

KALKULIERTE UNFALLCHIRURGISCHE ERSTVERSORGUNG

Diagnostik

Klassifikation

Erstversorgung

Bibliografische Information der
Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Anschrift des Verlags:
KVM – Der Medizinverlag
Dr. Kolster Verlags-GmbH
Ifenpfad 2–4
12107 Berlin

© KVM – Der Medizinverlag Dr. Kolster Verlags-GmbH,
ein Unternehmen der Quintessenz-Verlagsgruppe

www.kvm-medizinverlag.de

1. Auflage 2014

Printed in Germany

Wichtiger Hinweis:

Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen
Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische
Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse. Soweit in
diesem Werk Behandlungsempfehlungen gegeben
werden, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass
Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt dar-
auf verwandt haben, dass diese Angabe dem Wissens-
stand bei Fertigstellung des Werkes entspricht.

Für Angaben über Anwendungsformen, -techniken
und -häufigkeiten kann vom Verlag jedoch keine
Gewähr übernommen werden. Jeder Benutzer
ist angehalten, beim Verwenden von Präparaten
durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel und
gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten
festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für
Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikatio-
nen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht.
Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei seltenen
Indikationen, Lokalisationen oder selten verwendeten
Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt
gebracht worden sind. Jede Behandlung erfolgt auf
eigene Gefahr des Benutzers. Autoren und Verlag
appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende
Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

Projektleitung: Florian Wilhelmy, Marburg
Lektorat: Florian Wilhelmy, Marburg
Layout und Satz: www.tritopp.de, Berlin
Endkorrektur: Dominique Amare, Lisa Apel; Marburg,
Alisa von Seydlitz-Kurzbach, Berlin
Zeichnungen (S. 60/66): Florian Roessler, Berlin
Umschlaggestaltung: David Kühn, Berlin
Umschlagfoto: © VILevi – fotolia.com
Gesamtproduktion: KVM – Der Medizinverlag, Berlin
Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Berlin

ISBN: 978-3-940698-98-8

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen
des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages
unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die
Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

KALKULIERTE UNFALLCHIRURGISCHE ERSTVERSORGUNG

Diagnostik

Klassifikation

Erstversorgung

Jörg Schmidt · Senat Krasnici · Ina Schmidt

Mit 361 Abbildungen

K|V|M

Autoren

Friedemann Bauer

Klinik für Endoprothetik, Sana Kliniken Sommerfeld,
Hellmuth-Urici-Kliniken
Waldhausstr. 44, 16766 Kremmen

Prof. Dr. med. Andreas David

HELIOS Kliniken Barmen, Zentrum für Unfallchirurgie und
Orthopädische Chirurgie
Heusnerstr. 40, 42283 Wuppertal

Prof. Dr. med. Erich Donauer

MediClin Krankenhaus Plau am See, Klinik für Neurochirurgie
und Stereotaxie; Klinik für Frührehabilitation Phase B
Quetziner Strasse 88, 19395 Plau am See

Dr. med. dent. Christoph Dröseler

Praxis MKG-Chirurgie, Ärztehaus am Forum Pankow
Damerowstr. 6-7, 13187 Berlin

Dr. med. Antonio Ernstberger

Abteilung Unfallchirurgie, Universitätsklinikum, Abt.
Unfallchirurgie
Franz-Jos.-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

Prof. Dr. med. Sascha Flohé

Stellvertretender Klinikdirektor, Klinik für Unfall- und
Handchirurgie
Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf

Prof. Dr. med. Andreas M. Halder

Klinik für Endoprothetik, Sana Kliniken Sommerfeld,
Hellmuth-Urici-Kliniken
Waldhausstr. 44, 16766 Kremmen

Dr. med. Volkmar Heppert

Chefarzt Septische Chirurgie, BG Unfallklinik Ludwigshafen
Ludwig-Guttman-Straße 13, 67071 Ludwigshafen

Dr. med. Frank Hoffmann

Klinik f. Unfallchirurgie, Klinikum Frankfurt, Müllroser
Chaussee 7, 15236 Frankfurt (Oder)

Dr. med. Senat Krasnici

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Campus
Benjamin-Franklin
Charité, Hindenburgdamm 30, 12203 Berlin

Dr. med. Andreas Krause

Orthopädie und Unfallchirurgie, Aneos Klinikum
Schönebeck
Köthener Straße 13, 39218 Schönebeck

Dr. med. Dr. med. dent. Matthias Krause

Praxis MKG-Chirurgie, Ärztehaus am Forum Pankow
Damerowstr. 6-7, 13187 Berlin

PD Dr. med. Martin Kruchewski

Klinik für Allgemein- und Visceralchirurgie, Städtisches
Klinikum Solingen
Gotenstr. 1, 42653 Solingen

Dr. med. Sönke Labza

Klinik für Orthopädie, und Unfallchirurgie, DRK Kliniken
Berlin Westend
Spandauer Damm 130, 14050 Berlin

Prof. Dr. med. Stefan Langner

Translationszentrum für Regenerative Medizin, Universität
Leipzig
Liebigstr. 20, Haus 4, 04103 Leipzig

Dr. med. Gunda Leschber

Evangelische Lungenklinik Berlin
Lindenberger Weg 27, 13125 Berlin

Dr. med. Markus Markart

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Campus
Benjamin-Franklin
Charité, Hindenburgdamm 30, 12203 Berlin

Dr. med. Markus Meinhold

Klinik für Orthopädie, Unfall-, Hand- und Wiederherstel-
lungschirurgie – Unfallklinik, Asklepios Klinik Weißenfels
Naumburger Str. 76, 06667 Weißenfels

Dr. med. Thorben Müller

Unfallchirurgische Klinik, Universitätsklinikum Marburg,
Zentrum f. Notfallmedizin
Baldingerstr. 1, 35043 Marburg

Prof. Dr. med. Michael Nerlich

Abteilung Unfallchirurgie, Universitätsklinikum, Abt.
Unfallchirurgie
Franz-Jos.-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

Dr. med. Thomas Pillukat

Klinik für Handchirurgie, Rhön-Klinikum
Salzburger Leite 1, 97616 Bad Neustadt

Dr. med. Falk Reuther

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, DRK Klinikum
Berlin Köpenick
Salvador-Allende-Str. 2-8, 12559 Berlin

Dr. med. Andrej Ring

Translationszentrum für Regenerative Medizin, Universität
Leipzig
Liebigstr. 20, Haus 4, 04103 Leipzig

Prof. Dr. med. Steffen Ruchholz

Unfallchirurgische Klinik, Universitätsklinikum Marburg,
Zentrum f. Notfallmedizin
Baldingerstr. 1, 35043 Marburg

Ina Schmidt

trauma-and-more, Sachsenstr. 36, 16356 Werneuchen

Dr. med. Jörg Schmidt

Klinik für Orthopädie, Unfall-, Hand- und Wiederherstel-
lungschirurgie – Unfallklinik, Asklepios Klinik Weißenfels
Naumburger Str. 76, 06667 Weißenfels

Sylke Schumann

Therapiezentrum, Asklepios Klinik Weißenfels
Naumburger Str. 76, 06667 Weißenfels

Dr. med. Franz Smiszek

Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Ernst-
Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Ferdinand-Sauerbruch-Straße, 17475 Greifswald

Egbert Thesing

Projektmanagement Trauma, Fa. Synthes,
Im Kirchenhürstle 4 -6, 79224 Umkirch

Dr. med. Michaela Tschöpe

Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative
Intensivmedizin
Hindenburgstr. 30, 12203 Berlin

Prof. Dr. med. Jörg van Schoonhoven

Klinik für Handchirurgie, Rhön-Klinikum
Salzburger Leite 1, 97616 Bad Neustadt

Dr. med. Klaus Peter Vorderwinkler

Klinik für Handchirurgie, Rhön-Klinikum
Salzburger Leite 1, 97616 Bad Neustadt

Dr. med. Petra Wegermann

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Palliativme-
dizin, Asklepios Klinik Weißenfels
Naumburger Straße 76, 06667 Weißenfels

Prof. Dr. med. Andreas Woltmann

Klinik für Allgemeine und Unfallchirurgie, Berufsgenossen-
schaftliche Unfallklinik Murnau
Prof.-Küntscher-Str. 8, 82418 Murnau

Dr. med Clemens von Zerssen

Klinik für Allgemeine und Unfallchirurgie, Berufsgenossen-
schaftliche Unfallklinik Murnau
Prof.-Küntscher-Str. 8, 82418 Murnau

Vorwort

Ziel dieses Buches ist die übersichtliche Darstellung der kalkulierten Erstversorgung der relevantesten Monoverletzungen in der Unfallchirurgie.

Zielgruppe für das Buch sind junge Assistenzärzte in den ersten Jahren der Ausbildung, aber auch fachfremde Ärzte im Rahmen fachübergreifender Rettungsdienstleistungen.

Das Buch gibt neben einer kurzen Einführung in die Problematik der beschriebenen Verletzung eine diagnostische Hilfestellung sowie eine Übersicht über Verfahren und Zeitpunkt der Erstversorgung. Außerdem werden Tricks, Techniken und Hinweise von erfahrenen Unfallchirurgen erläutert, die anhand von relevanten Beispielbildern, wenigen aktuellen Literaturstellen und Verweisen auf die aktuellen Ausgaben der Leitlinien dem Anfänger und Fachfremden bei der Versorgung von Patienten mit Monoverletzungen einen diagnostischen Faden an die Hand geben und helfen, die ersten therapeutischen Schritte zu planen und einzuleiten.

Inhalt

Autoren	IV	5 Verletzungen der Wirbelsäule	61
Vorwort	VI	5.1 Verletzungen der Halswirbelsäule.....	62
Abkürzungen	IX	5.2 Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule..	68
1 Grundlagen und Pathophysiologie.....	1	6 Verletzungen des Beckens	73
1.1 Systematische Traumreaktion	2	6.1 Beckenverletzungen	74
1.2 Damage Control bei Polytrauma und kalkulierte Erstversorgung bei Monoverletzungen	5	7 Verletzungen des Thorax	77
1.3 Pathophysiologische Veränderungen beim Weichteiltrauma	10	7.1 Pneumothorax.....	78
2 Interdisziplinäre Versorgung	15	7.2 Thorakale Blutungen/Hämatothorax.....	81
2.1 Besonderheiten der unfallchirurgischen Anamnese.....	16	8 Verletzungen der Organe.....	85
2.2 Anästhesiologie – Besonderheiten der Anästhesie bei Unfallverletzten.....	20	8.1 Verletzung der parenchymatösen Organe.....	86
2.3 Prinzipien der externen Ruhigstellung.....	26	8.2 Verletzung von Hohlorganen.....	89
2.4 Lagerung des Verletzten	32	9 Verletzungen der oberen Extremität.....	91
2.5 Versorgungen mit Fixateur externe.....	34	9.1 Kompartmentsyndrom der oberen Extremität	92
2.6 Präoperative Physiotherapie bei Frakturen	40	9.2 Schulterluxationen	94
3 Weichteilverletzungen	41	9.3 Klavikulafrakturen	97
3.1 Weichteilverletzungen.....	42	9.4 Oberarmkopfrühe.....	100
4 Verletzungen des Schädels	41	9.5 Oberarmschaftfrakturen.....	103
4.1 Verletzungen des Neurokraniums.....	48	9.6 Ellenbogenverletzungen	105
4.2 Blutungen aus dem Nasen-, Mund- und Rachenraum.....	58	9.7 Unterarmschaftfrakturen.....	108
		9.8 Distale Unterarmfrakturen.....	111

10 Verletzungen der Hand	115	13 Septische Chirurgie	161
10.1 Luxationsfrakturen des Handgelenks und der Handwurzel	116	13.1 Prinzipien der septischen Chirurgie.....	162
10.2 Frakturen der Mittelhand und der Finger.....	120	13.2 Die infizierte Endoprothese	165
11 Verletzungen der unteren Extremität ..	125	13.3 Gelenkinfekte an der Hand	169
11.1 Kompartmentsyndrom der unteren Extremität ..	126	13.4 Sehnenscheidenphlegmonen an der Hand	172
11.2 Hüftluxationen	128	13.5 Infizierte Osteosynthesen	174
11.3 Hüftgelenksnahe Frakturen	130	Index	178
11.4 Oberschenkelschaftfrakturen	133		
11.5 Instabile knienaehe Frakturen.....	135		
11.6 Unterschenkelschaftfrakturen	138		
11.7 Distale Unterschenkelfrakturen.....	140		
11.8 Verletzungen der Sprunggelenke	142		
12 Verletzungen des Fusses	145		
12.1 Talusfrakturen	146		
12.2 Fersenbeinfrakturen	150		
12.3 Luxationsfrakturen der Fußwurzel – Chopart-/Lisfranc-Luxationsfrakturen	153		
12.4 Mittelfuß- und Zehenfrakturen.....	156		

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	anterior-posterior	LWS	Lendenwirbelsäule
AIS	Abbreviated Injury Score	MESS	Mangled Extremity Severity Score
aPTT	activated Partial Thromboplastin Time (aktivierte, partielle Thromboplastinzeit)	MET	Metabolisches Äquivalent; 4 MET = 1 Stockwerk gehen, leichte Hausarbeit mögl.
ARDS	acute respiratory distress syndrome	MODS	multiple organ dysfunction syndrome
ASA-Klassifizierung	American Society of Anesthesiologists-Klassifikation	MOF	multiple organ failure
ASAT	Aspartat-Amino-Transferase	MRT	Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie)
ASS	Acetyl-Salicylsäure (Aspirin)	MT	Metatarsale
ATLS	Advanced Trauma Live Support	Na ²⁺	Natriumionen
BB	Blutbild	OSG	oberes Sprunggelenk
BGA	Blutgasanalyse	pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
BMS	Bare Metal Stent	(p)DMS	(periphere) Durchblutung, Motorik, Sensibilität
BQS	Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH	PIP	proximale Interphalangealgelenke, Articulationes interphalangeales proximales
BVK	Blasenverweilkatheter	PMMA	Polymethylmethacrylat
BWS	Brustwirbelsäule	RR	Riva-Rocci (Blutdruck)
BZ	Blutzucker	R-Th	Röntgen-Thorax
CARS	compensatory anti-inflammatory response syndrome	RTX	Röntgen Thorax
cCT	craniale CT (CT des Schädels)	SHF	Schenkelhaslfraktur
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease (Chronisch Obstruktive Lungenkrankheit)	SHT	Schädel-Hirn-Trauma
CRP	C-reaktives Protein	SIRS	systemic inflammatory response syndrome
CT	Computertomographie	SL-Band	skapholunäres Band, Lig. scapholunatum
d.p.	dorsal posterior	ST-Band	skaphotrapeziales Band, Lig. scaphotrapezium
DC	Damage Control	TEP	Totalendoprothese
DCO	Damage Control Orthopedics	TFCC	Triangulären fibrokartilaginären Komplex
DCS	Damage Control Surgery	TIC	Trauma-induzierte-Coagulopathie
DES	Drug Eluting Stent	TMT	Tarsometatarsal(-gelenk)
DIC	disseminated intravascular coagulopathy	TNF α	Tumornekrosefaktor alpha
DIP	distale Interphalangealgelenke, Articulationes interphalangeales distales	VKB	Vorderes Kreuzband
DRUG	Distales Radio-Ulnar-Gelenk	VVS	Vakuumversiegelung
EKG	Echokardiographie	ZNS	Zentrales Nervensystem
ETC	early total care	Einheiten	
FEV1	Forced Expiratory Volume in 1 second (Einsekundenkapazität)	mmHg	Millimeter Quecksilber
FiO ₂	Fraction of inspired oxygen (Sauerstoffgehalt bei der Beatmung)	h	Stunde
Hb	Hämoglobinwert	mmol/L	Millimol pro Liter
HWS	Halswirbelsäule		
i. S.	im Sinne		
i.d.R.	in der Regel		
IL-...	Interleukin		
INR	International Normalized Ratio		
ISS	injury severity scale		
K ⁺	Kaliumionen		
KG	Krankengymnastik		
KHK	Koronare Herzkrankheit		
LT-Band	lunotriquetrales Band, Lig. lunotriquetrum		

1

GRUNDLAGEN UND PATHOPHYSIOLOGIE

1.1	Systemische Traumareaktion	2
1.2	Damage Control bei Polytrauma und kalkulierte Erstversorgung bei Monoverletzungen	5
1.3	Pathophysiologische Veränderungen beim Weichteiltrauma	10

1.1 Systemische Traumareaktion

Sascha Flohé

Das Polytrauma unterscheidet sich vom schweren Mono-trauma u. a. dadurch, dass gut beherrschbare Verletzungskomponenten durch ihre kumulative Systembelastung lebensbedrohlich werden und zu Dysfunktion („**multiple organ syndrom/MODS**“) oder Versagen („**multiple organ failure/MOF**“) primär nicht betroffener Organsysteme führen. Dies spiegelt sich in der sog. trimodalen Letalitätskurve (s. Abb. 1.1.1) in einem dritten Gipfel wieder, der in der zeitlichen Verteilung von traumaassoziierten Todesfällen die Patienten beschreibt, die durch verzögert auftretende, unfallbedingte Komplikationen im Verlauf von mehreren Tagen bis Wochen nach dem Unfall versterben.

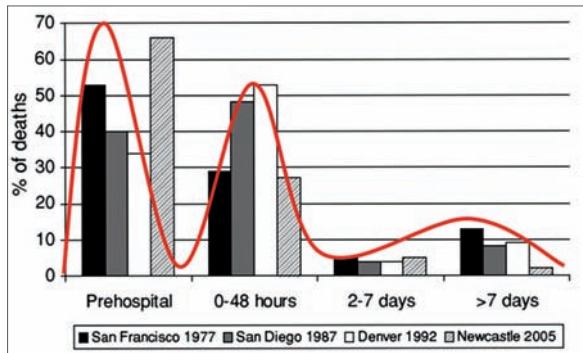


Abb. 1.1.1: Die „trimodale“ Verteilung der Letalität nach Trauma. Die jeweils vier Balken fassen große Studien der betreffenden Jahre und Städte zusammen. Es zeigt sich, dass die prähospital Mortalität die meisten Todesfälle beinhaltet, während die späte Letalität (nach > 7 d) abzunehmen scheint.

Modifiziert nach: Evans et al. „Epidemiology of Traumatic Deaths: Comprehensive Population-Based Assessment“ World J Surg (34): 158–163 (2010).

1.1.1 Verlauf der systemischen Traumareaktion

Die systemische Traumareaktion ist zunächst als physiologischer Abwehrmechanismus zu verstehen, der durch zentral gesteuerte neuroendokrine Reaktionen, metabolische Veränderungen und eine ausgeprägte systemische inflammatorische Antwort charakterisiert ist („**host defense response**“). Kommt es durch die Summe von direkten („trauma load“) und indirekten („antigenic load“) Traumafolgen zu einer Überforderung der physiologischen körpereigenen Defensivsysteme, kann eine irreversible, pathologische Traumareaktion („**host defense failure disease**“) resultieren, die mit einem konsekutiven Versagen

von primär nicht verletzten Organen oder Systemen mit potentiell letalem Ausgang einhergehen kann. Der Krankheitsverlauf nach einem Polytrauma wird durch das Ausmaß der posttraumatischen Organdysfunktion geprägt.

1.1.1.1 Primär betroffene Systeme

Die am häufigsten von trauma-assoziiertem Organversagen betroffenen Systeme sind:

- Lunge (ARDS, „Schocklunge“)
- Leber („Schockleber“)
- Niere (akutes anurisches Nierenversagen)
- Intestinum (schockbedingte Läsionen der Mukosa mit bakterieller Translokation)
- Hämostase (Trauma-induced coagulopathy/TIC)
- ZNS (Hirnödem)

1.1.1.2 Primäres MODS (Multi organ dysfunction syndrome)

Das frühe posttraumatische Organversagen (**primäres MODS**) wird durch direkte Gewebeschädigungen oder schwere Hypoxie verursacht und als direkte Folge eines traumatischen Schocks oder als Mediator-bedingte Konsequenz der initialen Ganzkörperinflammation angesehen. Beispiele hierfür sind das fulminante Hirnödem nach schwerem SHT, das ARDS nach Thoraxtrauma mit Lungenkontusion oder die TIC nach Massentransfusion.

1.1.1.3 Sekundäres MODS

Demgegenüber manifestiert sich das sekundäre MODS meist innerhalb von 4–14 Tagen nach Trauma und ist durch eine Ganzkörperinflammation gekennzeichnet, deren Kompensationsmechanismen durch wiederholte „**second hits**“ (z. B. chirurgisches Trauma, unzureichendes Debridement, rezidivierende Hypotension und Hypothermie, Massentransfusion) überfordert werden.

1.1.1.4 Immunreaktionen SIRS und CARS

Unter einer „Ganzkörperinflammation“ (**Systemic Inflammatory Response Syndrome/SIRS**) ist eine inflammatorische Reaktion an entfernten, primär nicht verletzten Organen zu verstehen, die auftritt, wenn durch Wunden oder Gewebszerstörung, proinflammatorische Metaboliten wie Sauerstoff- und Stickstoffradikale, Zytokine (IL-6, IL-8, TNF α , IL-1 β) und aktivierte Komplementfragmente in die

Zirkulation freigesetzt werden, die zu einer systemischen Eskalation der Entzündungsreaktion führen (SIRS-Kriterien s. Tab. 1.1.1). SIRS führt zu einem generalisierten „capillary leak“ mit Sequestrierung von intravasaler Flüssigkeit ins Interstitium. Das daraus resultierende generalisierte interstitielle Ödem führt zu einer Dysfunktion, besonders von Lunge, Leber und Gehirn.

Kriterien für das Vorliegen einer SIRS* (mind. 2 von 4 müssen erfüllt sein)

* Voraussetzung: fehlender Keimnachweis in Blutkultur

1. Fieber ≥ 38 ,
oder
Hypothermie $\leq 36,0^{\circ}\text{C}$
2. Herzfrequenz $\geq 90/\text{min}$
3. Tachypnoe $\geq 20/\text{min}$
4. Leukozytose $\geq 12.000/\mu\text{l}$
oder
Leukopenie $\leq 4.000/\mu\text{l}$

Tab. 1.1.1: Kriterien für das Vorliegen einer SIRS.

Als Unterscheidung zur Sepsis müssen negative Blutkulturen (d. h. fehlender Keimnachweis) vorliegen. Zwei der vier Kriterien müssen mindestens erfüllt sein, um von einer SIRS zu sprechen.

Obwohl die posttraumatische Entzündungsreaktion ein essentieller Bestandteil der endogenen „host defense“ darstellt, kann ein überschießendes SIRS zu sekundären Organschäden bis hin zu Multiorganversagen und Tod führen. Das „Systemic Inflammatory Response Syndrome/SIRS“ wird im weiteren posttraumatischen Verlauf von einer gegenregulatorischen Suppression verschiedener Leukozytenpopulationen (z. B. T-Zellen und Antigen-präsentierender Zellen) und folgender „Immundefizienz“ begleitet, welche als „**Compensatory Antiinflammatory Response Syndrom/CARS**“ bezeichnet wird und sich zeitgleich oder etwas zeitversetzt ausbilden kann (s. Abb. 1.1.2). Dieser Mechanismus zielt auf eine Kontrolle der überschießenden traumainduzierten Ganzkörperinflammation und wird vorwiegend durch antiinflammatorische Zytokine wie IL-4 und IL-10 getriggert. Der Schweregrad der kompensatorischen Immunsuppression im Rahmen des CARS korreliert mit dem Schweregrad des primären Traumas und resultiert in einer erhöhten Anfälligkeit für sekundäre Infektionen, was wiederum die Ausbildung einer posttraumatischen Sepsis begünstigt, deren häufigster Fokus die Lunge ist.

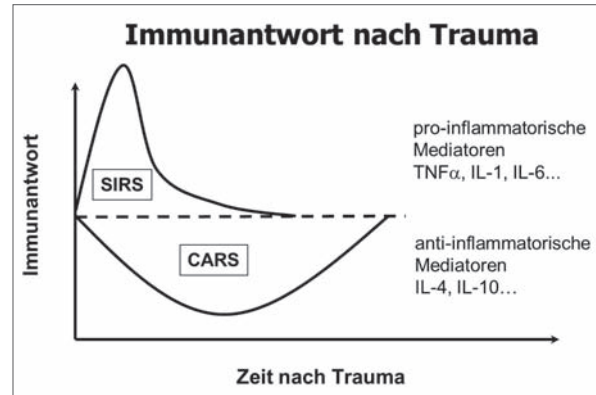


Abb. 1.1.2: Zeitlicher Verlauf der Immunreaktionen SIRS und CARS. Das SIRS setzt früher ein bzw. erreicht ihren „peak“ früher und wird von proinflammatorischen Mediatoren (IL-6, IL-8, TNF) getriggert. CARS, als etwas zeitversetzte Gegenreaktion, wird vorwiegend durch antiinflammatorische Zytokine wie IL-4 und IL-10 angetrieben.

1.1.1.5 Two-hit theory

Die sog. „**two-hit theory**“ postuliert, dass ein traumabedingter „first-hit“ mit lokaler Gewebeschädigung (Knochen, Organ- oder Weichteilschädigung) zur Aktivierung einer systemischen inflammatorischen Reaktion führt, deren Ausmaß mit dem Gewebeschaden („trauma load“) korreliert. Im Verlauf auftretende sekundäre Faktoren, wie z. B. auch das operative Trauma im Rahmen der Behandlung des Patienten, bedingen dann den sog. „second-hit“, der sich maßgeblich auf das Auftreten und die Ausprägung posttraumatischer Komplikationen auswirkt. Hierbei kann ein **endogener** von einem **exogenen second-hit** unterschieden werden. Während der endogene Zweitschlag durch Ateminsuffizienz mit Hypoxämie, wiederholte Kreislaufinstabilität, metabolische Entgleisungen, Ischämie-Reperfusionsschäden und Infektionen verursacht wird, handelt es sich beim exogenen second-hit meist um iatrogen bedingte Schädigungen, z. B. durch ausgedehnte chirurgische Interventionen, die mit Blutverlust, Unterkühlung und weiterem Gewebsschaden einhergehen. Aber auch ein inadäquates primäres Management des polytraumatisierten Patienten mit verzögerter Intensivbehandlung, unzureichendem Weichteildebridement, Massentransfusion oder Übersehen/Unterschätzen von Verletzungen („missed/neglected injuries“), bedingt einen verstärkten exogenen second-hit, der wiederum eine ausgeprägte Immunreaktion nach sich zieht und die Inzidenz septischer Komplikationen steigen lässt.

1.1.2 Ziel der Behandlung

Das Ziel der Behandlung Schwerverletzter sollte die bestmögliche Vermeidung sowohl der endogenen, als auch der exogenen second-hits sein, was eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Fachdisziplinen (Chirurgie, Traumatologie, Anästhesie, Intensivmedizin, Hämostaseologie, Mikrobiologie, Radiologie etc.) erfordert.

Von Seiten der Chirurgie sieht die Operationstaktik beim Schwerstverletzten vor, die zusätzliche Belastung des Patienten durch das folgende Operationstrauma zu minimieren. In der Initialphase wird bei kritischen Patienten daher das Prinzip der „Damage Control Surgery/DCS“ angewandt (siehe Kap. 1.2, Unterschied zwischen Damage Control bei Polytrauma und kalkulierter Erstversorgung bei Monoverletzung).

Weiterführende Literatur:

Dewar, DC et al. Post injury multiple organ failure. *Trauma*. 2001; 13: 81-91.

Evans, JA et al. Epidemiology of Traumatic Deaths: Comprehensive Population-Based Assessment. *World J Surg*. 2010; 34: 158–163.

Flohé, S. Immune response of severely injured patients – influence of surgical intervention and therapeutic impact. *Langenbecks Arch Surg*. 2007; 392(5): 639-648.

Gebhardt, F, Huber-Lang, M. Polytrauma – pathophysiology and management principles. *Langenbecks Arch Surg*. 2008; 393(6): 825-831.

Lenz, A et al. Systemic inflammation after trauma. *Injury*. 2007; 38: 1336-1345.

Stahel, PF, Ertel, W. *Pathophysiologie des Traumas*. In: *Unfallchirurgie*. 2004. (A. Rüter, O. Trentz, & M. Wagner, Hrsg.) München: Urban&Fischer Verlag.

1.2 Damage Control bei Polytrauma und kalkulierte Erstversorgung bei Monoverletzungen

Steffen Ruchholtz, Thorben Müller

1.2.1 Damage Control und Early Total Care

Der Begriff Damage Control (DC) stammt aus der amerikanischen Seefahrt und beschreibt die Notfallkontrolle eines Schiffes bei Havarie durch z. B. Brand, Kollision oder Motorschaden nach Unfall oder feindlichem Angriff, bis die Schäden nach Erlangen eines Heimathafens repariert werden können. Im medizinischen Sprachgebrauch bezeichnet der Begriff heute eine Verfahrenstaktik bei Schwerverletzten, deren Ziel es ist, den Patienten unter Minimierung eines zusätzlichen operativen Traumas zu stabilisieren und erst nach Erholung im Verlauf definitiv zu versorgen. Bei DC werden initial lediglich lebensnotwendige, zwingende Operationen durchgeführt. Im Gegensatz zum DC Konzept bezeichnet das Early Total Care (ETC) die primäre definitive Versorgung aller Verletzung (z. B. Marknagelung eines Oberschenkels statt eines Fixateur externe).

Mittlerweile wird das klassische DC, welches vor allem für schwere Verletzungen des Abdomens eingeführt wurde, vom Damage Control Orthopedics (DCO) unterschieden, welches bei schweren Verletzungen des Beckens und der Extremitäten angewendet wird.

Studien konnten zeigen, dass die Inzidenz von Organversagen und Sepsis nach Trauma bei Patienten mit schwersten Verletzungen durch DCO gesenkt werden konnte.

1.2.2 Damage Control – Grundlagen

Je nach Verletzungssituation und -schwere kann bzw. sollte nach dem Damage Control (DC) Konzept vorgegangen werden, denn der individuelle Kompensationsmechanismus eines Individuums kann durch die Traumalast (Traumalload) grenzwertig belastet oder überschritten werden und den Organismus somit vital gefährden. Das heißt, nach stattgehabtem Trauma kann jeder zusätzliche Eingriff den Patienten weiter destabilisieren und konsekutiv über lebensbedrohliche Krankheitszustände mit Multiorganversagen und SIRS zum Tode führen. Zeitaufwendige und belastende Operationen sollten daher in der initialen Behandlungsphase vermieden werden.

Insgesamt unterscheiden sich vier Phasen des Damage Control:

- präklinische bzw. frühklinische Phase
- Phase der Erstoperation
- Phase der Stabilisierung
- Phase der geplanten Reoperation

1.2.2.1 Indikationen für Damage Control

Nicht ganz geklärt ist, welche Patienten vom DC-Konzept profitieren und welche eine ETC-Operation erhalten können. Aufgrund des unscharfen Übergangs zwischen Patienten, die von DC oder von ETC profitieren, wurde zudem der Begriff der „Borderline“-Patienten für Patienten mit unklaren Situationen eingeführt. Die Eingruppierung von Patienten in die „Borderline“-Risikogruppe ist weniger studienbasiert, sondern fundiert vielmehr auf der Expertenmeinung. Bei Vorliegen der „Borderline“-Kriterien (s. Tab. 1.2.1) wird eher ein abgestuftes Versorgungskonzept ähnlich dem DC empfohlen.

Borderline-Kriterien

Polytrauma mit ISS > 40 ohne zusätzliche Thoraxverletzungen

Polytrauma ISS > 20 mit zusätzlichen Thoraxverletzungen

Polytrauma mit Abdomen-/Beckentrauma und hämorrhagischem Schock (RR initial < 90 mmHg)

Bilaterale Lungenkontusion im Thorax Röntgenbild oder in der CT

Hypothermie < 35°C

Mittlerer Pulmonalarteriendruck initial > 24 mmHg

Anstieg des Pulmonalarteriendruckes während einer Marknagelung > 6 mmHg

Tab. 1.2.1: Borderline-Kriterien.

Ein eindeutiger Vorteil von DC wurde jedoch für Patienten mit großem Risiko der Entwicklung einer disseminierten intravasalen Gerinnungsstörung (disseminated intravascular coagulopathy = DIC) und dem damit extrem erhöhten Risiko zu Verbluten aufgezeigt. Entsprechende DIC-Risikofaktoren sind Azidose (pH < 7,3), Hypothermie (< 35°) und Koagulopathie (Quick < 50%), auch „Killer-Trias“ genannt. Bereits in der initialen Behandlungsphase muss daher versucht

werden, durch eine sehr kurze OP-Zeit möglichst schnell die intensivmedizinische Behandlung parallel zum Ausgleich von Azidose, Hypothermie und Gerinnungsstabilisierung zu erzielen. Unter anderem stellen ein hoher Blutverlust, ein ISS über 35, andauernde Hypotension und/oder Koagulopathie eine Indikation zum Vorgehen nach dem Damage Control Prinzip dar. Die Indikatoren werden häufig erst nach schwe-

rer physiologischer Destabilisierung des Patienten offensichtlich, was die Indikationsstellung zum Vorgehen nach DC erschwert und wertvolle Zeit kosten kann. Ziel ist daher das Erkennen einer zu erwartenden Destabilisierung innerhalb der ersten Minuten durch das Schockraum Team mit rascher Blutungskontrolle und Stabilisierung der Vitalparameter.

Indikationen zum Vorgehen nach Damage Control		
Stattgehabte Massentransfusion	letale Trias/„Killer-Trias“	Letalität 90%
Hypothermie < 35°C		
Koagulopathie		
Injury Severity Score > 35		
Hypotension > 1h		
chirurgisch nicht behandelbare venöse Blutung		
zeitaufwendige Intervention bei persistierendem Schock		
nicht adaptierbare abdominale Faszie		

Tab. 1.2.2: Indikationen zum Vorgehen nach Damage Control.

1.2.2.2 Grenzsituationen

Bei der Entscheidungsfindung zum Vorgehen nach Damage Control gibt es unter Umständen Grenzsituationen, bei welchen zusätzliche Parameter berücksichtigt werden sollten. Bei Patienten mit pAVK, Diabetes mellitus, hohem Alter, Kortisontherapie sowie Übergewicht sollte die Indikation zum Vorgehen nach DC aufgrund eines höheren Komplikationsrisikos großzügiger gestellt werden. Unter Umständen kann hier eine Zusatzdiagnostik mittels Angiographie hilfreich sein.

Für die suffiziente Behandlung Schwerverletzter ist eine systematische und standardisierte Schockraumdiagnostik unverzichtbar. International wird daher das Vorgehen nach dem „Advanced Trauma Live Support“ (ATLS) im Schockraum geschult und hat sich auch in Deutschland seit der Organisation von Kliniken in TraumaNetzwerken^D DGU immer weiter durchgesetzt.

1.2.3 Injury Severity Score (ISS)

Die Definition ab wann ein Mensch schwerstverletzt ist, ist nicht eindeutig geklärt. Als Polytrauma wird eine Situation mit mehreren, gleichzeitig auftretenden Verletzungen unter-

schiedlicher Körperregionen bezeichnet, wobei mindestens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist. Auf der anderen Seite kann auch eine Monoverletzung (z. B. Schädel-Hirn-Trauma) durchaus lebensbedrohlich sein. Zur Definition einer schweren Verletzung wird deshalb auch gerne der Injury Severity Score (ISS) herangezogen. Danach ist ein Patient mit einem ISS von mehr als 15 Punkten als schwerverletzt anzusehen.

Bei der Berechnung des ISS werden insgesamt **6 Körperregionen** unterschieden:

1. Kopf und Hals
2. Gesicht
3. Brustkorb mit Brustwirbelsäule und Diaphragma
4. Bauch- und Beckenorgane mit Lendenwirbelsäule
5. Extremitäten und Becken
6. Haut

Die Verletzungsschwere wird basierend auf dem **Abbreviated Injury Score (AIS)** eingestuft:

1. gering
2. moderat
3. ernsthaft
4. schwer
5. kritisch
6. nicht behandelbar

Beim ISS handelt es sich um die Summe der Quadrate der Verletzungsschwere der drei am Stärksten verletzten Körperregionen ($ISS=X^2+Y^2+Z^2$). Erreicht eine Körperregion einen Wert von 6, wird der ISS automatisch auf 75 (nicht überlebbar) gesetzt. Es ergibt sich somit ein Wertebereich zwischen 0 und 75. Der ISS korreliert nur tendenziell mit Mortalität, Morbidität und Hospitalisierungszeit nach dem Trauma, dennoch ist er der derzeit am meisten verwendete und hinsichtlich seiner Stärken und Schwächen am besten analysierte Prognose-Score.

1.2.1 Vorgehen nach Damage Control

Bei DC werden initial lediglich lebensnotwendig zwingende Operationen durchgeführt.

Die definitive Versorgung des Patienten erfolgt nach initialer Stabilisierung zu einem späteren Zeitpunkt, in der Regel 24-48h post Trauma, im Rahmen eines second look. Den optimalen Zeitpunkt für diese „Spätoperationen“ zu finden, ist ebenfalls schwierig und orientiert sich am Verlauf der inflammatorischen und physiologischen Parameter (s. Tab. 1.2.3).

Parameter zur Entscheidungshilfe für die Wahl des adäquaten Operationszeitpunktes eines second look

stabile Hämodynamik
pO ₂ -FiO ₂ -Quotient > 280 mmHg (Horowitz-Quotient)
globaler Gerinnungstest im Referenzbereich
moderate Inflammation ohne Sepsis
fehlende Notwendigkeit für Katecholamine
bei Schädel-Hirn-Trauma, Hirndruck < 15–20 mmHg oder fehlende Hirndruckzeichen im cCT
normale Körperkerntemperatur
ausgeglichener Säure- & Basen Status
adäquate Diurese

Tab. 1.2.3: Parameter zur Entscheidungshilfe für die Wahl des adäquaten Operationszeitpunktes eines second look.

1.2.1.1 Extremitätenbezogenes Vorgehen

Unter Berücksichtigung der Verletzungsschwere sollte frühzeitig die Entscheidung zur möglichen Rekonstruktion oder

Mangled Extremity Severity Score – MESS

Verletzungsmechanismus

Niedrige Energie (Stock; einfache Fraktur; Pistolenschussverletzung)	1
Mittlere Energie (Offene oder multiple Frakturen, Dislokation)	2
Hohe Energie (Gewehrerschussverletzung)	3
Sehr hohe Energie (Hochrasanztrauma + schwere Kontamination)	4

Extremitätenischämie

Pulse abgeschwächt oder fehlend bei normaler Perfusion	1*
Pulslosigkeit, Parästhesie, verminderte Mikroperfusion	2
Kühle, sensomotorisches Defizit, fehlende Sensibilität	3*

Schock

Systolischer Blutdruck immer > 90mmHg	0
Vorübergehende Hypotension	1
Persistierende Hypotension	2

Alter (Jahre)

< 30	0
30–50	1
> 50	2

*bei Ischämie > 6 Stunden doppelte Punktzahl

Tab. 1.2.4: Mangled Extremity Severity Score – MESS, ein Punktwert > 7 prognostiziert eine geringe Überlebenschance der betroffenen Extremität (Johansen et al.).

ggf. einer erforderlichen Amputation einer betroffenen Extremität fallen. Diese kann sich am Zustand des Patienten (life before limb) oder am Zustand der Extremität (bzw. Erhaltbarkeit) orientieren.

1990 wurde von Johansen der Mangled Extremity Severity Score (MESS) zur Einschätzung der Überlebensprognose der Extremität nach Trauma veröffentlicht und kann hier als Entscheidungshilfe herangezogen werden (s. Tab. 1.2.4). Ein Score > 7 prognostiziert eine geringe Überlebenschance der betroffenen Extremität und kann unter Umständen eine Amputation rechtfertigen. Insbesondere

dann, wenn die Extremität durch einen schweren Weichteil-, Gefäß- und Knochenschaden vital gefährdet ist, kann auch bei schweren Monoverletzungen der Extremitäten das Vorgehen nach DCO erforderlich werden. Nach Klassifikation der Weichteil- und/oder Knochenverletzung wird die frühe antibiotische Therapie eingeleitet (kalkulierte Antibiose). Ziel der Versorgung ist die schnelle, minimalinvasive Stabilisierung des Knochens mit Druckentlastung der Kompartimente bei drohendem Kompartementsyndrom. Bei schwerem Weichteilschaden und starker Wundverschmutzung sollte ein Debridement mit Nekrosektomie und ggf. Jetlavagierung erfolgen, da Mediatorenfreisetzung und hohe Infektionsgefahr drohen. Zur Minderung von Reperfusionsschäden und weiteren Nekrosen müssen Gefäßverletzungen schnellstmöglich rekonstruiert werden.

Nach erfolgtem Debridement sollten mikrobiologische Abstriche entnommen werden.

Ist aufgrund der Weichteilverhältnisse kein primärer Wundverschluss möglich, erfolgt ein temporärer Wundverschluss durch Vakuumversiegelung oder Deckung mit synthetischen Hautersatz. Verletzungen von Nerven müssen nicht initial, sondern können im Verlauf rekonstruiert werden. Je nach mikrobiologischem Befund sollte die Antibiotikatherapie im Verlauf an das Resistogramm angepasst werden (bilanzierte Antibiose). Nach ca. 48h sollte dann ein second look erfolgen. Bei Bedarf wird die Wunde erneut debridiert und gesäubert und nach Abstrichentnahme weiterhin temporär gedeckt. Bei nachgewiesener Keimfreiheit werden Frakturen im Verlauf schließlich sekundär endgültig versorgt. Bei schweren Weichteilverletzungen können plastisch rekonstruktive Maßnahmen erforderlich werden. Hier kommen unter anderem gefäßgestielte myokutane Muskellappen oder Schwenklappenplastiken zum Einsatz. Häufig erfolgt eine Spalthauttransplantation auf den Defektbereich.

Extremität	Verletzung	Versorgung/DCO
Untere Extremität	Schaftfrakturen von Femur und Tibia sowie Knie- und Sprunggelenkfrakturen	Primär mit Fixateur externe
	Hüftgelenksnahe Frakturen	Lagerung in Schiene, alternativ Fixateur externe oder Extension
	Offene Verletzungen	Ausgiebige Debridierung, Deckung mittels Vakuumversiegelung oder Kunsthaut
	Kompartmentsyndrom	primäre Faszienpaltung
Obere Extremität	Humeruskopffrakturen	Ruhigstellung im Gilchrist bis zur definitiven Versorgung
	Schaftfrakturen	s. Humeruskopffrakturen, alternativ Fixateur
	Ellenbogen-, Unterarm-, Handgelenks- und Fingerfrakturen	Nach Reposition in aller Regel schienen, alternativ: Ruhigstellung mit Fixateur gelenkübergreifend
Becken und Acetabulum	Beckenverletzungen (durch Zerreißen des sakralen Venenplexus kann es zu fulminanten Hämorrhagien kommen)	Initiale Behandlung: Reposition und Kompression, präklinisch durch Tuchschnur mit Kabelbindern fixiert, alternativ innerklinisch durch Anlage eines Fixateur externe oder Beckenzwinge
	Weitere relevante Blutung	abwägen zwischen retroperitonealem Packing oder angiographischer Gefäßembolisation
	Frakturen des Acetabulums	In der Primärphase keine operative Versorgung
	Protusion des Hüftkopfes ins kleine Becken	Extension bis zur definitiven Versorgung

Tab. 1.2.5: Übersicht über verschiedene Frakturen/Verletzungen und ihre Versorgung nach DCO.

Weiterführende Literatur:

- Bouillon B, Rixen D, Maegele M, Steinhausen E, Tjardes T, Paffrath T. Damage Control Orthopedics. *Unfallchirurg*. 2009; 112: 860-869.
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, 2011, AWMF *S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletztenversorgung*. AWMF online. <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html>.
- Muller T, Doll D, Kliebe F, Ruchholtz S, Kuhne C. Damage control in trauma patients with hemodynamic instability. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2010; 45(10): 626-33; quiz 634.
- Nast-Kolb D, Ruchholtz S, Waydhas C. Damage control orthopedics. *Der Unfallchirurg*. 2005; 108(10): 804, 806-811.
- Taeger G, Ruchholtz S, Waydhas C, Lewan U, Schmidt B, Nast-Kolb D. Damage control orthopedics in patients with multiple injuries is effective, time saving, and safe. *J Trauma*. 2005; 59(2): 409-16; discussion 417.

1.3 Pathophysiologische Veränderungen beim Weichteiltrauma

Andrej Ring, Stefan Langer

1.3.1 Grundlagen

„Die Fraktur per se (Knochenschaden), selbst langer Röhrenknochen, hat für die Prognose des Patienten, im Vergleich zum Weichteilschaden, geringere Bedeutung.“ H. Tscherne
Jede Fraktur, die durch eine äußere Gewalteinwirkung entsteht, unabhängig davon, ob sie offen oder geschlossen ist, wird von einem Weichteiltrauma begleitet. Die Bedeutung des Weichteiltraumas für die Frakturbehandlung wurde bereits im Jahre 1872 in einem Vortrag auf dem 1. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie von Richard von Volkmann hervorgehoben. Die posttraumatische Gewebshypoxie infolge einer aggravierenden Mikrozirkulationsstörung spielt eine zentrale Rolle in der Pathophysiologie des Weichteiltraumas und bestimmt das Ausmaß der definitiven Gewebeschädigung.

Die posttraumatische Zunahme der Leukozyten-Endothel-Interaktion führt zum Verlust der Endothelintegrität und konsekutiv zu einer Zunahme der mikrovaskulären Permeabilität. Ein zunehmendes interstitielles Ödem reduziert zusätzlich die kompromittierte mikrovaskuläre Blutversorgung der umliegenden Gewebeareale. Als Folge kommt es zur Ausbildung einer progressiven Gewebnekrose im Grenzgebiet des initial vom Trauma selbst nicht betroffenen Areals.

Schwere geschlossene Weichteilverletzungen sind weiterhin imstande, eine posttraumatische Entzündungsreaktion und mikrozirkulatorische Dysfunktion am Periost hervorzurufen. Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass die Mikrozirkulationsstörung infolge eines geschlossenen Weichteiltraumas, auch in Abwesenheit einer Fraktur, eine Verschlechterung der periostalen und der ossären Perfusion verursachen kann. Als sekundäre Veränderungen des Endothelzellschadens und der Plättchen- und Leukozytenaggregation wurden eine metabolische Dysfunktion der Skelettmuskulatur, eine Degradation von Membranphospholipiden, eine progressive Akkumulation freier Radikale, ein entzündungsinduzierter oxidativer Stress sowie eine vasoregulatorische Dysbalance beschrieben.

Beim schweren Weichteiltrauma mit lokal ausgedehnter mikrovaskulärer und zellulärer Zerstörung kann sich eine systemische Entzündungsreaktion mit überschießender Aktivierung von Entzündungszellen und Freisetzung proinflammatorischer Zytokine wie TNF- α sowie verschiedener Interleukine ausbilden. Infolge der Aktivierung zellulärer und

humoraler Kaskaden, kann das so verursachte SIRS (s. a. Kap. 1.1.1.4, S. 2) zum Organschaden im Sinne eines multiplen Organdysfunktionssyndroms führen und das gesamte Immunsystem schwächen.

Die Kenntnis pathophysiologischer Veränderungen beim Weichteiltrauma ist hilfreich, um den richtigen Zeitpunkt, die Risiken sowie Vor- und Nachteile möglicher Behandlungsoptionen abzuwägen.

1.3.2 Diagnostik

Insbesondere bei geschlossenem Weichteiltrauma kann die präoperative Beurteilung der Ausdehnung des Gewebes Schadens schwer fallen und die therapeutische Entscheidungsfindung verzögern.

Folgende diagnostische Methoden können unterstützend angewendet werden:

Laborchemische Parameter wie z. B. Kreatininkinase, Laktatdehydrogenase und Myoglobin. Diese Parameter sind zwar nicht für ein lokal begrenztes Weichteiltrauma spezifisch, können aber richtungsweisend sein (z. B. Rhabdomyolyse).

Die **Nativ-Röntgenaufnahme** der verletzten Extremität a. p. und lateral kann, neben dem Frakturnachweis, Hinweise auf Fremdkörpereinsprengungen (Metall, Holz, Lacke bei Einspritzverletzungen) und Gaseinschlüsse liefern.

CT und **MRT** können bei der Abschätzung der Ausdehnung des Weichteilschadens hilfreich sein. Zur Beurteilung der Vitalität von Weichteilgewebe wie Muskulatur, kann eine MRT-Untersuchung unter Verwendung von Kontrastmittel herangezogen werden.

Transkutane Messungen der Sauerstoffsättigung des Gewebes z. B. mittels Faseroptik-basierten Sensoren eignen sich eher zum nicht-invasivem Monitoring der Geweboxygenierung.

Eine definitive präoperative Differenzierung zwischen einem vitalen und einem irreversibel geschädigten Gewebe (Nekrose) ist durch keine der genannten Methoden möglich. Die wichtigste Entscheidungsgrundlage stellt die klinische Erfahrung dar.

1.3.3 Klassifikation

Wegen klinischer Relevanz werden offene und geschlossene Frakturen voneinander unterschieden. Der Schweregrad der Weichteilverletzung ist nach Tscherne und Oestern sowohl für die offenen (Grad I bis IV), als auch für die geschlossenen (Grad 0 bis III) Frakturen anzugeben. Bei Beteiligung von Gefäßen und Nerven gelten die entsprechenden Knochenbrüche als besonders schwerwiegend.

Geschlossene Frakturen vom Grad III nach Tscherne und

Oestern umfassen ausgedehnte Hautkontusionen oder Zerstörung der Muskulatur, als auch subkutanes Decollement sowie manifestes Kompartmentsyndrom oder Verletzung eines Hauptgefäßes.

Offene Frakturen vom Grad III nach Tscherne und Oestern weisen ausgedehnte Weichteildestruktionen, starke Wundkontamination und häufig Gefäß- und Nervenverletzungen auf.

Im anglo-amerikanischen Sprachraum wird gesondert für die offenen Frakturen die Klassifikation nach Gustilo und Anderson verwendet. Typ III nach Gustilo und Anderson umfasst offene Frakturen, die einen ausgedehnten Weichteilschaden

mit adäquater Periostbedeckung (Typ III A), als auch Verlust des Periosts und massive Kontaminationen (Typ III B) sowie rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzungen (Typ III C), unabhängig von der Ausdehnung des Weichteilschadens, aufweisen.

Die AO-Klassifikation von Weichteilverletzungen stellt ein detailliertes und präzises Gradingssystem für Frakturen mit Weichteiltrauma dar. Die Verletzungen werden anatomischen Zielstrukturen wie Haut, Muskel und Sehnen sowie Nerven und Gefäßen zugeordnet und in fünf Schweregrade unterteilt. Diese Klassifikation wird eher für wissenschaftliche Zwecke genutzt.

Klassifikation nach Tscherne, Oestern und Trentz		
Geschlossener Weichteilschaden	G0	Keiner oder unbedeutend, einfache Bruchform
	G1	Oberflächliche Schürfung oder Kontusion, einfache oder mittlere Bruchform
	G2	Tiefe kontaminierte Schürfung oder lokalisierte Haut- und Muskelkontusion, drohendes Kompartmentsyndrom, meist direktes Trauma, mittelschwere bis schwere Bruchform
	G3	Ausgedehnte Hautkontusion, Zerstörung der Muskulatur, Decollement, Kompartmentsyndrom oder Gefäßverletzung, schwere Bruchform
Offenener Weichteilschaden	O1	Durchtrennung der Haut, keine Kontusion, geringe bakterielle Kontamination, meist Hautdurchspießung bei einfacher Bruchform
	O2	Durchtrennung der Haut, umschriebene Kontusionen, mittelstarke Kontamination, bei allen Bruchformen möglich
	O3	Durchtrennung der Haut mit ausgedehnten Kontusionen, häufige Gefäß- und Nervenverletzungen, starke Kontamination; jede Fraktur mit Ischämie und ausgedehnter Knochenzertrümmerung, Verletzung großer Extremitätenarterien bei offenen Frakturen
	O4	Totale und subtotale Amputation

Gustilo und Anderson (anglo-amerikanischen Sprachraum)	
Grad 1	Durchtrennung der Haut mit fehlender oder geringer Weichteilkomponente, Wundgröße < 1 cm
Grad 2	Eröffnung des Weichteilmantels von außen durch direkte Gewalteinwirkung mit umschriebener Haut- und Weichteilkontusion, Wundgröße > 1 cm
Grad 3a	Ausgedehnte Weichteildestruktionen, starke Wundverschmutzung und länger bestehende Wundkontamination
Grad 3b	freiliegender Knochen, Knochenhaut abgelöst, massive Wundverschmutzung
Grad 3c	rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzung, totale und subtotale Amputation

Tab. 1.3.1: Klassifikation von Frakturen und Weichteilschäden.

1.3.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Insbesondere an den Extremitäten können neben der Zerstörung des eigentlichen Haut- und Weichteilmantels schwerwiegende Begleitverletzungen von Nerven und Gefäßen sowie Muskeln und Sehnen auftreten, welche gravierende funktionelle Einschränkungen nach sich ziehen können. Ein Weichteiltrauma kann zu einem Kompartmentsyndrom sowie zu einer großflächigen Exposition von Knochen und Gelenkkapsel führen, als auch eine Gelenkeröffnung bewirken.

1.3.5 Versorgungszeitpunkt

Abhängig von Ausdehnung, Schwere und Begleitverletzungen des Weichteiltraumas.

Verletzung von Hauptgefäßen	N 1
Kompartmentsyndrom	N 2
Sehnenverletzung, Nervenverletzung	N 2
Exposition von Knochen und Gelenk	N 2

1.3.6 Kalkulierte Erstversorgung

Bei der primären Beurteilung gilt es, das Ausmaß des Weichteiltraumas genau abzuschätzen. Im Vordergrund steht die chirurgische Exploration, die von einer suffizienten Nekrosektomie begleitet werden muss. Irreversibel geschädigtes, nicht durchblutetes Weichteilgewebe sollte, unter Erhaltung von Leitungsbahnen und Nervenstrukturen, entfernt werden. Die Belassung nekrotischen Gewebes bedeutet die zunehmende Gefahr einer Infektion. Wiederholte geplante chirurgische Debridements können in der Initialphase nach Trauma notwendig sein.

1.3.7 Tricks und Techniken

Die Wahl des Behandlungsregimes wird durch prognostische Faktoren wie Entstehungsmechanismus (Anamnese!), Lokalisation, Flächenausdehnung und Kontaminationsgrad des Weichteiltraumas beeinflusst.

Ein **geschlossenes, isoliertes Weichteiltrauma** bzw. ein Weichteiltrauma bei geschlossener Fraktur kann weniger augenscheinlich sein. Es besteht die Gefahr einer Unterschätzung (s. Abb. 1.3.1-3).

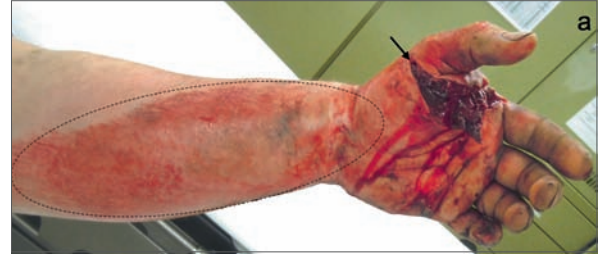


Abb. 1.3.1: Isoliertes Weichteiltrauma der Hand und des Unterarms infolge eines Arbeitsunfalls (Überrolltrauma durch einen tonnenschweren Gabelstapler). Radiologisch wurde eine Fraktur ausgeschlossen. Beachte die großflächige Hautkontusion über dem beugeseitigen Unterarm und Handgelenk (gestrichelte Linie), neben der offensichtlichen, offenen Verletzung an der Hand (Pfeil).

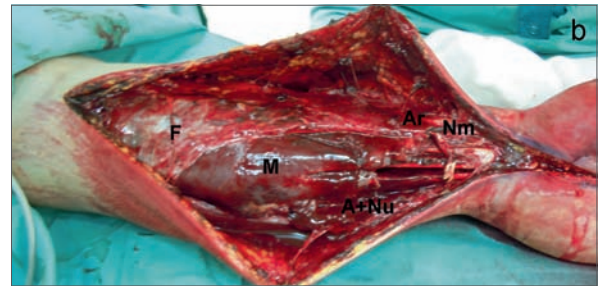


Abb. 1.3.2: Intraoperativ bestätigte sich der Verdacht eines hochgradigen Weichteiltraumas am Unterarm. Es lag ein ausgedehntes subkutanes Decollement bei traumatischer Zerstörung der Unterarmfaszie (F) und partieller Zerstörung der Muskulatur im Bereich der Beugerloge (M) vor. A. und N. ulnaris (A+Nu) sowie der N. medianus (Nm), als auch A. radialis (Ar) zeigten sich bei Exploration unverletzt.



Abb. 1.3.3: Zustand nach zweizeitiger plastischer Rekonstruktion des Defektes mittels gefäßgestieltem fasziokutanen Leistenlappens (L) und Spalthauttransplantation (SH-Tx) mit einem guten funktionellen Ergebnis. Ausdünnung des eingehheilten Leistenlappens und serielle Exzision des Spalthautareals sind geplant.

Oberflächliche Hautabschürfungen stellen per se eine Verletzung der physiologischen Barriere dar und können die Ausbildung einer Infektion tiefer gelegener Strukturen, z. B. der Faszien, bewirken.

Bei **kleinflächigen penetrierenden Weichteilverletzungen** am Unterarm und an der Hand muss Sensibilität und Motorik distal der Wunde auf das Peinlichste klinisch untersucht und die Verletzung ggf. einer diagnostischen operativen Revision unterzogen werden.

Bei **Weichteilwunden mit Verunreinigung** muss nach einer mechanischen Entfernung von groben Verschmutzungen und Spülung der Wundfläche, der kontusionierte Wundrand gänzlich exzidiert werden. Bei der sorgfältigen Exploration der ggf. erweiterten Wunde müssen wichtige Strukturen identifiziert und Gewebnekrosen vollständig entfernt werden.

Die **Exploration im Rahmen des primären chirurgischen Debridements** umfasst die Beurteilung der Haut, des subkutanen Fettgewebes, der fasziellen Hüllen, der verletzten Muskulatur, Sehnen, Nerven, Gefäße sowie Knochen, welche auf Vitalität und Kontinuität überprüft werden.

Die Möglichkeit der Ausbildung eines **posttraumatischen Kompartmentsyndroms** bei einem geschlossenen Weichteiltrauma muss jederzeit in Erwägung gezogen und dieser Zustand bzw. die Gefahr eines solchen möglichst zügig erkannt werden. Bei einem drohenden oder manifesten Kompartmentsyndrom muss eine **vollständige** Spaltung **aller** Kompartimente durchgeführt werden.

Vorübergehende Bedeckung des debridierten und drainierten Haut/Weichteildefektes kann z. B. mit Fettgaze, synthetischen Hautersatz, Coldex-Schwamm und/oder Dermotraktion bis zur definitiven Versorgung mittels Sekundärnaht, Spalthauttransplantation, gestielten oder freien faszio- oder myokutanen Lappenplastiken befundgerecht erfolgen.

Da beinahe jede traumatische Weichteilwunde als potentiell kontaminiert gilt, ist eine primäre Wundbedeckung mittels okklusiver Verbände bzw. eines Vakuum-Sog-Verbandes nicht sinnvoll.

Die Verwendung elastischer Wickelverbände (Kompression!) ist nicht zu empfehlen. Ebenso ist bei Anlage von Gipsschienen auf eine ausreichende Polsterung bzw. Fensterung über der Kontusion zu achten (s. Kap. 2.3, S. 24).

Es sollte **auf weiche Auflageflächen** geachtet werden, um zusätzliche Schädigungen durch druckbedingte Minderperfusion des aufliegenden Areals zu vermeiden. Die **Anlage von Fixateur-Elementen** kann zum Aushang der Extremität bei ausgedehnten Weichteilverletzungen empfohlen werden. Hierdurch kann die Lagerung sowie die Wund- und Patientenpflege verbessert werden.

Weiterführende Literatur:

- Kälicke T, Schlegel U, Printzen G, Schneider E, Muhr G, Arens S. Influence of a closed soft tissue trauma on resistance to local infection. An experimental study in rats. *J Orthop Res.* 2003; 21: 373-378.
- Landry PS, Marino AA, Sadasivan KK, Albright JA. Effect of soft-tissue trauma on the early periosteal response of bone to injury. *J Trauma.* 2000; 48: 479:483.
- Menth-Chiari WA, Curl WW, Paterson-Smith B, Smith TL. Microcirculation of striated muscle in closed soft tissue injury: effect on tissue perfusion, inflammatory cellular response and mechanisms of cryotherapy. A study in rat by means of laser Doppler flow-measurements and intravital microscopy. *Unfallchirurg.* 1999; 102: 691-699.
- Schaser K, Vollmar B, Kropenstedt S, Schewior L, Raschke M, Menger MD, Lübke A, Hass N, Mittlmeier T. In vivo analysis of microcirculation following closed soft tissue injury. *J Orthop Res.* 1999; 17: 678-685.
- Schaser KD, Zhang L, Haas NP, Mittlmeier T, Duda G, Bail HJ. Temporal profile of microvascular disturbances in rat tibial periosteum following closed soft tissue trauma. *Langenbecks Arch Surg.* 2003; 388: 323-330.

2

INTERDISZIPLINÄRE VERSORGUNG

2.1	Besonderheiten der unfallchirurgischen Anamnese	16
2.2	Anästhesiologie – Besonderheiten der Anästhesie bei Unfallverletzten	20
2.3	Prinzipien der externen Ruhigstellung	26
2.4	Lagerung des Verletzten	32
2.5	Versorgungen mit Fixateur externe	34
2.6	Präoperative Physiotherapie bei Frakturen	40

2.1 Besonderheiten der unfallchirurgischen Anamnese

Jörg Schmidt

Auch in der Unfallchirurgie betrachten wir nicht nur die Verletzung, sondern den Patienten in seiner Gesamtheit als Verletzten.

Unfallhergang und Unfallort: Die unfallchirurgische Anamnese weist einige Besonderheiten auf. Wichtig ist es, dass bereits im Rahmen der Erstvorstellung der Unfalltag und Unfallzeitpunkt festgehalten werden. Die Differenzierung zwischen einem berufsgenossenschaftlich versicherten Unfall und einem Privatunfall ist selbstverständlich. Die Erfragung der Unfallanamnese ist von herausragender Bedeutung. Der Unfallmechanismus muss klar herausgearbeitet werden, der Unfallort muss exakt beschrieben sein. Unter medizinisch-rechtlichen Gesichtspunkten kommt diesen Ausführungen eine zentrale Bedeutung zu.

2.1.1 Erstmaßnahmen

Die Erstmaßnahmen sind natürlich minuziös in der Anamnese zu dokumentieren. Vor allem ist zu dokumentieren, ob der Wundverband, der präklinisch angelegt wurde, eröffnet wurde oder nicht. An dieser Stelle sei der Verweis darauf erlaubt, dass bei offenen Frakturen der Wundverband prinzipiell in der Notaufnahme nicht eröffnet wird, sondern so ggf. bei Blutdurchschlag nochmals überwickelt wird und bis in den OP verbleibt. Bei dringendem Verdacht auf offene Fraktur ist selbstverständlich auch eine Antibiotikaprophylaxe schon in der Rettungsstelle einzuleiten (Querverweis auf kalkulierte/Bilanzierte AB in Kap. 1). Nach dem Tetanusstatus ist zu fragen und bei Unklarheit eine Impfung vorzunehmen. Die Anamneseerhebung und körperliche Untersuchung darf eine sofortige adäquate Schmerztherapie nicht verzögern.

2.1.2 Körperliche Untersuchung

Eine körperliche Untersuchung im Überblick ist selbstverständlich, Besonderheiten sind zu vermerken und ggf. gemeinsam mit dem Anästhesisten im Rahmen der OP-Vorbereitung zu besprechen. Einer orientierend neurologischen Untersuchung kommt bei Unfallverletzungen eine elementare Bedeutung zu. Sowohl der Ausschluss bzw. Nachweis von Nervenverletzungen im Rahmen von Frakturen (Nervus axillaris bei Schultergelenksverletzungen, Nervus ulnaris bei

ellenbogennahen Verletzungen, Plexus lumbosacralis bei Beckenverletzungen usw.) haben nicht nur eine therapeutische, sondern auch eine medizinisch-rechtliche Relevanz. Hier ist auf eine Dokumentation auf entsprechenden Anamnesebögen zwingend zu bestehen. Eine Fotodokumentation, die in der elektronischen Patientenakte vom Aufnahmebefund mit abgelegt wird, ist in der Unfallchirurgie als äußerst hilfreich zu bewerten.

2.1.3 Medikamentenanamnese und Allergien

Bei der Erfragung von Medikamenten kommt der Auflistung von Gerinnungshemmern eine zentrale Bedeutung zu. Insbesondere bei dem geriatrischen Patientengut ist davon auszugehen, dass die überwiegende Mehrzahl dieser Patienten Gerinnungshemmer einnimmt. Dies ist vor allem bei operativen Eingriffen der Kategorie N3 und N4 wichtig, in den Kategorien N0-N2 muss in manchen Fällen das erhöhte Blutungsrisiko bei der notfallmäßigen Versorgung von Verletzungen miteinkalkuliert werden. Die Erfragung der Medikamente gibt immer einen Hinweis auf relevante Begleiterkrankungen, wenngleich nie vom Medikament auf die spezifische Krankheit geschlossen werden darf. Anhand der Medikamentenliste kann gezielt nach etwaigen Vor- und Begleiterkrankungen gefragt werden. Gerade im geriatrischen Patientengut hat sich dieses Vorgehen bewährt. Ein wesentlicher Bestandteil der Anamneseerhebung ist die Erfragung von Allergien sowohl auf metallische Stoffe, als auch Antibiotika.

2.1.4 Anamnese unter erschwerten Bedingungen

Anamnestiche Aussagen von bewusstseinsgetrübten Patienten oder Patienten unter Drogen-/Alkoholeinfluss sind immer kritisch zu bewerten. Hilfreich ist hier die Fremdanamnese bzw. die Befragung nach der Auffindsituation. Unter Zusammenschau aller anamnestiche Gesichtspunkte und Erstbefunde muss der Versorgungszeitpunkt festgelegt werden (s. Tab. 2.1.1, s. a. Tab. 2.2.1, S. 18).

N0	Lebensgefahr; sofort, ggf. auch außerhalb eines OP-Saals
N1	innerhalb 1 h, nächster freiwerdender Tisch
N2	innerhalb 1–6 h, nächster freiwerdender Tisch, eigene Klinik

N3	innerhalb 6–12h (auch Wochenende/Feiertag)
N4	innerhalb 12–24h (Programm des Folgetags)
N5	elektiv

Tab. 2.1.1: Versorgungszeitpunkte nach Zustand des Patienten.

<p>Aufkleber</p>	<p>Veranlasst wurden folgende Untersuchungen</p> <p> <input type="checkbox"/> Labor Standard UC <input type="checkbox"/> Rö.-Thorax <input type="checkbox"/> MRT <input type="checkbox"/> Kreuzblut <input type="checkbox"/> EKG <input type="checkbox"/> MRSA St _____ EK's angefordert <input type="checkbox"/> Sonographie <input type="checkbox"/> Nasenabstrich _____ EK's auf Abruf <input type="checkbox"/> CT <input type="checkbox"/> </p>
<p>Aufnahme <input type="checkbox"/> UC 1 <input type="checkbox"/> UC 2 <input type="checkbox"/></p> <p>Aufnahmetag: _____ <input type="checkbox"/> Arbeitsunfall <input type="checkbox"/> lebt im Heim</p> <p>Aufnahmezeit: _____ <input type="checkbox"/> Privatunfall <input type="checkbox"/> lebt zu Hause</p> <p>Unfalltag: _____ <input type="checkbox"/> Sportunfall <input type="checkbox"/> Angehörige</p> <p>Unfallzeit: _____ <input type="checkbox"/> Betreuer</p> <p>nüchtern seit: _____</p>	<p>Erstmaßnahmen</p> <p> <input type="checkbox"/> Verband <input type="checkbox"/> Wundversorgung <input type="checkbox"/> Punktion Punktat: _____ ml <input type="checkbox"/> Reposition Extension: _____ kg <input type="checkbox"/> Gips <input type="checkbox"/> Monitoring Sauerstoff: _____ l/min <input type="checkbox"/> Konsil <input type="checkbox"/> Medikamente/Infusion: _____ <input type="checkbox"/> </p>
<p>Unfallhergang/Anamnese</p>	<p>Anordnungen für Station</p> <p> <input type="checkbox"/> OP-Vorbereitung OP-Aufklärung erfolgt: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> OP-Vorbereitung später <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Heute nüchtern <input type="checkbox"/> Morgen nüchtern <input type="checkbox"/> Monitoring <input type="checkbox"/> </p>
<p>Bewußtlosigkeit <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Wenn ja, wie lange?</p> <p>Amnesie <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____</p> <p>Zeichen von Alkoholabusus <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Blutentnahme <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Promille: _____</p> <p>Drogen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Welche? _____</p>	<p> <input type="checkbox"/> Tetanus vollständig? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein letzte Impfung: _____ <input type="checkbox"/> Thromboseprophylaxe: _____ <input type="checkbox"/> Antibiose eingeleitet mit: _____ </p>
<p>Medikamente vor Aufnahme</p> <p> <input type="checkbox"/> ASS <input type="checkbox"/> Rivaroxaban (Xarelto®) <input type="checkbox"/> Clopidogrel <input type="checkbox"/> Apixaban (Eliquis®) <input type="checkbox"/> Falithrom <input type="checkbox"/> Dabigatran (Pradaxa®) <input type="checkbox"/> Sulfonylharnstoffe <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Antidepressiva </p>	<p> <input type="checkbox"/> Dienst Anästh. informiert Zeit: _____ Name: _____ <input type="checkbox"/> Dienst UC informiert Zeit: _____ Name: _____ </p>

<p>Allgemeinbefund</p> <p>Allgemeinzustand <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/> reduziert <input type="checkbox"/> schlecht</p> <p>Bewußtsein <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/></p> <p>Haut <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p> <p>Foetor <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Ödeme <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Lymphknoten <input type="checkbox"/> unauffällig</p>	<p>Abdomen</p> <p>Leber <input type="checkbox"/> nicht tastbar <input type="checkbox"/></p> <p>Milz <input type="checkbox"/> nicht tastbar <input type="checkbox"/></p> <p>Druckschmerz <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Resistenzen <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Nierenlager <input type="checkbox"/> frei bds. <input type="checkbox"/></p> <p>Bruchpforten <input type="checkbox"/> geschlossen <input type="checkbox"/></p> <p>Narben <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Zunge <input type="checkbox"/> feucht <input type="checkbox"/></p>
<p>Kopf/Hals</p> <p>Augen <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p> <p>Pupillen <input type="checkbox"/> isokor bds. <input type="checkbox"/></p> <p>Reaktion auf Licht <input type="checkbox"/> prompt bds. <input type="checkbox"/></p> <p>Reaktion auf Konvergenz <input type="checkbox"/> prompt bds. <input type="checkbox"/></p> <p>Mundhöhle <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p> <p>Zahnprothese <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Schilddrüse <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p>	<p>Neurologischer Befund</p> <p>Reflexe <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p> <p>Lasegue <input type="checkbox"/> bds. negativ <input type="checkbox"/></p> <p>Babinski <input type="checkbox"/> bds. negativ <input type="checkbox"/></p> <p>sensible Ausfälle <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>motorische Ausfälle <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p>
<p>Thorax</p> <p>Thoraxform <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p> <p>Mammae <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/></p>	<p>Aufnahmebefund</p>
<p>Lungen</p> <p>Atemfrequenz _____ /min</p> <p>Atemgeräusche <input type="checkbox"/> vesikulär <input type="checkbox"/></p> <p>Rasselgeräusche <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p> <p>Klopfschall <input type="checkbox"/> sonor <input type="checkbox"/></p> <p>Grenzen verschieblich <input type="checkbox"/> seitengleich <input type="checkbox"/></p>	<p>Datum, Name, Unterschrift _____</p>
<p>Herz</p> <p>Blutdruck _____ / _____ mmHg Herzfrequenz _____ /min</p> <p>Herzrhythmus <input type="checkbox"/> rhythmisch <input type="checkbox"/></p> <p>Herztöne <input type="checkbox"/> rein <input type="checkbox"/></p> <p>Nebengeräusche <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></p>	

2.2 Anästhesiologie – Besonderheiten der Anästhesie bei Unfallverletzten

Michaela Tschöpe, Andreas Triltsch, Petra Wegermann

2.2.1 Einleitung

Die nachfolgenden Empfehlungen zur Vorbereitung der anästhesiologischen Versorgung beziehen sich auf die in diesem Lehrbuch angesprochenen Einzelverletzungen bei jugendlichen und erwachsenen Patienten. Auf komplexere Verletzungsmuster wird in diesem Kapitel nicht eingegangen. Ziel ist es, jungen Ärzten in Weiterbildung zum Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie sowie Ärzten im Rahmen

N0	<p>Lebensgefahr! Die unverzügliche Versorgung ist indiziert. Parallel zur Erstversorgung und ohne diese zu verzögern, ist die Abnahme eines Notfalllabors durchzuführen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • B B • B lutgruppe, ggf. mit Einkreuzen von Erythrozytenkonzentraten • G erinnung (Quick, aPTT) • Serum-Na²⁺, Serum K⁺, Laktat, Blutzucker, Hämoglobin-Gehalt, wenn möglich INR-Schnelltest über Point of Care (POC)-Analytik <p>Des Weiteren sollte eine fokussierte Patientenanamnese mindestens folgende Fragen beinhalten: Nebendiagnosen wie Allergien, Gerinnungsstörungen, kardiopulmonale Risikofaktoren Medikamentenanamnese Eine körperliche Basisuntersuchung ist im Rahmen der Möglichkeiten durchzuführen.</p>
N1	<p>s. N0; ggf. EKG und Röntgen-Thorax/keine Verzögerung der Versorgung!</p>
N2–4	<p>s. N1; Abwarten zur Einhaltung der Nüchternheitsgrenzen sollte erwogen werden. Diese Zeit kann ggf. zur erweiterten, zielführenden Diagnostik und dem Einholen notwendiger konsiliarischer Empfehlungen genutzt werden, um den präoperativen Zustand des Patienten zu verbessern oder aus seinen Vorerkrankungen folgende, zwingende Maßnahmen zu ergreifen. Erhoben werden sollten z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • k ardialer Status (Schrittmacherabfrage bei Synkopen, Herzchographie) • p ulmonaler Status (arterielle Blutgasanalyse, ggf. Thoraxdrainage) • nephrologischer Status (ggf. Notfalldialyse) • h ämato-/hämostaseologisch (ggf. Gabe von Gerinnungsfaktoren) • neurologischer Status: erweitertes Labor bei anamnestischen Auffälligkeiten erwägen (Leberparameter bei bekannter Leberzirrhose abnehmen)
N5	<p>Die Risikoprüfung kann bei einem elektiven Eingriff vom Anästhesisten durchgeführt werden! Zu den zuerhebenden Befunden und notwendigen Maßnahmen gehören:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ausführliche körperliche Untersuchung • au sführliche Anamnese inklusive ASA-Klassifizierung • allgemeine Risikoevaluation nach den gemeinsamen Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin und der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie 2010 • Die Nüchternheitsgrenzen und Aufklärungsfristen (i. d. R. 24 Stunden vor geplanten Eingriffen, zumindest am Vortag des Eingriffs) für einen operativen Eingriff/Narkose sind zu beachten. • ggf. Absetzen (z. B. Metformin, gerinnungsbeeinflussende Medikamente nach Rücksprache mit einem Kardiologen, z. B. Z. n. Stent-Anlage, Herzinfarkt, Lungenarterienembolie) bzw. Neurologen (zerebrovaskuläre Erkrankungen) • E inholen zielführender Konsile (Verbesserbarkeit?)/Rücksprache mit dem Hausarzt • E rheben des Infektionsstatus (z. B. floride Infektion der oberen Atemwege) • D er OP-Termin ist ggf. anzupassen.

Tab. 2.2.1: Präoperative Untersuchungen und Maßnahmen der Anästhesie nach Dringlichkeit.

der fachübergreifenden Tätigkeit in der Rettungsstelle einen Leitfaden an die Hand zu geben, damit die anästhesiologische präoperative Visite effizient vorbereitet werden kann. Damit wird die Grundvoraussetzung geschaffen, sodass unsere gemeinsamen Patienten mit einem Höchstmaß an Versorgungsqualität interdisziplinär versorgt werden können. „Der Anästhesist trägt die Verantwortung für die Aufrechterhaltung der vitalen Funktionen während des Eingriffs. Damit obliegen ihm die Beurteilung der Anästhesiefähigkeit und der Notwendigkeit einer anästhesiologischen Vorbehandlung, die Wahl des Betäubungsverfahrens und der anzuwendenden Anästhetika sowie die Entscheidung über spezielle Vorsichtsmaßregeln. Dies setzt voraus, dass er präoperativ die Belastbarkeit des Patienten sorgfältig prüft, um festzustellen, ob spezifische Risiken gegeben sind.“ Die Anforderungen zur Vorbereitung für die Operation und für das vorgesehene anästhesiologische Verfahren richten sich einerseits nach der Dringlichkeit der operativen Versorgung (Notfallklassifizierung N0 bis N5) und zudem nach den individuellen Risikofaktoren des Patienten.

2.2.2 Vorgehen und Versorgungszeitpunkt

Die Zeit für eine erforderliche Diagnostik sowie für ein Abwarten der Nüchternheitsvorgaben (feste Nahrung, Milchprodukte > 6h; klare Flüssigkeiten > 2h) ist durch die von dem Operateur gestellte Indikation und Versorgungsdringlichkeit (N0 bis N5) grundsätzlich vorgegeben. Bei multimorbiden Patienten ist das individuelle Risiko bei nicht lebensbedrohlichen Verletzungen (> N0) interdisziplinär zu bewerten (Indikationsstellung, Alternativversorgung, etc.), um für den Patienten eine bestmögliche Therapiestrategie festlegen zu können. Bei ausreichend zur Verfügung stehender Zeit (≥ N1/N2) richtet sich das Ausmaß der präoperativen Diagnostik nach den individuellen Risikofaktoren des Patienten und dem Ausmaß des operativen Eingriffs.

Einteilung des geplanten Eingriffs	Symptomfreier Patient und Belastungskapazität ³ 4 METs* und keine Hinweise auf kardiale (KHK, Nikotinanamnese, ...), pulmonale, renale, hepatische, endokrine, Stoffwechsel- oder andere relevante Erkrankung;**				Positive Anamnese u./o. Hinweise auf akute oder chronische kardiale, pulmonale, renale, hepatische, endokrine, Stoffwechsel- oder andere relevante Erkrankung oder Symptomverschlechterung/Dekompensation			
	EKG (> 45J)	R-Th. (> 75J)	Lab.	Sonst.	EKG (> 45J)	R-Th. (> 75J)	Lab.	Sonst.
Hohes Risiko	x	x	x	∅	x	x	x	x
Mittleres Risiko	(x)	(x)	x	∅	x	x	x	x
Niedriges Risiko	∅	∅	∅***	∅	x	x	x	x
EKG	falls keine Symptomänderung: Befund bis max. 6 Monate alt; Befund nicht älter als 30 Tage bei kardialer Anamnese							
Röntgen-Thorax (R-Th.)	falls keine Symptomänderung: Befund bis max. 6 Monate alt							
Labor (Lab.)	BB (Hb, Thrombozyten), Gerinnung (Quick, PTT), Kreatinin							
Sonstige Untersuchungen (Sonst.)	symptombezogene Diagnostik und ggf. Therapie							
* MET = Metabolisches Äquivalent; 4 MET = 1 Stockwerk gehen, leichte Hausarbeit mögl. ** falls eine suffiziente Anamnese nicht erhoben werden kann (z. B. bei behinderten oder nicht-deutschsprachigen Patienten) bzw. nicht zur Verfügung steht, so sind auch bei Eingriffen mit niedrigem Risiko EKG (ab 45 J), R6-Thorax (> 75J) und BB, Quick, PTT erforderlich *** falls strukturierte Blutgerinnungsanamnese unauffällig								

Tab. 2.2.2: Basisuntersuchungen bei Allgemein- und Regionalanästhesien. Modifiziert nach (2)/Vorgehen Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin Charité Campus Benjamin Franklin.

2.2.3 Empfehlungen zur allgemeinen Risikoevaluation

Die allgemeinen Empfehlungen für die Risikostratifizierung können anhand der folgenden Tabellen relativ einfach und schnell evaluiert und ggf. abgearbeitet werden. In der Dringlichkeitsstufe 0 und 1 müssen diese Maßnahmen jedoch auf das oben genannte Mindestmaß reduziert werden, um die Patientenversorgung nicht zu verzögern. In der Regel werden bei diesen dringlichen Versorgungsstufen die Kollegen der Anästhesiologie frühzeitig (N0 im Schockraum) zu der Patientenversorgung hinzugerufen. Die notwendigen Maßnahmen werden dann interdisziplinär und unter Umständen kurzfristig abgestimmt.

2.2.3.1 Basisuntersuchungen bei Allgemein- und Regionalanästhesien

(Erforderliche Untersuchungen der operativen Disziplinen können hiervon abweichen)

2.2.3.2 Minimalstandard für Laborparameter

Parameter	(Verdacht auf) Erkrankung von			
	Herz/ Lunge	Leber	Niere	Blut
Hämoglobin	+	+	+	+
Leukozyten				+
Thrombozyten		+		+
Natrium, Kalium	+	+	+	+
Kreatinin	+	+	+	+
ASAT, Bilirubin, aPTT und INR		+		

ASAT = Aspartat-Aminotransferase, **aPTT** = aktivierte, partielle Thromboplastinzeit, **INR** = International Normalized Ratio

Tab. 2.2.3: Minimalstandard für Laborparameter. Aus (2).

Empfehlungen zur erweiterten Risikoevaluation

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die erweiterten Optionen für eine präoperative Evaluation und ggf. notwendigen Diagnostik vor einer Operation. Diese Parameter bzw. Untersuchungen sind in der Dringlichkeitsstufe 0 und 1 nur dann sinnvoll, wenn sie den Patienten in seiner Versorgung nicht

zusätzlich gefährden, sondern eine vertretbare präoperative Optimierung für ein verbessertes Outcome darstellen. Auf jeden Fall müssen die Maßnahmen interdisziplinär abgesprochen und regelmäßig die Notwendigkeit des OP-Beginns überprüft werden.

2.2.3.3 Kardiale Risikostratifizierung

Kardiales Risiko verschiedener Operationen	
Hohes Risiko	<ul style="list-style-type: none"> • Aortenchirurgie • große periphere arterielle Gefäßeingriffe • Notfalleingriffe mit hohem Volumenumsatz
Mittleres Risiko	<ul style="list-style-type: none"> • intrathorakale und intraabdominelle Eingriffe (auch laparoskopisch/thorakoskopisch) • Karotischirurgie • Prostatachirurgie • Orthopädische/Unfallchir. Operationen (elektiv) • Operationen im Kopf-Hals-Bereich
Niedriges Risiko	<ul style="list-style-type: none"> • oberflächliche Eingriffe • endoskopische Eingriffe • Mammachirurgie • Kataraktoperation

Tab. 2.2.4: Kardiales Risiko verschiedener Operationen (modifiziert n. (2)).

Folgende kardiale Risikofaktoren sind innerhalb der Anamnese zu erheben:

- Herzinsuffizienz
- Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK)
- Diabetes mellitus
- Koronare Herzkrankheit (KHK)
- Zerebrovaskuläre Insuffizienz
- Niereninsuffizienz

Akute symptomatische Herzerkrankungen erfordern eine sofortige Abklärung (immer bei N5; interdisziplinäre Abwägung N1–4); dazu zählen:

- Instabile Koronarsynndrome
- Dekompensierte Herzinsuffizienz
- Signifikante Arrhythmien
- Relevante Herzklappenerkrankungen

Empfehlung zur präoperativen Durchführung eines 12-Kanal-EKG.

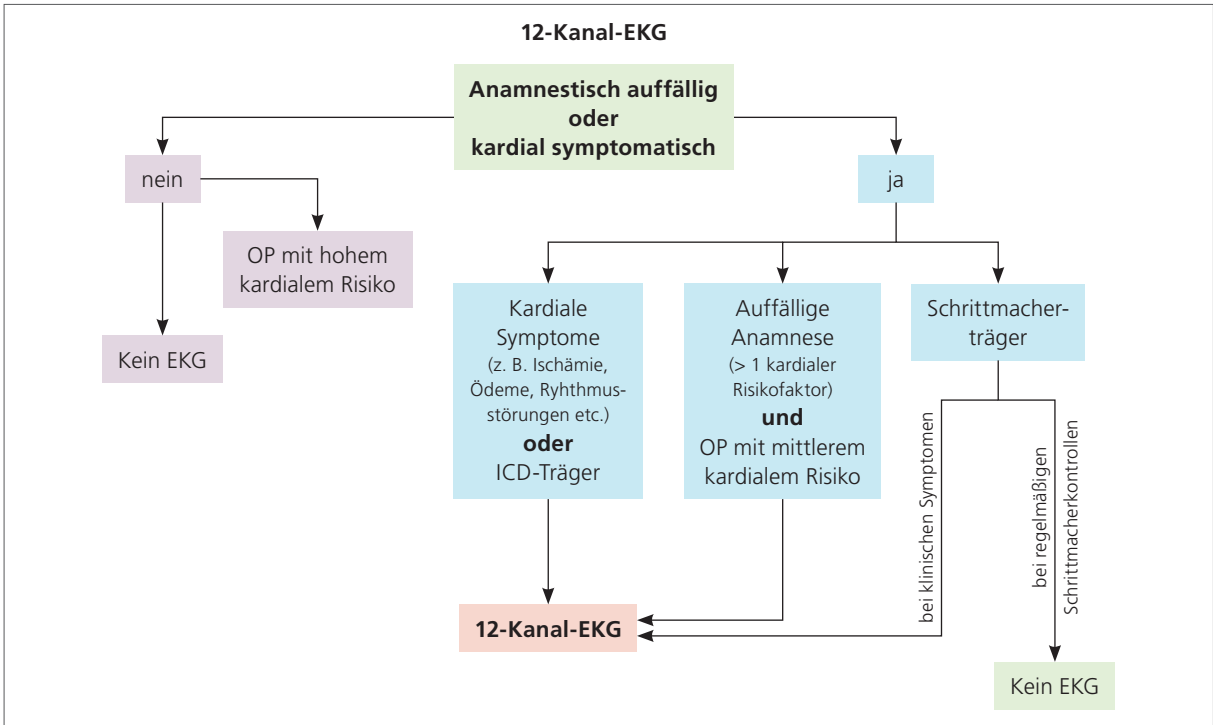


Abb. 2.2.1: Entscheidungsalgorithmus für ein präoperatives 12-Kanal-EKG (modifiziert nach [2]).

Management von elektiven Eingriffen bei Patienten mit Koronarstents in Abhängigkeit von Stenttyp und Zeitpunkt der Implantation.

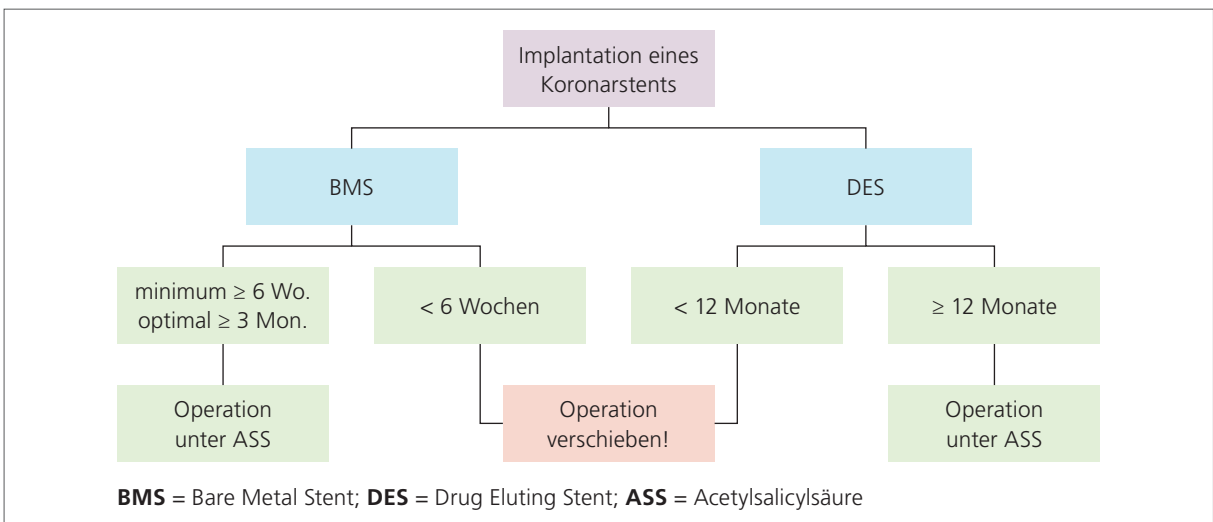


Abb. 2.2.2: Operationsplanung bei Patienten mit Koronarstent (modifiziert nach [2]).

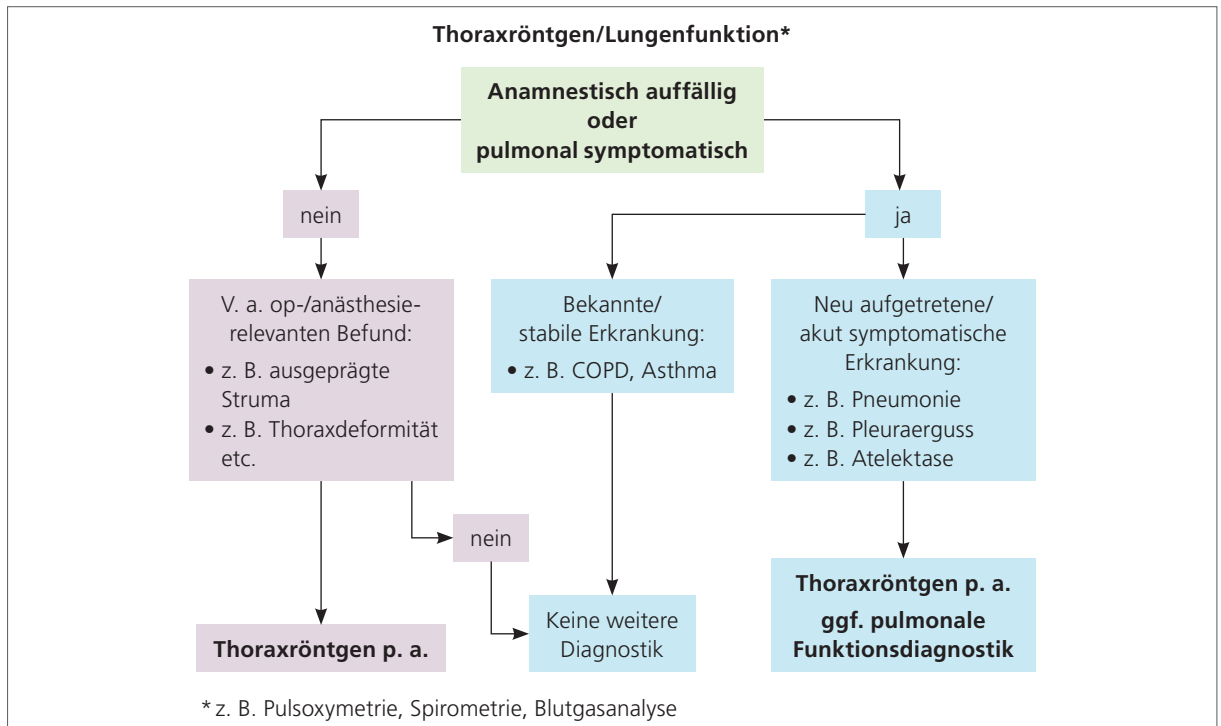


Abb. 2.2.3: Empfehlung zur präoperativen Durchführung eines Röntgen-Thorax a. p. bzw. einer Lungenfunktionsdiagnostik (modifiziert nach [2]).

2.2.3.1 Pulmonale Risikostratifizierung

Pulmonale Risikofaktoren können eine erweiterte präoperative Diagnostik notwendig machen. In Abhängigkeit bestehender Symptome oder Vorerkrankungen ist die Erstellung eines Röntgen-Thorax sinnvoll (s. Abb. 2.2.3). Die häufigsten pulmonalen Vorerkrankungen sind die COPD und das Asthma bronchiale. Die Einteilung der Schweregrade einer COPD erfolgt nach der GOLD-Klassifikation (s. Tab. 2.2.6, S. 25), bei Asthma bronchiale nach der GINA-Klassifikation (s. Tab. 2.2.7, S. 25). Je nach pulmonalem Zustand des Patienten ist, ggf. mit pulmologischem Konsil, eine erweiterte präoperative Diagnostik durchzuführen. Kriterien hierfür sind:

- Eine COPD \geq GOLD III oder ein Asthma bronchiale \geq GINA III
- Symptomprogredienz oder -veränderung (Husten, Sputum, Dyspnoe, gesteigerte Anfallshäufigkeit) oder eine Exazerbation durch Infekt
- Fehlende Symptomkontrolle/Symptoomoptimierungspotential (Anamnese, Auskultationsbefund)

I. Parameter	Punkte		
	1	2	3
Albumin (g/dl)	> 3,5	2,8–3,5	< 2,8
Bilirubin (mg/dl)	< 2	2–3	> 3
(primär biliäre Zirrhose)	< 4	4–10	> 10
Quick-Wert	> 70	40–70	< 40
Aszites	kein	mäßig; therapierbar	stark; therapie-refraktär
Enzephalopathie	keine	Stadien I–II	Stadien III–IV
II. Child-Pugh-Klassifikation			
	A	B	C
Σ Punkte aus I.	5–6	7–9	10–15
OP- Risiko	< 1%	ca. 10%	> 50%

Tab. 2.2.5: Child- Pugh-Klassifikation der Leberzirrhose.

Grad	Kriterien
I	Leichte Behinderung der Ventilation (FEV1/FVC < 70%, aber FEV1 ≥ 80% v. Sollwert); mit oder ohne chronische Symptome wie Husten und Auswurf
II	Moderate Störung der Ventilation (FEV1/FVC < 70%; 50% ≤ FEV1 < 80% v. Sollwert); mit Kurzatmigkeit bei körperlicher Anstrengung; mit oder ohne chronische Symptome wie Husten und Auswurf
III	Schwere Störung der Ventilation (FEV1/FVC < 70%; 30% ≤ FEV1 < 50% v. Sollwert); mit gesteigerter Kurzatmigkeit, Leistungseinschränkung und wiederholten Exazerbationen; Lebensqualität stark beeinflusst
IV	Schwerste Ventilationsstörung (FEV1/FVC < 70%; FEV1 < 30% v. Sollwert); mit chronisch respiratorischer Insuffizienz (PaO2 < 60 mmHg +/- PaCO2 > 50 mm Hg unter Raumluftatmung auf Meereshöhe); Exazerbationen können lebensbedrohlich sein; mit oder ohne Cor pulmonale; sehr starke Einschränkung der Lebensqualität

Tab. 2.2.6: GOLD-Klassifikation der Schweregrade einer COPD.

Grad	Kriterien
I	gelegentlich: Symptome < 1x/Woche, kurze Anfälle, nächtliche Symptome < 2x monatlich, FEV1 ≥ 80% Sollwert
II	leicht, andauernd: Symptome > 2x/Woche, < 1x/Tag, Anfälle können Aktivitäten beeinträchtigen, nächtliche Symptome > 2x/Woche, FEV1 ≥ 80% Sollwert
III	mittelschwer, andauernd: Symptome täglich, Anfälle können Aktivitäten und Schlaf beeinträchtigen, nächtliche Symptome > 1x/Woche, täglich inhalierte, kurz wirksame Beta2-Agonisten, FEV1 60–80%
IV	schwer, andauernd: Symptome täglich, Anfälle häufig, nächtliche Symptome häufig, Einschränkung körperlicher Aktivitäten, FEV1 ≤ 60%

Tab. 2.2.7: GINA-Klassifikation des Asthma bronchiale

2.2.3.1 Risikostratifizierung bei Lebererkrankung

Hepatologische und gastroenterologische Erkrankungen sind nur selten besondere Risikofaktoren für operative Eingriffe. Patienten mit einer asymptomatischen Erhöhung von Leberenzymen und mit Leberzirrhose Grad A (nach Child-Pugh, s. Tab. 2.2.5, S. 24) weisen kein, Patienten mit Leberzirrhose Child-B nur ein mäßig erhöhtes perioperatives Risiko auf. Bei Patienten mit Child-C muss die Indikation für extraabdominelle oder hepatische Eingriffe, die Festlegung ihrer Dringlichkeit und die Wahl der chirurgischen Methode einer Risikoabwägung unterzogen werden.

Weiterführende Literatur:

- Opperbecke HW, Weißbauer W, (Hrsg.). EntschlieBungen, Empfehlungen, Vereinbarungen, Leitlinien. Ein Beitrag zur Qualitätssicherung in der Anästhesiologie. 5. überarbeitete und aktualisierte Auflage. Aktiv Druck und Verlag, Ebelsbach 2011.
- Geldner G¹, Mertens E¹, Wappler F¹, Zwissler B¹, Kelm M², Leschke M², Meyer C², Mössner J², Obertacke U³, Schwenk W³. Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht kardiochirurgischen Eingriffen. Gemeinsame Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin¹, Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin², Deutschen Gesellschaft für Chirurgie³. *Anästh Intensivmed.* 2010; Suppl. Nr. 8, 51: 788–797.

2.3 Prinzipien der externen Ruhigstellung

Clemens von Zerssen, Andreas Woltmann

2.3.1 Allgemeine Grundlagen

Die externe Ruhigstellung dient der Behandlung von verletzten Gelenken, Frakturen sowie verletzten oder infizierten Weichteilen und Sehnen.

Ziele der Behandlung:

Schmerzreduktion, Weichteilkonsolidierung (Abschwellen, Ausheilung von Sehnen- und Bandrupturen) und Retention von Fraktur- und Gelenkrepositionen, sowohl im Rahmen der konservativen Ausbehandlung stabiler Frakturen, als auch bei temporärer präoperativer Ruhigstellung sowie bei adjuvanter postoperativer Ruhigstellung.

Es stehen verschiedene Formen der externen Ruhigstellung zur Verfügung. Im Rahmen der Notfallversorgung kommen v. a. zirkuläre, gespaltene Verbände (i. d. R. unter Einbeziehung der angrenzenden Gelenke), Schienen, Tutoren, redressierende und am Rumpf fixierende Verbände zum Einsatz.

Es ist wichtig, die Grenzen und die Komplikationsmöglichkeiten der externen Ruhigstellung zu kennen.

Insbesondere ist hierbei das Risiko von Druckschäden bei inadäquater Polsterung oder unzureichender Spaltung zirkulärer Verbände zu nennen. Klagen eines Patienten bezüglich eines zu engen oder drückenden zirkulären Verbandes müssen entsprechend ernst genommen werden („ein klagender Patient mit Gips hat immer Recht“).

Bei konservativer Frakturbehandlung besteht die Gefahr einer (Re-)Dislokation, weshalb in der Regel spätestens innerhalb von zwei Wochen, oft jedoch schon nach wenigen Tagen, eine radiologische Verlaufskontrolle notwendig ist (z. B. „4711-Schema“, d. h. Kontrolle nach 4,7 und 11 Tagen). Die Möglichkeit der Ausbildung einer Thrombose oder Embolie, insbesondere bei Ruhigstellung der unteren Extremität, sollte immer bedacht und ggf. entsprechend eine konsequente Thromboembolieprophylaxe eingeleitet werden (S3-Leitlinie). Weitere Risiken beinhalten Bewegungseinschränkungen, Kontrakturen, Muskelatrophie und die Inaktivitätsosteoporose.

CAVE: Absolute Kontraindikationen zur Anlage eines zirkulären ruhigstellenden Schienenverbandes sind ein manifestes Kompartmentsyndrom, ein akuter Gefäßverschluss und ein schwerer Weichteilschaden.

2.3.2 Indikation für die externe Ruhigstellung

Im Rahmen der kalkulierten Erstversorgung sind zunächst durch eine entsprechende Diagnostik behandlungsbedürftige Verletzungen festzustellen. Die Indikation zur externen Ruhigstellung ist oft abhängig vom weiteren geplanten Vorgehen (operativ vs. konservativ). Diese Entscheidung ist je nach Verletzung (Stabilitäts- und Dislokationsgrad, Weichteiltrauma), Patientenwunsch und -anspruch, Begleitverletzungen/-erkrankungen und Patientcompliance individuell zu treffen. Präoperativ ist meist eine Schienenruhigstellung ausreichend, bei der konservativen Therapie von Frakturen ist nahezu immer ein zirkulärer, gespaltener Cast bzw. Gips erforderlich. Ausnahmen sind einige hochstabile Frakturen (z. B. Radiushalsfraktur, isolierte Fibulaschaftfraktur), die mit kurzzeitiger Schienenruhigstellung oder direkt funktionell behandelt werden können, sowie Frakturen, die aufgrund ihrer stammnahen Lage nur durch redressierende oder am Rumpf fixierende Verbände extern stabilisiert werden können (z. B. Claviculafraktur, proximale Humerusfraktur). Eine entsprechende Patientenaufklärung hinsichtlich alternativer Behandlungsmöglichkeiten muss sowohl bei konservativer, als auch operativer Therapie erfolgen und dokumentiert werden.

2.3.3 Formen der Ruhigstellung

	Ruhigstellung durch	Ruhigstellung angrenzender Gelenke	Gelenkstellung
HWS	Stiff-Neck, weiche Halskrawatte, Philadelphiakrawatte	Nein	Neutral, entsprechend den natürlichen Wirbelsäulenschwingungen
BWS/LWS	3-Punkt-Stützkorsett	Nein	Neutral, entsprechend den natürlichen Wirbelsäulenschwingungen
Schulter	Rucksack-, Gilchristverband, Thoraxabduktions-, Schulterstabilisationskissen	Nein	Stellung wird durch Verband vorgegeben, i. d. R. angelegter, innenrotierter Arm. Ausnahme: bei hinterer Schulterluxation Ruhigstellung initial in Außenrotationsstellung!
Oberarmschaft	Brace	Nein	Entfällt
Ellenbogen	Oberarmcast	Ellenbogen- und Handgelenk (Fingergrundgelenke frei)	EBG: 90° Beugung, neutrale Pro-/Supination
Unterarmschaft	Oberarmcast	Ellenbogen- und Handgelenk (Fingergrundgelenke frei)	
Distaler Unterarm	Unterarmcast	Handgelenk (Fingergrundgelenke frei)	HG: ca. 15–20° Streckung
Hand	Unterarmcast mit Fingereinschluss, Kahnbeincast, Daumenorthese, Fingerhülse, Stack-Schiene	Handgelenk, Finger	HG: ca. 15–20° Streckung Fingergrundgelenke: 70–90° Beugung Finger: volle Streckung → sog. intrinsic-plus-Stellung zur Vermeidung v. Seitenbandkontrakturen
Distaler Oberschenkel	Klett-Tutor, Oberschenkelcast	Bei Tutor nur Knie, bei Cast Knie und Sprunggelenk	KG: ca. 0–10° Beugung (CAVE: persist. Streckdefizit), OSG: 0° Neutralstellung
Proximaler Unterschenkel	Klett-Tutor, Oberschenkelcast		
Unterschenkelschaft	Oberschenkelcast		
Distaler Unterschenkel	Unterschenkelcast, Vakuum-Schuh	Oberes Sprunggelenk	OSG: 0° Neutralstellung (CAVE: Spitzfuß) Ausnahme: 30° Spitzfußgips bei Achillessehnenruptur
Oberes Sprunggelenk	Unterschenkelcast, Vakuum-Schuh		
Fußwurzel, Mittelfuß	Unterschenkelcast, Vakuum-Schuh		
Zehen	Tapeverband, Vorfußentlastungsschuh, Verbandsschuh		

Tab. 2.3.1: In der Notaufnahme gängige Methoden der externen Ruhigstellung.

Anstelle eines Casts (Kunstharze auf speziellen Trägermaterialien oder thermoplastische Kunststoffe) kann auch ein Weißgips verwendet werden.

2.3.4 Externe Ruhigstellung bei konservativem und operativem Vorgehen

	Konservatives Vorgehen	Präoperative Ruhigstellung	Postoperative Ruhigstellung
HWS Die Stabilität der Verletzung muss korrekt eingeschätzt werden	Wenn stabil: weiche Halskrawatte (z. B. Dornfortsatzfraktur)	Je nach Stabilität: Stiff-Neck Philadelphiakrawatte Weiche Halskrawatte	Weiche Halskrawatte
Untere BWS/LWS Die Stabilität der Verletzung muss korrekt eingeschätzt werden	Wenn stabil: 3-Punkt-Stützkorsett	Bei operationspflichtigen Wirbelsäulenverletzungen präoperativ meist Immobilisation durch Bettruhe	Frei
Schulter Wegen Gefahr der Einsteifung möglichst frühe Krankengymnastik	Gilchrist Rucksackverband bei Claviculafraktur (Kontrolle pDMS am Folgetag!)	Gilchrist	Gilchrist oder Armschlinge
Oberarmschaft	Sarmiento-Brace	Gilchrist	Gilchrist, Armschlinge oder frei
Ellenbogen Wegen Gefahr der Einsteifung möglichst frühe Krankengymnastik	Oberarmcast (konsequente Ruhigstellung > 3 Wochen sollte unbedingt vermieden werden)	Oberarmschiene oder Oberarmcast	i. d. R. frei, falls Oberarmschiene oder Oberarmcast frühe KG aus der Schiene heraus
Unterarmschaft	Oberarmcast	Oberarmschiene	frei
Distaler Unterarm	Unterarmcast	Unterarmschiene oder Unterarmcast	Unterarmschiene oder Unterarmcast
Hand Insbesondere die Fingergelenke neigen zur schnellen Einsteifung → frühzeitige KG	Schiene oder Cast in intrinsic-plus-Stellung, div. Schienen/Orthesen je nach Verletzung	Schiene oder Wundverband in neutraler Handposition	je nach Verletzung/OP: frei, Schiene, Cast, Orthese, dynamische Schiene
Kniegelenk Wegen Gefahr der Einsteifung, möglichst frühe Krankengymnastik	Klett-Tutor Orthese mit Gelenk Oberschenkelcast	Klett-Tutor Oberschenkelcast	frei, ggf. Orthese mit Gelenk oder Klett-Tutor
Unterschenkelschaft	Oberschenkelcast	Oberschenkelschiene oder Oberschenkelcast	frei
Distaler Unterschenkel	Unterschenkelcast oder Vakuum-Schuh	Unterschenkelcast Unterschenkelschiene Vakuum-Schuh	Unterschenkelcast, Vakuum-Schuh
Oberes Sprunggelenk	Unterschenkelcast oder Vakuum-Schuh; Bei Achillessehnenruptur: Spitzfußunterschenkelcast Vakuum-Schuh	Unterschenkelcast Unterschenkelschiene Vakuum-Schuh	je nach Verletzung/OP: frei, Unterschenkelcast, Vakuum-Schuh

	Konservatives Vorgehen	Präoperative Ruhigstellung	Postoperative Ruhigstellung
Fußwurzel, Mittelfuß	Unterschenkelcast oder Vakuum-Schuh	Unterschenkelcast, Unterschenkelschiene, Vakuum-Schuh, Ggf. frei (z. B. Calcaneusfraktur)	frei, Unterschenkelcast, Vakuum-Schuh
Zehen	Tapeverband, Vorfußentlastungsschuh, Verbandschuh	Frei, ggf. Schiene	Je nach OP: Frei, redressierender Verband, Verband- oder Vorfußentlastungsschuh

Tab. 2.3.2: Mögliche Arten der Ruhigstellung in Abhängigkeit des weiteren Vorgehens (konservativ vs. operativ).

Inwieweit und welche Form einer externen Ruhigstellung indiziert ist, ist letztlich im jeweiligen Fall individuell zu entscheiden.

2.3.5 Zeitpunkt und Dauer der externen Ruhigstellung

Die Versorgung mittels externer Ruhigstellung erfolgt grundsätzlich primär nach einem Unfall und wird nach entsprechender Diagnosestellung ggf. entsprechend angepasst. Bei operativer Versorgung ist je nach Befund u. U. direkt postoperativ eine externe Ruhigstellung indiziert (Wiederverwendung der präoperativen Ruhigstellungshilfe oder Neuanlage je nach Indikation, s. Tab. 2.3.2). Prinzipiell erfolgt eine externe Ruhigstellung – mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. Kahnbeinfraktur oder langwierige Infektsanierung – nicht länger als 6 Wochen, ggf. sollte ein Wechsel auf eine Bewegungsorthese erfolgen (z. B. MOS-Schiene bei VKB- oder Innenbandruptur). Einige Gelenke wie Schulter-, Ellenbogen-, Finger- und Kniegelenke neigen besonders schnell zur Einsteifung. Deshalb sollte bei der Behandlung darauf geachtet werden, eine möglichst eine derart stabile Situation zu schaffen, dass entweder frühzeitig auf eine externe Ruhigstellung verzichtet werden kann oder dass zumindest die krankengymnastische Beübung aus dem ruhigstellenden Verband heraus möglich ist.



Abb. 2.3.1: Polsterung und Lagerung vor Anlage eines gespaltenen Unterschenkelcasts.

Die Polsterung erfolgt hier mittels zweier Schlauchverbände und einem selbsthaftenden Polyurethanschäum, der entsprechend zurechtgeschnitten und um prominente Knochenvorsprünge geklebt wird. Die eingelegte ventrale Schiene erleichtert das anschließende Spalten des Casts.



Abb. 2.3.2: Polsterung vor Anlage eines Oberarmcasts.

Es werden Knochenvorsprünge und vulnerable Hautstellen (Ellenbeuge) abgepolstert. Eine Hilfsperson stabilisiert den Arm.

2.3.6 Tricks und Techniken

Der Patient ist über die geplanten Maßnahmen und die Möglichkeiten seiner aktiven oder passiven Mitarbeit bei der Anlage eines Casts oder anderen externen Ruhigstellung (z. B. Halten einer bestimmten Gelenkstellung oder bewusstes Lockerlassen) zu informieren. Auf eine suffiziente Analgesie ist unbedingt zu achten. Etwaige Fehlstellungen müssen ggf. reponiert und die Stabilität beurteilt werden (z. B. BV-Kontrolle). Verletzte Extremitäten sollten hochgelagert werden. Druckgefährdete Stellen (Knochenvorsprünge, harte Stellen im Cast) müssen gut gepolstert werden (s. Abb. 2.3.1 und 2.3.2).

Beim Wickeln zirkulärer Verbände muss sowohl auf die korrekte Stellung der angrenzenden mit einzuschließenden Gelenke, als auch auf die gerade ausreichende Überlappung der Touren geachtet werden (der Cast soll dünn aber stabil sein). Insbesondere im Rahmen der Aushärtungsphase ist weiterhin die korrekte Gelenkstellung zu kontrollieren. Nach dem Aushärten müssen alle Lagen des Gipses oder Casts vollständig gespalten werden! Anschließend wird der Gipsrand ausgeschnitten und an den Rändern gepolstert (s. Abb. 2.3.3–Abb. 2.3.5).

Die Gipsanlage ist an ausgebildetes Personal delegierbar (Pflegepersonal), dennoch ist immer der Arzt verantwortlich für die korrekte Anlage der externen Ruhigstellung, sodass

nach Gipsanlage eine abschließende Kontrolle durch den Arzt erfolgen muss!

Je nach vorliegender Verletzung ist u. U. eine radiologische Stellungskontrolle im Gips notwendig.

Bei ambulanter Therapie muss der Patient über die Risiken und Symptome bei Druckschäden aufgeklärt werden und ein Termin zur Gipskontrolle am Folgetag vereinbart werden (gilt auch für einen Rucksackverband). Auch sollten ggf. notwendige Röntgenverlaufskontrollen vereinbart werden.

Bei stationärer Aufnahme sind entsprechende Anordnungen für die Station schriftlich zu dokumentieren (z. B. Gips- bzw. Kompartimentkontrollen, abschwellende Maßnahmen, Bettruhe, Analgesie, Thromboembolieprophylaxe).

Weiterführende Literatur:

Kraus E, Braun W. Fixierende Verbände. In: *Leitlinien Unfallchirurgie*. (Hrsg.: Stürmer KM). Thieme, Stuttgart 2001; 1-11.

Spier W, Härter R, Kern G. Checkliste Gipstechnik – Fixationsverbände. 3. Auflage. Thieme, Stuttgart 1997.

Bonn HW. Praxisbuch Gipsen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 2003.



Abb. 2.3.3: Gespaltener Unterarm-Mokcast.
Die Ränder des Casts werden mit Polstermaterial abgeklebt und der Cast mit Klettverschlüssen versehen.



Abb. 2.3.5: Gespaltener Unterarm-Mokcast in intrinsic-plus-Stellung.
Wenn nicht alle Finger ruhiggestellt werden sollen, wird der Cast nach Aushärtung wie im dargestellten Fall entsprechend ausgeschnitten.



Abb. 2.3.4: Gespaltener Unterschenkel-Mokcast.

2.4 Lagerung des Verletzten

Ina Schmidt

2.4.1 Allgemeine Grundlagen

Die Lagerung ist eine wichtige unterstützende Maßnahme zur Behandlung von Verletzungen. Ob zur Stabilisierung von Frakturen, zur Abschwellung verletzter Extremitäten oder im Extensionsverband, die entsprechende Lagerung sollte für den Patienten weitgehend schmerzreduzierend bzw. schmerzfrei sein. Durch die sach- und fachgerechte Lagerung werden Sekundärschäden wie Gefäß- oder Nervenschädigungen weitestgehend vermieden.

CAVE: Falsche Lagerung kann zu irreversiblen Schäden führen (Paresen, Spitzfuß, Dekubitus, Kontrakturen)!

Die Art der Lagerung muss abhängig gemacht werden von

- der Lokalisation der Verletzung,
- der Art der Verletzung,
- dem evtl. angewandten Osteosyntheseverfahren.

Allgemein sollte bei einer Lagerung darauf geachtet werden, dass z. B. Schläuche (Infusionsschlauch, Drainage, BVK und dergleichen) zur unverletzten Seite des Patienten am Bett angebracht werden. Diese Maßnahme verhindert, dass die Leitungen gequetscht werden und somit ihre eigentliche Funktion vermindert, wenn nicht sogar unterbunden wird.

Dadurch ist die Gefahr eines versehentlichen Herausziehens – z. B. beim Betten – deutlich reduziert. Dies erspart dem Patienten gegebenenfalls eine weitere OP und vermindert das Komplikationsrisiko.

2.4.1 Lagerungshilfsmittel

Für alle Lagerungsarten gilt: Sie müssen mehrmals am Tag kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden, um irreversible Schäden zu vermeiden!

Lagerungshilfsmittel	Anwendung
Schienen	Zur speziellen Lagerung und Ruhigstellung von Extremitäten
Kissen	Gut zum Lagern und Polstern; problemlos im Hygieneaufwand (keine Spreu- oder Hirsekissen!)
Schaumstoffkeile	Nur mit Bezug verwenden; Desinfektion unproblematisch
Schaumstoffquader	Kommen z. B. bei Lagerungen auf der gesunden Gegenseite der unteren Extremität zum Einsatz (Abstützen, Unterstützen der Muskelpumpe)

Lagerungshilfsmittel und ihre Anwendung.

2.4.1.1 Lagerung bei Beinextension

- Abhängig von Extensionsmethode sowie Frakturlokalisierung
- Hochlagerung der verletzten Extremität
- Zusätzliche Unterpolsterung an gefährdeten Stellen (Druckstellen für Nerven!), wie z. B. Fibulaköpfchen
- Bei Schenkelhalsfrakturen, per- und subtrocantären Femurfrakturen, Frakturen im Beckenbereich: Lagerung mit flacher Schaumstoffschiene, leicht gebeugte Kniestellung, Unterschenkel leicht hochgelagert
- Bei Frakturen des mittleren und distalen Femur erfolgt eine Hochlagerung mit 45° Kniebeugung



Abb.2.4.1: Extension im Traktionsstiefel. Auf Abstützung der gesunden Extremität und axiale Zugrichtung des Gewichts ist zu achten.



Abb. 2.4.2: Lagerung des Armes auf dem „Kuschelkissen“. Es ist darauf zu achten, dass die Schulter nach dorsal absinken kann.



Abb. 2.4.3: Beim Lagern in einer Schiene ist auf eine druckfreie Lagerung der Ferse zu achten.

2.4.1.1 Lagerung bei operativer Frakturversorgung

Abhängig von Extensionsmethode oder Frakturlokalisierung:

- Bei Verletzungen der oberen Extremität kommt das „Kuschelkissen“ zum Einsatz. Es kann der jeweiligen Verletzungssituation sehr gut angepasst werden.
- Bei Schulterverletzungen darf die Schulter nicht nach ventral über den Oberarm gehebelt werden. Der Ellenbogen muss höher als der Oberarmkopf gelagert sein.
- **SHF mit TEP:** flach in Schaumstoffschiene bei leichter Abduktionsstellung des operierten Beines lagern.
- **Pertrochantäre Oberschenkelfraktur:** flach in Schaumstoffschiene bei leichter Abduktionsstellung des operierten Beines lagern.
- Oberschenkelchaftfraktur mit Marknagel sowie
- Unterschenkel- und Knöchelfrakturen: Hochlagerung mit Kniebeugung
- **Fixateur externe:** hohe Schienenlagerung
- Das Fußende soll 10–15° hochgestellt sein (begünstigt den venösen Rückfluss).

2.4.1.1 Lagerung bei Gelenkverletzungen:

- Hochlagerung der betroffenen Extremität
- bei instabiler Verletzung (Frakturen, Luxationen oder Ähnliches) eventuell Ruhigstellung in Schiene



Abb. 2.4.4: Bei der Lagerung in einer hohen Schiene mit Kniebeugung muss auch der Oberschenkel unterstützt werden.



Abb. 2.4.5: Beim Lagern in einer flachen Schiene muss zur besseren Entlastung das Fußende des Bettes um 10–15° erhöht werden.

2.5 Versorgungungen Fixateur externe

Egbert Thesing

2.5.1 Allgemeine Grundlagen

Ein Fixateur externe ist ein Osteosynthesystem, das besonders minimalinvasiv eingesetzt werden kann. Anders als bei herkömmlichen Osteosynthesematerialien wird die Fixation der Knochenfragmente und Übertragung der um die Fraktur auftretenden Kräfte nicht von dem Knochen anliegenden oder im Knochen selbst liegenden Bauteilen gewährleistet, sondern über ein System, das sich außerhalb des Körpers befindet. Hierzu werden über kleine Zugänge Pins in den Knochen bzw. seine Fragmente eingebracht, die außerhalb der Weichteile winkelstabil an einer Stange befestigt werden. Hieraus ergibt sich ein im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren geringeres zusätzliches Weichteiltrauma.



Abb. 2.5.1: Modellhafte Darstellung eines Modulare Fixateur externe (Z-Frame) an der Tibia.

Eingesetzt wird der Fixateur externe im Besonderen bei Frakturen mit starker Weichteilverletzung, die eine definitive Versorgung zunächst unmöglich machen. Bis zum Abheilen bzw. während der Versorgung der Weichteile können knöchernen Strukturen so vorübergehend fixiert werden.

Der Fixateur externe kann bei der Erstversorgung von Frakturen der Extremitäten sowie des Beckens eingesetzt werden. Auch eine definitive Versorgung ist möglich, nichtsdestotrotz muss der Umstieg auf eine definitive Versorgung bei der primären Anlage des Fixateur externe bedacht werden.

Mögliche Komplikationen bei Anlegen eines Fixateur externe sind:

- Lockerung der Schrauben
- Montage in Fehlstellung (CAVE: Besonders bei gelenkübergreifenden Fixateuren ist auf eine anatomisch korrekte Stellung zu achten!)
- Pinkanalinfektion (Pin-track infection)
- Ringsequesterbildung

2.5.2 Indikationen

Die Anlegung eines Fixateur externe wird bei primär nicht definitiv zu versorgenden Patienten zur Sicherung der Reposition und Lagerung erwogen. Die Ursachen dafür können sein:

- Polytrauma: Abarbeitung der Verletzungen in der Reihe des Gefährdungspotentials
- 2–3° offene Frakturen
- Weichteilschaden: definitive Versorgung erst nach Sanierung des Weichteilschadens möglich

2.5.3 Durchführung

2.5.3.1 Allgemeines

Bei der Anlage eines Fixateur externe bei bestehendem Weichteilschaden ist die Verwendung eines Systems mit Einzelpinbacken in modularer Bauweise vorteilhaft, da hier die klinische Situation beachtet werden kann und nicht der Aufbau des Fixateur-Externe-Systems die Pinplatzierung vorgibt. Die sicheren Zonen an der betreffenden Extremität müssen beachtet werden. Schanz'sche Schrauben müssen sicher in beiden Kortices verankert werden. Selbstbohrende, selbstschneidende Schrauben dürfen die zweite Kortikalis nicht penetrieren. Um primäre Lockerungen zu vermeiden, sollten Schanz'sche Schrauben nie zurückgedreht werden. Gelenküberbrückende Fixationen sollten in anatomischer Stellung eingestellt sein. Bei Versorgung der distalen Tibia muss die Spitzfußprophylaxe eingeplant werden. Zur Vereinfachung der Verlaufskontrolle sollte an MRT-taugliche und röntgenstrahlendurchlässige Bauteile gedacht werden.

Beispiele einer Anlage eines Fixateur externe

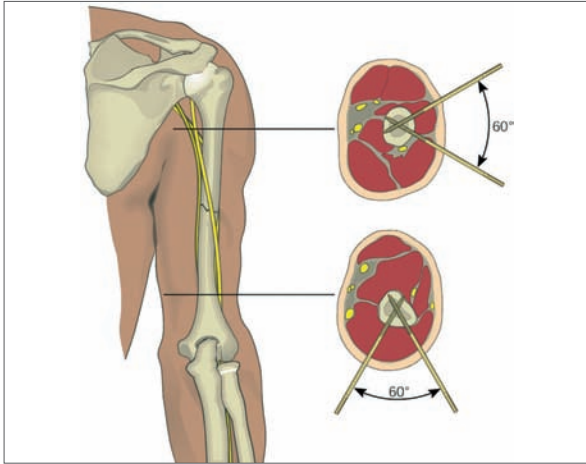


Abb. 2.5.2: Zugang zum Humerus:
Beim Humerus gilt es in erster Linie, den Nervus radialis und den Nervus axillaris zu beachten. Distal ist deshalb am Humerus ein dorsaler Zugang angezeigt, proximal wird empfohlen, die Schanz'schen Schrauben von ventrolateral einzubringen.

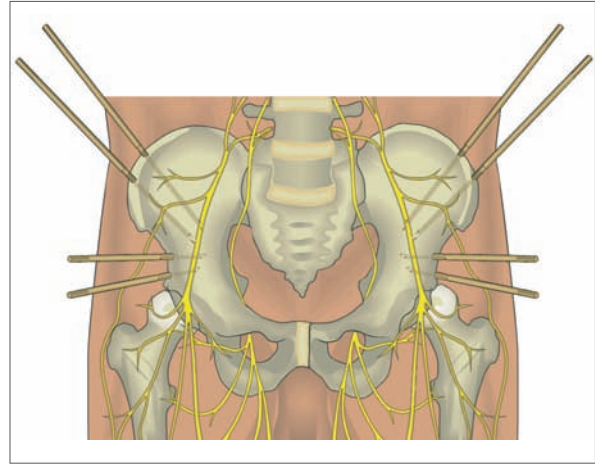


Abb. 2.5.3: Zugang zum Becken:
Im Rahmen der externen Fixationsmontage am Becken werden zwei Möglichkeiten zur Pinplatzierung empfohlen. Aufgrund der ausgeprägten Knochenstruktur wird häufig die technisch anspruchsvollere, supraacetabuläre Pinplatzierung gegenüber derjenigen der Crista iliaca bevorzugt. Von der Crista iliaca anterior superior ausgehend ist der Eintrittspunkt etwa 5 cm nach dorsal zu wählen.

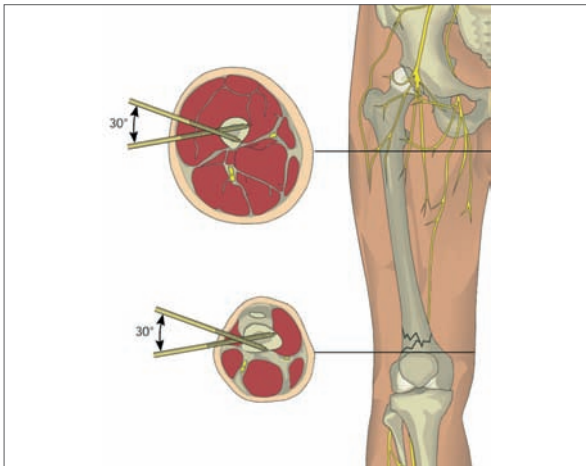


Abb. 2.5.4: Zugang zum Femur:
Zum Femur wird der laterale Zugang innerhalb eines Winkels von ca. 30° empfohlen. Distal ist auch ein medialer Zugang möglich.

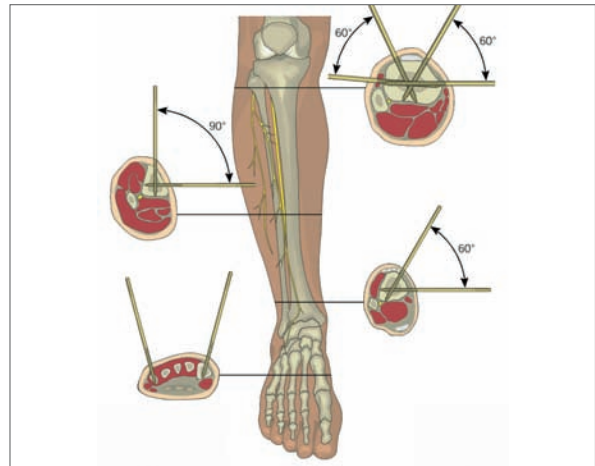


Abb. 2.5.5: Zugang zur Tibia:
Die Weichteilzone, durch die man Schanz'sche Schrauben ohne Verletzung wichtiger Strukturen (Gefäße, Nerven sowie Muskeln und Sehnen) einbringen kann, liegt an der Tibia antero-medial. Die Winkel dieser «sicheren Zone» variieren. Meidet man die laterale Fläche des distalen Drittels der Tibia, lässt sich eine Verletzung der Arteria tibialis anterior vermeiden. Meidet man die ventrale Zone der distalen Tibia, lässt sich die Interferenz mit den Sehnen vermeiden. Die Wahrscheinlichkeit eines möglichen Pinnkanalinfektes lässt sich zudem minimieren.

Modulare Technik Tibia – gilt für alle großen Röhrenknochen

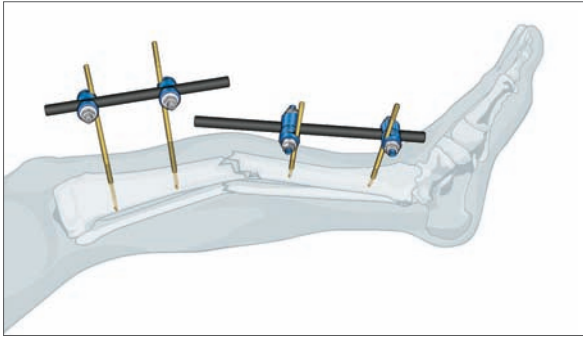


Abb. 2.5.6: Die zwei Schanz'schen Schrauben pro Hauptfragment werden je mit einem Stab verbunden. Hierfür sind aufsteckbare, selbsthaltende Backen zu verwenden. Es ist darauf zu achten, dass die Stäbe über der Frakturzone etwas vorstehen, damit genügend Platz für die Kombinationsbacke bleibt. Sämtliche Muttern der Backen festziehen.

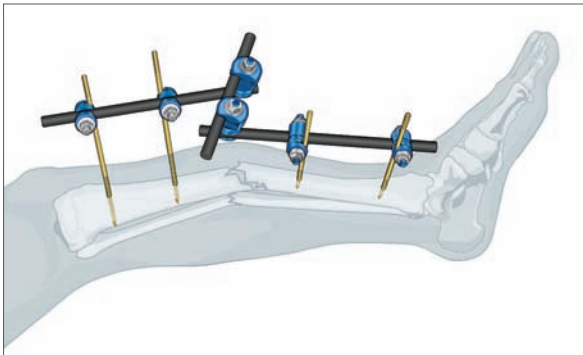


Abb. 2.5.7: Die beiden fraktur-nahen Enden der Stäbe über zwei selbsthaltende Kombinationsbacken mit einem dritten Stab verbinden. Die Mutter der Kombinationsbacken noch nicht festziehen.

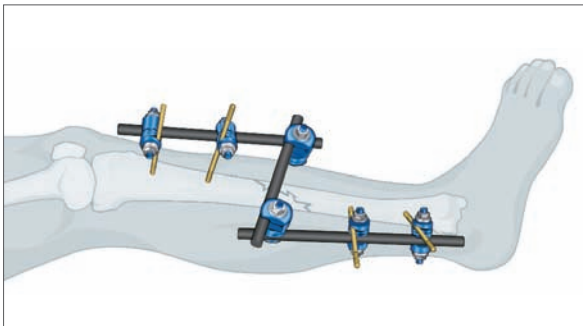


Abb. 2.5.8: Zum Schluss sollten sämtliche Muttern noch einmal mit dem Gabelschlüssel kontrolliert werden, um sicher zu gehen, dass alle fest geschlossen sind. Nach 24 Stunden sämtliche Muttern nachziehen.

2.5.3.2 Besonderheiten: Distaler Radius

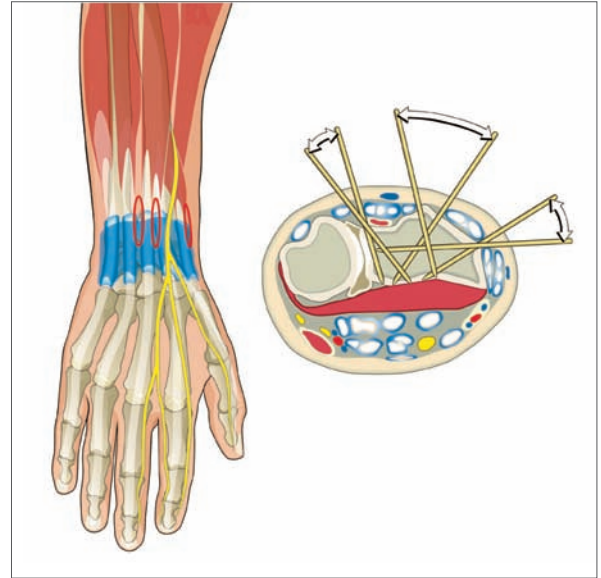


Abb. 2.5.9: Sicherheitszonen am Handgelenk.

Schanz'sche Schrauben oder Kirschnerdrähte sind im Unterarm-, Handgelenks- und Fingerbereich, in den sicheren Zonen außerhalb von Sehnen, Nerven und Gefäßen zu setzen. Für das handgelenksnahe Fragment gilt insbesondere bei der nicht überbrückenden Montagetechnik für distale Radiusfrakturen:

Es gibt schmale Sicherheitszonen zwischen den Extensorenfächern dorsal und dorsoradial. Für das Setzen des Fixateurs in dieser kritischen Zone sind entsprechende anatomische Vorkenntnisse notwendig. Bevor die Schanz'schen Schrauben und/oder Kirschnerdrähte gesetzt werden, können die Sehnenfächer getastet werden, außer der Schwellungszustand macht dies unmöglich.

Eine kleine Längsinzision muss gesetzt werden und durch diese mit einem geeigneten Instrument (kleine gebogene Klemme, kleine gebogene, nicht geöffnete Schere oder Ähnliches) den Kanal bis zum sicheren Kontakt mit der Knochenoberfläche ertasten. In diesem Kanal die Mehrfachbohrbüchse mit schützendem Trokar vorsichtig vorschieben, damit dieses Büchsensystem sicheren Knochenkontakt hat. Mit leichten Spreiz- und Pendelbewegungen sowohl das Spreizinstrument, als auch das Bohrbüchsensystem sicher zwischen die Sehnenfächer platzieren. Um Unsicherheiten zu vermeiden, muss der Tastkontakt eine gesicherte Rückmeldung geben oder die Knochenoberfläche muss sichtbar sein.

Modularer Aufbau distale Radiusfraktur

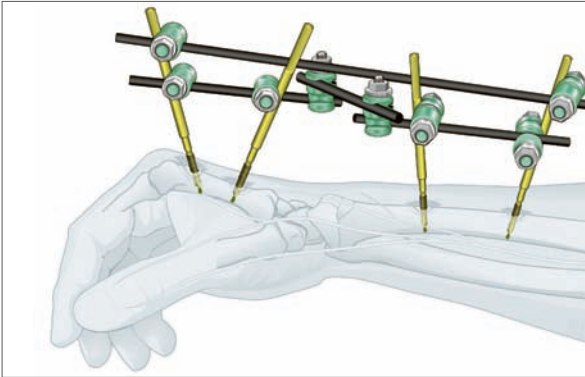


Abb. 2.5.10: Die Schanz'sche Schraube ist unter ständigem Knochenkontakt des Bohrhülensystems einzubringen.

2.5.3.3 Besonderheiten: Hand

Aufgrund der anatomischen Situation von Bändern und Sehnen verlangt jeder operative Zugang zu den Handknochen besondere Sorgfalt. In der Regel werden die Kirschnerdrähte an der Mittelhand und an den Fingern schräg von dorso-radial oder von dorso-ulnar eingebracht. Seitliches Einbringen der Kirschnerdrähte ist möglich an den Metacarpalia I, II und V, dem distalen Drittel der Grundphalangen sowie an den Mittel- und Endphalangen.

Für das Einbringen der Kirschnerdrähte im proximalen Teil der Grundphalangen wird die Streckerhaube in Bewegungsrichtung der Sehne inzidiert.

Außer bei der Einfachmontage können die Kirschnerdraht-Paare unabhängig voneinander in der erforderlichen Position und Winkellage frei gesetzt werden. Die Komponenten des Mini-Fixateur externe ermöglichen – z. B. in der Konfiguration Doppelstabmontage – individuelle, dreidimensionale Rahmenkonstruktionen.

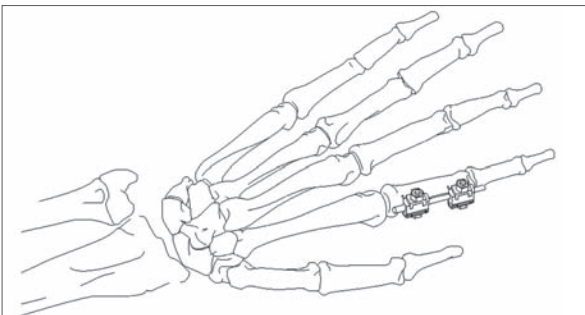


Abb. 2.5.11: Einfachmontage: Haltebacken mit Verbindungsstab.

2.5.4 Pinpflege

Ina Schmidt

Die regelmäßige Kontrolle und Pflege ist ein absolutes Muss bei Fixateuren, um Entzündungen an den Draht-Eintrittsstellen (Pin-Track-Infektion) mit Symptomen wie Schmerzen, Rötung der Eintrittsstellen, Sekretion und anderen allgemeinen Entzündungszeichen zu verhindern, außerdem zur Vermeidung von Fistelbildungen, Fehlstellungen, Pin-Lockerungen und chronischer Osteomyelitis.

Ein absolutes Muss bei Fixateuren:

Die Kontrolle der Pin-Eintrittsstellen
 Die Kontrolle „DMS“ (Durchblutung, Motorik, Sensibilität)
 Die richtige Lagerung der Extremität
 Beobachtung des Allgemeinzustands (Ödembildung, Temperatur)

2.5.4.1 Prophylaxe

Da der Verletzte durch den Fixateur externe stark in seiner Mobilität eingeschränkt ist (insbesondere bei Verletzungen einer unteren Extremität oder des Beckens), besteht eine erhöhte Gefahr von Thrombosen, Dekubiti, Pneumonie und Obstipation.

Entsprechende Gegenmaßnahmen müssen ergriffen werden!

Ein besonderer Blick muss auch den kompromittierten Weichteilen gelten, um weitere Schäden bzw. zusätzliche Komplikationen (z. B. Nekrosen, Kompartmentsyndrom) frühzeitig zu erkennen und die entsprechenden Maßnahmen einleiten zu können.

2.5.4.2 Versorgung

Die **Pinpflege** muss unter sterilen Bedingungen durchgeführt werden.

Die postoperative Versorgung erfolgt zunächst zweimal täglich.

Unumgänglich ist das vollständige Reinigen der Eintrittsstellen mit Octenidin-Rezepturen, inklusive Entfernung aller Verkrustungen.

Das Abdecken erfolgt mit sterilen Schlitzkompressen. Diese müssen anschließend sicher fixiert werden.

Wenn keine Entzündungszeichen auftreten, ist die Versorgung einmal täglich ausreichend. Das Offenlassen der Eintrittsstellen bei fehlenden Entzündungszeichen ist möglich.

Auf färbende Flüssigkeiten ist zu verzichten, da sonst Veränderungen der Eintrittsstellen nicht oder nur schlecht beurteilt werden können.

Ebenso sind Salben bzw. Pasten in keinem Fall zu verwenden, da durch diese der notwendige Sekretabfluss behindert wird und es zu einem Verhalt kommen kann.

2.5.4.3 Lagerung

Die Lagerung muss konsequent durchgeführt sowie mehrfach am Tag kontrolliert und ggf. korrigiert werden:

- Hochlagerung der verletzten Extremität
- Lagerung z. B. des Fußgelenkes in 90°-Stellung (Spitzfuß!), Ferse frei
- ggf. Weichlagerung

2.5.4.4 Material zur Pin-Pflege

- Haut- und Händedesinfektion
- zweimal unsterile Handschuhe, sterile Tupfer, sterile Pinzette, Unterlage, sterile Schlitzkompressen, Mullbinde, Abwurfmöglichkeit, ggf. Abstrichröhrchen
- einmal Schraubenschlüssel in passender Größe.
Die meisten AO-Fixateure haben:
 - im großen Fixateur 11er Muttern
 - im kleinen Fixateur 7er Muttern
 - beim Mini-Fixateur 5,5er Muttern
 - der Ilizarov-Ringfixateur hat in der Regel 10er Muttern



Abb. 2.5.12: Materialien und Lagerung des Patienten zur Pinpflege.

2.5.4.5 Durchführung

- Information des Patienten und Lagerung zum Verbandswechsel
- Richten des benötigten Materials
- Händedesinfektion
- Mit Handschuhen den Verband entfernen → beurteilen der Pin-Verhältnisse und abwerfen
- Handschuhe ausziehen, Händedesinfektion
- Richten des Sterilguts auf steriler Unterlage, Handschuhe, reinigen der Drähte (Octenidin-getränkte Tupfer) mittels steriler Pinzette. Auflegen der Kompressen, fixieren.
- Bei Sekretion **vor der Reinigung** eventuell an Abstrich denken
- Handschuhe ausziehen, Händedesinfektion
- Lagern der Extremität, DMS-Kontrolle, Dokumentation
- Kontrolle der Stabilität der Fixateur-Backen und evtl. Nachziehen derselben
- Anleiten des Patienten und evtl. der Angehörigen zur selbständigen Durchführung von Reinigung und Pflege des Fixateurs

Der **gesamte** Fixateur muss nach der Reinigung ohne Verkrustungen und Blut sein, um keinen Nährboden für Keime zu liefern.

Es besteht die Möglichkeit, Schutzkappen auf die Schanz'schen Schrauben aufzubringen. Diese schützen Personal und Patient vor Verletzungen durch scharfe Kanten.

Weiterführende Literatur:

- Asche G, Roth W, Schroeder L. Fixateur externe. 1. Aufl. Einhorn-Press, Reinbeck 2000.
- Pennig, D. Bewegungsfixateure. *Unfallchirurg*. 2011; 114 (2), S. 94.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 2 – Spezifische Frakturen, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, 2008.
- Weber BG, Magerl F. Fixateur externe. 1. Aufl. 1. Band. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin: Heidelberg 1985.



Abb. 2.5.13: Gründliche Säuberung der Pineintrittsstellen mit Entfernung aller Verschmutzungen und Verkrustungen, das gilt auch für das Fixateur-Gestänge!



Abb. 2.5.14: Ein trockener Verband mit eingeschnittenen Pflastern ist völlig ausreichend.

2.6 Präoperative Physiotherapie bei Frakturen

Sylke Schumann

Die physiotherapeutische Behandlung von Patienten mit Frakturen ist präoperativ immer dann indiziert, wenn eine sofortige operative Versorgung nicht möglich ist. Die Therapie erfolgt im Rahmen der Grundregeln bei der Erstversorgung traumatologischer Patienten, beschrieben durch das Akronym „PECH“ (**P**ause, **E**is, **C**ompression, **H**ochlagerung). Sie dient der Prävention von vermeidbaren Komplikationen und dem schnelleren Erreichen der OP-Fähigkeit z. B. bei massiven Schwellungen. Ältere, inaktive und Patienten mit Begleiterkrankungen sind durch die eingeschränkte Mobilität besonders komplikationsgefährdet.

2.6.1 Zielsetzung:

- Dekubitus-, Pneumonie-, Thromboseprophylaxe
- Schwellungsabbau, Entstauung
- Kreislaufanregung, Vermeidung von Inaktivität, Mobilisation

Die Auswahl der entsprechenden Maßnahmen erfolgt dem Zustand des Patienten angepasst. Die Ruhigstellung und Lagerung der Fraktur muss bei allen Therapien gewährleistet werden, die Maßnahmen werden entsprechend adaptiert.

2.6.1 Maßnahmen:

2.6.1.1 Dekubitus-, Pneumonie-, Thromboseprophylaxe

- Lagerung, Umlagerung soweit erlaubt/möglich
- Atemtherapie, Atemstoffwechsellgymnastik, Einsatz von Atemtrainern zur Schulung der Inspiration/Expiration
- Inhalation
- Aktive Krankengymnastik aller nicht betroffenen Gelenke
- Mobilisation soweit erlaubt (Sitzen an der Bettkante, Stand, Gang)
- Einsatz eines AV-Impulssystems

2.6.1.1 Entstauung, Schwellungsabbau

Hochlagerung der betroffenen Extremität mit verschiedenen Lagerungshilfen, zusätzlich sollte das Fußende des Bettes ca. 10° hochgestellt werden, bei Verletzungen der oberen Extremität werden „Kuschelkissen“ eingesetzt.

Zusätzliche Therapieverfahren sind:

- Manuelle Lymphdrainage
- Kompression durch Bandage
- Einsatz eines AV-Impulssystems
- aktives Beüben der nichtbetroffenen Gelenke im Sinne einer Pumpbewegung
- Kryotherapie

2.6.1.1 Kreislaufanregung und Mobilisation

Zu den wichtigsten Maßnahmen bei der Kreislaufanregung gehören die Atemstoffwechsellgymnastik, die aktive Krankengymnastik aller nicht betroffenen Gelenke sowie die Mobilisation nach folgenden Punkten:

- a) bei Verletzungen der oberen Extremität:
 - Transferschulung zum Sitz an der Bettkante, Stabilisierung im Sitz und Stand, Gangschule
 - alltagsorientierte Funktionsschulung der nicht betroffenen oberen Extremität
- b) bei Verletzungen der unteren Extremität
 - Krankengymnastik im Bett der nichtbetroffenen Gelenke
 - Transferschulung zum Sitz an der Bettkante, Stabilisierung im Sitz und Stand, Gangschule ohne Belastung der betroffenen Extremität soweit erlaubt/möglich mit Hilfsmitteln
 - Anleitung zum Einsatz der Hilfsmittel

2.6.1 Patientenedukation

Die Aufklärung des Patienten über den Zweck und die Notwendigkeit der eingeleiteten Maßnahmen trägt wesentlich zum Therapieerfolg bei. Eine korrekte Anleitung verringert die Unsicherheit und Angst des Patienten vor „falschen“ Bewegungsmustern und verbessert seine aktive Mitarbeit. Die Information über den Ablauf der postoperativen physiotherapeutischen Behandlung vereinfacht den Therapiebeginn nach der Operation.

Weiterführende Literatur:

- Lange A. Physikalische Medizin. 1. Aufl. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2003.
Schönle C. Rehabilitation 1. Aufl. Thieme, Stuttgart 2004.

3

WEICHTEILVERLETZUNGEN

3.1	Weichteilverletzungen	42
-----	-----------------------------	----

3.1 Weichteilverletzungen

Andreas Krause

3.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Der Begriff Weichteilverletzung umfasst jegliche, mit Zerstörung und Verlust einhergehende, Zusammenhangstrennung von Geweben. Weichteilverletzungen treten zumeist im Rahmen von Traumata auf und sind typische Unfallverletzungen. Die meisten Frakturen gehen mit Verletzung der Weichteile einher und auch bei Durchspießungs-, Schuss- oder Stichwunden entsteht ein erheblicher Weichteilschaden. Insbesondere bei Quetschungen ist der oberflächlich oft schlecht abzuschätzende, tieferliegende Schaden zu beachten. Speziellere Verletzungen der Weichteile stellen chemische (Verätzung durch Laugen oder Säuren) und thermische Schädigungen (Verbrennungen und Erfrierungen) dar. Auch iatrogene Ursachen (OP-Zugänge, Tumorexzisionen, Punktionen etc.) kommen als Ursache infrage. Als chronische Weichteilverletzungen werden Defekte bezeichnet, die trotz intensiver, adäquater Therapie, nach vier Wochen keine Heilungstendenz zeigen. Die Therapie der akuten Weichteilverletzungen orientiert sich am primären Trauma und erfolgt nach klassischen chirurgischen Prinzipien.

3.1.2 Diagnostik

Die Inspektion und Palpation erfolgt unter aseptischen Bedingungen. Vor der Versorgung einer Weichteilverletzung müssen immer Begleitverletzungen ausgeschlossen werden. Dazu gehört bei Extremitätenverletzungen immer die Untersuchung der distal der Verletzung gelegenen anatomischen Strukturen. Die Durchblutungssituation sowie eine orientierende neurologische Untersuchung der Sensibilität und der Motorik müssen dokumentiert werden. Bei wegweisenden klinischen Symptomen müssen knöcherne Begleitverletzungen mittels Röntgendiagnostik ausgeschlossen werden. Dies gilt vor allem bei sogenannten Bagatellverletzungen der Hand. Bei Vorhandensein einer Störung des „DMS“ steht die ausführliche weitere Diagnostik und Behandlung dieser komplizierenden Begleitverletzungen im Vordergrund und die Weichteilverletzung bleibt zunächst unbehandelt. Bei Verletzungen des Rumpfs müssen immer tiefergehende Verletzungen der Körperhöhlen ausgeschlossen werden, zum Beispiel durch bildgebende Diagnostik (Röntgen, Sonografie, Computertomografie).

3.1.3 Klassifikation

Morphologisch werden offene von geschlossenen Weichteilverletzungen unterschieden. Bei der Einteilung nach dem zu erwartenden Heilungsverlauf werden aseptische von kontaminierten und infizierten Weichteilverletzungen differenziert. Ätiologisch werden drei Grundarten unterschieden: traumatische Weichteilverletzungen, iatrogene Weichteilverletzungen und chronische Weichteilverletzungen (Tab. 3.1.1).

Traumatische Weichteilverletzungen	Iatrogene Weichteilverletzungen
Mechanische Verletzungen	Punktionen
Thermische Verletzungen	Laserbehandlung
Chemische Verletzungen	Spalthautentnahme
Strahlenbedingte Verletzungen	Amputationen
	Inzisionen

Tab. 3.1.1: Ätiologische Klassifikation der Wundarten mit Beispielen.

Mechanisch	Thermisch	Chemisch
Schürf-/Schnitt-/Stichwunden	Verbrennungen	Verätzungen durch Säuren
Risswunden	Verbrühungen	Verätzungen durch Laugen
Quetschwunden	Erfrierungen	
Platzwunden		
Schwusswunden		
Ablederungen		
Amputationen		
Bisswunden		

Tab. 3.1.2: Klassifikation traumatischer Weichteilverletzungen.

Wesentliche Begleitverletzungen

Weichteilverletzungen können oberflächlich (< 0,5–1mm mit erhaltener Basalmembran), mittelgradig tief (ca. 1–10mm, Kutis und Subkutis miteinbeziehend) oder tief (> 10mm) sein. Tiefe Weichteilverletzungen können mit zusätzlichen

Verletzungen der Muskulatur, des Knochens, von Gelenken, Schleimbeuteln und anatomisch präformierten Hohlräumen (Abdomen, Thorax, Spinalkanal, Schädelhöhlen) kombiniert sein. Darüber hinaus gehören Nerven- und Gefäßverletzungen zu den wesentlichen Begleitverletzungen tiefer Weichteilverletzungen. Sämtliche Begleitverletzungen können als Monoverletzung oder kombiniert auftreten. Begleitverletzungen tiefer Weichteilverletzungen stellen immer eine Komplikation dar und bedürfen auf den Einzelfall ausgerichtete Versorgungsalgorithmen.

3.1.4 Versorgungszeitpunkt

Abhängig von Ausdehnung, Schwere und Begleitverletzungen des Weichteiltraumas.

Verletzung von Hauptgefäßen	N1
Kompartmentsyndrom	N2
Sehnenverletzung, Nervenverletzung	N2
Exposition von Knochen und Gelenk	N2
Oberflächliche und mittelgradig tiefe Weichteilverletzung als Monoverletzung	N2
Tiefe Weichteilverletzung mit Komplikationsverletzung	N1
Tiefe Weichteilverletzung mit Komplikationsverletzung und vitaler Bedrohung	N0

3.1.5 Kalkulierte Erstversorgung

Erster Schritt der Wundversorgung ist die Entfernung aller die Wunde bedeckender Kleidung. Dabei ist bei der Kleidungsentfernung auf noch bedeckte Verletzungen zu achten. Die Anamnese des Unfallhergangs kann hierfür Hinweise liefern. Unter aseptischen Bedingungen erfolgt anschließend in Lokal- oder Allgemeinanästhesie die Desinfektion der umgebenden Haut (siehe Abb. 3.1.2–4). Danach folgt die genaue Exploration zur Beurteilung des gesamten Verletzungsausmaßes. Atraumatische Präparation und ausgiebiges Debridement (Fremdkörperentfernung, Exzision von nekrotischem Gewebe) sind unerlässlich. Bei oberflächlichen und mittelgradig tiefen Wunden wird im Rahmen der primären Wundversorgung eine feine adaptierende Einzelknopfnah oder intrakutan-fortlaufende Hautnaht vorgenommen. Bei tiefen Wunden ist nach definitiver Versorgung der Begleitverletzungen eine Drainage subkutaner Hohlräume und eine

lockere Wundnaht notwendig. Die sekundäre Wundversorgung älterer (> 6 Stunden) Wunden umfasst ein ausgiebiges Debridement und eine Wundreinigung mit isotonischer NaCl-Lösung sowie die Drainage von Hohlräumen über mehrere Tage. Der Wundverschluss erfolgt mit adaptierenden Einzelknopfnähten nach Wundrandmobilisierung mittels eines Skalpell (s. Abb. 3.1.5+6). Anschließend erfolgt bei sämtlichen Wundarten die Anlage eines saugfähigen, leicht komprimierenden, sterilen Wundverbandes. Eventuell ist in Abhängigkeit vom Ausmaß der Weichteilverletzung die Schienen-, Gips- oder externe Fixation der verletzten Struktur zu erwägen. Im Rahmen der Erstversorgung ist immer der Status der Tetanusimmunisierung zu erfragen, um diese ggf. einzuleiten oder zu erneuern. Über die Notwendigkeit der ambulanten oder stationären Weiterbehandlung entscheidet das Verletzungsausmaß und das Alter der Wunden sowie die körperliche Verfassung und das Alter des Patienten.

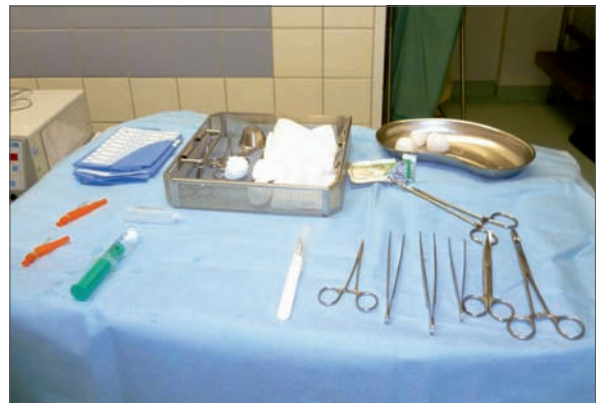


Abb. 3.1.1: Instrumente zur Wundversorgung auf einem sterilen Tisch gerichtet.



Abb. 3.1.2: Wunde am Ellenbogen.



Abb. 3.1.3: Applizieren der örtlichen Betäubung unter aseptischen Bedingungen.



Abb. 3.1.4: Erstdesinfektion mit nicht brennendem Antiseptikum.

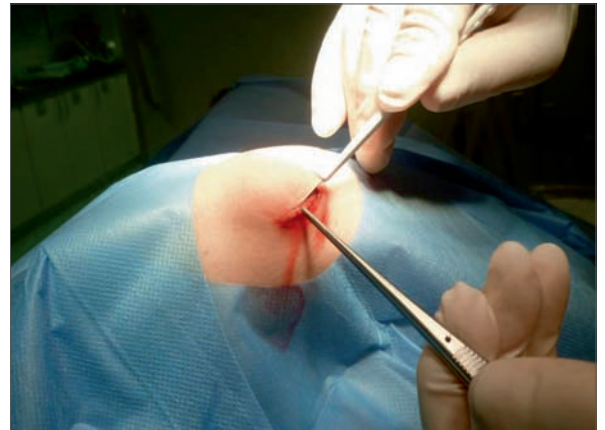


Abb. 3.1.4: Wundrandumschneidung nach Friedrich.



Abb. 3.1.6: Steriles Abdecken der Wunde.



Abb. 3.1.7: Adaptierende Einzelknopfnah.

3.1.6 Tricks und Techniken

Wunden im Gesicht sind nie zu exzidieren. Massive Schwellungen können hier Defekte vortäuschen.

Beim **Decollement** (taschenbildende Abscherung der Subkutis von der Faszie) kommt es zu einer lang andauernden inneren Sekretion. Eine Saugdrainage über mehrere Tage ist bei solchen Verletzungen notwendig.

Bei **Bursaverletzungen** bedarf es einer Wundrand- und der vollständigen Exzision der Bursa selbst. Nachfolgend werden Blutstillung, Drainage und Ruhigstellung veranlasst. Die Hautnähte werden 12–14 Tage belassen.

Bei **offenen Gelenkverletzungen** erfolgt der Schleimhautverschluss durch eine Naht. Es folgen Hochlagerung und Ruhigstellung mittels Schiene. Da Gelenke als präformierte Hohlräume optimale Bedingungen für eine bakterielle Besiedlung darstellen (s. a. Kap. 13, S. 160 ff.), ist immer an eine Antibiotikatherapie zu denken.

Bei allen **Handverletzungen** erfolgt eine Wundverweiterung zur Exploration. Die Wundränder werden nicht exzidiert. Vor der Wundversorgung sollte, insbesondere an der Hand, die Funktion, Sensibilität und Durchblutung geprüft und genau **dokumentiert werden!**

Schussverletzungen werden ausgiebig nekrektomiert und die Kavitationshöhlen drainiert.

Bissverletzungen sollen unverzüglich mit antiseptischer Lösung gespült und sorgfältig inspiziert werden. Avitales Gewebe wird gegebenenfalls durch Debridement entfernt. Bei durch Menschen oder Primaten verursachten Verletzungen wird eine Antibiose veranlasst. Verletzungen mit hohem Infektionsrisiko (Katzenbissverletzungen, Verletzungen der Hand) erfordern eine offene Wundbehandlung mit verzögertem primären Wundverschluss und eine Antibiotikatherapie. Verletzungen mit geringem Risiko rechtfertigen einen primären Wundverschluss ohne Antibiotikaphylaxe. Engmaschige Wundkontrollen und Suche nach Infektionen im Anschluss sind unerlässlich.

Eine **Fotodokumentation** hat sich für die Verlaufsbeurteilung von Wunden bewährt. Bei der Übergabe von Patienten an den Weiterbehandler hat ein Foto des Ausgangsbefundes eine größere Aussagefähigkeit als jede Beschreibung.

Weiterführende Literatur:

- Chaby G, Guillaume JC, Domp Martin A. et al. Dressings for Acute and Chronic Wounds. *Arch Dermatol.* 2007; 143(10): 1297-1304.
- Greatrex-White S, Moxey H. Wound assessment tools and nurses' needs: an evaluation study. *Int Wound J.* 2013; 10: 1111-12100.
- Ovington LG. Dealing With Drainage. The What, Why, and How of Wound Exudate. *Home Healthc Nurse.* 2002; 20: 368-375.
- Suissa D, Danino A, Nikolis A. Negative-Pressure Therapy versus Standard Wound Care: A Meta-Analysis of Randomized Trials. *Plast Reconstr Surg.* 2011; 128: 498e-503e.
- Vermeulen H, Ubbink DT, Goossens A et al. Systematic review of dressings and topical agents for surgical wounds healing by secondary intention. *Br J Surg.* 2005; 92: 665-672.

4

VERLETZUNGEN DES SCHÄDELS

4.1	Verletzungen des Neurokraniums	48
4.2	Blutungen aus dem Nasen-, Mund- und Rachenraum	58

4.1 Verletzungen des Neurokraniums

Erich Donauer

4.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Verletzungen des Neurokraniums liegen unterschiedlichste Ursachen zu Grunde. Für den unfallchirurgischen Fokus liegen die traumatischen Verletzungen an erster Stelle. Mögliche Mechanismen schließen Stürze und Unfälle jeder Art mit ein, oft unter Beteiligung der Halswirbelsäule. Auch Fremdeinwirkungen und Gewalttaten können Ursache traumatischer Schädel-Hirn-Verletzungen sein. In Folge einer Gewalteinwirkung können Frakturen des knöchernen Schädels sowie Blutungen auftreten. Letztere sind besonders deshalb behandlungsbedürftig, da Blutungen in der starren Begrenzung, die der Schädel darstellt, schnell zu einem intrakraniellen Druckanstieg und in Folge dessen zu lebensbedrohlichen Druckbelastungen und Einklemmungen des Hirnstamms führen können.

Intrakranielle Blutungen können aber auch atraumatisch auftreten. Dabei können sie internistisch/hämatologisch (Gerinnungsstörungen, hypertensive Krisen etc.) wie auch onkologisch bedingt sein (Blutung des Tumors selbst/paraneoplastische Gerinnungsstörung) oder durch spontane Gefäßrupturen entstehen. Hierfür sind z. B. arteriovenöse Malformationen (AVM) und Aneurysmata verantwortlich.

4.1.2 Diagnostik

Die Diagnostik neurokraniieller Verletzungen erfolgt am besten nach der Dringlichkeit der Symptome:

4.1.2.1 Klinische Akutdiagnostik

Bei der Beurteilung von Bewusstseinsstörungen hat sich die Glasgow Coma Scale (GCS) für Kinder und Erwachsene bewährt (s. Tab. 4.1.1).

Die am Schnellsten lebensbedrohlich eskalierende Situation bei Verletzungen des Schädels/Hirns stellt der steigende Hirn-

GCS	Punkte (Erwachsener)	Punkte (Kind)
Augen öffnen	4: spontan	4: spontan
	3: auf Ansprache	3: auf Anrufen
	2: auf Schmerzreiz	2: auf Schmerzreiz
	1: keine Reaktion	1: keine Reaktion
Sprache	5: orientiert	5: plappert; folgt Gegenständen
	4: desorientiert	4: schreit; inadäquate Reaktion
	3: inadäquat	3: kann nicht getröstet werden
	2: unverständlich	2: stöhnt
	1: keine Antwort	1: keine Antwort
Motorik	6: befolgt Aufforderungen	6: Spontanbewegung normal
	5: gezielte Schmerzabwehr	5: gezielte Schmerzabwehr
	4: ungezielte Schmerzabwehr	4: ungezielte Schmerzabwehr
	3: Beugereaktion	3: Beugereaktion
	2: Streckreaktion	2: Streckreaktion
	1: keine Reaktion	1: keine Reaktion

Tab. 4.1.1: Punktevergabe der Glasgow Coma Scale für Kinder und Erwachsene.

unspezifische Hirndruckzeichen	
Vernichtungskopfschmerz	
Bewusstseinsintrübung	
Desorientiertheit und Konfabulationen	
Papillenprominenz (Spiegelung des Augenhintergrunds)	
(Hemi-)paresen	
Blickdeviation (der Patient „schaut sich den Prozess an“, d.h. er blickt in Richtung des Ortes der Blutung/Läsion)	
Hirndruckzeichen obere Einklemmung (Tentoriumschlitz)	untere Einklemmung (Foramen magnum)
beidseitiges Strecken	plötzlicher Atemstillstand
erst einseitig, dann beidseitig weite Pupille	Areflexie
	Blutdruckanstieg und Bradykardie (Cushing-Reflex)

Tab. 4.2.2: Unspezifische und spezifische Hirndruckzeichen.

druck aufgrund von Blutungen oder eines Hirnödems dar. Klinische Hirndruckzeichen sind in Tabelle 4.2.2 aufgeführt. Eine Erhebung des klinisch-neurologischen Status sollte orientierend durchgeführt werden.

4.1.2.2 Bildgebung in der Akutdiagnostik

Bei Verdacht auf Verletzung des Neurokraniums oder intrakranielle Blutungen sollte nach Stabilisierung des Kreislaufes und der Atemfunktion neben neurologischer Diagnostik ein Spiral- oder Angio-CT durchgeführt werden (N1). Um das gezielte Handeln je nach Befund und Kenntnis der individuellen Situation zu ermöglichen, muss dies innerhalb der ersten Stunde erfolgen. Vorrangig sind dabei das Erkennen frischer Blutungen und knöcherner Verletzungen. In der Beurteilung wird darauf geachtet, ob zerebrale Strukturen über die Mittellinie verlagert sind, in den Tentoriumschlitz hernieren oder sich Zeichen der Herniation in das Foramen magnum ergeben. Derartige Fälle stellen eine unbedingte OP-Indikation dar.

4.1.2.3 Laboruntersuchungen

Sofern keine traumatische/verletzungsbedingte Quelle der Blutung oder des Druckanstiegs auffindig gemacht werden kann, kommen insbesondere Gerinnungsstörungen als Ursache in Betracht. Daher sollte bei nicht-traumatischen Blutungen ein Gerinnungstatus erhoben werden.

4.1.2.4 Besonderheiten

Kinder stellen insbesondere bezüglich der neurologischen Diagnostik einen Sonderfall dar. Für sie bedarf es im Zweifelsfall einer engmaschigen klinischen stationären Überwachung. Der bei Kindern noch flexible knöchernen Schädel und die geringer ausgeprägten Liquorräume geben intrakraniellen Prozessen länger als beim Erwachsenen nach. Der neurologische Status kann daher lange unauffällig bleiben, um sich dann plötzlich dramatisch zu verschlechtern. In diesem Fall ist eine sehr enge, konsequente diagnostische Beobachtung und sofortige operative Therapie notwendig (N1).

4.1.3 Klassifikation

geschlossene Schädel-Hirnverletzungen		
SHT I	Comotio cerebri	Funktionsverlust <1h, keine Substanzschäden
SHT II	Contusio cerebri	Quetschung der Hirnoberfläche, Substanzschäden, Bewusstlosigkeit >1h
SHT III	Lazeration	Heraustreten
SHT IV	Hirnödem	Hirndruck mit verminderter Hirnperfusion

Tab. 4.1.3: Klassifikation des SHT.

Weitere Beschreibungen des SHT erfolgen nach:

- Schwere der neurologischen Funktionsausfälle
- Schwere der diffusen Hirnschädigung
- Zeitdauer der Bewusstlosigkeit oder der Schwere der funktionellen Störung

4.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Hämatothorax und Pneumothorax sind auszuschließen und unmittelbar zu therapieren. Atemwegsverlegungen sowie die sofortige Normalisierung des Sauerstoff- und CO₂-Wertes sind wichtig. Ebenso essentiell ist das Erreichen von normofrequenten Blutdruckwerten als auch die Versorgung von abdominellen, thorakalen und sonstigen Blutungen aus großen Gefäßverletzungen. Bei allen geschlossenen Schädel-Hirn-Verletzungen sind Begleitverletzungen der HWS auszuschließen, insbesondere beim alten Menschen. Blutungen im Nasenrachenraum sind, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, auszuschließen. Offensichtliche Augenverletzungen müssen durch ein fachärztliches Konsil der Augenheilkunde abgeklärt und ggf. versorgt werden.

4.1.5 Versorgungszeitpunkt

offene Fraktur	N2
mit Austritt von Liquor/Hirngewebe	N1–N2
spitz in den Cortex imprimierende Frakturen (z. B. kindliche Ping-Pong-Fraktur)	N3–N4
epidurale Blutungen	
bei erhaltenem Bewusstsein	N2, innerhalb der nächsten 6 Std.
bei Bewusstseinsstörung oder neurologischer Verschlechterung	N1
bei drohendem Bewusstseinsverlust und/oder Pupillenerweiterung, Streckspasmen	N0
kleine epidurale isolierte Hämatome unter Kalottenbreite	konservativ mit engmaschiger, neurologischer Überwachung auf der Intensivstation

Subdurale Blutungen

• traumatisch	N1
• chronisch, mit Bewusstseinsstörung	N1
• chronisch, milde bis fehlende Klinik	N3–N4

Subarachnoidale Blutungen

• traumatisch	konservativ
• aneurysmatisch bedingt	N3–N4

Traumatische Ventrikelblutung **N2**

Traumatische intrazerebrale Hämatome **N1–N2**

• traumatische Hämatome der hinteren Schädelgrube	N1
---	----

Schädel-Hirnverletzungen nehmen oft einen dynamischen Verlauf der Zunahme der Symptomatik, auf den unmittelbar reagiert werden muss. Eine starre Einteilung der Versorgungszeitpunkte ist daher nur mit Vorsicht in die Praxis zu übertragen.

4.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

4.1.6.1 Allgemeines

Um Sekundärschäden zu vermeiden, ist eine schnelle und gezielte Versorgung des Schädel-Hirn-Traumas ausschlaggebend. Dabei ist die Sicherung der Atemwege und des Kreislaufs und gegebenenfalls eine frühzeitige Intubation nach Erfassen des körperlichen und neurologischen Zustands entscheidend. Eine Ruhigstellung durch sedierende Maßnahmen ermöglicht zwar die bessere Beatmungstechnik und primäre notärztliche Versorgung, erschwert aber die neurologische Beurteilung.

Grundsätzlich sollten perforierende Gegenstände belassen werden.

Bei intrakraniellen Blutungen mit raumforderndem Charakter muss eine Entlastung erfolgen. Dies ist bei einem Trauma erforderlich, wenn keine weiteren diagnostischen Möglichkeiten vorhanden sind und eine rasche neurologische Verschlechterung vorliegt. Auch wenn keine evidenzbasierten Studien vorliegen, sollte die Sinnhaftigkeit der Entfernung einer raumfordernden sub- oder epiduralen Blutung nicht hinterfragt werden.

Auch bei der älteren Bevölkerung ist, insbesondere bei verbliebener Aktivität, bei entsprechenden Traumata (z. B. bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten, sportlichen Betätigungen, direkten Kollisionen unter rheologischer Therapie) verstärkt mit Blutungen zu rechnen.

Unfälle junger Menschen werden in der täglichen Versorgung der zunehmend geriatrischen Bevölkerungsstruktur eher seltener.

Bei adulten Patienten stellen raumfordernde intrakranielle Verletzungen insbesondere dann eine dringliche OP-Indikation (N1–N2) dar, wenn zerebrale Strukturen über die Mittellinie verlagert sind, in den Tentoriumschlitz hernieren oder sich Zeichen der Herniation in das Foramen magnum zeigen.

Einklemmungen der Arteria cerebri anterior in der Falx und der Arteria cerebri posterior im Tentoriumschlitz können aufgrund von sekundärem Druckabfall zu Ausfällen von großen Hirnarealen führen. Um dies zu verhindern, ist eine operative Behandlung umgehend erforderlich.

4.1.6.2 Schädelfrakturen

Schädelfrakturen sind in den Röntgenübersichtsaufnahmen gut zu erkennen. Aufnahmen nach Towne erlauben auch die Diagnose okzipitaler Frakturen. In der heutigen Notfalldiagnostik sind diese klassischen röntgenologischen Aufnahmen eher untergeordnet. Führend ist die computertomographische Diagnostik. In den Knochenableitungen sind die Frakturen besonders gut zu erkennen (s. Abb. 04.1.1).

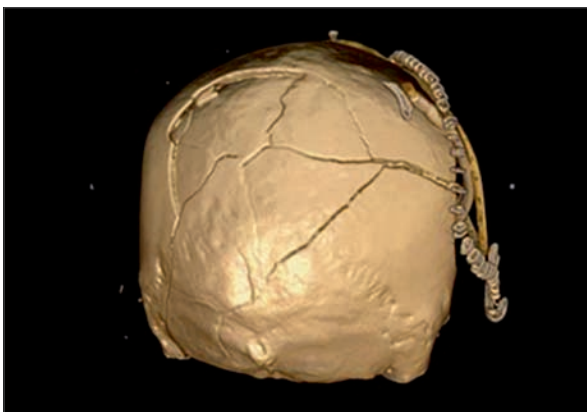


Abb. 4.1.1: 22-jähriger Patient nach Verkehrsunfall mit ausgedehnter Schädelfraktur.

Eine nachgewiesene Schädelfraktur bedarf auch bei zunächst unauffälligem CT-Befund weiterer Überwachung. Blutungen

aus dem Frakturspalt oder Duragefäßen (insbesondere bei temporalen Frakturen) können eventuell erst verzögert auftreten. Bei geschlossenen Frakturen und entsprechendem Trauma sollte der Patient für einen Zeitraum von 48 Stunden überwacht werden.

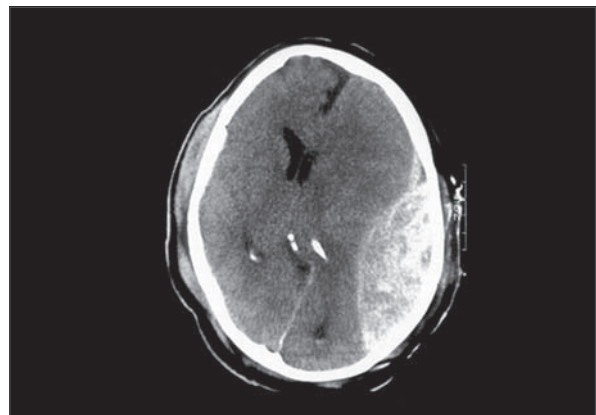
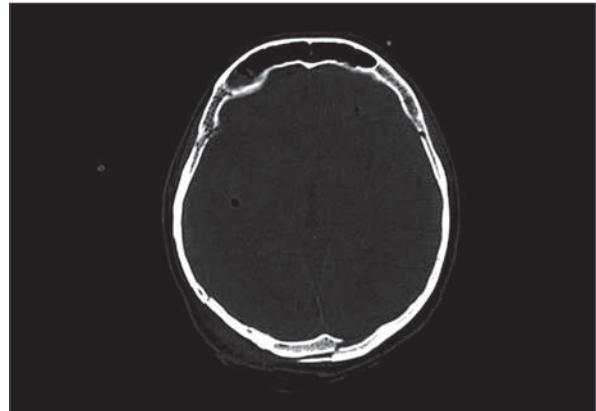


Abb. 4.1.2a, b: 35-jähriger Patient mit Schädelfraktur links. Temporal sowie rechts frontal ist ein epidurales Hämatom aufgrund eines abgebrochenen Gefäßbasts aufgetreten.

Eine offene Fraktur bedarf einer N2-Versorgung. Die Wunde sollte gereinigt und dann zügig geschlossen werden. Hirnverletzungen mit Austritt von Hirngewebe oder Liquor bedürfen ebenfalls einer N1-/N2-Versorgung.

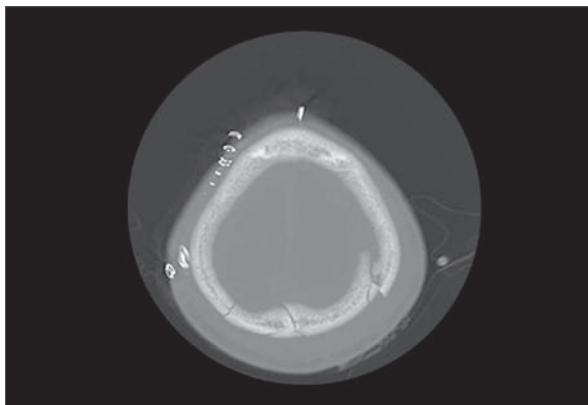


Abb. 4.1.3: 17-jährige Patientin mit Impressionsfraktur.

Frakturen wie die kindliche Ping-Pong-Fraktur, die spitz den Cortex imprimieren, sollten entsprechend N3/N4 versorgt werden. Impressionsfrakturen können über eine kortikale Reizung Krampfanfälle auslösen. Eine Impressionsfraktur mit einer Dislokation über eine Kalottenbreite sollte aufgrund der Raumforderung behoben werden.

Über ein kleines Bohrloch die Fraktur mit einem kräftigen Dissektor vom Rand her vorsichtig hochhebeln. Schlägt dies fehl, Trepanation mit Rekonstruktion.

4.1.6.3 Epidurale Blutung

Bei der epiduralen Blutung handelt es sich um eine Blutung zwischen Schädelkalotte und Dura mater aus einem Frakturspalt oder Hirnhautgefäßen (s. Abb. 04.1.4a und 04.1.4b). In 85% der Fälle ist eine Blutung aus der Arteria menigea ursächlich.

Es kommt zu einer raschen Bewusstseinstäubung mit Halbseitensymptomatik und Pupillenerweiterung. Bei neurologischer Verschlechterung muss immer eine CT-Diagnostik erfolgen (N0). Epidurale Hämatome sind eher konvex geformt. Sichere Abgrenzungskriterien zur Unterscheidung von epi- und subduralen Blutungen im CT sind nicht immer möglich.

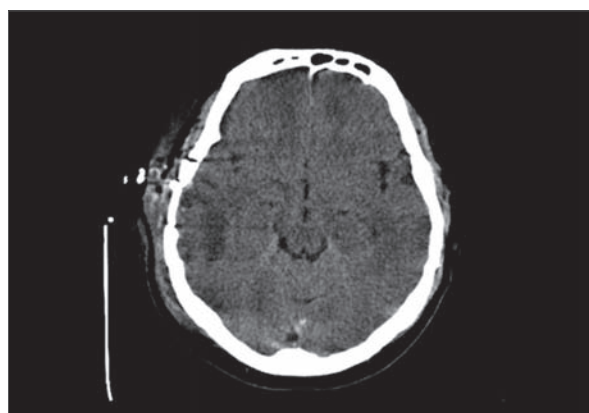
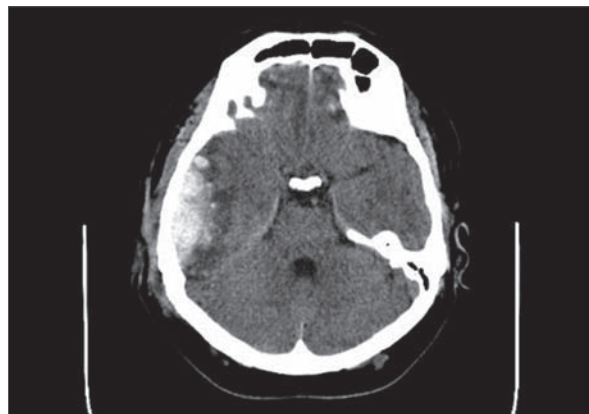


Abb. 4.1.4a, b: 38-jähriger Patient nach Arbeitsunfall mit epiduralem Hämatom nach operativer Entlastung.

Eine epidurale Blutung über Kalottenbreite bedarf, besonders bei Kindern, der operativen Versorgung.

Eine N1-Versorgung sollte bei Bewusstseinsstörung oder neurologischer Verschlechterung eine N2-Versorgung innerhalb der ersten sechs Stunden bei erhaltenem Bewusstsein durchgeführt werden. Eine N0-Versorgung kann bei drohendem Bewusstseinsverlust, Pupillenerweiterung oder Streckspasmen erforderlich werden.

Kleine epidurale isolierte Hämatome unter Kalottenbreite können konservativ behandelt werden, wenn eine engmaschige, neurologische Überwachung auf der Intensivstation gewährleistet ist, ein CT unmittelbar zur Verfügung steht und eine unmittelbare operative Versorgung möglich ist.

Bei frühzeitiger Entlastung eines isolierten Epiduralhämatoms kann von einer guten Prognose ausgegangen werden.

Die sicherste Blutstillung an der Dura wird durch Thermokoagulation und Hochnähte an den Knochenrändern erreicht. Knochenrandblutungen und venöse Blutungen aus den Resektionsrändern lassen sich oft durch Knochenwachs oder hämostyptische Schwämme / Fibrinkleber erfolgreich stillen. Die blutenden Gefäße der Dura werden dadurch an den Knochen gepresst.

4.1.6.4 Traumatische subdurale Blutungen

Bei traumatischen subduralen Blutungen handelt es sich um Blutungen zwischen der Dura mater und dem Gehirn selbst (s. Abb. 04.1.5a und 04.1.5b). Typischerweise sind sie mit kleinen oberflächlichen kortikalen Kontusionen vergesellschaftet.

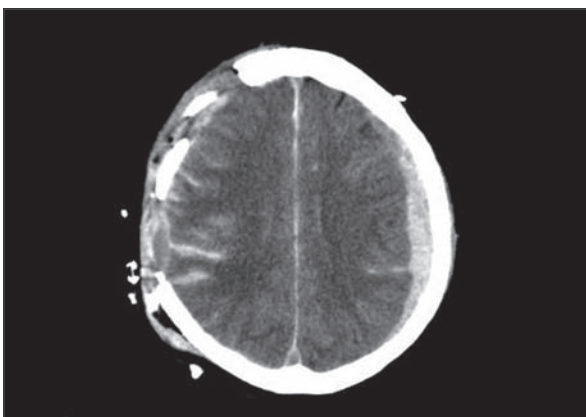
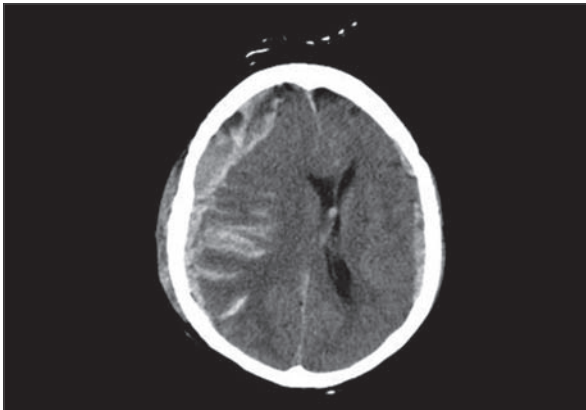


Abb. 4.1.5a, b: 22-jähriger Patient nach Motorradunfall mit initialem GCS 6. Subduralhämatom links hemisphärisch und nach osteoklastischer Trepanation sowie Hämatomausräumung.

Ursächlich sind direkte Brückenvenenabrissse oder Sinus sagittalis-Verletzungen, die eine besonders gefährliche lebensbedrohliche Situation hervorrufen können.

In der Regel besteht bei dieser Diagnose eine primäre Bewusstlosigkeit.

Die großen raumfordernden Hämatome bedürfen der unmittelbaren entlastenden Versorgung gemäß N1. Kriterien hierfür sind: eine Dicke von über 1 cm, eine Mittellinienverlagerung sowie funktionell zunehmende und neurologische Defizite.

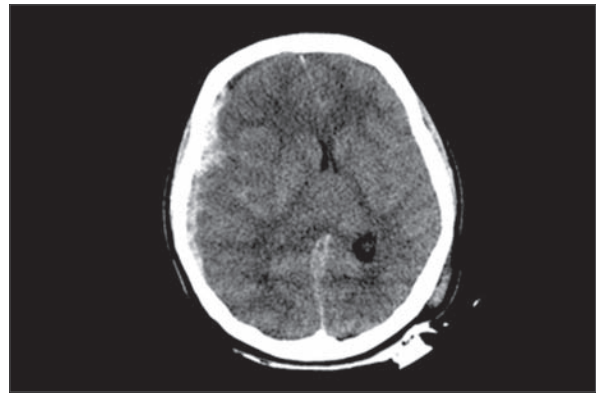


Abb. 4.1.6a: 35-jähriger Patient nach Sturz im Rahmen eines Krampfanfalles mit Subduralhämatom, Kontusionen und Hirnstammkompression mit massiver Mittellinienverlagerung bei bestehender Gerinnungsstörung aufgrund einer äthyloxischen Leberzirrhose.

Bei Frakturen die auf den Sinus sagittalis oder Sinus transversus confluens übergreifen ist hohe Sorgfalt geboten, da die Blutstillung aufgrund von Brückenvenenabrissen sehr gefährlich werden kann. Man sollte ausreichend Blutkonserven richten.

Subdurale Hämatome erfordern in der Regel einen erfahrenen Operateur. Aber auch basale epidurale Hämatome mit Einriss der Arteria meningea an der Schädelbasis oder mit komplexen Basisfrakturen kombinierte Verletzungen der Arteria carotis können eine große chirurgische Herausforderung darstellen und sind in ihrem Schwierigkeitsgrad nicht zu unterschätzen.

Diffuse Blutungsquellen können durch Spülung und Abdeckung mit Watten identifiziert werden. Die Blutstillung ist durch die Abdeckung mit einem hämostyptischen Schwamm, die Kompression mit Watten weit unter den Knochenrand und die Abdeckung mittels hämostyptischem Schwamm sowie ggf. Fibrinkleber möglich.

Insbesondere bei älteren Patienten können sich nach Bagatelltraumata chronische Subduralhämatome bilden, die lange Zeit asymptomatisch bleiben. Sie können eine erhebliche Ausdehnung bei noch gut erhaltenen zerebralen Funktionen erreichen und werden erst beim Auftreten neurologischer Defizite und Kopfschmerzen entdeckt. Eine Entlastung über eine Bohrlochtrepanation in Vollnarkose oder Lokalanästhesie führt in der Regel zu einer sofortigen Besserung der neurologischen Symptomatik.

Bei Bewusstlosigkeit ist eine N1-Versorgung zu empfehlen. Je nach klinischem Zustand ist ansonsten eine N3-/N4-Versorgung mit Drainage des Hämatoms ausreichend.

Chronisch subdurale Hämatome sind in der Computertomographie oft isodens und gelegentlich nur schlecht vom Gehirngewebe zu unterscheiden. Zur weiteren Differenzierung ist hier eine Kernspintomographie hilfreich (s. Abb. 04.1.7).

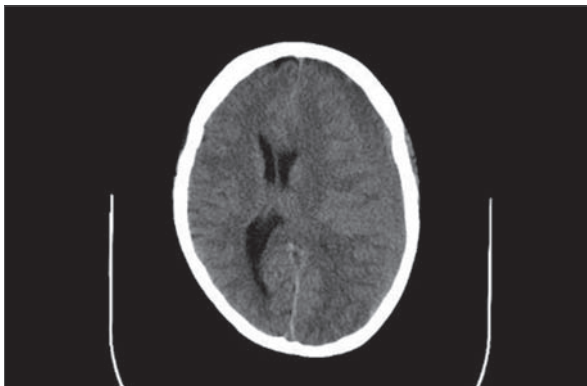


Abb. 4.1.7: MRT eines chronisch Subduralhämatoms bds. bei einem 79-jährigen Patienten mit zunehmender Verwirrtheit und Vigilanzminderung.

Gutes und mehrfaches Ausspülen der Hämatomhöhle über zwei Bohrlöcher und eine anschließende systemische Volumensubstitution beschleunigen die Erholung.

4.1.6.5 Traumatische subarachnoidale Blutungen

Diese sind in der Regel Ausdruck einer massiven Gewalteinwirkung.

Einrisse arterieller Kapillaren mit lokalen oder diffusen Hirnkontusionen und Aufweitungen des Liquorraumes sind hier zu finden. Sie werden in der Regel konservativ behandelt. Immer sollte auch an eine aneurysmatisch bedingte Subarachnoidalblutung gedacht werden, die sekundär zu einem Trauma geführt hat.

Aneurysmatisch bedingte Subarachnoidalblutungen bedürfen einer N3-/N4-Versorgung mit interventioneller oder operativer Therapie des Aneurysmas innerhalb der ersten 24 Stunden.

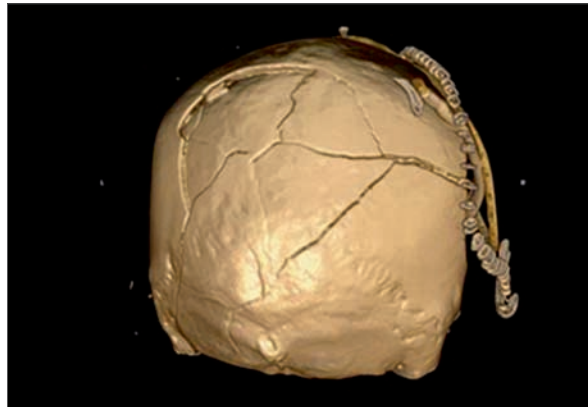


Abb. 4.1.8: 50-jähriger Patient mit Subarachnoidalblutung ohne Aneurysmanachweis.

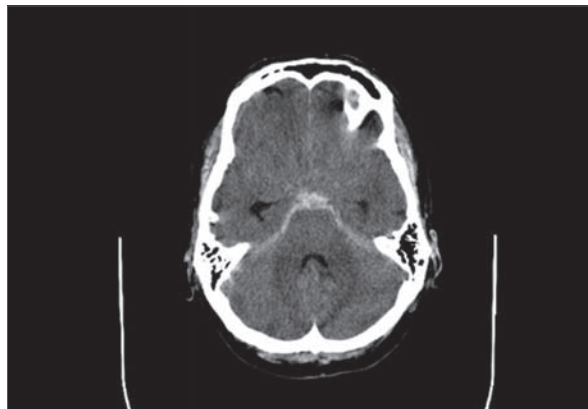


Abb. 4.1.9: 48-jähriger Patient nach Verkehrsunfall durch Subarachnoidalblutung aufgrund eines Aneurysmas.

Bei neurologischer Verschlechterung muss immer an die Entwicklung eines Hydrocephalus malresorptivus gedacht werden.

In diesem Fall ist eine intraventrikuläre Ableitung des Hirnwassers mit intrakranieller Druckmessung erforderlich. Dies ermöglicht auch die Reduktion toxischer Abbauprodukte der Liquoreinblutungen.

4.1.6.6 Traumatische Ventrikelblutungen

Sie sind ebenfalls Ausdruck einer massiven Gewalteinwirkung, schwerer Hirnsubstanzschädigung und Folge von Scherkräften mit Verdrehung der Hirngefäße sowie durch Gewalteinwirkung bedingte Einblutungen in die inneren Hirnwasserräume. Hier sollte eine externe Ventrikeldrainage zur Ableitung des Liquors implantiert werden. Sie ermöglicht auch eine kontinuierliche Hirndrucksteuerung.

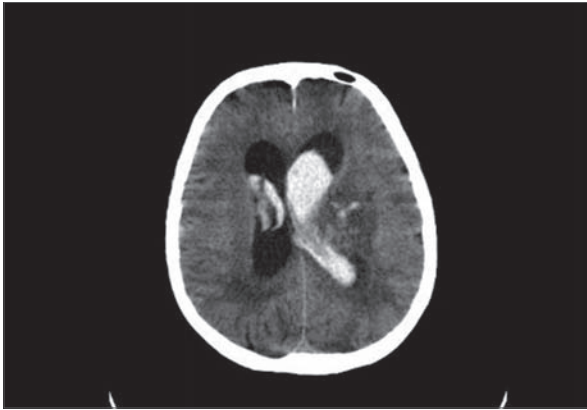


Abb. 4.1.10: 50-jähriger Patient mit konfluierender intrazerebraler und intraventrikulärer Blutung bei schwerer Gerinnungsstörung.

4.1.6.7 Intrazerebrale traumatische Hämatome

Intrazerebrale Hämatome können Ausdruck einer Gewalteinwirkung sein, aber auch spontan auftreten. Wichtig ist hier immer die genaue Anamnese.

Bei raumfordernder Wirkung ist eine Entlastung über eine kleine Entlastungsstrepantation mit Ausräumung der Blutung sinnvoll. Bei großen raumfordernden Blutungen muss diese unter N1-Bedingungen erfolgen.

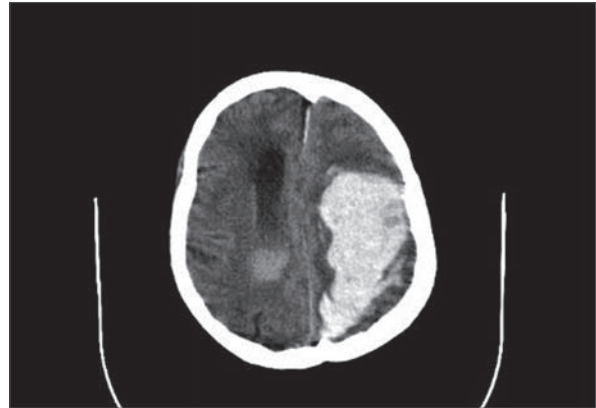


Abb. 4.1.11: 55-jährige Patientin mit perisylvischer intrazerebraler Blutung.

Bei einseitigen hemisphäriell betonten diffusen Hirnschädigungen, z. B. bei Kindern, ist ebenfalls eine Entlastungsstrepantation zu überlegen (N1–N2).

Die Entscheidung richtet sich nach den im Folgenden aufgezählten klinischen Kriterien: Verschlechterung der Vigilanz, der Neurologie und Ausreizung der konservativen Therapie mit der Gabe von Mannitol (0,5–1 g/kg Körpergewicht über 15 min).

4.1.6.8 Hirnödem und Hirndruckbehandlung

Bei beidseitigem schwerem, großflächigem Hirnödem mit diffusen Hirnkontusionen und ausgepressten Zisternen – insbesondere perimesencephal als Kriterium der beginnenden Einklemmung und beginnende Streckspasmen als Zeichen der oberen Einklemmung – ist eine bitemporale, beidseitige Entlastung zu überlegen. Gerade bei diesen Verletzungen kann die Kaskade von neurochemischen und vaskulären Reaktionen die Verletzungsfolge verstärken und zur lebensbedrohlichen oberen und unteren Einklemmung führen. Wegen des begrenzten Volumens des Schädels kann es hierbei zu schweren sekundären Schäden kommen. Bei Patienten mit diffuser Hirnschwellung, sekundär zunehmender Verschlechterung oder möglicherweise tertiärer Verschlechterung ist die Messung des intrakraniellen Druckes über eine ICP-Sonde im Hirnparenchym oder besser noch über das Liquorsystem selbst zu überlegen. Der zerebrale Perfusionsdruck sollte einerseits nach Möglichkeit nicht unter 5 mmHg sinken, andererseits nicht durch eine aggressive Blutdrucktherapie über 70 mmHg steigen (Brain trauma foundation 2007).

4.1.6.9 Seltene Verletzungen

Bei Sinus cavernosus-Fisteln ist die Möglichkeit des elektiven interventionellen Verschlusses mit Stent, Ballon oder Coils durch einen erfahrenen interventionellen Radiologen oder Neurochirurgen zu überlegen.

Das Gleiche gilt für akut aufgetretene traumatische arteriovenöse Fisteln.

Impressionsfrakturen über dem Sinus bedürfen einer raschen Korrektur und einer zusätzlichen rheologischen Therapie, um Sinusvenenthrombosen vorzubeugen.

Besonders gefährlich sind Hämatome im Bereich des Kleinhirns wegen der Gefahr der unteren Einklemmung (s. Abb. 04.1.13). Ausdruck dieser Verletzung ist eine schlaffe Tetraparese mit Atemstörung, welche sehr rasch und ohne wesentliche Vorwarnung auftreten kann. Bei solchen Hämatomen der hinteren Schädelgrube mit raumfordernder Wirkung muss eine sofortige Entlastung erfolgen (N1).

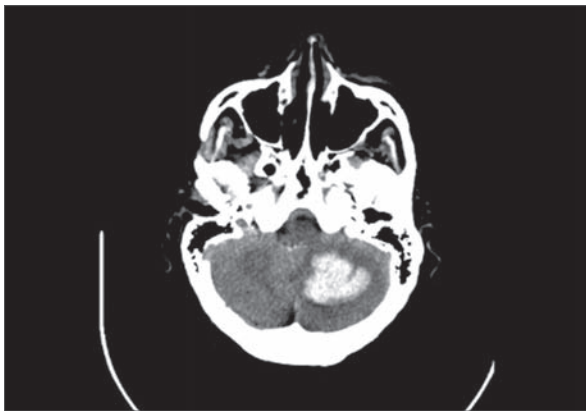


Abb. 4.1.13: Notfall-CT mit Bewegungsartefakten bei Kleinhirnblutung mit hydrocephalem Aufstau.

Zu bedenken ist, dass über Kompressionen des Ventrikels ein zusätzlicher Aufstau des Liquors erfolgen kann. Hier erfolgt eine externe Ableitung des Ventrikelsystems. Je nach Hirndrucksymptomatik N0-N3-Versorgung.

Eine externe Ventrikeldrainage muss mit besonderer Vorsicht angewandt werden, um eine Upward-Herniation zu verhindern. Hochhängen der EVD und druckgesteuerte Entlastung sind zu gewährleisten.

Kontusionellen Schwellungen des Kleinhirns und Kompression des IV. Ventrikels sowie des Hirnstamms werden als

Notfall behandelt und Dekompressionsoperationen im Kleinhirnbereich erwogen (N2–N3).

4.1.7 Tricks und Techniken

Neben der exakten Unfallanamnese ist eine Einschätzung der Krafteinwirkung sowie eine möglichst genaue Analyse des Unfallherganges maßgeblich, da diese Informationen wesentliche Hinweise auf das zu erwartende Verletzungsmuster liefern. Neben der gründlichen Untersuchung des körperlichen Zustands sind die Erfassung der Pupillo- und Okkulomotorik sowie die seitenvergleichende neurologische Erfassung von Defiziten und die Einschätzung der Bewusstseinslage wesentliche und einfach zu erfassende Parameter, deren enge und zeitlich genaue Dokumentation bei der Erkennung von klinischen Verschlechterungen eine wesentliche Bedeutung zukommt. Nur so können die adäquate zielgerichtete Diagnostik und Therapie zeitnah gewährleistet werden.

CAVE! Sedierende Maßnahmen verfälschen und erschweren die neurologische Diagnostik!

Bei Schädel-Hirn-Traumata mit epiduralem oder subduralem Hämatom gibt es Verläufe mit unauffälligem Primärbefund und primär negativen bildgebenden Verfahren mit später auftretenden lebensbedrohlichen Blutungen. Bei allen Verletzungen des Neurokraniums muss auch ohne Symptomatik ein Kontroll-CT des Schädels erfolgen, insbesondere bei Einnahme von gerinnungshemmenden Medikamenten, was vor allem bei älteren Patienten häufig vorkommt. Große Vorsicht gilt vornehmlich bei temporalen oder über den Sinus laufenden Frakturen. Kinder und alte Patienten unter Antikoagulation bedürfen unserer besonderen Aufmerksamkeit. Bei traumatischen Subarachnoidalblutungen und Blutungen der hinteren Schädelgrube ist immer an die Entwicklung eines sekundären Hydrocephalus zu denken.

Weiterführende Literatur:

Greenberg MS. Handbook of Neurosurgery; 7. Auflage. Thieme, Stuttgart 2010.

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. S2e-Leitlinie: Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter. 01.07.2013 [Reg. Nr. 008-001]. URL: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/008-001_S2e_Schaedel-Hirn-Trauma_im_Erwachsenenalter_leitlinien-text_abgelaufen.pdf

Winn RH. Youmans Neurological Surgery, 5th Edition. Saunders, Philadelphia 2003.

Pollock BE. Guiding Neurosurgery by Evidence. Karger, Basel 2006.

Haines SJ, Waters BC. Evidence-Based Neurosurgery – an Introduction. Thieme, Stuttgart 2006.

4.2 Blutungen aus dem Nasen-, Mund- und Rachenraum

Matthias Krause, Christoph Dröseler

4.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Der Entstehung von Blutungen im Naso- und Oropharynx liegen unterschiedlichste Kasuistiken zugrunde. Ein traumatologischer, hämatologischer/internistischer, onkologischer oder dentogener Hintergrund ist stets abzuklären. Die Blutungen sind nach ihrem anatomischen Bezug in nasal und oral zu trennen. Dabei werden die Blutungen in den peripheren und zentralen Typ unterteilt. Schwere Blutungen im Kopf-Hals-Bereich können durch Aspiration und akuten hämodynamisch wirksamen Blutverlust schnell vital bedrohlich werden. Sehr häufig tritt eine Epistaxis durch eine Verletzung des Locus Kieselbachi auf, einem Gefäßgeflecht an der Nasenspitze. Stärkere Blutungen können durchaus Verletzungen von größeren Gefäßen entstehen. Besonders schwere Blutungen können durchaus aufgrund von Verletzungen größerer Gefäße entstehen.

Blutungen aus der Mundhöhle können aufgrund der guten Vaskularisation ebenfalls schnell bedrohlich werden. Wie bei den Blutungen aus der Nase, ist eine traumatologische, hämatologische/internistische, onkologische oder dentogene Ursache abzuklären. Starke Blutungen können aus den Ästen der Arteria facialis, temporalis, lingualis und maxillaris auftreten.

4.2.2 Diagnostik

- Blutdruckmessung, Gerinnungsbestimmung, Hämoglobingehalt; Minimalanforderung ist Thrombozytenzahl, INR oder Quick-Wert und aPTT.
- Inspektion mit Spekulum/Spatel, um die Blutungsquelle zu lokalisieren; chirurgische Darstellung der Blutungsquelle durch einen Facharzt, ggf. muss ein Angio-CT erstellt werden.
- Mittelgesichts-CT und CT-Darstellung der Halswirbelsäule müssen bei traumatischer Genese durchgeführt werden.

4.2.3 Klassifikation

arterielle Blutung	pulssynchrone helle Blutung
venöse Blutung	diffuse dunkle Blutung
kapilläre Blutung	diffuse helle Blutung

4.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Bei Mittelgesichtsfrakturen ist immer auf Verletzungen der HWS zu achten. Bei nachgewiesenen Frakturen der Orbita sind Begleitverletzungen des Augapfels bzw. der Augenmuskulatur auszuschließen und ggf. ein fachärztliches Konsil der Augenheilkunde einzuholen.

4.2.5 Versorgungszeitpunkt

Der Therapiezeitraum richtet sich nach dem Ausmaß der diagnostizierten Blutung im Nasen- und Rachenbereich:

Leichte Blutung	N1
Starke Blutung	NO

4.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

4.2.6.1 Nasenbluten:

Zunächst werden die Nasenflügel mit Daumen und Zeigefinger zusammengedrückt. Der Patient sitzt dabei aufrecht und legt den Kopf in den Nacken. Danach wird ein Spitztupfer in das entsprechende Nasenloch leichtstopfend eingeführt oder eine antiseptisch beschichtete Nasenschäumstofftamponade und ein Nasenverband vorgelegt. Bei konventionell nicht beherrschbaren Blutungen kann im Rahmen der Notfallversorgung auch ein Nasenkatheter aus Silikon mit Ballon für die anteriore und posteriore Blutung oder eine Bellocq-Tamponade eingesetzt werden. Eine konsiliarische Vorstellung bzw. eine Kontrolle durch einen niedergelassenen Facharzt sollte dennoch erfolgen.

Durch einen Fachkonsiliarier kann eine weiterführende Versorgung bei Versagen der Erstversorgung erfolgen: Verätzen, Elektrokoagulation, Nasenkatheter aus Silikon mit Ballon für die anteriore und posteriore Blutung, Bellocq-Tamponade oder leicht zu applizierende PVA-Nasentamponaden (s. Abb. 4.2.1).



Abb. 4.2.1: Konfektionierte, beschichtete Nasentamponaden.

Traumatisch induzierte Blutung

Wenn eine Fraktur des knöchernen Nasengerüsts mit einer Blutung vorliegt (s. Abb. 4.2.2 bzw. 4.2.3), so sollte die Stabilisierung der Fraktur mit der bereits beschriebenen blutstillenden Maßnahme kombiniert werden. Die Erstmaßnahme der Wahl ist die Versorgung der Fraktur und Blutung mit einer beschichteten Nasenschaumstofftamponade. Extranasale Wunden sollen mit sterilen Verbänden abgedeckt werden. Die eigentliche Frakturversorgung der Nase sollte durch einen Facharzt für MKG-Chirurgie oder HNO-Heilkunde erfolgen. Ist die Blutung aufgrund einer komplizierten Gesichtsfraktur intranasal nicht zu beherrschen, so muss durch einen Facharzt für MKG-Chirurgie oder HNO-Heilkunde eine operative Blutstillung erfolgen.

Hämatologisch/internistisch bedingte Blutung

Bei Patienten, die aufgrund von hämatologischen/internistischen Erkrankungen Nasenbluten aufweisen, muss eine Bestimmung des Gerinnungsstatus und des Blutdrucks erfolgen. Im Rahmen der Erstversorgung sollte die Blutung zunächst mit einer antiseptisch beschichteten Nasenschaumstofftamponade versorgt werden. Durch ausreichende Substitution von Plasma, Thrombozyten und Erythrozyten (je nach Blutbild) bzw. die Einstellung des Blutdrucks wird die Ursache der Blutung behandelt. Eine konsiliarische Zusammenarbeit kann zwischen Internisten und der entsprechenden Facharzttrichtung der MKG oder HNO erfolgen. Eine traumatische Blutungsquelle muss ausgeschlossen werden.

Onkologisch induzierte Blutung

Die Ursache der Blutung kann auf einer Gefäßarrosion oder einer Verbrauchskoagulopathie beruhen. Kommt es zu einer Blutung aufgrund einer Gefäßverletzung, greifen alle notwendigen Maßnahmen zur Blutstillung. Besteht der Verdacht einer Verbrauchskoagulopathie, so müssen die folgenden Marker bestimmt werden: Thrombozytenzahl, Verlängerung der aPTT, Verringerung des Quick-Werts,

Verringerung von Antithrombin III und Verbrauch von Fibrinogen. Auch müssen infolge proteolytischer Aktivierung/Degradierung weitere Gerinnungsfaktoren abgeklärt und die entsprechende Therapie eingeleitet werden.

4.2.6.2 Blutungen aus dem Mund

Dentogene Blutung

Die einfachsten Maßnahmen stellen die Drucktamponade über einen Aufbissgazetupfer, die eigene Prothese oder eine vom Zahnarzt präoperativ angefertigte Verbands- oder Wundschutzplatte dar. Die Patienten sind in der Regel über diese Hilfsmittel gut informiert.

Traumatisch induzierte Blutung

Die Methode der Wahl in der Erstversorgung ist die Blutstillung durch Kompression. Dabei sollte der Gesichtsschädel als Gegenlager benutzt werden. Blutungen aus der Arteria temporalis sollen mit Fingerdruck oder Druckverband gegen den Schädel erstversorgt werden. Die Blutungen aus der Arteria facialis sollen mit Fingerdruck oder Druckverband gegen den Unterkieferrand unterbunden werden. Die chirurgische Intervention kann bei Gefäßen dieser Größe nicht unterbleiben und muss durch einen Facharzt erfolgen. Die Stillung einer Blutung aus der Arteria lingualis kann durch Tamponieren des Mundes versucht werden, eine sofortige fachärztliche Intervention schließt sich an.

Resultiert die Blutung aus einer Fraktur, sollte die Fraktur immobilisiert werden. Die Blutstillung erfolgt parallel oder im Anschluss. Der Unterkiefer kann an den Zähnen durch Drahtligaturen oder durch einen Kopf-Kinn-Kappenverband stabilisiert werden. Der Oberkiefer kann durch einen Spatelkopfverband immobilisiert werden. Durch den aufgebrachten Druck kann eine starke Blutung in ihrem Ausmaß reduziert werden, bis eine operative Blutstillung erfolgen kann.



Abb. 4.2.2: 20-jähriger Patient, Fraktur des nasoethmoidalen Komplexes nach Rohheitsdelikt. Blutung aus der Nase.

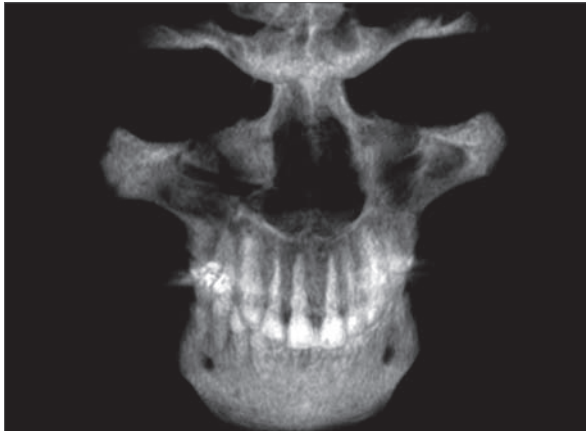


Abb. 4.2.3: DVT-Ausschnitt.

Hämatologisch/internistisch bedingte Blutung

Bei hämatologischen/internistischen Patienten muss das Hauptaugenmerk auf eine ausreichende Substitution von Plasma, Thrombozyten und Erythrozyten (je nach Blutbild) bzw. auf das Einstellen des Blutdrucks in Höhe der Normwerte gelegt werden. Hier muss eine enge konsiliarische Zusammenarbeit zwischen Internisten und den entsprechenden Facharzttrichtungen der MKG erfolgen. Eine traumatische Blutungsquelle muss ausgeschlossen werden.

Onkologisch induzierte Blutung

Hier muss die Blutung aufgrund einer Gefäßarrosion von einer Blutung im Rahmen einer Verbrauchskoagulopathie unterschieden werden. Kommt es zu einer Blutung aufgrund einer Gefäßverletzung, greifen alle notwendigen Maßnahmen zur Blutstillung. Besteht der Verdacht einer Verbrauchskoagulopathie, so müssen die folgenden Marker und Parameter bestimmt werden: Thrombozytenzahl, Verlängerung der aPTT, Verringerung des Quick-Werts, Verringerung von Antithrombin III und Verbrauch von Fibrinogen. Auch müssen infolge proteolytischer Aktivierung/Degradierung weitere Gerinnungsfaktoren abgeklärt und die entsprechende Therapie eingeleitet werden.

4.2.7 Tricks und Techniken

Patienten mit Blutungen aus Nase und Mund müssen aufrecht sitzen. Ansonsten besteht die Gefahr der Aspiration von Blut.

Die Nasentamponaden sollten maximal 3 Tage in situ bleiben. Je nach Schweregrad der Blutung empfiehlt sich eine stationäre Überwachung. Im Notfall kann auch eine mit

Adrenalinlösung (1:10000) getränkte Tamponade eingebracht werden. Es muss hier jedoch auf mögliche Herz- bzw. Kreislaufinteraktionen hingewiesen werden.

Patienten, bei denen die Blutungen aus dem Mund erst an den Folgetagen aufgetreten sind, können nach dem Essen den Mund zur Hemmung der Fibrinolyse mit Tranexamsäure ausspülen. Dabei hat sich ein Mischungsverhältnis der Ampullenlösung mit Wasser von 1:2 bewährt. Die Tablettenform ist schlecht wasserlöslich.

Patienten, die antikoaguliert sind und nach einer Zahnextraktion bluten, haben eventuell eine Prothese oder eine angepasste Verbandsträgerplatte aus Kunststoff. Diese eignet sich sehr gut als Drucktamponade. Es kann auch ein Gazetupfer untergelegt werden. Der Patient muss mindestens 30 bis 60 Minuten auf den Tupfer, die Prothese oder die Verbandsträgerplatte beißen.

Gelockerte Zähne, die klinisch in Kontakt mit einem Tumor stehen, dürfen niemals in der Erstversorgung entfernt werden. Daraus können sehr starke Blutungen resultieren. Bei schlechtem Allgemeinzustand kann eine stationäre Überwachung sinnvoll sein. Bei einem unbekanntem blutenden Patienten muss der Hb-Wert bestimmt werden, da ab einem Wert von 5 mmol/L der Patient transfusionspflichtig wird. Ist dieser transfusionspflichtig, müssen Plasma und Erythrozytenkonzentrat auftransfundiert werden.

Weiterführende Literatur:

- Ernst A, Herzog M, Seidl RO. Traumatologie des Kopf-Hals-Bereichs. Stuttgart, Thieme 2003.
- Horch HH, Hrsg. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie: Praxis der Zahnheilkunde: Band 10. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH 2006.
- Schwenzer N, Ehrenfeld M. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. Lehrbuchreihe zur Aus- und Weiterbildung: Chirurgische Grundlagen: Lehrbuch zur Aus- und Fortbildung: Bd. 1. Stuttgart, Thieme 2010.

5

VERLETZUNGEN DER WIRBELSÄULE

5.1	Verletzungen der Halswirbelsäule	62
5.2	Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule	68

5.1 Verletzungen der Halswirbelsäule

Franz Smiszek

5.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Mit ca. 1% aller Verletzungen des Bewegungsapparats sind Wirbelsäulenfrakturen relativ selten. Bezieht man die osteoporotischen Brüche mit ein, bekommt die Wirbelsäulentraumatologie wiederum volkswirtschaftliche Bedeutung. Die jährliche Rate osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen in Deutschland wird auf ca. 2–3 Millionen geschätzt. In der Wirbelsäulentraumatologie existieren heimtückische und gefährliche Verletzungen (z. B. Reitunfälle) sowie offensichtliche und klare klinische Krankheitsbilder (z. B. osteoporotische Frakturen).

In Deutschland werden jährlich ca. 6000 Wirbelsäulenverletzungen behandelt. 20% der Patienten behalten daraus entstehende neurologische Schäden. Verletzungen der Wirbelsäule können jedes Segment betreffen. Zervikale Wirbelsäulenverletzungen treten mit einer Häufigkeit von 29–55% aller Wirbelsäulenverletzungen auf. Die Übergangsegmente sind unverhältnismäßig oft betroffen, was besonders für kopfnaher Frakturen bei älteren Patienten gilt. Solcher Frakturen sollte insbesondere beim Vorhandensein klinischer Verletzungszeichen und vor allem bei Patienten mit Bewusstseinsstrübung große Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Halswirbelsäulenverletzungen werden am häufigsten durch Hyperextension oder -flexion hervorgerufen. Die Einstufung der Verletzung wird in der kranialen/kaudalen HWS, der BWS und der LWS unterschiedlich vorgenommen (s. u.). Grundsätzlich ist bei der Erstbehandlung zu unterscheiden, ob eine begleitende Verletzung des Rückenmarks oder eines Spinalnervs aufgetreten ist und ob eine stabile oder instabile Verletzung vorliegt.

In der klinischen Arbeit hat sich zudem die Unterteilung in Verletzungen der kranialen und mittleren/unteren HWS bewährt. Bei jüngeren Patienten ist oft eine größere Kraft oder eine starke Rotationskomponente für eine instabile Verletzung erforderlich. Ältere Menschen ziehen sich vorrangig Brüche am kraniocervikalen Übergang bei Hyperflexion/Hyperextension im Rahmen kurzzeitiger Bewusstseinsverluste (kardiale/zerebrale Ursachen) zu, während derer die Schutzreflexe temporär fehlen. Die notwendige Energie für die Frakturauslösung ist nicht groß. Typisch für eine Verletzung des kraniocervikalen Übergangs sind in engen Räumen aufgefundene Patienten, die sich z. B. bei durch Sturz oder

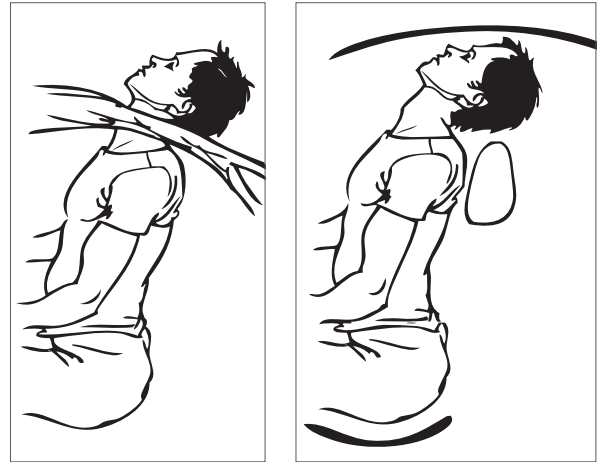


Abb. 5.1.1: Halswirbelsäulenverletzungen entstehen durch Hyperflexions- oder Hyperextensionsverletzungen.

durch Anschlagen am Waschbecken, am Wannenrand oder an der Zimmerwand eine Hyperflexions-/Hyperextensionsverletzung zugezogen haben; möglicherweise mit Fraktur des 1. und/oder 2. HWK. Ein Hinweis dafür kann eine Kopfplatzwunde sein; eine Bewusstlosigkeit zum Unfallzeitpunkt ist stets zu erfragen.

5.1.1.1 Entstehung verschiedener Frakturen der HWS

Unfallmechanismen und resultierende Verletzungen	
Unfallhergang	zu vermutende Verletzung
axial einwirkende Kraft, z. B. bei Sprung ins flache Wasser/ Insassenunfall Pkw	Berstungsfraktur C1
senkrechte, auf das Hinterhaupt einwirkende Kraft mit Hyperextension der HWS (s. Abb. Zeichnung 3)	Fraktur des hinteren Atlasbogens; bei starker Krafteinwirkung zusätzliche Densfraktur
waagrecht gegen den Unterkiefer einwirkende Kraft/ Mittelgesichtsfrakturen	Densfraktur oder Riss des Ligamentum transversum
von kaudal gegen den Unterkiefer gerichtete Kraft (bei älteren Patienten Sturz mit Anschlagen an Waschbeckenrand, Tischkante etc., bei jüngeren Autounfälle mit Hyperextensionsmechanismus, s. Abb. Zeichnung 1)	„Hanged-man-Fraktur“; Riss des vorderen Längsbands
gegen die Stirn einwirkende Kraft mit Hyperextension (s. Abb. Zeichnung 2)	Verletzung der Bogengelenke und WK; Luxationen der mittleren und unteren HWS
gegen das Occiput einwirkende Kraft mit Hyperflexion	Kompressionsfrakturen mit Keilwirbelbildung; die dorsalen Strukturen bleiben meist unverletzt
eine von kaudal einwirkende Kraft bei gleichzeitiger Beugung der HWS	Zerreißung der Kapseln und Ligamente; Flexions-/ Distraktionsfrakturen

5.1.2 Diagnostik

5.1.2.1 Anamnese am Unfallort

Die Prüfung der Vitalfunktionen steht an erster Stelle. Hinsichtlich der Wirbelsäule sollte das Unfallgeschehen dahingehend erfragt werden, ob eine Wirbelsäulenverletzung möglich ist. Die genaue Rekonstruktion des Unfallhergangs ist für die Erhärtung des Verdachts einer Wirbelsäulenverletzung von Wichtigkeit. Deshalb im Folgenden einige Hilfestellungen, die für die Einschätzung der Verletzung sinnvoll sind:

Beim Eintreffen des Patienten ist das Gros der Patienten unter Sedierung oder physischen und psychischen Schock. Es müssen Angaben über das Unfallereignis vom Begleitpersonal erfragt werden.

- Die Einschätzung der einwirkenden Kraft lässt Rückschlüsse auf die Schwere der Verletzung zu.
- Kopfwunden und Mittelgesichtsfrakturen in Zusammenhang mit einem Hyperflexions-/Extensionsunfallmechanismus sind deutliche Hinweise auf das mögliche Vorliegen

einer Halswirbelsulenverletzung.

- Pkw- und Zweiradunflle sind immer für eine Verletzung der HWS verdächtig. Zahlreiche Verletzungen der Wirbelsäule stellen sich hierbei oft erst im Nachhinein heraus.
- Reitunfälle sind heimtückisch. Hier verbergen sich oft instabile Verletzungen der diskoligamentren Strukturen.
- Bei der Sturzhöhe werden oft fälschlich höhere Angaben gemacht. Man erfragt von daher besser das Stockwerk als die Sturzhöhe.
- Geschwindigkeitsangaben bei Verkehrsunfällen sind einzuholen. Man sollte darauf achten, ob der Airbag aufgegangen ist.
- berraschungsmoment (Auffahrnunfall) – hatte der Verunfallte genügend Zeit eine Schutzhaltung einzunehmen?
- Weichteilverletzungen und Frakturen durch sog. Peitschenhiebverletzungen der HWS sind gezielt zu erheben.

5.1.2.2 Klinische Untersuchung

Die klinische Diagnostik geht der bildgebenden in jedem Fall voraus und beginnt bereits mit der äußeren Inspektion. Erste Hinweise liefert bereits die Körperhaltung des Patienten: Schiefhals und Schonhaltung sind indirekte und verlässliche

Hinweise für eine Halswirbelsäulenverletzung. Hält der Patient z. B. krampfhaft mit beiden Händen den Kopf, so ist dies ein typisches Zeichen einer Atlasfraktur. Eine Schonhaltung sollte, soweit möglich bei der klinischen Untersuchung belassen werden.

Wichtige klinische Zeichen, die schon per „Blickdiagnose“ wertvolle Hinweise liefern können, sind nachfolgend aufgelistet:

- Hämatome bei Wirbelsäulenverletzungen unmittelbar nach dem Unfallereignis sind die Ausnahme. Sind sie dennoch vorhanden, muss mit einer schweren Verletzung der dorsalen Säule gerechnet werden.
- Klopfschmerzhaftigkeit entspricht nicht immer der Verletzungshöhe.
- Hautschürfungen ernst nehmen; hier verbergen sich oft Frakturen.
- Schluckstörungen werden regelmäßig bei instabilen Jefferson-Frakturen beobachtet.
- Bei der Erstuntersuchung sind einseitige Zungenlähmungen (Nervus hypoglossus), Schmerzen der Paukenhöhle (Nervus glossopharyngeus) und starke Schmerzen im Hinterhauptbereich (Nervus occipitalis major – Halsnerv C2) zu erfragen. Sie sind eindeutige klinische Hinweise auf eine Fraktur am okzipitospinalen Übergang.
- Das Beklopfen der Dornfortsätze mit dem Perkussionshammer (Seitenlagerung) mit entsprechender Schmerzauslösung ist ein verlässliches Verletzungszeichen.

Die funktionelle klinische Untersuchung erfolgt dann beim auf dem Rücken liegenden Patienten. Der Nacken wird bei der Untersuchung der dorsalen Paravertebralmuskulatur mit beiden Händen umfasst. Liegt eine massive paravertebrale Verspannung vor, wird auf weitere klinische Untersuchungen verzichtet, eine Halsorthese angelegt und die nativrontgenologische Diagnostik vorgenommen. Ohne extreme Abwehrspannung kann die Bewegungsprüfung durchgeführt werden. Bei der Flexionsprüfung der HWS fixiert die rechte Hand das Sternum. Die linke auf der Stirn bestimmt den Gegendruck bei der aktiven Beugung in der HWS. Bei Extensionsprüfung der HWS wird der Kopf des Patienten über den Rand der Untersuchungsliege gelagert und die Halskrawatte entfernt. Die rechte Hand fixiert das Sternum, die linke Hand umfasst das Hinterhaupt und erfasst den Widerstand bei der aktiven Streckung der HWS. Bei der Rotationsprüfung der HWS wird das der Rotationsseite gegenüberliegende Schultergelenk fixiert, die andere Hand wird am Kopf angelegt und übt Widerstand gegen die Rotationsbewegung aus. Schmerzen auf der mit der Hand gehaltenen Seite sind typisch bei einer Schädigung der kleinen Wirbelgelenke - Schmerzen auf der Gegenseite sprechen für eine Muskelläsion.

Die dorsale HWS wird zunächst palpatorisch untersucht. Die linke Hand hält dabei das Hinterhaupt, die Finger der rechten palpieren die Dornfortsätze der HWS. Durch eine geringe

Flexions-/Extensionsbewegung mit der linken Hand lassen sich die Dornfortsätze rechts besser ausmachen. Die genaue Höhenbestimmung und Identifizierung des Prominens (7. HWK) gelingt am besten in der Überstreckung, da der 6. HWK in dieser Position nicht mehr zu tasten ist.

In die Untersuchung der HWS sollte der Musculus sternocleidomastoideus einbezogen werden. Bei Hyperextensionstraumata bestehen deutliche Schmerzhaftigkeiten am Processus mastoideus oder an den Muskelbäuchen, was wiederum Rückschlüsse auf den Unfallhergang erlaubt (s. Abb. 5.1.1–5.1.3, S. 60).

5.1.2.3 Neurologie

Die neurologische Untersuchung zielt zunächst auf den Ausschluss eines Querschnitts bzw. einer spinalen Enge oder isolierter neurologischer Funktionsausfälle ab. Kann der Patient die Füße heben, strecken und gegen Widerstand evertieren und invertieren, können schwerwiegende Verletzungen des Rückenmarks und des lumbosakralen Nervenplexus zunächst ausgeschlossen werden. Kann der Patient die Faust fest schließen und öffnen, im Handgelenk gegen Widerstand strecken und beugen sowie über mehrere Sekunden in Rückenlage die Beine gestreckt anheben (Milgram-Test), so ist eine schwerwiegende spinale Einengung und neurologische Schädigung ausgeschlossen. Ist das nicht der Fall, lässt sich schnell die Verletzungshöhe durch klinische Prüfung der oberen und unteren Extremität durch Erfassung der (motorischen) Myotome abschätzen (s. Tab. 5.1.1).

Plexus cervicalis	
Schulter anheben	C5
Ellenbogen beugen	C6
Ellenbogen strecken	C7
Faustgriff am Florett	C8
Strecken im Handgelenk	C6
Beugen im Handgelenk	C7
Faustschluss	C8
Finger spreizen	Th 1

Tab. 5.1.1: Myotome der zervikalen Spinalnerven.

Es hat sich gezeigt, dass die Reflexprüfung für den Ungeübten in der bestehenden Dramatik und Aufregung wenig

diagnostischen Wert besitzt, auch aufgrund der schlechten Reproduzierbarkeit. Die Erfassung der motorischen Defizite ist für das weitere Management ausreichend. Oft macht der Patient beim ärztlichen Erstkontakt über die Sensibilität unzureichende Angaben, was eine Einschätzung der Verletzungshöhe erschwert. Wir empfehlen daher sich an den motorischen Ausfällen bei Verletzungen der Hals- und Lendenwirbelsäule zu orientieren. Nach Abschluss aller o. g. Untersuchungen sollte dann die äußere Stabilisierung (HWS-Krawatte) und stabile Lagerung (bis zur vollständigen Abklärung) vorgenommen werden.

5.1.2.4 Ausschluss eines Querschnitts

Zunächst wird die Schmerzreaktion der oberen und unteren Extremität geprüft. Obwohl unmittelbar nach dem Unfall keine Prognose über bleibende medulläre Schäden vorgenommen werden kann, sprechen einige Bilder dennoch dafür und sollten unbedingt dokumentiert werden.

- Ein schlaffer Priapismus zeigt sich, wenn eine Schädigung oberhalb von Th5 vorliegt.
- Eine Querschnittslähmung in Höhe Th1 erkennt man, wenn ein doppelseitiges Horner-Syndrom vorhanden ist.
- Eine Querschnittslähmung in Höhe C7 ist an der typischen Armhaltung erkennbar: Die Arme liegen vor dem Thorax gebeugt und die Schultern sind abduziert.
- Unbedingt ist die Schmerzreaktion präsakal zu prüfen.
- Überprüfung des Sphinktertonus durch digital rektale Untersuchung.

5.1.2.5 Bildgebende Diagnostik

Grundlage ist das gut eingestellte Röntgenbild der HWS a. p. sowie von der Seite und die Dens axis-Zielaufnahme durch den geöffneten Mund (s. Abb. 5.1.2 und 5.1.3). Die Beurteilung wird analog der ABC-Regel (**a**lignment, **b**one, **c**artilage) durchgeführt. Bei unklaren Befunden und insbesondere bei unregelmäßigem alignment ist eine weiterführende Schichtbilduntersuchung notwendig. Jedes neurologische Defizit bedarf einer schnellstmöglichen Schichtbilduntersuchung. Kann eine Einengung des Spinalkanals (Bandscheibenverletzungen, knöcherne Verlegung, intraspinale Blutungen etc.) nicht eindeutig abgeklärt werden, ist eine MRT-Untersuchung unabdingbar. Auf die CT-Untersuchung kann aufgrund der notwendigen knöchernen Darstellung nicht verzichtet werden, auch wenn bereits eine Magnettomographie vorliegt.

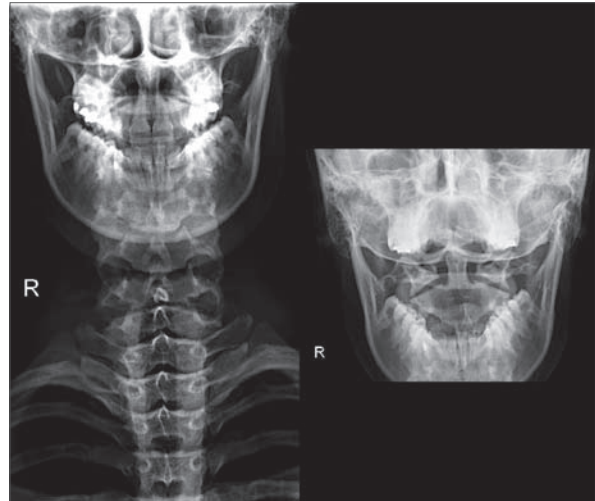


Abb. 5.1.2: HWS a. p. und Dens-Zielaufnahme mit offenem Mund. Es ist auf den Verlauf der Dornfortsatzreihe und auf einen mittig stehenden Dens zu achten.



Abb. 5.1.3: HWS seitlich. C7 muss immer dargestellt sein!

Funktionsaufnahmen der Halswirbelsäule

Funktionsaufnahmen der HWS erfassen eine pathologische Beweglichkeit. Sie sind dann indiziert, wenn die Beschwerdesymptomatik durch die o. g. Untersuchungen nicht begründet werden kann. Tritt während der Untersuchung eine neurologische Symptomatik auf (Lhermitte-Zeichen: Rückenmarksirritation; beim Kopfbeugen elektrisierende Gefühle in der gesamten Wirbelsäule oder Arm und Bein), muss die Funktionsuntersuchung sofort abgebrochen werden.

Zu achten ist auf:

- Die Veränderung der atlantoaxialen Distanz in Extension und Flexion.
- Verbreiterung des interspinösen Abstandes in der Flexion der HWS (Verletzung des dorsalen Bandapparats, des Ligamentum interspinosum).
- Verbreiterung des Bandscheibenfachs in der Extension (Bandscheibenverletzung und Schädigung des Ligamentum longitudinale anterius).
- Auftreten einer Spondylolisthesis in der Beugung oder Streckung der HWS.

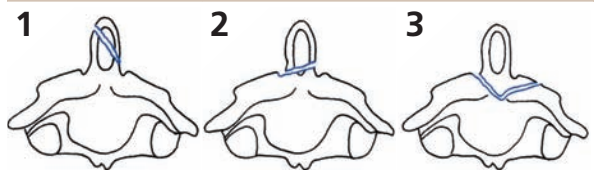
Radiologische dynamische Funktionsuntersuchung der Halswirbelsäule

Die funktionelle dynamische Untersuchung ist eine von Hand geführte Funktions- und Stabilitätsprüfung der HWS. Sie hat einen hohen diagnostischen Wert bei der Erfassung von traumatisch bedingten Instabilitäten. Die Untersuchung erfolgt am liegenden Patienten ohne Narkose. Es dürfen keine vorbestehenden neurologischen Defizite bestehen. Indikationen hierfür sind:

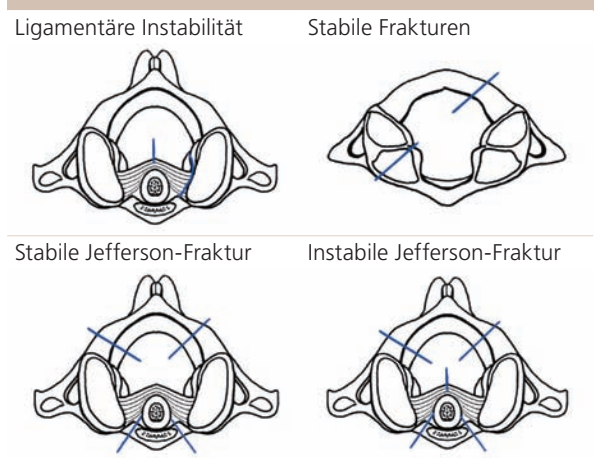
- Es liegt eine Diskrepanz zwischen dem Röntgenbild und der Klinik vor.
- Eine Instabilität ist nativröntgenologisch nicht auszuschließen.
- verbreiteter Weichteilschatten.
- abgerissenes Vorderkantenfragment.
- wenig erweiterter Bandscheibenraum.

5.1.3 Klassifikation

Densfrakturen: Klassifikation nach Anderson/de Alonso



Atlasfrakturen: Klassifikation nach Gehweiler



I	isolierte Fraktur des vorderen Atlasbogens	stabil
II	isolierte Fraktur des hinteren Atlasbogens	stabil
III	Fraktur des vorderen und hinteren Atlasbogens (Jefferson-Fraktur)	
	• I. ohne Fragmentdislokation	stabil
	• II. ventrale Dislokation	instabil
IV	Fraktur der Massa lateralis	stabil
	• mit Ausriss des Ligamentum transversum	instabil
V	Fraktur des Querfortsatzes	stabil

HWS-Distorsion

0	keine HWS-Beschwerden, keine Ausfälle
I	nur HWS-Schmerzen, Steifigkeit, Überempfindlichkeit, keine objektiven Ausfälle
II	Beschwerden wie bei I. Bewegungseinschränkung, Druckschmerz
III	Beschwerden wie bei I. Neurologische Befunde
IV	Beschwerden wie bei I. HWS-Fraktur oder Luxation

5.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Verletzungen der Kopfgelenke sind in 35% der Fälle mit Mittelgesichtsfrakturen verbunden. Zudem mit Verletzungen der Kopfgelenke vergesellschaftete Verletzungen sind Sternumfrakturen (sternovertebrale Instabilität). Je nach Dislokationsgrad kann eine Verletzung der Arteria vertebralis ein- oder zweiseitig vorliegen. Zusätzliche Verletzungen der Halsgefäße sind i. d. R. nicht mit dem Leben vereinbar. Abhängig vom Unfallhergang müssen intrazerebrale und intrakranielle Verletzungen ausgeschlossen werden.

5.1.5 Versorgungszeitpunkt

Frakturen oder Luxationen mit neurologischem Defizit	N1
Luxationen ohne neurologisches Defizit	N4
Frakturen oder diskoligamentäre Instabilitäten ohne grobe Verstellung	N5

5.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Die stabile Fixation der HWS in einer Orthese oder verstärkten Krawatte stellt die allererste Maßnahme dar. Bei Wirbelsäulenverletzungen mit neurologischen Ausfällen wird die schnellstmögliche Verlegung in ein dafür ausgerüstetes Zentrum angeraten. Repositionsversuche mit und ohne Narkose werden zwar in der Literatur gelegentlich aufgeführt, in der Praxis jedoch sehr selten oder überhaupt nicht vorgenommen. In diesem Zusammenhang sollte explizit auf Verunfallte, die unter Antikoagulantientherapie stehen, hingewiesen werden. Selbst Spontaneinblutungen ohne Traumata in den Spinalkanal sind mehrfach beschrieben. Zur zeitnahen Schichtbilduntersuchung und engmaschigen Kontrolluntersuchung durch MRT wird beim Verdacht auf eine Wirbelsäulenverletzung und vorliegender Gerinnungsstörung geraten, auch wenn unmittelbar nach dem Unfall keine neurologischen Ausfälle vorhanden sind.

5.1.7 Tricks und Techniken

Beim Auftreten von motorischen Störungen bei Querschnittssymptomatik wird zur sofortigen Verlegung in ein spezialisiertes Zentrum geraten. Da die Nativröntgendiagnostik auch bei gut eingestellten Aufnahmen schwierig ist und es auch bei Geübten zu Fehlinterpretationen kommen kann, sollte

großzügig von der Schnittbilddiagnostik Gebrauch gemacht werden. Um Verletzungen der HWS sicher auszuschließen, muss der Strahlenschutzgedanke zurückgestellt werden.

Bei der klinischen und röntgenologischen Erfassung einer Instabilität der HWS-Verletzung, die durch Röntgenstandard- und Röntgenfunktionsuntersuchungen nicht ausgeschlossen werden können, wird empfohlen, sich mit einem Wirbelsäulenchirurgen in Verbindung zu setzen und die HWS durch eine semirigide Krawatte zu stabilisieren. Es ist kein Fehler, auch bei der Diagnostik einer Instabilität Ruhe zu bewahren und diese Ruhe auf den Verletzten und die Angehörigen zu übertragen. Überreaktionen und Panik beim medizinischen Personal oder auch den Betroffenen schaden meist der Behandlung und vor allem dem Behandlungsergebnis.

Weiterführende Literatur:

- Röhl K. Halswirbelsäulenverletzungen mit Tetraplegie. *Trauma Berufskrankh.* 2003; 5: 231-243.
- Kandizora F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule *Unfallchirurg.* 2010; 113: 931-943.
- Schweigkofler U, Reimertz CH, Seekamp A, Hoffmann R. Notärztliche Versorgung von Traumapatienten. *Orthopädie Unfallchirurg update.* 2008; 3: 423-438.
- Knop C, Blauth M, Bühren V, et al. Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Überganges. Teil 2 : Operation und röntgenologische Befunde. *Unfallchirurg.* 2000; 103(12): 1032-1047.
- Hoppenfeld S. *Orthopaedic Neurology a diagnostic guide to neurologic levels.* J.B. lippincott company, Philadelphia Toronto 1977; 121.

5.2 Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule

Franz Smiszek

5.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Die Häufigkeit der Brustwirbelsäulenverletzung wird mit 15–24% und die der Lendenwirbelsäule mit 15–37% der Verletzungen der Wirbelsäule angegeben. Die Übergangsegmente (kraniozervikal 16%, zervikothorakal 56%, thorakolumbal 73%) sind unverhältnismäßig oft betroffen. Hier besteht eine Altersabhängigkeit. Mit zunehmendem Lebensalter steigt der Anteil der kopfnahen Frakturen. Einer bestehenden Klinik in Höhe der Übergangsegmente ist hier besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Umso mehr, wenn der Verletzte bewusstseins eingeschränkt ist.

Die Einstufung der Verletzungen wird in der kranialen/kaudalen HWS, der BWS und der LWS unterschiedlich vorgenommen (s. u.). Grundsätzlich ist bei der Erstbehandlung zu unterscheiden, ob es sich um eine Mitverletzung des Rückenmarks oder eines Spinalnervs handelt und ob eine stabile oder instabile Verletzungsform vorliegt.

5.2.2 Diagnostik

5.2.2.1 Anamnese am Unfallort

Die Prüfung der Vitalfunktionen steht an erster Stelle. Hinsichtlich der Wirbelsäule sollte das Unfallgeschehen dahingehend eruiert werden, ob eine Wirbelsäulenverletzung möglich ist. Die genaue Rekonstruktion des Unfallhergangs ist für die Erhärtung des Verdachts auf eine Wirbelsäulenverletzung von Wert. Deshalb hier einige Hilfestellungen, die für die Einschätzung der Verletzung sinnvoll sind:

Beim Eintreffen des Patienten ist das Gros der Patienten unter Sedierung oder physischem und psychischem Schock. Es müssen Angaben über das Unfallereignis vom Begleitpersonal erfragt werden.

- Einschätzung der einwirkenden Kraft.
- Reitunfälle sind heimtückisch, hier verbergen sich oft instabile Verletzungen der diskoligamentären Strukturen.
- Bei der Sturzhöhe werden oft fälschlich hohe Angaben gemacht. Man erfragt von daher besser das Stockwerk als die Sturzhöhe.

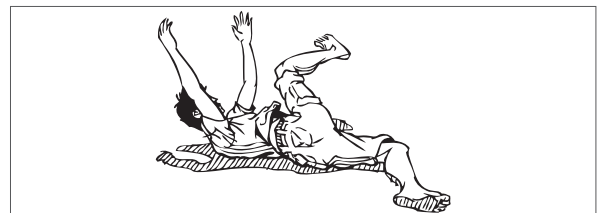
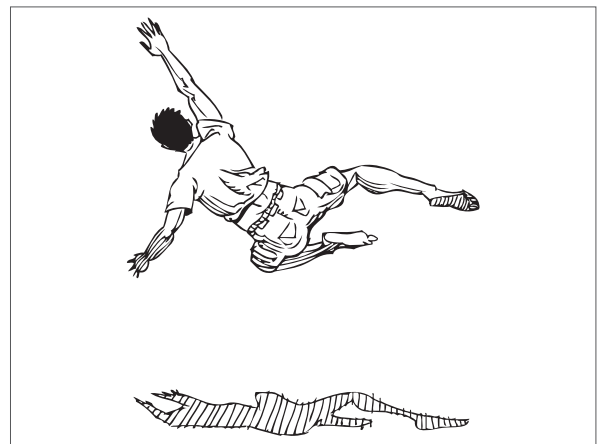


Abb. 5.2.1: Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule entstehen meist durch einen Flexionsmechanismus, der die dorsalen Strukturen zerreißt und die ventrale Säule komprimiert. Tritt eine Rotationskomponente hinzu, entstehen die instabilsten Brüche.

- Geschwindigkeitsangaben bei Verkehrsunfällen: Einen Hinweis auf die Geschwindigkeit, bei der der Unfall stattgefunden hat, kann das Auslösen des Airbags geben.
- Überraschungsmoment (Auffahrunfall): Hatte der Verunfallte genügend Zeit eine Schutzhaltung einzunehmen?
- Bei beidseitigen Fersenbeinfrakturen sollte immer eine Mitverletzung der Wirbelsäule am thorakolumbalen Übergang ausgeschlossen werden.

- Schläge gegen den Rücken in Schulterhöhe die zu einer vorderen Abknickung der Wirbelsäule führen, verursachen Frakturen am thorakolumbalen Übergang (Verletzungen in der Forstwirtschaft und im Baugewerbe).

5.2.2.2 Klinische Untersuchung

Wirbelsäulenverletzte nehmen eine Schonhaltung ein, die am wenigstens Schmerzen verursacht. Diese Haltung sollte bei der klinischen Untersuchung wenn möglich belassen werden. Hämatome bei Wirbelsäulenverletzungen unmittelbar nach dem Unfallereignis sind die Ausnahme. Sind sie dennoch vorhanden, muss mit einer schweren Verletzung der dorsalen Säule gerechnet werden. Klopfschmerzhaftigkeit entspricht nicht immer der Verletzungshöhe. Hautschürfungen sind ernst zu nehmen, hier verbergen sich oft Frakturen. Die Palpation der interspinösen Räume (vergrößerter Abstand und teigige Konsistenz) kann bei allen Abschnitten der Wirbelsäule ein Zeichen einer Verletzung sein. Frakturen am thorakolumbalen Übergang weisen oft geringe Symptome auf. Die Anamnese und die kritische klinische Untersuchung besitzen hier einen hohen Stellenwert. Der klinische Verdacht (Schmerz) wird in ca. 50% durch die Röntgenaufnahme bestätigt. Schürfwunden und Prellmarken sind unsichere Hinweise.

5.2.2.3 Neurologie

Die neurologische Untersuchung zielt zunächst auf den Ausschluss eines Querschnitts bzw. einer spinalen Enge oder isolierter neurologischer Funktionsausfälle ab. Kann der Patient die Füße heben, strecken und gegen Widerstand evertieren und invertieren, können schwerwiegende Verletzungen des Rückenmarks und des lumbosakralen Nervenplexus ausgeschlossen werden. Kann der Patient die Faust fest schließen und öffnen, im Handgelenk gegen Widerstand strecken

und beugen und über mehrere Sekunden in Rückenlage die Beine gestreckt anheben (Milgram-Test), so ist eine schwerwiegende spinale Einengung und neurologische Schädigung ausgeschlossen. Ist das nicht der Fall, lässt sich schnell die Verletzungshöhe durch klinische Prüfung der oberen und unteren Extremität durch Erfassung Motorik abschätzen (s. Tab. 5.2.1).

Auf Höhe der BWS ist man auf die Prüfung sensibler Funktionen angewiesen.

Die Erfassung der motorischen Funktionsstörungen (Myotome) lassen einen verlässlichen Schluss bei der Bestimmung der Verletzungshöhe zu. Jedes Gelenk der Beine wird regelmäßig über vier aufeinanderfolgende Myotome bewegt.

Es hat sich gezeigt, dass die Reflexprüfung für den Ungeübten in der bestehenden Dramatik und Aufregung wenig diagnostischen Wert besitzt. Die Erfassung der motorischen Defizite ist für das weitere Management ausreichend. Oft macht der Patient beim ärztlichen Erstkontakt über die Sensibilität unzureichende Angaben, die eine Einschätzung der Verletzungshöhe eher erschweren. Wir empfehlen daher sich an den motorischen Ausfällen bei Verletzungen der Hals- und Lendenwirbelsäule zu orientieren. Oft ist auch der Reflexstatus in akuten Situationen nicht verlässlich reproduzierbar. Der Ausschluss eines Querschnitts sollte, wie in Kap. 5.1.2.3 beschrieben durchgeführt werden.

5.2.2.4 Bildgebende Diagnostik

Die Darstellung der BWS erfolgt in der Frontal- und Sagittalebene. Gleiches gilt für die Darstellung der LWS. Vor allem im Bereich der BWS ist durch die Überlagerung der Rippen ein sicherer Frakturausschluss oftmals nicht möglich (s. Abb. 5.2.2). Analog zur HWS wird unter Zurückstellung des Strahlenschutzgedankens die Indikation zur CT-Untersuchung hier großzügiger gestellt. Jedes neurologische Defizit bedarf einer schnellstmöglichen Schichtbilduntersuchung. Kann eine Einengung des Spinalkanals (Bandscheibenverletzungen, knöcherne Verlegung, intraspinale Blutungen, etc.) nicht eindeutig abgeklärt werden, ist eine MRT-Untersuchung unabdingbar. Auf die CT-Untersuchung kann aufgrund der notwendigen knöchernen Darstellung nicht verzichtet werden, auch wenn bereits eine MRT vorliegt.

Brustwirbelsäule (sensibel)		Lendenwirbelsäule	
Mamillenhöhe	T4	Hüftbeugen	L2/3
Nabelhöhe	T6	Kniestreckung	L3/4
Leiste	T12	Kniebeugung	L5/S1
		Fuß heben	L4/5
		Fuß strecken	S1/2

Tab. 5.2.1: Tabelle Myotome.

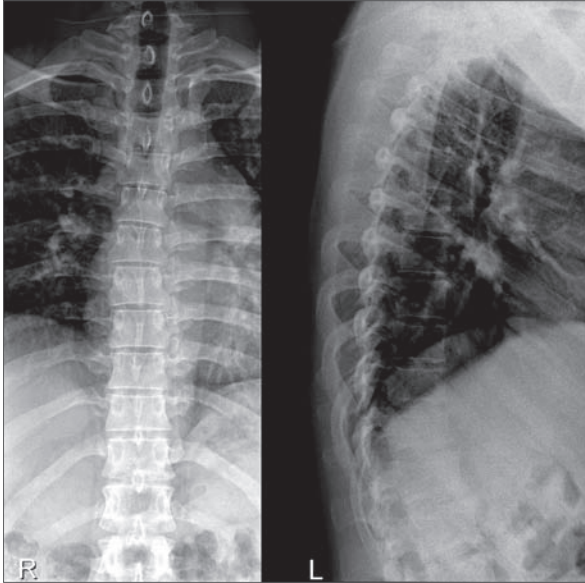


Abb. 5.2.2: BWS in 2 Ebenen. Durch die Überlagerung der Rippen sind die köchernen Strukturen nur schwer zu beurteilen.

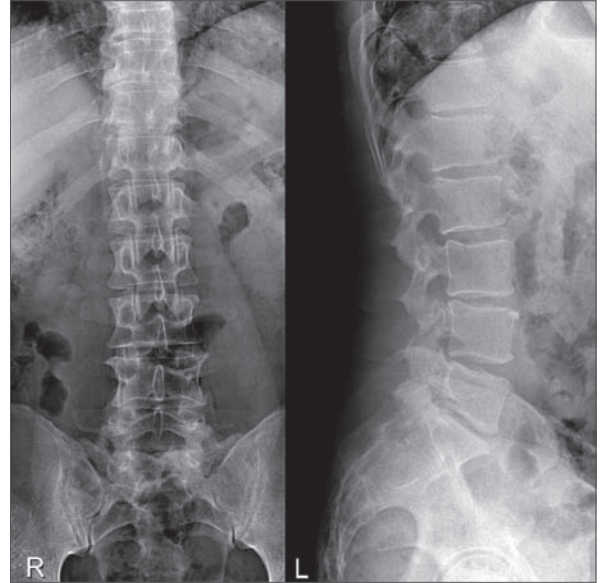


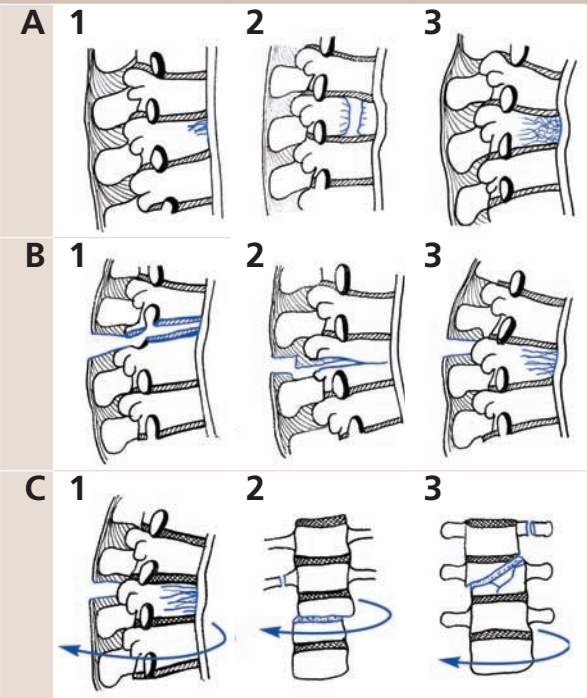
Abb. 5.2.3: LWS in 2 Ebenen. Durch Darmgasüberlagerungen können Pathologien unerkannt bleiben.



Abb. 5.2.4: Seitliche Zielaufnahme des thorakolumbalen Übergangs. Durch Fokussierung des Zentralstrahls ist dieser Bereich besser zu befunden.

5.2.3 Klassifikation

Wirbelkörperfrakturen: AO-Klassifikation



5.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Eine Hämaturie ist in über 90% bei Wirbelsäulenverletzungen zu verzeichnen. Die Klinik ist nicht eindeutig, deshalb sollte auf eine vollständige und exakte Nativröntgenuntersuchung Wert gelegt werden. Ist eine Urinausscheidung vorhanden, sollte wenn möglich eine Ausscheidungsurografie vorgenommen werden, um eine Verletzung der Nieren und des harnableitenden Systems frühzeitig zu erfassen. Die Verletzung der Bauchspeicheldrüse und des Duodenums bei Verletzungen am thorakolumbalen Übergang sollte in die Erstdiagnostik einbezogen werden. Laborchemische und sonographische Untersuchungen sollten unter gezielter Fragestellung sorgfältig erfolgen. Eine Krepitation bei der rektalen Untersuchung ist hinweisend auf eine Verletzung der Duodenalwand.

Auf begleitende Frakturen von Rippen oder des Sternums im Sinne einer sternovertebralen Instabilität ist zu achten.

5.2.5 Versorgungszeitpunkt

Frakturen oder Luxationen mit neurologischem Defizit	N1
Luxationen ohne neurologisches Defizit	N4
Frakturen oder diskoligamentäre Instabilitäten ohne grobe Verstellung	N5

Bei versorgungspflichtigen Begleitverletzungen ist die Versorgungsreihenfolge individuell festzulegen.

5.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

Wirbelsäulenverletzte werden meist auf einer Vakuummatratze gelagert angeliefert. Es sollte möglichst eine sofortige Umlagerung von der Matratze auf eine Transportliege erfolgen, solange viele Helfer den Patienten achsgerecht transferieren können. Eine en-bloc-Drehung zur Untersuchung der Patientenrückfläche ist jederzeit möglich. Weitere Umlagerungen, z. B. auf dem CT-Tisch, müssen mit dem Rollboard erfolgen. Auf eine suffiziente Analgesie ist zu achten.

5.2.7 Tricks und Techniken

Wie in Kap. 5.1.7 angesprochen, ist die Fraktur der Wirbelsäule keine lebensbedrohliche Verletzung, sodass die Untersuchung in Ruhe vonstatten gehen kann. Der Untersucher und der Patient müssen wissen, dass während eines

vernünftig durchgeführten Diagnostikwegs keine weitere Schädigung der Wirbelsäule auftreten kann. Die Deformierung der Wirbelsäule wird niemals wieder so groß sein wie im Moment der Traumatisierung.

Weiterführende Literatur:

- Blauth M. Grundlagen der Wirbelsäulentraumatologie In : H.Tscherne, M. Blauth (Hrsg.). *Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule*. Springer, Berlin 1998; 1-59.
- Castro WHM, Jerosch J. Orthopädisch-traumatologische Wirbelsäulen –und Beckendiagnostik. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1996; 194.
- Eysel P, Fürderer S. Verletzungen der Wirbelsäule. In: Wirth CJ, Zichner L (Hrsg.): *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie – Wirbelsäule, Thorax*. Thieme, Stuttgart 2004.
- Buckup K. Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln. 3. erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart 2005; 195.
- Ketterl R. Vorgehen bei Wirbelsäulenverletzungen des Polytraumatisierten Patienten. *Trauma Berufskrankh.* 2010; 12(Suppl 2): 168-175.
- Nothofer W, Neugebauer R. Aktuelles diagnostisches Vorgehen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Trauma Berufskrankh.* 2000; 2(Suppl 2): 236-240.

6

VERLETZUNGEN DES BECKENS

6.1 Beckenverletzungen	74
------------------------------	----

6.1 Beckenverletzungen

Jörg Schmidt

6.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Beckenverletzungen entstehen in der Regel im Rahmen von Hochrasanztraumata. Diese gehen oft mit weiteren lebensbedrohlichen Begleitverletzungen einher, die höchste Priorität in der weiteren Behandlung haben. In diesem Kapitel wird auf die Behandlung von Beckenverletzungen im Rahmen des ATLS-Prinzips eingegangen. Es wird beschrieben, wie lebensbedrohliche Begleitverletzungen der Beckenfrakturen auszuschließen und im Sinne von Damage-Control-Prozeduren primär zu behandeln sind.

Neben den Hochrasanztraumata spielen aufgrund der zunehmenden Alterung der Bevölkerungsstruktur auch isolierte Beckenverletzungen eine immer größere Rolle in der Erstversorgung. Beim alten Menschen müssen diese nicht im Rahmen von Hochrasanztraumata entstehen, sondern können auch aufgrund niederenergetischer Traumata auftreten. Beckenverletzungen sind bei hüftgelenksnahen Beschwerden nach einem Sturz eines älteren Menschen daher immer als erste Differenzialdiagnose zu bedenken.

6.1.2 Diagnostik

Bei hüftgelenksnahen Beschwerden muss eine Beckenübersichtsaufnahme angefertigt werden. Nach dem Ausschluss einer proximalen Femurfraktur muss eine Beckenverletzung, insbesondere bei immobilisierenden Schmerzen des Patien-

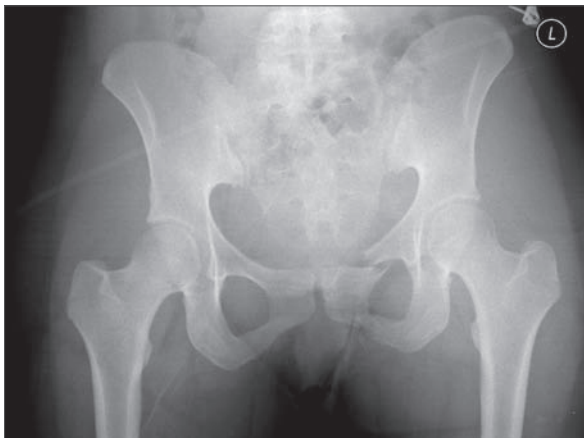
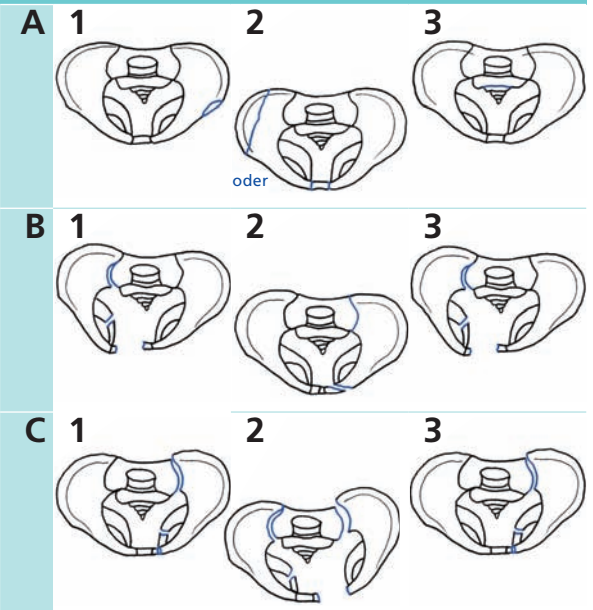


Abb. 6.1.1: Beckenübersicht mit Sitz- und Schambeinfraktur. Immer Verletzung des hinteren Beckenrings ausschließen.

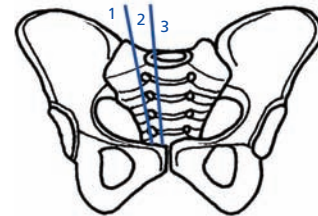
ten, ausgeschlossen werden. Dies ist radiologisch neben der Beckenübersicht (s. Abb. 6.1.1) mit Inlet- und Outlet-Aufnahmen des Beckens zu bewerkstelligen. Sind auch hier keine exakten und aussagekräftigen Abbildungen möglich, ist großzügig eine CT-Diagnostik durchzuführen.

6.1.3 Klassifikation

Beckenfrakturen: AO-Klassifikation



Os-sacrum-Frakturen: Klassifikation nach Danis



6.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Die wesentlichen und auch lebensbedrohlichen Begleitverletzungen bei Beckenfrakturen sind im Rahmen von Mehrfachverletzungen und Polytraumatisierungen zu erwarten. Bei niedrigerenergetischen Traumata des alten Menschen sind Begleitverletzungen eher die Ausnahme. Bei diesem Patientengut ist vor allem auf neurologische Ausfälle zu achten. B- und C-Verletzungen des Beckens, welche auch bei Niedrigenergetraumata auftreten können, gehen u. U. mit transforaminalen Sakrumfrakturen (Danis-II-Frakturen) einher, die in einigen Fällen mit Nervenwurzelläsionen vergesellschaftet sind (s. Abb. 6.1.2).

So können neurologische Ausfallserscheinungen den ersten Hinweis auf eine hintere Beckenringverletzung geben. Gefäßverletzungen sind bei Niedrigenergetraumata die große Ausnahme. Bei symphysennahen Verletzungen und klaffenden Symphysenverletzungen (Open-book-Verletzungen, s. Abb. 6.1.3) ist an eine begleitende Urethraverletzung zu denken.

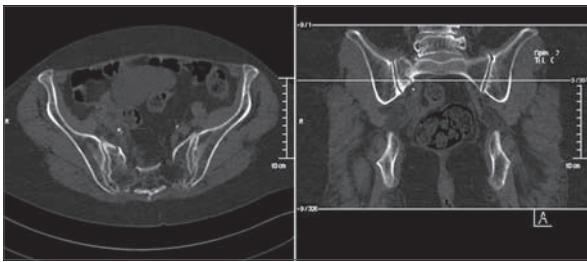


Abb. 6.1.2: Danis-II-Verletzung beidseits.



Abb. 6.1.3: Sog. Open-book-Verletzung, Ursache einer begleitenden Urethraverletzung.

6.1.5 Versorgungszeitpunkt Tab.prob.

Beckenverletzungen im Rahmen eines Polytraumas mit lebensbedrohlichen Begleitverletzungen	N0
Beckenverletzungen mit Beteiligung der Urethra	N2
Niedrigenergie-Traumata (meist bei älteren Menschen)	N5

6.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Die Versorgung von Beckenverletzungen im Rahmen des Polytraumas mit lebensbedrohlichen Begleitverletzungen ist als N0-Dringlichkeit sofort anzugehen. Dies geschieht im Schockraum i. d. R. durch das Anlegen eines Beckengurtes oder einer Beckenzwinge (s. Abb. Beckenzwinge). Hier verweisen wir jedoch wiederum auf den ATLS-Algorithmus. Als isolierte Verletzungen sind lebensbedrohliche Beckenverletzungen extrem selten.

Bei Niedrigenergetraumata kommt in der Regel eine akute Versorgung nicht in Frage. Der ältere Patient wird zunächst ausgiebig diagnostiziert und anschließend zur analgetischen Behandlung aufgenommen. Sollte man sich nach Abwägung aller Vor- und Nachteile und aufgrund der Klassifikation der Beckenverletzung eines Patienten dazu entschließen, eine operative Versorgung vorzunehmen, erfolgt dies elektiv mit der Dringlichkeit N5.

Spezifische Versorgungsmaßnahmen sind bei dieser Art Verletzung in der Regel nicht erforderlich. Eine ausreichende Analgesie

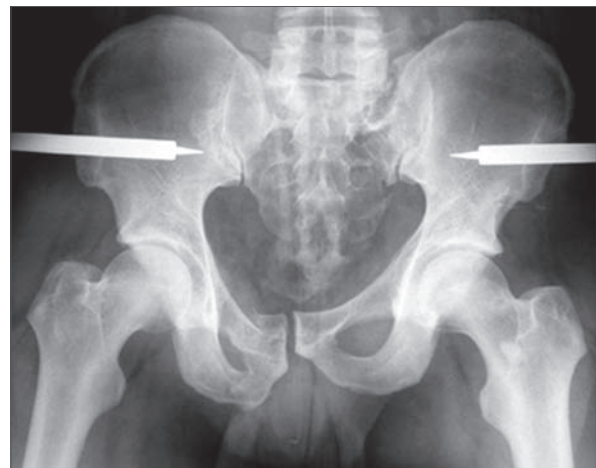


Abb. 6.1.4: Notfallmäßige Stabilisierung des Beckens durch eine Beckenzwinge.

6

und eine primäre Bettruhe Bettruhe sind ausreichend. Es kann notwendig werden, einen Blasenkatheter anzulegen, um sowohl eine Bilanzierung des Flüssigkeitshaushalts zu ermöglichen, als auch die in diesem Falle oft schmerzhafte Ausscheidung zu erleichtern.

6.1.7 Tricks und Techniken

Es ist immer daran zu denken, dass beim alten Menschen die alleinige vordere Beckenringfraktur selten ist. Eher die Regel ist eine hintere Beckenringfraktur, und sei es nur in einem knöchernen Ausriss der ventralen iliosakralen Bänder. Dieser ist weder in der Beckenübersichtsaufnahme, noch in Inlet- oder Outlet-Aufnahmen sichtbar. Bei Verdacht auf eine solche Verletzung ist eine computertomographische Untersuchung im Verlauf notwendig. Weiterhin muss man bedenken, dass beim alten Menschen oftmals der Stuhlverhalt die freie Sicht auf die hinteren Beckenringstrukturen erheblich einschränkt. Auch dies ist eine Indikation für ein Computertomogramm.

Entscheidet man sich für ein konservatives Vorgehen, ist die unmittelbare Mobilisation unter Analgetikaschutz im Gehwagen notwendig. Es sollte besonders darauf geachtet werden, ob der Patient über lediglich leichte Schmerzen klagt – dies spricht für eine anteriore Beckenringverletzung – oder ob er verstärkte Beschwerden dorsal angibt. Bei Vorliegen solcher Beschwerden muss an eine B2-Verletzung des Beckens gedacht und eine operative Versorgung in Erwägung gezogen werden, um der Entstehung einer Sakrumpseudarthrose vorzubeugen. Diese kann zu einem Persistieren der immobilisierenden Schmerzen führen.

Weiterführende Literatur:

- Benzinger P, Becker C, Kerse N, Bleibler F, Büchele G, Icks A, Rapp K. Pelvic Fracture Rates in Community-Living People With and Without Disability and in Residents of Nursing Homes. *J Am Med Dir Assoc.* 2013.
- Bugaev N, Arabian S, Rabinovici R. Admission patterns of stable patients with isolated orthopedic or neurosurgical injuries. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013; 74(4): 1151–1155.
- Dienstknecht T, Pfeifer R, Horst K, Sellei RM, Berner A, Zelle BA et al. The long-term clinical outcome after pelvic ring injuries. *Bone Joint J.* 2013; 95(4): 548–553.
- Harvey-Kelly KF, Kanakaris NK, Obakponovwe O, West RM, Giannoudis PV. Quality of Life and Sexual function following Traumatic Pelvic Fracture. *J Orthop Trauma.* 2013.
- Hershey K. Fracture complications. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2013; 25(2): 321–331.
- Leslie MP, Baumgaertner MR. Osteoporotic pelvic ring injuries. *Orthop. Clin. North Am.* 2013; 44(2): 217–224.

7

VERLETZUNGEN DES THORAX

7.1	Pneumothorax	78
7.2	Thorakale Blutungen/Hämatothorax	81

7.1 Pneumothorax

Gunda Leschber

7.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Als Pneumothorax wird eine Ansammlung von Luft im Pleuraspalt bezeichnet, die die unterdruckbedingte Adhäsion zur Thoraxwand und damit ihr Entfalten bei der Inspiration aufhebt. Die Ursachen für ein Eintreten von Luft in den Pleuraspalt sind vielfältig:

Selten liegt die Ursache in penetrierenden Verletzungen oder direkter Gewalteinwirkung von außen im Rahmen von Unfällen oder Gewaltdelikten.

Wesentlich häufiger ist der sog. Spontanpneumothorax (Inzidenz: 18/100.000 Einwohner/Jahr). Unterschieden wird zwischen dem primären Spontanpneumothorax, bei dem keine Erkrankung der Lunge ursächlich ist, und dem sekundären Pneumothorax, der bei älteren Menschen und Patienten mit Lungenvorschädigungen (z. B. COPD) auftritt. Der primäre Spontanpneumothorax kann im Rahmen körperlicher Anstrengung oder minimaler Traumata auftreten, ein derartiges Ereignis ist den Patienten aber meist nicht bewusst. Junge Männer sind aus ungeklärter Ursache bevorzugt betroffen. Bei Frauen kann ein sog. katamenialer Pneumothorax vorliegen, ein Zusammenhang zur Regelblutung ist daher immer zu erfragen.

Lungenvorerkrankungen, die zu einem Pneumothorax führen können, sind meist anamnestisch zu erheben; der Pneumo-

thorax selbst kann aber auch diagnostisch wegweisend für eine solche Erkrankung sein.

Eine Variante des Pneumothorax ist der sogenannte Spannungspneumothorax, der ein lebensbedrohliches Ereignis darstellt: Durch eine kleine Luftfistel in der Lunge dringt bei der Inspiration Luft in den Thorax ein. Bei Expiration verhindert ein Ventilmechanismus das Entweichen dieser Luft. Es kommt zu einer kontinuierlichen Steigerung des intrathorakalen Drucks mit zunächst kompletter Atelektase der Lunge. Die Mediastinalorgane werden zur Gegenseite verlagert und damit der venöse Rückstrom zum Herzen behindert (s. Abb. 7.1.1–3).

7.1.2 Diagnostik

- Röntgenaufnahme des Thorax in 2 Ebenen: Ein relevanter Pneumothorax ist dabei auch in einer normalen Aufnahme in Inspiration zu erkennen. Gelegentlich ist eine Aufnahme in Expiration notwendig. Eine Indikation zur Diagnostik mittels CT besteht beim primären Spontanpneumothorax nicht.
- Vermindertes Atemgeräusch in der klinischen Untersuchung.
- Spannungspneumothorax – klinische Zeichen: Dyspnoe, aufgehobene Atembewegungen, hypersonorer Klopfeschall und fehlendes Atemgeräusch auf der betroffenen Seite, Venenstauung zervikal sowie später beginnende Schocksymptomatik.

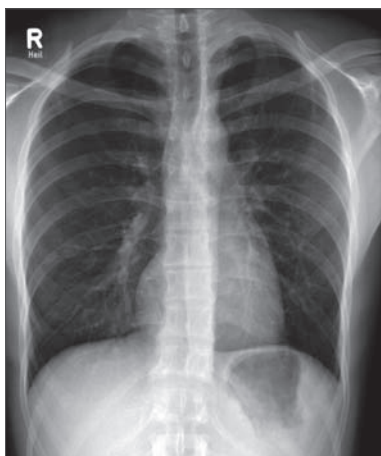


Abb. 7.1.1: Rö.-Bild mit partiellem Pneumothorax. Partieller Pneumothorax der rechten Seite im oberen Drittel.

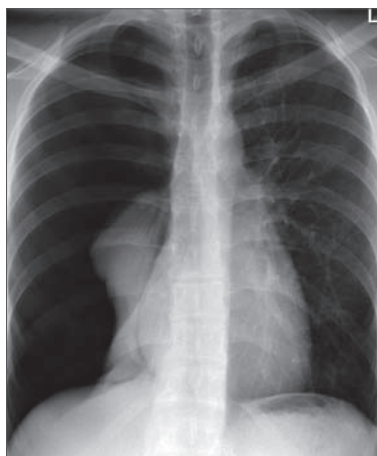


Abb. 7.1.2: Rö.-Bild mit komplettem Lungenkollaps: Kompletter Pneumothorax rechts.

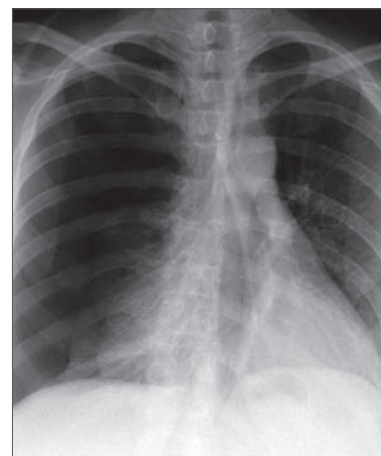


Abb. 7.1.3: Rö.-Bild mit Spannungspneumothorax: Spannungspneumothorax rechts mit Verlagerung der Mediastinalorgane zur Gegenseite und Abflachung des Zwerchfells als Zeichen eines intrathorakalen Überdrucks.

7.1.3 Klassifikation

partieller Pneumothorax
kompletter Pneumothorax
Spannungspneumothorax
primärer versus sekundärer Pneumothorax

7.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Bei direkter Gewalteinwirkung auf den Thorax können Rippenfrakturen oder Verletzungen der Thoraxweichteile auftreten. Hierbei kann es zur Entwicklung eines Hämatothorax durch Zerreißen der Interkostalararterien oder Spießungsverletzungen am Lungenparenchym kommen.

Durch Abreißen von Verwachsungen der Lunge mit der Thoraxwand (meist apikal) können ebenfalls Zerreißungsblutungen auftreten.

7.1.5 Versorgungszeitpunkt

Pneumothorax	N1
Spannungspneumothorax	N0
Hämatothorax	N1 (s. Kapitel 7.2)

7.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Bei dem Verdacht auf einen Spannungspneumothorax muss unverzüglich eine Entlastung herbeigeführt werden. Da das Leck an der Lunge meist nur punktförmig ist, reicht das sofortige Einbringen einer Flexüle, um den Überdruck zu entlasten. Es muss dann, ebenso wie beim Spontanpneumothorax oder beim Hämatothorax, eine Thoraxdrainage im 4. oder 5. ICR in der mittleren Axillarlinie unter sterilen Kautelen eingelegt werden (24 Ch). Das Drainagesystem sollte entweder an ein Saugsystem oder ein System mit Wasserschloss angeschlossen werden.

Die Lagekontrolle der Drainage erfolgt durch ein Röntgen-Bild des Thorax (2 Ebenen).

Auf eine ausreichende Schmerztherapie sowie atemgymnastische Übungen muss geachtet werden.

Technik des Legens einer Drainage



Abb. 7.1.4: Lagerung des Patienten in Rückenlage und Abdeckung.

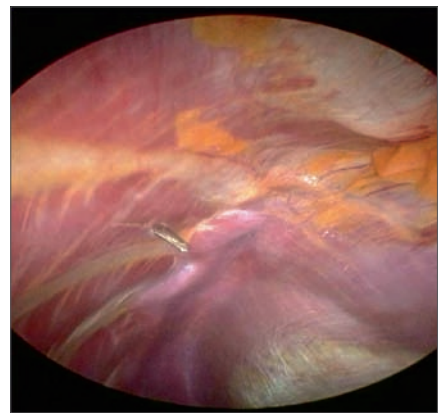


Abb. 7.1.5: Präparation mit der Schere an der Oberkante einer Rippe.

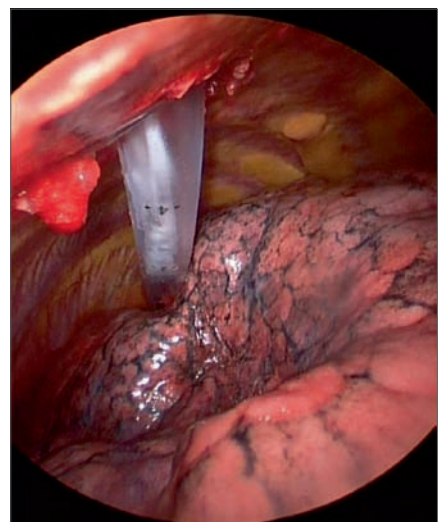


Abb. 7.1.6: Einlage der Drainage nach apikal.

7.1.7 Tricks und Techniken

7.1.7.1 Röntgendiagnostik

Das Erkennen eines schmalen Pneumothoraxspalts wird durch das Drehen des Bildes um 90° erleichtert, da das menschliche Auge waagerechte Linien besser wahrnimmt als senkrechte.

7.1.7.2 Drainagetherapie

Die Drainageeinlage (s. o. ??) erfolgt am besten in Rückenlage des Patienten mit Über-Kopf-Lagerung des Arms. Im muskelfreien Raum (dorsal des *Musculus pectoralis*, ventral des *Musculus latissimus dorsi*) wird in Lokalanästhesie der Hautschnitt angelegt und bis in den Interkostalraum präpariert. Die Präparation erfolgt stumpf an der Oberkante der Rippe, um das Gefäßnervenbündel im ICR zu schonen. Durch digitale Austastung des Thoraxraums nach Eröffnung der Pleura können Adhäsionen der Lunge ausgeschlossen bzw. digital gelöst werden, damit die Drainage nicht ins Lungengewebe gelegt wird. Die Drainage sollte möglichst nach dorsoapikal eingeführt werden (s. Abb. 7.1.4–6).

Bei der Verwendung von Spießdrainagen ist äußerste Vorsicht geboten, da Lungengewebe nie Widerstand bietet und massive intrathorakale Verletzungen bei Durchspießung der Lunge resultieren können. Daher gehören diese ausschließlich in Hände von Geübten.

7.1.7.3 Beurteilung der Luftfistel

Unter einer Luftfistel versteht man ein Leck der Pleura visceralis mit Austritt von Atemluft aus den Alveolen in den Pleuraspalt. Die Beurteilung einer Fistel erfolgt am Drainagesystem, besser noch direkt am Schlauch, der vom Patienten zu dem Drainagesystem führt. Wenn durch das Sekret im Schlauch Luftblasen treten, liegt eine Fistel vor. Eine defekte Dichtung am Drainagesystem oder ein fehlerhafter Zusammenbau des Systems können Luftfisteln vortäuschen.

Ein Abklemmen der Drainage ist immer kontraindiziert, da dadurch ein Spannungspneumothorax resultieren kann. Als Alternative kann durch Anbringen eines Ablaufbeutel (mit Heimlichventil) ein sog. „weiches Abklemmen“ erfolgen, das den Austritt von Luft in ein geschlossenes System erlaubt, ohne dass ein Spannungspneumothorax droht (s. Abb. 7.1.7+8).

„Weiches Abklemmen“ mittels Ablaufbeutel



Abb. 7.1.7: Leerer Beutel.



Abb. 7.1.7: Aufgeblasener Beutel bei Luftfistel. (Eine Alternative zum gefährlichen Abklemmen von Drainagen: Ein luftgefüllter Beutel. So entsteht eine persistierende Luftfistel, ohne Gefahr eines Spannungspneumothorax)

Weiterführende Literatur:

- Baumann MH, Strange C, Heffner JE, Light R, Kirby TJ, Klein J, Luketich JD, Panacek EA, Sahn SA, for the ACCP Pneumothorax Consensus Group. Management of Spontaneous Pneumothorax - An American College of Chest Physicians Delphi Consensus Statement. *Chest*. 2001; 119(2): 590-602.
- Henry M, Arnold T, Harvey J. BTS guidelines for the management of spontaneous pneumothorax. *Thorax*. 2003; 58 (Suppl 2): ii39–ii52.
- Haynes D, Baumann MH. Management of pneumothorax. *Semin Respir Crit Care Med*. 2001; 31(6): 769-780.
- Chan JW, Ko FW, Ng CK, Yeung AW, Yee WK, So LK, Lam B, Wong MM, Choo KL, Ho AS, Tse PY, Fung SL, Lo CK, Yu WC. Management of patients admitted with pneumothorax: a multi-centre study of the practice and outcomes in Hong Kong. *Hong Kong Med J*. 2009; 15: 427-433.

7.2 Thorakale Blutungen/ Hämatothorax

Gunda Leschber

7.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Als Hämatothorax bezeichnet man ein Eindringen von Blut in den Pleuraspalt, durch das die unterdruckbedingte Adhäsion zur Thoraxwand und damit ihr Entfalten bei der Inspiration aufgehoben wird. Die Ursachen für das Eintreten von Blut in den Pleuraspalt sind vielfältig:

Ein akuter Hämatothorax als Monoverletzung tritt nur bei direkter Gewalteinwirkung auf den Thorax auf (Messerschnittverletzung, Schussverletzung, Rippenfraktur mit Durchspießung des Lungengewebes oder Zerreißen einer Interkostalarterie).

Bei stark antikoagulierten Patienten kann ein Hämatothorax schon durch ein minimales Trauma oder sogar spontan auftreten.

Ursache eines verzögert auftretenden Hämatothorax kann ein Abriss von Verwachsungssträngen beim Pneumothorax sein.

7.2.2 Diagnostik

- Klinische Zeichen sind Dyspnoe, Tachypnoe, Blässe und Schocksymptomatik.
- Die Untersuchung des Patienten mit Auskultation zeigt ein abgeschwächtes oder aufgehobenes Atemgeräusch sowie Zeichen des Volumenmangelschocks.
- Bestimmung des Hb-Werts und der Blutgruppe.
- Röntgenaufnahme des Thorax (s. Abb. 7.2.1).
- Ein CT des Thorax zur Beurteilung der Ausdehnung der BegleitleSIONen (s. Abb. 7.2.2–3) sollte durchgeführt werden.
- Bei Verdacht auf eine Läsion intrathorakaler Gefäße muss eine Angiografie erfolgen.

7.2.3 Wesentliche Begleitverletzungen

Bei einem Hämatothorax, der durch eine Rippenverletzung oder Rippenfraktur bedingt ist oder bei einem Hämatothorax durch Stich-/Schussverletzungen, können andere intrathorakal gelegene Organe ebenfalls beeinträchtigt sein. Bei Stich- und Schussverletzungen sind besonders der Herzbeutel und das Herz, aber auch die großen intrathorakalen großen Gefäße (Aorta, Vena cava, Arteria oder Vena

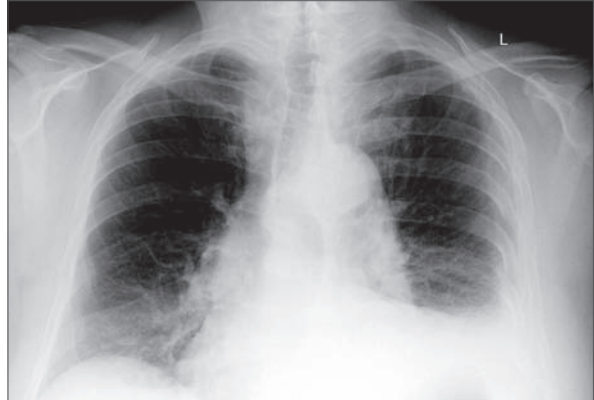


Abb. 7.2.1: Röntgenbild eines Hämatothorax links.

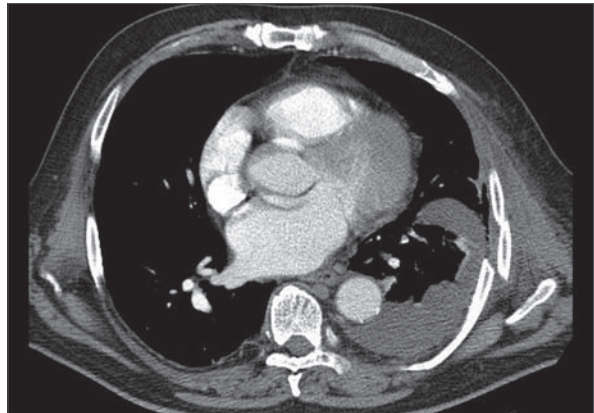


Abb. 7.2.2: CT des Thorax; Hämatothorax bei Rippenserienfraktur. Linksseitige Rippenserienfraktur mit mäßigem Hämatothorax bis in den Lappenspalt.

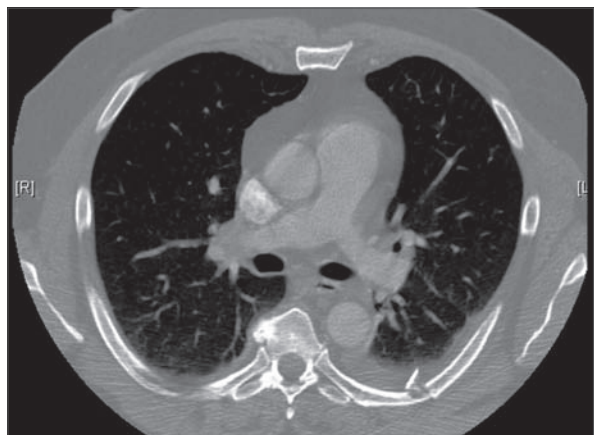


Abb. 7.2.3: Einlage der Drainage nach apikal.

subclavia) gefährdet. Eine Beurteilung ist durch radiologische Diagnostik (CT, Angiografie) möglich.

7.2.4 Versorgungszeitpunkt

akuter Hämatothorax	N0
verzögerter Hämatothorax	N2
Verletzung intrathorakaler Gefäße	N0

7.2.5 Kalkulierte Erstversorgung

Im Rahmen der Erstversorgung müssen großlumige Venenzugänge angelegt werden, um eine unverzügliche Volumensubstitution zu ermöglichen.

Es muss eine großlumige Thoraxdrainage (28 Ch) in Lokalanästhesie im 4. oder 5. ICR (s. o.), mittlere Axillarlinie, eingelegt werden. Am besten in Rückenlage (s. Kapitel 7.1, Abb. 7.1.4–6) und unter sonografischer Kontrolle. Die Lagekontrolle der Drainage erfolgt durch ein Röntgenbild des Thorax (möglichst in zwei Ebenen).

Die Entlastung des Hämatothorax resultiert unter Umständen in einer Volumenverschiebung und Kreislaufinstabilität, da sich initial über 2000 mL Blut entleeren können. Wenn 2 h nach Entlastung eine Drainagemenge von > 200 mL/h persistiert, muss eine operative Sanierung erfolgen.

Bei thorakalen Blutungen aufgrund von Verletzungen des Herzens muss sofort thorakotomiert werden, wenn möglich in Bereitschaft einer Herz-Lungen-Maschine. Ebenso bei isolierten Verletzungen der Aorta oder anderen thorakalen Arterien. Unter Umständen können kleinere Leckagen durch endovaskuläre Stents versorgt werden.

Blutungen aus den venösen Gefäßen erfordern eine dringliche Thorakotomie und direkte operative Versorgung. Alternativ kommt insbesondere bei Verletzungen der Vena subclavia eine kalkulierte Tamponade in Betracht.

Bei penetrierenden Thoraxverletzungen sollte eine Antibiose (z. B. Cephalosporine) eingeleitet werden. Auf eine ausreichende Schmerzmedikation muss geachtet werden.

7.2.6 Tricks und Techniken

Beim akuten Hämatothorax wird aufgrund einer Verletzung des Lungengewebes bei der Entlastung hellrotes Blut gefördert, das schaumig mit Luft untermischt ist.

Blutungen aus arteriellen Gefäßen sind ebenfalls hellrot. Durch die Druckentlastung bei der Drainageeinlage kann es



Abb. 7.2.4: CT des Thorax (sagittal): Drainagefehlrlage im Mittellappen. Drainage im Mittellappen mit umgebendem Hämatom in der Lunge. Die Lappenspalten sind in der sagittalen Darstellung gut abgrenzbar.

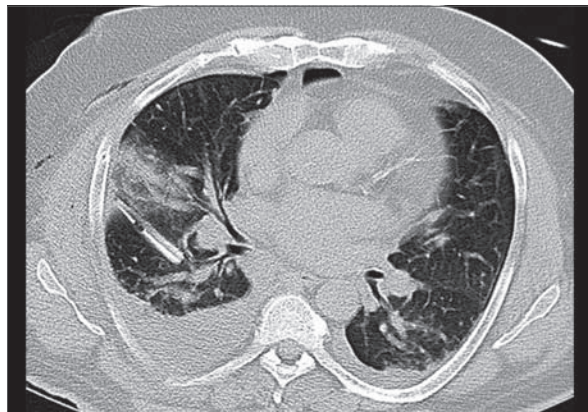


Abb. 7.2.5: CT des Thorax: Drainagefehlrlage im Unterlappen. Die Spitze der Drainage liegt im Unterlappen, begleitende Einblutung im Parenchym, dorsal der nicht drainierten Erguss.

zu einem größeren Blutverlust mit Kreislaufinstabilität kommen, was durch erneutes Abklemmen der Thoraxdrainage behoben werden kann.

Kleinere venöse Blutungen werden meist durch die Druckerhöhung im Thorax oder die Reexpansion der Lunge wieder komprimiert.

Durch Blutkoagel können auch großlumige Drainagen verstopfen. Regelmäßiges „Melken“, also Ausstreichen der Schläuche, verhindert dies. Ebenso kann ein Verstopfen durch die Einlage einer Spüldrainage bzw. eines Spülaufsatzes vermieden werden.

Bei der Verwendung von Spießdrainagen ist äußerste Vorsicht geboten, da Lungengewebe nie Widerstand bietet und massive intrathorakale Verletzungen bei Durchspießung der

Lunge resultieren können (s. Abb. 7.2.4–5). Diese gehören daher nur in die Hand von Geübten. Da ein Hämatothorax zu Verschwartungen an der Lunge mit konsekutiver Einschränkung der Lungenfunktion führt, muss das Blut komplett aus dem Thorax evakuiert werden.

Weiterführende Literatur:

- Molnar TF. Surgical management of chest wall trauma. *Thorac Surg Clin.* 2010; 20: 475-485.
- Boersma WG, Stigt JA, Smit HJ. Treatment of haemothorax. *Respir Med.* 2010; 104: 1583-1587.
- O'Connor JV, Adamski J. The diagnosis and treatment of non-cardiac thoracic trauma. *J R Army Med Corps.* 2010; 156: 5-14.
- Xenos ES, Abedi NN, Davenport DL, Minion DJ, Hamdallah O, Sorial EE, Endean ED. Meta-analysis of endovascular vs open repair for traumatic descending thoracic aortic rupture. *J Vasc Surg.* 2008; 48: 1343-51.

8

VERLETZUNGEN DER ORGANE

8.1	Verletzung der parenchymatösen Organe	86
8.2	Verletzung von Hohlorganen	89

8.1 Verletzung der parenchymatösen Organe

Martin Kruschewski

8.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Grundsätzlich lassen sich die Verletzungen des Abdomens nach deren Ursache in penetrierende und stumpfe unterteilen, wobei in Europa im Gegensatz zu anderen Ländern, wie z. B. Südafrika, die zweite Gruppe eindeutig dominierend ist. Dabei treten die stumpfen Verletzungen ganz überwiegend im Rahmen eines Polytraumas auf. Im Folgenden soll es um die isolierten Verletzungen gehen. Diese stumpfen Monotraumata, sei es von Hohlorganen oder von parenchymatösen Organen, stellen im Gegensatz zu penetrierenden Monoverletzungen allerdings eine Ausnahme dar. Daher werden sie meistens als Zufallsbefund im Rahmen der Abklärung eines Polytraumas detektiert. Wichtig ist deshalb der sichere Ausschluss von Begleitverletzungen, erst dann darf von einem stumpfen Monotrauma ausgegangen werden.

Die *isolierte* Verletzung der parenchymatösen Organe des Abdomens (Leber, Milz, Pankreas) und des Retroperitoneums (Nebenniere und Niere) wird in der Regel durch ein penetrierendes Trauma verursacht. Ursächlich kommen neben Stich- und Schussverletzungen auch Pfählungsverletzungen in Betracht. Das Pankreas ist aufgrund seiner Lage unmittelbar vor der Wirbelsäule selten von derartigen Verletzungen betroffen, sie stellen eine absolute Rarität dar.

Isolierte Verletzungen der parenchymatösen Organe aufgrund eines stumpfen Traumas können ebenfalls vorkommen, werden in der Literatur aber bis auf die Milzverletzung und Nierenkontusion eher selten beschrieben.

8.1.2 Diagnostik

8.1.2.1 Penetrierende Verletzungen

Bei einem stabilen Kreislauf kann eine CT-Diagnostik hilfreich sein, um Begleitverletzungen zu detektieren, die bei der operativen Revision möglicherweise unerkannt bleiben (s. Abb. 8.1.1). In der jüngeren Literatur wird nach erfolgter Diagnostik ohne Blutungsaktivität auch ein zuwartendes Vorgehen diskutiert. Goldstandard ist aber nach wie vor, insbesondere bei instabilen Kreislaufverhältnissen, die operative Revision, sodass in diesen Fällen auf die weitergehende Diagnostik verzichtet werden kann und muss.

8.1.2.2 Stumpfe Verletzungen

Wie oben bereits ausgeführt, sind die isolierten Verletzungen häufig ein Zufallsbefund im Rahmen der Abklärung eines Polytraumas. Zum sicheren Ausschließen von Begleitverletzungen ist daher die CT die Methode der Wahl.

Bei gezielten stumpfen Traumen, wie z. B. einem Pferdetritt in den Oberbauch, ist zur Orientierung die Sonographie in der Hand des Geübten geeignet. Man sollte aber auch hier an Begleitverletzungen denken, die der Sonographie entgegen können, z. B. limitierte Verletzungen der Hohlorgane mit wenig Flüssigkeits- und Luftaustritt.

8.1.3 Klassifikation

Für die Verletzungen der parenchymatösen Organe gibt es jeweilige Schweregradeinteilungen. Es wird hier auf die weiterführende Literatur verwiesen. Für den klinischen Alltag sind diese nicht relevant.

8.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Unabhängig davon, ob es sich um penetrierende oder stumpfe Traumata handelt, muss bei den isolierten Verletzungen der Abdominalorgane immer daran gedacht werden, dass Begleitverletzungen vorliegen können. Insbesondere seltene Verletzungen wie die Pankreasruptur entgehen häufig der Primärdiagnostik. Auch hier hat die CT ihren festen Stellenwert.

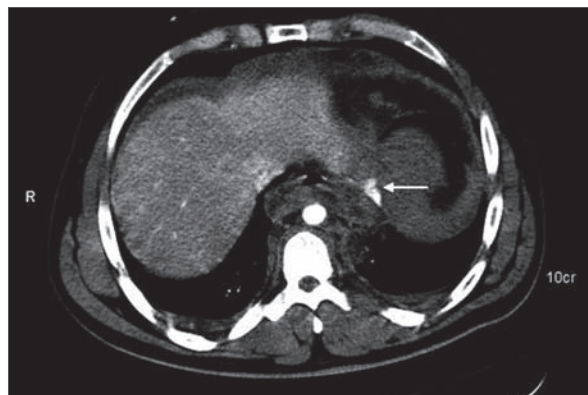


Abb. 8.1.1: Beispiel einer Begleitverletzung, die ohne CT primär nicht erkannt worden wäre. 27-jähriger Mann mit linksthorakaler Schussverletzung. Die Druckwelle führte zum Gefäßabriss im Bereich der kleinen Magenkurvatur mit intraabdomineller Blutung. Deutlich ist der KM-Austritt zu sehen (Pfeil).

8.1.5 Versorgungszeitpunkt

kreislaufinstabiler Patient im hämorrhagischen Schock (bei stumpfen Traumen meist Milz, gefolgt von Leber (s. Abb. 8.1.3))	N0
Blutungen im Abdomen ohne Kreislaufinsuffizienz	N1
Pankreas, Nebennieren und Nieren	spielen eine untergeordnete Rolle und können meist konservativ behandelt werden

8.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Beim Verdacht auf eine intraabdominelle Verletzung gehört das Legen eines großlumigen venösen Zugangs zu den ersten Handlungen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass stabil wirkende Patienten akut dekomensieren. Neben der Volumenssubstitution ist für eine suffiziente Analgesie zu sorgen. Das Management der isolierten Verletzungen parenchymatöser Abdominalorgane ist vom Ausmaß der Verletzungen und von der klinischen Situation des Patienten abhängig. Letztlich ist es aber immer eine individuelle Entscheidung des erfahrenen Chirurgen, ob ein konservatives Vorgehen oder aber eine operative Exploration zu erfolgen hat (s. Abb. 8.1.2). Diese Entscheidung ist abhängig von der Genese des Traumas, vom Zustand des Patienten und von der Gesamtsituation, unter Berücksichtigung von Alter und Nebenerkrankungen. Der kreislaufinstabile Patient im hämorrhagischen Schock muss unverzüglich ohne weitere Diagnostik laparotomiert werden (N0).

Unter den stumpfen Traumata ist die Milz sicherlich das Organ, welches am häufigsten zu einer derartigen Situation führt, gefolgt von der Leber (s. Abb. 8.1.3). Pankreas, Nebennieren und Nieren spielen hier eine untergeordnete Rolle und können in den meisten Fällen konservativ behandelt werden. Wie oben ausgeführt, ist das Management sehr von der Einschätzung eines erfahrenen Chirurgen abhängig. Besteht eine stabile Situation, so ist die CT-Diagnostik sicherlich sinnvoll, um Begleitverletzungen nicht zu übersehen und rechtzeitig zu erkennen.

Bei unverzüglicher Operation wird das Vorgehen vom intraoperativen Befund determiniert. Abhängig vom Grad der Verletzung, vom Alter des Patienten und von der Kreislaufsituation wird man sich bei Milzrupturen für ein



Abb. 8.1.2: 29-jährige Frau mit Messerstichverletzung im Bereich der linken Niere (Pfeil). Stabile Kreislaufverhältnisse. Indikation zur Laparotomie: Ausschluss einer Verletzung des Colon descendens, welches in unmittelbarer Nähe zum Stichkanal liegt.

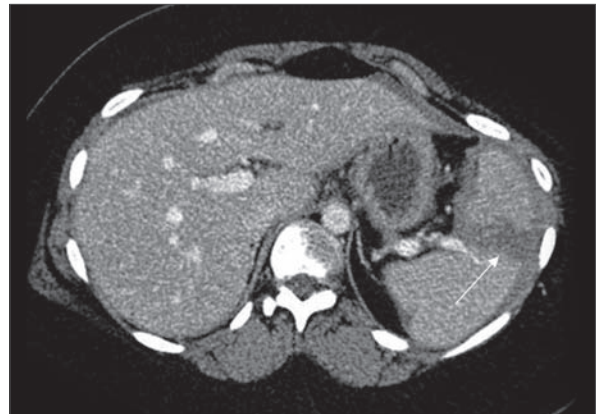


Abb. 8.1.3: 47-jähriger Mann nach stumpfen Bauchtrauma durch Pferdetritt mit Milzruptur (Pfeil), Stadium III (Organ Injury Scale), konservatives Vorgehen.

organerhaltendes Vorgehen oder aber für die Splenektomie entscheiden. Bei Verletzungen der Leber gibt es verschiedene Verfahren und Techniken zur Blutstillung. Bei ausgedehntem Trauma erfolgt ein sog. Packing der Leber mit Bauchtüchern. Bei Lacerationen des Pankreas gibt es verschiedene Drainage-techniken bis hin zur partiellen Resektion. Patienten die konservativ behandelt werden, sollten auf eine Intensivstation verlegt werden. Die kontinuierliche Überwachung der Vitalparameter sowie regelmäßige sonographische Verlaufskontrollen sind obligat. Bei Verschlechterung im Sinne von Blutung/en oder Beginn einer septischen Situation hat die explorative Laparotomie bzw. Laparoskopie zu erfolgen.

8.1.7 Tricks und Techniken

Unabhängig von der Ursache der Verletzung kann von einem Monotrauma nur ausgegangen werden, wenn durch Diagnostik oder durch Operation weitere Verletzungen ausgeschlossen werden.

Bei der operativen Revision, insbesondere bei alleiniger Laparoskopie, können u. U. Verletzungen übersehen werden. Dies ist z. B. bei Pankreasrupturen der Fall, wenn die Bursa omentalis nicht eröffnet ist und explizit danach „gefanndet“ wird. Daher empfiehlt die jüngere Literatur bei Kreislaufstabilität eine CT. Dadurch wird die Rate an explorativen Laparoskopien/Laparotomien gesenkt. Für die primär konservativ therapierten Patienten ist die intensivmedizinische Überwachung obligat und ggf. die unverzügliche operative Revision erforderlich.

Weiterführende Literatur:

Inaba K, Demetriades D. The nonoperative management of penetrating abdominal trauma. *Adv Surg.* 2007; 41: 51-62.

Demetriades D, Hadjizacharia P, Constantinou C, Brown C, Inaba K, Rhee P, Salim A. Selective nonoperative management of penetrating abdominal solid organ injuries. *Ann Surg.* 2006; 244: 620-628.

Matthes G, Bauwens K, Ekkernkamp A, Stengel D. Surgical management of abdominal injury. *Unfallchirurg.* 2006; 109: 437-446.

Moore EE, Cogbill TH, Jurkovich GJ, Shackford SR, Malangoni MA, Champion HR. Organ injury scaling: spleen and liver (1994 revision). *J Trauma.* 1995; 38: 323-324.

Lochan R, Sen G, Barrett AM, Scott J, Charnley RM. Management strategies in isolated pancreatic trauma. *J Hepatobiliary Pancreat Surg.* 2009; 16: 189-196.

Aguayo P, Fraser JD, Sharp S, Holcomb GW, 3rd, Ostlie DJ, St Peter SD. Nonoperative management of blunt renal injury: a need for further study. *J Pediatr Surg.* 2010; 45: 1311-1314.

8.2 Verletzung von Hohlorganen

Martin Kruschewski

8.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Die isolierte Verletzung der Hohlorgane des Abdomens (Magen, Dün- und Dickdarm sowie Gallen- und Harnblase) wird noch wesentlich häufiger als die der parenchymatösen Organe durch ein penetrierendes Trauma verursacht. Über isolierte Verletzungen der Hohlorgane aufgrund eines stumpfen Traumas kommen in der Literatur nur Fallberichte vor.

8.2.2 Diagnostik

8.2.2.1 Penetrierende Verletzungen

Bei Kreislaufstabilität kann eine CT-Diagnostik hilfreich sein, um Begleitverletzungen zu detektieren. Dennoch ist in den meisten Fällen die operative Exploration angezeigt, da in der primären CT, insbesondere bei kleineren Läsionen der Hohlorgane, weder freie Flüssigkeit noch freie Luft immer eindeutig nachgewiesen werden kann. Diese unerkannten Läsionen, z. B. Dünndarmrupturen, führen im Verlauf zu einer Peritonitis und Sepsis, welche für die Letalität dieses Traumas maßgeblich verantwortlich sind. Rechtzeitig erkannt, d. h. primär operativ versorgt, ist das Outcome erheblich günstiger, was die großzügige Indikationsstellung zur explorativen Operation rechtfertigt (s. Abb. 8.2.1+2).

8.2.2.2 Stumpfe Verletzungen

Wie oben bereits ausgeführt, sind die isolierten Verletzungen, die im Rahmen der Abklärung eines Polytraumas (CT), bei der operativen Exploration oder erst im Verlauf durch die eintretende Sepsis erkannt werden, eine Rarität. Eine CT-Diagnostik wird beim stumpfen Trauma daher die Regel sein.

8.2.3 Klassifikation

Für die Verletzungen der Hohlorgane gibt es keine etablierte Klassifikation.



Abb. 8.2.1: 35-jähriger Mann mit Messerstichverletzung in suizidaler Absicht.

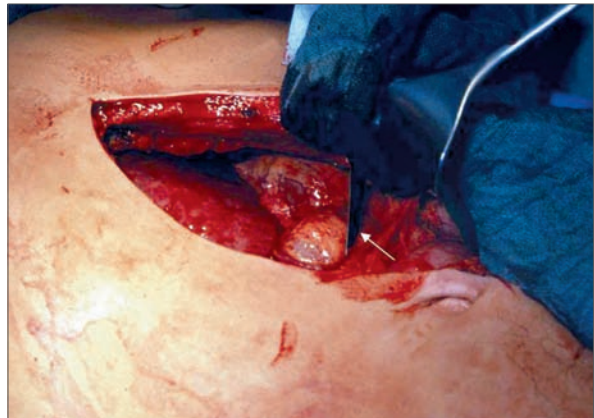


Abb. 8.2.2: Intraoperativer Situs. Oberbauchmedianlaparotomie mit in situ befindlichem und steril abgedecktem Messer (Griff). Das Messer trifft genau das Ligamentum gastrocolicum (Pfeil); Magen und Colon transversum sind unverletzt.

8.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Da isolierte Verletzungen der Hohlorgane, insbesondere aufgrund eines stumpfen Traumas selten sind, müssen Begleitverletzungen ausgeschlossen werden. Infrage kommen im Besonderen Organe und Strukturen mit direktem topographischen Bezug, darunter auch die parenchymatösen Organe des Bauchraums (s. Kap. 8.1.4, S. 84f). Wegweisend sind Unfallhergang/Anamnese und klinischer Befund.

8.2.5 Versorgungszeitpunkt

Verletzungen der Hohlorgane	N1
Verletzung der Hohlorgane mit Kreislaufinstabilität	N0

Da Verletzungen der Hohlorgane zu einer Peritonitis mit konsekutiver Sepsis führen, die wesentlich für die Letalität ist, hat die operative Versorgung umgehend nach Diagnosestellung zu erfolgen (N1).

8.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

Beim Verdacht auf eine intraabdominelle Verletzung gehört das Legen eines großlumigen venösen Zugangs zu den ersten Handlungen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass stabil wirkende Patienten akut dekomensieren. Neben der Volumenssubstitution ist für eine suffiziente Analgesie zu sorgen.

Je nach Anamnese/Unfallhergang und klinischem Beschwerdebild muss zwischen konservativer Therapie oder operativer Exploration der Verletzung entschieden werden (s. a. Kap. 8.1.6. S. 85).

Das intraoperative Vorgehen ist abhängig vom Ausmaß der Verletzung. Neben der Übernähung der Perforation kommen bei erheblichem Trauma die partielle Resektion des verletzten Hohlorgans oder die Stomaanlage als Vorverlagerung als Diskontinuitätsresektion oder im Sinne der Protektion in Betracht.

8.2.7 Tricks und Techniken

Beim penetrierenden Trauma sollte der Gegenstand, sofern er nicht schon entfernt wurde, unbedingt in situ belassen werden. Einerseits kann es bei Entfernung zu starken Blutungen kommen, wenn große Gefäße beteiligt sind, andererseits wird die Exploration erleichtert, da man die Strukturen um diesen Gegenstand herum gezielt explorieren kann (s. Abb. 8.2.2, S. 87).

Weiterführende Literatur:

Inaba K, Demetriades D. The nonoperative management of penetrating abdominal trauma. *Adv Surg.* 2007; 41: 51-62.

Demetriades D, Hadjizacharia P, Constantinou C, Brown C, Inaba K, Rhee P, Salim A. Selective nonoperative management of penetrating abdominal solid organ injuries. *Ann Surg.* 2006; 244: 620-628.

Matthes G, Bauwens K, Ekkernkamp A, Stengel D. Surgical management of abdominal injury. *Unfallchirurg.* 2006; 109: 437-446.

9

VERLETZUNGEN DER OBEREN EXTREMITÄT

9.1	Kompartmentsyndrom der oberen Extremität	92
9.2	Schulterluxationen	94
9.3	Klavikulafrakturen	97
9.4	Oberarmkopfbrüche	100
9.5	Oberarmschaftfrakturen	103
9.6	Ellenbogenverletzungen	105
9.7	Unterarmschaftfrakturen	108
9.8	Distale Unterarmfrakturen	111

9.1 Kompartmentsyndrom der oberen Extremität

Markus Markart

9.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Das akute Kompartment- oder Logensyndrom entsteht im Wesentlichen durch eine Erhöhung des Gewebedrucks innerhalb eines geschlossenen Faszienraums.

Durch den erhöhten Gewebedruck in einem geschlossenen Raum kommt es zur Störung der Mikrozirkulation und in infolgedessen zu einer neuromuskulären Funktionsstörung bis hin zum Verlust der Extremität. Dabei können exogene und endogene Ursachen unterschieden werden. Als exogene Ursachen kommen zirkuläre Gipsverbände oder zu eng angewickelte Gipsschienen in Betracht. Als endogene Ursachen sind u. a. Hämatome nach Frakturen, ischämiebedingte Permeabilitätsstörungen oder Ödeme verantwortlich. Mittlerweile werden viele Theorien zur Entstehung des Kompartmentsyndroms diskutiert, die alle Ebenen des Organismus betreffen: Perfusionsstörungen, das Kapillarlecksyndrom, der sog. „third space“, die Ischämie-Reperfusionverletzung, die Ausbildung freier Radikale, die Endothel- und Kapillarschäden durch eine Komplementaktivierung, die Leukozyteninfiltration etc. Alle gemeinsam stellen jedoch eine Notfallsituation dar, die schnellstmöglich operativ behandelt werden muss.

Am Oberarm gibt es zwei Muskellogen: die Streckerloge mit dem Musculus triceps brachii und die Beugerloge mit dem Musculus biceps brachii, dem Musculus brachialis und dem Ursprung des Musculus coracobrachialis.

Am Unterarm finden sich ein Flexorenkompartiment, ein dorsales Kompartiment und ein radiales Kompartiment. Das Flexorenkompartiment enthält die Beuger des Handgelenks und der Finger sowie den Nervus medianus und den Nervus ulnaris. Im dorsalen Kompartiment verlaufen die Strecker der Langfinger und des Daumens. Das radiale Kompartiment führt die Extensoren des Handgelenks und den Musculus brachioradialis.

9.1.2 Diagnostik

Primär wird die Diagnose eines Logensyndroms klinisch gestellt.

Zur Beurteilung eines möglicherweise drohenden oder bereits bestehenden Kompartmentsyndroms müssen der Unfallmechanismus, die Verletzungsart und der akute Verlauf miteinbezogen werden. Das Leitsymptom ist der

unverhältnismäßig starke Schmerz, der sich mit Schmerzmitteln nicht oder nur sehr bedingt beeinflussen lässt. Des Weiteren lässt sich oft ein berührungsempfindliches, prall gespanntes und geschwollenes Kompartiment tasten.

Treten bereits neurologische Ausfälle auf, sind diese schon als Spätzeichen zu werten.

Mit Hilfe einer subfaszialen Gewebedruckmessung kann der bestehende Logendruck durch eine sterile Nadel, geringe Mengen Kochsalzlösung und einen angeschlossenen externen Druckaufnehmer gemessen werden.

Als Leitsatz gilt: Wenn man bereits ein mögliches Kompartmentsyndrom in Erwägung zieht, sollte die OP-Indikation längst gestellt sein!



Abb. 9.1.1: Folge eines übersehenen Kompartmentsyndroms: Volkmann-Kontraktur.

9.1.3 Klassifikation

normaler Logendruck	0–10 mmHg
drohendes Kompartmentsyndrom	30–40 mmHg
manifestes Kompartmentsyndrom	> 40 mmHg

Dies sind allerdings nur Richtwerte. Zwischenzeitlich sollte die allgemeine Kreislaufsituation in die Berechnungen mit einbezogen werden. Die Differenz zwischen diastolischem Blutdruck und dem intramuskulären Druck ergibt den muskulären Perfusionsdruck. Sinkt dieser unter 30 mmHg kommt es zur Hypoxie und nachfolgend zu anaerobem Zellmetabolismus.

9.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Selbstverständlich ist auch bei einem Kompartmentsyndrom auf mögliche Begleitverletzungen, die direkt und indirekt durch die Fraktur entstanden sein können, zu achten. Dies betrifft sowohl Verletzungen des Gefäß- als auch des Nervensystems.

9.1.5 Versorgungszeitpunkt

manifestes Kompartmentsyndrom	N1
-------------------------------	----

9.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Bereits bei einem drohenden Kompartmentsyndrom müssen engmaschige klinische Kontrollen durchgeführt werden. Erste klinische Maßnahmen bestehen immer in der sofortigen Öffnung, Spaltung und ggf. auch der Abnahme aller zirkulierenden Verbände. Nur auf diese Weise kann auch die klinische Untersuchung ausreichend durchgeführt werden. Lokale Maßnahmen bestehen in einer leichten Hochlagerung der betroffenen Extremität, der Kryotherapie und der intermittierenden arteriovenösen Impulskompression. Eine deutliche Schmerzreduktion sollte sich bereits innerhalb der ersten 1–2 Stunden einstellen.

Bei einem manifesten Kompartmentsyndrom hat die operative Spaltung der Muskellogen durch eine Dermatofasziotomie oberste Priorität. Die Zugangswege sind so zu wählen, dass im Zweifelsfall auch Schnittverlängerungen nach proximal oder distal möglich sind. So empfiehlt sich an der oberen Extremität folgende Schnittführung: beginnend am Korakoid, fortgesetzt über den ventralen Oberarm mit s-förmiger Inzision der Ellenbeuge und weiter über den ventralen Unterarm verlaufend.

9.1.7 Tricks und Techniken

Der arterielle Puls ist beim Kompartmentsyndrom jederzeit palpabel, da der muskuläre Druck selten den systolischen Blutdruck übersteigt!

Die Beurteilung des Logendrucks beim kooperativen und bewussteinstillen Patienten ist relativ einfach. Schwierig wird dies jedoch beim polytraumatisierten, alkoholisierten oder komatösen Patienten. Beim Bewusstlosen kann eine andauernde, nicht zu erklärende Tachykardie ebenfalls ein klinisches Zeichen darstellen, falls andere Gründe wie z. B. eine Hypovolämie ausgeschlossen wurden.

Weiterführende Literatur:

Gelbermann RH, Garfin SR, Hergenroeder PT, Mubarak S, Menon J. Compartment syndromes of the forearm: diagnosis and treatment. *Clin Orthop.* 1981; 161: 252-261.

Leithgöb O, Grasslobler M, Mauschwitz R, Boldin C, Windisch G. Die chirurgische Technik der Fasziotomie der oberen Extremität. *European Surgery.* 2002; 34(Suppl. 3): 79-81.

Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 1 – Prinzipien, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, New York 2008.

Scharf HP, Rüter A. Orthopädie und Unfallchirurgie, 1. Auflage. Urban & Fischer, München 2009.

9.2 Schulterluxationen

Falk Reuther

9.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Schulterluxationen sind in 95% traumatischer Genese mit nach anterior-inferior gerichteter Luxationsrichtung. Ursächlich kommen am häufigsten Sportunfälle (direkter Sturz) oder eine indirekte Krafteinwirkung auf den abduzierten, nach außen gedrehten Arm in Betracht. Deutlich seltener sind posteriore Luxationen, die oft während eines epileptischen Anfalls oder Stromunfalls entstehen. Die Abgrenzung von der atraumatischen Schulterluxation von Mischformen mit einer vorbestehenden Hyperlaxität ist für die Therapieplanung und Prognose wichtig.

9.2.2 Diagnostik

Bei klinischer Untersuchung zeigt sich eine schmerzbedingt aufgehobene Beweglichkeit des betroffenen Arms, der in Schonhaltung vom gesunden Arm gehalten wird. Unterhalb des prominenten Akromions findet sich eine Mulde. Die unmittelbare Überprüfung des Gefäß-Nervenstatus soll die Funktion des Nervus axillaris mit Sensibilitätsstörungen am seitlichen Schultergelenk erfassen. Röntgenuntersuchungen in true a. p. und axialem Strahlengang oder tangential („Y-view“), lassen die Luxationsrichtung und knöcherne Begleitverletzungen erkennen (s. Abb. 9.2.1–3).

9.2.3 Klassifikation

Eine alleinige Einteilung in Ursache und Richtung ist wegen der fehlenden Beachtung von Mischformen problematisch. Gebräuchlich sind die Einteilungen nach Matsen in TUBS (traumatisch unidirektional) sowie AMBRI (atraumatisch multidirektional) und nach Gerber, der sechs Formen mit der Kombination von Instabilität und Hyperlaxität, als auch chronische und willkürliche Luxationen unterscheidet.

9.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Das häufigste pathomorphologische Korrelat stellt die Bankart-Perthes-Läsion mit Abriss von vorderer Kapsel und Labrum vom Pfannenrand dar. Kapselläsionen können auch isoliert vorkommen, mit Substanzdefekt einhergehen oder auch am Humeruskopf direkt abreißen (HAGL-Läsion). Knöcherne Verletzungen können am Humeruskopf als postero-kraniale Impression (Hill-Sachs-Läsion) oder als begleitende Frakturen des Tuberkulum majus auftreten. Am vorderen Pfannenrand sind knöcherne Bankart-Läsionen von solitären oder mehrfragmentären Pfannenrandfrakturen zu unterscheiden. Bei Patienten über 40 Jahren sollten nach erfolgter Reposition im Intervall bei Beschwerden begleitende Rotatorenmanschettenläsionen z. B. durch eine sonographische Untersuchung ausgeschlossen werden.



Abb. 9.2.1: Rö. Schulter, true a. p. vordere Schulterluxation.

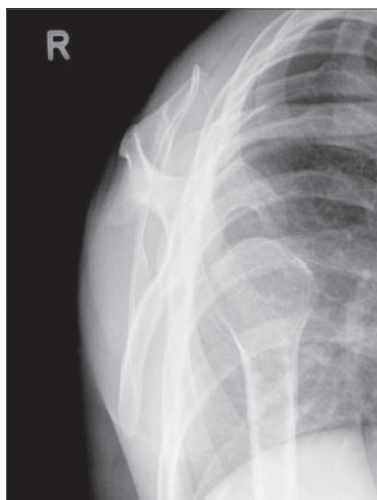


Abb. 9.2.2: Rö. Schulter, Y-Aufnahme vordere Schulterluxation.



Abb. 9.2.3: Rö. Schulter, true a. p. mit ausgeprägter Hill-Sachs-Impression.

9.2.5 Versorgungszeitpunkt

allgemein	N1 und N2
Notfalloperation bei der verhakten, geschlossen nicht reponierbaren Luxation und bei begleitendem Gefäßschaden	N1

Die Reposition muss in jedem Fall sofort **im Anschluss** an die Diagnostik erfolgen, um mögliche Weichteil- und Nervenschäden zu minimieren.

9.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

Schulterluxationen sollten am Unfallort möglichst schmerzarm gelagert werden.

Nach Gabe eines Analgetikums ist die unverzügliche klinische Untersuchung mit Dokumentation der Durchblutung des Arms und der Sensibilität und eine Röntgenuntersuchung in 2 Ebenen einzuleiten.

Beim Repositionsversuch ohne vorherige Röntgenkontrolle besteht die Gefahr, eine begleitende Fraktur zu übersehen. Die Reposition sollte schonend ohne bruske, ruckartige und gewaltsame Manöver erfolgen.

Anschließend sollte erneut eine Röntgenkontrolle in 2 Ebenen erfolgen (s. Abb. 9.2.4+5). Bei Frakturverdacht sollte eine CT (s. Abb. 9.2.7) und zur Diagnostik von Begleitverletzungen kann eine MRT (s. Abb. 9.2.8) anschließend erfolgen.

9.2.7 Tricks und Techniken

Allgemeinanästhesie, Analgosedierung oder Lokalanästhesie in das Schultergelenk und den subakromialen Raum sind am besten von dorsal durchzuführen.

Geeignete Verfahren der geschlossenen Reposition nach:

- **Arlt:** Patient sitzt auf einem Stuhl, Arm hängt über einer gepolsterten Lehne, schonender Längszug bei 90° gebeugtem Ellenbogen.
- **Hippokrates:** Patient in Rückenlage, unbeschuhte Ferse des Arztes als Hypomochlion in der Axilla des Patienten, Zug am Arm nach kaudal.
- **Stimson** kombiniert mit **Skapulamanipulation** nach **Bosley und Miles:** Patient liegt auf dem Bauch, betroffene Schulter hängt über den Rand der Liege, der Arm wird mit einem Gewicht oder vom Arzt nach unten gezogen. Unterstützend kann die abduzierte Skapulaspitze durch Daumendruck medialisiert werden, wodurch die Skapula rotiert und die Reposition erleichtert wird.

Selbstverständlich muss auch NACH der Reposition der Gefäß- und Nervenstatus untersucht und dokumentiert werden.



Abb. 9.2.4: Rö.-Kontrolle, true a. p. nach Reposition.

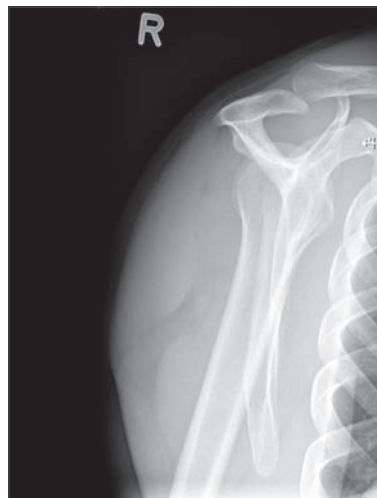


Abb. 9.2.4: Rö.-Kontrolle, Y-Aufnahme nach Reposition.



Abb. 9.2.6: Rö. Schulter, true a. p. nach Reposition.

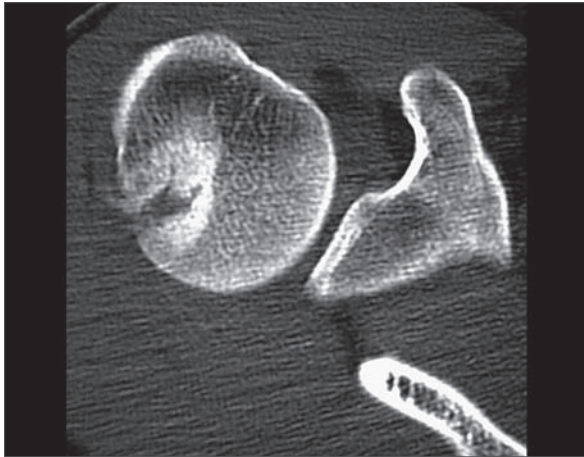


Abb. 9.2.7: CT-Untersuchung mit Humeruskopffimpression dorsal.

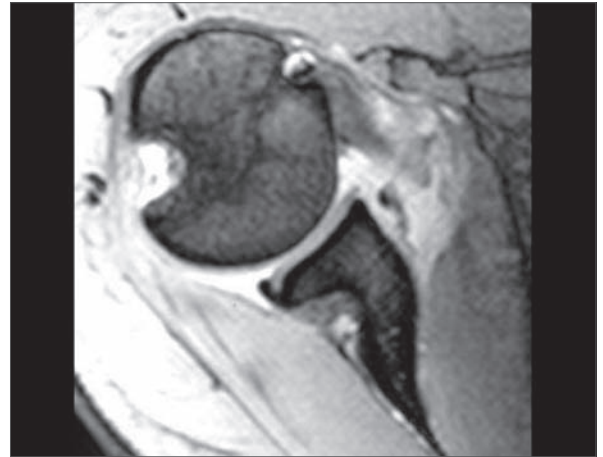


Abb. 9.2.8: MRT-Untersuchung mit Hill-Sachs Impression und Bankart-Perthes-Läsion.

Weiterführende Literatur:

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. S1-Leitlinie Schultergelenks-Erstluxation. 01.07.2009. AWMF-Leitlinien Register Nr. 012/012 (2009). URL: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-012l_S1_Schultergelenk-Erstluxation_2009.pdf

Gerber C, Nyffeler RW. Classification of glenohumeral joint instability. *Clin Orthop Relat Res.* 2002; 400: 65-76.

Habermeyer P, Lichtenberg S. Diagnostik und Therapie der vorderen und hinteren Schulterluxation. Teil II: Therapie. *Chirurg.* 2003; 74: 1178-1194.

Matsen FA, Titelman RM, Lippitt SB, Rockwood CA, Wirth MA. Glenohumeral Instability. In: *The Shoulder. 3rd ed.* (Hrsg.: Rockwood CA, Matsen FA), Saunders, Philadelphia 2004; Vol.2: 655-794.

Scheibel M, Kraus N, Gerhardt C, Haas NP. Anteriore Glenoidranddefekte der Schulter. *Orthopäde.* 2009; 38: 41-53.

9.3 Klavikulafrakturen

Jörg Schmidt

9.3.1 Entstehung und Besonderheiten

Klavikulafrakturen treten mit einer Häufigkeit von 5–15% aller Frakturen auf. Der größte Anteil der Klavikulafrakturen ist im mittleren Drittel zu sehen, die Frakturen des lateralen Drittels bzw. die knöchernen Verletzungen des Schulter-Eck-Gelenks haben eine eigene Entität.

Der häufigste Unfallmechanismus ist der direkte Sturz bzw. die direkte Gewalteinwirkung auf die betroffene Schulter.

Von diesen Verletzungen sind die Hyperextensionsverletzungen des Armes abzugrenzen, hier kommt es aufgrund einer erheblichen Längsgewalteinwirkung zu einer Distraktionsfraktur der Klavikula meistens in Schaftmitte (s. Abb. 9.3.1).

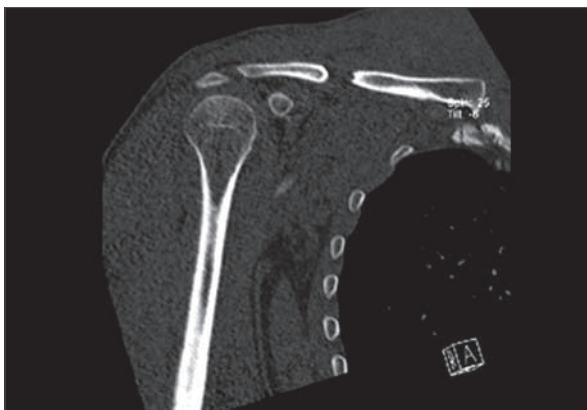


Abb. 9.3.1: Distraktionsfraktur der Klavikula, Rekonstruktion aus einer Polytraumaspirale.

9.3.2 Diagnostik

Röntgenaufnahme der Klavikula a. p. in 15° kaudo-kranialem Strahlengang im Stehen oder Liegen.

Eine CT-Diagnostik ist nur im Rahmen einer Polytraumaspirale bei Mehrfachverletzten notwendig.

9.3.3 Klassifikation

Schaftfrakturen: AO-Klassifikation			
	Vollständig	Partiell	Keil
A einfache Fraktur	1 	2 	3
B Stückfraktur	1 	2 	3
C Mehrfragmentfraktur	1 	2 	3

Laterale Klavikulafrakturen: Klassifikation nach Jäger und Breitner	
1a 	1b
2a 	2b
3 	4

9.3.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Klavikulafrakturen sind in der Regel isoliert auftretende Verletzungen ohne wesentliche Begleitverletzungen. Falls solche auftreten sollten, sind es in der Regel Rippenfrakturen, knöchernen Verletzungen des Skapulalahs (floating shoulder) oder auch in äußerst seltenen Fällen ein Pneumothorax. Vor allem bei zusätzlichen Rippenserienfrakturen und im

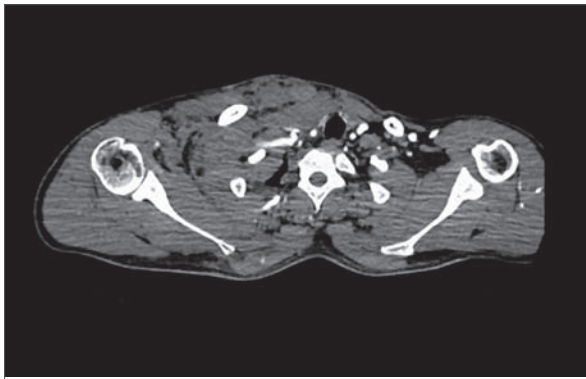


Abb. 9.3.2: Abbruch der Arteria subclavia, Rekonstruktion aus der Kontrastmitteldarstellung einer Polytraumaspirale.

Rahmen der „floating shoulder“ muss die OP-Indikation zur Stabilisierung der Klavikula großzügig gestellt werden. Neurovaskuläre Verletzungen treten bei Klavikulafrakturen als Monoverletzungen äußerst selten auf. Völlig anders gelagert allerdings ist die Hyperextensionsverletzung des Armes mit Distraktionsfraktur der Klavikula. Hier treten in der Regel immer Ab- und Ausrisse des Plexus brachialis bzw. Verletzungen der Arteria und Vena subclavia auf (s. Abb. 9.3.2).

9.3.5 Versorgungszeitpunkt

Klavikula als Monoverletzung	N5
Klavikulaverletzung mit Durchspießungsverletzung	N2
Distraktionsfrakturen der Klavikula mit Gefäß-Nerven-Verletzung	N1

9

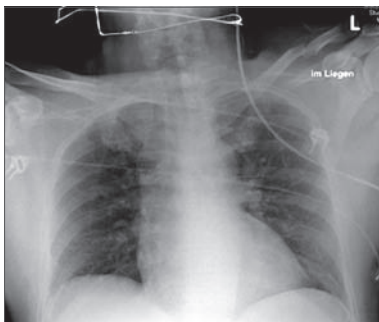


Abb. 9.3.3: Klavikulafraktur, während der Erstversorgung nicht disloziert.



Abb. 9.3.4: Derselbe Patient wie in Abb. 9.3.3. Kontrolle im Rucksackverband im Liegen.



Abb. 9.3.5: Derselbe Patient wie in Abb. 9.3.3. Kontrolle im Rucksackverband im Sitzen bei gleichzeitiger Unterschenkelfraktur, Dislokation um doppelte Schaftbreite.

9.3.6 Kalkulierte Erstversorgung

Im Rahmen der Erstversorgung kann eine Klavikulaschaftfraktur ohne Weichteilprobleme mit einem sog. Rucksackverband ruhiggestellt werden. Der Patient kann zunächst ambulant verbleiben und das weitere operative oder konservative Procedere kann mit ihm besprochen werden. Bei Weichteilverletzungen und Durchspießungen der Klavikula sollte eine freie Lagerung im Bett mit einem Kissen zwischen den Schulterblättern bis zur operativen Versorgung erfolgen. Laterale Klavikulafrakturen sind nicht mit Rucksackverband ruhigzustellen, sondern sollten einen Verband erhalten, der ein weiteres Tiefersinken des Skapula-Oberarmkomplexes im Vergleich zur körpernahen Klavikula verhindert.

9.3.7 Tricks und Techniken

Zur Indikationstellung des konservativen oder operativen Vorgehens bei einer Klavikulafraktur sollten die Kontrollaufnahmen im Rucksackverband im Liegen und im Stehen erfolgen. Nur so lässt sich die Dislokation der Fraktur tatsächlich nachweisen (s. Abb. 9.3.3–5). Bei einer Dislokation der Fraktur um mehr als doppelte Schaftbreite in der stehenden Aufnahme soll die operative Versorgung angeraten werden. Diese erfolgt dann mit einer Plattenosteosynthese oder einem intramedullären Pin.

Bei dem Verdacht auf eine Hyperextensionsverletzung mit Distraktionsfraktur der Klavikula muss die arterielle Durchblutung des Arms überprüft werden. Hier ist nicht nur die Palpation des Radialis pulses ausreichend, es muss eine dopplersonographische Untersuchung durchgeführt werden. Dies ist umso wichtiger, wenn der Patient im Rahmen der sonstigen Verletzungen intubiert und damit nicht klinisch untersuchbar eingeliefert wird. Übersehene Verletzungen der Arteria subclavia können kurzfristig zu lebensbedrohlichem Blutverlust führen. Bei neurologischen Ausfällen muss

nach Abwenden der vital bedrohlichen Situation oder zeitnah nach Erkennen dieser Ausfälle eine MRT-Untersuchung des Plexus brachialis erfolgen.

Weiterführende Literatur:

- Barbier O, Malghem J, Delaere O, van de Berg B, Rombouts JJ. Injury to the Brachial Plexus by a Fragment of Bone after Fracture of the Clavicle. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1997; 79-B: 534–536.
- Boulis S, Samad S. Subclavian Artery Injury Following Isolated Clavicle Fracture, Which To Repair First. *The Internet Journal of Orthopedic Surgery*. 2006; 3: H. 2.
- Jubel A, Andermahr J, Prokop A, Lee JI, Schiffer G, Rehm KE. Die Behandlung der diaphysären Klavikulafraktur. *Unfallchirurg*. 2005; 108: 707-714.
- Trompetter R, Seekamp A. Klavikulafrakturen. *Unfallchirurg*. 2008; 111: 27–39.
- Witzel K. Intramedulläre Osteosynthese bei Schaftfrakturen der Klavikula in der Sporttraumatologie. *Z Orthop Unfall*. 2007; 145: 639–642.

9.4 Oberarmkopffröche

Markus Meinhold

9.4.1 Entstehung und Besonderheiten

Humeruskopffrakturen treten mit 4–5% aller Frakturen häufig auf. Bei jungen Patienten ist bei festem Knochen eine erhebliche Gewalteinwirkung nötig, z. B. ein Sturz beim Skifahren oder Motocross. Oft handelt es sich dann um eine Luxationsfraktur, deshalb ist auf weitere Traumata anderer Körperregionen ist zu achten. Bei älteren Menschen ist aufgrund der fortschreitenden Osteoporose oft der bloße Sturz auf die Schulter oder die ausgestreckte Hand ausreichend, um eine Fraktur herbeizuföhren. Frauen sind häufiger betroffen. 60–80% der Humeruskopffrakturen sind minimal oder gar nicht disloziert.

Entsprechend dem Frakturmechanismus ist bei den Frakturtypen grundsätzlich zwischen den Abrissfrakturen und den Stauchungsfrakturen zu unterscheiden. Bei den Abrissfrakturen besteht eine Varustendenz des Kopfes. Sie entstehen durch das Zusammenspiel verschiedener Kräfte, die über den Arm und die Rotatorenmanschette auf die Schulter einwirken. Die Fraktur entsteht dabei meist im Bereich des Collum chirurgicum (2-Fragmentfraktur). Zusätzlich kann ein Tuberkulum abgerissen sein (3-Fragmentfraktur).

Zu Stauchungsfrakturen kommt es durch axiale Krafteinwirkung mit Einstauchung des Kopfes in die Metaphyse. Sie haben eine Valgustendenz. Zusätzlich kommt es meist zum Abriss eines Tuberkulum (3-Fragment-Valgusfraktur) oder beider Tuberkula (4-Fragment-Valgusfraktur).

9.4.2 Diagnostik

Röntgenaufnahmen in mindestens zwei, besser drei Ebenen (a. p., Y-Aufnahme und axial) sollten angefordert werden. Die axiale Aufnahme ist wichtig, kann aber vor allem bei einer Fraktur schwierig sein. Zur Diagnosesicherung bzw. Beurteilung der Fraktur muss die CT-Diagnostik gegebenenfalls mit 3D-Rekonstruktion erfolgen (s. Abb. 9.4.1+2).

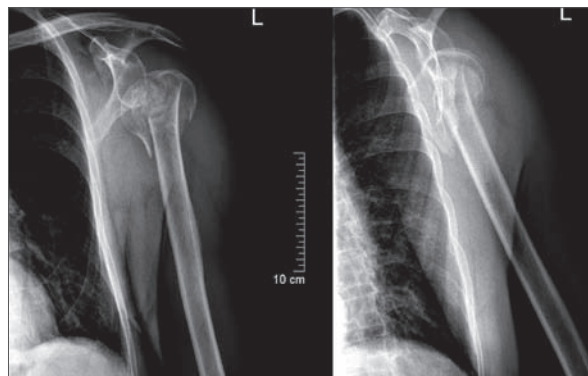


Abb. 9.4.1: Eingestauchte Oberarmkopffraktur, a. p. und Y-Aufnahme.

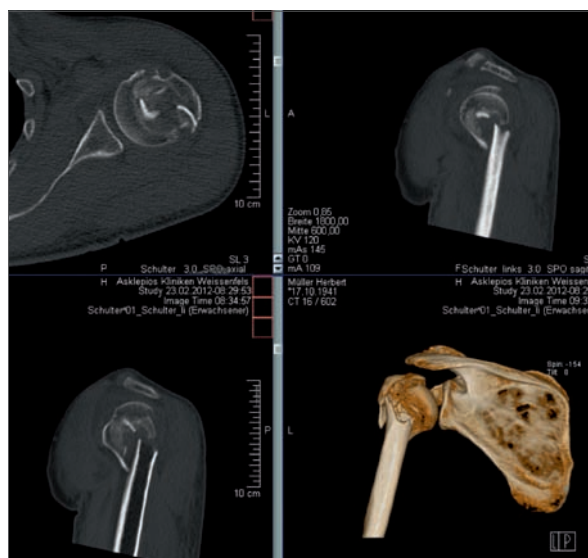


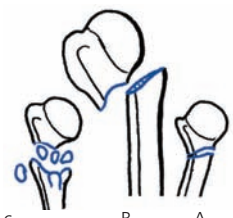








Abb. 9.4.2: Gleiche Fraktur, in der CT jedoch deutlich besseres Verständnis der Fraktуреinheit.

9.4.3 Klassifikation

AO-Klassifikation			
A extra-artikuläre unifokale Fraktur	1	2	3
B extra-artikuläre bifokale Fraktur	1	2	3
C Gelenk- fraktur	1	2	3

Neer-Klassifikation	
I minimale Dislokation	
II Humerushals anatomisch	2 Fragmente 
III Humerushals chirurgisch	

Neer-Kassifikation			
IV größere Tuberositas	2 Fragmente	3 Fragmente	4 Fragmente
V geringere Tuberositas			
VI Bruch- dislo- zierung			
			Facies articularis anterior posterior

9.4.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Begleitende Gefäß-Nerven-Verletzungen sind besonders bei jungen Patienten häufig. Es kann zu Läsionen des Nervus axillaris und des Plexus brachialis sowie selten der Arteria brachialis kommen. Motorische und sensible Ausfälle sind zu dokumentieren, v. a. die Untersuchung der Sensibilität im Autonomiegebiet des Nervus axillaris. Daneben sind Thoraxwand- und Lungenverletzungen möglich. Häufig kommt es zu knöchernen Ausrissen der Rotatorenmanschette. Die Perfusion des Kopffragments ist vor allem bei 4-Fragmentfrakturen und beim Versatz der medialen Kortikalis über einem Zentimeter gefährdet. Im Verlauf kann es dann zur Humeruskopfnekrose kommen. Bei allen Arten von Humeruskopffrakturen kann es zu Glenoidverletzungen kommen, üblicherweise in Form von Abscherung des vorderen unteren Pfannenrands.

9.4.5 Versorgungszeitpunkt

schwer dislozierte, nicht reponible Luxationsfrakturen	N2
Frakturen mit Gefäß-Nerven-Verletzung	N2
Frakturen mit OP-Indikation	N5

9.4.6 Kalkulierte Erstversorgung

Sowohl bei bestehender OP-Indikation, als auch bei möglicher konservativer Therapie, erfolgt zunächst die stationäre Aufnahme des Patienten und die Ruhigstellung der Schulter mittels Antiluxationsorthese und Lagerungskissen zur Unterstützung des Ellenbogens. Der Ellenbogen sollte in halbsitzender Stellung nicht nach hinten sinken, die Schulter hingegen sollte auf der Unterlage liegen. Durchblutung, Motorik und Sensibilität sind zu kontrollieren.

Die Versorgung der Humeruskopffrakturen richtet sich nach der Komplexität und Dislokation des Bruches und nach dem biologischen Alter des Patienten. Bei älteren Patienten mit osteoporotischem Knochen ist die Indikation zur operativen Therapie genau zu erwägen und gegebenenfalls zu relativieren.

Operativ versorgt werden dislozierte Brüche, Mehrfragmentfrakturen und Luxationsfrakturen. Eine OP-Indikation besteht z. B. ab einer Stufenbildung im Bereich des Tuberculum majus von mehr als 5 mm und von mehr als einer halben Schaftbreite im subkapitalen Bereich sowie der Varusfehlstellung des Kopfs mit relativem Hochstand des Tuberculum majus.

9.4.7 Tricks und Techniken

Es ist sorgfältig auf begleitende Gefäß-Nerven-Verletzungen zu achten. Der Puls muss an der A. radialis, A. ulnaris und A. brachialis gefühlt werden. Bei Unsicherheit muss eine Doppleruntersuchung oder Angiografie erfolgen. Pulse können auch aufgrund von Umgehungskreisläufen tastbar sein. Bei Paresen im Bereich des oberen vorderen Armes oder Sensibilitätsstörungen ist von einer Schädigung des Plexus brachialis auszugehen. Bei neurologischen Ausfällen ist ein MRT zu veranlassen. Fehlender Tonus des Musculus deltoideus zeigt eine Schädigung des Nervus axillaris an. Verwechseln darf man dies jedoch nicht mit einer Pseudoparalyse bei wenigen Tagen alten Frakturen, bei denen es zu einem Absinken des Humeruskopfs durch traumabedingten Tonusverlust der Schultermuskulatur ohne nervale Verletzungen kommen kann. Auch wenn in diesen Fällen oftmals „Subluxationen“

radiologisch beschrieben werden, darf es keinen Repositionsversuch geben: Die Veränderung wird in wenigen Tagen durch ein Wiederauftreten des Muskeltonus behoben. Bei 4-Segment-Frakturen und höhergradigen Luxationsfrakturen sowie Head-split-Frakturen muss der Patient über eine primäre endoprothetische Versorgung aufgeklärt werden. Falls primär keine CT-Untersuchung erfolgt ist, muss diese zur Planung der operativen Therapie veranlasst werden. Ziel der operativen Therapie ist die Rekonstruktion und Stabilisierung des Oberarmkopfs und der Weichteilverletzungen. Es kommen vermehrt winkelstabile Systeme zum Einsatz, mit denen bis zu einem gewissen Grad auch osteoporotischer Knochen versorgt werden kann.

Weiterführende Literatur:

- Jaeger M, Maier D, Izadpanah K, Strohm P, Südkamp NP. Grenzen der Rekonstruktion – Prothesen. *Unfallchirurg.* 2011; 114(12): 1068-1074.
- Babst R, Brunner F. Plating in Proximal Humeral Fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2007; 33(4): 345-356.
- Edelson G, Saffuri H, Obid E, Vigder F. The three-dimensional anatomy of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009; 18(4): 535-544.
- Hertel R. Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporos Int.* 2005; 16(2): 65-72.
- Bronson S, Bagger J, Sylvest A, Hrobjartsson A. Diagnosing displaced four-part fractures of the proximal humerus: a review of observer studies. *Int Orthop.* 2009; 33(2): 323-327.

9.5 Oberarmschaftfrakturen

Markus Markart

9.5.1 Entstehung und Besonderheiten

Oberarmschaftfrakturen treten mit einer Häufigkeit von etwa 1% aller Frakturen auf. Der größte Anteil der Humerusschaftfrakturen entsteht durch ein direktes Trauma, kann jedoch auch bei Sportarten mit großen Rotationskräften auftreten. Hierfür seien beispielhaft Baseball oder Ringen genannt.

9.5.2 Diagnostik

Bereits klinisch imponiert meist eine schmerzhafte Schwellung und Verkürzung des Oberarmes. Häufig versucht der Verletzte den betroffenen Arm mit der anderen Hand an der Thoraxwand zu stabilisieren.

Ein Röntgen in 2 Ebenen von a. p. und bei seitlichem Strahlengang ist anzuordnen. Bei Frakturen, die bis in die Schulter- oder Ellenbogenregion reichen, sind Schrägaufnahmen oder die Darstellung unter Zug sinnvoll. Selten ist auch eine CT-Diagnostik indiziert.

Zusätzlich Röntgenaufnahmen der benachbarten Gelenke (Schulter- und Ellenbogengelenk) anfertigen!

9.5.3 Klassifikation

Humerus Diaphyse: AO-Klassifikation			
A einfache Fraktur	1 	2 	3
B Keil- fraktur	1 	2 	3
C komplexe Fraktur	1 	2 	2



Abb. 9.5.1: Oberarmschaftfraktur Typ AO B1.



Abb. 9.5.2: Gleiche Fraktur; Versuch der 2. Ebene mit Darstellung der angrenzenden Gelenke.

9.5.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Frakturen am proximalen Humerusschaft können zu axillären Plexusschäden führen.

Frakturen des mittleren und distalen Schaftdrittels können gemeinsam mit Läsionen des Nervus radialis auftreten (Verlauf des Nervus radialis beachten: aus der Axilla kommend, zieht dieser spiralförmig und direkt dem Knochen anliegend im mittleren Drittel der Humerusrückseite nach distal über den Epikondylus radialis).

Begleitende Gefäßverletzungen stellen eher eine Ausnahme dar.

Selten kommt es zu Begleitverletzungen wie einer „floating shoulder“ (Kombinationsverletzung aus Klavikulafraktur und Skapulafraktur mit separater Halskomponente) oder eines „floating elbow“ (Kombinationsverletzung aus Humerusschaft- und kompletter Unterarmfraktur).

9.5.5 Versorgungszeitpunkt

isolierte Monoverletzung des Humerusschafts	N5
offene Oberarmschaftfrakturen	N2
begleitende Gefäß- und Nervenverletzung	N2
Ausbildung eines Oberarmkompartments	N1

9.5.6 Kalkulierte Erstversorgung

Isolierte Oberarmschaftfrakturen können durchaus konservativ durch Anlegen eines Desault-Verbands, einer Traumaweste oder eines Gipses behandelt werden. Gegenwärtig ist die Anlage eines funktionellen Brace die weitverbreiteste Behandlungsmethode der Humerusschaftfrakturen. Leichte Achsenabweichungen ($< 20^\circ$ in der Sagittalebene bzw. $< 30^\circ$ Varusfehlstellung), Drehfehler ($< 40^\circ$) oder Verkürzungen (< 3 cm) werden gut toleriert.

Für eine operative Stabilisierung stehen die offene Reposition mit Plattenosteosynthese oder die geschlossene Reposition und das Einbringen eines Marknagels antero- wie retrograd zur Verfügung. Die Entscheidung für ein operatives Vorgehen muss von absoluten (offene Frakturen, schwere Weichteiltraumen, Gefäß- und Nervenverletzungen, Kompartmentsyndrom, beidseitige Humerusfrakturen, „floating shoulder“, „floating elbow“, Unmöglichkeit der geschlossenen Reposition) und relativen (Pseudarthrose, Polytrauma, Querfrakturen, pathologische Frakturen, Plexusläsionen) Indikationen abhängig gemacht werden.

Bei ausgedehnten Weichteilschäden stellt eine Ruhigstellung der Fraktur im Fixateur externe eine mögliche Alternative dar.

9.5.7 Tricks und Techniken

Zur Indikationsstellung der konservativen versus operativen Therapie sollten Kontrollaufnahmen nach Reposition und Ruhigstellung im Brace oder Verband erfolgen. Bei einer erneuten Dislokation oder einer weiterhin unbefriedigenden Frakturstellung sollte dem Patienten das operative Vorgehen angeraten werden.

Der Oberarm muss zwingend auf Hämatome, eine Schwellung, eine Fehlstellung oder offene Wunden untersucht werden.

Vor jedem Repositionsmanöver sind unter allen Umständen die periphere Durchblutung, Sensibilität und Motorik der betroffenen Extremität zu prüfen und zu dokumentieren.

Sowohl bei einem konservativen wie auch einem operativen Vorgehen sind engmaschige Kontrollen der Durchblutung und der Neurologie notwendig.

Weiterführende Literatur:

- Cheng HR, Lin J. Prospective randomized comparative study of antegrade and retrograde locked nailing for middle humeral shaft fracture. *J Trauma*. 2008; 65(1): 94-102.
- Jawa A, McCarty P, Doornberg J, Harris M, Ring D. Extra-articular distal-third diaphyseal fractures of the humerus. A comparison of functional bracing and plate fixation. *J Bone Joint Surg Am*. 2006; 88(11): 2343-7.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 2 – Spezifische Frakturen, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, 2008.
- Rüter A, Mayr E. Humerusschaftfrakturen. In: Orthopädie und Unfallchirurgie, 1. Auflage. Urban&Fischer (Elsevier GmbH), München 2009.
- Sarmiento A, Latta LL. Funktionelle Behandlung bei Humerusschaftfrakturen. *Unfallchirurg*. 2007; 110(10): 824-32.

9.6 Ellenbogenverletzungen

Jörg Schmidt

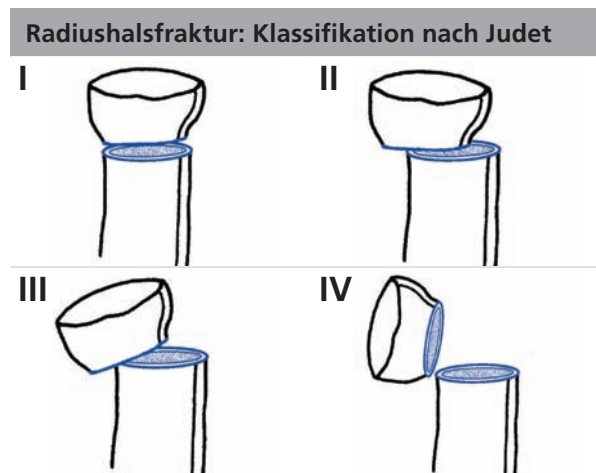
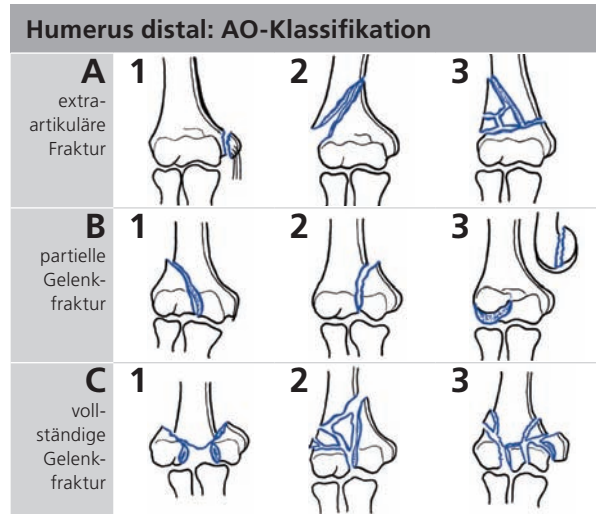
9.6.1 Entstehung und Besonderheiten

Verletzungen des Ellenbogens sind keine einheitliche Verletzungsgruppe. Sie entstehen durch direkten Sturz auf das Ellenbogengelenks oder durch einen Sturz auf den gestreckten Arm. Unter Ellenbogenverletzungen fallen: Frakturen des distalen Endes des Oberarms, Olekranonfrakturen, Frakturen des Radiusköpfchens oder Kombinationsverletzungen des proximalen Unterarms, wie z. B. die Monteggia-like-lesions. Ebenfalls kommt es zu Luxationen des Ellenbogens mit oder ohne knöcherne Begleitverletzungen. Allen Verletzungen ist jedoch ist gemeinsam, dass sie zu einer Deformierung des Ellenbogengelenks führen und mit einer erheblichen Schmerzhaftigkeit und und einer aufgehobenen, natürlichen Funktion des Ellenbogengelenks, als auch der Unterarmumwendbewegung als auch der Pronation und Supination des Unterarms verbunden sind.

9.6.2 Diagnostik

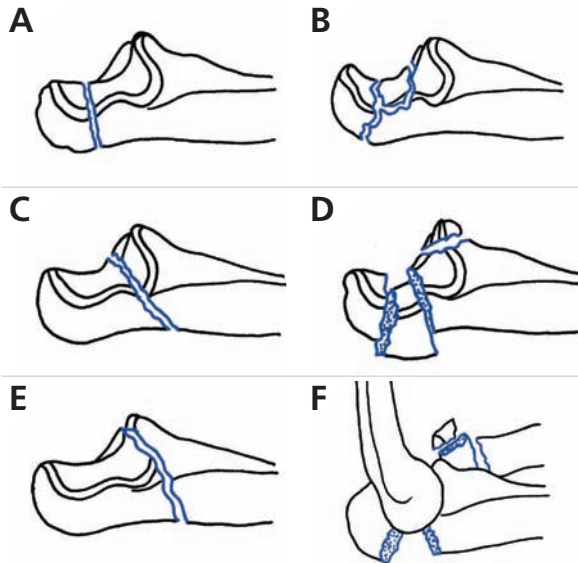
Neben der klinischen Diagnostik, zu der natürlich auch die Untersuchung und Dokumentation der peripheren neurologischen- und Durchblutungsverhältnisse zählt, erfolgt nach vorübergehender Ruhigstellung auf einer Notfallschiene die Röntgendiagnostik des Ellenbogengelenks, möglichst in 2 Ebenen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Einstellungen exakt sind. So muss die seitliche Röntgenaufnahme des Ellenbogengelenks in 90°-Abduktion der Schulter erfolgen, während die a. p.-Aufnahme des Ellenbogengelenks natürlich in Adduktion des Schultergelenks durchzuführen ist. Sollten aufgrund der Schmerzen des Patienten solche Röntgenaufnahmen nicht möglich sein, so ist eine primäre CT-Diagnostik unumgänglich. Es muss davor gewarnt werden Aufnahmen in einer Ebene zu akzeptieren, da oftmals knöcherne Begleitverletzungen, insbesondere bei Luxationen, in solchen Aufnahmen verschleiert werden.

9.6.3 Klassifikation

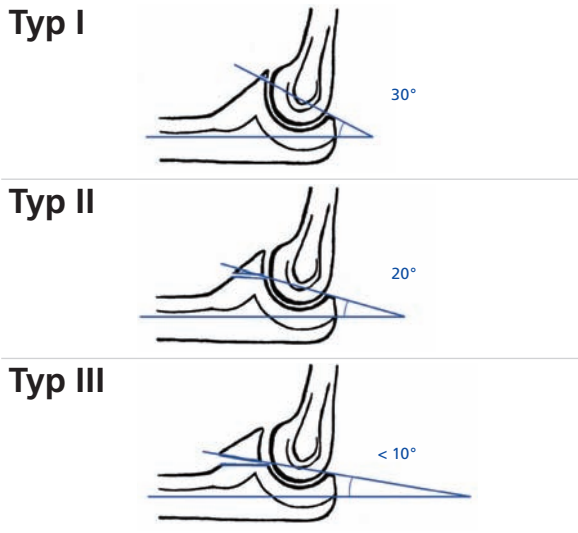


9

**Isolierte Olekranonfrakturen:
Klassifikation nach Schatzker**



**Frakturen des Processus coronoideus bei Luxationen:
Klassifikation nach Regan und Morray**



9.6.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Alle drei Stammnerven des Unterarms liegen in direkter anatomischer Beziehung zum Ellenbogengelenk. Insbesondere der Nervus ulnaris ist bei allen Verletzungen, die eine dorsale Dislokation aufzeigen, gefährdet und oftmals mit betroffen.

Gerade bei Distraktionsverletzungen muss an eine Kombinationsverletzung aller motorischen und sensiblen Anteile der Stammnerven gedacht werden. Da es auch zur Interposition von Gefäßen im Bereich des Ellenbogens bei komplexeren Verletzungsmechanismen und Luxationen kommen kann, ist die primäre und ständig wiederholte Untersuchung der Durchblutungsverhältnisse Pflicht. Auch unmittelbar vor und nach Repositionsmanövern muss die Pulsation der Handgelenkarterie palpirt werden.

9.6.5 Versorgungszeitpunkt

Luxationen des Ellenbogens	N1
komplexere Frakturen des Ellenbogengelenks	N2 (wichtig: Luxation des Ellenbogengelenks beheben)
komplexere Verletzungen (Weichteilschaden)	zunächst Fixateur externe, dann N5

Luxationen des Ellenbogens (s. Abb. 9.6.1) sind sofort, d. h. mit der Dringlichkeit N1, zu reponieren. Dies sollte im OP erfolgen, um bei Repositionshindernissen weiter offen vorgehen zu können. Komplexere Frakturen des Ellenbogengelenks sollten mit einer Dringlichkeit N2 versorgt werden. Hier ist es insbesondere wichtig, die Luxation des Ellenbogengelenks zu beheben. Dabei sind isolierte Olekranonfrakturen i. d. R. durch eine definitive Versorgung zu behandeln. Komplexere Verletzungen sollten aus Weichteilgründen zunächst im Fixateur externe reponiert und retiniert werden (s. Abb. 9.6.2) und anschließend mit einer Dringlichkeit N5 der Definitivversorgung zugeführt werden.

9.6.6 Kalkulierte Erstversorgung

Nach einer ausreichenden Diagnostik und Dokumentation der Durchblutungsverhältnisse sowie der neurologischen Situation, sind reine Luxationen zu reponieren und ruhigzustellen. Auch die Versorgung von reinen Olekranonfrakturen kann mit einer Dringlichkeit N2 primär erfolgen. Alle höhergradigen Verletzungen sollen primär reponiert und retiniert werden. Hierzu ist der Fixateur externe das geeignetere Verfahren. Primär definitive Versorgungen komplexer Frakturen im Bereich des Ellenbogengelenks sollten unterbleiben, diese nehmen zum einen viel Zeit in Anspruch und zum anderen muss ein erfahrener Operateur zugegen sein.

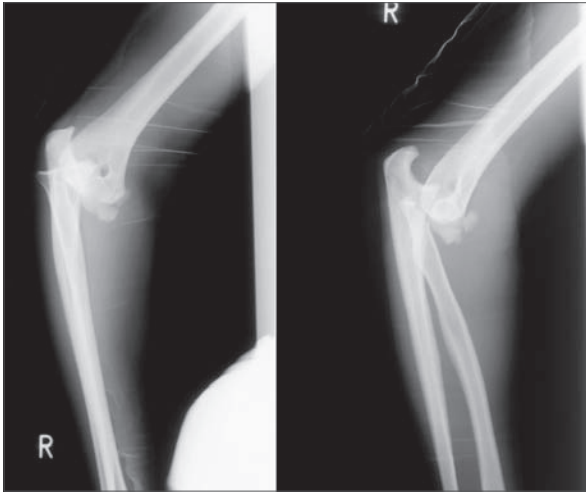


Abb. 9.6.1: Ellenbogenluxationsfraktur mit Weichteilschaden.



Abb. 9.6.2: Temporäre Transfixation mit Fixateur externe zur Vorbereitung der definitiven Versorgung.

9.6.7 Tricks und Techniken

Nach der Reposition reiner Ellenbogenluxationen muss in Narkose die Bandstabilität geprüft werden. Es ist dabei unumgänglich, dass die radiale und ulnare Stabilität beschrieben wird (1+ bis 3+-Instabilität), als auch der Grad der Extension im Ellenbogengelenk, bei denen es zur Reluxation kommt. Dies sind absolut wichtige Parameter zur Beschreibung und Dokumentation der Ellenbogeninstabilität und der Planung des weiteren, dann elektiven Vorgehens. Von einer exakten Beschreibung dieser Parameter ist die Entscheidung zur operativen Versorgung abhängig.

Manipulationen im Bereich des Ellenbogens sind hochgradig schmerzhaft und aus diesem Grunde in einer allgemeinen Narkose durchzuführen. Auch die Reposition von Luxationen soll in Allgemeinnarkose erfolgen. Nur dann spannt der

Patient bei der Stabilitätsprüfung mit Sicherheit nicht dagegen und nur so ist eine exakte und valide Beschreibung der Instabilitäten möglich.

Zwingend muss daran gedacht werden, vor und nach jeder Manipulation im Bereich des Ellenbogengelenks, zumindest die Durchblutungssituation zu evaluieren und zu dokumentieren. Die neurologische Situation kann natürlich nur vor Narkoseeinleitung und nach vollständigem Erwachen des Patienten aus der Narkose untersucht sowie dokumentiert werden.

Weiterführende Literatur:

Duparc J. Chirurgische Techniken in der Orthopädie und Unfallchirurgie. Oberarm, Ellebogen und Unterarm, 1. Auflage. Urban&Fischer, München 2005.

Josten C, Lill H. Ellebogenverletzungen. Steinkopff, Darmstadt 2002.

Stöckle U. Ellenbogenchirurgie, 1. Auflage. Urban&Fischer, München 2010.

9.7 Unterarmschaftfrakturen

Markus Markart

9.7.1 Entstehung und Besonderheiten

Unterarmschaftfrakturen treten mit einer Häufigkeit von etwa 10–14% aller Frakturen auf. Der größte Anteil der Vorderarmschaftfrakturen entsteht durch ein direktes Trauma (Parierfraktur) oder ein indirektes Anpralltrauma im Rahmen von Verkehrsunfällen oder Stürzen aus großer Höhe.

9.7.2 Diagnostik










Die Diagnostik umfasst neben einer Anamnese des Unfallmechanismus auch die klinische Inspektion des Unterarms und seiner angrenzenden Gelenke.

Röntgen in 2 Ebenen: a. p. und seitlicher Strahlengang mit Zentrierung auf das Hand- oder Ellenbogengelenk.

Zusätzlich Röntgenaufnahmen der benachbarten Gelenke (Hand- und Ellenbogengelenk) anfertigen. Insbesondere ist auf Luxationsfrakturen oder die seltene Essex-Lopresti-Läsion zu achten (wird häufig übersehen).

Eine MRT oder CT des Unterarms ist nur sehr selten notwendig.

9.7.3 Klassifikation

Unterarmschaftfrakturen: AO-Klassifikation			
A extra-artikuläre Fraktur	1 	2 	3 
B partielle Gelenkfraktur des Radius	1 	2 	2 
C vollständige Gelenkfraktur des Radius	1 	2 	3 

9.7.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Im Rahmen einer Unterarmschaftfraktur können Gefäß- und Nervenverletzungen auftreten. Aus diesem Grund sind bei Einlieferung des Patienten Durchblutung, Motorik und Sensibilität zu prüfen und zu dokumentieren!

Bei gleichzeitig vorhandener Humerusfraktur auf derselben Seite kommt es zum sog. „floating elbow“.

Es werden weiterhin folgende Verletzungen unterschieden:

- Monteggia-Fraktur: Ulnafraktur mit Luxation des Radiusköpfchens.
- Galeazzi-Fraktur: Radiusfraktur mit Verletzung des distalen Radioulnargelenks (s. Abb. 9.7.1+2).
- Essex-Lopresti-Fraktur: Radiusköpfchenfraktur mit Einriss der Membrana interossea und Verletzung des distalen Radioulnargelenks.



Abb. 9.7.1: Radiuschaftfraktur und Dislokation des distalen Radioulnargelenks im Sinne einer Galeazzi-Verletzung.



Abb. 9.7.2: Nach Osteosynthese des Radiuschafts stellt sich das DRUG anatomiegerecht ein.

9.7.5 Versorgungszeitpunkt

isolierte Verletzung von Ulna oder Radius	N3
Kombinationsverletzungen von Ulna und Radius	N3
Monteggia-/Galeazzi-/Essex-Lopresti-Fraktur	N3
offene Unterarmshaftfrakturen	N2
begleitende Gefäß- und Nervenverletzung	N2
Ausbildung eines Unterarmkompartments	N1

9.7.6 Kalkulierte Erstversorgung

Frakturen am Unterarm sollten in der Regel operativ stabilisiert werden. Über eine konservative Therapie kann bei geschlossenen isolierten Frakturen der Ulna bei weniger als 50% Fragmentverschiebung und einer Achsenabknickung von unter 10° nachgedacht werden. Diese werden in einem Brace ruhiggestellt.

Ein operatives Vorgehen muss bei dislozierten und rotierten bzw. abgewinkelten Frakturen (jeweils > 10°) durchgeführt werden. Des Weiteren müssen alle offenen Frakturen und Monteggia-, Galeazzi- sowie Essex-Lopresti-Frakturen einer Operation zugeführt werden.

Bis zum Operationszeitpunkt sollte der Unterarm in einer Schiene ruhiggestellt werden.

Während bei Kindern häufig eine Stabilisierung mittels Marknagelung erfolgen kann, sollte beim Erwachsenen eine Plattenosteosynthese durchgeführt werden. Bei ausgedehnt-

ten Weichteiltraumata sollte die temporäre Ruhigstellung im Fixateur externe erfolgen.

9.7.7 Tricks und Techniken

Um wieder eine normale Unterarmfunktion zu erreichen, stellt das primäre Ziel der operativen Versorgung das Erreichen der anatomisch-normalen Länge, Ausrichtung und Rotation dar.

Präoperativ müssen die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität zwingend geprüft und dokumentiert werden.

Langzeitstudien zeigen ein erhöhtes Risiko für die Ausbildung radioulnarer Synostosen abhängig vom Zeitpunkt der operativen Versorgung. Dies bedeutet eine möglichst frühzeitige Stabilisierung innerhalb der ersten Stunden nach dem Unfall.

Weiterführende Literatur:

Bot AG, Doornberg JN, Lindenhovius AL, Ring D, Goslings JC, van Dijk CN. Long-term outcomes of fractures of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93(6): 527-32.

Hertel R, Pisan M, Lambert S, Ballmer FT. Plate osteosynthesis of diaphyseal fractures of the radius and ulna. *Injury.* 1996; 27(8): 545-548.

Müller-Mai CM, Mielke E. Unterarmschaft. In: Frakturen. Springer, Berlin 2010, 71-86.

Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 2 – Spezifische Frakturen, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, 2008.

Vince KG, Miller JE. Cross-union complicating fracture of the forearm. *J Bone Joint Surg Am.* 1987; 69(5): 640-53.

9.8 Distale Unterarmfrakturen

Senat Krasnici

9.8.1 Entstehung und Besonderheiten

Frakturen im Bereich des distalen Unterarms sind definiert als Frakturen bis 3 cm proximal des radiokarpalen Gelenks. Sie betreffen meist den Radius mit oder ohne ulnare Begleitfraktur und gehören mit einer Inzidenz von 15–20% aller Frakturen zu den häufigsten unfallchirurgischen Verletzungen. Der überwiegende Anteil der Frakturen entsteht durch Sturz auf die ausgestreckte Hand beim älteren Patienten. Beim jungen aktiven Erwachsenen ist meist ein Hochenergetrauma im Rahmen eines Verkehrsunfalls oder Sturzes aus großer Höhe ursächlich (bimodale Altersverteilung). Das Verhältnis extraartikulärer und intraartikulärer Radiusfrakturen beträgt 3:1. Man unterscheidet prinzipiell drei Frakturformen entsprechend des Frakturmusters:

- **Metaphysäre Biegungsfrakturen** mit Abkipfung des Gelenkfragments nach dorsal oder palmar. Die häufigste Frakturform stellt die Extensionsfraktur (85% aller distalen Unterarmfrakturen) dar. Sie entsteht bei Dorsalextension des Handgelenks von 40–90°. Ist das Handgelenk zum Sturzzeitpunkt stärker dorsalextendiert, sind eher die Handwurzelknochen betroffen, bei geringerer Streckung überträgt sich die Energie mehr auf Unterarm und Ellenbogen. Bei gebeugtem Handgelenk kommt es zur instabilen Flexionsfraktur.

- **Stauchungsfrakturen** der Epiphyse führen zu einer Fragmentierung oder Zerstörung der Gelenkfläche.
- **Abscherfrakturen** der distalen Radiusgelenkfläche sind partiell intraartikuläre Frakturen.

9.8.1 Diagnostik

Neben Angaben zum Unfallmechanismus, der klinischen Beurteilung der Weichteilsituation und der anatomischen Stellung sowie der Bestimmung des neurovaskulären Status mit schriftlicher Dokumentation, muss insbesondere eine differenzierte Prüfung der Sensibilität zum Ausschluss einer direkten Verletzung oder traumatischen Kompression des Nervus medianus durchgeführt werden.

Standardröntgenaufnahme des Handgelenks d. p. und seitlich (Schulterabduktion von 90°, Ellenbogen in Mittelstellung gebeugt) sind durchzuführen. Beurteilung der Stabilität und Klassifikation der Fraktur erfolgt durch die folgenden Kriterien: Beteiligung der Gelenkfläche, Vorliegen von Kantenfragmenten oder Trümmerzonen, Ausmaß der dorsalen/palmaren Abkipfung und Hinweis auf knöcherne Begleitverletzungen/Luxationsstellungen.

Fakultativ sollte das Handgelenk am 20°-Handbrett d. p. geröntgt werden. In seltenen Fällen zusätzlich auch seitlich, mit Vergleich der Gegenseite.

Bei vorliegender Klinik müssen ergänzende Standardröntgenaufnahme des Ellenbogengelenks in zwei Ebenen angefordert werden.

Eine CT des Handgelenks kann im Rahmen der Erstversorgung zur Beurteilung der Gelenkflächenkongruenz, bei unklarem

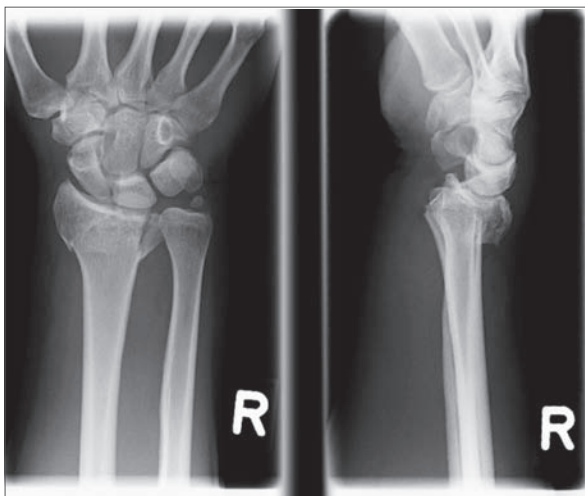


Abb. 9.8.1: Distale Radiusfraktur; Unfallaufnahme.

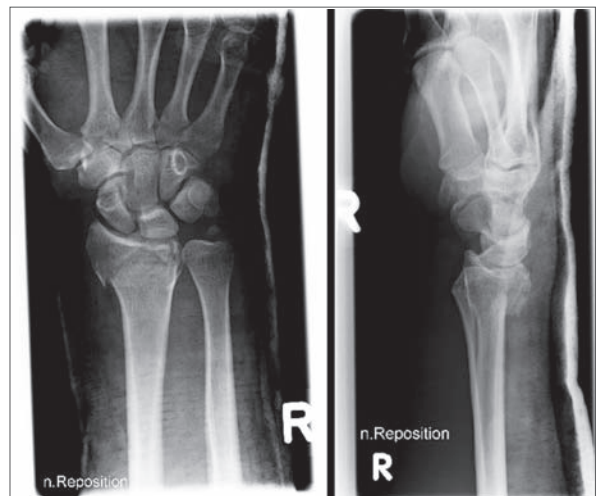


Abb. 9.8.2: Gleiche Fraktur nach Anlegen eines Notfallgipsverbands im Aushang mit „Mädchenfänger“.



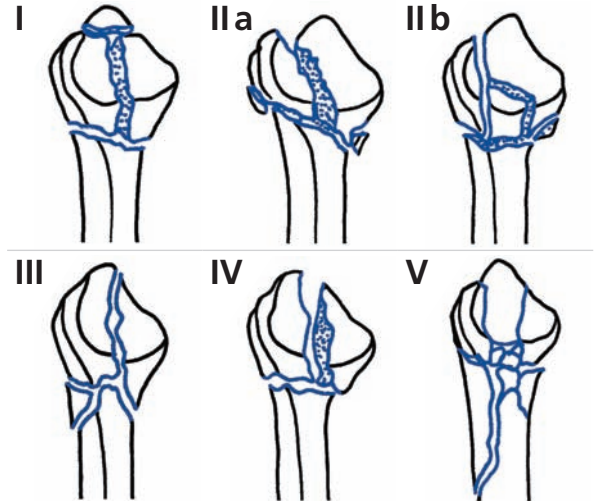
Abb. 9.8.3: Gleiche Fraktur, erst im CT ist das wahre Ausmaß der Verletzung zu beurteilen.

Frakturverlauf und -ausmaß sowie zum Ausschluss einer Luxation des distalen Radioulnargelenks (DRUG) oder Begleitverletzungen der Handwurzel indiziert sein (s. Abb. 9.8.3–9.8.5). Eine MRT-Untersuchung zur Abklärung ligamentärer Begleitverletzungen bei klinischem Verdacht ist eher selten indiziert.

9.8.2 Klassifikation

Radius/Ulna distal: AO-Klassifikation			
A extra-artikuläre Fraktur	1 	2 	3
B partielle Gelenkfraktur des Radius	1 	2 	3
C vollständige Gelenkfraktur des Radius	1 	2 	3

Distale Radiusgelenkflächenfraktur: Klassifikation nach Melone



9.8.3 Wesentliche Begleitverletzungen

- Bei (Sub-)Luxationsstellung des distalen Radioulnargelenks (DRUG) sollte eine Essex-Lopresti-Verletzung ausgeschlossen werden (Läsion der funktionellen Einheit des Unterarms mit Radiuskopffraktur, Zerreißung der Membrana interossea und Luxation des DRUG).
- Frakturen der Handwurzelknochen (insbesondere des Skaphoids), Luxationen und Luxationsfrakturen des Carpus.
- Verletzungen des skapholunären (SL-) und lunotriquetralen (LT-) Bandes.
- Verletzung des Discus triangularis des TFCC (triangulären fibrocartilaginären Komplexes).
- Strecksehnenverletzung (insbesondere des Extensor pollicis longus).
- Akutes traumatisches Karpaltunnel- bzw. Vorderarmkompartmentsyndrom.
- Gefäß- und Nervenverletzungen.
- Galeazzi-Fraktur: Radiusfraktur mit Verletzung des distalen Radioulnargelenks.
- Monteggia-Fraktur: Ulnafraktur mit Luxation des Radiuskopfs.

9.8.5 Versorgungszeitpunkt

Fraktur mit geringer Dislokation	konservativ oder N5
SL- bzw. LT-Bandverletzungen	N5
Kombinationsverletzungen von Ulna und Radius	N3
Monteggia-/Galeazzi-/Essex-Lopresti-Fraktur	N2
offene Frakturen	N2
perilunäre Luxationen	N2
begleitende Gefäß- und Nervenverletzung	N1
Ausbildung eines traumatischen Karpaltunnel- oder Kompartmentsyndroms	N1

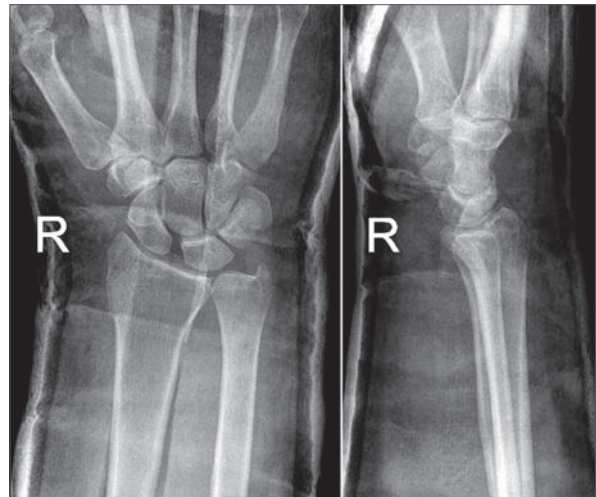


Abb. 9.8.4: 23 B1 Fraktur mit SL-Dissoziation als wesentlicher Begleitverletzung.

9.8.6 Kalkulierte Erstversorgung

Schmerzbekämpfung und primäre Schienenruhigstellung. Reposition unter axialem Zug (Ligamentotaxis) in einer Zugvorrichtung bei extremer Fehlstellung und Gefahr einer Weichteilschädigung, eines sensomotorischen Defizits und bei gestörter Perfusion.

Vorbereitung zur unverzüglichen Operation bei folgenden Notfallindikationen:

- perilunäre Luxationen
- Kompressionssyndrome/Karpaltunnelsyndrom
- erfolgloser konservativer Repositions- und Retentionsversuch
- nach Reposition verbleibendes bzw. akut aufgetretenes sensomotorisches Defizit und gestörte Perfusion
- Verletzungen relevanter Gefäße
- offene Frakturen
- geschlossene Frakturen mit II° oder III° Weichteilschaden

Konservatives Vorgehen bei:

- stabilen extraartikulären Frakturen
- nicht oder gering dislozierte, intraartikuläre Frakturen
- lokaler oder allgemeiner Kontraindikation gegen die Operation
- primär reponierbare und retinierbare Frakturen mit Instabilitätskriterien
- Ablehnung einer vorgeschlagenen Therapie

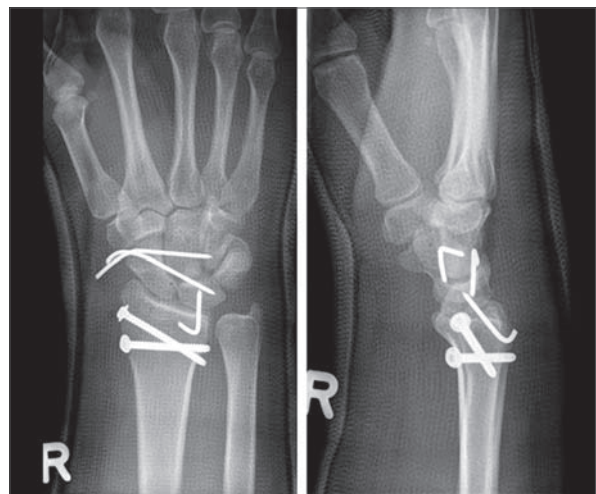


Abb. 9.8.5: Gleiche Fraktur, nach Versorgung.

- Dislozierte distale osteoporotische Radiusfrakturen führen zu Impaktion und Fragmentierung, die die Stabilität nach der Reposition deutlich vermindern

Indikation zur Osteosynthese bei:

- dislozierten intraartikulären Frakturen
- dislozierten Flexionsfrakturen
- Abbruch einer beugeseitigen Gelenkklippe
- Dorsalen und/oder palmaren dislozierten Kantenfragmenten

- Trümmerzonen mit relevanter Verkürzung des Radius
- radioulnarer Dissoziation (Luxation im DRUG)
- Tendenz zur Redислоkalisierung nach Reposition
- Dorsalkippung des Gelenkfragments $> 20^\circ$ im seitlichen Strahlengang
- Palmarkippung des Gelenkfragments $> 20^\circ$ im seitlichen Strahlengang
- relativem Ulnavorschub > 4 mm
- radialer Inklination im d. p.-Strahlengang $< 10^\circ$
- Radiusverkürzung
- komplexer Begleitverletzungen des Handgelenks und der Handwurzel
- operationspflichtigen lokalen Zusatzverletzungen
- Serienverletzungen der oberen Extremität
- beidseitigen Frakturen
- Mehrfachverletzungen

Bis zum Operationszeitpunkt sollte der Unterarm im gespaltenen Unterarmweißgips ruhiggestellt werden.

9.8.7 Tricks und Techniken

Die Anlage eines gespaltenen Unterarmgipses sollte immer durch Ligamentotaxis im sog. Mädchenfänger erfolgen. Eine Röntgenkontrolle nach Gipsanlage ist obligat (s. Abb. 9.8.4), ebenso die Überprüfung der Gipslage und des neurovasikulären Status durch einen Arzt unmittelbar nach Anlage und spätestens 24 h danach. Über die Entstehung eines posttraumatischen komplexen regionalen Schmerzsyndroms (CRPS) sollte bereits bei der Erstuntersuchung aufgeklärt werden. Begleitende Verletzungen des SL-Bandapparats und des TFCC-Komplexes sind bei Frakturen, die in Verlängerung des SL-Spalts verlaufen, wahrscheinlicher (C-Frakturen, B2-Frakturen).

Weiterführende Literatur:

- Müller-Mai CM, Mielke E. Unterarmschaft. In: Frakturen. Springer, Berlin 2010, 71-86.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 2 – Spezifische Frakturen, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, 2008.
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. S1-Leitlinie Distale Radiusfraktur. 01.05.2008 (in Überarbeitung). AWMF-Leitlinien Register Nr. 012/015 (2008). URL: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-015l_S2_Distale_Radiusfraktur_abgelaufen.pdf

10

VERLETZUNGEN DER HAND

10.1 Luxationsfrakturen des Handgelenks und der Handwurzel	116
10.2 Frakturen der Mittelhand und der Finger	120

10.1 Luxationsfrakturen des Handgelenks und der Handwurzel

Senat Krasnici

10.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Die Häufigkeit von Frakturen und Luxationen ist für die einzelnen Handwurzelknochen unterschiedlich. Das Skaphoid ist mit ca. 90% mit Abstand am Stärksten betroffen. Frakturen des Os triquetrum stehen nach den Skaphoidfrakturen an zweiter Stelle (7,4–14%). Isolierte Frakturen der übrigen Handwurzelknochen sind sehr selten. Karpale Instabilitäten nach Kapselbandzerreißen, Luxationen und fehlverheilten Frakturen verursachen schmerzhafte, oft nicht mehr korrigierbare Funktionseinschränkungen am Carpus. Luxationen im Handwurzelbereich sind klinisch aufgrund der großen Zahl von übersehenen bzw. nicht adäquat behandelten Verletzungen bedeutsam. Zugrundeliegender Mechanismus ist eine axiale Gewalteinwirkung in Hyperextension des Handgelenks sowie eine direkte oder indirekte Gewalteinwirkung in Hyperflexion, etwa im Rahmen eines Sturzes oder durch rotierende Maschinen. Luxationen bzw. Luxationsfrakturen sind oft im Rahmen von schweren Quetsch-, Scher- und Stauchungstraumata zu beobachten. Hierbei ist vornehmlich die proximale Reihe betroffen, Luxationsverletzungen der distalen Reihe sind sehr selten. Luxationen und Luxationsfrakturen des distalen Radioulnargelenks (siehe Kapitel 9.7). Man unterscheidet folgende Luxationsfrakturen und Luxationen der Handwurzelreihe:

- Luxatio radiocarpea (ohne/mit Abscherung der dorsalen und palmaren Anteile des distalen Radius)
- Luxatio mediocarpea (zwischen proximaler und distaler Handwurzelreihe)
- Luxatio carpometacarpea (i. d. R. dorsale Luxationen oder Luxationsfrakturen der Mittelhandknochen)

10.1.1.1 Besonderheiten von Frakturen einzelner Handwurzelknochen

Os scaphoideum

Die De-Quervain-Luxationsfraktur ist eine transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur der Handwurzel (s. Abb. 10.1.1+2, S. 116).

Os lunatum

Frakturen in diesem Bereich entstehen häufig im Rahmen einer Kombinationsverletzung der proximalen Handwurzelreihe, als perilunäre Luxation oder Luxationsfraktur. Rupturen des SL- oder LT-Bandes als Begleitverletzungen,

im Rahmen von Radiusfrakturen, auch als knöcherne Kapsel-Bandausrisse.

Os triquetrum

Die häufigsten Frakturformen hier sind schalige dorsale knöcherne Bandausrisse oder Korpusfrakturen, v. a. erkennbar in der seitlichen Röntgenebene.

Os pisiforme

Durch Zug des Musculus flexor carpi ulnaris entstehen oft dislozierte Frakturen. Diese werden leicht übersehen, daher sollte bei Verdacht eine Röntgenaufnahme des Karpaltunnels, eine Schrägaufnahme des Handgelenks oder eine CT angefordert werden.

Os trapezium

Frakturen des Os trapeziums können in Kombination mit Basisfrakturen des 1. Mittelhandknochens oder distalen Radiusfrakturen vorkommen.

Os trapezoideum

Diese Frakturen oder Luxationen sind meist mit der distalen Handwurzelreihe vergesellschaftet.

Os capitatum

Das skaphokapitale Syndrom nach Fenton ist eine transskaphoidale-transkapitale, perilunäre Luxationsfraktur. Hierbei kann es zur Rotation des proximalen Kapitatumfragments kommen.

Os hamatum

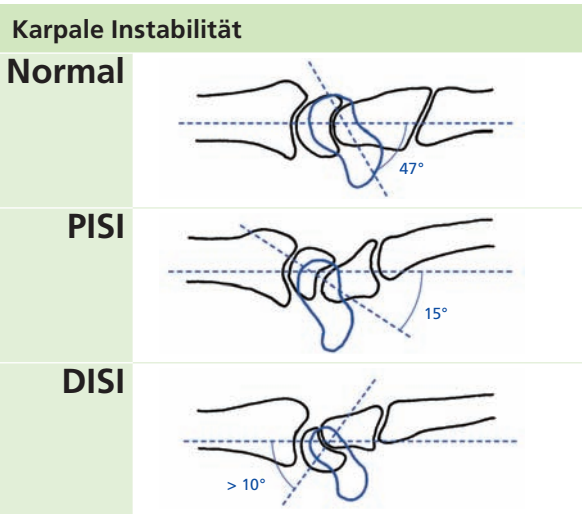
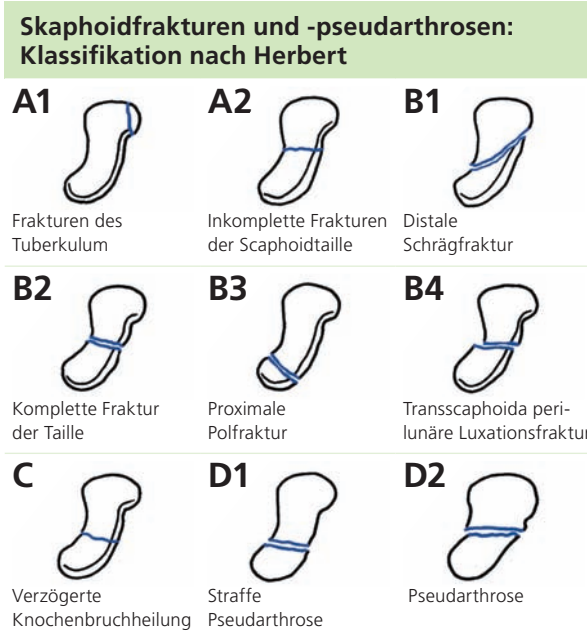
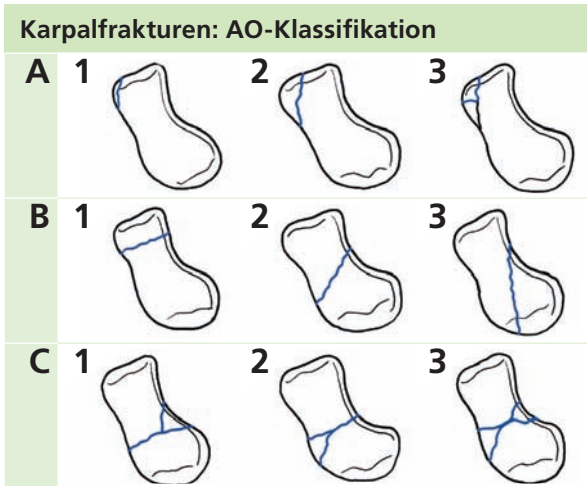
Es werden Korpusfrakturen und Frakturen des Hamulus ossis hamati unterschieden. Korpusrandfrakturen im Rahmen von Luxationsfrakturen des 4. und 5. Mittelhandknochens werden leicht übersehen.

10.1.2 Diagnostik

Anamnese mit Angaben zum Unfallmechanismus, klinische Beurteilung der Weichteilsituation und der anatomischen Stellung sowie der Bestimmung des neurovaskulären Status mit schriftlicher Dokumentation.

Standardröntgenaufnahme des Handgelenks d. p. und streng seitliche Aufnahme (Schulterabduktion von 90°, Ellenbogen in Mittelstellung gebeugt) müssen angefordert werden. Optional können zudem Röntgenaufnahme des Karpaltunnels und semisupinierte Schrägaufnahmen des Handgelenks, in seltenen Fällen auch mit Vergleich der Gegenseite (z. B. beim Vorliegen akzessorischer Knochen) indiziert sein. Die Indikation zu einer ergänzenden Dünnschicht CT muss sehr großzügig gestellt werden. Es erfolgt die Beurteilung von Gefügestörungen des Karpus, Hinweise auf knöcherne Begleitverletzungen und Luxationsstellungen. Eine MRT-Untersuchung zur Abklärung ligamentärer Begleitverletzungen ist bei klinischem Verdacht eher selten indiziert.

10.1.3 Klassifikation



10.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

- akutes traumatisches Karpaltunnelsyndrom
- Gefäß- und Nervenverletzungen
- Streck- und Beugesehnenverletzungen
- Verletzungen der intrinsischen und extrinsischen Bänder des Handgelenks, v. a. des skapholunären (SL-) und lunotriquetralen (LT-) Bands.
- Verletzung des Discus triangularis des TFCC (triangulären fibrocartilaginärer Komplex).

10.1.5 Versorgungszeitpunkt

isolierte Fraktur mit geringer Dislokation	konservativ oder N5
dislozierte Frakturen einzelner Handwurzelknochen	N5
Kombinationsverletzungen ohne Luxation	N5
alle Luxationsfrakturen und Luxationen	N2
offene Frakturen	N2
karpale Instabilität	N2
begleitende Gefäß- und Nervenverletzung	N1
Ausbildung eines traumatischen Karpaltunnel- oder Kompartmentsyndroms	N1

10



Abb. 10.1.1: Transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur.

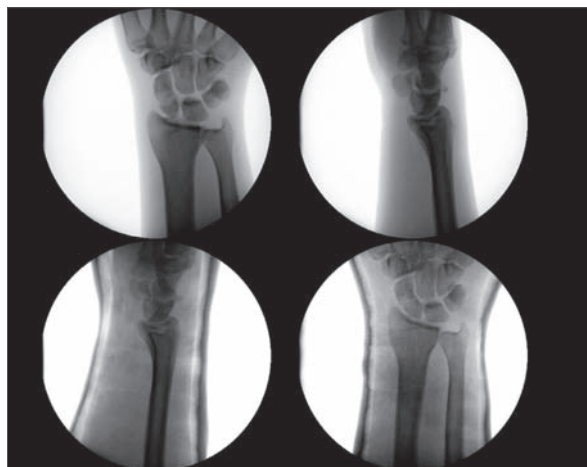


Abb. 10.1.2: Gleiche Fraktur nach geschlossener Reposition. Weiterführende Stabilisierungen müssen angeschlossen werden.

10.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Schmerzbekämpfung und eine Schienenruhigstellung sind indiziert. Reposition unter axialem Zug an den Fingern und Druck auf den verschobenen Handwurzelknochen (Ligamentotaxis) in einer Zugvorrichtung (Mädchenfänger) sollten der

Schmerztherapie folgen. Eine offene Reposition über dorsalen oder kombiniertem dorso-palmaren Zugang ist möglich. Die Ruhigstellung sollte sechs Wochen andauern. Bei bestehender Subluxation oder weitgehender Instabilität ist die Indikation zur OP gegeben.

10

Vorbereitung zur unverzüglichen Operation bei Notfallindikationen	Konservatives Vorgehen	Indikation zur Osteosynthese
Perilunäre Luxationen und alle Luxationsfrakturen	isolierte Frakturen ohne Dislokation	Skaphoid: Typ A2-Frakturen (optional), alle B-Frakturen
Kompressions-/Karpaltunnelsyndrom	stabile Skaphoidfrakturen	dislozierte Frakturen
erfolgloser konservativer Repositions- und Retentionsversuch	primär reponierbare und retinierbare Frakturen ohne Instabilitätskriterien	Kombinationsverletzungen ohne Luxation
nach Reposition verbleibendes bzw. akut aufgetretenes sensomotorisches Defizit und gestörte Perfusion	Ablehnung einer vorgeschlagenen Therapie	alle Luxationsfrakturen und Luxationen
Verletzungen relevanter Gefäße		offene Frakturen
offene Frakturen		karpale Instabilität
geschlossene Frakturen mit II° oder III° Weichteilschaden		begleitende Gefäß-, Nerven- und Sehnenverletzung
		posttraumatisches Karpaltunnel- oder Kompartmentsyndrom

Tab. Nummer: Dringliches, konservatives und elektives Vorgehen nach Indikation.

10.1.7 Tricks und Techniken

Es sollte auf exakte Röntgeneinstellungen bestanden und eine Dünnschicht CT großzügig indiziert werden. Der Verdachtsdiagnose einer Handwurzelfraktur muss bis zu deren sicherem Ausschluss oder Nachweis nachgegangen werden. Handwurzelluxationen kommen im Rahmen von Hochrasanzverletzungen vor und werden bei Mehrfachverletzten häufig übersehen oder verspätet diagnostiziert. Bei der Gipsruhigstellung sollen Ellenbogen- und Fingergrundgelenke grundsätzlich freigelassen werden.

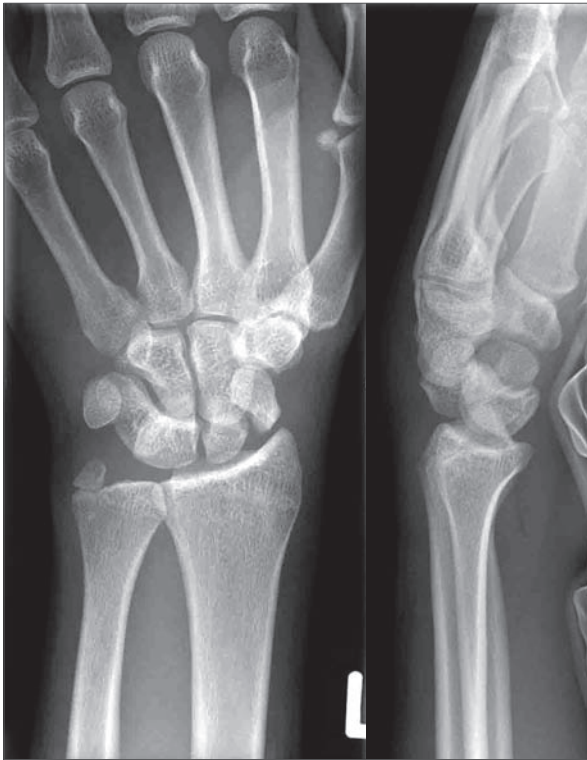


Abb. 10.1.3: De-Quervain-Luxationsfraktur im a. p. Strahlengang (a) und in der seitlichen Ebene (b).

Weiterführende Literatur:

- Krimmer H, Schmitt R, Herbert T. Kahnbeinfrakturen – Diagnostik, Klassifikation und Therapie. *Unfallchirurg*. 2000; 103: 812–819.
- Pechlaner S, Kathrein A, Gabl M, Lutz M, Angermann P, Zimmermann R, Peer R, Peer S, Rieger M, Freund M, Rudisch A. Distale Radiusfrakturen und Begleitverletzungen – Experimentelle Untersuchungen zum Pathomechanismus. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2002; 34: 150-157.
- Redeker J, Vogt PM. Karpale Instabilität. *Chirurg*. 2011; 82: 85–94.
- Towfigh H, Hierner R, Langer M, Friedel R (Hrsg.). Handchirurgie Band I: Frakturen und Luxationen im Handwurzelbereich. Springer, Berlin 2011, 650-666.
- Schädel-Höpfner M, Prommersberger KJ, Eisenschenk A, Windolf J. Behandlung von Handwurzelfrakturen. *Unfallchirurg*. 2010; 113: 741–756.

10.2 Frakturen der Mittelhand und der Finger

Frank Hoffmann

10.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Frakturen der Hand entstehen durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung. Die einwirkende Kraft bestimmt den Frakturverlauf sowie eventuelle Begleitverletzungen.

Instabile Frakturen definieren sich aus dem Frakturtyp, vorhandenen Achsabweichungen (CAVE! Rotationsfehlstellung), s. Abb. 10.2.4, S. 120, und durch Muskel- und/oder Sehnenzug ausgelösten Dislokationen (z. B. dorsale Endgliedbasis), Abb. 2; proximales Os metacarpale 1, Abb. 3.

Bei Begleitverletzungen ist die knöchernerne Stabilität Voraussetzung für eine adäquate Heilung.

Ziel jeder Behandlung von Handverletzungen ist die Wiederherstellung der Integrität, Belastbarkeit und Funktion.

10.2.2 Diagnostik

Die exakte klinische Untersuchung der Hand ist obligat: Durchblutung, Sensibilität und Sehnenfunktion sind zu testen. Eine schriftliche Dokumentation aller Befunde ist unerlässlich. Röntgenaufnahmen des betroffenen Fingerstrahls in 2 Ebenen müssen angefertigt werden. Es ist darauf zu achten, dass die seitliche Aufnahme eines Fingers auch wirklich streng seitlich angefertigt wurde. Sollten mehrere Finger betroffen sein, sind diese einzeln seitlich zu röntgen. Bei der Beteiligung von Mittelhandknochen können nur schräge Aufnahmen durchgeführt werden. Im Zweifel sollte hier zusätzlich eine CT angefordert werden.

Zur Beurteilung von gelenkbeteiligten Frakturen kann eine zusätzliche CT-Diagnostik in Dünnschichttechnik hilfreich sein.

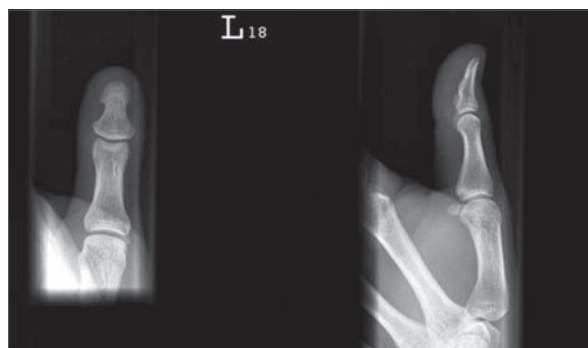
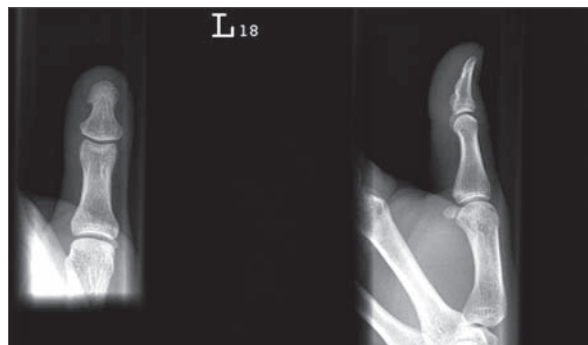
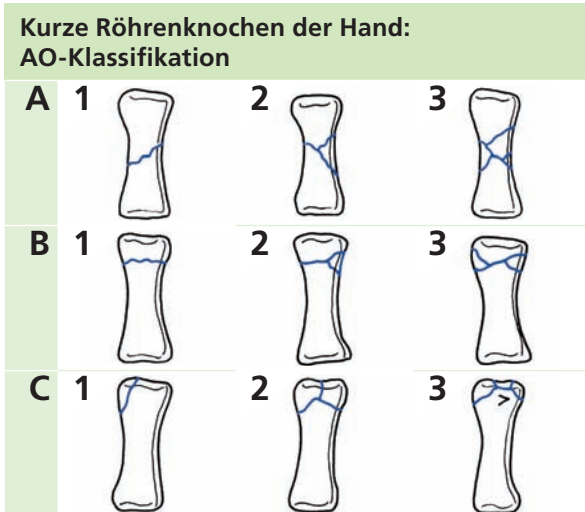


Abb. 10.2.1: Bei der Röntgendiagnostik immer auf 2 sauber dargestellte Ebenen achten!

10.2.3 Klassifikation



10.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Verletzungen des Hautmantels, aber auch der Sehnen, Bänder und Gefäß-Nerven-Bündel sind, vor allem bei direkter Gewalteinwirkung, häufig. Selbst bei kleinen Wunden können relevante tiefe Verletzungen vorliegen. Eine gründliche chirurgische Exploration ist unerlässlich.

Komplexe Handverletzungen und Amputationen bedürfen eines speziellen handchirurgischen Prozederes: die Verletzten sind an handchirurgische Zentren zu verlegen!

Bei knöchernen Verletzungen im Gelenkbereich ist auf Knorpelschädigungen und eventuelle Interpositionen (Sehnen, palmare Platte, Kapsel) zu achten.

10.2.5 Versorgungszeitpunkt

offene/komplexe Amputationsverletzungen	N2
geschlossene Frakturen ohne relevante Weichteilverletzungen	N5
geschlossene Frakturen mit erheblicher Dislokation	N4

10.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

10.2.6.1 Metacarpale I

Achtung: Gelenkbeteiligte Frakturen (Bennett, Rolando) sind instabil und bedürfen der Reposition und osteosynthetischen Retention durch Kirschner-Drähte, Schrauben oder Platten (siehe Abb. 10.2.2+3).

Extraartikuläre proximale metaphysäre Schrägbrüche (Rolando) sollen idealerweise mit Plattenosteosynthese versorgt werden.

Schaftfrakturen und distale Frakturen werden weiter unten (Kap. 10.2.6.2f) abgehandelt.

10.2.6.2 Metacarpale II-V

Proximale und distale Frakturen mit Gelenkbeteiligung werden bei Dislokation offen reponiert und osteosynthetisch versorgt.

Schaftfrakturen mit Verkürzung, Trümmerzonen, schrägem Verlauf und/oder Rotationsfehlern müssen geschlossen oder offen reponiert und funktionsstabil versorgt werden (s. Abb. 10.2.6, S. 120).

Nicht dislozierte Frakturen werden in intrinsic plus-Stellung im Gipsverband fixiert und 3–4 Wochen retiniert.

10.2.6.3 Grundphalangen

Gelenkbeteiligte Frakturen oder Schaftfrakturen des 1.–5. Strahls werden analog zu Mittelhandfrakturen behandelt. Sonderform-Basis des 1. Strahls: knöcherne Ausrisse der Kollateralbänder müssen hier offen versorgt werden.



Abb. 10.2.2: Gering dislozierte proximale MC I-Fraktur (710.1C1) Typ Bennett.



Abb. 10.2.3: Geschlossene Reposition, K-Draht-Osteosynthese.



Abb. 10.2.4: Rotationsfehler bei Grundgliedfraktur des 3. Fingers

10.2.6.4 Mittelphalangen

Frakturen mit einer Gelenkbeteiligung oder Schaftfrakturen des 1.–5. Strahls werden analog der Mittelhandfrakturen behandelt.

10.2.6.5 Endphalangen

Gelenkbeteiligte Frakturen werden konservativ, bei Stufenbildung operativ versorgt.

Nagelkranzfrakturen sollten bei Dislokation geschlossen reponiert und mit Kirschner-Drähten fixiert werden.

Sonderform – dorsale Endgliedbasisfraktur: bei Dislokation < 2 mm und einem Fragment kleiner als 1/3 der Gelenkfläche wird eine konservative Therapie durchgeführt (ca. sechs Wochen Stack'sche Schiene): Bei größerem Fragment, stärkerer Dislokation und bei Subluxation, wird die operative Versorgung mittels Kirschner-Drähten, Schrauben, oder ggf. temporärer DIP-Arthrodese empfohlen.

10.2.7 Tricks und Techniken

Bei der Indikationsstellung zur operativen Versorgung auf Verkürzungen und/oder Rotationsfehler und die notwendige Funktionsstabilität achten!

Es gilt die Regel: Nicht dislozierte Frakturen werden konservativ behandelt. Dislozierte und dislokationsgefährdete Frakturen (Muskelzug!) sowie Gelenkbrüche mit Stufenbildung > 1mm stellen eine OP-Indikation dar.

Wenn möglich minimal invasive Techniken (geschlossene Reposition, Kirschner-Drähte) anwenden. Vermeidung von Plattenosteosynthesen im Bereich der Sehngleitlager (CAVE! Verklebungen!).

Besondere Vorsicht erfordern gelenknahe Verletzungen: das Kompromittieren der Gelenkkapsel sollte vermieden werden. Auf operationspflichtige spezielle Frakturen (z. B. Bennett- und Rolando-Frakturen) ist zu achten.

Generell ist schonendes Operieren unter Vermeidung zusätzlicher Schädigungen der Strukturen Voraussetzung jedes Eingriffs an der Hand.



Abb. 10.2.5: Dislozierte proximale Endgliedfraktur (753.1B1).



Abb. 10.2.6: Geschlossene Reposition, K-Draht-Osteosynthese.

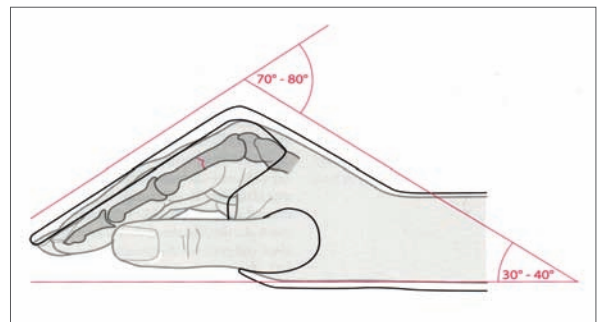


Abb. 10.2.7: Korrekte Intrinsic-plus-Stellung zur Ruhigstellung.

Weiterführende Literatur:

- Gehrmann SV, Grassmann JP, Schneppendahl J, Kaufmann RA, Windolf J, Hakimi M, Schädel-Höpfner M. Behandlungsstrategie bei karpometakarpalen Luxationsfrakturen. *Unfallchirurg*. 2011; 114: 559–564.
- Schädel-Höpfner M, Lögters T, Windolf J, Gehrmann S, Eisenschenk A, Junge A. Aktuelle Konzepte in der Therapie der dorsalen Endgliedbasisfraktur. *Unfallchirurg*. 2011; 114: 591-596.
- Schmidt-Neuerburg KP, Towfigh H, Letsch R. Tscherne. Unfallchirurgie in 12 Bänden, Band 2 Hand. Springer, Berlin 2001, 380-423.
- Windolf J, Rueger JM, Werber KD, Eisenschenk A, Siebert H, Schädel-Höpfner M. Behandlung von Mittelhandfrakturen. *Unfallchirurg*. 2009; 112: 577-589.
- Windolf J, Siebert H, Werber KD, Schädel-Höpfner M. Behandlung von Fingerfrakturen. In: *Unfallchirurg*. 2008; 111: 331-339.

11

VERLETZUNGEN DER UNTEREN EXTREMITÄT

11.1	Kompartmentsyndrom der unteren Extremität	126
11.2	Hüftluxationen	128
11.3	Hüftgelenksnahe Frakturen	130
11.4	Oberschenkelschaftfrakturen	133
11.5	Instabile knienae Frakturen	135
11.6	Unterschenkelschaftfrakturen	138
11.7	Distale Unterschenkelfrakturen	140
11.8	Verletzungen der Sprunggelenke	142

11.1 Kompartmentsyndrom der unteren Extremität

Markus Markart

11.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Das akute Kompartment- oder Logensyndrom entsteht im Wesentlichen durch eine Erhöhung des Gewebedrucks innerhalb eines geschlossenen Faszienraums. Nach der tiefen Beinvenenthrombose ist es die zweithäufigste Komplikation bei der Frakturbehandlung am Unterschenkel.

Durch den erhöhten Gewebedruck in einem geschlossenen Raum kommt es zur Störung der Mikrozirkulation und in deren Folge zu einer neuromuskulären Funktionsstörung bis hin zum Verlust der Extremität. Dabei können exogene und endogene Ursachen verantwortlich sein. Als exogene Ursachen kommen zirkuläre Gipsverbände oder zu eng angewinkelte Gipsschienen in Betracht. Endogene Ursachen sind u. a. Hämatome nach Frakturen, ischämiebedingte Permeabilitätsstörungen oder Ödeme. Mittlerweile werden viele Theorien zur Entstehung des Kompartmentsyndroms diskutiert, die alle Ebenen des gesamten Organismus betreffen: Perfusionsstörungen, das Kapillarlecksyndrom, der sog. „third space“, die Ischämie-Reperfusionverletzung, die Ausbildung freier Radikale, Endothel- und Kapillarschäden durch eine Komplementaktivierung, die Leukozyteninfiltration etc. Folge aller ist eine Notfallsituation, die schnellstmöglich behandelt werden muss.

Der Oberschenkel enthält drei Muskellogen: die ventrale Muskelloge (mit dem Musculus psoas major, Musculus iliacus, Musculi vasti, Musculus rectus femoris und Musculus sartorius), die mediale Muskelloge (mit Musculus gracilis, Musculus pectineus und Musculi adductor longus, brevis und magnus) sowie die dorsale Muskelloge (mit Musculus semimembranosus, Musculus semitendinosus und Musculus biceps femoris).

Am Unterschenkel finden sich vier Muskellogen: die Tibialis-anterior-Loge, die Peroneusloge, die tiefe Tibialis-posterior-Loge und die Gastrocnemius-/Soleusloge.

11.1.2 Diagnostik

Primär wird die Diagnose eines Logensyndroms klinisch gestellt.

Zur Beurteilung eines möglicherweise drohenden oder bereits bestehenden Kompartmentsyndroms müssen der Unfallmechanismus, die Verletzungsart und der akute Verlauf miteinbezogen werden. Das Leitsymptom ist der unverhältnismäßig starke Schmerz der unteren Extremität,

der sich mit Schmerzmitteln nicht oder nur sehr bedingt beeinflussen lässt. Des Weiteren lässt sich oft ein berührungsempfindliches, prall gespanntes und geschwollenes Kompartment tasten.

Treten bereits neurologische Ausfälle auf, sind diese schon als Spätzeichen zu werten.

Mit Hilfe einer subfaszialen Gewebedruckmessung kann der bestehende Logendruck durch eine sterile Nadel, geringe Mengen Kochsalzlösung und einen angeschlossenen externen Druckaufnehmer gemessen werden.

Als Leitsatz gilt: Wenn man bereits ein mögliches Kompartmentsyndrom in Erwägung zieht, sollte die OP-Indikation längst gestellt sein!

11.1.3 Klassifikation

normaler Logendruck	0–10 mmHg
drohendes Kompartmentsyndrom	30–40 mmHg
manifestes Kompartensyndrom	> 40 mmHg

Dies sind allerdings nur Richtwerte. Zwischenzeitlich sollte die allgemeine Kreislagsituation in die Berechnungen miteinbezogen werden. Die Differenz zwischen diastolischem Blutdruck und dem intramuskulären Druck ergibt den muskulären Perfusionsdruck. Sinkt dieser unter 30 mmHg kommt es zur Hypoxie und nachfolgend zu anaerobem Zellmetabolismus.

11.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Selbstverständlich ist auch bei einem Kompartmentsyndrom auf mögliche Begleitverletzungen, die direkt oder indirekt durch die Fraktur entstanden sein können, zu achten. Dies betrifft sowohl Verletzungen des Gefäß- als auch des Nervensystems.

11.1.5 Versorgungszeitpunkt

manifestes Kompartmentsyndrom	N1
-------------------------------	----

11.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Bereits bei einem drohenden Kompartmentsyndrom müssen engmaschige klinische Kontrollen durchgeführt werden. Erste klinische Maßnahmen bestehen immer in der sofort-

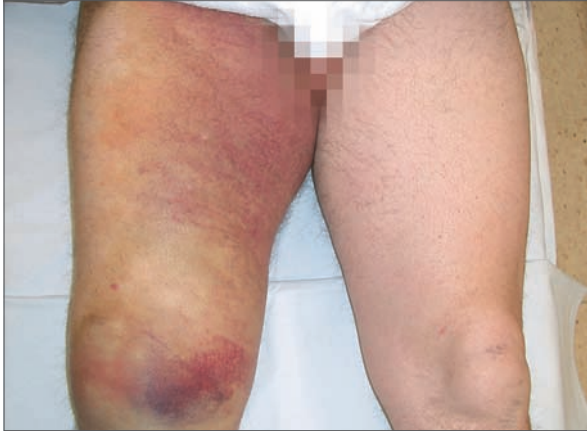


Abb. 11.1.1: Kompartmentsyndrom des Oberschenkels.

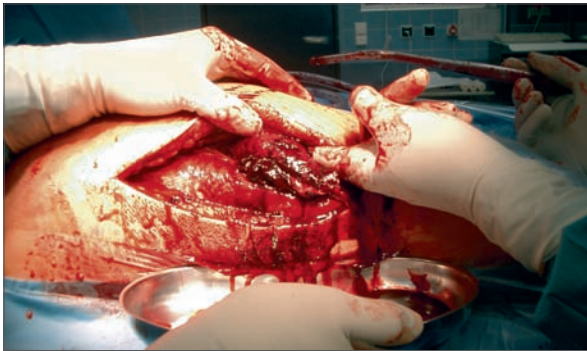


Abb. 11.1.2: Ursache: Ausgeprägtes subfasziales Hämatom nach Kontusionsverletzung.

tigen Öffnung, Spaltung und ggf. auch der Abnahme aller zirkulierenden Verbände. Nur auf diese Weise kann auch die klinische Untersuchung ausreichend durchgeführt werden. Lokale Maßnahmen bestehen in einer leichten Hochlagerung der unteren Extremität, der Kryotherapie und der intermittierenden arteriovenösen Impulskompression. Eine deutliche Schmerzreduktion sollte sich bereits innerhalb der ersten 1–2 Stunden einstellen.

Bei einem manifesten Kompartmentsyndrom hat die operative Spaltung der Muskellogen oberste Priorität. Die Zugangswege sind so zu wählen, dass im Zweifelsfall auch Schnittverlängerungen möglich sind. So empfiehlt sich an der unteren Extremität bei einem Oberschenkelkompartiment eine geschwungene Inzision posterolateral über dem Musculus gluteus maximus zum Trochanter major und von dort lateral am Oberschenkel in Richtung Unterschenkel verlaufend. Im Bedarfsfall kann diese nach distal bis kurz oberhalb des Außenknöchels verlängert werden.

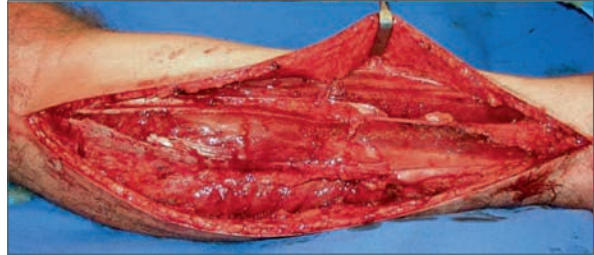


Abb. 11.1.3: Unterschenkelkompartmentsyndrom: Radikale Fasziotomie.

11.1.7 Tricks und Techniken

Der arterielle Puls ist beim Kompartmentsyndrom jederzeit palpabel, da der muskuläre Druck selten den systolischen Blutdruck übersteigt!

Die Beurteilung des Logendrucks beim kooperativen und bewusstseinsklaren Patienten ist relativ einfach. Schwierig wird dies jedoch beim polytraumatisierten, alkoholisierten oder komatösen Patienten. Beim Bewusstlosen kann z. B. eine andauernde, nicht zu erklärende Tachykardie ebenfalls ein klinisches Zeichen darstellen, falls andere Gründe wie z. B. eine Hypovolämie ausgeschlossen wurden.

Weiterführende Literatur:

- Hessmann MH, Ingelfinger P, Rommens PM. Compartment Syndrome of the Lower Extremity. *Europ J Trauma Surg.* 2007; 33(6): 589-599.
- Holbein O, Strecker W, Rath SA, Kinzl L. Das Kompartmentsyndrom am Oberschenkel mit Ischiadikusparese. *Unfallchirurg.* 2000; 103(4): 275-280.
- Jäger C, Echtermeyer V. Kompartmentsyndrom des Unterschenkels und des Fußes. *Unfallchirurg.* 2008; 111(10): 768-75.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 1 – Prinzipien, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, 2008.
- Scharf HP, Rüter A. Orthopädie und Unfallchirurgie, 1. Auflage. Urban & Fischer, München 2009.
- Schmit-Neuerburg KP. Diagnose und Differentialdiagnose des Kompartiment-Syndroms. *Langenbecks Arch Chir.* 1982; 358 (Kongreßbericht 1982).

11.2 Hüftluxationen

Andreas David

11.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Eine Hüftgelenksluxation ist immer Folge eines schweren Traumas.

Sie tritt selten als isolierte Verletzung auf, meist ist sie mit Frakturen des hinteren Pfannenrands oder Hüftkopffrakturen (Pipkin-Frakturen) kombiniert. In den meisten Fällen handelt es sich um dorsale Luxationen, in seltenen Fällen auch um anteriore (ca. 10%). Andere Luxationsrichtungen werden kaum beobachtet.

11.2.2 Diagnostik

Klinisch imponiert bei dorsalen Luxationen eine Innenrotation des Oberschenkels sowie eine leichte Flexion und deutliche Adduktion im Hüftgelenk. Die Beweglichkeit im Hüftgelenk ist schmerzbedingt vollständig aufgehoben.

Bei anterioren Luxationen zeigt sich eine Außenrotation und Abduktion.

11.2.2.1 Röntgen

Beckenübersicht a. p. Eine weitere Ebene wird bei klarer Diagnose nicht notwendig (s. Abb. 11.2.1).

11.2.2.2 CT

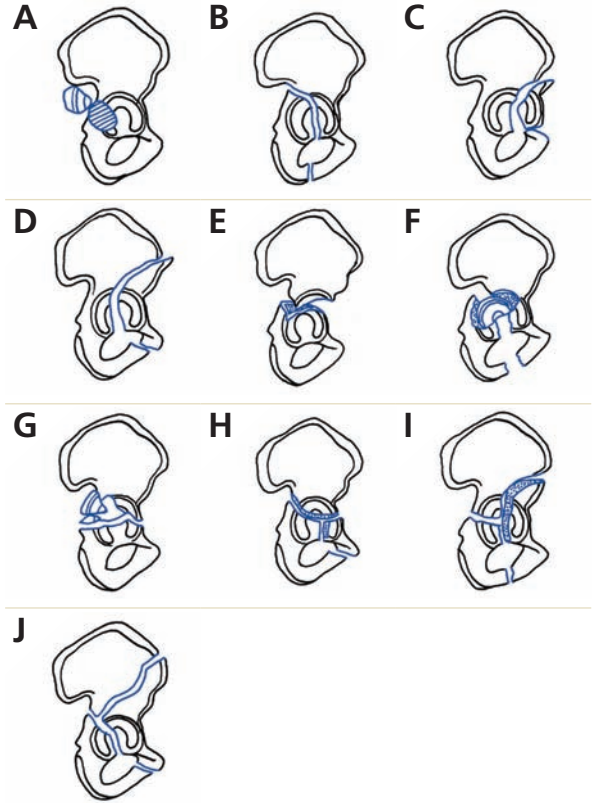
Bei Frakturverdacht auf der Beckenübersichtsaufnahme muss notfallmäßig eine CT durchgeführt werden (N1).

11.2.2.3 MRT

Notfallmäßig nicht erforderlich. Nach erfolgter Reposition ist eine MRT- Aufnahme zur Analyse von Knorpel- und Bandläsionen immer notwendig (N5).

11.2.3 Klassifikation

Azetabulumfrakturen: Klassifikation nach Letournel



11.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

- Nervus ischiadicus! Bei anterioren Luxationen ist eine Verletzung des Nervus femoralis möglich
- Seltener: Verletzung der Femoralgefäße (bei anterioren Luxationen)
- Verletzung des Labrums
- Knorpelflakes
- Pfannenrandfrakturen
- Humeruskopffrakturen

11.2.5 Versorgungszeitpunkt

allgemein

N1

11.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

Schockraummanagement: Die Schmerztherapie ist sofort einzuleiten (z. B. Analgosedierung immer vor bildgebender Diagnostik). Im Schockraum muss zunächst die Luxation unmittelbar geschlossen reponiert werden. Es ist eine Narkose mit vollständiger Relaxation erforderlich. Die Verlegung in ein Traumazentrum mit Kompetenz für Beckenverletzungen muss vor einer Reposition kritisch gesehen werden, insbesondere wenn ein Nervenschaden vorliegt. Bei einer Verletzung der Femoralarterie muss eine Reposition in der aufnehmenden Klinik unbedingt erfolgen.

11.2.7 Tricks und Techniken

Die Reposition einer dorsalen Luxation erfolgt durch Längszug, bei leicht gebeugtem Hüftgelenk und Innenrotation. Es



Abb. 11.2.1: Becken a. p., Luxation rechtes Hüftgelenk nach dorsal.

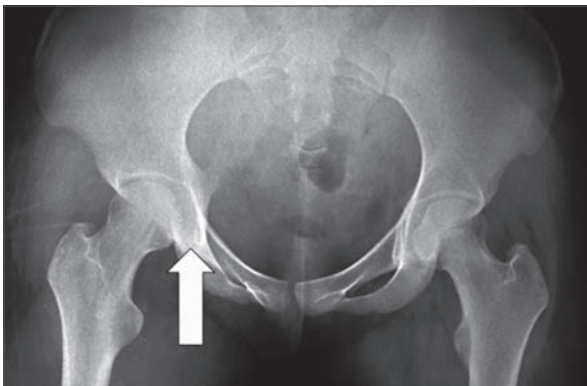


Abb. 11.2.2: Nach Reposition. Gelenkspalt etwas verbreitert – im Seitenvergleich erkennbar. Es muss an eine Weichteilinterposition gedacht werden.

sind erhebliche Kräfte notwendig; daher kann die Reposition nur unter vollständiger Relaxation und tiefer Analgesie vorgenommen werden. Eine geschlossene Reposition gelingt nicht immer bei dorsalen Luxationen. Daher führen wir sie in OP-Bereitschaft durch, da nach erfolgloser geschlossener Technik eine offene Reposition über den dorsalen Zugang (Kocher-Langenbeck) innerhalb kürzester Zeit durchgeführt werden muss (N1).

Anteriore Luxationen können durch Längszug und Innenrotation stets geschlossen eingerichtet werden.

Nach der Reposition muss immer erneut ein Röntgenbild (s. Abb. 11.2.2), eine CT oder noch besser eine MRT gemacht werden, um weitere Verletzungsfolgen auszuschließen.

CAVE! Mögliche Komplikationen:

Reluxation nach Reposition: Ursache ist meist eine Fraktur des dorsalen Pfannenrands, die komplette Zerreißen der Kapsel oder eine Weichteilinterposition. Knorpelige oder knöcherne Flakes können auch eine Reluxation begünstigen. Eine transkondyläre Extension oder Schienbeinkopfextension wird bei instabilem Gelenk erforderlich (mit ca. 5–10 kg); ggfs. Extensionsgewicht steigern und den Zug nach anterior verstärken (z. B. Fußende des Bettes etwas höher stellen). Die definitive operative Versorgung sollte, auch aus Komfortgründen, zügig veranlasst werden (N5).

Weiterführende Literatur:

- Bastian JD, Turina M, Siebenrock KWA, Keel MJB. Long-term outcome after traumatic anterior dislocation of the hip. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(9): 1273-8.
- Mella C, del Rio J, Lara J, Parodi D, Moya L, Schmidt-Hebel A, Boetner F. Arthroskopie nach Trauma des Hüftgelenkes. *Unfallchirurg.* 2012; 115(3): 273.
- Clegg TE, Roberts G, Greene JW, Prather BA. Hip dislocations – Epidemiology, treatment and outcome. *Injury.* 2010; 41: 329-334.

11.3 Hüftgelenksnahe Frakturen

Jörg Schmidt

11.3.1 Entstehung und Besonderheiten

Hüftgelenksnahe Frakturen entstehen meist durch einen Sturz auf die betroffene Seite. Sie kommen hauptsächlich im fortgeschrittenen Alter vor und sind osteoporosebedingt bei Frauen häufiger. Beim alten, osteoporotischen Patienten können bereits minimale Traumata eine Fraktur verursachen. Bei Patienten jüngerer Alters liegen meist Hochenergie-Verletzungen vor, die bis in den proximale Femur hineinreichen können. Mit in den Komplexbereich der hüftgelenksnahen Frakturen gehören auch die subtrochantären Verletzungen, die sich in der Art der Versorgung aber i. d. R. von den direkt den Trochanter bzw. die Schenkelhalsregion betreffenden Verletzungen unterscheiden.

Die Mehrzahl der verletzten Person ist dem geriatrischen Patientengut zuzuordnen. Deshalb bestehen hier oftmals schwerwiegende Begleiterkrankungen, die im peri- und postoperativen Verlauf eine erhebliche Rolle spielen und eine multidisziplinäre Behandlung erfordern (Alterstraumatologie).

11.3.2 Diagnostik

Die hüftgelenksnahe Fraktur des alten Menschen ist in den meisten Fällen eine Blickdiagnose. Das betroffene Bein liegt i. d. R. so typisch verkürzt und außenrotiert, dass, zusammen mit der Anamnese, sofort die entsprechende Verdachtsdiagnose gestellt werden kann. Zur Röntgendiagnostik gehört eine Beckenübersichtsaufnahme sowie eine Lauensteinaufnahme, die i. d. R. in der sog. durchgeschossenen Technik von der gesunden Seite her, mit Anheben des gesunden Beins erfolgen soll. Sollte eine exakte Beschreibung der Fraktur in diesen Fällen nicht möglich sein, erfolgt eine a. p.-Aufnahme der betroffenen Hüfte unter Extension. Dies kann als sog. handgehaltene Aufnahme oder auch im Rahmen einer noch zu beschreibenden Extensionsbehandlung erfolgen. Im Zweifelsfalle, vor allem bei Verdacht auf eine mediale Schenkelhalsfraktur, kann in Ausnahmefällen auch eine CT-Diagnostik notwendig werden.

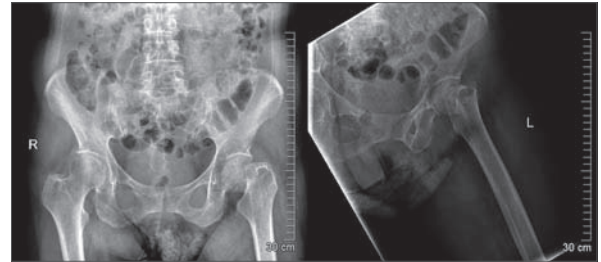


Abb. 11.3.1: Beckenübersicht und Lauensteinaufnahme. Die Fraktur ist dargestellt, aber die Entität nicht klassifizierbar.



Abb. 11.3.2: Gleiche Fraktur, geröntgt in Extension. Fraktur ist dargestellt und klassifizierbar.

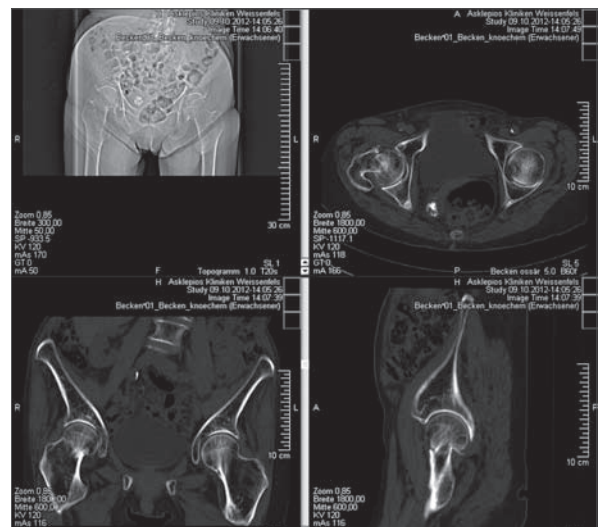
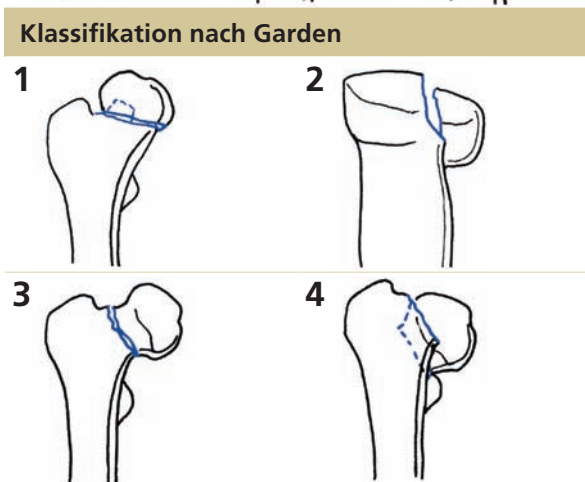
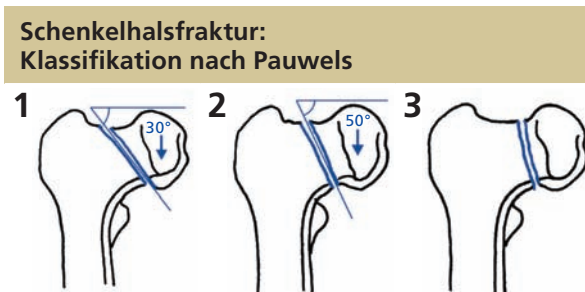
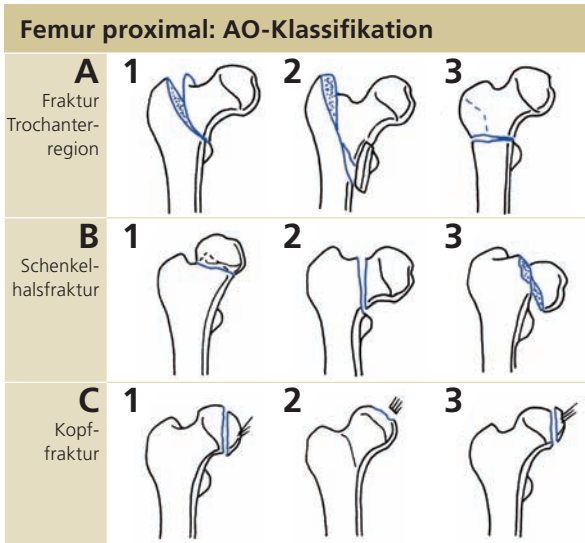


Abb. 11.3.3: CT bei dringendem Verdacht auf hüftgelenksnahe Fraktur, die im Nativbild nicht zu erkennen ist.

11.3.3 Klassifikation



Die Klassifikation erfolgt nach dem AO-Prinzip: hier der Region 31. Mediale Schenkelhalsfrakturen werden, vor allem wenn es sich um jüngere Patienten mit der Frage der kopf-erhaltenden Therapie handelt, auch nach Pauwels für die Beurteilung der biomechanischen Stabilität und nach Garden zur Beurteilung der Dislokation und damit Unterbrechung der Blutversorgung zusätzlich klassifiziert.

11.3.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Beim geriatrischen Patienten ist die Ursache der hüftgelenksnahen Fraktur i. d. R. ein Low-energy-Trauma und es handelt sich überwiegend um eine Monoverletzung ohne wesentliche Begleitverletzungen. Im Rahmen von High-energy-Traumata, insbesondere bei Verkehrsunfällen, kann es zu Verletzungen des Nervus ischiadicus kommen. In diesem Falle treten Verletzungen oftmals im Rahmen einer Polytraumatisierung auf, sodass eine Polytraumadiagnostik im Rahmen des Unfallmechanismus unumgänglich ist. Ansonsten sind Begleitverletzungen von Nerven und Gefäßen eher unwahrscheinlich. Auch Verletzungen des Beckens sind bei hüftgelenksnahen Frakturen eher unwahrscheinlich, da der größte Teil der Sturzenergie bereits von der hüftgelenksnahen Femurregion mit Frakturfolge absorbiert worden ist. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass bei einem alten Patienten weniger die Begleitverletzungen im Rahmen einer hüftgelenksnahen Fraktur im Mittelpunkt stehen, sondern die Grund- und Begleiterkrankungen. Diese sind bei dieser Patientengruppe zum größten Teil für die Morbidität und Mortalität verantwortlich.

11.3.5 Versorgungszeitpunkt

mediale Schenkelhalsfrakturen mit der Option des Koperhalts	N2
mediale Schenkelhalsfrakturen zum prothetischen Ersatz	N4
sonstige Verletzungen der pertrochantären und subtrochantären Region	N4

Es gilt der Qualitätsparameter der 24-Stunden-Versorgung, welche durch das BQS gefordert ist. Bei betreuten Patienten, deren Betreuungsverhältnis ungeklärt bzw. der Betreuer nicht erreichbar ist, kann innerhalb von 24 h die mittelbar vitale Bedrohung festgestellt werden. Der Chirurg entscheidet somit im Sinne einer stellvertretenden Geschäftsführung und kann zum Wohle des Patienten die Operation indizieren.

11.3.6 Kalkulierte Erstversorgung

Die Erstversorgung dieser Patienten besteht in einer stabilen und möglichst schmerzarmen Lagerung. Auf eine adäquate Schmerztherapie sei hingewiesen. Eine sorgfältige, geriatrisch adaptierte Anamnesestellung muss die Begleiterkrankungen einschließen. Notfalls muss ein geriatrisch geschulter internistischer Kollege die Patienten während der präoperativen Phase mit überwachen. Eine adäquate Prämedikation muss erfolgen.

11.3.7 Tricks und Techniken

Um die Versorgungsoptionen der hüftgelenknahen Fraktur zu evaluieren, muss eine Darstellung der Verletzung erfolgen, die eine klare Klassifikation ermöglicht. Dazu kann es insbesondere bei eingestaucht erscheinenden medialen Schenkelhalsfrakturen notwendig sein, eine CT-Diagnostik durchzuführen. Wenn der Patient physisch für ein koperhaltendes Verfahren in Frage kommt, ist die Unterteilung der biomechanischen Stabilität nach Pauwels unumgänglich. Sollte es nicht gelingen im Nativröntgenbild die Frakturebenen und Frakturwinkel zu bestimmen, kann hier die CT-Diagnostik weiterhelfen. Um die Indikation für eine hüftgelenkerhaltende Therapie zu stellen, muss der Patient vor dem Gesamtbild seiner Grund- und Nebenerkrankungen in einem interdisziplinären Konsil betrachtet werden.

Um das Ausmaß einer Fraktur der per- und subtrocantären Region darzustellen, kann es notwendig sein, das Bein manuell bei der Nativröntgenaufnahme a. p. zu halten und leicht zu extendieren. Damit ist i. d. R. die Fraktur sicher dargestellt und klassifizierbar.

Extensionsbehandlungen, bei denen Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel zur Anbringung eines Extensionsbügels transossär eingebracht werden müssen, gelten zu Recht als veraltet und sollten nicht mehr angewandt werden. Die präoperative Phase wird mit möglichst schmerzfreier Lagerung in Schienen überbrückt. In letzter Zeit wurden Fersenweichlagerungstiefel mit Extensionsmöglichkeit entwickelt, durch welche dem Patienten in einem nicht invasiven Verfahren eine Extension des verletzten Beins angelegt werden kann. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Patienten gegenüber denen in der Schienenlagerung einen deutlich geringeren präoperativen Schmerzmittelbedarf haben. Es ist davon auszugehen, dass gerade bei alten Menschen durch eine sanfte, nicht invasive Extensionsbehandlung in der präoperativen Phase neben einer deutlichen Schmerzreduktion auch mit einer Verminderung der systemischen Traumaantwort zu rechnen ist. Hierzu gibt es noch keine

publizierten Daten, es gibt jedoch nach unserer Erfahrung erste Anzeichen für einen Benefit. Aus unserer Erfahrung empfehlen wir, eine solche nicht invasive Extensionstherapie in der präoperativen Phase in Erwägung zu ziehen.

Weiterführende Literatur:

Chiang CC, Wu HT; Lin CFJ, Tzeng YH, Huang CK, Chen WM, Liu CL. Analysis of initial injury radiographs of occult femoral neck fractures in elderly patients: a pilot study. *Orthopedics*. 2012; 35(5): e621-7.

Dunker D, Collin D, Göthlin JH, Geijer Mats. High clinical utility of computed tomography compared to radiography in elderly patients with occult hip fracture after low-energy trauma. *Emerg Radiol*. 2012; 19(2): 135-139.

Johansson H, Kanis JA, Oden A, Compston J, McCloskey E. A comparison of case-finding strategies in the UK for the management of hip fractures. *Osteoporos Int*. 2012; 23(3): 907-915.

Vidal EIO, Moreira-Filho DC, Pinheiro RS, Souza RC, Almeida LM, Camargo KR et al. Delay from fracture to hospital admission: a new risk factor for hip fracture mortality?. *Osteoporos Int*. 2012; 23(12): 2847-53.

Zuliani G, Galvani M, Sioulis F, Bonetti F, Prandini S, Boari B et al. Discharge diagnosis and comorbidity profile in hospitalized older patients with dementia. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2012; 27(3): 313-320.

11.4 Oberschenkelchaftfrakturen

Markus Markart

11.4.1 Entstehung und Besonderheiten

Beim längsten und kräftigsten Knochen des menschlichen Skeletts entstehen Schaftfrakturen häufig durch starke direkte oder indirekte Gewalteinwirkung. Aufgrund der ausgeprägten Weichteildeckung am Oberschenkel können selbst Hochrasanztraumata mit einer Trümmerfraktur des Femurschafts ohne äußerlich sichtbare Weichteilverletzungen auftreten. Gerade im Hinblick auf die i. d. R. notwendigen hohen Kräfteinwirkungen die eine Femurschaftfraktur verursachen, müssen zwingend weitere Verletzungen ausgeschlossen werden, da es sich in bis zu 30% der Fälle um polytraumatisierte Patienten handelt.

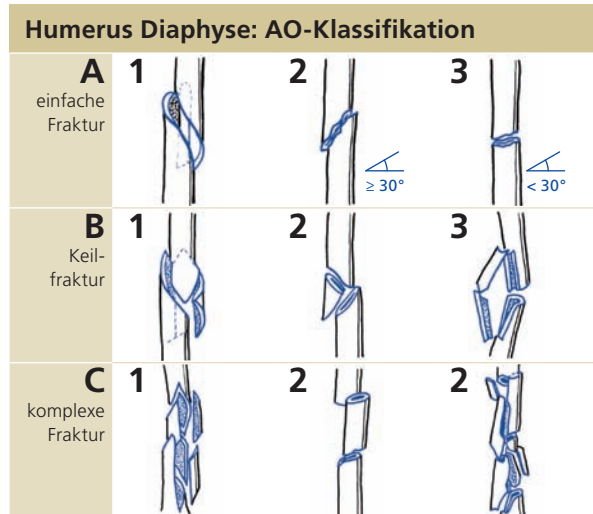
11.4.2 Diagnostik

Die Diagnosestellung erfolgt neben der klinischen Untersuchung durch standardisierte Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen. Es darf hierbei nicht vergessen werden auch das Hüft- und Kniegelenk zu röntgen, da Femurschaftfrakturen nicht selten in Kombination mit Schenkelhalsfrakturen auftreten. Bei unklarer Gefäßsituation sollte eine Dopplersonographie angeschlossen werden. Bleiben trotz Doppleruntersuchung noch Zweifel, muss eine Angiografie folgen. Eine weiterführende Diagnostik mittels einer CT ist i. d. R. nicht notwendig.



Abb. 11.4.1: Oberschenkelchaftfraktur am Übergang zum distalen Drittel.

11.4.3 Klassifikation



11.4.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Nach Diagnosestellung einer Oberschenkelchaftfraktur muss zwingend eine mögliche Verletzung der angrenzenden Gelenke abgeklärt werden. Hierzu werden Röntgenaufnahmen des Hüft- und Kniegelenks angefertigt. Nicht selten kommt es zu einer gleichzeitig vorliegenden ipsilateralen Schenkelhalsfraktur. Auch kann es im Rahmen eines Hochrasanztraumas zur ipsilateralen Tibiaschaftfraktur mit Ausbildung eines sog. „floating knee“ kommen. Nicht selten liegen gleichzeitig auch ligamentäre Verletzungen des Kniegelenks vor, die im Verlauf ebenfalls evaluiert und behandelt werden sollten.

Die Arteria femoralis liegt unterhalb des Adduktorenschlitzes dicht dem distalen Femur an, sodass es dort bei Frakturen leicht zu einer Verletzung des Gefäßes kommen kann. Auch wenn es sich „nur“ um eine isolierte Femurschaftfraktur handelt, kann dies zu einem Blutverlust von 1500 bis 2000 mL führen!

Außerdem kann eine Verletzung der Perforansgefäße ebenfalls zu größeren und nicht zu missachtenden Blutungen führen.

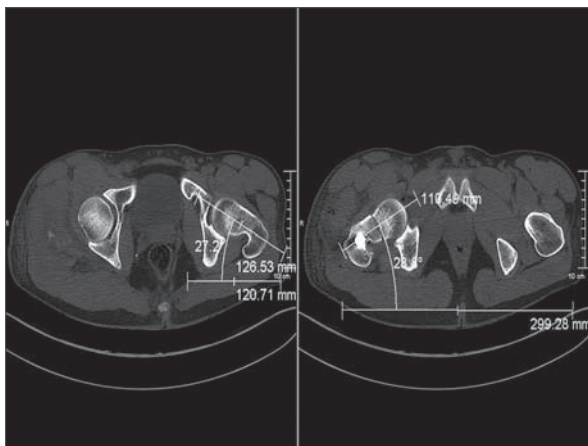


Abb. 11.4.2: Rotationskontrolle nach Marknagelosteosynthese. Dabei aufgefallene mediale Schenkelhalsfraktur. Es kann nicht geklärt werden, ob die Fraktur Unfallfolge ist oder im Rahmen der Marknagelung entstanden ist.

11.4.5 Versorgungszeitpunkt

isolierte Monoverletzung des Femurschafts	N2
offene Oberschenkelchaftfrakturen	N1
begleitende Gefäß- und Nervenverletzung	N1
Ausbildung eines Oberschenkelkompartments	N1

11.4.6 Kalkulierte Erstversorgung

Verletzungen am Oberschenkelchaft stellen eine dringliche Operationsindikation dar. Eine konservative Behandlung ist selbst bei immobilen und schwerkranken Patienten keine Alternative zum unfallchirurgischen Eingriff.

Prinzipiell sind drei Stabilisierungen möglich: die Plattenosteosynthese, die Marknagelung (retro- und anterograd) und der Fixateur externe zur temporären Ruhigstellung bis zur definitiven Versorgung.

11.4.7 Tricks und Techniken

Auch wenn ein Oberschenkelkompartment eher eine Seltenheit darstellt (ca. 1% aller Femurfrakturen), kann es nach einer Schaftfraktur durchaus zu einem Anstieg des Logendrucks kommen. Dieser kann durch eine Einblutung oder eine massive Schwellung der Weichteile bedingt sein (zu bedenken ist immer die oft starke Gewalteinwirkung

durch das Trauma!). Auch nach einem operativen Eingriff sollte der Oberschenkel regelmäßig auf seine Schwellung und die periphere Durchblutung, Sensibilität und Motorik der betroffenen Extremität überprüft werden.

Nach der operativen Stabilisierung des Oberschenkels muss sich im Operationssaal eine erneute klinische Untersuchung der Kniegelenksstabilität anschließen, da diese erst dann aussagekräftig ist. Das Ergebnis der Untersuchung muss im OP-Bericht dokumentiert werden.

Weiterführende Literatur:

- Lögters T, Windolf J, Flohé S. Femurschaftfrakturen. *Unfallchirurg*. 2009; 112(7): 635-650.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 2 – Spezifische Frakturen, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme, 2008.
- Rüter A, Mayr E. Femurschaftfrakturen. In: Orthopädie und Unfallchirurgie, 1. Auflage. München: Urban & Fischer, 2009.
- Wick M, Muhr G. Ante- und retrograde Marknagelung bei Femurschaftfrakturen. *Trauma Berufskrankh*. 2005; 7: 103-106.

11.5 Instabile knienahe Frakturen

Andreas David

11.5.1 Entstehung und Besonderheiten

Instabile Frakturen des Kniegelenks sind Brüche des distalen Femurs oder der proximalen Tibia mit gleichzeitiger Bandverletzung. Sehr selten werden gleichzeitige Frakturen des distalen Femurs und des proximalen Schienbeins gesehen (floating knee).

Es handelt sich dabei um äußerst schwere Verletzungen, deren größte Gefahr häufig auftretende Nerven- und Gefäßverletzungen darstellen (ca 25%). Auch ein Kompartmentsyndrom kann entstehen.

Bei jüngeren Patienten sind diese Verletzungen fast immer Folge eines Hochrasanztraumas. Auch bei älteren Patienten mit Osteoporose tritt ein komplexes Knie trauma selten nach einem inadäquaten Trauma auf. Durch Osteoporose induzierte Frakturen beschränken sich meist auf einen der beiden Knochen, begleitende Bandverletzungen können dennoch auftreten.

11.5.2 Diagnostik

Die klinische Untersuchung lässt sofort eine Schwellung und meist eine Fehlstellung der Knie region erkennen. Die Durchblutung der Haut ist oft kritisch. Von daher ist ihre Prüfung und, soweit möglich, auch die der Nervenfunktion, extrem wichtig.

Das Knie im Schockraum seitlich röntgen, wenn möglich auch a. p. (s. Abb. 11.5.1+2).

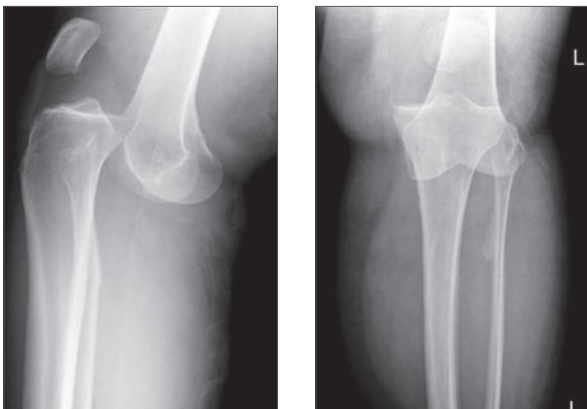


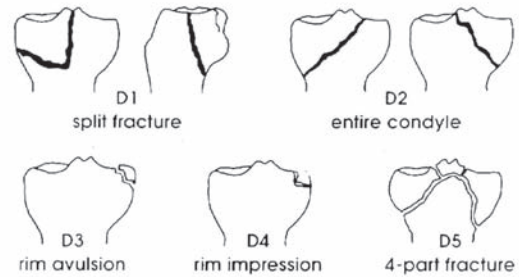
Abb. 11.5.1 und 11.5.2: Unfallbilder nach dorsaler Knie luxation ohne knöcherne Verletzung.

Bei komplexen Frakturen mit Gelenkflächenbeteiligung oder bei schwer analysierbaren metaphysären Frakturen ist immer eine CT erforderlich. Eine MRT ist dagegen in der Akutphase nicht nötig.

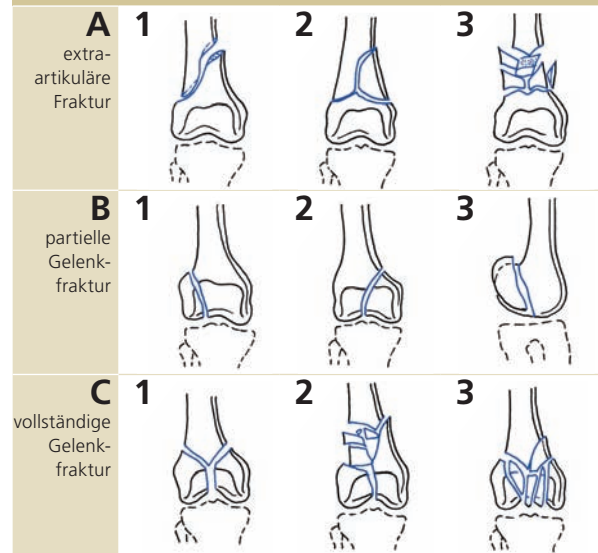
Eine Angiografie ist bei Kniegelenksluxation – auch bei intaktem Puls – immer indiziert; da Intimaläsionen zunächst symptomarm verlaufen und zu einem späteren Zeitpunkt durch Dissektion zu einem Gefäßverschluss führen können.

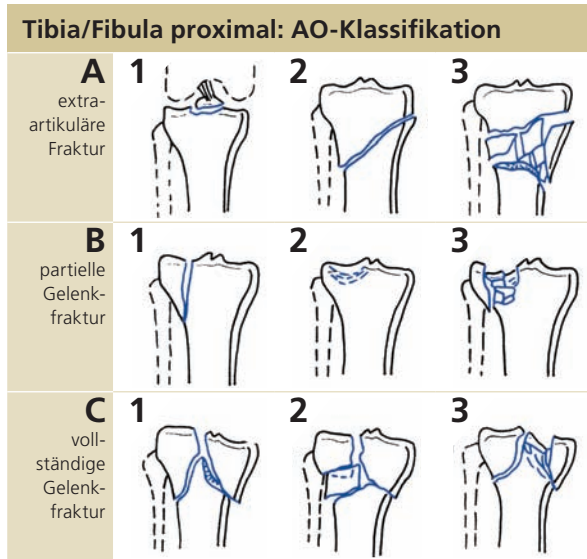
11.5.3 Klassifikation

Luxationsfrakturen: Klassifikation nach Moore



Femur distal, Tibia/Fibula proximal: AO-Klassifikation





Die Klassifikation der isolierten Kniegelenksluxation richtet sich nach der Dislokationsrichtung der Tibia. Unterteilt werden anteriore (häufigste Form), dorsale, mediale und laterale Luxationen.

Bei Tibiakopffrakturen hat Moore (s. Abb. 11.5.3) hoch instabile Luxationsfrakturen erfasst und von den Frakturen abgegrenzt, die keine begleitende Verletzung des Kreuzbandkomplexes aufweisen. Besonders kritisch sind die Luxationsfrakturen Typ D3 und D4, da nur geringe knöcherne Veränderungen zu sehen sind; meist sind jedoch schwere Kreuzbandverletzungen nachweisbar (s. Abb. 11.5.4). Bei allen anderen Verletzungen des distalen Femurs und der proximalen Tibia kann die AO-Klassifikation angewandt werden.

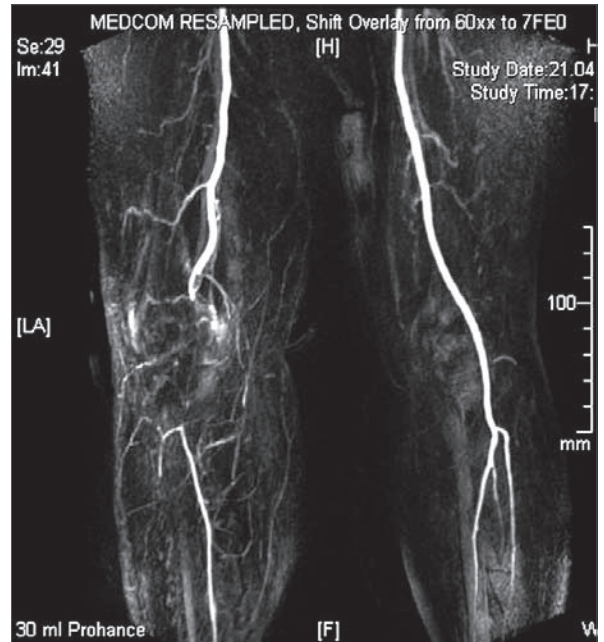


Abb. 11.5.3: MR-Angiografie mit Durchblutungsstopp in Höhe der Arteria poplitea.



Abb. 11.5.4: Lateraler Randbruch des Tibiaplateaus. Hinweis auf mögliche komplexe Bandrupturen.

11.5.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Instabile knienaher Frakturen treten oft zusammen mit Verletzungen der Arteria poplitea auf. Häufig handelt es sich dabei nur um Intimaeinrisse mit Dissektionsgefahr (!). Daneben kann es zu Nervenverletzungen, meist des Nervus peroneus, kommen. Weitere mögliche Begleitverletzungen stellen das Kompartmentsyndrom und bei Knieluxationen Bandrisse dar.

11.5.5 Versorgungszeitpunkt

Kniegelenksluxation	N0
Kniegelenksluxation mit Gefäßläsion	N1
offene Fraktur	N1
geschlossene dislozierte Fraktur	N5
Rekonstruktion der Kniebänder nach Kniegelenksluxation ohne Durchblutungsstörung	N5

11.5.6 Kalkulierte Erstversorgung

Fehlstellungen müssen sofort durch geschlossene Reposition, zumindest in Analgosedierung, im Schockraum beseitigt werden. Dies gilt besonders für Kniegelenksluxationen. Zur Analyse dieser Verletzung reicht das seitliche Röntgenbild. Nach Reposition erfolgt eine Ruhigstellung in einer Knieorthese ohne Gelenkeinschluss oder, weniger günstig, im gespaltenen Gipstutor. Dieser ist aufwendig und die Anlage häufig sehr schmerzhaft.

Bei Gefäßverletzungen müssen sofort eine Angiographie (MR-Angiographie) und dann ggf. eine Gefäßrekonstruktion (z. B. mit Stent) sowie eine Transfixation des Gelenkes durch Fixateur externe gemeinsam mit einem Gefäßchirurgen durchgeführt werden (N 1).

Knöchern Verletzungen mit grober Dislokation werden durch Längszug im Schockraum unter ausreichender Analgesie reponiert und in einer Knieorthese retiniert (N0–N1). Bei korrekter Durchblutung kann dann die weiterführende Diagnostik durchgeführt werden.

Die Durchblutung muss durch Pulsoximetrie nach Angiografie überwacht werden.

Die Indikation einer Kniegelenkspunktion ist streng und nur bei massivem Erguss mit starken Schmerzen und Hautspannung zu stellen. Sterile Bedingungen sind dabei zwingend.

11.5.7 Tricks und Techniken

Geschlossene Repositionen können bei leicht gebeugtem Kniegelenk durch Längszug meist problemlos durchgeführt werden. Ein Bildwandler ist nicht notwendig, da das Repositionsziel die Entlastung der Weichteile (Gefäße!) ist und weniger die exakte anatomiegerechte Rekonstruktion der Fraktur. Auf ausreichende Schmerzfreiheit ist zu achten. Nach der Reposition muss die Durchblutung zwingend kontrolliert werden.

CAVE! Bandverletzungen bei geringen knöchernen Verletzungen nicht übersehen!

Wird eine Gefäßstenose oder ein Spasmus während der Angiografie auf interventionellem Wege behoben (Stent/Spasmolyse), so kann eine definitive Gefäßrekonstruktion und Osteosynthese verzögert geplant werden. Akute Durchblutungsstörungen, die nicht durch eine interventionelle Angiografie erfolgreich behandelt werden können, zwingen zu einer Notoperation mit provisorischer Transfixation des Kniegelenkes im Fixateur. Die Gefäßrevision schließt sich in gleicher Narkose unmittelbar an. Auf ein Kompartmentsyndrom (s. Kap. 11.1, S. 124ff), das häufig bei instabilen Schienbeinkopffrakturen und nach Ischämie auftritt, ist immer zu achten. Zur Behandlung siehe dort. Bei manifestem Kompartmentsyndrom und gleichzeitiger Kniegelenksfraktur erfolgt die Spaltung durch Fasziotomie. Die Fraktur wird dann zunächst im Fixateur externe ruhiggestellt, bis die Weichteile konsolidiert und eine definitive Versorgung möglich ist (elektiv innerhalb von 14 Tagen). Bandrekonstruktionen können auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Weiterführende Literatur:

- Köstler W et al. Komplexe Bandläsion des Kniegelenkes. *Arthroscopie*. 2010; 23: 49-55.
- Kobbe P et al. Komplexe Kniegelenkverletzung beim Polytrauma. *Unfallchirurg*. 2007; 110: 235-244.
- Moore T.M. Fracture-dislocation of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1981; 156: 128-140.
- Raschke MJ, Haas NP, Stöckle U. Basiswissen Chirurgie: Verletzungen des Kniegelenkes. Springer, Heidelberg, New York 2010, 405-406.

11.6 Unterschenkelchaftfrakturen

Markus Markart

11.6.1 Entstehung und Besonderheiten

Unterschenkelchaftfrakturen können entweder durch ein direktes Trauma (Stoß bzw. Anprall an einer harten Kante wie Treppenstufen oder einer Stoßstange), als auch ein indirektes Trauma (Verdrehtrauma z. B. beim Skifahren oder auf Glatteis) entstehen.

Die Weichteildeckung am Unterschenkel ist – vor allem im Bereich der ventralen Tibiakante – sehr gering, sodass gerade bei direkten Traumata erhebliche zweit- bis drittgradige Weichteilschäden entstehen können. Nicht selten werden offene Unterschenkelfrakturen nach Hochrasanztraumata, wie z. B. bei Motorradunfällen, gesehen.

Gerade nach geschlossenen Unterschenkelchaftfrakturen kann es im Verlauf zur Ausbildung eines Kompartmentsyndroms kommen (s. Kap. 11.1, S. 124ff). Aus diesem Grund müssen die Patienten engmaschig im Verlauf kontrolliert werden. Im Zweifelsfall sollte eine Messung des Logendrucks frühzeitig erfolgen, um bei Bedarf schnell eine operative Entlastung durchzuführen.



Abb. 11.6.1: Distale Unterschenkel-torsionsfraktur.



Abb. 11.6.2: Immer nach Begleitfrakturen der Fibula suchen, denn diese sind versorgungsrelevant.

11.6.2 Diagnostik

Bei den Unterschenkelchaftfrakturen finden sich häufig begleitende Weichteilverletzungen. Schwellung, Druck- und Bewegungsschmerz oder bereits sichtbare Fehlstellungen können vorliegen. Radiologisch werden standardisierte Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen durchgeführt. Es darf hierbei nicht vergessen werden, auch das Sprung- und Kniegelenk zu röntgen.

Bei unklarer Gefäßsituation sollte eine Dopplersonografie angeschlossen werden. Bleiben trotz Doppleruntersuchung noch Zweifel, muss eine Angiografie folgen.

Eine weiterführende Diagnostik mittels CT ist i. d. R. nicht notwendig.

11.6.3 Klassifikation

Tibia/Fibula, Tibia Diaphyse: AO-Klassifikation			
A einfache Fraktur	1 	2 	3
B Keilfraktur	1 	2 	3
C komplexe Fraktur	1 	2 	2

11.6.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Im Rahmen geschlossener oder offener Unterschenkelchaftfrakturen kann es im Verlauf zur Ausbildung eines Kompartmentsyndroms kommen. Diesbezüglich sollten engmaschige Kontrollen der peripheren Durchblutung, Sensibilität und Motorik erfolgen. Zu beachten ist, dass die Beurteilung des palpablen Fußpulses allein nicht ausreicht, um ein Kompartiment auszuschließen, da der Druck in der Muskelloge selten den systolischen Druck übersteigt!

Bei starken Dislokationen der Frakturenden kommt es, vor allem im Bereich des mittleren Schaftdrittels, häufig zu begleitenden Gefäß- und Nervenverletzungen. Davon ist in erster Linie die Arteria tibialis anterior betroffen. Liegt neben

der Tibiaschaftfraktur auch eine Fraktur des Fibulaköpfchens vor, so muss zwingend auch auf eine mögliche Schädigung des Nervus peroneus geachtet werden.

Nicht selten treten auch Kettenverletzungen (Frakturen einer Extremität auf unterschiedlichen Höhen) auf, z. B. proximale Oberschenkelfrakturen, Unterschenkschaftfrakturen und Fußbrüche desselben Beins.

11.6.5 Versorgungszeitpunkt

isolierte Monoverletzung des Tibiaschafts	N3
offene Unterschenkelfrakturen	N1
begleitende Gefäß- und Nervenverletzung	N1
Ausbildung eines Unterschenkelkompartments	N1

11.6.6 Kalkulierte Erstversorgung

Bei den Unterschenkelfrakturen können lediglich nicht dislozierte oder geschlossen reponierbare Frakturen vom Typ A2 und A3 konservativ durch eine Ruhigstellung im Gipsverband behandelt werden. Dabei können Verkürzungen der Fraktur um weniger als 10 mm und Achsenfehlstellung unter 5° toleriert werden.

Alle anderen Frakturen müssen operativ therapiert werden. Hierzu sind folgende Verfahren möglich: Bei zu ausgeprägter Schwellung, großem Weichteiltrauma oder offenen Frakturen ist eine temporäre Ruhigstellung im Fixateur externe angebracht. Andere Möglichkeiten stellen eine Marknagelung, eine Plattenosteosynthese oder eine Kombination der drei Varianten dar.

11.6.7 Tricks und Techniken

Der Weichteilschaden ist für die folgende Therapie entscheidend, sodass eine genaue Klassifikation von außerordentlicher Wichtigkeit ist. Die Einteilung nach Gustilo und Anderson ist hierfür am genauesten (s. Kap. 1.3, S. 11).

Weiterführende Literatur:

- Jäger C, Echtermeyer V. Kompartmentsyndrom des Unterschenkels und des Fußes. *Unfallchirurg.* 2008; 111(10): 768-75.
- Josten C, Marquass B, Schwarz C, Verheyden A. Marknagelosteosynthese proximaler Tibiafrakturen. *Unfallchirurg.* 2010; 109(12): 1104-1108.
- Labler L, Wedler V, Mica L, Trentz O. Entrapment der A. tibialis anterior in einer distalen Tibiafraktur nach intramedullärer Nagelung. *Unfallchirurg.* 2006; 109: 156-159.
- Parrett BM, Matros E, Pribaz JJ, Orgill DP. Lower extremity trauma: trends in the management of soft-tissue reconstruction of open tibia-fibula fractures. *Plast Reconstr Surg.* 2006; 117(4): 1315-1322.
- Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. Band 2 – Spezifische Frakturen, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart, New York 2008.
- Taheri AS, Dudda M, Özokay L. Unterschenkschaftfrakturen. In: Frakturen – Klassifikation und Behandlungsoptionen. Springer, Berlin 2010, 177-200.

11.7 Distale Unterschenkel-frakturen

Jörg Schmidt

11.7.1 Entstehung und Besonderheiten

Distale Unterschenkelfrakturen sind in ihrer Erscheinungsform genauso uneinheitlich wie ihr Entstehungsmechanismus. Es kann sich sowohl um reine distale Schaftfrakturen, als auch Schaftfrakturen mit Beteiligung des Sprunggelenks, sowie Frakturen des Pilon tibiale handeln. Bei den distalen Tibiafrakturen unterscheidet man aufgrund des Unfallmechanismus Torsionsfrakturen von Stauchungsfrakturen. Letztere führen häufig zu komplexen Zerstörungen der distalen Tibiagelenkfläche, den sog. Pilon-tibiale-Frakturen. Eine eigene Entität stellen die sog. Robinson-Frakturen dar: Tibiaschaftfrakturen mit Beteiligung des oberen Sprunggelenks, die meist infolge eines niedrig-energetischen Verdrehtraumas entstehen.

Allen Frakturformen gemeinsam ist jedoch das Weichteilproblem. Aufgrund der geringen Weichteildeckung der Knochen am distalen Unterschenkel kommt es in etwa einem Viertel der Fälle zu offenen Frakturen, der übrige Anteil der Fälle zeigt mehr oder weniger ausgeprägte geschlossene Weichteilschäden. Aus diesem Grund steht bei der Behandlung der distalen Unterschenkelfraktur die Behandlung der Weichteile im Vordergrund.

11.7.2 Diagnostik

Für die Erstdiagnostik ist eine Röntgenaufnahme des Sprunggelenks mit angrenzendem Unterschenkel ausreichend. I. d. R. stellt sich eine dislozierte Verletzung dar, die einer

operativen Versorgung zugeführt werden muss. Nach der erfolgten Reposition, der Dislokation und Retention im Fixateur externe oder ausnahmsweise auch im Gipsverband muss eine CT-Untersuchung erfolgen, um das Ausmaß der Fraktur exakt zu klassifizieren und die weiteren Versorgungsoptionen festzulegen.

11.7.3 Klassifikation










Tibia/Fibula, Tibia distal: AO-Klassifikation			
A extra-artikuläre Fraktur	1 	2 	3 
B partielle Gelenkfraktur	1 	2 	3 
C vollständige Gelenkfraktur	1 	2 	3 



Abb. 11.7.1: Distale Unterschenkelfraktur, Spiralfaktur nach Low-energy-Trauma.



Abb. 11.7.2: Bei der Erstversorgung zeigt sich der erhebliche mediale Weichteilschaden (vgl. auch Abb. 11.8.3, S. 140).

11.7.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Hier sollte in Abhängigkeit vom Verletzungsmechanismus nach Begleitverletzungen gesucht werden. Bei Low-energy-Traumata kann es durch Torsionsmechanismen zu Begleitfrakturen der proximalen Fibula kommen. I. d. R. besteht hier jedoch keine Instabilität der Syndesmose. Bei High-energy-Traumata allerdings kann es zu irregulären Verletzungsmustern kommen. Außer begleitenden Gefäß- und Nervenverletzungen können hier tatsächlich auch Zerreißen der Syndesmose mit konsekutiver Instabilität auftreten. Bei Repositionsbehinderungen ist an die Interposition von Sehnen zu denken.

Die wesentlichsten Begleitverletzungen sind jedoch im Bereich der Weichteile zu suchen. Höhergradige geschlossene und offene Weichteilschäden sind bei allen Verletzungsformen die Regel! Aus diesem Grund sind primäre definitive Versorgungen die Ausnahme.

11.7.5 Versorgungszeitpunkt

primäre Reposition und Retention	N2 (Weichteiltraumatisierung ist führendes Verletzungsbild)
weiterführende Diagnostik und definitive Versorgung	N5

11.7.6 Kalkulierte Erstversorgung

Direkt bei Aufnahme in der Notfallambulanz erfolgt die vorsichtige Reposition unter stetigem Zug am Fuß und die Ruhigstellung in einer Notfallschiene. Sollten präklinisch Verbände bei offener Verletzung angelegt worden sein, so verbleiben diese bis in den OP. Sollten die Verbände durchbluten, werden sie überwickelt. Nach der Röntgendiagnostik wird entschieden, ob eine Gipsruhigstellung ausreichend ist, oder ob eine operative Versorgung erfolgen muss. Bei Anlage eines Gipsverbandes muss an eine Röntgenkontrolle gedacht werden. Oftmals gelingt die Retention der Verletzung im Gips nicht und eine operative Versorgung wird unumgänglich.

11.7.7 Tricks und Techniken

Zur Anlage einer Notfallschiene werden i. d. R. drei Mitarbeiter benötigt. Der kontinuierliche Zug am Fuß sollte durch

Gegenhalten am Oberschenkel stabilisiert werden. Dieser Zug und die dadurch eintretende Reposition werden durch den Verletzten in der Regel als angenehm empfunden. Der dritte Mitarbeiter legt die Schiene an und wickelt diese fest. Trotz der Neugierde der Erstversorger und der Nachfragen aus dem OP, dürfen präklinisch angelegte Verbände bei vermeintlich offenen Verletzungen zur Verhütung nosokomialer Besiedelungen der Wunden erst im OP unter sterilen Voraussetzungen entfernt werden.

Weiterführende Literatur:

Queitsch C, Kienast B, Fuchs S, Seide K. Distale Unterschenkelfraktur: Zweizeitiges Vorgehen mit Fixateur externe und winkelstabiler Platte; Fracture of the distal lower limb: two-stage surgical treatment with external fixator and locked- screw plate. *Zentralbl Chir.* 2006; 131(3): 194-9.

Weber O, Müller MC, Goost H, Burger C, Kabir K, Wirtz D. The Articular Fracture of the Lower Limb. Die synchrone OSG- und Unterschenkelfraktur. *Z Orthop Unfall.* 2009; 147(3), 298–305.

11.8 Verletzungen der Sprunggelenke

Sönke Labza

11.8.1 Entstehung und Besonderheiten

Frakturen der Sprunggelenke zählen mit einer Inzidenz von 1:1000 Einwohnern und 10–15% der operierten unfallchirurgischen Patienten zu den häufigsten Verletzungen des Menschen. Sie entstehen üblicherweise durch ein Distorsions-trauma („Umknicken“) des Fußes gegen den Unterschenkel und deutlich seltener durch Hochenergie-Verletzungen oder direkten Anprall.

Die Frakturform ist abhängig von der Fußstellung zum Unfallzeitpunkt und von der Richtung der einwirkenden Kraft. Oftmals kommt es zu Kombinationsverletzungen von Knochen, Bändern und Knorpel.



Abb. 11.8.1: Bimalleolarfraktur (AO 44-B2) a. p.



Abb. 11.8.2: Bimalleolarfraktur (AO 44-B2) seitlich.

11.8.2 Diagnostik

Nach der Anamnese folgt die klinische Untersuchung. Röntgenaufnahmen des OSG in zwei Ebenen, ggf. müssen auch gehaltene Aufnahmen angefordert werden. Eine CT-Untersuchung ist nur bei komplexen Frakturen erforderlich. Eine MRT-Untersuchung ist bei intaktem Knochen zur Abklärung von Bandverletzungen ergänzend möglich.

11.8.3 Klassifikation

Tibia/Fibula, Malleolen: AO-Klassifikation			
A laterale infra- syndesmale Läsion	1	2	3
B trans- syndesmale Fibulafaktur	1	2	3
C laterale supra- syndesmale Läsion	1	2	3

11.8.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Sprunggelenksverletzungen treten meist isoliert ohne wesentliche Begleitverletzungen auf. In seltenen Fällen kommt es durch den Distorsionsmechanismus zu ligamentären oder meniskalen Schädigungen des Kniegelenks. Weiterhin sind subkutane Abscherverletzungen und die Ausbildung eines Kompartmentsyndroms am Unterschenkel möglich. Selten und vor allem bei Hochrasanz-Traumata ist das Auftreten von offenen Weichteilschäden möglich. Diese treten dann i. d. R. im Bereich des Innenknöchels auf.



Abb. 11.8.3: 3° offene OSG-Luxationsfraktur.



Abb. 11.8.4: OSG-Luxationsfraktur (AO 44-C2) a. p. Es muss eine sofortige Reposition im Schockraum erfolgen.



Abb. 11.8.5: OSG-Luxationsfraktur (AO 44-C2) seitlich.

11.8.5 Versorgungszeitpunkt

Sprunggelenksfraktur als Monoverletzung	N5
Sprunggelenksfraktur mit Dislokation	N3
Sprunggelenksluxation	N2

11.8.6 Kalkulierte Erstversorgung

Eine nicht dislozierte Sprunggelenksfraktur sollte bis zur operativen Versorgung im gespaltenen Unterschenkelgips ruhiggestellt werden. Eine stationäre Behandlung ist in diesem Fall nicht unbedingt erforderlich.

Eine dislozierte Sprunggelenksfraktur sollte reponiert werden. Wenn die Reposition durch einen gespaltenen Unterschenkelgips gehalten wird, ist diese Form der Ruhigstellung bis zur operativen Versorgung ausreichend. Bei unzureichender Retention im Gips ist zur Ruhigstellung bis zur definitiven osteosynthetischen Versorgung die Transfixation im tibio-kalkaneal-metatarsalen Fixateur externe angezeigt.

Eine Sprunggelenksluxation muss schnellstmöglich unter Analgesie reponiert werden, ehe die Ruhigstellung bis zur definitiven osteosynthetischen Versorgung entweder im Gips oder im Fixateur externe erfolgt.

11.8.7 Tricks und Techniken

Bei nicht dislozierten Frakturen kann die konservative Therapie ausreichend sein. Vor der Festlegung des Prozederes sollte jedoch eine Kontrollaufnahme des Sprunggelenks in 2 Ebenen nach Gipsanlage erfolgen, um eine Dislokation im Rahmen der Gipsmanipulation auszuschließen.

Dislozierte Frakturen sollten nicht vor Konsolidierung der Weichteile osteosynthetisch operiert werden. Hier gilt die Versorgungsreihenfolge: Fibula – Innenknöchel – Volkmannndreieck als unstrittig. Die Fibula wird mittels Zugschraube und Neutralisationsplatte versorgt, der Innenknöchel durch eine Zuggurtung oder schraubenosteosynthetisch. Das Volkmannndreieck wird mittels zweier Zugschrauben oder durch eine dorsale Antgleitplatte refixiert.

Intraoperativ ist die Stabilität der Syndesmose zu überprüfen. Im Falle einer Instabilität kommen zwei Stellschrauben zur Anwendung.

Weiterführende Literatur:

Recum J, Mayer H, Wendl K, Grützner PA, Wentzensen A. Frische Verletzungen des OSG. *Trauma Berufskrankh.* 2006; 8: 14-19.

Rammelt S, Grass R, Zwipp H. Sprunggelenkfrakturen. *Unfallchirurg.* 2008; 11: 421-438.

Singh R, Ajuied A. Results of early surgical intervention after suboptimal ankle fracture fixation. *Injury.* 2006; 37: 899-904.

Clements JR, Motley TA, Garrett A, Carpenter BB. Nonoperative Treatment of Bimalleolar Equivalent Ankle Fractures: A Retrospective Review of 51 Patients. *J Foot Ankle Surg.* 2008; 47(4): 40-45.

Weinlein J, Schmidt AH. Whats new in Orthopaedic Trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 2010; 92: 2247-2260.

12

VERLETZUNGEN DES FUSSES

12.1 Talusfrakturen	146
12.2 Fersenbeinfraktur	150
12.3 Luxationsfrakturen der Fußwurzel – Chopart-/Lisfranc-Luxationsfrakturen	153
12.4 Mittelfuß- und Zehenfrakturen	156

12.1 Talusfrakturen

Antonio Ernstberger, Michael Nerlich

12.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Frakturen des Talus gehören zu den seltenen Frakturen. Nahezu immer liegt ein Hochenergietrauma zugrunde, sei es beim Sturz aus großer Höhe oder beim schweren Verkehrsunfall. Bei 50% der Fälle zeigt sich ein Talushalsbruch; 1/5 aller Frakturen sind offene Frakturen.

Die Besonderheiten des Talus sind das Fehlen von Muskelansätzen, der Anteil an Gelenkknorpel an seiner Oberfläche (60%) und seine Blutversorgung, die, bedingt durch die Gelenkflächen, nur wenig Eintrittspunkte hat.

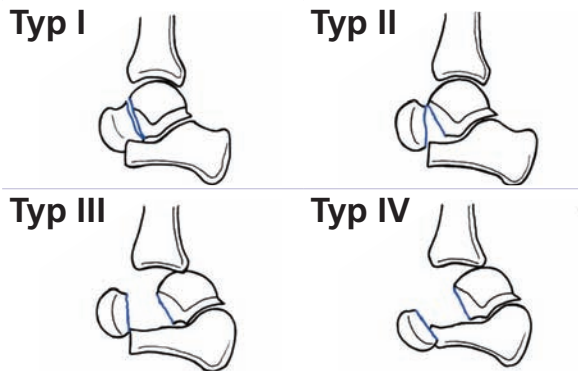
Brüche des Talus stellen somit eine besondere Herausforderung und einen chirurgischen Notfall dar. Das Outcome ist direkt abhängig von der initialen Dislokation/Luxation. Eine prolongierte Frakturheilung ist häufig. Nicht zu vernachlässigen ist die Rate an Talusnekrosen.

12.1.2 Diagnostik

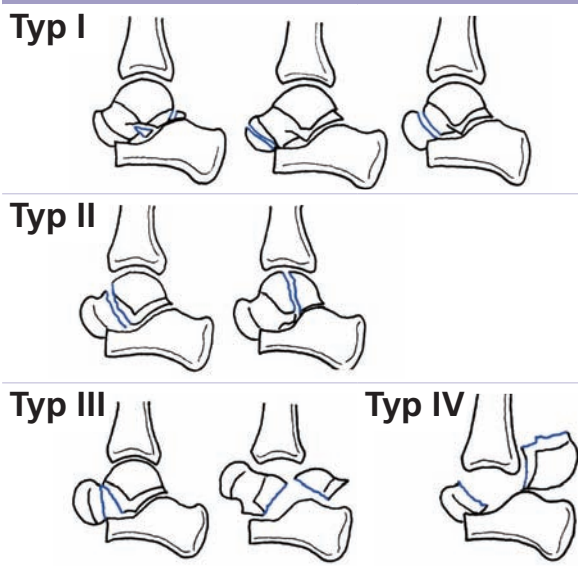
Die primäre Diagnostik geschieht mit Hilfe der konventionellen Bildgebung. Ein Röntgenbild des Sprunggelenks in 2 Ebenen gibt Aufschluss über eine mögliche Fraktur im Talus. Je nach Aussagekraft des Bilds – insbesondere bei schwereren Frakturen oder aber bei bleibendem Verdacht trotz unauffälligem konventionellem Bild und adäquatem Trauma – ist die CT-Untersuchung indiziert. Seitliche Absprengungen im Bereich der subtalaren Gelenkflächen, vor allem dorsal, können im Röntgenbild verborgen bleiben.

12.1.3 Klassifikation

Talushalsfrakturen: Klassifikation nach Hawkins



Talusfrakturen: Klassifikation nach Marti und Weber



Talushalsfraktur



Abb. 12.1.1: Talusfraktur Typ Hawkins 1, im CT dargestellt.



Abb. 12.1.2: Gleiche Fraktur in der zweiten Ebene.



Abb. 12.1.3: Typische Versorgung mit 2 Schrauben.

12.1.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Die wesentlichste Begleitverletzung der Talusfraktur ist das Weichteiltrauma. Zeigt sich die Fraktur disloziert, so ist auch bei geschlossenen Frakturen ein massives Weichteiltrauma zu erwarten. Bei starken Dislokationen und Luxationen sind die Frakturen in der Regel offen und gehen mit Zerreißung des Weichteilmantels einher.

Die Talusfraktur wird durch ein Hochenergietrauma verursacht. Insofern ist bei Stürzen aus großer Höhe, wie bei der Kalkaneusfraktur, insbesondere an eine zusätzliche Verletzung der Wirbelsäule zu denken. Nicht selten stellt der Patient mit einer Talusfraktur einen schwerstverletzten Patienten im Sinne eines Polytraumas dar.

Bezogen auf den Fuß sind Begleitverletzungen im Chopart-/ Lisfranc-Gelenk häufig.

Das Fußkompartmentsyndrom ist auszuschließen!

12.1.5 Versorgungszeitpunkt

dislozierte, nicht reponible oder offene Talusfraktur	N1
primär dislozierte, reponierte geschlossene Talusfraktur	N2/N3
nichtdislozierte Talusfraktur	N4/N5
Frakturen, die den Randbereich des Talus betreffen	konservative Therapie

12.1.6 Kalkulierte Erstversorgung

Die sofortige Reposition stellt bei einer dislozierten Talusfraktur die primäre Therapie dar.

Die endgültige Versorgung von Talusfrakturen geschieht durch Schraubenosteosynthese, bedingt durch die anatomischen Gegebenheiten des Talus (60% Gelenkfläche). Hierbei kommen sowohl die dorsale, als auch die ventrale Schraubenosteosynthese mit durchbohrten Spongiosaschrauben, im Sinne von Zugschrauben, zum Einsatz (s. Abb. 12.1.3). Alternativ können auch Kortikalisschrauben als Zugschrauben eingesetzt werden; sie werden jedoch seltener verwendet.

Bei offenen Frakturen ist an eine Transfixation des Sprunggelenks durch einen Fixateur externe zu denken, um den Weichteilmantel während der Wundheilung zu schtzen. Kommt ein Fixateur zum Einsatz, so kann bei offenen Frakturen auch eine Spickdrahtosteosynthese des Talus in Erwägung gezogen werden (s. Abb. 12.1.4.–8).

Offene Talusluxationsfraktur



Abb. 12.1.4: Offene Talusluxationsfraktur. Versuch der radiologischen Darstellung.



Abb. 12.1.5: Offene Talusluxationsfraktur. 2. Ebene.



Abb. 12.1.6: Klinisches Bild vor der Versorgung.



Abb. 12.1.7: Der Talus ist fast vollständig aus den Weichteilen herausgelöst.



Abb. 12.1.8: Nach Reposition und Retention.

Bei massiver Zerstörung des Talus ist eine primäre Arthrodese des oberen und/oder unteren Sprunggelenks zu diskutieren. Wenn ein Damage Control Treatment bei einem polytraumatisierten Patienten eine definitive Versorgung untersagt, muss dennoch die Reposition einer dislozierten Fraktur durchgeführt werden. Diese kann, ganz wie die offene Fraktur, temporär oder endgültig mit Spickdrähten und einer Sprunggelenkstransfixation gehalten werden (siehe Abb. 12.1.2 f, g).

12.1.7 Tricks und Techniken

Der Zugang zum Talus ist von ventral her einfach und schonend. Der Talus kann reponiert und auch von ventral her verschraubt werden. Bei unverschobenen Frakturen des

Talushalses sollte wegen der besonderen Durchblutungssituation ebenfalls eine Osteosynthese durchgeführt werden. Hier eignet sich auch ein Einbringen der Schrauben von dorsal her. Beim dorsalen Einbringen der Zugschrauben wird in der Literatur eine erhöhte Stabilität beschrieben.

Der Wundverschluss muss spannungsfrei möglich sein. Im Zweifel sollte einem zweizeitigen Wundverschluss der Vorzug gegeben werden.

Eine postoperative CT ist zur Stellungskontrolle ggf. sinnvoll. Eine konventionell radiologische Nachkontrolle nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und zwölf Monaten ist für die Beurteilung des Heilungsverlaufes und insbesondere im Hinblick auf das Erkennen einer Talusnekrose sinnvoll.

Weiterführende Literatur:

- Canale ST, Kelly FB, Jr. Fractures of the neck of the talus. Long-term evaluation of seventy-one cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1978; 60(2): 143-156.
- Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. *Surgery of the Foot and Ankle.* Mosby, Philadelphia 2007.
- Hawkins LG. Fractures of the neck of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52(5): 991-1002.
- Marti R. Talus und Calcaneusfrakturen. In: Weber BG, Brunner CF, Freuler F (Hrsg). *Die Frakturbehandlung von Kindern und Jugendlichen.* Springer, Berlin Heidelberg New York 1978.
- Mulfinger GL, Trueta J. The blood supply of the talus. *J Bone Joint Surg Br.* 1970; 52(1): 160-167.
- Schulze W, Richter J, Russe O, Ingelfinger P, Muhr G. Surgical treatment of talus fractures: a retrospective study of 80 cases followed for 1–15 years. *Acta Orthop Scand.* 2002; 73(3): 344-351.

12.2 Fersenbeinfrakturen

Jörg Schmidt

12.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Kalkaneusfrakturen sind die häufigsten Frakturen der Fußwurzel. Die Frakturentstehung folgt zwei unterschiedlichen Mechanismen:

Durch Verdrehen oder plötzliche Muskelkontraktion, insbesondere bei ossärer Schwächung, kommt es zu extraartikulären Kalkaneusfrakturen. Diese sind mit 22–30% aller Kalkaneusfrakturen relativ selten. Viel häufiger sind die intraartikulären Kalkaneusfrakturen. Diese sind Folge eines Sturzes aus größerer Höhe und sind mit 70–80% die häufigere Form. Dabei am häufigsten betroffen ist die posteriore Gelenkfacette des Subtalargelenks.

12.2.2 Diagnostik

Bereits klinisch ist der dringende Verdacht auf eine Kalkaneusfraktur zu stellen. Der Rückfuß ist in der Regel verkürzt, abgeflacht und verbreitert. Oftmals findet sich ein ausgedehntes subkutanes Hämatom an der Lateralseite des Fußes und im Bereich des Fußgewölbes. Die röntgenologische Diagnostik besteht zunächst aus dem Röntgenbild des Sprunggelenks in 2 Ebenen und des Fersenbeins axial. Damit werden auch Begleitverletzungen des oberen Sprunggelenks und auch der Fußwurzel, zumindest am Rande berücksichtigt. Für die Feindiagnostik muss in der Akutphase eine CT-Untersuchung durchgeführt werden. Hierbei sollte auch eine 3-dimensionale Oberflächenrekonstruktion erstellt werden, um das Frakturausmaß für einen späteren operativen Eingriff in seiner Komplexität beurteilen zu können.

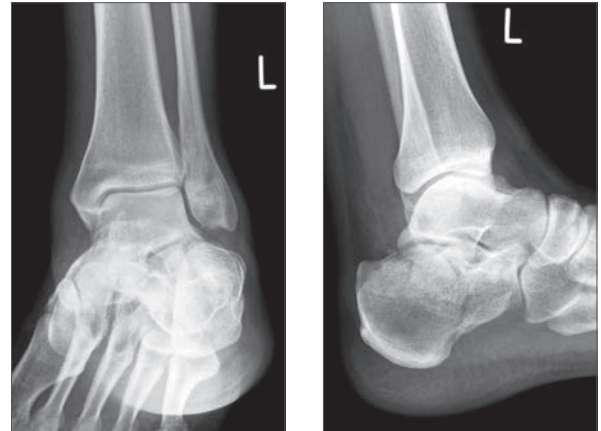


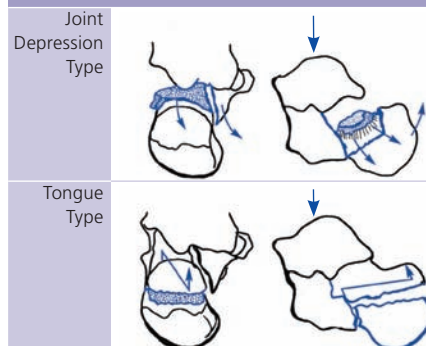
Abb. 12.2.1: Sprunggelenk in 2 Ebenen. Kalkaneusfraktur zu erkennen.



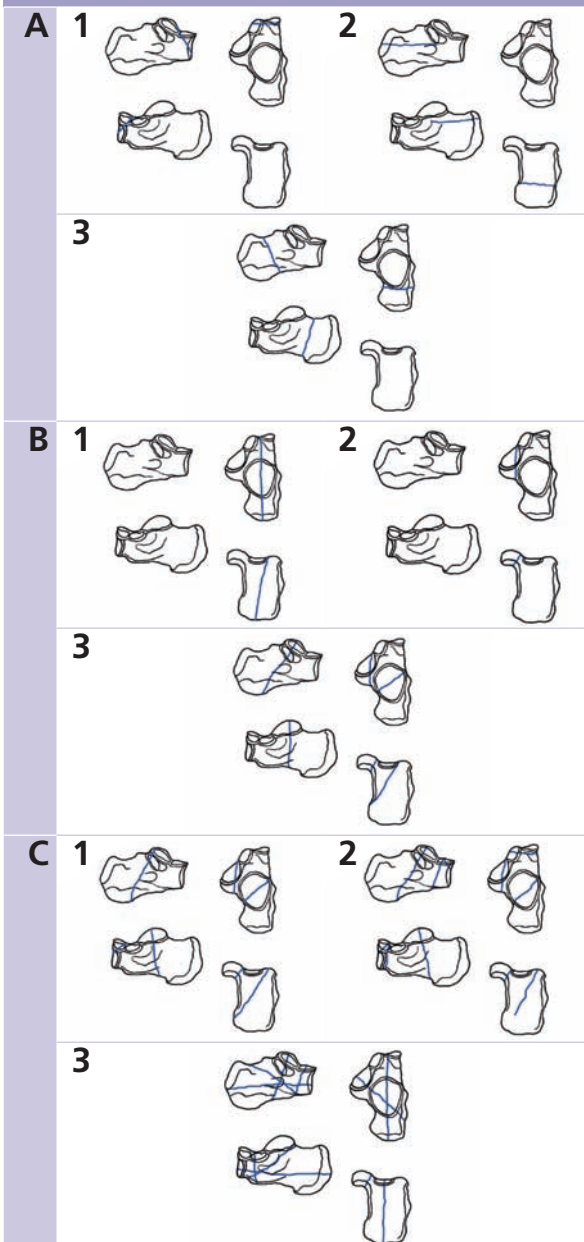
Abb. 12.2.2: Gleiche Fraktur. Das Ausmaß der Verletzung ist allerdings erst in der CT absehbar.

12.2.3 Klassifikation

Kalkaneusfrakturen: Klassifikation nach Essex-Lopresti



Calcaneusfrakturen: Klassifikation in Anlehnung an die AO-Klassifikation nach Zwipp



Kalkaneusfrakturen auch bilateral auftreten, wobei klinisch die höhergradig betroffene Seite führt und die weniger betroffene Seite übersehen werden kann. Zum anderen kann die Kalkaneusfraktur der distale Ausläufer einer wesentlich komplexeren Kettenverletzung sein, die sich bis zur Wirbelsäule fortsetzt. Nicht selten treten Wirbelkörperkompressionsfrakturen und Kalkaneusfrakturen gemeinsam auf. Eine Beteiligung von Becken und Tibiakopf muss zumindest klinisch, wenn nicht gar radiomorphologisch, ausgeschlossen werden.

Von entscheidender Wichtigkeit bei Kalkaneusfrakturen ist weiterhin der Ausschluss eines Fußkompartmentsyndroms. Hinweisend dafür ist ein ausgeprägtes Fußsohlenhämatom. Die Fähigkeit die Zehen zu flektieren („Krallen“), ist aufgehoben. Im Verdachtsfall muss das Fußkompartiment über eine Druckmessung ausgeschlossen werden, da insbesondere das tiefe Hohlfußkompartiment für eine klinische Untersuchung nicht erreichbar ist.



Abb. 12.2.3: Ausgeprägte Hämatombildung des Unterschenkels nach Fersenbeinfraktur. Ein Kompartmentsyndrom muss klinisch ausgeschlossen werden.

12.2.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Der Entstehungsmechanismus einer Kalkaneusfraktur ist i. d. R. ein Sturz aus größerer Höhe. Daher gilt es, auf folgende Begleitverletzungen zu achten: Zum einen können

12.2.5 Versorgungszeitpunkt

Fußkompartmentsyndrom	N1
definitive operative Versorgung der Kalkaneusfraktur	N5

12.2.6 Kalkulierte Erstversorgung

Nach sicherem Ausschluss von Kompartmentsyndromen und offenen Verletzungen stehen konservative weichteilkonsolidierende Maßnahmen im Vordergrund. Es kann eine Gips-

ruhigstellung erfolgen. Wichtig jedoch ist die Hochlagerung des Beins, die Kühlung der Ferse und die Anordnung abschwellender Maßnahmen wie z. B. Lymphdrainagen. Nach Konsolidierung der Weichteile zwischen dem 3. und 5. Tag sollte dann die definitive Versorgung erfolgen. Bei Vorliegen eines Fußkompartmentsyndroms ist mit der Dringlichkeit N1 eine Kompartmentspaltung und ggf. Ruhigstellung des Fußes durch einen Fixateur externe anzustreben. Dabei ist zu beachten, dass der Kalkaneus nicht mit Pins besetzt wird, um nicht über die kontaminierten Pin-Eintrittsstellen eine definitive operative Versorgung zu verzögern. Auch von medial angelegte Fixateure, die die Länge des Fersenbeins primär rekonstruieren, sind kritisch einzusetzen, da, vor allem bei erheblichen Weichteilschäden von medialeseitig her über kontaminierte Pins, Infekte am Kalkaneus eintreten können. Solche Infekte können in einem Desaster enden. Aus diesem Grund sind, außer notwendiger Weichteilmaßnahmen wie Kompartmentspaltungen, primäre Manipulationen am Fersenbein sehr kritisch anzusehen.

Die definitive operative Versorgung der Kalkaneusfraktur ist elektiv mit der Dringlichkeit N5 durchzuführen. Wie bei vielen komplexen gelenkbildenden Frakturen ist die Anwesenheit eines erfahrenen Operateurs notwendig.

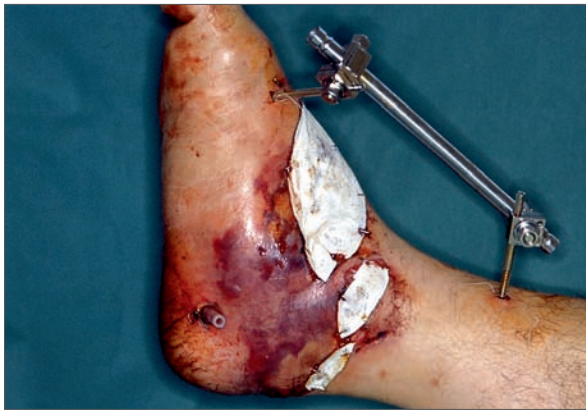


Abb.12.2.4: Bei erheblichen Weichteilschäden ist eine temporäre Ruhigstellung im Fixateur externe notwendig.

12.2.7 Tricks und Techniken

Wichtig bei der Versorgung der Kalkaneusfrakturen ist die bildgebende Diagnostik. Hier muss eine CT-Rekonstruktion in 3 Ebenen sowie eine Oberflächenrekonstruktion durchgeführt werden. Nur so kann der Operateur sich ein vollständiges Bild über die Komplexität der Fraktur machen. Ein Problem kann die „einfache“ Fraktur des Processus anterior darstellen. Wie in dem dargestellten Beispiel zeigen die

Nativbilder nur die dislozierte Fraktur, nicht aber das ganze Ausmaß der Chopart-Luxationsfraktur! Auch bei solchen vermeintlich „harmlosen“ Frakturen immer eine CT machen! Wie auch bei der Handwurzel muss man an der Fußwurzel nach weiterführenden Verletzungen suchen!

Primäre invasive Maßnahmen sollen zurückhaltend ergriffen werden, da die Konsolidierung der meist ausgedehnten Weichteilverletzung im Vordergrund steht. Einzige zwingende Indikationen sind offene Verletzungen oder das o. g. Kompartmentsyndrom. Bei Indikationsstellung ist weiterhin das gesamte klinische Bild des Patienten sowie die Compliance, das physiologische Alter und die periphere Durchblutungssituation zu berücksichtigen. Stringente Altersregeln (z. B. keine Operation des Fersenbeins mehr nach dem 50. Lebensjahr) gelten heute nicht mehr.

Der primäre Heilungsverlauf muss täglich kontrolliert werden. Es wird empfohlen, auf ruhigstellende Verbände zu verzichten, um den Fuß ständig im Blick haben zu können.

Weiterführende Literatur:

- Bakker B, Halm JA, van Lieshout EMM, Schepers T. The fate of Böhler's angle in conservatively-treated displaced intra-articular calcaneal fractures. *Int Orthop* 2012; 36(12): 2495–2499.
- Bruce J, Sutherland A (2013): Surgical versus conservative interventions for displaced intra-articular calcaneal fractures. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013; 1, CD008628.
- Buckley RE, Seadon S. Infections in calcaneal fracture patients treated with open reduction and internal fixation and bioresorbable calcium phosphate paste: a case series. *Foot Ankle Int*. 2012, 33(11): 997–1000.
- Ding Liang, He Z, Xiao H, Chai L, Xue F. Risk Factors for Postoperative Wound Complications of Calcaneal Fractures Following Plate Fixation. *Foot Ankle Int*. 2013.
- Faymonville C, Andermahr J, Seidel U, Müller LP, Skouras E, Eysel P, Stein G. Compartments of the foot: topographic anatomy. *Surg Radiol Anat*. 2012; 34(10): 929–933.
- Rammelt S, Zwipp H, Schneiders W, Dürr C. Severity of Injury Predicts Subsequent Function in Surgically Treated Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 2013.

12.3 Luxationsfrakturen der Fußwurzel – Chopart-/Lisfranc-Luxationsfrakturen

Antonio Ernstberger, Michael Nerlich

12.3.1 Entstehung und Besonderheiten

Die Chopart-Luxationsfraktur zieht durch das Talonavikular- und das Kalkaneokuboidgelenk, die Lisfranc-Luxationsfraktur durch die Tarsometatarsalgelenke. Diesen Frakturen, insbesondere Frakturen mit Dislokationen, liegt i. d. R. ein hochenergetisches Fußtrauma zugrunde. Auch Stürze unter 3 m Höhe können ein für diese Frakturen ausreichendes Trauma darstellen. Supinationstraumata können ebenso – insbesondere im Lisfranc-Gelenk – zu einer Fraktur führen. Diese geringergradigen Verletzungen sind aber häufig konservativ therapierbar.

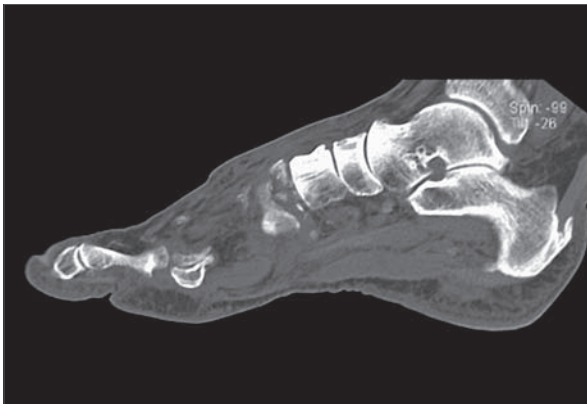


Abb. 12.3.1 und 12.3.2: Lisfranc-Luxationsfraktur des 1. und 2. Strahls.

Eine Besonderheit stellt die Verletzung des Lisfranc-Ligaments, die plantare Bandverbindung zwischen Os cunifforme mediale und der Basis des MTII, dar. Da die MTI-Basis mit der MTII-Basis plantar keine Bandverbindung aufweist, kommt dem Lisfranc-Ligament eine Schlüsselrolle bei der Stabilität des Quergewölbes zu.

12.3.2 Diagnostik

Die primäre Diagnostik besteht aus konventionellen Röntgenaufnahmen des Fußes in 3 Ebenen: a. p., schräg (idealerweise 45°) und streng seitlich. Als weiterführende Diagnostik ist eine CT anzuraten. Auch bei deutlichen klinischen Hinweisen auf eine Fraktur und unauffälligen konventionellen Röntgenaufnahmen sollte eine CT-Diagnostik angeschlossen werden, da unverschobene, kleinere Frakturen im Bereich des Chopart- und Lisfranc-Gelenks im konventionellen Röntgenbild übersehen werden können, aber dennoch einer Ruhigstellung bedürfen.

12.3.3 Klassifikation

Verletzungen des Chopart-Gelenks	rein transligamentär
	transkalkaneär
	transkuboidal mit medialer Instabilität
	transnavikular und transtalar mit lateraler Instabilität
	kombinierte Verletzungen (50% der Fälle)
Dislokationen erfolgen zu 80% nach medial-subtalar	
Myerson-Klassifikation	
komplette Inkongruenz	Typ A
partielle Inkongruenz	Typ B
divergierend	Typ C

Die Verletzungen des Chopart-Gelenks können in rein transligamentär, transkalkaneär und transkuboidal mit medialer Instabilität, transnavikular und transtalar mit lateraler Instabilität sowie kombinierte Verletzungen unterteilt werden. Hierbei stellen die Kombinationsverletzungen den größten Anteil mit 50% der Fälle dar, gefolgt von den transnavikularen. Die Dislokationen erfolgen zu 80% nach medial-subtalar.



Abb. 12.3.3–6: Chopart-Luxationsfraktur mit Navikular- und Außenknöchelfraktur.

Lisfranc-Luxationsfrakturen werden mit Hilfe der Myerson-Klassifikation (komplette Inkongruenz Typ A; partielle Inkongruenz Typ B; divergierend Typ C) eingeteilt.

12.3.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Wie bei den Talusluxationsfrakturen und den Kalkaneusfrakturen ist das Weichteiltrauma die wesentliche Begleitverletzung bei den Chopart- und Lisfranc-Luxationsfrakturen. Grobe Luxationsstellungen müssen umgehend reponiert werden. Das Fußkompartmentsyndrom ist, insbesondere bei der deutlich luxierten Lisfranc-Luxationsfraktur, nicht selten. Chopart- und Lisfranc-Luxationsfrakturen sind im Bereich des Fußes oftmals mit weiteren Frakturen des Vor- und des Rückfußes vergesellschaftet.

Beim polytraumatisierten Patienten muss an eine Verletzung des Chopart-/Lisfranc-Gelenks gedacht werden. Da andere Verletzungen augenscheinlicher sind, ist ein Übersehen dieser Frakturen möglich. Oftmals werden diese Verletzungen nach der initialen Heilungsphase des polytraumatisierten

Patienten zum limitierenden Faktor für die Wiedereingliederung in die Arbeit und die Lebensqualität.

12.3.5 Versorgungszeitpunkt

stark dislozierte Frakturen	N1
offene oder nicht zu reponierende Frakturen	N1
geschlossene, reponierte Frakturen	N4/5

12.3.6 Kalkulierte Erstversorgung

Die dringendste Maßnahme bei allen Luxationsfrakturen ist die sofortige Reposition!

Nichtdislozierte Frakturen können primär konservativ therapiert werden (z. B. Ruhigstellungstiefel, Lopresti-Gips), wenn das Fußkompartmentsyndrom ausgeschlossen ist.

Die Versorgung der Chopart-Luxationsfraktur wird durch die vorhandenen Frakturen bestimmt. Die Frakturen des Naviculare und des Talus; des Kuboids und Kalkaneusfrakturen, bestimmen letztlich das Vorgehen. Angestrebt wird die anatomische Wiederherstellung der Gelenkreihe – idealer Weise ohne definitive Arthrodesen. Einfache Frakturen des Naviculare oder des Kuboids sind mittels Schraubenosteosynthese oder einer Plattenosteosynthese zu versorgen; Impressionsfrakturen im Bereich des Calcaneus erfordern eine Plattenosteosynthese und ggf. eine Beckenkamminterposition. Eine temporäre Arthrodesen mit Kirschner-Drähten oder auch eine definitive Arthrodesen können notwendig werden.

Auch bei den Lisfranc-Luxationsfrakturen ist die anatomische Wiederherstellung das Ziel der operativen Versorgung. Bei dislozierten Frakturen der Lisfranc-Gelenkreihe ist regelhaft eine temporäre Arthrodesen notwendig. Energisch diskutiert werden hier die Schraubenarthrodesen (bessere Stabilität) und die Kirschner-Draht-Arthrodesen (weniger Gelenkflächen-schaden), die mit ihren Vor- und Nachteilen letztlich ebenbürtige Versorgungsmethoden darstellen. Zu bedenken ist, dass die Metatarsalia IV und V eine hohe physiologische Mobilität haben und eine Schraubenarthrodesen, welche die TMT IV/V-Gelenke für längere Zeit überbrückt, diese Mobilität unterbinden würde.

12.3.7 Tricks und Techniken

Chopart-Luxationsfrakturen stellen eine sehr heterogene Gruppe von Frakturen dar. Eine CT-Analyse präoperativ sollte durchgeführt werden, um alle Frakturen in ihrer Gänze zu erfassen und die OP-Planung danach auszurichten.

Bei Lisfranc-Luxationsfrakturen eignen sich dorsale Zugänge, je nach Frakturform entweder als einzelner Zugang mittig oder als medialer und/oder lateraler Zugang. Die Fraktur sollte von nichtdislozierten TMT-Gelenken her aufgebaut werden. Sind alle TMT-Gelenke betroffen, so ist ein Aufbau vom MTI/MTII her möglich, wobei auf die Schlusssteinarchitektur des MTII geachtet werden muss. Die Schraubenarthrodesen im Bereich des MTI/II scheint Vorteile in der Stabilität zu bringen, die hochmobilen MTIV/V-Basen sollten eher nicht mit einer Schraubenarthrodesen versorgt werden. Eine Arthrodesen mittels Platte ist bei TMTI-Luxationen zu überlegen.

Der Fuß sollte für insgesamt drei Monate ruhiggestellt werden (z. B. Ruhigstellungstiefel), wobei bei temporären Kirschner-Draht-Arthrodesen diese nach acht Wochen entfernt werden können.

Nach der operativen Versorgung einer Lisfranc-Luxationsfraktur kann ein zweizeitiger Wundverschluss sinnvoll sein. Bei vorliegendem Kompartmentsyndrom ist dieses zu spalten.



III° offene Lisfranc-Luxationsfraktur mit komplexem Metatarsalia-Trauma.

Weiterführende Literatur:

- Benirschke SK, Meinberg EG, et al. Fractures and dislocations of the midfoot: Lisfranc and Chopart injuries. *Instr Course Lect.* 2013; 62: 79-91.
- Brunet JA, Wiley JJ. The late results of tarsometatarsal joint injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1987; 69(3): 437-40.
- Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. *Surgery of the Foot and Ankle.* Mosby, Philadelphia 2007.
- Myerson MS, Fisher RT, Burgess AR, Kenzora JE. Fracture dislocations of the tarsometatarsal joints: end results correlated with pathology and treatment. *Foot Ankle.* 1986; 6(5): 225-42.
- Wiley JJ. The mechanism of tarso-metatarsal joint injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1971; 53(3): 474-82.

12.4 Mittelfuß- und Zehenfrakturen

Antonio Ernstberger, Michael Nerlich

12.4.1 Entstehung und Besonderheiten

Die meisten der Mittelfuß- und Zehenfrakturen entstehen bei geringerer Gewalteinwirkung. Während Zehenfrakturen meist durch eine direkte Gewalteinwirkung entstehen (Anstoßen des Fußes oder Auftreffen eines Gegenstands), sind Mittelfußfrakturen oftmals distorsionsbedingt (z. B. Treppabgehen und Abrutschen). Sonderformen stellen die Marschfraktur als Ermüdungsfraktur eines innenliegenden Metatarsalknochens (Schaftfraktur) und die Jones-Fraktur oder Dancers-Fraktur (gelenknahe MTV-Basisfraktur) dar, welche häufig bei einem Supinationstrauma entsteht.

Insbesondere Marschfrakturen sind oftmals weder in der konventionellen noch der CT-Bildgebung zu sehen, sodass hier bei entsprechender Klinik ausnahmsweise eine MRT-Diagnostik notwendig ist.

Im Rahmen eines Hochenergietraumas können komplexe und multiple Frakturen der Metatarsalia auftreten, die eine schwerwiegende Verletzung des Fußes darstellen.

Eine weitere Besonderheit stellen die Frakturen des Grund- und Endglieds der Großzehe dar. Zehenfrakturen im Allgemeinen zählen zu den einfachen zu versorgenden Verletzungen und können mittels Pflasterzügelverband meist gut therapiert werden. Großzehenfrakturen im Speziellen zeigen aber aufgrund der besonderen Belastung bei der Abrollbewegung beim Gehen häufig prolongierte Heilungsverläufe und neigen zu Pseudarthrosen. Insbesondere bei internistischen Vorerkrankungen des Patienten (pAVK, Diabetes) ist daher eine Ruhigstellung im Lopresti-Gips, im Vakuumschuh oder einem Vorfußentlastungsschuh sinnvoll. In Einzelfällen ist eine operative Versorgung notwendig (s. Abb. 12.4.1–3).

12.4.2 Diagnostik

Im Allgemeinen sind Metatarsal- und Zehenfrakturen ausreichend in der konventionellen Bildgebung (a. p., 45° Schrägaufnahme, streng seitlich) zu diagnostizieren. In Ausnahmefällen kann eine CT notwendig werden. Eine Ausnahme stellen die Marschfrakturen dar, welche ggf. weder in der konventionellen, noch in der CT-Bildgebung erfasst werden können und nur durch die MRT darstellbar sind.












Abb. 12.4.1–3: Großzehenrundgliedbasisfraktur mit streckseitig offenem Weichteilschaden.

12.4.3 Klassifikation




Klassifikation nach Dameron-Quill	
Typ 1	Abrissfrakturen der Tuberositas (Avulsionsfraktur)
Typ 2	Fraktur im meta-diaphysärem Übergang (True Jones)
Typ 3	Stressfraktur im proximalen Schaft
Typ 4	Fraktur im distalen Schaft/Hals/Kopf

Klassifikation nach Torg (nach Heilungsverlauf)	
Typ 1	akut
Typ 2	prolongierte Heilung
Typ 3	Pseudarthrose

**Frakturen der Röhrenknochen am Fuß:
AO-Klassifikation**

A	1 	2 	3 
B	1 	2 	3 
C	1 	2 	3 

**Metarsale V Basisfraktur:
Klassifikation nach Jones**

1 	2 	3 
--	--	--

12.4.4 Wesentliche Begleitverletzungen

Zeigt sich ein hochenergetisches Trauma mit einer Metatarsale-Kettenverletzung, so ist ein Fußkompartmentsyndrom wahrscheinlich.

In der Regel stellen Metatarsal- und Zehenfrakturen einfache Traumata ohne wesentliche Begleitverletzungen dar. Zehenkompartmentsyndrome sind eine Rarität. Eine Verletzung des Zehennagels bei Endgliedfrakturen/Nagelkranzfrakturen eines Zehs sind möglich.

12.4.5 Versorgungszeitpunkt

offene Metatarsale-Kettenverletzungen	N1/N2
alle übrigen Frakturen	N5 bzw. konservativ

12.4.6 Kalkulierte Erstversorgung

Kettenverletzungen der Metatarsalia können mittels Spickdrahtosteosynthese zur Ausheilung gebracht werden. Eine Plattenosteosynthese im Bereich des MTI und des MTV ist bei Kettenverletzungen zu diskutieren. Das bei Kettenverletzungen oftmals auftretende Fußkompartmentsyndrom muss erkannt und gespalten werden.

Nichtdislozierte Metatarsalia- und Zehenfrakturen werden konservativ versorgt.

Während Frakturen der Zehen 2-5 meist im Pflasterzügelverband zur Ausheilung gebracht werden können, ist bei Grundgliedfrakturen des D1 eine Ruhigstellung mit z. B. Vakuum-/Vorfußentlastungsschuh oder Lopresti-Gips zu diskutieren. Stark dislozierte Frakturen des D1 erfordern mitunter eine Spickdrahtosteosynthese.



Abb. 12.4.4: Isolierte MTV-Schaftfraktur.



Abb. 12.4.5–8: MTV-Trümmerfraktur mit MTIV-Fraktur. Das Frakturausmaß ist in der CT deutlich besser darstellbar.

Nichtdislozierte Frakturen der Metatarsalia II–IV sind in der Regel konservativ mit Ruhigstellung und Entlastung zu therapieren.

Schaftfrakturen des MTI und des MTV bedürfen einer operativen Therapie, wobei hier die Plattenosteosynthese die Versorgung der Wahl darstellt (s. Abb. 12.4.4–8).

Bei dislozierten Frakturen der MTII–IV ist i. d. R. eine Spickdrahtosteosynthese ausreichend.

Frakturen an der MTV-Basis des Typs Jones bedürfen durch den Zug der kurzen Peronealsehne besonderer Aufmerksamkeit. Völlig undislozierte Frakturen können konservativ therapiert werden, müssen aber engmaschig radiologisch nachkontrolliert werden. Zeigt sich eine Dislokation, so ist eine operative Therapie indiziert. Hier kommen, je nach Frakturform, Zuggurtungsosteosynthesen oder aber auch intramedulläre Schraubenosteosynthesen in Betracht.

Marschfrakturen können in der Regel konservativ therapiert werden, benötigen aber mitunter eine lange Rekonvaleszenzzeit.

12.4.7 Tricks und Techniken

Bei MTV-Basisfrakturen werden durch die Zuggurtungsosteosynthese sehr gute Ergebnisse erreicht. Zu achten ist hierbei auf ein striktes Versenken der Spickdrähte, da diese sonst als sehr störend/schmerzhaft empfunden werden.

Konservativ versorgte MTV-Basisfrakturen des Jones-Typs können durch den Zug der kurzen Peronealsehne sekundär dislozieren bzw. eine Pseudarthrose entwickeln. Bei Patienten mit hohem Anspruch bzw. bei auch nur leicht dislozierten Frakturen ist eine operative Therapie vorzuziehen.

Bei Metatarsale-Kettenverletzungen, welche mittels Spickdrahtosteosynthese therapiert werden, ist unter Umständen eine outside-in-Technik intraoperativ praktikabel. Die Spickdrähte können in der Regel nach sechs Wochen entfernt werden.

Weiterführende Literatur:

- Dameron TB. Fractures and Anatomic Variations of the Proximal Portion the Fifth Metatarsal. *J Bone Joint Surg Am.* 1975; 52: 788-792.
- Dameron TB Jr. Fractures of the Proximal Fifth Metatarsal: Selecting the Best Treatment Option. *J Am Acad Orthop Surg.* 199; 3(2): 110-114.
- Heim U, Pfeiffer KM. Internal fixation of Small Fractures: Techniques Recommended by the AO Group. Springer, Berlin 1987.
- Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. Surgery of the Foot and Ankle. Mosby, Philadelphia 2007.
- Rammelt S, Heineck J, Zwipp H, Metatarsal fractures. *Injury.* 2004; 35(Suppl 2): B77-B86.

13

SEPTISCHE CHIRURGIE

13.1	Prinzipien der septischen Chirurgie	162
13.2	Die infizierte Endoprothese	165
13.3	Gelenkinfekte an der Hand	169
13.4	Sehnenscheidenphlegmonen an der Hand	172
13.5	Infizierte Osteosynthesen	174

13.1 Prinzipien der septischen Chirurgie

Volkmar Heppert

13.1.1 Entstehung und Besonderheiten

Die Osteomyelitis ist eine Erkrankung des Knochens, ggf. des Markraums und der umgebenden Weichteile. Sie wird zumeist durch Bakterien ausgelöst. Manifeste Erkrankungen wie TBC oder Syphilis, aber auch Pilze und Parasiten können Verursacher sein.

Jede Osteomyelitis kann hämatogen oder insbesondere nach Operationen direkt am Knochen auftreten. Ohne Erreger gibt es keine Osteomyelitis, aber nicht jeder Erregernachweis bedeutet eine Infektion (Kontamination). Sie entsteht nur bei einer Kombination systemischer und lokaler Abwehrstörungen und ist abhängig von den Wirtsfaktoren des Patienten.

Systemische Faktoren:

- Allergie gegen Implantat
- Alter
- Immunitätslage
- Diabetes mellitus
- Übergewicht
- Alkoholabusus
- Tumoren
- Nikotinabusus

Lokale Faktoren:

- Durchblutungsstörungen
- Bestrahlungen
- Implantat

13.1.1.1 Biofilm

Einliegendes Osteosynthesematerial wird zum Problem, wenn derartige Fremdkörper schnell von Bakterien besiedelt werden und diese innerhalb weniger Tage einen Biofilm bilden können. Unter diesem Biofilm können Bakterien monatelang überleben und sind antibiotisch kaum angreifbar. Zu einem beliebigen Zeitpunkt können sie aus unbekannter Ursache aus der sog. sessilen Form in die planktonische überwechseln und sich im Körper verbreiten. Dies ist eine mögliche Erklärung für das späte Rezidiv.

13.1.2 Diagnostik

Es wird zwischen akuten und chronischen Knocheninfektionen unterschieden.

Akute Infektion < 3–4 Wochen

Jede akute Osteomyelitis ist ein Notfall und als solcher zu behandeln, da es der Biofilmbildung so früh wie möglich entgegenzuwirken gilt. Zu viel Diagnostik führt zu Zeitverzögerung und ist von daher überflüssig. Empfehlung:

- Immer der Klinik folgen.
- Calor, Rubor, Dolor und Functio laesa sind nach wie vor als Infektzeichen zu werten. Sie müssen nicht alle zusammen vorliegen.
- Fieber
- CRP (der heutzutage nach wie vor beste Wert unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten)
- Röntgennativaufnahme

Chronische Infektion > 4 Wochen

Jede chronische Knocheninfektion kann bis zur OP warten. Deshalb sollte man hier die Diagnostik vorantreiben.

- Klinik
- Calor, Rubor, Dolor und Functio laesa sind selten vorliegend
- Röntgennativaufnahme
- CRP
- Ggf. Fistelabradat (besser als Abstrich aus einer Fistel), 14-tägige Bebrütung anstreben.
- CT zeigt Sequesterbildungen
- MRT zeigt die Reaktion/Mitinfektion der umgebenden Weichteile, wenn es mit Kontrastmittel (Gadolinium) durchgeführt wird.

Szintigrafie: Nur als Screeningmethode zu sehen. Frühphasenanreicherung und Bloodpoolphase sind kennzeichnend für ein Infektgeschehen. Beim Akutinfekt ist sie nicht verwertbar.

MRT: Hohe Artefaktrate bei einliegendem Metall; kann in den ersten sechs Wochen nach OP falsch positiv interpretiert werden.



Abb. 13.1.2: Trotz geringer klinischer Lokalsymptomatik handelt es sich hier nach minimalinvasiver Plattenosteosynthese um ein klares Infektgeschehen.

13.1.3 Klassifikation

Anatomischer Typ	
Stadium 1	Osteomyelitis der Markhöhle
Stadium 2	oberflächliche Osteomyelitis
Stadium 3	örtlich begrenzte Osteomyelitis
Stadium 4	diffuse Osteomyelitis
Physiologische Klassifikation	
A Patient	gesunder Patient
B Patient	systemisch erkrankt (Bs) lokale Erkrankung (BI) systemische und lokale Erkrankung (Bis)
C Patient	Therapie ist gefährdender als die Erkrankung

13.1.4 Bakteriologie

In unserem Patientengut findet sich folgende Verteilung:

Staph. Epid.	30,0%
Staph.aureus	29,0%
MRSE	13,0%
Enterokokken	07,0%
MRSA	06,0%
Enterobacter	05,4%
Pseudomonas	05,0%
Andere	04,6%

Auffallend ist ein über die Jahre zunehmendes Auftreten der resistenten Darmbakterien.

13.1.5 Antibiotika

- **Systemische** Antibiotika:

Sind bezüglich Applikation und Verträglichkeit problematisch. Diarrhoen, abdominale Beschwerden und intestinale Clostridienbesiedlung sind mögliche Komplikationen. Enge Zusammenarbeit mit den Mikrobiologen ist unverzichtbar, um den sich ständig verändernden Resistenzmustern einiger Bakterienstämme begegnen zu können. Kombinationen sind - sinnvoll eingesetzt - eine Bereicherung unserer chirurgischen Maßnahmen.

- **Lokale** Antibiotika:

Antibiotika-tragende Schwämme oder Kugelketten sind nach wie vor eine sinnvolle Therapiemaßnahme im Sinne einer adjuvanten Therapie (s. Abb.13.1.1). Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz ist ein

radikales Debridement. Ist der Wirkstoff aufgebraucht, stellen aber insbesondere die Kugelketten nur noch einen Fremdkörper dar. Besiedelung mit resistenten Erregern und Small Colony Variants sind beschrieben.



Abb. 13.1.1: Einliegende PMMA-Ketten bei einer infizierten Unterschenkelfraktur. Der Infekt kann so nicht heilen, da zuvor der tote Knochen entfernt werden muss.

Antibiotika sind weiterhin unverzichtbar in der Therapie der Osteomyelitis. Sie müssen aber keimadaptiert verwendet werden. „Blinde“ Verordnungen sind zu vermeiden. Eine „Multiple choice“ Auswahl ist kontraproduktiv. Die schlechte chirurgische Therapie kann von keinem Antibiotikum kompensiert werden.

13.1.6 Wesentliche Entscheidungskriterien

Mit Ausnahme spezieller kindlicher Osteomyelitiden, Tuberkulosen etc., ist die Therapie klar chirurgisch definiert. Prinzipiell hat jede Operation radikal zu erfolgen. Limitierend kann hierbei das Risikoprofil des einzelnen Patienten sein. Nach wie vor ist die von Cierny veröffentlichte Klassifikation nach „Host A-C“ gültig. Bei „Host C“-Patienten ist das Risiko der OP für den Patienten größer, als das ohne eine OP. „Host B“-Patienten profitieren erstaunlicherweise mehr vom Ilizarov-Verfahren als von der üblichen Behandlung.

13.1.7 Versorgungszeitpunkt

akute Osteomyelitis	N2
chronische Osteomyelitis	N5

Weiterführende Literatur:

- Heppert V. Wundinfektion. In: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie, 2. Auflage. (Hrsg.: Ewerbeck V, Wentzensen A, Holz F, Krämer KJ, Pfeil J, Sabo D), Thieme, Stuttgart, New York 2003, 807-809.
- Diefenbeck M, Hofmann G. Behandlungsstrategie beim Frühinfekt nach operativer Frakturversorgung. *Trauma Berufskrankh.* 2003; 5(Suppl2): 309-312.
- Cierny G, Mader JT. Approach to adult osteomyelitis. *Orthop Rev.* 1987; 16: 95-106.
- Proctor RA, von Eiff C. et al. Small colony variants: a pathogenic form of bacteria that facilitates persistent and recurrent infections. *Nat Rev Microbiol.* 2006; 4: 295-305.

13.2 Die infizierte Endoprothese

Friedemann Bauer, Andreas M. Halder

13.2.1 Entstehung und Besonderheiten

Der künstliche Gelenkersatz gehört zu den erfolgreichsten Operationen weltweit. Allein in Deutschland werden über 200.000 Hüft- und 170.000 Knieendoprothesen pro Jahr implantiert. Damit ist auch eine hohe Anzahl Revisionsoperationen verbunden. So beträgt die Infektionsrate nach Primärimplantation durchschnittlich 0,5–2%, nach Wechseloperationen steigt diese auf 3–7%. Das bedeutet 5000–7000 infizierte Endoprothesen pro Jahr.

Die Infektion einer Prothese stellt immer eine besondere Situation dar. Die Tatsache, dass sich Bakterien an einen Fremdkörper anlagern, unterscheidet diese Form der Kontamination grundsätzlich von anderen Infektionen.

Durch die hydrophoben Eigenschaften von Bakterien lagern diese gut an Fremdkörpern an und ermöglichen durch spezifische Rezeptoren eine gute Adhärenz am Implantat. Dabei vernetzen sich Proteine und Polysaccharide zu einer Glykokalix und bilden den sog. Biofilm. Durch diesen Film geschützt, können Bakterien Monate oder Jahre am Implantat haften, um dann den Verbund zu verlassen und zu einer klinisch apparenten Infektion zu führen.

Problematisch ist dabei die Tatsache, dass der Biofilm zellulärer und humoraler Immunantwort problemlos widerstehen kann.

Im Vergleich zu Weichteilinfektionen ist die Infektionsdosis deutlich geringer. So verursachen schon 100 Keime eine perioprothetische Infektion, während für eine Weichteilinfektion etwa 100.000 Bakterien vorhanden sein müssen.

Zudem reduziert sich die Fähigkeit zur Infektionsabwehr allein durch die Implantation einer Prothese um den Faktor 1000!

13.2.1.1 Infektionswege

Mehr als 90% der im 1. Jahr auftretenden Infektionen sind durch eine perioperative Kontamination verursacht (Gristina 1985, Lidwell 1983). Entscheidend dafür sind Hautabschürfungen, die vom Operateur oder dem Patienten stammen, sowie Luftverwirbelungen durch Tätigkeiten im OP. Nur 0,3–7% der Infektionen entstehen auf hämatogenem oder lymphogenem Wege.

Die Wahrscheinlichkeit einer Infektion steigt mit dem Vorhandensein von Grunderkrankungen wie Rheuma, Diabetes, Adipositas oder der Einnahme von Immunsuppressiva und Kortikoiden. Auch Revisionsoperationen haben eine deutlich

erhöhte Rate an Infektionen. Dabei spielen vor allem das Ausmaß der Traumatisierung und damit die Störung der Durchblutung von Knochen und Gewebe eine entscheidende Rolle. Nach mehreren Operationen findet man oft nur Ersatzgewebe, das narbig durchzogen und damit nicht nur schlecht durchblutet, sondern in seiner Funktion deutlich gemindert ist. Dementsprechend insuffizientes Muskelgewebe stabilisiert in der postoperativen Phase ein Gelenk deutlich schlechter und erhöht über die bestehende Instabilität die Infektionswahrscheinlichkeit. Negativ wirkt sich zudem eine Verlängerung der OP-Zeit sowie die Vergrößerung der zur Keimbeseidlung zur Verfügung stehenden Oberfläche aus. Letzteres wird nicht nur durch ein entsprechend erweitertes Operationsgebiet bewirkt, sondern ist auch abhängig vom Prothesendesign.

13.2.2 Diagnostik

13.2.2.1 Klinik

Neben den klassischen Entzündungszeichen wie Rötung, Schwellung und Überwärmung ist der Schmerz ein typisches, aber unspezifisches Zeichen.

Im Falle einer Fistelung können diese Zeichen durch den Sekretabfluss deutlich gemindert sein.

13.2.2.2 Serologie

Der Leitwert für die Infektion ist das CRP, das zwar nicht spezifisch, aber sehr sensitiv ist. Deshalb ist zu beachten, dass ein normwertiges CRP eine Entzündung nicht ausschließt. Ebenso ist das CRP zur Verlaufskontrolle gut geeignet.

13.2.2.3 Bildgebende Verfahren

Röntgenbild in zwei Ebenen.

Infektionsverdächtige Veränderungen wie Ossifikationen oder Osteolysen sind Spätzeichen und im Frühstadium nicht nachzuweisen. Trotzdem ist die Röntgenaufnahme Standard.

13.2.2.4 Granulozytenszintigrafie

Prinzipiell ist diese Untersuchung ein gutes Verfahren, um das Ausmaß der Infektion zu bestimmen. In den ersten zwei Monaten postoperativ ist allerdings eine verwertbare Aussage nicht zu treffen. Ist zudem die Infektionsdiagnostik durch eine entsprechende Serologie oder einen Keimnachweis eindeutig, wird auf diese Untersuchung verzichtet.

13.2.2.5 Mikrobiologie

Die Punktion des infektionsverdächtigen Gebiets ist die entscheidende Maßnahme zur Verifizierung eines Infekts. Falsch negative wie positive Befunde – etwa durch Verunreinigung der Punktionsstelle – sind dabei möglich.

Die Bebrütung der gewonnenen Proben muss 14 Tage lang erfolgen. Daher ist nicht nur auf eine gute Desinfektion sondern auch auf den Verzicht von Lokalanästhetika zu achten. Intraoperativ wird die Entnahme von Gewebsflüssigkeit wiederholt. Zudem werden zur histologischen Untersuchung Biopsien von drei unterschiedlichen Stellen entnommen.

13.2.3 Klassifikation und Erregerspektrum

Periprothetische Infektionen werden in Abhängigkeit vom zeitlichen Auftreten der Infektion vom Operationszeitpunkt in den Früh- und Spätinfekt unterteilt.

Das Zeitintervall wird dabei in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben und reicht von drei Wochen bis drei Monate. Sinnvoll erscheint die Grenze bei drei Wochen zu ziehen. Da in der Phase des Frühinfekts eine operative Revision mit Erhalt der Prothese angestrebt werden kann, ist dies aus unserer Erfahrung nur bis zu drei Wochen nach Implantation noch möglich.

Eine weitere Unterteilung richtet sich nach dem Verlauf der Infektion. Eine akute Infektion mit septischen Temperaturen stellt dabei einen Notfall dar und muss von der langsam verlaufenden sog. „Low-grade-Infektion“ ohne Fieber und mit nur gering erhöhten CRP-Werten unterschieden werden.

13.2.3.1 Keimspektrum

Absolut gesehen ist der Haupterreger der periprothetischen Infektionen der zu den grampositiven Kokken zählende *Staphylococcus aureus*. Das Spektrum hat sich aber in Abhängigkeit vom Infektionsort verändert. So tritt im Bereich der Hüftendoprothetik der ebenfalls zu den grampositiven Kokken gehörende *Staphylococcus epidermidis* häufiger als der *Staphylococcus aureus* auf.

Immer mehr spielen aber auch Problemkeime eine Rolle, etwa bei Spätinfektionen mit den Methicillin-resistenten, koagulasenegativen Staphylokokken *aureus* oder *epidermidis*, kurz MRSA oder MRSE genannt. Weitere Infektauslöser sind im grampositiven Bereich Streptokokken und Enterokokken; gramnegative Keime sind *Escherichia coli* sowie *Pseudomonas*.

Eine untergeordnete Rolle spielen Mischinfekte, auch mit *Candida albicans*.

13.2.4 Versorgungszeitpunkt

Der Versorgungszeitpunkt ist direkt abhängig von der Schwere der Infektion.

Septisches Geschehen mit Fieber > 39 °C, CRP-Werte > 100, eine Leukozytose und eindeutige klinische Parameter.	N1
Frühinfekt innerhalb der ersten drei Wochen nach Implantation.	N3 (noch am gleichen Tag gelenkerhaltender Eingriff)
Langsam verlaufende Low-grade-Infektionen, CRP-Werte < 50, ohne Fieber.	N5
Chronische Fistelung mit blander Klinik und Paraklinik.	N5

13.2.5 Kalkulierte Erstversorgung

13.2.5.1 Operativ

Bei eindeutig diagnostizierten periprothetischen Infektionen ist eine operative Revision unumgänglich. Der Versuch einer alleinigen antibiotischen Therapie verschleiern nur den Verlauf der Infektion und führt zu keinem Erfolg. Bei einem Frühinfekt, also innerhalb der ersten drei Wochen nach erfolgter Implantation, ist ein Eingriff unter Beibehaltung der Prothese gerechtfertigt.

Wichtig hierbei ist ein radikales Debridement. Wenn möglich sollten die Polyethylenbestandteile der Prothese gewechselt werden, da Bakterien an dieser Oberfläche besonders gut anhaften. Zur antibiotischen Therapie vor Ort wird ein Antibiotikumfließ eingebracht, welches im Vergleich zu antibiotikumhaltigen Ketten zwar eine reduzierte Dauer der Wirkstoffabgabe besitzt, einen Zweiteingriff aber unnötig macht und keinen erneuten keimbesiedelten Fremdkörper hinterlässt.

Die Therapie des Spätinfekts mündet fast immer in den Wechsel der Endoprothese.

1. Wahl	Alternativ
<ul style="list-style-type: none"> • Fosfomycin 3 g + Cefuroxim 1,5 g alle 8 Stunden i.v. • Ampicillin/Sulbactam 750 mg alle 12 Stunden oral als Sequenztherapie 	<ul style="list-style-type: none"> • Piperacillin 4 g + Com-bactam 1 g + Clindamycin 600 mg alle 8 Stunden • Cefuroxim 500 mg alle 12 Stunden + Clindamycin 300 mg alle 8 Stunden

Eine Ausnahme bildet nur die Beibehaltung einer chronischen Fistelung unter Erhalt der Prothese bei inoperablen Patienten.

Grundsätzlich kann der Prothesenwechsel ein- oder zweizeitig erfolgen.

Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. So folgt beim einzeitigen Wechsel keine Reoperation. Im akuten Fall muss aber die Operation ohne Kenntnis des Erregers durchgeführt werden und dies in jedem Fall mit Einsatz eines antibiotikumhaltigen Knochenzements. Beim zweizeitigen Wechsel verhält es sich genau umgekehrt. Die Reimplantation erfolgt durch eine Reoperation in aller Regel sechs Wochen nach Explantation der Prothese in Kenntnis des Erregers und nach Punktion, die einen keimfreien Implantationsort beweist. In der Zwischenzeit sollte ein Knochenzement-spacer als Platzhalter und Medikamententräger eingebracht werden.

13.2.5.2 Antibiotikatherapie

In Abhängigkeit von der Erregerart empfiehlt sich bei Knochen- oder Implantatinfektionen folgendes Vorgehen bei MRSA-Verdacht:

1. Wahl	Alternativ
<ul style="list-style-type: none"> • Fosfomycin 3 g alle 8 Stunden i. v. • Linezolid 600 mg alle 12 Stunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Vancomycin 0,5–1 g alle 12 Stunden + Rifampicin 300 mg alle 12 Stunden i. v. • Rifampicin 300 mg oral als Sequenztherapie

13.2.6 Tricks und Techniken

Bei jedem schmerzhaften künstlichen Hüftgelenk muss eine Infektion ausgeschlossen werden, auch wenn röntgenologisch eindeutig eine Lockerung vorliegt, welche die Symptomatik erklärt. Besonders schwierig kann dies bei den „Low-grade-Infektionen“ sein. Der laborchemische



Abb. 13.2.1: Spätinfekt nach Hüftendoprothese. Lysezeichen im Schaftbereich sowie Ossifikationen.



Abb. 13.2.2: Prothesenexplantation und Spacerimplantation.



Abb. 13.2.3: Prothesenexplantation und Ketteneinlage. Wegen acetabulärer Defektsituation kein Spacer, da Gefahr der Protrusion.

Leitwert CRP ist hierbei nur leicht erhöht oder sogar im Normbereich. Ebenso muss keine Leukozytose vorliegen. Klinisch kann das Bild unauffällig sein. Wichtig ist, sich nicht von diesen Befunden täuschen zu lassen und die Diagnostik der Infektion fortzuführen. Als nächste Maßnahme ist daher eine Punktion durchzuführen. In aller Regel gelingt dies problemlos, da häufig ein Erguss vorliegt und damit genug Material zur Verfügung steht. Technisch ist auf eine sorgfältige Desinfektion mit ausreichender Wartezeit zu achten, um Verunreinigungen zu verhindern. Auf die Applikation eines Lokalanästhetikums muss aufgrund seiner antimikrobiellen Wirkung verzichtet werden. Natürlich sollte zuvor kein Antibiotikum gegeben werden. Wichtig ist, auf dem Begleitschein zu vermerken, dass die Bebrütungszeit 14 Tage betragen soll, da gerade bei „Low-grade-Infekten“ Bakterien nicht selten erst nach zehn Tagen wachsen. Ist das Punktat makroskopisch infektionsverdächtig, wird eine Granulozytenszintigrafie veranlasst, ohne das Ergebnis der Punktion abzuwarten. Bei entsprechend positiven Befunden ist das beschriebene operative Vorgehen anzustreben.

Weiterführende Literatur:

- Hendrich C, Frommelt L, Eulert J. (Hrsg.). Septische Knochen- und Gelenkchirurgie. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 2007.
- Krukemeyer MG, Möllenhoff G (Hrsg.). Endoprothetik. Ein Leitfaden für den Praktiker. 2. Auflage. Walter de Gruyter, Berlin, New York 2009.
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. S1-Leitlinie Bakterielle Gelenkinfektionen. 01.05.2008. AWMF-Leitlinienregister Nr. 012/010 (2008). URL: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-010_S1_Bakterielle_Gelenkinfektionen_abgelaufen.pdf

13.3 Gelenkinfekte an der Hand

*Klaus Peter Vorderwinkler,
Jörg van Schoonhoven*

13.3.1 Entstehung und Besonderheiten

Charakteristische Zeichen sind plötzlich auftretende lokale Schmerzen und eine Bewegungseinschränkung durch Druckerhöhung infolge einer intraartikulären Ergussbildung. Eine irreversible Knorpelschädigung kann bereits 24–48 h nach bakteriellem Gelenkbefall auftreten. Schwere Verläufe sind häufig durch verzögerten Behandlungsbeginn verursacht. Insbesondere an den Fingergelenken werden Infektionen aufgrund der Bagatellisierung banaler Verletzungen (Dornenstich, perforierte Mukoidzyste) oder inadäquater Behandlung von Weichteilinfekten (vornehmlich Panaritien) lange übersehen.

13.3.1.1 Handgelenkinfekte

Häufig liegen endogene Risikofaktoren wie Diabetes, Drogenabusus, konsumierende Erkrankungen oder eine Immunschwäche vor. Die Infektion kann hämatogen, durch Ausbreitung von Entzündungen in der Umgebung (Weichteilabszesse, Sehnscheidenphlegmone) oder durch kontaminierte Implantate (Osteosynthesematerial), seltener durch penetrierende Verletzungen entstehen.

13.3.1.2 Fingergelenkinfekte

Im Vordergrund stehen Wunden und penetrierende Verletzungen (Stichwunden durch Dornen oder Holzsplitter, perforierte oder eröffnete Mukoidzysten, Infektion eines periartikulären Gichttophus, Schnitt-/Bisswunden) oder eine Ausbreitung aus der Umgebung (infizierte Wunden in der Nachbarschaft des Gelenks, Panaritien). Im Unterschied zum Handgelenkinfekt spielen Allgemeinerkrankungen oder Beeinträchtigungen des Allgemeinzustands eine untergeordnete Rolle.

13.3.2 Diagnostik

Die Entscheidung zur chirurgischen Behandlung kann meist anhand des klinischen Erscheinungsbilds und der Anamnese getroffen werden. Fehlende laborchemische Entzündungszeichen schließen das Vorliegen einer Gelenkinfektion nicht aus. Der Wert von Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen liegt

im Ausschluss vorbestehender Arthroseveränderungen, von Knochenabszessen, einer aseptischen Arthritis bei akuten Kalksalzablagerungen oder von Gichttophi. Vor einem konservativen Behandlungsversuch mit Antibiotika bei Verdacht auf das Vorliegen einer Gelenkinfektion muss ausdrücklich gewarnt werden.

13.3.2.1 Handgelenkinfekte

Entscheidendes diagnostisches Kriterium ist neben der Anamneseerhebung der klinische Befund: Rötung, Schwellung, Überwärmung mit scharfer Beschränkung auf den Bereich über dem Gelenk sowie eine schmerzhafteste Bewegungseinschränkung aufgrund einer Sekretvermehrung und intraartikulären Druckerhöhung. Im Frühstadium zeigt das Röntgenbild keine Veränderungen. Im fortgeschrittenen Stadium weisen eine diffuse Rarefizierung der karpalen Knochensubstanz, Osteolysen oder zystische Knochenabszesse auf einen septischen Knochenbefall hin.

13.3.2.2 Fingergelenkinfekte

Eine schmerzhafteste Bewegungseinschränkung und eine tastbare Fluktuation über der Streckseite des Fingergelenks weisen auf einen floriden Infekt mit intraartikulärer Ergussbildung bzw. Eiterbildung hin. Bei Stichverletzungen über dem Gelenk muss von einer Gelenkpenetration ausgegangen werden, bis das Gegenteil bewiesen ist. Auch bei berichteter vorhergehender Entfernung von Dornen oder anderer penetrierender Fremdkörper, werden bei der chirurgischen Exploration nicht selten weitere verbliebene Fremdkörperanteile in Gelenk, Gelenkkapsel oder in der Sehne gefunden.

13.3.3 Klassifikation

Frühinfekt	Kontamination des Gelenks mit Keimen, Ausbildung eines infizierten Ergusses, zunehmende intraartikuläre Drucksteigerung durch Ausbildung eines septischen Gelenkergusses.
Florider Infekt	Ausbildung trüben Sekrets oder von Eiter, Synovialitis, lokale klinische Entzündungszeichen, Schädigung von Chondrozyten und der Knorpelgrundsubstanz, Ausbildung von Knorpelarrrosionen.

Fortgeschrittener Infekt	Eitriger Erguss, Knorpelzerstörung, Einbruch der Infektion in die umgebenden Räume. Osteomyelitis der Phalangen oder Zerstörung der Handwurzelknochen, septische Sehnenscheideninfekte, Spontanfistelung. Auftreten systemischer Infektzeichen.
---------------------------------	---

Einsetzende Zeichen einer Fingergelenkinfektion bei Perforation einer Mukoidzyste oder eines Gichttophus.	N3
Persistenz von Infektionszeichen und klinischen Beschwerden nach Debridement einer Paronychie.	N3
Chronische Gelenkinfektion mit destruierten Gelenkflächen und erfolgter Dekompression/Drainage (Fistelung, offene Wunde, nach Voroperationen) ohne systemische Infektionszeichen.	N4

13.3.4 Wesentliche Begleiterkrankungen

13.3.4.1 Handgelenkinfekte

- Diabetes mellitus
- Gichtarthropathie
- Drogenabusus
- andere Formen einer Immundefizienz

13.3.4.2 Fingergelenkinfekte

- Gichtarthropathie
- Mukoidzysten
- Panaritien
- vorbestehende Arthroseveränderungen

13.3.5 Versorgungszeitpunkt

Gelenkinfektionen sind chirurgische Notfälle. Der Zeitpunkt des chirurgischen Behandlungsbeginns ist ein entscheidender Faktor für die Prognose des Gelenkerhalts. Bei Vorliegen infektbedingter Knorpelzerstörung ist eine Infekt-sanierung unter Gelenkerhaltung nicht mehr möglich. Häufige Ursache für den schweren Verlauf einer Fingergelenkinfektion ist eine Bagatellisierung banaler Wunden oder oberflächlicher Infekte über dem Bereich eines Gelenks.

Akute Gelenkinfektion mit oder ohne bestehender systemischer Infektionszeichen (Sepsis).	N2
Gelenkinfektion mit Zeichen einer Ausbreitung in die umgebenden Räume (Lymphangitis, Sehnenscheidenphlegmone, Osteomyelitis).	N2
Frische Stich- (Dorn, Holzsplitter o. Ä.) bzw. Schnittverletzung über einem Gelenk mit der Möglichkeit einer Gelenkpenetration ohne lokale oder systemische Infektzeichen (absolute Operationsindikation).	N3

13.3.6 Kalkulierte Erstversorgung

Die chirurgischen Behandlungsprinzipien umfassen die Arthrotomie zur Keimgewinnung, die Dekompression des Gelenks, die Senkung der Keimzahl mit Ausspülung des Ergusses, das Debridement mit Synovialektomie und die radikale Resektion infizierten Knochens zur Vermeidung eines Infektdurchbruchs in umgebende Räume (Beugeseh-nenscheiden, Karpalkanal oder Parona'scher Raum beim Handgelenkinfekt).

Durch Einlage von Antibiotikaträgern (beschichtetes Kolla-genfließ oder Antibiotikaketten aus Knochenzement) kann ein sehr hoher lokaler antibiotischer Wirkspiegel unter Vermeidung systemischer Nebenwirkungen gewährleistet werden. Eine konsequente Ruhigstellung bis zum Abklingen des Infekts ist durch Anlage eines gelenküberbrückenden Fixateurs zu erzielen.

13.3.6.1 Handgelenkinfekte

Bei beginnendem Infekt folgt eine arthroskopische Spülung des Gelenks mit Synovialektomie. Bei fortgeschrittenem In-fekt ist i. d. R. die Sanierung nur durch eine offene Arthroto-mie von dorsal mit Spülung, ausgedehnter Synovialektomie und Resektion septisch veränderter Knochenanteile ohne Rücksicht auf den Erhalt von Handwurzelknochen gewäh-rlistet. Nach der Einlage von Antibiotikaträgern erfolgt der Wundverschluss und eine Ruhigstellung am Fixateur externe. Bereits bei klinischem Verdacht auf ein Kompartmentsyndrom ist die offene Karpaldachspaltung und die Faszien-spaltung der Interosseuslogon von dorsal durchzuführen.

13.3.6.2 Fingergelenkinfekte

Über einen dorsalen Zugang und Mobilisierung der zentralen Strecksehnenzüge kann eine Arthrotomie und Gelenkinspektion am Mittel- und Endgelenk erfolgen. An den Grund-

gelenken ist eine mediane oder paramediane Spaltung der Streckaponeurose erforderlich. Bei Vorhandensein glatter, glänzender Knorpelflächen kann eine gelenkerhaltende Behandlung mit Einlage eines antibiotikabeschichteten Kollagenträgers und einer Ruhigstellung mittels Minifixateur erfolgen. Bei makroskopischem Knorpelschaden müssen die knorpeltragenden Gelenkflächen einschließlich septisch destrukturierter Knochenanteile vollständig reseziert werden. Dies erlaubt die Einlage antibiotikabeschichteter Knochenzementketten und erfordert ebenfalls eine Ruhigstellung am Fixateur externe.

13.3.7 Tricks und Techniken

Die Indikationsstellung zu Revisionseingriffen muss bei Persistenz oder Zunahme von Infektionszeichen großzügig gehandhabt werden.

Eine antibiotische Therapie vor der chirurgischen Behandlung senkt die Rate erfolgreicher Keimisolationen beträchtlich. Durch Einsendung der resezierten Synovialmembran zur bakteriologischen Untersuchung kann die Wahrscheinlichkeit eines positiven Keimbefunds wesentlich erhöht werden.

Nach Ausheilung des Infekts erfolgt am Handgelenk nach ca. 6–8 Wochen, an den Fingergelenken nach 4–6 Wochen die Fixateurabnahme. Bei Gelenkerhalt folgt die krankengymnastische Mobilisierung. Bei Gelenkresektion erfolgt die Fixateurabnahme und Stabilisierung des Stützapparates durch Arthrodesen unter antibiotischer Abschirmung. Durch ein radikales Debridement entstandene Knochendefekte können bei der Arthrodesese durch autologe Knochen transplantate, z. B. vom Beckenkamm, überbrückt werden.



Abb. 13.3.1+2: Mehrfach voroperierte Mukoidzyste mit Endgelenkinfekt, septischer Arthrose und Destruktion der Gelenkflächen (unteres Bild).

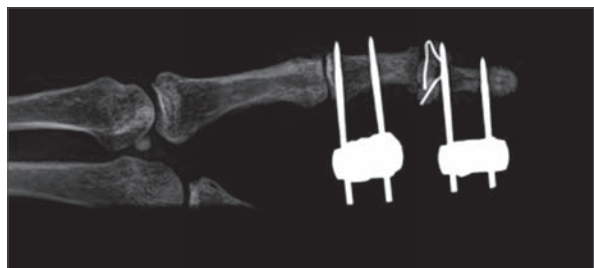


Abb. 13.3.3+4: Debridement mit Gelenkresektion, Einlage einer Gentamycinkette, Fixateur externe.

Weiterführende Literatur:

- Pillukat T, van Schoonhoven J. Infektionen an der Hand. In: Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 3. Thieme, Stuttgart, New York 2008, 1-20.
- Vorderwinkler KP, Pillukat T, Mühlendorfer M, van Schoonhoven J. Die Behandlung bakterieller Infektionen an den Interphalangealgelenken der Hand. *Operat Orthop Traumatol.* 2011; 23: 192-203.
- Angly B, Steiger R, Zimmerli W. Septische Arthritis der Fingergelenke. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2007; 39: 118-123.
- Meier R, Lanz U. Septische Arthritis des Handgelenks. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2007; 39: 112-117.

13.4 Sehnscheidenphlegmonen an der Hand

Thomas Pillukat, Jörg van Schoonhoven

13.4.1 Entstehung und Besonderheiten

Fast immer sind penetrierende Verletzungen der Beugesehnscheide als Ursache einer Sehnscheidenphlegmone nachweisbar. Infekte in der Nachbarschaft (Panaritium) können über die Beugesehnscheide fortgeleitet werden. Die häufigsten Erreger sind *Staphylococcus aureus* und beta-hämolyisierende Streptokokken; bei Tierbissen auch *Pasteurella multocida*. In seltenen Fällen kann eine klare Ursache fehlen.

Ausbreitung oder Persistenz der Infektion führt zum Verlust der Beugesehnen durch Sehnennekrose oder zu Verlusten von Weichteilen mit daraus resultierender Funktionslosigkeit des Fingers.

13.4.2 Diagnostik

Typische klinische Zeichen sind Schmerzprovokation durch passive Extension des Fingers, symmetrische, wurstartige Schwellung des gesamten Fingers, Druckschmerz entlang der Beugesehnscheide und eine Entlastungsstellung des Fingers in halb gebeugter Position (sog. Funktionsstellung, Abb. 13.4.1)

- **Laborbefunde:** Blutbild mit Leukozytenzahl und CRP (Entzündungszeichen). Harnsäure (wichtige Differentialdiagnose: Hyperurikämie) und Blutglukose (wichtiger Prognosefaktor: Diabetes mellitus).
- **Nativröntgenbild:** Fremdkörper, Frakturen, Arthrosen und Osteomyelitiden.
- **MRT/Sonografie** sind selten bei besonderen Fragestellungen und Differentialdiagnosen erforderlich.

13.4.3 Klassifikation

Stadium I	seröses Exsudat in der Sehnscheide
Stadium II	eitriges Exsudat, granulomatöse Synovialitis der Beugesehnscheide
Stadium III	septische Nekrose der Beugesehnen, Ringbänder und Sehnscheiden



Abb. 13.4.1: Beugesehnscheidenphlegmone Mittelfinger mit Eintrittspforte. Symmetrische Schwellung des Fingers und Funktionsstellung.



Abb. 13.4.2: Granulomatöse putride Synovialitis der Beugesehnscheide.



Abb. 13.4.3: Spül-Saugdrainage am Kleinfinger.

13.4.4 Differentialdiagnosen und Prognose

Wichtige Differentialdiagnosen der bakteriellen Sehnenscheidenphlegmone sind die septische Arthritis, Hyperurikämie (Gichtanfall), Chondrokalzinose, akutes Kalksalzdepot (Ablagerung von Calciumpyrophosphat), verbliebene Fremdkörper ohne Superinfektion, chemische Synovialitis durch Pflanzendorn-Stichverletzungen und Hochdruckeinspritzverletzungen.

Wichtige Prognosefaktoren sind der zügige Behandlungsbeginn und mögliche Begleiterkrankungen (Diabetes mellitus, dialysepflichtige Niereninsuffizienz).

13.4.5 Versorgungszeitpunkt

allgemein

N2–N3

13.4.6 Kalkulierte Erstversorgung

Exploration der Eintrittspforte und Herdsanierung. Über diesen Zugang Exploration der Beugesehnenscheide (Abb. 13.4.2), Spülung der Beugesehnenscheide und Einlage einer Spül-Saug-Drainage (Abb. 13.4.3). Primärer Verschluss der Weichteile.

13.4.7 Tricks und Techniken

Aufgrund der schlechten Prognose der unzureichend behandelten Beugesehnenscheidenphlegmone soll die Indikation

zu einer ausgedehnten Revision nicht erst im Stadium III gestellt werden. Die meisten Fälle erfordern ohnehin eine lokale Revision im Fingerbereich, um die Eintrittspforte zu explorieren und zu sanieren (Fremdkörpersuche, Nekrosenabtragung, Ausräumung von Infektionsherden außerhalb der Beugesehnenscheide).

Bei fehlender Eintrittspforte muss der Eingang des A1-Ringbands in der Hohlhand dargestellt werden und überprüft werden, ob hier entzündliches Exsudat austritt (Abb. 13.4.4).

Die Indikation zur Schnitterweiterung und Ausdehnung der Revision muss großzügig gestellt werden. Befundabhängig sollte die Resektion nekrotischer Beugesehnen und bei Befall weiterer Kompartimente die Karpaldachspaltung, Fasziotomie am Unterarm und Dekompression der Mittelhandkompartimente erfolgen.

Weiterführende Literatur:

- Pillukat T, van Schoonhoven J. Infektionen an der Hand.
In: *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 3*.
Thieme, Stuttgart, New York 2008: 195-214.
Hoffmann R. Checkliste Handchirurgie. 2. Auflage.
Thieme, Stuttgart 2003.



Abb. 13.4.4: Putride Sekretion aus dem Eingang des A1-Ringbands.

13.5 Infizierte Osteosynthesen

Volkmar Heppert

13.5.1 Entstehung und Besonderheiten

Verwiesen wird zunächst auf Kapitel 13.1, S. 160ff. Jede Operation hinterlässt ein Gewebetrauma, welches abhängig vom Operateur unterschiedlich groß sein kann. Insbesondere bei den minimalinvasiven Techniken bleibt unbekannt, ob die Fraktur, die ja nicht dargestellt wird, schlecht oder nicht durchblutete Fragmente beinhaltet. Obwohl minimalinvasive Technik verbesserte Durchblutung im Problembereich suggeriert, wird man durch die oben geschilderte Problematik von der Realität eingeholt. Im Allgemeinen sieht man bezüglich der Infektraten keinen Unterschied zu den traditionellen Zugangsverfahren. Findet die Osteosynthese nach einem Trauma statt (s. Abb. 13.5.1), so ist das Infektrisiko deutlich erhöht, da lokale Durchblutungsstörungen und Gewebeerreißungen ihren negativen Einfluss zeigen. Die Kombination aus Fibronektinbildung, Bakterien und lokalen Durchblutungsstörungen ist quasi eine Infektgarantie. Bei **elektiven** Eingriffen – wenig Gewebetrauma (s. Abb. 13.5.2) – sind Infektraten von 0,1–1,7% beschrieben. Bei **offenen** Frakturen – schweres Gewebetrauma – sind Infektraten von bis zu 47,5% dokumentiert.



Abb.13.5.1: Mit sekundärer Plattenosteosynthese stabilisierte OIII Unterschenkelfraktur (nach Verfahrenswechsel). Infektverlauf.

13.5.2 Diagnostik

Siehe 13.1

13.5.3 Klassifikation

Die unter 13.1 genannten Klassifikationen beziehen sich auf die chronische Osteomyelitis. Hier sind sie für die Planung des meist mehrstufigen Rekonstruktionsverfahrens unverzichtbar. Bei der akuten Infektion gibt es keine sinnvolle Klassifikation.

13.5.4 Probleme

- Ein einmal bakteriell besiedeltes Implantat wird durch chirurgische Maßnahmen nie wieder steril. Funktioniert die Immunabwehr nicht richtig, lokal oder systemisch, oder greift die Antibiose nicht zusätzlich, so kann der Infekt nicht ausheilen.
- Ist die Biofilmbildung abgeschlossen, die Literatur verkürzt dieses Intervall inzwischen auf wenige Tage, sinkt die Chance auf Ausheilung signifikant.

13.5.5 Allgemeine chirurgische Prinzipien

- Jede Infektion nach Osteosynthese muss chirurgisch angegangen werden. Schlüssel zum Erfolg ist das



Abb. 13.5.2: Nach erneutem Verfahrenswechsel zurück auf einen Fixateur externe bei vorliegendem Infekt, persistiert der Infekt weiter. Die freie Lappenplastik ist jedoch eingeheilt.

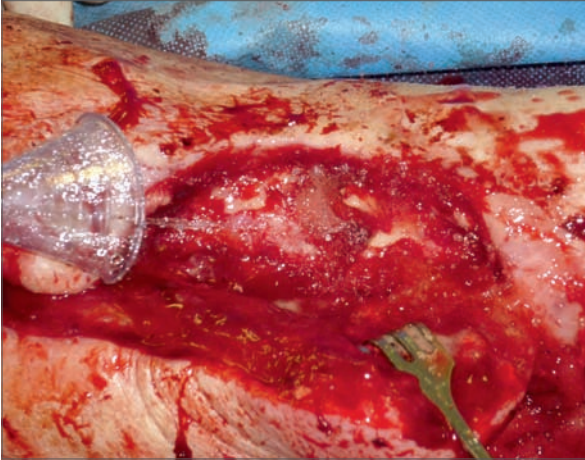


Abb.13.5.3: Nach Debridement erfolgt die Jet-Lavage, die einen scheinbar gut durchbluteten Knochen sichtbar macht.

wirklich **radikale Debridement**. Der Erstbehandler des Infekts stellt dadurch die Weichen für das Outcome des Patienten. In Zeiten moderner Rekonstruktionsverfahren darf die menschlich verständliche Angst vor der Defektvergrößerung keine Rolle mehr spielen. Alles, aber auch wirklich alles an geschädigtem Gewebe gehört entfernt; Nerven und Gefäße als vitale Strukturen sind natürlich ausgenommen. Im Falle eines entstehenden Weichteildefekts muss dann umgehend eine Kooperation mit einer Abteilung erfolgen, die diese Defekte mit einer Lappenplastik sehr frühzeitig versorgen kann. Jede Zeitverzögerung ist kontraproduktiv für den Patienten.

- **Mikrobiologische** Abstriche sind eigentlich überholt. Besser ist es, Gewebeprobe an die Mikrobiologie **und** die Pathologie zu senden. Mikrobiologie heißt nicht kleine Proben. Je mehr Material die Kollegen erhalten, desto höher die Treffergenauigkeit.
- Die **Jet-Lavage** (s. Abb. 13.5.3) ist ein fester Bestandteil im Behandlungskonzept. Eine Keimminimierung ist das Ziel. Es gilt zu bedenken, dass auch der beste septische Chirurg eine infizierte Wunde nur in eine kontaminierte überführen kann.
- Der **Fixateur externe** ist unter Infektgesichtspunkten das sicherste Osteosyntheseverfahren. Minimaler Metallindex in der Problemzone reduziert das Risiko der Infektpersistenz. Es ist jedoch nicht immer zielführend (z. B. C3 Gelenkfrakturen), muss aber in jedem Einzelfall angedacht werden.

13.5.6 Wesentliche Entscheidungskriterien

Eine wesentliche Frage im Behandlungskonzept ist die der Metallentfernung. Folgende Vorgehensweisen haben sich bewährt:

13.5.6.1 Akute Infektion < 3 Wochen nach Osteosynthese

- **Platte:** Weichteil- und Knochendebridement. Damit man auch unter der Platte debridieren kann, sollten die Schrauben wenn möglich gelockert werden (nicht sinnvoll bei komplexer Gelenkfraktur). Alternativ kann man die Platte auch einzzeitig wechseln, um Biofilm zu entfernen. Jet-Lavage. Einlage eines Kollagenvlieses.
- **Ein** Erhaltungsversuch ist akzeptabel. Beim Wiederaufklappen des Infekts sollte das Metall entfernt werden.
- **Nagel:** Das radikale Debridement ist bekanntermaßen der Schlüssel zum Erfolg. Bei liegendem Nagel ist dies nicht möglich, deshalb gehört er entfernt. Die Markhöhle wird aufgebohrt und mit der Jet-Lavage gesäubert. Es empfiehlt sich an der Frakturzone eine Inzision zu machen, damit der Detritus sich dort nicht subkutan sammelt. Ob man einen Verfahrenswechsel macht oder eine erneute Nagelosteosynthese einbringt (ein- oder zweizeitig), hängt von der Frakturgeometrie und der Intensität der Infektion ab.

13.5.6.2 Chronische Infektion > 3 Wochen nach Osteosynthese

- Die **Platte** wird grundsätzlich entfernt. Das Plattenlager wird sorgfältig debridiert, alle Schraubenlöcher ausgefräst (s. Abb. 13.5.4). Nichtdurchbluteter Knochen wird bis hin zur Segmentresektion vollständig entfernt. Abhängig vom Grad der knöchernen Konsolidierung ist ein Verfahrenswechsel oft unverzichtbar. Eine zusätzliche lokale Antibiose sollte verordnet werden.
- Der **Nagel** wird grundsätzlich entfernt, die Markhöhle aufgebohrt und debridiert (s. Abb. 13.5.5, S. 174). Kontrolle im ehemaligen Frakturbereich auf knöchernen Durchblutungsstörungen bzw. Sequester sollten stattfinden. Ggf. ist ein Verfahrenswechsel auf einen Fixateur unverzichtbar (s. Abb. 13.5.6, S. 174). Die Therapie sollte mit einer Lokalantibiose vervollständigt werden..

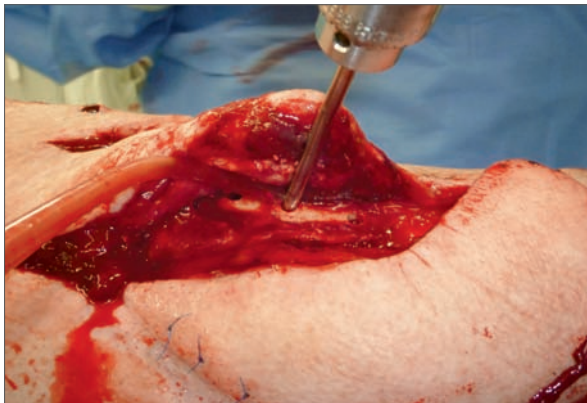


Abb.13.5.4: Ausfräsen der ehemaligen Schraubenlöcher.

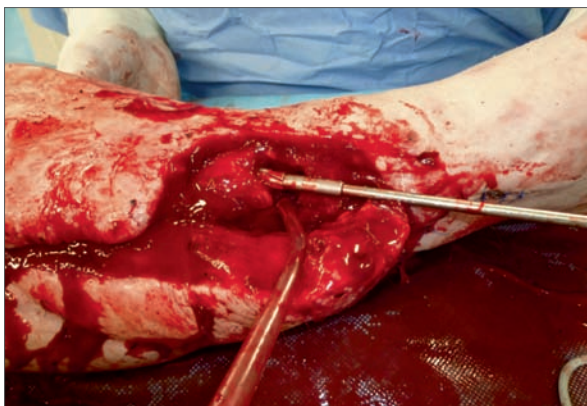


Abb. 13.5.5: Retrogrades Aufbohren des Markkanals.



Abb. 13.5.6: Situs nach Infektrevision und Fixateuranlage.

13.5.7 Vakuumversiegelung

Die VVS dient der Keimreduktion und der Verminderung der Spannung auf der Haut. So gesehen ist sie **ein** Werkzeug im Behandlungskonzept – nicht mehr. Von Nachteil ist, dass sie beim Patienten oft zu häufig angewendet wird und kein wirkliches Konzept vorliegt. Die VVS kann den Infekt nicht heilen; Granulationen am Rand der Wunde werden oft fehlinterpretiert. Gegen wenige VVS ist nichts einzuwenden, um Zeit zu gewinnen. Anschließend aber gehören die Weichteile, oft unter Zuhilfenahme plastisch chirurgischer Maßnahmen, definitiv verschlossen.

13.5.8 Lappenplastik

Weichteilprobleme finden sich sehr häufig bei Infektverläufen nach Osteosynthese. Hier sind Lappenplastiken sehr früh ins Behandlungskonzept zu integrieren. Infektmanagement ist Teamarbeit.

CAVE! Nie eine Lappenplastik auf toten Knochen setzen, eine Revaskularisation findet **nie** statt.
Niemals eine Lappenplastik auf ein kontaminiertes Implantat setzen. Dies bedeutet ein Infektrezidiv unter schwierigeren Kriterien.
Fasciocutane Lappen sind für den Folgeeingriff einfacher als die Muskellappen.

13.5.9 Systemische Antibiose

Osteomyelitisbehandlung ohne Antibiose ist undenkbar. Sie stellt jedoch eine adjuvante Therapie dar und ersetzt kein Debridement. Ist der Keim noch nicht bekannt, beginnt man mit einem Cefalosporin, kombiniert mit Clindamycin. Wegen der schlechten Bioverfügbarkeit im Knochen sollte Cefalosporin initial immer i. v. verabreicht werden. Ist der Keim mit Resistenzmuster bekannt, ist ggf. das Präparat zu wechseln. Im Zweifel sollte immer der Mikrobiologe um Rat gefragt werden, da Kombinationen der Antibiotika zunehmend angeraten werden. Gerade in Zeiten steigender Multiresistenzraten ist dies zielführend.

13.5.10 Tipps und Tricks

- Beim zweizeitigen Einbau eines Nagels hat sich in der Interimsphase ein selbstgemachter PMMA-Nagel (Abb. 13.5.7), mit Antibiotika armiert, sehr bewährt.

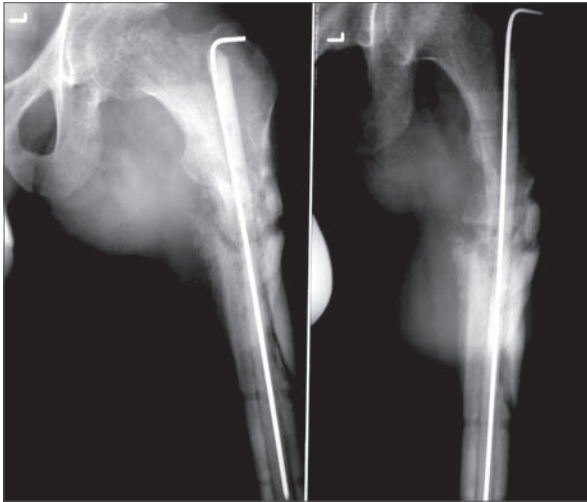


Abb. 13.5.7: Proximale Femurfraktur in Abheilung. Aufgrund eines Infekts wurde die Nagelosteosynthese aufgelöst, die Markhöhle aufgebohrt und ein selbstgefertigter PMMA-Nagel eingebracht.

Weiterführende Literatur:

- Heppert V. Wundinfektion. In: *Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2. Auflage. (Hrsg.: Ewerbeck V, Wentzensen A, Holz F, Krämer KJ, Pfeil J, Sabo D), Thieme, Stuttgart, New York 2003, 807-809.
- Diefenbeck M, Hofmann G. Behandlungsstrategie beim Frühinfekt nach operativer Frakturversorgung. *Trauma Berufskrankh.* 2003; 5(Suppl2): 309-312.
- Cierny G, Mader JT. Approach to adult osteomyelitis. *Orthop Rev.* 1987; 16: 95-106.
- Proctor RA, von Eiff C. et al. Small colony variants: a pathogenic form of bacteria that facilitates persistent and recurrent infections. *Nat Rev Microbiol.* 2006; 4: 295-305.

- Ketten lassen sich nach vier Wochen aus Markhöhlen nur sehr schwer entfernen. Besser sind Schwämme oder PMMA-Nägel.
- Bei Reosteosynthese im ehemals infizierten Gebiet empfiehlt es sich, auf dem Knochen einen Gentamycin-/Vancoschwamm aufzulegen, darüber z. B. eine Platte zu montieren und diese dann mit dem Schwamm zu umwickeln „wrap-around-technique“. Es bringt etwas mehr Sicherheit beim „race for the surface“.
- Hochseptische Nagelosteosynthesen sollte man in der Akutphase wegen möglicher Keimeinschwemmung nicht aufbohren, sondern nur spülen.
- Bei noch instabiler Fraktur beim Aufbohren immer den Frakturbereich darstellen (Detritus).
- Bei stabiler Fraktur empfiehlt sich, beim Aufbohren den Knochen distal schräg nach proximal anzubohren. Die Spülflüssigkeit kann hier ablaufen und eine Redon-drainage lässt sich am distalen Punkt in der Markhöhle platzieren.
- Tritt der Infekt im zeitlichen Verlauf spät auf, kann es sein, dass die Fraktur kurz vor der Konsolidierung steht. In einem solchen Fall kann man versuchen – solange keine septische Klinik vorliegt – unter Belassen des Implantats die Fraktur zur Ausheilung zu bringen. Das Implantat wird dann nach eingetretener Konsolidierung entfernt und der Knochen wie oben angegeben debridiert.

Index

A

A. brachialis 101, 102
 A. femoralis 133
 A. poplitea 136
 A. subclavia 81f, 98f
 A. tibialis anterior 35, 138f
 Abbreviated Injury Score 6f
 Abduktionsstellung, Bein 33, 128
 Abduktionsstellung, Schulter 105, 111, 116
 Abstrich 8, 38, 162, 175
 activated Partial Thromboplastin Time siehe Thromboplastinzeit, partielle
 Adrenalin 60
 Advanced Trauma Live Support 6
 AIS siehe Abbreviated Injury Score
 Akromion 94
 Allergie 16, 20, 162
 Amputation 7, 11, 42, 121
 Analgesie 30, 87, 90, 137, 143
 Anamnese 15ff, 20ff, 63, 68
 Anästhesie 20ff, 22, 54
 Anästhesie, regional 80, 82, 95
 Anästhesie, allgemein 22, 95
 Anästhesiologie 20ff
 Aneurysma 48, 50, 54,
 Angio-CT 49, 58
 Angiographie 6, 102, 133, 135ff
 Anpralltrauma 108, 138, 142
 Antibiose 8, 45, 82, 167
 – systemische 176
 – lokale 175
 Antibiotikatherapie siehe Antibiose
 Antigenic load 2
 Antithrombin-III 49f
 Aorta 81f
 aPTT siehe Thromboplastinzeit, partielle
 Areflexie 49
 Arrhythmien 22
 Arteria
 – brachialis 101, 102
 – carotis 53
 – facialis 58f
 – femoralis 133
 – lingualis 58f
 – maxillaris 58
 – meningea 53
 – poplitea 136
 – subclavia 81f, 98f

– temporalis 58, 59
 – tibialis anterior 35, 138f
 ASA-Klassifizierung 20
 Aspiration 58, 60
 Asthma bronchiale 24f
 Aszites 24
 Ateminsuffizienz 3
 Atemstillstand, plötzlicher 49
 Atemstoffwechsellgymnastik 40
 Atemtherapie 40
 ATLS-Algorithmus siehe Advanced Trauma Live Support
 Aufklärung 20, 26, 40
 Ausfallserscheinungen, neurologische 75 siehe auch Defizit, neurologisches
 Auskultation 24, 81
 AV-Impulssystem 40
 Azidose 5f

B

Bankartläsion 94
 Bankart-Perthes-Läsion 94, 96
 Basisuntersuchung, körperliche 20
 Becken
 – ringzerreibungen 74, 76
 – Verletzungen 8, 16, 32ff, 74ff
 – zwinge 8, 75
 Bellocq-Tamponade 58
 Bennettfraktur 121f
 Beinvenenthrombose 126
 Bewusstseinsbeeinträchtigung 49
 BGA siehe Blutgasanalyse
 Bilirubin 22, 24
 Biofilm 162, 165, 174f
 Blutdruck, systolischer 7, 55, 93, 127
 Blutdruck, diastolischer 92, 126
 Blutgasanalyse 20, 24
 Blutkultur 3
 Blutung
 – arterielle 58, 82
 – aus dem Mundraum 58ff
 – aus dem Rachen 58ff
 – dentogene 58ff
 – epidurale 50, 52
 – intrakranielle 48ff
 – intrazerebrale 55
 – subarachnoidale 50, 54, 56
 – subdurale 50, 53,
 – thorakale 81f
 – venöse 6, 82
 – ventrikulär 55

Blutungskontrolle 6
 Blutverlust 3, 6, 58, 98, 133
 Blutzucker 20
 Bohrlochtrepanation 54
 Borderline Patienten 5
 Brace siehe auch Sarmiento-Brace
 Brückenvenenabriss 53
 Brustwirbelsäule 6, 69
 – Verletzungen 68
 BWS siehe Brustwirbelsäule

C

Capillary leak 3
 Cast
 – Oberschenkel 27ff
 – Oberarm 27ff
 – Unterarm 27ff
 – Unterschenkel 27ff
 cCt siehe Computertomographie, kraniale
 Chopart- und Lisfranc-Luxationsfraktur 147, 152, 153ff
 Chopart-/Lisfranc-Gelenk 153f
 Clavicula siehe Klavikulafrakturen
 Coil 56
 Collum chirurgicum 100

D

Damage Control 5ff
 – Orthopedics 7f
 – Surgery 5ff
 Danis-Klassifikation siehe Klassifikation
 Daumen-Orthese 27
 DC siehe Damage Control
 DCO siehe Damage Control
 Orthopedics
 DCS siehe Damage Control Surgery
 Debridement 8, 12f, 45, 170f, 175f
 Defizit
 – motorisches 27, 65, 69
 – sensomotorisches 7, 113
 – neurologische 65ff, 71
 Decollement 11f, 45
 Dekubitus 32, 40
 Dekubitusprophylaxe 40
 De-Quervain-Luxationsfraktur 116, 119
 Dermatofasziotomie 93
 Dermotraktion 13
 Desault-Verband 104
 DIC siehe disseminated intravascular

coagulopathy
 Diskontinuitätsresektion 90
 Dislokation
 – Fuß 142ff, 153ff
 – Hüftgelenksnah 131
 – obere Extremität 98, 101f, 113, 117f, 120ff
 – Schädel 52
 – Unterschenkel 136ff
 – Wirbelsäule 66f
 disseminated intravascular coagulopathy 5
 Distractionfraktur 63, 97f
 Dopplersonographie 98, 102, 133, 138
 Drahtligatur 59
 Dura mater 52f
 Dysbalance, vasoregulatorische 10
 Dysfunktion 2ff, 10

E

Echokardiographie 20ff
 Einklemmung obere/untere 48ff
 EKG siehe Echokardiographie
 Elektrokoagulation 58
 Ellenbogen
 – Verletzungen 105ff
 Embolie 20, 26, 30
 Endoprothese
 – Infektion 165ff
 Entlastungstrepanation 54f
 Entzündungsreaktion 3, 10
 Epiduralhämatom 52
 Epistaxis 58ff
 Essex-Lopresti-Fraktur 108f, 112f, 150
 Extension
 – Extensionsfraktur 111
 – Hyperextension 62ff, 116
 – Extensionsverband 32
 Extensor pollicis longus 112
 Extensoren (des Unterarms) 36, 92

F

Faszienspaltung siehe auch Fasziotomie
 Fasziotomie 8, 93, 127, 170, 173
 Femurfraktur 130ff, 177
 Fersenbeinfrakturen 150ff
 Fibulafaktur 26, 135f, 138f, 140ff
 Fibulaköpfchen 32, 139
 Fingerfrakturen 8, 120ff

Fixateur
 – externe 8, 34ff, 106f, 171, 175f
 Flexoren (des Unterarms) 92
 Flexorenkompartiment 92
 Floating elbow 104, 108
 Floating knee 133, 135
 Floating shoulder 97f, 104
 Fraktur
 – Acetabulum 8
 – Becken 74ff
 – Ellenbogen 105ff
 – Femur 131ff
 – Fersenbein 150
 – Fibula 138f, 142f
 – Finger 8, 120ff
 – Handgelenk proximales 111ff, 116ff
 – Handgelenk distales 116ff
 – Hüftgelenksnahe 130ff
 – Humeruskopf 100ff
 – Klavikula 97ff
 – Instabile Kniegelenke 135ff
 – Kniegelenk 135ff
 – Mittelfußfrakturen 145ff
 – offene 10ff
 – Oberarmkopf 100ff
 – Oberarmschaft 103 ff
 – Oberschenkelschaft 133ff
 – Sprunggelenk 142ff
 – Tibia 135ff
 – Talusfrakturen 146ff
 – Unterarm distal 111ff
 – Unterarmschaft 108ff
 – Unterschenkel distal 140ff
 – Unterschenkelschaft 138ff
 – Zehenfrakturen 145ff
 Fußkompartmentsyndrom 147, 151f

G

Galeazzi-Fraktur 108f, 112f
 Gaseinschluss 10
 Gefäßdissektion 135f
 Gefäßruptur 48
 Gelenkinfekte
 – Hand 169ff
 – Finger 169
 Gelenkreposition
 – Schulter 95
 – Hüfte 129
 Gerinnungsstörung 5, 20, 53, 55, 67
 – paraneoplastische 48f
 Gewebedruckmessung 92, 126

Gewebeschaden siehe auch trauma load
 Gewebshypoxie,
 posttraumatische 10
 Granulozytenszintigrafie 165
 Gustilo-Anderson (Klassifikation)
 siehe Klassifikation

H

HAGL-Läsion 94
 Halbseitensymptomatik 52
 Halswirbelsäule
 – Verletzungen 62ff
 Hämatothorax 79, 81ff
 Handgelenksfrakturen siehe Frakturen
 Handwurzelfrakturen siehe Frakturen
 Harnblase 89
 Hautbschürfung 13
 Hautkontusion 11f
 Herniation 49, 51, 56
 Herzbeutel 81
 Herzinfarkt 20
 Hill-Sachs-Läsion 94, 96
 Hirndruck 7, 49, 55f
 Hirndruckzeichen 49
 Hirnödem 2, 49, 55f
 Hochrasanztrauma 7, 74, 119, 133ff, 142
 Hohlorgane
 – Verletzungen 89ff
 Host defense response 2f
 Hüftkopf 128
 Humeruskopffraktur siehe Frakturen
 Humerusschaftfraktur siehe Frakturen
 HWS siehe Halswirbelsäule
 Hydrocephalus malresorptivus 54
 Hyperlaxität 94
 Hypotension 2, 6f
 Hypothermie 3, 5f
 Hypotonie siehe Blutdruck
 Hypovolämie siehe Blutdruck

I

ICP siehe Hirndruck
 Ilizarov-Ringfixateur 38, 163
 Immunreaktion 3
 Immunsuppression 3
 Impulskompression, arteriovenöse 93, 127
 Inaktivitätsosteoporose 26
 Infektion nach Osteosynthese 147ff

siehe auch Biofilm
 injury severity scale 6
 Interkostalarterien 79
 Intestinum 2
 Ischämie-Reperfusionsschäden 3, 8,
 92, 126
 ISS siehe injury severity scale

J

Jetlavage 175

K

Kalkaneus
 – Fraktur 150
 Karpaltunnel
 – -syndrom 112f, 116ff
 Keimspektrum 166
 Kettenverletzung 139, 151, 157f
 Kirschnerdraht 36f
 Klassifikation
 – Atlasfrakturen nach Gehweiler 66
 – Azetabulumfrakturen nach
 Letournel 128
 – Beckenfrakturen AO 74
 – Densfrakturen nach Anderson/de
 Alonso 66
 – Femur distal AO 135
 – Femur proximal AO 131
 – Fibula proximal AO 142
 – Gustilo-Anderson 11
 – Humerus Diaphyse AO 103
 – Humerus distal AO 105
 – Humeruskopffrakturen AO 101
 – Humeruskopffrakturen nach
 Neer 101
 – Humerusschaftfrakturen AO 103
 – HWS-Distorsion 66
 – Kalkaneusfrakturen nach
 Essex-Lopresti 150
 – Kalkaneusfrakturen AO (nach
 Zwipp) 151
 – Karpalfrakturen AO 1 51
 – Klavikulaschaftfrakturen AO 97
 – Klavikula lateral nach Jäger/
 Breitner 97
 – Malleolen AO 142
 – Metatarsale V Basisfraktur nach
 Jones 157
 – Olekranonfrakturen nach
 Schatzker 106
 – Os sacrum-Frakturen nach
 Danis 74

– Processus coronoideus nach Regan
 und Morray 106
 – Radius Halsfrakturen nach
 Judet 105
 – Radius distal AO 112
 – Radiusgelenkflächenfraktur distal
 nach Melone 112
 – Radiuskopffrakturen nach
 Mason 105
 – Röhrenknochen des Fußes AO 1 57
 – Röhrenknochen der Hand AO 121
 – Schenkelhalsfraktur nach Pauwels/
 Garden 131
 – SHT-Verletzungen 49
 – Skaphoidfrakturen AO 117
 – Talusfrakturen nach Marti und
 Weber 146
 – Talushalsfrakturen nach
 Hawkins 146
 – Tibia distal AO 140
 – Tibia Diaphyse AO 138
 – Tibia proximal AO 136
 – Ulna distal AO 112
 – Unterarmschaft AO 108
 – Wirbelkörperfrakturen AO 70
 Klavikulafraktur 97ff, 104
 Kniegelenksfraktur 135ff
 Koagulopathie 5f, 59f siehe auch
 TIC, DIC
 Kompartmentsyndrom
 – obere Extremität 92
 – untere Extremität 126
 Kontamination 7, 11, 162ff
 Kontraktur 26f, 92
 Kontusion, kortikale 53
 Kopf-Kinn-Kappenverband 59
 Korakoid 93
 Krampfanfall 52f
 Krankengymnastik siehe
 Physiotherapie
 Kreuzbandverletzung 136, 29
 Kreuzblut 18
 Kriterien
 – SIRS 3
 – Borderline 5
 Kryotherapie 40, 93, 127
 Kunsthaut 8

L

Laktat 20
 Laktatdehydrogenase 10
 Lagerung 32ff

Lappenplastik 8, 13, 174ff
 LDH siehe Laktatdehydrogenase
 Leberwerte 20, 22, 24f
 Leberzirrhose
 Child-Pugh-Klassifikation 24
 Lendenwirbelsäule
 – Verletzungen 68ff
 Letalitätskurve, trimodale 2
 Ligamentotaxis 113f, 118
 Liquorraum 49, 54
 Lisfranc-Ligament 153
 Lisfranc-Luxationsfraktur 153ff
 Locus Kieselbachi 58
 Logensyndrom siehe
 Kompartmentsyndrom
 Lungenarterienembolie 20
 Lungenfunktionsdiagnostik 24
 Lungenkontusion, bilaterale 5
 Lungenparenchym 79f
 LWS siehe Lendenwirbelsäule
 Lymphdrainage 40, 152

M

Mädchenfänger 111, 114, 118
 Mangled Extremity Severity Score 7
 Marknagelung 5, 109, 134, 139
 Massentransfusion 2f, 6
 Medikamentenanamnese 16, 20
 MESS siehe Mangled Extremity
 Severity Score
 Messung der Sauerstoffsättigung,
 transkutane 10
 Metacarpalia 37
 Metatarsalia 155ff
 Milz
 – Verletzung 86f
 Mittelfußfrakturen 156ff
 Mittelhandfrakturen 120ff
 Mobilisation 40, 76
 MODS 2
 Monotrauma 2, 86
 Monteggia-Fraktur 108, 112
 Monteggia-like-lesion 105
 Multiorganversagen 2f
 multiple organ dysfunction syndrome
 siehe MODS
 multiple organ failure siehe MOF
 Mundhöhle 58ff
 Musculi vasti 126
 Musculus
 – adductor brevis 126
 – adductor longus 126

- adductor magnus 126
 - biceps brachii 92
 - biceps femoris 126
 - brachialis 92
 - brachioradialis 92
 - coracobrachialis 92
 - gracilis 126
 - iliacus 126
 - latissimus dorsi 80
 - pectineus 126
 - pectoralis 80
 - psoas major 126
 - rectus femoris 216
 - sartorius 126
 - semimembranosus 126
 - semitendinosus 126
 - triceps brachii 92
 - Muskelkontusion 11
 - Muskellappen, myokutaner 8
 - Muskelloge 92f, 126f
- N**
- Nervus
 - axillaris 16, 35, 58, 94, 101f
 - femoralis 128
 - ischiadicus 128, 131
 - medianus 12, 92, 111
 - peroneus 126, 136, 139
 - radialis 35, 104
 - ulnaris 12, 16, 92, 106
 - Nagelkranzfraktur 112, 157
 - Narkose 54, 66, 107, 129, 137 siehe auch Anästhesie
 - Nasengerüst, knöchernes 59
 - Nasentamponade 58f
 - Nasopharynx 58f
 - Nekrose 8, 37
 - Gewebsnekrose 10, 13
 - Humeruskopfnekrose 101
 - Sehnennekrose 172
 - Talusnekrose 146, 149
 - Nekrosektomie 8, 12
 - Nervenwurzelläsion 75
 - Neurokranium
 - Verletzungen 48ff
 - Nierenkontusion 86
 - Notfalldialyse 20
 - Notfallklassifizierung 21
 - Notfalllabor 20
- O**
- Oberarmcast 28, 30
 - Oberarmschaftfrakturen 103f
 - Oberschenkelcast 27f
 - Oberschenkelschaftfrakturen 133f
 - Obstipation 37
 - Oestern-Tscherne (Klassifikation) 11
 - Open-Book-Verletzung 75
 - Organe
 - Verletzungen 78ff
 - Organversagen 2
 - Frühes/spätes posttraumatisches siehe MODS
 - Oropharynx 58
 - Orthese 27f
 - Os
 - capitatum 116
 - hamatum 116
 - lunatum 116
 - pisiforme 116
 - scaphoideum 116
 - trapezium 116
 - trapezoideum 116
 - triquetrum 116
 - sacrum 74
 - metacarpale 120
 - cuneiforme mediale 153
 - Osteomyelitis 37, 162f, 170, 174
 - Osteosynthese
 - Infektion 174ff
- P**
- Packing, retroperitoneales 8
 - Pankreasruptur 86
 - Parästhesie 7
 - Patientenedukation 40 siehe auch Aufklärung
 - pAVK siehe periphere arterielle Verschlusskrankheit
 - pDMS 28
 - Perfusion siehe Kompartment-Syndrom
 - Periost 10f
 - Periphere arterielle Verschlusskrankheit 6, 22, 156
 - Peritonitis 89f
 - Pfählungsverletzung 86
 - Pfannenrandfrakturen 94, 128
 - Phlegmone siehe Sehnscheidenphlegmone
 - Physiotherapie 40ff
 - Pilon tibiale 140
 - Pinpflege 37f
 - Pin-Track-Infektion 34, 37
 - Plexus brachialis 98f, 101f
 - Pneumonie 24, 40
 - Pneumonieprophylaxe 40
 - Pneumothorax 78ff
 - katamenialer 78
 - Polytrauma siehe Damage Control
 - Pseudarthrose 117, 156ff
 - PTT siehe Thromboplastinzeit, partielle
 - Pulmonalarteriendruck 5
 - Puls 7, 93, 102, 106, 127, 138
 - Pulslosigkeit 7, 93
 - Pupillenerweiterung 50, 52
- Q**
- Querschnitt 64f, 67, 69
- R**
- Radioulnargelenk 108f, 109, 112
 - Radius
 - Fraktur siehe Fraktur, Unterarm
 - Reaktion, neuroendokrine 2
 - Relaxation 107, 129
 - Reperfusionsschaden 8 siehe auch Kompartment-Syndrom
 - Reposition
 - nach Arlt 95
 - nach Hippokrates 95
 - der Schulter 95
 - nach Stimson 95
 - siehe auch Scapulamanipulation nach Bosley und Miles 95
 - Resistogramm 8
 - Rhabdomyolyse 10
 - Risikofaktoren, kardiopulmonale siehe Anamnese
 - Robinson-Fraktur 140
 - Rolandofraktur 122
 - Röntgen Thorax 20f, 24
 - Rotatorenmanschettenläsion 94, 100f
 - Ruhigstellung
 - externe 26ff
 - präoperative 28f
 - postoperative 29f
- S**
- Sakrumpseudarthrose 76
 - Sarmiento-Brace 28
 - Scapulamanipulation nach Bosley und Miles 95
 - Schädel

Schädelhirntrauma 48ff
 Schafffraktur siehe Fraktur
 Schenkelhalsfraktur 131ff
 Schock 7
 – hämorrhagischer 5, 87
 – hypovolämischer 81
 – psychischer schock 63
 Schockraumdiagnostik 6
 Schulterluxation 94ff
 Schwenklappenplastik 8
 Schwerstverletzte/
 Schwerverletzte 5ff
 Second hit 2ff
 Second look 7f
 Sehnenscheide siehe
 Sehnenscheidenphlegmone
 Sehnenscheidenphlegmonen 172ff
 Sepsis, posttraumatische 3, 5, 7, 89f,
 170
 Serologie 165
 Sinus sagittalis 53
 Sinus transversus confluens 53
 Sinus-cavernosus-Fisteln 56
 Sinusvenenthrombosen 56
 Sonographie 86, 133
 Spannungspneumothorax 78ff
 Spontanpneumothorax 78ff
 Sprunggelenksfraktur 142ff
 Steinmann-Nägel 132
 Stent 23, 56, 82, 137
 Stiff-Neck 27f
 Stomaanlage 90
 Stuhlverhalt 76 siehe auch
 Obstipation
 Subduralhämatom 53f
 Szintigrafie 162 siehe auch
 Granulozytenszintigraphie

T

Talusfraktur 146ff
 Tentoriumsschlitz 49ff siehe obere
 Einklemmung
 Therapie, antibiotische siehe
 Antibiose
 Thorakotomie 82
 Thoraxverletzung 78ff
 Thoraxdrainage 79, 82
 Thromboembolieprophylaxe 26, 40
 Thromboplastinzeit, partielle 20ff,
 59f
 Thrombose 26 siehe auch
 Prophylaxe

Tibia Fraktur 135ff
 TIC 2
 Trauma load 2f
 Trauma, chirurgisches siehe second
 hit
 Trauma-inuzierte-Coagulopathie
 siehe TIC
 Traumareaktion 2ff
 Trepanation 52ff
 Trochanter 127, 130f
 Tuberculum majus 102
 two-hit-theory 3

U

Ulnafraktur 108f siehe auch: Fraktur,
 Unterarm
 Unterarmcast 27f
 Unterarmschaftfrakturen 108ff
 Unterkühlung siehe Hypothermie
 Unterschenkelfraktur, distale 140ff
 Unterschenkelschaftfrakturen 133ff

V

Vakuumversiegelung 8, 176
 Vena
 – cava 81
 – subclavia 81f, 98
 Venenplexus, sakraler 8
 Venenstauung, zervikale 78
 Ventrikeldrainage 55f
 Verband
 – Gilchristverband 8, 27f
 – redressierender 26, 29
 – Rucksackverband 28, 30, 98
 – ruhigstellender 26, 29, 152
 – Thoraxabduktionsverband 27
 – zirkulärer 26, 30, 92, 126
 Verbrauchskoagulopathie 59f
 Vernichtungskopfschmerz 49
 Volumensubstitution 54, 82

W

Weichteiltrauma 10ff
 Wirbelsäulenverletzung 62ff
 Wundverschluss, temporärer 8

Z

Zehenfrakturen 145ff