

*Mely kinteleje jelenl
a neres.*

E 233/47

Orvos:

*Die Prädispositionsstellen der indirecten
Verletzungen und der chronischen traumati-
schen Entzündungen der Halswirbelsäule*

Sonder-Abdruck

aus dem

Archiv für klinische Chirurgie.

(Verlag von August Hirschwald in Berlin.)

A BUDAII KÖNYVTÁR
KÖNYVTÁRA

Dr. Jendrassik

К О М М У Н И С Т И Ч Е С К И Е
К О М И Т Е Т Ы

Die Prädispositionsstellen der indirecten Verletzungen und der chronischen traumatischen Erkrankungen der Halswirbelsäule.¹⁾

Von

Dr. F. Orsós,

Prosector am städt. Krankenhause zu Pécs (Fünfkirchen).

(Hierzu Tafel X—XII und 6 Textfiguren.)

Trotz der zahlreichen klinischen und experimentellen Studien, welche die indirecten Verletzungen der Halswirbelsäule zum Gegenstand haben, kann die einheitliche mechanische Erklärung derselben noch nicht als festgestellt betrachtet werden. In gleicher Weise harrt auch die Frage der Prädislocation der einzelnen Abschnitte, welche seit langem im Vordergrund des Interesses steht, ihrer Lösung.

Hindernd wirkte auf die Klärung der Prädislocationsfrage auch das Bestreben ein, womöglich eine einzige bevorzugte Stelle für die einem besonderen Studium unterzogene Verletzungsart zu bestimmen. Den Autoren wieder, die über ein grosses klinisches Material verfügten, ist — wohl mit Recht — eine gewisse Unbestimmtheit resp. zu weite Grenzenangabe der Prädislocationspunkte eigen. Auch befasste man sich gelegentlich mehr mit der Feststellung der charakteristischen Verletzungsarten der einzelnen disponirten Stellen, als mit dem Wesen der Prädislocation selbst. Dabei sind die einzelnen Verletzungsarten (Contusion, Distorsion, Luxation, Fractur und Luxationsfractur), vor allem aus klinischen Rücksichten, bezüglich des Verletzungsmechanismus vielleicht zu streng gesondert worden. In der That sind diese oft nur Abstufungen oder durch zufällige Verhältnisse bedingte Variationen desselben

¹⁾ Auszugsweise auf dem I. internationalen Pathologen-Congress zu Turin (2.—5. October 1911) vorgetragen.



Verletzungsvorganges und lassen sich eventuell durch den gleichen Verletzungsmechanismus und durch dieselbe Gewalt experimentell hervorbringen. Durch die mit gleicher Gewalt ausgeübte Retroflexion kann z. B. bei einem jungen Individuum der Einriss einer Intervertebralscheibe, also eine Distorsion (im Sinne Kocher's, der die isolirten Läsionen der Bandscheiben hierher zählt), bei einem älteren ein vollständiges Zerreißen der Scheibe mit totaler Luxation nach hinten zu, bei einem mit seniler Osteoporose behafteten Individuum aber ein Querriss des einen Wirbelkörpers, also eine wahre Rissfractur erzeugt werden. Das disponirende Moment ist jedoch, was sowohl den Ort der Verletzung, als auch die Art und den Grad der Gewalteinwirkung anbelangt, in allen 3 Fällen das gleiche.

Werden die genannten Verletzungsformen mehr vom einheitlichen Standpunkte des Verletzungsmechanismus aus betrachtet, so kann man, besonders bezüglich der experimentellen Ergebnisse, zu einer befriedigenden mechanischen Erklärung der Prädispositionssitze gelangen. — Bevor ich aber auf die in dieser Richtung gemachten Versuche übergehe, möchte ich in aller Kürze die hauptsächlichsten Daten der Literatur berühren. Eine ausführliche Beschreibung meiner zahlreichen Leichenexperimente halte ich für zwecklos, da die Verletzungsvorgänge von mehreren Autoren [Bonnet¹⁾, Chédevergne²⁾, v. Kryger³⁾, Stolper⁴⁾, Kocher⁵⁾] ausführlich beschrieben worden sind.

Die Lieblingsstellen der Distorsionen, welche meist beim Hintenüberbeugen entstehen, liegen nach Bonnet zwischen dem 6. und 7., nach Kocher an den mittleren, 4., 5. und 6 und nach Hahn⁶⁾ an den unteren Halswirbeln.

Reine Luxationen kommen nach Kocher hauptsächlich an den oberen, Totalluxationen an den untersten (6. und 7.), in der Zusammenstellung von Wagner-Stolper am häufigsten an dem 4., 5. und 6. Halswirbel vor. In den von den neueren Autoren publicirten Luxationsfällen erfolgte die Läsion zumeist zwischen dem 5. und 6. oder 6. und 7. Wirbel.

Für Fracturen der Halswirbelsäule giebt Malgaigne⁷⁾ den 3. bis 7., Schlagintweit⁸⁾ den 5. Hals- bis 1. Brustwirbel, Kocher

1) 2) 7) u. 8) Cit. nach v. Kryger.

3) v. Kryger, Deutsche Zeitschr. f. Chir. Bd. 45.

4) Stolper, Allgem. medic. Centralztg. Bd. 66. H. 9—10.

5) Kocher, Mitth. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir. Bd. 1.

6) Hahn, Centralbl. f. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir. Bd. 1.

die untersten, Kryger im Allgemeinen den 3. bis 7. und besonders den 6. und 7. Wirbel als Prädilectionssitz an.

Die Luxationsfracturen kommen nach Kocher am häufigsten an den untersten Halswirbeln (6. und 7.) vor; nach Bonnet's experimentellen Studien aber bei der Anteflexion zwischen 7. Hals- und 1. Brustwirbel, wobei der eine zermalmst werden soll.

Bezüglich der Erklärung der Prädilection findet man in der Literatur eine gewisse Unbestimmtheit. Es wird namentlich statt der Erklärung selbst, meist wieder die umschriebene Constatirung des Bestehens und der anatomischen Lage der Lieblingssitze gegeben.

Nach der im Allgemeinen bereits aufgegebenen Ansicht Malgaigne's sind z. B. Fracturen besonders jene Theile der Wirbelsäule ausgesetzt, wo ein minder beweglicher Theil mit einem beweglicheren zusammenstösst, also der 3. bis 7. Halswirbel. Diese Ansicht fand mehrere Anhänger.

Nach Bonnet wirken Beugungen besonders auf jene Punkte, an welchen die normale Beweglichkeit am stärksten ist, z. B. an den letzten Halswirbeln. Diese Ansicht ist, wie wir sehen werden, ebenso wenig verallgemeinbar, sie wurde jedoch von vielen angenommen.

Nach Chédevergne entstehen die Fracturen bei Beugungen des Rumpfes an einem bestimmten Wirbel, der in der Mitte des durch die Beugung erzeugten Bogens liegt und durch besondere Beweglichkeit von den anderen ausgezeichnet ist.

Kocher folgert auf Grund seiner reichen Erfahrung, dass bei Beugung diejenigen Theile der Luxation speciell ausgesetzt sind, wo (am Halse) die Vorwärtsbeweglichkeit am grössten ist, diejenigen Theile dagegen, wo (Lendentheil) die Vorwärtsbewegungen am beschränktesten sind, vorzugsweise den Wirbelfracturen, und diejenigen Stellen, wo die Beugungsfähigkeit die Mitte hält (Brustwirbel) den Luxationsfracturen.

v. Kryger äussert sich auf Grund seiner eingehenden experimentellen Untersuchungen und Ueberlegungen folgendermaassen: „Inwiefern gewisse Unterschiede des Mechanismus für den Sitz der Verletzung maassgebend sind, darüber können wir aus den Versuchen keine sicheren Schlüsse ziehen“.

Henle's¹⁾ nachstehende Deutung muss als unrichtig bezeichnet

1) Henle in v. Bergmann, v. Bruns u. v. Mikulicz. Handb. der prakt. Chir. Bd. 2.

werden: „Meist ist die Wirbelsäule in ihrer ganzen Länge dem einwirkenden Trauma ausgesetzt. Dennoch betrifft die Fractur in der Regel nur einen oder wenige einander benachbarte Wirbel. Dies erklärt sich aus dem Umstand, dass die Elasticität der Wirbelsäule und demnach auch die Disposition zu Compressionsfracturen in den verschiedenen Abschnitten nicht die gleiche ist“.

Da diese Aeusserung schon den Versuch einer mechanischen Erklärung einschliesst, möchte ich dagegen gleich einwenden, dass die spezifische Elasticität der Wirbelsäule in allen Abschnitten die gleiche ist, da sie sich doch in der ganzen Länge aus demselben Materiale aufbaut. Dagegen ist zufolge ihrer mehrfach gebogenen Form ihre elastische Beanspruchung auf Zug, Druck, Schub, Biegung, Verwindung und Knicken verschieden vertheilt. Die Trennung der Continuität erfolgt aber, wie ich es noch genauer erörtern werde, an den Stellen, wo das Gleichgewicht zwischen Zug- resp. Druckfestigkeit und Zug- resp. Druckspannung zuerst gestört wird.

Meine eigenen Untersuchungen haben in erster Reihe die mechanische Erklärung der Prädilectionsstellen zum Gegenstande. Bisher erstrecken sich dieselben hauptsächlich auf Verletzungen, welche experimentell durch die übermässige Biegung der Halswirbelsäule in der Sagittalebene erzeugt wurden. Und zwar eines Theils, weil die Verletzungen, welche meine Versuche veranlassten, durch diese Bewegungsart entstanden sind, und anderen Theils, weil ich diese Fälle für die praktisch wichtigeren und einer mechanischen Betrachtung zugänglicheren erachtete. — Die Torsion tritt bekanntlich nur selten selbstständig auf, meist ist sie mit einer Art von Biegung combinirt, oder geht, wie ich es zeigen werde, aus der Vorwärtsbiegung hervor.

Die Biegung nach rückwärts habe ich grösstentheils derart ausgeführt, dass ich, nach Unterstützung des Rückens der Leiche mit einem dickeren Holzklötz, den eingehüllten Kopf am Kinn und an der Stirne erfasste und stark nach rückwärts bog. In geringerer Zahl wurden die Versuche in gleicher Weise, aber in der Bauchlage des Cadavers ausgeführt. Bezüglich der Stelle und der Form der eingetretenen Verletzung zeigte sich in beiden Versuchsweisen kein bemerkbarer Unterschied. Ebenso war auch der secirte oder unsecirte Zustand ohne besonderen Einfluss.

Das Resultat der Retroflexion war in der Regel ein mehr oder weniger tief gehender Riss einer Zwischenscheibe. Meist entstand

derselbe an der oberen Grenze der Bandscheibe; bei morschen, brüchigen Scheiben auch in der Mitte. Zuweilen blieben kleinere oder grössere losgelöste Theile der Wirbelkörper an der Scheibe haften, einige Male in der ganzen Breite, wie es Heinlein¹⁾ beschrieb. In relativ wenigen Fällen (8,7 pCt.), meist bei marantischen osteoporotischen Individuen riss der eine Wirbel selbst quer durch. Bei diesen kam es auch vor, dass einzelne der fest aneinander gepressten Dornfortsätze sich gegenseitig zerdrückten.

Ich muss noch bemerken, dass bei Kindern und jüngeren Individuen die Rückwärtsbiegung — infolge der grossen Biegsamkeit der Halswirbelsäule — so weit geführt werden kann, dass sich das Hinterhaupt fest an den Rücken presst, ohne dass man eine sichtbare Verletzung erreicht.

Ausser einer recht beträchtlichen Anzahl von negativen Versuchen habe ich über 400 mit positivem Erfolg gemacht. In der 1. Tabelle sind davon 400 nach dem Alter der Individuen und nach der Reihenfolge der verletzten Zwischenscheiben geordnet zusammengestellt. Die kleineren Ziffern, welche nach den grössern angesetzt sind, bedeuten die Zahl jener Ausnahmefälle, in welchen der Wirbelkörper selbst riss.

Tabelle 1.

Alter der Individuen	Gesamt- zahl der Versuche	Stelle der Verletzung						
		Zwischenscheibenrisse						Riss- frac- turen
		3—4	4—5	5—6	6—7	7—1	1—2	
1—10	3	—	—	—	1	2	—	—
10—20	17	—	1	4	7	4	1	1
20—30	26	—	1	9	13	3 ₁	—	—
30—40	42	1	1	11 ₂	26	2	1 ₁	3
40—50	57	—	3 ₁	22 ₁	30	1	1 ₁	3
50—60	72	—	6 ₃	32 ₄	31	3	—	7
60—70	84	—	4 ₂	34 ₅	42 ₁	4	—	8
70—80	71	—	4 ₂	28 ₃	39 ₂	—	—	7
80—100	28	—	2 ₂	10 ₃	14 ₁	2	—	6
Summe . .	400	1	22	150	203	21	3	35
in pCt. . .		0,25	5,5	37,5	50,7	5,2	0,7	8,7
88,2 pCt.								

Wie die Summirung zeigt, fiel die Läsion in 88 pCt. der Versuche zwischen den 5. und 7., und in mehr als 50 pCt. allein

1) Heinlein, Jahresber. über d. Fortschr. d. Chir. Bd. 2.

zwischen den 6. und 7. Wirbel. Die zwischen letzteren gelegene Bandscheibe ist also bei der Retroflexion in erster, die zwischen dem 5. und 6. Wirbel liegende in zweiter Reihe der Läsion ausgesetzt. Nach auf- und abwärts zu nehmen die Zahlen plötzlich ab. Ein Einfluss des Alters auf diese Prädispositionsstellen ist aus der Tabelle nicht zu ersehen.

Die Anteflexion habe ich grösstentheils in der Rückenlage des Cadavers und in mehreren Fällen — ohne dass sich im Erfolg ein Unterschied zeigte — durch Fallenlassen der senkrecht gehaltenen Leiche auf den Nacken erzeugt. Bei sehr kräftig gebauten und kurzhalsigen Leichen gelang es zuweilen nicht, eine Verletzung zu erhalten, und zwar hauptsächlich in Folge des Widerstandes des Sternums. Bezüglich des Verhaltens desselben bei diesen Versuchen möchte ich erwähnen, dass es in der Regel unter dem Drucke des Kinnes zwischen Manubrium und Corpus einknickt. Häufig tritt noch vor der Infractio des Brustbeines an den mittleren Wirbeln eine Totalluxation oder eine bedeutende Diastase zwischen den Dornfortsätzen der untersten Halswirbel auf. — Bei elastischem Thoraxbau kommt es auch vor, dass das Sternum, ohne einzuknicken, bis an die Wirbelsäule gedrängt werden kann. Ferner geschieht es zuweilen bei recht biegsamen Hälsen, dass an der geöffneten Leiche das Kinn selbst an der Brustwirbelsäule anstösst und die Halswirbelsäule noch immer unversehrt ist.

Bei festem Thoraxbau geschah es nicht selten, dass das Kinn ohne Wirbelläsion bis an das Sternum gebracht, von hier bei der weiteren Flexion abglitt, so dass die Vorwärtsbeugung, natürlich mit Torsion combinirt, noch weiter, bis zur Luxation oder Fractur gesteigert werden konnte. Die Ursache dieses Abgleitens ist einerseits in der Beweglichkeit des Kopfes, anderen Theils in dem bogenförmigen Bau der Halswirbelsäule zu suchen. Ein an einem Ende befestigter, biegsamer, gekrümmter Stab befindet sich nämlich bei der Flexion in Bezug auf eine zur Krümmungsebene parallele Ebene (in unserem Falle die Sagittalebene) in stabilem, bei der Extension aber in labilem Gleichgewicht und erleidet somit in letzterem Falle leicht eine Torsion.

Das Resultat von 100 Anteflexionsversuchen ist in der 2. Tabelle zusammengestellt. Das Verhalten des Sternums und den Zustand der Leiche habe ich darin nicht berücksichtigt, da die-

selben auf die Localisation der Verletzung keinen Einfluss hatten. Die kleineren Ziffern zeigen die Zahl der Totalluxationen.

Tabelle 2.

Alter der Individuen	Gesamtzahl der Versuche	Stelle der Verletzung							Luxationen
		3—4	4—5	5—6	6—7	7—1	1—2		
1—10	3	—	—	—	1	2	—	—	
10—20	9	1	—	1 ₁	1 ₁	3	3	2	
20—30	11	—	—	4 ₃	2	4	1	3	
30—40	9	—	—	—	1	5	3	—	
40—50	14	—	1 ₁	2 ₁	2 ₂	7	2	4	
50—60	15	—	1 ₁	1 ₁	2 ₁	6	5	3	
60—70	21	—	1	9 ₄	1 ₁	5 ₁	5	6	
70—80	12	—	—	1 ₁	1	5	5	1	
80—100	6	—	—	1	—	5	—	—	
Summe . .	100	1	3	19	11	42	24	19	
		33			66				
		18 Lux. = 54,5 pCt.							

Die Tabelle 2 zeigt, dass 66 pCt. sämtlicher Verletzungen zwischen den 7. Hals- und 2. Brustwirbel fallen. Fast zwei Drittel davon betreffen die zwischen Hals und Brust liegende Bandscheibe. Unterhalb des 2. Brustwirbels kam keine Läsion mehr vor; nach aufwärts zu fallen die Zahlen rapid ab. An der zwischen 5. und 6. Wirbel befindlichen Scheibe ist aber noch ein relatives Ansteigen bemerkbar. Die Hauptstelle der Prädisilection liegt somit zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel, das nächst untere Scheibenband folgt an zweiter, das zwischen dem 5. und 6. Wirbel liegende an dritter Stelle. 54,5 pCt. der zwischen den 4. und 7. Wirbel fallenden Läsionen waren mit Totalluxation verbunden. Das Lig. anterius riss dabei meist gänzlich durch. In zwei Fällen, wo die Luxation zwischen dem 6. und 7. Wirbel erfolgte, entstand an dem 7. Wirbelkörper ein schräger Bruch von dem Typ Malgaigne. Trat keine Luxation ein, so wurde die Zwischenscheibe oder ein Wirbelkörper — eventuell beide in gleichem, aber leichterem Grade — comprimiert, seltener zerquetscht. In einem Falle zeigte sich ausser der starken Quetschung der 5. und 6. Scheibe eine geringere der nächstoberen und unteren. Unter den in das Gebiet des 7. Hals- und 2. Brustwirbels fallenden Verletzungen kam auffallender Weise bloss eine einzige Luxation vor. Der Defect äusserte sich ausser

dem Zerreißen der rückwärtigen Bänder und der Diastase zwischen den Dornfortsätzen, in der Zerquetschung der Zwischenscheibe und Compression des oberen oder unteren eventuell beider Wirbelkörper. Die Compression war oft mit unregelmässigen Querrissen, selten mit Zermalmung combinirt. Das Lig. anterius blieb fast ausnahmslos erhalten.

Ausserdem habe ich an einer geringeren Anzahl von Cadavern die excessive Anteflexion auch auf eine andere Weise zu erzeugen versucht, indem ich auf die Occipitalgegend starke Schläge einwirken liess. Die dabei entstehenden directen Verletzungen sind aber so ausgebreitet, dass die entstandene indirecte Läsion der Halswirbelsäule nicht immer von den directen zu unterscheiden ist. Deshalb übergehe ich auch diese Fälle und erwähne bloss, dass die indirecte Läsion hier meist an den mittleren Zwischenscheiben eintrat. Die auf Grund specieller Voraussetzungen gemachten Versuche werde ich im Laufe der Erklärung kurz berühren.

Sehen wir nun, wie sich die gefundenen Prädilectionen erklären lassen. Zu diesem Zwecke ist es nothwendig, vorerst der Halswirbelsäule aus mechanischem Gesichtspunkte und auch den Bezug habenden Sätzen der Biegungslehre einige Worte zu widmen.

Die Halswirbelsäule stellt in ihrer Ruhelage eine nach vorne zu convexe, gegliederte, elastische Säule dar, die als allseitig bewegliche Stütze des Kopfes dient. — Die bedeutende Biegsamkeit und Beweglichkeit verdankt sie, ausser der vielfachen Segmentirung, vor Allem der relativ beträchtlichen Höhe der Intervertebralscheiben. Der Winkel, unter welchem sich die Wirbel gegeneinander drehen können, ist zwar gering, doch durch die Summirung der kleinen Theilbewegungen resultirt eine auffallende Biegsamkeit des Halses und ein beträchtlicher Bewegungsumfang des Kopfes. — Am ausgiebigsten ist die Beugung nach hinten und am beschränktesten nach vorne zu. Die Dorsalflexion kann so weit gehen, dass die gemeinschaftliche Achse der Wirbel einen Halbkreis bildet. Dagegen ist an derselben bei maximaler Anteflexion nur eine ganz leichte, nach vorne zu concave Biegung wahrnehmbar. — Die allgemein übliche Nomenclatur, welche die Anteflexion mit Beugung und die Dorsalflexion mit Streckung bezeichnet, halte ich aus mechanisch-anatomischer Hinsicht für unzutreffend. Von einer wirklichen Beugung kann man überhaupt nur bei der Dorsalflexion

sprechen. Die Verkürzung der Längsachse, die dabei stattfindet, die Anordnung und der Mechanismus der Gelenke spricht hierfür. Die genannte Bezeichnung könnte noch eher für die Bewegungen des Kopfes gelten und hat nur wegen ihrer Kürze eine gewisse Berechtigung.

Wird die Halswirbelsäule stärkeren Biegungen ausgesetzt, so stellt es sich heraus, dass die Achse eigentlich keinen regelmässigen Bogen darstellt; es zeigt sich ungefähr in der Mitte eine beweglichere Stelle, wo sich ein Knickwinkel bildet. Diese Knickung ist schon seit E. H. Weber (1827) bekannt und fällt nach Langer-Toldt auf den 4. und 5., nach Hyrtl auf die unteren Halswirbel. Ausserdem ist an der freigelegten Halswirbelsäule noch zu beobachten, dass bei der Retroflexion fast immer die zwischen dem 5. und 6. Wirbel gelegene Bandscheibe, die zugleich die dickste ist, am meisten gespannt ist und bei der Anteflexion umgekehrt sich am stärksten hervorwölbt.

Um den Scheitel der Biegungscurve noch deutlicher zu veranschaulichen, habe ich in die vordere Fläche der Wirbel einer freigelegten Halswirbelsäule grosse Stecknadeln parallel zueinander eingeschlagen und davon in der Ruhelage, ferner mit Hülfe einiger Schnüre auch in der ante- und retroflectirten Stellung je ein Röntgenogramm hergestellt. Wie die Röntgenogramme (Tafel X, Fig. 1, 2 und 3) zeigen, überwiegt die Divergenz der ursprünglich gleichgerichteten Nadeln bei der Retroflexion (Fig. 2) und die Convergenz bei der Anteflexion (Fig. 3) zwischen dem 5. und 6. Wirbel ganz entschieden. Man sieht auch, dass die zwischen dem 5. und 6. Wirbel gelegene Zwischenscheibe bei der Retroflexion relativ noch höher, bei der Anteflexion dagegen den benachbarten gleich dick wird. Es liegt hiermit also hier der Punkt der grössten Biegsamkeit und somit der stärksten relativen Beweglichkeit.

Die Grundlage, von welcher aus alle Bewegungen des Halses vorgenommen werden, ist der 1. Brustwirbel, der die fixe Verbindung mit dem Rumpfe vermittelt, in dem der Hals gewissermaassen eingemauert ist. — Ueber die mechanischen Beanspruchungen, welche die Halswirbelsäule während ihrer vielfachen Bewegungen und speciell bei der Biegung erleidet, werden wir uns deshalb am leichtesten ein Urtheil bilden können, wenn wir dieselbe als einen an einem Ende eingespannten Balken betrachten, der an seinem freien Ende eine Last trägt, oder durch eine Kraft

in einer in der Biegungsachse liegenden Ebene gedreht wird. — Das Verhalten eines solchen Balkens ist als ein wichtiges Problem der Festigkeitslehre bekannt. Für unseren Zweck genügt es, wenn wir ganz kurz die wichtigsten einschlägigen praktischen Ermittlungen der Statik anführen und an der Hand von gehärteten prismatischen Agarstäben experimentell veranschaulichen.

Fassen wir einen geraden dieser Versuchsstäbe bei einem Ende fest und biegen das andere Ende nach abwärts, so nimmt derselbe die Form eines Bogens an, wobei die convexe Fläche gedehnt, die concave dagegen zusammengepresst wird. Der Bruch wird sofort eintreten, wenn die Zugspannung der gedehnten oberen Seite dort, wo die Dehnung am stärksten ist, die Zugfestigkeit (Dehnungsfestigkeit) übertrifft. Bei dem an einem Ende eingeklemmten Stabe befindet sich diese maximale Spannung, wie auch unser Experiment zeigt, in der Ebene der Befestigung oder in ihrer unmittelbaren Nähe.

Wenn wir dasselbe Experiment an einem relativ starren und doch biegsamen Stabe, z. B. an einer Siegellackstange, in der Richtung einer Diagonalen wiederholen, so sehen wir, dass an der convexen Seite die Flächen concav und von scharfen Rissen durchquert, an der concaven Seite aber etwas convex und von unregelmässigen Sprüngen durchsetzt werden. Die ersteren sind das mechanische Analogon der Rissfractur, die letzteren aber der Compressionsfractur der Wirbelsäule.

Wie steht es nun bei einem ursprünglich krummen Stabe? — Seit Euler ist es bekannt, dass bei einem schwach gekrümmten Stabe die Krümmungsänderung bei der Biegung dieselbe Rolle spielt, wie die Krümmung des von Hause aus geraden Stabes. Die Spannungsvertheilung ist dieselbe und der Stab verhält sich bezüglich der Bruchstelle ebenso, wie der ursprünglich gerade.

Erfassen wir jetzt die beiden Enden eines geraden Versuchsstabes und nähern dieselben gegeneinander, so sehen wir den Biegungsscheitel und bald auch den Bruch in der Mitte entstehen. In diesem Falle ist die Mitte der Ort der maximalen Spannung. — Die krummen Versuchsstäbe verhalten sich ganz gleich.

Hervorheben möchte ich noch, dass bekanntlich die höchste Zugspannung sich gerade in der oberflächlichsten Schicht der convexen Seite befindet und dass aller kleinste Einrisse oder Fehler den Bruch bedeutend beschleunigen, oder an eine relativ weniger gespannte Stelle versetzen können. Dies sehen wir an unseren Versuchsstäben veranschaulicht, wenn wir an der oberen, bei der Biegung convexen Seite vorher einen ganz feinen Einschnitt machen. Der Bruch erfolgt dann ganz sicher an diesem Orte. Für die Beurtheilung der Verletzungen der Wirbelsäule ist diese Erkenntniss, wie es sich zeigen wird, von Wichtigkeit.

An dem an einem Ende befestigten Stabe herrscht die höchste Spannung, wie gesehen, in der Ebene der Befestigung; von hier aus nimmt die Spannung der einzelnen Querschnittelemente gegen die freien Enden zu allmählich ab. Aus der Festigkeitslehre ist es aber bekannt, dass man den Querschnitt eines Balkens an jeder Stelle der dort herrschenden Biegungsspannung anpassen

kann, so dass an der Oberfläche aller Querschnitselemente gleichzeitig die grösste zulässige Kantenspannung eintritt. Ein solcher Balken wird in der Statik als ein Balken von „gleicher Festigkeit“ bezeichnet und hat z. B. die Form einer cubischen Parabel.

Das Verhalten der inneren Kräfte speciell bei der Biegung werden wir der Kürze zulieb an der Wirbelsäule selbst berücksichtigen. Im Laufe unserer weiteren Betrachtungen werden wir die Halswirbelsäule als eine einfache, biegsame, elastische Säule betrachten, und die weichen Zwischenscheiben nur als die weniger widerstandsfähigen Punkte derselben berücksichtigen. Ich bemerke aber noch, dass die oben angeführten Thatsachen der Biegelehre nicht ganz ohne Weiteres auf die Halswirbelsäule übertragen werden können, und zwar wegen der complicirten und der Länge nach ungleichen Beschaffenheit derselben. Infolge der nach oben pyramidal zugespitzten Form nähert sich dieselbe in ihrem statischen Verhalten gewissermaassen einem „Balken von gleicher Festigkeit“. Die obgenannten Stellen der kritischen Spannung, also die Prädispositionsstellen der Verletzungen, werden sich nunmehr nach den schwächeren Punkten hin verschieben.

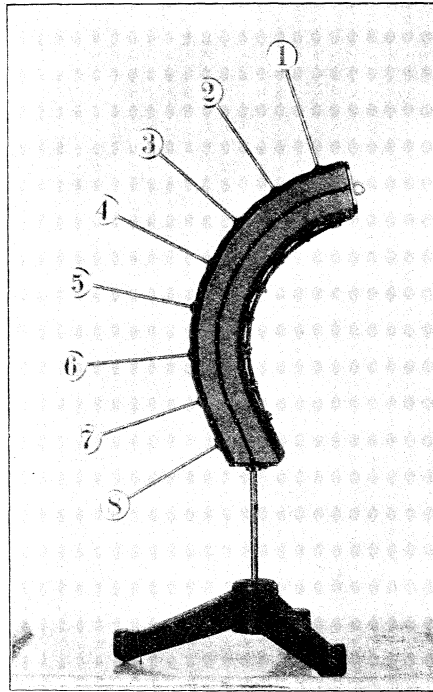
Mit Hilfe der bisherigen Betrachtungen lassen sich meines Erachtens die Lieblingsstellen der indirecten Verletzungen der Halswirbelsäule, insbesondere die tabellarischen Ergebnisse meiner Experimente, unschwer erklären.

Von vornherein müssen wir darauf Rücksicht nehmen, dass in Folge der gekrümmten Form und leichten Beweglichkeit der Halswirbelsäule eine einfache axiale Belastungsbeanspruchung, eine bis zum Bruch steigende einfache axiale Ueberlastung derselben fast ausgeschlossen ist. Es ist unmöglich, die Belastung genau centrisch aufzubringen, so dass die Richtungslinien der beiden Druckkräfte, die an den Enden angreifen — Druck und Gegenruck —, zusammenfallen. Die excentrisch angreifende Last oder Druckkraft zerlegt sich in ein Kräftepaar; die eine bringt in den Querschnitten gleich vertheilte Zug- und Druckspannungen (Normalspannungen), die andere aber Biegungsspannungen hervor. Die Halswirbelsäule ist also schon bei einfacher axialer Belastung gleichzeitig auf Druck, auf Schub und auf Biegung beansprucht, und wird in Folge der Beweglichkeit resp. des labilen Gleichgewichtes zugleich um den Befestigungspunkt gedreht. Wirkt aber

auf das freie Ende eine Kraft, die an der Achse vorbeigeht, so erfährt diese, speciell auf Biegung, eine noch bedeutendere Beanspruchung.

Ich werde im Folgenden, meinem Ziele entsprechend, die zu der Bieungsbeanspruchung gehörigen Spannungen in den Vorder-

Fig. 4.



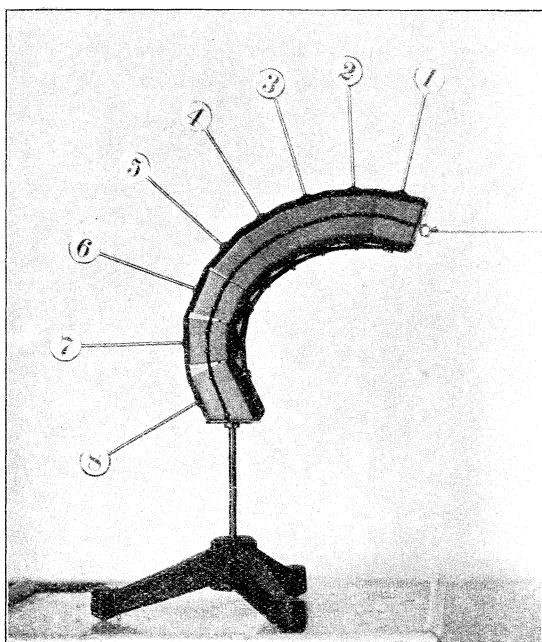
grund stellen und den Einfluss der Schubkräfte auf die Läsion im Allgemeinen, wie es vielfach auch in der angewandten Statik üblich, vernachlässigen.

Zur Versinnbildlichung der Richtigkeit der mechanischen Voraussetzungen werde ich die einzelnen Phasen der Biegung auf dem in Fig. 4—9 abgebildeten Modell der Halswirbelsäule demonstrieren. — Die einzelnen keilförmigen Holzklötze desselben stellen die Wirbel dar und werden an der vorderen und hinteren Fläche von flachen, an den Seiten von cylindrischen Gummistreifen zusammengehalten. Erstere sind durch die mit Ziffern versehenen Zeiger an

die durchbohrten Klötze befestigt und vertreten die elastischen Bandapparate.

Prüfen wir nun vorerst, wie sich dieses Modell bei der Dorsalflexion verhält. — Ueben wir auf das obere Ende einen zur Sehne der Krümmung senkrechten Zug oder Druck nach rückwärts aus, so weichen, wie es die Speichen zeigen, die untersten Glieder besonders in der zwischen 7 und 8 befindlichen Fuge auseinander.

Fig. 5.



zum Zeichen, dass hier, also an der Befestigungsstelle, die höchste Biegungsspannung herrscht. Dies ist der Fall unseres an einem Ende eingeklemmten, schwach gekrümmten Versuchsstabes (Fig. 5).

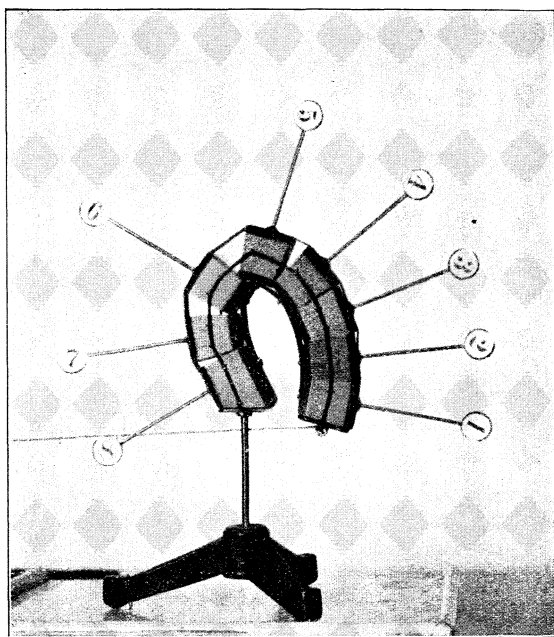
Ziehen oder drücken wir jetzt das obere Ende in der Richtung der Sehne, so stellt sich die stärkste Diastase an den mittleren Fugen, zwischen 4—5 oder 5—6 ein. Dies ist der Fall des von beiden Enden gedrückten oder gebogenen Stabes (Fig. 6).

Wirkt schliesslich die Kraft in der Mittelrichtung der beiden ersteren, so klaffen die Fugen zwischen der Basis und der Mitte,

also zwischen 5—6 oder 6—7 am stärksten auf (Fig. 7). Auch diesen Fall konnten wir mit den Versuchsstäben nachahmen.

Bei den Dorsalflexionsverletzungen der Halswirbelsäule selbst kommt der erste dieser Fälle, nämlich der anfänglich zur Sehne senkrechte und in der ursprünglichen Richtung verharrende Zug oder Druck allerdings nur höchst selten vor, da die Halswirbelsäule zufolge ihrer leichten Biegsamkeit sofort um die Basis nach

Fig. 6.



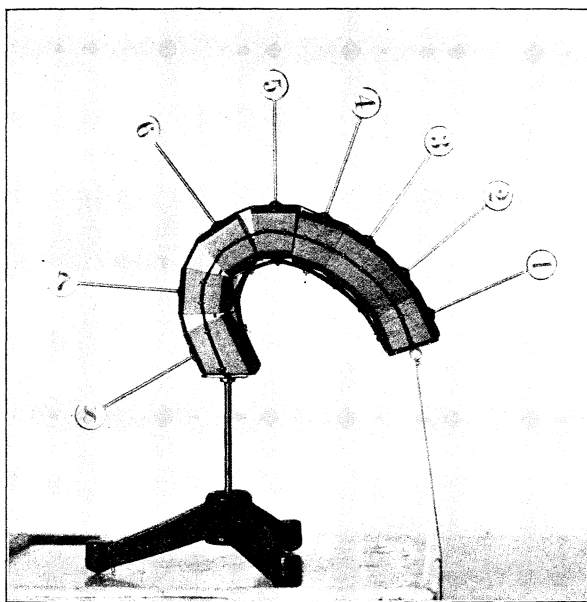
hinten zu gedreht, d. h. gebogen wird, und die Kraftrichtung sich selbst mitdreht. Dies ist bei den angeführten Versuchen und meist auch bei den Unfällen thatsächlich der Fall.

Würde die am Ende angreifende Kraft noch weiter und mit genügender Stärke in der anfänglichen Richtung einwirken (wie bei dem ersten Modellversuch), so müsste auch die Halswirbelsäule an ihrer Befestigungsstelle, zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel abknicken, oder da dieselbe gegen Ende des Versuches hauptsächlich auf Zug beansprucht wird, an der schwächsten Stelle abreißen. An einigen Cadavern mit elastischer Halswirbel-

säule habe ich diesen Modus versucht. Und zwar in der Weise, dass ich um den obersten Theil des Halses subcutan eine starke Schlinge band und den Hals unter Verharrung in der ursprünglichen Zugrichtung nach rückwärts bog resp. auch zog. In 2 Fällen gelang es thatsächlich, den Riss zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel zu erzeugen. Mehrere Versuche gelangen aber nicht.

Bei sehr nachgiebigen Hälsen, die auch nach maximaler Dorsalflexion intact blieben, konnte der Riss durch Schieben des Kopfes

Fig. 7.



am Rücken gegen das Becken zu, und zwar zwischen dem 6. und 7. Hals- resp. 7. Hals- und 1. Brustwirbel erzeugt werden. Es handelt sich hier bezüglich des Mechanismus allerdings um einen zur Sehne senkrechten Zug auf das freie Ende eines stärker gekrümmten Bogens.

Bleibt nun aber die Krafrichtung auch während der Biegung nahezu senkrecht zur Sehne, und tritt dabei in Folge relativer Steifheit das Missverhältniss zwischen Zugspannung und Zugfestigkeit an der convexen Seite bald ein, so entsteht die Läsion, wie im 2. Fall des Modellversuches, zwischen Basis und Mitte, nämlich

an der zwischen dem 6. und 7. Wirbel liegenden Zwischenscheibe. Diese Art des Einreissens oder Bruches¹⁾ ist unter meinen Fällen am reichlichsten vertreten.

Ist die Biegsamkeit bedeutend, so wird der Bug der Wirbelsäule bei der Retroflexion stärker, und zwar hauptsächlich an der beweglichsten Stelle, nämlich in der Mitte. Die Prädilection der Basis und die stärkere Knickung der Mitte werden dann eine resultierende maximale Spannung gegen die Mitte zu, und zwar zwischen dem 5. und 6. oder 6. und 7. Wirbel ergeben. Die meisten Risse der 1. Tabelle, die sich zwischen dem 5. bis 6. und 6. bis 7. Wirbel einstellten, gehören in diese Gruppe. Bei jener Form der Kraftwirkung, die bei unseren Experimenten und auch bei einer grösseren Zahl der Unfälle vorkommt, nähert sich die Richtung der Kraft gegen Ende der Biegung immer mehr der Sehne, d. h. es wird ein erheblicher Druck in der Richtung der Sehne ausgeübt. Das Analogon dieses Falles haben wir an meinem Modell in reiner Form gesehen. Es entstand dort zwischen dem 4. und 5. Klotz die grösste Diastase.

Es fragt sich nun, warum die zwischen dem 4. und 5. Wirbel liegende Scheibe relativ wenig betheiligt ist, obzwar sie geometrisch sogar etwas unter der Mitte der Halswirbelsäule liegt?

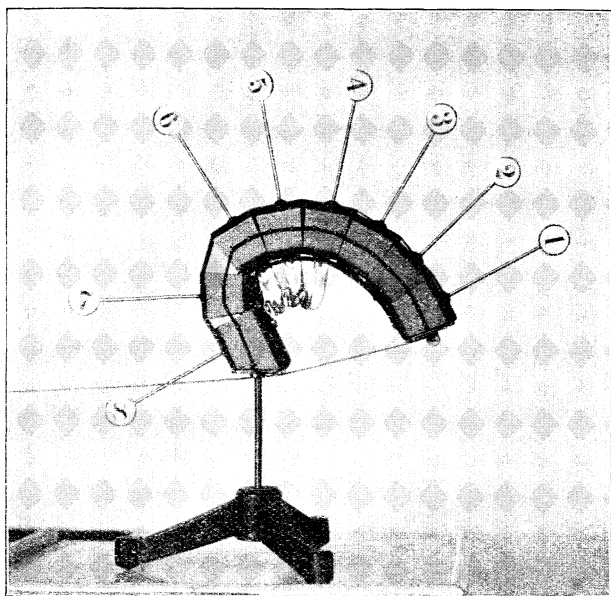
Die Hauptursache dieser Verschiebung der Prädilectionsstelle, auch bezüglich der letzteren Form der Kraftwirkung, liegt in der sich an dem Röntgenogramm 2 und 3 documentirenden Thatsache, der zufolge bei der Biegung des oberen Endes der Halswirbelsäule gegen die Basis, d. h. gegen die obersten Brustwirbel zu, der Krümmungsscheitel zwischen den 5. und 6. Wirbel fällt. Diese Röntgenogramme richten ausserdem unsere Aufmerksamkeit auf das Verhalten der Dornfortsätze bei der Biegung. Wie das Röntgenogramm 9 (Tafel XI) zeigt, stemmt sich nach dem Eintritt der Dorsalflexion zuerst der 4. Dornfortsatz gegen den 5. Bei der weiteren Biegung schliesst sich der 6. und dann der 7. an, so dass schliesslich, wie das Röntgenbild 10 (Tafel XI) zeigt, alle Dornfortsätze übereinander liegen und radspeichenartig gegen den 5. zu zusammenlaufen. An den mittleren ist die Berührung am

1) Kocher bezeichnet bekanntlich die Bandscheibenrisse als Distorsion. Vom mechanischen Standpunkt aus ist auch diese Verletzung ein Bruch. Auch die Zusammenhangstrennung der starren Körper ist beim Bruch an der convexen Seite ein Riss.

innigsten, sie erstreckt sich hier bis an die Spitzen: an den obersten und untersten stösst bloss die Basis zusammen.

Stecken wir nun versuchshalber an dem Modell in die Rückseite des 4. und 5. Klotzes je einen den Dornfortsätzen entsprechenden Zapfen ein, und üben einen Zug in der Sehnenrichtung aus, so sehen wir, dass das Auseinanderweichen der dazwischen liegenden Fuge so lange zunimmt, bis die Zapfen rückwärts aneinander stossen. Von diesem Moment an versetzt sich die

Fig. 11.



stärkste Diastase auf die nächst untere Fuge. Die Aneinanderstimmung der Zapfen verbindet die beiden Klötze gleichsam zu einem Ganzen. Stecken wir schliesslich noch einen dritten Zapfen ein, so tritt die grösste Diastase in der Fuge 6—7 auf (Fig. 11).

Es steht ausser Zweifel, dass das Verhalten der Dornfortsätze bei der Dorsalflexion der Halswirbelsäule dieselbe mechanische Wirkung auf den Punkt der höchsten Spannung hat, die wir eben gesehen, und dass die relative Seltenheit der Risse zwischen dem 4. und 5. Wirbel, d. h. die Verschiebung der Prädisilectionsstelle nach abwärts, zum Theil hierdurch bedingt wird. Die genannte

Wirkung der Dornfortsätze habe ich auch auszuschalten versucht. Nach Entfernung des 3. bis 5. Fortsatzes ist es gelungen, den Riss bei Hälsen mit normalen Zwischenscheiben fast regelmässig zwischen dem 4. und 5. oder 5. und 6. Wirbel zu erhalten.

Grossen Einfluss auf die Rissstelle haben aber auch die zufälligen Veränderungen der vorderen Fläche der Halswirbelsäule. Dieselben spielen hier die gleiche Rolle, wie die kleinen Einschnitte an unseren Versuchsstäben. Verkalkungen oder sonst welche Veränderungen des Lig. anterius und der Bandscheiben, die recht häufig vorkommen, können die Stelle der Läsion ganz sicher bestimmen. Man kann dieselbe innerhalb gewisser Grenzen sogar willkürlich bestimmen, ja selbst auf einen Wirbelkörper versetzen, wenn man vorher an dem gewählten Punkte das Lig. anterius quer einritzt. Diese Momente kommen um so mehr zur Geltung, da, wie bereits erwähnt wurde, die Halswirbelsäule gewissermaassen einen Träger von „gleicher Festigkeit“ darstellt und folglich die normalen Spannungsdifferenzen zum Theil ausgeglichen sind. Ein Theil der Ausnahmefälle wird bei den Versuchen, natürlich auch bei den Unfällen, gewiss durch besondere Zufälligkeiten des Mechanismus bedingt.

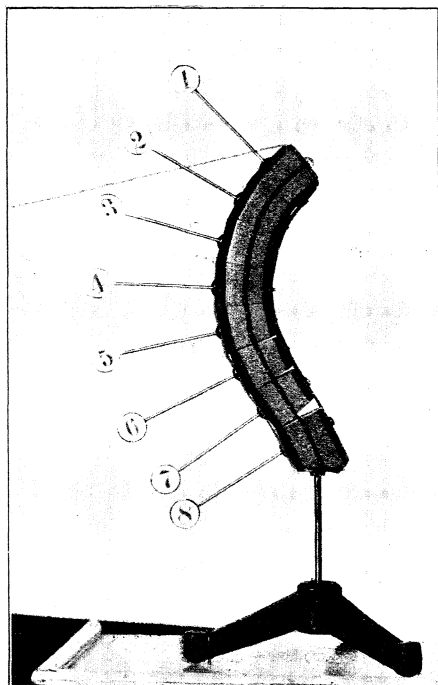
Wie verhält es sich nun mit dem Modell und der Halswirbelsäule selbst bei der Anteflexion?

Ziehen oder drücken wir das obere Ende des Modells horizontal oder schief nach vorn zu, so entsteht die Diastase ganz regelmässig rückwärts zwischen dem 7. und 8. Klotz (Fig. 12). Das Modell verhält sich also genau wie ein schwach gekrümmter und an einem Ende befestigter Stab bei der Streckung. Aber auch der Hauptsitz der Verletzungen an der 2. Tabelle entspricht vollkommen diesem Verhalten. Der Grund der strengen Gültigkeit des bezüglichen mechanischen Satzes liegt in der relativ geringen Biegsamkeit nach vorn zu, die meinem Modell und auch der Halswirbelsäule im gleichen Maasse zukommt. Hierdurch wird nämlich der Spielraum der maximalen Spannung hier enger, als bei der Dorsalflexion, begrenzt. Dies leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, dass sich durch das Biegen nach vorwärts die anfängliche Krümmung gerade streckt und auch bei der noch stärkeren Biegung, falls dies ohne Bruch überhaupt möglich, nur ein nach vorn zu ganz leichter concaver Bogen entsteht. Die Bruchstelle wird sich folglich nicht wesentlich nach der Mitte zu verschieben und die

Halswirbelsäule sich wie der oben genannte Stab von schwacher Krümmung verhalten.

Wird die kritische Grenze bei der Anteflexion überschritten, so reisst die Zugspannung rückwärts die entsprechenden Dornfortsätze auseinander und die Druckspannung führt vorn die Compression oder Zerquetschung der Bandscheiben resp. der anliegenden

Fig. 12.



Wirbelkörper herbei. Die relativ starke Beanspruchung auf axialen Druck bedingt an diesen Stellen auch die Luxations-schrägfracturen. Der Bruch erfolgt in diesen Fällen der Richtung einer Gleitfläche entsprechend, die aber mit der Richtung des Achsendruckes, wie es Kocher¹⁾ meint, nichts zu thun hat. Die Richtung der Brüche entspricht vielmehr der Richtung der Hauptspannungen (Spannungstrajektorien). Dass sich die Läsion oft zwischen den 1. und 2. Brustwirbel versetzt, stammt daher, dass der Uebergang vom Hals zum

1) l. c. S. 468.

Rumpf nicht absolut scharf ist, und die erste Rippe zur Fixirung des 1. Brustwirbels nicht viel beiträgt, da sie sich doch gelenkartig mit demselben verbindet und somit den Drehungen desselben nicht im Wege steht.

Wie ist nun aber noch die bei der Anteflexion beobachtete dritte Prädilection, nämlich die zwischen dem 5. und 6. Wirbel gelegene, ferner die häufigen Luxationen daselbst zu erklären? Meines Erachtens giebt hier gerade die besondere Beweglichkeit den Ausschlag. Es werden nämlich durch dieselbe zwei Momente bedingt. Erstens die Bildung einer stärkeren Krümmung und hiermit eine relativ höhere Spannung. Zweitens wird die bisher vernachlässigte Schubspannung in Geltung treten, und falls das kritische Verhältniss zwischen Spannung und Festigkeit hier eher eintritt als an der Basis, die Abscherung der Bänder und somit die Luxation veranlassen. Das schon erwähnte Röntgenogramm 3 zeigt auch thatsächlich, dass der Krümmungsmittelpunkt bei der Anteflexion zwischen dem 5. und 6. Wirbel liegt und ferner als den Effect des Schubes, das Hervortreten der Contour des 2., 3. und besonders des 4. Wirbels aus der Krümmungslinie. Ueberwiegen die begünstigenden Momente weder der ersten, noch der letzteren Prädilectionsstelle, so resultiren die gefundenen Uebergänge.

Ueberblicken wir die bisherigen Ergebnisse, so finden wir, dass sowohl der Ante- wie auch der Dorsalflexion besondere Prädilectionsstellen zukommen, und dass dieselben mit den durch die jeweilige mechanische Beanspruchung bestimmten Stellen der maximalen Spannung zusammentreffen. An diesen Stellen schwindet also bei der Vorwärts- und Rückwärtsbiegung zuerst das Gleichgewicht zwischen Spannung und Festigkeit. Für die Dorsalflexion haben wir den Sitz der Prädilection hinsichtlich der Frequenz an erster Stelle zwischen dem 6. und 7., und an zweiter Stelle zwischen dem 5. und 6. Wirbel, bei der Anteflexion dagegen an erster Stelle zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel, an zweiter zwischen dem 1. und 2. Brustwirbel und an dritter zwischen dem 5. und 6. Halswirbel gefunden. Der letztgenannte Punkt stellte sich auch als Hauptsitz der Totalluxation heraus.

Ich bin mir wohl bewusst, dass meine Ergebnisse in Bezug auf die anatomische Lage der Prädilectionsstellen hauptsächlich für die experimentellen Verletzungen Gültigkeit haben, bin aber

überzeugt, dass die mechanische Deutung derselben auch auf die klinischen Fälle übertragbar sei; dafür spricht auch die Thatsache, dass die gefundenen Prädilectionsstellen mit den von klinischer Seite constatirten so zu sagen vollkommen übereinstimmen. Die experimentellen Daten Bonnet's entsprechen grösstentheils den meinigen.

Bezüglich der Deutung der Prädilection finden wir unter den eingangs angeführten Ansichten auch solche, die sich meinen Ergebnissen gewissermaassen nähern. Dieselben beziehen sich aber eigentlich, wie erwähnt, bloss auf die Localisation der Prädilection. Die mechanische Ursache wird, die widerlegte Meinung Henle's ausgenommen, von keiner berührt. Kocher giebt auch nur für das Zustandekommen der verschiedenen Verletzungsarten eine mechanische Erklärung (l. c. S. 468).

Hinsichtlich der Torsion und der seitlichen Verbiegungen der Halswirbelsäule, so auch der indirecten Verletzungen der ganzen Wirbelsäule, liessen sich analoge Versuche und Betrachtungen anstellen.

Bei der Ausführung meiner Experimente machte ich noch die interessante Beobachtung, dass die als Prädilectionsstellen der Verletzungen erkannten Punkte zugleich der Sitz eigenthümlicher, im Grunde der Spondylitis deformans entsprechender Erkrankungen der Zwischenwirbelscheiben und Wirbel sind. Der Anschaulichkeit halber möchte ich gleich an der Hand der Röntgenogramme einiger prägnanter Beispiele die Merkmale dieser Veränderungen hervorheben. Ich bemerke aber schon jetzt, dass dieselben fast sämmtlich von Individuen herkommen, deren Wirbelsäule im Brust- und Lendentheil völlig normal oder bloss im Lendentheil mit geringsten Spuren einer Deformation behaftet war.

Die ersten Anzeichen der in Rede stehenden Veränderungen äussern sich in einer gelblichen Farbe, Mürbigkeit und eventuell schon in relativer Abflachung der zwischen dem 5. und 6. oder 6. und 7. Wirbel liegenden Zwischenscheibe.

Im Falle I (50jähr. Mann) zeigt sich schon ein mehr vorgeschrittenes Stadium. Die Veränderung betrifft hier ausschliesslich die zwischen dem 5. u. 6. Wirbel liegende Zwischenscheibe, welche in ihrem ganzen Querschnitte gleichmässig und bedeutend abgeflacht ist (Tafel XI, Fig. 13). Die anstossenden Ränder der Wirbelkörper zeigen im Profilbilde einen lippenförmigen Vor-

sprung. Die obere Fläche des 7. Wirbels ist nach oben convex, der Körper des 6. kaum bemerkbar abgeflacht. Die nächst obere und untere Zwischenscheibe ist normal, dennoch zeigt sich an dem über der Läsion gelegenen Theile der Halswirbelsäule eine auffallend gerade Stellung. — Ganz ähnliche Fälle habe ich in verschiedenen Abstufungen mehrere angetroffen. Einen sogar bei einem nur 30jähr. Individuum.

Fall II (48jähr. Mann). Hier beschränkt sich die Veränderung wieder auf die unter dem 6. Wirbel liegende Zwischenscheibe (Tafel X, Fig. 14). Dieselbe ist besonders an der vorderen Seite abgeflacht. Die Folge hiervon ist eine nach vorne zu schreitende Drehung des ganzen Wirbelringes, was wieder einen auffälligen Abstand zwischen dem 6. und 7. Dornfortsatze, ferner den Schwund der Krümmung der Halswirbelsäule bedingt. Verbindet man den vorderen Rand der unter der Läsion gelegenen Wirbelschatten mit einer Geraden, so sieht man, dass deren Verlängerung durch die oberen Halswirbel geht, diese haben sich somit nach vorne zu verschoben. Auffällig ist noch der gesimsartige Vorsprung des 7., die Abflachung des 6. Wirbelkörpers und die convexe Form der oberen Fläche des letzteren, wo sich zugleich in stärkerem Maasse, an der sonst intacten 3. Zwischenscheibe aber bloss Spuren einer Osteophytenbildung zeigen.

Im Profilbilde des III. Falles (49jähr. Tagelöhner) fällt zuerst die flachere und breitere Form des 6. Wirbelkörpers auf, derselbe ist sozusagen zusammengedrückt (Tafel XI, Fig. 15). Die anliegenden Zwischenscheiben zeigen eine geringere Abflachung. Am vorspringenden Rande der oberen zeigt sich deutliche Osteophytenbildung. — Hier liegt also der 6. Wirbelkörper im Mittelpunkte der Veränderung.

Fall IV betrifft eine 62jähr. Bettlerin. Die schwerste Veränderung zeigt sich hier im Gebiete der zwischen dem 5. und 6. Wirbel liegenden Zwischenscheibe, wo ausser der Osteophytenbildung deutliche Verkalkung der Scheibe wahrnehmbar ist (Tafel XI, Fig. 16). Die nächst obere und untere Zwischenscheibe ist abgeflacht, an der oberen sind Spuren einer Verknöcherung bemerkbar. Die Wirbelkörper, besonders der 5. und 6., zeigen die schon erwähnten Veränderungen. Am auffälligsten ist an dieser Wirbelsäule der geheilte Bruch des 6. Dornfortsatzes. Die Stellung der abgebrochenen Spitze weist offenbar auf eine excessive Dorsalflexion hin. — An der Sagittalaufnahme (Tafel XI, Fig. 17) fällt am 6. Wirbelkörper, dessen linke Seite zugleich eine merkliche Abflachung zeigt, eine Verdrehung nach rechts und eine Verschiebung nach links auf. In Folge dieser Verdrehung hat sich eine linksconvexe Cervicalskoliose gebildet.

Fall V stammt von einer 45jähr. Bäuerin, die nach Angabe ihrer Angehörigen, täglich schwere Lasten auf dem Kopfe trug. Es fällt an diesem Bilde wieder die aufrechte, krümmungslose Stellung der Halswirbelsäule auf, die von der nach vorne hin zugespitzten keilförmigen Abflachung des 6. Wirbelkörpers herrührt (Tafel X, Fig. 18). Die anstossenden Zwischenscheiben zeigen nur eine geringe und gleichvertheilte Abflachung. Der Schwerpunkt der Veränderung liegt hier also wieder im Wirbelkörper selbst. — Die an diesem Halse auffallende Kleinheit der Dornfortsätze, kommt bei Frauen häufig vor.

Recht instructiv ist der VI. Fall (77jähr. Mann). Leider wurde hier noch vor der Section ein Bruchversuch gemacht, wodurch die zwischen dem 6. und 7. Wirbel liegende Zwischenscheibe einen Riss erlitt. Das Röntgenogramm (Tafel XI, Fig. 19) zeigt eine hochgradige Abflachung der zwischen dem 5. und 6. Wirbel gelegenen Scheibe, die fast bis zum völligen Schwund derselben führt. Zwischen der hinteren Hälfte des 5. und 6. Wirbelkörpers, die ansonsten die erwähnten charakteristischen Veränderungen aufweisen, ist eine beginnende Synostose bemerkbar. In Folge der hochgradigen Abflachung der ursprünglich sich nach vorne zu verdickenden genannten Zwischenscheibe, entstand hier wieder eine Diastase zwischen dem 5. und 6. Dornfortsatze. Höchst interessant ist es, dass das Lig. nuchae an dieser Stelle auf die hierdurch eingetretene Zerrung mit der Bildung eines Knochens reagierte. Letzterer hat die Form einer Kornelkirsche und zeigt deutlich spongiösen Bau.

Im Falle VII (50jähr. Frau) zeigten sich die besprochenen Veränderungen wieder in sehr ausgesprochener Weise. Der Kernpunkt derselben liegt im biconcav zusammengedrückten 6. Wirbelkörper (Tafel XII, Fig. 20). Der 5. ist auch auffallend, aber convex-concav abgeflacht. Die dazwischen liegende Bandscheibe ist stark abgeflacht und im rückwärtigen Theile verkalkt. Die vordere Profilinie der Halswirbelsäule ist vom 6. Wirbel aufwärts bis zum 3. Wirbel ganz gerade und etwas nach vorne gerückt. Der 2. und 3. Wirbel verdankt seine noch theilweise erhaltene normale Lage gewiss der zwischen dem 3. und 4. Wirbel befindlichen und vom ersteren herabreichenden Brückenbildung, welche eine Neigung der obersten Wirbel verhindert. An der Sagittalaufnahme (Tafel XII, Fig. 21) fällt hier eine geringe Verdrehung des deformirten 6. Wirbels nach rechts, die starke Verschmälerung der darüber liegenden Zwischenscheibe, ferner eine kaum bemerkbare Verschiebung der Längsachse des 4., 5. und 6., also der zugleich auch nach vorne gerückten Wirbel nach rechts auf.

Fall VIII (38jähr. Idiotin) stellt von Neuem eine andere Art der Veränderung dar. Hier sind die Zwischenscheiben, wahrscheinlich in Folge des relativ jüngeren Alters, nicht betroffen. Recht auffallend sind aber die klauenförmigen Exostosen der Wirbelkörper (Tafel X, Fig. 22). Am 3. und 4. richten sich dieselben nach abwärts, zwischen dem 4. und 5. sind sie gegeneinander gerichtet und stemmen die zugehörigen Wirbel merklich auseinander. Sämmtliche Halswirbel sind ausserdem ein wenig nach vorne gerückt. — Der übrige Theil der Wirbelsäule war frei von ähnlichen Exostosen.

Im Falle IX (60jähr. Feldarbeiter) zeigten die Wirbel auch schon im Lendentheile mässige Deformation. Die Veränderung der Halswirbelsäule war aber relativ viel stärker (Tafel XIII, Fig. 23). Die eigenartigste Veränderung dieser bestand in einer Verbiegung der Querachse des 5. und 6. Wirbels. Die rechte Seite derselben stand um die Dicke eines Körpers höher als die linke. Der Ausgangspunkt war, wie das Profilbild zeigt, offenbar die zwischen dem 6. und 7. Wirbel gelegene Zwischenscheibe (Tafel XII, Fig. 23c). Dieselbe ist bedeutend abgeflacht und der gegenüberliegende Abstand der Dornfortsätze vergrößert. Der merklich deformirte 5. und 6. Wirbelkörper ist vorne mit einer Knochenspanne verbunden. Bei a ist die höher gelegene und blasser er-

scheinende rechte Seite der zwischen dem 5. und 6. Wirbel liegenden Zwischenscheibe, bei b die tiefer liegende Seite letzterer und die gehobene der nächst unteren sichtbar. — In Folge dieser eigentümlichen Verkrümmung des 5. und 6. Wirbels, welche sich in viel geringerem Grade und compensirender Weise auch auf die benachbarten überträgt, entsteht am mittleren Theile der Halswirbelsäule eine Dissonanz zwischen den Körpern und den zugehörigen Dornfortsätzen.

In zwei Fällen allgemeiner Spondylitis def. höheren Grades fand ich auch die Halswirbelsäule theilhaft. Die Veränderung beschränkte sich aber ausschliesslich auf das Gebiet des 5. und 6. Wirbels. Die unter dem 4. und 7. Wirbel liegende Zwischenscheibe war ganz normal.

Dass aber dies nicht in allen Fällen zutrifft, zeigt das Röntgenogramm (Tafel XI, Fig. 24), das von einem 95jähr. Manne herstammt, bei dem auch die Lendenwirbelsäule beträchtliche Deformation aufwies. An der Halswirbelsäule sehen wir eine sich auf sämtliche, aber hauptsächlich auf den 1. bis 4. erstreckende starke Abflachung der Zwischenscheiben und bedeutende Verflachung der oberen Wirbelkörper. Zur auffallenden Verbreiterung der letzteren tragen auch die marginalen Vorsprünge bei. Der obere Vorsprung des 3. Wirbels ist bis auf den unteren herabgedrückt. Der über dem 5. Wirbel gelegene Theil der Halswirbelsäule deutet auf eine in der Verticalachse erfolgte gleichmässige Zusammenpressung.

Der Form nach sind die angeführten Veränderungen bei der Spondylitis def. vielfach beschrieben worden und den Pathologen wohl bekannt. Am Halse kommt die Spondylitis def. indess schon relativ selten vor, und ist dann fast immer mit entsprechender Veränderung der ganzen Wirbelsäule combinirt. Der Gesichtspunkt, von dem aus die angeführten Fälle hier untersucht und als Beispiele einer besonderen Form der Spondylitis def. dargestellt wurden, ist aber hauptsächlich nicht der descriptive, sondern der mechanische resp. ätiologische.

Die ursächlichen Momente der geschilderten Veränderungen liegen auf der Hand. Die im grössten Theile der Fälle beobachtete ausschliessliche Beschränkung des Deformationsprocesses auf die Halswirbelsäule lässt allein schon einen traumatischen Ursprung vermuthen. Ausserdem konnte ich zeigen, dass der Process gerade an den Stellen einsetzt und auch späterhin von diesen aus wirkt, die wir als die Prädispositionsstellen der bei der excessiven Dorsalflexion auftretenden Verletzungen gefunden haben; das sind die zwischen dem 5. und 7. Wirbel liegenden Zwischenscheiben. Es unterliegt keinem Zweifel, dass es sich hier um statische Ueberlastungsdeformitäten handelt.

Rokitansky und in neuerer Zeit Beneke¹⁾, Simmonds²⁾ und Fränkel³⁾ erblickten den Anfang der Spondylitis def. in der verminderten Elasticität der Bandscheiben. Die secundär eintretenden eigenartigen Veränderungen der Wirbel wurden auf mechanische Einflüsse und zwar auf wiederholte kleine Erschütterungen zurückgeführt, welche gerade dort, wo die Zwischenscheiben ihre Elasticität einbüssten, einen reactiven Knochenumbau veranlassen.

Meine Beobachtungen und Ueberlegungen berechtigen mich der mechanischen Deutung noch näher zu treten. Auf Grund derselben, namentlich durch die Erkenntniss der Identität des Sitzes dieser Veränderungen mit den Prädispositionsstellen der Verletzungen, gewann ich die Ueberzeugung, dass in diesen Fällen auch die Erkrankung der Bandscheiben selbst die Folge der Ueberlastung war.

Die Ueberlastung selbst kann naturgemäss verschiedenen Ursprungs sein. Sie kann durch die Erhöhung der statischen Beanspruchung, zweitens durch Verminderung der Festigkeit der Wirbel oder der Zwischenscheiben, drittens auch durch die Combination dieser beiden Factoren eintreten. Die Erhöhung der statischen Beanspruchung kann etwa in einem heftigen Trauma, das sofort eine Quetschung oder einen Bruch herbeiführt, weiter in, durch übermässige Bewegungen des Kopfes verursachten Ueberbiegungen, und schliesslich in kürzere oder längere Zeit hindurch andauernden Belastungen, namentlich im Tragen schwerer Lasten am Kopfe, bestehen. Die auffällige Häufigkeit dieser Fälle von isolirter Spondylitis cervicalis def. in meinem Materiale, führe ich einerseits darauf zurück, dass in demselben relativ viele Individuen vorkommen, die zeitlebens schwere körperliche Arbeiten verrichtet haben; anderseits aber liegt der Grund hauptsächlich darin, dass beim Volke der Umgebung das Tragen schwerer Lasten auf dem Kopfe allgemein üblich ist. (In meinem V. Falle, der eine 42jähr. Bäuerin betraf, besteht diese Anamnese thatsächlich.)

Die Verminderung der Festigkeit kann bekanntlich von verschiedenen primären oder secundären Erkrankungen der Knochen herrühren; die wichtigste unter diesen ist die senile Osteoporose.

Bezüglich des Wesens der Ueberlastung verweise ich auf die bereits besprochenen mechanischen Vorgänge bei der Dorsal- und

1) Beneke, ist mir im Original nicht zugänglich gewesen.

2) Simmonds, Fortschr. auf d. Geb. d. Röntgenstr. 7. Bd.

3) Fränkel, ebenda.

Anteflexion des Halses. Dieselbe wird immer in dem Missverhältniss zwischen Beanspruchung, resp. zwischen Zug- oder Druckspannung und Festigkeit an den besonders disponirten Stellen bestehen. Dieses Missverhältniss kann bei entsprechender Gewalt sofort zu einer Zusammenhangstrennung, und zwar bei der Dorsalflexion zum Risse einer Bandscheibe eventl. eines Wirbels, bei der Anteflexion hingegen zur Quetschung resp. Distorsion einer Zwischen-scheibe oder zur Compression eines Wirbelkörpers führen. In meinem IV. Falle glaube ich auf Grund des geheilten Bruches des 6. Dornfortsatzes und der Verdrehung des 6. Wirbels überhaupt, eine derartige traumatische Entstehung annehmen zu können; es ist aber nicht ausgeschlossen, dass diese Verletzung an der schon veränderten Halswirbelsäule entstand.

Von ähnlichen Ausnahmefällen abgesehen, spielen hier ohne Zweifel wiederholte kleine Schädigungen eine ausschlaggebende Rolle. Und zwar beschuldige ich jene relativ kleinen periodischen Erschütterungen, richtiger Schwingungen, denen die Halswirbelsäule beim Gehen, bei den verschiedenen körperlichen Arbeiten und dem Tragen von Lasten auf dem Kopfe ausgesetzt ist. Ich habe bereits zuvor darauf hingewiesen, dass die Halswirbelsäule infolge ihrer gekrümmten Form fast ausschliesslich excentrisch belastet und somit beständig einer geringeren oder stärkeren Biegungsspannung ausgesetzt ist. Das Maximum letzterer, folglich auch die grösste Anstrengung des Materials der Wirbelsäule, fällt in das Gebiet der Prädilectionsstellen. Während Belastung des Kopfes bei bewegungsloser, aufrechter Körperhaltung wird sich die maximale Spannung an den untersten Wirbeln befinden, da das betreffende Individuum, um möglichst die sichere axiale Belastung zu erreichen, den Kopf nach vorne neigen, den Hals also in Anteflexionsstellung bringen wird. Bei Bewegungen aber, namentlich während des Gehens, führt die Halswirbelsäule kleine periodische Schwingungen aus; diese werden naturgemäss in erster Reihe den beweglichsten Theil derselben, namentlich die zwischen dem 5. und 6. Wirbel, also im Krümmungsmittelpunkte, liegende Scheibe betreffen, oder es kann aus diesem und dem erst genannten Momente eine dazwischen liegende meistbeanspruchte Stelle, und zwar zwischen dem 6. und 7. Wirbel resultiren.

Behufs Abschätzung und Werthung der während der erwähnten Schwingungen zweifellos bestehenden kleinen Zerrungen und Pressungen sind

wir nicht genöthigt, zu Vermuthungen zu greifen. Denn aus der Mechanik ist es erstens bekannt, dass ein Körper doppelt so stark beansprucht wird, sobald derselbe nicht allmählich, sondern stossweise belastet wird; ferner, dass ein Körper die Fähigkeit, Stösse zu vertragen, in viel höherem Masse verliert, wenn derselbe an der am meisten gefährdeten Stelle eine Querschnittsschwächung erleidet. Andererseits ist es festgestellt, dass der Bruch oder Riss eines Stabes nicht nur durch das einmalige Anbringen der grössten Belastung, sondern schon durch eine weit geringere Last herbeigeführt werden kann, wenn man diese öfters einwirken lässt und wieder entfernt. Durch diese Erkenntniss hat der ältere Begriff der Bruchbelastung viel an Bedeutung verloren. Es giebt aber hinsichtlich der Last eine Grenze, unter der durch noch so häufigen Wechsel der Belastung keine Zusammenhangstrennung mehr erfolgt. Diese Grenze ist im Allgemeinen mit der Elasticitätsgrenze identisch und heisst, wenn der Körper abwechselnd auf Zug und Druck beansprucht wird, „Schwingungsfestigkeit“.

Was geschieht aber, wenn ein Körper, z. B. das Material der Wirbelsäule, an einem Punkte auf irgend eine Art über seine Elasticitätsgrenze in Anspruch genommen wird? Mehrere der medicinischen Autoren [Kocher¹⁾, Henle²⁾, Merkel³⁾ u. A.] nehmen an, dass nach der Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze sich die Zerquetschung resp. der Bruch einstellt. Dies stimmt aber mit der physikalischen Bedeutung der Elasticitätsgrenze nicht überein. Man versteht bekanntlich darunter die Grenze, bis zu der sich ein Körper vollkommen elastisch verhält. Wird der Körper über dieselbe hinaus beansprucht, so entstehen dauernde Formveränderungen, die schliesslich, wenn die Festigkeitsgrenze erreicht ist, zur Trennung des Zusammenhanges führen. Wichtig ist es ferner, dass permanente Belastungen, sogar wenn sie die Elasticitätsgrenze nicht überschreiten, dauernde Veränderungen hervorrufen können. Der Spielraum zwischen Elasticitäts- und Festigkeitsgrenze ist aber gerade bei nicht starren elastischen Körpern, wie z. B. dem Materiale der Wirbelsäule, ein bedeutender. Somit kann man mit Sicherheit behaupten, dass nach der Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze auch an der Wirbelsäule zuerst bloss dauernde geringe Formveränderungen entstehen werden. Nach geringfügigen periodischen Ueberschreitungen werden letztere eine Zeitlang gewiss reparirt; es wird aber, wenn die Schädigungen fort dauern, wie bei den in Rede stehenden Schwingungen, die erhöhte Wirkung der

1) Kocher, l. c.

2) Henle, l. c.

3) Merkel, Handb. d. topograph. Anatomie. Bd. 2.

Wiederholung zur Geltung kommen und sich eine dauernde Ueberschreitung der Schwingungsfestigkeit, somit ein dauernder Deformationsprocess, einstellen.

Die ersten sichtbaren Anzeichen der Deformirung werden die bereits geschilderten Veränderungen der weniger widerstandsfähigen Elemente, d. h. der Zwischenscheiben, seien. Haben dieselben dann ihre Elasticität beträchtlich eingebüsst, so werden sich auch die Knochen an der Deformation betheiligen und die bekannten Abplattungen zeigen. Im meinem III., V. und VII. Falle bekommt man entschieden den Eindruck, als ob der deformirende Process im Körper des 6. Wirbels selbst concentrirt wäre. Ich lasse mich in die Schilderung des feineren Details der Veränderungen nicht näher ein und betone bloss, dass die Abflachung der Zwischenscheiben eine Verminderung der Krümmung der Halswirbelsäule zur Folge hat, die sich bis zur geraden Stellung, ja bis zur Vorwärtsneigung derselben steigern kann (Fall II, VII und VIII). Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der keilförmigen Gestalt der Zwischenscheiben. Deformiren sich dieselben im entgegengesetzten Sinne, so entsteht eine auffällige Drehung des darüber liegenden Wirbels nach vorne und eine entsprechende Diastase rückwärts zwischen den Dornfortsätzen (Fall II und VI). Die keilförmige Abflachung kann aber, wie Fall V zeigt, auch einen Wirbelkörper betreffen. Die Zugspannung erzeugte im Falle VI zwischen den auseinander gewichenen Dornfortsätzen den eigenthümlichen länglichen Knochen des Lig. nuchae, die Druckspannung aber die schönen Brückenbildungen (Fall VII und VIII). Bezüglich der Deutung letzterer schliesse ich mich Beneke, Simmonds, Fränkel und Schanz¹⁾ an, nach welchen dieselben als Anpassungserscheinungen an die veränderten statischen Verhältnisse, also als Stützvorrichtungen aufzufassen sind. Als Correctionstendenz (Schanz) möchte ich die Osteophytenbildungen nicht bezeichnen. Dieser Name birgt nämlich schon eine teleologische Deutung in sich. Allerdings kann man die Bildung der Brücken als Spontancorrectur auffassen. Sie entstehen als reactiver Process durch die erhöhte Druckspannung und vermitteln, wenn auch keine Heilung, so doch die Hintanhaltung der Deformation. In unserem VIII. Falle ist die Stützsäulenbildung ohne bemerkbare Aenderung der Zwischenscheiben,

1) Schanz, Die statischen Belastungsdeformitäten der Wirbelsäule. 1904.

und zwar wahrscheinlich als Reaction auf die habituelle geneigte Kopfhaltung der Idiotin entstanden. Ihre Erhaltung verdanken die Scheiben offenbar dem relativ jüngeren Alter des Individuums (38 Jahre) und dem frühzeitigen Auftreten der Stützblöcke. Hier könnte man sogar von Spuren einer activen Selbstcorrectur sprechen, da die zwischen dem 4. und 5. Wirbel befindlichen Exostosen dieselben etwas auseinander stemmen und hierdurch die Krümmung der Wirbelsäule nach rückwärts ein wenig vergrößern.

Den X. Fall habe ich, dem Gegensatze zulieb, als das Beispiel einer hauptsächlich durch axiale Druckbelastung hervorgerufenen Deformation angeführt. Wahrscheinlich war die primäre Veränderung auch hier den vorherigen ähnlich. Nach dem Schwund der Krümmung der Halswirbelsäule kam dann die axiale Belastung besonders zur Geltung, die bei dem recht bejahrten Individuum (95 Jahre) zu der hochgradigen Abplattung der oberen Wirbel und Zwischenscheiben führte. Für den überwiegenden axialen Druck spricht hier auch der fast völlige Mangel der Stützbildungen an der vorderen Profilinie.

Zum Schlusse möchte ich nochmals betonen, dass durch die geschilderten, meist im höheren Alter und an den Prädilectionsstellen einsetzenden Veränderungen der Widerstand der Halswirbelsäule indirecten Verletzungen gegenüber auffallend herabgesetzt wird. Dieser Umstand hat auch vom gerichtsärztlichen Standpunkte aus betrachtet eine Wichtigkeit. Es können nämlich bei Individuen, die mit solchen Veränderungen behaftet sind, im Leben oder postmortal durch relativ sehr geringe Gewaltseinwirkungen Risse oder Brüche der Halswirbelsäule entstehen. An der Leiche eines alten Mannes kam der Zwischenscheibenriss z. B. dadurch zu Stande, dass der Rumpf plötzlich gehoben wurde, der Kopf aber zufolge seines eigenen Gewichtes nach abwärts fiel. Bei cyanotischen Leichen können hierbei ausgebreitete Blutungen in die Umgebung vorkommen. Gerinnt noch dazu das Blut theilweise, so kann die Aufgabe des Obducenten event. erschwert sein.

DISCHIEDE I LETTERARI FORTINARI

Letit.

2967-1968

Fig. 14.

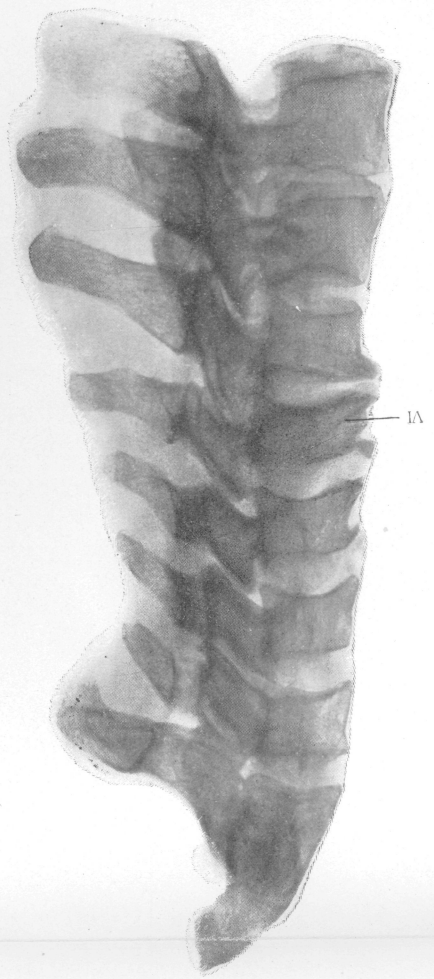


Fig. 18.



Fig. 22.

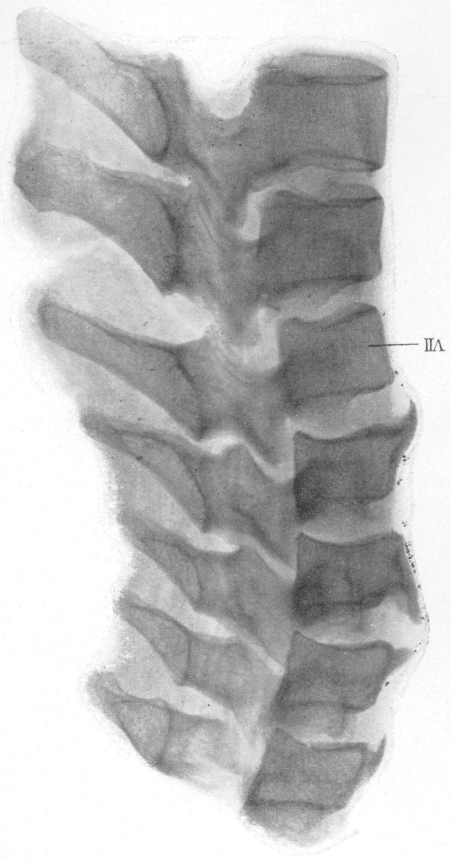


Fig. 1.

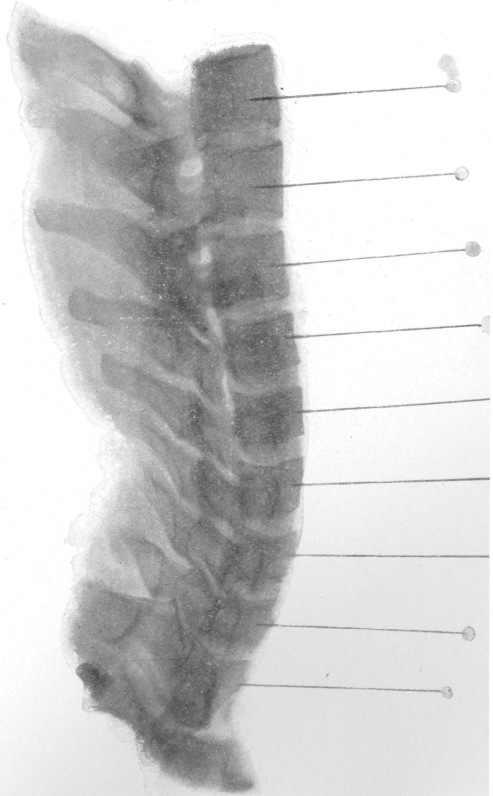


Fig. 2.

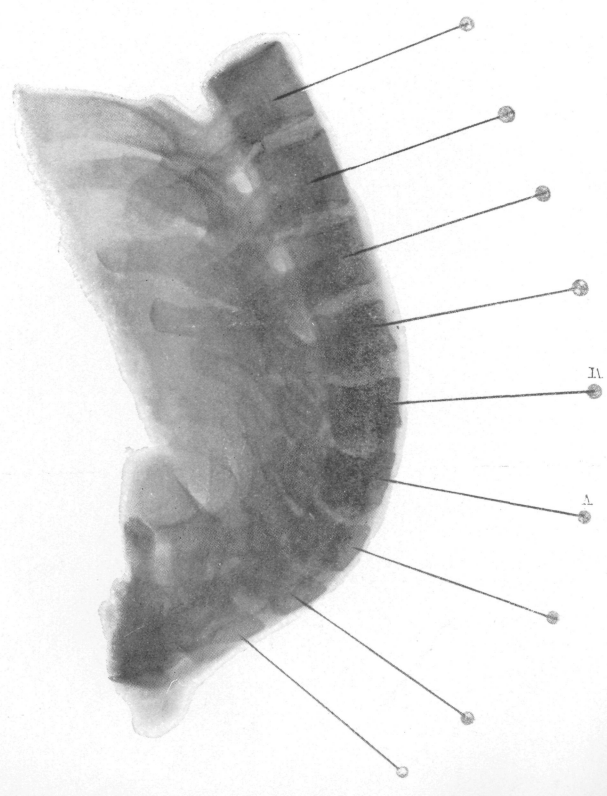


Fig. 3.

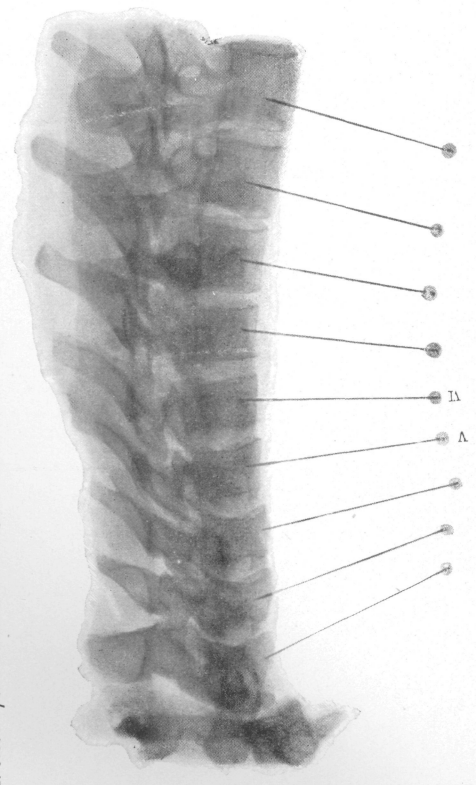




Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 16.

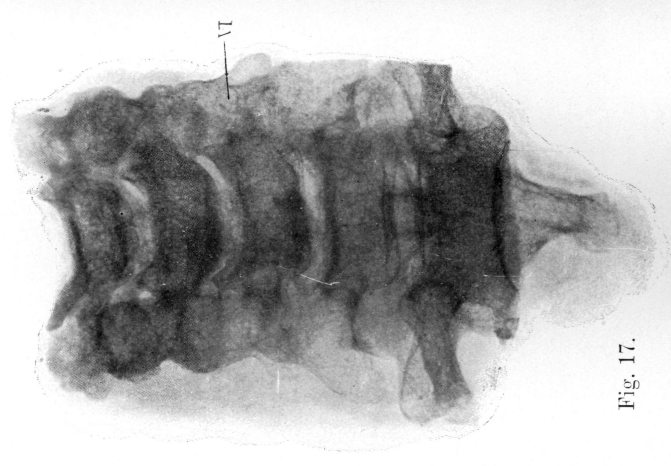


Fig. 17.



Fig. 13.

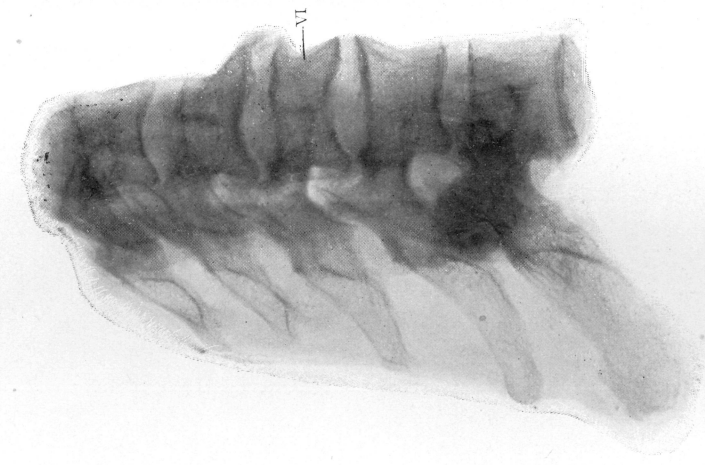
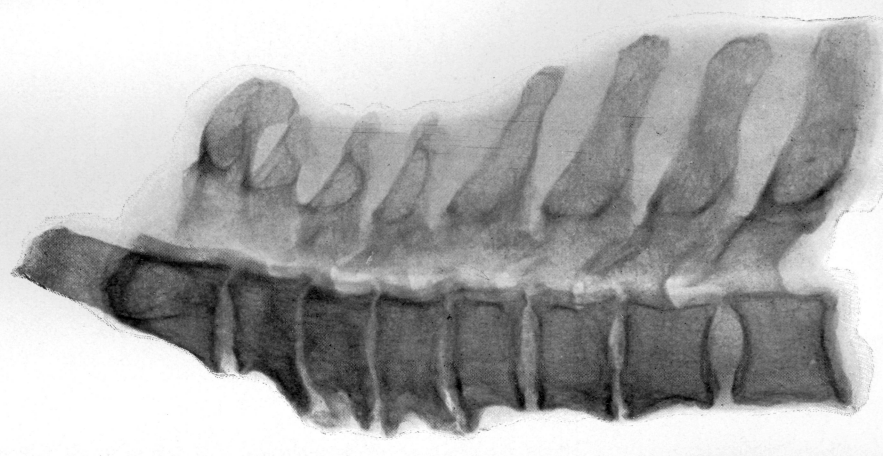


Fig. 15.



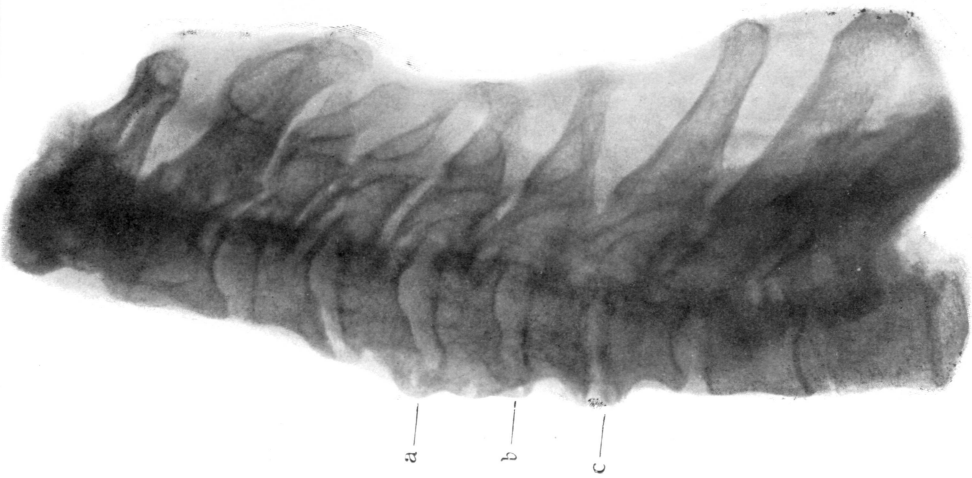


Fig. 23.

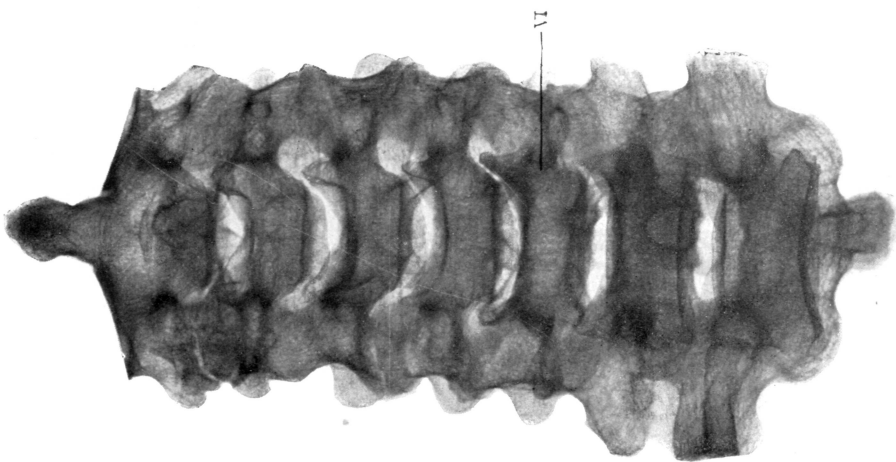


Fig. 21.

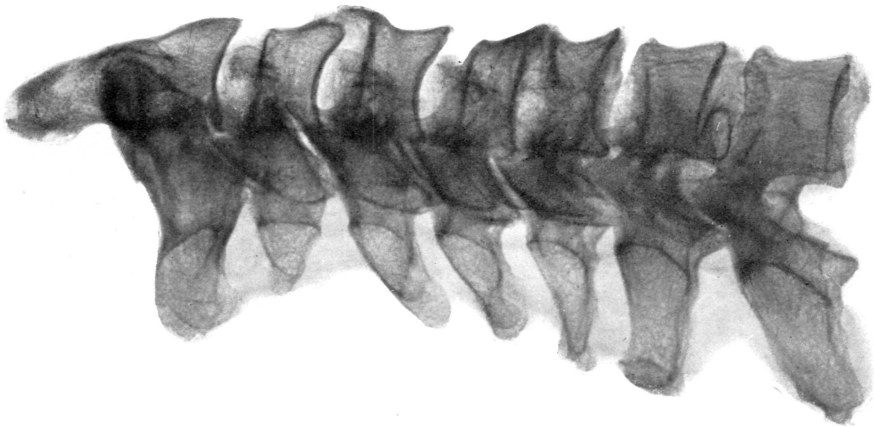


Fig. 20.