

***Diagnose av koronarsykdom
uten bruk av kateter
med 3D ultralyd, CT og
matematiske strømningmodeller***

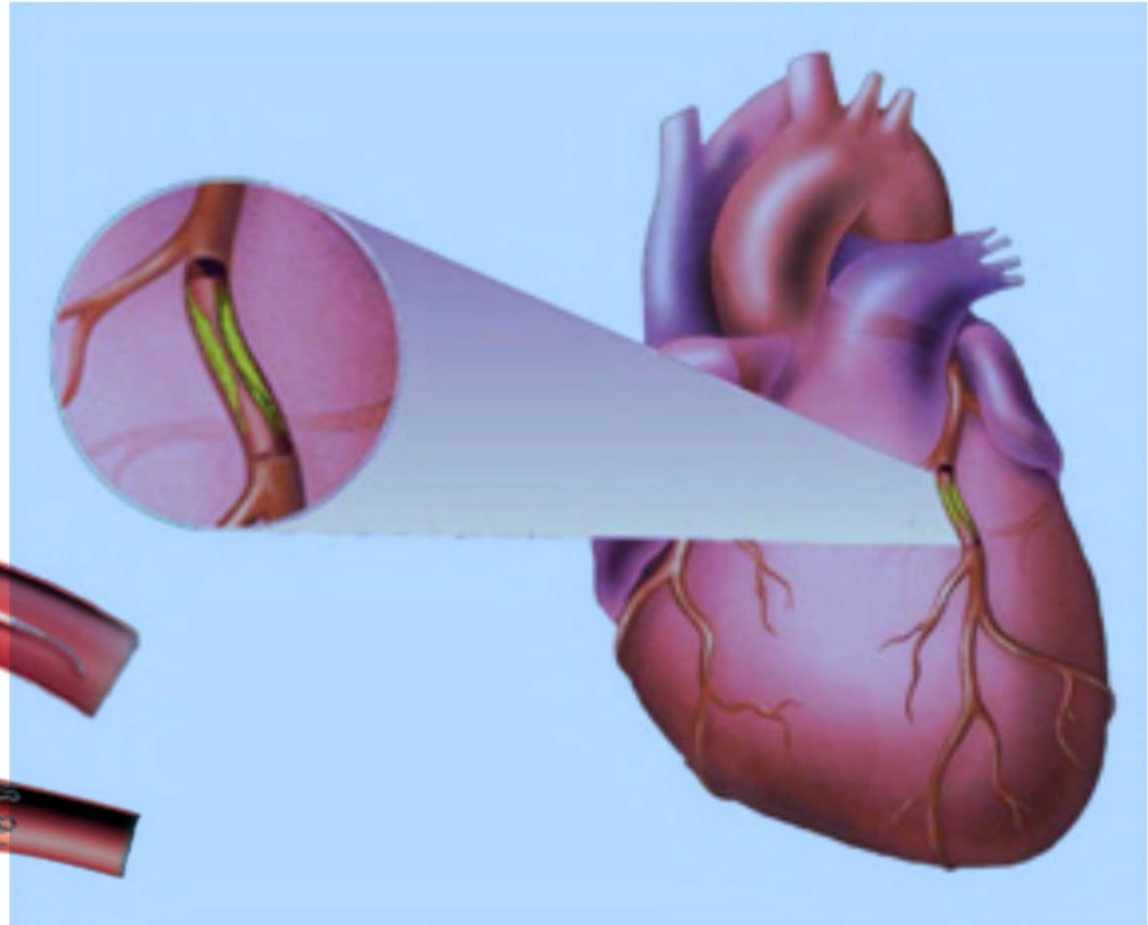
Hans Torp

Institutt for sirkulasjon og bildediagnostikk

Det medisinske fakultet

NTNU

Koronarsykdom - brystmerter



Diagnose av koronarsykdom

- Dagens diagnostikk med kateter
 - Avbildning av koronar-arterier
 - Flow reserve målinger
- 3D Computer Tomografi (CT)
 - Avbildning av koronar-arterier
- Kombinasjon med 3D ultralyd + Strømningsberegninger
 - Hensikt: Mer treffsikker diagnose enn med bare CT
- Prosjekt-teamet i Trondheim



Pasient med brystmerter blir henvist med spørsmål om koronarsykdom

Sentrale spørsmål

1. Har pasienten koronarsykdom ?
2. Hvis pasienten har koronarsykdom foreligger det behandlingstrengende forsnævring på koronararteriene?

Behandlingsstrategi

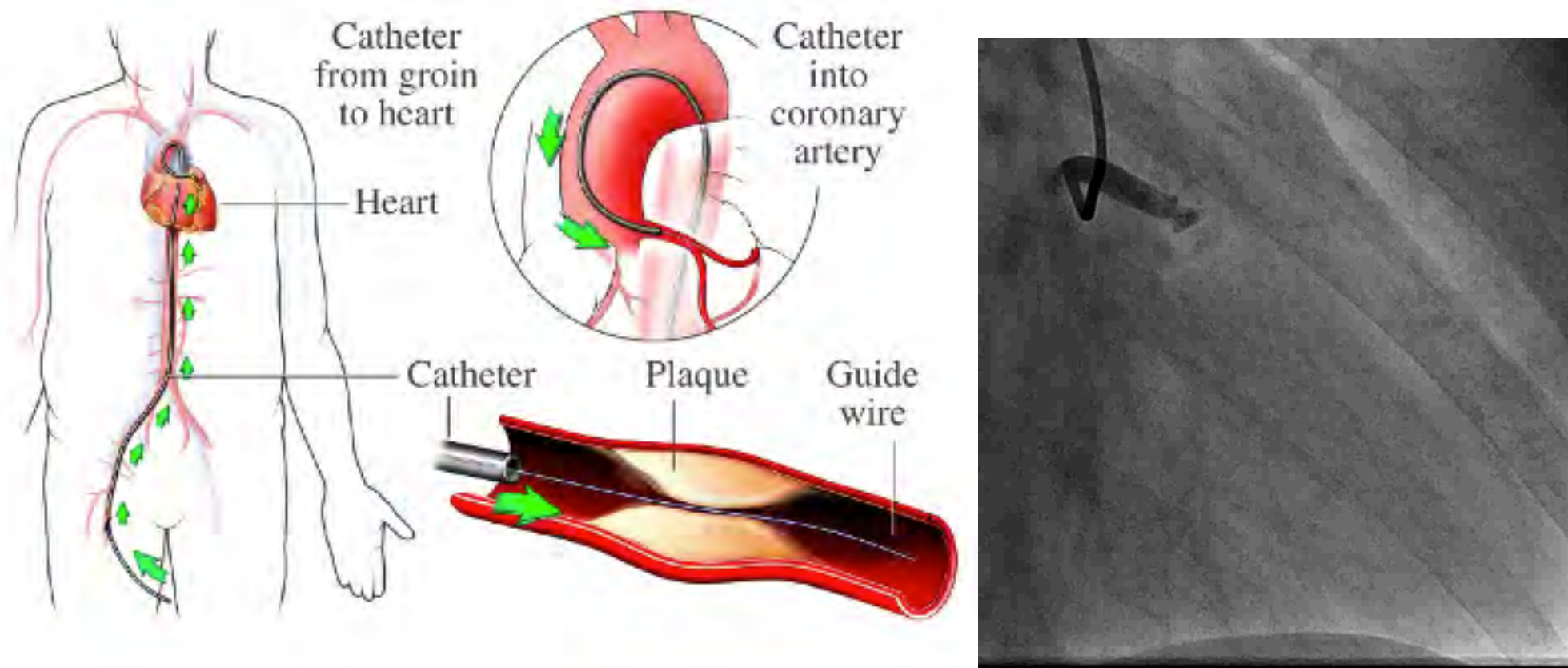
- **Bedre symptomer**
- **Forebygge infarkt**
- **Forlenge overlevelse**

Hva har vi til rådighet

1. **Livsstilintervensjon**
2. **Medikamentell behandling**
3. **Utblokking eller åpen hjerteoperasjon**

Røntgen angiografi

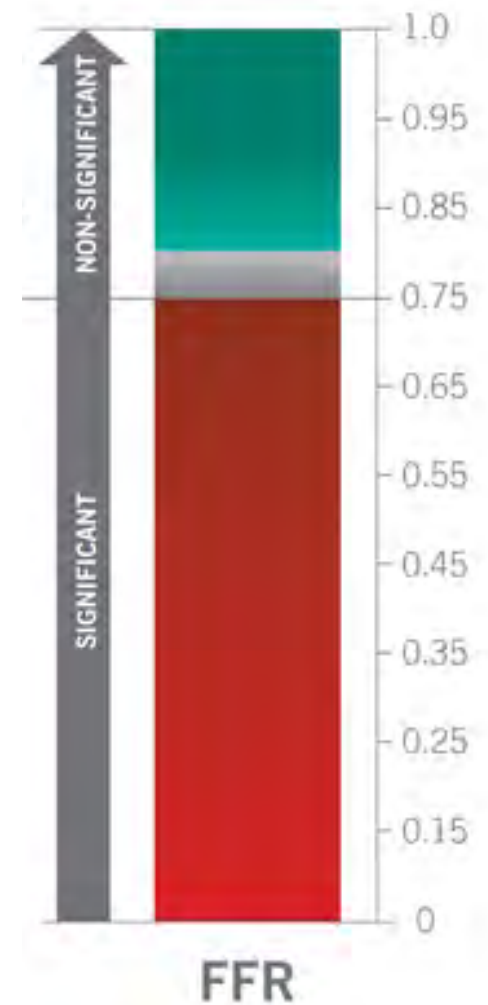
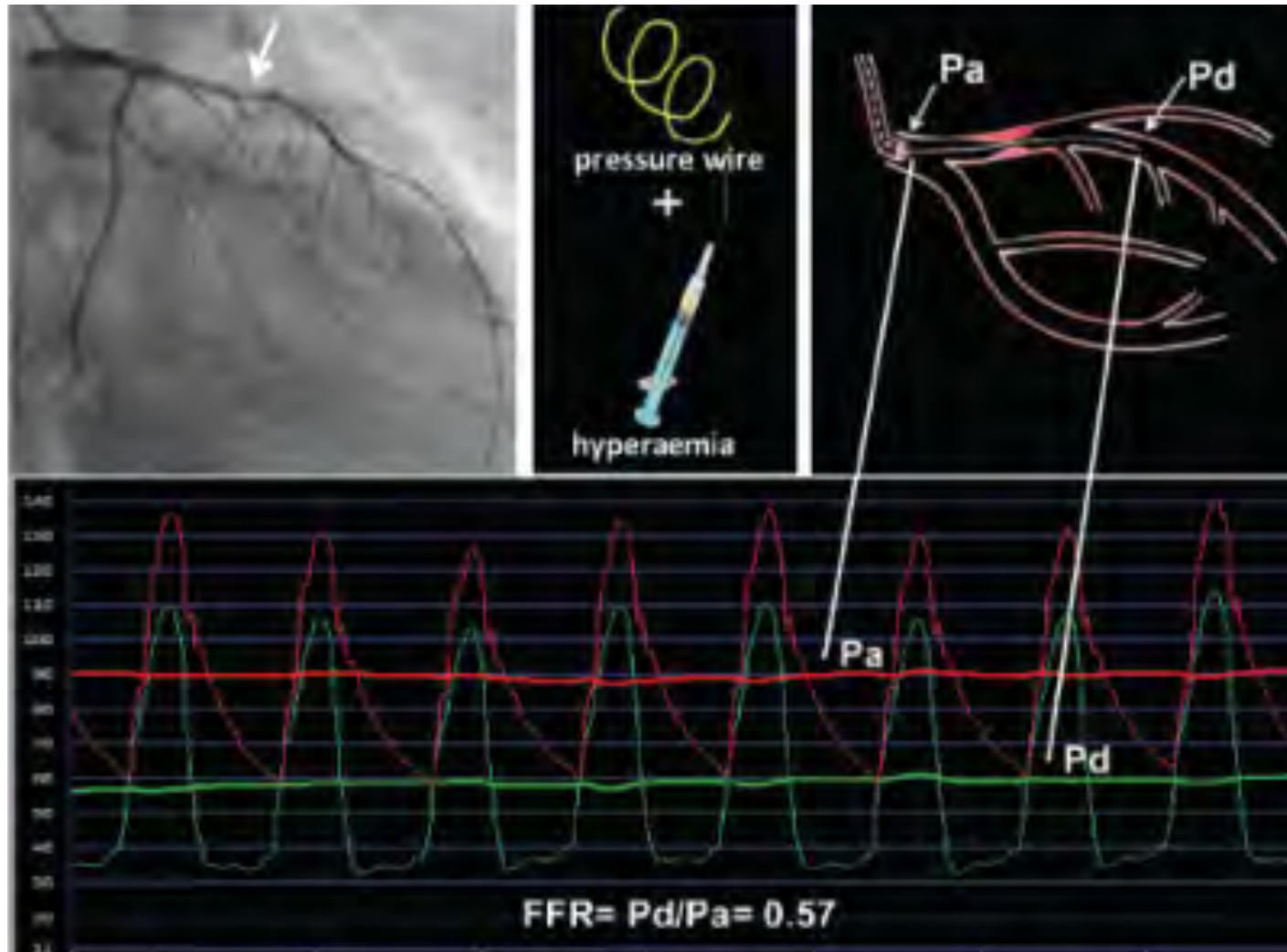
Kateter via aorta inn i koronar-arterien



Nøyaktig avtegning av stenoser og stenose-grad

Fractional Flow Reserve (FFR)

Måler tap av blodtrykk i stenosen



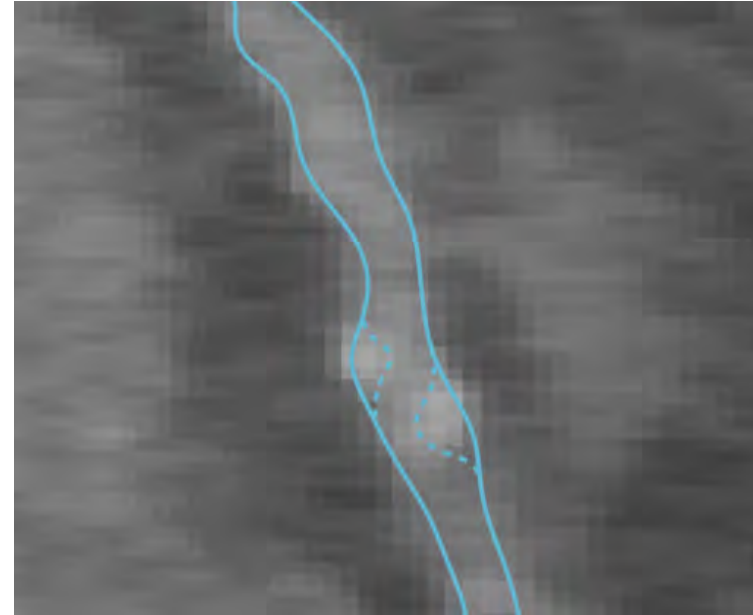
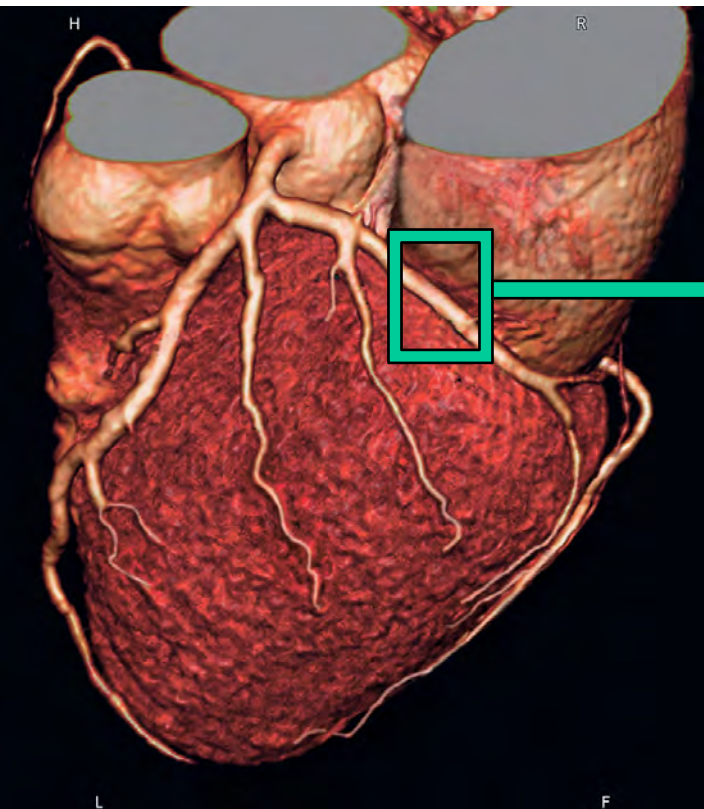
Invasiv koronar-angiografi/FFR

- 30 000 kateterprosedyrer pr. år i Norge
 - risk for komplikasjoner
 - Resurskrevende
 - Kan bare utføres ved større sykehus
 - Altfor mange unødvendige kateterprosedyrer:
Tall fra St.Olav for 2015
 - 3800 kateterprosedyrer
 - 1560 (41%) fikk behandling med utblokking
 - 1670 (44%) fikk ingen invasiv behandling

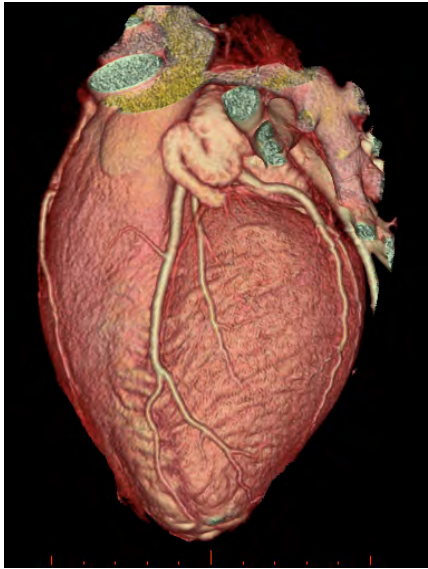
Computer Tomografi



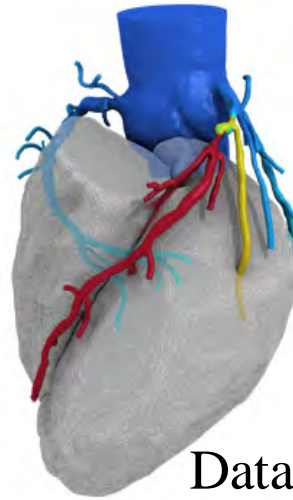
- Kontrast injiseres intravenøst
– ingen kateter, lav stråledose
- Kan utføres ved lokalsykehus
- 3D framstilling av koronarkar
- Effektiv til å utelukke koronar-sykdom
- Vanskelig å måle stenosegrad
- Ingen lokale trykkmålinger



Framtidas diagnostikk



3D CT



Data-model



3D Ultralyd Doppler
Multimodal visualisering
CT / Ultralyd



$$\rho \frac{Du}{Dt} = F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \text{div} \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right]$$

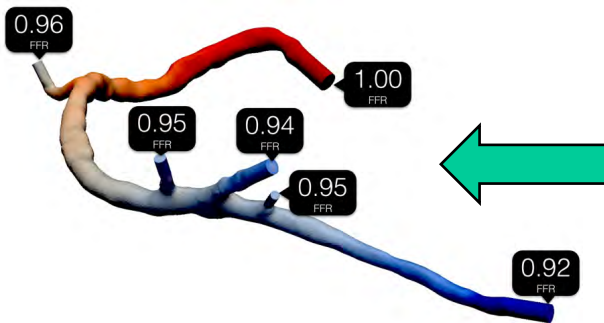
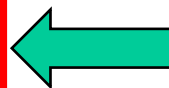
$$\rho \frac{Dv}{Dt} = F_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \text{div} \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = F_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \text{div} \vec{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right]$$

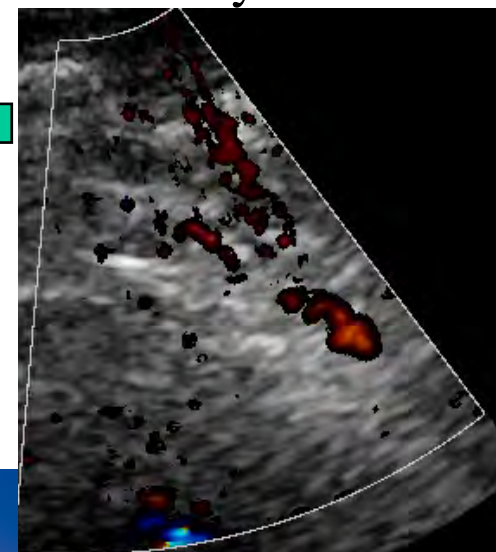
with $\frac{Du}{Dt} = \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right)$

$$\text{div} \vec{v} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

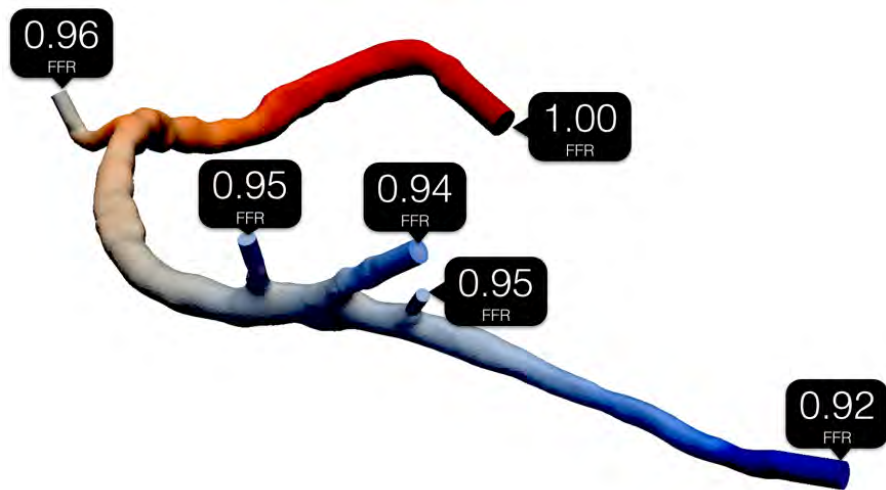
Strømnings-beregninger



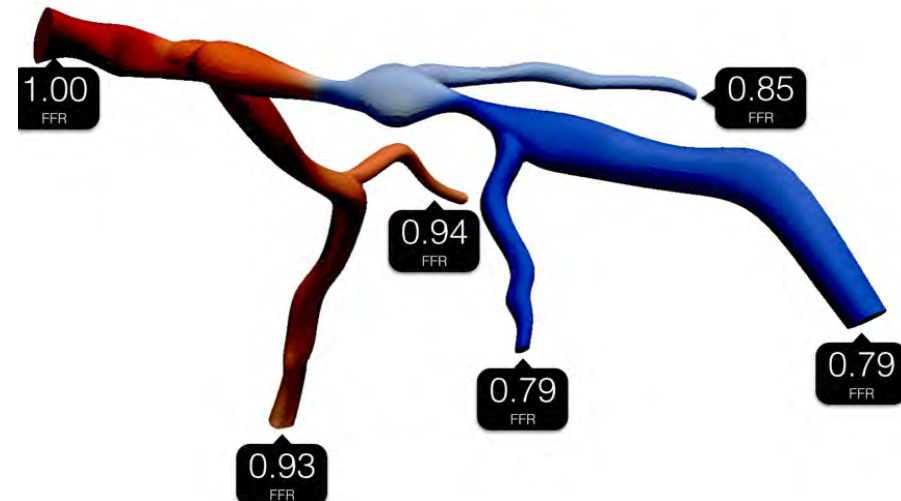
Kart av trykkforholdene
i koronar-arteriene



Effektiv beslutnings-støtte for videre utredning



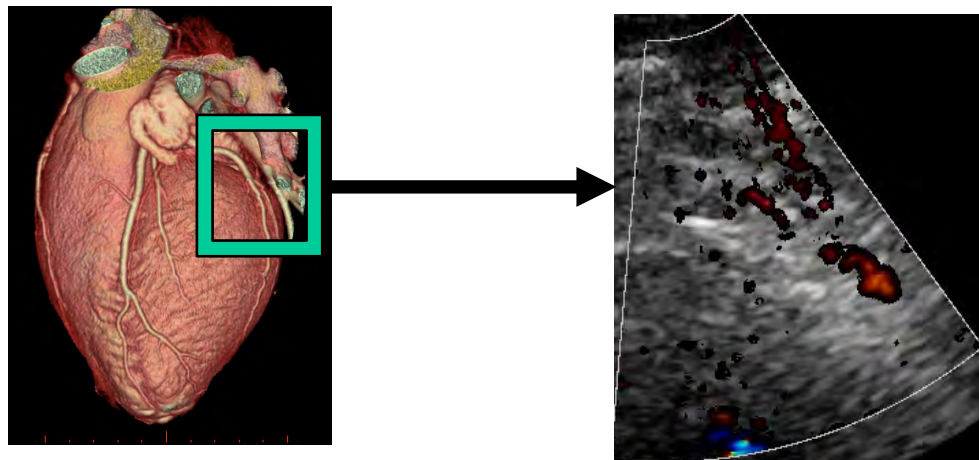
Ingen signifikante stenoser



Stenose i "gråsonen"
Pasient utredes videre ved sentralt sykehus

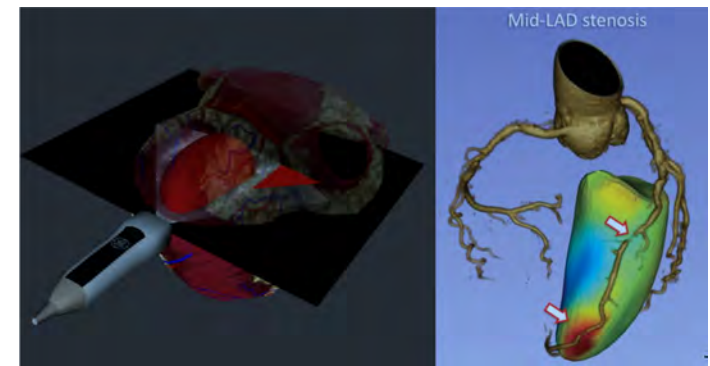
Framtidas diagnostikk

- CT opptak kan utføres ved lokalsykehus
 - Samme opptak kan brukes ved videre oppfølging (mindre stråledose)
- 3D ultralyd utføres ved lokalsykehus
 - Krever utvikling av brukervennlig kombinasjon av CT / Ultralyd
- Behandling ut fra endelig vurdering av spesialist ved sentralt sykehus
 - Har tilgang til alle opptak: 3D ultralyd koregistrert med CT
 - Kvalitetskontroll mulig da alle opptak er tilgjengelig.



3D CT

Metodeutvikling og iterativ klinisk testing ved NTNU / St. Olav



- Segmentering av 3D CT (1 phd ved IKT/IDI)
- Utvikling av 3D Ultralyd-teknikk (1 phd ved ISB)
- Strømning/trykk beregninger (1 post.dok. IKT)
- Trenings-sett: 20 pasienter inkluderes (1 phd ved Hjertemedisin, St.Olav)
 - Koronar CT angiografi
 - 3D Ultralyd med flowmåling i koronarkar
 - Invasiv trykkmålinger i koronarkar
- Klinisk utprøving ved St.Olav
- Multisenter studie ved nasjonale og internasjonale sykehus



Teknologer

Johannes Kløve Kjernlie
Hallvard Nydal
Vinzenz Eck
Leif Rune Hellevik
Frank Linseth
Erik Smistad
Hans Torp

1 postdoktor (Fluidmekanikk)
1 phd (Bildebehandling)
1 phd (Ultralyd-teknologi)

Hjertemedisin, St. Olav
Sirkulasjon og bildediagnostikk
Konstruksjonsteknikk
Datateknikk

Sponsorer:

NTNU Helse



NTNU-fakultetene DMF og IVT
Helse Midtnorge

Medisinere

Rune Wiseth
Arve Jørgensen
Knut Håkon Stensæth
Lars Erik Laugsand
Anders Tjellaug Bråten
Espen Holte
Erik Madsen

Oppsummering

Diagnose av koronarsykdom

- **Ny teknologi med kombinert CT og ultralyd**
 - under utvikling ved NTNU/St. Olav hospital
 - Hypotese: Kan påvise koronarsykdom med større treffsikkerhet
- **Undersøkelsen kan også utføres ved lokalsykehus**
- **Fordeler for pasienten**
 - Unngå unødvendig invasiv undersøkelse
 - Unngå lang reise til sentralt sykehus

Takk for verdifull hjelp til denne presentasjonen fra Rune Wiseth og Espen Holte, St. Olav Hospital