

Ringfrakturen der Schädelbasis*

E. Schulz und R. Jahn

Institut für Rechtsmedizin der Universität Würzburg,
Versbacher Str. 3, D-8700 Würzburg, Bundesrepublik Deutschland

Ring Fractures of the Base of the Skull

Summary. Besides complete ring fracture, also incomplete fractures open to the front, back, or side(s) are discussed on the basis of 61 ring fractures of the base of the skull. The fractures were found in casualties from traffic accidents (car passengers, cyclists and motorcyclists, pedestrians), after falls and other accidents. In traffic accidents, compression, traction, hyperextension, extreme lateral movements, and torsional forces can lead to ring fractures. In falls, compression and traction are the main forces. A fall in one plane is also capable of producing an incomplete ring fracture. Incomplete ring fractures may show lateral emphasis. The greater fracture length is found on the impact side (e.g., in falls). In contrast to complete ring fractures, incomplete ring fractures are compatible with longer survival times. Ring fractures are to be classified under direct fractures. This does not exclude the possibility that overall deformations of the skull with bursts can partly determine the course of the fracture.

Key words: Ring fractures, base of the skull - Traffic accident, ring fractures

Zusammenfassung. Am Beispiel von 61 Ringfrakturen der Schädelbasis werden neben dem vollständigen Ringbruch auch unvollständige, nach vorn, hinten oder seitlich offene Frakturen erörtert. Die Brüche fanden sich bei Unfallopfern im Straßenverkehr (Pkw-Insassen, Fahrrad- und Motoradfahrer, Fußgänger), nach Stürzen und sonstigen Unfällen.

Bei Verkehrsunfällen können Stauchung, Traktion, Hyperextension, laterale Extrembewegungen und Torsionskräfte zu Ringfrakturen führen. Beim Sturz sind Stauchung und Traktion die beherrschenden Kräfte. Auch ein Sturz in der Ebene ist geeignet, zu einer unvollständigen Ringfraktur zu führen.

Unvollständige Ringbrüche können eine Seitenbetonung zeigen. Die größere Frakturschenkellänge findet sich (z. B. beim Sturz) auf der Einwirkungs-

* Herrn Prof. Dr. G. Schmidt zum 60. Geburtstag gewidmet
Sonderdruckanfragen an: Dr. E. Schulz (Adresse siehe oben)

seite. Unvollständige Ringbrüche sind im Gegensatz zu den vollständigen mit längeren Überlebenszeiten vereinbar. Ringfrakturen sind den direkten Brüchen zuzuordnen. Dies schließt nicht aus, daß Gesamtverformungen des Schädels mit Berstungen den Frakturverlauf mitbestimmen können.

Schlüsselwörter: Ringfrakturen, Schädelbasis - Verkehrsunfall, Ringfrakturen der Schädelbasis

Einleitung

Ein Ringbruch der Schädelbasis verläuft um das Foramen occipitale magnum herum und erstreckt sich im typischen Fall auf das Lager der Hypophyse, beide Felsenbeine und auf die hinteren Schädelgruben. Derartige Frakturen sind im Vergleich zu einfachen Quer- und Längsbrüchen der Schädelbasis selten. Von klinischer Seite werden sie kaum ausführlicher behandelt, weil die Überlebenszeiten der Betroffenen wegen der ausnahmslos vorhandenen schweren Hirnschädigung in der Regel kurz sind.

Aus der Sicht einer forensisch orientierten Traumatologie sind die Ringbrüche deshalb von Interesse, weil biomechanische Gegebenheiten, insbesondere Zug, Stauchung und Extrembewegungen des Kopfes häufig am Verletzungsbild erkennbar sind. Das Erfassen solcher Vorgänge erleichtert oder ermöglicht erst das Verständnis für Bewegungsabläufe bei Unfällen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich insbesondere mit Formen bzw. Arten der Ringfrakturen, den Geschehensabläufen und Gewalteinwirkungen, mit Übergangsformen zu anderen Frakturarten und der Überlebenszeit der Unfallopfer.

Literaturüberblick

Nach Le Count und Hockzema (1934) soll Bell als erster im Jahre 1816 einen Ringbruch der Schädelbasis beschrieben haben. Die erste eindeutige Schilderung einer vollständigen Ringfraktur dürfte von Berchon (1862) stammen. Der Ringbruch wurde als ein direkter, durch Stauchung des Schädels entstandener Bruch angesehen.

In der Folgezeit gab es zahlreiche Äußerungen zur Frage der direkten oder indirekten Entstehung. Baum (1876) vertrat die Auffassung, daß die typischen Ringbrüche indirekt entstehen würden. Als „typisch“ bezeichnet er eine mit dem horizontalen Umfang des Schädels verlaufende Bruchlinie. Die Wirbelsäule dient als Vermittlerin zur Kraftübertragung bei Sturz auf den Scheitel oder auf die Füße, wobei die Kondylen des Hinterhauptbeines mit Türkensattel und Felsenbein ins Schädelinnere getrieben werden. Gleiche oder ähnliche Deutungen finden sich bei Messerer (1880), Weil (1881) und Strassmann (1895). Kratter (1921) verweist später auf Messerer (1885), der von „uneigentlich indirekten“ Brüchen spricht. Schließlich traten auch Merkel und Walcher (1936) und Spasic und Režić (1970) für die indirekte Entstehungsart der Ringbrüche ein.

Für einen direkten Entstehungsmechanismus sprachen sich wiederum aus: Herrmann (1881), von Wahl (1883), Greder (1885), Körber (1889), Müller (1898), Schlesinger (1900) und Hoppe (1904). Reimann (1961) spricht in neuerer Zeit von Biegungsbrüchen, wobei er in den oft unvollständigen Bruchlinien beidseits des großen Hinterhauptloches „Entlastungsbrüche“ sieht.

Zusammenfassend werden als wesentliche Ursachen der Ringbrüche genannt:

1. **Stauchung:** Die Wirbelsäule wird in die Schädelbasis hineingetrieben beim Fall auf Gesäß, Knie oder Füße. Andererseits kann der Schädel beim Sturz oder bei anderen stumpfen Einwirkungen auf die Schädelkonvexität auf die Wirbelsäule aufgestülpt werden.

2. **Traktion:** Der Schädel wird gewaltsam von der Wirbelsäule weggerissen. Ursächlich für eine Traktion können sein: (a) Sturz nach rückwärts mit Aufschlag des Hinterhauptes und gleichzeitigem Schereffekt (Le Count und Hockzema 1934; Moritz 1942). (b) Plötzliche Überstreckung der Wirbelsäule mit extremer Rückwärtsbeugung des Kopfes (Patscheider 1961; Würmeling und Stock 1965; Bardzig 1968). (c) Retroflexion-Hyperextension (Jarosch und Hinz 1969). (d) Gewalteinwirkung auf den Gesichtsschädel (Nagy und Haferland 1969; Spasić und Režić 1970): Die Traktion wird verursacht durch direkte Gewalt auf das Gesicht. So kann ein starker Schlag auf das Kinn einen Ringbruch verursachen. Nagy (1973) weist darauf hin, daß das Ausmaß der Retroflexion des Kopfes beim Motorradfahrer verstärkt werden kann durch das Fixationsband eines getragenen Sturzhelmes.

3. **Torsion:** Nach Voigt und Sköld (1974) erfährt die Kalotte in bezug zur Schädelbasis eine Drehung um eine vertikale Achse. Typisch sei, daß die Gewalt in schräger Richtung von der Seite oder von vorn komme, manchmal auch von schräg hinten und von der Seite einwirke.

4. **Schleuderung und Aufprall des Kopfes:** Patscheider (1969) beschreibt eine Form des Ringbruches, die nur unvollständig mit den Erörterungen von Stauchung, Traktion und Torsion erfaßt werden kann. Es sind dies die „Diagonalbrüche“. Sie bestehen aus einer basalen Scharnierfraktur und einem nahezu halbkreisförmigen Bruch des Schädeldaches am Hinterkopf außerhalb der Schädelbasis.

Eigene Untersuchungen

Untersucht wurden 61 vollständige oder unvollständige Ringbrüche der Schädelbasis. Maßgebend für die Zuordnung zur Gruppe der Schädelbasisringfrakturen waren Brüche mit einem ring- oder bogenförmigen nach innen konkaven Verlauf in den mittleren und hinteren Schädelgruben. Wir sprechen von „vollständigen“ und „unvollständigen“ Ringbrüchen. Zur weiteren Unterteilung wurden die Bezeichnungen nach „vorne offen“ und nach „hinten offen“ gewählt (Abb. 1-3).

Ereignisse, bei denen Ringbrüche gefunden wurden, waren Verkehrsunfälle, Stürze und sonstige Unfälle wie Aufprall eines Wasserskifahrers, Kollision einer Skifahrerin mit einer Schneekatze und Flugzeugabsturz.

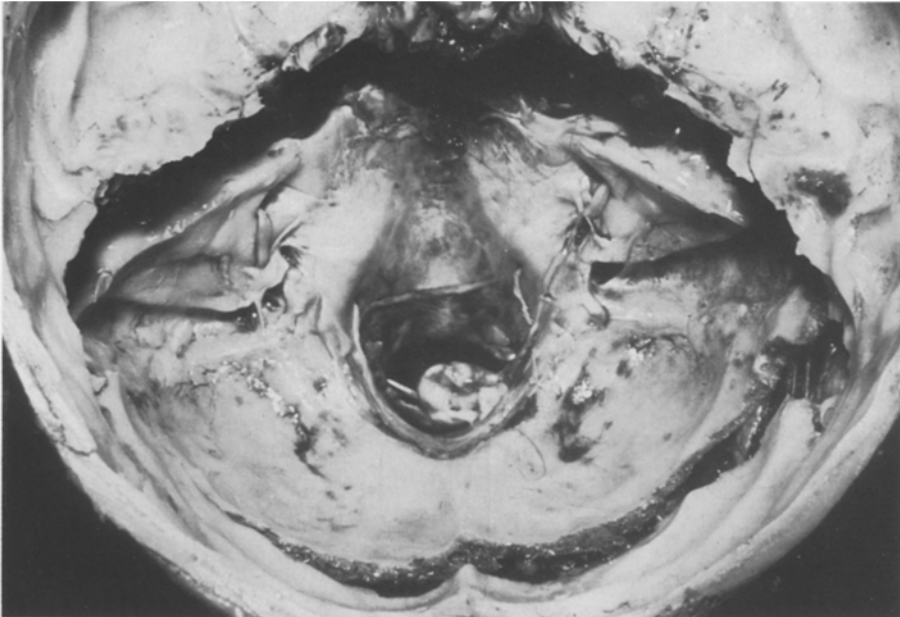


Abb. 1. Vollständiger Ringbruch durch Hyperextensionstrauma einer Pkw-Beifahrerin. Die bei dieser Bruchart wirksame Traktion ist an der Verschiebung der Frakturfläche zueinander deutlich erkennbar

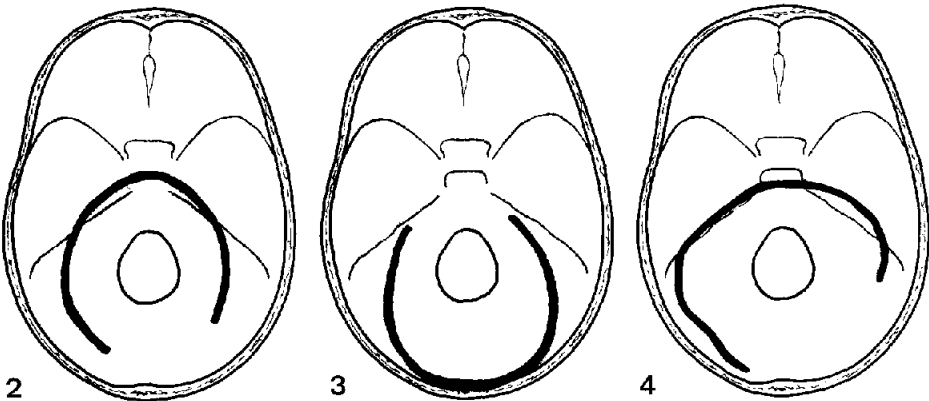


Abb. 2. Unvollständiger Ringbruch, nach hinten offen – schematisch

Abb. 3. Unvollständiger Ringbruch, nach vorn offen (selten) – schematisch

Abb. 4. Unvollständiger nach hinten offener Ringbruch der Schädelbasis durch links-parietale Stauchung, Frakturschenkel links länger als rechts

Im Einzelnen erfolgten Deutung und Zuordnung der Frakturen nach Ursache, Unfallmechanik und Frakturtyp anhand der Frakturen selbst, in Verbindung mit sonstigen Verletzungen sowie unter Berücksichtigung von Beschädigungen unfallbeteiligter Fahrzeuge beim Verkehrsunfall. Beim Fußgänger-Pkw-Unfall standen neben dem Obduktionsbefund häufig Beschreibun-

Tabelle 1. Ergebnisse¹

Unfallereignisse und Ringfrakturen	61
Verkehrsunfälle	
Insassen von Personenkraftwagen	18
Fahrrad- und Motorradfahrer	17
Fußgänger	14
Stürze	9
Sonstige Unfälle	3

Tabelle 2.
Formen des Ringbruches

Vollständig (geschlossener Ring)	41
Unvollständig	18
Davon hinten offen	14
Vorn offen	2
Seitlich offen	2
Unklar, ob offen oder nicht (Dokumentation nicht eindeutig)	2

gen und eigene Beobachtungen der am Kraftfahrzeug entstandenen Beschädigungen zur Verfügung. Es wurden auch Ergebnisse kraftfahrzeugtechnischer Untersuchungen berücksichtigt. Bei Stürzen waren zum großen Teil der Unfallort und sonstige Umstände bekannt.

Bei den Insassen von Personenkraftwagen fand häufig eine mehrfache Gewalteinwirkung auf den Kopf statt. Folgen für Kopf und Halswirbelsäule waren z. T. isoliert, z. T. in Kombination: Stauchung, Traktion, Hyperextension, laterale Extrembewegungen und auch Torsionskräfte. Fußgänger waren beim Pkw-Fußgänger-Unfall ganz überwiegend Stauchungen und Überstreckungen ausgesetzt. Grundsätzlich ähnlichen Wirkungen waren Fahrrad- und Motorradfahrer ausgesetzt.

Beim Sturz sind Stauchung und Traktion die beherrschenden Faktoren. Traktionskräfte wurden ausnahmslos bedingt durch Aufschlag auf die tiefe Hinterhauptsregion, wobei dieser Vorgang eine mehr oder weniger starke Hyperflexion beinhaltete.

Kennzeichnend für Stauchung ist ein Übertreten der medialen Bruchfläche gegenüber der lateralen, für Zug das gegenteilige Verhalten (Abb. 1).

Diskussion

Die verschiedenen bekannten ursächlichen Wirkungen, die zu Ringfrakturen führen können, haben wir im Literaturüberblick erörtert. Morphologisch wird in unserer Untersuchung zwischen vollständigen und unvollständigen Ring-

¹ Eine eingehende Darstellung einzelner Fälle nach Art der Gewalteinwirkung, weiteren Verletzungen an Halswirbelsäule und Kopf sowie auch der Form der Frakturen findet sich in der Dissertation „Ringbrüche der Schädelbasis“ von R. Jahn, Würzburg 1981

brüchen unterschieden. Die unvollständigen sind nach vorn, hinten oder seitlich offen.

Beide Frakturformen sind bis auf wenige Ausnahmen den gleichen Interpretationen zugänglich. Ausnahmen sind z. B. Stürze, bei denen eine traktionsbedingte Ringfraktur und eine typische occipitale Sturzfraktur miteinander kombiniert das Frakturbild bestimmen können.

Über die bekannte Feststellung hinaus, daß Ringbrüche auch inkomplett sein können (Messerer 1880, 1885; Hoffmann 1902; Reimann 1961; Nagy 1973), gibt es Möglichkeiten der Zuordnung bestimmter Frakturverläufe zur Lokalisation der Einwirkung bzw. zu Extrembewegungen des Kopfes. Hierzu zwei Beispiele:

1. Pkw-Fahrer, linksseitige Kollision. Frakturtyp: Unvollständiger hinten rechts offener Ringbruch nach Anprall des Kopfes links parietal.

Deutung: Stauchung durch links-parietale Einwirkung, asymmetrischer Frakturverlauf und längerer Frakturschenkel auf der Seite der Einwirkung (Abb. 4).

2. Sturz auf der Standfläche in der Ebene mit Aufschlag occipito-temporal rechts. Frakturtyp: Unvollständiger nach vorn offener Ringbruch.

Deutung: Traktion durch occipito-temporale Einwirkung mit primär rechtsseitiger Traktionswirkung auf die Schädelbasis. Frakturschenkel rechts länger als links.

Die mit der Einwirkungsseite korrespondierende größere Frakturschenkel-länge bei unvollständigen Ringbrüchen weist auf einseitig betonte Stauchung oder Traktion der Basis hin.

Von den typischen Ringfrakturen lassen sich zusätzliche Brüche in den vorderen, mittleren und hinteren Schädelgruben abgrenzen. Auch sie sind ein Hinweis auf die komplexen Kräfte, denen der Schädel ausgesetzt sein kann.

Ringbrüche, die auf das Schädeldach übergreifen, setzen eine besonders massive Gewalteinwirkung voraus, wobei neben indirekten Kräften wie Hyperextension und seitliche Extrembewegungen auch direkte Kopftraumen niemals fehlen. Drei unserer neun Fälle mit derartigen nicht auf die Basis beschränkten Frakturen lassen eine Hyperextension durch Gesichtsanprall erkennen. Häufiger dürften aber occipitale und occipito-laterale Einwirkungen in Verbindung mit Gesamtdeformierungen des Schädels Ursache solcher Frakturen sein. Patscheider (1969) nennt diese Brüche „Diagonalbrüche“.²

Betrachten wir die Ringfrakturen unseres Untersuchungsgutes unter dem Aspekt der Torsion, also der Drehung des Schädels um eine vertikale Achse, so kann dieser Begriff für einen Teil unserer Beobachtungen zur Erklärung herangezogen werden. Die von Voigt und Sköld (1974) gebrauchte Wendung „rotating compression“ dürfte zumindest teilweise das umfassen, was von uns als biomechanische Teilkräfte (Stauchung, Traktion, Abschereffekte) bei der Entstehung von Ringfrakturen angesehen wird.

Dem Obduzenten fallen beim Ringbruch häufig bereits makroskopisch Verletzungen des Stammhirns auf. Fünfundsiebzig Prozent der Fälle, in denen Traktion im Vordergrund stand, zeigten Zerrung bzw. Abriß der Medulla oblongata. Ringbrüche müssen jedoch nicht zwangsläufig mit akut tödlichen Schädigungen einhergehen. In neun Fällen (Gesamtzahl: 61) wurden in klinischen

² Der Begriff „Diagonalbruch“ findet sich auch bei Herrmann (1881). Nach diesem Autor entstehen „Diagonalfrakturen“ durch diagonale Kompression des Schädels, während Längsfrakturen durch Längsdruck, Querfrakturen durch Querdruck zustande kommen

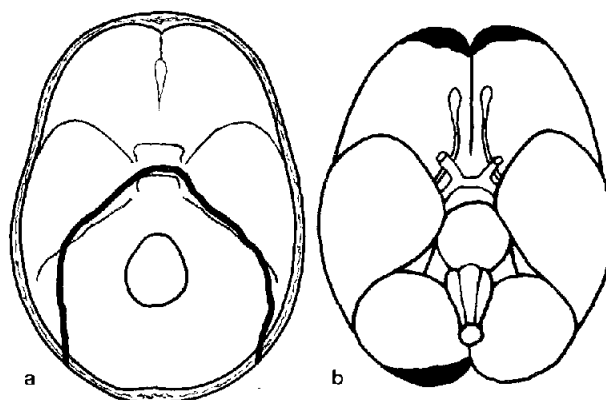


Abb. 5. a Unvollständiger nach hinten offener Ringbruch mit Einstrahlen in die basinalen Abschnitte der Lambdanaht. Treppensturz eines 76jährigen Mannes mit occipitalem Aufschlag. **b** Gehirnverletzung zu **a**, Kontusionsherd occipital rechts, Contrecoupverletzungen frontobasal beidseits

Berichten Überlebenszeiten zwischen einem Tag und zweiundzwanzig Tagen angegeben. Bei einer differenzierten Betrachtung zeigt sich aber, daß geschlossene Ringfrakturen (sechs Fälle) zwar bis zu drei Tagen „überlebt“ werden, doch kamen die Unfallopfer mit insuffizienter Atmung und weiten reaktionslosen Pupillen zur Aufnahme und wurden anschließend kontrolliert beatmet. So geben die Überlebenszeiten den Zeitraum zwischen Unfall und Beendigung der kontrollierten Beatmung wieder.

Unvollständige Ringbrüche sind im Gegensatz zu den vollständigen durchaus mit längeren Überlebenszeiten vereinbar, da es nicht oder nur in geringem Umfang zu einer Verschiebung der Bruchflächen zueinander kommt. Hierzu wiederum ein Beispiel:

Treppensturz eines 76jährigen Mannes mit occipitalem Aufschlag. Klinische Diagnose: Subduralhämatom rechts parietal. Zweimalige Blutentleerung durch Bohrlöcher, anschließend Drainageentlastung. Bewußtseinslage überwiegend delirant bei Verdacht auf Alkoholtzugsdelir, zeitweise wach, ansprechbar. Entwicklung einer Pneumonie. Überlebenszeit: 22 Tage.

Befund: Unvollständiger nach hinten offener Ringbruch. Kontusionsherd rechts occipital, Contrecoupherde frontobasal beidseits (Abb. 5).

Die klinische röntgenologische Diagnose „Ringbruch der Schädelbasis“ fand sich niemals. Bei den akut tödlichen Ereignissen ist dies selbstverständlich. Die röntgenologische Erfassung von Ringbrüchen dürfte aber generell schwierig sein, da Spezialaufnahmetechniken notwendig sind (Vondra und Blaha 1957).

Ringbrüche der Schädelbasis sind eher den direkten als den indirekten Frakturen zuzuordnen. Die an der Schädelbasis fixierte Wirbelsäule wirkt umschrieben — sei es durch Stauchung, Zug oder Abscherkräfte — auf die Basis ein. Eindeutig besteht die Situation einer direkten Fraktur, wenn durch Stauchung eine ringförmige Impression der Umgebung des Foramen magnum im Sinne eines Biegungsbruches verursacht wird. Aber auch dann, wenn die Wirbelsäule (z. B. beim Hyperextensionstrauma) nur Überträgerin einer Kraft sein kann, ist die Wirkung auf den Schädel doch direkter Natur, ohne daß eine Gesamtverfor-

mung mit der Folge einer Berstung eine Rolle spielt. Dies schließt nicht aus, daß beim Ringbruch durch Sturz auf die Hinterhauptsregion und generell bei Ringbrüchen mit Frakturausläufern in die Umgebung Allgemeinverformungen ebenfalls von Bedeutung sind.

Literatur

- Bardzig S (1968) A contribution to the mechanics of skull fracture in traffic accidents. Arch Med Sadowej 18: 313-316
- Baum W (1876) Beitrag zur Lehre von den indirekten Schädelfrakturen. Arch Klin Chir 19: 381-399
- Bell C (1816) Surgical observations. Longmanns, London. Zit. nach LeCount ER, Hockzema J (1934)
- Berchon E (1862) Fracture communicative du frontal avec enfoncement des fragments et irradiations nombreuses et étendues. Bull Soc Anat De Paris 7: 80. Zit. Nach LeCount ER, Hockzema J (1934)
- Greder W (1885) Experimentelle Untersuchungen über Schädelbasisbrüche. Dtsch Z Chir 21: 491-510
- Herrmann N (1881) Experimentelle und kasuistische Studien über Frakturen der Schädelbasis. Inauguraldissertation, Dorpat
- Hoffmann H (1902) Fünf Fälle tödlicher Schädelbasisbrüche. Vierteljahresschr Gerichtl Med 23: 281-290
- Hoppe F (1904) Schädelbrüche in gerichtsärztlicher Beziehung. Friedreichs Bl Gerichtl Med 55: 241-350
- Jarosch K, Hinz P (1969) Hinterhauptsabriß von der Halswirbelsäule. Monatschr Unfallheilkd 72: 89-99
- Körber B (1889) Gerichtsärztliche Studien über Schädelfrakturen nach Einwirkung stumpfer Gewalt. Dtsch Z Chir 29: 545-580
- Kratter J (1921) Lehrbuch der gerichtlichen Medizin I. Enke, Stuttgart
- LeCount ER, Hockzema J (1934) Symmetrical traumatic fractures of the cranium, symmetrical fragmentation. Arch Surg 29: 171-226
- Merkel H, Walcher K (1936) Gerichtsärztliche Diagnostik und Technik. Hirzel, Leipzig
- Messerer O (1880) Elastizität und Festigkeit der menschlichen Knochen. Cotta, Leipzig
- Messerer O (1885) Über die gerichtsmedizinische Bedeutung verschiedener Knochenbruchformen. Friedreichs Bl Gerichtl Med 36: 81-104
- Moritz AR (1942) The pathology of trauma. Lea & Febiger, Philadelphia
- Müller E (1898) Schädelbrüche in gerichtsärztlicher Bedeutung. Friedreichs Bl Gerichtl Med 49: 397-459
- Nagy L (1973) Auf starke stumpfe Gewalteinwirkung entstehende Extensions-Ringfrakturen der Schädelbasis. Zentralbl Verkehrsmed 19: 129-136
- Nagy L, Haferland W (1969) Extensionsfrakturen der Schädelbasis bei sturzhelmgeschütztem Kopf. Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med 66: 9-12
- Patscheider H (1961) Entstehung der Ringbrüche des Schädelgrundes. Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med 52: 13-21
- Patscheider H (1969) Über eine eigenartige Bruchform des Schädels. Beitr Gerichtl Med 25: 333-338
- Reimann E (1961) Zur Mechanik der Schädelbasis-Ringbrüche. Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med 51: 601-608
- Schlesinger E (1900) Basisfrakturen des Kopfes und ihre forensische Bedeutung. Vierteljahresschr Gerichtl Med [Suppl XIX] 1-44
- Spasić P, Režić A (1970) Beitrag zur Kenntnis des Entstehungsmechanismus der Schädelbasis-Ringbrüche. Z Rechtsmed 67: 324-328
- Strassmann F (1895) Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Enke, Stuttgart
- Voigt GE, Sköld G (1974) Ring fractures of the base of the skull. J Trauma (Baltimore) 14: 494-505

- Vondra J, Blaha R (1957) Verletzungen der Schädelknochen. Verlag Volk und Gesundheit, Berlin
- Wahl F v (1883) Über Frakturen der Schädelbasis. Samml Klin Vorträge Volkmann 228 : 1945-1970
- Weil C (1881) Verletzungen nach ihrem Sitz. In: Maschka J (Hrsg) Handbuch der gerichtlichen Medizin. I. Lauppsche Buchhandlung, Tübingen, S 240-248
- Würmeling HB, Struck G (1965) Hirnstammrisse bei Verkehrsunfällen. Beitr Gerichtl Med 23 : 297-302

Eingegangen am 20. Dezember 1982