

Vielschichtige Untersuchungsmethoden zur Erfassung pathomorphologischer Sektionsbefunde nach Schleudertraumen der Halswirbelsäule*

P. HINZ

Institut für gerichtliche Medizin der Universität zu Köln

(Direktor: Prof. Dr. G. DOTZAUER)

Institut für Wirbelsäulenforschung der gewerblichen Berufsgenossenschaften,
Frankfurt a. M. (Leiter: Prof. Dr. H. JUNGHANNS)

Eingegangen am 25. Juni 1968

Die Schwierigkeiten in der Diagnostik und Begutachtung von Schleudererletzungen der Halswirbelsäule liegen in der Zuordnung subjektiver Beschwerdeäußerungen der Patienten zu pathomorphologischen Befunden. Nur bei einer äußerst geringen Zahl der Verletzten gelingt es, die komplexen Traumatisierungen durch geeignete, klinische Untersuchungsmethoden objektiv zu erfassen. Dabei birgt das oft wenig ausdrucksvolle Erscheinungsbild der reinen Weichteilverletzungen die Gefahr in sich, ernste Tatbestände zu übersehen (ERDMANN), wobei Veränderungen gebunden an ein gleichzeitig bestehendes Schädelhirntrauma die Befundobjektivierung weiterhin einschränken.

Den Forderungen der Kliniker, autoptische Befunde zu liefern, die ihnen über den Rahmen hypothetischer Erwägungen hinaus pathomorphologisch fundierte Erklärungen klinischer Tatbestände bringen (LEICHSENRING), glauben wir gerade aus gerichtsmedizinischer Sicht gerecht werden zu können.

In Zusammenarbeit mit Klinikern, Unfallchirurgen, Unfallsachverständigen sowie mittels Auswertung der Unfallprotokolle als Grundlage für die Aufschlüsselung der Traumamechanik, wurden am hiesigen Institut bisher 41 Leichen Verkehrstoter mit Schleudererletzungen der Halswirbelsäule nach folgendem Schema untersucht:

1. Unfallrekonstruktion

In Zusammenarbeit mit den aufnehmenden Polizeibeamten wurden folgende Punkte möglichst genau erfaßt:

- a) Art des Verkehrsteilnehmers (Kfz-Fahrer, Beifahrer, Fahrer von einspurigen Fahrzeugen, Fußgänger)

* Diese Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines Forschungsauftrages der Montanunion.

- b) Art des Fahrzeuges (Pkw, Lkw, Motorrad, Fahrrad, etc.)
 - c) Technische Daten (Geschwindigkeit, Bremsweg, Straßenverhältnisse, Reifenbeschaffenheit, etc.)
 - d) Art des Unfalles (Frontalzusammenstoß, Auffahrunfall, etc.)
 - e) Richtung der auf die Halswirbelsäule wirkenden positiven und negativen Beschleunigungskräfte,
- wobei sich der Punkt 1e aus den Punkten 1a—d ableiten läßt.

Wichtige Einzeltatsachen — wie Benutzung von *Sicherheitsgurten* oder *Nackenstützen* sowie die genaue Rekonstruktion der *Anfahrriechtung* beim Fußgänger mit Unterscheidung in

Anfahrunfall *unter* dem Körperschwerpunkt
oder

Anfahrunfall *im* oder *über* dem Körperschwerpunkt
tragen wesentlich zur Analyse des Unfallgeschehens bei.

2. Äußere Besichtigung der Leiche

Die bekleidete und unbekleidete Leiche wird untersucht im Hinblick auf Lokalisation folgender Verletzungen:

- a) Anprallverletzungen des Kopfes beim Autoinsassen
- b) Anfahrverletzungen
- c) Abwurfverletzungen
- d) Mitschleifverletzungen beim Fußgänger oder Fahrer von einspurigen Fahrzeugen.

3. Spezielle Untersuchung der Halsweichteile

- a) Schichtweise Präparation, wobei das besondere Augenmerk den Blutungen im Bereich der verschiedenen Muskelgruppen gilt.
- b) Präparation von Kehlkopf und Zungenbein, die eine Fahndung nach *retropharyngealen Hämatomen* einschließt.
- c) Vertebralis angiographie mit nachfolgender Präparation der zuerst röntgenologisch dargestellten Gefäße.

4. Untersuchung der Halsweichteile mit Schädelbasis

Hierzu wird die gesamte Halswirbelsäule mit halber Schädelbasis herauspräpariert und mittels Bandsäge durch Schnittführung in der Sagittalebene und beiden Wirbelbogengelenksreihen zerlegt.

Neuerdings bevorzugen wir *Gefrierschnitte* nach folgender Methode: Die Halswirbelsäule wird in toto mitsamt den ventralen Visceralteilen und halber Schädelbasis herausgenommen und tief gefroren. Die nach dem Einfrieren völlig erstarrten Halsgebilde lassen sich anschließend durch Bandsägeschnitte schichtweise untersuchen. Besonders geeignet ist diese Art der Untersuchung zur Darstellung und

anschließender Photographie von Blutungen in der Halsmuskulatur, im Rückenmarkskanal oder Retropharyngealraum, wobei die exakte räumliche Zuordnung durch das Einfrieren erhalten bleibt. Aus diesen Schnitten, deren Schichtdicke und Schnittrichtung je nach Fragestellung beliebig variiert werden können, werden anschließend Schwerigal-Dauerpräparate angefertigt.

5. *Histologische und Röntgenologische Untersuchungen* je nach Befund und spezieller Fragestellung.

6. *Fixierung der Befunde*

durch Katalogisierung und Photographie.

Die exakte Anwendung dieses untergliederten Untersuchungsschemas ermöglicht die vielschichtige Darstellung pathomorphologischer Befunde in Beziehung zum Traumamechanismus. In der Mehrzahl der Fälle gelang es, anhand einer rekonstruierbaren Unfallsituation physikalisch determinierte Bewegungsabläufe der Halswirbelsäule den Verletzungen logisch zuzuordnen; und es konnte umgekehrt z.T. aus den spezifischen Verletzungsfolgen auf die Unfallsituation rückgeschlossen werden. Darüber hinaus muß auch berücksichtigt werden, daß bei jedem Traumamechanismus neben den eklatanteren Zerreißkräften auf der einen Seite, Stauchungskräfte auf der gegenüberliegenden Seite freigemacht werden. Die Kombinationstraumatisierung ist begründet in der Gelenkmechanik der Wirbelsäule und ihrer anatomischen Eigenheiten, insbesondere ihrer knöchernen Bauelemente.

Bei der Schilderung der gefundenen Verletzungen ist eine Unterteilung in Gewebsqualitäten zweckmäßig. In der klinischen Diagnostik ermöglichen knöcherne Verletzungen eindeutige Befunderhebungen, daher soll in dieser Mitteilung der Schwerpunkt auf das Problem der Weichteilverletzungen, z. B. Blutungen in der Muskulatur, Verletzungen am Bandapparat, insbesondere aber Zerreißungen im Bereich der Zwischenwirbelscheiben, verlagert werden.

I. *Traumatisch bedingte Veränderungen in der Muskulatur*

In den untersuchten Fällen fanden sich zumeist Blutungen im Bereich der verschiedenen Muskelschichten. Sofern nicht begleitende, direkte Traumatisierungen vorlagen, konnte die Lokalisation der Blutungen unfallbedingten Extrembewegungen der Halswirbelsäule zugeordnet werden. So fanden sich bei den *Rückwärtsbeugeverletzungen* in der Mehrzahl der Fälle Dehnungsblutungen im Bereich der sternalen Ansätze der muscoli sterno cleidomastoidei. Andererseits waren bei *Vorwärtsbeugeverletzungen* beinahe regelmäßig Blutungen in den tiefen, dorsalen Muskelgruppen und zwischen den Dornfortsätzen nachweisbar. Jedoch muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß diese verschieden lokalisierten Blutungen selten isoliert auftraten, sondern meist umschriebenen Verletzungen im Bereich des ligamentären Systems einhergingen. Größere Muskelzerreißungen konnten nur in 4 Fällen kompletter Hinterhauptsabrisse von der Halswirbelsäule beobachtet werden.

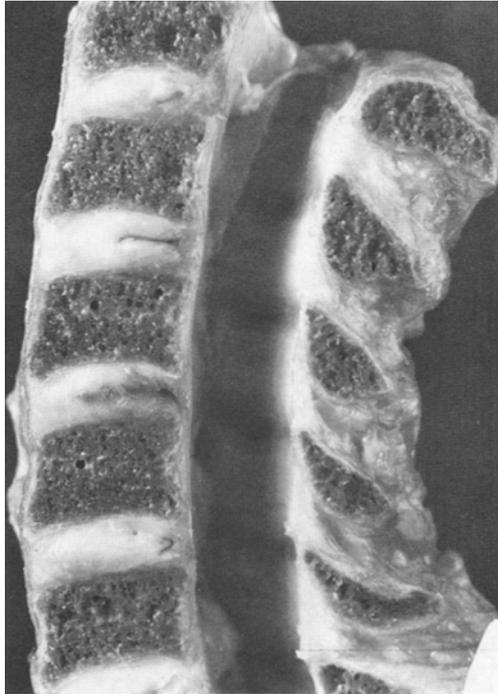


Abb. 1. Fall W., 54 Jahre, ♀, Fußgängerin. Unfallüberlebenszeit 10 Std: Vorbeugeverletzung der HWS mit Serienrupturen der Bandscheiben C₂/C₃ bis C₅/C₆

II. Traumatisch bedingte Veränderungen im Disco-Ligamentären Bereich

Bandscheibenzerreißen — oft begleitet von Rupturen im Längsbandsystem — waren ein beinahe regelmäßiger Befund. Bei bisher 41 untersuchten Leichen Verkehrstoter konnten insgesamt 39 frische, traumatische Bandscheibenzerreißen mit eindeutig vitalen Reaktionszeichen aufgedeckt werden.

Im Allgemeinen zeigte jeweils nur ein Bewegungssegment Verletzungen, jedoch konnten in Ausnahmefällen auch Serienrisse über mehrere Bewegungssegmente hinweg beobachtet werden (Abb. 1).

Rupturen der Zwischenwirbelscheiben im Bewegungssegment C₃/C₄ standen mit 30% an der Spitze derartiger Verletzungen, gefolgt von Zerreißen der Segmente C₅/C₆ und C₂/C₃, wobei keine auffällige Altersabhängigkeit bestand.

Lage und Anordnung der Risse im Bandscheibenapparat waren in der überwiegenden Zahl der Fälle exakt aus der durch Unfallrekonstruktion ermittelten Schleuderrichtung der Halswirbelsäule abzuleiten. So wurden bei *Vorwärtsbeugeverletzungen* Blutungen und Einrisse im dorsalen Teil des Anulus fibrosus sowie Rupturen im hinteren Längsband und im Bereich des Lig. interspinosum erkannt (Abb. 2), während bei *Rückwärtsbeugeverletzungen* die Traumatisierungen *ventral* zugefügt wurden.

Ablösungen der Bandscheiben aus der Grund- oder Deckplattenverankerung der Wirbelkörper konnten nur in 3 Fällen beobachtet werden und wurden immer durch einen Torsionsmechanismus der Halswirbelsäule hervorgerufen (Abb. 3).



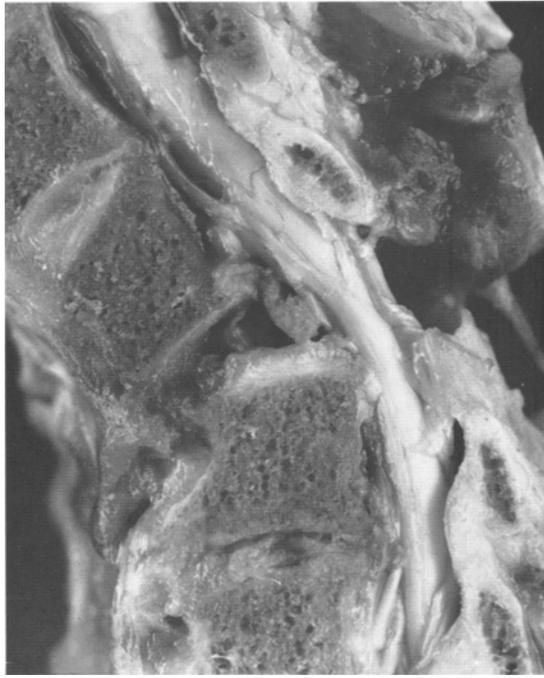


Abb. 4. Fall S., 67 Jahre, ♀, Beifahrerin. Frontalzusammenstoß: Vorbeugeverletzung des HWS mit Luxationsfraktur C₄/C₅

Unsere Untersuchungen deckten frische Traumatisierungen im Bandscheibenapparat *zumeist in durch Verschleiß vorgeschädigten Bewegungssegmenten auf*.

Ein kompletter Hinterhauptsabriß von der Schädelbasis fand sich in 4 Fällen. Das Lig. apicis dentis war in 2 Fällen zerrissen.

III. Traumatisch bedingte Veränderungen am Knochen

Frakturen und Luxationen waren eine seltene Beobachtung. 3 Fälle deckten eine Luxationsfraktur mit Halsmarkquetschung auf (Abb. 4). In einem Fall konnte eine Kompressionsfraktur des 4. HWK, in einem anderen eine Densfraktur (Abb. 5) und wiederum in einem weiteren Fall ein Atlasbogenbruch nachgewiesen werden.

Abb. 2. Fall D., 56 Jahre, ♂, Fußgänger. Anfahrriechung links vorne: traumatische Bandscheibenzerreiung bei C₅/C₆ und C₆/C₇ im vorgeschädigten Bewegungssegment C₆/C₇. Man erkennt deutlich eine Abflachung des Zwischenwirbelraumes und spondylotische Randzackenbildungen, insbesondere im dorsalen Wirbelkörperbereich

Abb. 3. Fall M., 38 Jahre, ♀, Fußgängerin. In suicidalen Absicht wurde sie vom Zwillingsreifen eines Lkw überfahren, dabei wurde der Thorax durch den äußeren Reifen fixiert und der Kopf vom inneren Reifen erfaßt, wodurch es zur Torsion der HWS kam: Ausri der Zwischenwirbelscheibe C₅/C₆ aus der Grundplattenverankerung des 5. HWK mit totaler Zerreißung des vorderen Längsbandes



5



6

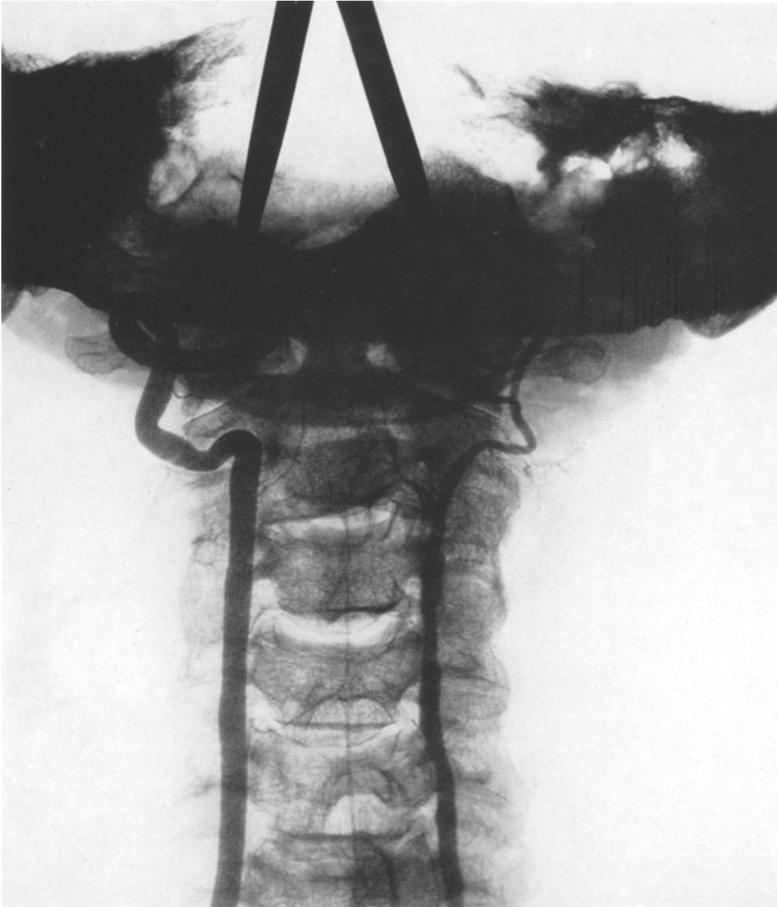


Abb. 7. Fall B., 49 Jahre ♂: Asymmetrische Ausbildung der Vertebralarterien

Im Bereich der Wirbelbogengelenke zeigten sich häufig frische, traumatisch ausgelöste Blutungen, insbesondere bei gleichzeitigen Bandscheibenzerreißen mit Riß eines Longitudinalbandes (Abb. 6).

IV. Traumatisch bedingte Veränderungen der Arteria Vertebralis

Die Arteria vertebralis erwies sich als wenig traumatisierbar. In nur 4 Fällen konnte ein völliger Durchriß beider Vertebralarterien, nämlich beim Hinterhaupts-

Abb. 5. Fall W., 17 Jahre ♂, Fußgänger: Abknickverletzung der HWS bei dorsalem Körperüberfall mit Densfraktur

Abb. 6. Fall T., 60 Jahre ♂, Fußgänger: Seitliches Schleudertrauma mit einwirkender Kraft von rechts. Blutung im Bereich des Wirbelbogengelenkes (C₃/C₄ rechts)



Abb. 8. Fall L., 23 Jahre, ♂, Beifahrer: Vorbeugeverletzung der HWS nach Frontalzusammenstoß. Bandscheibenzerreißung C₃/C₄ und C₄/C₅ im dorsalen Anteil. Retropharyngeales Hämatom

abriß von der Halswirbelsäule, beobachtet werden. Als wesentliche Feststellung ist die oft anlagebedingte Seitendifferenz der Arteria vertebralis hervorzuheben (Abb. 7). In einem Fall fanden sich adventitielle Blutungen am Durchtritt der Vertebralarterie durch die Dura an der Schädelbasis.

V. Traumatisch bedingte Veränderungen an Rückenmark und Rückenmarkshüllen

Nur die 4 Fälle des Hinterhauptabrisses von der Halswirbelsäule erbrachten auch den kompletten Riß des Rückenmarkes in Höhe des Hinterhauptloches. Bei den 3 beobachteten Fällen von Luxationsfrakturen war es infolge Abknickung des Markkanals zu einer Halsmarkquetschung gekommen; die Rückenmarkshüllen waren dabei ebenfalls rupturiert. Häufig konnten herabgelaufene Blutungen, ausgehend von sub- oder epiduralen Haematomen der Schädelbasis, die jedoch keine Kompressionen des Halsmarkes hervorgerufen hatten, gefunden werden.

VI. Traumatisch bedingte Veränderungen an Kehlkopf und Zungenbein

Als häufiger Befund wurde ein retropharyngeales Hämatom aufgedeckt (Abb. 8) Diese Blutungen im lockeren Gewebe des Pharyngelaraumes begleiteten nicht nur

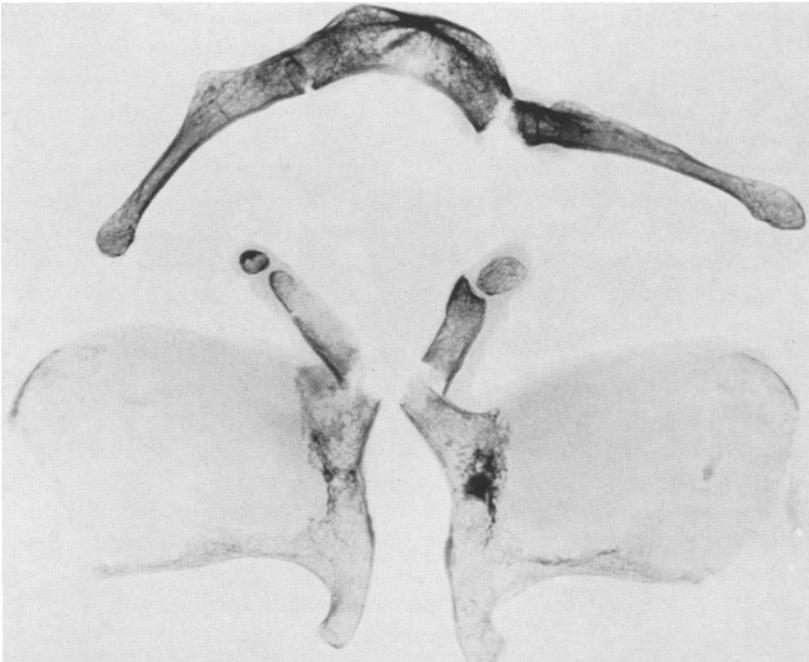


Abb. 9. Fall T., 47 Jahre ♂, Pkw-Fahrer: Vorbeugeverletzung nach Frontalzusammenstoß. Bruch beider oberen Schildknorpelhörner und des Zungenbeins

gleichzeitig bestehende Bandscheibenzerreibungen in dieser Höhe, sondern wurden auch bei nicht traumatisch verändertem disco-ligamentären System in Höhe des Kehlkopfes sichtbar. In 2 Fällen fanden sich Brüche der oberen Hörner des Schildknorpels, in 1 Fall ein Bruch des Zungenbeins (Abb. 9). In diesen Fällen handelte es sich dem Entstehungsmechanismus nach um indirekte, durch Traktion entstandene Frakturen.

Diskussion

Anliegen dieser systematischen Untersuchungen ist es, folgenden Fragestellungen gerecht zu werden:

I. Effektive, durch Traumatisierung gesetzte, pathomorphologische Veränderungen im Bereich der Halsgebilde sollen vielschichtig erfaßt werden.

II. Zuordnungen der durch Rekonstruktion erkannten, spezifischen Unfallabläufe mit ihren physikalisch determinierten Bewegungsrichtungen der Halswirbelsäule zu pathomorphologischen Veränderungen sollen aufgezeigt werden.

III. Gesetzmäßigkeiten, abgeleitet aus den Häufungen spezieller Verletzungen, sollen erkannt werden.

Im Rahmen dieser Mitteilung soll hauptsächlich auf die Problematik der traumatischen Bandscheibenzerreiungen eingegangen werden. Seit den Arbeiten von EMMINGER und LEICHSENRING ist bekannt, daß Schleuder- und Abknickverletzungen der Halswirbelsäule Bandscheibenzerreiungen zur Folge haben können. An dieser Stelle muß nochmals betont werden, daß die Zerreißungen sehr häufig und nicht nur von schweren, zum Tode führenden Traumen ausgelöst werden. Bandscheibenzerreiungen gleichen Prinzips fanden sich selbst bei bis zu 4 Wochen überlebten Verkehrsunfällen, bei denen sich als Todesursache meist halswirbelsulenunabhngige Befunde herausstellten.

Was die Lokalisation der Bandscheibenzerreiungen angeht, so häuften sich bei unseren Untersuchungen derartige Verletzungen in den mittleren Bewegungssegmenten der Halswirbelsäule. Dies steht im Gegensatz zur bisherigen klinischen Diagnostik, wo insbesondere von neurologischer Seite (JANZEN und KUHLENDAHL) in der Regel nur vom *oberen* und *unteren* Cervicalsyndrom gesprochen wird.

Die Vielzahl der bei Rückwärtsbeugeverletzungen vorwiegend ventral angeordneten Zerreißungen der Zwischenwirbelscheiben mittlerer Bewegungssegmente mit Teilerreiung des vorderen Längsbandes erklärt sich durch das Abstützen der zumeist kürzeren Dornfortsätze des 3., 4. und 5. Halswirbelkrpers auf den oft längeren und weiter ausladenden Dornfortsätzen des 6. und 7. Halswirbelkrpers im Sinne einer Hebelwirkung. Dieser Vorgang ist vergleichbar mit dem von TAYLOR, BERKIN und KUHLENDAHL in die Literatur eingeführten „Kneifzangenmechanismus“. Ihrer Meinung nach bewirkt das starke berbiegen des Kopfes nach hinten das Aufeinanderstauchen der Halswirbelbgen, wodurch der Rückenmarkskanal eingeengt wird, und das Lig. flavum nach innen „vorbuckelt“, was dann letztlich die direkte Rckenmarksquetschung auslösen soll.

Beim Nachprüfen dieser Angaben durch das Experiment stellte sich heraus, daß sich nicht die Wirbelbögen, sondern lediglich die schräg nach unten gerichteten Dornfortsätze der mittleren Halswirbelkörper aufeinanderstauchen. Vorwölbungen der gelben Bänder zum Markkanal hin ließen sich zwar experimentell bei extremer Rckwrtsbeugung der Halswirbelsäule erzeugen, jedoch waren sie in keinem Fall so ausgeprägt, daß eine Halsmarkquetschung in den Bereich des Möglichen trat. Eine direkte Halsmarkcontusion konnte nur bei bestehender, der Bandwlbung gegenüberliegender, ausgeprägter Spondylosis dorsalis der Wirbelkörper demonstriert werden. Ohne bestehende Spondylosis dorsalis konnte aufgrund des vorbeschriebenen Mechanismus keine Halsmarkcontusion nachgewiesen werden, ebensowenig wie Dehnungsrisse in den gelben Bändern oder andere zuzuordnende, vitale Zeichen.

Als weitere Gesetzmäßigkeit ist die eklatante Häufung traumatischer Bandscheibenzerreiungen in alterungsbedingt vorgeschädigten Beweg-

gungssegmenten hervorzuheben. Gerade in osteochondrotisch umgestalteten Zwischenwirbelscheiben wurden immer wieder frische, durch eindeutig vitale Reaktionen erkennbare Zerreißen gefunden. Diese Fälle bestätigen auch nicht die Regel der sonst bei extremer Rückwärtsbeugung beobachteten Zerreißen in den mittleren Bewegungssegmenten, sondern diese unfallbedingten, frischen Bandscheibenzerreißen traten immer in den primär pathologisch, d. h. osteochondrotisch vorgeschädigten Segmenten auf, auch wenn diese nicht in Halswirbelsäulenmitte lagen.

Für die klinische Befunderhebung dürften gerade diese Untersuchungsergebnisse von großer Wichtigkeit sein. Angesichts der pathomorphologischen Gegebenheiten sollten bei der klinischen Diagnostik von Schleudertraumen unfallunabhängige, alterungsbedingte Veränderungen besondere Beachtung finden und die betroffenen Segmente als *locus minoris resistentiae* für indirekte Traumatisierungen mit großer Sorgfalt untersucht werden.

Diese Erkenntnisse sollten aber auch vor allem in die Begutachtung Eingang finden. Die Ablehnung von Ansprüchen der Patienten mit dem Hinweis auf unfallunabhängige, durch Verschleiß hervorgerufene Vorschäden ist aufgrund unserer Untersuchungen nicht mehr im bisher geübten Umfang vertretbar; vielmehr muß unter dem Gesichtspunkt, daß bei *geeignetem Unfallmechanismus* frische Traumatisierungen vornehmlich auf die in ihrer Stabilität und Elastizität eingeschränkten Bewegungssegmente wirken, diese oft verwandte Beurteilung sorgfältig überprüft werden. Dabei ist für jeden Einzelfall sehr genau abzuwägen, ob der Vorschaden oder der durch die Unfallwirkung neu hinzugekommene Schaden als wesentliche Teilursache anzusprechen ist. Diese Entscheidung wird aber sehr weitgehend von einer Verbesserung der körperlichen Untersuchungsverfahren abhängen, wobei der sorgfältig erhobene und beschriebene Erstbefund eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Zusammenfassung

41 Leichen Verkehrstoter mit Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule wurden vielschichtig untersucht. Pathomorphologische Veränderungen werden den unfallbedingten Extrembewegungen der HWS zugeordnet. Auf die Bedeutung der unfallunabhängigen Vorschädigungen, insbesondere im Bereich des disco-ligamentären Systems wird eingegangen.

Summary

41 bodies of fatal traffic-accidents with wiplash-injuries of the cervical spine were examined under various aspects. Pathomorphological findings

were allied to the extreme traumatic excursions of the neck. The preexisting, non-traumatic alterations are considered to be important, especially in the disco-ligamental system.

Literatur

- BERKIN, C. R., and C. HIRSON: Hyperextension injury of the neck with paraplegia. *J. Bone Surg.* **36**, 57—61 (1954).
- EMMINGER, E.: Weichteilschäden nach HWS-Traumen. *Physik. Med. u. Rehab.* **8**, 58—63 (1967).
- ERDMANN, H.: Die röntgenologische Diagnostik der Schleudertraumen der Halswirbelsäule: Vortr. 54. Tag der Orthopäd. Ges. in Köln, 1967.
- JANZEN, R.: Schleudertrauma der Halswirbelsäule. *Langenbecks Arch. Klin. Chir.* **316**, 461—469 (1966), (Kongreßbericht).
- KUHLEND AHL, H.: Schleudertrauma der Halswirbelsäule. *Langenbecks Arch. Klin. Chir.* **316**, 470—475 (1966) (Kongreßbericht).
- LEICHSEN RING, F.: Pathologisch-anatomische Befunde in der Halswirbelsäulenregion bei verstorbenen Patienten mit Schleudertraumen. *Dtsch. med. Wschr.* **89**, 1469—1475, (1964).
- TAYLOR, A. R.: The mechanism of injury to the spinal cord in the neck without damage to the vertebral column. *J. Bone Surg. B.* **33**, 543—547 (1951).

Dr. med. PETER HINZ
Institut für gerichtliche Medizin
der Universität Köln
5000 Köln, Zulpicherstraße 47