

Langzeitbeobachtungen an Krukenberg-Greifarmen

A. N. WITT, K. WALCHER, J. KUZMANY und E. KRAUTER

Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. A. N. Witt)

Eingegangen am 28. Februar 1972

Long-term Follow-ups of Krukenberg-arms

Summary. Long-term follow-ups of Krukenberg-arms showed osteoarthritis in the elbow joint, caused by the unphysiological joint-movement. But only a small number of patients complained of pain or loss of function. Measuring the resulting forces of the Krukenberg-arms did not reveal correlations between these values, the length of the Krukenberg-forceps and the degree of osteoarthritis.

Zusammenfassung. Langzeituntersuchungen an Krukenberg-Greifarmen ergaben als Folge des unphysiologischen Bewegungsablaufes zunehmende Aufbraucherscheinungen, nur in einem Teil der Fälle bestanden jedoch Beschwerden und Funktionseinbußen. Messungen der Branchenschlußkraft ergaben keine eindeutigen Relationen zwischen Branchlänge, Aufbraucherscheinungen und den gefundenen Werten.

Einleitung

Im Jahre 1917 veröffentlichte Krukenberg erstmals eine Arbeit „Über plastische Umwertung von Amputationsstümpfen“, in der er eine Operationstechnik beschrieb, mit der er den Armstumpf ohne eine Prothese möglichst gebrauchsfähig zu machen, d. h. zu einem Greiforgan umzuwandeln suchte. Erst später hatte er die Absicht, diese Greifzangen für eine von ihm geplante, jedoch noch nicht zu diesem Zeitpunkt fertiggestellte Prothese zu verwenden. Nach seinen Angaben gelang es ihm erst 1919, eine für seine Greifzangen brauchbare Unterarmprothese vorzustellen. 1922 berichtete dann Fraenkel in seiner Arbeit „Der Krukenbergarm“ über eine erste praktische Lösung eines Kunstarms, die den berechtigten Ansprüchen Krukenbergs größtenteils entsprach.

Dabei gelang es erstmals im Gegensatz zu den vorher entwickelten Prothesen, die Kunsthand auch bei Schluß der Krukenberg-Zange schließen und bei Abspreizung öffnen zu lassen. Das war bei all den früher entwickelten Prothesen nicht möglich. 1923 stellte Krukenberg ein einhändiges 12jähriges Mädchen vor, bei dem er seine Vorderarm-Amputationsplastik durchgeführt hatte. Bei dieser Vorstellung wies er besonders auf die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten dieser Greifarme auch ohne Prothesenversorgung hin.

Die Ursache, daß dieses Verfahren zwischen den beiden Weltkriegen relativ selten angewendet wurde, lag besonders in der Auseinandersetzung mit der Kine-Plastik nach Sauerbruch u. Vanghetti wohl in der späten Erkenntnis, daß der Krukenberg-Greifarm viel wirkungsvoller ohne die zunächst geplante Prothese ist. In dieser Zeit berichteten nur wenige Autoren, neben

Krukenberg selbst veröffentlichte Porzell grundsätzliche Überlegungen zum Krukenberg-Greifarm.

Erst 1941 berichtete Kreuz in einer größeren Arbeit über seine Erfahrungen mit einer Anzahl von Handverletzten des 2. Weltkriegs, die er mit Krukenberg-Greifarmen versorgt hatte. Wenig später wendete auch K. H. Bauer dieses Verfahren an. Im Jahre 1946 und 1948 veröffentlichte Bauer eine Vereinfachung früherer Operationsmethoden für die Formung der Greifzangen. Im Gegensatz zu Kreuz, der die Entfernung von Unterarmmuskeln ablehnte, hielt es K. H. Bauer für nötig, lediglich den M. biceps, M. pronator teres, den M. brachioradialis und den M. supinator als allein wichtige Träger der Funktion der Greifzange zu erhalten.

In diese direkte Nachkriegszeit fallen die meisten Greifzangenbildungen, nach Blohmke waren es 695 Operationen. Demgegenüber wurden 323 Kine-Plastiken nach Sauerbruch durchgeführt.

In der Folgezeit befaßte sich eine Reihe von Autoren mit den vielgestaltigen Problemen, die bei der Versorgung von Ohnhändern auftraten. Die Thematik bezog sich vorwiegend auf Fragen der Indikation, der Rehabilitation und eine große Anzahl von Einzelproblemen, wie degenerative Veränderungen des Ellenbogengelenkes, Sensibilitäts- und Durchblutungsverhältnisse der Branchien, Prothesenversorgung, Voraussetzungen zur optimalen Funktion u. a. (Boos; Eicken; Fraenkel; M. Lange; Simon; Tauber; A. N. Witt).

Die Frage nach der Versorgung von Dysmeliekindern mit der Krukenberg-Plastik hat Swanson 1964 behandelt. Auch in den USA ist somit die Krukenberg-Plastik durchaus bekannt, zuletzt hat Zanoli dazu Stellung genommen. Nach Novak sollte die Greifarmplastik auch in Friedenszeiten und nach Lob auch beim Einhänder ausgeführt werden.

Eigene Untersuchungen

In Zusammenarbeit mit dem Landesversorgungsamt Bayern sind uns im oberbayerischen Raum 42 Ohnhänder bekannt geworden, bei denen ein- oder doppelseitig Krukenberg-Plastiken durchgeführt worden waren. Es gelang uns, 30 Krukenberg-Träger nachzuuntersuchen.

Es handelte sich im einzelnen um 20 einseitig und 10 doppelseitig angelegte Krukenberg-Plastiken. 10 Patienten waren blind.

Die Krukenberg-Greifarme wurden in den Jahren 1943 und 1947 im wesentlichen von einigen wenigen Operateuren nach der Anzahl der Operierten in folgender Reihenfolge durchgeführt: Kreuz, Boos, M. Lange, A. N. Witt; ein Rest von 9 Operierten wurde von verschiedenen Operateuren behandelt.

Bei fast allen Patienten wurden zum Hautschluß freie oder gestielte Transplantate verwendet. Eine Thierschplastik vom Oberschenkel erfolgte bei 5 Versehrten, bei 23 Patienten kam eine gestielte, meist Bauchhautlappenplastik zur Anwendung. Die Methode nach K. H. Bauer wurde nur bei einem Versehrten angewendet.

Die Versehrten wurden klinisch und röntgenologisch untersucht, wobei Vergleichsaufnahmen der Gegenseite durchgeführt wurden. Die beim Branchenspitzenschluß erzeugte Kraft wurde mit einem eigens konstruierten Dynamometer gemessen. Die soziale Anamnese wurde mitberücksichtigt, für jeden Untersuchten wurde ein ausgiebiger Fragebogen angelegt.

Klinische Untersuchung

Entsprechend der Amputation, die fast ausnahmslos Folge von Minen- oder Handgranaten-Explosionen waren, fanden sich Stumpflängen von 15 bis 28 cm, gemessen von der Olecranonspitze zur Stumpfspitze der ulnaren Branche. Lediglich ein Untersucher hatte eine Stumpflänge von nur 7,5 cm. Die am häufigsten angetroffene Stumpflänge lag zwischen 18 und 22 cm.

Die gestielten Bauchhautplastiken führten im allgemeinen zu gut belastungsfähigen Branchen, wobei lediglich am Rand der Plastiken vereinzelt narbige Einziehungen beobachtet wurden (Abb. 1). Bauchhautplastiken mit reichlich subcutanem Fettgewebe waren kosmetisch weniger günstig, Spitzenschluß und Kraftleistung waren jedoch meist nicht ungünstig beeinflußt (Abb. 2). Bei besonders wulstförmigen Transplantaten fiel jedoch die deutlich schlechtere Durchblutung auf, im Zentrum der Transplantate und gegen die Stumpfspitze zu fanden sich öfters livide Verfärbungen und Kühle der Haut.

Vereinzelt wurden kosmetisch sehr gute Ergebnisse erzielt, ein Gesichtspunkt, der gerade bei der Krukenberg-Plastik von großer Bedeutung ist (Abb. 3).

Die mit Thierschlappen gedeckten Branchen waren meist schlank; man hatte jedoch den Eindruck, daß sie den mechanischen Anforderungen weniger gewachsen waren. Die Folge waren flächenhafte Narbenfelder und schlechte Verschieblichkeit im Bereich der Transplantate.

Wichtig bei der Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Krukenberg-Greifzangen waren die Sensibilitätsverhältnisse im Bereich der Bauchhautlappen bzw. der Thierschtransplantate. Eicken hat die Sensibilitätsverhältnisse an Krukenberg-Greifarmen ausgiebig studiert. Im eigenen Material konnte ein eindeutiges Überwiegen deutlich besserer Resultate hinsichtlich der Berührungs- und Schmerzempfindlichkeit zugunsten einer der beiden Methoden nicht gefunden werden (Diagramm 1).

Der Stumpflänge entsprechend sollte erwartet werden, daß die Amplitude bei der Öffnung der Branchen um so größer ist, je länger die Branchen ausgebildet sind. Dies bestätigte sich nicht. Wir fanden Amplituden von 1 bis 12 cm, wobei die Extremwerte jedoch auf kurze und lange Branchen unregelmäßig verteilt waren.

Interessant war das Studium des Bewegungsablaufes beim Öffnen der Branchen. Wir beobachteten prinzipiell zwei Möglichkeiten der Branchenöffnung:

1. Das einfache Spreizen der Branchen und
2. eine Art Scherbewegung, die dadurch zustande kam, daß die radiale Branche eine Pronationsbewegung ausführte.

Ein Großteil der Patienten konnte beide geschilderten Bewegungen differenziert auf Aufforderung ausführen. Nur etwa ein Drittel der Untersuchten konnte die spreizende Bewegung durchführen, während nur 3 Untersuchte lediglich die Scherbewegung demonstrieren konnten.

Bei 12 Untersuchten fanden wir auf der Gegenseite einen Sauerbruch-Kanal, bei einem war er am Unterarm angelegt. *Mit nur einer Ausnahme wurde der Sauerbruch-Kanal prinzipiell nicht genutzt. Einstimmig wurde angegeben, daß der Sauerbruch-Arm in der Kombination mit dem Krukenberg-Arm geradezu als hinderlich empfunden wurde. Dies galt besonders bei den blinden Ohnhändern, die aus der prothetischen Versorgung wegen des fehlenden Tastgefühls keinerlei Nutzen ziehen konnten.*

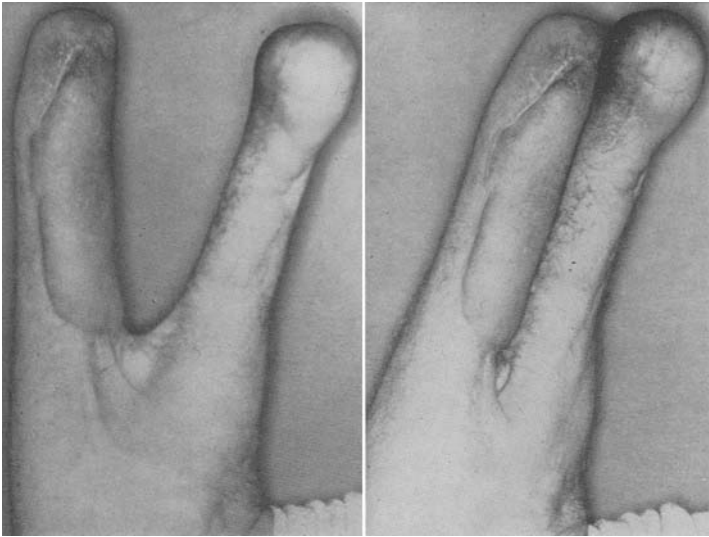


Abb. 1. F. V., 42 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits im Jahre 1945, Krukenberg-Greifzange beiderseits 1946. Gutes funktionelles Resultat, beiderseits vereinzelt narbige Einziehungen am Rand des Bauchhauttransplantates. Öffnungsweite der Branchen 15 cm

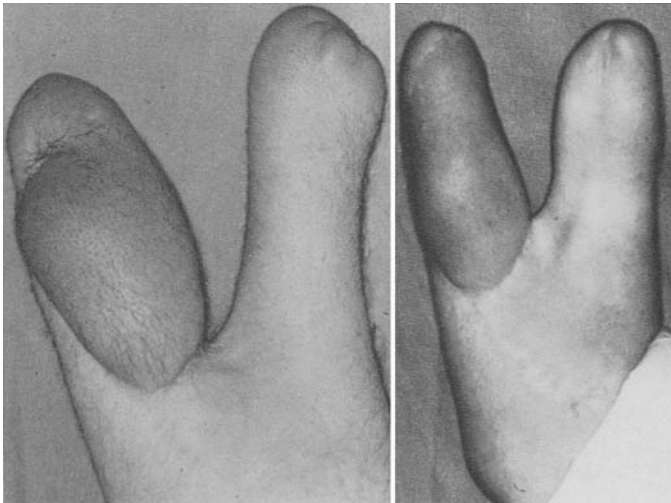


Abb. 2

Abb. 3

Abb. 2. H. M., 48 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits 1944, Krukenberg-Greifzange beiderseits 1944. Funktionell gutes Ergebnis, kosmetisch jedoch durch reichlich subcutanes Fettgewebe unter der Bauchhautplastik weniger günstig

Abb. 3. W. P., 47 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits 1944, Krukenberg-Greifzange rechts 1944. Gutes kosmetisches Ergebnis. Trotz Bauchhautplastik schlanke wohlgeformte Branche. Keine narbigen Einziehungen

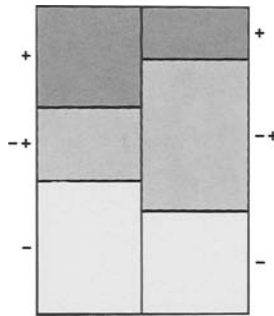


Diagramm 1. Gegenüberstellung der Sensibilitätsverhältnisse nach Thiersch-Plastik vom Oberschenkel links und gestielter Bauchhautplastik (rechts). + = Differenzierung spitz/stumpf — gut möglich, + — = Differenzierung spitz/stumpf — teilweise gestört, — = Differenzierung spitz/stumpf — nicht möglich

Die Kanäle waren bei den meisten Untersuchten vorhanden, die Verletzten trugen auch routinemäßig den bekannten Elfenbeinstift. Nur so seien chronisch ekzematöse Veränderungen zu verhindern. Dazu ist noch zu betonen, daß der Sauerbruch-Kanal bei der Prüfung durchaus funktionstüchtig war und gute Hubhöhe und Kraft zeigte.

Kraftmessung

Zur Ermittlung der von der Krukenberg-Greifzange geleisteten Kraft, in folgendem kurz Branchenschlußkraft genannt, wurde in Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Ing. Stadler und Herrn Oberpräparator Braddatz vom Physikalischen Institut der Universität München ein Dynamometer entwickelt (Abb. 4). Bei der Messung dieser Branchenschlußkraft fanden wir nunmehr Werte zwischen 0,5 und 12 kp. Eine Relation zwischen Branchenlänge und Kraftleistung bestand nicht.

So fanden wir z. B. bei einem Krukenberg-Arm mit einer Stumpflänge rechts von 26 cm eine Kraftleistung von 12,1 kp sowie bei einem linksseitigen Krukenberg mit einer Stumpflänge von 7,5 cm eine Kraftleistung von 10,2 kp.

Weiterhin wurden die gefundenen Werte der Kraftleistung zur Schwere der röntgenologisch gefundenen Aufbraucherscheinungen in Beziehung gesetzt. Relationen, etwa in Form von fortgeschrittenen Aufbraucherscheinungen bei höheren Kraftleistungen, fanden sich nicht.

Röntgenologische Veränderungen

Von allen Versehrten wurden Röntgenaufnahmen der Ellbogengelenke in 2 Ebenen angefertigt. Bei der Aufnahme in seitlicher Projektion kam die Greifzange geschlossen und geöffnet zur Darstellung.

Bei der a.p.-Aufnahme wurde besonders darauf geachtet, daß durch leichte Drehung in der Längsachse des Arms das zur Beurteilung wichtige Radioulnargelenk ohne Überprojektion zur Darstellung kam. Kontrollaufnahmen der Gegenseite wurden angeschlossen unabhängig davon, ob die Krukenberg-Plastik ein- oder beidseitig durchgeführt war.

Sämtliche nachuntersuchten Krukenberg-Arme zeigten Aufbrauchveränderungen des Ellenbogengelenkes der verschiedensten Grade.

Zur Klassifizierung der arthrotischen Veränderungen wählten wir ein Punktsystem, bei dem wir die vorliegenden Arthrosen in Stadium I bis III einteilten. Wir beurteilten dabei gesondert die Teilgelenke des Ellenbogengelenkes, so das Humeroradial-, das Humeroulnar- und das Radioulnargelenk.

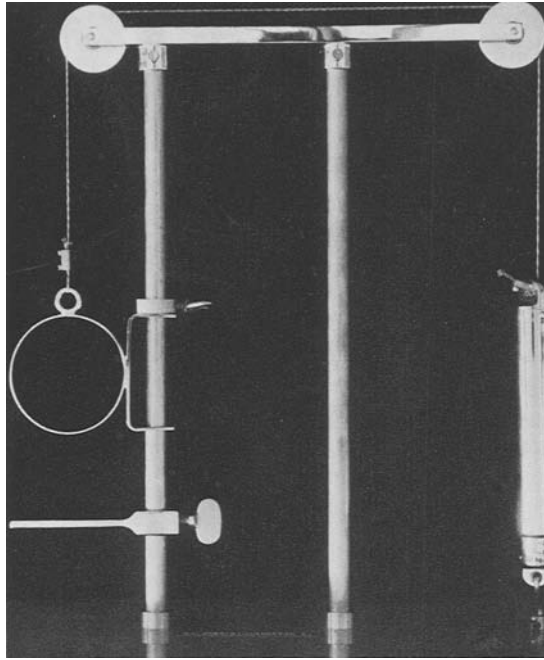


Abb. 4. Dynamometer zur Messung der Branchenschlußkraft. Messung der Kraft durch verschiedenstarke Federwaagen, das Zuleitungskabel läuft über zwei kugelgelagerte Rollen, die nahezu keine Reibung erzeugen

Gleichzeitig werteten wir die im Zuge der Arthrose bzw. der mechanischen Überbeanspruchung auftretenden Kopfdeformierungen sowie „Subluxationszustände“ des Radiusköpfchens gegenüber der artikulierenden Fläche des Capitulum humeri.

Mit einer Ausnahme befanden sich einseitig amputierte Krukenberg-Träger nicht in unserem Krankenbestand, so daß Vergleiche mit völlig gesunden Ellenbogengelenken im allgemeinen nicht möglich waren. Sehr eindrücklich waren jedoch Vergleiche mit Ellenbogengelenken der Gegenseite, bei denen der Unterarmstumpf nicht in einen Krukenberg-Greifarm umgestaltet war. Regelmäßig fanden sich auf der Greifarmseite fortgeschrittenere Aufbraucherscheinungen (Abb. 5). Entsprechend der wesentlich stärkeren Beanspruchung des Krukenberg-Greifarms sind somit die arthrotischen Veränderungen der verschiedensten Grade der stärkeren funktionellen und insbesondere unphysiologischen Beanspruchung zuzuordnen.

Schwieriger gestaltete sich die Deutung verschiedener Ausprägungsgrade von Aufbraucherscheinungen bei beidseitiger Krukenberg-Plastik. Vereinzelt gelang es uns, Vorschädigungen eines der beiden Ellbogengelenke anlässlich der Amputationsverletzung zu eruieren. In anderen Fällen war eine Zuordnung nicht möglich. Vereinzelt wurde die zuerst angelegte Plastik funktionell deutlich mehr beansprucht, um dann später nach Auftreten erster Beschwerden mehr geschont zu werden.



Abb. 5. H. D., 56 Jahre alt. Beiderseitige Unterarmamputation 1944, Krukenberg-Greifarm rechts 1947. Arthrotische Veränderungen des Ellenbogengelenkes rechts (Krukenberg-Arm) deutlich stärker ausgeprägt als links



Abb. 6. E. K., 63 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits 1939, Krukenberg-Greifzange links 1940. Schwere Arthrose aller Teilabschnitte des Ellenbogengelenkes und besonders des humeroulnaren Gelenkes mit schnabelartiger Ausziehung des Proc. coronoides. Bei Beugung über den rechten Winkel knöcherne Anschlagssperre

Bei der Gegenüberstellung der röntgenologisch gefundenen Aufbraucherscheinungen mit den vorgebrachten Beschwerden begegneten wir wieder der bekannten Tatsache, daß zwischen der Intensität der Beschwerden und dem Grad der Arthrose keine Relationen bestanden. Lediglich bei stärksten Graden arthrotischer Veränderungen fanden sich im allgemeinen auch fortschreitende Beschwerden; auf der anderen Seite konnte vereinzelt beim Vorliegen von hartnäckigen Schmerzzuständen ein fortgeschrittener Arthrosegrad nicht festgestellt werden.

Im Vordergrund mancher Beschwerden standen Bewegungseinschränkungen, die bei Streckhemmungen weniger gravierend empfunden wurden. Besonders unangenehm wirkten sich Beugeeinschränkungen aus, einige Patienten berichteten geradezu, daß die Beugung im Verlauf der letzten Jahre schrittweise schlechter geworden sei. So klagte uns ein Kunstmaler, daß er seit einigen Monaten mit seiner Krukenberg-Greifzange nicht mehr zum Munde käme. Als Ursache dieser Blockierung der Beugung beobachteten wir einen vom Proc. coronoides ausgehenden

schnabelartigen Fortsatz, der bei einer Beugung von etwa 90° eine knöcherne Anschlagssperre bildete (Abb. 6).

Bei einer kleineren Anzahl von 5 Patienten machten wir Beobachtungen, die über den Rahmen geläufiger arthrotischer Veränderungen hinausgingen und in dieser Ausprägung nur bei Krukenberg-Greifzangen zu beobachten sind. Es handelt sich dabei um Deformierungen und „Subluxationsstellungen“ des Radiusköpfchens.

Deformierungen des Radiusköpfchens

Bei einer Reihe von Patienten beobachteten wir Abflachungen bzw. Abdachungen des Radiusköpfchens, die bis zu ausgeprägten Deformierungen führten. Auffällig war dabei, daß die Köpfchendeformierungen auftraten besonders bei solchen Versehrten, die eine große Öffnungsweite der Branchen aufwiesen (Abb. 7). Kombiniert waren diese Abdachungen mit stärkeren Sklerosierungserscheinungen der artikulierenden Fläche des Radiusköpfchens. Ätiologisch stehen zur Debatte eine rein mechanische Überbeanspruchung der mehr beugeseitigen Anteile des Radiusköpfchens oder einfache arthrotische Veränderungen, als deren Folge wir auch an anderen Körperabschnitten zunehmende Deformierungen finden.

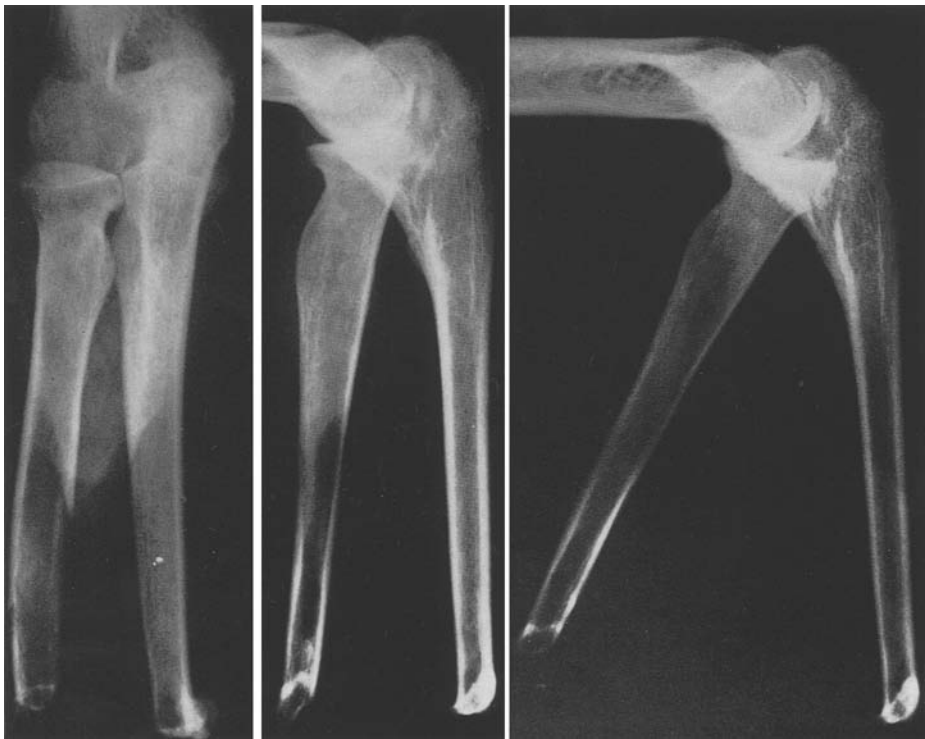


Abb. 7. J. G., 47 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits 1944, Krukenberg-Arm rechts 1944, links 1944. Deutliche Abdachung des Radiusköpfchens durch die unphysiologische Druckbelastung der beugeseitigen Anteile bei der Zangenbewegung des Radius. Stärkere arthrotische Veränderungen fehlen noch

Subluxationsstellungen des Radiusköpfchens

In 6 Fällen fanden wir eine mehr oder weniger starke Arthrose des Ellbogengelenkes kombiniert mit einer „Subluxationsstellung“ des Radiusköpfchens bei der Öffnungsstellung der radialen Branche. Das Radiusköpfchen hat dabei nur mit einer Kante der Fovea capitis Kontakt mit dem Capitulum humeri, der Großteil der Gelenkfläche hat sich von der gegenüberliegenden artikulierenden Fläche des Humerus entfernt (Abb. 8). Dabei muß betont werden, daß im Normalfalle das Radiusköpfchen bei der Öffnung der radialen Branche einen bogenförmigen Verlauf um das Capitulum humeri nimmt, ohne daß sich die Fovea des Radiusköpfchens von der Gelenkrolle des Humerus entfernt. Erst bei größeren Amplituden bei der Öffnung der Branchen tritt der geschilderte Subluxationszustand ein.

Hinsichtlich der Ätiologie gilt für die „Subluxationszustände“ des Radiusköpfchens wohl das gleiche wie für die Deformierungen: Das Öffnen der radialen Branche ist sowohl bei einer mehr scherenenden als auch einer Rotationsbewegung ein unphysiologischer Vorgang, der mit einer forcierten mechanischen Beanspruchung der betroffenen Gelenkanteile kombiniert ist. Die geschilderte Subluxations-



Abb. 8. J. B., 51 Jahre alt. Unterarmamputation 1945, Krukenberg-Plastik rechts 1947, links 1945. „Subluxationsstellung“ des Radiusköpfchens beim Öffnungsvorgang der Greifzange. Arthrotische Veränderungen halten sich noch in Grenzen

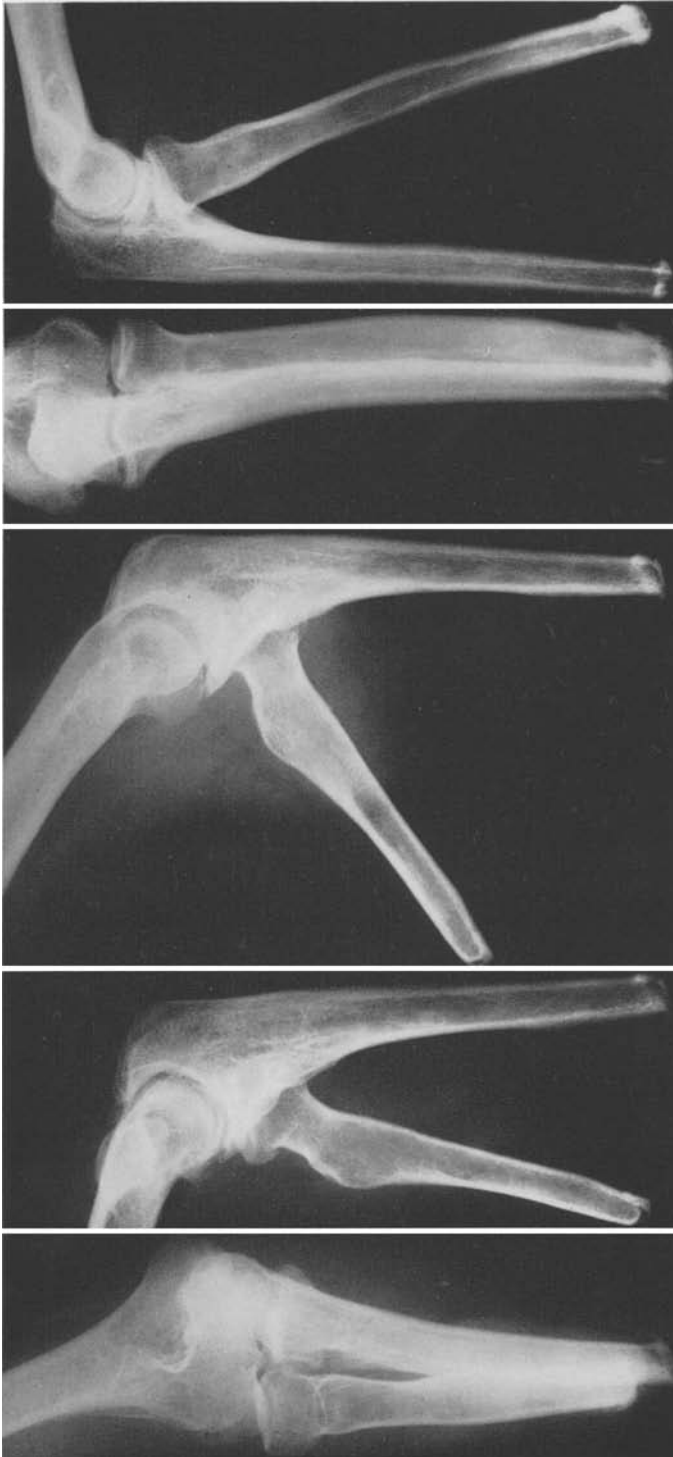


Abb. 9. P. L., 46 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits 1944, Krukenberg-Greifzange rechts 1947, Krukenberg-Greifzange links 1946. Auffallend starke „Subluxationsstellung“ des Radiusköpfchens rechts in Kombination mit großer Amplitude bei der Öffnung der Greifzange. Starke Deformierung und angedeutete Abdachung des Radiusköpfchens als Folge der unphysiologischen Zangenbewegung. Fortgeschrittene Arthrose in allen Teilabschnitten des Ellenbogengelenkes. Links kleine Amplitude, keine „Subluxationsstellung“ des Radiusköpfchens



Abb. 10. W. P., 47 Jahre alt. Unterarmamputation beiderseits 1944, Krukenberg-Greifzange rechts 1944. Geweihartige Spornbildungen am Radius und der Ulna ohne funktionelle Einschränkung und Beschwerden

stellung des Radiusköpfchens ist natürlich nur im Verein mit einer entsprechenden Dehnung des Ringbandes denkbar. Die Folge dieser mechanischen Alterationen sind fortschreitende Aufbraucherscheinungen (Abb. 9).

Warum sie im Einzelfalle verschieden stark ausgeprägt sind, hängt wohl von der Dauer und Intensität der jeweiligen unphysiologischen Beanspruchung ab.

Eine geläufige Beobachtung waren Spornbildungen nicht nur am Radius (A. N. Witt), sondern auch an der Ulna (Abb. 10). Wir fanden sie am Radius fünfmal, an der Ulna viermal. Größe und Verzweigung der Spornbildungen wechselte, funktionelle Beeinträchtigungen oder Schmerzen gingen von diesen Spornbildungen nicht aus.

Diskussion

In der Bundesrepublik lebten 1964 etwa 1200 Ohnhänder, davon waren 120 blind (Emich).

Während und kurz nach dem 2. Weltkrieg, als die meisten Ohnhänder zu behandeln waren, standen folgende Möglichkeiten der Versorgung zur Verfügung:

Die Kine-Plastik nach Sauerbruch u. Vanghetti, der Krukenberg-Greifarm und später die prothetische Versorgung mit dem Hook-Arm. Heute sind dazugekommen die pneumatischen und myoelektrischen Prothesen.

Für den einseitig Unterarmamputierten wird heute insbesondere die Versorgung mit einer myoelektrischen Prothese zu diskutieren sein. Intelligenz sowie ein fester Wille zur privaten und beruflichen Rehabilitation sind dafür Voraussetzung. Für den einseitig Unterarmamputierten wurde und wird der Krukenberg-Arm mit Zurückhaltung diskutiert oder abgelehnt; er setzt bei allen differenzierten Vorrichtungen die gesunde Hand ein, während der Ohnhänder zum Gebrauch des Krukenberg-Arms in jedem Falle gezwungen ist. Ähnlich äußerten sich Krukenberg selbst, späterhin auch Kreuz und M. Lange. Lob hat auf der anderen Seite erst kürzlich wie auch Streicher bereits vor Jahren den Krukenberg-Greifarm auch für den einseitig Unterarmamputierten unter bestimmten Voraussetzungen propagiert.

Die Frage nach der besten Versorgung des Ohnhänders ist alt und eigentlich seit Kreuz gelöst. Lange Zeit konkurrierte die Kine-Plastik nach Sauerbruch, sie tritt aber zunehmend in den Hintergrund. Wir selbst versorgten zuletzt 1963 einen einseitig amputierten jungen Mann mit diesem Verfahren.

Hinsichtlich der Leistung = Kraft \times Weg in der Zeiteinheit rangiert der Krukenberg-Greifarm sicher vor der Kine-Plastik. Hinzu kommt das meist erhaltene oder wieder eingetretene Tastvermögen, das für den Ohnhänder und ganz besonders den blinden Ohnhänder von besonderer Bedeutung ist.

Interessant waren in diesem Zusammenhang unsere eigenen Untersuchungen zur Resensibilisierung der verwendeten Hauttransplantate, eine Tatsache, die bereits von Simon an Hand größerer Nachuntersuchungsserien festgestellt worden war. Beim Vergleich freier Thiersch- und gestielter Bauchhauttransplantate hinsichtlich eines differenzierten Empfindungsvermögens ergaben sich an unserem Untersuchungsgut keine eindeutigen Unterschiede zugunsten einer der beiden Verfahren.

Der prothetischen Versorgung gleich welcher Art gegenüber hat der Krukenberg-Arm neben dem erhaltenen Empfindungsvermögen und dem normalen Haftvermögen der Haut den Vorteil, ohne technische Hilfsmittel jederzeit zur Verfügung zu stehen. *Mit wenigen Ausnahmen würden sich unsere Nachuntersuchten auch heute wieder eine Greifarm-Plastik durchführen lassen. Von den blinden Ohnhändern wurde ausnahmslos, von den übrigen Ohnhändern mit einer Ausnahme die prothetische Versorgung auch nur einer Seite mit einer Drehhand oder einer Sauerbruch-Prothese abgelehnt.* Boos hat an einem großen Krankengut ähnliche Erfahrungen gemacht. Lindemann anerkannte prinzipiell den Wert der Krukenberg-Plastik bei Ohnhändern, auf der anderen Seite hat er aber doch ausgiebige Versuche mit dem Hook-Arm und besonders der pneumatischen Prothese unternommen. Aus der Anamnese eines Teils unserer Nachuntersuchten ging hervor, daß bereits angelegte und funktionstüchtige Sauerbruch-Kanäle nicht gebraucht oder statt dessen Krukenberg-Greifzangen angelegt wurden. Entzündungen der Kanäle und die geringe Kraftleistung der Sauerbruch-Prothese waren wohl der Grund.

Dabei ist interessant zu erfahren, daß Sauerbruch selbst, allerdings erst späterhin, den Krukenberg-Arm als das Verfahren der Wahl bei Ohnhändern und besonders blinden Ohnhändern bezeichnet hat.

Die vom Auge zu führende und ohne Sensibilität ausgestattete Prothese ist der Krukenberg-Zange der Gegenseite unterlegen und wird so nur als Gegenhalt benutzt. Als alleiniger Gegenhalt eignet sich aber der orthopädisch unversorgte und mit Sensibilität ausgestattete Unterarmstumpf und mehr noch der Krukenberg

der Gegenseite ungleich besser. Vielleicht gilt für den einseitig mit einer Krukenberg-Zange ausgestatteten Ohnhänder der alte Satz Biesalskys in besonderem Maße: „Der Stumpf ist die beste Prothese.“

Im Gegensatz zu Simon, der nach 15 bis 18 Jahren nachuntersucht hatte, fanden wir nach nunmehr 24 bis 28 Jahren Schmerzen und Funktionsstörungen im Ellenbogengelenk, die allerdings nur in einem Teil der Fälle mit röntgenologischen Aufbraucherscheinungen korrelierten. Gesichert scheint die Tatsache der bevorzugten Arthroseanfälligkeit des „Krukenberg-Ellbogens“ auf dem Boden einer unphysiologischen Beanspruchung.

Streicher hat am großen Krankengut der Heidelberger Klinik nach einer maximalen Beobachtungszeit von 15 Jahren nur bei 2 „hierzu Disponierten“ eine Arthrosis deformans gefunden, die stärker als auf der ungespaltenen Gegenseite aufgetreten war.

Erstmalig in unserem Beobachtungsgut kam der geschilderte „Subluxationszustand“ des Radiusköpfchens zur Darstellung, der seinerseits Aufbraucherscheinungen Vorschub leistet, da er das Bewegungsausmaß des proximalen Drehgelenkes unphysiologisch ausweitet.

Spornbildungen fanden wir wie Simon auch an der Ulna, funktionelle Beeinträchtigungen durch Radius- oder Ulnasporne ergaben sich nicht.

Auch an unserem Krankenbestand fanden wir beide Möglichkeiten der Branchenöffnung, die Spreizung und die Scherbewegung als Folge der Rotation des Radius. Kreuz und seine Schule forderten zunächst die reine Ab- und Adduktionsbewegung, erst in späteren Stadien der Übungsbehandlung sollte die Rotationsbewegung zur Erzielung eines guten Spitzenschlusses genützt werden. Nach unseren Beobachtungen ist die Qualität des Spitzenschlusses vom Modus der Bewegungen der Branchen zueinander unabhängig.

Die Indikation zur Krukenberg-Greifzange beinhaltet nach K. H. Bauer, Schwaiger, Streicher u. a. eine Mindeststumpflänge von 15 bis 16 cm mit wenigstens 8 cm langen freien Zangenbranchen. Es wird also etwa die halbe Unterarmlänge als Voraussetzung zur Krukenberg-Plastik gefordert.

In unserem Krankenbestand konnte eine Relation zwischen Kraftleistung und Branchenlänge nicht gefunden werden, auch von „Krukenberg-Kurzstümpfen“ konnten durchaus Kraftleistungen oberhalb der Norm erbracht werden.

Literatur

- Bauer, K. H.: Dtsch. med. Wschr. **71**, 47 (1946).
 Bauer, K. H.: Über das Ohnhänder-Problem. Dtsch. med. Wschr. **72**, 585 (1947).
 Bauer, K. H.: Zum Problem der Ohnhänderversorgung und zur Frage der operativen Behandlung, insbesondere des Krukenberg-Armes. Verh. dtsch. orthop. Ges. **36**, 51—53 (1948).
 Bauer, K. H.: Klin. Wschr. **26**, 431 (1948).
 Bauer, K. H.: Grundsätzliches und Technisches zur Greifarmplastik nach Krukenberg. Klin. Wschr. **26**, 65 (1948).
 Blohmke, F.: Die orthopädische Versorgung der Ohnhänder in der Kriegsopferversorgung. Beih. Z. Orthop. **92**, 247 (1959).
 Blohmke, F.: Stand der orthopädischen Versorgung der Ohnhänder in der Kriegsopferversorgung. Bundesversorgungsbl. **5**, 54 (1959).
 Boos, O.: Rehabilitation von Ohnhändern. Hefte Unfallheilk. **60**, 77—85 (1959).
 Boos, O.: Die Versorgung von Ohnhändern. Stuttgart: Thieme 1960.
 Eicken, G.: Sensibilitätsverhältnisse am Krukenberg-Greifarm. Chirurg **20**, 58 (1949).

- Emich, I.: Zum Problem völliger Rehabilitierung von Ohnhändern. *Therapiewoche* **14**, 645—650 (1964).
- Fraenkel, J.: Der Krukenberg-Arm. *Zbl. Chir.* **47**, 232, 494 (1920).
- Kreuz, L.: Die Herrichtung des Unterarmstumpfes zum natürlichen Greifarm nach dem Verfahren Krukenbergs. *Zbl. Chir.* **71**, 1170 (1944).
- Kreuz, L.: Kriegsorthopädische Erfahrungen und Erfolge in der Verwundetenführung. *Beih. Z. Orthop.* **72**, (1941).
- Krukenberg, H.: Über plastische Umwertung von Amputationsstümpfen. Stuttgart: Enke 1917.
- Krukenberg, H.: *Zbl. Chir.* **71**, 315 (1923).
- Krukenberg, H.: Zur Krukenberg-Hand. *Zbl. Chir.* **56**, 222 (1929).
- Krukenberg, H.: Erfahrungen mit der Krukenberg-Hand. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **165**, 191 (1931).
- Lange, M.: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre. München: Bergmann 1962.
- Lindemann, K.: Leistungen von Ohnhändern mit der pneumatischen Prothese. *Hefte Unfallheilk.* **60**, 90 (1959).
- Lob, A.: Die Krukenbergplastik in Friedenszeiten. *Hefte Unfallheilk.* **60**, 105 (1970).
- Lodes, R., Schopp, R., Tauber, K.: Sauerbruch-Kanalbildung (Kineplastik). *Beih. Z. Orthop.* **102** (1966).
- Novak, P.: Hat die Krukenberg-Operation noch eine Berechtigung? *Hefte Unfallheilk.* **100**, 33 (1969).
- Porzelt, W.: Grundsätzliches zur Greifarmplastik des Vorderarmstumpfes nach Krukenberg. *Zbl. Chir.* **57**, 335 (1930).
- Sauerbruch, F.: *Zbl. Chir.* **47**, 503 (1920).
- Simon, P.: Spornbildungen, Spitzenexostosen und arthrotische Veränderungen im Ellenbogen-gelenk an Krukenberg-Greifarmen. *Z. Orthop.* **94**, 247 (1961).
- Simon, P.: Modalitäten des wieder eingetretenen Hautgefühls an Bauchhautplastiken von Krukenberg-Greifarmen. *Mschr. Unfallheilk.* **64**, 429—432 (1962).
- Simon, P.: Die Bewährung der Hauttransplantate an Krukenberg-Greifarmen. *Mschr. Unfallheilk.* **65**, 26—31 (1962).
- Simon, P.: Der Krukenberg-Arm bei Ohnhändern. Rehabilitationsmöglichkeiten im täglichen und beruflichen Leben. *Hefte Unfallheilk.* **75**, 118—120 (1963).
- Streicher, H. J.: Spätergebnisse der Greifarm- und Greifhandplastik. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **288**, 319 (1958).
- Streicher, H. J.: Greifarm- und Greifhandplastik beim Ohnhänder. *Chirurg* **31**, 505 (1960).
- Swanson, B.: The Krukenberg procedure in the juvenile amputee. *J. Bone Jt Surg.* **46-A**, 1540—1548 (1964).
- Witt, A. N.: Der Radiussporn beim Krukenberg-Greifarm. *Zbl. Chir.* **73**, 400 (1948).
- Zanoli, R.: Krukenberg-Putti Amputation-Plasty. *J. Bone Jt Surg.* **39-B**, 230 (1957).

Professor Dr. A. N. Witt
Priv.-Doz. Dr. K. Walcher
Dr. J. Kuzmany
Dr. E. Krauter
Orthopädische Klinik und Poliklinik
der Universität
D-8000 München 90, Harlachinger Straße 51
Deutschland