Knogleheling - Direkte knogleheling og heling med callus!

Frank Damborg
Nuuk

AO Fredericia 2024

Hvorfor nu det?

- Er der nogle helingsformer vi vil fremme?
- Er der nogle helingsformer vi vil undgå?
- Er dette forskelligt fra situation til situation?
- Kan vi stimulere til heling?

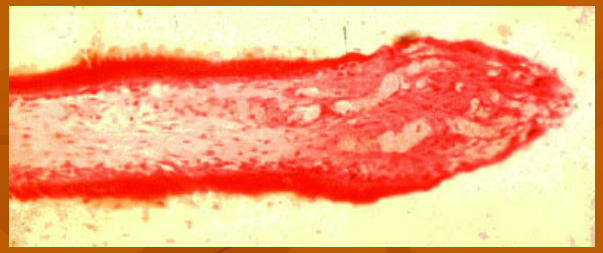
2 mekanismer til knogleheling

- Direkte (primary) knogleheling
- Indirekte (secondary) knogleheling

Direkte (primary) knogleheling

- Knoglehelings mekanisme som ses hvor der INGEN bevægelse er på frakturstedet (i.e. absolut stability)
- Involverer IKKE callusdannelse
- Osteoblaster fra endothel og perivasculare celler

Direkte (primary) knogleheling



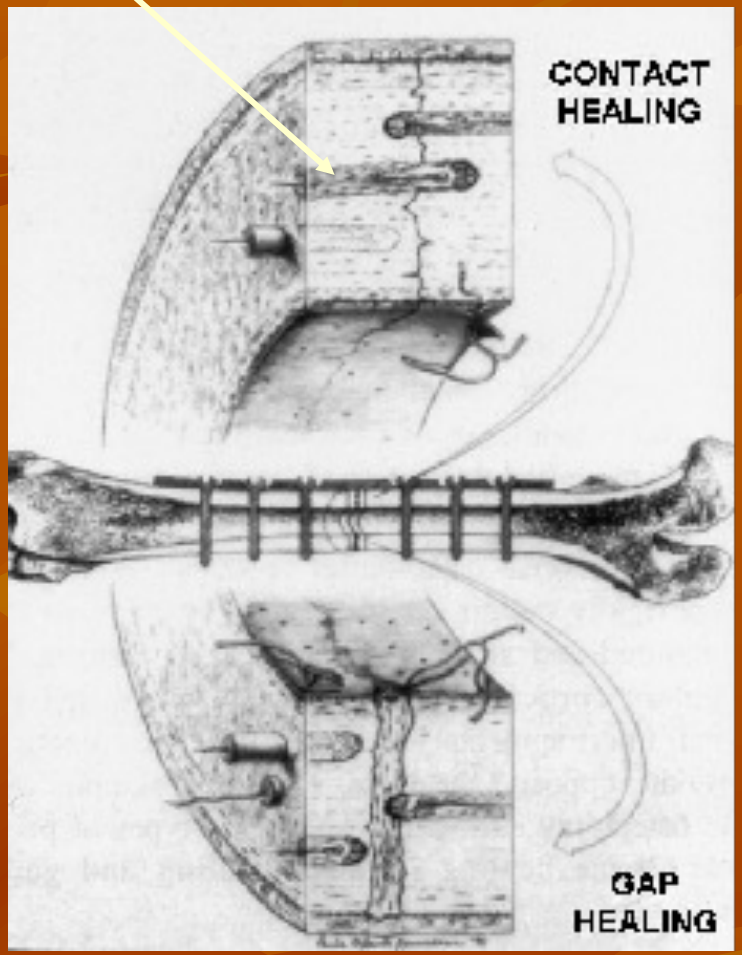
- Der dannes "cutting cones" som "arbejder" sig på tværs af brudlinien
- Knoglen heles "direkte" ved formationen af multiple osteoner
- Langsom proces – måneder til år!

- *OBS feks amotio af skinner efter antebrachiumfrakturer!!!*

Direkte (primary) knogleheling

- "Contact Healing"
  - Direkte kontact mellem fraktur enderne hvorved der umiddelbart kan dannes lammelar knogle
- "Gap Healing"
  - Gaps mindre end 200-500 microns kan primært fyldes med woven bone som remodelleres til lamellar knogle
  - Større "defekter" heler med callus!

Direkte (primary) knogleheling



http://www.vetmed.ufl.edu/sacs/notes

Indirekte (secondary) knogleheling

- Mekanisme til heling af en fraktur som har "nogen bevægelse" (micromovement)
- Men ikke så meget bevægelse at helingen afbrydes.

  (ie relativ stabilitet)
- Periostal callus og medullær callus dannes
- Callus undergår endochondral ossification
- Relativt hurtig process – uger til måneder!

2 mekanismer til knogleheling

- Direkte (primary) knogleheling
- Indirekte (secondary) knogleheling
- Den ene er ikke “bedrer” end den anden!
- Man skal vide hvornår man tilstræber hvad!

Lokale faktorer med indflydelse på helingen!

- Bløddelsskade?
- Påvirket lokal blodforsyning?
- Interponerede bloddele I fraktur?
- Knogledød? Celledød? Som følge af traume, varme, stråling osv?
- Omtales på kurset….

Systemiske faktorer med indflydelse på helingen!

- "Malnutrition"
  - Nedsætter activitet og proliferation af osteochondrae celler
  - Formindsker callus formation
- Rygning
  - Cigaretter hæmmer osteoblaster
  - Nicotin medfører vasoconstriction og mindsker blood flow på fraktur stedet
- NSAID
  - Giver nedsat knogleheling
  - Osv osv

HUSK:

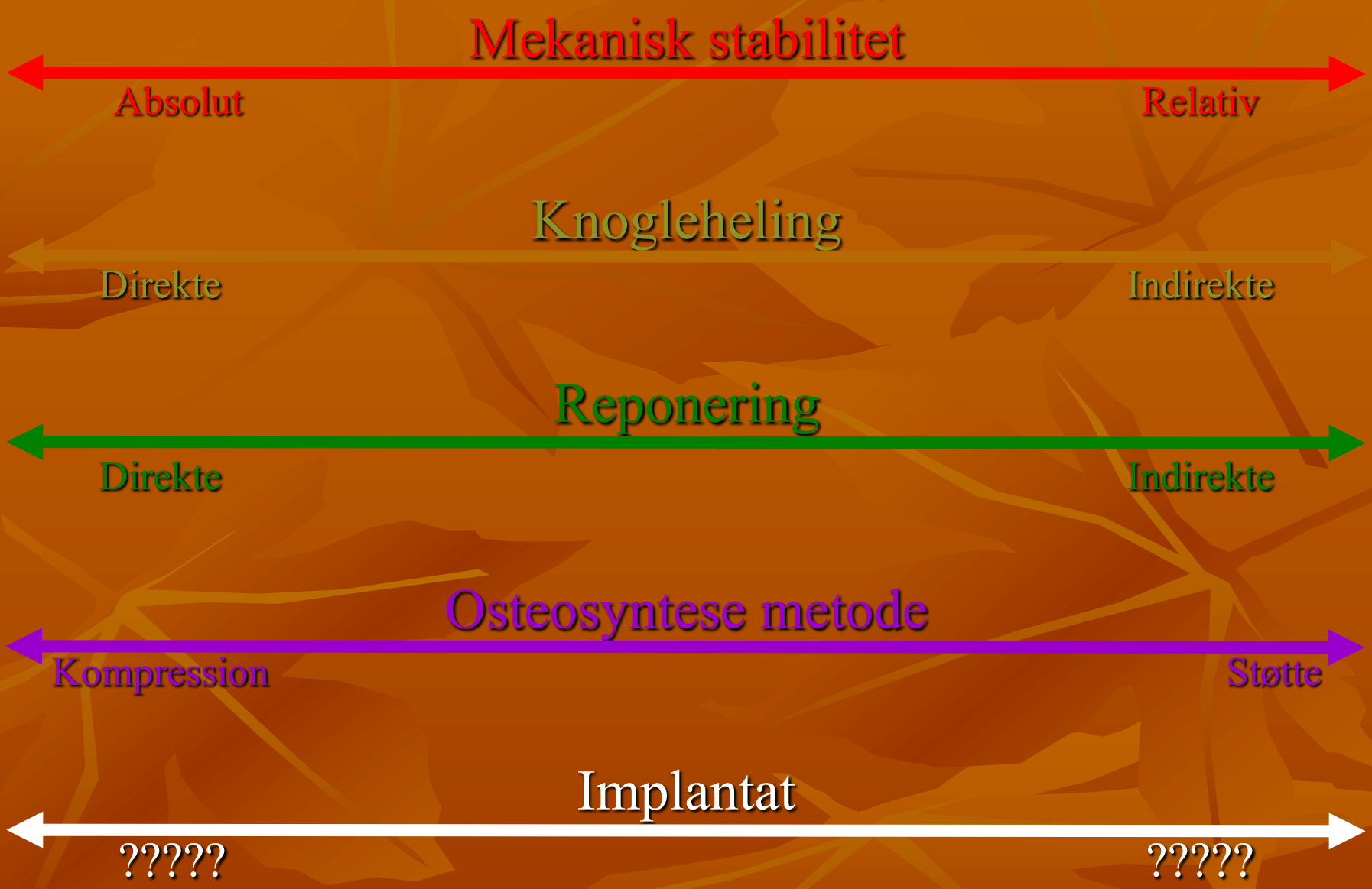
- Begreberne:
- Direkte knogleheling og heling med callus

- Husk disse når vi taler om absolut og relativ stabilitet!

Kontekst:

Forskellige principper for fraktur fiksation

Mekanisk stabilitet	Høj = Absolut stabilitet ←←←←←←		→→→→→ Lav = Relativ stabilitet	
Metode	**Kompression**		**Støtte**	
	Statisk	**Dynamisk**	**Låst**	**Ulåst**
Teknik & implantater	Lag skrue (almindelig skrue)	Tension band skinne	Ekstern støtte (Ekstern fiksation)	Ekstern støtte = konservativ behandling (gips, stræk)
	Lag skrue & neutralisationsskinne	Tension band cerclage	Intramedullær støtte (marvsøm)	Intramedullær støtte (elastisk søm, K-tråd)
	Kompressionsskinne	Støtteskinne	Intern ekstramedullær støtte:	
			Bridging med standard skinne & konventionelle skruer	
			Bridging med låst intern fixator	
Reponering	Direkte ←←←←←←		→→→→→ Indirekte	
Knogleheling	Direkte ←←←←←←		→→→→→ Indirekte	


Mekanisk stabilitet
Absolut
Relativ
Knogleheling
Direkte
Indirekte
Reponering
Direkte
Indirekte
Osteosyntese metode
Kompression
Støtte
Implantat
?????
?????

- Herefter indsat supplerende baggrundsslides om knoglehealing!

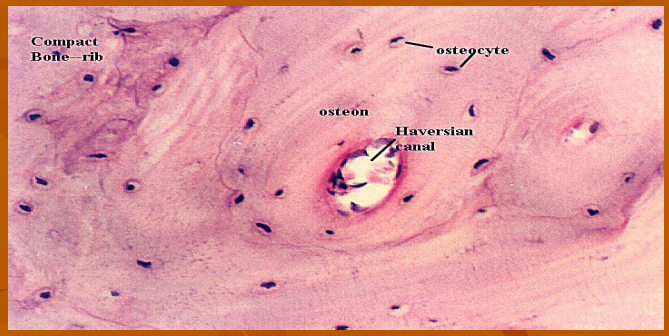
- Nærværende ligges på hjemmesiden…

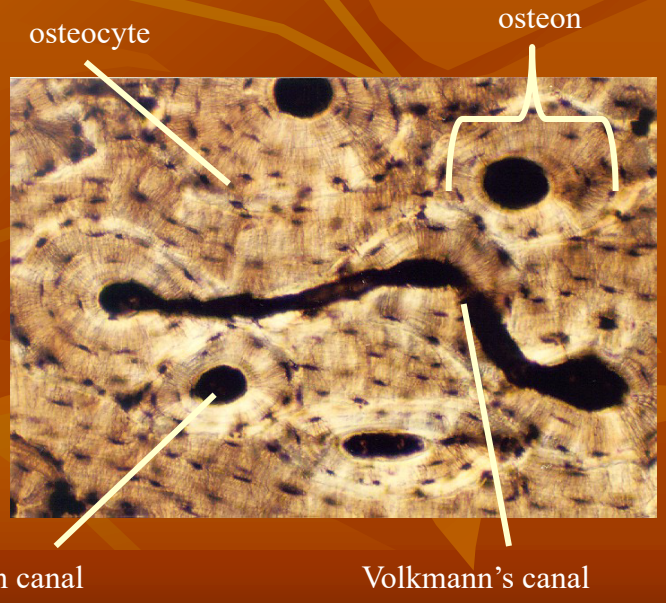
Knoglevæv

- "Lamellar" knogle
  - Collagen fibre arrangeret parallelt i lag
  - Normal voksen knogle
- "Woven Bone" (non-lamellar)
  - "Randomly" orienterede collagen fibre
  - I voksne ses dette:
    - På steder med knogleheling
    - På steder med sene eller ligament tilhæftning
    - Og under patologiske konditioner

“Lamellar” Knogle

- Kortikal knogle
  - Består af osteoner (Haverske systemer)
  - Osteoner “kommunikerer med marvkanalen” via Volkmann’s kanaler





"Lamellar" Knogle

- Spongiøs knogle
  - "Bony struts (trabeculae) that are oriented in direction of the greatest stress"
  - *TIP*: Disse kan inspiceres ved frakturmistanke!

Woven Bone (non-lamellar)

- "Random" orienterede collagen fibre
- Svagere end lamellar knogle
- Remodeleres normalt til lamellar knogle
- (Hvis "betingelserne" er til stede).

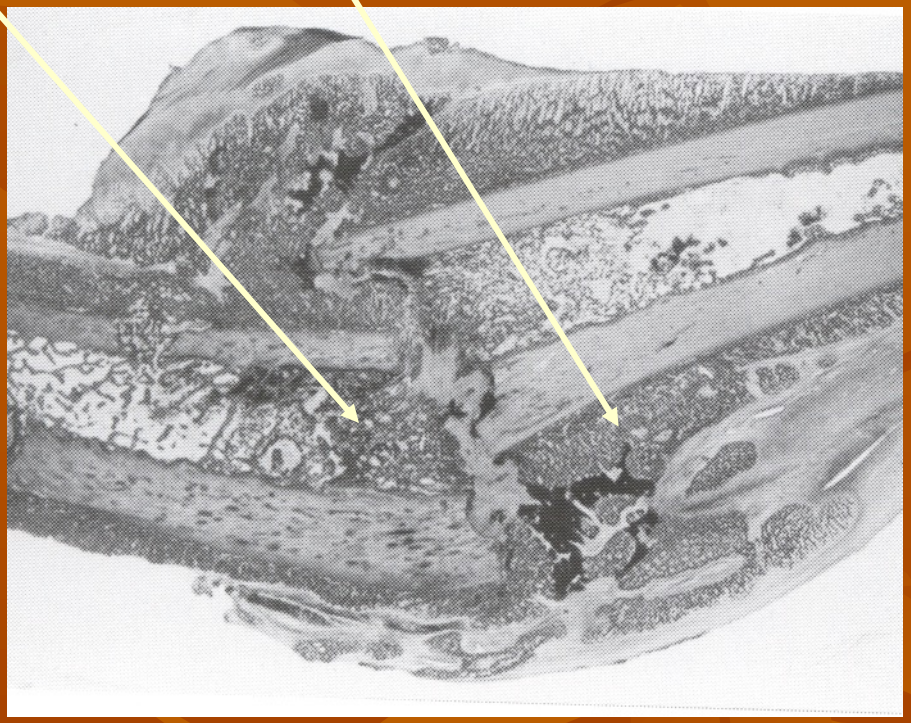
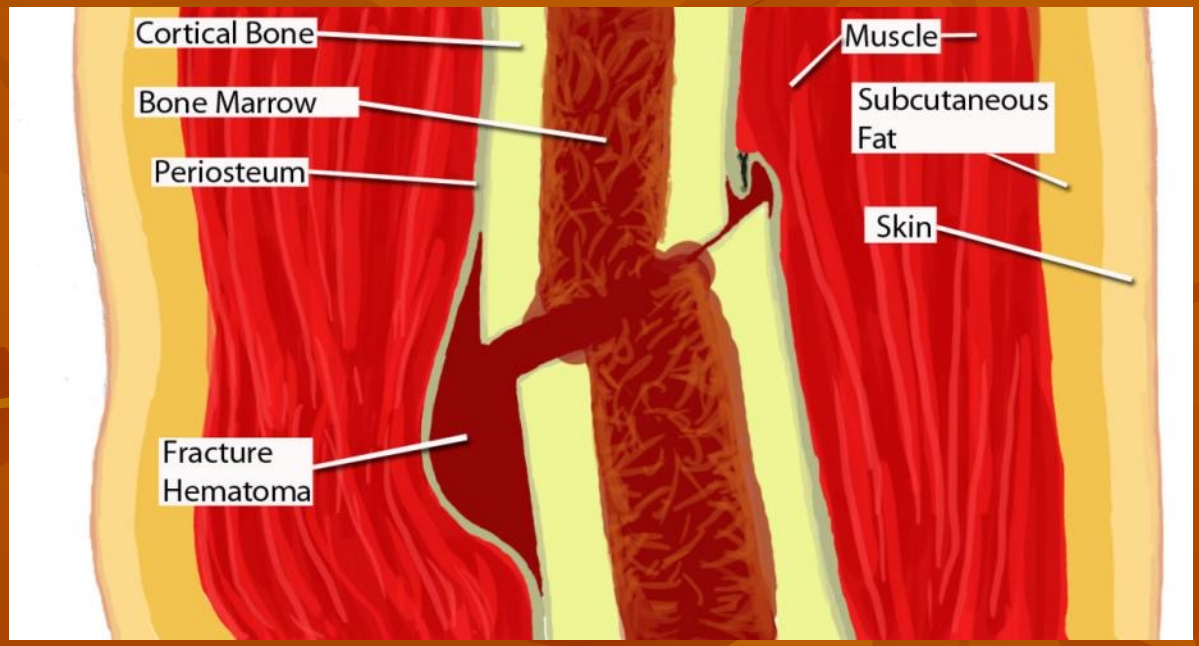


Fig fra Rockwood and Green's: Fractures in Adults, 4th ed

Komponenter I knogleformation

- Cortex
- Periost
- Knoglemarv
- Bløddele



Betingelser for knogleformation og Heling

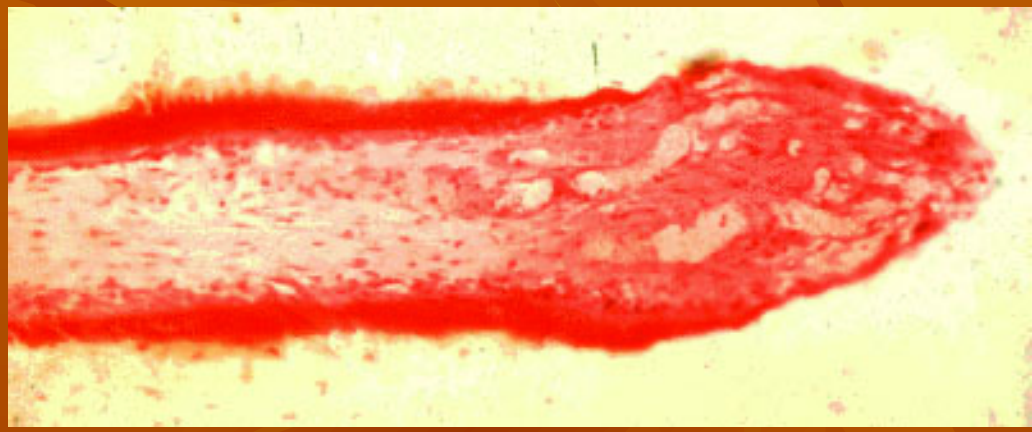
- Tilstrækkelig blodforsyning
- Tilstrækkelig mekanisk stabilitet

Mekanismer til knogleformation

- "Cutting Cones"
- "Intramembranous Bone Formation"
- "Endochondral Bone Formation"

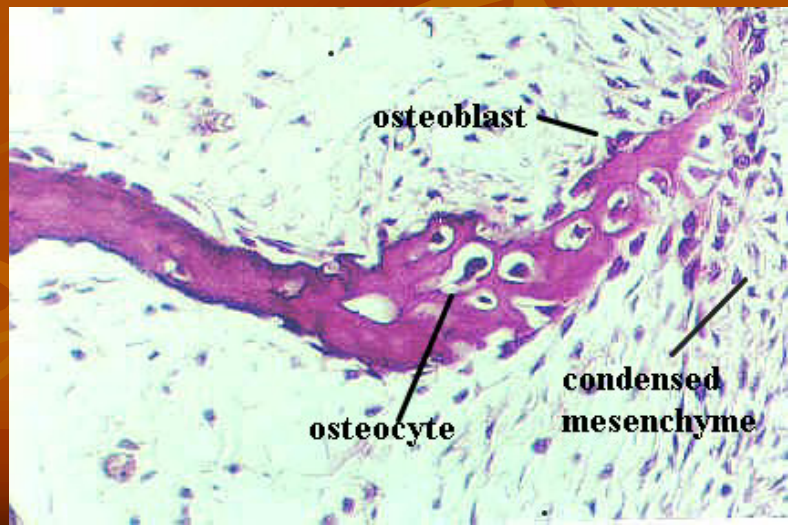
“Cutting Cones”

- Primært en mekanisme til remodellering af knogle
- Osteoclaster “I spidsen” nedbryder knogle
- Efterfølgende osteoblaster formaterer ny knogle “I kanalen”



Intramembranous (Periostal) Bone Formation

- Mekanisme hvorved en rørknogle vokser I omfang
- Osteoblaster differentierer direkte fra preosteoblaster og danner osteoid.
- Involverer IKKE et "bruskforstadie"



Endochondral Bone Formation

- Mekanisme hvorved en knogle vokser I <u>længden</u>
- Der foreligger et "bruskforstadie"
- Chondrocyterne hypertroferer og degenererer.
- Efter vaskulær invasion af "bruskforstadiet" foregår ossifikation.

Blodforsyning

- Rørknogler har 3 forsyningskilder:
  - Nutrient artery (intramedullary)
  - Periosteal vessels
  - Metaphyseal vessels

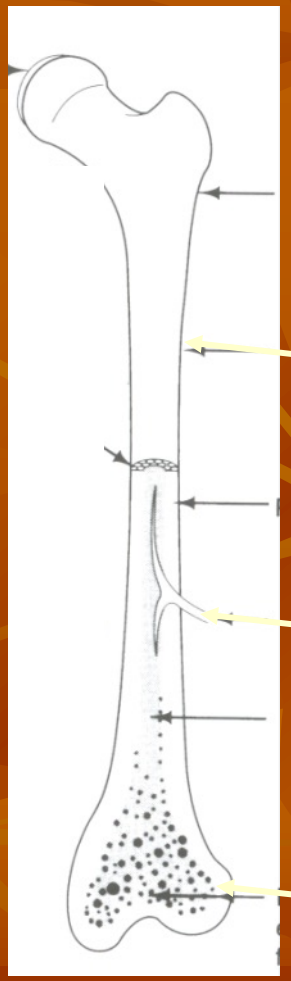


Fig: Rockwood and Green, 5th Ed

Nutrient Artery

- Normalt primære forsyning af diafysens cortex (80 to 85%)
- Adgang til knoglen via foramen nutricium
- Danner medullære arterier

Periosteal Vessels

- Opstår fra periost
- Forsyner normalt 15 to 20% af ydre cortex
- Kan overtage forsyning af et væsentligt større område ved skade på de medullære arterier.

- OBS: undgå periostal stripping!

Metaphyseal Vessels

- Opstår fra de periartikulære kar
- Penetrere cortex i metaphysområdet og danner anastomoser med de medullære arterier

Vaskulært respons ved frakturer

- Fracturer stimulerer frigivelsen af "growth factors" som fremmer angiogenese og vasodilation
- "Blood flow" øges herved væsentligt på frakturstedet
  - "Peak" ca 2 uger efter fraktur

Mekanisk Stabilitet

- (Hurtig) stabilisering fremmer revascularisation
- Efter ca 1 måned fremmer belastning og "mikrobevægelser" formation af callus

Stadier i Fraktur Heling

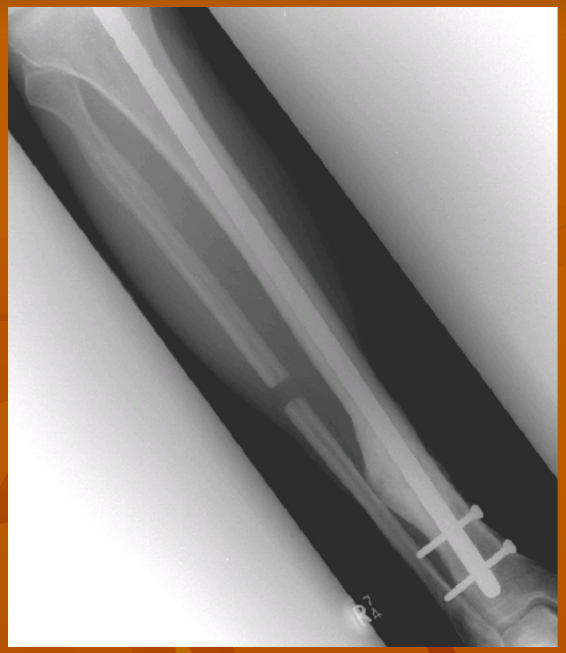
- Inflammation
- Repair
- Remodeling

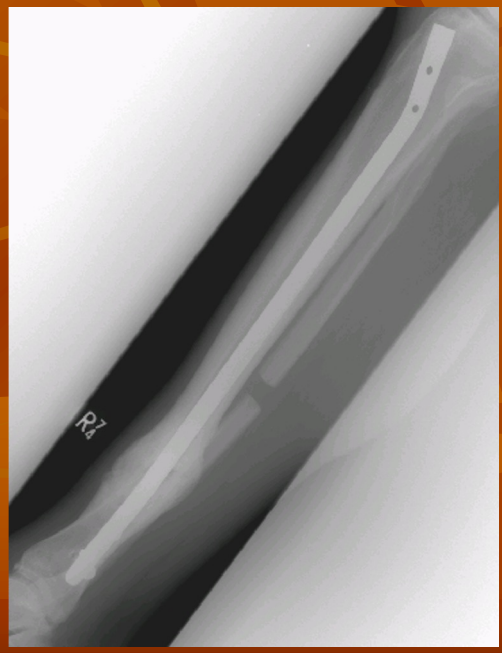
Inflammation

- Vævsskade medfører haematom på frakturstedet
- Lokale kar thromboserer hvilket medfører lokal knoglenekrose I frakturkanterne
- Øget capillær permeabilitet resulterer I et lokalt inflammatoriskt milieu
  - Osteoinductive “growth factors” stimulerer til proliferation og differentiation af mesenchymale stamceller

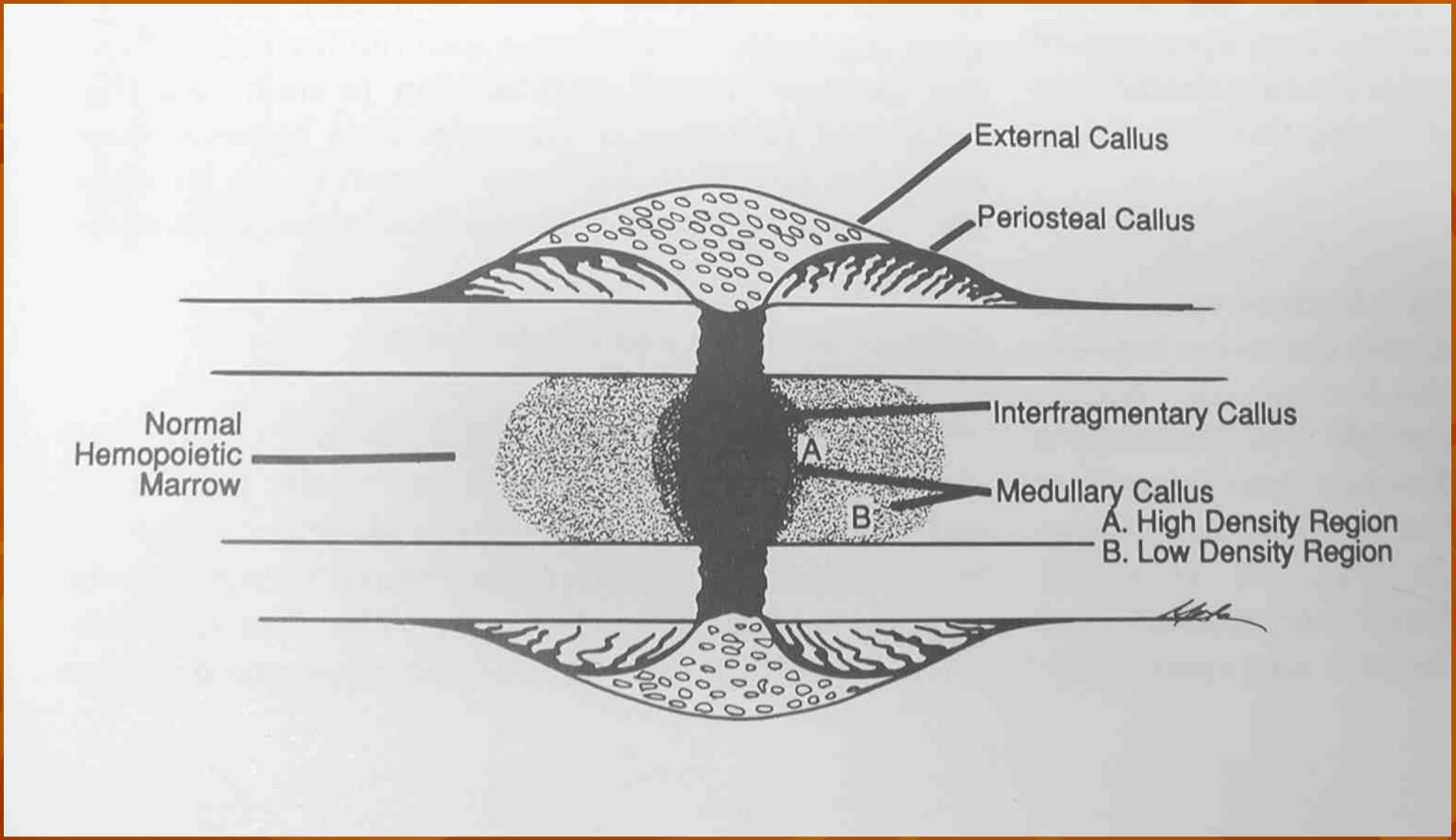
Repair

- Periosteal callus dannes langs periferien af frakturstedet
  - "Intramembranous ossification" initieret af preosteoblaster
- Intramedullær callus dannes på frakturstedet
  - "Endochondral ossification" I frakturhaematomet





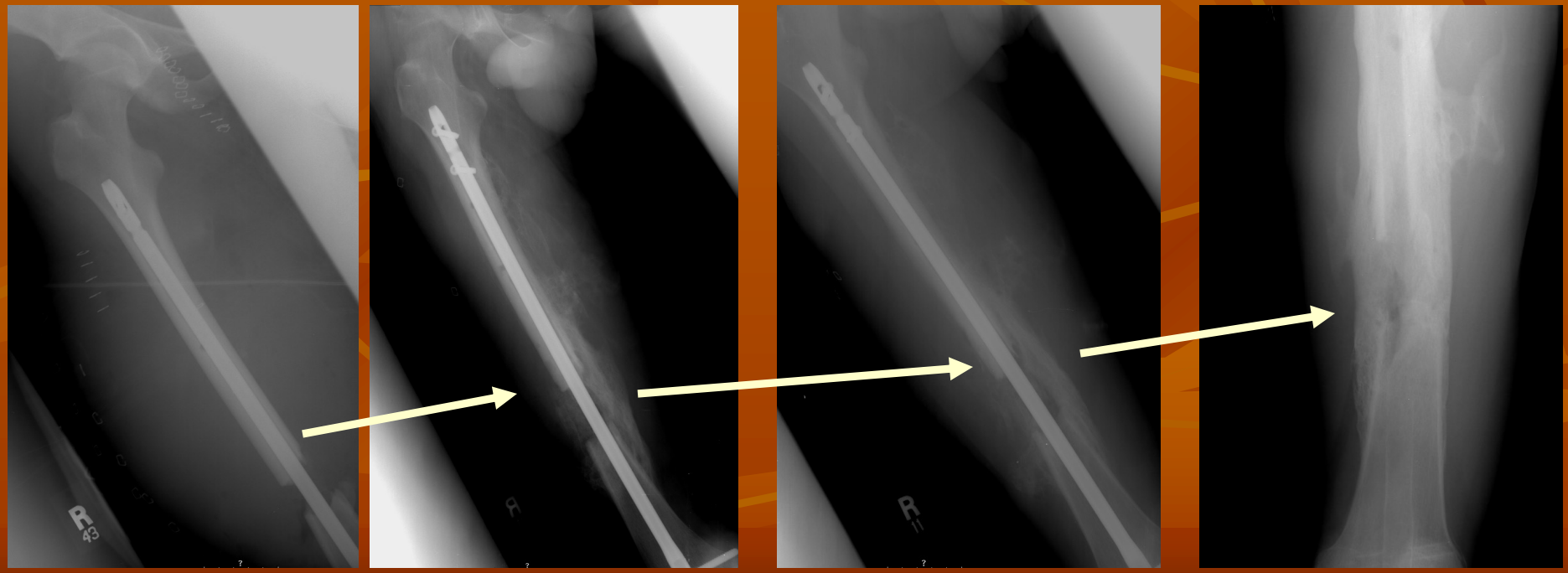
Repair



Brighton, et al, JBJS-A, 1991.

Remodeling

- "Woven bone" converteres til "lamellar bone"
- Marvkanalen genetableres
- Knogle restruktureres som respons på "stress and strain" (Trabekulering genetableres)



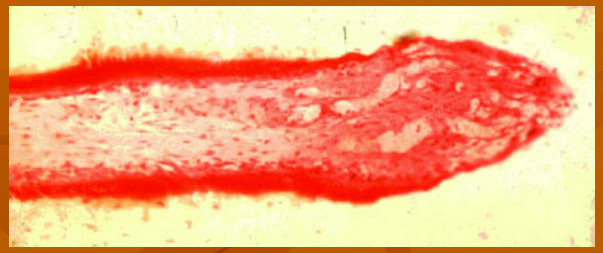
2 mekanismer til knogleheling

- Direkte (primary) knogleheling
- Indirekte (secondary) knogleheling

Direkte (primary) knogleheling

- Knoglehelings mekanisme som ses hvor der INGEN bevægelse er på frakturstedet (i.e. absolut stability)
- Involverer IKKE callusdannelse
- Osteoblaster fra endothel og perivasculare celler

Direkte (primary) knogleheling



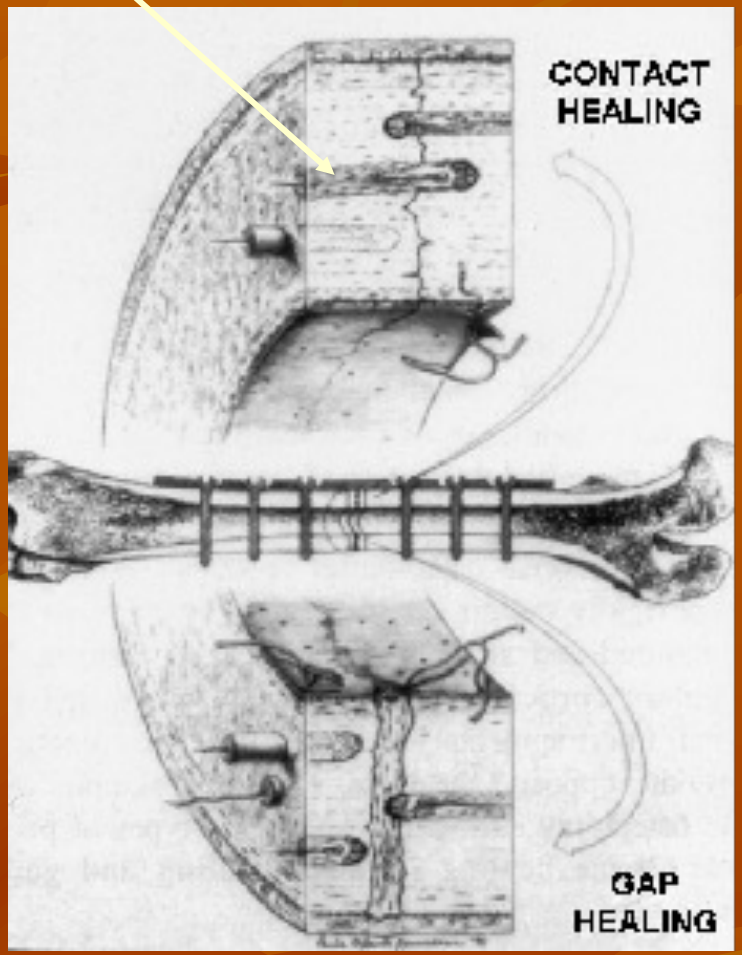
- Der dannes "cutting cones" som "arbejder" sig på tværs af brudlinien
- Knoglen heles "direkte" ved formationen af multiple osteoner
- Langsom proces – måneder til år!

- *OBS feks amotio af skinner efter antebrachiumfrakturer!!!*

Direkte (primary) knogleheling

- "Contact Healing"
  - Direkte kontact mellem fraktur enderne hvorved der umiddelbart kan dannes lammelar knogle
- "Gap Healing"
  - Gaps mindre end 200-500 microns kan primært fyldes med woven bone som remodelleres til lamellar knogle
  - Større "defekter" heler med callus!

Direkte (primary) knogleheling



http://www.vetmed.ufl.edu/sacs/notes

Indirekte (secondary) knogleheling

- Mekanisme til heling af en fraktur som har "nogen bevægelse" (micromovement)
- Men ikke så meget bevægelse at helingen afbrydes.

  (ie relativ stabilitet)
- Periostal callus og medullær callus dannes
- Callus undergår endochondral ossification
- Relativt hurtig process – uger til måneder!

2 mekanismer til knogleheling

- Direkte (primary) knogleheling
- Indirekte (secondary) knogleheling
- Den ene er ikke “bedrer” end den anden!
- Man skal vide hvornår man tilstræber hvad!

Lokale faktorer med indflydelse på helingen!

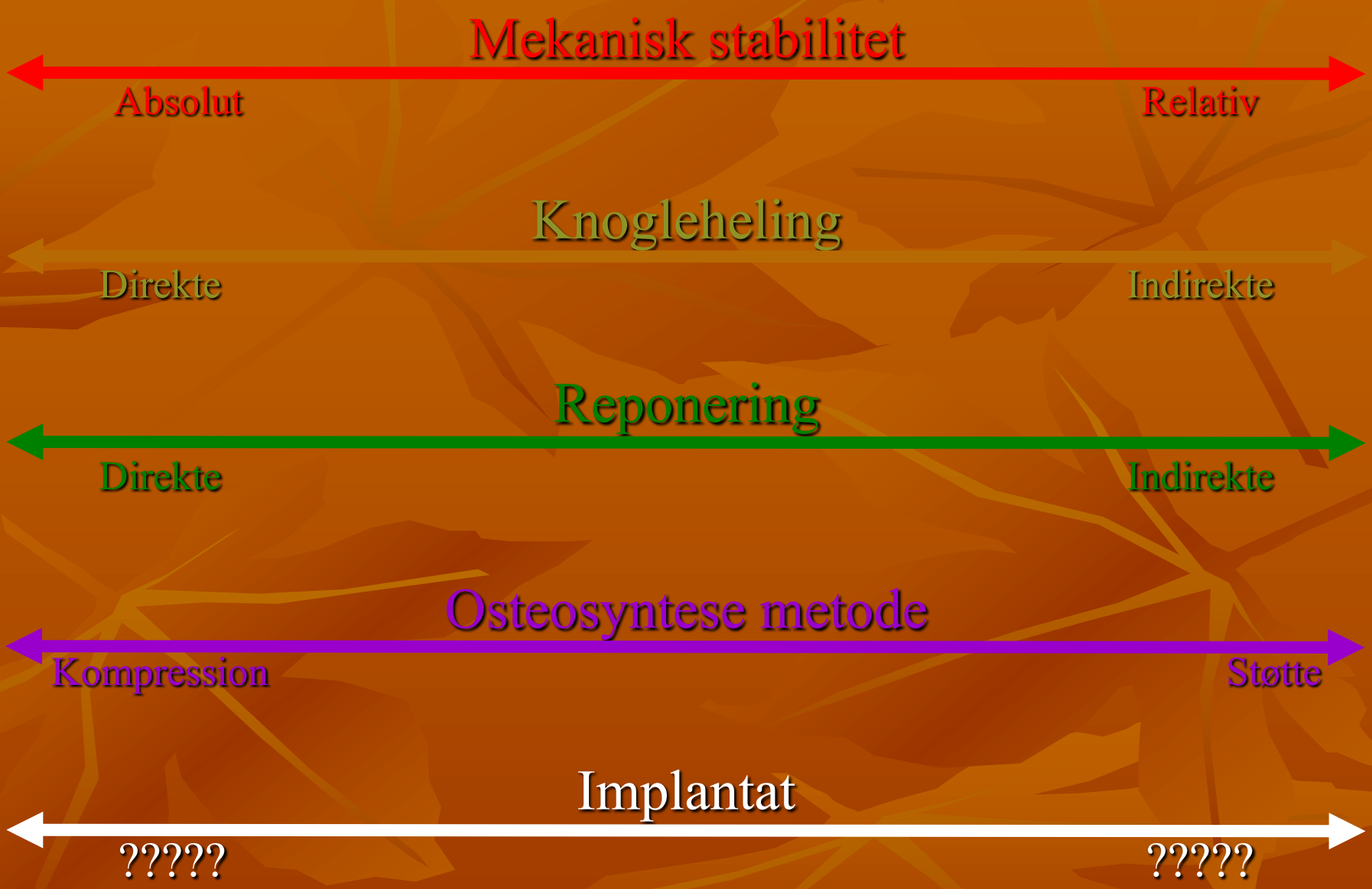
- Bløddelsskade?
- Påvirket lokal blodforsyning?
- Interponerede bloddele I fraktur?
- Knogledød? Celledød? Som følge af traume, varme, stråling osv?

Systemiske faktorer med indflydelse på helingen!

- "Malnutrition"
  - Nedsætter activitet og proliferation af osteochondrae celler
  - Formindsker callus formation
- Rygning
  - Cigaretter hæmmer osteoblaster
  - Nicotin medfører vasoconstriction og mindsker blood flow på fraktur stedet
- NSAID
  - Giver nedsat knogleheling
  - Osv osv

Forskellige principper for fraktur fiksation

Mekanisk stabilitet	Høj = Absolut stabilitet ←←←←←←		→→→→→ Lav = Relativ stabilitet	
Metode	**Kompression**		**Støtte**	
	Statisk	**Dynamisk**	**Låst**	**Ulåst**
Teknik & implantater	Lag skrue (almindelig skrue)	Tension band skinne	Ekstern støtte (Ekstern fiksation)	Ekstern støtte = konservativ behandling (gips, stræk)
	Lag skrue & neutralisationsskinne	Tension band cerclage	Intramedullær støtte (marvsøm)	Intramedullær støtte (elastisk søm, K-tråd)
	Kompressionsskinne	Støtteskinne	Intern ekstramedullær støtte:	
			Bridging med standard skinne & konventionelle skruer	
			Bridging med låst intern fixator	
Reponering	Direkte ←←←←←←		→→→→→ Indirekte	
Knogleheling	Direkte ←←←←←←		→→→→→ Indirekte	


Mekanisk stabilitet
Absolut
Relativ
Knogleheling
Direkte
Indirekte
Reponering
Direkte
Indirekte
Osteosyntese metode
Kompression
Støtte
Implantat
?????
?????

Slut