

Künstliche Gliedmaßen: eine dankbare chirurgisch-mechanische Aufgabe.

Von Prof. A. Stodola in Zürich.

Die Frage, wie man das Los der zahlreichen Verstümmelten des gegenwärtigen Krieges mildern, insbesondere ihnen die verlorene Erwerbstätigkeit wieder verschaffen könnte, hat ein tiefgehendes menschliches, staatliches, soziales und zuletzt auch mechanisches Interesse. In der Tat ist der geradeste Weg, das erstrebte Ziel zu erreichen, der, die verlorenen Gliedmaßen durch möglichst vollkommene künstliche zu ersetzen.

Von dem Wunsch erfüllt, zur Lösung dieser Aufgabe beizutragen, überlegte ich in erster Linie, welche Kraftquellen zur Betätigung der künstlichen Glieder verfügbar wären. Wünschbar ist offenbar, die eigene Muskelkraft zu verwerten, denn man kann wohl eine kleine Akkumulatorturbine mit sich herumtragen, ist dann aber ein Sklave dieser fremden Energie. Nun ist auch dem Laien bekannt, daß die Muskeln, die beispielsweise die Hand bewegen, in der Hauptsache im Unterarm gruppiert sind, diejenigen zur Bewegung des Unterarmes im Oberarm usw. Wenn also die Hand verloren geht, so ist zunächst fast die Gesamtheit der sie betätigenden Muskeln unversehrt, und diese verlieren die Fähigkeit, sich unter dem Einflusse eines bewußten Willensimpulses zusammenzuziehen, erst nach längerer Zeit infolge Nichtgebrauches. Um diese Kraftquelle nutzbar zu machen, ist nun ein chirurgischer Eingriff erforderlich, durch den die Muskeltenden (Sehnen) mit Haut umgeben zu einer frei vorstehenden Schleife oder einer sonstigen für mechanischen Kraftangriff geeigneten Endigung geformt und zum Verheilen gebracht werden. Die Frage, ob das Bilden eines solchen lebenden Maschinenelementes vom chirurgischen Standpunkt lösbar erscheint, wurde mir von namhaften medizinischen Fachleuten bejaht, und es gebührt insbesondere Hrn. Prof. Sauerbruch aus Zürich, derzeit in Greifswald, das Verdienst, die Sache auf mein Ansuchen sofort äußerst tatkräftig als erster unterstützt zu haben.

War hiermit eine der vorteilhaftesten Kraftquellen erschlossen, so durfte man zur Lösung des mechanischen Problems schreiten. Dieses bietet, als bisher sozusagen unbetretenes Land, einen besonderen Reiz, ist indessen in hohem Maße abhängig von der Stufe der Entwicklung des chirurgischen Verfahrens, insbesondere von der Zahl der verfügbaren Kraftquellen.

Beginnen wir mit der Hand, als dem wichtigsten und nächstliegenden Gliedmaß. Im Anfange wird sich die chirurgische Technik mit dem Herausarbeiten eines einzigen Kraftangriffspunktes begnügen und als solchen wohl die vereinigten Sehnen der gesamten Beugemuskeln aller Finger einschließlich derer der Faust wählen. Dann ist es mechanisch selbstverständlich, daß man diesen Muskeln die Schließbewegung der Finger zuweist, während das Öffnen durch ge-

eignet untergebrachte Federn erfolgt. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, erwähne ich, daß sich ein flaschenzugartiger Antrieb der Finger vorteilhaft erweist, bei welchem die Uebersetzung des Kraftangriffspunktes auf die einzelnen Finger von der Lage der andern Finger unabhängig und angenähert gleich groß ist. Ich konnte mich an einem so konstruierten Holzmodell überzeugen, daß selbst bei starrem Daumen ein Gegenstand von beliebiger Form sehr vollkommen umschlossen wird, indem sich die Finger den vorhandenen Unebenheiten selbsttätig innig anschmiegen. Sobald das chirurgische Verfahren höher entwickelt sein wird, darf man einen weiteren Kraftangriff hinzunehmen, beispielsweise die Beuger des natürlichen Daumens zur Betätigung des künstlichen Daumens. Wenn bereits die oben beschriebene Hand den Hammerstiel ebenso sicher faßt wie eine Schreibfeder, so wäre die neue Ausführung mit willkürlich bewegtem Daumen von der natürlichen sozusagen nicht zu unterscheiden.

Im übrigen wird schon die allereinfachste Ausführung der Hand als „Klaus“ oder in Form einer Beißzange mit einem einzigen Kraftangriff für Leute eines einfachen Berufes, wie Erdarbeiter u. a., die größten Dienste leisten und den Vorteil der Billigkeit haben. Ebenso werden die bisher bekannt gewordenen sogenannten Arbeitsprothesen mit ihrer stellenweise vorzüglichen Anpassung an Sonderzwecke, insbesondere in der Metallindustrie, mit dem neuen Verfahren vielfach in Wettbewerb treten.

Betrachten wir weiter die Verhältnisse beim Verluste des Unterarmes, so kommen die mächtigen Biceps- und Triceps-Muskeln in Frage. Ist nur einer verfügbar, z. B. der Beuger, so sieht man leicht ein, daß mit sehr einfachen Mitteln sowohl die Greifbewegung der Hand, als auch die Beugung des Unterarmes ausführbar ist. Man führt das Zugorgan vom Kraftangriffspunkt bis zur künstlichen Hand, jedoch so, daß es in bezug auf die Drehachse des Unterarmes ein Moment ausüben kann, beispielsweise durch Umschlingen einer gleichachsigen Rolle, wobei eine Feder den Unterarm beständig zu strecken trachtet. Sobald der Muskel zieht, wird offenbar zuerst die Hand geschlossen, bis der Widerstand des ergriffenen Gegenstandes den Federzug überschreitet, worauf das Beugen beginnt. Bei der Handhabung eines solchen Armes wird man nach einiger Übung mit Vorteil dynamische Wirkungen ansutzen. Soll beispielsweise der ergriffene Gegenstand bei gebeugter Armstellung abgesetzt werden, so wird man den Muskel auf kurze Zeit rasch lockern; die viel geringere Masse der Finger wird unter dem Einflusse ihrer Federn rascher ausweichen als der Unterarm mit seinem großen Trägheitsmoment, und der Gegenstand wird losgelassen, bevor der Unterarm einen nennens-

werten Weg zurückgelegt hat. Ist man nicht so geschickt, so muß man den Arm in der gehobenen Stellung gerade strecken und dann die Finger lösen, was auch kein Nachteil ist. Sind zwei Angriffspunkte vorhanden, so kann der Arm bei jedem Beugungswinkel durch die Strecker festgehalten und die Greif- und Beugebewegung nacheinander ausgeführt werden.

In ähnlicher Weise wird man später beim Verluste des ganzen Armes oder des Fußes u. a. vorgehen, und es ist gewiß eigenartig, hoffen zu dürfen, daß selbst, wenn beide Arme bis zur Schulter fehlen, durch Heranziehung der Brustmuskeln und vielleicht, wie weiter unten beschrieben wird, in Verbindung mit der Wirkung der Schultermuskeln, noch die Greifbewegung der Hände und Bewegungen der Arme mit bedeutender Kraftentfaltung ermöglicht werden können.

Es gibt indes Fälle, in welchen auch die Arbeitsfähigkeit unversehrter und ihre alte Funktion ausübender Muskeln mit Vorteil ausgenützt wird. Wenn beispielsweise bei der Amputation ein sehr kurzer Stumpf des Unterarmes übrig geblieben ist, wird die Zusammenziehung der an ihm noch haftenden Hand-Muskelreste zu klein, um von ihr aus die künstliche Hand zu betätigen. In diesem Falle schöpfen wir aus der Arbeitsfähigkeit der am Unterarmstumpf angreifenden unversehrten Muskeln, z. B. seiner Beuger. Es muß dann ein Teil oder die ganze Arbeit, die während eines Teiles der Bewegung geleistet wird, zum Schließen der künstlichen Hand verwertet werden. Zur Verwirklichung dieses Gedankens stehen wieder einfache, zum Teil altbekannte Mittel zu Gebote. Der Stumpf wird beispielsweise durch eine Hülle umschlossen, die lose um die Achse des eigentlichen künstlichen Unterarmes drehbar ist, so daß während des ersten Teiles ihres Ausschlags ein Zugorgan mitgenommen werden kann, das zur künstlichen Hand führt und diese schließt, bis der Widerstand groß genug ist, um den durch eine Feder gestreckten Unterarm mitzunehmen.

Ein zweiter hierher gehörender Fall ist der, daß am Oberarm nur ein kurzer Stumpf übrig geblieben ist. Hier liegt es nahe, die Kraft der unversehrten Schultermuskeln zu Hilfe zu nehmen, die sich im Heben der Achsel kundgibt. Diese Kraft mechanisch durch Hebel, Rollen und Schnüre zu übertragen, wurde schon anderweitig vorgeschlagen. Ich befürworte ein chirurgisches Verfahren, indem man den Stumpf

am Ende mit einem aus lobender Substanz bestehenden Kraftangriffsorgan, etwa einer Schleife, versieht, in welche das mechanische Organ eingehängt und zum Unterarm wie auch zur Hand geleitet wird. Der künstliche Arm wird an einem Brust-Schulter Gürtel mit Universalgelenk befestigt, wobei der Gürtel den »Festpunkt« bildet und bei wagrecht gestrecktem Arm, wo das Heben der Schulter keine nennenswerte Komponente für die Schlußbewegung der Hand liefert, die noch vorhandene Armmuskel-Kürzung verfügbar bleibt. Der Vorteil des chirurgischen Verfahrens besteht in diesem Falle auch darin, daß der auf die Muskelreste des Stumpfes ausgeübte Zug diese in gutem Ernährungszustand erhalten wird und so der teilweise Muskelschwund, der bei dem alten Verfahren immer auftrat und ständige lästige Nacharbeiten an der Prothese erforderlich machte, vermieden wird. Dieser wichtige Umstand macht es auch beim Unterarmstumpf wünschbar, einen Kraftangriffspunkt chirurgisch zu schaffen, in den man die Prothese einhängt.

Die beschriebenen drei Kraftquellen: 1) die Arbeit der Muskeln, die ursprünglich am lebenden Glied angegriffen haben, 2) die Arbeit der Beuger oder Strecker des Unterarmes, 3) die Arbeit der Schultermuskeln beim Heben und Senken der Schulter, dürften für den Arm und die Hand die vorzugsweise praktisch ausnutzbaren sein.

Hr. Prof. Sauerbruch hat kürzlich in Greifswald von jeder der geschilderten Abarten gelungene Operationen durchgeführt, nach deren Ausheilung und dem Fertigstellen der entsprechenden künstlichen Glieder Bestimmtes über die Tragweite des neuen Verfahrens wird ausgesagt werden können. Die ausführlichen Besprechungen mit Hr. Prof. Sauerbruch haben mich überzeugt, daß insbesondere im Anfang ein inniges Zusammenarbeiten des Chirurgen und des Konstrukteurs unentbehrlich ist, soll der richtige Mittelweg zwischen den großen Feinheiten der chirurgischen Technik und den Anforderungen der Mechanik gefunden werden. Möchte dem genannten ausgezeichneten Chirurgen die erwünschte Unterstützung zuteil werden! Jeder Zeitverlust wäre bedauerlich, da Anzeichen vorliegen, daß mehrere Monate nach der Verwundung die schlummernde Muskelkraft nur schwer oder unvollständig geweckt werden kann. Immerhin ist es nicht ausgeschlossen, daß noch allen seit Kriegsbeginn Verstümmelten die Wohltat des neuen Verfahrens zuteil werden kann.