

Inhalt

Verletzungsarten	5
Frakturen	6
Komplikationen	12
Physiotherapeutisches Behandlungsmanagement bei Verletzungen	16
Prophyllaxen	17
Physiotherapeutischer Befund in der Chirurgie	19
Literaturverzeichnis	22
Nachbehandlungsschema nach Endoprothetik	25
Endoprothetik im GHG	25
Humeruskopffraktur operativ invers endoprothetisch	26
Endoprothetik im Ellenbogengelenk	27
Endoprothetik im Handgelenk	27
Endoprothetik im Hüftgelenk	28
Endoprothetik im Kniegelenk	29
Endoprothetik im oberen Sprunggelenk	29
Literaturverzeichnis	31
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung in der Chirurgie an der Schulter	32
Claviculafraktur	33
Scapulafraktur	34
ACG-Luxation	36
Schulterluxation	37
Rotatorenmanschettenruptur	40
Allgemeine Informationen zur Schulterrehabilitation	42
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung in der Chirurgie bei Humerusverletzungen	43
Proximale Humerusfraktur	44
Distale Humerusfraktur	46
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung in der Chirurgie bei Ellbogenverletzungen	47
Ellenbogenluxation	48
Olecranonfraktur	50
Radiusköpfchenfraktur	51
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung in der Chirurgie bei Verletzungen an Unterarm und Hand	53
Unterarmschaftfraktur	54
Distale Radiusfraktur	56
Handwurzelknochen – Scaphoidfraktur	58
Fraktur der Ossa metacarpalia	60
Fraktur der Mittel- und Endgelenke	61
Strecksehnenverletzung	62
Beugesehnenverletzung	64
Literaturverzeichnis	67

Physiotherapeutischer Befund und Behandlung bei Verletzungen im Bereich der Wirbelsäule	70
Distorsion der HWS	71
Fraktur der HWS	72
Thorakale und lumbale Wirbelkörperfrakturen ..	75
Literatur	79
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung bei Verletzungen am Becken ...	80
Beckenringfraktur	81
Acetabulumfraktur	83
Schenkelhalsfraktur	85
Femurschaftfraktur	87
Distale Femurfraktur	89
Literaturverzeichnis	91
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung bei Verletzungen am Kniegelenk	93
Kreuzbandverletzungen	94
Meniskusverletzungen	99
Patellaluxation	100
Patellafraktur	103
Quadricepsmuskelriss	104
Tibiakopffraktur	106
Literaturverzeichnis	108
Physiotherapeutischer Befund und Behandlung bei Verletzungen am Unterschenkel, Sprunggelenk und Fuß.	110
Unterschenkelfraktur	111
Bandverletzungen des Sprunggelenks	112
Sprunggelenksfraktur	114
Talusfraktur	116
Fersenbeinfraktur	118
Achillessehnenruptur	119
Fußwurzel-, Mittelfuß- und Zehenfraktur	122
Literaturverzeichnis	125
Gefäßchirurgie	127
Physiotherapeutischer Befund in der Gefäßchirurgie	127
Präoperative Behandlung	128
Postoperative Behandlung	129
Rehabilitation bzw. lebenslange Begleitphase	129
Herzchirurgie	130
Physiotherapeutischer Befund in der Herzchirurgie	132
Präoperative Behandlung	132
Postoperative Behandlung	133
Thoraxchirurgie	137
Präoperative Behandlung	138
Postoperative Behandlung	139
Viszeral Chirurgie	141
Befund in der viszeralen Chirurgie	142
Literatur	145

Verletzungsarten

In der Traumatologie werden Physiotherapeuten mit folgenden Verletzungsarten konfrontiert:

Prellung (Kontusion), d. h., es kommt zu einer stumpfen Gewalteinwirkung auf Organe oder einen Körperteil von außen. Eine zusätzliche sichtbare Hautverletzung ist nicht zwingend vorhanden.

Verstauchung (Distorsion), d. h., es kommt zu einer Überdehnung des Kapsel-Bandapparates infolge einer Bewegung, die über das natürliche Bewegungsausmaß hinausgeht.

Verrenkung (Luxation). Eine Verrenkung ist eine Dislokation, d. h., es kommt zum Kontaktverlust gelenkbildender Knochen, sodass sich das Gelenk in keiner physiologischen Position mehr befindet.

Bänderriss (Ligamentruptur)

- Teilruptur, d. h., die Kontinuität der Bandstruktur bleibt erhalten, lediglich einzelne Faseranteile sind betroffen.
- Totalruptur, d. h., der totale Kontinuitätsverlust der Bandstruktur führt zur Instabilität im betroffenen Gelenk.

Muskelverletzung, d. h., es kommt zu einer Läsion des Muskels durch Überlastung oder Trauma. Man unterscheidet zwischen Muskelzerrung, -faserriss und -ruptur.

Fraktur

Eine Fraktur ist ein Knochenbruch, d. h., es kommt zum vollständigen oder teilweisen Kontinuitätsverlust des Knochens.

Amputation, d. h., es kommt zu einer traumatisch oder operativ bedingten Abtrennung eines Körperteils.

Frakturen

Definition

Eine Fraktur ist ein Knochenbruch, d. h., es kommt zu einem teilweise oder vollständigen Kontinuitätsverlust des Knochens. Die gewaltsame Durchtrennung des Knochens kann Folge einer direkten oder indirekten Krafteinwirkung sein.

Frakturzeichen

Sichere Frakturzeichen	Unsichere Frakturzeichen
• Abnorme Beweglichkeit • Krepitation • Offene Fraktur, d. h. sichtbare Fragmente • Abnorme Fehlstellung • Radiologischer Nachweis	• Klassische Entzündungszeichen (Dolor, Rubor, Calor, Tumor, Functio laesa) • Hämatom

Frakturformen

Frakturen können ätiologisch, nach der Beschaffenheit der Fraktur oder nach dem Bruchmechanismus eingeteilt werden.

Ätiologie

- Traumatische Fraktur: Direktes oder indirektes Trauma
- Ermüdungsfraktur: Überlastung durch wiederholte Mikrotrauma
- Pathologische Fraktur: Ohne vorausgegangenes Trauma (z. B. Tumor oder Osteoporose)

Beschaffenheit der Fraktur: AO-Klassifikation

Frakturformen

- Infraktion (unvollständige Fraktur)
- Fissur (d. h. Haarriss)
- Geschlossene Fraktur (intakter Haut- und Weichteilmantel)
- Offene Fraktur, Klassifikation nach Gustilo-Anderson
 - Typ I: Wunden < 1 cm, minimale Weichteilschäden, geringe Kontamination, einfache Fraktur
 - Typ II: Wunde > 1 cm, < 10 cm, mäßige Weichteilschäden, leichte bis mäßige Kontamination, mäßige Knochenfragmentierung
 - Typ III A: Weichteilbedeckung des Knochens ausreichend, Primärverschluss möglich
 - Typ III B: Starke Zerstörung der Weichteile, Lappenplastik erforderlich
 - Typ III C: Begleitende Gefäßverletzung, Rekonstruktion notwendig, subtotale oder totale Amputation

Bruchmechanismen

- Querfraktur
- Biegungsfraktur
- Etagenfraktur
- Abrissfraktur
- Defektfraktur (d. h. Verlust von Knochenfragmenten)
- Gelenkfraktur
- Kompressionsfraktur
- Impressionsfraktur
- Impressions-/Depressionsfraktur

Frakturheilung

Frakturen können konservativ oder operativ versorgt werden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Frakturheilung ist, dass die betroffene Extremität ruhiggestellt wird (z. B. Gips, Orthese), eine gute Durchblutung der Fragmente gewährleistet ist und Kontakt zwischen den Fragmenten besteht. Der Kontakt muss gegebenenfalls durch Reponierung oder Osteosynthese hergestellt werden.

Primäre Knochenheilung: Direkte Durchbauung der Fraktur ohne Kallusbildung (i. d. R. bei operativer Versorgung in Kombination mit guter Durchblutung durch Osteosynthese)

Sekundäre Knochenheilung: Durchbauung der Fraktur durch Kallusbildung (d. h. natürliche Form der Frakturheilung)

Durchschnittliche Heildauer von Knochenbrüchen

Knochen	Durchschnittliche Heildauer in Wochen
Schädelknochen	4
Clavicula	3–4
Rippen, Sternum	4
Humerusschaft/proximaler Humerus	6–8
Subcapitale Humerusfraktur	3–6
Ellenbogen	4–6
Unterarm	6–8
Handgelenk	14

Stabilitätsgrade

Stabilitätsgrad	Definition	Osteosyntheseverfahren
Lagerungsstabil	Keinerlei Bewegung der betroffenen Extremität	Spickdrahtosteosynthesen bei Hand- und Fußfrakturen
Bewegungsstabil	- Passive, assistive und aktive Bewegung innerhalb des erlaubten Range of Motion (ROM) - Widerstände distal der Fraktur sind kontraindiziert. - Dynamische Übungen mit geringer Belastung sind erlaubt. - Teilbelastung	- Zuggurtungen bei Olecranon- und Patellafrakturen - Fixateure externe, z. B. Polytrauma - Weichteildefekte - Instabile Beckenfrakturen
Belastungsstabil	- Belastung innerhalb des vorgegebenen ROM und gegebener physiologischen Belastungsgrenzen erlaubt. - Übungen gegen angepassten Widerstand sind erlaubt. - Vollbelastung	- Marknagel - Verbundsosteosynthesen - Endoprothesen
Trainingsstabil	- Volle Bewegungs- und Belastungsfähigkeit - Wiederherstellung bzw. Verbesserung der motorischen Grundeigenschaften	

Wundheilungsphasen

Kenntnisse über die Wundheilung sind für einen erfolgreichen Rehabilitationsprozess essenziell. Die einzelnen Wundheilungsphasen können nicht voneinander getrennt werden und die Übergänge zwischen den Phasen sind fließend. Es wäre fatal, sich lediglich auf den theoretischen Ablauf der Wundheilungsphasen zu verlassen. Vielmehr sollte funktionsbasiert abgeklärt werden, ob der Patient bereit für den nächsten Schritt in seiner Rehabilitation ist. Hierfür können entsprechende Assessments aus dem Bereich Return to Activity bzw. Sport angewendet werden.

Entzündungsphase (1.–5. Tag)

Die Entzündungsphase unterteilt sich in vaskuläre Phase (ca. 0.–2.Tag) und zelluläre Phase (ca. 2.–5.Tag). Es dominieren die klassischen Entzündungszeichen aufgrund der Ausschüttung von Schmerz- und Entzündungsmediatoren. Der Einsatz von Eis ist lediglich in den ersten 10–20 Minuten sinnvoll zur Unterstützung der Vasokonstriktion. Danach hat Eis lediglich einen minimierenden Effekt auf die Schmerzwahrnehmung.

Physiotherapeutische Konsequenz

- Automobilisation lediglich im schmerzfreien Bereich (d. h. im Matrixbelastungsbereich)
- Physikalische Anwendungen (z. B. Elektrotherapie oder Ultraschall)
- Patientenedukation (z. B. Eigenübungsprogramm, Transfer, Schmerz, Stressvermeidung usw.)
- Funktionelle Immobilisation (z. B. Orthese, Tape usw.)

Zur Beurteilung des Übergangs zwischen der Entzündungs- und Proliferationsphase können die Parameter Temperatur und Schmerz genutzt werden. Der Temperaturunterschied sollte in Ruhe nicht mehr als 2 °C im Seitenvergleich betragen. Patienten sollten keinen Dauerschmerz bzw. Nachtschmerz mehr haben, sondern lediglich Schmerz bei Belastung oder sogar Schmerzfreiheit.

Proliferationsphase (ca. 5.–21. Tag)

Die Aktivität der Leukozyten, Monozyten und Makrophagen nimmt ab. Die Produktion der Grundsubstanz fällt noch sehr gering aus, sodass das Gewebe noch über eine geringe Elastizität und verminderte allgemeine Belastbarkeit verfügt. Die Synthese von Kollagen Typ III erreicht ca. am 14. Tag seinen Höhepunkt. Zur optimalen Ausrichtung der Fasern darf Belastung nur innerhalb der physiologischen Grenzen erfolgen. Die Proliferationsphase wird auch als Kontraktionsphase bezeichnet.

Physiotherapeutische Konsequenz

- Automobilisation sollte im Matrixbelastungsbereich erfolgen (d. h. innerhalb der Gewebsheilungskapazität)
- Koordinationstraining: lokale Stabilisatoren (z. B. mithilfe eines Laserpointers) & Feedback System (z. B. statisches Beinachsentraining im Sitz an der Bettkante oder im Stand, dynamisches Beinachsentraining beim Treppensteigen respektive Step Up auf einen Stepper usw.)
- Kraft: lokal nicht möglich, entfernt von der betroffenen Struktur möglich
- Ausdauer: Fokussierung auf aerobe Stoffwechselprozesse (z. B. allg. aerobe Grundlagenausdauer)

Konsolidierungsphase (ca. 21.–60. Tag)

Die Stabilität und Organisation des neu gebildeten Kollagens nimmt zu. Die vermehrte Synthese von Grundsubstanz führt zu einer erhöhten Belastbarkeit und verbesserten Elastizität. Durch entsprechende Stimuli kommt es zum Umbau des Kollagens Typ III in Typ I und II, was wiederum zu verbesserter Stabilität führt. Auch die Dicke der Kollagenfasern nimmt zu.

Organisations- und Umbauphase (Remodelierungsphase, ca. 60.–360. Tag)

In dieser Phase kommt es zur Ausrichtung und Organisation kollagener Fasern. Ab dem ca. 120. Tag nimmt die Kollagensynthese allmählich ab. Etwa bis zum 150. Tag wurden 85 % des Kollagens Typ III in andere Kollagene umgewandelt. Die Steifigkeit des Gewebes nimmt zu.

Physiotherapeutische Konsequenz für die Konsolidierungs- und Remodelierungsphase

- Kraft: Steigerung der Intensität (Kraftausdauer, Hypertrophie, Maximalkraft usw.)
- Ausdauer: Keine Einschränkungen
- Koordination: Alle Formen, auch Feedforward-Mechanismus (z. B. Lauf-ABC, Sprung-ABC, Wurf-ABC)
- Intensive Mobilisation und Dehnung der betroffenen Struktur

Dauer der Proliferationsphase in Abhängigkeit des verletzten Bindegewebes (nach Diemer et Sutor, 2018):

Gewebe	Dauer	Autor
Muskelgewebe	Kontraktile Komponente ca. 14 Tage, bindegewebige Komponente ca. 21 Tage	Järvinen et al. 2005
Anulus fibrosus	3–6 Wochen	Hampton et al. 1989
Ligamente	3–6 Wochen	Woo et al. 2000
Sehnen	3–6 Wochen	Leadbetter 1992
Meniskus	8–12 Wochen	Arnoczky et al. 1994
Knorpelgewebe (OP)	3 Monate	Itay, Abramovic et Nevo 1987

Im Rahmen eines Rehabilitationsprozesses sollte sich der Therapeut jedoch nicht nur an den Wundheilungsphasen orientieren, sondern funktionsbasiert die Rehabilitation gestalten. Es muss funktionell beurteilt werden, ob die nächste Stufe der Rehabilitation eingeleitet werden kann (z. B.: Kann der Patient wieder joggen?). Hierfür wurden verschiedene Algorithmen entwickelt, die helfen sollen, die Belastbarkeit, Funktionsfähigkeit und das Aktivitätsniveau des Patienten zu überprüfen. Die Algorithmen eignen sich gut als Verlaufsdokumentation, mit deren Hilfe der Rehabilitationsprozess gesteuert und dosiert werden kann. Assessments bieten wertvolle Hinweise auf den Funktionszustand, aber sie ersetzen nicht die klinische Beurteilung oder das Risiko einer Überbelastung bzw. verhindern nicht, dass es zu einer erneuten Traumatisierung kommt.

Beispielhaft werden verschiedene Assessments für die untere und obere Extremität sowie die Wirbelsäule vorgestellt, die von Keller et al. ausgearbeitet wurden. Es gilt weitere Assessments für die verschiedenen Krankheitsbilder zu beachten. Die detaillierte Vorstellung dieser Assessments ist jedoch zu umfangreich und muss in spezifischer Literatur nachgelesen werden.

Die Rehabilitation kann in vier Level unterteilt werden: Return to Activity (d. h. Wiederaufnahme grundlegender Aktivitäten des täglichen Lebens), Return to Sport (d. h. Teilnahme an sportlichen Aktivitäten, jedoch ohne hohe Intensität oder Wettkampfcharakter), Return to Play (d. h. Teilnahme an vollem Training ohne Einschränkungen) und Return to Competition (d. h. volle Rückkehr in den Wettkampfsport auf höchstem Niveau).

Die vier Phasen der Rehabilitation am Beispiel des Algorithmus der unteren Extremität (nach Keller et al, 2016):

Level	Sportaktivität	Alltagsaktivität
I	Sportartspezifische Bewegungen ohne dynamische Impacts, z. B. Golf	Alltagsbewegungen
II	Sportarten ohne Stopp- und Drehbewegungen, z. B. Joggen	Leichte körperliche Arbeit
III	Seitliche Bewegungen, geringe Stopp- und Drehbewegungen, z. B. Tennis	Harte körperliche Arbeit, unebener Boden
IV	Sprünge, schnelle Dreh- und Stoppbewegungen, z. B. Handball	

Die vier Phasen der Rehabilitation am Beispiel des Algorithmus der oberen Extremität (nach Keller et al, 2017):

Level	Sportaktivität	Alltagsaktivität
I	Geringe Arm- & Schulterbelastung, kein Sturzrisiko (z. B. Walken, Joggen usw.)	Geringe Arm- & Schulterbelastung
II	Schwung- und Stützbelastung der oberen Extremität, niedriges Sturzrisiko (z. B. Radsport usw.)	Leichte körperliche Arbeit (über 90° Abduktion/Elevation)
III	Kontaktsportarten mit geringer Armbelastung, hohes Sturzrisiko (z. B. Fußball usw.)	Harte körperliche Arbeit, komplexe Schulterbewegungen
IV	Schlag-, Stoß- und Wurfbelastungen, hohes Sturzrisiko (z. B. Handball, Boxen usw.)	

Die vier Phasen der Rehabilitation am Beispiel des Algorithmus der Wirbelsäule (nach Keller et al, 2018):

Level	Sportaktivität	Alltagsaktivität
I	Sagittale Belastung ohne Impact (Walking usw.)	Körperliche Belastung ohne Impact
II	Sagittale Belastung mit Impact (z. B. Joggen)	Körperliche Belastung mit potenziellem Impact
III	Rotatorische Belastung mit Impacts über die obere Extremität und seitlichen Impact über die untere Extremität (z. B. Tennis, Volleyball usw.)	Harte körperliche Belastung mit Rotationsbelastung
IV	Multidirektionale Belastung mit Gegnerkontakt und hohem Sturzrisiko (z. B. Basketball usw.)	

Für die Beurteilung, ob ein Patient für das nächste Aktivitätslevel bereit ist, wird sowohl ein qualitativer als auch quantitativer Test durchgeführt. Die Testungen erfolgen immer im Seitenvergleich, wobei mit der gesunden Extremität begonnen werden sollte. Eine erfolgreich bestandene qualitative Testung geht dem nachfolgenden quantitativen Test stets voraus. Bei der quantitativen Testung muss der Patient mindestens 90 % der Leistungsfähigkeit im Vergleich zur gesunden Seite erzielen.

Testbatterie an der unteren Extremität (nach Keller et al, 2016):

Level	Test
1	- Qualitativer Test: Balance Squat - Quantitativer Test: Y-Balance-Test
2	- Qualitativer Test: Balance Front Hop (Beurteilung in der Sagittalebene) - Quantitativer Test: Front Hop for Distance
3	- Qualitativer Test: Balance Side Hop - Quantitativer Test: Side Hop Test
4	- Qualitativer Test: 90°-Balance-Test - Quantitativer Test: Square Hop Test

Testbatterie an der oberen Extremität (nach Keller et al, 2017):

Level	Test
1	• Qualitativer Test: Funktionelles Bewegungsausmaß 90° Anteversion • Quantitativer Test: Beidarmiger Frontstütz-Test
2	• Qualitativer Test: Funktionelles Bewegungsausmaß 180° Anteversion • Quantitativer Test: Einarmiger Frontstütz-Test
3	• Qualitativer Test: Funktionelles Bewegungsausmaß Außenrotation in 90° Abduktion • Quantitativer Test: Y-Balance-Test für die obere Extremität
4	• Qualitativer Test: Funktionelles Bewegungsausmaß Innenrotation in 90° Abduktion • Quantitativer Test: Wall Hop Test

Testbatterie für die Wirbelsäule (nach Keller et al, 2018):

Level	Test
1	• Qualitativer Test: Repetierte Extension • Quantitativer Test: Front Plank Test
2	• Qualitativer Test: Loaded Reach Test • Quantitativer Test: Front Hop Test
3	• Qualitativer Test: Flexion Rotation Test • Quantitativer Test: Side Plank Test
4	• Qualitativer Test: Plyo Push Up Test • Quantitativer Test: Square Hop Test

Ergänzend sollten Fragebögen genutzt werden (z. B. DASH, ACL-RSI-Skala usw.). Aber auch weitere Assessments wie Hop-Test-Batterien (Single Hop Test, Triple Hop Test usw.) können genutzt werden, um die Rehabilitation funktionsbasiert zu gestalten.

Komplikationen

Störungen der Frakturheilung

Eine Frakturheilungsstörung bzw. verzögerte Frakturheilung liegt vor, wenn nach drei Monaten keine vollständige knöcherne Heilung eingetreten ist. Ca. 5–10 % aller Frakturen heilen nur verzögert bzw. unvollständig aus. Risikofaktoren für eine gestörte Frakturheilung sind instabile Osteosynthese, ungünstige Reposition, mangelnde Durchblutung des Knochens, vorliegende Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder Osteoporose, Rauchen oder vorliegender Alkoholabusus. Auch Faktoren wie das Alter können die Frakturheilung negativ beeinflussen. Die Lebensqualität und die Lebenserwartung der betroffenen Patienten werden durch eine gestörte Frakturheilung massiv beeinträchtigt.

Posttraumatische Schwellung bei Gipsbehandlung

Die Immobilisierung bei einer traumatischen Verletzung erfolgt beispielsweise mittels Orthese oder eines Gipses. Im Zuge dessen kann sich eine posttraumatische Schwellung entwickeln. Die Schwellung kann im Extremfall zu einem Kompartmentsyndrom oder einer Volkmann-Kontraktur führen. Deswegen sollten Durchblutung, Motorik und Sensibilität routinemäßig überprüft werden.

Durchblutungsstörung

Das isolierte Auftreten von Durchblutungsstörungen ohne zusätzliche Verletzungen der umliegenden Strukturen ist nach einer traumatischen Verletzung möglich. Hautfarbe und -temperatur sowie der Pulsstatus sollten regelmäßig überprüft werden. Bei pathologischen Veränderungen in diesem Bereich sollte stets an ein Kompartmentsyndrom gedacht werden.

Nervenschädigung am Beispiel der Peroneuslähmung

Läsionen der Nerven können direkte Folge eines Traumas sein, aber auch nachfolgend durch eine Operation (z. B. infolge Durchtrennung eines Nervs währenddessen, Kompression durch einen Haken oder ein Hämatom usw.) hervorgerufen werden. Läsionen der Nerven können zu Dys- bzw. Parästhesien, Schmerzen, Muskelschwäche oder sogar zum Funktionsausfall des Muskels führen.

Zu einer Schädigung des N. peroneus kann es beispielsweise im Rahmen einer Kniegelenkluxation kommen. Die Peroneusparese kann auch durch einen zu enganliegenden Gips oder ein Hämatom hervorgerufen werden. Im physiotherapeutischen Befund zeigt sich eine Abschwächung der Fuß- und Zehenhebernuskulatur. Bei der Inspektion des Gangbildes wird der sogenannte Steppergang offensichtlich. Sensibilitätsausfälle betreffen den lateralen Unterschenkel und Fußrücken. Die physiotherapeutische Behandlung sollte sich auf eine Wiederherstellung der Muskelkraft fokussieren. Die Übungsauswahl orientiert sich am Muskelfunktionsstatus des Patienten. Ergänzend kann Elektrotherapie eingesetzt werden, um den Heilungsprozess zu unterstützen. Zur Reduktion des Sturzrisikos eignet sich ein gezieltes Gangtraining. Ebenso ist es wichtig, die Beweglichkeit des Sprunggelenks zu erhalten. Gegebenenfalls wird der Patient durch eine Peroneusorthese zusätzlich stabilisiert.

Kompartmentsyndrom

Intrakompartimentelle Druckerhöhungen können zu einer verminderten Mikrozirkulation bzw. reduzierten neuromuskulären Funktion führen. Dies bezeichnet man als ein Kompartmentsyndrom. Weiterlaufend kann sich eine Nekrose an der betroffenen Extremität entwickeln. Im Extremfall kommt es zu einem multiplen Organversagen oder einer Amputation. Ein Kompartmentsyndrom stellt immer einen medizinischen Notfall dar und muss sofort ärztlich behandelt werden. Patienten klagen über starke Schmerzen, Spannungsgefühl in der betroffenen Extremität sowie Störungen im Bereich der Sensibilität und Motorik. Weiterlaufend entstehen Einschränkungen in der Beweglichkeit. Die Pulse distal des Kompartmentsyndroms sind nicht tastbar. Verschiedene Ursachen bedingen die Entstehung eines Kompartmentsyndroms. Beispielsweise führen Ödeme oder Blutungen innerhalb des Kompartiments zu einer Volumenzunahme. Ein Gipsverband kann durch dauerhaft erhöhten externen Druck ebenso zu einem Kompartmentsyndrom führen. Therapiemittel der Wahl ist eine Fasziotomie zur Entlastung des betroffenen Gewebes.

Pseudarthrose

Aufgrund mangelnder knöcherner Konsolidierung im Rahmen einer Fraktur kann eine sogenannte Pseudarthrose entstehen. Bleibt die knöcherne Durchbauung auch nach sechs Monaten aus, wird dieser Zustand ebenfalls als Pseudarthrose bezeichnet. Im Volksmund spricht man dabei häufig von einem „Falschgelenk“. Patienten klagen über Schmerzen und abnorme Beweglichkeit. Betroffen sind vor allem die langen Röhrenknochen wie Femur, Tibia oder Humerus. In den ersten sechs Monaten wird eine unzureichende knöcherne Frakturheilung als verzögerte Frakturheilung bezeichnet. Erst ab sechs Monaten liegt eine Pseudarthrose vor. Gründe für die Entstehung einer Pseudarthrose können systemische Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder pAVK sein. Aber auch mangelnde Ruhigstellung oder zu früh bzw. zu forciert durchgeführte Mobilisierung können die Entstehung einer Pseudarthrose begünstigen. Sollte eine Pseudarthrose vorliegen, müssen ggf. die mechanischen Rahmenbedingungen verbessert werden (z. B. Plattenosteosynthese, Marknagel usw.) oder eine Spongiosaplastik durchgeführt werden.

Osteomyelitis

Eine Osteomyelitis ist eine akute oder chronische Entzündung des Knochenmarks bzw. des Knochens. Ätiologisch unterteilt man in exogene, hämatogene, fortgeleitete sowie spezifische Osteomyelitis. Die exogene Osteomyelitis wiederum kann in posttraumatische und postoperative Osteomyelitis eingeteilt werden. Die posttraumatische Osteomyelitis entsteht im Rahmen einer offenen Fraktur durch Kontaminierung und Infektion der Wunde. Die postoperative Osteomyelitis entsteht beispielsweise durch Krankenhauskeime. Beide Formen führen zur Knochendestruktion. Zusätzlich kann es zu einer septischen Streuung im Körper kommen. Patienten klagen im Akutfall über klassische Entzündungszeichen. Therapeutisch wird eine chirurgische Ausräumung des befallenen Knochens durchgeführt. In manchen Fällen muss eine alternative Stabilisierung der Fraktur durchgeführt werden, wobei auch Spül- und Saugdrainagen möglich sind. Zudem erhalten Patienten hoch dosiert Antibiotika.

Complex regional pain syndrome (CRPS)

CRPS wird als Schmerzsyndrom definiert, bei dem die Schmerzen im Vergleich zum erwarteten Heilungsverlauf unangemessen stark sind. Es kommt zu Störungen im Bereich der Sensorik, Motorik, des vegetativen Nervensystems und der Gewebetrophik. CRPS entwickelt sich im Anschluss an eine Verletzung oder ein Trauma, zu dem es keinen direkten Zusammenhang gibt. In weniger als 10 % der Fälle entsteht CRPS ohne vorausgegangenes Trauma. CRPS wird in CRPS I & II unterteilt. Bei CRPS I liegt keine nervale Verletzung vor. CRPS II geht mit einer nervalen Läsion einher. Die Subtypen Einteilung erfolgt über die Hauttemperatur („warmer CRPS“, d. h. klassische Entzündungszeichen, „kalter“ CRPS, d. h. vor allem durch pathologische Eigenschaften des vegetativen Nervensystems). CRPS zeichnet sich durch eine vielfältige Symptomatik aus, die individuell unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Ein Wechsel des Symptomkomplexes im Krankheitsverlauf ist möglich.

Mögliche Symptome bei CRPS

Autonome Störungen	Sensorische Störungen	Motorische Störungen
• Ödem (v. a. distal) • Vasomotorische Veränderungen (Temperatur, Hautfarbe) • Schwitzen (Hyper- oder Hypohidrose) • Veränderungen von Haut, Haaren und Nägeln • Atrophien (im fortgeschrittenen Stadium)	• Hypersensitivität • Schmerz • Hyperalgesie • Allodynie • Hypästhesie • Hypalgesie	• Motorische Schwäche (v. a. in der Feinmotorik) • Neglect-ähnliche Symptomatik (Cave: kein klassischer Neglect) • Tremor • Myoklonien • Dystonien

Die ärztliche Diagnostik erfolgt über die sogenannten Budapest-Kriterien:

1. Anhaltender Schmerz, der durch das Anfangstrauma nicht mehr erklärt wird
2. Anamnestisch muss der Patient mind. ein Symptom aus drei der vier folgenden Kategorien angeben:
 - a. Hyperalgesie, Hyperästhesie
 - b. Asymmetrie der Hauttemperatur; Veränderung der Hautfarbe
 - c. Asymmetrie beim Schwitzen; Ödem
 - d. Reduzierte Beweglichkeit, Dystonie, Tremor, Paresen; Veränderungen von Haar- oder Nagelwachstum
3. Mindestens ein Symptom aus zwei der vier folgenden Kategorien muss zum Zeitpunkt der Untersuchung vorliegen:
 - a. Pinprick Hyperalgesie; Allodynie; Schmerz bei Druck auf Gelenke/Knochen/Muskeln
 - b. Asymmetrie der Hauttemperatur; Veränderung der Hautfarbe
 - c. Asymmetrie im Schwitzen; Ödem
 - d. Reduzierte Beweglichkeit, Dystonie, Tremor, Paresen: Veränderungen von Haar- oder Nagelwachstum
4. Eine andere Erkrankung erklärt die Symptomatik nicht ausreichend.

Die deutsche Leitlinie für CRPS empfiehlt, die üblichen Methoden der Schmerztherapie im physiotherapeutischen Befund anzuwenden. Diese sollten beinhalten:

- Schmerzquantifizierung (z. B. Visuelle Analogskala)
- Hauttemperatur (IR-Thermometer)
- Bewegungsausmaß (Winkelmessung)
- Umfangmessung (Volumeter)
- Muskelkraft (Muskelfunktion, Griffkraft mithilfe eines Dynamometers)
- Quantitativ sensorischer Test für die Schmerzempfindlichkeit
- Fragebögen (Trauma Related Neuronal Dysfunction Symptoms Inventory, Fragebogen für neuropathische Schmerzen DN4, Deutscher Schmerzfragebogen, Body Perception Disturbance Scale)

CRPS sollte mit einem multimodalen Behandlungskonzept behandelt werden. Dieses Konzept setzt sich aus den Komponenten physische Reha und Reha am Arbeitsplatz, psychologische Interventionen, Schmerzreduktion und Patientenedukation sowie Selbstmanagement zusammen.

Volkmann-Kontraktur

Volkmann-Kontrakturen können infolge einer Humerusfraktur auftreten. Aufgrund von Ischämie und Nervenkompression entsteht eine Kontraktur der Unterarmflexoren. Weiterlaufend entwickelt sich eine Nekrose und die Unterarmflexoren atrophieren, wodurch die für die Volkmann-Kontraktur typische Krallenhand entsteht. Die Krallenhand ist charakterisiert durch eine Beugung der Finger in den Mittel- und Endgelenken bei gleichzeitiger Überstreckung der Grundgelenke. Die Kompression kann durch inadäquate Reposition, zu späte bzw. nicht fachgerechte Versorgung der Fraktur oder einem zu enganliegenden Gips ausgelöst werden. Patienten klagen in der Regel über plötzliche Schmerzen, Missempfindungen und Kältegefühl an den Fingern. Im weiteren Verlauf kommt es zur Pulsabschwächung distal der Kompression, Bewegungseinschränkung und druckschmerzhaftem Gewebe. Im Akutfall muss die Ursache der Kompression sofort beseitigt werden (z. B. Entfernung des Gipses oder Fasziotomie).

Physiotherapeutisches Behandlungsmanagement bei Verletzungen

Die Akronyme PECH- und POLICE wurde in jüngster Zeit vom „PEACE & LOVE-Schema“ abgelöst. PEACE beschreibt das physiotherapeutische Management in der Akutphase, wohingegen LOVE das Behandlungsmanagement nach einigen Tagen beinhaltet.

PEACE: P = Protection, E = Elevation, A = Avoid anti-inflammatories, C = Compression, E = Education

Das Akronym P steht für „Protection“ (Schutz). Ziel ist es, durch eine gezielte Belastungsreduktion und die Vermeidung schmerzverursachender Aktivitäten den verletzten Bereich zu schonen und das Gewebe zu schützen. Ergänzend erfolgt die Behandlung der betroffenen Struktur durch Kompression (C = Compression) und Hochlagerung (E = Elevation), um Schwellungen zu minimieren. „Avoid anti-inflammatories“ (A) bedeutet, dass sowohl auf entzündungshemmende Medikamente als auch auf Eisapplikationen verzichtet werden sollte, sofern keine überschießende Entzündungsreaktion vorliegt, da Entzündungshemmer den natürlichen Heilungsprozess beeinträchtigen können. Ein zentraler Bestandteil des Konzepts ist die Patientenedukation (E = Education). Hierbei wird der Patient über ein optimales Belastungsmanagement informiert und dazu angeleitet, eigenständige, aktive Therapiemaßnahmen in den Vordergrund zu stellen.

Nach Abklingen der Entzündungsphase wird das PEACE-Schema um das LOVE-Schema ergänzt.

LOVE: L = Load, O = Optimism, V = Vascularisation, E = Exercise

Das „L“ steht für „Load“ (Belastung) und beschreibt die gezielte Stimulierung des verletzten Bindegewebes durch ein angepasstes Training. Das kontrollierte Belasten der betroffenen Struktur fördert den Heilungsprozess und unterstützt die Gewebereparatur. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die psychologische Komponente: Eine positive Erwartungshaltung verbessert nachweislich den Behandlungserfolg, weshalb „O = Optimismus“ als wesentlicher

Pfeiler in der Nachbehandlung gilt. Das Vermeiden von Katastrophisieren ist hierbei essenziell. Die Verbesserung der Durchblutungssituation wird durch frühzeitige, schmerzfreie Mobilisierung und aerobes Training erreicht (V = Vascularisation). Abschließend steht „E = Exercise“ für die gezielte Trainingstherapie, die darauf abzielt, die motorischen Grundeigenschaften des Patienten wiederherzustellen.

Prophylaxen

Bei Patienten, die aufgrund von schweren Verletzungen, Operationen oder Erkrankungen längere Zeit immobil sind, besteht grundsätzlich die Gefahr von Komplikationen. Ein potenzielles Ziel der physiotherapeutischen Therapie ist somit die Abdeckung der Prophylaxen. Nicht alle Prophylaxen sind bei jedem Patienten indiziert. Die Maßnahmen orientieren sich am Allgemeinzustand des Patienten. Die beste Prophylaxe ist körperliche Aktivität.

Pneumonieprophylaxe

Eine Pneumonie ist eine akute oder chronisch verlaufende Entzündung des Lungengewebes.

Maßnahmen zur Lungenbelüftung

- Frühmobilisation
- Alle Atemtechniken, die zu einer vertieften Einatmung führen, z. B. Kontaktatmung, Nasenstenose, schnüffelndes Einatmen oder Thoraxmobilisierung in Kombination mit einer vertieften Einatmung
- Lagerung zur Verbesserung der Perfusion und Ventilation bei bettlägerigen Patienten
- Atemtrainer, z. B. Triflow®
- Bewegung in Kombination mit einer vertieften Einatmung
- Atemerleichternde Lagerungen, z. B. mit hochgestelltem Kopfteil im Bett

Maßnahmen zur Sekretverflüssigung

- Inhalation
- Regelmäßige Flüssigkeitszufuhr, z. B. warme Tees
- Brustwickel
- Einreibungen, z. B. mit ätherischen Ölen

Thromboseprophylaxe

Bei einer Phlebothrombose liegt ein teilweiser oder vollständiger Verschluss einer Vene durch ein Blutgerinnsel (v. a. in den tiefen Bein- und Beckenvenen) vor.

Maßnahmen

- Antikoagulanzen
- Antithrombosestrümpfe
- Ausstreichungen in Abflussrichtung der Venen, d. h. von distal nach proximal, in RL
- Frühmobilisation
- Aktive Bewegungsserien
 - Wadenpumpe in RL, Sitz oder Stand (ggf. mit Festhalten)
 - RL: Knieflexion/-extension
 - Gehen mit Betonung der Wadenpumpe beim Abrollen des Fußes

Kontrakturprophylaxe

Bei einer Kontraktur kommt es zur dauerhaften Bewegungs- und Funktionseinschränkung der Gelenke durch langfristige Immobilisation oder Bettlägerigkeit (z. B. Spitzfuß).

Maßnahmen

- Frühmobilisation, d. h. frühzeitige Mobilisierung in den Sitz, Stand oder ggf. Gehen
- Endgradige, schmerzadaptierte passive, assistive, aktive oder resistive Mobilisierung der Gelenke des Patienten
- Beachtung einer physiologischen Gelenkstellung bei der Lagerung von Patienten (z. B. planer Bodenkontakt der Füße im Sitz zur Spitzfußprophylaxe)

Dekubitusprophylaxe

Bei einem Dekubitus kommt es zur Schädigung der Haut und/oder des darunterliegenden Gewebes als Folge lang anhaltender und starker Einwirkung von Druck- und Scherkräften. Aufgrund der hieraus resultierenden Zirkulationsstörung kann sich eine Nekrose entwickeln. Besonders gefährdete Körperstellen sind beispielsweise der Rücken, das Kreuzbein oder die Fersen.

Maßnahmen

- Vermeidung von Risikofaktoren: Z. B. spezielle Dekubitusmatratzen & -kissen, faltenfreie Lagerung
- Tägliche Kontrolle der Haut (v. a. bei der Körperpflege)
- Regelmäßige Mobilisation, ggf. eigenständigen Lagewechsel erarbeiten
- Druckentlastende Positionierung und regelmäßige Umlagerung
- Hautpflege

Physiotherapeutischer Befund in der Chirurgie

Therapeut: _____ Datum: _____

Patient: _____ Geburtsdatum: _____

Ärztliche Diagnose: _____ Verordnung: _____

Nebenerkrankungen: _____ Risikofaktoren: _____

Krankheitsanamnese

(Unfallmechanismus, Allgemeinsymptome, Operation (ggf. Art der Osteosynthese, OP-Technik, Datum)

Medikamente (inkl. Dosierung/Einnahme): _____

Hilfsmittel: _____

Kontextfaktoren (Personenbezogene und Umweltfaktoren)

(Alter, Lebensstil, Beruf, Coping, Stress, Stimmung, sozialer Hintergrund, Unterstützung, Umwelt, Gesundheits- oder Sozialdienst usw.)

Defizite auf Aktivitäts- und Partizipationsebene

Hypothese

Befund auf Struktur und Funktionsebene

Inspektion/Palpation

Operationsgebiet (Schwellung, Erwärmung, Rötung, Narben): _____

Haltungsauffälligkeiten (in verschiedenen ASTEN): _____

Gang: _____

Muskeltonus (Hyper- bzw. Hypotonus im OP-Gebiet bzw. in anderen relevanten Bereichen):

Funktionsuntersuchung

(Winkelmessung, Umfangmessung, Muskelfunktionstest, Schmerz, weitere Assessments ...)

Schmerzanamnese



0

10

VAS/NRS: _____ Schmerzqualität: _____

Seit wann? _____ Wie: _____

Wo? _____ Tageszeitabhängigkeit: _____

Verstärkung oder Linderung der Beschwerden? _____

Vorläufiges Ergebnis:

Wünsche und Ziele des Patienten und Therapeuten

Struktur- und Funktionsebene:

Aktivitätsebene:

Partizipationsebene:

Therapieplan

Ziele	Maßnahmen

Red/Yellow Flags (ungewollte Gewichtsabnahme, starkes Krankheitsgefühl, Tumor, Angst, Depression, Stress)

Literaturverzeichnis

- Birklein, F. & Schlereth, T. (2013). Aktuelles zur Therapie des komplexen-regionalen Schmerzsyndroms. *Nervenarzt*, 84, 1436–1444. <https://doi.org/10.1007/s00115-012-3622-6>
- Birklein, F. et al. (2018). Diagnostik und Therapie komplexer regionaler Schmerzsyndrome (CRPS), S1-Leitlinie; in: Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Hrsg.), Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Online: www.dgn.org/leitlinien (abgerufen am 01.06.2022)
- Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (Hrsg.). (2023) Nachbehandlungsempfehlungen Arbeitskreis Nachbehandlungsempfehlungen Sektion Physikalische Therapie und Rehabilitation der DGOU
- Glasgow, Philip; Phillips, Nicola; Bleakley, Christopher (2015). Optimal loading: key variables and mechanisms. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 278–279. doi: 10.1136/bjsports-2014-094443
- Carolus AE, Becker M, Cuny J, Smektala R, Schmieder K, Brenke C: The interdisciplinary management of foot drop. *Dtsch Arztebl Int* 2019; 116: 347–54. DOI: 10.3238/arztebl.2019.0347
- Böttcher, R., Bauwens, K., Dähne, F. et al. Diagnose und Therapie der Volkmann-Kontraktur. *Trauma Berufskrankh*, 8, 49–55 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10039-005-1099-2>
- Goebel, A., Barker, C., Turner-Stokes, L. et al. (2018). Complex regional pain syndrome in adults: UK guidelines for diagnosis, referral and management in primary and secondary care. London: RCP.
- Bruhl, S. (2015). Complex regional pain syndrome. *British Medicine Journal*, 351, h2730. <https://doi.org/10.1136/bmj.h2730>
- Smart, K., Wand, B. & O'Connell, N. (2016). Physiotherapy for pain and disability in adults with complex regional pain syndrome (CRPS) types I and II. *Cochrane Database Systemic Review*, 2(2), CD010853. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010853.pub2>
- Harden, R., Bruhl, S., Perez, R., Birklein, F., Marinus, J., Maihöfner, C., Lubenow, T., Buvanendran, A., Mackey, S., Graciosa, J., Mogilevski, M., Ramsden, C., Chont, M. & Vatine, J. (2010). Validation of proposed diagnostic criteria (the "Budapest Criteria") for complex regional pain syndrome. *Pain*, 150(2), 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.04.030>
- Harden, R., Oaklander, A., Burton, A., Perez, R., Richardson, K., Swan, M., Barthel, J., Costa, B., Graciosa, J. & Bruhl, S. (2013). Complex Regional Pain Syndrome: Practical Diagnostic and Treatment Guidelines, 4th Edition. *Pain Medicine*, 14(2), 180–229. <https://doi.org/10.1111/pme.12033>
- Maihöfner, C. & Birklein, F. (2007). Komplex regionales Schmerzsyndrom: Neues zu Pathophysiologie und Therapie. *Fortschritte der Neurologie Psychiatrie*, 75(6), 331–342. <https://doi.org/10.1055/s-2006-944310>
- Frettlöh, J., Hüppe, M. & Maier C. (2006). Severity and specificity of neglect-like symptoms in patients with complex regional pain syndrome (CRPS) compared to chronic limb pain of other origins. *Pain*, 124(1-2), 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2006.04.010>
- Tschopp, M., Swanenburg, J., Wertli, M., Langenfeld, A., McCabe, C., Lewis, J. Baertschi, E. & Brunner, F. (2018). Die deutsche Version der Bath Body Perception Disturbance Scale (BBPDS-D). *Der Schmerz*, 32(3), 195–200. <https://doi.org/10.1007/s00482-018-0294-6>
- Hotta, J., Harno, H., Nummenmaa, L., Kalso, E., Hari, R. & Forss, N. (2015). Patients with complex regional pain syndrome overestimate applied force in observed hand actions. *European Journal of Pain*, 19(9), 1372–1381. <https://doi.org/10.1002/ejp.669>
- Packham, T., MacDermid, J., Henry, J. & Bain, J. (2012). A systematic review of psychometric evaluations of outcome assessments for complex regional pain syndrome. *Disability and Rehabilitation*, 34(13), 1059–1069. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.626835>
- Collins, S., van Hilten, J., Marinus, J., Zuurmond, W., de Lange, J. & Perez, R. (2008). Development of a symptoms questionnaire for complex regional pain syndrome and potentially related illnesses: The trauma related neuronal dysfunction symptoms inventory. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(6), 1114–1120. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.10.039>
- Dimova, V. & Birklein, F. (2019). Das komplexe regionale Schmerzsyndrom (CRPS). Ein Update. *Der Anaesthesist*, 68, 115–128. doi: 10.1007/s00101-019-0539-5

- Bouhassira, D., Attal, N., Alchaar, H., Boureau, F., Brochet, B., Bruxelle, J., Cunin, G., Fermanian, J., Ginies, P., Grun-Overdyking, A., Jafari-Schluep, H., Lanteri-Minet, M., Laurent, B., Mick, G., Serrie, A., Valade, D. & Vicaute, E. (2005). Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). *Pain*, 114(1-2), 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2004.12.010>
- Michel, S. & Bernardy, K. (2005). Chronische Schmerzen. In Köllner, V. & Broda, M. (Hrsg.), *Praktische Verhaltensmedizin* (S. 175–188). Thieme. <https://doi.org/10.1055/b-0034-15713>
- Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, Orchard J, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, Schamasch P, Blottner D, Swaerd L, Goedhart E, Ueblacker P. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):342–50. doi: 10.1136/bjsports-2012-091448.
- Guermazi A, Roemer FW, Robinson P, Tol JL, Regatte RR, Crema MD. Imaging of Muscle Injuries in Sports Medicine: Sports Imaging Series. *Radiology*. 2017 Mar;282(3):646–663. doi: 10.1148/radiol.2017160267.
- Bant, Haas, Ophey et Steverding (2011). *Sportphysiotherapie*. Stuttgart: Thieme.
- Diemer et Sutor (2018). *Praxis der medizinischen Trainingstherapie I*. Stuttgart: Thieme.
- Van den Berg, F. (2011). *Angewandte Physiologie. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart: Thieme.
- Van den Berg, F. (2011). *Angewandte Physiologie. Therapie, Training, Test*. Stuttgart: Thieme.
- Arnoczky SP (1994) Meniscus. In: Fu F, Harner CD, Vince KG (eds) *Knee surgery*. Williams & Wilkins, Baltimore, pp 131–140
- Itay S, Abramovic A, Nevo Z (1987). Use of cultured embryonal chick epiphyseal chondrocytes as grafts for defects in chicken articular cartilage. *Clin Orthop* 220: 286–303.
- Leadbetter WB. Cell-matrix response in tendon injury. *Clin Sports Med*. 1992 Jul;11(3):533–78.
- Woo SL, Debski RE, Zeminski J, Abramowitch SD, Saw SS, Fenwick JA. Injury and repair of ligaments and tendons. *Annu Rev Biomed Eng*. 2000;2:83–118. doi: 10.1146/annurev.bioeng.2.1.83.
- Hampton D, Laros G, McCarron R, Franks D. Healing potential of the anulus fibrosus. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989 Apr;14(4):398–401. doi: 10.1097/00007632-198904000-00009.
- Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med*. 2005 May;33(5):745–64. doi: 10.1177/0363546505274714.
- Koller, T. (2020). Wundheilung nach chirurgischen Eingriffen. In: *Klinische Umsetzung der Biomechanik in der postoperativen Nachbehandlung. essentials*. Springer, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27959-2_3
- Ikker-Spiecker, C. (2022). Frakturen in der Praxis – Nachsorge. *Allgemeinmedizin up2date*, 3(02): 109–125. doi: 10.1055/a-1397-5464.
- Hogan, A., Heppert, V.G. & Suda, A.J. Osteomyelitis. *Arch Orthop Trauma Surg* 133, 1183–1196 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00402-013-1785-7>
- Jobe, M. T. (2012). Compartment syndromes and Volkmann contracture. *Campbell's Operative Orthopaedics*, Philadelphia, PA: Mosby.
- Pettitt, D.A., McArthur, P. Clinical review: Volkmann's ischaemic contracture. *Eur J Trauma Emerg Surg* 38, 129–137 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00068-011-0079-4>
- Bringezu, G., Galic, T., Schreiner, B., Schreiner, O. (2001). Posttraumatische und postoperative Schwellungen. In: *Lehrbuch der Entzündungstherapie 2. Rehabilitation und Prävention*, vol 47. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-08293-5_1
- Baima, J., Krivickas, L. Evaluation and treatment of peroneal neuropathy. *Curr Rev Musculoskelet Med* 1, 147–153 (2008). <https://doi.org/10.1007/s12178-008-9023-6>
- Schreiner, O. (2020). Grundlagen der Traumatologie. In: Bringezu, G., Schreiner, O. (eds) *Lehrbuch der Entzündungstherapie*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60576-9_13
- de Bruijn IL, Geertzen JH, Dijkstra PU. Functional outcome after peroneal nerve injury. *Int J Rehabil Res*. 2007 Dec;30(4):333–7. doi: 10.1097/MRR.0b013e3282f14444.
- Rüter A, Mayr E. Pseudarthrosen [Pseudarthrosis]. *Chirurg*. 1999 Nov;70(11):1239–45. German. doi: 10.1007/s0010400050775.

- Thein E, Chevalley F, Borens O. Pseudarthroses aseptiques des os longs [Pseudarthrosis of the long bones]. *Rev Med Suisse*. 2013 Dec 18;9(411):2390-6. French.
- Pschyrembel, W. (2023). *Pschyrembel – Klinisches Wörterbuch* (neubearb. Auflage). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Bühren, V., Keel, M. & Marzi, I. (2005). *Checkliste Traumatologie*. Thieme: Stuttgart.
- Kolster, B., Gesing, V., Winkelmann, C. & Alt, A. (2023). *Handbuch Physiotherapie, KVM*: Berlin.
- Dubois B, Esculier J-F. *Br J Sports Med* 2020;54:72–73.
- Bleakley CM, Glasgow P, MacAuley DC. PRICE needs updating, should we call the POLICE? *Br J Sports Med*. 2012 Mar;46(4):220-1. doi: 10.1136/bjsports-2011-090297.
- Haffner-Luntzer, M. & Ignatius, A. (2019). Biologische Einflussfaktoren auf die Knochenbruchheilung. *OP-Journal*, 35(1): 5–10. Doi: 10.1055/a-0677-3615
- Claes L, Recknagel S, Ignatius A. Fracture healing under healthy and inflammatory conditions. *Nat Rev Rheumatol* 2012; 8: 133–143 doi:10.1038/nrrheum.2012.1
- Keller, M., Supp, G., Steinhoff, B., Schoch, W. und Kurz, E. (2018). Funktionsbasierte Beurteilung der Belastbarkeit nach Wirbelsäulenverletzungen – Entscheidungshilfe für die Rückkehr zur körperlichen Aktivität. *manuelletherapie*, 22, 233–240. Doi: 10.1055/a-0764-5166
- Keller, M. und Kurz, E. (2017). Zurück zum Pre Injury Level – der RTA Algorithmus für die obere Extremität. *manuelletherapie*, 21, 113–121. Doi: 10.1055/s-0043-111165
- Keller, M., Kurz, E., Schmidlein, O., Welsch, G. und Anders, C. (2016). Interdisziplinäre Beurteilungskriterien für die Rehabilitation nach Verletzungen an der unteren Extremität: Ein funktionsbasierter Return to Activity Algorithmus. *Sportverl Sportschad* 30: 38–49. Doi: 10.1055/s-0042-100966