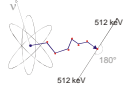


Nukleærmedisin I

Organfunksjon

Martin Biermann
Førsteamanuensis
Med. ansvarlig overlege, NM/PET-senter
Rad. avd., Haukeland universitetssykehus
Seksjon for radiologi, Inst. for kirurgiske fag
Universitetet i Bergen



Undervisningsplan nukleærmedisin

- Forelesning (3. år):
 - Nukleærmedisin + PET
- Gruppeundervisning (3. år):
 - 2 timer om konvensjonell nukleærmedisin
 - 2 timer om PET
- Eksamensforberedende undervisning (6. år):
 - 2 timer om *organ imaging*
 - 2 timer om *tumor imaging*
 - Kasussamling i PACS + skriftlig veiledning
- Eksamen (6. år):
 - 5 multiple choice spørsmål om NM/PET inkl. 1 kasus



Læringsmidler nukleærmedisin

- Forelesning:
 - Nukleærmedisin + PET
 - Øvrige nettforelesninger
- Litteratur (opsjonal):
 - Rootvelt, 2. oppl. 2005
- Eksamensforberedende undervisning:
 - Egen nettforelesning i 2 deler
 - Undersøkelser i PACS incl. skriftlig veiledning med *teaching points*



Å bygge et hus...

- Hele huset
- Verktøy:
sirkelsag, stikksag
- Sagblad
- Snittvinkel



Nukleærmedisin

- Pasientbehandling
- Verktøy:
Angerkamera, SPECT, PET
- Radioaktivt legemiddel
- Fysikk, kjemi



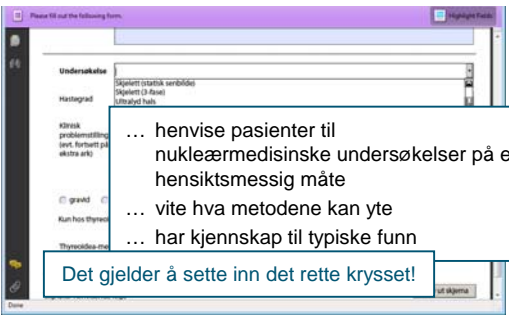
Eksamensdel nukleærmedisin

- Eksamensforberedende undervisning 6. år:
Pasientbehandling
- Gruppeundervisning 3. år:
PET scintigrafi
- Forelesning 3. år:
grunnlag



NM I: Organ imaging

Læringsmål (når dere er leger...)



... henvise pasienter til nukleærmedisinske undersøkelser på en hensiktsmessig måte

... vite hva metodene kan yte

... har kjennskap til typiske funn

Det gjelder å sette inn det rette krysset!

www.uib.no MB 9/2011 7

NM I: Organ imaging

Læringsmål undervisning 6. år

Lære og forstå:

- Hvordan bidrar nukleærmedisin til pasientbehandling ?

Del 1: organ imaging

Del 2: tumour imaging


- Vanlige nukleærmedisinske protokoller
- Indikasjonsstilling

www.uib.no MB 9/2011 8

NM I: Organ imaging

Organ imaging

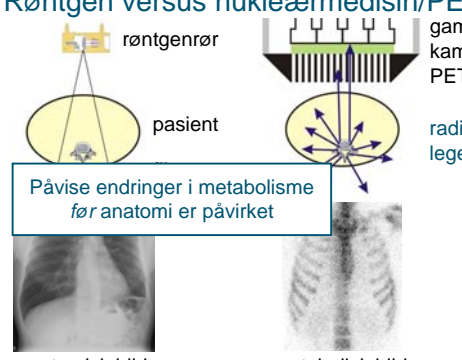
- Thyreoidea
- Nyre
 - Isotopnephrografi (dynamisk)
- Hjerne
 - Myokardperfusjon
- Lunge
 - Lungeperfusjon/-ventilasjon
- Hjerne
 - Dopamintransport
 - Hjerneperfusjon/metabolisme
- Skjelett (del 2)



www.uib.no MB 9/2011 9

NM I: Organ imaging

Røntgen versus nukleærmedisin/PET



røntgenrør

gamma-kamera/PET-kamera

pasient

radioaktivt legemiddel

Påvise endringer i metabolisme før anatomi er påvirket

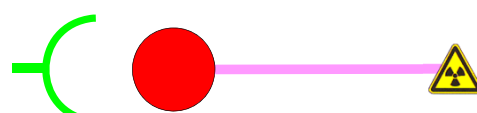
anatomisk bilde

metabolisk bilde

www.uib.no MB 9/2011 10

NM I: Organ imaging

Radiofarmaka



Target

- cellemembran
- reseptor
- transportsystem
- antigen
- ...

Carrier

biologisk tracer: molekyl med egnet farmakokinetikk

Linker/Spacer

- kovalent binding
- kompleksbinding
- ...

Signaldannelse

- radionuklid

K. Kopka, Univ.Münster

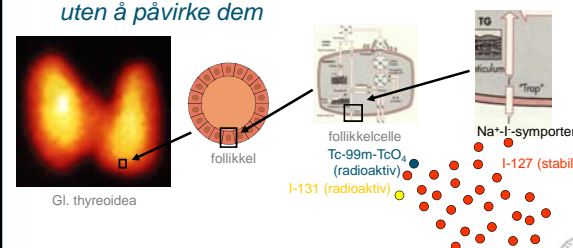
Carrier + linker + signaldannende del kan være én: I-131...

www.uib.no MB 9/2011 11

NM I: Organ imaging

Tracerprinsippet

- Når en bruker spormengder (tracer dose) av en merket substans (= tracer) kan en påvise/måle metaboliske prosesser uten å påvirke dem



Gl. thyreoidea

follikkel

follikkelcelle Tc-99m-TcO₄ (radioaktiv)

I-131 (radioaktiv)

Na⁺-I-symporter

I-127 (stabil)

www.uib.no MB 9/2011 12

NM I: Organ imaging

Anger-kamera

signal:
 • koordinater (x, y)
 • energi (z)

koordinat-computer

fotomultiplikatorer

krystall

kollimator

www.uib.no MB 9/2011 13

NM I: Organ imaging

Thyreoidescintigrafi

Protokoll

- i. v. injeksjon
 - 75 MBq Tc-99m-TcO₄
 - tas opp via Natriumjodid-transporter (NIS)
- scintigrafi (20 min p. i.)
- 1 projeksjon forfra

www.uib.no MB 9/2011 14

NM I: Organ imaging

Thyreoidescintigrafi

normal → størrelse → **struma**

opptak ↑ → **Graves sykdom**

↓ → **thyreoiditt, jodkontam.**

knuter → "varm" (toksisk) knute: hormonproduserende radiojodbehandling (!)

"kald" knute: ca. 5 % malign, OP

NUC099, 022, 023

www.uib.no MB 9/2011 15

NM I: Organ imaging

Thyreoida-autonomi

- Årsaker: jodmangel, genetisk...
- TSH, vekstfaktorer:
 - struma ← diffus vekst
 - knute(r) ← klonal vekst
 - autonomi: hormonproduksjon til tross for TSH supprimert

hormon produsert av det normale vevet

hormon produsert av det autonome vevet

TSH ↓

(f)T3 ↓

(f)T4 ↓

Etter: Pfannenstiel (1999) Schilddrüsenkrankheiten Berliner Med. Verlagsanstalt

www.uib.no MB 9/2011 16

NM I: Organ imaging

Radiojodterapi: thyreoidaadenom

1 mm

„Varm“ thyreoidaeknute

- autonom produksjon av tyrosin
- TSH supprimert

Etter: Beckwith, Schindler og Smith (1990)

målsøkende terapi

- normal funksjon av gjenværende kjertel

Univ. Münster

www.uib.no MB 9/2011 17

NM I: Organ imaging

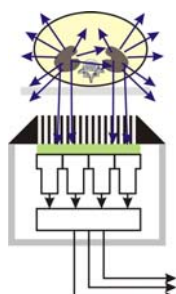
Nyrefunksjon

- **Glomerula:** filtrerer blodet
- Tc-99m-DTPA
- **Tubuli:** aktiv transport (glukose, aminosyrer...)
- Tc-99m-MAG₃ (går over i urin)
- Tc-99m-DMSA (akkumulerer i tubuli)

www.uib.no MB 9/2011 18

NM I: Organ imaging

Isotoprenografi (dynamisk)



Protokoll

- Tc-99m-MAG₃ (50 MBq) tubulær sekresjon
- pasientforberedelse:
 - Krea < 4 mg/dl/350 μmol/l
 - ingen rø.-kontrast 48 t
 - ingen NSAID i 6 t
 - godt hydrert etter frokost/middag
 - venoflon hos barn
- dyn. scintigrافي (36 min)
- furosemid 20 min p. i.
- blodprøver (2 venoflon): MAG₃-clearance

www.uib.no MB 9/2011 19

NM I: Organ imaging

Isotoprenografi (MAG₃)

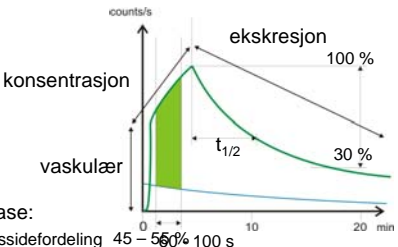
- Nyrefunksjon:
 - sidefordeling
 - total nyrefunksjon (tubulær): MAG₃-clearance
- Utskillelse:
 - dilatasjon
 - obstruksjon
 - reflux

NUC031

www.uib.no MB 9/2011 20

NM I: Organ imaging

Renogrammer



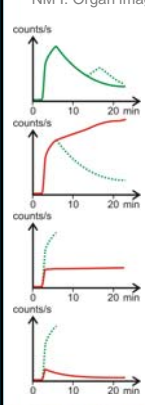
- forløp:
 - 3 faser
- parametre:
 - opptakssfase:
 - funksjonssidefordeling 45-55% 100 s
 - t_{peak} < 3-5 min
 - ekskresjonsfase:
 - t_{1/2} < 15 min
 - T_{20 min}/T_{max} < 0.3

Schicha (2003) Nuklearmedisin, Schattauer

www.uib.no MB 9/2011 21

NM I: Organ imaging

Unormale renogrammer



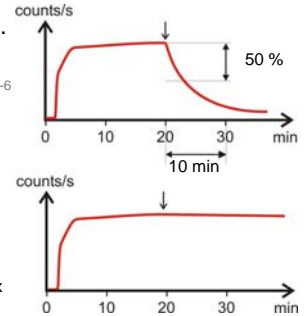
- normal type
- "klatre-type"
 - obstruksjon
 - nyre fungerer fortsatt
- "isostenuri-type"
 - skadet nyre, som ikke konsentrerer tracer
- "nefrektomi-type"
 - aktivitet over nyre = bakgrunn

Schicha (2003) Nuklearmedisin, Schattauer

www.uib.no MB 9/2011 22

NM I: Organ imaging

Dilatasjon v. obstruksjon



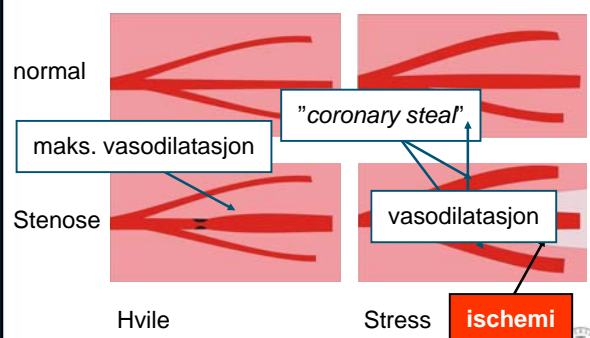
- 20 mg furosemid i. v. 18-20 min p. i.
- O'Reilly (1996) J Nucl Med 37:1872-6
- normal:
 - > 50 % tømning i 10 min
- obstruksjon
 - falsk positiv:
 - stor nyrebekken,
 - nyrefunksjon, reflux
 - falsk negativ:
 - partiell obstruksjon

Schicha (2003) Nuklearmedisin, Schattauer

www.uib.no MB 9/2011 23

NM I: Organ imaging

Myokardischemi



normal

maks. vasodilatasjon

"coronary steal"

Stenose

vasodilatasjon

Hvile

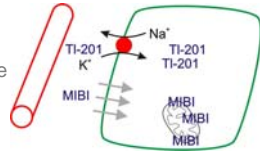
Stress

ischemi

www.uib.no MB 9/2011 24

Radioaktive perfusjonsmarkøre

- Opptak i myokard:
 - forutsetter myokardets vitalitet: cellemembran, mitokondria, K^+ - Na^+ -pumpe
 - (omtrent) proporsjonalt med myokardperfusjon
- Thallium-201:
 - K^+ - Na^+ -pumpe
 - redistribusjon stress → hvile
- Tc-99m-MIBI, Tc-99m-tetrofosmin:
 - lipofil, opptak i mitokondria
 - "stay put" – ingen redistribusjon

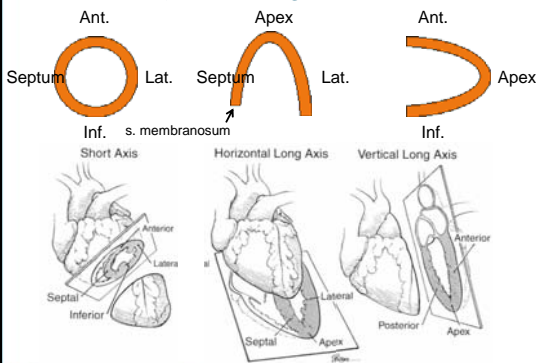


Hjertescintigrafi

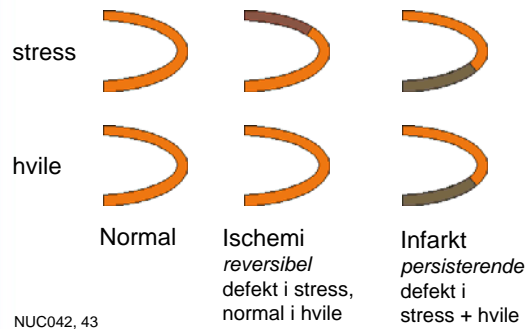
Protokoll

- Tc-99m-tetrofosmin/-MIBI:
 - tas opp i (hjerne-)muskel (mitochondria)
- i. v. injeksjon under "stress" (250 MBq):
 - arbeids-EKG på sykkelergometer eller farmakologisk stress (dipyridamol/adenosin)
 - opptak der perfusjon er bra
 - SPECT 30 min p. i.
- i. v. injeksjon i hvile (750 MBq)
 - opptak i *hele* muskel (ikke i infarktvev)
 - SPECT 30 min p. i.

Hjertescintigrafi: snittplan



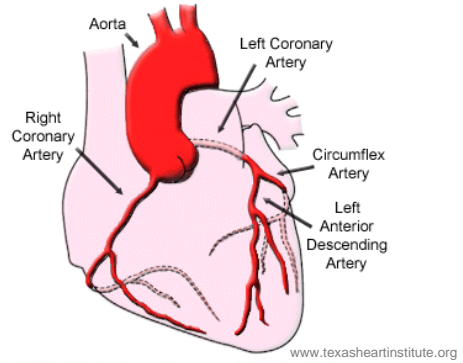
Myokardperfusjon

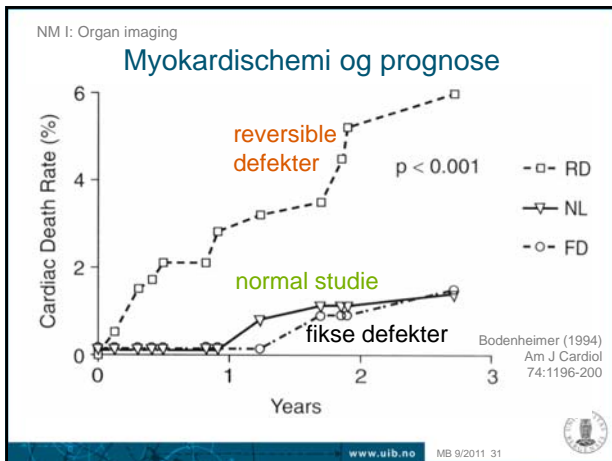


Myokardperfusjon: Pitfalls!

- Suboptimal belastning:
 - ikke maksimal belastning
 - pasient under betablokker
- Global ischemi:
 - SPECT som semikvantitativ metode forutsetter et referanseområde med "normal" perfusjon (O-15-H₂O-PET er kvantitativ)
- Venstre grenblokk i EKG:
 - nedsatt opptak i septum kan forveksles med ischemi

Koronaranatomi





NM I: Organ imaging

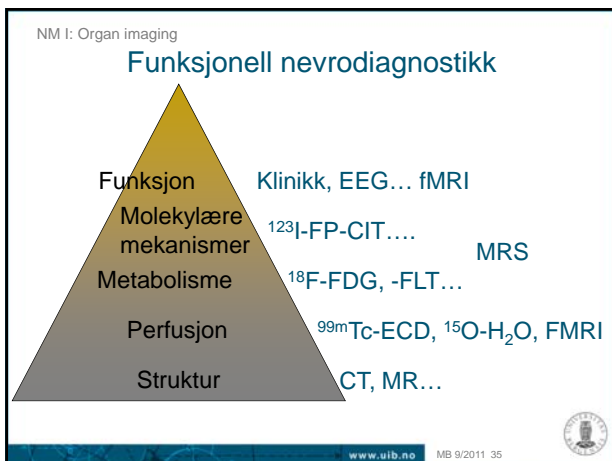
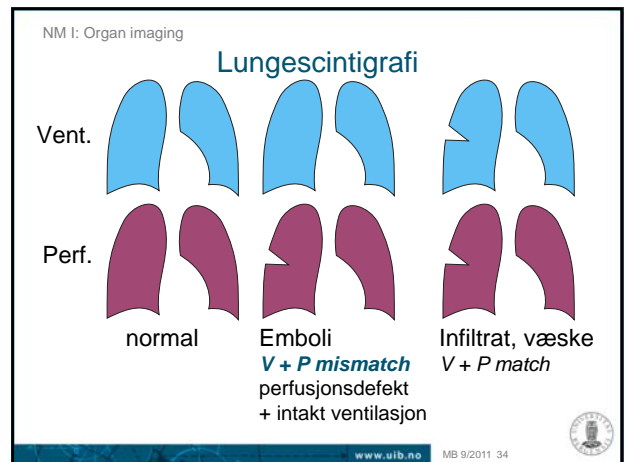
Koronarsykdom og normal scintigrafi

Studie	Pasienter (n)	Kardiale hendelser (% per år)
Brown & Rowen 1993	75	0,7
Abdel-Fattah 1994	97	1,1
Doat 1994	52	0,7
Wahl 1985	8	0
Pamelia 1985	22	3,2
Younis 1989	36	0
Chatyiannou 1999	86	0
Totalt	376	0,7

Brown (2006) In: Iskandrian, Nuclear Cardiac imaging, OUP

www.uib.no MB 9/2011 32

- NM I: Organ imaging
- ### Lungescintigrafi
- Lungeventilasjon
 - pas. inhalerer aerosol med Tc-99m-merkede karbonpartikler (Technegas®)
 - partiklene slår seg ned i bronchiolene
 - scintigrafi i flere plan eller SPECT
 - Lungeperfusjon
 - Tc-99m-merkede albuminpartikler (ca. 10 – 100 µm) injiseres intravenøst
 - partiklene setter seg fast i lungekapillarene (ca. hver 1000.)
 - scintigrafi i flere plan eller SPECT(-CT)
- www.uib.no MB 9/2011 33

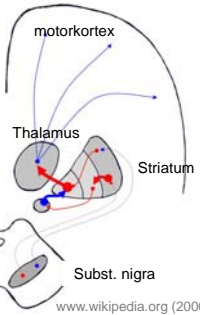


- NM I: Organ imaging
- ### Nevronukleærmedisin
- Perfusjon
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO
 - vaskulære sykdommer (best: ^{15}O -H₂O-PET)
 - demens
 - epilepsi
 - Metabolisme
 - glukose: ^{18}F -FDG-PET
 - tumorproliferasjon: aminosyrer, f. eks. ^{18}F -FLT
 - Nevrotransmisjon
 - ^{123}I -FP-CIT: parkinsonisme, Lewy-body demens
 - ...
 - Liquorscintigrafi
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA, ^{111}In -DTPA: liquorlekkasje
- www.uib.no MB 9/2011 36

NM I: Organ imaging

Parkinsonisme

- Parkinsonisme: tremor, rigor, akinesi
- Årsaker:
 - Parkinsons sykdom
 - multippel systematrofi (MSA)...
 - medikament-indusert...
- Parkinsons sykdom:
 - degenerasjon av dopaminerge nevroner bl.a. i substansia nigra
- Multippel systematrofi (MSA):
 - også skade av postsynaptiske nevroner i basalgangliene



www.wikipedia.org (2006)

www.uib.no MB 9/2011 37

NM I: Organ imaging

Dopaminerge reseptorer i striatum

Parkinsons sykdom

MSA

presynaptisk nevron fra substansia nigra

Dopamin

re-uptake

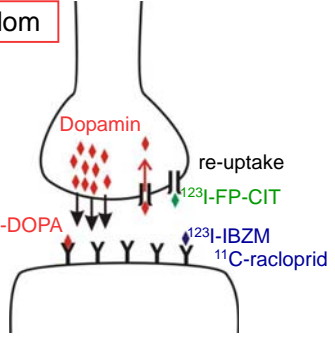
^{18}F -DOPA

^{123}I -FP-CIT

postsynaptisk nevron i striatum = nucl. caudatus + putamen

^{123}I -IBZM

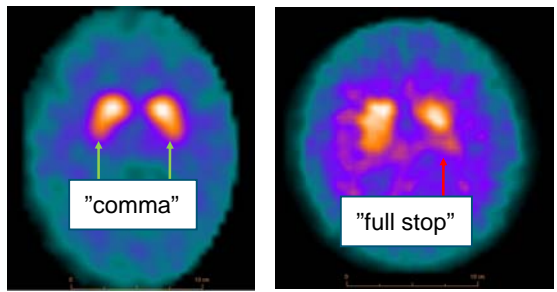
^{11}C -racloprid



www.uib.no MB 9/2011 38

NM I: Organ imaging

^{123}I -FP-CIT (DAT-scan®)



"comma"

Kontroll

"full stop"

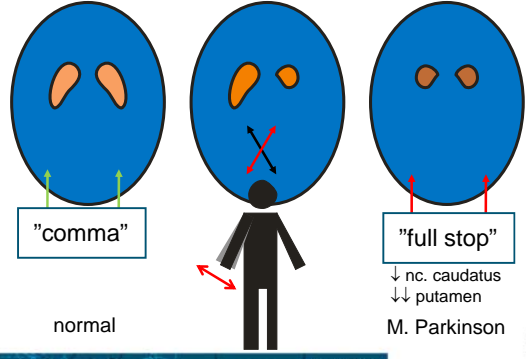
M. Parkinson

HUS

www.uib.no MB 9/2011 39

NM I: Organ imaging

Dopamintransporter-scintigrafi



"comma"

normal

"full stop"

↓ nc. caudatus
↓↓ putamen

M. Parkinson

www.uib.no MB 9/2011 40

NM I: Organ imaging

Nukleærmedisin

- Medisinsk bruk av åpne radioaktive stoffer
- Tracerprinsipp:
 - Radioaktive stoffer i spormengder avbilder metaboliske prosesser uten å påvirke dem
- Diagnostikk
 - Spesifikke metoder for nesten ethvert organsystem
 - Endringer i metabolisme kan ofte påvises før disse påvirker morfologi ("*functional imaging*")
 - PET/PET-CT: samme prinsipper, men bedre bilder
- Terapi
 - "målsøkende" stråleterapi, eks. thyreotoksikose

www.uib.no MB 9/2011 41