



MR – basalt om ...
... MR-fysikens grunder



Per Thunberg
MR-fysiker, Docent
Avd. för sjukhusfysik
Universitetssjukhuset Örebro

Disposition

- Grundläggande fysik och teknik
- Anatomisk avbildning
- Funktionell avbildning


Disposition

- Grundläggande fysik och teknik
- Anatomisk avbildning
- Funktionell avbildning


Nobelpriset i Fysiologi eller Medicin 2003

"... for their discoveries concerning Magnetic Resonance Imaging MRI"

"... för deras upptäckter rörande avbildning med magnetresonans"




Paul C. Lauterbur



Sir Peter Mansfield

Magnetisk resonans (MR)

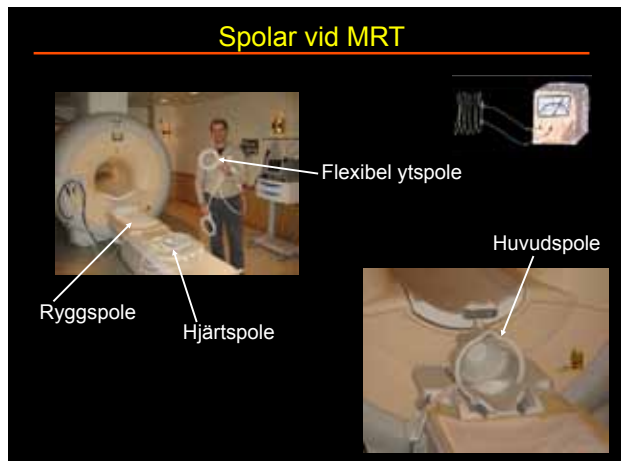
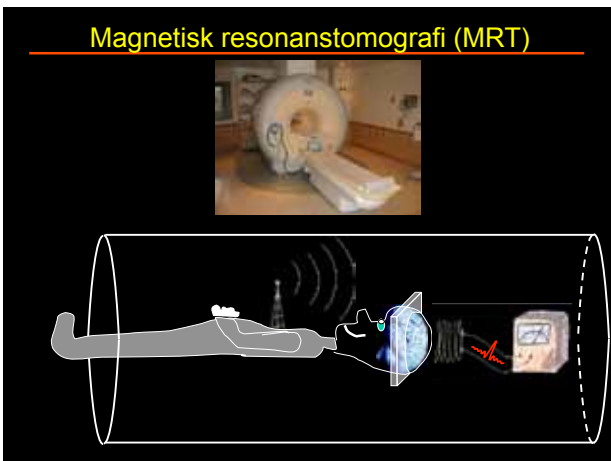
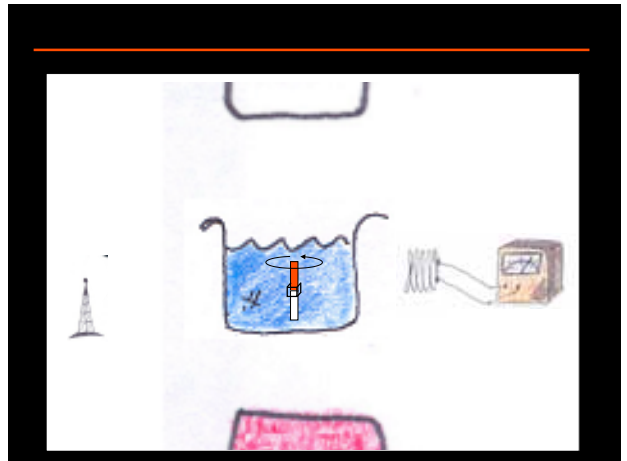
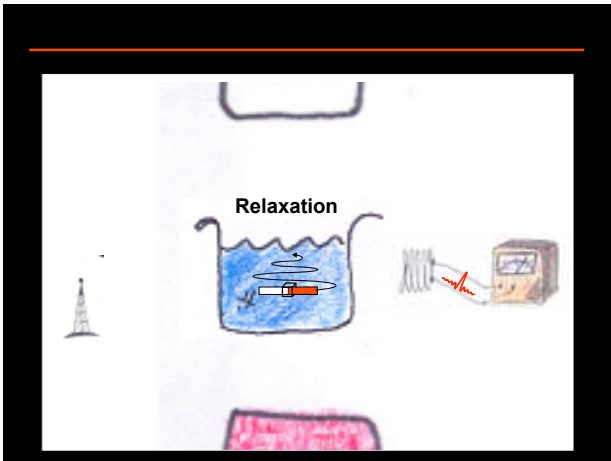
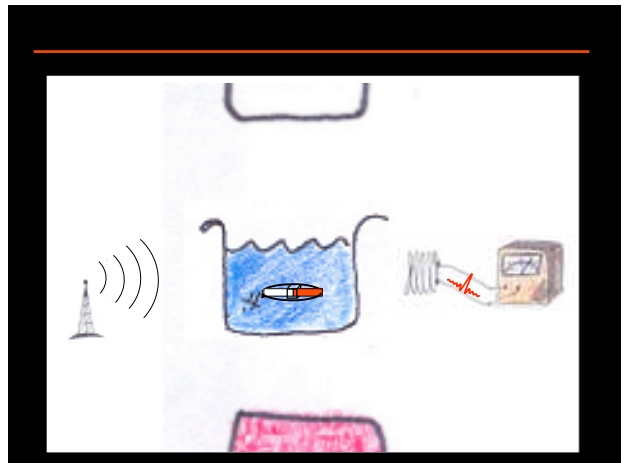
MR är ett fysikaliskt fenomen som uppträder...
... för vissa atomkärnor (^1H , ^{31}P , ^{23}Na , mm) ...
...som befinner sig i ett statiskt magnetfält ...
...samtidigt som de växelverkar med ett oscillerande magnetfält (=radiovåg)



I en MR-kamera skapas magnetresonans...
 ... hos väteatomskärnan ...
 ... som finns i ett kraftigt magnetfält ...
 ... samtidigt som en radiovåg skickas ut

Magnetiskt dipolmoment

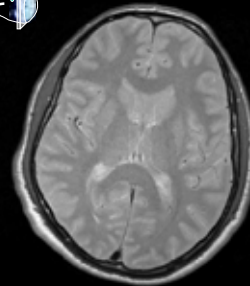
Väteatom Väteatomskärnan Magnetiskt dipolmoment



Disposition

- Grundläggande fysik och teknik
- Anatomisk avbildning
- Funktionell avbildning

MR-bilden



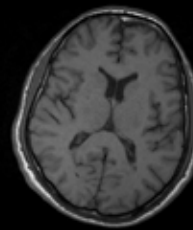
Protodensitetsviktad bild (ρ -viktad)

Relaxationstider

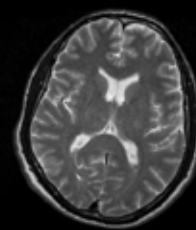


	T1 (ms)	T2 (ms)
Vit hjärnsubstans	790	90
Grå hjärnsubstans	920	100
Cerebrospinalvätska	4000	2000
Skelettmuskel	870	50
Hjärtmuskel	870	60
Lever	490	40
Fett	260	80

T1- och T2-viktade bilder



T1-viktad bild



T2-viktad bild

ρ -, T1- och T2-viktade bilder



Protodensitetsviktad bild

T1-viktad bild

T2-viktad bild

ρ -, T1- och T2-viktade bilder



Protodensitetsviktad bild

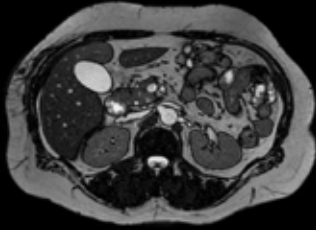


T1-viktad bild

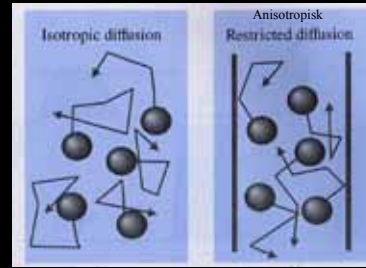


T2-viktad bild

T2 / T1 - viktade bilder

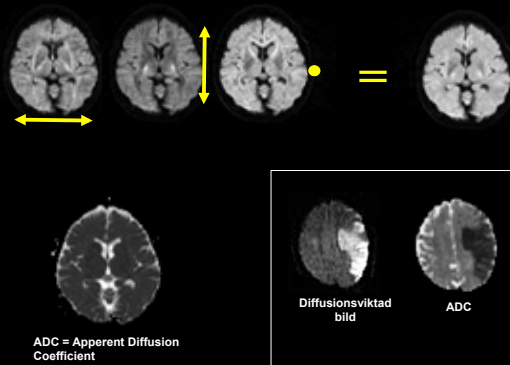


Molekylär diffusion

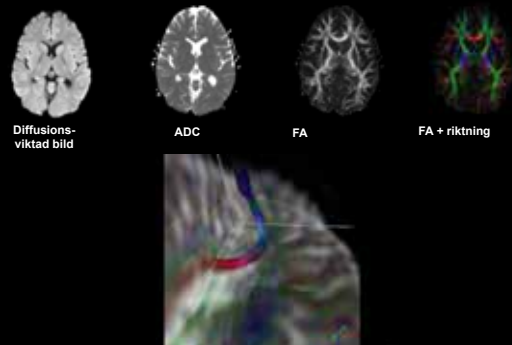


Cerebrospinalvätska	$\sim 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$
Grå & vit hjärnsubstans	$\sim 0.6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$
Fett	$\sim 0.05 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$

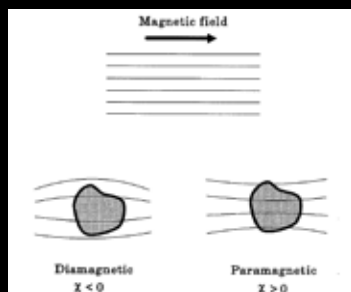
Diffusionsviktade bilder



Diffusion tensor imaging (DTI)

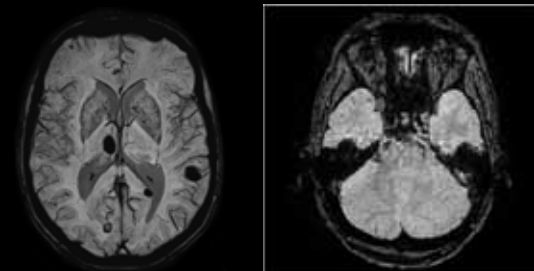


Susceptibilitet

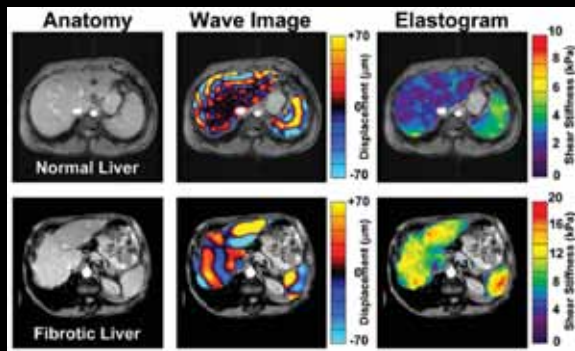


- Ferromagnetiskt, ex. järn
- Paramagnetiskt, ex. deoxyhemoglobin ([E]venöst blod)
- Diamagnetiskt, ex. biologiska vävnad, oxyhemoglobin ([E]arteriellt blod)

Susceptibilitetsviktad MR-bild



MR-elastografi



M. Yin et al. *Clin Gastro Hepatol* 2007;5:1207-1213, e2

Anatomisk avbildning

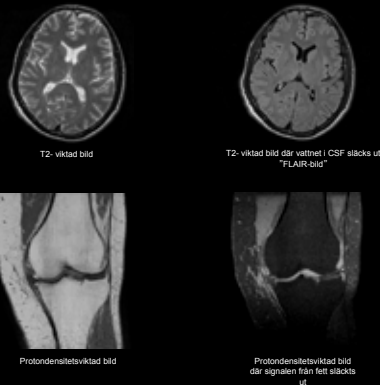
Vävnadsegenskaper som kan avbildas med MR

- * Protodensitet
- * T1- och T2-relaxationstider
- * Diffusion
- * Susceptibilitet
- * Elasticitet

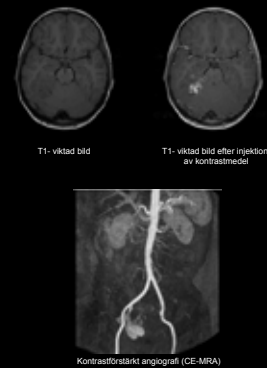
Sätt att påverka vävnaden inför avbildning

- * Satureringspulser
- * Kontrastmedel
- * ...

Saturering av signal från viss vävnadstyp



MR-kontrastmedel



Anatomisk avbildning

Vävnadsegenskaper som kan avbildas med MR

- * Protodensitet
- * T1- och T2-relaxationstider
- * Diffusion
- * Susceptibilitet
- * Elasticitet

Sätt att påverka vävnaden inför avbildning

- * Satureringspulser
- * Kontrastmedel
- * ...

Anatomisk avbildning med MR

Vävnadsegenskaper som kan avbildas med MR

- * Protodensitet
- * T1- och T2-relaxationstider
- * Diffusion
- * Susceptibilitet
- * Elasticitet

Sätt att påverka vävnaden inför avbildning

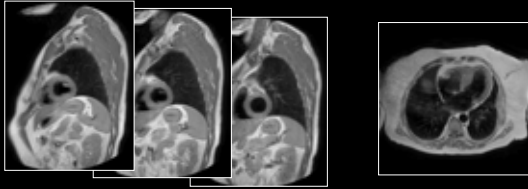
- * Satureringspulser
- * Kontrastmedel
- * ...

Flödeskänslig avbildning

- * Utnyttja blodflödet för att ge blodet hög resp. låg signal

Blodflödeskänslig avbildning

Black-blood imaging

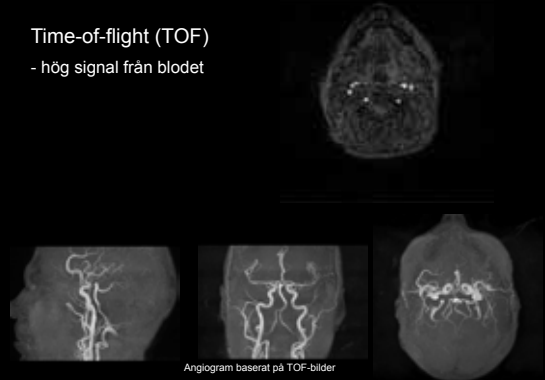


T1-viktade bilder med Black-blood

Blodflödeskänslig avbildning

Time-of-flight (TOF)

- hög signal från blodet



Angiogram baserat på TOF-bilder

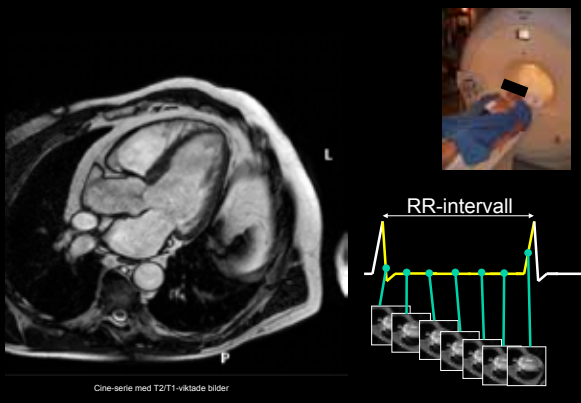
Disposition

- Grundläggande fysik och teknik
- Anatomisk avbildning
- Funktionell avbildning

Disposition

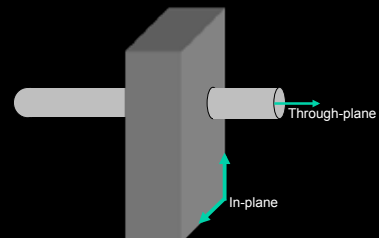
- Grundläggande fysik och teknik
- Anatomisk avbildning
- Funktionell avbildning

Tidsupplösta bildserier

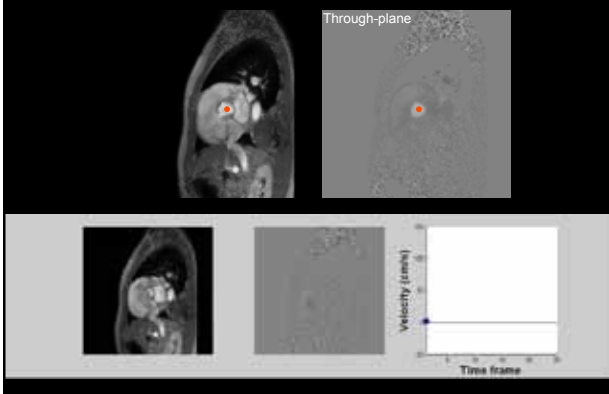


Cine-serie med T2/T1-viktade bilder

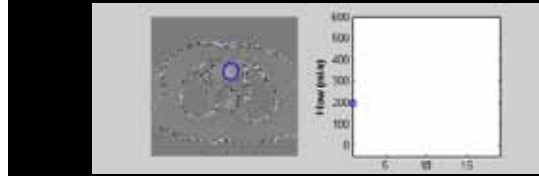
Kvantitativa hastighetsmätningar



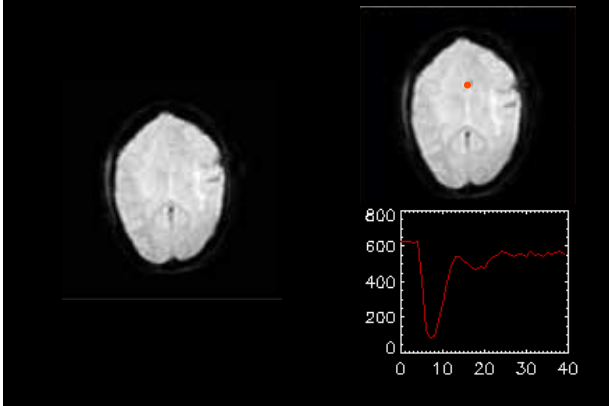
Kvantitativa hastighetsmätningar



Blodflödesmätningar

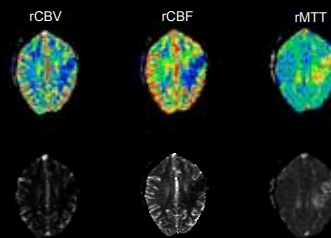


Perfusionsmätning



Perfusionsmätning

Regional cerebral blodvolym (rCBV)
Regional cerebral blodflöde (rCBF)
Regional medelpassagetid (MTT)



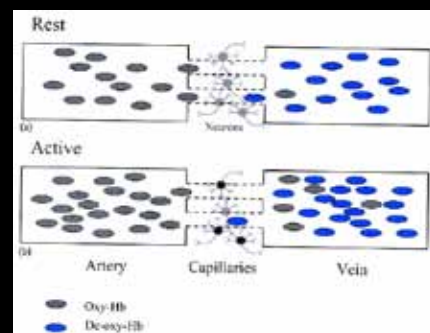
fMRI (functional MRI)

Målet med fMRI är att lokalisera hjärnaktivitet

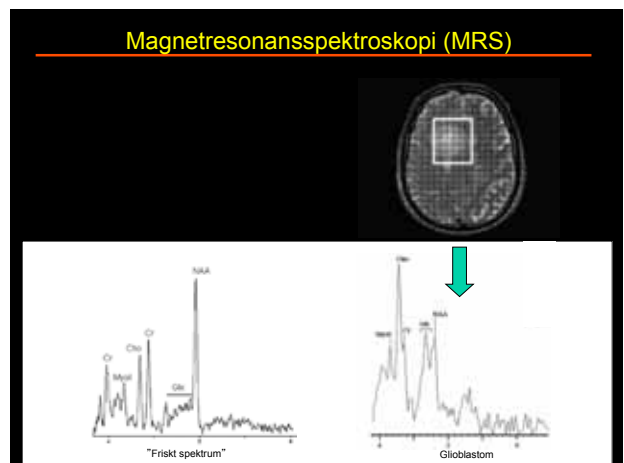
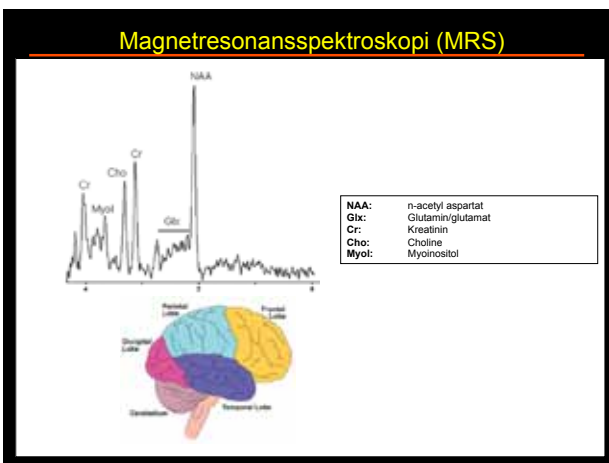
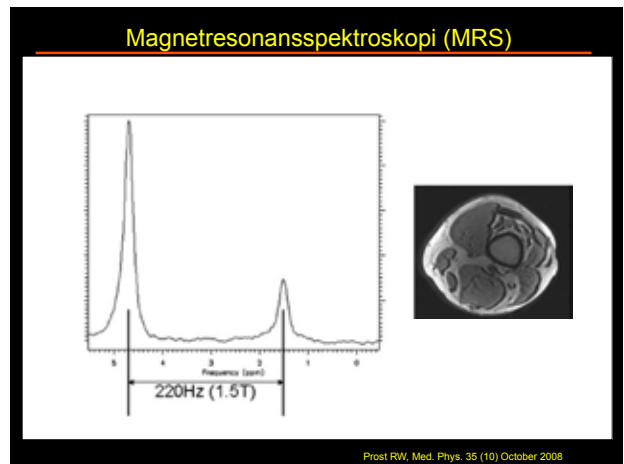
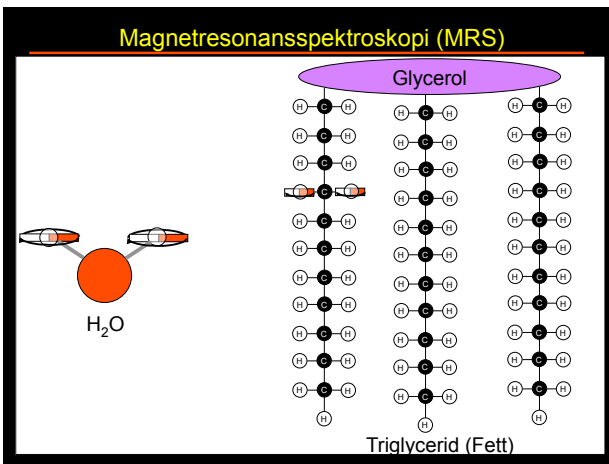
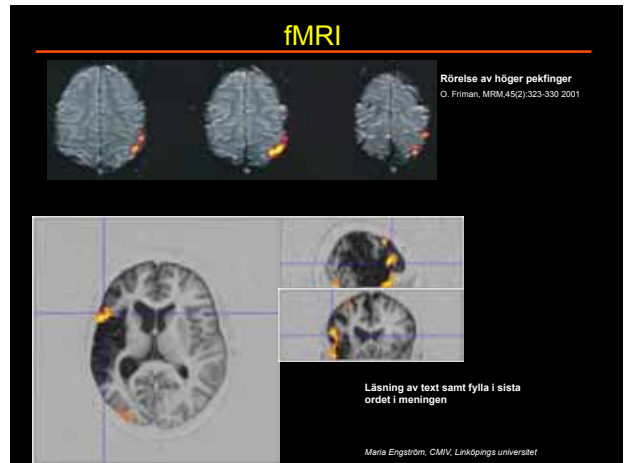
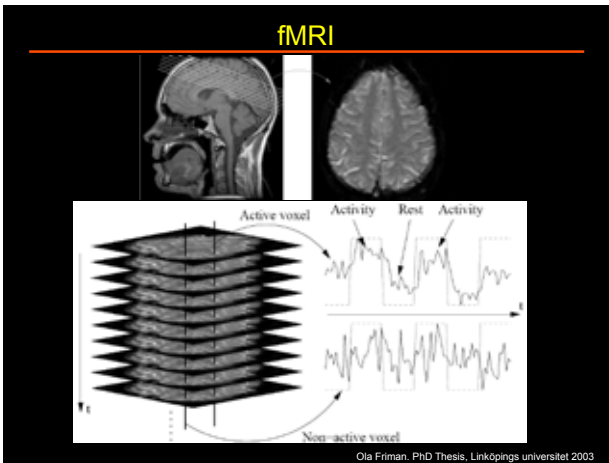
Ökad hjärnaktivitet
=> ökad syrekonsumtion av neuronerna
=> ökad koncentration syresatt blod i kapillärer runt aktivt område

Deoxyhemoglobin: paramagnetiskt
Oxyhemoglobin: diamagnetiskt

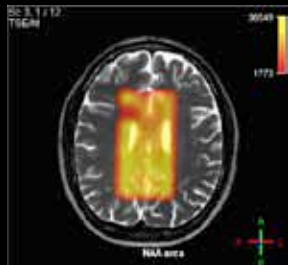
fMRI



BOLD (Blood Oxygen Level Dependent) signal



Magnetresonansspektroskopi (MRS)



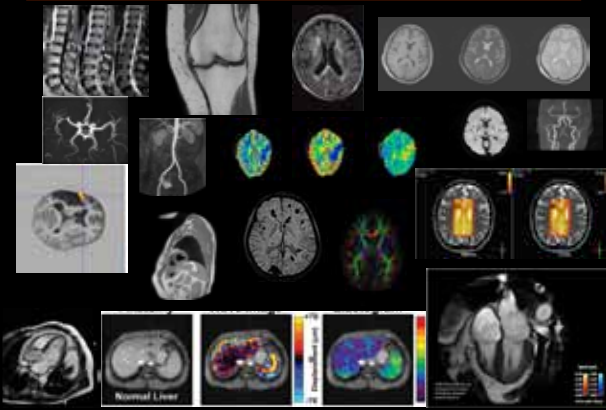
Chemical shift imaging (CSI)

Image courtesy: Philips Medical Systems

Disposition

- Grundläggande fysik och teknik
- Anatomisk avbildning
- Funktionell avbildning

Mångfasetterad avbildningsteknik...



Tack