



Compartmentsyndrom

Jan-Erik Gjertsen

Ortopedisk klinikk

Haukeland Universitetssykehus



Hovedmomenter

- **Definisjoner**
- Etiologi
- Patofysiologi
- Diagnostikk
- Behandling
- Komplikasjoner

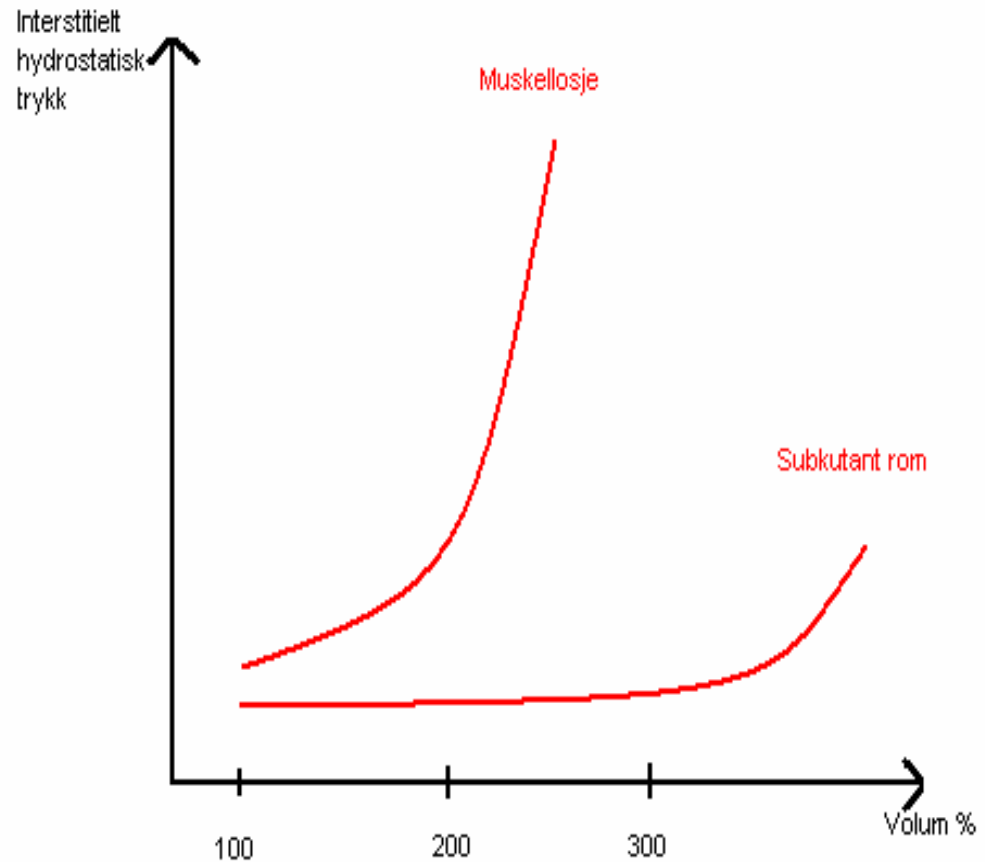


Intramuskulært trykk

- Det hydrostatiske trykket i muskelens interstitielle rom.
- Normalt 2 - 8 mmHg
- Påvirkes av posisjon av person/ekstremitet

Ødem

- Tegn på for mye væske i interstitiet.
- Skyldes forstyrrelse av mikrosirkulasjonen og/eller dysfunksjon av lymfevæsken
- Compliance beskriver forholdet mellom volum og trykk i muskelen
- $C = (P_1 - P_2) / (V_1 - V_2)$





Compartmentsyndrom

- En tilstand med forhøyet intramuskulært trykk
 - Reduserer blodgjennomstrømningen
 - Hemmer funksjonen i muskellosjen
- Det finnes 2 typer
 - Kronisk
 - Akutt



Kronisk compartmentsyndrom

- Anstrengelsesutløst smertetilstand
- Reversibel form av unormalt forhøyet intramuskulært trykk under og i hvile etter fysisk aktivitet.
- Symptomene går tilbake når pasienten slutter med muskelarbeidet.
- Kan utvikles til akutt compartmentsyndrom.
- Synonymer:
 - *Anterior tibial pain*
 - *Recurrent compartmental syndrome*



Akutt compartmentsyndrom

- Alvorlig irreversibel form av unormalt forhøyet intramuskulært trykk.
- Gir vevsnekrose og permanent funksjonstap dersom ubehandlet
- Kan bli livstruende dersom flere muskelosjer med stor muskelmasse rammes



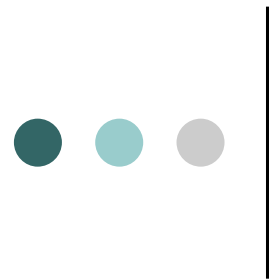
Hovedmomenter

- Definisjoner
- **Etiologi**
- Patofysiologi
- Diagnostikk
- Behandling
- Komplikasjoner



Etiologi

- **1. Mindre compartment størrelse**
 - Lukking av fasciale defekter
 - Stramme bandasjer
 - Lokalisert ytre trykk



Etiologi

○ 2. Økt compartment innhold

- **Blødning**

- Økt kapillær permeabilitet
- Økt kapillær trykk
- Muskelhypertrofi
- Infiltrerende infusjon
- Nefrotisk syndrom

- **Stor vaskulær skade**

- **Blødningsforstyrrelser**

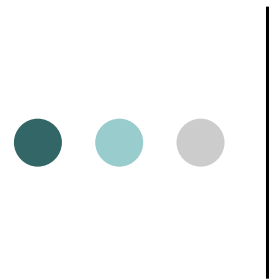
- **Antikoagulantia**



Etiologi

○ 2. Økt compartment innhold

- Blødning
- **Økt kapillær permeabilitet**
- Økt kapillær trykk
- Muskelhypertrofi
- Infiltrerende infusjon
- Nefrotisk syndrom
- Postischemisk hevelse
- Trening
- Kramper
- Traume
- Brannskader
- Intraarterielle medikamenter
- Ortopedisk kirurgi

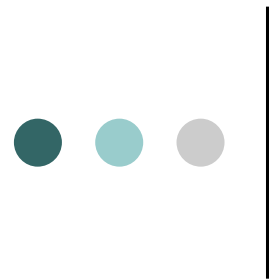


Etiologi

○ 2. Økt compartment innhold

- Blødning
- Økt kapillær permeabilitet
- **Økt kapillær trykk**
- Muskelhypertrofi
- Infiltrerende infusjon
- Nefrotisk syndrom

- **Trening**
- **Venøs obstruksjon**
- **Gips/Ortose**



Etiologi

○ 2. Økt compartment innhold

- Blødning
- Økt kapillær permeabilitet
- Økt kapillær trykk
- **Muskelhypertrofi**
- Infiltrerende infusjon
- Nefrotisk syndrom

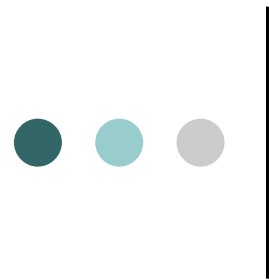
- Høy fysisk aktivitetsnivå
- Eksponering av androgener



Etiologi

○ 2. Økt compartment innhold

- Blødning
- Økt kapillær permeabilitet
- Økt kapillær trykk
- Muskelhypertrofi
- **Infiltrerende infusjon**
- Nefrotisk syndrom



Etiologi

- **2. Økt compartment innhold**

- Blødning
- Økt kapillær permeabilitet
- Økt kapillær trykk
- Muskelhypertrofi
- Infiltrerende infusjon
- **Nefrotisk syndrom**

- **Proteinuri, hypoalbuminemi, ødemer**
- **Glomerulonefritt**
- **Diabetes nefropati**
- **Toksisk påvirkning**



Hovedmomenter

- Definisjoner
- Etiologi
- **Patofysiologi**
- Diagnostikk
- Behandling
- Komplikasjoner



Regulering av blodforsyning

$$\mathbf{MBF = (P_a - P_v) / R}$$

MBF = Muskel Blod Flow

P_a = Arterielt trykk

P_v = Venøst trykk

R = Motstand i kar



Regulering av blodforsyning

$$\text{MAP} = P_d + 1/3 (P_s - P_d)$$

MAP= Middel arterie trykk

P_d = Diastolisk BT

P_s = Systolisk BT

Eks.:

BT 140/80 → MAP = 80 + (140-80)/3 = 80 + 60/3 = 100



Regulering av blodforsyning

$$PP = MAP - P_v$$

PP = Perfusjonstrykk i vev

MAP = Middel arterie trykk

P_v = Venøst trykk i kapillærene



Regulering av blodforsyning

Trykket i en vene kan aldri være lavere enn ekstramuralt trykk. Øket intramuskulært trykk øker derfor alltid laveste nivå for venetrykk. Derfor får vi:

$$PP = MAP - P_t$$

PP = Perfusjonstrykk i vev

MAP = Middel arterie trykk

P_t = Intramuskulært trykk



Perfusjonstrykkets betydning

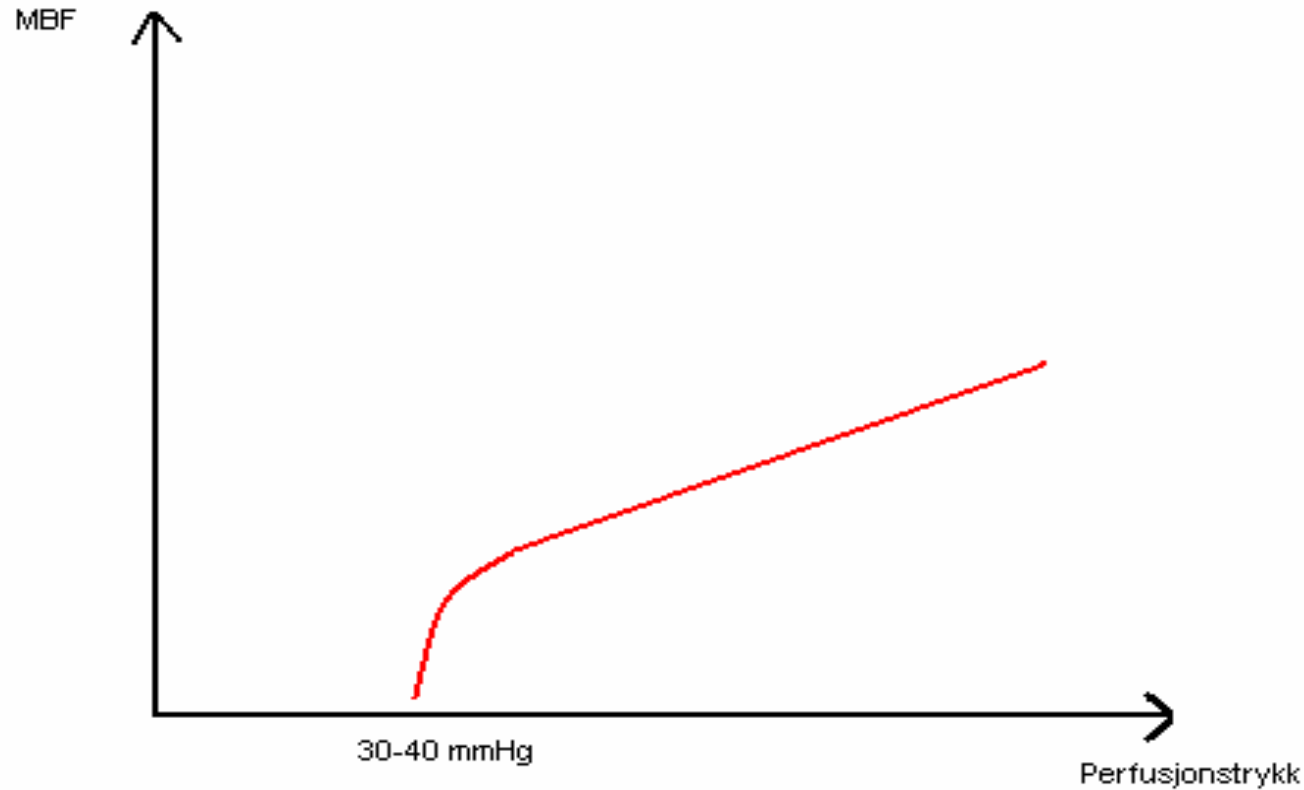
○ $PP = 33\text{mmHg} \longrightarrow MBF = 0$

Dvs ved 0 blodflow er MAP 33mmHg større enn P_t
Resultatet forklares av en aktiv stenging av små arterioler
i muskelvev.

Ashton, 1962



Perfusjonstrykkets betydning



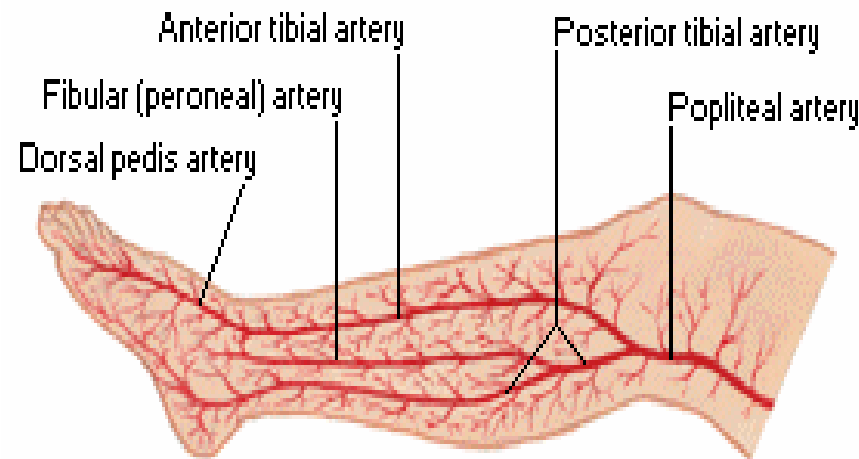
Det kritiske stengningstrykket illustrerer hvordan muskel blod flow blir 0 når det lokale perfusjonstrykket varierer mellom 30 og 40 mmHg.

Heppenstall og medarbeidere

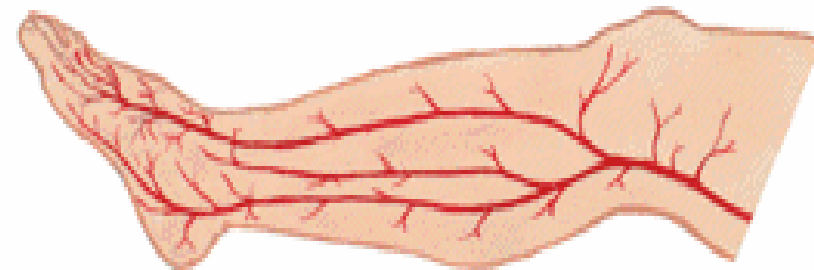


Perfusjonstrykkets betydning

Circulatory pathophysiology



Normally, pressure of tissue fluid is less than 30 mm Hg, which permits blood to flow freely through large arteries smaller arterioles, and capillaries to nourish and oxygenate tissues



When pressure of tissue fluid rises above 30 mm Hg, as in compartment syndrome, small nutrient arterioles and capillaries compressed. Flow in larger, more resistant arteries persists. Pulse may therefore be palpable despite tissue ischemia, giving false impression of adequate circulation



Grenser for behandlingstrengende compartmentsyndrom blir da:

- $P_t > 35\text{mmHg}$?
- PP (Perfusjonstrykk) $< 30\text{mmHg}$

Eks:

Multitraumepasient, leverruptur og crusfraktur.

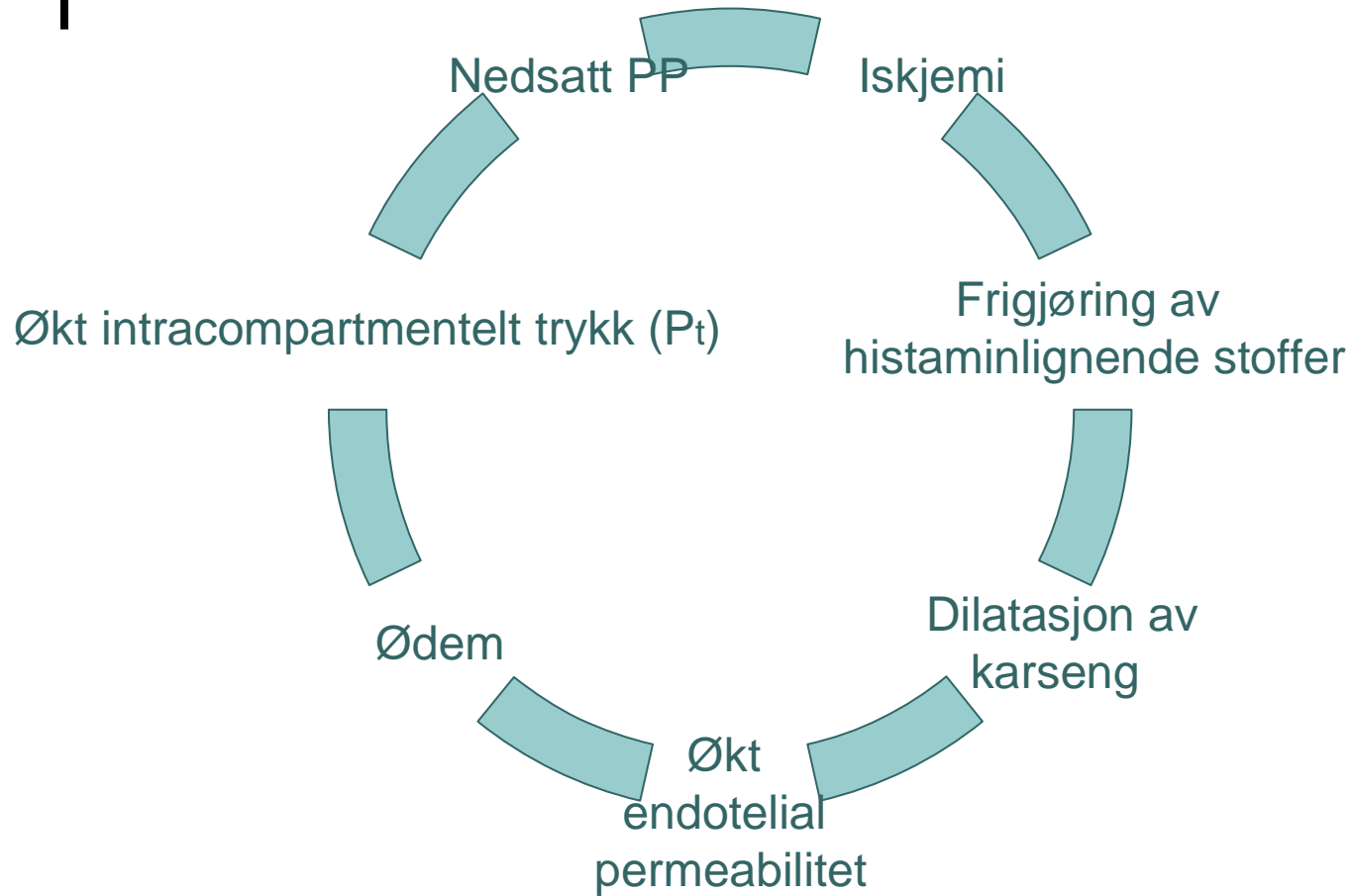
BT 70/40 MAP 50mmHg

P_t 25mmHg $PP=50-25=25\text{mmHg}$

Dårlig perfusjon i små arterioler og kapillærer og behov for trykkavlastning for å unngå iskjemisk skade.



Den onde sirkel





Hovedmomenter

- Definisjoner
- Etiologi
- Patofysiologi
- Diagnostikk
- Behandling
- Komplikasjoner



Identifisere risikopasienten!

- Multitraumepasient
- Høyenergitraume
- Funn som tyder på perifer kar- eller nerveskade
- Alkoholpåvirket
- Intoksikasjon
- Bevisstløs





Dokumentasjon

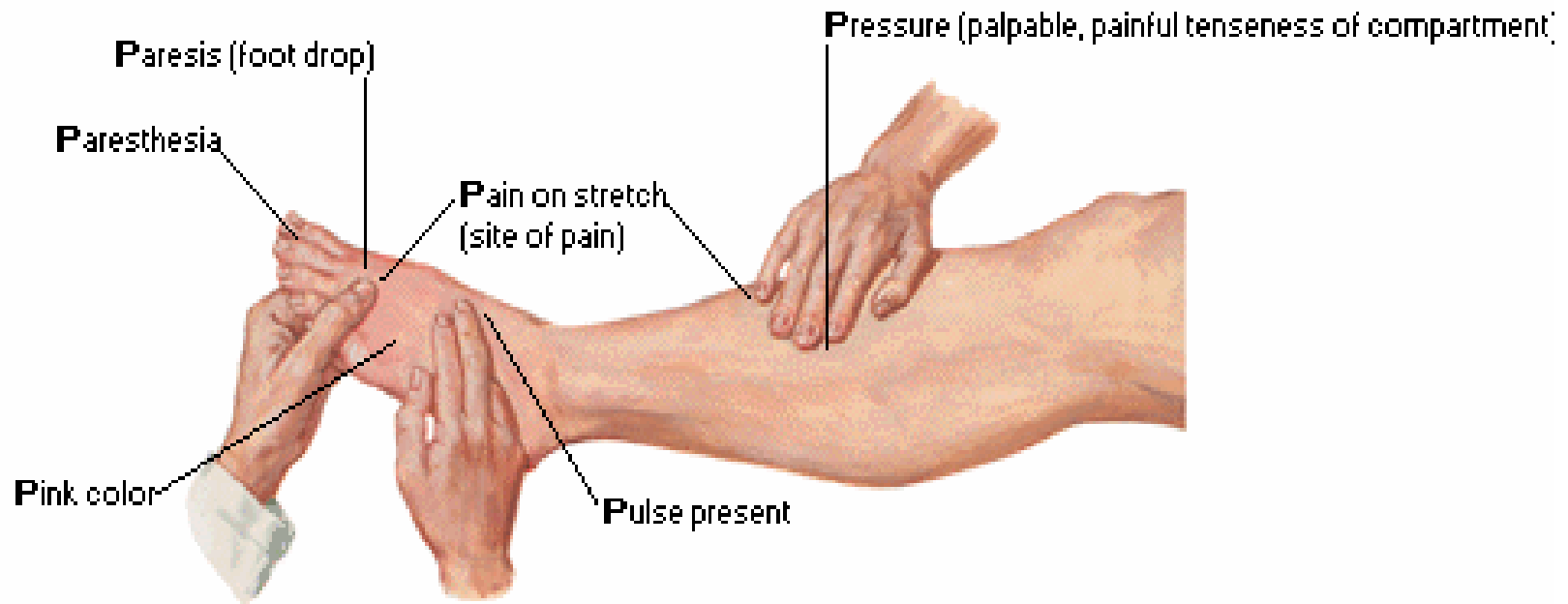
- Grundig undersøkelse
 - Nevromuskulær status
 - Sirkulatorisk status inkl. BT
 - Ved tvil skal det måles losjetrykk
- Dokumentere tidspunkt og funn
- Gjentatte undersøkelser



Symptoms

Compartment Syndromes

Acute Compartment Syndrome



Six Ps, often early manifestations of compartment syndrome



De 6 P-er

- PAIN
 - PRESSURE
 - PARESTESI
 - PARESE
 - PULS
 - PINK
- Det første og viktigste symptomet.
 - Mer smerte enn forventet
 - OBS: kan være smertefri ved sentral eller perifer nerveskade



De 6 P-er

- PAIN
 - PRESSURE
 - PARESTESI
 - PARESE
 - PULS
 - PINK
- Det sikreste og eneste objektive funnet.
 - Subkutant ødem kan maskere økt compartment trykk



De 6 P-er

- PAIN
 - PRESSURE
 - PARESTESI
 - PARESE
 - PULS
 - PINK
- Avhengig av en samarbeidsvillig og våken pasient
 - Hvert compartment har en nerve som kan testes for sensibilitet.



De 6 P-er

- PAIN
 - PRESSURE
 - PARESTESI
 - PARESE
 - PULS
 - PINK
- Vanskelig å vurdere.
 - Kan skyldes
 - Nerveskade
 - Iskjemi i muskel
 - Smertebetinget



De 6 P-er

- PAIN
 - PRESSURE
 - PARESTESI
 - PARESE
 - PULS
 - PINK
- Vanligvis tilstede bortsett fra ved arterieskade.
 - Vanligvis også god kapillærfyllning distalt.



De 6 P-er

- PAIN
 - PRESSURE
 - PARESTESI
 - PARESE
 - PULS
 - PINK
- Når puls tilstede er som regel ekstremiteten rosa.
 - Kan i sluttstadiet bli blek grunnet manglende sirkulasjon.



Diagnostikk

Klinikken gir mistanke

Trykkmåling ved mistanke



BRUKSANVISNING

Anbefalt trykkgrense for kirurgisk behandling er fra
30-55mm Hg.
Denne grense har også vært relatert til blodtrykket, dvs. et
differansetrykk på min. 30mm Hg mellom diastolisk blodtrykk og
lufstrykk.
For ikke samarbeidende pasient **30mm Hg.**
For samarbeidende pasient **45mm Hg.**

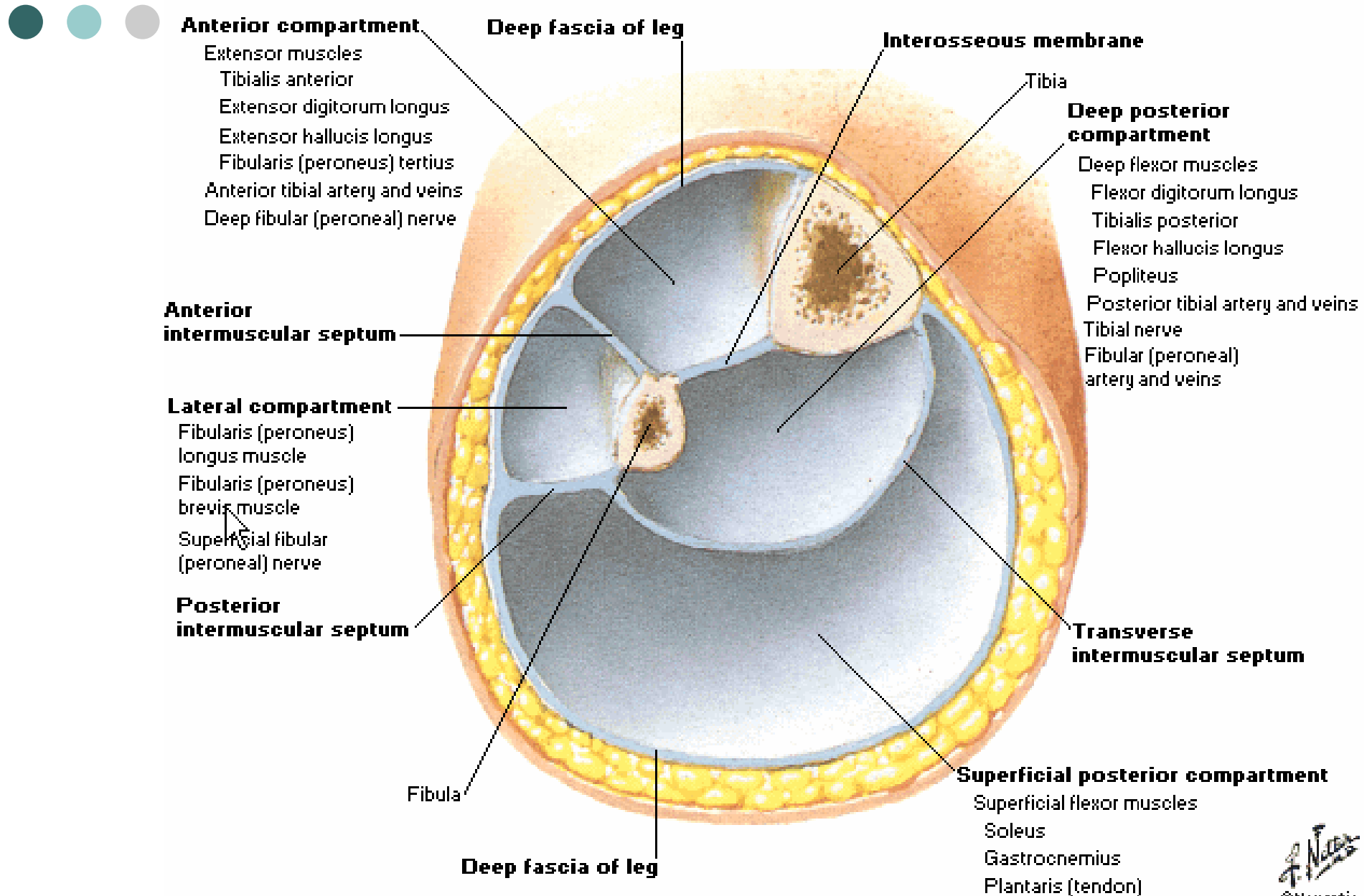
Engangs måling

1. Slå på apparatet. Målenheten skal vise mellom 0 og 9mm/Hg.
2. Monter sprøyten, dysen og nålen og sett de på plass i boksen. Pass på at den flate delen på sprøyten er opp slik at lokket kan lukkes lett.
3. Hold nålen opp i ca. 45 ° vinkel. Trykk sakte ut væsken gjennom nålen for å få bort all luft.
4. Trykk på "null knappen"
5. Stikk inn kanylen. Injiser langsomt, mindre enn 0,3ml av saltoppløsningen slik at væsken fordeles jevnt i vevet.
6. Vent til displayet stabiliseres.
7. Les av trykket.
8. For flere målinger – gjenta pkt. 5-7 .

*Det gjøres oppmerksomhet om at dette er en forenklet utgave av den originale bruksanvisningen. Den originale bruksanvisningen skal alltid følge utstyret. Det henvises derfor til den originale bruksanvisningen for korrekt utøvelse av denne prosedyren, da ingen bruksanvisning erstatter fabrikkens originale utgave.

Leg

Cross Section - Fascial Compartments





Trykkgrenser :

- Normalverdi: 2-8 mmHg
- Operasjonsindikasjon ved:
 - $P_t > 35$ mmHg
 - $PP < 30$ mmHg
 - $(PP = MAP - P_t)$
 - Dvs MAP må være > 30 mmHg høyere enn losjetrykket.



Hovedmomenter

- Definisjoner
- Etiologi
- Patofysiologi
- Diagnostikk
- **Behandling**
- Komplikasjoner



Behandling

- Sirkulerende gips/bandasjer fjernes
 - Spalting av gips → 35% reduksjon av trykk
 - Åpning av gips → 65% reduksjon av trykk
 - Fjerning av gips → 85% reduksjon av trykk



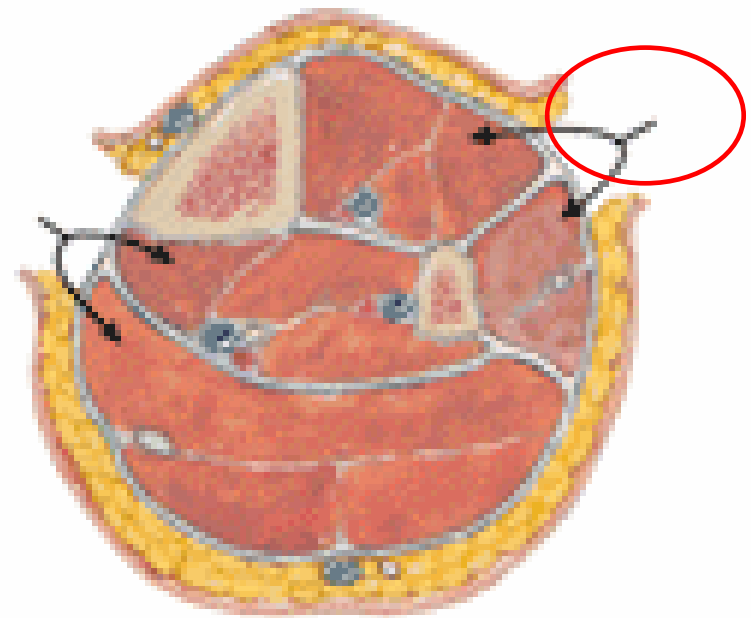
Rask fasciomi

- Vevseffekt av iskjemi
 - Nerver:
 - 30 minutter: parestesi / hyperestesi
 - 12-24 timer: irreversible skader
 - Muskulatur:
 - 2-4 timer: funksjonelle endringer
 - 4 timer: forhøyet myoglobinuri
 - 4-12 timer: irreversible skader
 - 12 timer: kontrakturer

● ● ● | Fasciotomi

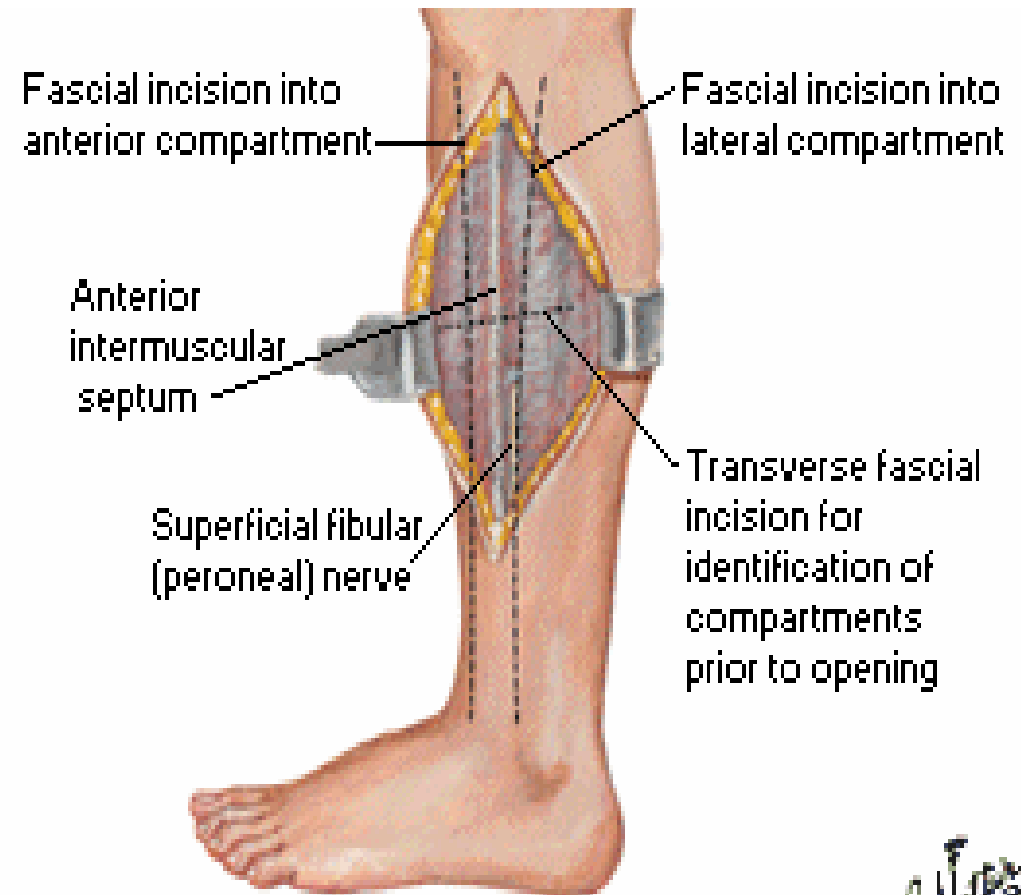
○ Anterolateral insisjon

- 20 cm lang insisjon
- Midt mellom fibula og fremre tibiakant
- Underminere hud
- Identifiser muskulært septum
- Åpne losjer med saks
- OBS N. fibularis superficialis 10-12 cm proksimalt for laterale malleol.



Fasciotomi

- **Fremre compartment:**
 - Distalt mot stortå
 - Proksimalt mot patella
- **Laterale compartment:**
 - Distalt mot laterale malleol
 - Proksimalt mot caput fibulae.

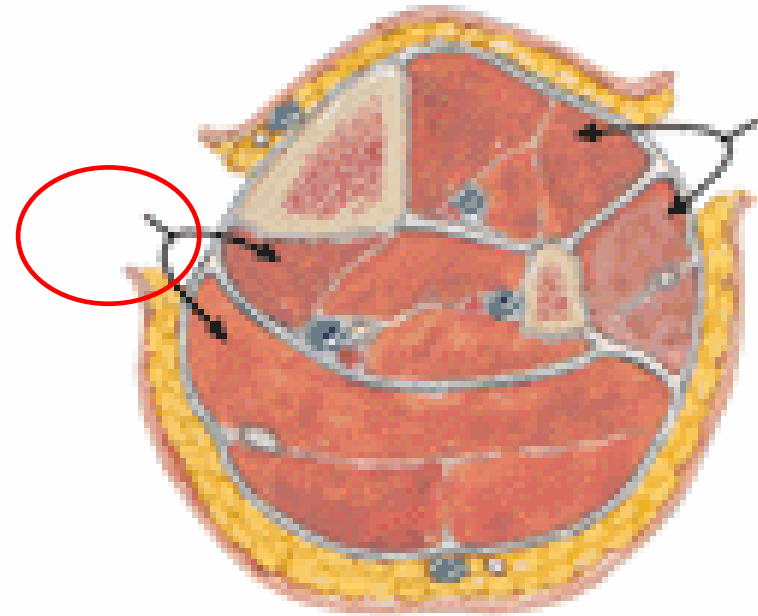


Anterolateral incision for anterior and lateral compartments

● ● ● | Fasciotomi

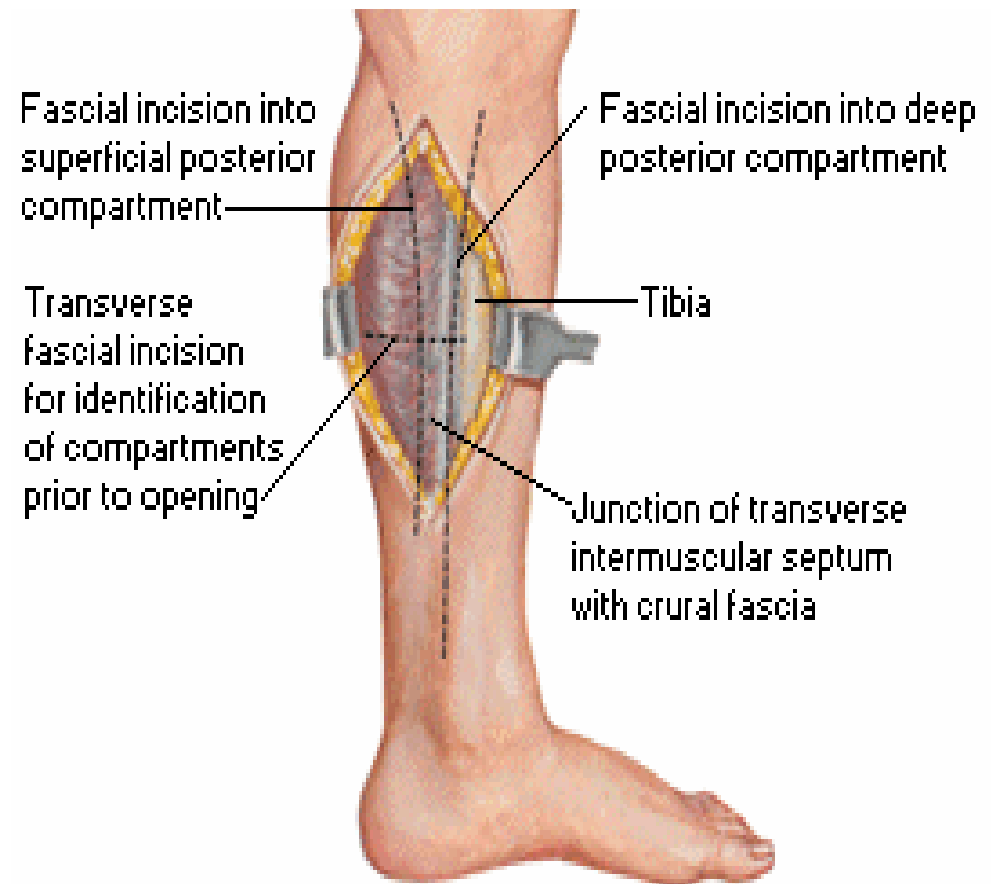
○ Posteromedial insisjon

- 20 cm lang
- Litt mer distal enn den anterolaterale
- 2 cm bak posteriore tibiakant
- Underminere hud
- OBS n. og v saphenus skyves anteriort
- Identifiser muskulært septum
- Åpne losjer med saks



Fasciotomi

- **Overfl. bakre compartment:**
 - Identifiser Achillessenen
 - Proksimalt så langt som mulig
 - Distalt bak mediale malleol.
- **Dype bakre compartment:**
 - Identifiser flexor digitorum longus senen
 - Spaltes under m. soleus

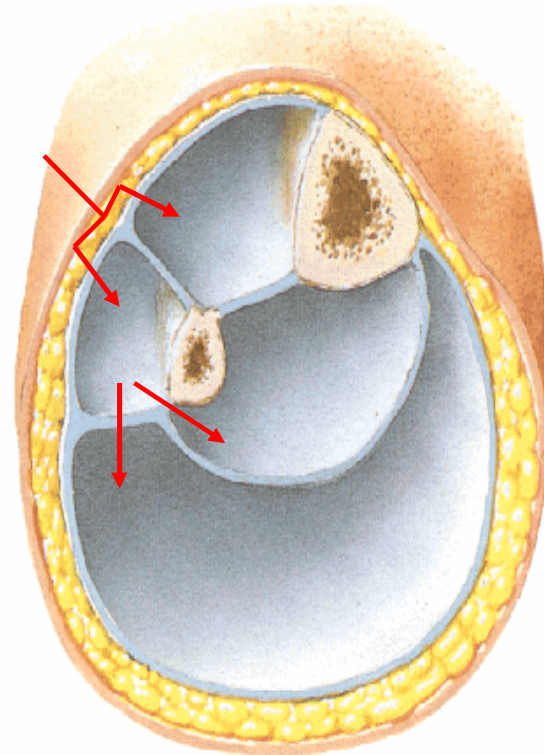


Posteromedial incision for superficial and deep posterior compartments

Fasciotomi

- Gjennom kun en lateral insisjon.
 - Dersom store skader medialt eller omfattende fremre bløtdelsskader.
 - Mer krevende å utføre.
 - Hudsnitt mellom caput fibulae og laterale malleol.

Leg
Cross Section - Fascial Compartments





Eksisjon av muskulatur

- Muskelkontraksjon tar seg ikke alltid opp umiddelbart.
- Derfor eksidere kun tydelig nekrotisk muskulatur
- Ny undersøkelse etter 24-48 timer
- Dersom septisk pasient er det aktuelt med mer radikal kirurgi.



- Sårene legges åpne
- Vessel loop i hud
- Kan strammes daglig
- Sekundær lukking gjerne etter 1 uke
- Dersom fortsatt hevelse, vurdere hudtransplantasjon



Hovedmomenter

- Definisjoner
- Etiologi
- Patofysiologi
- Diagnostikk
- Behandling
- **Komplikasjoner**



Iskjemisk kontraktur

- Beskrevet først av Volkmann i 1881
- Alle ubehandlede kompartment-syndrom utvikles til iskjemisk kontraktur.
- Muskel og nervevev rammes i den aktuelle muskelosjen



Histologiske forandringer

- Ødematøst vev
 - Cellekjernene forsvinner
 - Muskelen mister tverrstripene
 - Hyalin degenerering
 - Atrofi
-
- Partiell reversibel dersom den lokale sirkulasjonen kommer tilbake før den fibrøse forandringen skjer.



Kontraktur i fremre muskellosje

○ Symptom:

- Nedsatt dorsalfleksjon i ankel og tær
- Gangvansker
- Droppfot
- Smerter i tær

○ Behandling:

- Skinne / Ortose
- Transposisjon av senen til m. tibialis posterior gjennom septum intermusculare til os cuneiforme intermedium
- Evt transposisjon av peroneus longus senen til senene til m tibialis anterior og ekstensor digitorum longus.



Kontraktur i laterale muskellosje

○ Symptom:

- Lokal smerte og dysfunksjon i nervus fibularis superficialis.
- Kontraktur med supinasjon i ankelledd

○ Behandling:

- Skinne / Ortose
- Partiell transposisjon av senen til m. tibialis anterior til laterale del av fotrygg eller til festet til peroneus brevis senen.



Kontraktur i bakre muskelosjer

○ Symptom:

- Smerter og feilstilling i tær, forfot og senere i ankelledet.
- Spissfotstilling

○ Status:

- Kort cavusfot med klotær
- Kontraktur av tibialis posterior → fleksjonskontraktur i talocruralledet
- Kontraktur av flexor hallucis longus og flexor digitorum longus → klotær



Kontraktur i bakre muskelosjer

o **Behandling:**

- Individualiseres!
- Klotær → Tenotomi av lange tåbøyere
- Nedsatt dorsalfleksjon → Forlengelse av Achillesenen med Z-plastikk
- Transposisjoner
- Artrodese



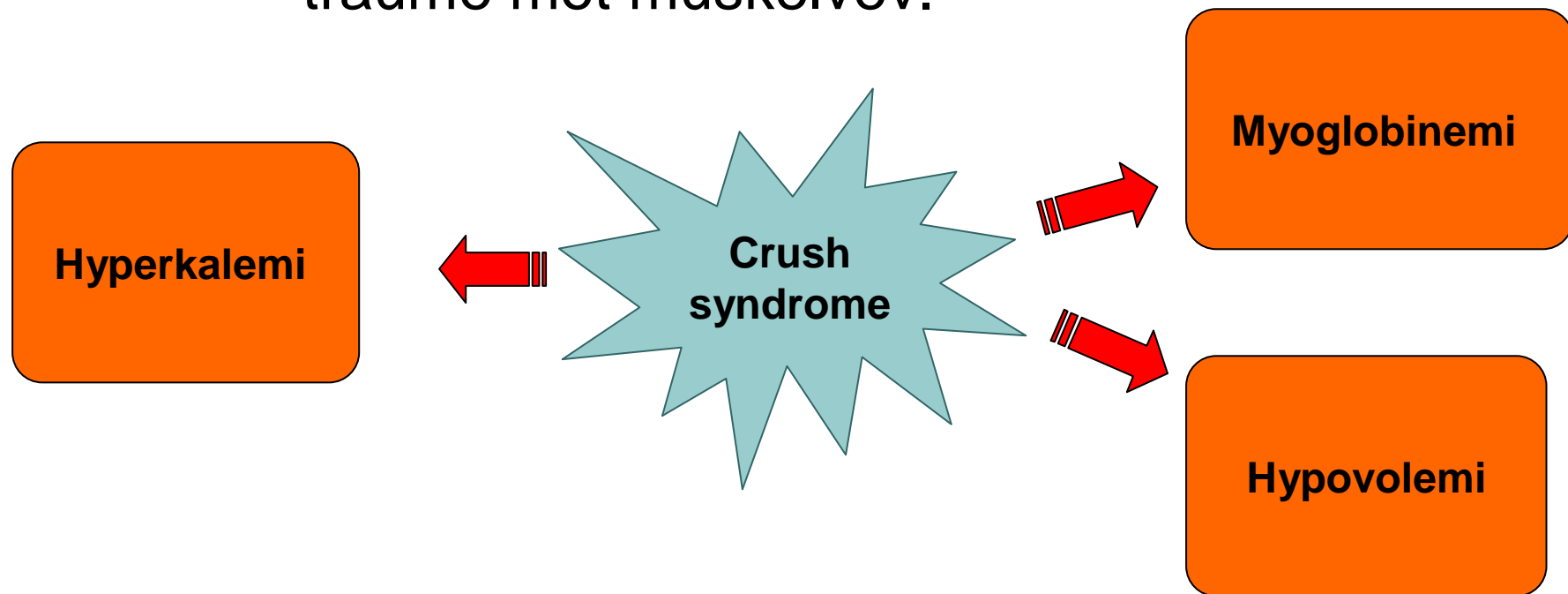
Crush syndrom

- Rhabdomyolyse etter skade mot myocytter → frigjør intracellulært innhold.
- Kan være en potensielt dødelig tilstand



Crush syndrom

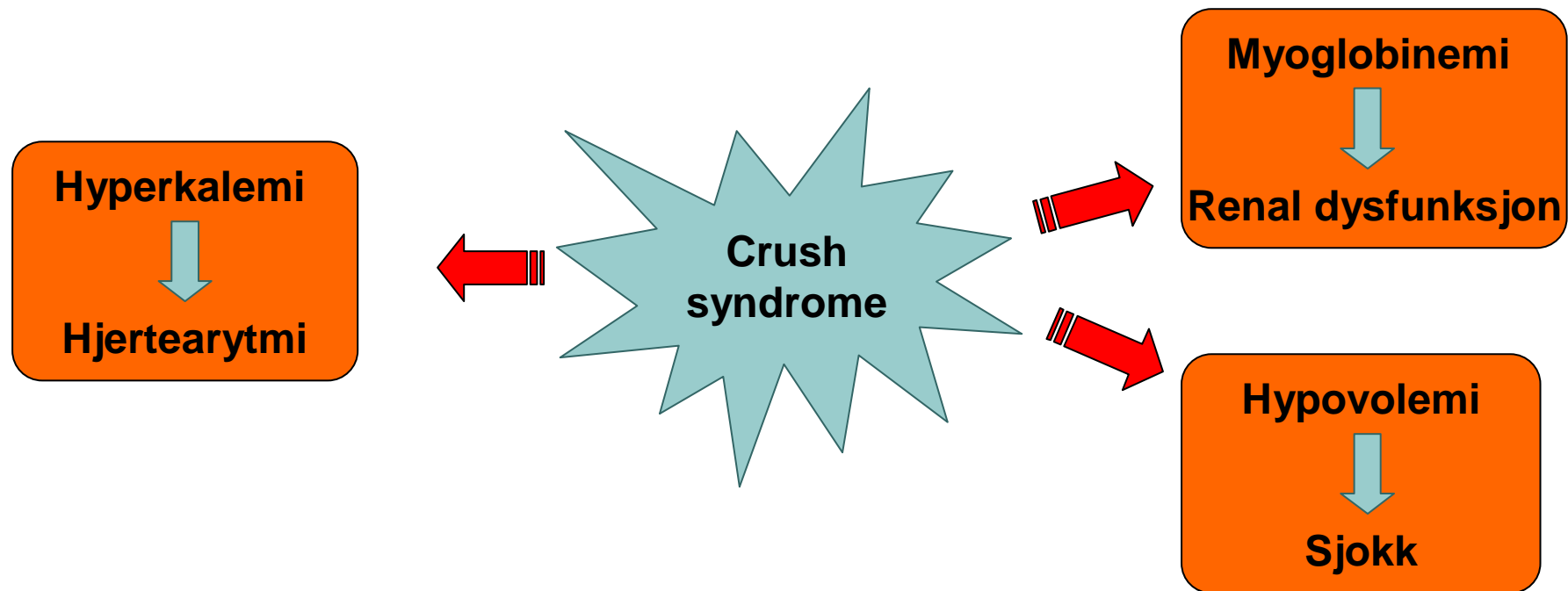
- Systemmanifestasjonene av et ubehandlet akutt compartmentsyndrom eller annet traume mot muskelvev.





Crush syndrom

○ KLINISKE FUNN:





Laboratoriefunn

- Hyperkalemi
- Acidose
- Hypocalcemi
- Hyperfosfatemi
- Høy Kreatinfosfokinase
- Myoglobiuri



Klassifisering

- **Stadium 1**
 - Forhøyede enzymverdier og myoglobinuri
- **Stadium 2**
 - Oliguri
 - Hypotensjon
- **Stadium 3 = Fulminant crush syndrom**
 - Oliguri
 - Sjokk
 - Hjerterytmi



Behandling

- Væsketilførsel, opptil 10-12 liter første 12 timer.
 - Timediurese bør være over 100ml
- Mannitol 25g iv kan gis som en engangsdose
- Forsert alkalisk diurese
 - øker løselighet av myoglobin i urinen
 - hindrer utfelling i distale nyretubuli.
- Korrigering av hyperkalemi
 - glukose-insulindrypp.



OPPSUMMERING:

- Tenk alltid på compartmentsyndrom
- Ved den minste tvil

OPPSUMMERING:

- Tenk alltid på compartmentsyndrom
- Ved den minste tvil - **TRYKKMÅLING**

