Aus der Abteilung für Handchirurgie und
Plastische Chirurgie des Berufsgenossenschaflichen
Unfallkrankenhauses Hamburg
Chefarzt: Prof. Dr. D. Buck-Gramcko

Hochdruckinjektionsverletzungen der Hand
Über den Einfluß des Zeitintervalls zwischen Unfallgeschehen und operativer Behandlung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg

vorgelegt
von
Jan Wolfgang Ulmer
aus
Freiburg im Breisgau

Angenommen von dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg am: 5.9.91

Gedruckt mit der Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität Hamburg

Sprecher: Prof. Dr. K.-H. Hölzer

Referent: Prof. Dr. D. Buck-Gramcko

Korreferent: Prof. Dr. K.-H. Jungbluth

A Einführung in die Problematik 5

I Allgemeine Einleitung 5
II Fragestellung 6
III Beispiele 6
IV Allgemeine Literaturübersicht 21
Aussagen der Literatur
1 zum Unfallmechanismus 24
2 zum Einfluß des Imprimates auf die Folgen 26
3 zur Diagnostik 30
4 zur medikamentösen Behandlung 31
5 zum therapeutischen Vorgehen 32

B Eigene Untersuchung zum Thema 35

I Methodik 35
II Beschreibung des Ausgangsmaterials 35
III Beschreibung der gefundenen Daten 39
1 Geschlecht 39
2 Alter 39
3 Unfallursache 39
4 verletzte Seite 39
5 Verletzungslokalisation 40
6 Röntgen 41
7 Imprimat 41
8 Zeitintervall Unfall-Arzt 42
9 Zeitintervall Arzt-Operation 42
10 Zeitintervall Unfall-Operation 42
11 Primäre Operationsart 42
12 Anzahl der Operationen pro Patient 43
13 Amputationsrate 43
14 Funktionelle Folgen für die verletzte Hand 43
15 Arbeitunfähigkeitsdauer 45
16 Zahl der Tage stationärer Behandlung 45
IV Erste Auswertung der Daten 47
1 Einfluß der Zeit bis zur Operation 47
2 Einfluß der mehr oder weniger ausgedehnten Operation 48
3 Einfluß des Imprimates 49
4 Einfluß der Verletzungszone 50

V Zusammenfassung der Daten durch Gruppenbildung 51
1 Imprimat 51
2 Operationsart 51
3 Verletzungszone 52
VI Auswertung der Gruppengegenüberstellungen bezüglich des Zeiteinflusses 53
VII Weitere Auswertung der Gruppengegenüberstellungen 57

C Bewertung der Untersuchungsergebnisse 61

I Der Geschehensablauf in Phasen 61
II Diskussion der Auswertungsergebnisse bezüglich des Zeiteinflusses unter Berücksichtigung der Literaturaussagen 63
III Schlußfolgerung 69
IV Zusammenfassung 73

D Tabellenanhang 74

E Literaturverzeichnis 89

A EINFÜHTUNG IN DIE PROBLEMATIK

I ALLGEMEINE EINLEITUNG

In unserer industrialisierten Zeit ist der Mensch durch die in den letzten Jahrzehnten zunehmende Verstärkung seiner Kraft durch Maschinen, auch vermehrt solchen Maschinen als Gefahrenquellen ausgesetzt. Deshalb sind viele der heutigen Verletzungen im Verkehr oder bei der Arbeit durch die Einwirkung von hohen Energiedichten, wie z.B. Geschwindigkeiten, Kräften oder hohen Drücken gekennzeichnet. Die speziellen ärztlichen Kenntnisse über die dadurch entstehenden Behandlungsbedürftigkeiten mußten erst durch Erfahrungen gewonnen werden. Das heißt, sie hinkten der technischen Entwicklung zwangsläufig hinterher.

Seit gut 50 Jahren ist eine besondere Verletzungsform, die bis dahin nicht bekannt war, immer häufiger geworden, nämlich die Injektion von mehr oder weniger viskösem Material unter hohem Druck durch die Haut. Erstmals berichtete REES (1937) in San Diego, Kalifornien, über eine derartige Verletzung. Ein 47-jähriger Mann hatte sich bei der Überprüfung einer Dieselmotoreinspritzdüse versehentlich Dieselöl in die Kuppe des rechten Mittelfingers injiziert. Dabei hatte der Finger eine Entfernung von etwa 2,5 cm von der Düsenspitze. Der Verletzte bemerkte zunächst lediglich einige unbedeutende Blutpunkte an der Fingerkuppe und suchte erst nach 24 Stunden wegen zunehmender Schwellung und Schmerzhaftigkeit des Fingers den Autor auf. Dieser fand den Finger ödematös geschwollen, außerdem vergrößerte axilläre Lymphknoten. An der Fingerkuppe wurde eine etwa 1 cm große Epidermiolyse abgetragen. Das umgebende Gewebe war dunkelrot. Die Hand wurde hochgelagert und mit heißen Verbänden behandelt. Es entwickelte sich eine Leukozytose von 11.500, und im Laufe weiterer 24 Stunden kam es zu einer Epidermiolyse der distalen Fingerhälfte, die abgetragen wurde. Im weiteren Verlauf kam es zu einer trockenen Gangrän der Fingerspitze bis zum Mittelgelenk, danach auch zu einer Epidermiolyse am Grundglied, worunter dunkelrot gefäbtes Gewebe lag. Nach 7 Tagen entleerte sich aus einer Inzision im Grundgliedbereich dicker Eiter, aus dem Gram-positive Kokken gezüchtet werden konnten. Es fanden sich Fettgewebsnekrosen und auch im Mittelhandbereich eine dunkelrote Verfärbung der Haut. Der gesamte dritte Strahl mußte in der Mitte des Mittelhandknochens abgesetzt werden, wobei eine nur geringe Blutungsbereitschaft

des Gewebes aufgefallen war. Lediglich eine Fingerarterie mußte ligiert werden. Die sekundäre Wundheilung dauerte acht Wochen. Die Nachuntersuchung nach zwei Jahren zeigte eine gute Funktion der verbliebenen Finger.

REES berichtete auch von einem zweiten Fall, von dem er gehört hatte. Einem japanischen Fischer war ein ähnliches Mißgeschick auf See passiert. Ein Mannschaftsmitglied habe den Finger inzidiert. Die Verletzung sei in kurzer Zeit abgeheilt, und der Finger habe keinen Verlust an Funktion erlitten.

Bezüglich der Rolle des in das Gewebe eingedrungenen Materials wies REES darauf hin, daß Rohöl keine anderen Reaktionen als andere Fremdkörper hervorrufen solle. Er unterschied Schweröl, welches kleine Mengen von Phebnol enthält und in erster Linie in Schiffsdieseln eingesetzt wird, von Leichtöl, welches aus verschiedenen Hydrocarbonaten zusammengesetzt ist und in Automobil- oder Traktormotoren verwendet wird.

Aus den wenigen Informationen, die er zusammentragen konnte, vermutete er, daß die Folgen nach einer Hochdruckinjektionsverletzung von der Art und der Menge des Imprimates, sowie von dem Injektionsdruck abhängen und daß eine frühe und große Inzision einen günstigen Einfluß haben müsse.

II FRAGESTELLUNG

Aufgabe dieser Arbeit ist es, anhand der Auswertung des eigenen Krankengutes herauszufinden, ob das Zeitintervall zwischen Verletzung und operativer Behandlung einen entscheidenden Einfluß auf das Behandlungsergebnis hat, wie es in der Literatur in zunehmendem Maße dargestellt wird.

III BEISPIELE

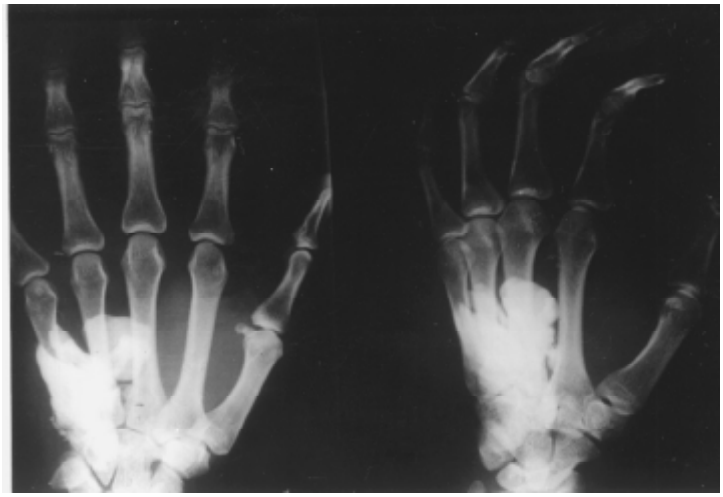
Um dieses nicht so geläufige Verletzungsbild zu veranschaulichen, werden einige Beispiele verschiedener Verläufe aus dem eigenen Krankengut mit Abbildungen dargestellt.

a) Einem 34 jährigen Monteur in der chemischen Industrie war ein unter 140 AtÜ Druck stehender Schlauch in der Hand geplatzt, wodurch die im Schlauch befindliche Silikonmasse dem Mann in die linke Hohlhand eindrang.

Abb. 1

Der erstbehandelnde Arzt stellte nach 4 Stunden eine 1 cm lange Platzwunde in der Hohlhand fest und beschrieb eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung und eine völlige Gefühlslosigkeit des fünften Fingers.

Abb. 2



Röntgenologisch fand er eine massive kalkdichte Verschattung der Hohlhand. Die Behandlung erfolgte durch eine Ruhigstellung auf einer palmaren Gipsschiene. Am Folgetag wurde der Verletzte in das Berufgenossenschaftliche Unfallkrankenhaus Hamburg verlegt. Der wenig spektakuläre klinische Aspekt und der ausgedehnte Rötgenbefund sind in Abildung 1 und 2 dargestellt. Noch am selben Tag, 24 Stunden nach der Verletzung, wurde eine operative Ausräumung der zum Teil verflüssigten Silikonmassen vorgenommen. Diese hatten die Muskulatur des Kleinfingerballens durchtränkt, und umschlossen die Ellenarterie und den Ellennerven. Der intraoperative Situs ist aus Abbildung 3 erkennbar, die Menge des ausgeraümten Materials ist in Abbildung 4 dargestellt.

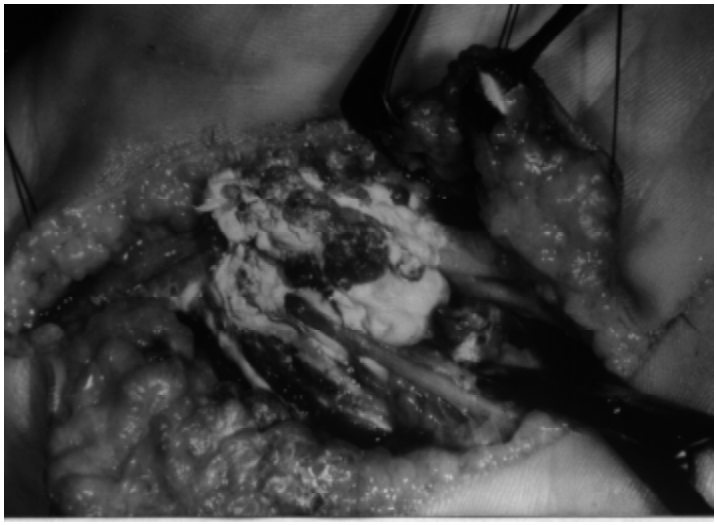


Abb. 3

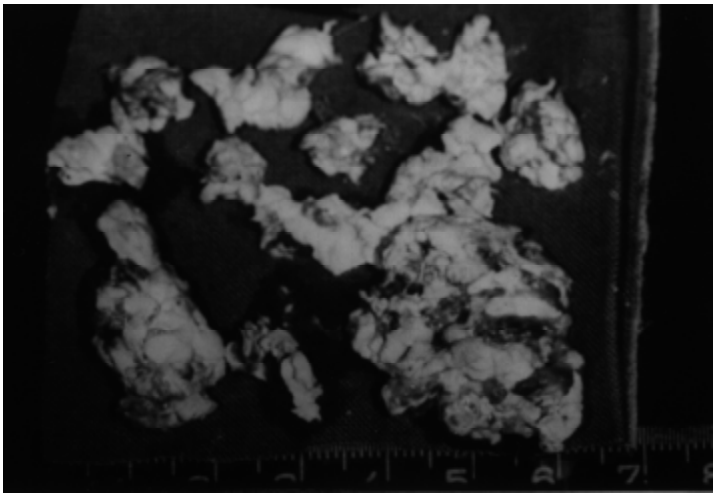


Abb. 4

Nach 7 Tagen mußte wegen einer Nachblutung revidiert werden. Dabei fanden sich eine sulzige Erweichung restlicher Anteile der ulnarseitigen Handbinnenmuskulatur, des ulnaren Nerv V und des gemeinsamen Nerv IV/V, der auch kontinuitäts-unterbrochen war. Die Arteria ulnaris war thrombosiert. Die Wundheilung erfolgte sekundär. Die Weiterbehandlung erfolgte andernorts, wobei die in Erwägung gezogene Nerventransplantation nicht durchgeführt wurde. Die Arbeitunfähigkeit dauerte vier Monate. Es blieb eine Gefühlslosigkeit und Bewegungseinschränkung des Kleinfingers. Das funktionelle Ergebnis ist in Abbildung 5 dargestellt.

Abb. 5

b) Auch am nächsten Beispiel ist das Mißverhältnis zwischen äußerlichem Aspekt und Schädigung in der Tiefe erkennbar.

Ein 22 jähriger Farbspritzer war ausgerutscht und hatte sich dabei versehentlich mit der Farbspritzpistole gegen die rechte Hand gespritzt. Bei der Untersuchung eine halbe Stunde später fanden sich Farbspuren an der Hand und am Daumenendglied eine kleine punktförmige Wunde. Die Kappillardurchblutung des Nagelbettes war normal, die Sensibilität des Daumens gestört (Abbildung 6). Das Ausmaß des Schadens läßt sich an Hand des Röntgenbildes erkennen (Abbildung 7).

Abb. 6

Abb. 7

Der intraoperative Befund zwei Stunden nach dem Unfall ist auf Abbbildung 8 zu Beginn und auf Abbildung 9 nach weitgehender Ausräumung zu sehen. Nach drei Wochen mußte wegen einer streckseitigen Hautnekrose eine Defektdeckung mit einem Bauchhautlappen durchgeführt werden. Das Ergebnis zwei Monate nach Unfall ist auf Abbildung 10 wiedergegeben. Die Arbeitsunfähigkeit dauerte fünf Monate. Es verblieb keine motorische oder sensible Funktionsstörung.

Abb. 8

Abb. 9

Abb.10

Zwei weitere Fälle sollen beispielhaft ungünstige Verläufe aufzeigen.

c) Ein 24 jähriger Elektriker geriet beim Reinigen eines Motors mit dem li Zeigefinger in den Hochdruckspritzstrahl der Reinigunsspritzpistole. Nach 30 Minuten wurde eine kleine Wunde in der Mittelgelenksbeugefalte, eine diffuse Schwellung des Fingers und eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung festge-stellt (Abbildung 11). Nach knapp drei Stunden wurde der Finger bis zum Grundgelenk eröffnet und eine Laschendrainage eingelegt (Abbildung 12).

Abb. 11

Abb. 12

Nach 8 Tagen mußte der Zeigefinger wegen Gangrän amputiert werden, wobei sich zeigte, daß Reste des Reinigungmittels bis weit in die Mittelhand eingedrungen waren (Abbildung 13).

Abb. 13

Nach weiteren drei Wochen mußte eine Nachamputation des Stumpfes erfolgen. Die Arbeitsunfähigkeit dauerte knapp drei Monate. Das Funktionelle Ergebnis ist in Abbildung 14 u. 15 wiedergegeben.

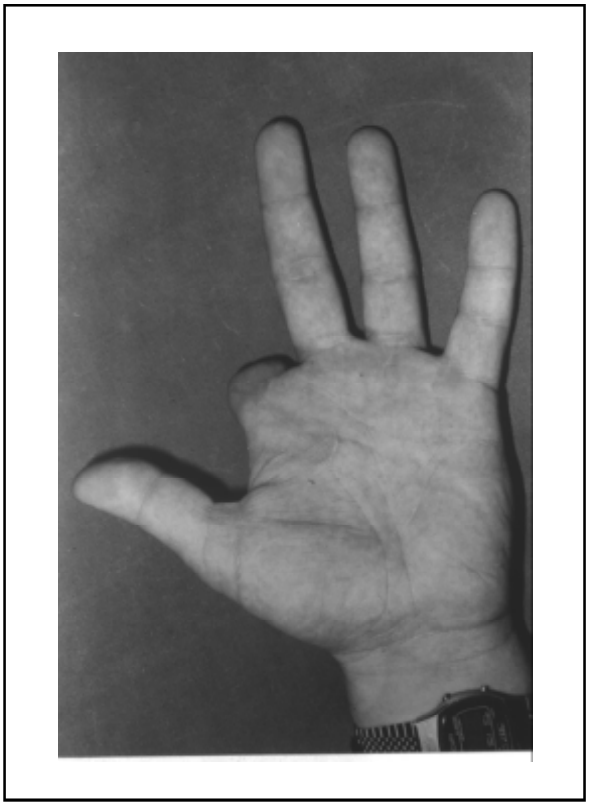


Abb. 14

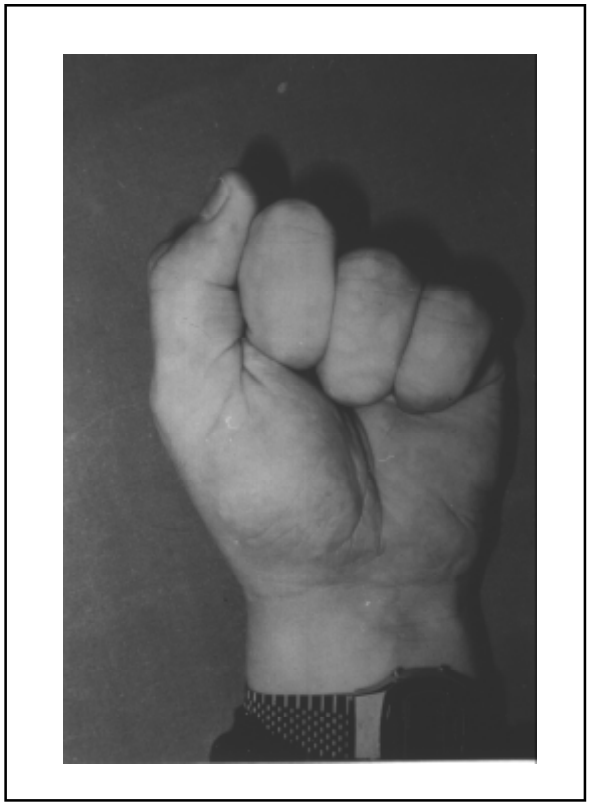


Abb. 15

d) Ein 26 jähriger Schiffsingenieur geriet mit dem linken Ringfinger in den Spritzpistolenstrahl und imprimierte sich dabei mit 180 AtÜ eine farblose Kohlenwasserstoffverbindung. Nach 30 Minuten wurde lediglich eine kleine Wunde am Mittleglied des li Ringfingers und eine Schwellung des Fingers gesehen. Zwei Stunden nach dem Unfall wurde der Finger vom Endglied bis zur Grundgliedfalte eröffnet. Von leicht schaumiger, farbloser Flüssigkeit durchtränktes Gewebe wurde exzidiert. Zwei Tage später wurde wegen einer Durchblutungsstörung des Fingers (Abbildung 16) mit Entzündungzeichen eine Revision durchgeführt. Dabei mußten die Hand bis zur Handgelenksbeugefalte einschließlich einer Karpaltunnelspaltung eröffnet und Nekrosen entfernt werden (Abbildung 17).

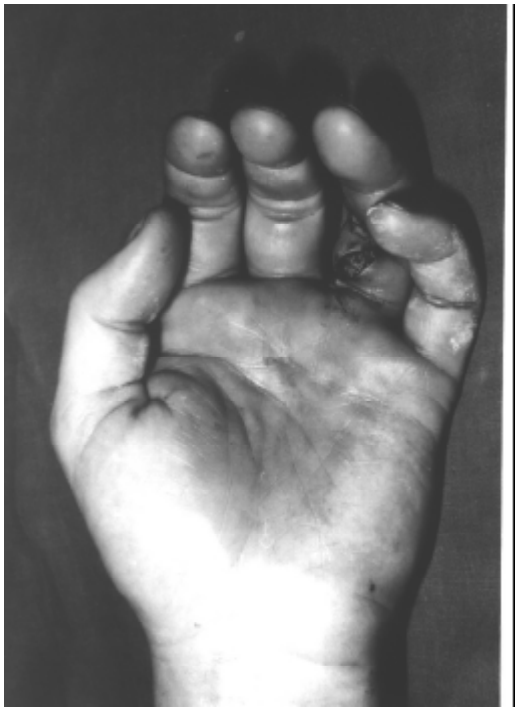
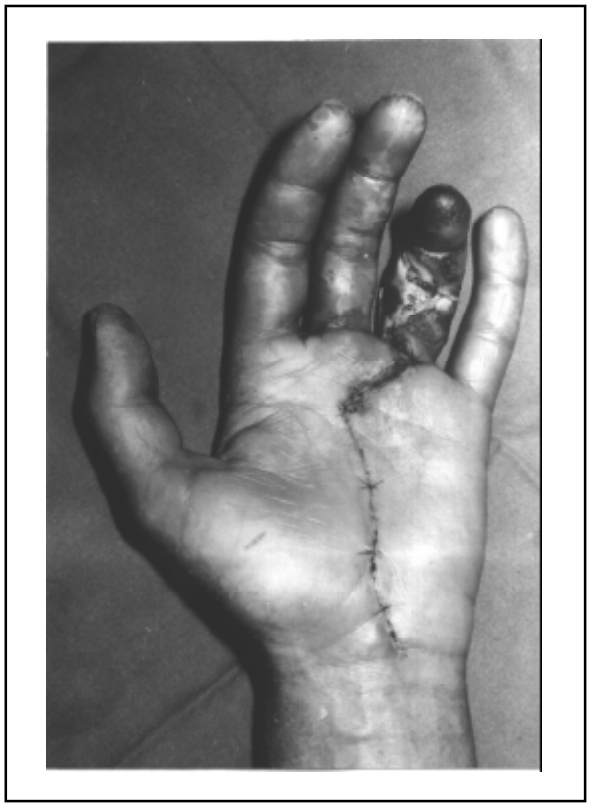


Abb. 16

Abb. 17

Eine Gangrän des Fingers ließ sich dadurch jedoch nicht verhindern (Abbildung 18), so daß nach zwei Wochen eine Amputation des Ringfingers im Grundglied notwendig wurde. Nach einem Jahr mußte ein Neurom des Stumpfes intraossär verlagert werden. Die gesamte Arbeitsunfähigkeitsdauer betrug drei Monate. Nach zwei Jahren verblieb eine Kälteempfindlichkeit des Stumpfes mit geminderter Sensibilität, weiterhin Neurombeschwerden und eine erhebliche Kraftminderung der gesamten Hand.

Abb. 18



e) Ein letztes Beispiel zeigt ebenfalls den Verlauf einer Injektion mit einer farblosen, benzinhaltigen Reinigungslösung, die sich ein 41 jähriger Monteur beim Säubern eines Schaltschrankes mit der Hochdruckspritzpistole zuzog. Eine Stunde nach dem Unfall fand man eine kaum erkennbare Einspritzwunde in der dritten Zwischenfingerfalte der rechten Hand (Abbildung 19).

Abb. 19

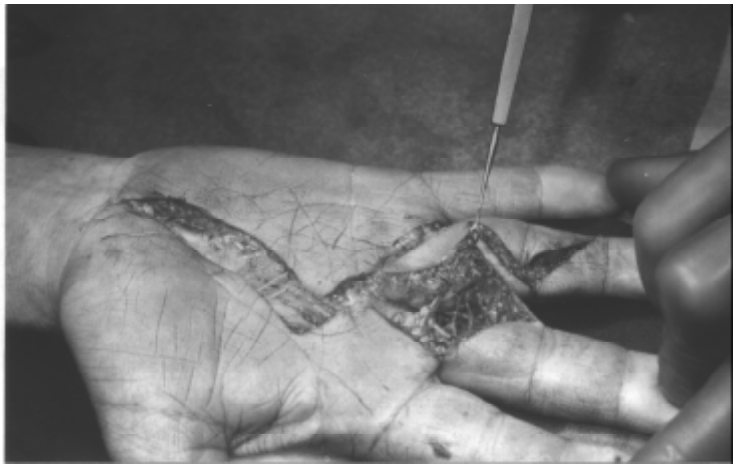
Der Handrücken war leicht geschwollen, Sensibilitätsstörungen lagen nicht vor, die Beweglichkeit der Finger war endgradig schmerzhaft. Die Ausbreitung des Imprimates ließ sich anhand des Röntgenbildes in Form von Luftspalten (Abbildung 20 u. 21) vermuten.

Abb. 20

Abb.21

In Kenntnis der fatalen Verlaufsmöglichkeiten wurde knapp dreieinhalb Stunden nach dem Unfall eine weite Freilegung der Gefäß-Nervenbündel am dritten und vierten Finger, mit Dekompression der Hohlhand einschließlich des Karpaltunnels durchgeführt (Abbildung 22).

Abb. 22



Auch am Handrücken wurde der dritte Mittelhandknochenzwischenraum durch Faszienspaltung dekomprimiert. Bis zum dritten Tag kam es zu einer ballonartigen Schwellung der ganzen Hand ohne Durchblutungsstörungen der Finger. Im unmittelbaren Bereich der Einschußstelle kam es zu einer begrenzten Haut- und Weichteilnekrose, die nach zwei Wochen eine Schwenklappenplastik erforderte. Arbeitsfähigkeit trat nach 4 Monaten ein. Es verblieb eine brennende Schmerzhaftigkeit der ganzen Hohlhand, eine Kraftminderung und eine Kälteempfindlichkeit besonders des Ringfingers, der auch eine Weichteilverschmächtigung und eine Bewegungseinschränkung als Folgen aufwies (Abbildung 23 u. 24).

Abb. 23

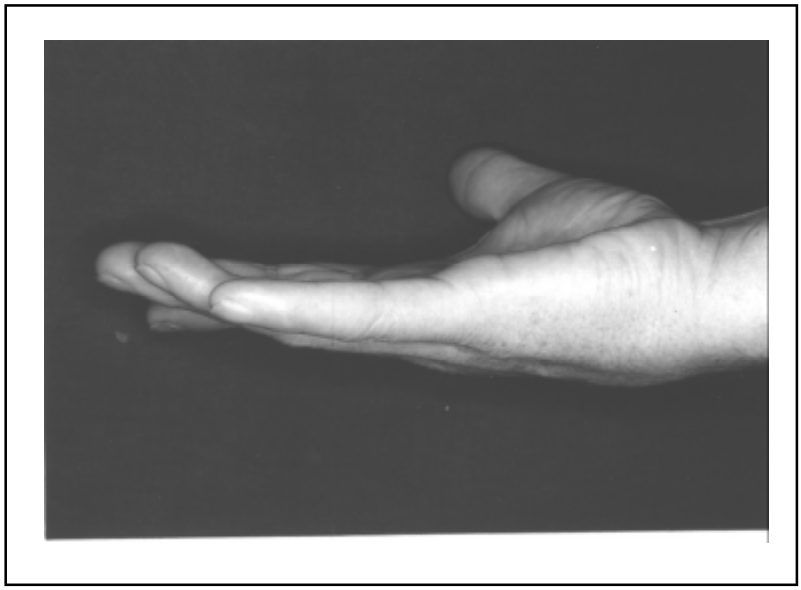


Abb. 24

An diesen Beispielen wird deutlich, daß der Verlauf und das Endergebnis dieser Verletzungsart von verschiedenen Faktoren abhängen mag.

IV ALLGEMEINE LITERATURÜBERSICHT

Zu dem Thema der Hochdruckinjektionsverletzungen sind seit 1937 über 160 Veröffentlichungen erschienen, von denen 135 zu dieser Arbeit herangezogen werden konnten. Zum allergrößten Teil handelt es sich um die Beschreibung eines oder mehrerer Verletzungsfälle. Dabei wurden im Laufe der Zeit, abhängig von der technischen Entwicklung, immer neue Substanzen als Imprimate beschrieben.

Bereits im Jahr 1938, ein Jahr nach REES Erstveröffentlichung, berichtete DIAL aus Cleveland über eine experimentelle Arbeit. Er hatte Kaninchen Dieselöl in die Ohren injiziert und damit lediglich sterile Abszesse produziert, woraus er schloß, daß Dieselöl eine ähnliche Toxizität besitze, wie sie von Terpentinöl bekannt war.

Ein weiteres Jahr später beschrieben BROOKE und ROOKE (1939) zwei Fälle, in welchen sich die Verletzten Abschmierfett mit einer Hochdruck-Fettpresse in die Finger geschossen hatten. Im ersten Fall erfolgte der Einschuß in den linken Zeigefinger. Ein Schmerz wurde nicht empfunden, jedoch rasch eine Schwellung und eine Taubheit des Fingers. Im Krankenhaus wurde zunächst mit heißen Umschlägen und später mit Inzisionen und Bädern behandelt. Nach 5 Monaten entleerte sich Eiter und ein kleiner Sequester; 2 Monate später war die Heilung abgeschlossen.

Im zweiten Fall hatte sich der Verletzte ebenfalls mit einer Hochdruck-Fettpresse Abschmierfett in den linken Daumen gepreßt. Er hatte die Verletzung zunächst gar nicht bemerkt, bis der Finger anfing, taub zu werden, weiß wurde und anschwoll. Als der Verletzte eine halbe Stunde nach dem Unfall ins Krankenhaus kam, fand sich eine punktförmige Wunde 1/2 cm proximal der Fingerkuppe, aus der nach einer1 cm langen Inzision wenig Fett herausgedrückt werden konnte. Es wurde eine Gummilasche eingelegt und täglich Antiphlogistika gegeben. Nach dem fünften Tag wurde das Fingerendglied schwarz, nach 11 Tagen kam es zu einer Epidermiolyse bis zum Mittelgelenk, und am Folgetag mußte die abgelöste Haut entfernt werden. Der Weiterbehandlung mit Wärmebestrahlung folgte eine langsame Heilung.

1939 berichtete SMITH aus Salinas, Kalifornien, über einen Fall einer Fettimpressionsverletzung, der zunächst mit heißen Magnesiumsulfatumschlägen, nach 12 Stunden mit Opiaten und dann durch eine Inzision in Narkose behandelt wurde. Dabei hatte der Autor versucht, das imprimierte Fett mit Äther herauszulösen. Es kam nach vier Tagen zu einer Gangrän, und nach neun Tagen erfolgte die Amputation im

Grundgelenk. Dabei wurden noch Reste des imprimierten Fetts in der Hohlhand gefunden. Histologisch fanden sich zahlreiche subkutane Abszesse mit dichter polymorphkerniger Leukozyteninfiltration, beachtliche Bindegewebsnekrosen, sowie Bereiche mit reichlicher Fibroblastenproliferation und Riesenzellen vom Fremdkörper-Typ.

MASON und QUEEN (1941) hatten den Geschehensablauf nach Fettpressenverletzungen in drei Stadien eingeteilt. Demnach unterschieden sie ein "frühes Stadium", in welchem es zunächst zu einer Schwellung, dann zu Schmerzen und danach zur Gangrän kommt. Dieses Stadium umfaßt 4-5 Tage. Im folgenden "Zwischenstadium" kommt es zu chronischen Entzündungen und im Spätstadium zu harten Tumorbildungen. Sie berichteten, daß sich die imprimierten Substanzen feingeweblich auch weiter entfernt von der Injektionstelle finden ließen. INNES (1959) beschrieb einen Fall einer Fettimpressionsverletzung der Hand, bei welcher nach 2 Monaten Lymphknotenschwellungen in der Ellenbeuge auftraten, in denen dann Öl gefunden wurde.

1955 berichtete BAKER erstmals von zwei Impressionsverletzungen durch heißes Plastikmaterial in die Mittelhand, die mit lokalen, z.T.ausgedehnten Verbrennungsfolgen (Knochennekrose) abliefen, ohne daß eine Amputation distal davon gelegener Finger nötig wurde, während FLINT (1966) bei drei solchen Fällen zweimal eine Amputation durchführen mußte.

In den sechziger Jahren fand eine neue technische Entwicklung, nämlich die "airless" Farbspritzpistole, eine weitere Verbreitung. Diese Spritzpistole entwickelt im Vergleich zu den bisher üblichen, durch Druckluft betriebenen, an der Düsenspitze einen vielfach höheren Druck (ca.30 mal höher), was zu einer erwünschten feineren Zerstäubung der Farbe führt.

Erstmals berichtete WORKMAN (1963) über eine Farbstoffimpressionsverletzung, die mit der Teilamputation des Zeigefingers endete.

Neben diesen Fallberichten sind auch verschiedene experimentelle Arbeiten veröffentlicht worden, die Aufschluß über die injizierten Mengen (WATERS und Mitarbeiter (1967)), über die Voraussetzungen zur Perforation der Haut (MORELY (1967); KONECZNY (1967); PONS (1976)), über die Toxizität verschiedener Substanzen (DIAL (1938); ADAMS und Mitarbeiter (1966); WATERS und Mitarbeiter (1967); GILLESPIE und Mitarbeiter (1974)) und über das Ausbreitungsverhalten der Substanzen in der Hand (KAUFMANN (1968)) geben. Auch wurden in einzelnen Arbeiten Angaben über die Zusammensetzung der verschiedenen Substanzen gemacht (REES (1937); RAMOS und

Mitarbeiter (1970); GILLESPIE und Mitarbeiter (1974); GINESY (1974)).

Auch auf Grund älterer Erfahrungen mit inkorporiertem Fremdmaterial, wie sie von MOOK und WANDER (1919), HUNT (1924), HESSE (1925), KROHN (1930), ROSSER und WALLACE (1932) und VINOGRADOV (1936) beschrieben wurden, wurden Rückschlüsse auf die möglichen Folgen der Injektionsverletzungen gezogen. Letzterer hatte ein Plattenepithelcarcinom am Innenknöchel 15 Jahre nach Selbstinjektion von Maschienenöl oberhalb des Knies mit folgender Elephanthiasis beschrieben. Bereits SCHMORL (1922) und ROSE (1925) hatten jeweils eine maligne Entartung in der weiblichen Brust 10 bzw. 20 Jahre nach Paraffininjektion zu kosmetischen Zwecken beschrieben und die Frage nach dem Zusammenhang gestellt.

Im Rahmen der hier zur Debatte stehenden Hochdruckinjektionsverletzungen sind solche Erscheinungen jedoch nie beschrieben worden, werden jedoch in der Literatur als mögliche Spätkomplikation genannnt (EDGERTON (1963)).

IV.1 Aussagen der Literatur zum Unfallmechanismus

BLUE und DIRSTINE wiesen 1965 auf ein entscheidendes Unfallmoment mit der damals neuen Airless-Farbspritzpistole hin. Die Farbspritzarbeiter waren es von den bisherigen, druckluft-betriebenen Geräten gewohnt, eine verstopfte Düse mit dem Finger freizuwischen, ohne dadurch Verletzungen zu erleiden. Bei den neuen Geräten kam es jedoch durch den hohen Druck des frei werdenden Farbstrahls zu Hautperforationen und Impression von Farbe.

Mit Fragen zum Unfallmechanismus beschäftigten sich mehrere Autoren. So wies SMITH (1964) darauf hin, daß bei Fettpressen zwei grundsätzlich verschiedene Schmiernippelformen in Gebrauch seien, nämlich solche mit sehr kleiner oder solche mit breiter Düsenöffnung. KONECZNY (1967) stellte durch Versuche mit in Formalin präparierter Haut fest, daß die in der BRD verwendeten Fettpressen wegen der breiten Düsenöffnung nicht zu Perforationen der Haut führen können. Dagegen würden die im amerikanischen Raum verwendeten Fettpressen mit dünner Düsenöffnung einen schärfer gebündelten Fettstrahl bilden, der die Haut durchdringen könne. Bei Dieseleinspritzdüsen komme es je nach Düsenstärke zur Hautperforation oder sogar zum Eindringen des Öls in das Subkutangewebe ohne erkennbare Hautverletzung. Eine derartige Beobachtung, daß die Haut ohne erkennbare Verletzung durch Fett aus einer Fettpresse durchdrungen wurde, teilte auch MÜLLER (1965) mit. Weiter schrieb KONECZNY (1967), daß mit Preßluft betriebene Farbspritzpistolen (4-7 Atm) keine Verletzungen verursachen würden. Bei Airless-Pistolen (Materialdruck um 200 Atm) ließ sich aus 20 cm Entfernung die Haut nicht verletzen. Der Farbstrahl war zu sehr verteilt. KONECZNY äußerte bereits die Vermutung, daß eine teilweise Verlegung der Düse den Farbstrahl möglicherweise als scharfes Bündel austreten lassen könne. Wenn die Zerstäuberdüse abgenommen werde, entleere sich lediglich ein breiter, träger Strahl. Anders in dem Bericht von WEEKS (1967), der zwar auch berichtete, daß es mit aufgesetzter Zerstäuberdüse bei einem Abstand von 30-40 cm zu keinen Verletzungen komme, daß jedoch bei abgenommener Zerstäuberdüse der Strahl 6 m hoch gespritzt werden könne. Offensichtlich handelt es sich hier um verschiedene Modelle von Farbspritzpistolen.

Eine Zusammenstellung der in der Technik verwendeten druckbetriebenen Maschinen und die dabei vorkommenden Drücke gab SCOTT (1983).

MORELY (1967) schrieb, daß Fett die Haut erst bei einem Druck über 476 ATm durchdringe, Farbe jedoch bereits bei Drücken zwischen 135-204 ATm. WATERS und Mitarbeiter (1967) berichteten nach Tierversuchen, daß eine mit Terpentin geladene Airless-Spritzpistole die Haut nur bei direktem Kontakt, nicht jedoch bei einem Abstand von 2,5 cm durchdringen könne. Bei einmaliger, kurzer Betätigung des Abzugshebels werde etwa eine Menge von 5 ml freigesetzt.

Auch PONS (1976) äußerte sich nach Versuchen, mit verschiedenen Pistolentypen einen Karton zu durchschlagen, zu diesem Komplex. Da er mit aufgesetzter Zerstäuberdüse einen Karton aus 2 cm Entfernung nicht hatte durchschießen können, kam er zu dem Schluß, daß eine Verletzunggefahr nur dann bestünde, wenn die Zerstäuberdüse abgenommen worden sei.

KLEINFELD und BÄSSLER (1975) berichteten von einer Ölimpression aus 30 cm Entfernung durch ein Leck in einer unter 140 ATm Druck stehenden Hydraulikleitung.

KAUFMANN (1968) untersuchte schließlich durch Wachsinjektionen in die Leichenhand den Ausbreitungsweg des Imprimates. Dabei stellte er fest, daß sich die Verteilung an den Gewebsschichten orientiere, daß das Wachs also z.B. eher um die Beugesehnenscheide herum auf die Streckseite fließe, als die Sehnenscheide zu durchschlagen, oder sich besonders an den Gefäß-Nerven-Bündeln entlang ausbreite.

IV.2 Aussagen der Literatur zum Einfluß des Imprimates auf die Folgen

Die erste experimentelle Untersuchung zu dem Thema wurde 1938 von DIAL, Cleveland, veröffentlicht, der, wie eingangs beschrieben, Dieselöl in Kaninchenohren injiziert und damit lediglich sterile Abszesse produziert hatte.

Erst 30 Jahre nach REES Erstbeschreibung untersuchten WATERS und Mitarbeiter (1967) die Wirkung verschiedener Substanzen, die Meerschweinchen mit einer Spritze in die Pfoten injiziert wurden. Es wurden NaCl, Toluene (Methylbenzol) u. Terpentinöl (Destillat aus Kiefernharz) untersucht. Außerdem wurde Terpentinöl mit einer AIRLESS-Spritzpistole den Meerschweinchen in die Flanke injiziert. Sie kamen zu folgenden Ergebnissen:

NaCl führte zu einem flüchtigen Entzündungsexsudat, welches nach 24 Stunden nicht mehr nachweisbar war.

Toluene führte zu einer akuten Entzündung mit Gefäßstauungen und Ödem sowie Zellinfiltraten und nach 5 Tagen Zellnekrosen.

Terpentin hatte die gleiche Wirkung, jedoch noch ausgeprägter als Toluene, mit besonders ausgeprägten Infiltraten um die zum Teil thrombosierten Gefäße herum, dazu Fettnekrosen. Nach 5 Tagen reparative Vorgänge.

Terpentin mit einer AIRLESS-Pistole appliziert, ergab keine weiteren Erkenntnisse, bis auf die, daß eine Penetration der Haut bei einem Abstand von 2.5 cm nicht mehr erfolgte (Wohlgemerkt an der Flanke eines Meerschweinchens).

BRUNNER und EGLOFF (1966) vermuteten, daß es bezüglich der Folgen von Farbinjektionen darauf ankomme, ob die Farbe wasserlöslich sei, wie auch SILSBY (1976) feststellte, daß wasserlößliche Farbe weniger toxisch sei.

Sehr aufschlußreich ist die Arbeit von GILLESPIE und Mitarbeitern, die 1974 eine ausführliche Untersuchung über die antibakteriellen, entzündungsauslösenden und resistenzschwächenden Einflüsse einzelner Farbbestandteile sowie den therapeutischen Effekt von Antibiotika und Kortikosteroiden veröffentlichten und zu folgenden Ergebnissen kamen:

a) Lösungsmittel (außer Benzin) wirkten innerhalb 1 Stunde bakterizid.
b) Trägerstoffe wirkten überwiegend bakterizid.
c) Nur die organischen Pigmente waren bakterizid.
d) Die meisten Substanzen, die bakterizid wirkten, waren auch entzündungsaktiv. Lediglich Benzin, welches nicht bakterizid wirkte, hatte trotzdem eine starke Entzündungswirkung, die zu Nekrosen und sterilem Eiter führte.
e) Mit Bakterien kontaminierte Lösungsmittel setzten die Gewebsresistenz im Vergleich zur reinen Bakterieninjektion nicht herab.Trägerstoffe führten zu einer Potenzierung der Infektiosität, nicht zu einer verminderten Abwehr, während Farbpigmente die Gewebsresistenz herabsetzten.
f) Inzisionen und Spülungen der Entzündungsherde führten zu keiner geringeren Gewebeschädigung.
g) Es wurde ein positiver Effekt von Antibiotika gefunden.
h) Kortison (einmalig verabreicht 1 Stunde nach Injektion der Testsubstanz) hatte nur im Falle von Benzin einen positiven Effekt und führte nicht zu einem vermehrten Bakterienwachstum.

Aus diesen Ergebnissen wurde geschlossen, daß wohlüberlegte Inzisionen nur zur Vermeidung von Gefäßverschlüssen sinnvoll seien, jedoch nicht, wenn durch ausgedehnte Gewebsdissektion die Entfernung sämtlichen Fremdmaterials bezweckt werden solle.

Laut STARK und Mitarbeiter (1967) führt die Impression von Fett nur bei Infektion zu einer Entzündung, die von Farbe jedoch in jedem Fall.

Ausführliche chemische und histologische Untersuchungen eines 6 Tage nach Impression von Terpentinersatz amputierten Fingers veröffentlichte DICKSON (1976). Er beschrieb eine Fibrose der Nervenenden der Fingerpulpa, eine perineurale Fibrose der Nerven und Entzündungsreaktionen der Adventitia mit Thrombosen der Vasa vasorum und der Fingerarterien. DICKSON hielt die Dekompression nicht für ausreichend, um die toxischen Folgen, die zur Gangrän führen, zu verhindern.

RAMOS und Mitarbeiter (1970) schrieben, daß die Hochdruckinjektion von Kochsalzlösung keine entzündliche Gewebsreaktion auslöse und daß die Verletzungsfolgen nicht von dem Druck abhingen, sondern dieser lediglich für die Verteilung des Imprimates im Gewebe verantwortlich sei.

Dagegen hielt BAUER (1976) die Art des Imprimates für belanglos und sah die Folgen in Abhängigkeit von dem aufgetretenen Druck.

HENTSCHEL (1970) sah die imprimierte Menge als wesentlichen Faktor für die Folgen an, und hielt bei großen Volumina die Dekompression innerhalb der ersten 4 Stunden für wichtig, da danach Ischämiefolgen aufträten, während LIN und ENGEL (1982) auf Grund experimenteller Arbeiten folgerten, daß der mechanische Schaden geringer, der toxische jedoch entscheidend sei. Sie hatten Ratten sowohl NaCl mit der Spritze als auch mit einer Airless-Spritzpistole in den Oberschenkel injiziert. Ebenso hatten sie Farbe mit der Pistole injiziert und bei einer weiteren Serie 1 Stunde später Kortison gespritzt.

KAUFMANN (1968) wies darauf hin, daß Impressionsverletzungen mit ÖL in 71,5% zu einer Amputation führten, Verletzungen mit Fett in 28,5%, mit Farbe in 62-83% und mit anderen Imprimaten in 50%.

Auch SCHOO und Mitarbeiter (1980) maßen auf Grund einer Auswertung von 120 veröffentlichten Fällen der Art des Imprimates eine entscheidende Bedeutung zu, da beispielsweise bei Farblösemitteln eine Amputationsrate von 80% festzustellen war.

CRAIG (1984) hatte, nach der Beobachtung einer Impressionsverletzung mit einem Gemisch aus Freon (Dichlordifluormethan, ein Kältemittel, das bei -30 Grad verdampft) und Alkohol, bei der die anfängliche Symptomatik bis zum Beginn der Operation wieder abgeklungen war, vermutet, daß in diesem Fall möglicherweise auch eine konservative Therapie ausgereicht hätte (die Hand war ausgedehnt dekomprimiert worden, einschließlich Spaltung des Karpaltunnels; rascher Heilungsverlauf ohne Folgen).

SCHARIZER (1981) glaubte jedoch, daß die Art des imprimierten Materials belanglos sei, daß die Folgen vielmehr von der verstrichenen Zeit zwischen Unfall und chirurgischer Intervention abhingen. Bereits STARK und Mitarbeiter (1967) schrieben, daß die Behandlungsergebnisse besser seien, wenn innerhalb von 10 Stunden eine adäquate Operation erfolge. Dabei wurde als adäquat eine medio-laterale Eröffnung des Fingers und gegebenenfalls eine separate Eröffnung der Hohlhand definiert. Aus dieser Formulierung läßt sich entnehmen, daß sie der Art der operativen Behandlung ebenfalls eine Bedeutung beimaßen.

HENTSCHEL (1970) meinte gar, ein Zeitintervall von 4 Stunden sei entscheidend, da danach irreversible Ischämiefolgen, insbesondere an Muskeln auftreten könnten.

GELBERMAN und Mitarbeiter (1975) konnten keinen Einfluß dieses Zeitintervalls auf

die Folgen feststellen, während ROBERTS und Mitarbeiter (1975) dazu schrieben, daß bei einem Intervall von mehr als 24 Stunden doppelt so häufig schwere Verläufe zu beobachten waren. Auch SILSBY (1976) berichtete, daß die Fälle, die vor 4 Stunden operiert wurden, die besseren Verläufe zeigten. Er hielt das Ödem für den Faktor, der für die Ischämie verantwortlich sei. STEPANUK (1976) wertete 71 veröffentlichte Fälle aus und fand, daß bei einer Intervention nach einem Intervall von 10 Stunden häufiger eine spätere Amputation nötig war, konnte dieses Ergebnis am eigenen Krankengut jedoch nicht bestätigen. Wie GELBERMAN und Mitarbeiter (1975), wiesen HERRICK und Mitarbeiter (1980) darauf hin, daß eine Impression in den Finger häufiger zu Amputationen führe als Impressionen in die Hand. Letztere hielten auch das Zeitintervall zwischen Unfall und Operation für den hauptsächlichen Faktor, als zweitwichtigsten die Menge des Imprimates.

Mit der Entwicklung von Hochdruckreinigungsmaschinen wurden auch zunehmend Impressionsverletzungen mit Wasser bekannt. Über derartige Impressionen in die Hand oder den Fuß berichteten O'REILLY und BLATT (1975), NIINIMÄKI und Mitarbeiter (1975), DAUM (1977), KON und SAGI (1985) und WELTMER und PACK (1988). Besonders WELTMER und PACK wiesen darauf hin, daß diese Verletzungen viel harmloser ablaufen als Hochdruckinjektionsverletzungen mit anderen Imprimaten. KON und SAGI hatten eine Wasserinjektion in den Daumen überhaupt nur konservativ behandelt, wie auch DAUM eine Flußwasserinjektion in den Zeigefinger konservativ mit Erfolg behandelt hatte. GREENBERG (1978) hielt allerdings auf Grund einer Zellulitis nach einer Flußwasserinjektion in die Wade auch dieses Medium für biologisch aktiv und toxisch.

Die histologischen Veränderungen nach einer Fettimpression hatte bereits SMITH (1939) beschrieben. KLEINFELD und BÄSSLER (1975) führten das Auftreten der Epitheloid-Zellen auf die Anwesenheit von Phthionsäure zurück, wie sie auch bei einer Infektion mit Tuberkelbazillen aufträte. Schon MOOK und WANDER (1919) hatten darauf aufmerksam gemacht, daß nach Kampferöl-Injektionen auftretende histologische Veränderungen mit solchen nach TBC verwechselt werden könnten.

Über systemisch auftretende Reaktionen nach Impressionsverletzungen wurde nur wenig berichtet. KAUFMANN (1966) beschrieb zwei Fälle. Bei diesen war nach Impression von in Terpentin gelöstem Wachs Fieber mit Krankheitsgefühl aufgetreten, und bei

einem Patienten Terpentin im Urin nachgewiesen worden.

LILLIS und Mitarbeiter (1981) beschrieben eine Bleifergiftung 10 Tage nach Impressionsverletzung mit bleihaltiger Farbe.

IV.3 Aussagen der Literatur zur Diagnostik

Auf die Bedeutung der Röntgenaufnahme, auf der sich die Ausbreitung des Imprimates direkt oder doch indirekt durch Erweiterung der Gewebsspalten durch begleitende Luftinsufflation erkennen läßt, wurde mehrfach hingewiesen (O'REILLY und BLATT (1975); CRABB (1981)). KARAHARJU und SLÄTIS (1977) empfahlen eine präoperative Angiographie durchzuführen, um eventuell bereits prä-operativ die Indikation zur primären Amputation stellen zu können. MAGALON und Mitarbeiter (1978) warnten jedoch vor diesem Vorgehen, da durch die Angiographie Gefäßspasmen ausgelöst werden und diese ihrerseits wieder zu Durchblutungsstörungen führen können. Dafür spricht auch einer der Fälle von NIINIMÄKI und Mitarbeiter (1976), bei dem sich eine Frau beim Autowaschen mit dem Hochdruckreinigungsgerät Wasser in den Mittelfinger geschossen hatte, und bei der im anfänglichen Angiogramm eine fehlende Durchblutung des Fingers zur Darstellung kam. Im weiteren Verlauf entwickelte sich in diesem Fall eine Teilnekrose des Endgliedes. Weitere Fälle von Nekrosen nach Wasserinjektionen kamen bei den in der Literatur beschriebenen Fällen nicht vor.

IV.4 Aussagen der Literatur zu medikamentösen Maßnahmen

Schon HARRISON (1959) beführwortete den Einsatz von Antibiotika. Diese Empfehlung gilt auch heute noch, besonders nachdem GILLESPIE und Mitarbeiter (1974) experimentell einen positiven Effekt der Antibiotika feststellen konnten, auch wenn DIAL bereits 1938 gezeigt hat, daß Fett im Experiment als Imprimat lediglich zu sterilen Abszessen führt.

1962 empfahl BOTTOMS erstmals nach der günstigen Erfahrung in einem Fall neben der chirurgischen Therapie den Einsatz von Kortikoiden. WATERS und Mitarbeiter (1967) sahen dagegen keinen Effekt von Kortison, auch keinen Effekt von Stellatumblockaden, wie sie NAHIGIAN (1966) nach dem Einsatz an einem Patienten empfohlen hatte, obwohl auch in diesem Fall eine Amputation des verletzten Fingers nötig gewesen war. Auch PHELBS und Mitarbeiter (1976) empfahlen nach einer günstigen Verlaufsbeobachtung den adjuvanten Einsatz von Kortikosteroiden, da sie das reaktive Ödem für einen wesentlichen pathologischen Faktor hielten. Sie betonten jedoch, daß es sich hierbei nicht um den Ersatz der chirurgischen Therapie handeln dürfe.

Wie SMITH (1939) empfahl auch MÜLLER (1965) das Auswaschen des imprimierten Fetts mit Benzin oder Äther, ohne über eigene positive Erfahrungen damit zu berichten. Immerhin hielt er diese zusätzliche chemische Noxe nicht für ein wesentliches, schädigendes Moment.

IV.5 Aussagen der Literatur zum therapeutischen Vorgehen

Die Folgerungen aus den Einzelbeobachtungen und aus den rückschauenden Zusammenfassungen und die gegebenen Verhaltensmaßnahmen waren oft recht widersprüchlich.

Darüber, daß eine chirurgische Intervention notwendig sei, war man sich im Wesentlichen rasch einig. Unterschiedliche Empfehlungen wurden jedoch über deren Ausmaß gegeben.

Der Erstbeschreiber REES gab 1937 die Empfehlung, eine "großzügige Inzision" durchzuführen. Da Rohöl lediglich zu normaler Fremdkörperreaktion führe, sah er das hauptsächliche pathologische Moment in dem hohen Druck.

Dagegen sprach sich BYRNE (1944) lediglich für kleine Schnitte aus, da das imprimierte Fett sowieso im Gewebe verteilt sei und große Schnitte lediglich das Gewebstrauma erhöhen würden. Später solle man sich dann auf die Eröffnung von Oleomen und Abszessen beschränken.

1952 empfahl BELL die sofortige, ausgedehnte Dekompression, und FRANK betonte 1955 die Wichtigkeit der Eröffnung und Fensterung der Beugesehnenscheide bei Ölinjektion, da er selbst einen Fall operiert hatte, bei welchem die Beugesehnenscheide unverletzt schien, und erst nach Eröffnung derselben das Öl daraus hervorquoll. Bei diesem Fall ist auch bemerkenswert, daß der Ölstrahl den Finger aus 20 cm Entfernung getroffen und trotzdem nur zu einer punktförmigen Hautperforation geführt hatte. FRANK berichtete von 4 weiteren Fällen nach Fettpressenverletzung mit zunächst unverletzt erscheinender, bei der operativen Revision dann aber doch gefüllter Beugesehnenscheide.

STARK und Mitarbeiter (1961) empfahlen, separate Inzisionen an den Fingern und in der Hand anzulegen. Auch KLEINFELD und BÄSSLER (1975) betonten, daß kleine Schnitte im akuten Stadium häufig genügten, empfahlen aber im gleichen Artikel, möglichst alles Fremdmaterial zu entfernen und erst bei Komplikationen eine ausgiebige Wundrevision anzuschließen. Dagegen steht die Äußerung APFELBERGS und Mitarbeiter (1975), die alle Faszienräume eröffnet wissen wollten, und bei der erkennbaren vitalen Schädigung von drei der folgenden Strukturen - Nerv-Gefäß-Haut-Sehne - für eine primäre Amputation plädierten. Dazu äußerten sich GELBERMAN und Mitarbeiter (1975) dahingehend, daß allenfalls bei ausgedehnten Farbinjektionen eine

primäre Amputation zu erwägen sei, da hier die Amputationsrate ohnehin mit 80% sehr hoch sei. Auch KAUFMANN (1970) sprach sich wegen der langen Arbeitsunfähigkeitszeiten beim Erhaltungsversuch und wegen meist verbleibender Reststörungen für eine sofortige Amputation aus, außer bei funktionell wichtigen Strahlen, wie dem Daumen.

1968 hatte KAUFMANN an Leichenhänden das Ausbreitungsverhalten von imprimiertem Wachs studiert und gefunden, daß sich dieses immer entlang der ein-zelnen Gewebsschichten ausbreitet, also eher den Weg des geringeren Widerstandes geht. Er schloß daraus, daß bei einer Impressionsverletzung eines Fingers eine Dekompression des Nachbarfingers nicht nötig sei. Dagegen empfahl BOOTH (1978), bei stark entzündungsförderndem Imprimat auch die Nachbarfinger zu dekom-primieren. Er berichtete nämlich über einen Fall, bei welchem es nach Impression von Farblösemittel in das Mittelglied des III-ten Fingers letztendlich, nach verschleppter, schrittweiser Dekompression, zuletzt der Hohlhand und der Finger II-IV, zu einer Amputation der Finger II und III kam. Auch SCHARIZER (1981) mußte wegen einer Nekrose der Finger III und IV nach Impression von Benzin in das Grundglied des III-ten Fingers beide amputieren. Ebenso mußten KARLBAUER und GASPERSCHITZ (1987) nach einer Farbimpression an der Zeigefingerbasis den Daumen und den Mittelfinger revidieren.

Anhand dieser Übersicht über die bisher veröffentlichten Erkenntnisse zum Thema der Hochdruckinjektionsverletzungen der Hand wurde versucht, darzustellen, daß es sich hierbei um ein recht komplexes Geschehen handelt, bei welchem mehrere Faktoren für den Verlauf eine Rolle spielen können. Dies sind:

a) das Imprimat
b) die Zeit, die zwischen dem Unfall und der Operation verstrichen ist.
c) die Lokalisation der Verletzung
d) die Art der Operation (kleine Schnitte oder ausgedehnte Dekompression).

Dabei ist die Behauptung, eine solche Verletzung müsse innerhalb der ersten Stunden operiert werden, um größeren Schaden zu vermeiden (entscheidend seien die ersten 4, 10 oder 24 Stunden), nicht unwidersprochen und soll anhand der Auswertung des eignen Krankengutes überprüft werden.

B Eigene Untersuchung zum Thema

I Methodik

Um diese Frage zu klären, wurde zunächst untersucht, welche bekannten Faktoren überhaupt einen Einfluß auf das Ergebnis haben. Dabei wurde als markantestes Kriterium der Folgen die Amputationshäufigkeit gewählt. Da es sich um die retro-spektive Auswertung von Krankheitsverläufen handelt, auf welche statistische Methoden nicht ohne weiteres angewandt werden können, wurden den eigenen 85 Patienten 188 Fälle aus der Literatur als Vergleichsgruppe gegenübergestellt. Diese 188 Fälle konnten aus etwa 350 veröffentlichten Fällen herausgesucht werden, d.h., sie enthielten ausreichend genaue Angaben, um zumindest einige Fragen beantworten zu können. Aus dem Vergleich dieser beiden Gruppen wurden Rückschlüsse auf die Bedeutung der einzelnen Faktoren gezogen.

II Beschreibung des Ausgangsmaterials

Das eigene Krankengut setzt sich aus 85 Verletzten zusammen, die in den Jahren 1964 bis 1989 im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Hamburg wegen einer Hochdruckinjektionsverletzung behandelt worden waren. Bis auf eine Ausnahme handelt es sich um Männer. In 84 Fällen lag ein Arbeitsunfall vor. Nicht alle 85 Patienten waren im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus erstbehandelt worden. 34 Patienten wurden zunächst auswärtig behandelt. Da es sich fast ausschließlich um Arbeitsunfälle handelte, die durch das Durchgangsarzt-Verfahren erfaßt sind, ließ sich anhand der guten Dokumentation unter zu Hilfenahme der Gesamtakten auch in weit zurückliegenden Fällen der Weg zu den Anfängen zurückverfolgen, konnten alte Op-Berichte besorgt und so die interessierenden Daten zusammengetragen werden. Auch bezüglich der Ergebnisse, konnte bei einem Teil der Patienten auf die vorliegenden Rentengutachten zurückgegriffen werden. Bei unzureichenden Unterlagen oder Unklarheiten wurden die Patienten aktuell nachuntersucht und befragt.

Erfaßt wurden folgende Daten, wobei nicht alle bei allen Patienten zu erheben waren.

1) Unfallzeit
2) Die verletzte Seite
3) Der Unfallmechanismus
4) Die imprimierte Substanz
5) Die Verletzungslokalisation
6) Die Zeit bis zum ersten Arztkontakt
7) Ob eine Röntgenaufnahme gemacht wurde und ob diese einen pathologischen Befund ergab
8) Die Zeit bis zur ersten Operation
9) Die Zeit bis zur ersten adäquaten Operation (siehe Text)
10) Die Art der ersten Operation, und gegebenenfalls der ersten adäquaten Operation, wenn die erste nicht ausreichend war
11) Die Gesamtzahl der Operationen an dem betreffenden Patienten
12) Die Gesamtzahl der Arbeitsunfähigkeitstage
13) Die Gesamtzahl der Tage stationärer Behandlung
14) Das Alter des Patienten
15) Ob ein Gliedmaßenverlust die Folge war
16) Die verbliebene Funktionsstörungen der Greifformen (Fein-, Schlüssel-, Grob- und Hakengriff)
17) Ob eine vorrübergehende, oder eine dauernde Teilrente bezogen wurde

Von den publizierten Fällen wurden folgende Daten erfaßt:

1) Alter des Patienten
2) Imprimierte Substanz
3) Lokalisation der Verletzung
4) Die verletzte Seite
5) Die Zeit bis zur ersten Operation

6) Die Art der ersten Operation
7) Die Gesamtzahl der Operationen
8) Ob eine Röntgenaufnahme gemacht wurde und ob diese einen Imprimatnachweis ergab
9) Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit
10) Die klinischen Folgen

Um die Daten auswerten zu können, wurden diese klassifiziert und z.T. in Gruppen zusammengefaßt, wobei gesagt werden muß, daß die Zuordnung gelegentlich recht schwierig war. Die Patienten wurden beispielsweise durch unterschiedlich ausgedehnte Operationen behandelt. Diese Operationen wurden in verschiednene Operationsarten unterteilt. Anhand der Operationsberichte wurde dann versucht, die einzelnen Patienten solch einer Operationsart zuzuordnen. Dabei mußten gelegenlich die Angaben aus dem Operationsbericht korrigiert werden, wenn dort eine ausgedehnte Revision oder lange Schnitte erwähnt wurden, bei der Durchsicht der Fotografien, evtl. in Zusammenhang mit den Röntgenaufnahmen, aber nachweisbar war, daß diese Beschreibung nicht zutraf. In noch größerem Ausmaß gilt dies bei den in der Literatur beschriebenen Fällen. Zur Klassifizierung der klinischen Folgen wurden für die einzelnen Greifformen, für die Kraftminderung, für die Trophik und Sensibilität sowie für das Ausmaß eines Gliedmaßen-verlustes Punkte von 0-4 ver-geben. Zur Gesamtbeurteilung der Folgen wurde ein Parameter “Summe” aus den Punkten “Folgen, Verlust, Kraftminderung, Fein-, Schlüssel, Grob- und Hakengriff” gebildet.

III Beschreibung der gefundenen Daten

Aus den gefundenen Daten läßt sich folgende Beschreibung des Patientengutes ableiten:

1) Geschlecht

Bei den eigenen Patienten (im Folgenden Gr.1 benannt) handelt es sich um 84 Männer und eine Frau. In dem veröffentlichten und für die Auswertung zusammengetragenen Krankengut (im Folgenden Gr.2 benannt) waren ebenfalls von den 188 Patienten, bis auf eine Frau, nur Männer verletzt.

2) Alter

Das mittlere Lebensalter betrug in Gr.1 35 Jahre, in Gr.2 34 Jahre, wobei der Häufigkeitsgipfel der Altersverteilung in Gr.1 bei 34 Jahren, in Gr.2 bei 26 Jahren lag.

3) Unfallursache im eigenen Krankengut

In 34% war die versehentliche Selbsauslösung der Spritzpistole oder eine andere Art der Unachtsamkeit die Unfallursache. Mit 27% stand ein technischer Fehler, z.B. in Form eines Systemlecks oder eines klemmenden Hebels, als Ursache an zweiter Stelle. Ausrutscher mit 13% standen an dritter Stelle, während Unfälle bei der Systemmontage oder Systemreparatur mit 5% und Leichtsinn oder Unkenntniss der Gefahren mit 7% eine untergeordnete Rolle spielten. In 11% waren keine Angaben zur Unfallursache zu erhalten.

4) Verletzte Seite

In 39% der Fälle der Gr.1 war die rechte, in 61% der Fälle die linke Hand verletzt. In Gr.2 in 36% die rechte, in 64% die linke Seite.

5) Verletzungslokalisation

Im eigenen Krankengut waren der Zeigefingerstrahl mit 30%, der Mittelfingerstrahl mit 27% und der Daumen in 21% am häufigsten verletzt. Der Rest verteilt sich auf den IV. und V. Strahl, bzw. den II.-IV. Mittelhandknochen-Zwischenraum. Im veröffentlichten Krankengut waren der Zeigefingerstrahl mit 45%, der Mittelfingerstrahl mit 26% und der Daumen in 13% der Fälle verletzt. 5% betrafen den Ringfingerstrahl, der Rest die erste Zwischenfingerfalte und den Kleinfingerstrahl. Die Verletzung fand in Gr.1 in 8.3% dorsal-, in 91.7% palmarseitig statt. In Gr.2 in 2.9% dorsal- und 97.1% palmarseitig.

In Gr.1 war die Verletzung in 47% der Fälle auf Höhe des Mittelgelenkes oder proximal davon gelegen, in Gr.2 praktisch ebenso (48%). Distal des Mittelgelenkes kam die Verletzung in 53% bzw. 52% vor.

Häufigkeitstabelle der Verletzungszonen im eigenen und veröffentlichten Krankengut (Tabelle 1)

	eigene Fälle		veröffentl. Fälle	
Bezeichnung	absolute Häufigkeit	relative Häufigkeit	absolute Häufigkeit	relative Häufigkeit
Unterarm	2	2,41%	0	0,00%
Mittelhand	17	20,48%	30	17,05%
Grundgelenk	10	12,05%	12	6,82%
Grundglied	5	6,02%	33	18,75%
Mittelgelenk	5	6,02%	9	5,11%
Mittelglied	9	10,84%	13	7,39%
Endgelenk	7	8,43%	10	5,68%
Endglied	28	33,73%	69	39,20%

6) Röntgen

Im eigenen Krankengut wurde bei der Erstuntersuchung in 52 von 85 Fällen eine Röntgenaufnahme angefertigt, die in 63% einen Hinweis auf die Imprimatausdehnung geben konnte. Bei den ausgewerteten 188 Fällen in der Literatur wurde 1 mal erwähnt, daß keine Röntgenaufnahme angefertigt wurde. Von 28 erwähnten Aufnahmen waren 22 (78.5%) positiv, d.h. sie gaben einen Hinweis auf das Imprimat bzw. seine Ausbreitung. In 6 Fällen (21.5%) war ein Hinweis auf dem Röntgenbild nicht zu erkennen. Von den übrigen 159 Fällen fehlen Angaben dazu, ob Röntgenaufnahmen gemacht worden waren.

7) Imprimat

Bei der Verteilung der imprimierten Stoffe zeigt sich in den beiden Gruppen eine Differenz. So ist bei den eigenen Fällen Fett als Imprimat in 10% vertreten, während in der Gruppe der Literaturfälle Fett in 21% vertreten ist. Wasserunlösliche oder unbekannte Farbe ist in Gr.1 mit 23%, in Gr.2 mit 32% vertreten. Die genaue Verteilung ist in folgender Tabelle 2 wiedergegeben

	eigene Fälle		veröffentl. Fälle	
Bezeichnung	absolute Häufigkeit	relative Häufigkeit	absolute Häufigkeit	relative Häufigkeit
Öl	15	17,65%	35	18,617%
Fett	9	10,59%	40	21,277%
Farbe,n.wasserlösl.	12	14,12%	11	5,851%
Farbe, wasserlösl.	5	5,88%	4	2,128%
Farbe,unbekannt	8	9,41%	49	26,064%
Bitumen	8	9,41%	4	2,128%
Epoxyd	4	4,71%	1	0,532%
Benzin	2	2,35%	3	1,596%
Farlösemittel	8	9,41%	17	9,043%
Reinigunslösung	6	7,06%	2	1,064%
Wasser,Alkohol	4	4,71%	4	2,128%
dto.+ Festkörper	0	0,00%	2	1,064%
Metall,Zement,Kunstst.	1	1,18%	13	6,915%
Luft	1	1,18%	2	1,064%
dto.+Feststoffe	2	2,35%	1	0,532%

8) Zeitintervall Unfall-Arzt

Im Durchschnitt dauerte es im eigenen Krankengut 4,2 Stunden, in der Regel, d.h. am häufigsten, jedoch 30 Min, bis der Verletzte einem Arzt zu Gesicht kam (Minimum 6 Min, Maximum 62 Stunden).

9) Zeitintervall erster Arztkontakt-Operation

Von diesem Zeitpunkt bis zur Operation verging im Durchschnitt ein Zeitraum von 35 Stunden, in der Regel ein Zeitraum von 1,75 Stunden (Minimum 10 Min, Maximum 42 Tage). Bei der Hälfte der Patienten vergingen nicht mehr als 2,75 Stunden.

10) Zeitintervall Unfall-Operation

Vom Unfall bis zur ersten Opertion vergingen im Durchschnitt bei den eigenen Patienten 38 Stunden, bei den veröffentlichten Fällen 124 Stunden (Minimum 1 bzw. 1/2 Stunde, Maximum 42 bzw. 541 Tage). Der Häufigkeitsgipfel liegt jedoch beim eigenen Krankengut bei 3 Stunden, bei den veröffentlichten Fällen bei 6 Stunden.
Bei der Auflistung der 85 eigenen Patienten zeigt sich, daß über die Hälfte der Patienten im Zeitraum bis zu 4 Stunden operiert wurde, während bei den 188 Fällen aus der Literatur die Hälfte der Patienten im Zeitraum bis zu 8 Stunden operiert wurde.

11) Primäre Operationsart

Bei den eigenen Fällen sind die primär weniger ausgedehnten Operationen (Klasse 1 u. 2) mit 30% gegenüber 40% in der Gruppe der veröffentlichten Fälle vertreten.

Tabelle 3

Kl.	Bezeichnung	eigene Fälle absolute Häufigkeit	eigene Fälle relative Häufigkeit	veröffentl. Fälle absolute Häufigkeit	veröffentl. Fälle relative Häufigkeit
1)	kl.Inzision	16	19,05%	25	13,74%
2)	Inzision,Drainage	9	10,71%	49	26,92%
3)	breite Eröffnung...	33	39,29%	75	41,21%
4)	Revision b.i.Gesunde..	16	19,05%	23	12,64%
5)	dto.+Karpalt.spaltung	9	10,71%	6	3,30%
6)	dto.+prim.Amputation	1	1,19%	4	2,20%

12) Anzahl der Operationen pro Patient

36% der Patienten der Gr.1 wurden insgesamt 1mal (in Gr.2 29%) und 25% der Patienten 2mal (in Gr.2 39%) operiert. 48% der Gr.1-Patienten mußten mehrmals operiert werden (31% der Gr.2-Patienten).

13) Amputationsrate

In der Gruppe 1 wurde in 21 von 85 Fällen (24,7%) eine Amputation notwendig, davon eine primär. In Gruppe 2 wurde in 80 von 188 Fällen (42,6%) amputiert, davon 4 primär. In der Gruppe 1 erlitten von den 21 Patienten 14 (66%) einen Teilverlust des verletzten Fingerstrahl, 5 (24%) einen Totalverlust und 2 (10%) einen Verlust, der über den verletzten Strahl hinausging. In Gruppe 2 erlitten von den 80 Patienten 20 (25%) einen Teilverlust, 52 (65%) einen Totalverlust und 8 (10%) einen über den verletzten Strahl hinausgehenden Verlust.

14) Funktionelle Folgen für die verletzte Hand im eigenen Krankengut

Diese sind in der Grafik 1 in absoluten Fallzahlen dargestellt, wobei die Beschriftung folgende Bedeutung hat:

VERL = Gliedmaßenverlust

Schweregrad 1 =Teilverlust des verletzten Fingers (Punktwert 1)

Schweregrad 2 =Totalverlust des verletzten Fingers (Punktwert 2)

Schweregrad 3 =Verlust über den verletzten Strahl hinaus (Punktwert 3)

FOLG = Folgen (Blutumlauf, Trophik, Sensibilität)

Schweregrad 1 =gering bis mäßig (Punktwert 1)

Schweregrad 2 =erheblich (Punktwert 2)

Schweregrad 3 =sehr schwer (Punktwert 3)

FEIN= Fein-, SCHL= Schlüssel-, GROB= Grob-, HAKE= Hakengriff

Störung der Greifformen jeweils:

Schweregrad 1 = leichte Störung (Punktwert 1)

Schweregrad 2 = mittelstarke Störung (Punktwert 2)

Schweregrad 3 = schwere Störung (Punktwert 3)

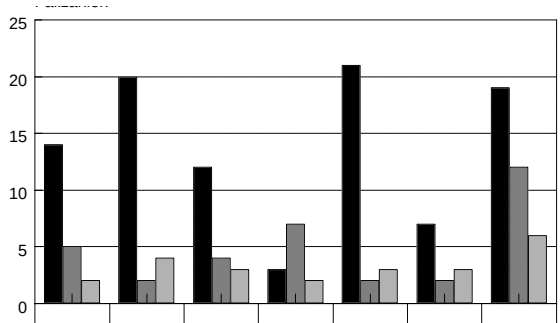
KRAF = Kraftminderung der Verletzten Hand gegenüber der unverletzen Hand

Schweregrad 1 = kleiner-gleich 1/3 gemindert (Punktwert 1)

Schweregrad 2 = kleiner-gleich 2/3 gemindert (Punktwert 2)

Schweregrad 3 = über 2/3 gemindert (Punktwert 3)

Fallzahlen



	VERL	FOLG	FEIN	SCHL	GROB	HAKE	KRAF
Schweregrad 1	14	20	12	3	21	7	19
Schweregrad 2	5	2	4	7	2	2	12
Schweregrad 3	2	4	3	2	3	3	6

Grafik 1

Schweregrad 1 Schweregrad 2

Schweregrad 3

Es ist aus dieser Darstellung erkennbar, daß die überwiegende Mehrheit der verbliebenen Funktionsstörungen geringeren bis mäßigen Ausmaßes sind. Am deutlichsten sind die Folgen bei der Kraftminderung verblieben, da immerhin 21% der Verletzten eine Kraftminderung von über 1/3 zurückbehielten. Bei der Summierung der einzelnen Funktionsstörungen ergibt sich, daß 38% der Fälle folgenlos abgeheilt sind, 13% eine geringfügige und 15% eine leichte Funktionsstörung behielten. Die restlichen 34% erlitten ernstere bleibende Folgen, wovon 23 Patienten (27%) eine vorübergehende Teilrente bezogen, die bei 12 Patienten (14%) in eine dauernde Teilrente überging.

15) Arbeitsunfähigkeitsdauer

In Gr.1 betrug die mittlere Arbeitsunfähigkeitsdauer 119 Tage, in Gr.2 84 Tage. Die Hälfte der Patienten war bis zu 86 Tage arbeitsunfähig (In Gr.2 56 Tage).

16) Zahl der Tage stationärer Behandlung

Die eigenen Patienten wurden im Durchschnitt 46 Tage stationär behandelt, mit einem Häufigkeitsgipfel von 21 Tagen bei einer Streubreite von 1 bis 569 Tagen.

IV Erste Auswertung der Daten

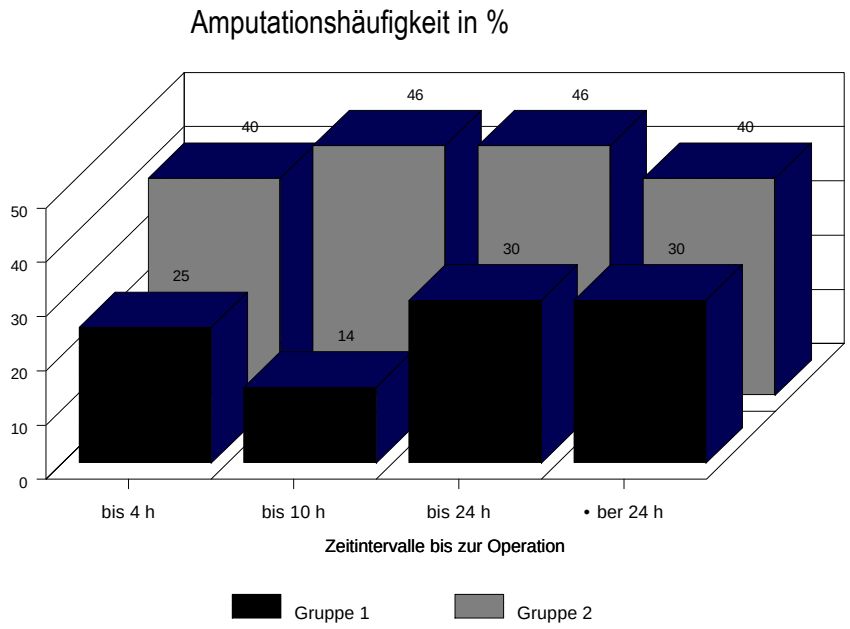
Um zunächst einmal festzustellen, welche Faktoren überhaupt einen Einfluß auf das Ergebnis haben, wurden die Zusammenhänge zwischen

1) der Zeit von Unfall bis zur Operation
2) der Art des imprimierten Materials
3) der Art der durchgeführten Operation
4) dem Ort der Verletzung

und der Häufigkeit der notwendigen Amputationen untersucht.

1) Einfluß der Zeit bis zur Operation

Bei dieser Betrachtung wurden die Patienten, die innerhalb von 4, 10, 24 und später als 24 Stunden operiert wurden, zu jeweils einer Gruppen zusammengefaßt. Auch wurde nur unterschieden, ob eine Amputation die Folge war, oder nicht. Andernfalls werden die zu vergleichenden Zahlen so gering, daß es unmöglich wird, evtl. Unterschiede, noch zu erkennen.



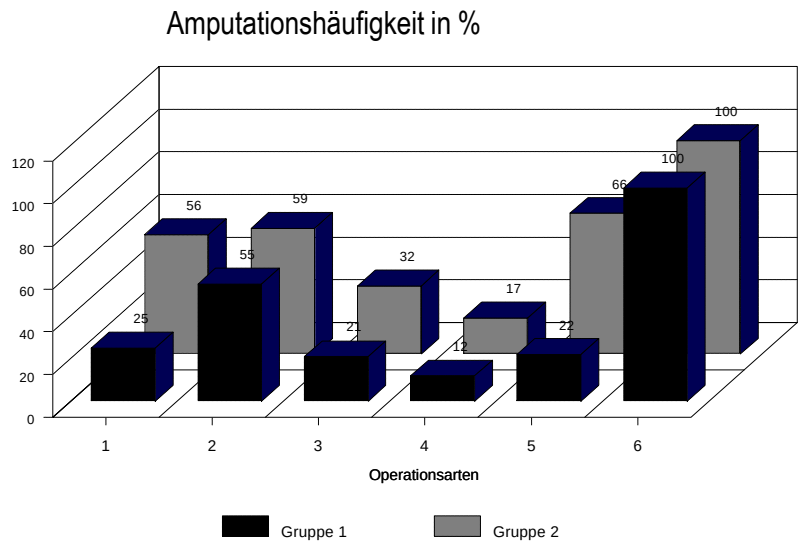
Grafik 2

In der Grafik 2 als Übersicht sehen wir, daß sich im eigenen Krankengut (Grup-pe 1) lediglich im Zeitintervall 4-10 Stunden eine Amputationsrate von 14% ergibt. Sowohl das kürzere, als auch die längeren Zeitintervalle führen in 25-30% zu Amputationen. Wegen der geringen Fallzahl (siehe Tabelle 4 im Anhang) ist die Differenz jedoch nicht beweiskräftig.

Bei der Gruppe der veröffentlichten Fälle (Gruppe 2) liegt die Amputationsrate in allen Zeitgruppen zwischen 40% und 46%. Von fünf Patienten war das Intervall zwischen Unfall und Operation nicht zu rekonstruieren (Tabelle 5 im Anhang).

Ein Einfluß des Zeitintervalls auf die Amputationsnotwendigkeit scheint demnach nicht vorzuliegen.

2) Einfluß der mehr oder weniger ausgedehnten Operation



Grafik 3

1 = kleine Inzision 2 = Inzision mit Drainage
3 = breite Eröffng, Ausräumng 4 = Revision bis in gesund. Gewebe
5 = 4 + Karpaltunnelspaltung 6 = 5 + primäre Amputation

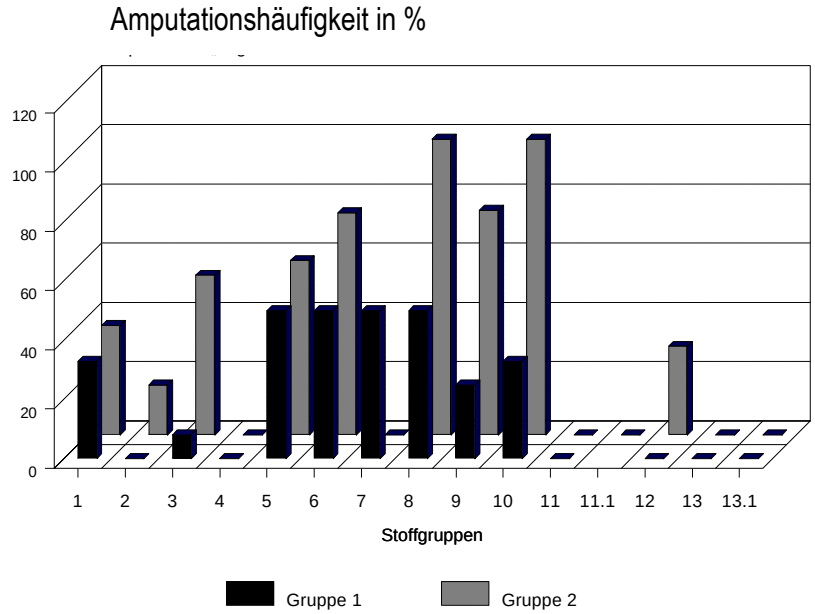
Sehen wir uns in Grafik 3 den Einfluß der Operationsart auf die Amputationsrate hin an, so scheinen bei den veröffentlichten Fällen (Gruppe 2) die Op-Klassen 3 u. 4 besser

abzuschneiden (Grafik 3). Op-Klasse 6 enthält definitionsgemäß die primäre Amputation. In der Op-Klasse 5 waren offensichtlich so schwere Fälle, daß auch eine ausgedehnte Operation die Amputation nicht verhindern konnte (Tabelle 7 im Anhang).

Auch bei den eigenen Fällen (Gruppe 1) scheinen die OP-Klassen 3, 4 und 5 insbesondere gegenüber Op-Klasse 2 deutlich besser abzuschneiden, wobei auch hier keine statistische Beweisbarkeit vorliegt (Tabelle 6 im Anhang). Immerhin liegt in beiden Gruppen eine gleichlaufende Tendenz vor, die zumindest einen positiven Effekt der OP-Gruppe 4 nahelegt, das heißt der ausgedehnten Revision bis in gesundes Gewebe.

3) Einfluß des Imprimates

Grafik 4



1 = Öl
2 = Fett
3 = nicht wasserlösl. Farbe
4 = wasserlösl. Farbe
5 = unbekannte Farbe
6 = Bitumen
7 = Epoxyd
8 = Benzin

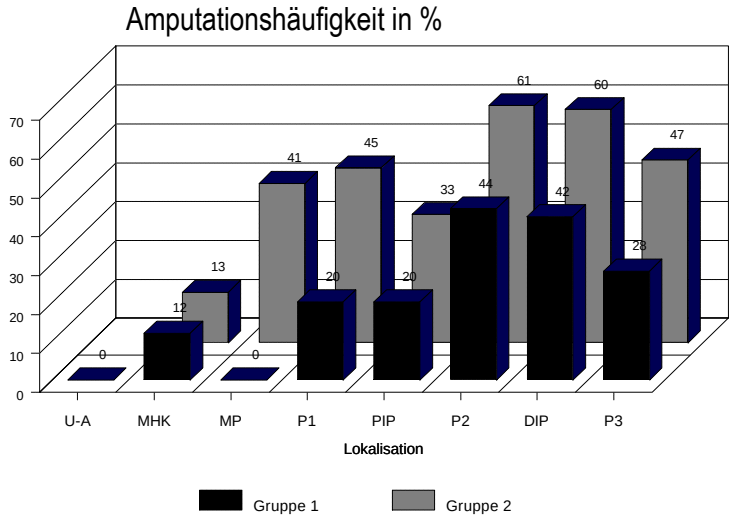
8 = Benzin
9 = Farblösemittel
10 = Reinigungslösung
11 = Wasser,Alkohol
11.1= dto.+Festkörper
12 = Metall,Zement,Kunstst.
13 = Luft
13.1= dto.+Festkörper

Aus dieser Gegenüberstellung ist ganz deutlich der Einfluß des Imprimates auf die Amputationsrate erkennbar. So kommen in beiden Gruppen Amputationen bei wasserhaltigen Farben, Wasser, Luft,Alkohol nicht vor. Auch bei Fettimpression kamen in Gruppe 1 keine, in Gruppe 2 deutlich weniger Amputationen vor (Tabelle 8 u. 9 im Anhang).

4) Einfluß der Verletzungszone

In beiden Gruppen sehen wir (Grafik 5), daß die Verletzungszonen am Mittelglied und im Endgelenksbereich übereinstimmend eine besonders hohe Amputationsrate nach sich ziehen, auch wenn die absoluten Fallzahlen in den einzelnen Gruppen für einen Beweis zu gering sind (Tabelle 10 u. 11 im Anhang). Bei den eigenen Fällen war die Verletzung nur 7 mal dorsal lokalisiert, wovon 1 (14%) mit einer Amputation endete. Bei palmarer Lokalisation kam es in 19 Fällen (25%) zur Amputation. Bei den veröffentlichten Fällen waren nur 5 von 188 dorsale Verletzungen, wovon 1 (20%) zur Amputation führte. Von 166 palmaren Verletzungen mußte in 69 Fällen (42%) amputiert werden. Von den restlichen 17 Fällen war diese Differenzierung anhand der Beschreibung nicht möglich.

Grafik 5



U-A = Unterarm
MHK = Mittelhand
MP = Grundgelenk
P1 = Grundglied
PIP = Mittelgelenk
P2 = Mittelglied
DIP = Endgelenk
P3 = Endglied

V Zusammenfassung der Daten durch Gruppenbildung

Um nun die Frage nach dem Einfluß des Zeitintervalls genauer zu untersuchen, wurde versucht, die zu vergleichenden Fälle bezüglich der übrigen Einflußfaktoren möglichst so zusammenzustellen, daß die Zusammensetzung der Gruppen ähnlicher ist. Wenn ein Faktor sowohl in der Gruppe 1 als auch in der Gruppe 2 einen Effekt in die gleiche Richtung zeigte, wurde eine Wirkung desselben angenommen, das heißt, es wurde davon ausgegangen, daß es sich nicht nur um einen Zufall handelte.

1) Imprimat

Bei den verschiedenen Imprimaten konnten wir sehen, daß sie in beiden Patientengruppen zu ähnlich unterschiedlichen Auswirkungen führten. Die Imprimate wurden daher derart klassifiziert, daß die weniger gefährlichen Stoffe wie Fett, wasserlösliche Farbe, Wasser, Alkohol, Luft und Feststoffe wie Epoxyd, Kunststoff, Zement in einer Gruppe zusammengefaßt wurden. Die andere Gruppe wurde durch die gefährlicheren Stoffe wie Öl, Farben, Teer, Benzin, Lösungsmittel und Reinigunsmittel gebildet. Untersuchen wir jetzt nur Patienten, die beispielsweise mit “gefährlichen” Imprimaten verletzt wurden, auf den Einfluß der Zeit bis zur Operation, kann das Ergebnis durch den Einfluß des Imprimates nicht mehr verfälscht werden.

2) Operantionsart

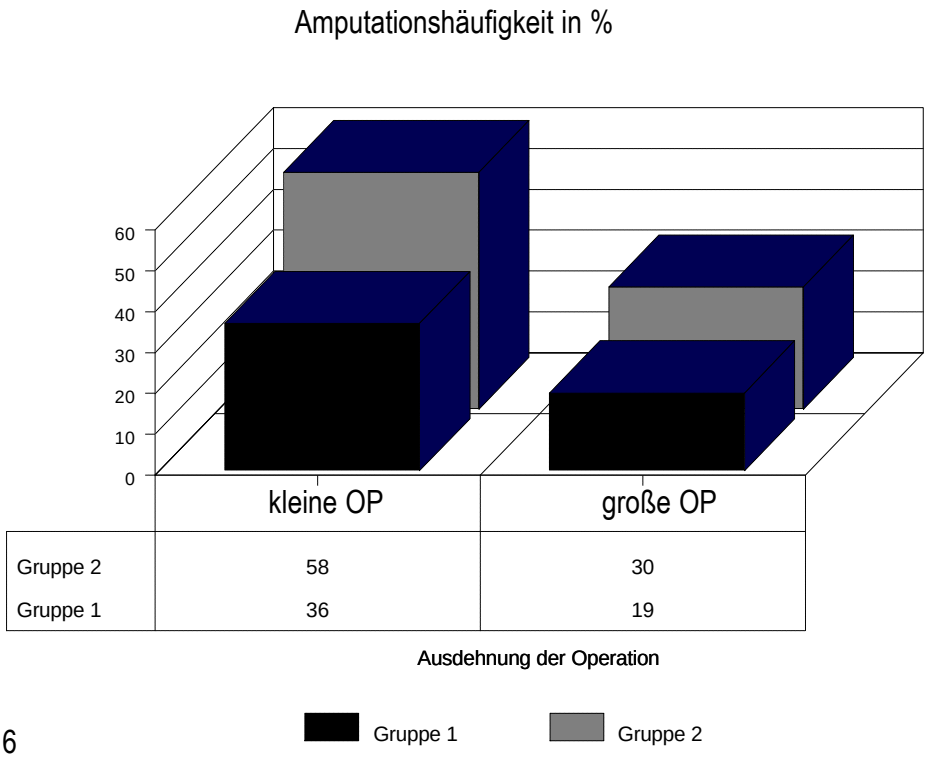
Auch bei der Art der Operation zeigte sich in beiden Patientengruppen ein gleichgerichteter Effekt, weshalb auch hier Op-Gruppen zusammengefaßt wurden. Dabei wurden die beiden Klassen 1 u. 2 (kleine Operationen) in einer Gruppe, die restlichen, ausgedehnten Operationen in einer weiteren Gruppe zusammengefaßt. Eine weitere Gruppierung wurde unter Ausschluß der Operationsklasse 6, die auch primäre Amputationen per definitionem beinhaltet, gebildet, um nur den Einfluß der mehr oder weniger ausgedehnten Operation auf die Amputationshäufigkeit darstellen zu können. Welche der beiden Gruppierungen bei den Gegenüberstellungen verwendet wurde, geht aus den Legenden zu den Tabellen (im Anhang) hervor.

3) Verletzungszone

Bei den Verletzungszonen wurden die beiden Zonen Mittelglied und Endgelenk, die besonders amputationsträchtig sind, den übrigen Zonen gegenübergestellt. Für die weiteren Gegenüberstellungen wurden diese beiden Zonen zusammen als “Phalangen” bezeichnet. Die restlichen, weniger amputationsgefährdeten Zonen wurden unter der Bezeichnung “Mittelhand” zusammengefaßt. Ob die Verletzung dorsalseitig oder palmarseitig statt fand, wurde nicht mitberücksichtigt, da in beiden Patientengruppen in über 90% der Fälle die Verletzung palmarseitig erfolgte und eine zu weit gehende Aufgliederung vermieden werden sollte, um nicht zu kleine Zahlen vergleichbarer Patienten zu erhalten.

VI Auswertung der Gruppengegenüberstellung bezüglich des Zeiteinflusses auf die Amputationshäufigkeit

Eine Gegenüberstellung der zusammengefaßten Operationsarten (ohne primäre Amputationen) mit der Amputationshäufigkeit ist in Grafik 6 dargestellt. Die genauen Zahlen finden sich in Tabelle 12 und 13 im Anhang.



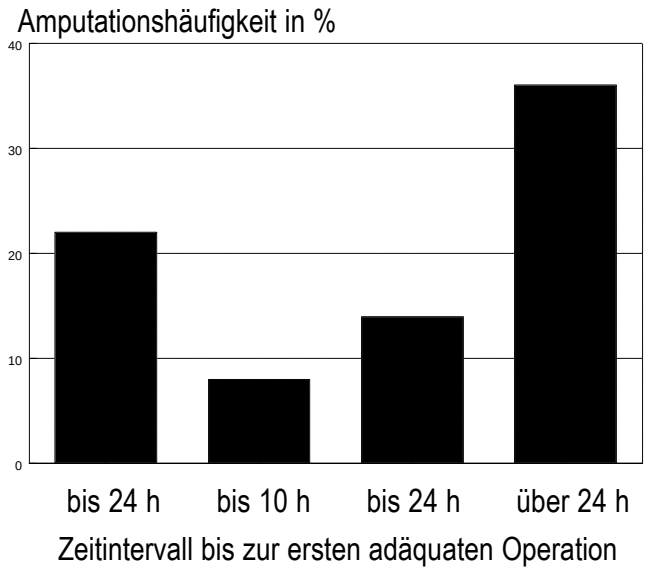
Gafik 6

In beiden Patientengruppen ist die Amputationsrate bei den Fällen, die einer ausgedehnten ersten Operation unterzogen wurden, knapp halb so hoch, wie bei den anderen Fällen.

Daß ein positiver Einfluß der sofortigen Operation bis jetzt nicht nachzuweisen war, könnte nun auch daran liegen, daß die frühzeitig operierten Patienten häufiger einer unzureichenden Operation unterzogen wurden und daß dadurch der möglicherweise positive Effekt der kurzen Zeit bis zur Operation zunichtegemacht wurde.

Um daher den Einfluß der Operationsart auszuschalten, wurde in einer weiteren Untersuchung als maßgebliche Zeit diejenige genommen, bis zu welcher eine adäquate Operation durchgeführt wurde. Das heißt, eine zunächst erfolgte kleine Inzision wurde bei der Zeitermittlung nicht berücksichtigt, sondern die erste ausgedehnte Revision. Die jetzt auszuwertenden Patienten waren bezüglich der OP-Art in etwa vergleichbar, auch wenn dabei ein möglicher, evtl. schädigender Einfluß der ungenügenden Voroperation nicht berücksichtigt worden ist. Diese Untersuchung war auch nur bei dem eigenen Krankengut möglich, da die Angaben der publizierten Fälle in dieser Richtung nicht auszuwerten waren.

In Grafik 7 (Tabelle 14 im Anhang) sind die zu irgendeinem Zeitpunkt adäquat operierten Patientengruppen bezüglich der Zeit bis zu dieser Operation und der Häufigkeitsrate der Amputationen gegenübergestellt. Auch hier können wir keinen statistisch signifikanten Einfluß des Zeitintervalls nachweisen, da sich hinter den %-Angaben in den Gruppen < 10 Stunden und < 24 Stunden jeweils nur 1 Patient verbirgt.

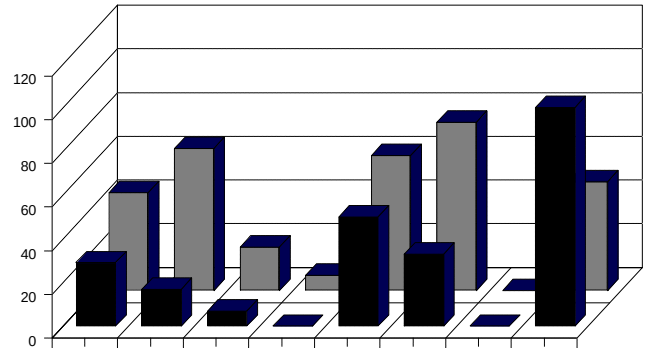


Grafik 7

Ein Einfluß des Zeitintervalls beim Vergleich der Patienten mit gleichen Imprimaten und gleicher Verletzungszone ließ sich wegen zu kleiner Fallzahlen weder im eigenen, noch im veröffentlichten Krankengut nachweisen.

Es wurden daher Patienten auf die Amputationshäufigkeit untersucht, die nach gleicher Gruppe der Verletzungszone, gleicher Imprimatgruppierung und einem Zeitintervall von kleiner oder größer 6 Stunden zwischen Unfall und Operation zusammengefaßt worden waren (Grafik 8). Wir sehen auch hier keinen einheitlichen Effekt des Zeitintervalls auf das Ergebnis (Tabelle 15 und 16 im Anhang).

Amputationshäufigkeit in %



	MÖ5	MÖ7	MW5	MW 7	PÖ5	PÖ7	PW5	PW7
Gruppe 2	45	65	20	7	62	77	0	50
Gruppe 1	29	17	7	0	50	33	0	100

Grafik 8

Gruppe 1 Gruppe 2

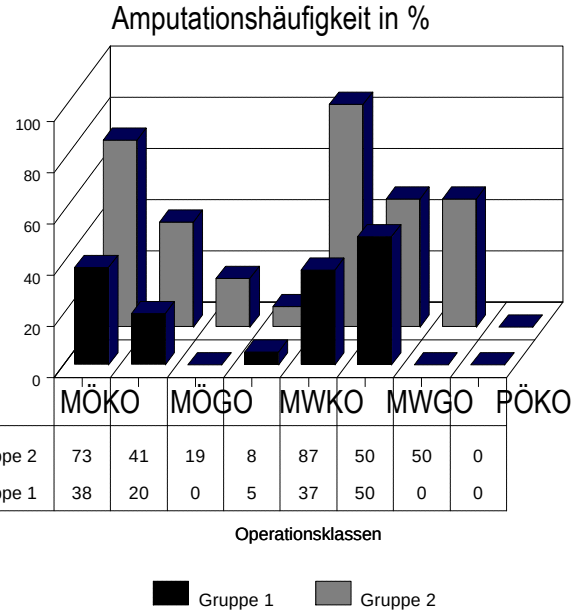
Bezeichnung der zusammengefaßten Klassifizierungen

MÖ5 = Mittelhand-Öl-<=6h MÖ7 = Mittelhand-Öl->6h
MW5 = Mittelhand-Wasser-<=6h MW7 = Mittelhand-Wasser->6h
PÖ5 = Phalangen-Öl-<=6h PÖ7 = Phalangen-Öl->6h
PW5 = Phalangen-Wasser-<=6H PW7 = Phalangen-Wasser->6h

Auf Grund dieser verschiedenen vergeblichen Versuche, einen maßgeblichen Einfluß des Zeitintervalls vom Unfall bis zur Operation nachzuweisen, muß gesagt werden, daß sich ein solcher Einfluß mit den Methoden der retrospektiven Auswertung nicht beweisen läßt.

VII Weitere Auswertung der Gruppengegenüberstellungen

Ganz eindeutig ist der Einfluß des Imprimates auf die Amputationshäufigkeit zu erkennen. Geringer, jedoch in beiden Gruppen mit gleicher Tendenz, ist der positive Effekt einer ausgedehnten Dekompression gegenüber der einfachen entlastenden Inzision, evtl. mit Drainage erkennbar (Grafik 9), wie es sich in den Tabellen 17 und 18 (im Anhang), aufgeschlüsselt nach Patienten gleicher Verletzungszone und gleicher Imprimatgruppe ergibt.



	MÖKO	MÖGO	MWKO	MWGO	PÖKO	PÖGO	PWKO	PWGO
Gruppe 2	73	41	19	8	87	50	50	0
Gruppe 1	38	20	0	5	37	50	0	0

Grafik 9

Bezeichnung der zusammengefaßten Klassifizierungen

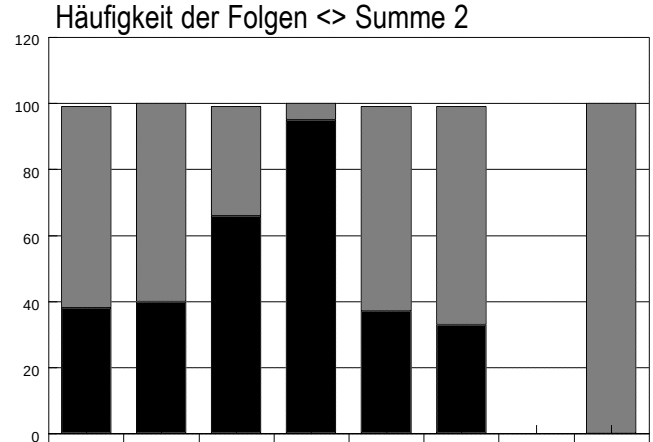
MÖKO = Mittelhand-Öl-kleine Op
MÖGO = Mittelhand-Öl-große Op
MWKO = Mittelhand-Wasser-kl.Op
MWGO = Mittelhand-Wasser gr.Op
PÖKO = Phalangen-Öl-kleine Op
PÖGO = Phalangen-Öl-große Op
PWKO = Phalangen-Wasser-kl.Op
PWGO = Phalangen-Wasser gr.Op

Hierbei wurden die Patienten, die primär gleich amputiert wurden (in Gr.1 einer, in Gr.2 vier), nicht mitgerechnet. Allerdings sind die Zellenbesetzungen der Tabellen wieder zu

klein, um nicht nur zufällige Unterschiede darzustellen. Wenn wir die Faktoren Verletzungszone und Imprimat außer acht lassen, stellt sich der Einfluß einer ausgedehnten Operation, wie anfangs in Tabelle 12 und 13 dargestellt, als deutlich günstiger dar.

Wie bereits bei dem stark vereinfachten Erfolgsmerkmal der Amputations-notwendikeit ein beweisbarer Einfluß des Zeitintervalls bis zur Operation nicht nachweisbar ist, so ist ein Einfluß auf das viel differenziertere Merkmal der verbliebenen Funktionsstörungen erst recht nicht nachzuweisen. Auch ein Einfluß der mehr oder weniger ausgedehnten Operation auf die verbleibende Handfunktion läßt sich nicht beweisen. Bei der differenzierten Gegenüberstellung vergleichbarer Patientengruppen ergeben sich entweder keine Unterschiede in den OP-Gruppen, oder die Fallzahlen der Gruppe sind so klein, daß der Unterschied rein zufällig ist. In der Grafik 10 ist die Häufigkeit der Patienten mit einem Summenwert der Folgen bis 2 Punkten gegenüber denen mit einem Wert über 2 Punkten in % aufgeführt. Tabellarisch ist dies in Tabelle 19 im Anhang dargestellt.

Grafik 10

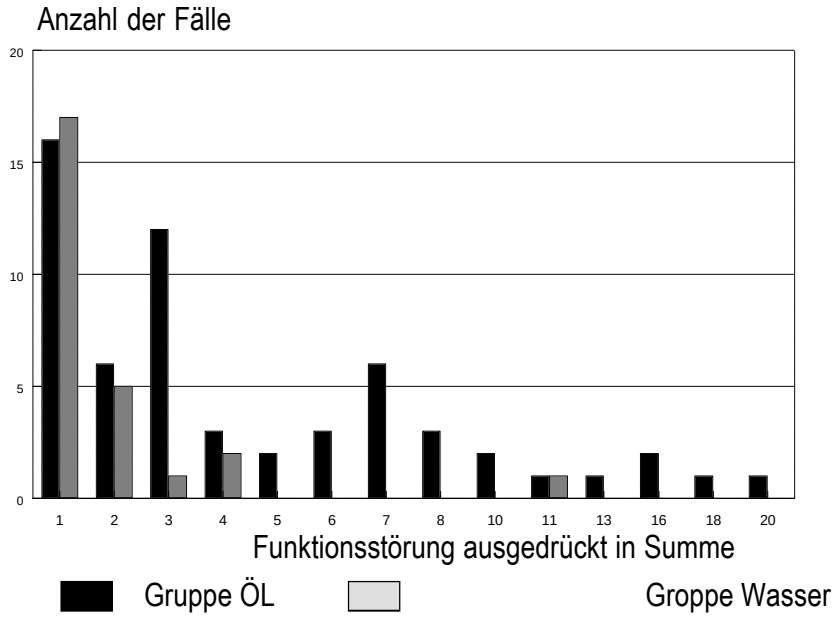


	MÖKO	MÖGO	MWKO	MWGO	PÖKO	PÖGO	PWKO	PWGO
Summe <=2	61	60	33	5	62	66		100
Summe > 2	38	40	66	95	37	33		0

Bezeichnung der zusammengefaßten Klassifizierungen

MÖKO = Mittelhand-Öl-kleine Op
MÖGO = Mittelhand-Öl-große Op
MWKO = Mittelhand-Wasser-kl.Op
MWGO = Mittelhand-Wasser gr.Op
PÖKO = Phalangen-Öl-kleine Op
PÖGO = Phalangen-Öl-große Op
PWKO = Phalangen-Wasser-kl.Op
PWGO = Phalangen-Wasser gr.Op

Einen eindeutigen Einfluß auf die verbleibende Funktionsstörung hat, wie bereits bei der Amputationshäufigkeit gezeigt, die Art des Imprimates (Grafik 11). Es ist ersichtlich, daß die höhergradigen Funktionsverluste (ausgedrückt durch eine hohe Summenzahl) praktisch nur bei der Imprimatgruppe “Öl” vorkommen, wobei zu bedenken ist, daß eine Fingeramputation, die in dieser “gefährlichen” Gruppe definitionsgemäß häufiger vorkommt, nicht automatisch zu einer stärkeren Funktions-störung führen muß. Ein erhaltener, aber steifer Finger kann sehr viel hinderlicher sein.



Grafik 11

Immerhin läßt sich eindeutig sagen, daß Patienten, die gleich durch eine ausgedehnte Operation behandelt wurden, sehr viel seltener mehr als zweimal operiert werden mußten als diejenigen, die anfangs nur inzidiert wurden. Rechnerisch drückt sich dieses so aus, daß in Gr.1 die Patienten mit kleiner erster Operation im Mittel 3,24 mal (in Gr.2 2,7 mal) und diejenigen mit ausgedehnter erster Operation 2,1 mal (1,8 mal) operiert werden mußten.

Auch auf die Krankheitsdauer hat die Art der ersten Operation einen entscheidenden Einfluß. So betrug die Arbeitsunfähigkeitsdauer in Gr.1 bei den Patienten mit kleiner anfänglicher Operation im Mittel 147 Tage, bzw. die Hälfte der Patienten war nicht länger

als 137 Tage arbeitsunfähig (in Gr.2 103 Tage, bzw. 60 Tage). Patienten, die gleich zu Anfang durch eine ausgedehnte Operation behandelt wurden, waren im Mittel 107 Tage (Gr.2 75 Tage) arbeitsunfähig, bzw. die Hälfte der Patienten fiel nicht länger als 69 Tage (Gr.2 56 Tage) für die Arbeit aus.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sich die Bedeutung des Zeitintervalls zwischen dem Unfall und der Operation für die Folgen des Unfalls nicht beweisen ließ. Dagegen war erkennbar, daß die Folgen, insbesondere die Häufigkeit der Amputationsnotwendigkeit, in erster Linie von der Art des Imprimates und der Verletzungszone abhängen. Beides sind Faktoren, auf die der behandelnde Arzt keinen Einfluß mehr nehmen kann. Wesentlich für den weiteren Verlauf ist jedoch die Art der durchgeführten Operation. Diese ist zum Teil mit für die Amputationshäufigkeit verantwortlich, als auch für die Notwendigkeit weiterer Operationen und für die Krankheitsdauer insgesamt.

C Bewertung der Untersuchungsergebnisse

I Der Geschehensablauf in Phasen

Seit Bekanntwerden der Hochdruckinjektionsverletzungen wurden im Laufe der Jahre mehrere Hypothesen zur Erklärung der Pathophysiologie entworfen und daraus therapeutische Empfehlungen abgeleitet.

Da die Verletzung nicht sehr häufig vorkommt, wurden nur geringe Fallzahlen in den einzelnen Kliniken behandelt. Schlußfolgerungen aus Vergleichen von Fallbeispielen hatten immer den Fehler der Nichtvergleichbarkeit der Patienten, da zuviele verschiedene Faktoren eine Rolle spielten. Einzelne Schritte des Geschehensablaufes konnten durch Experimente reproduziert werden.

Wenn wir die heutigen Kenntnisse zusammentragen, ergibt sich folgendes Bild:

In der ersten Phase trifft ein zu einem scharfen Strahl gebündelter Strom einer mehr oder weniger viskösen Substanz auf die Haut, durchbohrt diese und das darunter liegende Gewebe, bis er auf einen Widerstand stößt, der in der Lage ist, ihn aus seiner Richtung abzulenken. Er breitet sich dann in Richtung des geringsten Widerstandes aus, also in vorgeformte Räume oder Gewebsspalten, am Finger zum Beispiel entlang der Gefäß-Nerven-Bündel oder entlang der Sehnen, wenn der Strahl die Sehnenscheide an einer Stelle geringerer Resistenz durchschlagen hat (KAUFMANN 1968). Sobald die kinetische Energie verbraucht ist, also der durch das Gewebe und den interzellulären Druck gesetze Widerstand höher als die treibende Kraft ist, endet die weitere Ausbreitung des Imprimates.

Im Falle einer sehr hohen kinetischen Energie, wie sie bei den seit einigen Jahren verwendeten Hochdruckreinigungsgeräten (Drucke bis 1200 AtÜ) auftreten, kann bei gleichzeitigem hohem Volumendurchsatz pro Zeiteinheit der Flüssigkeitsstrahl bereits direkt zu Gewebszerstörungen im Sinne einer Quetschung oder Zerreißung von Gefäßen, Nerven oder Sehnen führen.

Diese erste Phase ist demnach durch den rein mechanischen Vorgang des Eindringens des Fremdmaterials gekennzeichnet.

In der zweiten Phase kommt es dann, abhängig von der Art des Imprimates, durch eine mehr oder weniger toxische Wirkung zu einer chemischen Schädigung des durchtränkten Gewebes. Diese Wirkung setzt sofort mit dem Kontakt der Substanz mit den Zellen ein und führt je nach Agressivität, Menge und Konzentration der Substanz zu lokalisiertem Zelltod. Der Vorgang ist vergleichbar dem der Verbrennung.

In der dritten Phase kommt es zu reaktiven Veränderungen mit Entzündungserscheinungen, insbesondere dem Ödem. Dieses kann durch Schwellung der Gefäßwand zu einer Lumeneinengung führen. Dazu können sich weitere Schädigungen ergeben, wenn durch das Ödem, insbesondere in abgeschlossenen Räumen, sogenannten Kompartimenten, eine Steigerung des Gewebedrucks erfolgt. Dieser führt durch eine Minderperfusion und durch die zusätzliche Kompression der Gefäße zu einer Minderzirkulation und damit zu weiterem Zelltod. In dieser Phase sind in seltenen Fällen auch systemische Reaktionen auf die toxische Substanz möglich.

In der vierten Phase stehen dann reparative Vorgänge wie Demarkation von nekrotischem Gewebe, Narbenbildung und Abkapselung von Fremdmaterial im Vordergrund.

II Diskussion der Auswertungsergebnisse unter Berücksichtigung der Literaturaussagen

Der Annahme von BAUER, daß die primäre kinetsche Energie, abgesehen von der unmittelbar mechanischen Gewebsschädigung, der für den weiteren Verlauf entscheidende Faktor der typischen Hochdruckinjektionsverletzung sei, widerspricht besonders das Beispiel der Verletzungen durch Hochdruckreinigungsgeräte mit Wasser. Diese führen zwar durch die sehr hohen Drucke zu primär teilweise erheblichen Gewebszerstörungen (Sehnenzerquetschung, Gefäß- und Nervenzerreißung), aber nicht zu dem typischen Verlauf mit toxischem Ödem und nach 48-72 Stunden einsetzender Gangrän. Das heißt, der hohe Druck war hier vorhanden, nicht aber der exazerbierende Verlauf. Auch die Beobachtung, daß noch Stunden nach der Injektionsverletzung mit Farbe oder Lösungsmittel die Durchblutung des Fingers völlig intakt ist, aber nach 2-3 Tagen eine Gangrän beginnt, spricht nicht für die primäre Schädigung der Gefäße durch den hohen momentanen Druck, sondern für eine Schädigung zu einem späteren Zeitpunkt. Das gleiche Argument spricht gegen die primäre Rolle der Imprimatmenge, zumindest in dem Sinne, daß es durch die Menge des Imprimates zu einer direkten Gefäßkompression komme. Die Imprimatmenge macht sich in erster Linie bei der Ausbreitung bemerkbar, wobei einzelne Fälle mit einer Ausbreitung vom Finger bis in den Unterarm beobachtet wurden. Schon SPAK (1967) hatte auf die Beobachtung hingewiesen, daß bei dem von ihm beschriebenen Fall (Farbinjektion) der Finger eine völlig normale, weiche Konsistenz aufwies, 24 Stunden später jedoch stramm und geschwollen war. Ebenso spricht die von vielen Autoren gemachte Beobachtung, daß die Verletzung von dem Betroffenen zunächst gar nicht bemerkt wird und erst nach mehreren Stunden Spannungsgefühle und Schmerzen auftreten, gegen die entscheidende Rolle des primären Verletzungsdruckes.

Daß sich die Vorstellung, eine Operation innerhalb der ersten 4 oder 10 Stunden könne den Verlauf günstig beeinflussen, nicht beweisen ließ, ist durchaus erklärlich. Die toxische Wirkung auf die Gewebszellen beginnt sofort nach dem Kontakt mit dem Gewebe und könnte allenfalls durch sofortiges Ausspülen und Verdünnen, wie es an der Körperoberfläche und in der Augenheilkunde üblich ist, vermindert werden. Dies ist jedoch in unseren Fällen praktisch nicht möglich. Zudem kommt die toxische Substanz

hier direkt mit der nicht durch eine Hornschicht geschützten Zellwand in Kontakt. Es erscheint daher von vornherein aussichtslos, die toxische Wirkung durch ein sofortiges operatives Vorgehen entscheidend beeinflussen zu können. Allenfalls mag es durch eine frühzeitige Operation gelingen, durch Verminderung der Menge der toxischen Substanz und des bereits geschädigten Gewebes die weitere Gewebeschädigung zu minimieren, wobei dieser Einfluß sich klinisch nicht belegen läßt.

Die besondere Gefährlichkeit einer Verletzung im Endgelenks- und Mittelgliedbereich mit erhöhter Amputationshäufigkeit läßt sich durch die besonderen anatomischen Verhältnisse mit relativ fester Ummantelung der Gefäß-Nervenbündel durch Ligamente (Grayson und Cleland Ligament) erklären. Auch sehen wir immer wieder, daß auf Höhe der Fingergelenks- und Grundgliedbeugefalten eine relative Barriere vorliegt und die Imprimatausbreitung hier endet, was wie eine Abschottung von Kammern wirkt.

Wie kommt es aber zu diesem unterschiedlichen Ergebnis bezüglich der Wertigkeit des Zeitintervalls zwischen Unfall und Operation im Vergleich zu den Angaben einiger bisheriger Autoren, wo auch wir neben dem eigenen Krankengut das veröffentlichte mit zur Auswertung heranziehen?

STARK und Mitarbeiter (1961) schreiben, daß von 18 veröffentlichten Fettimpressionsverletzungen nur 4 frühzeitig und adäquat operiert worden seien, welche auch zu einem guten Ergebniß geführt hätten. Dabei wird nicht eindeutig gesagt, was mit frühzeitig gemeint ist. Von den zitierten 18 Verletzungen wurden fünf innerhalb weniger Stunden operiert. Einmal folgte eine Amputation, und zweimal wird ein gutes Spätergebnis mitgeteilt. Von den restlichen beiden wird das funktionelle Ergebnis nicht erwähnt.

Zwei Fälle wurden innerhalb 24 Stunden operiert. Einer davon wurde später amputiert, der andere heilte mit guter Funktion.

Zwei Fälle wurden innerhalb von 48 Stunden operiert und heilten mit gutem Ergebnis aus.

Die restlichen 9 Patienten wurden nach vier und mehr Tagen operiert oder nur konservativ und mit Spätoperationen wegen Granulomen behandelt. Von diesen 9 Fällen mußten vier amputiert werden. Von drei Patienten wird ein gutes funktionelles Ergebnis berichtet. Über die restlichen beiden wird darüber nichts mitgeteilt.

Vier Fälle mit gutem Ergebnis finden sich demnach erst, wenn man die ersten 48 Stunden als “frühzeitigen” Operationstermin ansähe.

1967 schreiben STARK und Mitarbeiter im Zusammenhang mit der Veröffentlichung

von 14 Fällen nach Farbinjektionsverletzungen, daß die Ergebnisse bei den Patienten, die vor 10 Stunden operiert wurden, besser seien. Wenn wir uns jedoch die Fälle genauer ansehen, bemerken wir, daß in den 5 Fällen, in welchen eine Amputation notwendig war, die Verletzung im Grund- und Mittelgliedbereich lag. Einer davon war überhaupt nur konservativ und zwei mit einer Inzision in Oberst'scher Leitungsanästhesie behandelt worden. Von letzteren beiden wurde einer noch im Zeitraum von 4 Stunden ausgiebig nachoperiert. Bei einem weiteren war die erste Operation nach 28 h so unvollständig, daß nach 8 Tagen Farbreste in der Hohlhand im Grundgelenksbereich ausgeräumt werden mußten. Von den übrigen neun Patienten, die nicht amputiert werden mußten hatten fünf die Verletzung im Fingerendglied bzw. der Fingerkuppe und zwei in der Hohlhand. Beides sind Bereiche, die an sich schon eine geringere Amputationsrate nach sich ziehen.

Auch in dieser Gruppe gibt es Fälle mit Zeitintervallen von 2, 3 und 4 Tagen bis zur adäquaten Operation, zweimal mit vorangegangener ungenügender Inzision. Wie wir sehen, sind die Fälle in den beiden Gruppen so unterschiedlich, daß daraus die Aussage, ein Zeitintervall von 10 Stunden sei entscheidend, nicht abgeleitet werden kann.

HENTSCHEL führt 1970 das kritische Zeitintervall von 4 Stunden an. Er geht dabei in erster Linie von der Überlegung aus, daß der primäre Gewebsdruck für eine Minderdurchblutung sorge und daß man Muskelgewebe üblicherweise eine Ischämietoleranz von 4 Stunden nachsagt. Er führt zwei eigene Fälle an. Davon war einer 1 Stunde nach dem Unfall (Farbe in die Hohlhand) in die Klinik gekommen und prompt durch eine adäquate Operation mit gutem Erfolg behandelt worden. Der andere Patient hatte sich im Mittelgelenksbereich Fett imprimiert, war zunächst konservativ und nach einem Tag mit lokaler Inzision behandelt worden. Er mußte dann 8 Wochen nach dem Unfall, nach vorrübergehender Arbeitsfähigkeit, noch einmal wegen Granulomen in der Hohlhand und nach einem Jahr wegen Granulomen an dem Finger nachoperiert werden. Diese Verlaufsgegenüberstellung kann natürlich nicht als Beweis für die Notwendigkeit einer Operation innerhalb der ersten 4 Stunden gewertet werden. Außerdem ist gegen die Vorstellung, innerhalb von 4 Stunden müsse aus oben genannten Gründen operiert werden, einzuwenden, daß an der Hand lediglich im Hohlhandbereich Muskeln vorhanden sind, in diesem Bereich die Amputationshäufigkeit jedoch deutlich geringer ist als am Finger, wo wir keine Muskeln haben. Gegen die Vorstellung, der anfängliche Druck

sei für die Durch-blutungsstörung verantwortlich spricht auch, wie oben erwähnt, der häufig zu beobachtende Verlauf, daß eine Gangrän erst nach zwei bis vier Tagen auftritt, während anfangs die Durchblutung der distal der Verletzung gelegenen Phalangen noch intakt ist. Auch der von verschiedenen Autoren bestätigte Verlauf, wonach die Verletzung anfangs von dem Betroffenen gar nicht bemerkt wird und sich erst im Verlauf von mehreren Stunden Beschwerden und Schwellungen einstellen, spricht gegen die Auffassung, daß der Verletzungsdruck zu einer Drosselung der Durchblutung führe, denn dieser Druck müßte ja wohl als solcher auch empfunden werden. Wenn dieser aber nicht verantwortlich ist, sondern erst später auftretende Phänomene, ist auch das Intervall von 4 Stunden nach dem Unfall hinfällig.

Bei der Veröffentlichung von ROBERTS und KLEINERT (1975), die schrieben, daß nach einem 24 stündigen Intervall doppelt so häufig schwere Verläufe zu beobachten ware, handelt es sich lediglich um eine kurze Mitteilung, ohne daß nähere Angaben zu einzelnen Fällen gemacht wurden, so daß eine Überprüfung dieser Angaben nicht möglich ist.

STEPANUK (1976) kam auf Grund der Auswertung von 71 veröffentlichten Fällen zu dem Ergebnis, daß in der Gruppe der innerhalb von 10 Stunden operierten Patieten in 27% eine Amputation nötig war. In der Gruppe der nach 10 Stunden operierten Patienten war dagegen eine Amputation in 41% notwendig. Bei seinen eigenen 18 Patienten konnte er diesen Zusammenhang aber nicht bestätigen. Vier von neun frühzeitig operierten, aber nur drei von neun später operierten Patienten mußten amputiert werden. Eine Aufschlüsselung nach weiteren Faktoren erübrigt sich bei der geringen Gesamtzahl.

Die Äußerung von SILSBY (1976), daß die Fälle, die innerhalb eines Intervalls von 4 Stunden operiert werden, einen besseren Verlauf zeigen, wird nicht durch Fälle belegt und ist wohl eher als die Wiedergabe der Auffassung anderer anzusehen.

SCHARIZER (1981) wertete 40 in der Literatur beschriebene Fälle aus und kam dabei zu dem Schluß, daß bei einer Operation innerhalb von 4h nur in 21,5% eine Funktionsstörung folge. Schon nach 6-12 Stunden steigere sich der Prozentsatz auf 60% schwer gestörter Funktionen. Nehmen wir die in seiner Literaturangabe aufgeführten Fälle, so sind dort insgesamt 28 Patienten aufgeführt, wovon insgesamt 7 zu der Fragestellung nicht ausgewertet werden können. Bei den von SYMONDS und GARNES beschriebenen Fällen handelt es sich z.B. um 3 mit Tränengaspatronen Verletzte, die überhaupt nicht operiert wurden, ebenso die Fälle von HUTCHINSON und einer von STARK (1961). Auch

von MORELY ist einer der drei Fälle zu dieser Fragestellung nicht auszuwerten. Andererseits wird der eine Fall von WATERS und Mitarbeiter, der ausdrücklich nach 4 Stunden operiert wurde (Terpentininjektion) und letzlich mit einer Amputation von zwei Fingern endete, nicht bei den 14 Fällen (1-4 Stunden), auch nicht bei den Fällen (6-12 Stunden) aufgeführt. Ebenso wird der Fall von DICKSON, ebenfalls in der Literaturangabe enthalten, der nach 5 Stunden operiert wurde (Terpentininjektion) und mit einer Amputation des ganzen Fingers endete, nicht bei der Auswertung aufgeführt.

Wahrscheinlich wurden zwei weitere, nicht extra angeführte Veröffentlichungen der beiden angegebenen Autoren STARK (1967) und FRANK (1955) mit ausgewertet, womit allerdings 41 auswertbare Fälle zusammenkämen. FRANK hatte in dieser Arbeit von 1955 4 Fälle mit sofortiger Operation nach Fettpressenverletzung beschrieben, die alle folgenlos ausheilten. STARK hat 1967 bei seinen 14 Farb-injektionen über 5 Fälle berichtet, die in die Rubrik 1-4 Stunden eingeordnet werden können. Davon mußte einer ebenfalls amputiert werden, der wiederum in SCHARIZERS Aufstellung nicht erscheint. Bei zwei weiteren verblieben nach Sekundärheilung bzw. Nachoperationen mäßige Bewegungseinschränkungen. Insgesamt ist es demnach nicht nachvollziehbar, wie SCHARIZER zu den von ihm gefundenen Ergebnissen kommt. Weder ließen sich nach seinen Angaben 14 innerhalb von 4 Stunden operierte Patienten herausfinden, noch waren davon 11 völlig wiederhergestellt und lediglich 1 Endgliedverlust zu beklagen. Auch ist bei dieser Zusammenstellung auf mögliche andere Einflußfaktoren nicht eingegangen worden.

Eine weitere kritische Bemerkung sei angebracht. Dieses nicht nachvollziehbare gute Ergebnis nach einem kurzen Intervall von nicht mehr als 4 Stunden wird im wesentlichen durch die von FRANK 1955 und 1967 veröffentlichten Fälle gestützt. Dazu ist einiges besonders bemerkenswert. Abgesehen davon, daß es sich bei den in kurzem Intervall operierten und günstig verlaufenen Fällen immer um Fettpressen-verletzungen handelte, die ja an sich schon eine viel bessere Prognose haben, fällt auf, daß in den beiden Veröffentlichungen von 1955 und 1967 ein Fall (spät operiert, Teilamputation) praktisch identisch beschrieben ist. Der gesamte Krankheitsverlauf mit Verletzungsort, Teilnekrose des Daumens, verbliebenem Endgliedbasisrest mit leichter Beugekontraktur, Unfallzeitpunkt und Intervall bis zur Operation sowie dem Operationsausmaß bis in den distalen Unterarm ist gleichartig. Lediglich der Unfallmechanismus, das Alter des Patienten und die Intervalle bis zu den Folgeoperationen (die völlig identisch beschrie-

ben werden) sind geringfügig verschieden. Sämtliche von FRANK beschriebenen Fälle hatten bei äußerer Unverletztheit der Beugesehnen-scheide nach deren Eröffnung Ölaustritte, einmal serösen Flüssigkeitsaustritt zur Folge. Selbst eine Fettpressen-verletzung in der Fingerbeere zeigte diesen intraoperativen Befund. Ganz besondere Verhältnisse müssen auch vorliegen, wenn FRANK schreibt, daß er innerhalb eines Jahres "Dutzende" solcher Fälle erlebt habe. Wir selbst konnten bei einem sehr großen Einzugsgebiet im Laufe von etwas mehr als 25 Jahren 85 Fälle sehen. In der Literatur sind im Laufe von 50 Jahren etwa 350 Fälle beschrieben worden. Wenn wir daher diese Angaben nicht besonders kritisch bewerten wollen, muß man zumindest sagen, daß es sich dann bei den geschilderten, fast gleichartig verlaufenden Fällen um eine ausgesprochene Auswahl aus den angegebenen zahlreichen Fällen handeln muß und daß derartige Besonderheiten natürlich auch geeignet sind, falsche Schlußfolgerungen zu ziehen.

Insgesamt kann gesagt werden, daß sich bei der Überprüfung der bisherigen Äußerungen zur Bedeutung des Zeitintervalls vom Unfall bis zur Operation die gezogenen Schlußfolgerungen nicht halten lassen.

Es ist ersichtlich, daß die Auswertung veröffentlichter Fallbeschreibungen nicht ohne das Risiko der falschen Schlußfolgerung möglich ist. Immerhin war ein erheblicher Teil des veröffentlichten Krankengutes wegen mangelnder Angaben gar nicht auswertbar. Man muß sich natürlich auch fragen, ob die auswertbaren Fälle nicht eine Selektion darstellen, bedingt durch das Bestreben des jeweiligen Autors, eine bestimmte Arbeitshypothese darzustellen. Die Verwendung der Literaturfälle bei der eigenen Arbeit ist daher nur im Zusammenhang mit der Gegenüberstellung des eigenen Krankengutes zu sehen. Auch bei dem eigenen Krankengut wissen wir natürlich nicht, inwiefern sich hier eine Selektion störend bemerkbar macht, da nicht alle Fälle primär bei uns selbst behandelt wurden.

Es könnte sein, daß anderweitig vorbehandelte Fälle, die einen guten Verlauf nahmen, gar nicht bei uns in Erscheinung traten und lediglich die Fälle mit ungünstigem Verlauf bei uns zur Weiterbehandlung kamen.

Daher ist festzuhalten, daß die gezogenen Schlüsse nicht im Sinne eines statistisch abgesicherten Beweises zu sehen sind, sondern im Sinne einer Arbeitshypothese auf Grund einer explorativen Datenanalyse.

III Schluß folgerung

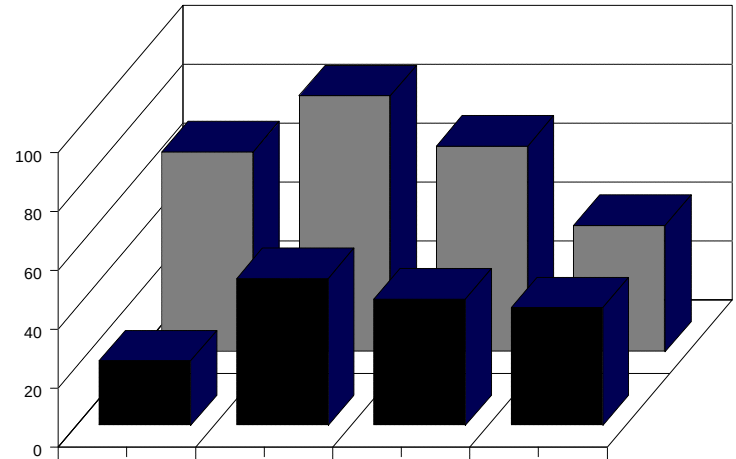
Da wir die Geschehnisse der ersten und zweiten Phase des Unfallablaufes nicht rückgängig machen können, muß der therapeutische Ansatz vielmehr in der dritten Phase liegen. Es kommt darauf an, die Wirkung des toxischen Ödems zu minimieren. Die direkte toxische Gefäßwandschädigung mit Schwellung und Lumeneinengung können wir nicht ändern. Die zusätzliche Kompression der Gefäße von außen jedoch können wir durch ein peinlich genaues Eröffnen der betroffenen Kompartimente vermindern. Dabei ist es wichtig, sämtliche das Gefäß- Nervenbündel umschließende Hüllen und Fasern zu durchtrennen, da bereits ein einziger einengender Strang genügen kann, den Blutstrom im gequollenen Gefäß zu unterbinden. Es genügen daher nicht lokalisierte Schnitte in die Haut und das Unterhautgewebe, da nebenan das Gefäß dann trotzdem zugedrückt werden kann. Da wir häufig auch nicht die ganze Ausdehnung des Imprimates (Benzin, Lösungsmittel) erkennen können, genügt es auch nicht, nur den sichtbar geschädigten Bereich zu dekomprimieren, sondern es muß immer das nach proximal und distal benachbarte, gesund erscheinende Kompartiment miteröffnet werden, das heißt im Falle der Injektion am Finger immer die benachbarte Phalange über die erkennbare Schädigung hinaus. Bei erkennbarer Schädigung bis an die Grenze auf Höhe der Grundgliedbeugefalte muß die Hohlhand miteröffnet werden. Geht die Schädigung erkennbar in die Hohlhand, muß der Karpalkanal eröffnet werden, ist auch dieser betroffen, die Unterarmfaszie. Es konnte gezeigt werden, daß in dieser Art operierte Patienten seltener eine Amputation erleiden mußten, daß weniger Folgeoperationen notwendig waren und daß die Krankheitsdauer insgesamt deutlich kürzer war. Bei der Ausräumung des Imprimates muß ein Kompromiß zwischen radikalem “Ausweiden” und alleiniger vollständiger Dekompression gefunden werden. Sicher wird man versuchen, möglichst viel des Fremdmaterials zu entfernen. Andererseit kann nicht vorausgesagt

werden, wie das in den Randbezirken durchtränkte Gewebe den toxischen Ablauf übersteht, da hier die Konzentration ja möglicherweise schon geringer ist. Von stark durchträktem Gewebe kann die Nekrose vorausgesehen, aber nicht verhindert werden, weshalb es trotz aller Maßnahmen bei den stärker toxischen Imprimaten meist im Bereich der Eintrittspforte zu mehr oder weniger ausgedehnten Weichteilnekrosen kommt, die dann sekundär plastisch-chirurgische Wiederherstellungsmaßnahmen erfordern.

Die Vorgänge können mit denen einer Brandverletzung verglichen werden, insofern, als einmal verbranntes Gewebe oder, in unserem Fall, mit toxischem Material durchtränktes Gewebe nicht mehr gerettet werden kann. Allerdings können, wie beim Verbrennungsödem, die Folgen eines Kompartmentsyndroms durch rechtzeitige Dekompression verhindert werden. Wie wir sehen, liegt die Amputationshäufigkeit im eigenen Krankengut deutlich unter der des veröffentlichten. Selbst bei den stärker toxischen Imprimaten liegt die Amputationsrate nicht über 50%. Dies ist sicher auf die zunehmenden Erkenntnisse der Operationsnotwendigkeiten zurückzuführen. Eine primäre Amputation von Fingern ist daher nur in seltenen Ausnahmefällen zu empfehlen.

Daß die Zeit zwischen Unfall und Operation nicht völlig belanglos sein kann, läßt sich daraus ableiten, daß ab einem bestimmten Zeitpunkt eine Gangrän auftritt und eine dann durchgeführte Operation z.B. den Finger nicht mehr retten kann. Der kritische Zeitpunkt muß da liegen, wo das toxische Ödem eine irreversible Perfusions- und Zirkulationsstörung verursacht hat.

Wenn wir uns daraufhin das Krankengut nochmals ansehen, sehen wir (Grafik 12), daß im eigenen Krankengut (Gr1) die Patienten, die erst nach 48 Stunden operiert wurden, doppelt so häufig amputiert werden mußten wie diejenigen, die im Zeitraum bis 48 Stunden operiert wurden. Im veröffentlichten Krankengut (Gr2) kommen in der späten Gruppe dagegen etwas weniger Amputationen vor. Allerdings sehen wir, daß bei den eigenen Patienten in dieser spät operierten Gruppe ein höherer Anteil an “gefährlichen” Imprimaten vorliegt, so daß auch dies der Grund für die höhere Amputationsrate sein kann. Im veröffentlichten Krankengut ist in der spät operierten Gruppe der Anteil der “harmlosen” Imprimate doppelt so hoch und die nicht höhere Amputationsrate möglicherweise daher erklärbar. Da auch andere Faktoren, wie Verletzungszone und Art der ersten Operation, eine Rolle spielen, die Zahlen der später operierten Patienten jedoch immer kleiner werden, läßt sich aus dem vorhandenen Material der kritische Zeitpunkt nicht herausarbeiten.



	Gr1 < 48h	Gr1 > 48h	Gr2 < 48h	Gr2 > 48h
Anteil Öl in %	68	87	70	43
Amputationeen in %	22	50	43	40

Grafik 12 Amputationen in % Anteil Öl in %

Als Schlußfolgerung läßt sich daher ableiten, daß zwar nur eine rechtzeitige Operation einen größeren Schaden verhindern kann, daß die zur Verfügung stehende Zeit aber auf jeden Fall ausreicht, um den Verletzten einem erfahrenen Handchirurgen zuzuführen, der dann den notwendigen ausführlichen Eingriff unter optimalen Voraussetzungen durchführen kann. Es wird also niemals aus Zeitgründen notwendig sein, einen unzureichenden Eingriff unter unzureichenden Bedingungen von einem mit diesen Verletzungen nicht vertrauten Arzt durchführen zu lassen.

V ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden 85 Hochdruckinjektionsverletzungen der Hand, die zwischen 1964 und 1989 im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus in Hamburg behandelt wurden, und 188 in der Literatur veröffentlichte Hochdruckinjektionsverletzungen gegenübergestellt und ausgewertet. Ziel der Arbeit war es, herauszufinden, ob das Zeitintervall zwischen Unfall und Operation einen maßgeblichen Einfluß auf den weiteren Verlauf der Verletzungsfolgen hat.

Anhand der Literaturauswertung wurde der Unfall- und Krankheitsverlauf dargestellt, eine Einteilung des Ablaufes in vier Phasen gegeben und dargelegt, welche Einflußfaktoren für die Beurteilung des Verlaufes zu berücksichtigen sind.

Mehrere Faktoren, wie die Verletzungslokalisation an der Hand, das imprimierte Material, die Zeit zwischen Unfall und Operation und die Ausdehnung der Operation wurden auf ihren Einfluß auf den weiteren Krankheitsverlauf hin untersucht. Als Erfolgskriterium wurde die Amputationshäufigkeit gewählt. Durch den Vergleich der beiden Patientengruppen konnte für alle genannten Faktoren, ausschließlich dem Zeitintervall, ein Einfluß gezeigt werden. Um einen möglichen Einfluß des Zeitintervalls durch Überlagerung der anderen Faktoren nicht zu übersehen, wurden die zu vergleichenden Patienten derart zusammengestellt, daß sie sich in einem oder zwei weiteren Faktoren nicht unterschieden. Auch der Vergleich dieser Patientengruppen konnte keinen Einfluß des Zeitintervalls innerhalb der ersten 24 Stunden nachweisen. Patientengruppen, die sich in drei Faktoren gleichen, ließen sich wegen der dann viel zu kleinen Fallzahlen nicht auswerten.

Es konnte gezeigt werden, daß von den beiden Faktoren Zeitintervall und Operationsausdehnung, auf die der Arzt überhaupt nur einen Einfluß nehmen kann, letzterer sich in mehrerer Hinsicht auswirkt. So hatte eine ausgedehnte Dekombpressionsoperation nicht nur eine geringere Amputationsrate zur Folge. Primär derart behandelte Patienten mußten im Schnitt auch einmal weniger operiert werden, als zunächst nur durch kleine Inzisionen behandelte Patienten. Auch war die Zeitdauer der Arbeitsunfähigkeit bei den gleich großzügig operierten Patienten bei den eigenen Fällen um 1/3, bei den veröffentlichten um 1/4 kürzer.

Auf das Endergebnis der Handfunktion hatte weder das Zeitintervall noch die Art der mehr oder weniger ausgedehnten Operation einen nachweisbaren Einfluß. Dieses hing vielmehr wesentlich von dem Imprimat ab.

TABELLENANHANG

Tabelle 4
Zusammenhangstabelle zwischen Zeitintervall vom Unfall bis zur Operation und Amputationsrate im eigenen Krankengut

Zeitinter-vall	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
konser-vative Th.	1 100.0%	0 0 .0%	1 1.2%
<4h	35 74;5%	12 25.5%	47 55.3%
<10h	12 85.7%	2 14.3%	14 16.5%
<24h	7 70.0%	3 30.0%	10 11.8%
>24h	9 69.2%	4 30.8%	13 15.3%
Spalten-Summe	64 75.3%	21 24.7%	85 100.0%

Tabelle 5
Zusammenhangstabelle zwischen Zeitintervall vom Unfall bis zur Operation und Amputationsrate im veröffentlichten Krankengut

Zeitinter-vall	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
fehlende Angaben	4 80.0%	1 20.0%	5 2.7%
<4h	32 59.3%	22 40.7%	54 28.7%
<10h	25 53.2%	22 46.8%	47 25.0%
<24h	15 53.6%	13 46.4%	28 14.9%
>24h	32 59.3%	22 40.7%	54 28.7%
Spalten-Summe	108 57.4%	80 42.6%	188 100.0%

Tabelle 6
Zusammenhangstabelle zwischen Operationsart und Amputationsrate im eigenen Krankengut

Art der Operation	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
1	12 75.0%	4 25.0%	16 19.0%
2	4 44.4%	5 55.6%	9 10.7%
3	26 78.8%	7 21.2%	33 39.3%
4	14 87.5%	2 12.5%	16 19.0%
5	7 77.8%	2 22.2%	9 10.7%
6	0 0 .0%	1 100.0%	1 1.2%
Spalten-Summe	63 75.0%	21 25.0%	84 100.0%

b

Einer der 85 Patienten wurde nicht operiert und heilte folgenlos aus

Op-Art:

1 = kleine Inzision, Wundversorgung
2 = Inzision mit Laschendrainage
3 = breite Eröffnung mit Fremdmaterial- und Nekrosenausräumung, Drainage
4 = Ausgedehnte Revision bis in gesundes Gewebe
5 = 4 + Karpaltunnelspaltung
6 = 5 + primäre Amputation

Tabelle 7
Zusammenhangstabelle zwischen Operationsart und Amputationsrate im veröffentlichten Krankengut

Art der Operation	keine Amputation	Amputation	Reihen- bbbSumme
1	11 44.0%	14 56.0%	25 13.7%
2	20 40.8%	29 59.2%	49 26.9%
3	51 68.0%	24 32.0%	75 41.2%
4	19 82.6%	4 17.4%	23 12.6%
5	2 33.3%	4 66.7%	6 3.3%
6	0 0.0%	4 100.0%	4 2.2%
Spalten-Summe	103 56.6%	79 43.4%	182 100.0%

Von 6 Fällen fehlen Angaben zur Art der ersten Operation

Op-Art:

1 = kleine Inzision, Wundversorgung
2 = Inzision mit Laschendrainage
3 = breite Eröffnung mit Fremdmaterial- und Nekrosenausräumung, Drainage
4 = Ausgedehnte Revision bis in gesundes Gewebe
5 = 4 + Karpaltunnelspaltung
6 = 5 + primäre Amputation

Tabelle 8
Zusammenhangstabelle zwischen Imprimat und Amputationsrate im eigenen Krankengut

Nr.	Imprimat	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
1	Öl	10 66.7%	5 33.3%	15 17.6%
2	Fett	9 100.0%	0 0 .0%	9 10.6%
3	Farbe, n. wasserlösl	11 91.7%	1 8.3%	12 14.1%
4	Farbe wasserlösl	5 100.0%	0 0 .0%	5 5.9%
5	Farbe unbekannt	4 50.0%	4 50.0%	8 9.4%
6	Bitumen	4 50.0%	4 50.0%	8 9.4%
7	Epoxyd	2 50.0%	2 50.0%	4 4.7%
8	Benzin	1 50.0%	1 50.0%	2 2.4%
9	Farblöse-mittel	6 75.0%	2 25.0%	8 9.4%
10	Reinigungs-lösung	4 66.7%	2 33.3%	6 7.1%
11	Wasser, Alkohol	4 100.0%	0 0 .0%	4 4.7%
12	Metall,Kunst-stoff,Zement	1 100.0%	0 0.0%	1 1.2%
13	Luft	1 100.0%	0 0.0%	1 1.2%
13.1	dto. + Feststoffe	2 100.0%	0 0.0%	2 2.4%
	Spalten-Summe	64 75.3%	21 24.7%	85 100.0%

Tabelle 9
Zusammenhangstabelle zwischen Imprimaten und Amputationsrate im veröffentlichten Krankengut

Nr.	Imprimat	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
1	Öl	22 62.9%	13 37.1	35 18,6%
2	Fett	33 82.5%	7 17.5%	40 21,3%
3	Farbe, n. wasserlösl	5 45.5%	6 54.5%	11 5.9%
4	Farbe wasserlösl	4 100.0%	0 0.0%	4 2.1%
5	Farbe unbekannt	20 40.8%	29 59.2%	49 26.1%
6	Bitumen	1 25.0%	3 75.0%	4 2.1%
7	Epoxyd	1 100.0%	0 0.0%	1 0.5%
8	Benzin	0 0 .0%	3 100.0%	3 1.6%
9	Farblöse-mittel	4 23.5%	13 76.5%	17 9.0%
10	Reinigungs lösung	0 0 .0%	2 100.0%	2 1.1%
11	Wasser, Alkohol	4 100.0%	0 0 .0%	4 2.1%
11.1	dto. + Feststoffe	2 100.0%	0 0 .0%	2 1.1%
12	Metall,Kunst-stoff,Zement	9 69.2%	4 30.8%	13 6.9%
13	Luft	2 100.0%	0 0.0%	2 1.1%
13.1	dto. + Feststoffe	1 100.0%	0 0 .0%	1 0.5%
	Spalten-Summe	108 57.4%	80 42.6%	188 100.0%

Tabelle 10
Zusammenhangstabelle zwischen Verletzungszone und Amputationsrat im eigenen Krankengut

Verletzung -zone	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
Unter-arm	2 100.0%	0 0 .0%	2 2.4%
Mittel-hand	15 88.2%	2 11.8 %	17 20.5%
Grund-gelenk	10 100.0%	0 0 .0%	10 12.0%
Grund-glied	4 80.0%	1 20.0%	5 6.0%
Mittel-gelenk	4 80.0%	1 20.0%	5 6.0%
Mittel-glied	5 55.6%	4 44.4%	9 10.8%
End-gelenk	4 57.1%	3 42.9%	7 8.4%
End-glied	20 71.4%	8 28.6%	28 33.7%
Spalten-Summe	64 77.1%	19 22.9%	83 100.0%

2 * fehlende Angaben zur Verletzungslokalisation

Tabelle 11
Zusammenhangstabelle zwischen Verletzungszone und Amputationsrate im veröffentlichten Krankengut

Verletzung -zone	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
Mittel-hand	26 86.7%	4 13.3%	30 17.0%
Grund-gelenk	7 58.3%	5 41.7%	12 6.8%
Grund-glied	18 54.5%	15 45.5%	33 18.8%
Mittel-gelenk	6 66.7%	3 33.3%	9 5.1%
Mittel-glied	5 38.5%	8 61.5%	13 7.4%
End-gelenk	4 40.0%	6 60.0%	10 5.7%
End-glied	36 52.2%	33 47.8%	69 39.2%
Spalten-Summe	102 58.0%	74 42.0%	176 100.0%

12 * fehlende Angaben zur Verletzungslokalisation

Tabelle 12
Zusammenhangstabelle zwischen erster Operationsart und Amputationsrate im eigenen Krankengut (Operationsarten zu Gruppen zusammengefaßt)

Art der Operation	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
ausge-schlossen	1 50.0%	1 50.0%	2 2.4%
kleine Operation	16 64.0%	9 36.0%	25 29.4%
große Operation	47 81.0%	11 19.0%	58 68.2%
Spalten-Summe	64 75.3%	21 24.7%	85 100.0%

ausgechlossen: 1*konservative Behandlung, 1*primäre Amputation
kleine Operation = Op-Art 1 und 2
große Operation = Op-Art 3,4 und 5 (Siehe Tab. 6 S.68)

Tabelle 13
Zusammenhangstabelle zwischen erster Operationsart und Amputationsrate im veröffentlichten Krankengut (Operationsarten zu Gruppen zusammengefaßt)

Art der Operation	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
ausgeschlossen	5 50.0%	5 50.0%	10 5.3%
kleine Operation	31 41.9%	43 58.1%	74 39.4%
große Operation	72 69.2%	32 30.8%	104 55.3%
Spalten-Summe	108 57.4%	80 42.6%	188 100.0%

ausgeschlossen: 4* primäre Amputation, 6* fehlende Angaben
kleine Operation = Op-Art 1 und 2
große Operation = Op-Art 3,4 und 5 (Siehe Tab. 7 S.69)

Tabelle 14
Zusammenhangstabelle zwischen Zeitintervall vom Unfall bis zur ersten adäquaten Operation und Amputationsrate im eigenen Krankengut (eine primäre Amputation mitberücksichtigt)

Zeit-intervall	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
keine Operation	1 100.0%	0 0 .0%	1 1.2%
< 4h	25 78.1%	7 21.9%	32 37.6%
< 10h	11 91.7%	1 8.3%	12 14.1%
< 24h	6 85.7%	1 14.3%	7 8.2%
> 24h	21 63.6%	12 36.4%	33 38.8%
Spalten-Summe	64 75.3%	21 24.7%	85 100.0%

Tabelle 15
Zusammenhangstabelle zwischen Zeitintervall bis zur Operation (<= 6h,> 6h) und Amputationsrate, gruppiert nach gleicher Verletzungszone und Imprimatgruppe (jeweils zu zwei Gruppen zusammengefaßt), im eigenen Krankengut.

Zeitinter-vall	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
ausge-schlossen	1 33.3%	2 66.7%	3 3.5%
MHK-ÖL-<6h	22 71.0%	9 29.0%	31 36.5%
MHK-Wasser < 6h	14 93.3%	1 6.7%	15 17.6%
P2/DIP Öl-<6h	4 50.0%	4 50.0%	8 9.4%
P2/DIP Wasser-<6h	1 100.0%	0 0.0%	1 1.2%
MHK-Öl->6h	10 83.3%	2 16.7%	12 14.1%
MHK-Wasser > 6h	8 100.0%	0 0.0%	8 9.4%
P2/DIP-Öl->6h	4 66.7%	2 33.3%	6 7.1%
P2/DIP-Wasser->6h	0 0 .0%	1 100.0%	1 1.2%
Spalten-Summe	64 75.3%	21 24.7%	85 100.0%

ausgeschlossen: 1* konservative Behandlung,
2* unvollständige Angaben

MHK = Verletzungszonen proximal des Mittelgliedes und distal des Endgelenkes
P2/DIP = Verletzungszonen Mittelglied und Endgelenk
Öl = Imprimate 1,3,5,6,8,9,10
Wasser = Imprimate 2,4,7,11-13 Imprimatbezeichnungen siehe Tab. 8 S. 70

Tabelle 16
Zusammenhangstabelle zwischen Zeitintervall bis zur Operation (<=6h,>6h) und Amputationsrate, gruppiert nach Verletzungsort und Imprimat (jeweils zu zwei Gruppen zusammengefaßt), im veröffentlichten Krankengut

Zeitintervall	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe	
ausgeschlossen	10 58.8%	7 41.2%	17 9.0%	
MHK-Öl-<6h	27 55.1%	22 44.9%	49 26.1%	davon 1 prim. Amputation
Mhk-Wasser < 6h	20 80.0%	5 20.0%	25 13.3%	
P2/DIP-Öl- < 6h	3 37.5%	5 62.5%	8 4.3%	
P2/DIP-Wasser-<6h	1 100.0%	0 0 .0%	1 0.5%	
MHK-Öl->6h	16 34.8%	30 65.2%	46 24.5%	
MHK-Wasser > 6h	27 93.1%	2 6.9%	29 15.4	
P2/DIP-Öl-> 6h	2 22.2%	7 77.8%	9 4.8%	
P2/DIP-Wasser->6h	2 50.0%	2 50.0%	4 2.1%	
Spalten-Summe	108 57.4%	80 42.6%	188 100.0%	

ausgeschlossen: fehlende Zeit- oder Zonenangabe

MHK = Verletzungszonen proximal des Mittelgliedes und distal des Endgelenkes
P2/DIP = Verletzungszonen Mittelglied und Endgelenk
Öl = Imprimate 1,3,5,6,8,9,10
Wasser= Imprimate 2,4,7,11-13 Imprimatbezeichnungen siehe Tab. 9 S. 71

Tabelle 17
Zusammenhangstabelle zwischen den Operationsarten 1 u.2 (=kl.OP), 3 - 5 (=gr.OP) und der Amputationsrate, gruppiert nach gleichem Verletzungsort und gleicher Imprimatgruppe (jeweils zu zwei Gruppen zusammengefaßt), im eigenen Krankengut

Art der Operation	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
ausgeschlossen	1 25.0%	3 75.0%	4 4.7%
MHK-Öl-kl. Op	8 61.5%	5 38.5%	13 15.3%
MHK-ÖL-gr. Op	24 80.0%	6 20.0%	30 35.3%
MHK-Wasser kl. OP	3 100.0%	0 0.0%	3 3.5%
MHK-Wasser gr- OP	19 95.0%	1 5.0%	20 23.5%
P2/DIP-Öl-kl. OP	5 62.5%	3 37.5%	8 9.4%
P2/DIP-Öl-gr. OP	3 50.0%	3 50.0%	6 7.1%
P2/DIP-Wass kl. OP	0 0 .0%	0 0 .0%	0 0.0%
P2/DIP-Wass gr. OP	1 100.0%	0 0 .0%	1 1.2%
Spalten Summe	64 75.3%	21 24.7%	85 100.0%

ausgeschlossen: 1* konservative Behandlung, 1* primäre Operation, 2* fehlende Angaben der Verletzungszone

MHK = Verletzungszonen proximal des Mittelgliedes und distal des Endgelenkes
P2/DIP = Verletzungszonen Mittelglied und Endgelenk
Öl = Imprimate 1,3,5,6,8,9,10
Wasser = Imprimate 2,4,7,11-13 Imprimatbezeichnungen siehe Tab. 8 S. 70

Tabelle 18
Zusammenhangstabelle zwischen Operationsart (1,2 = kl.Op; 3,4,5 = gr.Op) und Amputationsrate, gruppiert in gleiche Verletzungszone und gleiche Imprimatgruppe (jeweils zu zwei Gruppen
zusammengefaßt), im veröffentlichten Krankengut

Art der Operation	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
ausge-schlossen	11 50.0%	11 50.0%	22 11.7%
MHK-Öl-kl. Op	10 26.3%	28 73.7%	38 20.2%
MHK-Öl-gr. Op	33 58.9%	23 41.1%	56 29.8%
MHK-Wasser kl. Op	13 81.3%	3 18.8%	16 8.5%
MHK-Wasser gr. Op	33 91.7%	3 8.3%	36 19.1%
P2/DIP-Öl kl. Op	1 12.5%	7 87.5%	8 4.3%
P2/DIP-Öl gr. Op	4 50.0%	4 50.0%	8 4.3%
P2/DIP-Wass kl. Op	1 50.0%	1 50.0%	2 1.1%
P2/DIP-Wass gr. Op	2 100.0%	0 0 .0	2 1.1%
Spalten-Summe	108 57.4%	80 42.6%	188 100.0%

ausgeschlossen: unvollständige Angaben

MHK = Verletzungszonen proximal des Mittelgliedes und distal des Endgelenkes
P2/DIP = Verletzungszonen Mittelglied und Endgelenk
Öl = Imprimate 1,3,5,6,8,9,10
Wasser = Imprimate 2,4,7,11-13 Imprimatbezeichnungen siehe Tab. 9 S. 71

Tabelle 19
Zusammenhangstabelle zwischen der Operationsart (1,2 = kl.Op; 3-6 = gr.Op) und der Summe der Folgen im eigenen Krankengut

Art der Operation	Summe <= 2	Summe > 2	Reihen-Summe
fehlende Angaben	1 33.3%	2 66.7%	3 3.5%
MHK-Öl-kl. Op	5 38.5%	8 61.5%	13 15.3%
MHK-ÖL-gr. Op	12 40.0	18 60.0%	30 35.3%
MHK-Wasser kl. OP	2 66.7%	1 33.3%	3 3.5%
MHK-Wasser gr- OP	19 95.0%	1 5.0%	20 23.5%
P2/DIP-Öl-kl. OP	3 37.5%	5 62.5%	8 9.4%
P2/DIP-Öl-gr. OP	2 33.3%	4 66.7%	6 7.1%
P2/DIP-Wass gr. OP	0 0 .0%	2 100.0%	2 2.4%
Spalten Summe	44 51.8%	41 48.2%	85 100.0%

MHK = Verletzungszonen proximal des Mittelgliedes und distal des Endgelenkes
P2/DIP = Verletzungszonen Mittelglied und Endgelenk
Öl = Imprimate 1,3,5,6,8,9,10
Wasser= Imprimate 2,4,7,11-13 Imprimatbezeichnungen siehe Tab. 8 S. 70

Tabelle 20
Zusammenhangstabelle zwischen dem Zeitintervall bis zur ersten Operation (<48h, >48h) und der Amputationshäufigkeit im eigenen Krankengut

Zeit-intervall	Keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
keine Operation	1 100.0%	0 0 .0%	1 1.2%
< 48 h	59 77.6%	17 22.4%	76 89.4%
> 48 h	4 50.0%	4 50.0%	8 9.4%
Spalten-Summe	64 75.3 %	21 24.7%	85 100.0%

Tabelle 21
Zusammenhangstabelle zwischen dem Zeitintervall bis zur ersten Operation (<48h, >48h) und der Amputationshäufigkeit im veröffentlichten Krankengut

Zeit-intervall	keine Amputation	Amputation	Reihen-Summe
fehlende Angaben	4 80.0%	1 20.0%	5 2.7%
< 48 h	85 56.3%	66 43.7%	151 80.3%
> 48 h	19 59.4%	13 40.6%	32 17.0%
Spalten-S umme	108 57.4%	80 42.6%	188 100.0%

Tabelle 22
Häufigkeit des Vorkommens der Imprimatgruppen in den beiden Zeitintervallen bis zur ersten Operation (<48h, >48h) im eigenen Krankengut

Zeit-intervall	Gruppe Öl	Gruppe Wasser	Reihen-Summe
keine Operation	0 0 .0%	1 100.0%	1 1.2%
< 48 h	52 68.4%	24 31.6%	76 89.4%
> 48 h	7 87.5%	1 12.5%	8 9.4%
Spalten-Summe	59 69.4%	26 30.6%	85 100.0%

Tabelle 23
Häufigkeit des Vorkommens der Imprimatgruppen in den beiden Zeitintervallen bis zur ersten Operation (<48h, >48h) im veröffentlichten Krankengut

Zeit-intervall	Gruppe Öl	Gruppe Wasser	Reihen-Summe
fehlende Angaben	1 20.0%	4 80.0	5 2.7%
< 48 h	106 70.2%	45 29.8%	151 80.3%
> 48 h	14 43.8%	18 56.3%	32 17.0%
Spalten-Summe	121 64.4%	67 35.6%	188 b100.0%

LITERATURVERZEICHNIS

Abernethy, P. J., J. G. Guy: An unusual injection injury of the thumb. The Hand 4, (1972), 173-175

Adams, J. P., N. Fee, P. I. Kenmore: Tear-gas injuries. A clinical study of hand injuries and a experimental study of its effects on peripheral nerves and skeletal muscles in rabbits. Journal of Bone and Joint Surgery 48-A, (1966), 436

Apfelberg, D. B., H. Lash, M. R. Maser et al.: High-pressure silicone injection injury of the hand. Journal of Trauma 15, (1975), 922-925

Baker, J. M.: Molten plastic injuries of the hand. Plastic and Reconstructive Surgery 15, (1955), 233-240

Bauer, U.: Dringlichkeit der Behandlung von Einspritzverletzungen unter hohem Druck. Schriftenreihe: Unfallmedizinische Tagungen der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenos-senschaften 27, (1976), 179-185

Bauer, H. P., H. G. Haas: Spritzpistolenverletzungen an der Hand. Chirurgische Praxis 25, (1979), 303-310

Baylor, C. H., C. L. Samuelson, H. A. Sinclaire: Treatment of grease gun injuries. Journal of Occupational Medicine 15, (1973), 799-800

Beguin, J. M., G. Poilvache, J. van Meerbeeck, A. de Coninck: Lesion de la main par injection sous haute pression. Annales de Chirurgie de la Main 4, (1985), 37-42

Bell, R. C.: Grease-gun injuries. British Journal of Plastic Surgery 5, (1952), 138-145

Benson, E. A.: Grease gun injury. British Journal of Surgery 56, (1969), 397-399

Bertolotti, P., M. Rossello, G. Novara, C. Grandis: Grave edema della mano secondario a necrosi chimica della telefalange del 2' dito da iniezione ad alta pressione. Chirurgia della Mano 23, (1986), 143- 147

Blue, A. I., M. J. Dirstine: Grease gun damage. Subcutaneous injection of paint, grease, and other materials by pressure guns. Northwest Medicine 64, (1965), 342-344

Booth, C. M.: High pressure paint gun injuries. Occupational Health 62, (1978), 558-563

Bottoms, R. W. A.: A case of high pressure hydraulic tool injury to the hand, its treatment aided by dexamethazone and a plea for further trial of this substance. Medical Journal of Australia 2, (1962), 591-592

Bourrel, P., R. Damas, H. Robert, P. Nosny: Plaies de la main par explosion de fusils de chasse. Afrique Médical, (Algier) 10, (1971), 845-848

Brooke, R., C. J. Rooke: Two cases of grease-gun finger. British Medical Journal 2, (1939), 1186

Brunner, U., B. Egloff: Handverletzungen mit Spritzpistole Schweizer Medizinische Wochenschrift 96, (1966), 1087-1094

Burke, P. J., W. B. Conolly: Paint gun injection injury of the hand: a surgical emergency. Medical Journal of Australia 2, (1973), 276-278

Byrne, J. J.: Grease gun injuries. Journal of the American Medical Association 125, (1944), 405-407

Childress, M. H.: High pressure injection injury of the hand. Journal of the National Medical Association 69, (1977), 663-664

Crabb, J. M.: The value of plain radiographs in treating grease-gun injuries. The Hand 13, (1981), 39-42

Craig, Edward V.: A new high-pressure injection injury of the hand. Journal of Hand Surgery 9A, (1984), 240-242
Cruickshank, A. H.: Parafinoma of the peritoneum. Lancet 1, (1941), 4-6

Daum, R. G.: Spritzpistolenverletzungen der Hand. Notfall-medizin 3, (1977), 18-23

De Beaux, J. L. M.: High-pressure water jet injury. British Medical Journal 280, (1980), 1417-1418

Descamp, M. F.: Sur un cas de nécrose palpébro-orbitaire retardée par projection d'huile industrielle sous pression. Bulletin des Sociétés d'Ophtalmologie de France,, 932-935

Dial, D. E.: Hand injuries due to injection of oil at high pressure. Journal of the American Medical Association 110, (1938), 1747

Dickson, R. A.: High pressure injection injuries of the hand - a clinical, chemical and histological study. The Hand 2, (1976), 189-193

Edgerton, N. M.: Grease gun injury of the hand. Journal of Bone and Joint Surgery 45-A, (1963), 882

Engel, J., E. Lin, H. Tsur: Neurovascular island flap reconstruction following high pressure injection injuries of the hand. Injury:the British Journal of Accident Surgery 13, (1982), 181-184

Farooq, P., M. D. Agha: High pressure paint gun injuries of hand. Clinical and roentgen aspects. New York State Journal of Medicine (1978), 1955-1956

Flint, M. H.: Plastic injection moulding injury. British Journal of Plastic Surgery 19, (1966), 70-78

Frank, E.: Hand- und Fingerverletzungen durch Schmieröl unter hohem Druck. Wiener Klinische Wochenschrift 2, (1955), 23-24

Frank, E.: Fettpressenverletzungen. Aktuelle Chirurgie 4, (1967), 241-246

Gardner, A. W.: High-pressure water injury. Transactions of the Society of Occupational Medicine 16, (1966), 30

Gelberman, R. H., J. L. Posch, J. M. Jurist: High pressure injection injuries of the hand. Journal of Bone and Joint Surgery 57-A, (1975), 935-937

Geldmacher, J., E. Burg: Arbeitsunfall und Handverletzung. Münchner medizinische Wochenschrift 115, (1973), 1211-1216

Geller, E. R., E. Grusel: A unique case of high-pressure injection injury of the hand. Journal of Trauma 26, (1986), 483-485

Gillespie, C. A., G. T. Rodeheaver, Sh. Smith, M. T. Edgerton, R. F. Edlich: Airless paint gun injuries: definition and management. American Journal of Surgery 128, (1974), 383-391

Ginesy, G.: A propos de 2 cas d'injection sous haute pression de corps étranger dans la main. Bordeaux, Thèse, (1974), No 389

Golay, L., C. Verdan: Mortification tissulaire par jet de mazout. Zeitschrift für Unfallmedizin und Berufskrankheiten 49, (1956), 115-121

Gray, W.: Grease gun injuries. New Zealand Medical Journal 97, (1984), 89-90

Greenberg, M. I.: High-pressure injection injury with river water. Journal of the American College of Emergency and Physicians 7, (1978), 241-242

Griffiths, J. C.: Plastic injection injury of the hand. Injury:the British Journal of Accident Surgery 3, (1976), 143-144

Harrison, R.: Grease-gun injury. British Journal of Surgery 46, (1959), 514-515

Harter, B. T. Jr., K. C. Harter: High-pressure injection injuries. Hand Clinics 2, (1986), 547-552

Hentschel, M.: Verletzungen der Hand durch Fettpressen und Spritzpistolen. Handchirurgie 2, (1970), 171-174

Herrick, R.T., R. D. Godsil, J. H. Widener: High-pressure injection injuries to the hand. Southern Medical Journal 73, (1980), 896-898

Hesse, E.: Die chirurgische und gerichtlich-medizinische Bedeutung der künstlich hervorgerufenen Erkrankungen. Archiv für klinische Chirurgie 136, (1925), 277-291

Hirst, A. E., D. G. Heustis, B. Rogers-Neufeld, F. B. Johnson: Sclerosins lipogranuloma of the scalp. A report of two cases. American Journal of Clinical Pathology 82, (1984), 228-231

Hughes, J. E.: Penetration of tissue by diesel oil under pressure. Journal of the American Medical Association 116, (1941), 2848-2849

Hunt, H. I.: Conclusions 100 cases of parafinoma. Medical Times, New York, 52, (1924), 145-148

Hutchinson, C. H.: Hand injuries caused by injection of cement under pressure. Journal of Bone and Joint Surgery 50-B, (1968), 131-133

Innes, B.: Grease gun finger. New Zealand Medical Journal 58, (1959), 177-178

Jones, J. B.: Gangrene of a finger due to hydraulic fluid. Clinical Orthopaedics and Related Research 32, (1964), 110-113

Jouglard, J. P., H. Bureau, H. Tramier, A. Thion: A propos de quatre cas de corps étrangers de la main injectés sous pression. Marseille Chirurgical, XXII, 4, (1970),411-414

Karaharju, E. O., P. Slätis: Angiography after paint-gun injury of the hand: a case report. Injury:the British Journal of Accident Surgery 9, (1977), 66-67

Karlbauer, A., F. Gasperschitz: High-pressure injection injury: a hand-threatening emergency. Journal of Emergency Medicine 5, (1987), 375-379

Kaufman, H. D., H. O. Williams: Systemic absorption from high pressure spray gun injuries. British Journal of Surgery 53, (1966), 57 -58

Kaufman, H. D.: The anatomy of experimentally produced high-pressure injection injuries of the hand. British Journal of Surgery 55, (1968), 340-344

Kaufman, H. D.: The clinicopathological correlation of high pressure injection injuries. British Journal of Surgery 55, (1968), 214-217

Kaufman, H. D.: High pressure injection injuries: the problems, pathogenesis and mangement. The Hand 2, (1970), 63-73

Kleinfeld, F., R. Bässler: Klinik und Pathomorphologie traumatischer Ölimpressionen, sogenannter “grease gun injury”. Chirurg 46, (1975), 362-367

Koneczny, O.: Handverletzungen durch hochdruckbetriebene Maschienenwerkzeuge. Monatsschrift für Unfallheilkunde 5, (1967), 204-218

Kon, M., A. Sagi: High-pressure water jet injury of the hand. Journal of Hand Surgery 10A, (1985), 412-414

Krohn, Karl-Heinrich: Über Paraffinome der Mamma. Zentralblatt für Chirurgie 45, (1930), 2772-2781

Lehmköster, A., P. R. Zellner: Hochdruckeinspritzverletzungen der Hand. Unfallchirurg 89, (1986), 62-67

Lewis, R. C. Jr.: High-compression injection injuries to the hand. Emergency Medicine Clinics of North America, 3, (1985), 373-381

Lilis, R., S. M. Green, A. Fischbein: Paint spray gun injury of the hand. Report of an unusual source of lead poisoning. Journal of the American Medical Association 246, (1981), 1233

Lin, E., J. Engle, J. J. Bubis: Experimental study of high pressure injection injury. Orthopaedic Review 11, (1982), 101

Lotem, M., B. Conforty: High pressure injection injuries of the hand. Ha-refu'a, Tel Aviv, 89, (1975), 213

Macaulay, J. C.: Occupational high-pressure injection injury. British Journal of Dermatology 115, (1986), 379-381

Magalon, G., J. Dreant, H. Bureau: Injection dans les doigts de liquide a haute pression. A propos de sept cas. Annales de Chirurgie 32, (1978), 575-577

Mann, R. J.: Paint and grease gun injuries of the hand. Journal of the American Medical Association 231, (1975), 933

Mason, M. L., F. B. Queen: Grease gun injuries to the hand: pathology and treatment of injuries (oleomas) following the injection of grease under high pressure. Quarterly Bulletin of Northwestern University Medical School 15, (1941), 122-132

Masse, A.: Les traumatismes de la main par injection de peinture sous forte pression. Médicine et Hygiene,(Genève), 27, (1969), 512-514

McClinton, M. A., S. Wright: High-pressure tool injection injuries. Maryland Medical Journal 34, (1985), 289-291

Meyrueis, J. P.: Injections dans la main de corps etrangers sous tres haute pression. Annales de Chirurgie 30, (1976), 867-869

Milliken, T. W., T. S. Weston: Grease gun injuries. New Zealand Medical Journal 59, (1960), 413-416

Mook, W. H., W. G. Wander: Camphorated oil tumors. Journal of the American Medical Association 73, (1919), 1340

Morley, R.: Injuries due to accidental injection of paint from high pressure paint guns. British Medical Journal 1, (1967), 25-26

Mrvos, R., B. S. Dean, E. P. Krenzelok: High pressure injection injuries: a serious occupational hazard. Journal of Toxicology. Clinical Toxicology 25, (1987), 297-304

Müller, K. L.: Verletzungen mit Hochdruckschmierfett. Wiener klinische Wochenschrift 77, (1965), 770-771

Nahigian, S. H.: Airless spray gun. Journal of the American Medical Association 195, (1966), 688-691

Niinimäki, T., M. I. Kairaluoma, L. Ala-Ketola: High pressure injection injuries of the hand. Duodecim 92, (1976), 1326-1330

Osborne, J. C.: Grease gun injury. Canadian Journal of Surgery 3, (1960), 339-340

O'Reilly, R. J., Blatt, G.: Accidental high-pressure injection-gun injuries of the hand. Journal of Trauma 15, (1975), 24-31

O'Reilly, R. J., G. Blatt: High pressure injection injury. Journal of the American Medical Association 233, (1975), 533-534

Palmieri, Th. J.: High pressure injection injuries of the hand, treatment by early mobilization. Bulletin of the Hospital for Joint Diseases, Long Island Jew.-Hillside 35, (1974), 18-35

Phelps, D. B., H. Hastings, J. A. Boswick: Systemic corticosteroid therapy for high-pressure injection injuries of the hand. Journal of Trauma 17, (1976), 206-210

Philipson, J. A. M.: Grease-gun injury. British Medical Journal 11, (1964), 1197

Poldermans, L.: Handverwondig door hoge-drukpistolen. Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde 121, (1977), 741-744

Pons, M.: Accidents du travail par injection dans la main de liquides à haute pression (à propos de 7 observations orginales). Marseille, Thèse, (1976)

Rains, A. J. H.,: Grease-gun injury to the hand. British Medical Journal 15, (1958), 625-626

Ramos, H., J. L. Posch, K. K. Lie: High-pressure injection injuries of the hand. Plastic and Reconstructive Surgery 45, (1970), 221-226

Rees, C. E.: Penetration of tissue by fuel oil from diesel engine. Journal of the American Medical Association 109, (1937), 866-867

Rees, C. E.: Penetration of tissue by fuel oil from diesel engine, queries and minor notes. Journal of the American Medical Association 108, (1937), 225-226

Reid, D. A. C.: HIGH PRESSURE OIL INJEKTION. In Clinical Surgery, C. Rob, R. Smith (Eds), Vol 7, The Hand, R.G.Pulvertaft, (Ed), London, Butterworths, 1966, 154-155

Roberts, T. L., H. E. Kleinert, J. P. Hsu: High pressure injection injuries of the hand: The first hundred cases. Journal of Bone and Joint Surgery 57-A, (1975), 725

Rose, E.: Gefährliche Spätfolgen von Paraffininjektionen. Bruns' Beiträge zur klinischen Chirurgie 123, (1925), 244-263

Rosser, C., S. A. Wallace: Tumor Formation. Pathologic changes consequent to injection of oils under rectal mucosa. Journal of the American Medical Association 99, (1932), 2167-2170

Salisbury, R. E.: Soft tissue injuries of the hand. Hand Clinics 2, (1986), 25-32

Scharizer, E.: Der Zeitfaktor bei der Behandlung von Spritzpistolenverletzungen. Aktuelle Traumatologie 11, (1981), 84-86

Scharizer, E.: Spritzpistolenverletzungen. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Präventivmedizin 19, (1984), 227-228

Scher, C., F. Schuh, J. Shand Harvin: High-pressure paint gun injuries of the hand: a report of two cases. British Journal of Plastic Surgery 26, (1973), 167-171

Schmorl, G.:Paraffingranulome. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde Dresden. Referiert in Münchner Medizinische Wochenschrift, (1922), 215

Schoo, M. J., F. A. Scott, J. A. Boswick: High-pressure injection injuries of the hand. Journal of Trauma 20, (1980), 229-238

Scott, A. R.: Occupational high-pressure injection injuries: pathogenesis and prevention. Journal of Occupational Medicine 33, (1983), 56-59

Silsby, J. J.: Pressure gun injection injuries of the hand. The Western Journal of Medicine 125, (1976), 271-276

Smith, F. H.: Penetration of tissue by grease under pressure of 7,000 pounds. Journal of the American Medical Association 112, (1939), 907-908

Smith, M. G. H.: Grease-gun injury. British Medical Journal 10, (1964), 918-920

Smoot, E. C., M. C. Robson: Acute management of foreign body injuries of the hand. Annals of Emergency Medicine 12, (1983), 434-437

Souquet, R., M. Mansat, H. Bizou: Les blessures de la main par injection percutanée de fluides sous haute pression. Revue Médicale de Toulouse VII, (1971), 399-405

Spak, I.: Finger injury caused by paint spray gun. Acta Chirurgica Scandinavica 133, (1967), 331-332

Stark, H. H., J. N. Wilson, J. Boyes: Grease-gun injuries of the hand. Journal of Bone and Joint Surgery 43-A, (1961), 485-491

Stark, H. H., Ch. R. Ashworth, J. H. Boyes: Paint-gun injuries of the hand. Journal of Bone and Joint Surgery 49-A, (1967), 637-647

Stepanuk, M.: High-pressure injection injuries to the Hand: Report of 18 cases. Journal of the American Osteopathic Association 75, (1976), 739-925

Symonds, F. C., A. L. Garnes: Tear gas gun injury of the hand. Plastic and Reconstructive Surgery 39, (1967), 175-177

Tanzer, R. C.: Grease gun type injuries of the hand. Surgical Clinics of North America 43, (1963), 1227-1282

Tanzer, R.: Grease-gun injury of the hand. Journal of Bone and Joint Surgery 45-A, (1963), 882

Thakore, H. K.: Hand injury with paint-gun. Journal of Hand Surgery 10B, (1985), 124-126

Vente, J. P., R. J. Bolhuis: Airless paint-gun injuries of the hand: a report of three cases. Injury: the British Journal of Accident Surgery 16, (1984), 91-93

Vinograndov, I.: Über Spätfolgen künstlicher Oleogranulome. Archiv für klinische Chirurgie 187, (1936), 69-78

Vivian, D. N., S. G. Christian: Grease gun injuries. Industrial Medicine and Surgery 25, (1956), 282-284

Walker, W. A., R. P. Burns, J. Adams: High-pressure water injury: case report. Journal of Trauma 29, (1989), 258-260

Walton, S.: Injection gun injury of the hand with anticorrosive paint and paint solvent. Clinical Orthopaedics and Related Research 74, (1971), 141-145

Waters, W. R., I. Penn, H. M. Ross: Airless paint gun injuries of the hand: A Clinical and Experimental Study. Plastic and Reconstructive Surgery 39, (1967), 613-618

Weeks, P. M.: Airless paint gun injuries of the hand. Journal of the Kentucky Medical Association 65, (1967), 1086-1089

Weise, G., G. Bader: Hochdruckverletzungen des Fingers durch Öl. Zentralblatt für Chirurgie 100, (1975), 1045-1048

Weltmer, J. B., L. L. Pack: High-pressure water-gun injuries to the extremities. Journal of Bone and Joint Surgery 70-A, (1988), 1221-1223

Williams, C. S., D. C. Riordan: High velocity injection injuries of the hand. Southern Medical Journal 67, (1974), 295-302

Wofford, B. H.: Treatment of high velocity paint gun injury of the hand. Southern Medical Journal 66, (1967), 307 + 344

Wolf, G. D.: Paraffinoma of the Nose. American Journal of Surgery 55, (1942), 152-155

Workman, C. E.: Power paint sprayer injuries to hand. Missouri Medicine (St.Louis) 60, (1963), 856-858

Yaxley, R. P.: Diesel oil injection injuries. British Medical Journal 2, (1960), 714-715

Zimmermann, H. G.: Dringlichkeit der Behandlung von Spritzpistolenverletzungen. Hamburger Ärzteblatt 11, (1981), 417-419

Zook, E., L. Kinkead: Pressure gun injection injuries of the hand. Journal of the American College of Emergency Physicians 8, (1979), 264-266

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr.
D. Buck-Gramcko für die Anregung
zu dieser Arbeit und die groß-
zügige Unterstützung bei deren
Ausführung.

Des weiteren danke ich Herrn
Prof. Dr. J. Berger für die
Beratung bezüglich der statisti-
schen Aussagekraft der Daten

und nicht zuletzt meiner Frau,
Maren Ulmer, für das Lesen der
Korrekturen.

Lebenslauf

1947	wurde ich, Jan Wolfgang Ulmer, als Sohn des damaligen Universitätsdozenten der Philosophie, Dr. Karl Ulmer und seiner Ehefrau Viktoria, geb. Bernhardt, am 16.12. in Freiburg im Breisgau geboren
1954	Volkschuleintritt in Freiburg
1958	Besuch des humanistischen Berthold-Gymnasiums in Freiburg
1958	Umschulung in das humanistische Uhland-Gymnasium in Tübingen am Neckar
1963	Besuch des neusprachlichen Gymnasiums der Internatsschule in Königsfeld im Schwarzwald
1965	Besuch des neusprachlichen Friedrich-List-Gymnasiums in Reutlingen
1966	Wechsel auf den naturwissenschaftlich-mathematischen Zweig des Friedrich-List-Gymnasiums in Reutlingen
1967	Abitur. Beginn des Medizinstudiums in Freiburg im Breisgau
1970	ärztliche Vorprüfung in Freiburg
1970	Fortsetzung des Studiums in Kiel
1974	Medizinalassistent vom 1.1.-28.2. in der Gynäkologischen Klinik der Universität Kiel, vom 1.3.-30.6. in der Chirurgisch-Orthopädischen Klinik Lubinus in Kiel, vom 1.8.-30.11. in der Inneren Medizin des Städtischen Krankenhauses Kiel und vom 1.12.-31.1.75 in der Klinik Taubertal der BfA (Innere Medizin) in Bad Mergentheim
1975	am 31.1. Approbation als Arzt und Ausbildung in Innerer Medizin an der Klinik Taubertal als Assistenzarzt bis 31.12.77, unterbrochen von der Tätigkeit als Truppenarzt vom
1976	1.1.- 31.3.1977
1978	ab 1.1. Beginn der chirurgischen Ausbildung im Kreiskrankenhaus Bad Mergentheim unter Prof. Dr. H. Schaudig
1981	1.5.- 30.6. Gastarzt an der Handchirurgischen Abteilung der Universitätsklinik Erlangen unter Prof. Dr. J. Geldmacher. Oktober 1981 Kurs für Mikrochirurgie der Gefäße und Nerven bei Prof. Biemer, Abt. f. Plastische Chirurgie am Klinikum rechts der Isar in München
1983	20.9. Anerkennung als Arzt für Chirurgie
1984	9.1.- 30.5. Gastarzt an der Handchirurgischen Abteilung der Universitätsklinik Würzburg unter Prof. Dr. U. Lanz
1986	seit 1.4. Fortführung der handchirurgisch-plastischen und mikrochirurgischen Weiterbildung an der Abteilung für Handchirurgie und Plastische Chirurgie des Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses in Hamburg unter Prof. Dr. D. Buck-Gramcko, zunächst als Assistent und seit 1.9.
1987	als Oberarzt