

Interdisziplinäre Traumatologie

Teil 1: Extremitäten
Teil 2: Körperstamm



Martin G. Mack



Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie

Helmut Laurer

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungs-chirurgie

Bildgebende Verfahren

- konventionelle Röntgendiagnostik



Bildgebende Verfahren

- Ultraschall



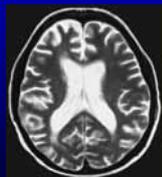
Bildgebende Verfahren

- Computertomographie

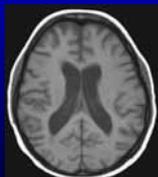


Bildgebende Verfahren

- Kernspintomographie



T2- Bild



T1- Bild



Frakturen und Luxationen der Extremitäten

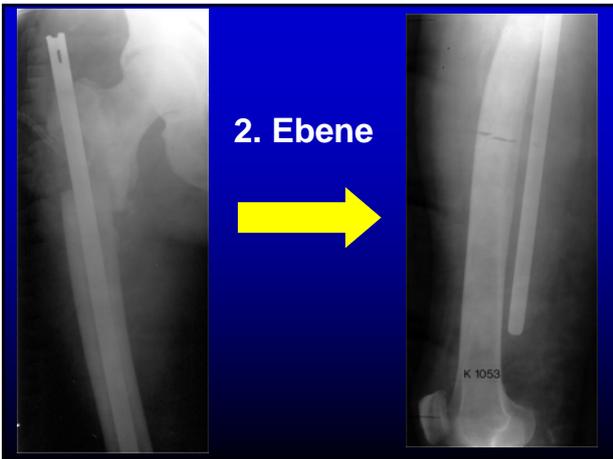
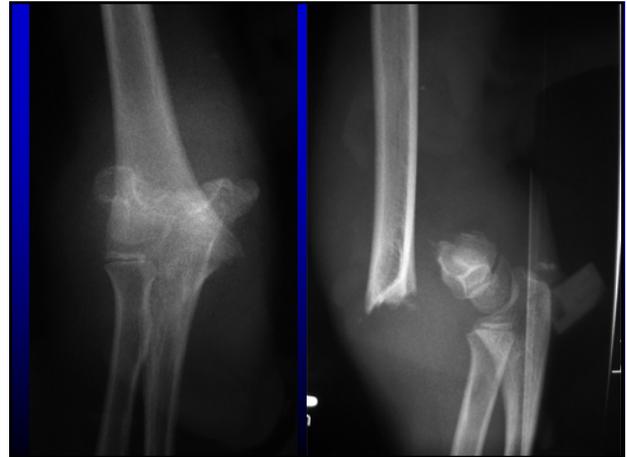
Klinische Einschätzung



- Anamnese
- Unfallmechanismus
- Inspektion, Palpation
- Achsenstellung und Rotation im Vergleich zur Gegenseite
- Überprüfung von Durchblutung (Pulse, Kapillarfüllung, Sensibilität und Motorik [kurz: DSM])

Dokumentation des Primärbefundes mit Zeitangabe



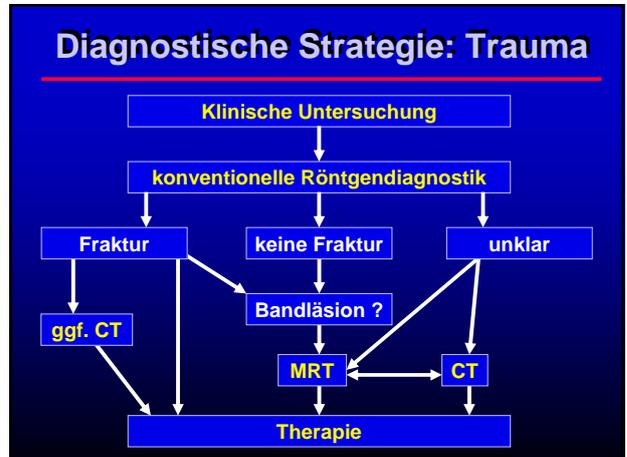
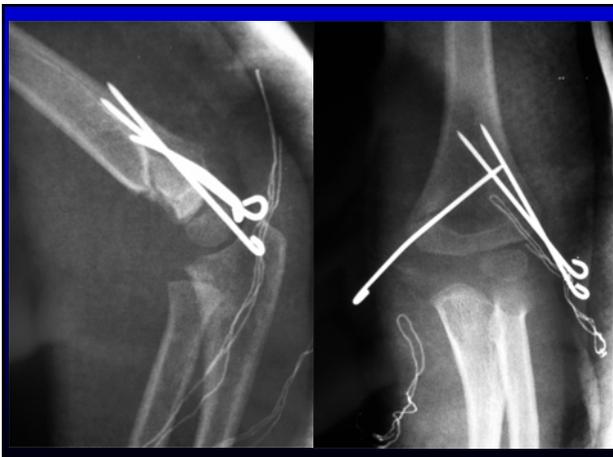


Was kommt dann?

- Röntgen in 2 Ebenen
- Ggf. Spezialaufnahmen, Schrägaufnahmen
- Computertomographie
- Kernspintomographie (MRT)
- Angiographie

↳ Therapie
↳ Therapie
↳ Therapie

Kosten Häufigkeit



Korrekte Anforderung Schnittstelle Chirurg - Radiologe

Kurzanamnese

präzise Beschreibung
der Lokalisation

präzise Fragestellung

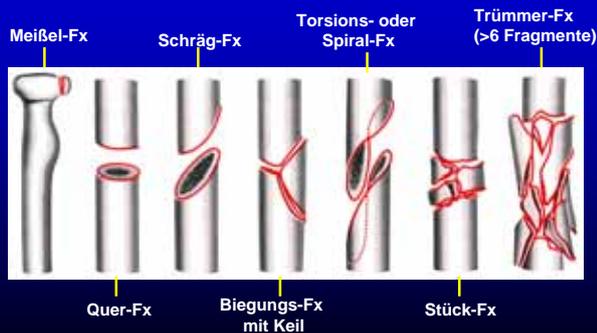
z.B. Fraktur, Dislokation, Durchbauung, Instabilität etc. ??



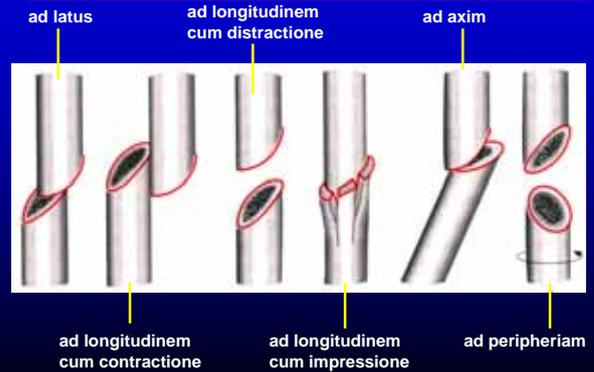
Arten von Frakturen

- **Verletzungen**
 - * Häufiger
 - * Durch mechanische Überbelastung
- **Nicht traumatisch bedingte, sog. pathologische Frakturen**
 - * Bei krankhaften Prozessen am Knochen
 - * Metastasen, Infekte, Knochenzysten, genetische Erkrankungen (z.B. Osteogenesis imperfecta)
- **Ermüdungsfraktur**
 - * **Stressfrakturen:** rezidivierende Überbeanspruchung von normalen Knochengewebe
 - * **Insuffizienzfrakturen:** vorgeschädigter Knochen z.B. durch Osteoporose, Fraktur bereits bei geringer Belastung

Frakturformen



Verschiebemöglichkeiten



Merke

- Bei einer Fraktur ist nicht nur ein Skelettstück verletzt.
- Immer sind auch die umgebenden Weichteile mitbetroffen.
- Das Ausmass der Weichteilverletzung bestimmt die Behandlungsmethode und insbesondere den Zeitpunkt notwendiger operativer Maßnahmen mindestens ebenso wie der Frakturtyp



Einteilung offener Frakturen

Schweregradeinteilung nach Gustillo und Anderson

Grad I
Durchspießung der Haut von innen nach außen (Hautläsion < 1cm), keine Verschmutzung, minimale Muskelkontusion, einfache Quer- oder Schrägfrakturen



Einteilung offener Frakturen

Schweregradeinteilung nach Gustillo und Anderson

Grad II

ausgedehnter Weichteilschaden mit Lappenbildung oder Decollement, geringe bis mäßige Muskelquetschung, einfache kurze Quer- und Schrägfrakturen mit kleiner Trümmerzone



Einteilung offener Frakturen

Schweregradeinteilung nach Gustillo und Anderson

Grad III

ausgedehnter Weichteilschaden unter Einbeziehung von Haut, Muskel und neurovasculärer Strukturen, oft Rasanztrauma mit schwerer Gewebequetschung



Beidseitige Makro - Amputation



Heterotope Replantation

Knochenheilung

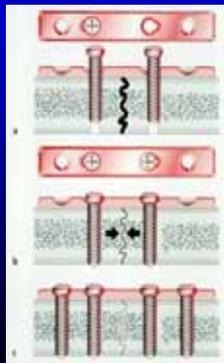
Primäre Knochenheilung

- ✗ Fehlende Kallusbildung
- ✗ Maximale Spaltbreite zwischen Fragmenten 0,5 cm
- ✗ Immobilisation der Fraktur
- ✗ Ausreichende Blutversorgung und Vitalität der Fragmente
- ✗ Direktes Vordringen der Haversschen Systeme in die Fragmente

Sekundäre Knochenheilung

- ✗ Frakturspalt >0,5 cm oder mangelnder mechanischer Fixation
- ✗ Knochenmanschette oder desmale Knochenverbindung
- ✗ Metaplastische Knochenbildung und sekundäre Umwandlung in Knochengewebe
- ✗ Stadienhafter Verlauf

Direkte Frakturheilung



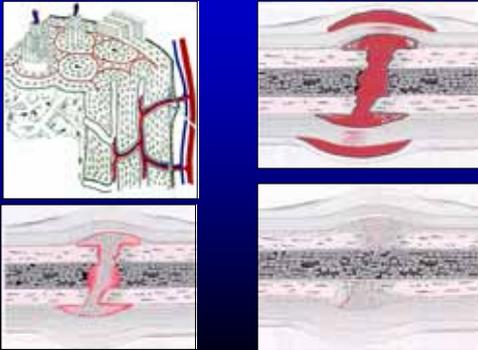
Kompressions-
plattenosteosynthese

DCP - Dynamische
Kompressionsplatte

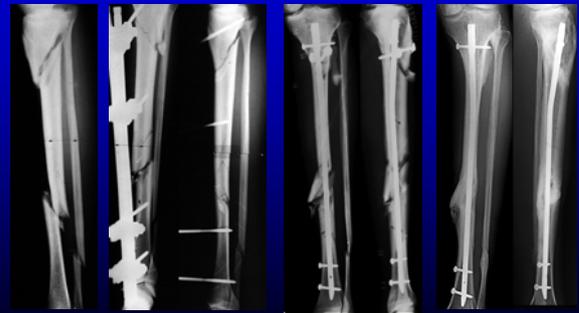
Direkte Frakturheilung - Pilon tibiale



Indirekte Frakturheilung

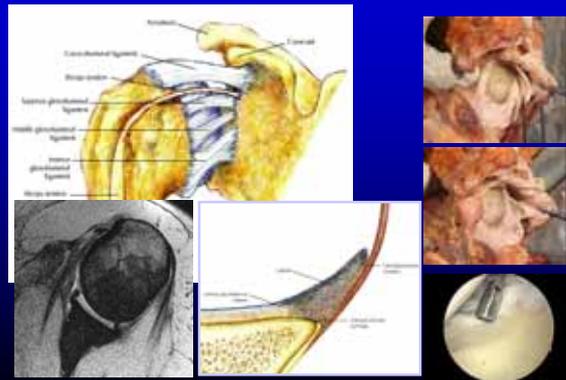


Indirekte Frakturheilung - Unterschenkel



Schulter- gürtel

Schulter: Anatomie



Kapsel-Band-Verletzungen - Luxation - Definition -

Subluxation oder Luxation:	Teilaustritt oder Austritt des Humeruskopfes aus der Pfanne durch äußere Gewalt (vorne: 97 %)
Bankart-Perthes-Läsion:	luxationbedingte Verletzung des vorderen Pfannenrandes
Hill-Sachs-Läsion:	dorso-laterale Humeruskopfimpression (HKI) bei ventraler Luxation
Reversed-Hill-Sachs-Läsion:	ventrale HKI bei dorsaler Luxation
Instabilität:	rezidivierende (Sub-)Luxationen
Frisch (< 48 Stunden) vs. chronisch	

Luxationen des Schultergelenks

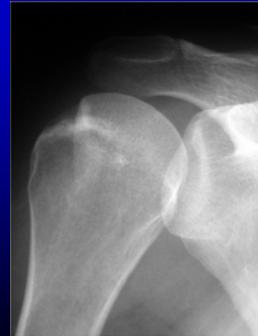
• Epidemiologie

- ✗ 50% aller Gelenkluxationen sind Schultergelenksluxationen
- ✗ Verletzung des jungen Erwachsenen
- ✗ Frauen : Männer = 5 : 1
- ✗ 5% hintere Luxation : cave
- ✗ 95% anteriore Luxation
 - ✓ 67-76% begleitend Impressions-Fx des Humeruskopfes (=Hill-Sachs-Läsion)
 - ✓ 50% begleitend knöcherne Absprengung inferiores Glenoid (=Bankart-Läsion)

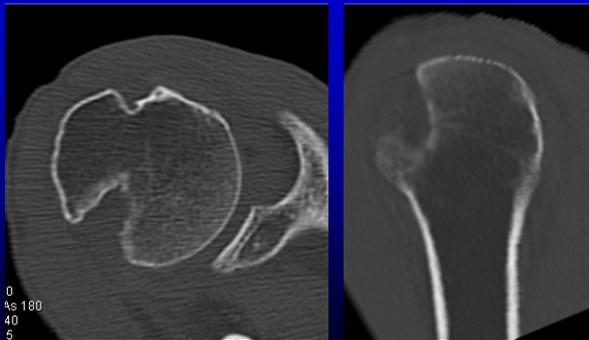
Schulterluxation und Reposition



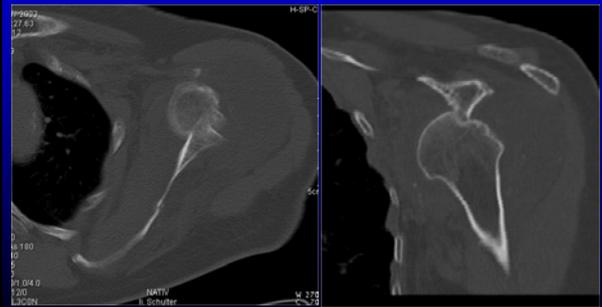
Hill-Sachs-Läsion



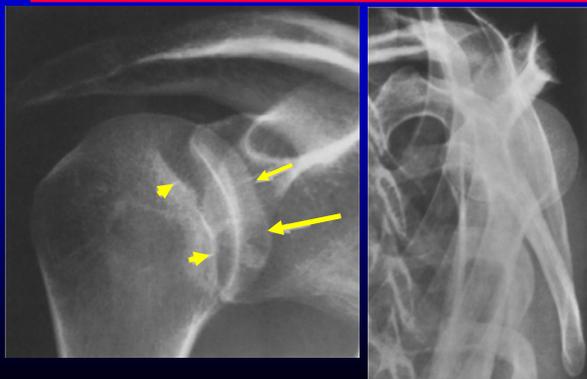
Hill-Sachs-Delle



Verhakte ant. Luxation



Hintere Luxation



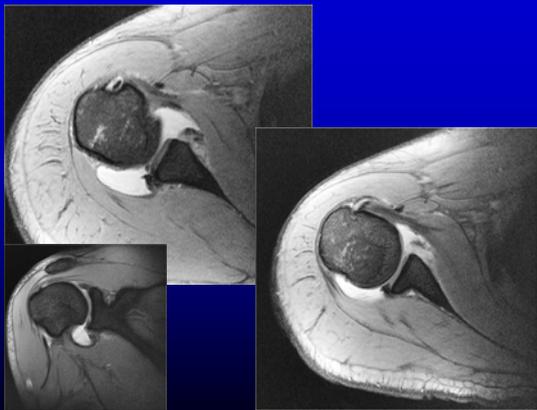
Schrotschuss



Muskuläre Führung des Schultergelenkes



Schultergelenk - Labrumabriss



Klavikulafrakturen

• Epidemiologie

- × 5-15% aller Frakturen sind Klavikulafrakturen
- × Schafffrakturen, dislozierte sowie Mehrfragmentfrakturen kommen eher bei jungen Männern vor (m : w = 70% : 30%)
- × Laterale Frakturen sind häufiger in der mittleren Altersgruppe
- × Mediale Frakturen eher bei älteren Patienten

Klavikulafrakturen



lateral



mittleres
Drittel

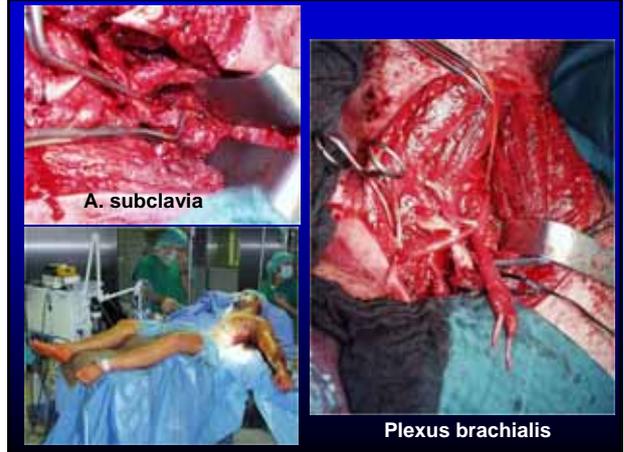
Klavikulafrakturen

• Unfallmechanismus

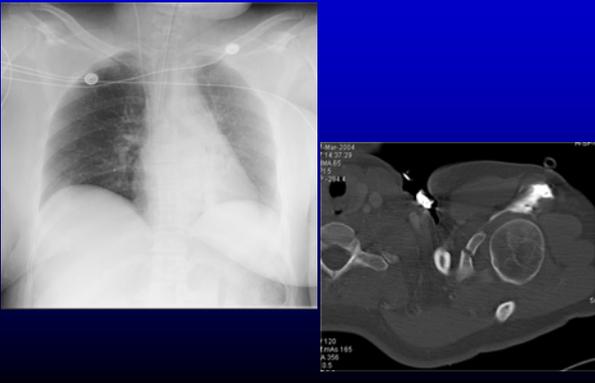
- × Meist indirektes Trauma (z.B. Sturz auf gestreckten Arm)
- × Seltener direktes Trauma (Sturz/Schlag auf Schlüsselbein, Schulter, Gurtverletzung)
- × Meist im Rahmen eines Verkehrs- oder Sportunfalls



Schulter: Trauma



Hochrasanztrauma



Truncus brachiocephalicus



Truncus brachiocephalicus



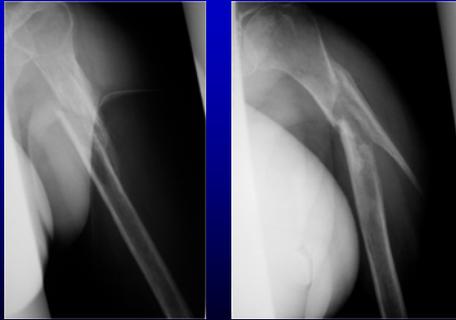
VRT, MDCT

DSA

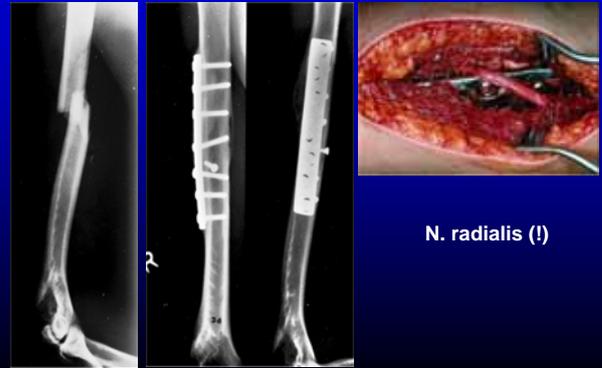
MDCT: Polytrauma



Humerusschaftfraktur



Direkte Frakturheilung - Humerus



Therapieoptionen bei Humerusschaftfrakturen

Verfahren

Plattenosteosynthese

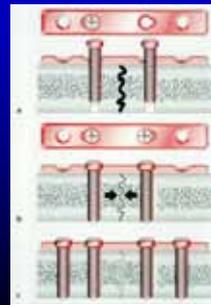


Gefahren / Grenzen

Weichteiltrauma
N. radialis Gefährdung (ME)



Prinzip der direkten Frakturheilung



Marknagelung als Biologische Osteosynthese

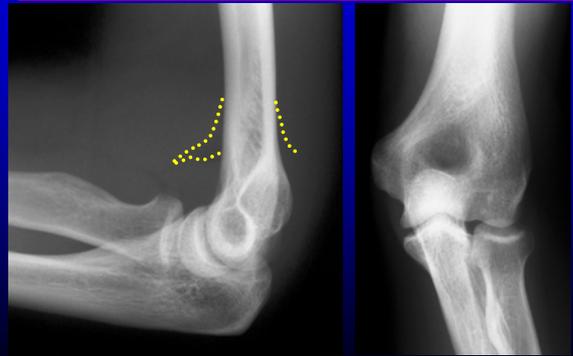


Ellenbogen

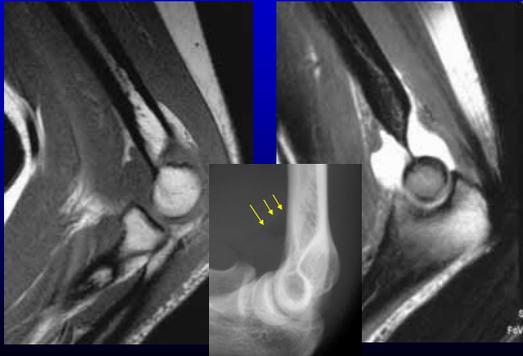
Ellenbogen: Häufige Fragestellungen

- Fraktur
- Bandläsion
- Entzündung/Epicondylitis
- Sehnenruptur
- Nervenverletzung
- Achsbestimmung

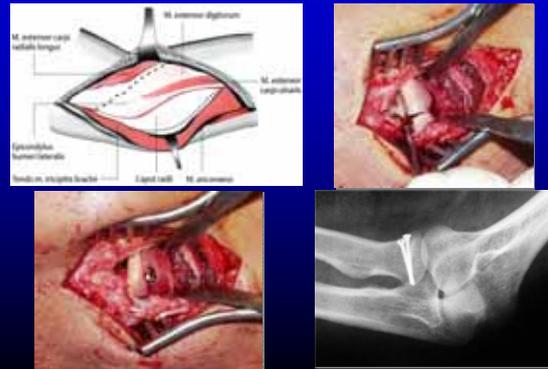
Gelenkerguss: „fat pad sign“



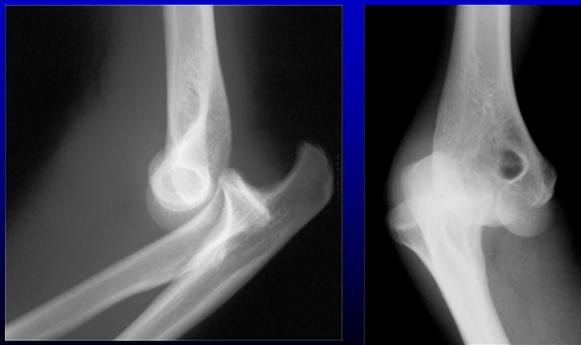
Gelenkerguss: „fat pad sign“



Radiusköpfchenfraktur Typ B2



Ellenbogenluxation



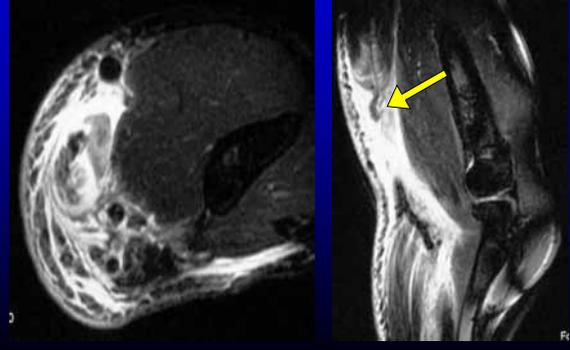
Plötzlich Schmerzen beim Bierkastenheben



Plötzlich Schmerzen beim Bierkastenheben



Ruptur Bizepssehne

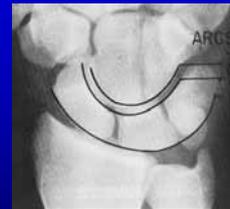


Handgelenk

Radiologische Diagnostik

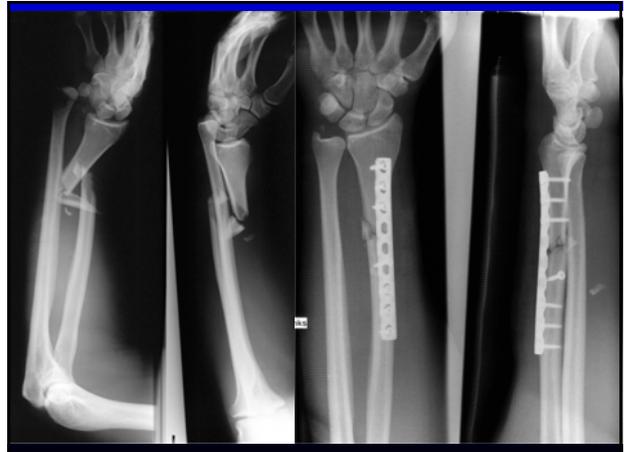
Routine Aufnahmen:

- PA
- lateral
- PA in Ulnardeviation
- 45° semiproniert oblique

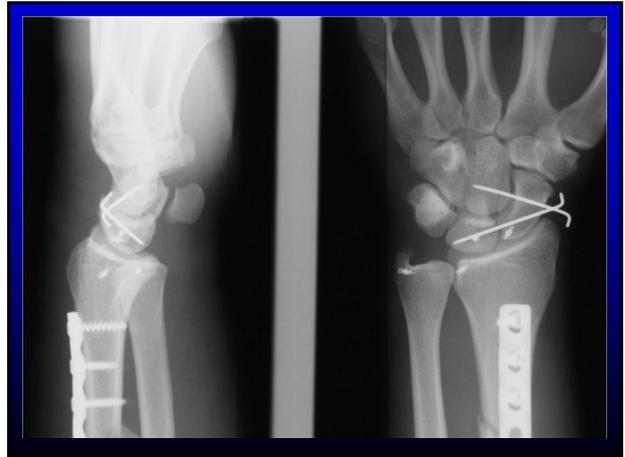
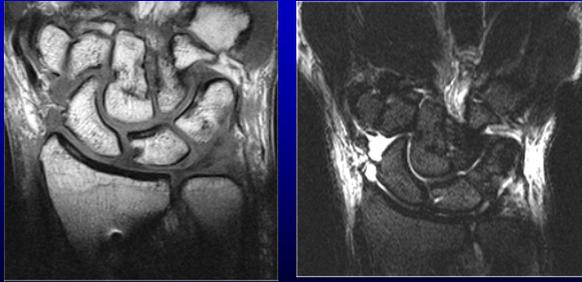


Zusätzliche Aufnahmen:

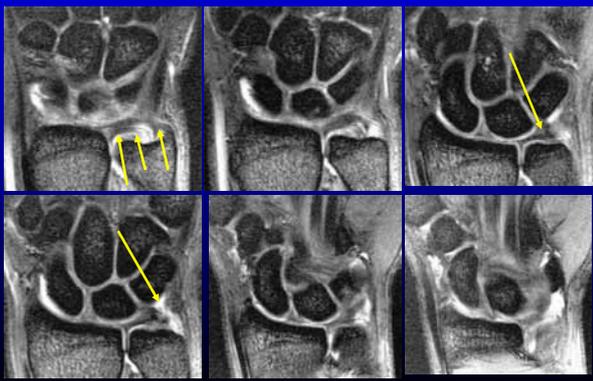
- AP / PA Faustschluss
- oblique 20° Pronation (tq)
- oblique 30° Supination (Hamatum)
- Karpaltunnel
- lateral Flexion und Extension



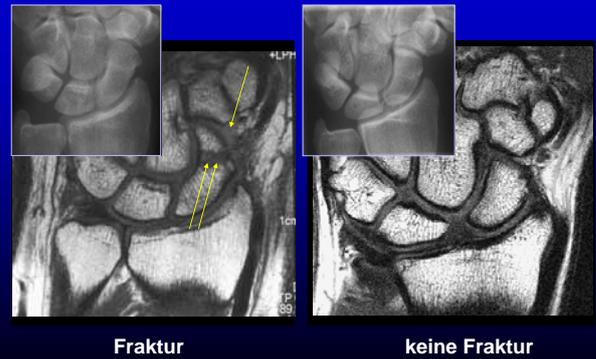
Galeazzi-Verletzung



Normalanatomie Discus triangularis



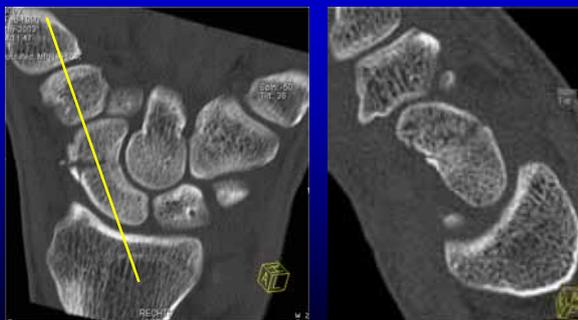
Scaphoid-Fraktur?



Fraktur

keine Fraktur

Scaphoidfraktur



perilunäre Luxationsfraktur



perilunäre Luxationsfraktur



MCP-Luxationsfraktur



N. L., 34 Jahre, männlich

Kniegelenk

Tibiakopffrakturen

Mechanismus: axiale Scherkraft und horizontale Biegekraft
lateral > medial: Valgus, konvex, dünne Trabekel

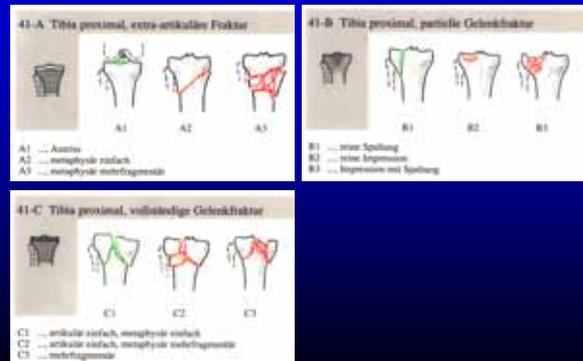
Klassifikation:

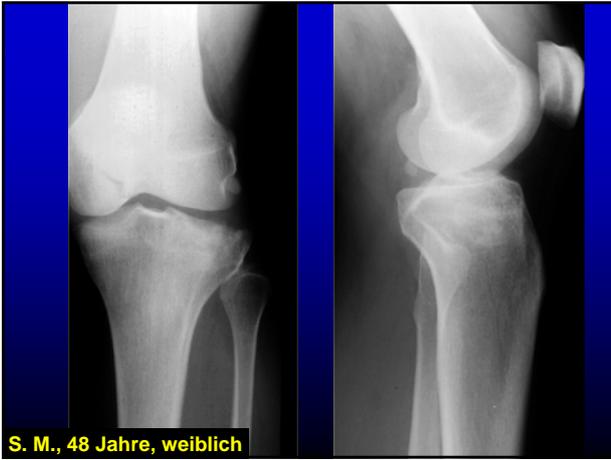
- Plateaufrakturen: keine Bandläsion
- Luxationsfrakturen (instabil)
- Trümmerfrakturen

Diagnostik:

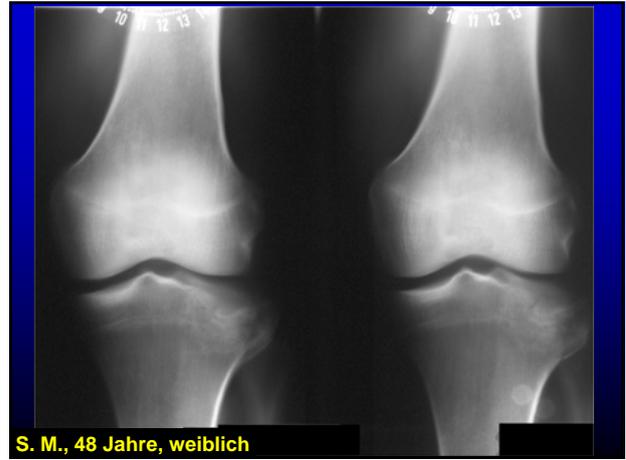
- DSM - N. peroneus
- Kompartment
- Stabilität (Narkoseuntersuchung)
- Rö: a.p., seitlich, schräg; konv. Tomographie
- MRT ? (bone bruise, Bänder); diag. Arthroskopie (Plateaufrakturen)

AO-Klassifikation – Tibia proximal

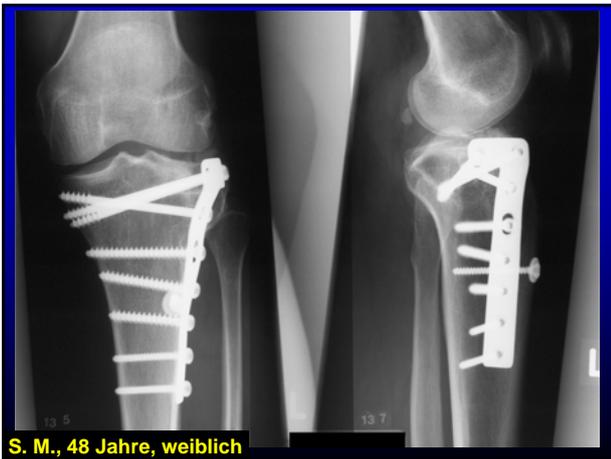




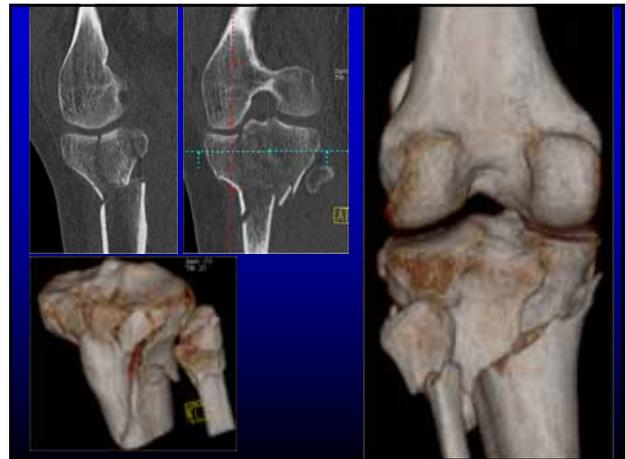
S. M., 48 Jahre, weiblich



S. M., 48 Jahre, weiblich



S. M., 48 Jahre, weiblich



Rekonstruktion der Gelenkflächen

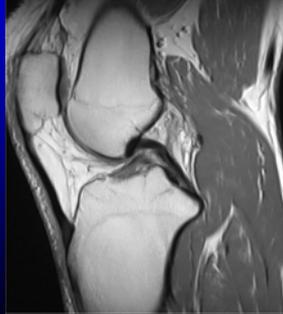


Rekonstruktion der distalen Femurrollen



Schraubenosteosynthese ventral und dorsal des geplanten Nageleintrittspunktes

Normalanatomie




Kniegelenksluxation

in 50% anterior oder posterior

Diagnostik:

- DSM (Peronausparese in 14 - 40%, A. poplitea 5 - 30%)
- Doppler-Sonographie
- Rö: Knie in 2 Ebenen

Komplikationen:

- Kompartmentsyndrom, Ischämie
- schwere Bandverletzungen

Therapie:

- sofortige Reposition, Gefäßnaht, Gelenktransfixation (Fix. externe)
- Sekundäre Bandrekonstruktion

Kniegelenksluxation



Unterschenkel-Fx, Z.n. Knieluxation

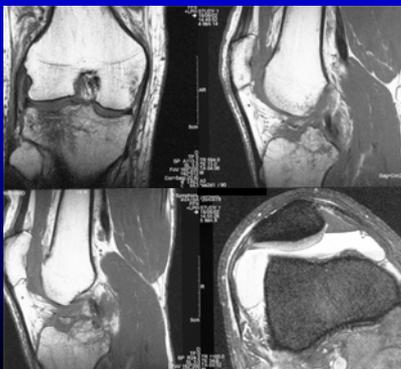


Vorderes Kreuzband - Diagnostik -

Anamnese:

- rasche Schwellung, Hämarthros (85 %)
 - Mechanismus
 - Schmerz (stechend, sofort ?), Riss, Knall im Gelenk ?
 - Instabilitätsgefühl (Giving Way)
 - Sport fortgesetzt
 - Zeitpunkt, Ausmaß des Erguß (Punktion ??)
 - Bewegungsausmaß
 - frühere Knieverletzung
-
- Rö: Knie a.p., seitlich, Patella tangential
 - MRT: hohe Treffsicherheit und Kosten
 - diagn. Arthroskopie

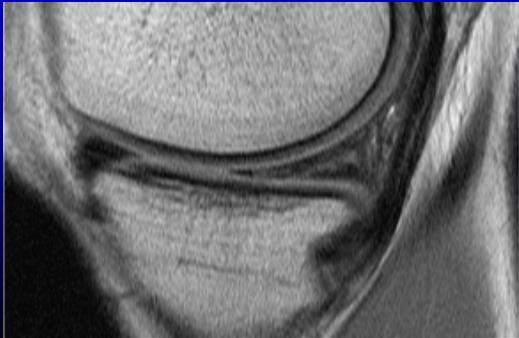
VKB-Ruptur und Tibia-Fx



Elongiertes vorderes Kreuzband



IMHH-Riss



Einklemmung Innenmeniskusriss



Ruptur Korbhenkelriss



Meniskusverletzung – Refixation



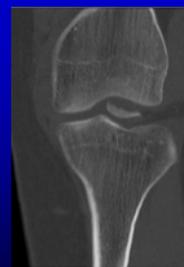
Nahtrefixation



Pfeile (Darts)



Knorpelschäden - Kniegelenk



Arthroskopische Gelenkchirurgie – offene Fragen

- **Knorpeltransplantation**
 - ✗ Knorpel-Knochen-Transplantate (etabliert, Entnahmedefekt)
 - ✗ Knorpelzellen-Kulturen (Anhaftung, Haltbarkeit)
- **Kreuzbandersatz**
 - ✗ Funktionell-anatomischer Ersatz (Ersatz durch Sehne)
 - ✗ Gen-Transfer (experimentell)

Ligamentäre Knieverletzungen - Vorderes Kreuzband -

- häufigste Knieverletzung (USA 90000/Jahr)
- vorderes : hinteres KB = 10 : 1

Anatomie: 2 Hauptbündel (antero-mediales Hauptbündel)

- Aufgabe:
- gg. Translation bzw. Subluxation Tibia n. ventral
 - Rückwärtsgleiten Femur auf Tibia
 - Stabilisator Außenbandapparat

Mechanismus:

- Innenrotation Tibia gg. Femur
- komb. Valgus - Außenrotationstrauma (+ Innenband ?)

Hinteres Kreuzband

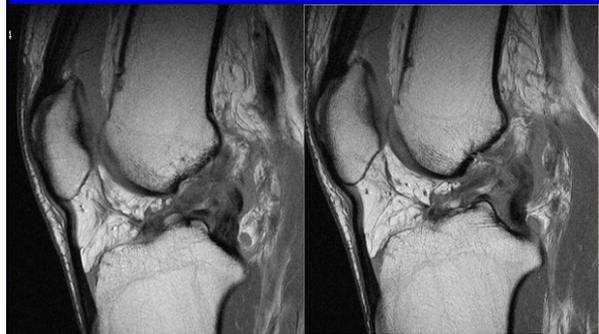
Mechanismus: Dash-Board-Injury, Sturz auf gebeugtes Knie
Knieluxation, isoliert 3-5 %, 45% + ACL

Aufgaben: primärer Kniestabilisator, verhindert post. Translation mit verletzten postero-lateralen Sturkturen: Varusinstabilität

Diagnostik:
oft übersehen, diskrete Instabilitätsbeschwerden

- Tests:**
1. spontane oder passive hintere Schublade (70 - 90 Grad)
 2. postero-lateraler Schubladentest: + Außenrotation
 3. Hyperextensionstest (90 Grad Beugung)
 4. Reverse Pivot-Shift-Test
 5. aktives post. Schubladezeichen (aktiver Quadricepstest)

VKB und HKB Ruptur



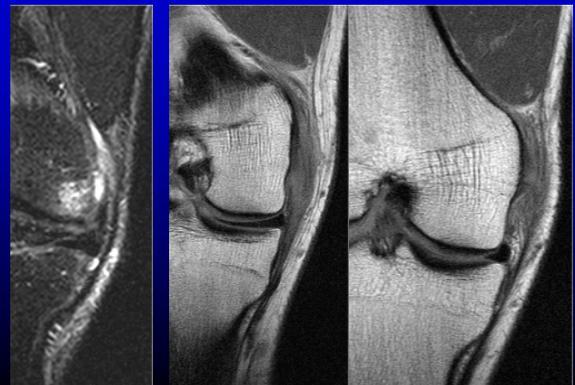
Kollateralbänder (Innen-, Aussenband)

Anatomie: Innenband fixiert Innenmeniskus (dreischichtig)

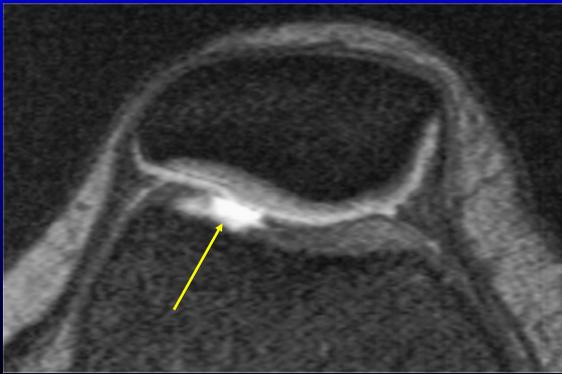
Mechanismus: direkte und rotatorische Kräfte
Innenband: laterale Kraft, oft + ACL
Aussenband: seltener, mediale Kraft + postero-lateral + PCL

Diagnostik: selten Erguß, lokale Schmerzen + Hämatom

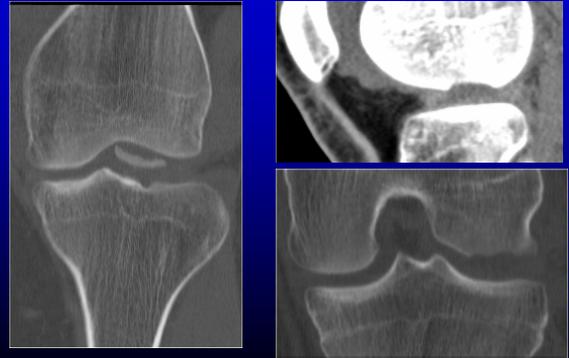
Innenbandruptur



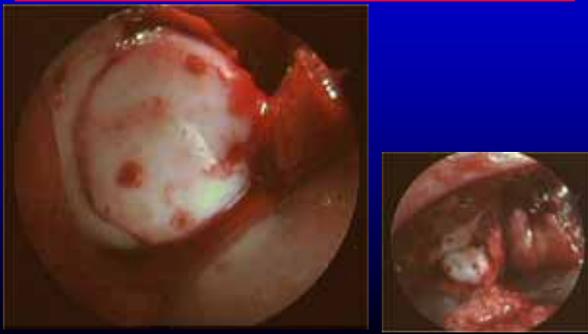
Knorpelschaden



Knorpelknochen-Flake



Knorpelknochen-Flake Refixierung



Sprung- gelenk

Weber-B Fraktur



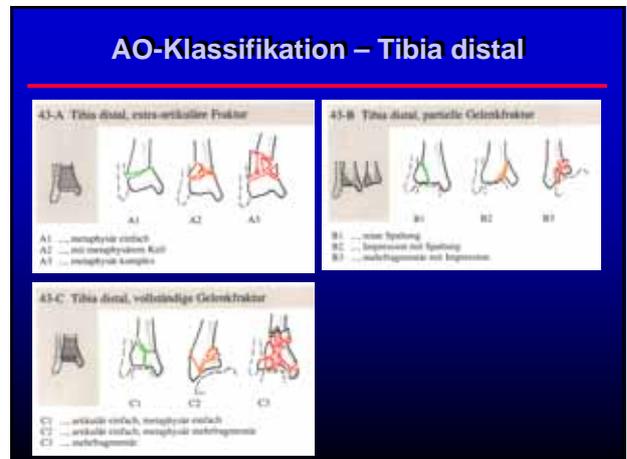
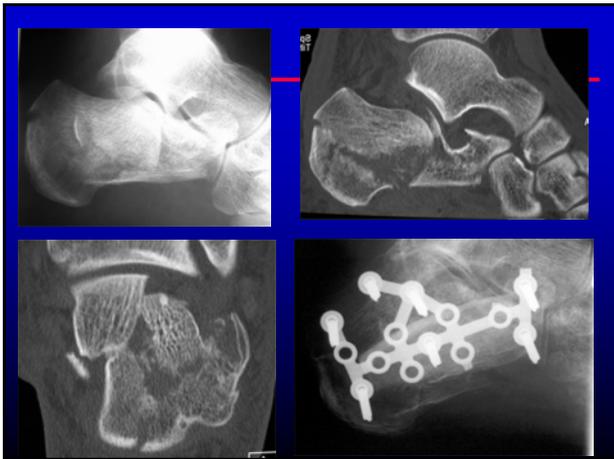
L. H., 17 Jahre, männlich

Weber-B Fraktur



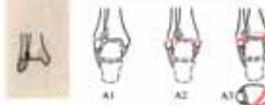
L. H., 17 Jahre, männlich





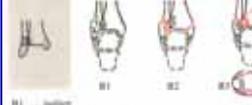
AO-Klassifikation – Malleolen

44-A Malleolen, laterale infra-syndesmiale Läsion



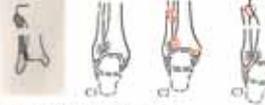
A1 ... isoliert
A2 ... mit Fraktur des Malleolus medialis
A3 ... mit postero-medialer Fraktur

44-B Malleolen, transsyndesmiale Fibulafaktur



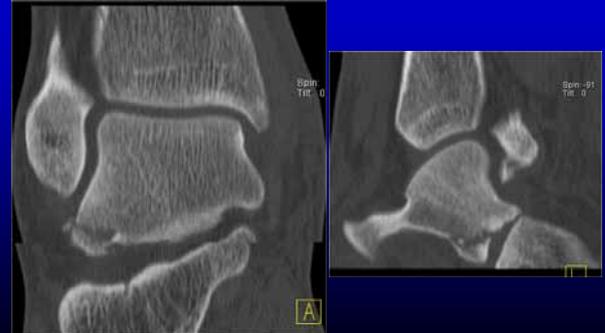
B1 ... isoliert
B2 ... mit Zwerchbrennfraktur
B3 ... mit Zwerchbrennfraktur und Valgusfraktur (postero-laterale Kompressionsfraktur)

44-C Malleolen, laterale supra-syndesmiale Läsion

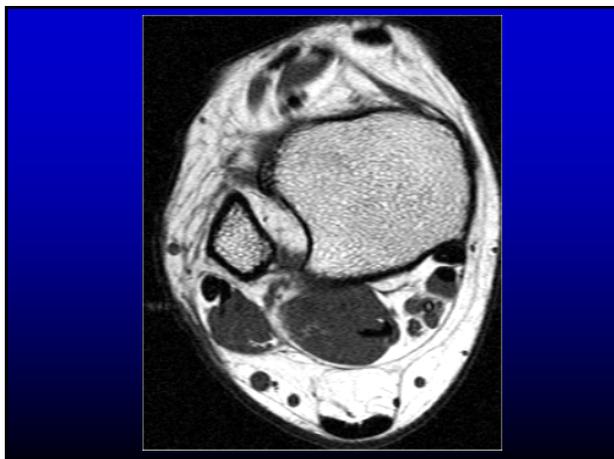
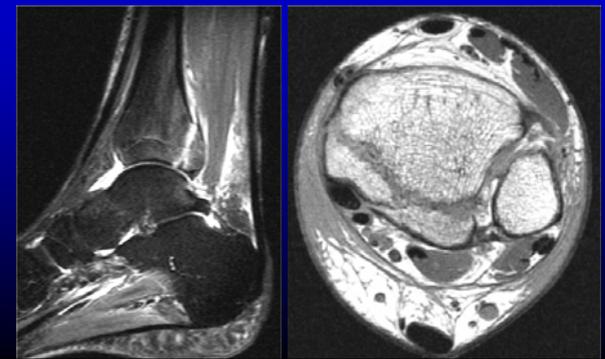


C1 ... supra-syndesmiale Fibulafaktur, isoliert
C2 ... supra-syndesmiale Fibulafaktur, mit Zwerchbrennfraktur
C3 ... supra-syndesmiale Fibulafaktur, mit proximaler Fibulafaktur

Talusfraktur



Tibia-Fx und Syndesmosenruptur



Fibulafaktur



Fibulafraktur



Radiologische Diagnostik Körperstamm

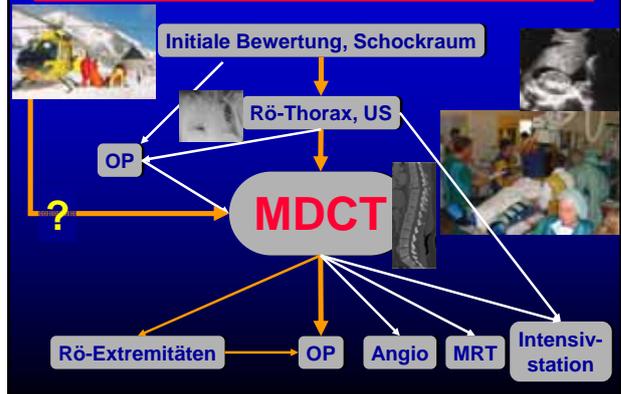
Kopf und Wirbelsäule



Polytrauma



Strategie: polytraumatisierter Patient



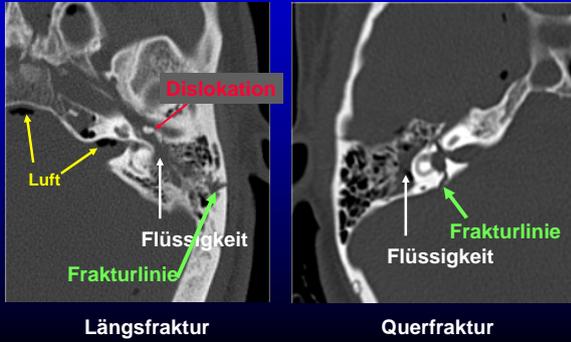
Schädel und HWS



Felsenbeinfraktur



Felsenbeinfraktur



„Blowout“ Fraktur



Was tun Sie?



- A) Weglaufen
- B) Röntgen Schädel in 2 Ebenen
- C) Orbitaspezialaufnahme
- D) Nichts
- E) Multidetektor-CT

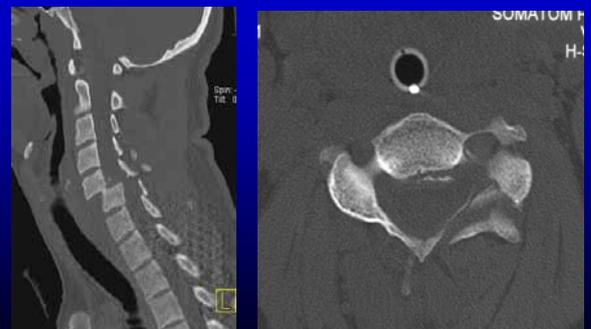
Impressionsfrakturen



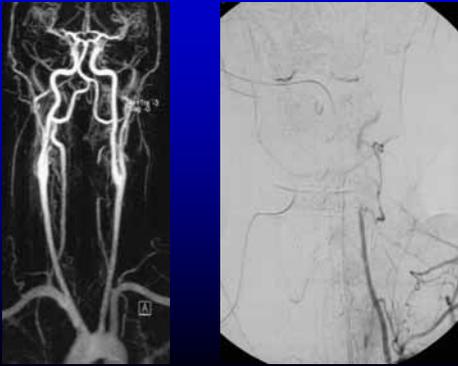
Trümmerfraktur



Luxationsfraktur HWS



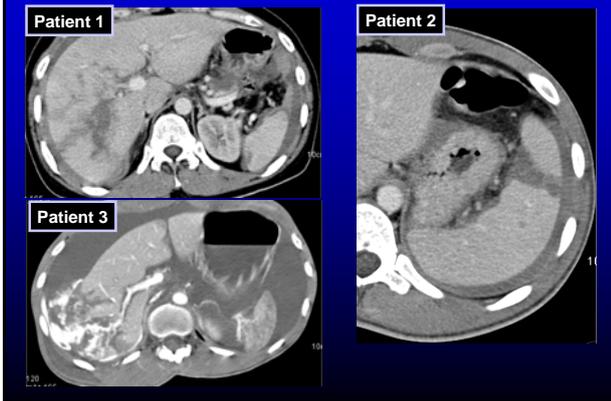
Verschluss A. vertebralis



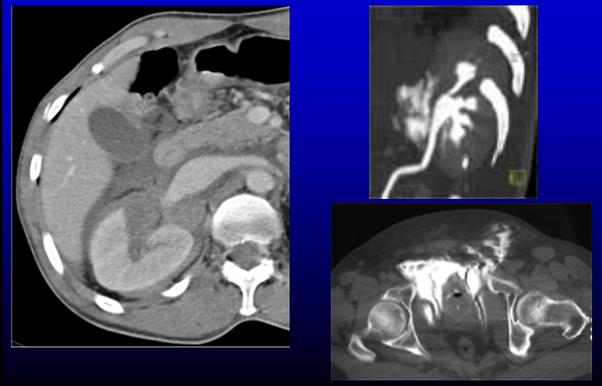
Ultraschall



Leber- und Milzruptur



Verletzung Urogenitaltrakt

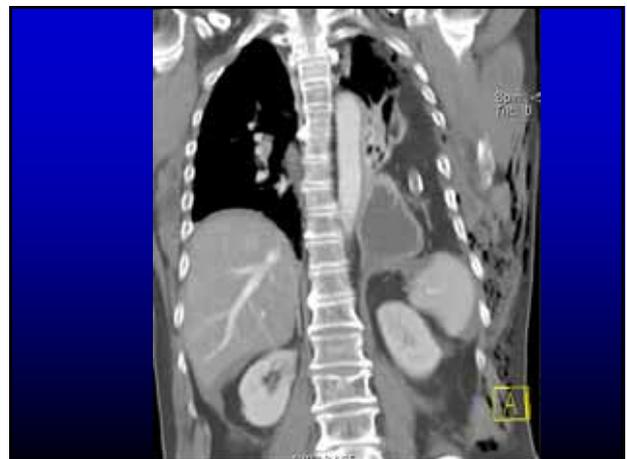


Traumatische Milzruptur Grad IV - aktiv blutende intraparenchymale Ruptur -

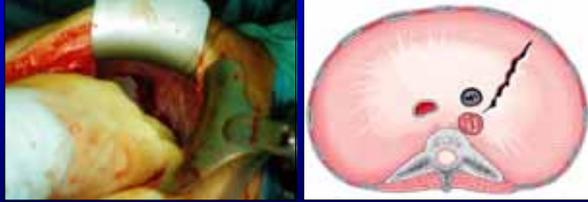
intraoperativ



Präparat



Zwerchfellruptur



links : rechts = 5 : 1



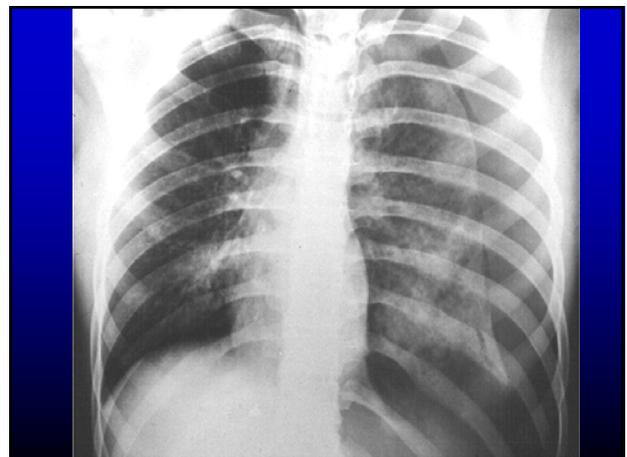
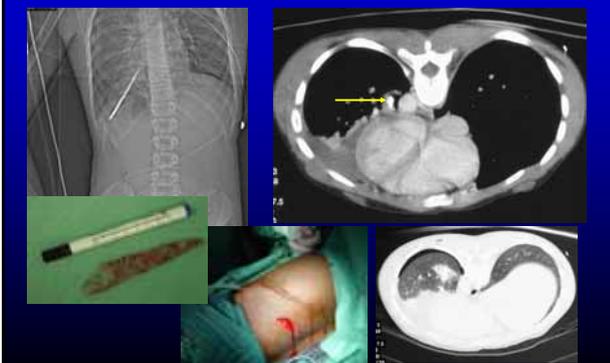
Mesenterialeinriß



MDCT: Penetrationsverletzung



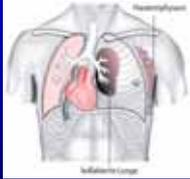
MDCT: Penetrationsverletzung



Spannungspneumothorax

Klinische Zeichen

- deutlich abgeschwächtes oder fehlendes AG
- Zyanose, $\text{SaO}_2 \downarrow$
- obere Einflußstauung
- steigender Beatmungsdruck
- Kreislaufinsuffizienz
- Dyspnoe, Tachypnoe

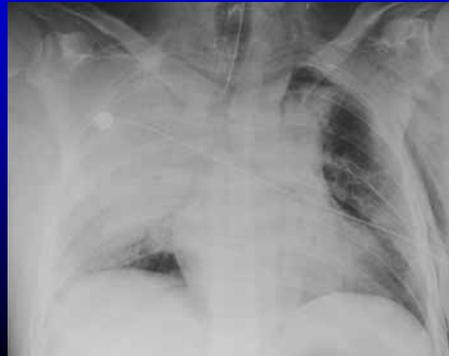


Radiologische Zeichen

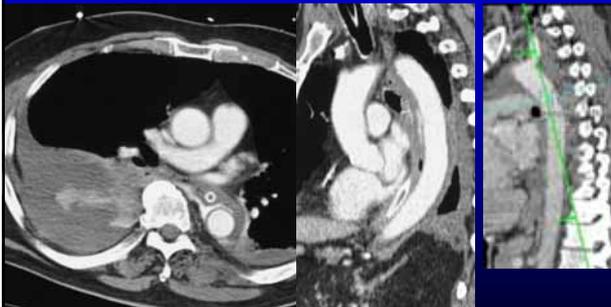
- Mediastinalverschiebung zur gesunden Seite
- Lungenkollaps
- Hautemphysem

Ein Spannungspneu ist eine klinische Diagnose
Bei Verdacht Anlage einer Thoraxdrainage

MDCT: Polytrauma



traumatische Aortenruptur



MDCT: Polytrauma



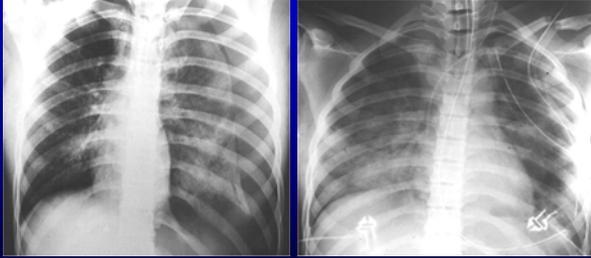
MDCT: Polytrauma



MDCT: Polytrauma



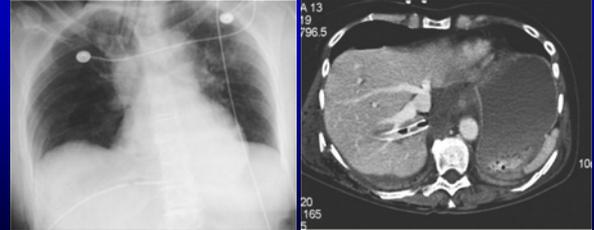
Spannungspneumothorax



Thoraxdrainage

Komplikationen

Intrahepatische Fehllage



64 Jahre, weiblich, Verkehrsunfall

Pneumothorax?



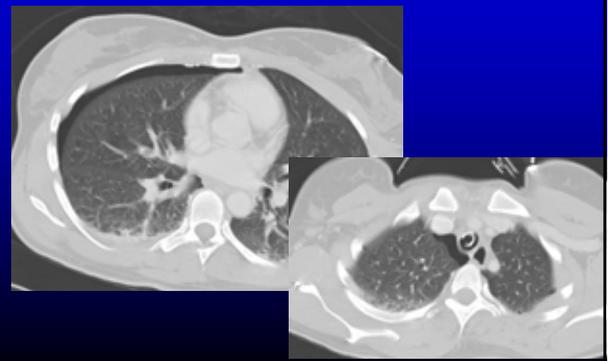
Pneumothorax



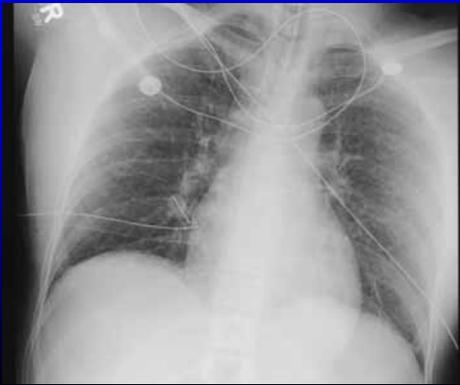
Polytrauma



Computertomographie



Thoraxdrainage



Lokalisation: Wertigkeit MRT

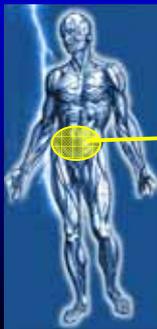


PT, 11 J, m, Sturz 3 m

Diagnosen

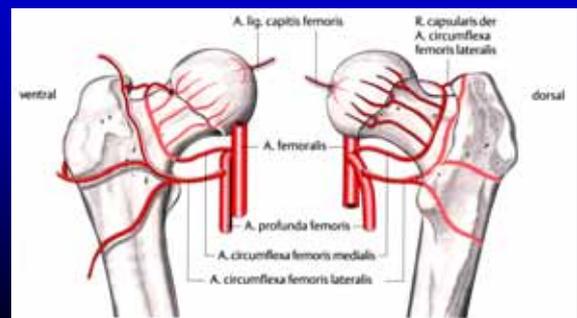
- Stauchung **BWK3-8**
- Kompressionsfraktur **BWK9**
- Deckplattenfraktur **BWK11**
- Vorderkantenfraktur **LWK1**
- keine Instabilität
- keine Ligamentverletzung
- keine Bandscheibenverletzung

Radiologische Diagnostik Körperstamm

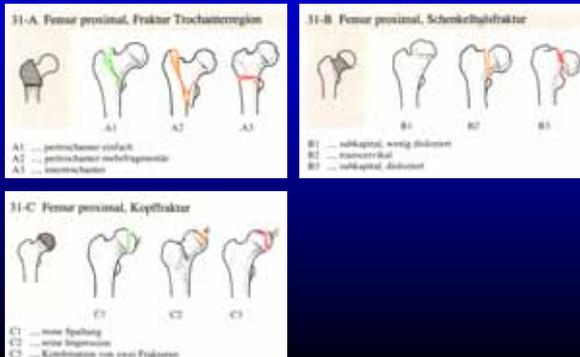


Becken und Hüfte

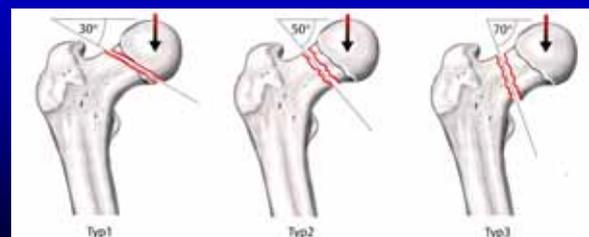
Blutversorgung Femurkopf



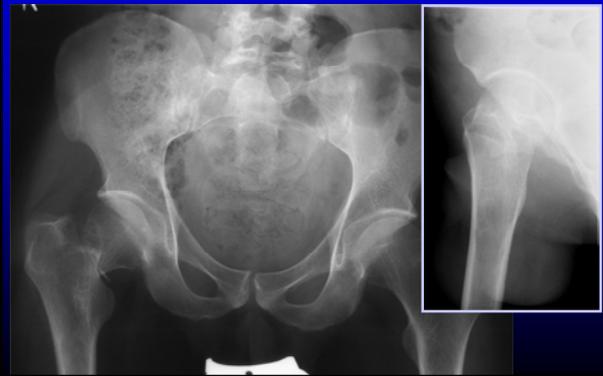
AO-Klassifikation – Femur proximal



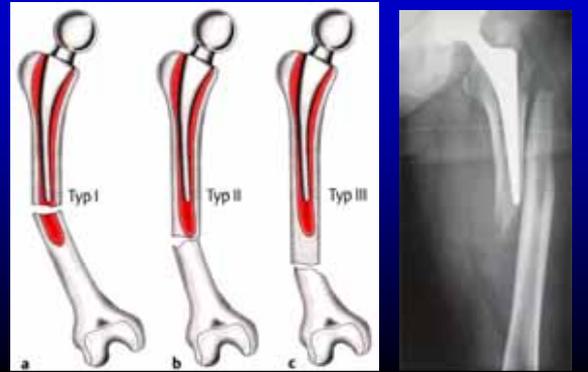
Pauwels-Klassifikation



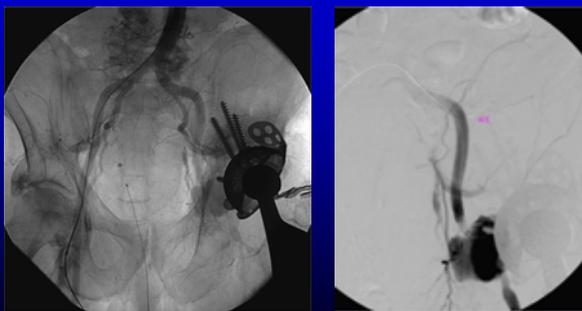
Schenkelhalsfraktur, eingestaucht ?



Periprothetische Frakturen



Gefässarosion

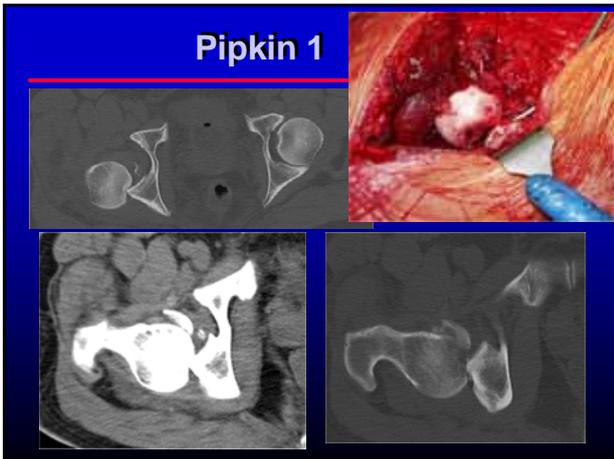


J.H., 42 Jahre, männlich



J.H., 42 Jahre, männlich





Acetabulum Fraktur



A.P., 50 Jahre, männlich



A.P., 50 Jahre, männlich

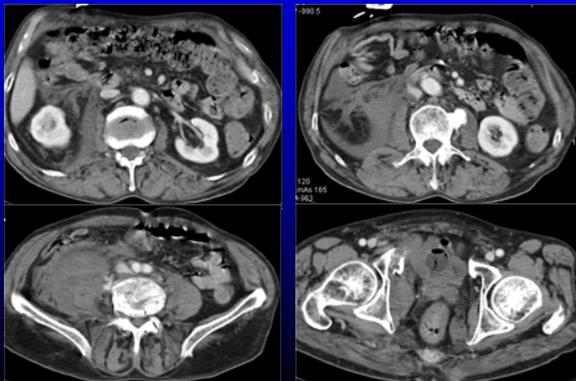
Acetabulum-Fx



Acetabulum-Fx



Retroperitoneale Blutung, LWK 4-Fx

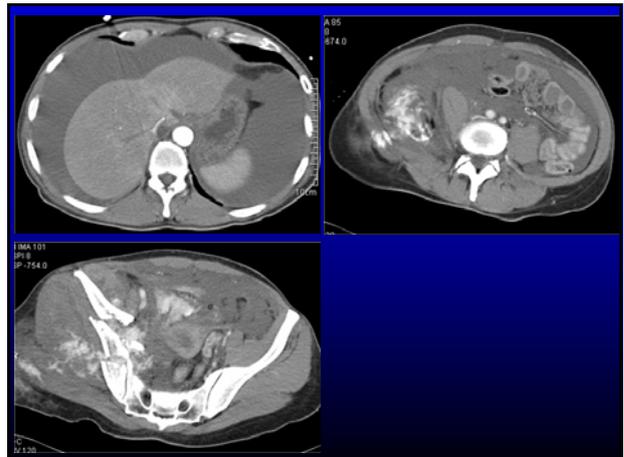
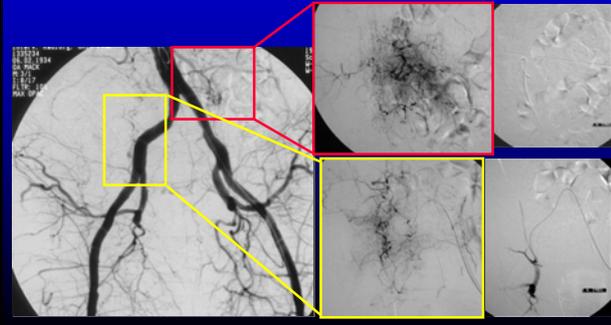


Retroperitoneale Blutung, LWK 4-Fx

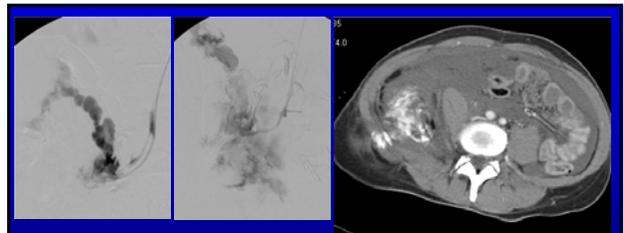


Sakrumfraktur Typ Denis 1, LWK 4 Fraktur (Rechtsherzdekompensation, HW, 67 J., m)

Embolisation im Rechtsherzversagen unter Reanimation



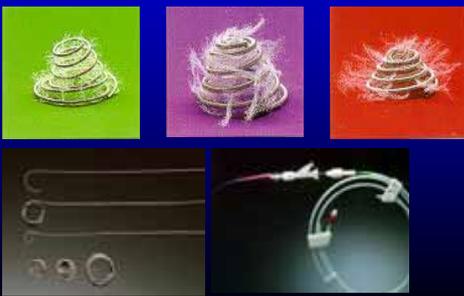
Embolisation nach Packing



- Agolini et al, 1997, J Trauma
 - ✗ Nur ein kleiner Anteil der kreislaufinstabilen Patienten benötigt eine Embolisation
 - ✗ Hohe Effektivität
 - ✗ Wenn Embolisation, dann frühzeitig (bis 3 h nach Unfall Mortalität 14% gegenüber 75%, wenn Embolisation später durchgeführt wird.
 - ✗ Vorrangig arterielle Blutungen werden embolisiert.

Therapie von schwersten Blutungen

- Coil-Embolisation



Therapie von schwersten Blutungen

- Embolisation



Zusammenfassung

- Differenzierter Einsatz bildgebender Diagnostik traumatologischen Fragestellungen ist nur im Rahmen einer engen Kooperation zwischen Unfallchirurgen und Radiologen möglich
- Eine exakte Diagnostik ist eine Voraussetzung für die optimale Therapie des Patienten
- Der Einsatz der MDCT und MRT hat eine wesentliche Verbesserung der Diagnostik ermöglicht
- Die MRT kann zusätzliche Informationen liefern.

