

Übersichtsreferat / Review Article

Zur Mechanik des Schleudertraumas der Halswirbelsäule*

K.-S. Saternus

Institut für Rechtsmedizin der Universität Köln, Melatengürtel 60-62, D-5000 Köln 30,
Bundesrepublik Deutschland

The Mechanics of Whiplash Injury of the Cervical Spine

Summary. Despite many attempts it has so far not been possible to establish a uniform application of the term "whiplash injury" either for diagnostics, therapy, or medical reports.

To obtain a clear, functionally based definition, the most frequently used formulations are compared, taking into account anatomic and mechanical aspects in addition. Whiplash injury is separated from hyperextension injury ("snap" trauma of the cervical spine), even though overlaps in the lesion picture are possible.

In the definition suggested, invariable linkage to rear-end collision is dispensed with. Instead, it is emphasized that this accident mechanism is frequent, but can also be substituted. In contrast to other definitions, special emphasis is laid on the biphasic course since a substantial traumatization is to be assumed to occur from the secondary movement. This second movement does not by any means proceed with low energy, but its determined by the mass contraction of the muscle group subject to primary abrupt overextension with their synergists.

On the basis of the analysis of the mechanical course and the investigation of actual accidents, the monosegmental cervical spine injury cannot, therefore, be seen as the characteristic type of damage due to a whiplash injury. Instead of this, the frequent occurrence of multiple injuries is pointed out.

Key words: Whiplash injury, mechanics – Cervical spine, whiplash injury

Zusammenfassung. Trotz vielfältiger Bemühungen war bisher weder für die Diagnostik, die Therapie noch für die Begutachtung eine einheitliche Verwendung des Begriffs „Schleudertrauma“ (Whiplash injury) durchzusetzen.

Um zu einer tragfähigen, funktionell begründeten Definition zu gelangen, werden die gebräuchlichsten Ansätze miteinander verglichen, zusätzliche anatomische und mechanische Überlegungen einbezogen. Abgegrenzt wird das

* Herrn Prof. Dr. J. Gerchow zum 60. Geburtstag gewidmet

Schleudertrauma von der Hyperextensionsverletzung (Abknicktrauma der HWS), auch wenn Überschneidungen im Verletzungsbild möglich sind.

Bei der vorgeschlagenen Definition wird auf die Bindung an den Heckauffahrunfall verzichtet, statt dessen wird betont, daß dieser Unfallmechanismus ein zwar häufiger, aber austauschbarer ist.

Besonderer Wert wird im Gegensatz zu anderen Definitionen auf den biphasischen Verlauf gelegt, weil eine wesentliche Traumatisierung durch die Sekundärbewegung anzunehmen ist. Dabei verläuft diese Zweitbewegung keineswegs energiearm, sondern ihr Ausmaß wird durch die Massenkontraktion der primär abrupt überdehnten Muskelgruppen mit deren Synergisten bestimmt.

Gestützt auf die Analyse des mechanischen Ablaufs und die Untersuchung realer Unfälle kann deshalb auch nicht in der monosegmentalen HWS-Verletzung der charakteristische Typ der Schädigung durch ein Schleudertrauma gesehen werden. Statt dessen wird auf das häufige Auftreten von Mehrfachverletzungen verwiesen.

Schlüsselwörter: Schleudertrauma, Mechanik – Halswirbelsäule, Schleudertrauma

Einleitung: Zur Definition

Der Begriff Whiplash Injury (Gay u. Abbott 1953) hat sich im deutschen Schrifttum als „Schleudertrauma“ eingebürgert.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, eine andere Nomenklatur durchzusetzen. Doch konnten sich Benennungen wie Peitschenschlagverletzung und Schnicktrauma gegen den weitverbreitet benutzten Begriff Schleudertrauma nicht durchsetzen. Trotz der selbst auch von Laien benutzten Bezeichnung ist aber bis heute die Definition noch uneinheitlich. Das hat im wesentlichen rein pragmatische Gründe. So bezieht ein Teil der Untersucher das Schleudertrauma der HWS nur auf seine häufigste Entstehungsbedingung, auf den PKW-Insassen-Unfall, und subsumiert jede indirekte Schädigung der HWS unter diesen Begriff. Dadurch werden die Grenzen zum Hyperextensionstrauma (Kuhlendahl 1964), bei dem der Schädel der direkten Gewalteinwirkung ausgesetzt ist, unscharf. Die Unterscheidung zwischen diesen Verletzungstypen ist jedoch, abgesehen von der Traumatisierung des Schädels, auch für die HWS gerechtfertigt. Denn im Gegensatz zum Schleudertrauma ist für die Hyperextensionsverletzung die Abknickung (Jungmanns 1966) der HWS typisch, wie auch postmortale Untersuchungen belegen (Ziffer 1967; Hinz 1970; Clemens u. Burow 1972; Schmidt et al. 1974). Dieses ist jedoch kein qualitativer, sondern ein quantitativer Unterschied. Das heißt, daß auch bei einem Schleudertrauma bei entsprechend hoher Massenträgheitskraft die HWS abknicken kann.

Der weiterreichenden Definition steht eine engere gegenüber, für die sich insbesondere Erdmann (1973) in seiner vielbeachteten Monographie eingesetzt hat. Dabei werden die äußeren Bedingungen gewürdigt und weitere Eingrenzungen gemacht. So soll das Schleudertrauma den unvorbereiteten, entspannt sitzenden PKW-Insassen plötzlich durch einen Heckaufprall treffen. Die Massenträgheits-

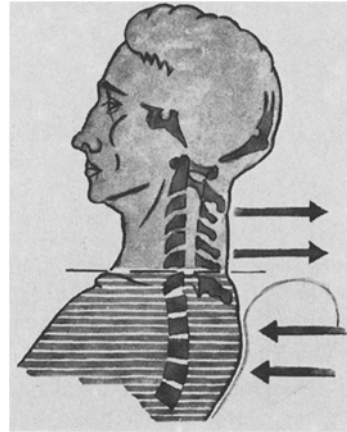


Abb. 1. Modellvorstellung von der Unfallmechanik bei einem Schleudertrauma. Dabei besteht die Vorstellung, daß die Halswirbelsäule durch zwei Kräfte entgegengesetzter Richtung (*Pfeile*) in nur einem Bewegungssegment durch Scherung in der Transversalebene verletzt wird. Aus: H. Erdmann, Schleuderverletzung der Halswirbelsäule. Abb. 3, S. 34. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 56. Hippokrates-Verlag, Stuttgart 1973

kräfte sollen — ultraschnell — zu einer Scherwirkung (Abb. 1) in nur einem Bewegungssegment führen und nur dieses schädigen. Entscheidend für das Verletzungsbild ist die primäre Hyperextension, nicht die Zweiphasigkeit des Vorganges. Erdmann (1973) sieht, auf die Ergebnisse postmortaler Untersuchungen gestützt, in der Zweitbewegung nur ein „kraftloses Vorüberkippen“ des Kopfes.

Wiederum eine andere Auffassung von der Mechanik des Schleudertraumas haben Gögler (1962), Lob (1976), Schlegel (1976), Saturnus (1977, 1981) und andere vertreten. Danach wird der prinzipielle Vorgang des Schleudertraumas nicht in einer bestimmten äußeren Situation wie dem Heckauffahrunfall gesehen, wengleich dessen praktische Bedeutung keineswegs verkannt wird, sondern in dem Auftreten von Massenträgheitskräften, die zu einer unphysiologischen Beanspruchung der HWS führen, ohne daß der Schädel einer direkten Traumatisierung ausgesetzt gewesen wäre. Dabei ist die Richtung des Impulses nicht von prinzipieller Bedeutung, wichtig hingegen die Annahme eines biphasischen Verlaufs. Diese Vorstellungen stimmen weitgehend mit denen der Erstbeschreiber überein. Eine Begründung für diese Definition soll im folgenden auch aus der Mechanik abgeleitet werden.

Mechanik des Schleudertraumas

Bei der Untersuchung mechanischer Abläufe während des Schleudertraumas gilt es, drei Gliederungspunkte der konträren Definitionen besonders zu betrachten.

Es handelt sich

1. um die Frage nach der „ultraschnellen“ Verletzung nur eines Bewegungssegments, letztlich also darum, ob generell mit einer monosegmentalen Verletzung zu rechnen wäre oder nicht, womit ein außerordentlich weitreichendes diagnostisches Problem angesprochen worden ist.

2. um die Berechtigung der Festlegung auf nur eine Impulsrichtung, nämlich auf die Hyperextension bei muskulär kaum fixierter HWS. Dabei versteht es sich wohl von selbst, daß nicht von einer muskulär ungesicherten Halswirbelsäule —

entspannte Muskulatur — auszugehen ist, da die HWS bei erhobenem Kopf stets muskulär eingestellt sein muß. Betrachtet werden kann demnach nur ein gelockertes Sitz u. ä.

3. ist mit der Frage nach der Impulsrichtung auch die nach dem mono- oder biphasischen Verlauf des Verletzungsvorgangs angesprochen.

Die monosegmentale Verletzung der HWS

Um das Verletzungsmuster besser beurteilen zu können, bedarf es einer gewissen Abstraktion des anatomischen Modells. Weiterhin müssen die real vorkommenden Traumatisierungen zugeordnet werden. Von King u. Chou (1976) sind in einer Übersicht die verschiedensten HWS-Modelle zusammenfassend verglichen worden. Geht man einmal von einem extrem reduzierten Modell, dem des Stabes aus, das allenfalls für Spätzustände des M. Bechterew repräsentativ wäre, so dürfte dieses mit einer Abknickung am Ort höchster Beanspruchung durchaus den Vorstellungen der monosegmentalen Verletzung entsprechen können. Auch ließen sich derartige Abknickungen im postmortalen Fallversuch (Ziffer 1967) simulieren.

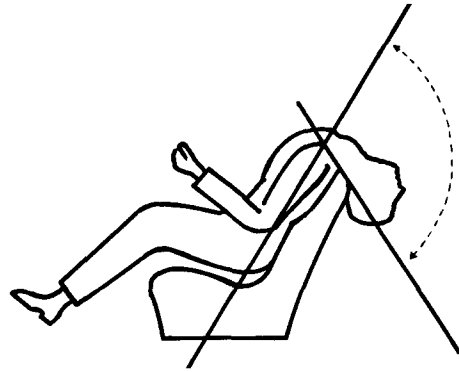
Andererseits unterscheidet sich das Schleudertrauma von der Hyperextensionsverletzung durch das seltenere Auftreten von Abknickverletzungen. Von dort her erscheint es sinnvoller, mechanisch und anatomisch kompliziertere Modelle zu betrachten. Keinen Vorteil brächten dabei Ketten- und Federmodelle wegen fehlender anatomischer Genauigkeit. Allgemein anerkannt sind die speziell auf Kummer (1959, 1961) fußenden Vorstellungen von der HWS als einer Kette druckfester Körper mit einer Zugverspannung sowohl auf der Ventral- als auch auf der Dorsalseite, wobei die Dorsalverspannung sowohl segmental als auch die HWS übergreifend gegliedert ist. Wird dieses System über die Massenträgheitskräfte des Kopfes zu einer Schwingung veranlaßt, so hängt das Bewegungsausmaß von den Freiheitsgraden der Gelenke sowie von der muskulären und Bandführung ab. Dabei wäre zu berücksichtigen, daß durch erhebliche Zentrifugalkräfte die Wirbelbogengelenke in eine Subluxationsstellung geraten könnten.

Weder von der Art der Krafteinleitung noch von der anatomischen Konstruktion des HWS ergibt sich daraus ein Anhalt für die Beanspruchung nur eines Bewegungssegments.

Einen sehr guten Eindruck von Harmonie des Bewegungsablaufs der primären Hyperextension, also der ersten Phase des Schleudertraumas, liefern die bekannten Hochgeschwindigkeitsaufnahmen der Arbeitsgruppen Coermann, Dotzauer, Hinz, Lange, Voigt sowie Schmidt et al. bei der Simulation von Verkehrsunfällen im typischen Geschwindigkeitsbereich des Innerorts-Auffahr-Unfalls. Abbildung 2 zeigt ein Schema eines solchen Versuchs.

Mit diesen Ausführungen soll nun nicht gesagt werden, daß bei der Analyse der Kräfte eines Schleudertraumas nicht auch eine Horizontalkomponente angesetzt werden dürfe. Selbstverständlich kann der Vektor einer resultierenden Kraft in Teilkräfte, so auch in eine Horizontalkomponente zerlegt werden. Hinsichtlich der Frage der monosegmentalen Verletzung muß jedoch eingewandt werden, daß bei der Kräftezerlegung die einzelnen Bewegungssegmente der HWS nicht unterschiedlich behandelt werden können, wie es versucht wird.

Abb. 2. Modellvorstellung von der Unfallmechanik bei einem Schleudertrauma. Schematische Zeichnung nach Hochgeschwindigkeitsaufnahmen von postmortal simulierten Schleudertraumata. Es zeigt sich eine harmonische Hyperextension der HWS infolge der Massenträgheitskräfte (Massenmittelpunkt liegt im Schädel). Aus: G. Dotzauer, Verletzungsfolgen nach Auffahrunfällen. Abb. 2, S. 119. In: Sicherheit im Straßenverkehr. Hrsg. H. Ursprung. Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt 1974



Letztlich spricht auch das im postmortalen Modellversuch (Hinz 1970) und an tödlich Verletzten (Saternus 1977) gewonnene Verletzungsbild selber gegen die Vorstellung von der monosegmentalen Scherverletzung als der typischen Form der HWS-Beteiligung nach einem Schleudertrauma. So fanden sich unter 41 Unfällen mit einem Schleudertrauma der erwähnten dritten Definition in über 60% Verletzungen in mehr als nur einem Bewegungssegment.

Zwar kann man davon ausgehen, daß es sich bei tödlichen Traumata um besonders energiereiche Bewegungsabläufe gehandelt hat, doch letztlich ist der prinzipielle Befund auch auf leichtere Traumata übertragbar, zumal die tödlichen Verletzungen nicht primär den Hals getroffen hatten und der Schädel allenfalls minimal verletzt worden war.

Auch das klinische Bild mit seiner Vielfalt an Symptomen und den von verschiedenen Autoren recht unterschiedlich angegebenen Vorzugslokalisationen (Saternus 1979) stützt diese pathologisch-anatomischen Befunde.

Somit läßt sich festhalten, daß, wie bei anderen Formen der HWS-Traumatisierung, beim Schleudertrauma durchaus auch mit Mehrfachverletzungen zu rechnen ist, was bei der Diagnostik und der gutachtlichen Würdigung zu berücksichtigen ist.

Die äußeren Bedingungen des Schleudertraumas

Bei der Definition des Begriffs Schleudertrauma des Halses ist insbesondere die Frage nach den äußeren Bedingungen beim Zustandekommen der Halswirbelsäulenschädigung kontrovers. So vertritt Erdmann (1973) die Auffassung, daß das Eintreten eines Schleudertraumas an den rückwärtigen Auffahrunfall gebunden sei und der Stoß den Insassen unvorbereitet treffen müsse. Schlittenartig (Abb. 1) sollen dabei in der Horizontalebene in nur einem Bewegungssegment zwei benachbarte Halswirbel gegeneinander verschoben werden.

Dem steht, wie erwähnt, die Auffassung gegenüber, daß nicht die Impulsrichtung, sondern allein die unphysiologische Beanspruchung der HWS infolge der Massenträgheitskräfte des Kopfes (Abb. 2) bei einer abrupten Beschleunigung oder Verzögerung des Rumpfes mit einer Verrenkung, also die Distorsion der HWS, das entscheidende Kriterium sei.

Auch kann in diesem Zusammenhang auf die Erstbeschreiber Gay u. Abbott (1953) verwiesen werden, die in ihrem Kollektiv von 50 Patienten in 22% der Fälle

ein Schleudertrauma diagnostizierten, das nicht oder nicht nur auf einem Heckauffahrunfall beruht.

Betrachtet man die Unfallsituation bei einem Heckauffahrunfall genauer, so läßt sich allein aus der Sitzposition kaum die gesicherte Erkenntnis ziehen, daß die Primärbewegung eine reine Hyperextension gewesen ist.

Selbst bei einem Heckauffahrunfall können, wie auch Erdmann (1973) einräumt, bereits leichte Asymmetrien des Anstoßes oder der Sitzposition zu den für die HWS typischen Mischbewegungen mit einer mehr oder weniger großen rotatorischen Komponente führen. Diese Annahme gilt nicht nur für die Wirbelbogen-, sondern auch für die Atlanto-Occipital-Gelenke, bei denen derartige Bewegungen ebenfalls unter physiologischen Bedingungen (Kummer 1980; Hellige u. Tillmann 1980) beschrieben worden sind.

Bei der Beurteilung des möglichen Sonderstatus des Schleudertraumas gegenüber anderen Halswirbelsäulenverletzungen und dabei der Hyperextension als Primärbewegung gegenüber der Summe der anderen stellten die Erstbeschreiber bereits fest, daß sehr häufig dem Schleudertrauma eine relativ zur klinischen Symptomatik geringe äußere Gewalteinwirkung zugrunde liege, die Symptome sich oft nach einer Latenzzeit entwickelten und die Verletzungen — wohl auch psychogen bedingt — zur Chronifizierung neigten. Die dabei entscheidende Aussage betrifft das Verletzungsausmaß nach der verhältnismäßig geringen äußeren Gewalteinwirkung. Nur durch sie ist die Abgrenzung gegen ein Hyperextensionstrauma gerechtfertigt. Zwar sind auch vereinzelt beim Schleudertrauma schwere knöcherne Verletzungen wie Atlas- und Densfrakturen beschrieben worden (Schlegel 1971, 1976; Schmitt u. Gladisch 1977; Saternus 1977), auch Gay u. Abbott (1953) berichteten über knöcherne Verletzungen bei zwei Patienten, doch überwiegen bei sämtlichen Formen die Weichteilverletzungen (Gay u. Abbott 1953; Zatzkin u. Kveton 1960; Zuckschwerdt 1962; Kuhlendahl 1964, 1966; Janzen 1966; Emminger 1966; Erdmann 1973; Fischer 1979; u. a.).

Unter den faßbaren Verletzungen überwogen neben muskulären neurologischen Beschwerden, letztere bevorzugt als eine radikuläre Beteiligung, und zwar keineswegs nur monosegmental. Für die Frühphase eines Schleudertraumas sind medulläre Symptome (Delank 1976) hingegen extrem selten.

Dieses Verletzungsbild einer Distorsion der HWS ist nun aber keineswegs typisch für eine Gewalteinwirkung aus einer bestimmten Richtung, sondern allein dem relativ milden Trauma zuzuordnen. Demnach liegen einer Einengung des Begriffs Schleudertrauma auf nur eine, wenn auch häufige äußere Unfallsituation keine aus dem Verletzungsmodus selbst ableitbaren Gründe, keine die Diagnostik, die Therapie und die Prognose betreffenden zugrunde. Deshalb erscheint es gerechtfertigt, auf die Differenzierung zu verzichten und die übergreifende Definition zu verwenden.

Der Phasenverlauf des Schleudertraumas

Bei der Beurteilung des Bewegungsablaufs eines Schleudertraumas stützten sich viele Autoren auf die Ergebnisse postmortaler Untersuchungen der bereits zitierten Arbeitsgruppen.

Während für die Primärbewegung, sei sie als Hyperflexion oder als Hyperextension abgelaufen, damit ein sehr gutes Modell gegeben ist, kann die Sekundärbewegung nicht in gleicher Weise dem vitalen Vorgang angenähert beschrieben werden.

Lange (1972) bezeichnet die postmortalen Schleuderversuche physikalisch als eine stark gedämpfte Schwingung. Dabei speist die während der Primärbewegung erfolgte elastische Deformierung der verschiedenen Strukturen des Halses (kollagene und elastische Fasern der Haut, prävertebrale Halsweichteile, Bänder, Bandscheiben und der knöchernen Elemente der HWS) und die der Sitzlehne den an der Leiche passiven Vorgang der Sekundärbewegung.

Gestützt auf diese Ergebnisse glaubt Erdmann (1973), daß nur durch den „primären Impuls“ die HWS — wie erwähnt — monosegmental geschädigt werde. Die Zweitbewegung sieht er hingegen als kraftlos an.

Diese Auffassung steht auch im Gegensatz zu der der Erstbeschreiber, denn Gay u. Abbott (1953) sahen ursprünglich nicht in der primären Hyperextension, sondern in der sekundären Hyperflexion die bedeutsame Schädigung. Wie noch zu erörtern sein wird, gibt es jedoch Gründe, den biphasischen Verlauf bei der Traumatisierung der HWS besonders zu beachten.

So erlauben die im postmortalen Modellversuch gewonnenen Befunde nur eine Würdigung der Primärbewegung, weil beim Lebenden die Sekundärphase durch die Muskulatur ganz wesentlich beeinflußt wird.

Betrachtet man dazu noch einmal das Halswirbelsäulenmodell der Bogen-Sehnen-Konstruktion (Kummer 1959), so lassen sich die bei realen Schleudertraumata gefundenen Verletzungen (Saternus 1977, 1979) besser zuordnen. Ventral und dorsal bestehen kräftige muskuläre Zugverspannungen, lateral muskuläre Sicherungen. Bewegungen der Halswirbelsäule sind durch die segmental angreifende Muskulatur und durch die großen übergreifenden Muskelgruppen im feinen Zusammenspiel von Synergisten und Antagonisten möglich. Einbezogen in die Dorsalverspannung sind neben der Kopfmuskulatur auch große Teile der Schulter- und Rumpfmuskulatur, wie der M. trapezius. Dabei steht dieser mächtigen dorso-lateralen Muskelmasse ventral eine deutlich geringere gegenüber.

Von dort her betrachtet, könnten sich Unterschiede hinsichtlich des Verletzungsmodus in Abhängigkeit von der Impulsrichtung ergeben. Andererseits beeinflußt aber die Form degenerativer Veränderungen, wie früher ausführlich dargestellt worden ist (Saternus 1978, 1979), den Verletzungsmodus, so daß sich beim lebenden Menschen keine feste Gesetzmäßigkeit, sondern eine nur sehr geringe Korrelation zwischen der Impulsrichtung und der Verletzungslokalisation errechnen läßt. Allerdings gibt es durchaus einzelne typische Verletzungsformen. So kann der ventrale Kantenabriß ohne weiteres einer Hyperextension zugeordnet werden. Aber bereits bei der Beurteilung der Densfraktur zeigt es sich (Saternus 1979), daß eine sichere Zuordnung einzelner Frakturtypen zur Impulsrichtung nicht möglich ist. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich für Verletzungen der Wirbelbogengelenke, der Weichteile der Foramina, der Bandscheiben, ja selbst der Längsbandsysteme, bei denen noch am ehesten eine Zuordnung möglich ist. Das scheint verwunderlich, korrelieren doch im postmortalen Einphasenversuch Impulsrichtung und Verletzungslokalisation recht hoch.

Als Erklärung bietet sich beim lebenden Menschen durch den energiereichen Verlauf der Sekundärbewegung eine Schädigung weiterer Strukturen an. Denn anders als beim toten Menschen, bei dem diese Zweitbewegung allein aus der Freisetzung der während der Primärbewegung aufgenommenen Energie gespeist wird, kommt es beim lebenden aufgrund der abrupten Überdehnung der Muskulatur (Verspannung) zumal auf der Konvexseite zu einer Massenkontraktion der Muskelgruppen mit ihren Synergisten.

Dabei ist denkbar, daß einmal durch den entspannten Sitz, zum anderen aber durch bewußtes Einstellen auf den Heckaufprall die Überdehnung und auch die reflektorische Antwort modifiziert, wohl aber letztlich, gemessen an den hohen Energien eines solchen Unfalls, nicht entscheidend beeinflußt werden kann. Zum Vergleich sei an die nur begrenzten Möglichkeiten gedacht, sich beim Frontalauffahrunfall mit den Armen am Lenkrad abstützen zu können.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß es — Einzelfälle ausgenommen — in der Regel nicht möglich ist, die gefundenen Verletzungen der HWS einer bestimmten Phase zuzuordnen.

Dennoch unterscheiden sich die Bewegungsabläufe in Abhängigkeit von der Impulsrichtung. Bei einer Würdigung des Umfangs der Sekundärbewegung kommt der Unfallsituation durchaus eine Bedeutung zu. Es sei nur auf den Extremfall der Schädigung überhaupt, den Hinterhauptsabriß, verwiesen, bei dem Jarosch u. Hinz (1969) sowie Weinreich (1969) den typischen Fall der Hyperextension zugeordnet haben.

Vergleicht man aus dem mannigfaltig möglichen Muster an Primärbewegungen heraus die noch am leichtesten zu überschauenden Formen, nämlich die Hyperextension mit der Hyperflexion, so bedingen die anatomischen Gegebenheiten phasenspezifische Unterschiede, mit jedoch final praktisch kaum unterscheidbarem Verletzungsmuster.

Bei der Hyperextension als Primärbewegung wird die Muskulatur der Ventralseite passiv gedehnt. Dabei bietet die vordere Zugverspannung, in die auch die Kaumuskulatur eingeht, bei bewußt festgeschlossenem Mund (erwarteter Aufprall) eine etwas kräftigere Sicherung als bei einem für den PKW-Insassen überraschenden Schleudertrauma. Aber im Gegensatz zum Frontalaufprall mit direktem Kinnaufschlag wird bei der primären Hyperextension des Schleudertraumas letztlich doch die vordere Zugverspannung durch ein passives Öffnen des Mundes deutlich entlastet (Saternus 1977).

Damit ist die muskuläre Sicherung ventral, verglichen mit dorsal, deutlich geringer, und entsprechend schwächer muß die Massenkontraktion dort ausfallen. Modifiziert wird dieses Verletzungsmuster jedoch durch erhebliche Zentrifugalkräfte, die — wie früher dargestellt (Saternus 1977) — an einer Beteiligung der Mm. sternocleidomastoidei abzulesen waren. Denn weder eine Reklination des Kopfes noch eine Rückbeugung der HWS führen zu einer Beanspruchung der Mm. sternocleidomastoidei, sondern erst die extreme Traktion.

Daraus folgt, daß nicht nur die Muskulatur der konvexen Seite bei der Primärbewegung, sondern auch Muskelgruppen auf der Konkavseite akut überdehnt werden können. Letztlich durch dieses Phänomen läßt sich das vielgestaltige Verletzungsmuster beim Schleudertrauma der HWS erklären.

Schlußfolgerung

Wegen der wichtigen praktischen Konsequenzen für die Diagnose und die Begutachtung erscheint es dringlich geboten, zu einer einheitlich funktionell begründeten Definition des für das Whiplash Injury (Gay u. Abbott 1953) im deutschen Sprachraum breit verwandten Begriffs Schleudertrauma des Halses zu kommen.

Da in der Traumatologie die Kenntnis des Verletzungshergangs für die diagnostischen Bemühungen besonders wichtig ist, galt es zuerst die äußeren Bedingungen, die zu einem Schleudertrauma führen können, zu untersuchen. Drei verschiedene Auffassungen standen sich dabei gegenüber, nämlich die Bindung an den Heckauffahrunfall, allgemein an den PKW-Insassenunfall und die vom Unfalltyp unabhängig betrachtete Wirkung der Massenkräfte des Kopfes infolge einer Relativbeschleunigung des Rumpfes. Dabei erscheint die Eingrenzung auf Verletzungen des Halses allein durch Massenträgheitskräfte deshalb sinnvoll, weil das typische Schleudertrauma zu Weichteilverletzungen, zu einer Distorsion führen soll. Klinisch wertvoll ist die auf Erdmann (1973) zurückgehende Skalierung des Schweregrades der Verletzung.

Durch den Bezug auf die Massenträgheitskräfte ist in erster Linie eine Abgrenzung gegen die geführte Hyperextensions- und somit Abknickverletzung der HWS gegeben. Es wurde jedoch dargestellt, daß es sich dabei nicht um eine qualitative, sondern um eine quantitative Unterscheidung handelt.

Am konkreten Beispiel erhoben, besteht kein plausibler Grund dafür, den infolge der Massenträgheitskräfte des Kopfes erfolgten „biphasischen“ Schleudervorgang als einen Spezialfall des durch den Heckaufprall traumatisierten Automobilisten anzusehen. Dabei bedeutet „biphasisch“ nicht, daß der Schleudervorgang in zwei Phasen abgeschlossen wäre — es wird mit Lange (1972) von einer stark gedämpften Schwingung ausgegangen —, sondern daß zwei energiereiche gegenläufige Bewegungen einander folgen.

Vergleichbare Distorsionen der HWS können bei Zweiradfahrern, Fußgängern, selbst Abstürzenden und vielen anderen Unfallarten auftreten. Deshalb sollte die Beschreibung des Verletzungsmusters und nicht ein häufiger, aber insgesamt nur zufälliger Bewegungsablauf zum Angelpunkt der Definition gemacht werden.

Diese Distorsion führt wegen der durch die Primärbewegung induzierten und dieser entgegenverlaufenden Sekundärbewegung (Massenkontraktion der abrupt überdehnten Muskulatur) in Verbindung mit erheblichen Zentrifugalkräften typischerweise nicht zu monosegmentalen Verletzungen der Bandscheibe, sondern zu Schädigungen der verschiedenen Strukturen in mehreren Bewegungssegmenten.

Von den klinischen Untersuchern wird die Auffassung übernommen, daß diese Verletzungen der HWS ausgedehnter als Distorsionen in anderen Regionen zur Chronifizierung neigen.

Literatur

1. Clemens HJ, Burow K (1972) Experimentelle Untersuchungen zur Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule beim Frontal- und Heckauffahrunfall. Arch Orthop Unfall Chir 74: 116–145

2. Delank HW (1976) Neurologische Diagnostik der Schleuderverletzung der Halswirbelsäule. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 62. Hippokrates, Stuttgart, S 23–35
3. Dotzauer G (1974) Verletzungsfolgen nach Auffahrunfällen. Probleme der inneren Sicherheit aus der Sicht des Mediziners. In: Ursprung H (Hrsg) Sicherheit im Straßenverkehr. Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt, S 115–128
4. Emminger E (1966) Zur pathologischen Anatomie des Schleudertraumas der Halswirbelsäule. Langenbecks Arch Klin Chir 316:445–457
5. Emminger E (1970) Das Schleudertrauma in der Begutachtung. Monatsschr Unfallheilkd 73:102–109
6. Erdmann H (1973) Schleuderverletzung der Halswirbelsäule. Erkennung und Begutachtung. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 56. Hippokrates, Stuttgart
7. Fischer H (1979) Die Unfallverletzungen der Wirbelsäule und ihre Behandlung in der Literatur 1970–1978. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 91. Hippokrates, Stuttgart
8. Gay JR, Abbott KH (1953) Common whiplash injuries of the neck. J Am Med Assoc 152:1698–1704
9. Gögler E (1962) Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 25. Hippokrates, Stuttgart, S 159–163
10. Hellige R, Tillmann B (1981) Beanspruchung des Atlantooccipitalgelenks. 67. Tagung Dtsch. Ges. Orthop. u. Traumatol. 17.–20. 9. 1980, Münster. Z Orthop (im Druck)
11. Hinz P (1970) Die Verletzung der Halswirbelsäule durch Schleuderung und Abknickung. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 47. Hippokrates, Stuttgart
12. Janzen R (1966) Schleudertrauma der Halswirbelsäule. Arch Klin Chir 316:461–469
13. Jarosch K, Hinz P (1969) Hinterhauptabrieb von der Halswirbelsäule. Monatsschr Unfallheilkd 72:89–99
14. Junghanns H (1966) Schleudertrauma der Halswirbelsäule. Langenbecks Arch Klin Chir 316:475–483
15. King AH, Chou CC (1976) Mathematical modelling, simulation and experimental testing of biomechanical system crash response. J Biomech 9:301–317
16. Kuhlendahl H (1964) Die neurologischen Syndrome bei der Überstreckungsverletzung der Halswirbelsäule und dem sog. Schleudertrauma. Münch Med Wochenschr 22:1025–1030
17. Kuhlendahl H (1966) Schleudertrauma der Halswirbelsäule. Arch Klin Chir 316:470–475
18. Kummer B (1959) Bauprinzipien des Säugerskelettes. Thieme, Stuttgart
19. Kummer B (1961) Statik und Dynamik des menschlichen Körpers. In: Lehmann G (Hrsg) Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin. Urban & Schwarzenberg, Berlin München Wien
20. Kummer B (1981) Morphologie und Biomechanik der Halswirbelsäule. 67. Tagung Dtsch. Ges. Orthop. u. Traumatol. 17.–20. 9. 1980, Münster. Z Orthop (im Druck)
21. Lange W (1972) Die Reaktion des Systems Kopf-Halswirbelsäule bei stoßartiger Beschleunigung des Torsos. Unfallheilkd 110:8–15
22. Lob A (1976) A propos Schleudertrauma ein Expertengespräch. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 62. Hippokrates, Stuttgart
23. Saternus KS (1977) Das Schleudertrauma des Halses. Unfallchir 3:11–17
24. Saternus KS (1978) Halsweichteil-, Wirbelsäulen- und Rückenmarksverletzungen bei Unfalldesfällen. Die Bandscheibenverletzung. Unfallheilkd 132:297–302
25. Saternus KS (1979) Die Verletzungen von Halswirbelsäule und von Halsweichteilen. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 84. Hippokrates, Stuttgart
26. Saternus KS (1981) Die Begutachtung des Schleudertraumas der Halswirbelsäule. Akt Traumatol (im Druck)
27. Schlegel KF (1971) Nicht erkannte Frakturen und Bandzerreißen beim Schleudertrauma der Halswirbelsäule. Unfallheilkd 108:32–34
28. Schlegel KF (1976) Das frühe Beschwerdebild nach Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule. In: Junghanns H (Hrsg) Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 62. Hippokrates, Stuttgart, S 9–15

29. Schmidt Gg, Kallieris D, Barz J, Mattern R (1974) Results of 49 cadaver tests simulating frontal collision of front seat passengers. Proc. 18th Stapp Car Crash Conference. SAE, New York, pp 283–291
30. Schmitt HP, Gladisch R (1977) Multiple Frakturen des Atlas mit zweizeitiger tödlicher Vertebralisthrombose nach Schleudertraumata der Halswirbelsäule. Arch Orthop Unfall Chir 87:235–244
31. Weinreich M (1969) Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule. Unfallheilkd 99:293–296
32. Zatzkin HR, Kveton FW (1960) Evaluation of the cervical spine in whiplash injury. Radiology 75:577–583
33. Ziffer D (1967) Das Verhalten der Halswirbelsäule in Verbindung mit der Schädelbasis und der oberen Brustwirbelsäule bei schlagartiger Druckbeanspruchung (Stürze auf unnachgiebige Hindernisse — Stahlplatten —) und bei schlagartiger Zugbeanspruchung (Zerreißung). Zentralbl Verkehrs Med 13:193–217
34. Zuckschwerdt L (1962) Das Schleudertrauma der Halswirbelsäule. Schweiz Med Wochenschr 92:534–539

Eingegangen am 4. Juni 1981