

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

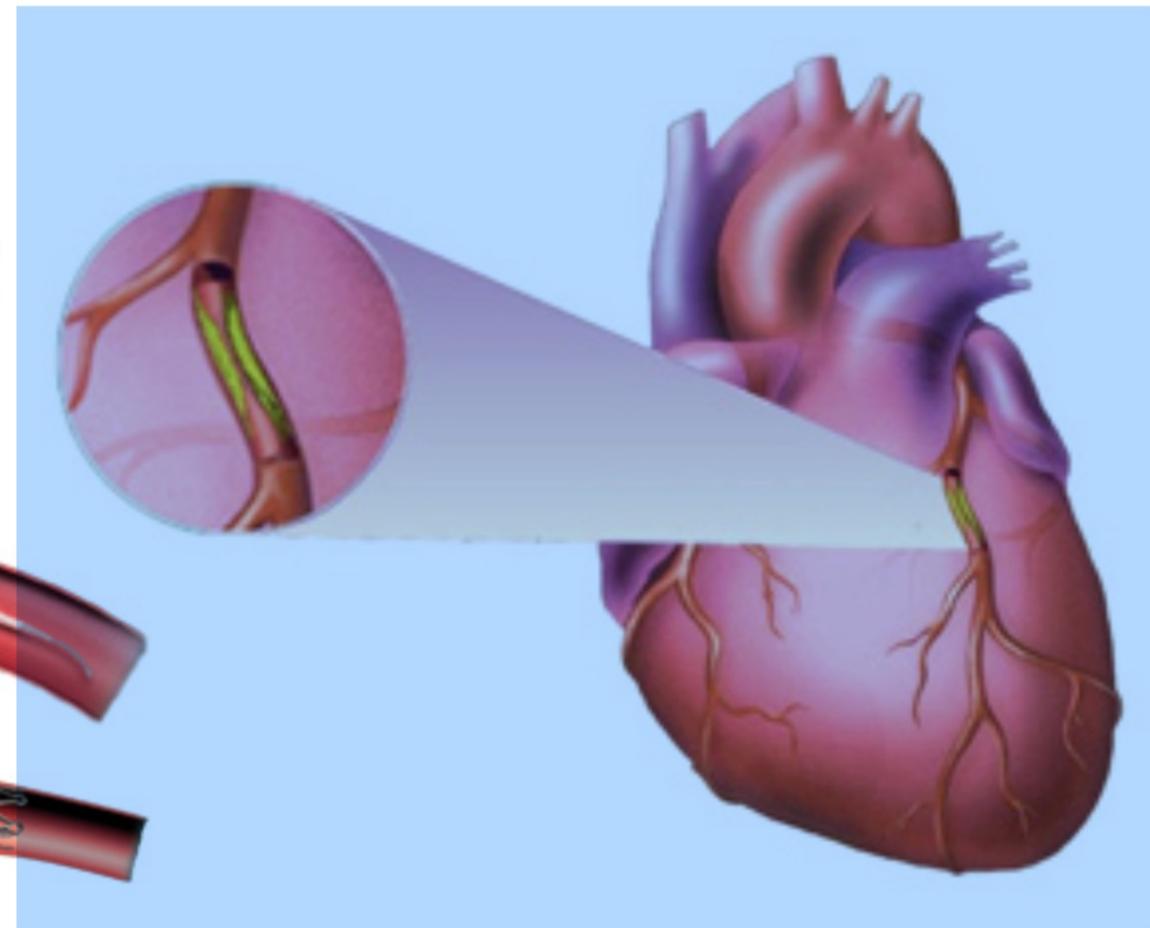
Hans Torp

Institutt for sirkulasjon og bildediagnostikk

Det medisinske fakultet

NTNU

# Koronarsykdom - brystsmerter



# *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 brystsmerter blir henvist med spørsmål om koronarsykdom

## Sentrale spørsmål

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

# Behandlingsstrategi

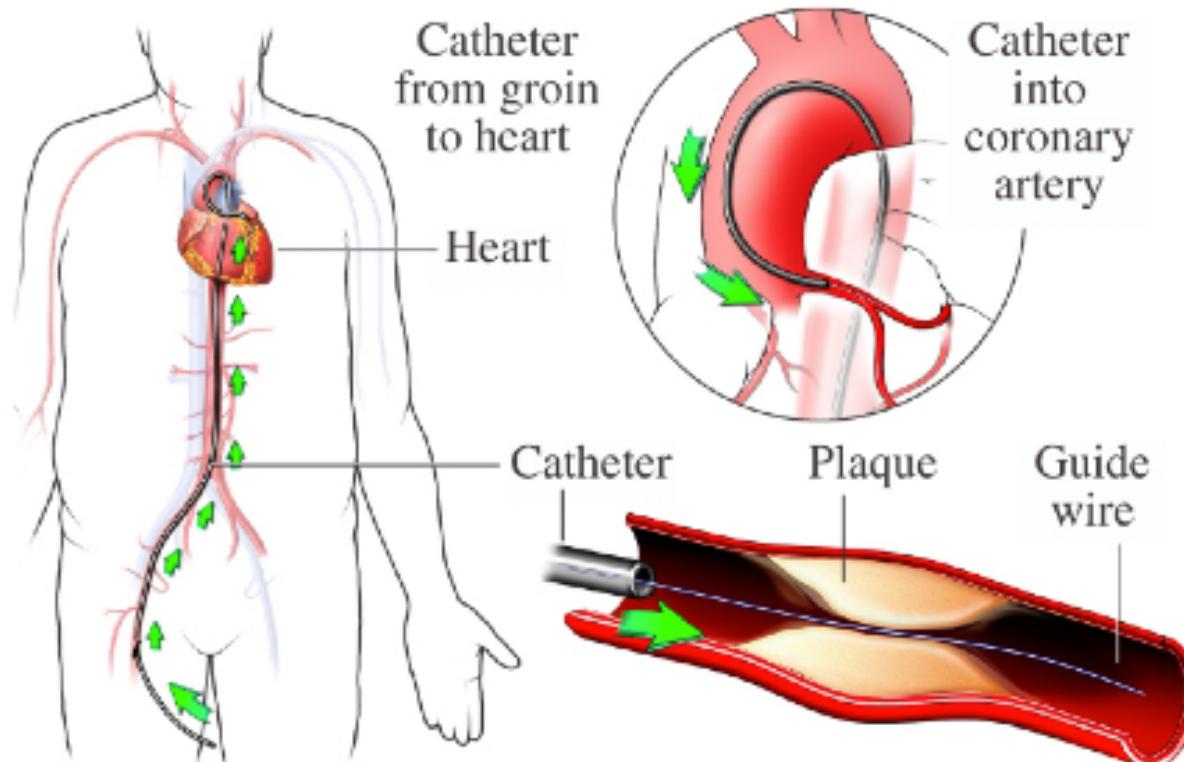
- **Bedre symptomer**
- **Forebygge infarkt**
- **Forlenge overlevelse**

## Hva har vi til rådighet

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

# Røntgen angiografi

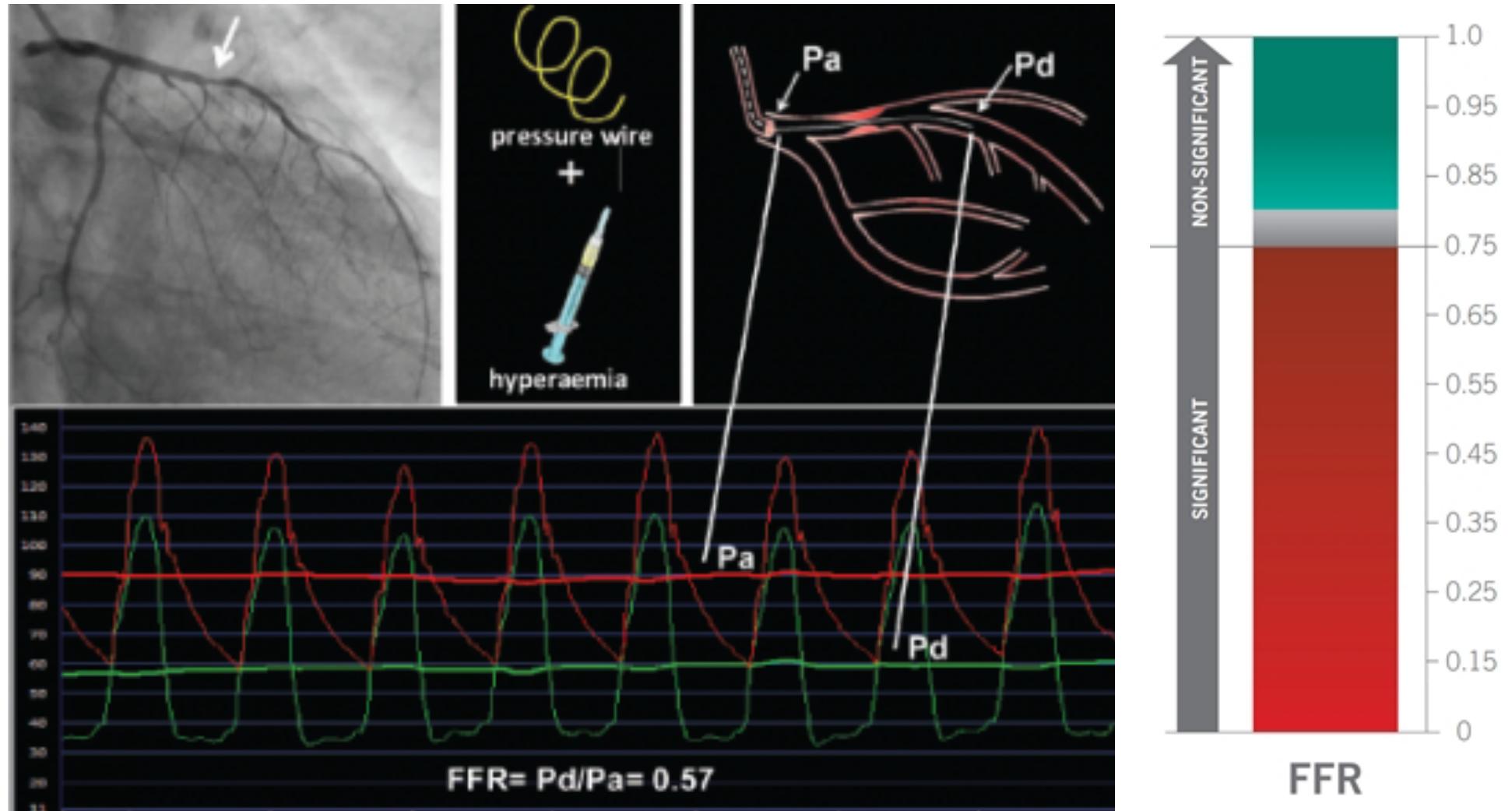
## Kateter via aorta inn i koronar-arterien



Nøyaktig avtegning av stenoser og stenose-grad

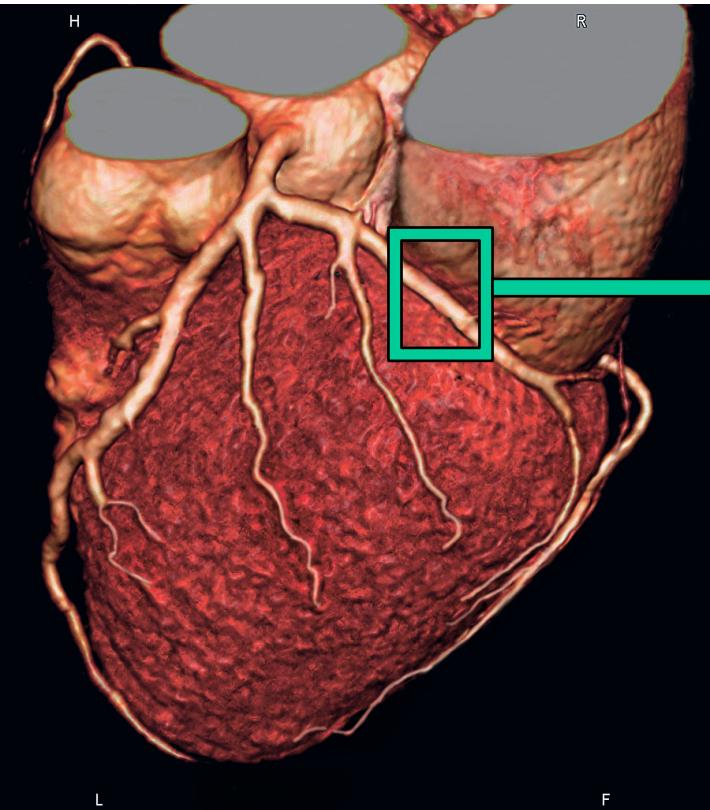
# Fractional Flow Reserve (FFR)

## Måler tap av blodtrykk i stenosen



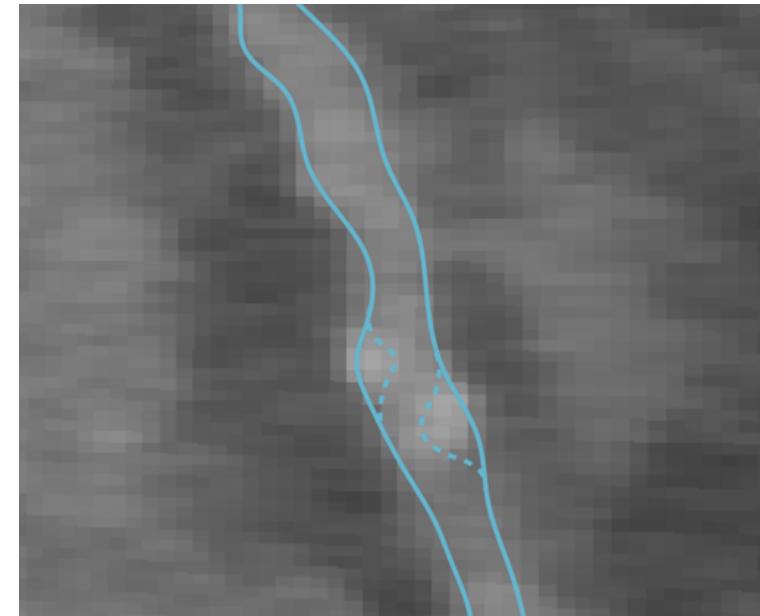
# Invasiv koronar-angiografi/FFR

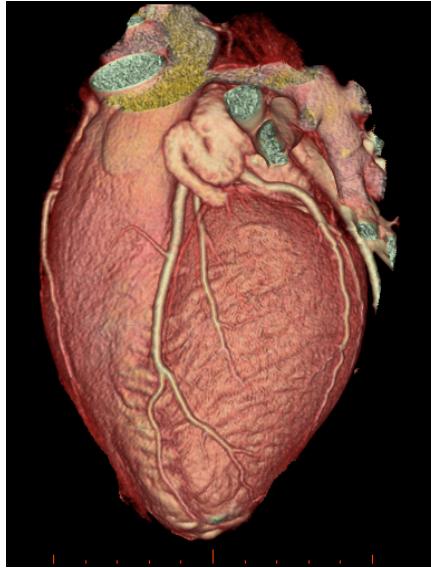
- 30 000 kateterprosedyrer pr. år i Norge
  - risk for komplikasjoner
  - Resurskrevende
  - Kan bare utføres ved større sykehus
  - Altfor mange unødvendige kateterprosedyrer:  
Tall fra St.Olav for 2015
    - 3800 kateterprosedyrer
    - 1560 (41%) fikk behandling med utblokking
    - 1670 (44%) fikk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



# Computer Tomografi

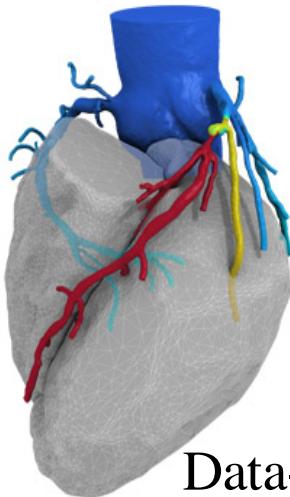
- Kontrast injiseres intravenøst  
– ingen kateter, lav stråledose
- Kan utføres ved lokalsykehus
- 3D framstilling av koronarkar
- Effektiv til å utelukke koronar-sykdom
- Vanskelig å måle stenosegrad
- Ingen lokale trykkmålinger



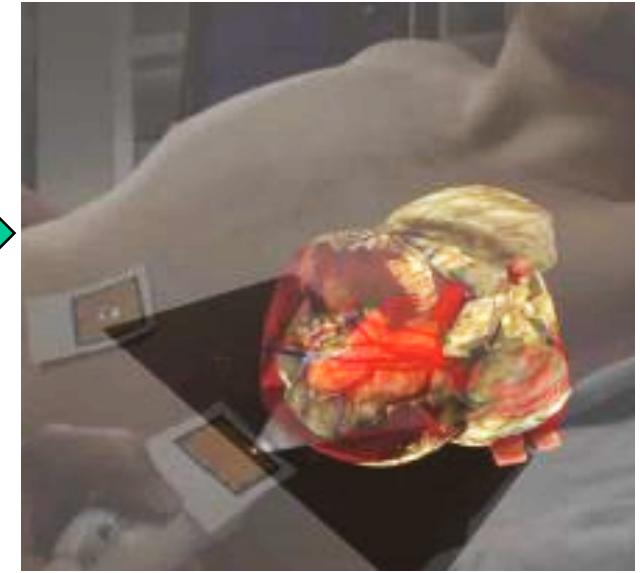


3D CT

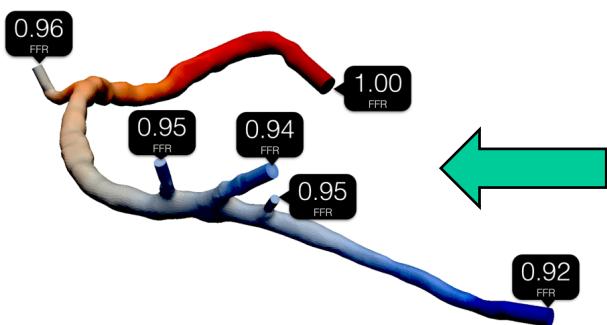
# Framtidas diagnostikk



Data-model



3D Ultralyd Doppler  
Multimodal visualisering  
CT / Ultralyd



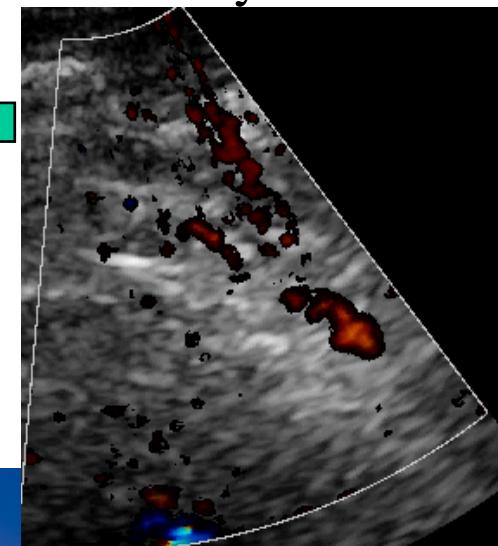
Kart av trykkforholdene  
i koronar-arteriene

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

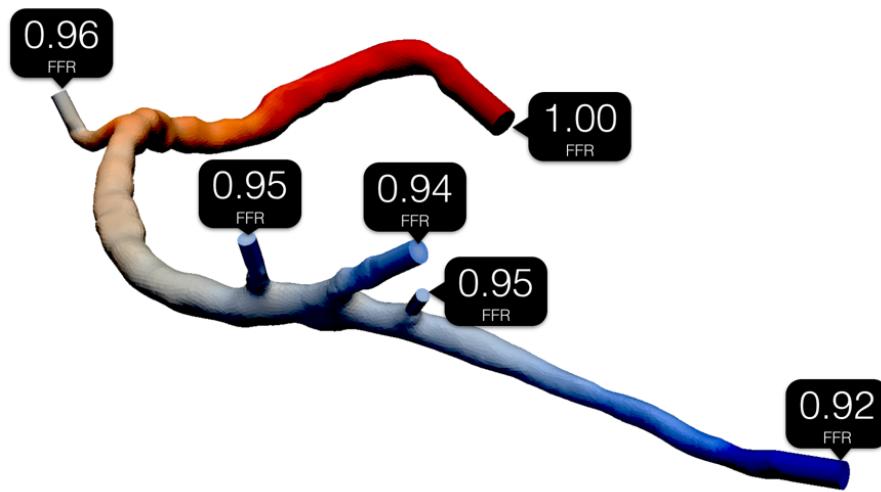
with  $\frac{Du}{Dt} = \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right)$

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

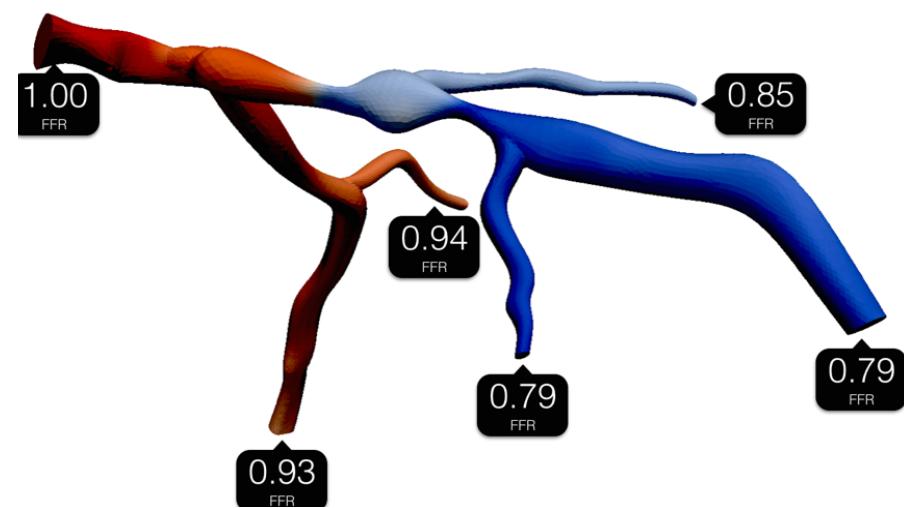
Strømnings-beregninger



# Effektiv beslutnings-støtte for videre utredning



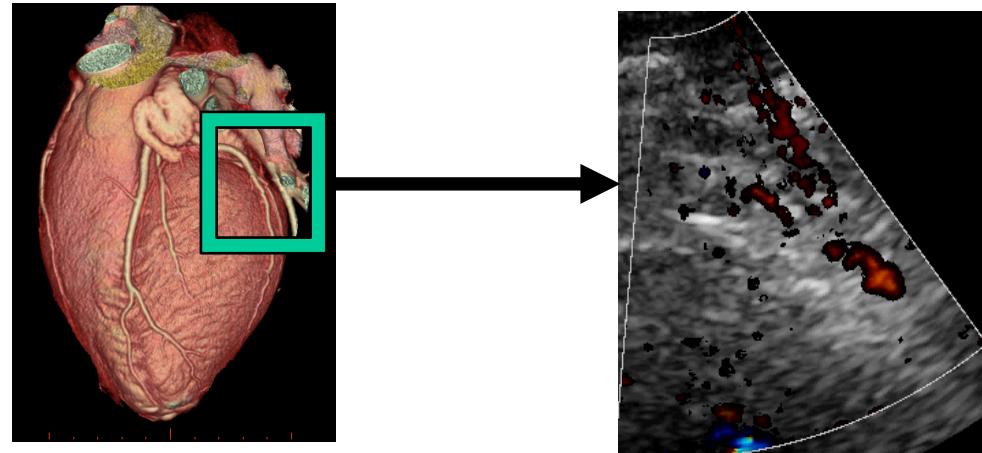
Ingen signifikante stenoser



Stenose i "gråsonen"  
Pasient utredes videre ved sentralt sykehus

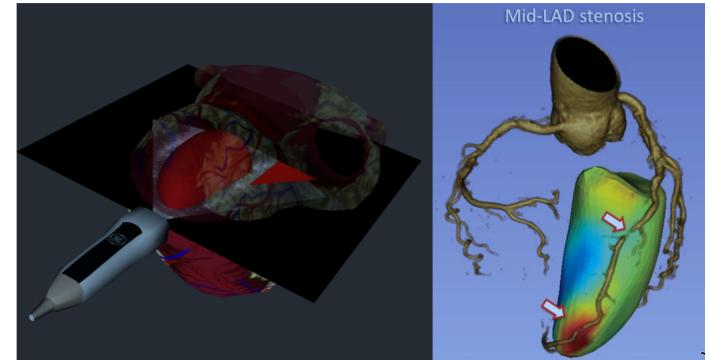
# Framtidas diagnostikk

- 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  
Databehandling  
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