Ueber Fernschädigungen peripherischer Nerven durch Schuß und über die sogenannten Kommotionslähmungen der Nerven bei Schußverletzungen.

Von G. Perthes in Tübingen.

Wer danach strebt, für die klinischen Erscheinungen, die man bei Schußverletzungen peripherischer Nerven beobachtet, bestimmte anatomische Grundlagen aufzusuchen, der muß besonderes Interesse an jenen Fällen nehmen, in welchen trotz schwerer Lähmung bei der operativen Freilegung der Nerven sich ein — wenigstens makroskopisch — negativer Befund ergibt.

Schon aus dem Burenkriege berichtet Küttner¹⁾ auf Grund von Beobachtungen englischer Chirurgen, daß die nach Schußverletzung freigelegten Nerven intakt gefunden werden können, und führt die beobachteten Lähmungen auf Fernwirkung zurück. In dem Balkankriege haben Gerulanos²⁾ und Kirschner³⁾, in dem jetzigen Kriege M. Bernhardt⁴⁾, Heilp⁵⁾, Hezel⁶⁾ und Thöle⁶⁾ diesen „Kommotionslähmungen“ ihre Aufmerksamkeit geschenkt. Bei einer in den ersten Tagen des Feldzuges vorgenommenen Operation konnte ich selbst⁷⁾ zeigen, daß ein Nerv schwer geschädigt sein kann, ohne von dem Geschoß berührt worden zu sein.

¹⁾ Beitr. z. klin. Chir. 28. S. 751. — ²⁾ Beitr. z. klin. Chir. 91. S. 229. — ³⁾ D. m. W. 1915 Nr. 11 S. 313. — ⁴⁾ B. kl. W. 1915 Nr. 13 S. 312. — ⁵⁾ Beitr. z. klin. Chir. 96 S. 300. — ⁶⁾ Beitr. z. klin. Chir. 98 S. 151. — ⁷⁾ D. Zschr. f. Chir. 132 S. 194.

Trotz alledem ist unsere Kenntnis dieser Nervenschädigungen ohne makroskopischen Befund in mehr als einer Hinsicht der Ergänzung dringend bedürftig.

Bei unserem Material von 188 Operationen¹⁾ von schußverletzten Nerven fand sich in 14 Fällen, als in der Absicht einer Nervennaht oder Neurolyse eingegangen war, weder eine vollständige oder teilweise Zerreißen des Nerven, noch eine Narbeneinschnürung, noch eine endoneurale Narbe oder sonst ein größerer anatomischer Befund. Ein Beispiel aus diesem Material, das viermal den N. ischiadicus bzw. peroneus, zehnmal einen oder mehrere der großen Armnerven betrifft, sei zunächst genauer angeführt, und es sei vorweg bemerkt, daß die im Einverständnis mit dem neurologischen Berater²⁾ vorgenommene Freilegung des Nerven, die den vorher nicht erwarteten Befund makroskopischen Intaktseins des oder der affizierten Nerven ergab, in keinem Falle etwas geschadet hat. In einzelnen Fällen schloß sich sogar an die Operation eine rasche Besserung an, die allerdings kaum auf die einfache Freilegung zurückgeführt werden kann.

Wehrmann R. Am 14. März 1916 durch Granatsplitter am rechten Auge, Unterkiefer und am rechten Oberarm verletzt. Sofort heftige Schmerzen in der Kleinfingergegend der rechten Hand. Die Schmerzen haben bis zur Aufnahme in der Chirurgischen Klinik am 3. April 1916 fortbestanden, sich sogar eher gesteigert und auf das Radialisgebiet übergegriffen.

Befund 3. April 1916: In der oberen Hälfte des rechten Armes an der Außenseite zwei linsengroße Narben, 13 und 18 cm oberhalb des Epicondylus lateralis, von aseptischer Heilung der Einschußwunden herührend. Keine Humerusfraktur. Das stereoskopische Röntgenbild zeigt einen kleinlinsengroßen Granatsplitter auf der Innenseite des Humerus in der Höhe zwischen mittlerem und Oberarmdrittel. Die Hand hängt in der für Radialislähmung charakteristischen Weise herab, kann nicht extendiert werden. Der Daumen wird in etwa einem Drittel des normalen Umfangs extendiert und abduziert. Im sensiblen Gebiet des Radialis am Handrücken Hypästhesie (pelziges Gefühl), stellenweise aber auch Hyperästhesie (Berührung wird wie Elektrisieren empfunden). Im Ulnarisgebiet Motilität nicht vollkommen aufgehoben. Es ist zwar Fingerspreizen und Zusammenlegen aktiv unmöglich, dagegen Streckung im Mittel- und Endgelenk des zweiten bis fünften Fingers aktiv ausführbar. Sensibilität im Ulnarisgebiet ist nur in einem kleinen Bezirk am Kleinfingerrande der Hand gänzlich aufgehoben. Sonst besteht hier Hypästhesie und Hypalgesie. Mäßig starke Atrophie der Zwischenknochenmuskeln und der Kleinfinger Muskulatur. Im Gebiete des Medianus besteht weder motorische noch sensible Störung. Elektrische Untersuchung (Universitätsnervenklinik Priv.-Doz. Dr. Reiss): „Beginnende Ea.R. der vom Radialis versorgten Muskeln, Verlangsamung der Zuckung, Verstärkung der Anodenschließungszuckung. Vom N. radialis aus ist die Muskulatur unerregbar, vom N. ulnaris aus ist die Muskulatur sowohl bei Reizung am Oberarm wie am Ellbogen gut zu erregen. Die elektrische Muskelprüfung ist wegen der großen Schmerzhaftigkeit schwierig. Doch bekommt man bei den kleinen Handmuskeln normale blitzartige Zuckungen. Der Medianus ist vom Nerven aus normal erregbar. Die Muskulatur ergibt überall normale blitzartige Zuckungen, doch reagiert sie schon auf geringe Ströme überstark.“

6. April 1916 Operation. Narkose. Schnitt wie zur Unterbindung der A. brachialis. Freilegung des N. medianus, ulnaris und radialis. Während am inneren Rande des Bizeps die Gewebe und insbesondere der N. medianus ganz normal aussehen, scheinen die Gewebe weiter hinten etwas durchblutet. Der N. ulnaris und ebenso der N. radialis zeigen in der freigelegten Partie kleine, fleckweise Blutaustritte in einer Längsausdehnung von ungefähr 6 cm. Es handelt sich um kleinste Blutpünktchen, die an einzelnen Stellen in Reihen zwischen den Nervenbündeln angeordnet sind. Die Nervenscheide scheint an den Nerven etwas dichter adhärent. Eine Narbe ist nicht vorhanden. Bei Palpation ist eine Konsistenzvermehrung an dem N. ulnaris nicht zu bemerken.

Nun faradische Reizung der freigelegten Nerven. Die Stromstärke 5 unseres Apparates³⁾ die am Medianus sehr deutliche Kontraktionen bedingt, hat am Ulnaris nur geringfügige Zuckungen zur Folge (Beugung

¹⁾ Anm.: 143 Operationen wurden von meinen Assistenten, Prof. Reich, Priv.-Doz. Dr. Schloessmann, Priv.-Doz. Dr. Hartert in der Chirurgischen Klinik in Tübingen während meiner Abwesenheit im Felde, 45 weitere von mir selber bis Ende Mai 1916 ausgeführt. Von allen liegen genaue Krankengeschichten mit dem bei der Operation selbst diktierten Protokolle vor.

²⁾ Die Herren Prof. Brodmann und Priv.-Doz. Dr. Reiss in Tübingen, Dr. Levi und Dr. Koschella, Spezialärzte für Neurologie in Stuttgart haben die Fälle dankenswerterweise begutachtet.

³⁾ Vgl. Anmerkung auf nächstfolgender Seite.

vom fünften, vierten und dritten Finger, Andeutung von Streckung in den Endphalangen, Andeutung von Kontraktion des Flexor carpi ulnaris, sowie leichte Adduktion des Daumens). Bei Reizung des Radialis wird beobachtet: Kontraktion von Extensor carpi radialis und Abduktor pollicis, Extensor indicis und ebenso Kontraktion des Trizeps. Mit Rücksicht auf die Schmerzen im Ulnarisgebiet wird der Nerv mit $\frac{1}{2}$ %iger Novokainlösung infiltriert. Die unter ganz leichtem Druck injizierte Lösung verbreitet sich sehr leicht über mehrere Zentimeter sowohl unter der Nervenscheide wie zwischen den Nervenbündeln. Von einer Narbenbildung an den Nerven ist sicher nicht die Rede. Mit Rücksicht auf die erhaltene elektrische Reaktion wird von weiterer Operation abgesehen. Der Fremdkörper ist durch die stereoskopische Röntgenaufnahme nicht so sicher bestimmt, daß er ohne längeres Suchen gefunden werden könnte. Den Nervenstämmen liegt er jedenfalls in dem freigelegten Gebiet, was nach der Röntgenaufnahme allein in Frage kommen kann, nicht direkt an. — 20. April 1916. Die Fähigkeit der Dorsalflexion im Handgelenk beginnt sich einzustellen. — 18. Mai 1915. Die Hand kann im Handgelenk bis etwas über die Horizontale erhoben werden. Finger 2—5 im Grundgelenk noch nicht ganz zu strecken, Streckung der beiden letzten Phalangen unvollkommen möglich. Extension und Abduktion des Daumens unvollständig vorhanden. Opposition ziemlich gut. Spreizen und Zusammenführen der Finger ausführbar, nur am fünften Finger nicht ganz vollkommen. Adduktion des Daumens vorhanden. Faustschluß kraftlos. Sensibilität: Patient klagt über heftige Schmerzen in den beiden letzten Fingern und im Daumen, die jedoch des Nachts bei Hochlegen des Armes verschwinden. Leise Berührung mit Watteflocke wird an der Hand überall wahrgenommen, mit Ausnahme des größten Teiles des sensiblen Ulnarisgebietes. Die Hand ist leicht ödematös und schwitzt stärker. Puls rechts und links gleich, keine sichtbare Stauung in den Venen. N. ulnaris zeigt unterhalb des Schußgebietes durchaus keine Druckempfindlichkeit, ist aber hoch oben in der Achsel auf Druck deutlich überempfindlich.

Fälle wie der hier als Beispiel angeführte lassen eine andere Deutung nicht zu, als die: Das Geschloß, welches mit großer Geschwindigkeit die Weichteile in der Nachbarschaft der Nervenstämmen durchbohrte, hat einen Teil seiner lebendigen Kraft seitlich abgegeben und so eine schädigende Fernwirkung auf den Nerven ausgeübt. Es handelt sich hier um einen besonderen Fall jener explosionsartigen Wirkung rasanter Geschosse, deren Folgen an verschiedenen Organen und Geweben beobachtet sind.

Daß indirekte Schußfrakturen durch die Sprengwirkung eines seitlich am Knochen vorbeigehenden Geschosses zustande kommen können, ist schon länger bewiesen.¹⁾ Lexer²⁾ zeigte, daß an den selbst nicht getroffenen Gefäßen durch „Ueberdehnung“ quere Einrisse der Intima und Media vorkommen, welche zu Aneurysmenbildung führen können. Ebenso kann nach Lexer eine vom Geschloß gestreifte Sehne durch Ueberdehnung in der Längsrichtung aufgefasert werden. An der Muskulatur beobachtete ich ähnliche Wirkungen seitab vom Schußkanal mit Folgezuständen, die denen bei der ischämischen Muskelkontraktur beobachteten sehr ähnlich sind. Eine große Rolle spielen ferner derartige Fernwirkungen am zentralen Nervensystem. Die bei der letzten Chirurgentagung in Berlin ausgestellte kriegspathologische Sammlung enthält eine ganze Reihe von Präparaten, die ohne weiteres beweisen, wie die Wirkung eines Tangentialschusses durch die unverletzte Dura hindurch sich fortpflanzen und sowohl im Gehirn wie im Rückenmark weitab von dem Schußkanal Kontusionsherde und Blutaustritte erzeugen kann.³⁾

Unter unseren 14 Fällen von operativ am peripherischen Nerven nachgewiesenen „Kommotionslähmungen“ handelt es sich elfmal um Infanterieschuß, zweimal um Granatsplitter, einmal um eine Schrapnellverletzung. Das Ueberwiegen der Infanterieschüsse ist zweifellos darauf zurückzuführen, daß eine große lebendige Kraft des Geschosses die notwendige Vorbedingung für das Zustandekommen derartiger Fernwirkungen ist.

Die Operation habe ich einmal am fünften Tage nach der Verletzung⁴⁾, einmal 20 Tage nachher vorgenommen. Die Indikation war im ersten Fall durch eine gleichzeitig bestehende Gefäßverletzung, im letzteren durch die vorliegende Ea. R., die an eine Durchtrennung des N. radialis denken ließ, gegeben. In den übrigen 12 Fällen lag eine Frist von 3—6½ Monaten zwischen der Verwundung und der operativen Freilegung des Nerven. Die

Operation war durch längeren Stillstand der spontanen Besserung veranlaßt.

Ausnahmslos stand der geringfügige Befund, der sich bei der Freilegung des Nerven darbot, in einem auffallenden Mißverhältnis zu der Schwere der klinischen Erscheinungen. Viermal konnten wir überhaupt keine Veränderung am Nerven, weder in der Form, noch in der Farbe, noch bei vorsichtiger Palpation in der Konsistenz wahrnehmen. In einem Falle zeigte der gelähmte N. ulnaris, welcher 6½ Monate nach der Verletzung freigelegt wurde, nachdem die Ulnarislähmung als Rest einer ursprünglich völligen Plexuslähmung zurückgeblieben war, eine ungefähr 3 cm lange Partie, welche sich durch ihre rötliche Farbe von dem weißen Seidenglanz der angrenzenden Partien und von der normalen Farbe des N. medianus unterschied. In dem frischen, 20 Tage post trauma operierten Falle zeigten sich besonders an dem relativ am schwersten geschädigten N. radialis in der Längsausdehnung von einigen Zentimetern kleine Blutpünktchen, reihenweise zwischen den Nervenbündeln angeordnet, offenbar kleinste Blutaustritte in das Epineurium internum. In einem anderen, von meinem Vertreter, Prof. Reich, operierten Falle ist fünf Monate post trauma „ockergelbes Oedem und unwesentliche Verdichtung des Zellgewebes“ notiert. In keinem der 14 Fälle fand sich trotz der vorhandenen, mehr oder weniger vollständigen Lähmung eine Narbe weder am noch in dem Nerven. Nun hat Hofmeister¹⁾ beobachtet, daß ein neuritisch oder gar narbig veränderter Nerv, der dem Auge und dem palpierenden Finger völlig normal erscheint, einen erhöhten Widerstand darbietet, wenn man versucht, ihn mit einer feinen Injektionskanüle mit indifferenten Flüssigkeit zu infiltrieren. Hofmeister vermutet, „daß manche Fälle von Lähmungen ohne anatomischen Befund, die zur Aufstellung des Begriffs der Kommotionslähmungen geführt haben, hierdurch in zwangloser Weise sich erklären lassen“. Ich habe in drei von unseren Fällen mit Rücksicht auf die bestehenden Schmerzen die Aufschwemmung mit $\frac{1}{2}$ %iger Novokainlösung gemacht. Sie ließ sich ohne den geringsten Widerstand ausführen.

So geringfügig die operativen Befunde am Nerven auch waren, so waren sie doch beachtenswert und bewiesen ohne weiteres, daß etwa an eine hysterische Lähmung, die auch nach der klinischen Untersuchung schon abzulehnen war, garnicht gedacht werden konnte. Zur mikroskopischen Untersuchung hatten wir keinen Anlaß, Material zu liefern. Spielmeier²⁾ ist einmal in die Lage gekommen, einen solchen nicht vom Geschloß getroffenen Nerven zu untersuchen, der bei der Operation keine Veränderung darbot, abgesehen von etwas weicherer Beschaffenheit und leicht grauroter Verfärbung gegenüber den Nachbarabschnitten. Mikroskopisch zeigte er einen etwa dem dritten Teile der Markfasern entsprechenden, diffus über das ganze Nervenmaterial verbreiteten Markscheiden-schwund. Auch in den marklosen Partien fanden sich erhaltene Achsenzylinder. Wo die Nervensubstanz stark geschädigt war, kleine Blutungen. Diese sehr wichtigen Befunde Spielmeiers wären wohl auch in unseren Fällen zu erwarten gewesen.

Fällen, in denen wirklich Narben an oder in dem Nerven gefunden wurden, sind wir natürlich bei unseren Neurolysen auch nicht selten begegnet. Doch habe ich alle diese Fälle mit Narben auch dann, wenn es sich nur um einen geringfügigen Narbensaum an dem sonst unveränderten Nerven handelte, hier außer Betracht gelassen.

Vergleichen wir nun die klinischen Erscheinungen mit den erhobenen Befunden. Die motorische Lähmung war stets sofort mit der Verletzung aufgetreten. In der Mehrzahl der Fälle wurde in den Wochen und Monaten bis zur Operation ein Rückgang der Lähmung beobachtet, der etwa zwei bis drei Wochen nach der Verletzung begann, aber in dem Zeitpunkte der Operation zum Stillstand gekommen schien. So war z. B. von einer anfänglich vorhandenen Lähmung des Plexus brachialis 6½ Monate nach Schuß durch die Achsel noch eine partielle Ulnarislähmung zurückgeblieben und seit drei Monaten unverändert, während die gleichzeitig zustande gekommene Radialislähmung, welche im zweiten Monat post trauma kom-

¹⁾ Vgl. Perthes, Beitr. z. klin. Chir. 98 S. 636. — ²⁾ D. Zschr. f. Chir. 135 S. 445. — ³⁾ Vgl. Perthes, Bruns Beitr. 98 S. 584. — ⁴⁾ D. Zschr. f. Chir. 132 S. 194.

¹⁾ Beitr. z. klin. Chir. 96 S. 332.

²⁾ Zur Klinik u. Anatomie d. Nervenschußverletzungen, Berlin 1915.

plette Ea. R. gezeigt hatte (!), gänzlich verschwunden war. Nur einmal war die Lähmung, die uns zur Freilegung des Nerven veranlaßte, zu dem Zeitpunkte der Operation eine ganz vollkommene — bei einem Ischiadikus, der in den ersten drei Monaten seit der Verletzung keinerlei Zeichen von Besserung der Funktion gezeigt hatte. In den übrigen Fällen waren sehr schwache, praktisch bedeutungslose, aber immerhin deutlich erkennbare, willkürliche Bewegungen in einzelnen Muskeln des betreffenden Nervengebietes möglich. Trotzdem wurde in allen Fällen hochgradige Atrophie des betreffenden Muskelgebietes festgestellt.

Interessant ist der Vergleich des elektrischen Befundes vor der Operation mit dem Ergebnis der elektrischen Reizung des freigelegten Nerven. In sieben Fällen, in denen uns ein neurologischer Bericht über die elektrische Untersuchung vor der Operation vorliegt, bestand entweder komplette oder partielle, „beginnende“ Ea. R. Trotzdem vor der Operation vom Nerven aus überhaupt keine Reaktion, weder faradisch noch galvanisch, beobachtet wurde, war am freigelegten Nerven durch Reizung mit schwachem faradischem Strom Reaktion in dem gelähmten Muskelgebiet zu erzielen.¹⁾ Doch wurde in zwei Fällen beobachtet, daß die Stromstärke, die den nicht affizierten N. medianus zur lebhaften Kontraktion anregte, in dem durch den Schuß funktionell geschädigten N. ulnaris einen ganz wesentlich geringeren Effekt hatte. Bei einer 3½ Monate post trauma operierten Plexuslähmung, bei der klinisch noch Medianus- und Ulnarislähmung bestand, hatte die elektrische Reizung nur an dem Medianus, nicht an dem makroskopisch ebenso unveränderten Ulnarisstamm einen Erfolg.

Die Sensibilität für leise Berührung erwies sich zwar in jedem Falle in dem affizierten Gebiete als herabgesetzt, jedoch auch bei Bestehen fast völliger oder sogar völliger motorischer Lähmung in der Regel nicht ganz aufgehoben. Besonders auffallend trat mir das in dem ersten, im August 1914, am Tage nach der Verletzung untersuchten und vier Tage später operierten Fall von Infanterieschuß durch die Achsel entgegen. Alle Finger- und Handbewegungen waren aufgehoben. Trotzdem wurde kräftiger Hautreiz durch Kneifen im Radialis-, Ulnaris- und Medianusgebiet der Hand richtig angegeben und lokalisiert, ein Beweis, daß in keinem der drei motorisch gelähmten Nerven die sensible Leitung ganz unterbrochen sein konnte. Die leise Berührung mit Watteflocke wurde freilich niemals in dem Gebiete der Nerven, deren motorische Lähmung zur Operation drängte, wahrgenommen, abgesehen vom N. radialis, der, wie wir wissen, gelegentlich glatt durchgeschnitten sein kann, ohne daß bei genauester Sensibilitätsprüfung irgendeine sensible Störung nachweisbar ist.

Die Schmerzempfindung bei Kneifen einer Hautfalte fanden wir wiederholt in dem affizierten Gebiete gesteigert. Das Verhalten des spontanen Schmerzes war kein ganz gleichmäßiges. Meistens traten starke Schmerzen unmittelbar nach der Verletzung auf, um dann Wochen und Monate anzuhalten und erst ganz allmählich zu verschwinden. Doch wurde auch beobachtet, daß die Schmerzen erst zwei bis drei Wochen post trauma einsetzten. Im allgemeinen scheint der Schmerz bei diesen Fernschädigungen heftiger zu sein als bei völligem Durchschuß. In dem letztbeobachteten Falle — leider dem einzigen, den ich daraufhin genauer untersucht habe — war der spontan heftige Schmerzen auslösende Nerv in dem peripherisch von der Schädigung gelegenen Gebiet bei Druck auf den Nervenstamm durchaus nicht schmerzhaft, zeigte aber deutliche Druckempfindlichkeit des Nervenstammes oberhalb* der Stelle der Schädigung, ein Verhalten, das bei der Herabsetzung der Leitungsfähigkeit des affizierten Gebietes wohl zu verstehen ist. Die Behandlung der Schmerzen mit Diathermie wirkte günstig, wenigstens im Sinne vorübergehender Erleichterung bei jedesmaliger Anwendung. Die Aufschwemmung des freigelegten Nerven mit

1/2 %iger Novokainlösung beseitigte die Schmerzen leider nur höchstens für einen Tag. Ich beschränke mich hier auf diese kurzen Bemerkungen, da Herr Privatdozent Dr. Schloessmann den Schmerz nach Nervenschüssen zum Gegenstand einer eingehenden Studie auf Grund des Materials unserer Klinik zu machen beabsichtigt.

Der Verlauf der Fernschädigung nach Schuß ist ein langwieriger. Die Anschauung, daß es sich dabei immer um leichte Fälle handle, die innerhalb drei Wochen heilen (Oekonomakis)¹⁾, ist, wie schon Thöle hervorgehoben hat, irrtümlich. Die mehrmonatliche Frist, die in der Mehrzahl unserer Fälle der operativen Freilegung vorausging, hatte ja nicht ausgereicht, um eine Spontanheilung zustande zu bringen, und auch nach der Operation sahen wir zwar wesentliche Besserung — zweimal in rascherem Tempo als vorher — fortschreiten. Wir waren aber bis jetzt niemals in der Lage, den Enderfolg der völligen Restitutio ad integrum bei der Beobachtung unserer Fälle abzuwarten. Doch zweifle ich nicht daran, daß es sich bei anderen Fällen von nicht operativ kontrollierten Lähmungen, z. B. des Radialis, deren nahezu völlige restitutio ad integrum im Verlaufe von 10 Monaten wir beobachteten, um nichts anderes gehandelt hat als um solche Fernwirkung des Geschosses, daß also eine völlige Wiederherstellung auch in den Fällen, deren Abschluß wir nicht gesehen haben, durchaus im Bereiche des Möglichen liegt.

Die längste Frist von dem Schuß bis zur letzten Untersuchung betrug 1 Jahr 7 Monate. Bei dem drei Monate post trauma wegen völliger motorischer und fast völliger sensibler Ischiadikuslähmung von Prof. Reich operierten Patienten war bei faradischer Reizung des freigelegten, makroskopisch völlig unveränderten Nerven deutliche Zuckung im Tibialisgebiet, aber fehlende Erregbarkeit des Peroneusgebietes vom Nerven aus beobachtet. Bei der letzten Untersuchung, 16 Monate nach der Operation, war volle aktive Plantarflexion im Sprunggelenk, schwächere Dorsalflexion, nicht ganz bis zum rechten Winkel, möglich. Auch war eine Spur von Beugung und Streckung der Zehen eingetreten. Im ganzen sensiblen Ischiadikusgebiet bestand Hypästhesie mit leichten Parästhesien. Die zuerst heftigen Schmerzen hatten am Ausgang des ersten Jahres nach der Verletzung allmählich nachgelassen, um dann völlig zu verschwinden.

Ueber den Mechanismus der seitlichen Einwirkung des Geschosses auf den nicht getroffenen Nerven suchte ich mir Aufklärung durch das Experiment zu verschaffen.

Durch den ausgeschnittenen Oberschenkel einer Anatomieleiche wurde eine Anzahl von weichen Drähten (Aluminium-Bronzedraht) möglichst in der Längsrichtung durchgezogen und das Präparat auf 30 m Entfernung mit normalem Infanteriegeschosß beschossen. Es war zu erwarten, daß, wenn die Gewalt des Geschosses sich auch seitlich ausbreitete und auch die nicht getroffenen Drähte auseinanderwarf, daß diese infolge ihrer geringen Elastizität die erhaltene Ausbuchtung auch nach dem Schuß beibehalten würden. Das bei vier Versuchen gleichartige Ergebnis wird durch das Röntgenbild eines der beschossenen Oberschenkel vor und nach dem Schuß veranschaulicht (Fig. 1 und 2). Man sieht — besonders deutlich allerdings bei der hier nicht wiederzugebenden stereoskopischen Aufnahme — wie der Schuß die benachbarten Drähte auseinandergedrängt und ihnen Bogenform mit einer Länge des Bogens von 6–8 cm und einer Höhe von 1,5 cm gegeben hat. Ein von dem Geschosß getroffener Draht ist — ohne auszuweichen! — durchrisen. Seine beiden Teile sind, ohne weit verlagert zu sein, an den Enden infolge der großen Rasanz des Geschosses nach dem Ausschuß zu umgerollt. Unser Versuch gibt den Grad der Seitenwirkung des Schusses auf die Weichteile nicht ganz vollständig wieder, da weder die verwendeten Drähte noch die Weichteile selbst ganz unelastisch sind. Vollkommen würde man diese Fehler nur durch kinematographische Aufnahmen umgehen, wie sie Tilmann²⁾ zur Aufklärung der Sprengwirkung von Schädelnahschüssen benutzte.

Immerhin genügt unser einfacher Versuch vollkommen, um zu zeigen, daß die von dem Geschosß nicht getroffenen, dem Schußkanal benachbarten Drähte eine beträchtliche Ausbuchtung erfahren haben, daß also dem Infanteriegeschosß zum mindesten bei 30 m Entfernung auch bei einfachem Weichteilschuß eine sehr beträchtliche Seitenwirkung zukommt. Mit dieser seitlichen Ausbuchtung des Nerven muß eine Dehnung in der Längsrichtung verbunden. Die Ueberdehnung, die Lexer für analoge Verletzungen der Gefäße verantwortlich macht, wird sicher auch

¹⁾ Ich bediene mich des seimerzeit für die Zwecke der Leitungsanästhesie unter Zuhilfenahme der elektrischen Reizung konstruierten Induktionsapparates, welcher im Gegensatz zu den sonst gebräuchlichen Induktionsapparaten auch allerschwächste Ströme liefert und alle Stromstärken von 0 bis zu einer auf der Zunge gerade unangenehm werden den Stärke einzuschalten gestattet (vgl. M. m. W. 1912, Nr. 47). Zur Reizung des Nerven dient die von Hofmeister (l. c.) angegebene bipolare Elektrode.

¹⁾ Neurol. Zbl. 1914 Nr. 8 S. 486.

²⁾ Verh. D. Ges. f. Chir. 1898 S. 339.

bei diesen Nervenschädigungen eine Rolle spielen. Doch wird man die Druckwirkung der plötzlich sich ausbreitenden lebendigen Kraft, die, wie ein Schlag quetschend, den Nerven trifft, ebenso wenig als bedeutungslos betrachten dürfen, wie die Wirkung der Erschütterung, welche durch die radiär vom Schußkanal im Gewebe sich ausbreitenden Druckwellen erzeugt werden muß. Wenn man sich darüber klar bleibt, daß die drei

Narbe bedingt fast immer praktisch eine völlige Leitungsunterbrechung, und Lähmungen der Nerven infolge Nerven einschnürung ohne Nervenfaserdurchtrennung sind ebenso wenig spontaner Heilung fähig. So bleibt denn nur der Schluß übrig, daß der wesentliche Teil der spontanen Besserungen, die wir nach Nervenschüssen beobachten, aus dem Gebiete der Fernschädigungen der Nerven stammt.

Fig. 1

Oberschenkel mit eingezogenen weichen Drähten.

Fig. 2.

Derselbe nach Infanterieschuß aus 30 m Entfernung.

Faktoren, Dehnung, Quetschung und Erschütterung, sich zu gemeinsamer Wirkung verbinden und daß es nicht die Komotion allein ist, welche den Schaden verursacht, so wird nichts dagegen einzuwenden sein, daß der wohl am meisten gebrauchte Name der Kommotionslähmung beibehalten wird. Richtiger wird es sein, wenn man diese Schädigungen von Nerven, die nicht von dem Geschosse selbst getroffen sind, als „Fernschädigungen peripherischer Nerven durch Schuß“ bezeichnet.

Die wesentliche Folge der schädigenden Fernwirkung auf den Nerven muß in der mit dem Momente des Schusses vorhandenen, nicht etwa erst sekundär durch Blutung, Entzündung oder Narbeneinschnürung entstehenden Leitungsunterbrechung gefunden werden. Diese Blockade im Nerven ist für die verschiedenen beteiligten Nerven und auch für die einzelnen Nervenfasern desselben Nervenstammes nicht gleich vollständig und gleich lang anhaltend. Sie kann im allgemeinen von dem sensiblen Reiz leichter durchbrochen werden als von dem motorischen Willensimpuls. Auch an den motorischen Fasern ist die Unterbrechung nur relativ und dementsprechend vorübergehend. Denn der freigelegte gelähmte Nerv erwies sich oft als faradisch in abgeschwächtem Maße erregbar, auch wenn die faradische Reizung durch die Haut erfolglos geblieben war und die zugehörige Muskulatur infolge der längeren, wenn auch nur funktionellen, Abtrennung von der zugehörigen Ganglienzelle Zeichen von Ea.R. bot.

Die Bedeutung der Fernschädigung ist in der Pathologie der Nervenschüsse offenbar sehr groß. Die klinisch vollständige Lähmung eines nur teilweise durchschossenen Nerven ist daher ein häufig beobachteter Fall. Auch bei den Schüssen des Plexus brachialis, bei denen oft unmöglich alle gelähmten Wurzeln von dem Geschos getroffen werden können und bei denen ich nicht selten unmittelbar nach der Verletzung relativ gut erhaltene Sensibilität bei völliger motorischer Lähmung und später rasche Besserung zu beobachten Gelegenheit hatte, spielt zweifellos die Fernschädigung eine große Rolle. Endlich dürften von den beobachteten spontanen Besserungen nach Nervenschüssen wenigstens die allermeisten als Rückbildung solcher Fernschädigungen aufzufassen sein. Daß nach Durchschüssen die regenerierenden Nervenfasern das Narbengewebe durchbrechen, ist allerdings von Spielmeier als möglich nachgewiesen worden. Praktisch kann aber dieser Vorgang nach allem, was wir wissen, nur ganz ausnahmsweise von Bedeutung sein. Die nach Nervendurchschuß entwickelte