Subarachnoidalblutung. Vom Larynx aus kommt man mit dem Finger ohne weiteres durch den Zerfetzungsbezirk hindurch in das Schädelinnere. Die Rachenrückwand ist somit zerfetzt. Im übrigen keine weiteren Kopfverletzungen, insbesondere keine Blutungen in der Kopfschwarte. Blutaspilation der Lungen. Serienbrüche der Rippen auf der linken (1—11) und rechten (10, 11) Thoraxseite am Rücken mit Zerfetzung der Pleura. Mehrere Kapselrisse der Leber sowie kleinere oberflächliche Rupturen der linken Niere. Nach den Hämatomen am Rücken zu urteilen, war ein Anprall im Bereiche der unteren Thoraxhälfte geschehen.

Fall IV (S. Nr. 452/61): 19jähriger Fahrer eines Leichtmotorrades, der von einem ins Rutschen gekommenen PKW von hinten angefahren und vermutlich in Fahrtrichtung etwas seitlich weggeschleudert worden war. Er landete in einem frischgepflügten Acker, wo er, angeblich sofort tot, aufgefunden wurde. Der PKW überschlug sich und erhielt dabei erhebliche Schäden, so daß eine Rekonstruktion des Zusammenstoßes mit Hilfe der Spuren am PKW unmöglich wurde. Der Fahrer des Leichtmotorrades hatte eine dicke gepolsterte Lederweste sowie Winterbekleidung an. Am Rücken der Weste waren in der Lendengegend Abschürfungen vorhanden.

Sektionsbefund: Hämatome im Bereich der Beine. Sonst keine äußeren Verletzungen, auch nicht am Kopf, Hals oder Rücken.

Keine Blutungen in der Kopfschwarte.

Bis auf einige Faserbündel der Membrana atlantooccipitalis dorsalis war der gesamte Bandapparat und die Dura zwischen Schädelbasis und Atlas zerfetzt. Fraktur des linken Proc. transversus des Atlas. Zwischen Medulla oblongata und Pons tiefgreifender Einriß an der Ventralseite, Zerfetzung der A. basilaris und der umgebenden weichen Häute. Geringfügige lokale Subdural- und Subarachnoidalblutung. Zerfetzung der Rachenrückwand. Aspiration von Blut. Kapselrisse der Milz.

Fall V (S. Nr. 445/61): 53jähriger Radfahrer, der etwas seitlich von links hinten oder direkt von hinten von einem PKW angefahren und 5 m weit auf ein Feld geschleudert worden ist, wo er sofort danach angeblich tot aufgefunden worden ist. Die Beschädigungen am PKW ließen es als wahrscheinlich erscheinen, daß er von der linken oberen Kante der Kühlertrappe in der unteren Thoraxhälfte getroffen und hiernach auf die Kühlerhaube und gegen die Windschutzscheibe geschleudert worden war, deren Sicherheitsglas zertrümmert wurde.

Sektionsbefund: Subcutane Hämatome am Rücken im Bereich der unteren Brusthälfte, tiefe Schnittwunde am Kinn (deren Entstehung nicht geklärt werden konnte), Hautabschürfungen an der Stirn und am linken Oberlid, Schnittwunde am linken Ohr. Geringfügige Hautabschürfung an der linken Halsseite. Frakturen des linken Schien- und Wadenbeins sowie des rechten Oberschenkels.



Abb. 4. Fall IV. Fast vollständiger Abriß des kraniovertebralen Bandapparates. Ansicht von vorn nach Entfernung der Rachenrückwand

Der linke Condylus occipitalis mit dem vorderen Teil der linksseitigen Kante des Foramen occipitale magnum sind abgesprengt. Abbruch der rechten kranialen Gelenkfläche des Atlas. Der gesamte in der Umgebung der Frakturen befindliche Bandapparat und die Dura sind zerfetzt. Geringfügige Subarachnoidalblutung an der Vorderseite der Pons. Umschriebene

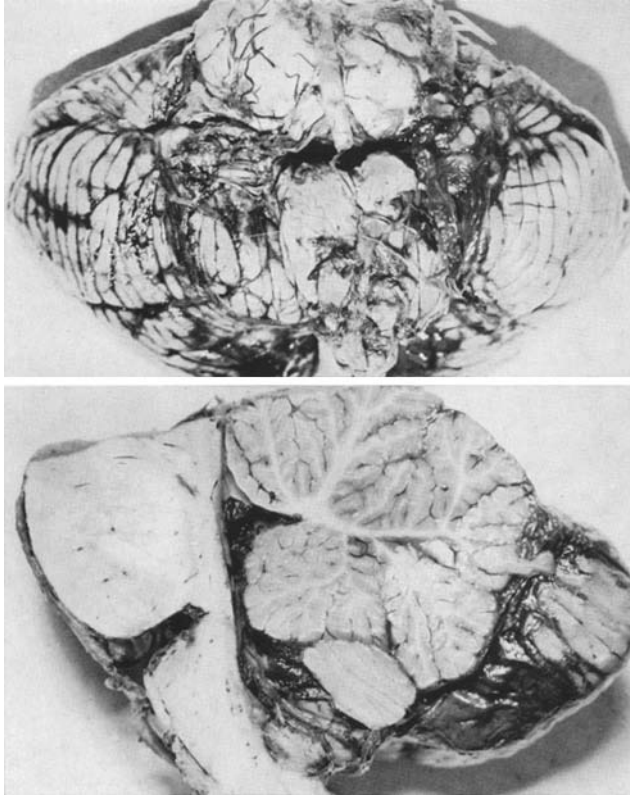


Abb. 5. Fall IV. Einriß zwischen Pons und Medulla oblongata. Abriß der A. basilaris (Fixierung: Jores)

Subarachnoidalblutung in der Umgebung des Circulus arteriosus Willisii. Bei der Präparation zeigt sich ein kleiner querverlaufender Einriß der linken A. communicans posterior in der Nähe des Abganges von der A. cerebri posterior. Im übrigen fand sich ein Abriß des 10. vom 11. Brustwirbel mit vollkommener Durchtrennung des Rückenmarks und seiner Hüllen sowie eine Zerfetzung der Aorta in gleicher Höhe.

Fall VI (S. Nr. 110/62): 21jähriger Mann, der sich auf dem rechten Rücksitz eines PKW befunden hatte. Der PKW war auf glatter Fahrbahn ins Rutschen gekommen und mit der rechten Seite gegen einen Straßenbaum geprallt, wodurch die gesamte rechte Fahrzeugseite maximal eingedrückt worden war. Der Mann war offenbar nach vorn und rechts geschleudert worden und ist hierbei mit der Stirn und der Oberlippe gegen die Rücklehne des Vordersitzes oder gegen die einbuchtenden Teile der demolierten rechten Wagenseite geprallt. Er war sofort tot.

Sektionsbefund: Hautabschürfungen in der Mitte der Stirn und unterhalb der Nase an der Oberlippe. Oberkieferfraktur. Bis auf einige schmale Gewebsbrücken der Dura an der Dorsal-seite Zerfetzung des gesamten Bandapparates und der Dura zwischen Os occipitale und Atlas. Frakturen auf der linken Seite des Atlas und des rechten Condylus occipitalis (Abb. 6). Abriß der beiden Aa. vertebrales. Vollständige Durchtrennung des Halsmarkes in gleicher Höhe.

Geringfügige basale symmetrische Subarachnoidalblutung besonders in der Umgebung des Circulus arteriosus Willisii. Weitere Verletzungen der basalen Hirnarterien konnten nicht festgestellt werden. Im übrigen keine weiteren Schädelverletzungen. Keine weiteren Anzeichen für direkte Gewalteinwirkungen am Kopf. Einige Kapselrupturen der Leber.

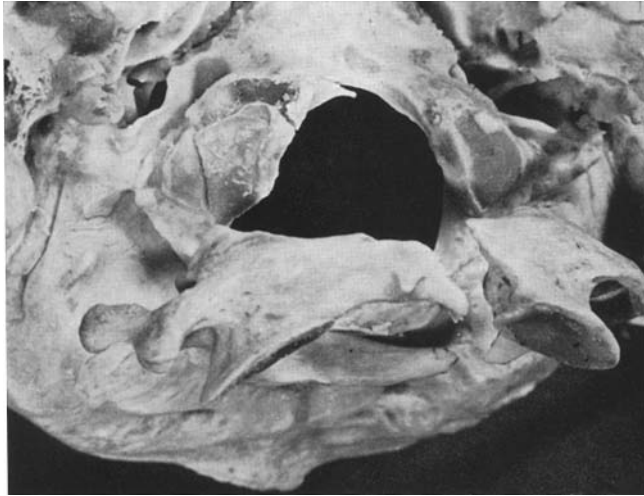


Abb. 6. Fall VI. Frakturen des rechten Condylus occipitalis und des Atlas

Fall VII (S. Nr. 466/61): 63jährige Fußgängerin, die, ein Fahrrad neben sich herschiebend, eine Straße überquerte und von einem PKW von links angefahren wurde. Nach den Spuren am PKW zu urteilen, war sie auf die Kühlerhaube und gegen die Windschutzscheibe geschleudert worden. Erst als der PKW kurz danach zum Halten gebracht worden war, ist sie, nach Zeugenaussagen und dem Befund am Unfallort zu urteilen, seitlich herabgeglitten und tot auf der Fahrbahn liegen geblieben.

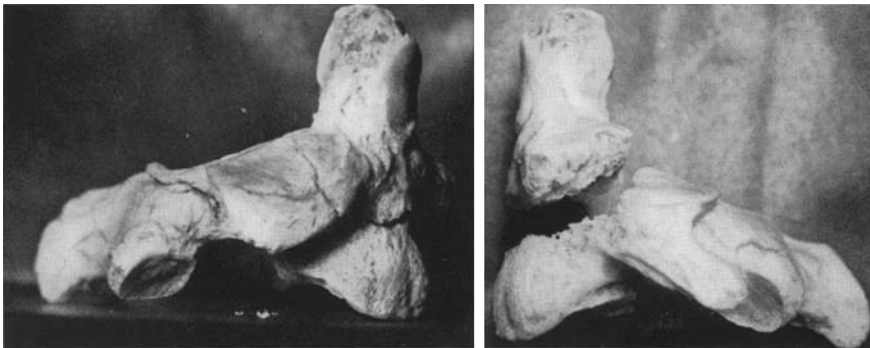


Abb. 7. Fall VII. Fraktur des Epistropheus

Sektionsbefund: Große Weichteilverletzung im Bereich der linken Stirnseite und der angrenzenden Scheitelgegend. Hautabschürfung an der linken Wange. Hautabschürfungen und subcutane Hämatome besonders an der Rückenseite des linken Oberarms. Bruch der beiden Schien- und Wadenbeine.

Bruch des Epistropheus: Der Dens mit einem Teil des vorderen Bogens des Epistropheus und der medialen Hälfte der linken Facies articularis sowie ein kleineres Knochenfragment auf der rechten Seite des vorderen Bogens des Epistropheus mit der rechten Facies articularis und der rechte Proc. transversus sind abgebrochen. Die Dura und das Rückenmark mit seinen

Hüllen sind in gleicher Höhe vollkommen durchgerissen. Durchriß der rechten A. vertebralis. Geringfügige Subduralblutung um das gesamte Gehirn. Kleiner frischer Rindenprellungsherd an der Basis des linken Temporallappens.

Querbruch im oberen Teil des 8. Brustwirbels mit Zerfetzung der Aorta in gleicher Höhe. Bruch der 8. linken Rippe links der Wirbelsäule.

Diskussion

Verletzungen der Schädelbasis und der Halswirbelsäule sind bekanntlich verhältnismäßig selten die Folge einer direkten Gewalteinwirkung. Es handelt sich meist um indirekte Verletzungen, wobei also der Angriffspunkt des Traumas an anderen Stellen des Körpers zu suchen ist. Hierzu gehören die Ringbrüche um das Foramen occipitale magnum herum, die besonders bei Fall aus der Höhe auf die Füße oder das Gesäß entstehen können oder bei kräftigen Gewalteinwirkungen gegen die Scheitelgegend. In diesen Fällen wird die Wirbelsäule mit dem dem Atlas benachbarten Teil der Schädelbasis in die Schädelhöhle hineingetrieben, was wohl stets den sofortigen Tod zur Folge hat. Dieser Mechanismus soll nach WALCHER und WÖLKART auch bei Verkehrsunfällen wirksam sein können, wenn nämlich der Körper im Bereich seiner unteren Hälfte angefahren und in horizontaler Haltung mit dem Scheitel gegen den Oberteil eines Fahrzeugs geschleudert werde.

Ringbrüche an der Schädelbasis können aber auch durch eine Zerrung auftreten, worauf besonders LE COUNT u. HOCKZEMA sowie MORITZ aufmerksam gemacht haben und was in jüngerer Zeit von WERNE sowie später von PATSCHEIDER und REIMANN behandelt worden ist. Nach LE COUNT u. HOCKZEMA sollen Gewalteinwirkungen gegen den Hinterkopf geeignet sein, den Schädel von der Wirbelsäule wegzuzerren. Als Folge der Festigkeit der Verbindung des Schädels mit der Wirbelsäule sollte es dann zu einem Ausbrechen eines Teils der Schädelbasis kommen. Die gleiche Ansicht äußern MORITZ und REIMANN. MORITZ, aber auch WERNE erwähnen weiter das Auftreten von Ringbrüchen bei Gewalteinwirkungen gegen das Kinn, ohne jedoch auf deren Mechanik einzugehen.

WERNE und PATSCHEIDER schildern schließlich Ringbrüche der Schädelbasis, die bei Gewalteinwirkungen gegen den Rumpf zustande kommen und führen diese auf eine Zerrung als Folge einer Überstreckung der Wirbelsäule zurück. Trifft ein kräftiges Trauma im Bereiche des Rumpfes die Wirbelsäule, so kommt es hier infolge deren Nachgiebigkeit zu einem Ausbiegen in Richtung der Gewalteinwirkung. Wegen ihres Beharrungsvermögens folgen die am weitesten von der Ausbiegungsstelle entfernten Teile des Körpers, also besonders der Kopf, nur mit Verzögerung der Bewegung nach, was zum Auftreten erheblicher Zugkräfte führt. Die kraniovertebralen Bänder sollen auf Grund ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen nicht reißen können, ohne daß gleichzeitig Frakturen in der Umgebung ihrer Insertionsstellen auftreten (GREIG, ORFILA, WERNE). Die Festigkeit der kraniovertebralen Verbindung dürfte aber auch durch die Muskulatur und die Haftwirkung der in jeder Stellung aneinander liegenden und von einer Gelenkkapsel umgebenen Gelenkflächen des Atlanto-occipitalgelenkes verstärkt werden. Als Folge einer Zerrung, die durch extreme unilaterale Beugungen des Kopfes intensiviert werden dürfte, können Ringfrakturen der Schädelbasis, Luxationen der kraniovertebralen Gelenke mit Zerreißen der Bänder, aber auch Frakturen der Halswirbel auftreten. Auf letzteres hat besonders SJÖ-

VALL hingewiesen. In diesem Zusammenhang müssen auch die „whiplash injuries“ erwähnt werden, wobei es sich um Verletzungen der Halswirbelsäule handelt, die durch Hyperflexion besonders bei Insassen von Kraftfahrzeugen entstehen sollen, wenn das Fahrzeug frontal gegen ein Hindernis prallt oder von hinten angefahren wird (BRAUNSTEIN u. MOORE, DAVIS, GERSHON-COHEN u. GLAUSER, GAY u. ABBOT u. a.).

Da also bei der gleichen Gewalteinwirkung (gegen den Rumpf) verschiedenartige Verletzungen hervorgerufen werden können, soll im folgenden eine zusammenhängende Besprechung erfolgen.

Wie sich aus dieser kurzen Übersicht ergibt, können Ringbrüche der Schädelbasis in verschiedener Weise entstehen, wodurch die Beurteilung der Mechanik des Einzelfalles problematisch wird. Prinzipiell gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten: 1. Stauchung und 2. Zerrung.

Bei der Stauchung handelt es sich um eine Impressionsfraktur und bei der Zerrung um eine Extensionsfraktur (PATSCHEIDER) oder, wie man sie vielleicht besser bezeichnen sollte, „Traktionsfraktur“, um den Ausdruck „Extensionsfraktur“ den unter diesem Namen bekannten Frakturen der Extremitäten vorbehalten zu lassen. Impressionsfrakturen sind prinzipiell dadurch gekennzeichnet, daß der Defekt der Lamina interna des Schädelknochens im allgemeinen größer ist als der der Lamina externa. Betrachtet man somit eine Impressionsfraktur des Craniums im Querschnitt, so sieht man an den äußeren Kanten des Bruchbezirkes schräg verlaufende Bruchflächen. Der Bruch erweitert sich trichterförmig nach dem Schädelinneren zu, was darauf zurückzuführen ist, daß die Lamina externa durch Druck, die Lamina interna durch Zug belastet wird. Die Zugfestigkeit des Knochens ist geringer als die der Druckfestigkeit, was erklärt, daß die Lamina interna eher und in größerem Maße einbricht als die Lamina externa (NEUGEBAUER, MÜLLER). Bei Erörterungen über die Mechanik von Frakturen, insbesondere von Schädelbrüchen, muß sowohl der Verlauf der Bruchlinien an der Außen- und Innenseite des Knochens als auch der sich daraus ergebende Verlauf der Bruchflächen auf dem Querschnitt des Knochens berücksichtigt werden. Infolge des schrägen Verlaufs der Bruchflächen muß sich also bei einem Ringbruch der Schädelbasis infolge Stauchung (Impressionsfraktur) das ausgesprengte Fragment mit der Wirbelsäule leicht nach Entfernung der Dura und des Gehirns in das Schädelinnere hineinschieben lassen, was bei Brüchen, die durch Traktion entstanden sind, nicht der Fall sein darf.

Bei dem voranstehend beschriebenen Fall I hatte eine Gewalteinwirkung am Hinterhauptsbein stattgefunden, wie sich das aus der Ausbreitung der Blutung in den weichen Kopfbedeckungen herleiten läßt. Die Blutung befindet sich hier in allen Schichten der Kopfschwarte, wie dies am Ort der stumpfen Gewalteinwirkung üblich ist. Blutungen in der Umgebung indirekt entstandener Frakturen sind nur in den tieferen Schichten der weichen Kopfbedeckungen zu sehen. Es handelt sich bei Fall 1 also um eine Beobachtung, wie sie von MORITZ erwähnt wurde und bei der nach seiner Ansicht eine Traktionsfraktur als Folge einer Wegzerrung des Schädels von der Wirbelsäule zu erwarten wäre. Das trifft jedoch in Fall 1 nicht zu, sondern aus den Bruchflächen läßt sich herleiten, daß es sich um eine Impressionsfraktur handelt. Man sieht besonders an den dickeren Stellen der frakturierten Knochen einen hierfür typischen Verlauf der Bruchflächen. Das ist

besonders hinter dem Foramen occipitale magnum der Fall, aber auch am Clivus. Es gesellt sich somit zu den bereits bekannten Ursachen eines Ringbruches als Folge einer Stauchung eine weitere hinzu, nämlich die der direkten Gewalteinwirkung an der Schädelbasis.

Wie es sich aus Fall II ergibt, können zwar bei Gewalteinwirkungen am Kopf als Folge einer Zerrung auch Ringbrüche der Schädelbasis vorkommen, es muß jedoch als etwas fraglich angesehen werden, ob etwas derartiges als Folge eines Traumas gegen die Schädelbasis im Bereiche des Hinterkopfes entstehen kann. Viel eher kann nach der voranstehend beschriebenen Beobachtung angenommen werden, daß der infolge seines Beharrungsvermögens und seiner Unelastizität gegenüber umschriebenen Gewalteinwirkungen einen erheblichen Widerstand darbietende Schädel lokal eine Impression erleidet, die auch auf die Umgebung fortgeleitet wird.

In Fall II hat eine Gewalteinwirkung gegen das Kinn stattgefunden. Es handelt sich also um einen Fall, wie er von MORITZ und WERNE erwähnt wird, dessen Mechanik jedoch bislang nicht erörtert worden ist. Der Verletzte war, auch nach den Befunden am PKW zu urteilen, mit der Unterseite des Kinns gegen die obere Kante des Lenkrades aufgeprallt. Hierdurch ist es offenbar zu einer extremen Bewegung des Kopfes nach oben und rückwärts gekommen, wobei die kinetische Energie über die aufeinandergepreßten Zähne und das Kiefergelenk auf den vorderen Teil der Schädelbasis vermittelt worden ist. Die gewaltsame Bewegung des Kopfes hat schließlich zu einem Abriß des übrigen Schädels von den Felsenbeinpyramiden und dem Hinterhauptsbein geführt. Diese Ansicht findet ihre Stütze in folgenden Beobachtungen:

Nach Entfernung der Schädelkalotte und des Gehirns ließ sich der abgesprengte Teil der Schädelbasis leicht — durch den Verlauf der Bruchflächen bedingt — nach rückwärts und etwas nach rechts verschieben (bei angenommener aufrechter Stellung). Die aus Abb. 2a ersichtliche Stufenbildung der Bruchlinie rechts der Mittellinie am Hinterkopf wird dadurch bedingt sein, daß die Gewalteinwirkung nicht exakt in Sagittalrichtung eingewirkt hat, wodurch es zu einer leichten Rotation während des Abbruches des oberen Teils des Schädels von der Schädelbasis gekommen ist. Daß eine Rückwärtsbeugung des Kopfes eingetreten ist, läßt sich aus der kleinen Impressionsfraktur an der linken und Hinterseite des Foramen occipitale magnum herleiten. Das freie Ende des Bruchfragmentes war etwa 2 mm in das Schädelinnere hineingedrückt worden. Eine solche Fraktur kann nur durch Druck der Schädelbasis gegen die linksseitige obere Kante des hinteren Atlasbogens erklärt werden, wie dies bei einer extremen etwas nach links hinten gerichteten Rückwärtsbeugung des Kopfes vorkommen kann. Eine solche Verletzung ist ungewöhnlich. Viel eher kommt es bei derartigen Beugungen zu Frakturen des Atlas, der zwischen Hinterhaupt und Epistropheus eingeklemmt wird (PLAUT, HOMMA).

Es handelt sich somit in diesem Fall um einen Ringbruch als Folge einer Schleuderung des Kopfes nach oben und nach rückwärts, also etwa um die gleiche Mechanik, wie sie für das Zustandekommen der Ringbrüche bei Gewalteinwirkungen gegen die Rückseite des Rumpfes angenommen wird, nur daß in Fall II, wie es scheint, die Rückwärtsbewegung des Kopfes eine wesentliche Komponente im Geschehen darstellt.

Bei den übrigen Beobachtungen — außer bei Fall VI — liegt den Verletzungen stets die gleiche Ursache zugrunde: Gewalteinwirkung gegen den Rumpf.

Bei Fall III handelt es sich um einen unvollständigen Ringbruch, da die Bruchlinie beiderseits den hinteren Umfang des Foramen occipitale magnum erreicht. Es ist also nicht zu einer ausgedehnten Fraktur im Bereich der Schuppe des Os occipitale gekommen, wie das in PATSCHEIDERS Fall vorlag und auch bei den von WERNE in einer Tabelle mitgeteilten früheren Lunder Beobachtungen.

Fall IV stellt insofern eine Besonderheit dar, als es hier als Folge einer Gewalteinwirkung am Rücken zu einem fast vollständigen Abriß des kraniovertebralen Bandapparates gekommen ist, ohne daß Frakturen an der Insertionsstelle der Bänder aufgetreten sind (vgl. WERNE). Es lag lediglich ein Bruch des linken Proc. transversus des Atlas vor, der durch kranialwärts gerichteten Zug des hier inserierenden M. rectus lat. und evtl. M. rectus capitis med. herbeigeführt worden sein kann. Die Frakturstehung wurde durch eine Lücke im hinteren Bogen des Proc. transversus begünstigt. Ein ähnlicher Fall, d. h. nur Abriß der Bänder als Folge einer Gewalteinwirkung gegen den Rücken, hat in der Literatur nicht gefunden werden können. Dagegen nimmt SCHNEIDER an, daß derartige Zerfetzungen ausschließlich nur nach Gewalteinwirkungen am Kopf eintreten können.

Bei den Fällen III und IV hat sich die Traktion besonders an der Ventralseite der Wirbelsäule ausgewirkt, was allein schon darauf hindeutet, daß nicht nur eine Überstreckung die Ursache der Schäden sein kann, sondern daß eine vorwiegend unilaterale Belastung stattgefunden hat, wie sie in dieser Form bei Rückwärtsbeugung des Kopfes auftreten kann. Das Fehlen von Stauchungsverletzungen an der Dorsalseite (vgl. Fall II) spricht jedoch dagegen, daß allein die Reflexion für das Zustandekommen der Verletzung verantwortlich zu machen ist, sondern es dürfte außerdem eine Zerrung in der Längsrichtung der Wirbelsäule stattgefunden haben.

Auch bei Fall V und VII befinden sich die Verletzungen vorzugsweise an der Ventralseite. Dabei ist bei Fall V auffällig, daß sich die Frakturen im Os occipitale auf der linken Seite des Foramen occipitale magnum, im Atlas jedoch auf der rechten Seite befanden. Die Schleuderung des Kopfes dürfte in diesem Falle nach oben rückwärts und gleichzeitig auch nach der Seite zu erfolgt sein. Ganz ähnliche Verletzungen haben sich bei Fall VI gezeigt, wo jedoch die Schleuderung des Kopfes infolge von Gewalteinwirkungen gegen das Gesicht hervorgerufen worden ist. Nach dem Unfallhergang zu urteilen, hat eine nach links gerichtete Reflexion stattgefunden, während dies bei Fall V mehr nach rechts zu geschehen dürfte.

Bei Fall VII spricht der schräge Verlauf der Bruchebene im Epistropheus für eine Traktion nach oben rückwärts. Die vorwiegend unilaterale Ausdehnung der Frakturen nach rechts deutet darauf hin, daß die diese Verletzung auslösende Gewalteinwirkung auch von links her am Körper (Rumpf oder Beine) angegriffen hat. Das stimmt mit den Funden am Unfallplatz und den übrigen Sektionsbefunden überein.

Das Trauma hat in den Fällen III—V gegen den Rücken stattgefunden, bei Fall VII — wie beschrieben — mehr von der Seite. Es fragt sich, weshalb bei etwa der gleichen Gewalteinwirkung so verschiedenartige Verletzungen im Bereiche der Halswirbelsäule und der Schädelbasis auftreten können. Es liegt die Vermutung

Tabelle

	S.-Nr.	Unfallhergang	Sektionsbefunde	
			Kopf und Halswirbelsäule	Ort der hauptsächlichsten Gewalteinwirkung
1	434/60	57jähriger Radfahrer, von hinten von PKW angefahren	Ringfraktur: sphenoidale-temporalia-occipitale. Abriß des Atlas vom Epistropheus mit Fraktur des Dens epistrophei, Abriß zwischen Pons und Medulla	Rücken in Höhe Th 4
2	401/59	64jähriger Radfahrer, von hinten von PKW angefahren	Ringfraktur: sphenoidale-temporalia-occipitale	Rücken in Beckenhöhe, geringgradiges Trauma Hinterkopf
3	423/60	8jähriger Radfahrer, von rechts hinten von PKW angefahren	Abriß des gesamten atlanto-occipitalen Bandapparates und der Dura ohne Fraktur. Abriß des Rückenmarkes in Höhe C1—C2	Rückseite rechts, Oberschenkel
4	202/59	54jährige Radfahrerin, von hinten von LKW angefahren	Fraktur der beiden Condyli occipitales. Abriß des gesamten atlanto-occipitalen Bandapparates	Unklar
5	244/56	11jährige Radfahrerin, von links von PKW angefahren	Zerfetzung der Gelenkkapsel des rechten Atlanto-occipitalgelenkes und des rechten Lig. alatum	Linke Hüfte (Stirn)
6	274/58	55jähriger Fußgänger, von hinten von PKW angefahren	Abriß des gesamten atlanto-occipitalen Bandapparates und der Dura ohne Fraktur. Fraktur C3/C4. Abriß des obersten Halsmarkes	Rücken in Höhe Th 8/9
7	27/58	3jähriger Fußgänger, von links von PKW angefahren	Abriß des ventralen Bandapparates zwischen Os occipitale und Atlas sowie zwischen Atlas und Epistropheus ohne Fraktur	Linker Oberarm, linke Schläfengegend
8	425/39	37jähriger Fußgänger, von rechts hinten von PKW angefahren	Fraktur der linken kranialen Gelenkfläche des Atlas. Zerfetzung der Gelenkkapsel	Rechter Oberschenkel
9	378/59	44jähriger Fußgänger, von hinten von PKW angefahren	Abriß des Epistropheus vom Atlas. Dens epistrophei aus seinem Gelenk herausgerissen (keine Fraktur). Lig. transversum unversehrt	Beide Unterschenkel
10	342/59	71jähriger Fußgänger, von rechts hinten von PKW angefahren	Wie 9; fast völliger Abriß der Medulla oblongata von der Pons. Abriß des Rückenmarks von der Medulla oblongata	Rechte Lendengegend und rechte Rückenseite
11	322/57	44jähriger Fußgänger, von hinten von PKW angefahren	Wie 9; Fraktur C4/C5	Rücken, untere Thoraxhälfte
12	269/58	69jähriger Mopedfahrer, von rechts von PKW angefahren	Abriß des Epistropheus vom Atlas mit Fraktur des Dens epistrophei und der rechten kranialen Gelenkfläche	Rechter Oberschenkel

Tabelle (Fortsetzung)

	S.-Nr.	Unfallhergang	Sektionsbefunde	
			Kopf und Halswirbelsäule	Ort der hauptsächlichsten Gewaltwirkung
13	153/60	62jähriger Fußgänger, von hinten von PKW angefahren	Abriß des Epistropheus vom Atlas mit Fraktur des Dens epistrophei. Vollständiger Durchriß der Trachea unterhalb des Kehlkopfes. Abriß der Pons von der Medulla oblongata. Ruptur der linken A. cerebri media	Rücken in Höhe Os sacrum. Linker Arm
14	4/59	68jährige Fußgängerin, von hinten von PKW angefahren	Frakturen C2/3, Th9/10	Rechte Rücken- seite in Höhe Th 11
15	234/59	35jährige Fußgängerin, von hinten von PKW angefahren	Fraktur C3	Rücken in Höhe Os sacrum
16	370/61	25jähriger Radfahrer, von hinten von PKW angefahren	Fraktur C3/C4	Rücken Lenden- gegend
17	383/59	35jähriger Fußgänger, von hinten von PKW angefahren	Fraktur C6	Rücken in Höhe Os sacrum. Rück- seite beider Unterschenkel

nahe, daß die Richtung und der Angriffspunkt des Traumas am Rumpf hierfür eine Bedeutung haben können.

Um über diese Frage eine etwas bessere Klarheit zu gewinnen, wurden die während der letzten Jahre beobachteten einschlägigen Fälle zusammengestellt, wobei gleichzeitig gezeigt werden soll, daß derartige Verletzungen durchaus keine Rarität darstellen. Auf Grund der Sektionsbefunde und der Schäden an den Kraftfahrzeugen (es handelt sich in sämtlichen Fällen um Verkehrsunfälle) sowie der polizeilichen Ermittlungen am Unfallort wurde versucht, den Ort des Anpralles am Körper und die Angriffsrichtung des Traumas zu ermitteln. Man muß sich dabei allerdings bewußt sein, daß derartige Erhebungen mit großen Unsicherheitsfaktoren behaftet sind, da der Unfallhergang in den meisten Fällen nicht genau rekonstruiert werden kann. So muß insbesondere beim Anfahren einer Person durch ein Kraftfahrzeug und bei den nachfolgenden Schleuderungen des Körpers mit unkontrollierbaren Bewegungen gerechnet werden, die zu erheblichen Veränderungen der mechanischen Beanspruchungen gewisser Körperpartien führen können. In die Zusammenstellung (Tabelle) sind nur solche Fälle aufgenommen worden, bei denen klare Verhältnisse vorlagen, d. h. die Läsionen an der Schädelbasis und der Halswirbelsäule sicher nicht durch ein direktes Trauma hervorgerufen worden waren.

Berücksichtigt man außer den in der Tabelle aufgeführten auch die von WERNE zusammengestellten 28 Fälle mit ähnlichen Verletzungen, so ergibt sich folgendes Bild:

Ringbrüche der Schädelbasis als Traktionsfrakturen treten hauptsächlich dann auf, wenn die Gewalteinwirkung von hinten her am Rücken stattfindet, in einigen Fällen kann das Trauma aber auch etwas von seitlich hinten erfolgt sein.

Abrisse des Bandapparates zwischen Os occipitale und Atlas sowie Epistropheus und evtl. gleichzeitig damit auftretende Frakturen der beiden oberen Halswirbel oder Frakturen der beiden Kondylen des Os occipitale sind dagegen vorwiegend die Folgen von Gewalteinwirkungen, die von mehr seitlich hinten oder überhaupt nur von der Seite gegen den Rumpf eingewirkt haben, wofür besonders Fall 8 sowie der eingangs geschilderte Fall VII hervorgehoben werden müssen, bei denen die seitliche Traktion auf Grund der anatomischen Befunde augenfällig ist. Hervorgehoben zu werden verdienen auch die Fälle 9, 10 und 11, bei denen der Dens epistrophei vollständig aus seinem Gelenk herausluxiert worden war, ohne daß es zu einer Zerreißung des Lig. transversum atlanti gekommen war. Bei einem dieser Fälle kann die Gewalt von hinten und in den beiden übrigen Fällen von hinten seitlich gegen den Rumpf bzw. die Beine gewirkt haben. Vollständige Klarheit darüber konnte jedoch bei der Sektion nicht gewonnen werden, da durch die Bekleidung die lokale Anprallwirkung erheblich gemildert worden sein kann.

Frakturen und Luxationen der übrigen Halswirbel sind vorzugsweise eine Folge von Gewalteinwirkungen von hinten gegen den Rücken.

Angaben darüber, ob Unterschiede der Entfernungen zwischen Schädelbasis und dem Ort der Gewalteinwirkung am Rumpf oder den Beinen für die unterschiedliche Wirkung verantwortlich sind, lassen sich nicht machen.

Interessant sind nun weiterhin die Verletzungen des Zentralnervensystems und der basalen Hirnarterien in diesen Fällen. Es ist verständlich, daß die durch Traktion hervorgerufenen Verletzungen der Schädelbasis oder der Halswirbelsäule sich gleichzeitig auch am Schädel- und Halswirbelsäuleninhalt auswirken müssen. Besonders wenig widerstandsfähig gegenüber den zerrenden Kräften ist der Übergang von der Pons zur Medulla obl. Dabei dürfte der Einriß an der Ventralseite beginnen, wie sich das aus Fall IV ergibt. Die A. basilaris kann dabei ebenfalls zerfetzt werden. Es ist aber auch möglich, daß sich die Zugkräfte an anderen Stellen der basalen Hirnarterien auswirken. Bei Fall V zeigte sich ein Einriß der A. communicans posterior und bei Fall 13 mit Abriß des Dens epistrophei fand sich ein Einriß der A. cerebri media. Die Beobachtungen stehen in Übereinstimmung mit den Angaben KRAULANDS, der besonders auf die Verschiedenartigkeit der Lokalisation der Gefäßverletzungen als Folge von Gewalteinwirkungen gegen den Kopf ohne Skeletverletzungen aufmerksam gemacht hat. Im Gegensatz zu diesen Fällen (vgl. THORNSTEDT u. VOIGT) sind bei den hier beschriebenen Fällen die subarachnoidalen und subduralen Blutungen außerordentlich gering, was wohl damit zusammenhängt, daß der Tod durch die gleichzeitige Verletzung des ZNS oder andere Verletzungen „sofort“ eintritt, oder daß wenigstens der Blutdruck sofort absinkt. Es muß aber auch an eine mechanische Abklemmung der lädierten Gefäße gedacht werden, sofern das Blut nicht in den Rachen abgeflossen ist.

Zusammenfassung

Bei Ringbrüchen der Schädelbasis kann es sich um Impressions- oder Traktionsfrakturen handeln. Impressionsfrakturen können beim Fall aus der Höhe und Aufschlag auf die Beine oder das Gesäß, Gewalteinwirkungen gegen die Scheitel-

gend aber auch bei solchen gegen die Schädelbasis eintreten. Traktionsfrakturen sind die Folge einer Schleuderung des Kopfes nach hinten oben (Beugung und Zerrung) und können bei Gewalteinwirkungen gegen das Gesicht oder gegen den Rumpf, hier besonders gegen den Rücken, auftreten. Die Unterscheidung, ob eine Impressions- oder eine Traktionsfraktur vorliegt, wird nach dem Verhalten der Bruchkanten (Knochenquerschnitt) getroffen. Nach Gewalteinwirkungen gegen den Rücken, aber auch von der Seite gegen den Rumpf kann es zu einem Abriß des Bandapparates zwischen Hinterhaupt und den oberen Halswirbeln kommen, ohne daß Frakturen an der Insertionsstelle der Bänder aufzutreten brauchen. Abrisse des Dens epistrophei als indirekte Verletzungen treten vorzugsweise bei seitlich oder von hinten seitlich gegen den Körper ansetzenden Traumata auf. Rupturen der basalen Hirnarterien brauchen sich nicht in der Umgebung des Skelettschadens zu finden, sondern können durch Fortleitung der Zugwirkung auch an anderen Stellen hervorgerufen werden. Ein Locus minoris resistentiae gegenüber kräftigen Zerrungen ist der Übergang von der Pons zur Medulla oblongata.

Literatur

- BRAUNSTEIN, P. W., and J. O. MOORE: The fallacy of the term „whiplash injury“. *Amer. J. Surg.* **97**, 522 (1959).
- DAVIS, A. G.: Injuries of the cervical spine. *J. Amer. med. Ass.* **127**, 149 (1945).
- GAY, J. R., and K. H. ABBOTT: Common whiplash injuries of the neck. *J. Amer. med. Ass.* **152**, 1698 (1953).
- GERSCHON-COHEN, J., and F. GLAUSER: Whiplash fractures of cervicodorsal spinous processes. *J. Amer. med. Ass.* **155**, 560 (1954).
- GREIG, D. M.: zit. n. S. WERNE.
- HOMMA, H.: Mechanik der Atlasverletzungen beim Sturz auf den Kopf. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **160**, 151 (1930).
- KRAULAND, W., u. R. STÖGBAUER: Zur Kenntnis der Schlagaderverletzungen am Hirngrund bei gedeckten stumpfen Gewalteinwirkungen. *Beitr. gerichtl. Med.* **21**, 171 (1961).
- LE COUNT, E. R., and J. HOCKZEMA: Symmetrical traumatic fractures of the cranium. Symmetrical fragmentation, comments on their mechanism. *Arch. Surg. (Chic.)* **29**, 171 (1934).
- MORITZ, A. R.: *The Pathology of Trauma*. London: Henry Kimpton 1954.
- MÜLLER, B.: *Gerichtliche Medizin*. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1952.
- NEUGEBAUER, W.: *Schädelbrüche*. Handwörterbuch der gerichtlichen Medizin und naturwissenschaftlichen Kriminalistik. Berlin: Springer 1940.
- ORFILA: *Mémoire sur la suspension*. *Gaz. méd. Paris* 1840.
- PATSCHIEDER, H.: Zur Entstehung der Ringbrüche des Schädelgrundes. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **52**, 13 (1961).
- PLAUT, H. F.: Fracture of the atlas in automobile accidents. *J. Amer. med. Ass.* **110**, 1892 (1938).
- REIMANN, W.: Zur Mechanik der Schädelbasisringbrüche. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **51**, 601 (1961).
- SCHNEIDER, TH.: Zerreißen des Bandapparates zwischen Hinterhaupt und Halswirbelsäule. *Beitr. gerichtl. Med.* **8**, 96 (1928).
- SJÖVALI, H.J.: Om frakturér på halskotpelaren. *Nord. Med.* **20**, 1777 (1943).
- THORNSTEDT, H., u. G. E. VOIGT: Tödliche, basale Subarachnoidalblutung nach Trauma. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **50**, 254 (1960).
- WALCHER, K.: *Leitfaden der gerichtlichen Medizin*. München und Berlin: Urban & Schwarzenberg 1950.
- WERNE, S.: Studies in spontaneous atlas dislocation. *Acta orthop. scand. Suppl.* **23** (1957).
- WÖLKART, N.: In LAVES-BITZEL-BERGER: *Der Straßenverkehrsunfall*. Stuttgart: Enke 1956.