

III.

Ueber Längeninsuffizienz der bi- und polyarthrodialen Muskeln. Ihre Bedeutung für die Muskelkraft.

Von Prof. C. Hüter in Rostock.

Ein neuerdings in Henle's Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXXIII. S. 141—148, erschienener Aufsatz von W. Henke (über Insuffizienz der Länge der Muskeln für den Spielraum der Gelenke und über Kautschuckmänner) hat mich an einige, früher unternommene Untersuchungen erinnert, welche, freilich keineswegs vollendet, auch in ihrer unvollkommenen Gestalt der Veröffentlichung werth erscheinen möchten. Zur weiteren Ausarbeitung des Gegenstandes werden mir, wie ich voraussehe, wohl Zeit und Gelegenheit fehlen; den gelehrten Leser bitte ich, für die ungelehrte Fassung der nachfolgenden Notiz aus diesem Grunde um Entschuldigung. Etwas auf diesem, von der Heerstrasse heutiger Forschung etwas abgelegenen Gebiet ist vielleicht doch besser, als nichts.

Als bi- und polyarthrodiale Muskeln bezeichne ich der Kürze halber diejenigen, welche über zwei oder mehrere Gelenke verlaufen. Dass die Bezeichnung „poly“ keine Uebertreibung ist, möchte vielleicht aus dem Beispiel eines Muskels hervorgehen, welcher mit seiner Sehne über sechs Gelenke verläuft. Ein solcher Muskel ist der *M. flexor digitor. comm. prof.*, dessen Sehnen in der That auf ihrem Verlauf von dem Vorderarm zur Endphalange der Finger sechs Gelenkverbindungen überbrücken. Ich bin wohl der erste gewesen, welcher auf die eigenthümlichen Beziehungen solcher Muskeln zu den Bewegungs-Excursionen der Gelenke und zu der Leistungsfähigkeit der Muskel-Contractionen aufmerksam machte. Die Notiz hierüber, welche einer längeren Arbeit über die Entwicklung der Gelenke als Anhang angeschlossen wurde, findet sich in diesem Archiv, Bd. XXVIII. H. 3 u. 4. S. 273—281. Dort wurde ausführlich mitgetheilt, was hier nur in wenigen Worten recapitulirt sein mag: 1) die *Gastrocnemii* sind zu kurz entwickelt, um bei vollendeter Streckung des Kniegelenks eine ergiebige Dorsal-

flexion des Fusses zu gestatten; sie hemmen also bei gestrecktem Knie die Dorsalflexion des Fusses und zwar schon dann, wenn der Fuss die rechtwinklige Stellung zu dem Unterschenkel überschreiten will; 2) die vom Tuber ischii entspringenden Beugemuskeln des Unterschenkels, der *M. semi-membranosus*, der *M. semi-tendinosus* und der *M. biceps* sind zu kurz entwickelt, um bei hochgradiger Beugung des Hüftgelenks eine Streckung des Kniegelenks zu gestatten; sie hemmen also bei gebeugtem Hüftgelenk die Streckung des Kniegelenks und auch diese Hemmung kann schon bei rechtwinkliger Beugung des Hüftgelenks beginnen. Da diese Hemmungen auch vice versa vom Fuss- auf das Kniegelenk, von diesem auf das Hüftgelenk sich erstrecken, so sind die drei bei dem Gehact wesentlich thätigen Gelenke der unteren Extremität in einer eigenthümlichen Abhängigkeit von einander, welche sich auch bei dem Gehact deutlich kennzeichnet. Bei diesem Act werden jedesmal in einer Schrittphase Beugung des Hüftgelenks mit Beugung des Kniegelenks und Dorsalflexion des Fusses, in der anderen Phase Streckung des Hüftgelenks, Streckung des Kniegelenks und Plantarflexion des Fusses associirt. Das geschieht zum Theil aus anatomischer Nothwendigkeit, zum Theil aus (*sit venia verbo*) instinctiver Neigung zur Kraftersparung. Diese Ersparniss wurde von mir in meiner früheren Mittheilung genauer durch Wort und Zeichnung erläutert, und wenn einem Leser derselben diese Betonung der Kraftersparniss bei unserem Gehact auffallen würde, so kann ich nur sagen, dass es mir ein menschliches Bedürfniss ist, von neuen Thatsachen die praktischen Nutzenwendungen zu suchen. In Betreff des Gehactes nun ist es doch nicht unwesentlich, zu wissen, weshalb wir so gehen lernen, wie wir gehen, und nicht anders. Der Unterricht, welchen Eltern und Kindermädchen den kleinen Kindern geben, ist dabei ziemlich gleichgültig; ich glaube, ein Kind, welches seit der Geburt nie in menschlicher Gesellschaft lebte, ein Robinson, welcher vor Schluss des ersten Lebensjahres auf eine wüste Insel verschlagen würde, müsste doch so gehen lernen, wie wir alle gehen, weil seine Gelenke und Muskeln einen anderen zweckmässigen Modus des Gehens nicht zulassen. Für die Zweckmässigkeit des Gehens sind aber nach meiner Ueberzeugung die von mir aufgefundenen Beziehungen der bi- und polyarthrodialen Muskeln zur Mechanik der Bewegung und zur Muskelkraft der

unteren Extremität von ganz besonderer Bedeutung. Wer sich darüber genauer orientiren will, den muss ich auf meine frühere Arbeit l. c. verweisen.

War es mir schon von Interesse gewesen, an der unteren Extremität die genannten Beispiele der relativen Muskelinsufficienz für den Spielraum der Gelenkbewegungen aufzufinden, so war ich angenehm überrascht, auch an der oberen Extremität ähnliche Beispiele von nicht minderem functioneller Bedeutung aufzufinden. Bevor ich diese Beispiele anführe, sei es mir gestattet, über die functionelle Bedeutung der sogenannten Muskelinsufficienz noch einige Worte vorauszuschicken.

Soll ein Muskel, welcher über zwei Gelenke verläuft, an einem derselben eine Arbeit durch Contraction verrichten, so wird diese Arbeit erleichtert, wenn seine Fasern durch die Stellung des anderen Gelenks eine möglichst grosse Spannung erhalten. Wenn ich z. B. durch die Contraction meiner Gastrocnemii den Fuss in Plantarflexion stellen will, so thue ich gut, mein Knie vorher zu strecken; denn bei gebeugtem Knie sind die Fasern des Muskels und seiner Sehne so erschlafft, so gefaltet, dass ein guter Theil der Muskelcontraction dazu gehört, um diese Faltung auszugleichen; erst nach diesem Ausgleich vermag die Contraction der Muskeln bewegend auf den Fuss einzuwirken. Ja, bei sehr stark gebeugtem Knie werden die Muskeln ganz insufficient und können ihre Arbeit gar nicht mehr leisten, wie ich dieses bei einer anderen Gelegenheit (v. Langenbeck's Archiv f. klin. Chir. Bd. VII. S. 835.) schon früher beschrieben habe, und wie es jetzt auch Henke a. a. O. wieder beschreibt. Macht man bei stark gebeugtem Knie eine Plantarflexion des Fusses, so fühlt man die Achillessehne ganz schlaff und kann sie hin und her schieben; auch sind die Muskelbäuche der Wade weich und verschiebbar. Dieser Versuch beweist, dass bei starker Beugung des Knies die Contractionen der Gastrocnemii auf den Fuss gar keine bewegende Wirkung mehr haben. Desshalb unterlassen wir die Contraction gänzlich, wenn man so sagen will, durch Instinct, d. h. deshalb, weil jeder Mensch, auch ohne Kenntniss der Drehungsachsen und der Mm. gastrocnemii, bald durch Erfahrung lernt, dass diese Contraction bei gebeugtem Knie ganz oder fast ganz unnütz ist. Die sonstigen Plantarflexoren, die Mm. peronei, der M. tibialis post., der M. flexor digitorum

comm. long. und der *M. flexor hallucis long.* treten bei gebeugtem Knie für die Plantarflexion in Wirksamkeit; besonders die Sehnen der *Mm. peronei* fühlt man deutlich am Malleolus ext. straff hervorspringend. Dieser absoluten Insufficienz der *Mm. gastrocnemii* bei gebeugtem Knie steht aber bei gestrecktem Knie eine erhöhte Suffizienz gegenüber; dann sind die Muskelfasern und die Sehnenfasern des *Tendo Achillis* passiv so gespannt, dass jede active Contraction der Muskeln kräftig bewegend auf den Fuss einwirkt. Diese erhöhte Suffizienz passiv gespannter bi- und polyarthrodialer Muskeln tritt auch an der oberen Extremität in Erscheinung und spielt z. B. schon bei unseren gewöhnlichsten Fingerbewegungen eine erhebliche Rolle.

Die Stellung der Handwurzelgelenke vermag den Sehnen der Beuge- und Streckmuskeln der Finger sehr verschiedene Spannungen zu geben. Steht das Handwurzelgelenk im Extrem der volaren Flexion (Beugung), so verlaufen die Strecksehnen der Finger (*M. extensor digit. comm.*) über einen mit der Convexität gegen das Dorsum gerichteten Bogen der Handwurzelknochen. Dieser Bogen ist länger, als die Linie der Handwurzelknochen in gestreckter Stellung, und deshalb sind die Strecksehnen erheblich gespannt. Die Spannung äussert sich, wie in den erwähnten Beispielen von der unteren Extremität, in doppelter Richtung, einmal als Hemmung der Beugebewegung der Finger, sodann aber in Vermehrung der relativen Muskelkraft. Am leichtesten ist die erstere zu constatiren; denn bei der extremen Stellung der Handgelenke in volarer Flexion ist es den meisten Individuen unmöglich, eine Faust zu machen, d. h. die Finger in das gewöhnlich leicht erreichbare Extrem der volaren Flexion zu bringen. Versucht man die Bildung einer Faust, so empfindet man ein schmerzhaft spannendes Gefühl auf der Convexität des Handrückens, wo an den Sehnen des *M. extensor digitorum longus* gezerzt wird. Man kann also den Satz aufstellen: dass bei (volarer) Hyperflexion der Handwurzel die Hemmung der (volaren) Flexion der Finger durch die Spannung der Sehnen des *M. extensor digitorum comm.* geschieht.

Interessanter ist die zweite Aeusserung der „Insufficienz“ des *M. extensor digitorum comm.*, nemlich seine gesteigerte Leistungsfähigkeit bei (volarer) Flexion der Handwurzel. Die Contractionen des Muskels wirken deshalb kräftiger auf die Finger ein, weil die

Sehnen straff gespannt sind und so die musculäre Verkürzungen unmittelbar auf die Bewegungen des Skelets übertragen werden, ohne dass die Sehnen für ihre Spannung von der muskulären Verkürzung etwas absorbieren. Versucht man, bei extrem (volar) gebeugter Handwurzel, durch die Streckung des Zeigefingers, ein Gewicht zu heben, so genießt man die Vollwirkung der relativen Muskelkraft; an demselben Gewicht, welches bei dieser Stellung der Handwurzel die Streckbewegung des Zeigefingers ohne Schwierigkeit hob, gleitet derselbe Finger bei einem Hebeversuch durch dieselbe Streckbewegung kraftlos ab, wenn die Handwurzel in gestreckte Stellung gebracht wurde. Nach rohen Versuchen, welche ich anstellte, kann die relative Muskelkraft, welche die Strecker des Zeigefingers bei gestreckter Stellung der Handwurzel besitzen, auf ungefähr das Doppelte vermehrt werden, wenn die Handwurzel in das Extrem der (volaren) Flexion gebracht wird.

Die Beugemuskeln der Finger werden sich natürlich umgekehrt verhalten müssen; sie spannen sich bei der dorsalen Flexion (Extension) der Handwurzel¹⁾ über einen Bogen der Handwurzelknochen, welcher mit der Convexität nach der Vola hinsieht. Die Insufficienz dieser Muskeln (*M. flexor digit. comm. sublimis* und *M. f. d. c. profundus*) resp. ihrer Sehnen documentirt sich wiederum doppelt, sowohl durch Hemmung der Streckbewegung der Finger, als durch Vermehrung der relativen Muskelkraft jener Muskeln bei extremer Stellung der Handwurzel. Macht man bei extremer dorsaler Beugung der Handwurzel die Streckung der Finger, so fühlt man die Zerrung an den Beugeschnen in der Vola der Handwurzel, und wenn man gewaltsam die Streckung der Finger vollendet, so beobachtet man, dass im letzten Moment die Handwurzel aus dem Extrem ihrer Stellung eine kleine Bewegung in der Richtung der volaren Flexion macht. Den Gewinn an relativer Muskelkraft, welchen die Flexoren der Finger aus der dorsal flectirten Stellung der Handwurzel ziehen, kann man aus verschiedenen kleinen Versuchen anschaulich machen. Am leichtesten lässt sich folgender Versuch überall wiederholen und improvisiren, welchen ich schon oft zur

¹⁾ Ich wähle nach dem Vorschlag H. Meyer's statt des gewöhnlichen Ausdrucks „Extension“ die Bezeichnung „dorsale Flexion“, weil nur die mittlere Stellung der Hand einer wirklichen Streckung, d. h. einer möglichst verlängerten Stellung der Extremität entspricht.

Demonstration dieses Verhältnisses benutzte. Man nimmt einen dünnen Gegenstand, eine Sonde, eine Nadel oder ein Zündhölzchen zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand und presst denselben durch die Beugebewegung beider Finger fest zusammen, während das Handgelenk in dorsaler Flexion steht. Macht man nun mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand bei gleicher Stellung des Handgelenks den Versuch, die Sonde oder Nadel aus der Klemme der Finger der rechten Hand herauszuziehen, so misslingt dieser Versuch oder er gelingt doch erst unter Schwierigkeiten, indem man die volle Zugkraft des ganzen linken Arms geltend macht. Stellt man aber das rechte Handgelenk in volare Flexion, dann bedarf es nur einiger geringen Anstrengung von Seiten der linken Hand, um die Nadel der Fingerklemme der rechten zu entreissen; denn bei dieser Stellung absorbiren die erschlafften Sehnen der Beugemuskeln einen grossen Theil der musculären Verkürzung für ihre Spannung und nur mit geringer Energie vermögen die Beugemuskeln des Daumens und Zeigefingers die Nadel festzuhalten. Versuche am Dynamometer, deren Resultate freilich bei der für diese Zwecke mangelhaften Construction ich selbst nicht als zweifellos hinstellen kann, lassen doch wenigstens als wahrscheinlich erkennen, dass auch hier ungefähr die Hälfte der wirklichen Arbeitskraft der Muskeln bei extrem volarflectirter Handwurzel verloren gehen kann.

Es liegt ein eigener Reiz darin, die geschilderten, so einfachen mechanischen Verhältnisse auf die gewöhnlichsten Bewegungen unserer Hand und unserer Finger zu übertragen und in diesen Bewegungen die instinctive, oder besser gesagt, die durch Uebung und Urtheil begründete Anwendung dieser passiven Mechanik aufzusuchen und aufzufinden. Einige Beispiele hiervon anzuführen, kann ich mir nicht versagen.

Die Mechanik des Schreibens ist zwar von verschiedenen Schreibkünstlern zum Gegenstand ihres Studiums gemacht worden; ich glaube, der Anatom darf auch bei diesem Thema ein Wort mitreden. In Bezug auf die eben mitgetheilten Beziehungen zwischen Bewegungen der Handwurzel und der Finger ist für den Schreibact im Allgemeinen festzuhalten, dass er bei dorsal flectirter Stellung der Handwurzel ausgeführt wird. Hieraus lässt sich begreifen, dass bei dem Schreiben die Beugemuskeln der Finger unter besseren

mechanischen Verhältnissen stehen, als die Streckmuskeln, d. h. dass sie über eine grössere relative Muskelkraft verfügen. Vielleicht desshalb, weil die Beugemuskeln der Finger mehr Querschnitt von contractiler Substanz und nebenbei noch eine vollkommenere Organisation ihrer sehnigen Apparate besitzen, gewöhnen wir uns daran, den Schwerpunkt der Schreibarbeit in ihre Wirksamkeit zu verlegen und deshalb stellen wir die Handwurzel bei dem Schreiben in ziemlich starke dorsale Flexion. Dass wirklich die Beugemuskeln der Finger, welche also bei dem Schreibact in jeder Beziehung besser situirt sind, als ihre Streckmuskeln, auch bei demselben am Meisten leisten, geht aus dem Product der Arbeit, der Schrift hervor. Dieselbe erhält ihren Character durch die sogenannten Grundstriche, während die sogenannten Haarstriche nur die Verbindungslinien darstellen. Die Grundstriche, d. h. die scharf ausgeprägten Linien der Schrift, sind nun sämmtliche Linien, welche bei dem Schreiben von oben nach unten, also durch eine Beugewegung der Finger gezogen werden; alle Haarstriche sind Linien, welche von unten nach oben; d. h. durch Streckbewegung der Finger gezogen werden. Die letzteren würden auch ohne den Unterricht der Schreiblehrer, z. B. bei einem Autodidacten haarfein ausfallen, weil für ihre Zeichnung der Aufwand von Muskelkraft nicht vorhanden ist. Dagegen prägen bei dem Zeichnen der Grundstriche die Beugemuskeln der Finger die Feder kräftig in das Papier ein. Die Verpflichtung, Grund- und Haarstriche verschieden zu zeichnen, wird freilich von denen, welche der Ruthe des Schreiblehrers entwachsen sind, sehr verschieden ernst aufgefasst. Wer sich daran gewöhnt, seine Schriftcharacter mit möglichst senkrecht laufenden Linien zu zeichnen, der schreibt auch immer mit stark dorsal-flectirter Handwurzel und in seiner Schriftindividualität zeichnet sich die Differenz zwischen Grund- und Haarstrichen ziemlich stark aus. Wer viel und schnell zu schreiben hat, fühlt das Bedürfniss, die Gruppe seiner Fingerbeugemuskeln nicht zu sehr durch Arbeit zu überlasten; den Fingerstreckmuskeln kann er auch nicht viel Arbeit übertragen, denn der Schreibtisch gestattet es nicht, die Handwurzel so stark in Volarflexion zu bringen, dass sie unter günstige Verhältnisse kämen. Er legt deshalb die Hand ziemlich gestreckt und überträgt einen Theil der Arbeit den Vorderarm- und Oberarmmuskeln, indem er die ganze Hand durch Bewegungen des Vorder-

Arms von der linken zur rechten Seite des Blattes zieht. Eine solche Schrift sieht „geläufig“ aus, aber sie ist characterlos. Ihre Züge verlaufen, den Bewegungen der Handwurzel und besonders des Ellenbogens folgend, von links unten nach rechts oben; sie liegen mehr, als sie stehen und ein deutlicher Character kann sich in ihnen nicht ausprägen, weil der Unterschied der Grund- und Haarstriche fast verschwindet. Aus einer solchen geläufigen, liegenden Schrift dürften sich schwerlich einzelne Characterzüge des Schreibenden entwickeln lassen, während man für die mehr senkrecht laufende Schrift mit ihren Differenzen in Grund- und Haarstrichen diese Möglichkeit eher zugeben muss.

Wer den Einfluss der Stellung in der Handwurzel auf den Schreibact kennen lernen will, sollte den Versuch nicht scheuen, einmal mit volar flectirter Hand eine Schreibübung zu machen. Diese Stellung der Hand würde im gewöhnlichen Leben nicht zum Schreiben verwendet werden können, weil dabei der Vorderarm nicht auf dem Schreibtisch aufliegt und das Tragen desselben durch Muskelkraft sehr lästig sein würde. Wenn man aber einmal versuchsweise bei dieser volar flectirten Stellung der Handwurzel schreibt, so sind nun die Sehnen der Fingerstreckmuskeln in Spannung und diese Muskeln selbst unter günstigen Bedingungen für ihre Action, während die Fingerbeugemuskeln sich unter ungünstigen Bedingungen befinden. Das Resultat dieses Verhaltens ist ein Wechsel der Grund- und Haarstriche; die Schriftlinien, welche von oben nach unten durch Fingerbeugung geführt werden, zeigen sich als absolut oder relativ kraftlos gezeichnet, während die Schriftlinien, welche die Fingerstrecke von unten nach oben ziehen, an Breite gewinnen und so, im Gegensatz zur gewöhnlichen Schrift, zu Grundstrichen werden. Man muss natürlich solche Versuche mit dem Bleistift anstellen, denn der Spalt der Feder gibt sich nicht zu allen Richtungen der Züge her und ist schon für die gewöhnliche Haltung der Hand angelegt.

Nach dieser Digression in das Gebiet der Physiologie des Schreibens will ich darauf verzichten, die Bedeutung der Insufficienz in der Länge der Fingersehnen und -Muskeln bei anderen mechanischen Beschäftigungen in das Detail auszumalen. Doch darf ich wohl kurz noch an Einiges erinnern. Wer auf dem Pianoforte zu Hause ist, wird sich daran erinnern, dass bei dem Staccatospielen,

also bei kräftigem, kurzem Anschlag der Finger, welcher ja durch Beugung geschieht, die Handwurzel sich senkt, ja bis unter das Niveau der Tasten; sie stellt sich eben in das Extrem der dorsalen Flexion, weil sonst das Staccatospielen gar nicht möglich wäre. Ganz anders ist es bei dem elegischen, weichen Anschlag eines seelenvollen Accords. Hier schwebt die Handwurzel hoch über der Ebene der Tasten, sie steht im Extrem der volaren Flexion, die Kraft der Flexoren ist halb gelähmt, ihr Anschlag wird matt und leicht. — Führt der Chirurg bei einer Resection einen festen, sicheren Schnitt auf den Knochen, so steht seine Handwurzel stark in dorsaler Flexion und die Beugemuskeln der Finger drücken kräftig die Schneide in die Weichtheile. Es ist dieser Schnitt so zu sagen ein „Staccato“-Schnitt, wie man auch jene Schrift mit senkrechten, fest geprägten Zügen eine Staccatoschrift nennen könnte. Muss aber das Scalpell bei einer fein dissecirenden Operation feine Bindegewebshündel trennen und sich tastend vorwärts bewegen, so fällt die Handwurzel in die volare Flexion.

Wenn ich schliesslich noch an die bildende Kunst erinnern darf, so bedarf es nur eines Hinweises auf die Hand des Feldherrn, welcher den Feldherrnstab, auf die Hand des Gesetzgebers, welcher die Gesetzesrolle hält, um zu beweisen, dass auch hier der kraftvollen Beugung der Finger immer die dorsale Flexion der Handwurzel entspricht.

Was man als manuelle Fertigkeit zu bezeichnen pflegt und für jede technische Beschäftigung mit der Hand durch die verschiedenen Uebungen errungen werden muss, das beruht vielleicht ebenso sehr auf dem für jede einzelne Aufgabe etwas verschiedenen Studium der geschilderten mechanischen Verhältnisse, als auf der besseren Uebung der Muskeln. Früher hatte ich mir immer vorgestellt, wie man sich auch wohl ziemlich allgemein vorzustellen pflegt, dass bei diesen technischen Uebungen der Schwerpunkt in der Erziehung der Muskeln läge, indem die Intensität, wie die Qualität ihrer Leistung für die angestrebten Zwecke durch die Uebung sich vervollkommenet. Die Intensität der Leistung eines geübten Muskels nimmt ja auch zweifellos zu, indem durch die andauernde Arbeit der Querschnitt des Muskels steigt. In Betreff der Qualität der Leistung hat sich jetzt meine Vorstellung etwas mehr geklärt; früher dachte ich in etwas vager Weise an eine bessere Instruction, an

eine vollkommenere Dressur der Muskeln von Seiten der Nerven, und heute bin ich überzeugt, dass es sich hierbei zum grossen Theil nur um die Kenntnissnahme sehr grob-mechanischer Dinge, um Erfahrungen handelt, welche wir bei den Uebungen gewinnen und welche uns z. B. lehren, wie wir gewisse Bewegungen der Fingergelenke bei gewissen Stellungen der Handwurzel am bequemsten oder am kraftvollsten ausführen können. Bei der Erwerbung unserer manuellen Fertigkeiten geht es uns, wie den kleinen Kindern, wenn sie gehen lernen (s. o.); wir prüfen unsere Fingerbewegungen und Handbewegungen in den verschiedensten Combinationen, bis wir durch die Erfahrung diejenige Combination gewonnen haben, welche uns für den erwünschten Zweck die sicherste und freieste Bewegung mit möglichster Ersparniss von Muskelkraft liefert. So sollte ich meinen, dass man hier auch aus der Theorie etwas für die Praxis gewinnen könnte, während die Praxis in dieser Beziehung wohl bis jetzt die dominirende Rolle spielte. Wenn man bisher erst mühsam durch Erfahrung lernte, das Staccato bei dorsal flectirter Handwurzel zu spielen, so kann man ja diese Erfahrung durch die theoretische Erörterung antieipiren. Vielleicht könnte ein Klavierlehrer meinen Sätzen einige nicht werthlose Andeutungen für den Klavierunterricht entnehmen.

Dem eben erwähnten Erfahrungsstudium bei der Erwerbung manueller Fertigkeiten tritt eine nicht zu unterschätzende anatomische Schwierigkeit entgegen. Diejenigen Combinationen der Bewegungen werden häufig die passendsten sein, zu deren Herstellung die motorische Reizung verschiedener Nervenstämmen benöthigt wird. Wenn ich z. B. durch die Beugebewegung aller Fingergelenke einen Gegenstand sehr fest halten will, so muss ich nicht nur die vom N. medianus versorgten Mm. flexores digitor. comm., sondern auch die dem Gebiet des N. ulnaris angehörigen M. interossei als Beugemuskeln der Grundphalange, und endlich, um die Kraft für die Bewegung zu gewinnen, auch noch die vom N. radialis innervirten Streckmuskeln der Handwurzel in Thätigkeit setzen. So werden verschiedene Centren im Rückenmark und Gehirn in Anspruch genommen, und man wird nicht darüber erstaunen dürfen, dass ein solches Zusammenwirken different innervirter Muskelgruppen nicht in kürzester Zeit erlernt wird und dass der eine bei dem Erlernen in kürzerer Zeit zum Ziel kommt, als der andere. Die Maschinerie

unserer Hand und Finger geht viel complicirter, als man denken sollte, wenn man bei den anatomischen Studien die Muskeln und ihre Innervation kennen lernt. Deshalb ist aber auch ein kleiner Einblick in dieses Getriebe, wie ich ihn im vorhergehenden zu geben versuchte, um so überraschender und lohnender.

Die Steigerung der physiologischen Insufficienz in der Länge der Fingermuskeln zu einer pathologischen Insufficienz kommt bei verschiedenen Erkrankungen recht häufig vor. Nach entzündlichen Prozessen in der dorsalen Gegend der Handwurzel, z. B. nach einer von den Strecksehnnenscheiden ausgehenden Phlegmone kann durch eine Verkürzung der Muskeln und narbige Schrumpfung eine sehr erhebliche Beeinträchtigung der Fingerbewegungen resultiren, welche nicht allein die Streckbewegungen, sondern vielleicht noch mehr die Beugebewegungen betrifft. Die Muskeln sind dann so kurz, dass die Bewegungshemmung bei der Bewegung sehr früh eintritt. Stellt sich, wie ich dieses z. B. nach sehr mangelhafter, unter fehlerhaften Verbänden erfolgter Heilung von Radiusfracturen gesehen habe, die Handwurzel in permanente dorsale Flexion, so krümmen sich die Fingerspitzen wegen der Kürze der Beugemuskeln krallenartig in die Beugestellung und können nicht mehr in normalem Umfang gestreckt werden. Es kommen so mannichfache Zustände hier vor, dass es schwer wäre, sie alle hier zu beschreiben. Aber ich versäume nie, bei klinischen Demonstrationen auf diese Zustände aufmerksam zu machen, damit man von der Gravität aller chirurgischen Krankheiten der Handwurzelgelenke und der Handwurzelgegend lerne, sich einen richtigen Begriff zu machen. Diese Gravität pflegt der Anfänger sehr zu unterschätzen; denn er weiss nicht, dass die Hand mit ihren vielen Gelenken und Sehnen einen Mechanismus darstellt, dessen einzelne Abschnitte in ihren Bewegungen von einander abhängig sind und von dessen Abschnitten nur einer in Unordnung zu gerathen braucht, um die Ordnung und den Werth des ganzen Mechanismus in Frage zu stellen. Diese Ueberzeugung drängt sich freilich bald auf, wenn man einige Kranke mit schweren Affectionen der Handwurzelgegend behandelt hat und nach der Heilung derselben die steifen Finger und unbrauchbaren Hände übersieht. Die pathologische Steigerung der oben beschriebenen physiologischen Insufficienz in der Länge der Fingermuskeln ist gewiss nicht der einzige Punkt, welcher bei der Analyse dieser

Resultate in Betracht gezogen werden muss, aber diese Steigerung spielt doch dabei eine erhebliche Rolle und ich halte es nicht für überflüssig, auf diese pathologische Bedeutung der oben beschriebenen physiologischen Erscheinungen kurz hingewiesen zu haben.

Im Anschluss an diese Erörterung der Insuffizienz in der Länge der langen Fingermuskeln darf ich endlich noch kurz einige ähnliche Verhältnisse an anderen Muskeln der oberen Extremität berühren. Wie die Bewegungen der Handwurzel und der Finger in Beziehungen stehen, welche die Bewegung der einen von der Stellung der anderen abhängig machen, so steht es ähnlich bei den Bewegungen des Ellenbogen- und des Schultergelenks. Die Beuge- und Streckbewegungen des ersteren sind in ihrem Umfang ebenfalls abhängig von der Stellung des ersteren, und diese Abhängigkeit wird wieder vermittelt von den Muskeln resp. ihren Sehnen, welche über beide Gelenkapparate verlaufen, also biarthrodiale Muskeln sind: der *M. biceps* mit seinen beiden Köpfen und der *M. triceps* mit seinem mittleren, langen Kopf, welcher sich am unteren Rand der *Scapula* inserirt. Dieses Abhängigkeits-Verhältniss ist sehr leicht zu demonstrieren. Führt man im Schultergelenk diejenige Bewegung aus, welche den Ellenbogen hinter die Fläche des Rückens möglichst stark nach hinten führt (ich möchte diese Bewegung, da sie um eine quer durch den Schulterkopf verlaufende Axe stattfindet, am liebsten als Streckbewegung der Schulter bezeichnen), so werden die beiden vor der Drehungsaxe befindlichen Köpfe des *Biceps*, besonders aber der längere, welcher am weitesten von der Axe des Gelenks entfernt ist, straff angespannt. Die Länge des ganzen Muskelapparates, den wir unter dem Namen des *M. biceps* zusammenfassen, ist nicht hinlänglich entwickelt, um auch noch eine gleichzeitige Spannung des unteren Abschnittes des Apparates durch eine Streckung des Ellenbogengelenks zu gestatten. Bei dem Versuch der Streckung im Ellenbogen, bei der bezeichneten Stellung der Schulter tritt bald die Hemmung der Streckbewegung ein, bei mir schon früher, bevor nur der Vorderarm zum Oberarm im rechten Winkel steht. Es geht mithin bei der beschriebenen forcirten Streckstellung im Schultergelenk eine gute Hälfte der Streckbewegung im Ellenbogengelenk verloren. Wenn ich umgekehrt im Schultergelenk den Oberarm an der Brustfläche vorbei nach vorne führe (d. h. um dieselbe quere Axe des Schultergelenks den Oberarm

beuge), so dass die Linie des Oberarms mit der Längsaxe des Körpers einen rechten Winkel bildet, so wird die Beugebewegung des Ellenbogens beeinträchtigt. Es spannt sich alsdann der lange Kopf des Triceps an und diese Spannung verhindert, dass eine spitzwinkelige Beugung im Ellenbogengelenk stattfindet. Auch hier wird bei extremer Stellung der Schulter die Hälfte der ganzen Bewegungs-Excursion im Sinne der Beugung des Ellenbogens vernichtet. Es ergibt sich hieraus der Satz: die Beugung des Ellenbogens kann bei gebeugter Stellung im Schultergelenk (wobei der Ellenbogen möglichst nach vorn und oben gestellt ist) durch die Kürze des langen Kopfes des *M. triceps*, die Streckung des Ellenbogens aber bei gestreckter Stellung der Schulter (wobei der Ellenbogen möglichst weit nach hinten zu stehen kommt) durch die Köpfe des *M. biceps* gehemmt werden. Dass auch in umgekehrter Richtung die extremen Stellungen des Ellenbogens die Bewegungen des Schultergelenks hemmen können, bedarf keiner besonderen Erörterung.

Die Insufficienz der Länge des *M. biceps* und des *M. triceps* kennzeichnet sich ebenfalls nicht allein durch die gegenseitige Hemmung der Bewegungen im Schulter- und Ellenbogengelenk, sondern ebenso frappant durch das Verhalten der relativen Leistungsfähigkeit der Muskeln. Soll der *M. biceps* ein schweres Gewicht durch seine Contraction heben, so ist er am besten hierzu befähigt, wenn seine Sehnen durch die entsprechende Stellung der Schulter, also durch die gestreckte Stellung, möglichst gespannt sind. Wenn wir also diese Aufgabe lösen wollen, so stellen wir den Ellenbogen möglichst nach hinten, wie dieses immer bei der bekannten turnerischen Uebung, dem „Stemmen“ der Gewichte geschieht; denn bei der umgekehrten Stellung des Oberarms im Schultergelenk ist der *M. biceps* kraft- und machtlos. Eine forcirte Anstrengung des *M. triceps* wird z. B. in Anspruch genommen, wenn bei einem Faustkampf ein kräftiger Faustschlag von oben nach unten geführt werden soll; dann ist aber auch der Ellenbogen hoch erhoben, der lange Kopf des *M. triceps* gut gespannt und deshalb die Wirkung der Muskelcontraction sehr ergiebig. Kraftlos dagegen ist ein Faustschlag, welchen man bei gesenktem Ellenbogen durch dieselbe Streckbewegung des *M. triceps* führt; denn der Muskel verwendet alsdann einen Theil seiner contractilen Verkürzung zur Spannung der Sehne.

Wie sehr wir auch von dieser mechanischen Einrichtung Gebrauch zu machen lernen können, das lehrt ein Blick in den Turnsälen auf die Uebungen am Reck u. s. w. Offenbar arbeiten auch hier Muskeln von sehr verschiedenen Nervengebieten zum gleichen Zweck zusammen und auch hier werden zweifellos die zweckmässigen Combinationen erst durch Uebung und Erfahrung festgestellt, bis sie schliesslich fast instinctiv oder fast unwillkürlich für bestimmte Zwecke in Anwendung gebracht werden. Psychisch ist es merkwürdig, wie unsere Muskeln sich einschulen und für Aufgaben, welche sie nach groben Anschauungen recht wohl lösen könnten, aber wegen feinerer mechanischer Einrichtungen doch nicht gut zu lösen vermögen, schliesslich auch gar nicht in Anspruch genommen werden. Hierfür lassen sich mancherlei Beispiele anführen, auf welche ich auch schon bei anderer Gelegenheit hingewiesen habe. Wenn wir z. B. bei pronirtem Vorderarm eine Beugung im Ellenbogen ausführen, so bleibt der *M. biceps* vollkommen schlaff, falls es sich nicht um eine Beugung mit Anwendung grosser Kraft handelt. Seine Sehne ist bei pronirtem Arm um das Radiusköpfchen aufgerollt, und seine contractile Verkürzung würde zunächst eine Supination des Vorderarms bewirken, wie überhaupt der *M. biceps* der privilegierte Supinator des Vorderarms ist und bei jeder Supinationsbewegung sich fühlbar verkürzt. Um diese Supination zu verhindern, müssten auch noch die Pronatoren in Anspruch genommen werden, und da für eine Beugung mit mässiger Energie die Contraction des *M. brachialis int.* genügt, so bleibt der *M. biceps* bei diesen Beugungen des pronirten Arms erschlafft, wie man leicht durch das Gefühl constatiren kann. Die Scene ändert sich sofort, sobald der supinirte Vorderarm gebeugt werden soll; dann fühlt man den *M. biceps* bedeutend anschwellen, als ein Zeichen seiner contractilen Thätigkeit. Dieser Auswahl, welche wir unter unseren Muskeln für specielle Arbeiten aus Zweckmässigkeitsgründen treffen, geht nicht in jedem einzelnen Falle eine neue Ueberlegung voraus, sondern das Muskelgefühl hat uns schon lange über diesen Punkt belehrt und wir benutzen die Lehre, ohne uns von ihrer Begründung Rechenschaft zu geben. Wir wissen z. B., dass wir, wenn wir einen Gegenstand fest in die Faust, d. h. durch Beugung der Finger fassen wollen, die Handwurzel in dorsale Flexion stellen müssen. Wir machen gar keinen Versuch, etwa zuerst dabei die

Handwurzel volar zu beugen; die Erfahrung steht schon zu fest und so erfolgt die Combination der Bewegung fast unwillkürlich. Ich sage fast unwillkürlich, weil doch jene Erfahrung nur durch willkürliche Bewegungen gewonnen wird und ihr Resultat desshalb ebenfalls indirekt von unserer Willkür abhängt.

Endlich muss ich noch auf die individuellen Verschiedenheiten, welche bei der Insufficienz der Länge der Muskeln sich zeigen, die Aufmerksamkeit der Beobachter lenken. Henke hat schon l. c. darauf hingewiesen, dass bei den sogenannten Caoutchoukmännern die Muskeln enorm lang sein müssen, und dass für die Ausbildung zu diesem Beruf die Dehnung der Muskeln neben der Erweiterung der Bewegungsexcursion der Gelenke durch Knochenveränderungen eine grosse Rolle spielen müssen. Nun giebt es aber zahlreiche Individuen, welche, ohne dass man ihnen den Titel von Caoutchoukleuten beilegen könnte, die im vorigen berührte Insufficienz der Muskellängen in sehr beschränkter Weise zeigen. Indem ich z. B. die Abhängigkeit der Fingerbewegungen von den Stellungen der Handwurzel bei zahlreichen Personen, Laien und Collegen, prüfte, bin ich auf Individuen gestossen, bei welchen die oben beschriebenen Erscheinungen, z. B. die Hemmung der Fingerbeugung bei volar flectirter Handwurzel, nur undeutlich oder selbst fast gar nicht sich demonstrieren liessen. Will man also solche Versuche controliren, so darf man sich nicht auf die Untersuchung einer Person beschränken, wenn man zufällig das Unglück hat, in der ersten Versuchsperson ein Individuum mit recht geringer Längeninsufficienz der Muskeln zu finden. Solche Individuen sind übrigens nur scheinbar in der Brauchbarkeit ihrer Finger besser gestellt, als die Individuen mit scharf ausgeprägter Längeninsufficienz der Muskeln. Die ersteren erfreuen sich zwar einer grösseren Beweglichkeit der Finger und können z. B. vielleicht auch bei stark volar flectirter Hand noch eine Faust bilden; dafür aber entbehren sie auch der grösseren relativen Muskelkraft, welche aus der passiven Spannung der Sehnen gewonnen werden kann, bis zu einem gewissen Grade. Die letzteren also haben den Vorzug kraftvollerer und vielleicht auch regelmässigerer Fingerbewegungen. Verschiedene Beschäftigungen werden verschiedene Grade der Längeninsufficienz der Muskeln wünschenswerth machen. Ich selbst leide, wenn ich so sagen darf, an einer sehr ausgebildeten Längeninsufficienz meiner Fingermuskeln und

vielleicht wäre ich im anderen Fall auf ihre Erscheinungen gar nicht aufmerksam geworden; aber ich bin mit dieser Insufficienz für meine Beschäftigung sehr zufrieden und möchte nicht gegen sie den umgekehrten Zustand eintauschen. Für die Ausbildung zum Caoutchoukmann besitze ich freilich durchaus keine physiologischen Praedispositionen.

Gewiss ist mit den angeführten Beispielen der Längeninsufficienz der Muskeln weder die Zahl der Muskeln, welche eine solche Insufficienz zeigen, noch das Interesse erschöpft, welches sich an diese Muskeln wenigstens nach meinem Urtheil anknüpft. Um zu einer wirklich begründeten Anschauung unserer gewöhnlichsten Muskelarbeiten zu gelangen, bedarf es nicht allein der Feststellung des Muskelquerschnitts, der absoluten Muskelkraft und des Hebelarms, an dem die Muskeln angreifen, sondern gewiss auch der Berücksichtigung der passiven Sehnen- und Muskelspannung, besonders an bi- und polyarthrodialen Muskeln. Die genauere Bestimmung dieser Spannung und ihres Einflusses für die wirkliche Arbeitskraft der Muskeln bleibt noch ein Desiderat; denn zu dieser Bestimmung ist im Vorhergehenden kaum der roheste Versuch mitgetheilt worden. Aber die Existenz eines Einflusses dieser Spannung auf die Arbeitsleistung der Muskeln glaube ich erwiesen zu haben und damit ist ein kleiner Schritt vorwärts geschehen. Da auch von anderer Seite jetzt die Frage der Längeninsufficienz der Muskeln in Angriff genommen worden ist, so glaubte ich meinen neuen Beitrag zu dieser Lehre nicht vorenthalten zu dürfen, so fragmentarisch er auch sein mag. Die Bedeutung dieser Lehre für die Physiologie der Bewegungen wird hoffentlich immer mehr anerkannt und dann diese Lehre gewiss auch bald durch exactere Untersuchungen weiter gefördert werden.

Rostock, im November 1868.
