

## X.

### Leichenexperimente über die Zerreibungen der Bänder im Ellbogengelenk.

Vorgenommen von

Dr. Joh. Hönigschmied  
in Innsbruck.

Als Fortsetzung meiner Leichenexperimente über Zerreibungen der Bänder der grossen Extremitätengelenke (s. diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1877 und Bd. X. 1878) theile ich hier die Resultate von 114 Versuchen mit, welche ich am Ellbogengelenk unternommen habe.

Die in praktischer Beziehung weniger in Frage kommende und auch aus anatomischen Ueberlegungen weniger wichtig erscheinende Wirkungsweise der Ueberbeugung habe ich nur in 6 Versuchen studirt. Wichtiger erschien es, den näheren Vorgang bei gewaltsamer Ueberstreckung zu beobachten, und der Lösung dieser Frage widmete ich 24 Versuche, deren Resultate allerdings zum grossen Theile schon in den Arbeiten anderer Untersucher vorhanden sind, die hierdurch eine neuere und in mannigfachem Detail genauere Bestätigung erfahren. Noch mehr geboten schien es, Versuche über die Wirkung der anderen gewaltsamen Bewegungen, der übertriebenen Pronation und Supination, dann der Ab- und Adduction anzustellen, weil darüber nur vereinzelte, meist nur nebenher gewonnene Resultate vorliegen. Ich habe daher über jede dieser vier violenten Bewegungsformen je 21 Versuche gewidmet, deren Resultate so gut übereinstimmen, dass die Frage hiermit als erledigt angesehen werden kann.

Wirkung durch gewaltsame Volarhyperflexion.

Die Beuge- und Streckbewegung der Vorderarmknochen, welche in einem Umfang von ungefähr 150° ausführbar ist<sup>1)</sup>, erfolgt nach

---

1) Hueter, Klinik der Gelenkkrankheiten. 1877. S. 506.

Henle<sup>1)</sup> in einer nahezu sagittalen Ebene um die Axe des Processus cubitalis humeri; da diese Axe mit dem medialen Ende etwas tiefer steht, als mit dem lateralen, so weicht die Längenaxe des Vorderarms bei der Beugung unter einem spitzen Winkel medianwärts, bei der Streckung unter einem sehr stumpfen Winkel lateralwärts von der Längenaxe des Oberarms ab.

Wenn man ein Ellbogengelenk präparirt, die vordere und hintere Kapselwand vollständig entfernt und nur die beiden Seitenbänder belässt, so hat — wie schon Hyrtl<sup>2)</sup> erwähnt — die Festigkeit des Gelenks in keiner Weise gelitten. Beugt man den Vorderarm, so sieht man, sobald die physiologische Grenze dieser Bewegung durch das Anstemmen des Proc. coronoideus ulnae in der Fovea supratrochlearis anterior und des Capitulum radii in einer ähnlichen Grube des Oberarmbeins<sup>3)</sup> erreicht ist, dass die beiden Seitenbänder durch die Spannung ihrer hinteren Ränder der weiteren Beugung Widerstand entgegensetzen. Wird aber die Bewegung gewaltsam weiter ausgeführt, so tritt eine neue Drehung ein, welche aber nicht mehr durch die Axe des Gelenks, sondern durch den in der Fovea supratrochlearis sich anstemmenden Kronenfortsatz geht; das Olekranon hebt sich ab, die Cavitas sigmoidea major ulnae entfernt sich ein wenig von der Trochlea und das Gelenk klafft etwa 5 Mm. weit nach hinten.

In vier Versuchen, welche ich an so beschaffenen Extremitäten vornahm, waren die hinteren Ränder der Seitenbänder auf das Höchste gespannt und in einem Falle die hinteren Bündel des Ligamentum laterale internum etwas eingerissen. In zwei Versuchen, wo auch die Kapsel belassen wurde, war die hintere Kapselwand entsprechend den scharfen Rändern der Trochlea durchtrennt.

Bonnet<sup>4)</sup> erwähnt ganz kurz, dass er durch Ueberbeugung des Vorderarms keinen Fehler im Ellbogengelenk eintreten sah. In der That gelingt es an intacten Extremitäten nur äusserst selten durch diese Bewegung eine Läsion des Bandapparates herbeizuführen, weil, wie Hueter hervorhebt, bald nach dem Eintritt der knöchernen Hemmung sich eine neue Hemmung durch den Contact der Beugeflächen des Vorder- und Oberarmes geltend macht.

In einem Versuche — an der Leiche eines alten Individuums — wo ich die Ueberbeugung zu erzwingen suchte, indem ich nahe dem

---

1) Bänderlehre. 2. Auflage. S. 76.

2) Anatomie. 10. Auflage. S. 332.

3) Henke, Anatomie und Mechanik der Gelenke. 1863. S. 147.

4) Gelenkkrankheiten. Uebersetzt von Krupp. 1847. S. 802.

Carpus auf die Dorsalseite des gebeugten Vorderarms mit einem schweren Hammer schlug, war das untere Ende des Humerus entsprechend der Verbindungslinie beider Condylen quer abgebrochen.

Wie bekannt kann, wenn bei spitzwinklig gebeugtem Ellbogengelenk eine starke Gewalt in der Längsaxe des Vorderarmes auf das Olekranon einwirkt, wie es z. B. beim Fall geschieht, Luxation der beiden Vorderarmknochen nach vorn eintreten. Gleichwie Streubel, suchte ich diesen Mechanismus nachzuahmen, indem ich bei maximal gebeugtem Vorderarm mit einem Schlägel auf das Olekranon schlug, doch sah ich dadurch gleichfalls nichts anderes, als Fractur oder Zertrümmerung des Olekranon erfolgen.

*Die Verletzungen, welche durch gewaltsame Volarhyperflexion im Ellbogengelenk auftreten, bestehen demnach in Dehnungen, Zerrungen und partiellen Rupturen des Bandapparates auf der Dorsalseite; also in Distorsion. Ausnahmsweise wenn die Cohäsion der Ligamente grösser ist als jene der Knochen, kann in Folge dieser Bewegung Fractur am unteren Humerusende auftreten.*

#### Wirkung durch gewaltsame Dorsalhyperflexion.

Auf dieselbe Weise, wie die Experimentatoren vorgehen, um an der Leiche die Luxation des Vorderarms nach rückwärts zu erzeugen, habe ich in meinen Versuchen die Dorsalhyperflexion im Ellbogengelenk hervorgerufen, indem ich den frei über den Tischrand vorragenden, in Supinationsstellung befindlichen Vorderarm in sagittaler Richtung so weit nach rückwärts beugte, bis er mit dem Oberarm einen nach hinten offenen rechten Winkel bildete.

Untersucht man in dieser Stellung das Gelenk, so findet man in der Ellbogenbeuge das vorspringende Cubitalende des Humerus und unter demselben eine Vertiefung, welche durch das Zurückweichen des oberen Endes der Vorderarmknochen gebildet wird. Beugt man hierauf den Vorderarm, so verschwindet die Deformität und die Gelenkenden kehren in ihre früheren räumlichen Beziehungen zurück; nur ist das Ellbogengelenk je nach dem Grade der stattgefundenen Bänderzerreissung mehr oder weniger abnorm beweglich.

Eine Luxation des Vorderarms nach rückwärts tritt nur dann ein, wenn man wie Fisch<sup>1)</sup> angibt, nachdem in Folge der überstreckenden Gewalt durch Bänderzerreissung eine Lösung der Gelenkenden erfolgt ist, in der Richtung der Vorderarmaxe einen Rück-

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für rat. Medicin von Henle und Pfeuffer. Neue Folge. V. Bd. 1854. S. 235.

stoss ausübt. Nachdem der Mechanismus dieser Luxation durch Roser<sup>1)</sup> und Streubel<sup>2)</sup> allgemein bekannt ist, so unterlasse ich es, selbst darauf einzugehen.

Die Wirkung der überstreckenden Gewalt auf den Bandapparat ist dieselbe, ob man die Experimente an intacten Extremitäten oder an solchen mit vorher präparirtem Gelenke vornimmt.

In 22 Versuchen war stets die vordere Kapselwand gerissen und zwar 19 mal von ihrer unteren Insertion am Proc. coronoideus ulnae und dem Ringband, und nur 3 mal vom Humerus. Zuweilen kommt es vor, dass ein am Kronenfortsatz sich inserirendes Verstärkungs-bündel der vorderen Kapselwand ein Stückchen Knochensubstanz mit fortnimmt.

Von den Seitenbändern war 15 mal nur das Ligament. laterale internum getrennt; 5 mal waren beide Seitenbänder und nur 2 mal, wo das innere Seitenband erhalten blieb, war das äussere allein gerissen.

Die Trennung des inneren Seitenbandes war 13 mal vollständig; 6 mal war es von seiner Oberarminsertion, 7 mal vom Proc. coronoideus ulnae losgetrennt. In einem dieser Fälle blieb zwar das Band selbst intact, dagegen hatte es den medialen Rand des Kronenfortsatzes abgerissen. Siebenmal war die Zerreiassung unvollständig, doch war das Band mindestens bis zur Hälfte von vorn nach hinten durchtrennt.

Das äussere Seitenband war 5 mal bloß partiell zerrissen, indem immer noch ein grösserer Theil desselben erhalten blieb; nur 3 mal war es vollständig — 1 mal vom Humerus, 2 mal oberhalb seiner Einpflanzungsstelle in das Ringband — abgetrennt. *Das Ringband selbst war immer unversehrt.*

In jenen Fällen wo ich, um eine Luxation zu erzeugen, den Vorderarm nach rückwärts drückte, hatte die hintere Kapselwand entsprechend dem Capitulum radii, lateralwärts vom Olekranon, eine knopflochartige Oeffnung, in welcher das Radiusköpfchen steckte.

*Durch Ueberstreckung im Ellbogengelenk reisst also ausser der vorderen Kapselwand in den meisten Fällen das mediale Seitenband, seltener das laterale.* Welches von den beiden Bändern beim Versuch zerrissen ist, erkennt man leicht, wenn man den Vorderarm seitlich zu bewegen sucht; ist das mediale Seitenband zerrissen, so

1) Experimente über den Mechanismus der Vorderarmluxation. Archiv für phys. Heilkunde. 1844. S. 185.

2) Ueber die sämmtlichen im Ellbogengelenk vorkommenden Luxationen. Prag. Vierteljahrschrift. 7. Jahrg. 1850. I. Bd. S. 1.

kann man den Vorderarm abduciren, so dass er mit dem Oberarm einen nach aussen offenen Winkel bildet; ist auch das laterale Band durchtrennt, so kann man — wie Pitha<sup>1)</sup> erwähnt — den Vorderarm im Ellbogengelenk nach beiden Seiten bewegen.

Die Resultate meiner Versuche stimmen auch vollkommen mit den Beobachtungen von Paul<sup>2)</sup>, Henke<sup>3)</sup> und Bardeleben<sup>4)</sup> überein, welche erwähnen, dass bei der Luxation des Vorderarms nach hinten das laterale Seitenband gar nicht zu zerreißen braucht, weil die überstreckende Gewalt zunächst auf das Ligamentum laterale internum einwirkt. Chassaignac fand durch Ueberstreckung constant das innere Seitenband zerrissen; das äussere war immer unversehrt. Ganz unbegreiflich ist es mir daher, wenn Streubel in seinem Referate über die Arbeit Chassaignac's<sup>5)</sup> behauptet, dass es ihm selbst in seinen zahlreichen Leichenexperimenten niemals gelungen sei, das innere Seitenband zum Zerreißen zu bringen.

*Dass eine Ueberstreckung im Ellbogengelenk ohne Verletzung der Seitenbänder unmöglich ist, ergibt schon die anatomische Betrachtung des Bandapparates.* Wenn man nämlich die vordere und hintere Kapselwand abträgt und den Vorderarm streckt, so sieht man, dass bald nach dem Perfectwerden der knöchernen Hemmung durch das Anstossen des Olekranon in der Fovea supratrochlearis posterior die beiden Seitenbänder durch die Spannung ihrer vorderen Ränder der weiteren Streckung Widerstand entgegensetzen. Ja, selbst wenn man das Olekranon an seiner Basis absägt, ist eine wesentliche Ueberstreckung ohne Verletzung der Seitenbänder nicht ausführbar. Wie Hermann Meyer<sup>6)</sup> gezeigt hat, ist es namentlich das innere Seitenband, welchem durch die eigenthümliche Anordnung seines Ursprungs und seiner Insertion die Bedeutung eines Hemmungsbandes zukommt.

Obwohl ich den äusserst sorgfältigen Untersuchungen von Streubel über die pathologische Anatomie der hinteren Vorderarmluxation nichts Neues hinzuzufügen weiss, so möge es mir doch gestattet sein, die Stellung der Gelenktheile in Kürze zu erwähnen, wie ich sie in meinen Versuchen über diese Luxation beobachtet habe. In einer Anzahl von Fällen fand ich übereinstimmend mit

1) Krankheiten der Extremitäten. 1868. S. 70.

2) Die chirurgischen Krankheiten des Bewegungsapparates. 1861. S. 311.

3) l. c. S. 159.

4) Chirurgie. 1874. 2. Bd. S. 742.

5) Isolirte Luxation der Ulna im Ellbogengelenk nach hinten und aussen. Schmidt's Jahrb. 1854. VI. Bd. S. 345.

6) Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüsts. 1873. S. 152.

den Angaben der meisten Autoren den Processus coronoideus ulnae in der Fovea supratrochlearis posterior und das Capitulum radii an der hinteren Seite des Humerus oberhalb der Eminentia capitata. Aber fast ebenso oft war die Stellung der Ulna so, wie sie nach Petit, Malgaigne<sup>1)</sup> und Streubel der „incompleten Vorderarmluxation nach hinten“ zukommt. Der Kronenfortsatz der Ulna hatte nämlich seinen Standort am hinteren, unteren Umfang der Rolle, und es war mir selbst nach Blosslegung des Gelenks nicht möglich, denselben bis in die Fossa olecrani, ohne weitere Verletzung des Bandapparates emporzuschieben.

Die Resultate, welche Bonnet durch Ueberstreckung des Vorderarms erhielt, waren verschieden je nach dem Alter und der Constitution der Individuen, deren Leichen er für seine Versuche benutzt hatte; im Wesentlichen jedoch stimmen dieselben mit meinen Beobachtungen überein.

Bei Erwachsenen waren die Seitenbänder von ihrer Insertion am Humerus abgetrennt. Zuweilen war die Spitze des Processus coronoideus abgebrochen, das Olekranon war an seinem oberen Theile zermalmt oder es war an seiner Basis abgebrochen. *Niemals kam durch blosse Beugung des überstreckten Vorderarms eine Luxation zu Stande.*

Bei Greisen und Individuen mit mürben Knochen sowie bei Kindern trat gar keine Störung im Bandapparate ein, sondern Fractur des unteren Humerusendes unmittelbar über den Condylen.

Wenn ich selbst durch Dorsalhyperflexion keine Continuitätstrennung der Knochen erhielt, so erklärt sich dies daraus, dass ich zu meinen Versuchen fast ausnahmslos Leichen junger knochenstarker Individuen benutzte.

#### Wirkung durch gewaltsame Lateralflexion nach innen (Adduction).

Eine Flexion des Vorderarms nach der Seite ist im Ellbogengelenk nur dann ausführbar, wenn in Folge eines pathologischen Processes oder durch Einwirkung von mechanischer Gewalt eine Verletzung des Bandapparates erfolgt ist. In meinen Versuchen habe ich diese Bewegung gewaltsam erzwungen, indem ich den Oberarm der Leiche durch einen Gehilfen fixiren liess, während ich selbst den Vorderarm oberhalb dem Handgelenk fasste und in der Frontalebene soweit nach aussen oder nach innen beugte, bis die Längen-

1) Verrenkungen. 1856. S. 556.

axe desselben mit jener des Oberarms einen rechten Winkel bildete. Zugleich sei bemerkt, dass der Vorderarm bei Vornahme der Versuche stets supinirt und gestreckt war. Die Wirkung dieser Bewegung auf den Bandapparat ist ohne weiteres klar.

Wenn man den Vorderarm seitlich medianwärts beugt, so suchen die Gelenkflächen an der Aussenseite sich von einander zu entfernen; jene an der Innenseite dagegen werden stärker aneinander gepresst und bilden — wie Malgaigne — angibt, den Stützpunkt für eine Hebelbewegung, welche das äussere Seitenband zum Zerreiben bringt. Je nach dem Grad der mitgetheilten Bewegung reisst selbstverständlich auch mehr weniger weit die Kapsel.

In 21 Versuchen blieb nur einmal — an der Leiche eines alten Individuums — der Bandapparat vollständig intact, dagegen war das untere Humerusende und das Olekranon unregelmässig abgebrochen und theilweise zermalm.

In allen anderen Fällen war das Ligament. laterale externum abgerissen und zwar 14 mal von seiner Insertion am Humerus und 4 mal knapp oberhalb seiner Einpflanzung in das Ringband. In zwei Versuchen, wo das äussere Seitenband selbst erhalten blieb, waren die beiden Schenkel des Ligamentum annulare von ihrer Ulnarinsertion abgetrennt. — Wie schon Bonnet und Streubel erwähnen, setzt das radiale Seitenband der Flexion des Vorderarms nach innen einen grossen Widerstand entgegen, und es gehört ein ziemlich grosser Kraftaufwand dazu, dasselbe zum Zerreiben zu bringen.

Was die Kapsel betrifft, so reisst dieselbe häufig nur zur Hälfte von aussen nach innen. Rückwärts erstreckt sich gewöhnlich der Kapselriss bis zum lateralen Rande des Olekranon; vorn, bis zu derselben Ecke des Processus coronoideus ulnae oder wenn die Bewegung sehr kräftig ausgeführt wird, bis zum Ligamentum laterale internum. Meist reisst die Kapsel quer vom Ringband und dem vorderen Rande des Processus coronoideus ulnae, seltener von ihrer Insertion am Humerus.

Zu bemerken ist, dass ein Verstärkungsband der vorderen Kapselwand, welches sich an der lateralen Ecke des Kronenfortsatzes befestigt, zuweilen nicht zerreisst, sondern der Gewaltwirkung Widerstand leistend, entsprechend seiner Insertion ein grösseres oder kleineres Stück Knochensubstanz abtrennt. In sechs Versuchen, wo dasselbe intact blieb, war die laterale Ecke des Processus coronoideus ulnae abgebrochen; zweimal war die Trennung unterhalb der vorderen Insertion des Ringbandes erfolgt, so dass das Fragment

einerseits mit dem erwähnten Verstärkungsband, andererseits mit dem vorderen Schenkel des Ligamentum annulare zusammenhing.

Das innere Seitenband bleibt häufig unversehrt. In einem Fall waren blos die vordersten Bündel zerrissen; dreimal war dasselbe grösstentheils und zweimal war es vollständig von seiner Insertion am medialen Rand des Kronenfortsatzes abgerissen.

Bezüglich der Symptomatologie ist wenig zu bemerken: Wenn ich den Vorderarm rechtwinklig nach innen flectirt hatte, traten im Ellbogengelenk die Contouren der dislocirten Gelenktheile durch die äusserst gespannte Haut deutlich hervor. Der Condylus externus und die Eminentia capitata, unterhalb welchem das Radiusköpfchen fehlte, bildeten einen Vorsprung nach aussen, die Fovea supratrochlearis anterior und posterior war leer. Zu beiden Seiten der gespannten, nach innen dislocirten Tricepssehne, welche nach hinten concav gekrümmt war, war die Haut grubig eingezogen, besonders stark nach aussen. Am hinteren Umfang der Trochlea lag quer gelagert das Olekranon, welches sich umgreifen liess und nach unten von demselben das Köpfchen des Radius, welches durch die gespannte Haut deutlich hervortrat.

Wenn ich das Einschlägige aus der Literatur über die Wirkung dieser Bewegung berücksichtige, so muss ich wenigstens in Kürze der Angabe Malgaigne's<sup>1)</sup> über die Entstehung der Seitenluxationen des Vorderarms Erwähnung thun. Nach seiner Annahme entstehen diese Verrenkungen wahrscheinlich dadurch, dass in Folge eines Stosses, welcher seitlich — nach aussen oder nach innen — auf das Ellbogengelenk einwirkt, zuerst die Gelenkflächen auf der entgegengesetzten Seite auseinanderweichen, wo dann, nachdem der Widerstand durch Bänderzerreissung aufgehoben ist, eine Verschiebung des Vorder- oder des Oberarmes eintritt, je nachdem die Gewalt mehr auf den einen oder auf den anderen einwirkt. Eine Verrenkung nach innen ohne Fractur hält er wegen des stark vorspringenden medialen Randes der Trochlea für unmöglich.

Bekanntlich hat Ross<sup>2)</sup> diese Luxationen an der Leiche erzeugt, indem er einfach die Extremität im Ellbogengelenk über seinem Knie seitlich umknickte. Bonnet und Streubel dagegen ist es niemals geglückt, durch diese Bewegung eine rein seitliche Luxation des Vorderarms hervorzurufen.

In meinen Experimenten fand ich Folgendes: Wenn man den

---

1) Chirurgische Anatomie. 1842. S. 362.

2) Chirurgische Krankheiten. 1848. S. 406.



Vorderarm, nachdem in Folge der Gewaltwirkung durch Bänderzerreissung eine genügende Lösung der Gelenkenden an der Aussen-seite erfolgt ist, weiter medianwärts beugt und dabei gleichzeitig in der Richtung der Vorderarmaxe einen Zug ausübt, so überschreitet die *Cavitas sigmoidea major ulnae* sehr leicht den medialen Rand der *Trochlea* nach innen; streckt man hierauf den Vorderarm, indem man dabei in der Richtung seiner Axe nach rückwärts drückt, so gleitet der Gelenkausschnitt nicht mehr über den inneren Rand der *Trochlea* nach aussen und es treten constant die Symptome der „incompleten seitlichen Luxation nach innen“ auf.

In den Fällen wo ich diese Luxation erzeugt hatte, war der Vorderarm parallel zur Axe des Oberarms nach innen verschoben, der Querdurchmesser des Gelenks nicht auffällig vergrössert. Der vordere Rand des *Processus coronoideus* stand vorn unter dem *Condylus internus*, hinter demselben das Olekranon. Die vordere und hintere Rollgrube war leer. Der *Condylus externus* und die *Eminentia capitata*, deren Contouren durch die gespannte Haut deutlich sichtbar waren, bildeten eine Hervorragung nach aussen. Zu beiden Seiten des Olekranon und der nach hinten und innen dislocirten *Tricepssehne* bildete die Haut grubige Vertiefungen, namentlich nach aussen. Wurde der Vorderarm gebeugt, was nur bis zu einem stumpfen Winkel möglich war, so ragte nach rückwärts das Olekranon stark vor und am hinteren, unteren Umfang der *Trochlea* war das Radiusköpfchen deutlich zu fühlen.

Was die Stellung der Gelenktheile betrifft, so umfasste der grosse Halbmondausschnitt der *Ulna* den *Condylus internus humeri*; der mediale Rand der *Trochlea* ruhte auf der äusseren seitlichen Abdachung der *Cavitas sigmoidea major ulnae* nahe dem lateralen Rande; das *Capitulum radii* stand unter dem Ausschnitt der *Trochlea*.

In einem Falle, als ich den rechtwinklig nach innen flectirten Vorderarm gerade gestreckt und hierauf gegen den Oberarm gebeugt hatte, erhielt ich „die Luxation nach hinten, innen“. Hier stand der *Processus coronoideus ulnae* hinter dem *Condylus internus humeri* und das Köpfchen des Radius am hinteren Umfang der *Trochlea* neben dem inneren Rande.

In allen Fällen wo die Luxation des Vorderarms nach innen auf die angegebene Weise zu Stande kommt, ist selbstverständlich immer das *Ligamentum laterale externum* abgetrennt; das innere Seitenband muss nicht nothwendig dabei zerreißen.

Wenn das *Ligamentum annulare* gerissen oder ein grösseres Stück vom *Processus coronoideus ulnae* abgebrochen war, war das

obere Ende des Radius abnorm beweglich, aber eine isolirte Luxation desselben war niemals zugegen.

Wenn ich die Resultate berücksichtige, welche Bonnet durch seitliche Umknickung des Vorderarms nach innen erhielt, so muss ich annehmen, dass er seine Experimente grösstentheils an Leichen alter Individuen vornahm, da er in acht Versuchen das Ligamentum laterale externum nur einmal zerrissen fand; sonst war stets Fractur am unteren Ende des Humerus durch den Zug des äusseren Seitenbandes erfolgt. Die Fractur begann über dem Condylus externus und endigte im Inneren des Gelenks am mittleren Theile der Trochlea oder nahe dem äusseren Rande. An der Stelle, wo der Bruch endigte, war die vordere Kapselwand zerrissen. — An Leichen junger Individuen war das untere Humerusende an der Innenseite durch den gegenseitigen Druck der Gelenkflächen zermalmt; der Condylus externus war nur selten abgerissen.

An Lebenden werden sich Verletzungen durch Lateralflexion des Vorderarms nach innen wohl nur selten ereignen, weil — wie Bonnet ganz richtig hervorhebt — die Innenseite der oberen Gliedmasse fast stets durch den Körper geschützt ist. Diese Bewegung wird also nur unter bestimmten Umständen erfolgen, wenn z. B. der Arm von den Rädern einer Maschine erfasst wurde oder zwischen die Speichen eines Wagenrades gerathen ist.

#### Wirkung durch gewaltsame Lateralflexion nach aussen (Abduction).

Diese Bewegung übt auf den Bandapparat dieselbe Wirkung aus wie die frühere, nur dass hier die Verletzungen, welche ganz nach demselben Mechanismus erfolgen, auf der entgegengesetzten Seite auftreten.

Wenn man den Vorderarm der Leiche gewaltsam nach aussen beugt, so erhält das Capitulum radii, indem es sich mit seiner Gelenkfläche an die Eminentia capitata des Oberarmbeines anstemmt, den Stützpunkt für eine Hebelbewegung; die Gelenktheile an der Aussenseite suchen sich von einander zu entfernen, endlich reisst das Ligamentum laterale internum und je nach dem Grade der mitgetheilten Bewegung mehr oder weniger weit die Kapsel. Das Ellbogengelenk klappt nach innen um so stärker, je mehr man den Vorderarm lateralwärts beugt.

In 21 Versuchen, welche ich über die Wirkung dieser Bewegung vornahm, war das mediale Seitenband 15 mal von seiner Insertion am Humerus und 4 mal vom Processus coronoideus ulnae abgerissen.

In zwei Fällen blieb zwar das Band intact, dagegen hatte es den medialen Rand des Kronenfortsatzes abgetrennt.

Die vordere Kapselwand war stets von ihrer Insertion am Vorderarm losgerissen. In den meisten Fällen erstreckte sich der Kapselriss von aussen nach innen bis zur lateralen Ecke des Processus coronoideus ulnae, und nur in einigen Versuchen, wo die Bewegung sehr kräftig ausgeführt wurde, entlang dem Ringband bis zum Ligamentum laterale externum. Nicht selten reisst die Kapsel so, dass kleinere Knochenpartien vom Kronenfortsatz daran haften bleiben. Die hintere Kapselwand war entweder ganz erhalten, oder blos bis zur Spitze des Olekranons eingerissen.

Das äussere Seitenband und das Ligamentum annulare radii waren stets unversehrt.

Wenn ich bei den Versuchen an intacten Leichen den Vorderarm rechtwinklig nach aussen flektirt hatte, so traten die Contouren der dislocirten Knochen im Ellbogengelenk durch die gespannte Haut deutlich hervor. Der Condylus internus humeri und die Trochlea, welche sich umgreifen liess, bildeten eine Vorragung nach innen; die Fovea supratrochlearis anterior und posterior war leer. Am unteren Umfange des Processus cubitalis humeri, an der äusseren Hälfte desselben, sprang das Olekranon staffelförmig vor und an der Innenseite der gespannten, nach aussen dislocirten Tricepssehne war die Haut zu einer tiefen Grube eingesunken.

Nach der Präparation des Gelenks war die Stellung der Knochen folgende: Das Capitulum radii ruhte mit seiner tellerförmigen Gelenkfläche am äusseren Umfange der Eminentia capitata; das Olekranon, welches so gelagert war, dass sein äusserer Rand die Eminentia capitata unten berührte, reichte mit der Spitze bis zum lateralen Rande der Trochlea.

Diese Dislocation der Gelenktheile ist aber nur eine temporäre; sobald man den Vorderarm streckt, treten die Knochen sofort in ihre normalen räumlichen Beziehungen zurück, und es sind dann nur mehr die Zeichen der anomalen Beweglichkeit des Vorderarms nach aussen zugegen.

Ich muss hier hervorheben, dass es mir in zahlreichen Versuchen ebenso wenig wie Bonnet und Streubel gelungen ist durch Lateralflexion des Vorderarms nach aussen eine Luxation hervorzurufen.

Bonnet erhielt bei den Versuchen an Leichen Erwachsener ganz dieselben Resultate. Bei Kindern wo der Bandapparat an der Innenseite des Gelenks immer unverletzt blieb, war der Hals des

Radius unterhalb dem Capitulum zermalmt in Folge des Druckes, welchen die Knochen an der Aussenseite des Gelenks bei dieser Bewegung auf einander ausüben.

### Wirkung durch gewaltsame Pronation.

Wie schon Henke<sup>1)</sup> erwähnt, gelingt es nur schwer die Rotationsbewegung des Radius gewaltsam über die physiologische Grenze auszuführen, weil der Vorderarm sich nicht weit von der verticalen Drehungsaxe anfassen und mittelst eines langen Hebelarms rotiren lässt. Die Wirkung dieser Bewegung auf das Ellbogengelenk wird meist noch dadurch abgeschwächt, weil, wenn man die Hand als Angriffspunkt benutzt, die Verletzungen gewöhnlich zuerst im Handgelenk auftreten, wodurch der Widerstand für die weitere Rotationsbewegung aufgehoben wird.

In meinen Versuchen habe ich diese Bewegung erzeugt, indem ich den gestreckten, frei über den Tischrand vorragenden Vorderarm um seine Längensaxe so weit nach aussen oder nach innen rotirte, bis unter dem Eintritt eines krachenden Geräusches und dem Gefühle des aufgehobenen Widerstandes eine Verletzung erfolgt war. Durch extreme Pronation erhielt ich folgende Resultate:

Sobald die physiologische Grenze der Pronation erreicht ist, findet bekanntlich der Radius an der Kreuzungsstelle mit der Ulna das Hypomochlion für eine Hebelbewegung. Wirkt die pronirende Gewalt am unteren Ende des Radius noch fort, so tritt sein oberes Ende nach vorn hervor und spannt den vorderen Schenkel des Ligamentum annulare und die damit zusammenhängende vordere Kapselwand. Wird die Bewegung noch weiter übertrieben, so zerreißt entweder das Ringband durch den Druck des andrängenden Radiuskopfes oder, wie es am häufigsten geschieht, es leistet der Gewaltwirkung Widerstand. Im letzteren Falle zerreißt zunächst das Ligamentum laterale internum, der Gelenkfortsatz der Ulna wird an seiner Innenseite nach hinten rotirt und das Ellbogengelenk öffnet sich nach innen.

Nach der Erklärung Bonnet's kommt diese Verletzung zu Stande, indem der Radius, welcher sich bei maximaler Pronation fest an die Ulna stemmt, deren oberes Ende mit um so grösserer Kraft zurückzudrängen sucht, je stärker die pronirende Gewalt unterhalb der Kreuzungsstelle das untere Ende der Ulna nach vorn zu führen bestrebt ist.

---

1) l. c. S. 159.

In 14 Versuchen, welche ich zunächst an Extremitäten mit präparirtem Ellbogengelenke vornahm, fand ich das Ligamentum annulare nur zweimal verletzt; in beiden Fällen war der vordere Schenkel desselben von seiner Ulnarinsertion losgerissen. Wenn man eine Pronationsbewegung ausführte, so wurde das Köpfchen des Radius nach vorn luxirt, doch trat dasselbe sofort an seinen früheren Platz, sobald man den Vorderarm supinirte.

In 11 Versuchen erfolgte die Bänderzerreissung zunächst an der Innenseite des Gelenks. In einigen Fällen war blos das Ligamentum laterale internum und die mediale Hälfte der vorderen Kapselwand abgetrennt und die hintere bis zur Spitze des Olekranons eingerissen. Wenn ich aber die Rotationsbewegung gleich von vorn herein kräftig genug ausgeführt hatte, so war der ganze Vorderarm abgedreht, so dass er blos durch das Ligamentum laterale externum mit dem Oberarm zusammenhing. In zwei Versuchen war selbst die vordere Hälfte des äusseren Seitenbandes oberhalb der Theilungsstelle in die beiden Schenkel des Ringbandes durchtrennt. — Die Stellen, an welchen der Kapselbänderriss erfolgt, sind ganz constant; immer reisst das Ligamentum laterale internum vom medialen Rand des Kronenfortsatzes und die vordere Kapselwand von der Ulna und dem Ringbande los; zuweilen geschieht es, dass die Kapsel den vorderen Rand des Processus coronoideus ulnae losreißt.

In einem Versuch trat im Ellbogengelenk gar keine Störung ein, dagegen war die Ulna im unteren Drittel schräg abgedreht.

In 7 Versuchen an intacten Extremitäten hatte die gewaltsame Pronation nur dreimal eine Verletzung des Ellbogengelenks zur Folge. Hier war das Ligamentum laterale internum grösstentheils vom Condylus internus humeri und ein Theil der vorderen Kapselwand vom Processus coronoideus ulnae abgetrennt. Die Ulna war so um ihre Längsaxe rotirt, dass die mediale Seite ihres Gelenkfortsatzes nach hinten hervortrat; sobald aber die Gewalt, welche den Vorderarm in extreme Pronationsstellung brachte zu wirken aufhörte, verschwand sofort die Deformität und es stellte sich die normale Configuration des Gelenks wieder her.

In 3 Versuchen war das untere Ende der Ulna in schräger Richtung abgedreht. Der Bruch begann auf der Volarseite oberhalb dem Capitulum und verlief steil ansteigend nach oben und radialwärts, wo das untere Fragment in eine scharfe Spitze auslaufend endete. Darunter war einmal — an der Leiche eines alten Individuums — zugleich auch das untere Ende des Radius unregelmässig abgebrochen.

In einem Fall war bloß Schrägfractur des Radius aufgetreten. Die Höhe des unteren Fragmentes betrug auf der Ulnarseite 10, auf der Radialseite, wo es in eine scharfe Spitze auslief, 14 Cm.

Die Angaben Bonnet's über die Wirkung der gewaltsamen Pronationsbewegung stimmen grösstentheils mit meinen Beobachtungen überein. An Leichen Erwachsener war fast stets der Radius in seiner Mitte gebrochen. In anderen Fällen, namentlich bei jugendlichen Individuen, erfolgte Bruch des Humerus schief über dem Gelenke. *Fractur der Ulna dagegen hat Bonnet niemals beobachtet.*

In 5 Versuchen, wo er die Rotation in halbgebeugter Stellung des Vorderarms ausführte, fand er das Ellbogengelenk zweimal verletzt. Das Ligamentum laterale internum und die vordere Kapselwand waren zerrissen und die Ulna nach hinten rofirt. Gewöhnlich war die Dislocation bloß temporär, und nur in einem Falle war dieselbe so bedeutend, dass eine Luxation der Ulna nach hinten auftrat.

Nach der Annahme der meisten Chirurgen kommt die Luxation des oberen Radiusendes nach vorn durch forcirte Pronationsbewegung zu Stande und bekanntlich hat Streubel diese Verrenkung an der Leiche erzeugt, indem er den gebeugten Vorderarm gewaltsam in Pronationsstellung verdrehte. Ich selbst sah diese Verrenkung nur in zwei Versuchen an Extremitäten mit präparirtem Ellbogengelenk auftreten. An intacten Gliedmassen ist es mir ebenso wie Bonnet niemals gelungen, diese Luxation hervorzurufen.

#### Wirkung durch gewaltsame Supination.

An intacten Leichen war ich trotz grosser Kraftanstrengung nur selten im Stande die Supinationsbewegung so weit zu forciren, dass eine Verletzung im Ellbogengelenk auftrat. Um mir über die Wirkung dieser Bewegung auf den Bandapparat Aufschluss zu verschaffen, war ich daher häufig gezwungen, das Gelenk vor Wiederholung der Versuche blosszulegen.

Das Resultat meiner Beobachtungen ist folgendes:

Wenn man das untere Radiusende durch Supinationsbewegung um das Ulnaköpfchen gewaltsam nach innen und hinten dreht, so kreuzt sich der Radius mit der Ulna beiläufig in der Mitte, indem sich ihre scharfen Kanten aneinanderstemmen; das obere Ende des Radius wird nach aussen gedrängt und spannt den vorderen Schenkel des Ligamentum annulare und die vordere Kapselwand. Die Versuche zeigen jedoch, dass das Ligamentum annulare auch der Supinationsbewegung häufig Widerstand leistet. — Ebenso wie durch

forcirte Pronation können auch hier die Verletzungen zuerst an der Innenseite des Gelenks erfolgen.

In 18 Versuchen an Extremitäten mit präparirtem Gelenk fand ich das Ringband neunmal verletzt; fünfmal war der vordere Schenkel desselben von seiner Ulnarinserction abgetrennt; zweimal war das Ringband vor und ebenso oft hinter dem Ligamentum laterale externum zersprengt. Dreimal war zugleich auch die Chorda transversalis cubiti zerrissen. — Unter diesen Versuchen war viermal auch das Ligamentum laterale internum und in einem Falle selbst die mediale Hälfte der vorderen und hinteren Kapselwand abgetrennt.

In einem Versuche war blos das radiale Seitenband vom Condylyl externus abgerissen; sonst war gar keine Störung aufgetreten.

In vier Fällen, wo ich die Supinationsbewegung mit grosser Kraft ausgeführt hatte, war der Vorderarm fast ganz abgedreht; blos das Ligamentum laterale internum und die mediale Hälfte der hinteren Kapselwand blieb erhalten.

Gleichfalls in vier Versuchen blieb die Verletzung auf die Innenseite des Gelenks beschränkt. Einmal war blos das Ligamentum laterale internum, zweimal zugleich auch die mediale Hälfte der vorderen und hinteren Kapselwand abgetrennt.

Die Abrissstellen der Ligamente sind ganz constant. Das Ligamentum laterale internum war stets von der Ulna — zuweilen mit dem medialen Rande des Kronenfortsatzes — abgetrennt; die vordere Kapselwand war immer vom Ringband und mit kleineren Knochenpartien vom vorderen Rand des Processus coronoideus losgerissen.

Wenn ich den Vorderarm, nachdem bereits das Ligamentum annulare zerrissen war, noch weiter in Supinationsstellung verdrehte, so wurde das obere Radiusende nach aussen und hinten dislocirt; durch die entgegengesetzte Bewegung nämlich durch Pronation, liess es sich gewöhnlich leicht an seinen früheren Standort zurückführen; nur selten bot die hintere Kapselwand, hinter welche das Radiusköpfchen gegliitten war, der Reposition ein Hinderniss.

An intacten Extremitäten habe ich blos drei Versuche vorgenommen.

Einmal war blos das Ligamentum laterale internum vom Processus coronoideus ulnae abgetrennt.

In den zwei anderen Fällen, wo ich die Supinationsbewegung in schwacher Beugestellung ausführte, war der Vorderarm so um seine Längenaxe rotirt, dass das obere Ende des Radius und die äussere Seite des Gelenkfortsatzes der Ulna nach hinten hervortrat.

Nach der Gewaltwirkung war der Vorderarm in extremer Supinationsstellung stumpfwinklig gebeugt. Die Haut lateralwärts der Tricepssehne war zu einer tiefen Grube eingesunken. Das obere Ende des Radius war nach hinten dislocirt und liess die Contouren seines Köpfchens mit der tellerförmigen Gelenkfläche durch die gespannte Haut deutlich wahrnehmen. Der laterale Rand des Olekranon war nach aussen rotirt und leicht zu umgreifen. Die Dislocation der Gelenktheile war jedoch nur temporär und durch eine leichte Pronation verschwand sofort die Deformität.

Nach der Präparation war das Ligamentum laterale externum oberhalb seiner Einpflanzung in das Ringband grösstentheils durchtrennt und die hintere Kapselwand entsprechend der lateralen Kante des Olekranons zerrissen. Das innere Seitenband war von der Ulna so abgetrennt, dass zwischen dem abgerissenen Insertionsende und dem medialen Rande des Kronenfortsatzes eine knopflochartige Oeffnung entstand.

In beiden Fällen war zugleich das untere Ende der Ulna über dem Capitulum schräg abgedreht.

Bemerkenswerth ist, dass in den Versuchen von Bonnet durch forcirte Supination des Vorderarms niemals eine Verletzung im Ellbogengelenk zu Stande kam. In allen Fällen war entweder die Ulna in der Mitte oder der Oberarm über den Condylen in schräger Richtung gebrochen. An einem Präparate wo er das Ellbogengelenk vor dem Versuche blossgelegt hatte, erfolgte die Luxation des oberen Radiusendes nach aussen mit Zerreibung des Ligamentum annulare an seiner Ulnarinsertion.

Wenn ich selbst Fractur der Ulna nur zweimal beobachtet habe, so erklärt sich dies daraus, dass ich die Versuche grösstentheils an Leichen knochenstarker Individuen vornahm, sowie aus dem Umstande, dass ich in den meisten Fällen das Ellbogengelenk vorher blossgelegt hatte.

---