

Die knöcherne Verletzung der HWS beim Tod durch Erhängen

K.-S. Saternus, H. Meßler und W. Palm

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

Fractures and Dislocations of the Cervical Spine Caused by Hanging

Summary. In comparison to the pattern of lesions of the soft tissue of the neck and the CVC in case of suicidal hanging 17 postmortal fracture-dislocations of the neck are investigated. It could be demonstrated that on principle in case of hanging the dens-fracture can occur.

With respect to the hangman's fracture (Wood-Jones) a differentiation into 3 types is proposed.

Key words: Hangman's fracture – Hanging, pattern of lesions.

Zusammenfassung. Vergleichend mit dem Verletzungsmuster von Halsweichteilen und HWS beim suizidalen Erhängen wird ein Kollektiv (n=17) schwerer postmortalen Traktionsverletzungen des Halses untersucht. Danach ist beim Erhängen eine Densfraktur prinzipiell möglich.

Für die von Wood-Jones beschriebene hangman's fracture wird eine Differenzierung in 3 Typen vorgeschlagen.

Schlüsselwörter: Erhängen, Verletzungsmuster – Densfraktur, Erhängen.

Knöcherne Verletzungen der Halswirbelsäule sind beim Suizid durch Erhängen ein sehr seltener Befund. Nur wenige Autoren haben darüber berichtet. So verweisen G. Strassmann u. Ziemke (1928) auf F. Strassmann (1919), der einen Fall mit submentaler Lage des Knotens beschrieben hat, bei dem es zu einem „Einbruch des 5., allerdings schon recht morschen Halswirbelkörpers“ gekommen war, und auf ähnliche Beobachtungen durch Lesser, Bouardell u. Kratter. Zwischen solchen degenerativen Vorschädigungen und der Lokalisation einer Verletzung sieht auch Olbrycht (1967) einen engen Zusammenhang. Diese Auffassung ist jedoch nicht unumstritten. Die Ansichten über ein HWS-Trauma reichen von der Annahme eines direkten Zusammenhangs im Sinne eines locus minoris resistentiae (Barnes, 1948; Emminger, 1966; Hinz, 1970, 1972; Fried, 1974) bis zu dessen Ablehnung (Stringa, 1963). Kuhlendahl u. Kunert

(1956) sehen in der degenerativen Veränderung wegen der herabgesetzten Beweglichkeit einen mechanischen Schutz, speziell für die A. vertebralis. Nach Witt (1959), Gögler (1962) und Giebel (1966) soll nicht das am weitesten spondylarthrotisch veränderte Bewegungssegment selber, sondern dessen Nachbarsegmente aufgrund einer kompensatorischen Hypermobilität bevorzugt verletzt werden. Eigene Untersuchungen (Saternus, 1977) ergaben eine Abhängigkeit von der Art der degenerativen Veränderung und der Richtung einer äußeren Gewalteinwirkung.

Die Frage nach der Form einer möglichen knöchernen HWS-Verletzung beim Erhängen hat also nicht nur einen rechtsmedizinischen, sondern auch einen allgemein traumatologischen Aspekt.

Speziell bei einem Sturz aus relativ großer Höhe, wie es bei der englischen und der amerikanischen Form des Henkens üblich ist, soll nach einer weitverbreiteten älteren Anschauung die Fraktur des Dens axis mit einer Zerstörung der Medulla oblongata typisch sein. Obwohl diese Auffassung in vielen Lehrbüchern auch außerhalb der Rechtsmedizin heute noch ihren Niederschlag gefunden hat, läßt sich keine belegte Densfraktur nach Justifikation durch den Strang in der Literatur finden.

Haberda (1903) ist in seiner Abhandlung über die Todesstrafe sogar der Ansicht, daß diese Verletzung bei der Justifikation überhaupt nicht belangvoll sei. Er nimmt an, daß auch bei der Hinrichtung durch den Strang der Tod Folge einer zerebralen Hypoxämie nach Gefäßkompression sei. Zum Beweis zitiert er Ofrila (1849), der bei Leichenversuchen nie eine Luxation oder eine knöcherne Verletzung gefunden hatte; weiterhin Tamassia (1898), dessen Untersuchungen zu demselben Ergebnis geführt hatten.

Simuliert wurde jedoch die österreichische Form der Hinrichtung, bei der der Delinquent nicht mit umgelegter Schlinge in die Tiefe stürzt, sondern mit dem Strangulationswerkzeug kurz an einen Pfahl gebunden wurde und sich die Henkersknechte plötzlich an ihn hängten oder ihn mit aller Kraft nach unten zogen.

Angelsächsische Autoren fanden jedoch völlig andere Verletzungstypen. So wurden 1913 von Wood-Jones HWS-Präparate Justifizierter, die im Britischen Museum aufgestellt waren, ausgewertet. Diese können heute nicht mehr besichtigt werden, da sie im 2. Weltkrieg durch Bomben zerstört wurden.

In Abhängigkeit von der Lage des Knotens beschrieb er zwei verschiedene Verletzungsmuster, nämlich bei einer retroaurikulären Position eine Schädelbasisfraktur und bei submentaler eine Ruptur im Bewegungssegment C 2/3 mit symmetrischen Axisbogen-(Pedikel)-Frakturen. Dieser zweite Typ, die hangman's fracture, wurde 1965 durch R. C. Schneider et al. in die Unfallheilkunde eingeführt und in der angelsächsischen Literatur zu einem festen Begriff (Lit. Saternus, 1977). Erst in der letzten Zeit wurde dieser Verletzungsmodus auch beim suizidalen Erhängen gefunden (Sköld, 1978).

Nicht das Vollbild des hangman's fracture, sondern nur eine Distraction zwischen C 2/3 mit einer Rückenmarksverletzung ist nach den Erkundigungen des noch lebenden vorletzten britischen Henkers (Pierrepoint, pers. Mitteilung¹) bei den Obduzenten der Hingerichteten der regelmäßige Befund gewesen. Dabei handelte es sich aber nicht

¹ Herrn und Frau Drs. Siedentopf (London) sei herzlich für die ausführliche Befragung des Mr. Pierrepoint gedankt

Executions.—Table of Drops (October, 1913).

The length of the drop may usually be calculated by dividing 1,000 foot-pounds by the weight of the culprit and his clothing in pounds, which will give the length of the drop in feet, but no drop should exceed 8 feet 6 inches. Thus a person weighing 150 pounds in his clothing will ordinarily require a drop of 1,000 divided by 150 = 6 2/3 feet, i. e., 6 feet 8 inches. The following table is calculated on this basis up to the weight of 200 pounds:

Table of Drops

Weight of the Prisoner in his Clothes.		Length of the Drop.		Weight of the Prisoner in his Clothes.		Length of the Drop.		Weight of the Prisoner in his Clothes.		Length of the Drop.		
lbs.	ft.	ins.	lbs.	ft.	ins.	lbs.	ft.	ins.	lbs.	ft.	ins.	
118	an	under	8	6	138	and	under	7	3	167	and	under
119	“	8	5	140	“	7	2	169	“	5	11	
120	“	8	4	141	“	7	1	171	“	5	10	
121	“	8	3	143	“	7	0	174	“	5	9	
122	“	8	2	145	“	6	11	176	“	5	8	
124	“	8	1	146	“	6	10	179	“	5	7	
125	“	8	0	148	“	6	9	182	“	5	6	
126	“	7	11	150	“	6	8	185	“	5	5	
128	“	7	10	152	“	6	7	188	“	5	4	
129	“	7	9	154	“	6	6	190	“	5	3	
130	“	7	8	156	“	6	5	194	“	5	2	
132	“	7	7	158	“	6	4	197	“	5	1	
133	“	7	6	160	“	6	3	200	“	5	0	
135	“	7	5	162	“	6	2					
136	“	7	4	164	“	6	1					

When for any special reason, such as a diseased condition of the neck of the culprit, the Governor and Medical Officer think that there should be a departure from this table, they may inform the executioner, and advise him as to the length of the drop which should be given in that particular case.

This Table of Drops is only a guidance 7 “to 9” could be added in certain circumstances according to experience.

A. P.

Abb. 1.

um die submentale Knotenlage. Nur einmal während einer seiner vielen Hinrichtungen (Pierrepoint, 1974), als bei heftiger Gegenwehr des Delinquenten die Schlinge über den Mund gerutscht ist, soll die HWS-Verletzung nicht in Höhe C 2/3, sondern zwischen dem 5. und 6. HWK gelegen haben. Diese Auffassung, daß es zu schweren Zerreißen von Bändern, Bandscheiben und meist auch des Rückenmarks komme, wird durch den Royal Commission on Capital Punishment Report (1953) gestützt. Danach hat Sir Bernard Spilsbury bei 58 autoptisch untersuchten Fällen regelmäßig eine Luxationsfraktur mit Rückenmarksbeteiligung gefunden. Eine Höhenangabe fehlt aber in der Wiedergabe seines Berichtes durch die Kommission.

Diese Vielfalt sich widersprechender Befunde gab Anlaß, das mechanische Verhalten der HWS unter Berücksichtigung degenerativer Veränderungen bei plötzlicher Zugbelastung an postmortalem Material zu prüfen. Die so gewonnenen Daten sollen zu denen von suizidal Erhängten in Beziehung gesetzt werden.

Tabelle 1. Äußere und muskuläre Verletzungen in den beiden Untersuchungsgruppen

Knotenlage	Verletzungen			
	äußerlich	Decollement	Muskelzerreißung	Muskelunterblutung
submental				
Gruppe A (n = 9)	–	–	–	4
Gruppe B (n = 5)	–	5	4	5
seitlich				
Gruppe A (n = 41)	–	–	–	23
Gruppe B (n = 6)	–	2	1	6
nuchal				
Gruppe A (n = 50)	–	–	1	30
Gruppe B (n = 6)	1	5	2	6

Material und Methoden

Zur Auswertung gelangten einmal (Gruppe A) 100 Fälle von suizidalem Erhängen und im Vergleich dazu (Gruppe B) eine Serie von 17 postmortalen Fallversuchen. Bei dieser Gruppe B handelt es sich um ein Kollektiv primär Nichttraumatisierter. Die als Folge des freien Falls auftretende Zugbelastung wurde durch Variation der Fallhöhe unter Berücksichtigung des Körpergewichts an der offiziellen Executions-Table of Drops von 1913 (Abb. 1) orientiert. Die dabei auftretenden Kräfte überschreiten nach Sonoda (zit. nach Schmorl-Junghanns, 1968) die Toleranzgrenze der HWS.

Entsprechend kräftig mußte das Haltesystem ausgelegt werden. Es wurden Hanfseile mit einem Durchmesser von 2 cm verwandt. Die Verknüpfung erfolgte submental, seitlich und nuchal.

Wie bei den Fällen der Gruppe A wurden die Halsweichteile immer in sogenannter Bluteere in situ präpariert. Die Halswirbelsäulen wurden nach einer 1968 von Hinz an unserem Institut eingeführten und seitdem regelmäßig verwandten Technik aufgearbeitet. Dabei werden sie im Zusammenhang mit der hinteren Schädelbasis herausgenommen, in 4 Ebenen geröntgt und nach Kältefixation bei -20°C in parasagittale Scheiben zerlegt. Sämtliche Präparate werden fotografiert und die Sägestücke mazeriert.

Während die Auswertung der Daten aus der Gruppe A – wie an anderer Stelle berichtet wurde (Saternus, 1978) – über einen Großrechner des Rechenzentrums der Universität zu Köln erfolgte, erschien eine computergerechte Verschlüsselung der Daten der Gruppe B wegen der geringeren Fallzahl nicht erforderlich.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Ausnahme der Strangfurchen fanden sich beim suizidalen Erhängen in der Gruppe A keine nennenswerten frischen Verletzungen in der Halshaut, wohingegen es bei dorsaler Knotenlage in einem Fall der Gruppe B zu einer 10 cm langen Hautzerreißung in Höhe der Kinnumschlagfalte gekommen war. Folge der schweren Gewalteinwirkung waren weiterhin (Tab. 1) in 70 % Decollements zwischen Platysma und oberflächlicher Halsfaszie und in 40 % Zerreißen der Muskulatur mit einer Bevorzugung des vorderen Halsdreiecks und der beiden Mm. sternocleidomastoidei. Derartige Zer-

reißen der Halsmuskulatur sind beim suizidalen Erhängen zwar schon lange bekannt (v. Hofmann, 1893), aber dennoch sehr selten. Bei der Justifikation durch den Strang werden sie häufiger beschrieben (v. Hofmann und Haberda, 1927).

Anders verhält es sich bei den zarten Einblutungen in die unteren Ansätze der Mm. sternocleidomastoidei, die in der Gruppe B regelmäßig, bei suizidalem Erhängen in fast 60 % der untersuchten Fälle vorkamen (Tab. 1).

In gleicher Weise wie die Unterblutung der unteren Ansätze der vorderen Halsmuskeln sind komplette Gefäßabrisse und deren Vorformen, die Intimazerreißen, dem Längszug zuzurechnen. Anders als die vollständigen Gefäßrupturen, die beim suizidalen Erhängen praktisch nicht vorkommen, treten dort die nach Amussat (1828) benannten querverlaufenden Intimaverletzungen der A carotis comm. in 10–20 % der Fälle auf (Lesser, 1881 – 14 %; Peham, 1894 – 8,6 %; Laiho et al., 1968 – 16 %; Saternus, 1977 – 10 %). Sie liegen typischerweise beim Erhängen kurz unterhalb der Carotidengabel, vereinzelt sogar darüber (Peham, 1894). Solche Gefäßläsionen sind auch nach vitalem und postmortalem Drosseln (Lesser, 1881) und nach Würgen (Friedberg, 1880; Messerer, 1900; Lösener, 1908 und Ziemke, 1909) sowie nach der österreichischen Form der Justifikation durch den Strang (v. Hofmann, 1876) beschrieben worden.

Über die sehr viel seltenere isolierte Intimazerreißen der V. jugularis wurde 1901 erstmals von Schmidt berichtet. Sie kam unter den 100 Fällen der Gruppe A nicht, jedoch bereits 3 mal unter den 17 Fällen der Gruppe B vor (Tab. 2). Dabei lag bei dem Fall der einseitig links erfolgten Intimaverletzung gleichzeitig beidseits eine solche in der A carotis comm. vor. Hingegen war bei dem gleichfalls mit submentaler Knotenlage durchgeführten Versuch, der zu einer beidseitigen Intimaverletzung in der V. jugularis geführt hatte, die A. carotis unverletzt geblieben und in dem weiteren Fall einer beidseitigen Jugularisläsion die Arterie nur linksseitig betroffen.

Auf die Verletzungen von Kehlkopf und Zungenbein soll an anderer Stelle ausführlich eingegangen werden. Sie sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Die Verletzungen der HWS in der Gruppe B, dargestellt in Abb. 2, weisen eine dem suizidalen Erhängen ähnliche Häufigkeitsverteilung (Saternus, 1978) auf. So lag das Maximum der Verletzungen im Bewegungssegment C 5/6, der zweite Gipfel in der Occipito-atlanto-axis-Region (C 0/2) und ein Minimum im thorakalen Übergang. Abweichend vom suizidalen Erhängen war in der Gruppe B das Bewegungssegment C 2/3 häufig verletzt, und es fand sich weiterhin ein recht großer Anteil schwerer knöcherner Verletzungen in der oberen HWS. Als Erklärungsmöglichkeit dieser Unterschiede bietet sich die ungleiche Art der Belastung an. Beim suizidalen Erhängen wurde in der vorausgegangenen Analyse der 100 HWS-Präparate unabhängig von der Knotenlage das Verletzungsmaximum in C 5/6 mit einer erhöhten Zugspannung unterhalb der Krafteinleitungsstelle (tiefster Bereich des Strangwerkzeuges) speziell durch eine Aufhebung der Lordose erklärt.

Dieses Maximum C 5/6 ließ sich bei den Fallversuchen in der Gruppe B reproduzieren – die Abb. 3 zeigt einen typischen Befund bei seitlicher Knotung. Es besteht jedoch nicht einheitlich für alle Formen der Krafteinleitung (Abb. 2). So entsprach es keineswegs der Erwartung, daß in C 5/6 am häufigsten bei submentaler Verknotung und am seltensten bei nuchaler eine Verletzung aufgetreten war. Auch nach seitlicher Lage war das Segment C 5/6 am schwersten verletzt.

**Segmentverteilung der HWS-Verletzungen
(Gruppe B) nach der Lage des Knotens untergliedert**

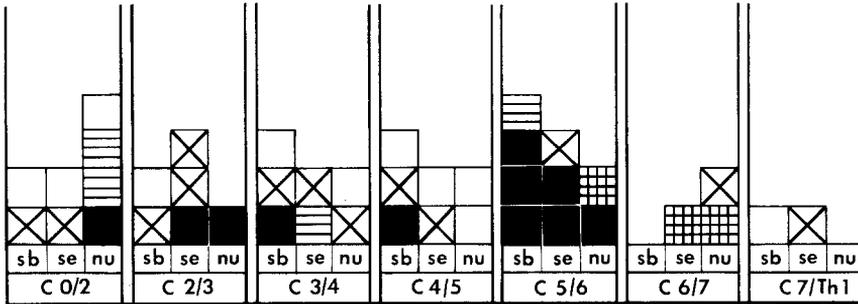
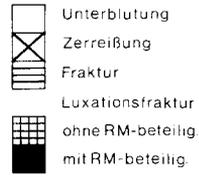


Abb. 2. sb = submental, se = seitlich, nu = nuchal (Knotenführung). Einzelheiten siehe Text

Nach Wood-Jones (1913) war bei Justifizierten mit seitlicher Lage des Knotens nicht die HWS verletzt, sondern eine Schädelbasisfraktur typisch. Ein solcher Befund wurde jedoch in der gesamten Serie nicht beobachtet, wenngleich eine Schädelbasisringfraktur nach den Vorstellungen von Patscheider (1961), Voigt (1962, 1972, 1974) und Spasic u. Rezic (1970) unter bestimmten Bedingungen durchaus zu erwarten wäre.

Allerdings werden auch im Royal Commission on Capital Punishment Report (1953) bei der englischen Justifikation durch den Strang keine Schädelbasisfrakturen, sondern nur HWS-Verletzungen erwähnt, die nach Pierrepoint (1974) in Höhe C 2/3 lokalisiert gewesen sein sollen. Er, wie sein Vater und sein Onkel, die ebenfalls Henker waren und gewissenhaft Aufzeichnungen geführt haben, hat sich in etwa (siehe seine Zusatzbemerkung in Abb. 1) an der im Report bestätigten offiziellen Table of Drops orientiert.

Immer war die Verknüpfung seitlich. Die von Kinkead (1885) bei einer Hinrichtung in Irland beschriebene submentale Lage des Knotens war in England unüblich. Pierrepoint (1974) weist darauf hin, daß auch die retroauriculäre Knotenlage seit über 100 Jahren, zumindest aber über den durch seine Unterlagen erfaßten Zeitraum gleichfalls in England nicht typisch war. Denn statt des noch in den USA üblichen Knotens, der aus technischen Gründen auch bei den vorliegenden postmortalen Fallversuchen verwandt werden mußte, kam im Vereinigten Königreich ein Gleitring zur Anwendung. Und auch auf wiederholtes Befragen (s. unten) gibt Mr. Pierrepoint an, daß dieser Ring nicht retroauriculär, sondern von ihm immer unter dem linken Kieferwinkel mit einem Gummistopper fixiert wurde. Es handelt sich also um eine völlig andere Form der Krafteinleitung, als sie bisher in der Literatur geschildert worden ist.

Trotz seitlichen Schlusses der Schlinge bei dieser englischen Form ist somit auch als Folge einer direkten Gewalteinwirkung gegen den Unterkiefer eine Beschleunigung des Schädels zu erwägen. Hinzu kommen starke rotatorische Kräfte während des vollständigen Schlingenschlusses, wobei zu berücksichtigen ist, daß trotz der getragenen Kapuze, die über den Hals herunterreicht, die Haftreibung des rauhen Hanfseils auf der



Abb. 3. Luxationsfraktur in C 5/6, dem Verletzungsmaximum beider Kollektive (Gruppe A und B)

Haut sehr fest ist. Belegt wird diese Auffassung durch das häufige Auftreten eines Decollements bei den Fallversuchen in der Gruppe B (Tab. 1).

So wird es auch verständlich, warum es speziell bei summentaler Knotenlage nicht zu einer Hyperextension, sondern zu einer rotatorischen Beschleunigung und starker Zugbelastung im caudalen HWS-Abschnitt gekommen ist.

Daß jedoch dann, wenn bei einem Sturz mit umgelegter Schlinge die submentale Führung erhalten bleibt, eine hangman's fracture entstehen kann, ist durch die eindeutig dokumentierte Mitteilung von Sköld (1978) belegt, denn bei Wood-Jones (1913), der das Prinzip erkannte, handelte es sich um Rekonstruktionen, und bei Vermooten (1921) fehlt eine Aussage über die Knotenlage. So stammen auch die sonst publizierten Fälle nicht von Erhängten, sondern von Traumata – meist Verkehrsunfälle oder Stürze –, bei denen es durch einen Kinn- oder Gesichtsanprall zu einer starken Hyperextension gekommen war (Grogono, 1954; Durbin, 1957; Gelehrter und Vittali, 1960; Hipp und Keyl, 1963; Schneider et al., 1965; DeLorme, 1967;

Tabelle 2. Verletzungen von A. carotis comm., A. vertebralis und V. jugularis

Knotenlage	Ruptur						Intimazerreißung								
	A. carotis		A. vertebr.		V. jug.		A. carotis		V. jug.						
	re.	li.	bds.	re.	li.	bds.	re.	li.	bds.	re.	li.	bds.			
submental															
Gruppe A (n = 9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Gruppe B	-	1	-	-	-	5	-	-	-	2	1	-	-	1	1
seitlich															
Gruppe A (n = 41)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	-	-	-
Gruppe B (n = 6)	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	1	1	-	-	-
nuchal															
Gruppe A (n = 50)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-
Gruppe B (n = 6)	-	-	2	-	-	3	1	-	1	-	2	1	-	-	1

Gruppe B wies in 80 % eine Gefäßbeteiligung auf.

Wegen der Schwierigkeit bei der Darstellung der A. vertebralis wurden hier nur komplette Rupturen erfaßt

Norrell und Wilson, 1970; Edgar et al., 1972; Marar, 1975; Williams, 1975; Sherk, 1975; Seljeskog und Chou, 1976; Mestdagh, 1976; Saternus, 1977).

Für die Entstehung der hangman's fracture werden 3 verschiedene Mechanismen diskutiert. Der am häufigsten beschriebene ist der Kinnanprall mit einer Traktionsverletzung bei Hyperextension. Eine wichtige Voraussetzung für das Zustandekommen dieser Fraktur ist die bereits von Wood-Jones erkannte Luxation zwischen 2. und 3. HWK, d. h. zumindest eine Zerreißung des vorderen Längsbandes, meist auch der Zwischenwirbelscheibe. Erst dadurch kann die HWS in diesem Segment abknicken, und es entsteht ein Drehmoment um den „Abstützpunkt“ des 2. auf dem 3. Dornfortsatz oder auch auf mehreren tieferen Dornfortsätzen mit starker Biegebelastung im Axisdornfortsatz und im gesamten Bogen. Die ventralen Bänder in C 0/2 stehen hingegen unter Zugspannung.

Beim 2. Typ der hangman's fracture, den Williams (1975) beschrieben hat, muß von einem Überstreckungstrauma der HWS (Junghanns, 1959), und zwar speziell von einem Obergesichtsanprall ausgegangen werden. Neben den Voraussetzungen wie beim Typ 1 – Abknickung C 2/3 – kommt es in den dorsalen Partien durch die Hinterhauptsschuppe zu einer Kompression des hinteren Atlasbogens gegen den Bogen und Dornfortsatz des Axis, während in C 0/2 ventral die Zugbelastung fortbestehen bleibt. Die Folge ist eine Spannungserhöhung in den dorsalen Elementen von C 2 und nach eingetretener Pedikelfraktur eine extreme Biegebelastung des hinteren Atlasbogens, so daß es zusätzlich zu einer Atlasbogenfraktur kommen kann, wie sie als kombinierte bilaterale Pedikel- und hintere Atlasbogenfraktur von Williams (1975) als Röntgenbefund mitgeteilt worden ist.

Tabelle 3. Verletzungen von Zungenbein und Kehlkopf

Knoten- lage	Ab- riß	Kehlkopf				Zungenbein											
		Fraktur		Oberh.		Fraktur		Zerreißung									
		Sch.	re.	li.	bd.	gr. Horn	re.	li.	bd.	Knöpfchen	re.	li.	bd.	Junktur	re.	li.	bd.
submental																	
Gruppe A (n = 9)	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruppe B (n = 5)	-	-	-	1	4	-	4	1	-	-	-	-	-	1	-	2	-
seitlich																	
Gruppe A (n = 41)	-	-	6	3	6	2	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruppe B (n = 6)	1E	1	-	1	3	4	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
nuchal																	
Gruppe A (n = 50)	-	-	6	5	11	2	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruppe B (n = 6)	1R1E	1	1	1	1	2	2	1	-	1	1	-	1	-	1	-	-

E = Epiglottisauriß

R = Zerreißung zwischen Schild- und Ringknorpel

Sch = Schildknorpel

Oberh. = Oberhorn

Gr. Horn = großes Zungenbeinhorn

Fraktur und Gelenkkapselzerreißung (Zungenbein)

submental li. Horn und bd. Gelenke, li. Horn und re. Gelenk (hinten)

seitlich re. Horn und li. Gelenk (vorn)

nuchal re. Horn und li. Gelenk

Als 3. Möglichkeit zur Entstehung einer hangman's fracture wird die Flexion diskutiert. Seljeskog u. Chou (1976) dokumentieren diese Version mit einem Röntgenbefund. Eine Entstehung dieses Frakturtyps ist vorstellbar, wenn es bei der Flexion zu einer Zerreißung der Ligg. inter- et intraspinoza in C 2/3, nicht jedoch zu einer des Lig. flavum oder longitudinale posterior gekommen ist und ein Kraftschluß über ausreichend intakte Mm. atlanto-occipitalis et atlanto-axialis posterior besteht. Daraus läßt sich ableiten, daß dieser Verletzungstyp auch mit Dens- oder hinteren Atlasbogenbrüchen kombiniert sein kann.

Gegensätzliche Vorstellungen von der Entstehung des Flexionsbruchs haben Brashear et al. (1975) entwickelt. Für diese Autoren liegt die Voraussetzung für den Axisbogenbruch gerade in einer Zerreißung des M. atlanto-axialis posterior. Nach ihren Vorstellungen erfolgt die Krafteinleitung über den hinteren Atlasbogen, also einen langen Hebelarm für den Dens axis, in dem somit die höchsten Biegespannungen in diesem System auftreten müssen. Die beidseitige Pedikelfraktur – ebenfalls Folge nicht mehr tolerierter Biegespannung – soll zusammen mit einer Luxation und somit von Zerreißungen von Bandscheibe, hinterem und vorderem Längsband auftreten, was eine weitere Spannungszunahme im Dens voraussetzen würde. Das Ergebnis wäre dann



Abb. 4. Hangman's fracture im Axis einer 35-jährigen Frau, an deren HWS sich noch keine degenerativen Veränderungen manifestiert hatten

nicht eine hangman's fracture, sondern die typische Densfraktur als Flexionsverletzung, wie sie auch in Abb. 6 dargestellt worden ist.

Hinsichtlich der Richtung der äußeren Gewalteinwirkung soll nach Gelehrter und Vittali (1960) insofern eine Unterscheidungsmöglichkeit bestehen, als bei der Hyper-

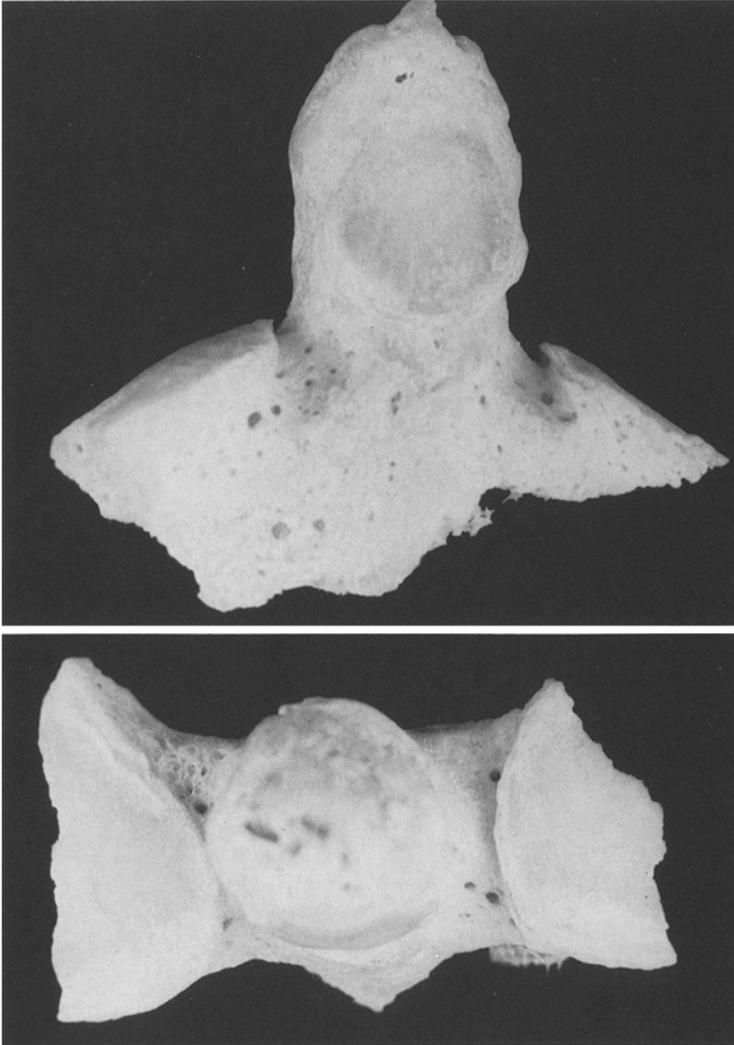


Abb. 5. Breite Aussprengung des Dens axis mit bogenförmigem Frakturverlauf durch beide Facies articulares superiores bei einem 76-jährigen Mann nach forcierter Ventralflexion

extension der Frakturspalt durch die Facies articulares superiores des Axis, bei der Flexion aber weiter dorsal davon verläuft.

In dieses Schema scheint auf den ersten Blick die bei seitlicher Knotenlage (Abb. 4) entstandene hangman's fracture nicht ganz zu passen. Doch ist dabei die bereits erwähnte Lageänderung des Knotens beim Zuziehen der Schlinge zu berücksichtigen. In der Endposition nach dem Versuch lag hier der Knoten nicht mehr seitlich, sondern submental, womit eine hangman's fracture vom Typ 1 – zweifellos aber mit einer starken rotatorischen Komponente – anzunehmen ist. Ausdruck dieser rotatorischen Beschleunigung dürfte die asymmetrische Form des Bruchs sein, der links durch die Facies art. sup. und rechts durch den Bogen (Pedikel) verläuft.

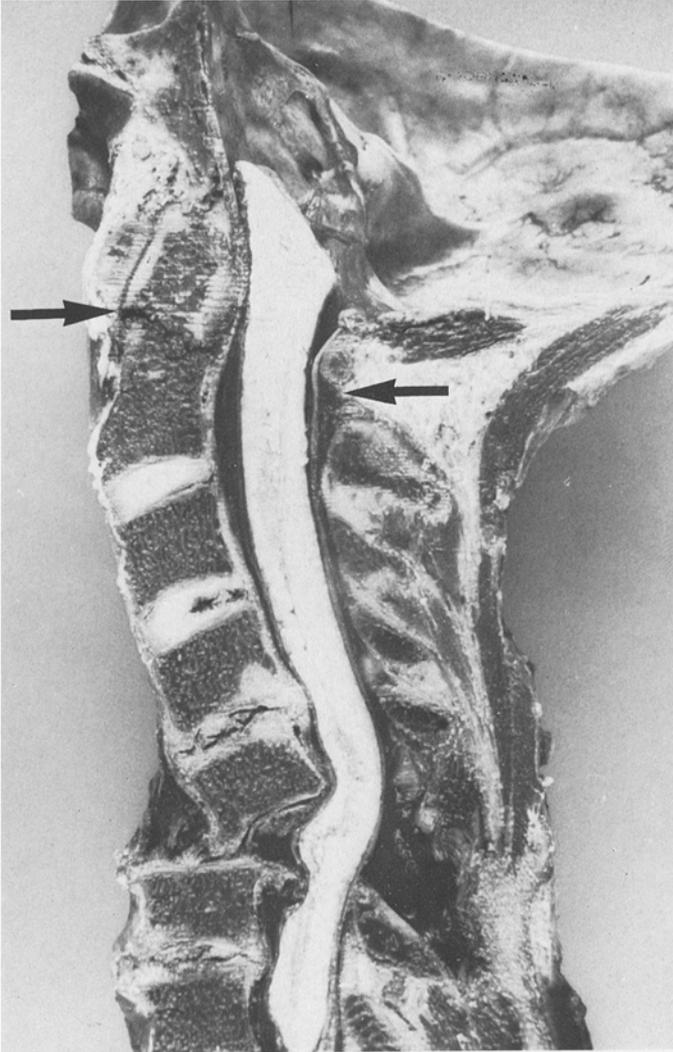


Abb. 6. Superiortyp einer Densfraktur (Pfeil) bei einem 62-jährigen Mann nach Traktion der HWS und Ventralflexion des Kopfes. Teilzerreiung des M. atlanto-axialis posterior (Pfeil). Komplette Luxationsruptur im Segment C 5/6 ohne Rückenmarksbeteiligung. Zentrale Zerreißung und dorsaler Riß in der Bandscheibe C 3/4. Starke Osteochondrose C 4/5–C6/7 mit Bevorzugung des Segmentes C 4/5

Nicht mit der hangman's fracture zu verwechseln ist der hufig ein- oder beidseitig durch die Facies art. sup. verlaufende kragenfrmige Ausbruch des Axiskrpers. Nach seiner Entstehungsweise muß dieser Frakturtyp im weitesten Sinne als Densfraktur aufgefaßt werden.

In Abb. 5 ist ein Beispiel dafür aus der Gruppe B dargestellt. Diese Fraktur stammt – wie die beiden noch weiterhin aufgetretenen Densfrakturen – aus dem Kollektiv mit nuchaler Verknüpfung. Die Lokalisation der HWS-Verletzungen bei dieser Art der

Knotenlage unterscheidet sich, wie aus der Abb. 2 ersichtlich ist, wesentlich von der mit submentaler oder auch seitlicher.

Der Unterschied ist nicht darin begründet, daß dabei vielleicht eine rotatorische Komponente gefehlt hätte – dem steht der hohe Anteil an Decollements gegenüber –, sondern daß bei der Anspannung des großen Knotens der Schädel zusätzlich abrupt ventral flektiert wurde. Damit ist ein typischer Mechanismus für die Entstehung einer Densfraktur gegeben, der darin zu sehen ist, daß über einen langen Hebelarm, den hinteren Atlasbogen, bei Dehnung und/oder Zerreißung der *Mm. atlanto-axialis posterior* (Abb. 6) der Dens auf Biegung belastet wird. Vergleicht man die Lage der Densfrakturen in Abb. 5a und Abb. 6, so ergeben sich bei gleichartiger Form der Krafteinleitung völlig verschiedene Typen. Den breiten kragenförmigen Densausbruch kann man nach Wackenheim und Lopez (1969), Wackenheim (1974) als basalen oder Inferiortyp, das 2. Beispiel hingegen muß man als Spitzen- oder Superiortyp bezeichnen. Dieser Befund bestätigt auch eigene frühere Untersuchungen (Saternus, 1977), wonach es nicht möglich ist, allein aus der Form der Densfraktur auf die Richtung der vorausgegangenen äußeren Gewalteinwirkung zu schließen.

Wie die Analyse des vorliegenden Untersuchungsgutes gezeigt hat, ergeben sich jedoch durchaus Zusammenhänge zwischen der Form der Krafteinleitung und dem Verletzungsmuster der HWS. So lagen die schweren Verletzungen (meist Luxationen) bei submentaler und auch seitlicher Lage des Knotens in der unteren HWS, bei nuchaler Verknüpfungsart in der oberen. Degenerativen Vorschädigungen mag dabei eine gewisse Modifizierung zugekommen sein.

Der große Einfluß der Traktion auf die untere HWS mit einer besonders starken Spannungszunahme infolge der Aufhebung der Lordose läßt sich bei jeder Form der Krafteinleitung, auch bei nuchaler Knotenlage erkennen, wenn gleichzeitig, wie in Abb. 6 dargestellt, sowohl eine Densfraktur als auch die typische Verletzung im Bewegungssegment C 5/6 aufgetreten sind.

Literatur

- Amussat, J. Z.: Recherches experimentales sur les blessures des artères et des veines. Résumé des trois memoires ens à l'Academie royale des Sciences. Paris: R. Dupont 1843
- Barnes, R.: Paraplegia in cervical spine injuries. *J. Bone Jt. Surg.* **30 B**, 234–244 (1948)
- Brashear, R., Venters, G. C., Preston, E. T.: Fractures of the Neural Arch of the Axis. *J. Bone Jt. Surg.* **57 A**, 879–887 (1975)
- De Lorme, T. L.: Axis-predicle fractures. *J. Bone Jt. Surg.* **49 A**, 1472 (1967)
- Durbin, F. C.: Fracture-dislocations of the cervical spine. *J. Bone Jt. Surg.* **39 B**, 23–38 (1957)
- Edgar, M. A., Fisher, T. R., McSweeney, T., W. M. Park: Tetraplegia from Hangman's Fracture; Report of a case with Recovery. *Injury* **3**, 199–202 (1972)
- Emminger, E.: Zur Pathologischen Anatomie des Schleudertraumas der Halswirbelsäule. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **316**, 445–457 (1966)
- Fried, L. C.: Cervical spine cord injury during skeletal traction. *JAMA* **229**, 181–183 (1974)
- Friedberg, H.: Über die Entstehungsweise und Bedeutung der bei Erhängten und Erdrosselten vorkommenden Verletzungen der Kopfschlagader. *Virchow's Arch. path. Anat.* **74**, 405–413 (1878)
- Friedberg, H.: Beiträge zur gerichtlichen Medizin. III. Über ein neues Zeichen des Erwürgungsver-suches. *Virchow's Arch. path. Anat.* **LXXIX**, 409–424 (1880)
- Gelehrter, G., Vittali, H. P.: Verletzungsformen der Halswirbelsäule mit Ausnahme der Kopfge-lenke. *Arch. orthop. Unfall-Chir.* **52**, 287–310 (1960)

- Giebel, M. G.: Schleudertrauma der Halswirbelsäule. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **316**, 457–461 (1966)
- Gögler, E.: Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule. *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*, Bd. XXV. Stuttgart: Hippokrates Verl. 1962
- Grogono, B. J. S.: Injuries of the atlas and axis. *J. Bone Jt. Surg.* **36 B**, 397–410 (1954)
- Haberda, A.: Über die Art des Vollzugs der Todesstrafe. *Arch. Krim. anthrop.* **I**, 230–257 (1903)
- Hinz, P.: Vielschichtige Untersuchungsmethoden zur Erfassung pathomorphologischer Sektionsbefunde nach Schleudertraumen der Halswirbelsäule. *Dtsch. Z. gerichtl. Med.* **64**, 204–216 (1968)
- Hinz, P.: Die Verletzung der Halswirbelsäule durch Schleuderung und Abknickung. *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*, Bd. 47, Stuttgart: Hippokrates Verl. 1970
- Hinz, P.: Verletzungsmuster der Halsorgane in Abhängigkeit zur Impulsrichtung. *H. Unfallheilk.* **110**, 15–20 (1972)
- Hipp, E., Keyl, W.: Frakturen an Atlas und Axis. *Fortschr. Med.* **81**, 589–596 (1963)
- Hofmann, E. v.: Justifikation durch den Strang. *Wien. Med. Wschr.* **26**, 1265–1267 (1876)
- Hofmann, E. v.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Wien, Leipzig: Urban & Schwarzenberg 1893b
- Hofmann, E. v., Haberda, A.: Lehrbuch der gerichtlichen Medicin. Berlin, Wien: Urban & Schwarzenberg 1927¹¹
- Junghanns, H.: Traumafolgen an der gesunden und an der vorgeschädigten Wirbelsäule. *Z. Unfallmed. Berufserkrk.* **52**, 101–122 (1959)
- Kuhlendahl, H., Kunert, W.: Röntgenologisch-klinische Studien zur Pathologie der Halswirbelsäule. *Medizinische II*, 1956–1601 (1956)
- Kinthead, R. J.: Nine cases of death by hanging. *Lancet 1885 I*, 657–658 u. 701–703
- Laiho, K., Isokoski, M., Hirvonen, J., Ojala, K., Marttila, A., Tenhu, M.: Über die Obduktionsbefunde beim Selbstmord durch Erhängen. *Dtsch. Z. gerichtl. Med.* **63**, 63–69 (1968)
- Lesser, A.: Über die localen Befunde beim Selbstmord durch Erhängen. *Vjschr. gerichtl. Med.* **35** (III. F.), 201–248 (1881)
- Lösemer: Über den Tod durch Erwürgen vom gerichtsarztlichen Standpunkt. *Vjschr. gerichtl. Med.* **36**, (III. F.), 10–80 (1908)
- Marar, B. C.: Fracture of the Axis Arch. "Hangman's Fracture" of the Cervical Spine. *Clin. Orthop.* **106**, 155–165 (1975)
- Messerer, O.: Über den Befund bei Erstickung durch Einwirkung auf den Hals. *Münch. med. Wschr.* **47**, 726, 771 (1900)
- Mestdagh, H.: Morphological Aspects and Biomechanical Properties of the Vertebroaxial Joint (C2–C3). *Acta Morphol. Nederl.-Scand.* **14**, 19–30 (1976)
- Mildner, E.: Über die Zerreißen der inneren Arterienhäute bei dem Tode durch Erhängen. *Vjschr. prakt. Heilk. (Prag)* **7**, Bd. III, 157–160 (1850)
- Norrell, H., Wilson, C. B.: Early anterior fusion for injuries of the cervical portion of the spine. *JAMA* **214**, 525–530 (1970)
- Olbrycht, J. S.: Beiträge zur Lehre über den Tod durch Erhängen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **54**, 407–423 (1963)
- Patscheider, H.: Zur Entstehung von Ringbrüchen des Schädelgrundes. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **52**, 13–21 (1961)
- Peham, H.: Über Carotisrupturen beim Tode durch Erhängen. *Vjschr. gerichtl. Med.* **VIII**, Suppl. (III. F.), 176–191 (1894)
- Pierrepont, A.: Executioner. London: Harrap 1974
- Royal Commission on Capital Punishment 1949–1953 Report. London: Her Majesty's Stationery Office 1953
- Saternus, K.-S.: Das Schleudertrauma des Halses. *Unfallchir.* **3**, 11–17 (1977)
- Saternus, K.-S.: Verletzungen des Halses durch direkte und indirekte Gewalteinwirkungen. *Habilitationsschrift*, Köln 1977
- Saternus, K.-S.: Verletzungen der Halswirbelsäule beim Suizid durch Erhängen *Z. Rechtsmed.* **81**, 299–308 (1978)
- Schmidt, W.: Ein Beitrag zur Statistik des Erhängungstodes. *Inaug.-Diss.*, Berlin 1901
- Schmorl, G., Junghanns, H.: Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. Stuttgart: E. Thieme 1968⁵

- Schneider, R. C., Livingston, K. E., Cave, A. J. E., Hamilton, G.: "Hangman's Fracture" of the Cervical Spine. *J. Neurosurg.* **22**, 141–154 (1965)
- Sejleskog, E. L., Chou, S. N.: Spectrum of hangman's fracture. *J. Neurosurg.* **45**, 3–8 (1976)
- Sherk, H. H.: Lesions of the Atlas and Axis. *Clin. Orthop.* **109**, 33–41 (1975)
- Sköld, G.: Fracture of the Axis Caused by Hanging. *Z. Rechtsmed.* **80**, 329–331 (1978)
- Sonoda, R.: Studies on the strength for compression, tension and torsion of the vertebral column. *J. Kyoto pref. med. Univ.* **71**, 659 (1962)
- Spasic, P., Rezić, A.: Ein Beitrag zur Kenntnis des Entstehungsmechanismus der Schädelbasisringbrüche. *Z. Rechtsmed.* **67**, 324–328 (1970)
- Strassmann, G., Ziemke, E.: Agonale Verletzungen der Halswirbelsäule und des Kehlkopfgerüsts bei natürlichem, plötzlichem Tod infolge Herzlähmung. *Beitr. gerichtl. Med.* **7**, 89–93 (1928)
- Stringa, G.: Traumatic lesions of the cervical spine. Statistics, mechanism, classification. In: 9. Congrès International de Chirurgie. Orthopedique, 224–252 (1963)
- Vermooten, V.: A study of the fracture of the epistropheus due to hanging with a note on the possible causes of death. *Anat. Rec.* **20**, 305–311 (1921)
- Voigt, G. E.: Zur Mechanik der Ringbrüche der Schädelbasis und der Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. *Arch. orthop. Unfall-Chir.* **54**, 598–611 (1962)
- Voigt, G. E.: Aufschlagverletzungen von Kopf und Hals bei frontalen Zusammenstößen. *H. Unfallheilk.* **110**, 20–27 (1972)
- Voigt, G. E., Lange, W., Dotzauer, G.: Entstehungsweise der Verletzungen von Fahrern und Beifahrern frontal kollidierender Kraftfahrzeuge. *Z. Rechtsmed.* **73**, 252–272 (1973)
- Voigt, G. E., Sköld, G.: Ring fracture of the base of the skull. *J. Trauma* **14**, 494–505 (1974)
- Wackenheim, A., Lopez, F.: Etude radiographique des mouvements de C 1 et C 2 lors de la flexion et de l'extension de la tête. *J. Belge Radiol.* **52**, 117–120 (1969)
- Wackenheim, A.: Roentgendiagnosis of the craniovertebralregion. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1974
- Williams, T. G.: Hangman's Fracture. *J. Bone Jt. Surg.* **57 B**, 82–88 (1975)
- Witt, A. N.: Klinik und Therapie der Wirbelsäulenverletzung. *Verh. Dtsch. Orthop. Ges.* **47**, 273–302 (1959)
- Wood-Jones, F.: The ideal lesion produced by judicial hanging. *Lancet* **1913 I**, 53
- Ziemke, E.: Über die Entstehung der Carotisintima-Rupturen und ihre diagnostische Bedeutung für den Tod durch Strangulation. *Vjschr. gerichtl. Med. (III. F.)* **37**, II. Suppl., 96–118 (1909)

Eingegangen am 31. Mai 1978