

Basisundersøgelser

2022

Indholdsfortegnelse

Forord	4
Renografi	5
DMSA-nyreskintigrafi	9
GFR - Måling af "clearance"	12
GFR, flere plasmaprøver ("lang" clearance)	14
GFR, enkel plasmaprøve	15
Thyroideaskintigrafi og ultralydskanning.....	16
Ultralydskanning af gl. thyroidea	18
Parathyroideaskintigrafi.....	22
Knogleskintigrafi og Na-Fluorid-PET	26
Distalt blodtryk i underekstremiteterne, gangtest og hudperfusionstryk.....	29
Distalt blodtryk i underekstremiteterne og gangtest	29
Hudperfusionstryk.....	33
Døgnblodtryksmåling	35
Vippelejetest.....	38
Lungefunktionsundersøgelser	42
Lungeskintigrafi.....	49
DEXA-skanning	55
FDG-PET/CT	62
Hjerte PET og myokardieskintigrafi	66
Choleskintigrafi	76
Meckels divertikel scintigrafi.....	80
Børnedoser.....	84
Vejledning om amning.....	86
Forfatterliste.....	88
Medlemmer af Sundhedsfagligt Råd for Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin 2022.....	89

Forord

Sundhedsfagligt Råd i Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin præsenterer her, hvad vi opfatter som specialets "basisundersøgelser" – altså undersøgelser, der udføres standardiseret og på de fleste af specialets afdelinger i Region H. Publikationen er til os selv, til henvise kliniskere, til studerende og samarbejdspartnere og til alle interesserede.

Kapitlerne om de enkelte undersøgelser er skrevet af forfatterne nævnt i forfatterlisten, og undersøgelserne er drøftet in plenum i SFR, og dernæst er alt redigeret af fagets Nestor Professor Jens H. Henriksen, KU og Hvidovre Hospital. Stor tak til alle for indsatsen, også til rådet nye sekretær Mathilde Amalie Buchwald Jessen for at samle publikationen.

Dette er 3. udgave af publikationen om "Basisundersøgelser". Den første udkom i regi af SFR i H:S med 10 undersøgelser i 2006, den næste udgave kom i 2012 fra SFR Region H, og den omfattede 16 basisundersøgelser.

Denne udgave har 21 kapitler, og afspejler et speciale i vækst med fokus på sharing of best practice for klinisk kvalitet, forskning, innovation, uddannelse og kvalitetsudvikling.

Sundhedsfagligt Råd i Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin, Region H, december 2022

Renografi

Ulrik Bjørn Andersen

Peter Sandor Oturai

Lars Thorbjørn Jensen

Formål

Vurdering af nyrenes funktion og afløbsforhold. Undersøgelsen giver herudover strukturel information om nyrenes størrelse, form og lejrning, samt om abnormiteter i nyreparenkym og nyrebækken.

Undersøgelsesprincip

Efter injektion af et radioaktivt sporstof måles optagelse og udskillelse i nyrene med gamma-kamera over en periode på 20 minutter. Der fremstilles en serie billeder af nyre og urinveje.

På billederne kan nyrenes størrelse, form og lejrning bedømmes, calyx- og pelvisdilatation visualiseres og større parenkymdefekter påvises. Efterfølgende optegnes tidsaktivitetskurver af begge nyre (renogrammer). Renogrammerne rummer information om nyrenes blodgennemstrømning, parenkymfunktionen og afløbsforholdene. For bedre at skelne mellem obstruktion af afløbet og ophobning af sporstoffet i et dilateret nyrepelvis kan der supplerende optegnes renogrammer, som ikke inddrager pelvis og calyces (kortikale renogrammer), eller urinproduktionen kan øges ved indgift af furosemid under renografien (diureserenografi). Hos patienter med blodtryksforhøjelse og forsnævring af nyrepulsåren (nyrearteriestenose) tyder ændringer i nyrens funktion og/eller renogrammets konfiguration efter indgift af ACE-hæmmer (captopril-renografi) på, at blodtryksforhøjelsen forårsages af stenosen (renovaskulær hypertension). Der skal foreligge en renografi uden ACE-hæmmer indgift til sammenligning.

Der kan anvendes to radioaktive sporstoffer, som behandles forskelligt i nyren:

^{99m}Tc -MAG3 udskilles overvejende ved tubulær sekretion. Ca. 50 % fjernes ved hver passage gennem nyrene, hvorfor stoffet clears hurtigt fra organismen.

^{99m}Tc -DTPA udskilles langt overvejende ved glomerulær filtration. Ca. 20 % fjernes ved hver passage gennem nyrene.

I Region Hovedstaden benyttes overvejende ^{99m}Tc -MAG3, (99% af alle renografier).

Indikationer

- Vurdering af funktion og afløbsforhold ved nyrefunktionsnedsættelse forårsaget af sygdomme i nyrenes blodforsyning, nyreparenkymet eller fraførende urinveje.
- Vurdering af funktionsfordeling før nefrektomi eller gynækologiske indgreb med risiko for ureterlæsion.
- Vurdering af renovaskulær årsag til hypertension ved nyrearteriestenose.

Kontraindikationer

Kendt allergi overfor sporstoffet (ses meget sjældent).

Ved allergi overfor ACE-hæmmere kan captopril-renografi ikke gennemføres.

Furosemid bør ikke gives ved graviditet.

I øvrigt ingen absolutte kontraindikationer.

Graviditet er en relativ kontraindikation. Se nedenfor.

Graviditet og amning

Graviditet: Alternative undersøgelsesmetoder uden anvendelse af ioniserende stråling bør overvejes. Hvis renografien alligevel ønskes gennemført, skal undersøgelsen foretages som normalt.

Amning: Der er ingen ammepause efter renografi.

Forberedelse

Patienten skal så vidt muligt drikke 1 liter vand i løbet af 45 minutter forud for renografien, idet lav diurese påvirker renogrammerne. Hvis patienten ikke kan drikke, kan der i stedet hydreres intravenøst med 1 l isoton glucose.

Børn over 3 år skal drikke 10 ml/kg. Gerne saftvand, men ikke mælk, kakaomælk og lign.

Captopril-renografi

Hvis patienten er i ACE-inhibitor- eller angiotensin-II-antagonistbehandling, kan denne enten afbrydes 1-2 uger før undersøgelsen, eller undersøgelsen kan gennemføres med captoprilstimulation under den igangværende behandling. Hvis der skal udføres renografi uden captoprilindgift til sammenligning med captopril-renografien, skal en eventuel behandling med ACE-inhibitor eller angiotensin-II-antagonist afbrydes i minimum 14 dage før denne undersøgelse.

Udførelse

Inden undersøgelsen: Patienten lader vandet. Noter tidspunktet til udregning af minutdiuresen.

Ved forventet normal placering af nyrerne bruges et gammakamera med enkelt-detektor placeret under lejet. Ved mistanke eller viden om atypisk lejrede nyrer benyttes et gammakamera med dobbelt-detektor, så der kan optages forfra og bagfra på samme tid. Ved nyretransplanterede bruges gammakamera med enkelt-detektor placeret foran patienter, lavt over abdomen.

MAG3-renografi: Nyrerne skal være i synsfeltet. Hvis man ønsker registrering af blærekurve, skal synsfeltet også dække blæreregionen.

DTPA-renografi: Den nederste 1/3 af lungerne skal kunne ses, således at venstre ventrikel kommer med på billederne, med henblik på beregning af den absolutte nyrefunktion. Indstillingen kan evt. foretages ved hjælp af en transmissionskilde anbragt på patientens bryst.

Captopril-renografi: Der anlægges PVK. Herefter gives 25 mg captopril per os til voksne, samtidig med at den almindelige hydrering over 45 minutter startes. Blodtrykket måles før indgift af captopril, samt før og efter undersøgelsen. Placering af patienten på lejet:

Patienten ligger på ryggen med kameraet placeret under lejet. Læg evt. en pude under patientens knæ. Patienten må ikke have livrem eller seler på, da de kan dæmpe aktiviteten fra for nyrerne.

Undersøgelsen

Sporstoffet (^{99m}Tc -MAG3, ^{99m}Tc -DTPA) injiceres intravenøst som en bolus og aktivitetsfordelingen i nyrerne registreres med gammakameraet i 20 minutter.

Diureserenografi

Furosemid gives intravenøst samtidig med sporstoffet (hos børn) eller efter 10 minutter. Furosemid kan i stedet gives efter 20 minutter, og i så fald skal undersøgelsen fortsættes i minimum samlet 30 minutter.

Afslutning af undersøgelsen

Patienten lader vandet i et måleglas. Tidspunkt og mængde aflæses og noteres.

Der fremstilles skintigrafiske billeder og tidsaktivitetskurver for hver nyre og for blæren. Ved pelvis-dilatation kan suppleres med kortikale kurver. Relativ funktion samt afløbsfunktionsparametre (tid til maksimum og restaktivitet) beregnes.

Ubehag, bivirkninger

Der er, ud over venepunkturen, intet ubehag forbundet med undersøgelsen.

Patienten skal ligge helt stille i de 20 minutter, optagelsen varer.

Captopril-renografi: Blodtryksfald og svimmelhed kan ses. Varighed: ca. 2 timer.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

Lægemidler og aktivitetsmængder:

^{99m}Tc -MAG3 (mercaptoacetyltriglycerin): Voksne 75 (50-100) MBq.

^{99m}Tc -DTPA (diethyltriaminopentaacetat): 3 MBq/kg legemsvægt.

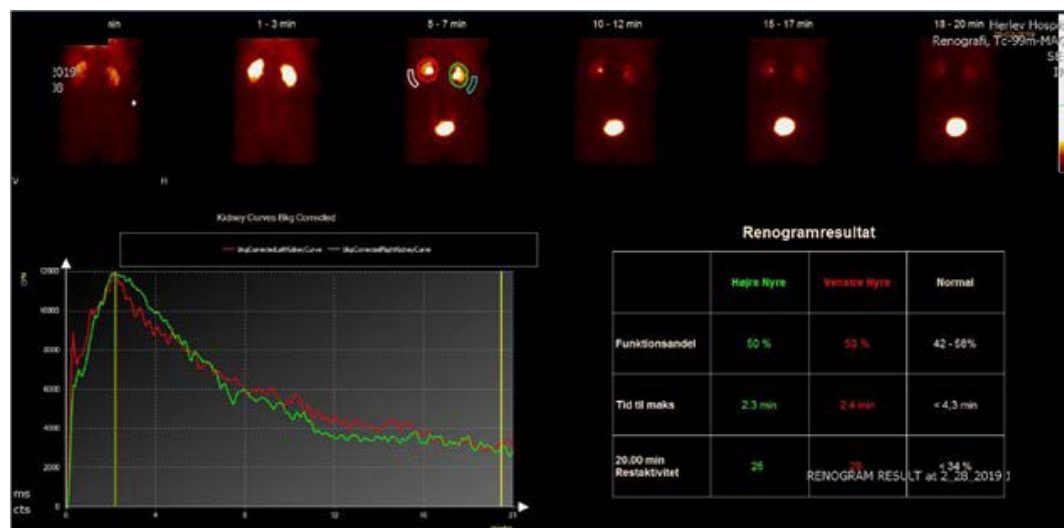
Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn".

Furosemid: Voksne: 40 mg i.v. Børn 1 måned - 1 år: 1 mg/kg i.v. Børn over 1 år: 0,5 mg/kg i.v.

Captopril: 25 mg til voksne.

Effektiv stråledosis: Ved normal nyrefunktion ca. 1 mSv: (^{99m}Tc -MAG3: 7,0 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$, ^{99m}Tc -DTPA: 4,9 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$.)

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Aktivitetsmængden bør ikke være under 18 MBq.



Fortolkning og svar

Svaret indeholder:

- renogrammer og billeder fra den dynamiske skintigrafi.
- målt diurese og evt. blodtryk.
- beskrivelse af skintigrammer.
- beskrivelse af renogrammer med angivelse af funktionsfordelingen.
- afhængigt af radioaktivt lægemiddel, softwareprogram og klinisk problemstilling kan svaret suppleres med renal clearance samt renale transittider.

Referencer

1. Keramida G, James JM, Prescott MC et al. Pitfalls and limitations af radionucleide renal imaging in adults. Semin Nucl Med 2015;45:428-39.
2. Wesolowski MJ, Conrad GR, Samal M et al. A simple method for determining split renal function from dynamic ^{99m}Tc-MAG3 scintigraphic data. Eur J Nucl Mol Imaging 2016;43:550-8.
3. Zacho HD, Jødal L, Andersen TB, Bouchelouche K, Mortensen J. Kapitel 4, Nyrer og urinveje pp.86-89. Klinisk nuklearmedicin, 3. Udgave, 2022

DMSA-nyreskintigrafi

Peter Sandor Oturai

Ulrik Bjørn Andersen

Lars Thorbjørn Jensen

Formål

Vurdering af defekter i nyrebark og præcis bestemmelse af nyrefunktionsfordeling, særligt ved nedsat nyrefunktion og atypisk lejrede nyre. Undersøgelsen betegnes også statisk nyreskintigrafi eller ravsyreskintigrafi.

Undersøgelsesprincip

^{99m}Tc -DMSA optages og retineres i proksimale tubuli i nyrecortex. Isotopfordelingen er anvendelig til detaljeret afbildning af nyreparenkymet. ^{99m}Tc -DMSA optagelsen i nyrene er efter 3-6 timer 40-50 % af den injicerede mængde ved normal nyrefunktion. Optagelse i tubuluscellerne sker fra både urin- og blodsiden. Undersøgelsen giver et væsentligt bedre signal/støjforhold end ved renografi.

Indikationer

Statisk (planar eller tomografisk) nyreskintigrafi er hyppigst indiceret til følgende:

- Morfologisk undersøgelse af nyrecortex: abnorm størrelse og form, identifikation af reversibel eller irreversibel skade som følge af infektion eller nyreinfarkt.
- Bestemmelse af nyrenes funktionsfordeling, især ved svært nedsat nyrefunktion eller atypisk lejrning.
- Lokalisering af ektopisk nyre.
- Påvisning af ren mobilis (vandrenyre).

Kontraindikation

Kendt allergi overfor sporstoffet (ses meget sjældent).

Graviditet er en relativ kontraindikation. Se nedenfor.

Graviditet og amning

Graviditet: Alternative undersøgelsesmetoder uden anvendelse af ioniserende stråling bør overvejes. Hvis skintigrafien alligevel ønskes gennemført, skal undersøgelsen foretages som normalt (SPECT-CT bør dog undgås).

Amning: Ammepause er nødvendig.

Forberedelse

Ingen speciel forberedelse, men patienten bør være velhydreret.

Udførelse

Gammakameraoptagelsen kan begynde ca. 3 timer efter injektion af sporstof. Hos patienter med dårlig nyrefunktion kan eventuelt suppleres med senere optagelser. Patienten ligger på ryggen over gammakameraet. Hvis det drejer sig om undersøgelse af helt små børn, kan man med fordel placere barnet direkte på gammakameraets kollimator i en vugge. Hvis der kun ønskes en funktionsfordeling optages anterior-posterior. Hvis der ønskes en fremstilling af defekter i nyre-parenkymet optages billeder i anterior, posterior og i 45° skråprojektion bagfra, evt. suppleret med SPECT-CT. Ved diagnostik af vandrenyre udføres siddende undersøgelse og efterfølgende liggende undersøgelse efter minimum 2 timers sengeleje.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

Lægemidler og aktivitetsmængder:

^{99m}Tc -DMSA (dimercaptosuccinicacid - ravsyre).

Voksne: 70-100 MBq ved forventet normal nyrefunktion.

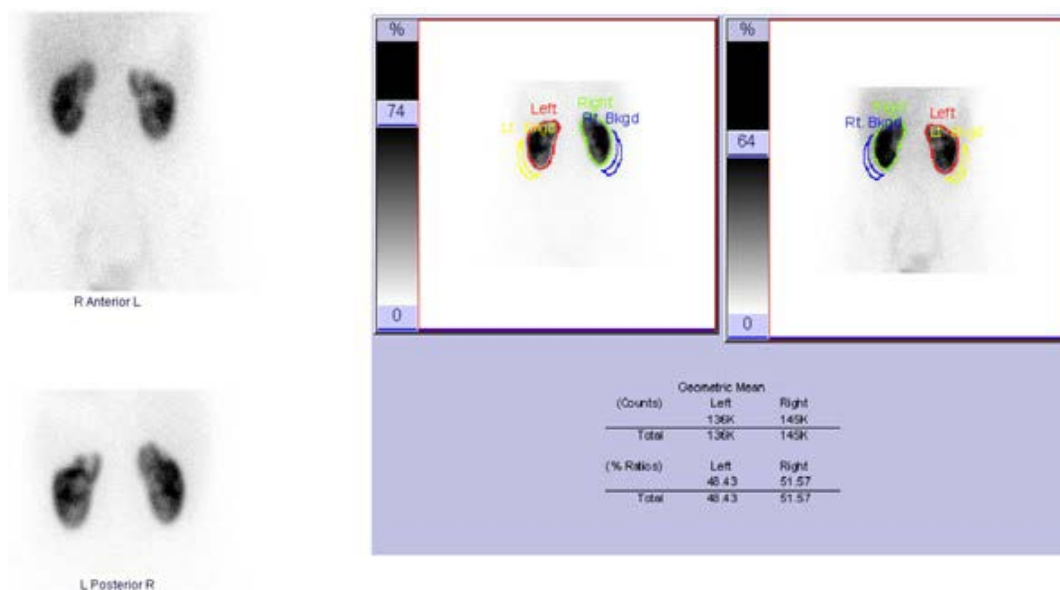
Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Aktivitetsmængden bør ikke være under 18 MBq.

Effektiv stråledosis: 9 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ hos voksne med normal nyrefunktion. Hos børn 10-40 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$, afhængig af alder.

Fortolkning og svar

Skintigrammerne viser fungerende nyreparenkym tydeligt (medmindre GFR <30 ml/min). Nyrernes størrelse, form, beliggenhed og evt. parenkymdefekter beskrives. Der tegnes arealer over nyrerne, og funktionsfordelingen beregnes som et geometrisk gennemsnit (af anterior/posterior projekti-
onerne). Der baggrundskorrigeres ikke rutinemæssigt. Ved mistanke om vandrenyre udmåles forskellen i nyrernes beliggenhed på siddende og liggende optagelser.

Med SPECT kan der udføres en detaljeret analyse af aktivitetsfordelingen i nyreparenkymet, og denne teknik er mere sensitiv til at detektere defekter i optagelsen som følge af pyelonefritis. Beregning af funktionsfordelingen med SPECT-data giver formentlig en mere nøjagtig bestemmelse.



Nyreskintigrafi med Tc99m-DMSA. 14-årig pige med recidiverende pyelonefrit. Apikalt i begge nyrer ses parenkymdefekter – mest udtalt i ve. nyre. Foreneligt med arvæv efter pyelonefritis. Funktionsfordeling hø/ve: 52/48 %.

Referencer

1. European Nuclear Medicine Guide. EANM and UEMS/EBNM 2020. Editorial Board: Castellucci P, Deandreis D, Krizsán AK et al. <https://www.nucmed-guide.app/#!/startscreen>.
2. Reichkendler MH, Berg R, De Nijs R et al. Planar scan vs. SPECT/low-dose CT for estimating split renal function by ^{99m}Tc-DMSA scintigraphy in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2020;47:729–33.
3. Zachø HD, Jødal L, Andersen TB, Bouchelouche K, Mortensen J. Kapitel 4, Nyrer og urinveje pp.93-95. *Klinisk nuklearmedicin*, 3. Udgave, 2022.

GFR - Måling af “clearance”

Peter Sandor Oturai

Formål

Kvantitativ vurdering af nyrefunktionen (bestemmelse af den glomerulære filtrationshastighed, GFR).

Undersøgelsesprincip

Ved intravenøs injektion af en kendt mængde indikator (^{99m}Tc -DTPA) er det muligt at bestemme stoffets plasmaclearance, såfremt faldet i plasmakonzentrationen følges i så lang tid, at hele arealet under plasmakurven kan bestemmes. Den totale plasma-clearance er forholdet mellem den indgivne indikormængde og arealet under plasma-konzentrationskurven. Såfremt udskillelsen fra organismen udelukkende foregår gennem nyrene, og den anvendte indikator behandles som et filtrationsstof, vil den bestemte plasmaclearance være identisk med den glomerulære filtrationshastighed.

^{99m}Tc -DTPA opfylder tilnærmelsesvis kravene til et ideelt filtrationsstof. Efter en fordelingsfase på godt et par timer vil udskillelsen foregå monoeksponentielt. Koncentrationstidsintegralet af den monoeksponentielle kurve er dog lavere end den faktiske plasmakurve, hvilket medfører, at den på denne måde bestemte clearance, overestimerer GFR. Der kompenseres empirisk for dette. En forudsætning er, at patienten er i steady state. Med metoden kan GFR bestemmes uden urinopsamling.

Opmærksomheden henledes på, at GFR er påvirkelig af menstruationscyklus, indtagelse af større proteinrige måltider, væskerestriktion, tobaksrygning og fysisk aktivitet, hvorfor omstændighederne bør standardiseres mest muligt ved undersøgelsen.

Indikationer

- Udredning og kontrol ved nyresygdomme og urinvejslidelser.
- Sammen med renografi, kontrol af behandling før evt. kirurgiske indgreb på nyrer og urinveje.
- Kontrol i forbindelse med organtransplantation og under behandling med potentielt nyretoksiske farmaka, herunder kemoterapi.
- Vurdering af nyredonorer.

Kontraindikation

Ingen.

Graviditet og amning

Graviditet:

Undersøgelsen er ikke kontraindiceret ved graviditet.

Amning:

Ammepause er ikke nødvendig.

Forberedelse

Ingen speciel forberedelse. Patienter bør tilbydes væskeindtagelse efter behov under undersøgelsen. Da tobaksrygning påvirker GFR, bør patienterne ikke ryge forud for eller under undersøgelsen. Fysisk aktivitet påvirker GFR, hvorfor patienterne bør forholde sig i relativ ro i de timer, undersøgelsen sædvanligvis varer. Ambulant besøg, toiletbesøg o.lign. er tilladt.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

Lægemidler:

Tidligere var anvendelsen af ^{51}Cr -EDTA udbredt. Denne tracer er i dag erstattet af $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA, da ^{51}Cr -EDTA ikke længere kan købes i Danmark.

Aktivitetsmængder og injektionsvolumina:

Voksne: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA (diethylentriaminpentaacetat): 5-20 MBq.

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Minimumvolumen er 1,0 ml, hos børn 0,5 ml.

Effektiv stråledosis: 5 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$.

Fortolkning og svar

GFR varierer med køn, alder og legemsstørrelse, hvorfor den udtrykkes som normeret værdi i forhold til standard legemsoverflade ($1,73 \text{ m}^2$).

Fejlkilder:

- Spild ved kvantitativ injektion.
- Mangelfuld vejning af sprøjte.
- (Delvis) subkutan injektion.
- Manglende skift af trevejshane hos patienter, der har fået taget blodprøve af samme venflon som til injektion.
- Manglede bortkast af spild fra slanger/i.v. adgang.
- Infusion og transfusion mellem tidspunkt for tracerinjektion og blodprøvetagning.
- Ødemer og ascites (giver anledning til falsk høj GFR-værdi).

Beregninger

GFR-bestemmelse med flere plasmaprøver er baseret på Brøchner-Mortensens originale arbejder med modifikationer. For enkeltprøve GFR anvendes Groths formler.

Der korrigeres fra målt DTPA-clearance til inulin-clearance.

Beregningsmetoderne er udviklet på basis af clearance-målinger med ^{51}Cr -EDTA, men kan direkte anvendes til undersøgelser udført med $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA.

GFR, flere plasmaprøver ("lang" clearance)

Undersøgelsesprincip

Efter en fordelingsfase på godt et par timer vil udskillelsen af sporstoffet foregå monoeksponentielt. Faldet vil afhænge af GFR, og det monoeksponentielle forløb kan registreres ved at tage 4-5 blodprøver med en tidsmæssig placering, der afhænger af GFR's absolutte værdi i forhold til ekstracellulærvolumen (jo lavere GFR jo længere interval mellem prøverne).

Lang clearance udføres primært, når der er kendskab til eller mistanke om $GFR < 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ (eGFR (Labka), tidligere målinger m.m.). En planlagt enkelt-prøve GFR kan konverteres til lang clearance, hvis tælling og beregning umiddelbart efter prøvetagning tyder på $GFR < 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$.

Desuden kan foretages lang clearance, når mere præcis GFR-bestemmelse ønskes, f.eks. hos potentiel nyredonor og i forskningssammenhæng.

Voksne:

Såfremt GFR forventes $> 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ tages 4 blodprøver i tidsintervallet 3-4 timer (180, 200, 220, 240 min) efter injektion af sporstof.

Såfremt GFR forventes $< 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ udføres blodprøvetagning i tidsintervallet 3-5 timer, alternativt 4-5 timer. Der tages 4-5 blodprøver.

Såfremt GFR estimeres under $15 \text{ ml/min/1,73 m}^2$, tages evt. supplerende 24-timers prøve.

Børn (<15år):

Der tages 4 blodprøver i tidsintervallet 3-4 timer (180, 200, 220, 240 min).

Udførelse

Patienten måles og vejes.

Dosis gives som en kvantitativ injektion:

Dosis trækkes op i en sprøjte, der vejes før og efter injektion med angivelse af fire decimaler. Volumen skal mindst være 1,0 ml (børn 0,5 ml). Der etableres iv-adgang, 0-prøve tages og sporstof injiceres hurtigst muligt. Der skylles efter med 0,9% NaCl.

Forud for blodprøvetagning anlægges ny venflon med trevejshane. Der tages 8-10 mL (børn 2-3 ml) blod i heparin/EDTA-glas. Inden blodprøvetagningen udtages et passende reservoir (10 ml spild), der reinjiceres efter blodprøverne er taget. Prøvetidspunkter noteres.

Blodprøverne centrifugeres og plasma (voksne: 2 ml; børn: 0,5-1 ml) afpipetteres i tælle glas. Standarden afpipetteres med samme volumen. Prøverne tælles i gammataæller. Hvis standard ikke tælles simultant med plasmaprøverne, skal der korrigeres for fysisk henfald mellem tælle tidspunkterne

GFR, enkelt plasmaprøve

Anvendes rutinemæssigt hos de fleste patienter med skønnet GFR > 30 ml/min/1,73 m².

Undersøgelsesprincip

Ved normal relation mellem vægt og ekstracellulærvolumen kan arealet under plasmakurven fastlægges med betydelig nøjagtighed ved en enkelt prøve. Det optimale prøvetidspunkt er i princippet afhængig af forholdet mellem nyrefunktion og ekstracellulærvæske, men vil, såfremt nyrefunktionen ikke er væsentlig nedsat, være omkring 3 timer og 20 minutter efter indikatorinjektionen.

Hvis GFR mistænkes nedsat til < 30 ml/min/1,73 m² ud fra eGFR (Labka), tidligere GFR-målinger eller andet, bør bestemmelse ud fra flere plasmaprøver foretrækkes.

Udførelse

Blodprøve (dobbelbestemmelse) tages 3 timer og 20 minutter efter injektionen. Hos børn tages blodprøven efter 120 min.

Håndtering af injektion, blodprøve og tælling, se ovenfor under "GFR, flere plasmaprøver".

Referencer

1. Brøchner-Mortensen J. Current status on assessment and measurement of glomerular filtration rate. Clin Physiol 1985;5:1-17.
2. Jødal L, Brøchner-Mortensen J. Reassessment of a classical single injection ⁵¹Cr-EDTA clearance method for determination of renal function in children and adults. Part I: analytically correct relationship between total and one-pool clearance. Scan J Clin Lab Invest 2009;69:305-13.
3. Brøchner-Mortensen J, Jødal L. Reassessment of a classical single injection ⁵¹Cr-EDTA clearance method for determination of renal function in children and adults. Part II: empirically determined relationships between total and one-pool clearance. Scan J Clin Lab Invest 2009;69:314-22.
4. Groth S, Aasted M. ⁵¹Cr-EDTA clearance determined by one plasma sample. Clin Physiol 1981;1:417-25.
5. Groth S, Aasted M. ⁵¹Cr-EDTA clearance determined by one plasma sample in children. Clin Physiol 1984;4:75-83.
6. Henriksen UL, Kanstrup IL, Henriksen JH. One-sample determination of glomerular filtration rate (GFR) in children. Scand J Clin Lab Invest 2013;73:466-75.
7. Henriksen UL, Henriksen JH. The clearance concept with special reference to determination of glomerular filtration rate in patients with fluid retention. Clin Physiol Func Imaging 2015;35:7-16.
8. Andersen T B, Jødal L, Nielsen N S, Petersen L J. Comparison of simultaneous plasma clearance of ^{99m}Tc-DTPA and ⁵¹Cr-EDTA: can one tracer replace the other? Scand J Clin Lab Invest 2019;79:463-7.
9. Simonsen J A, Thilising-Hansen K, Høilund-Carlsen PF, Gerke O, Andersen T L. Glomerular filtration rate: comparison of simultaneous plasma clearance of ^{99m}Tc-DTPA and ⁵¹Cr-EDTA revisited. Scand J Clin Lab Invest 2020;80:408-11.
10. Afdelingen for Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin, Rigshospitalet (fysiker Søren Holm, datalog Flemming Andersen og læge Peter Oturai) har udviklet, programmeret og testet et EDB-program, som kan fungere med det eksisterende RIS/PACS-system (2021). Det anvendes p.t. på flere afdelinger i RegionH. Anvendte formler er detaljeret beskrevet i programdokumentationen.

Thyroideaskintigrafi og ultralydskanning

Per Karkov Cramon

Louise Schouborg Brinth

Marianne Dreyer

Formål

Vurdering af glandula thyroideas form og lejring samt regionale funktionsfordeling. Undersøgelsen giver desuden fås indtryk af kirtlens struktur. Endelig er det muligt at estimere længde og bredde af kirtlens to lapper.

Undersøgelsesprincip

Jodid optages i gl. thyroideas follikelceller via en natriumjodid-symporter (NIS), hvorefter det bindes organisk og indgår i dannelsen af thyroideahormonerne, thyroxin (T4) og trijodthyronin (T3). I dag anvendes primært ^{99m}Tc -pertechnetat til thyroideaskintigrafi. ^{99m}Tc -pertechnetat optages også gennem NIS, og graden og fordelingen af ^{99m}Tc -pertechnetat optagelsen afspejler dermed kirtlens regionale funktion. ^{99m}Tc -pertechnetat bindes ikke organisk i follikelcellerne og vil derfor diffundere tilbage til blodbanen. Koncentrationen af ^{99m}Tc -pertechnetat i gl. thyroidea er højest ca. 30 min efter injektion, hvorfor der typisk optages billeder med gammakamera 15-30 minutter efter injektion af sporstoffet.

Thyroideaskintigrafi med ^{123}I anvendes primært ved thyroideacancer, f.eks. til påvisning af metastaser og restvæv efter operation/ablation. Dette vil ikke blive omtalt yderligere.

Indikationer

- Hyperthyroidisme, subakut thyroiditis og amiodaron-induceret thyrotoksikose.
- Struma, herunder knuder, thyroideacancer og FDG-incidentalomer (foci i gl. thyroidea tilfældigt påvist ved FDG-PET skanning²).
- Afklaring af om proces på halsen er thyroideavæv, herunder påvisning af ektopisk thyroideavæv (f.eks. tungerodsstruma).
- Evaluering af kongenit hypothyreose.
- Vurdering forud for ^{131}I -behandling af hyperthyroidisme/struma (kan suppleres med jodoptagelsesmåling).

Undersøgelsen er ikke indiceret som led i udredning af erhvervet hypothyroidisme.

Kontraindikationer

Graviditet (absolut): undersøgelsen udsættes eller erstattes af ultralydsundersøgelse uden skintigrafi.

Amning (relativ): ammepause i 12 timer efter undersøgelsen.

Patientforberedelse

Patienten bør som udgangspunkt ikke have fået udført nylig (indenfor 6-8 uger) undersøgelse med jodholdig kontrast³. Dog må man modveje behov for hurtig afklaring, f.eks. ved et FDG-incidentalom, hvor man ved manglende aktivitetsoptagelse må basere vurderingen alene på ultralydskanning. Fødevarer og kosttilskud med højt jodindhold bør undgås i uger til måneder før undersøgelsen. Substitutionsbehandling med thyroideahormon (levothyroxin) kan nedsætte aktivitetsoptagelsen, men evt. pausering bør aftales med den lokale endokrinologiske afdeling. Antithyroid medicin har kun begrænset effekt på optagelsen af ^{99m}Tc-pertechnetat.

Udførelse

Der udføres billedoptagelse med gammakamera 15–30 minutter efter intravenøs injektion af ^{99m}Tc-pertechnetat. Patienten placeres i rygleje, og hovedet bøjes let bagover ved at placere pude under patientens skuldre. Hvis patienten ikke kan ligge i rygleje, kan skintigrafien foretages som anterior optagelse i siddende stilling. Sædvanligvis optages med:

Parallelhuls-kollimator (low energy, high resolution), f.eks. optages i 10 minutter, varierende med kamera og grad af ^{99m}Tc-pertechnetat optagelse. Markering af incisura jugularis registreres på optagelsen. Ved aktivitet, som muligvis er lokaliseret i øsofagus (sekretion fra spytkirtler), beder man patienten om at drikke et glas vand, for at afgøre om aktiviteten kan skylles væk eller om den repræsenterer ektopisk thyroideavæv.

Pinhole-kollimator, f.eks. optages i 5-10 minutter eller sv.t. 200.000 counts. Det er vigtigt, at pinhole-kollimatoren placeres over centrum af gl. thyroidea. I udvalgte tilfælde kan suppleres med SPECT/CT, f.eks. hvis det har væsentlig betydning om et solitært nodulus med over-/underliggende normalt thyroideavæv er hypofungerende.

Sporstof, aktivitetsmængder og stråledosis

Sporstof: ^{99m}Tc-pertechnetat. Aktivitetsmængde for voksne: 75-100 MBq (effektiv dosis: 0.013 mSv/MBq). Børn: aktivitetsmængde bestemmes efter vægt, der henvises til EANM paediatric dosage card⁴.

Beskrivelse

Skintigrafien beskrives med hensyn til:

- Aktivitetsfordeling: homogen eller inhomogen.
- Foci med øget eller nedsat/manglende aktivitetsoptagelse (OBS: 'dominerende hypofungerende områder').
- Grad af aktivitetsoptagelse i gl. thyroidea sammenholdt med baggrund og spytkirtler: lav/normal/høj.
- Kirtlens udstrækning og overordnede form: optag sv.t. begge lapper, intrathorakal lejring, ektopisk thyroideavæv.
- OBS: thyroideaskintigrafi er ikke velegnet til vurdering af samlet kirtelstørrelse (volumen), dog giver undersøgelsen mulighed for at estimere længde og bredde af lapperne.

Ultralydskanning af gl. thyroidea

Formål

Vurdering af glandula thyroideas struktur og størrelse samt vejledning til biopsitagning. En af de vigtigste indikationer er at undersøge, om skintigrafisk hypo-fungerende områder modsvarer af solitære processer. Endelig fås information om kirtlens funktion ved bedømmelse af vaskulariteten.

Undersøgelsesprincip

For gennemgang af teknikken og fysikken bag ultralydskanning henvises til lærebog i ultralyd⁵. Der er ingen risici eller kontraindikationer forbundet med ultralyd, og undersøgelsen kræver ingen patientforberedelse.

Beskrivelse

Ultralydsskanningen beskrives med hensyn til:

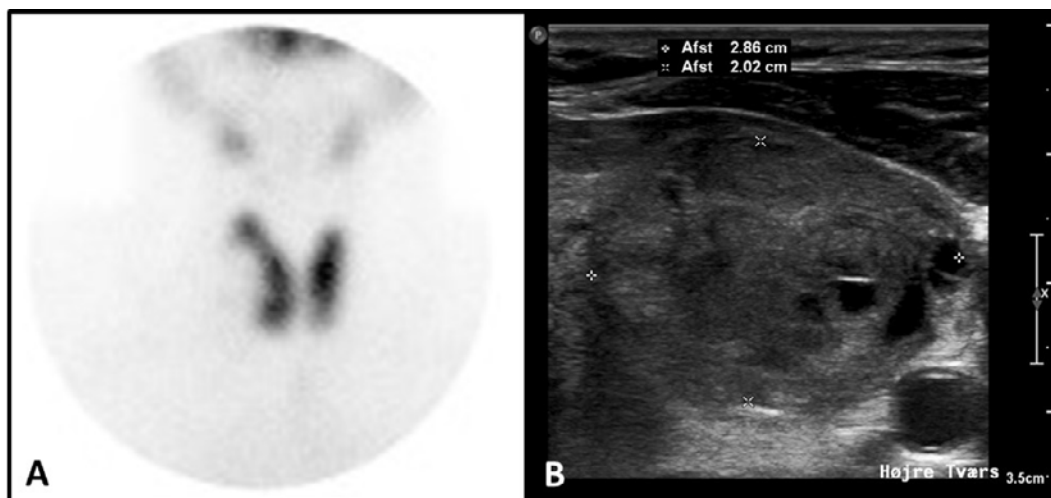
- Kirtelstruktur: ensartet eller vekslende ekkstruktur, hypo- og hyperekkoiske områder.
- Noduli, herunder solide og cystisk-solide noduli, samt simple cyster, inkl. opmåling hvis relevant.
- Solitære processer sv.t. skintigrafisk hypo- eller hyperfungerende områder. Solitære 'dominerende' hypofungerende processer scores efter EU-TIRADS kriterierne⁶.
- Størrelse af kirtlen. Vigtigst er det at måle dybden ved ultralydsundersøgelsen, da bredde og længde kan estimeres ud fra skintigrafien. Volumen estimeres typisk ved en tilnærmet ellipsoideformel⁷ (volumen = længde x bredde x dybde x $\pi/6$), som anvendes på hver lap for sig, og herefter adderes volumen for de to lapper for at få et samlet kirtelvolumen. Ofte estimeres længde og bredde ud fra skintigrafien.
- Kalcifikationer: mikro- og makroforkalkninger.
- Vaskularitet (color Doppler signal).
- På baggrund af eventuelle ultrasoniske risikotegn foretages fin nåls aspirations biopsi (FNAB) fra skintigrafisk hypofungerende noduli jf. behandlingsvejledningen 'Knuden i thyroidea' fra Dansk Endokrinologisk Selskab (findes på <https://endocrinology.dk/>). Ved FNAB angives præcis hvorfra der er biopteret.

Samlet konklusion på undersøgelsen

Fundene fra thyroideaskintigrafien og ultralydsundersøgelsen integreres i en kort og præcis samlet konklusion, i relation til den problemstilling klinikerens ønsker undersøgt.

Eksempler på beskrivelser

Eksempel 1: Skintigrafisk hypofungerende nodulus i gl. thyroidea



Figur 1. A) Skintigrafi optaget med parallelhulskollimator, som viser aktivitetsoptagelse i gl. thyroidea, mundsvælg og spytkirtler. B) Ultralydskanning, som viser et aksialt billede af højre thyroidealap med solitær proces.

Indikation

UL i privat regi har påvist knude i højre thyroidealap. Asymptomatisk. Venligst FNAB ved dominerende hypofungerende knude.

Beskrivelse

Skintigrafi:

Homogen aktivitetsoptagelse i venstre thyroidealap. Lateralt i højre thyroidealap ses et område uden aktivitetsoptagelse, overvejende homogen optagelse i den resterende del af højre lap.

UltralydSkanning:

Homogen ekkostruktur uden noduli eller cyster i venstre thyroidealap. Højre thyroidealap domineres af en solitær proces, som svarer til det skintigrafisk hypo-fungerende område. Processen EU-TIRADS scores herunder. Samlet kirtelvægt: 26 g.

UL-karakteristika af hypofungerende proces i højre lap:

Størrelse (L x B x D cm³): 3,5 x 2,9 x 2,0 cm³

Ekkogenicitet: Let hypoekkoisk

Afgrænsning: Velafgrænset

Form: Regelmæssig

Mikrocalcifikationer: Nej

Højere end bred: Nej

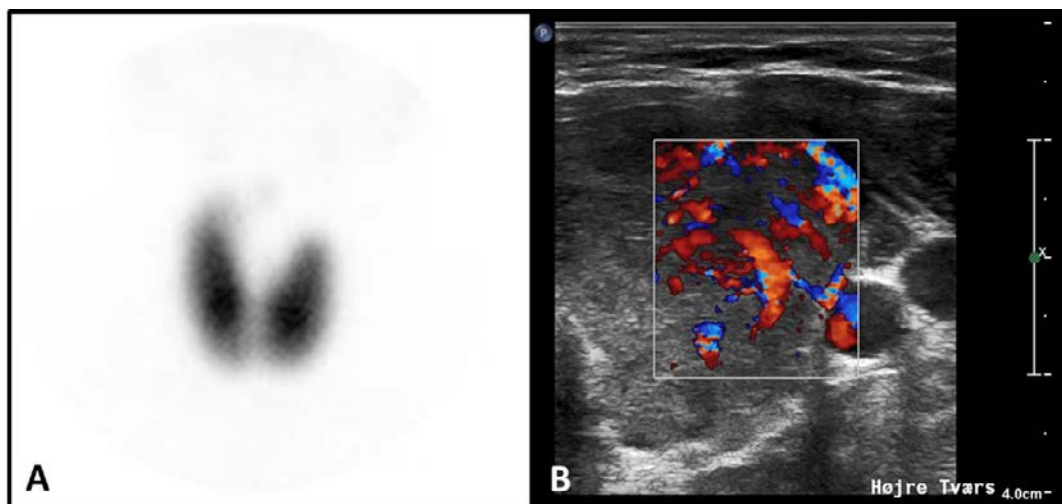
EU-TIRADS score: 4

Der er foretaget FNAB x 3 fra den hypofungerende proces i højre lap.

Konklusion

Solitær hypofungerende nodulus i højre thyroidealap (EU-TIRADS: 4), hvorfra der er foretaget FNAB.

Eksempel 2: Diffus struma med høj aktivitetsoptagelse



Figur 2. A) Skintigrafi optaget med parallelhulskollimator, som viser aktivitetsoptagelse i gl. thyroidea, men stort set intet optag i spytkirtler. B) Ultralydskanning, som viser et aksialt billede af højre thyroidealap inkl. color Doppler signal (afgrænset af hvid firkant).

Indikation

Obs. Graves diff. diagn. Kendt Mb. Graves 2010. Seneste UL/Skint.: diffus struma, ca. 38 g (2018). Nu recidiv igen med tryksymp. Normal TRAb. Får Thycapzol 15 mg x 2. Venligst UL/Skint. diff. diagnostisk.

Beskrivelse

Skintigrafi:

Homogen aktivitetsoptagelse sv.t. begge thyroidealapper. Aktivitetsoptagelse i gl. thyroidea er høj idet der stort set ikke ses baggrundsoptagelse eller optag i spytkirtlerne. Lille fokus med aktivitetsoptagelse medialt for øvre højre thyroidepol.

Ultralyd:

Vekslende ekkostruktur med talrige hypoekkoiske områder bilateralt uden egentlige noduli eller cyster. Højt color Doppler signal bilateralt, som udtryk for høj vaskularitet. Der ses ikke thyroidea-væv sv.t. det lille fokus medialt for højre lap, tolkes som optag i øsofagus. Samlet kirtelvægt: 70 g.

Konklusion

Diffus struma med høj aktivitetsoptagelse, forenelig med Graves' sygdom.

Referencer

1. Giovanella L, Avram AM, Lakovou I, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2019;46:2514–25.
2. Asmar A, Simonsen L, Bülow J, Asmar M. [Work-up of thyroid incidentalomas identified by ^{18}F -fluorodeoxyglucose PET/CT]. *Ugeskr Læger* 2017;179:2-6.
3. Andersen TB, Aleksyniene R, Gormsen LC, Jødal L, Petersen LJ. Effect of recent contrast-enhanced CT and patient age on image quality of thyroid scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2015;40:297–302.
4. Lassmann M, Treves ST. Pediatric Radiopharmaceutical Administration: harmonization of the 2007 EANM Paediatric Dosage Card (Version 1.5.2008) and the 2010 North American Consensus guideline. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41:1636.
5. Baskin H J, Duick D S, Levine R A. *Thyroid ultrasound and ultrasound-guided FNA: Second edition*. Springer, 2008. doi:10.1007/978-0-387-77634-7.
6. Russ G, Bonnema SJ, Erdogan MF, et al. European Thyroid Association Guidelines for Ultrasound Malignancy Risk Stratification of Thyroid Nodules in Adults: The EU-TIRADS. *Eur Thyroid J* 2017; 6:225–37.
7. Fujita N, Kato K, Abe S, Naganawa S. Variation in thyroid volumes due to differences in the measured length or area of the cross-sectional plane: A validation study of the ellipsoid approximation method using CT images. *J Appl Clin Med Phys* 2021;22:15–25.

Parathyroideaskintigrafi

Martin Krakauer

Marianne Dreyer

Louise Schouborg Brinth

Formål

Kurativ behandling af primær og tertiær hyperparathyroidisme (HPT) er kirurgisk fjernelse af en eller flere hyperfungerende gll. parathyroideae (HGP). Der tilstræbes minimalt invasiv, unilateral kirurgi, hvilket fordrer præoperativt kendskab til lokaliseringen af HGP. Præoperativ billeddiagnostik, herunder parathyroideaskintigrafi, bruges til dette formål.

Undersøgelsesprincip

Til lokalisationsdiagnostik ved HPT kan benyttes flere modaliteter, herunder ultralydskanning, CT-skanning i flere kontrastfaser ("4D-CT") og MR-skanning. I Danmark benyttes primært parathyroideaskintigrafi, ofte i form af subtraktions-skintigrafi, men PET-skanning med sporstoffet cholin har vist sensitivitet på niveau med subtraktionsskintigrafi og benyttes tillige i Region Hovedstaden. I det følgende omtales kun parathyroideaskintigrafi.

Et sporstof, som optages i såvel parathyroideavæv som thyroideavæv, ^{99m}Tc -sestamibi (alternativt tetrofosmin) indgives i.v. i kombination med et sporstof, som kun optages i thyroideavæv (^{123}I -iodid). ^{123}I -iodid-optagelsen subtraheres fra ^{99m}Tc -sestamibi-optagelsen, hvorefter et tilbageværende fokus med stor sandsynlighed vil repræsentere en HGP. Der optages med dual-isotope teknik, såvel planart som ved SPECT/CT.

Parathyroideaskintigrafi kan i samme seance kombineres med ultralydsundersøgelse, som til tider kan bestyrke et tvivlsomt skintigrafisk fund. Ultralydsundersøgelse gennemgås ikke i det følgende.

Indikation

Parathyroideaskintigrafi er principielt kun indiceret, når diagnosen primær HPT er stillet, og der er fundet operationsindikation. Ved tertiær HPT er der forventeligt flere HGP'er, hvorfor opgaven her primært er at identificere ektopisk beliggende kirtler.

Kontraindikationer

Ingen, se dog Graviditet og amning.

Graviditet og amning

Graviditet: Undersøgelsen udskydes dersom der ikke er (sub)akut behandlingsindikation. Alternative modaliteter (UL, CT eller MR) kan forsøges. På tvingende indikation (fx svær hypercalcæmi) kan parathyroideaskintigrafi udføres.

Amning: Efter indgift af ^{123}I -iodid holdes 4 døgns ammepause. Hvis kun ^{99m}Tc -sestamibi benyttes (som single isotope udvaskningsskintigrafi (ikke omtalt her) er ammepause ikke nødvendig.

Forberedelse

Hvis det er muligt bør behandling med thyroideahormonsubstitution pauseres 2-3 uger forud for undersøgelsen mhp. at øge optagelsen af ^{123}I -iodid i gl. thyroidea. Dette er dog ikke altid praktisk/klinisk muligt, og undersøgelsen kan forsøges gennemført uden pause. Af samme grund bør patienten ikke have fået intravenøs iodholdig røntgenkontrast de seneste 4-8 uger (hos ældre kræves længere interval end hos yngre). Det er ikke nødvendigt at pausere calcimimetica.

Udførelse

Subtraktionsskintigrafi udføres bedst med dual isotope teknik med anvendelse af ^{123}I -iodid og $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi/tetrofosmin. Dette muliggør samtidig billedoptagelse, hvilket forenkler subtraktionen, som kan foretages digitalt, pixel- eller voxelvis, hvorved også SPECT-optagelser kan subtraheres. Pga. tætliggende energispektra for ^{123}I og $^{99\text{m}}\text{Tc}$ benyttes særlige energivinduer mhp. at minimere "crosstalk": $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 140 ± 7 keV. ^{123}I $159 + 10 / - 4$ keV.

Initialt injiceres ^{123}I -iodid i.v. Maksimal sporstofoptagelse i gl. thyroidea opnås efter flere timer, men af praktiske hensyn kan undersøgelsen fortsættes efter 1,5 time. Herefter injiceres $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi i.v. Efter 5 minutter lejres patienten med ekstenderet hals, evt. støttet af egnet pude. Der optages planar regional skintigrafi af halsen. Pinholeoptagelse (15 min.) øger sensitiviteten betydeligt pga. den bedre opløsningsevne, og parallelhulsoptagelser kan evt. helt udelades. Umiddelbart herefter foretages SPECT/CT af halsen og øvre mediastinum. En god kvalitet af CT-skanningen anbefales. I tilfælde af inkonklusivt resultat af de foreløbige billedoptagelser i kombination med inhomogen ^{123}I -iodid-optagelse i gl. thyroidea kan man evt. supplere med en forsinket pinholeoptagelse ca. 2 timer efter injektionen med $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi. Denne "sene" optagelse kan i sjældne tilfælde afsløre et fokus med langsom aktivitetsudskillelse relativt til gl. thyroidea.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi: Aktivitetsmængde: 600-800 MBq (Effektiv stråledosis: 9 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$).

^{123}I -iodid: Aktivitetsmængde: 12 MBq (Effektiv stråledosis: 220 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$).

CT: Afhængig af protokol og apparatur.

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Aktivitetsmængden bør ikke være under 18 MBq.

Fortolkning og svar

Den planare ^{123}I -iodid-optagelse subtraheres fra $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi-optagelsen med stigende vægtning indtil der omtrent ses baggrundsaktivitet svarende til gl. thyroideas plads. Et eller flere resterende foci vil da repræsentere HGP. Man bør undgå oversubtraktion i form af aktivitetstomhed sv. til gl. thyroidea, da man risikerer at maskere svage foci.

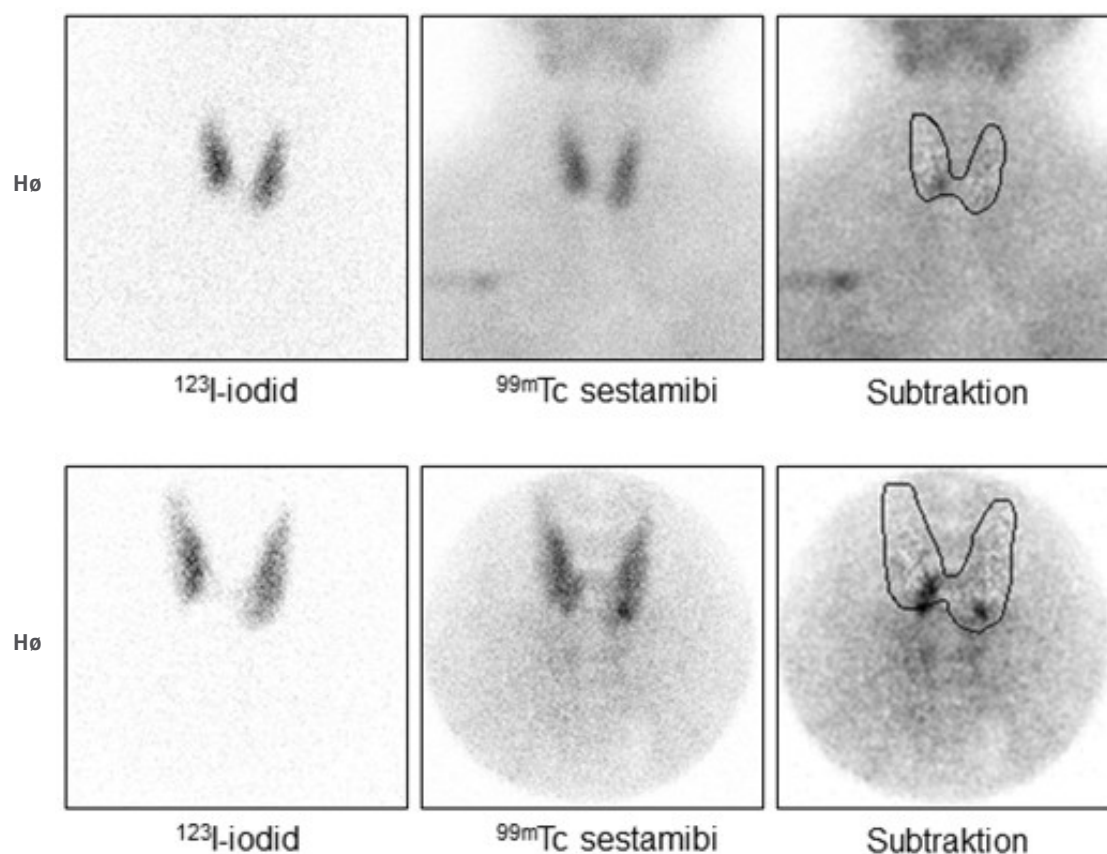
SPECT-optagelserne subtraheres på lignende vis ved at subtrahere den rekonstruerede ^{123}I -iodid SPECT fra den rekonstruerede $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi SPECT. Man kan her godt tillade sig en vis grad af oversubtraktion, dvs. aktivitetstomhed sv. til gl. thyroidea, hvilket især er nyttigt hos ptt. med multinodøs gl. thyroidea. Det er ofte nødvendigt at skrue højt op for intensiteten på den resulterende subtraherede SPECT-rekonstruktion for at visualisere HGP.

Typisk beliggenhed for gl. parathyroideae (og dermed HGP) er profund for gl. thyroidea (superiore) og mere superficielt umiddelbart kaudalt for inferiore pol af gl. thyroidea (inferiore), evt. indlejret i thymushornet. Ektopiske lokaliseringer ses hyppigst i mediastinum superius og sjældnere lateralt for halskarrene.

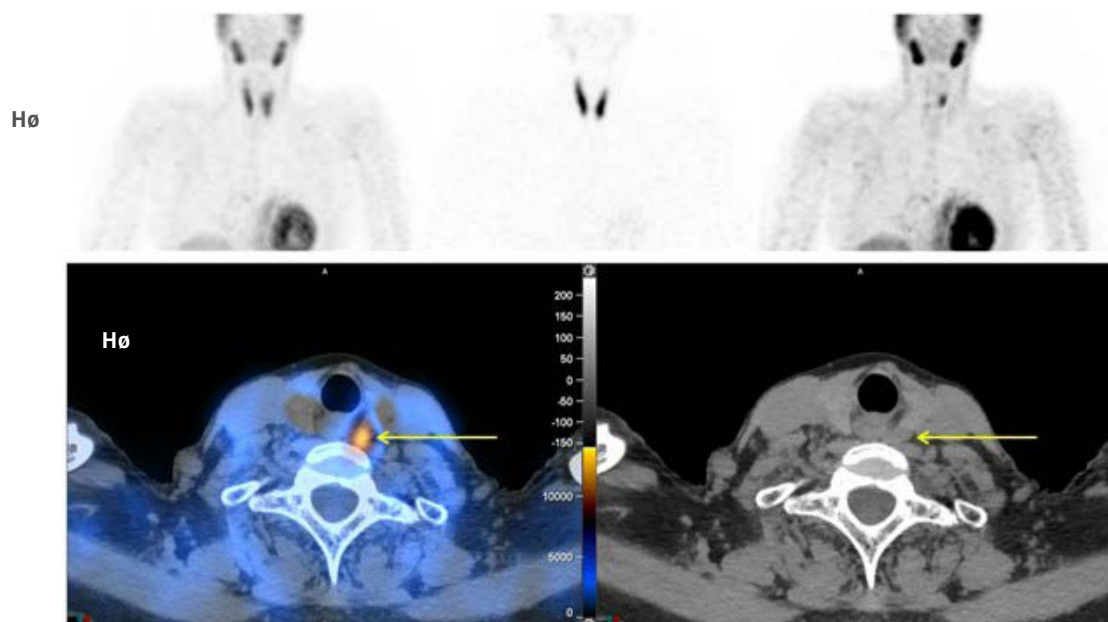
I beskrivelsen lægges vægt på lokaliseringen af HGP relativt til halsens øvrige strukturer (gl. thyroidea, a. carotis, esofagus, trachea) af relevans for kirurgen. Især er det vigtigt at angive superficiel eller profund beliggenhed relativt til gl. thyroidea. Det er tillige ønskeligt at angive evt. usikkerhed vedrørende resultatet, da dette kan influere på operationsplanlægningen.

Tips, tricks & pitfalls:

- Intrathyroideale HGP er sjældne (<1%). Intrathyroidealt beliggende foci kan i stedet være thyroidea-relaterede processer med reduceret ^{123}I -iodid- og øget $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi-optagelse, dvs. hypofungerende thyroideanoduli eller evt. metastaser fra ekstrathyroideal cancer.
- Ektopiske HGP er ligeledes sjældne, hvorfor det er vigtigt at udelukke de typiske lokalisationer først.
- Store, cystisk degenererede HGP som ofte forårsager svær hypercalcæmi kan have meget lav $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi-optagelse og kan på ultralydskanning forveksles med en cyste i gl. thyroidea.
- Multiglandulær sygdom ses hos ca. 10% ved primær HPT, oftere ved tertiær HPT.
- HGP fremstår oftest som en hypodens (relativt til gl. thyroidea) proces på CT, hvilket kan støtte tolkningen af skintigrafien.



Planar subtraktionsskintigrafi. Øverste række: Parallelhulskollimator. Nederste række: Pin-holekollimator. Samme patient. Bemærk to foci hhv. ved kaudale pol af højre thyroidealap og venstre thyroidealap ved pin-holeoptagelser. Kun det højresidige er synligt på parallelhuls-optagelsen pga. dennes lavere opløsningsevne, hvorfor der altid bør laves pinholeoptagelser. Fokus i højre aksil på parallelhulsoptagelsen repræsenterer sporstofretention i en vene.



Subtraktions-SPECT. Øverste række: Maximum intensity projection (MIP) af hhv. ^{99m}Tc -sestamibi SPECT, ^{123}I -iodid SPECT og subtraheret SPECT. Nederste række: Aksial subtraktions-SPECT/CT (venstre) og CT (højre). HGP (gul pil) ses profund for øvre pol af venstre thyroidealap og fremstår på CT typisk som en velafgrænset proces, som er let hypodens relativt til thyroideavævet.

Referencer

1. <https://endocrinology.dk/nbv/calcium-og-knoglemetabolisme/primaer-hyperparathyroidisme/>
2. Petranović Ovčariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I. et al. The EANM practice guidelines for parathyroid imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2021;48:2801–22.

Knogleskintigrafi og Na-Fluorid-PET

Søren Møller

Bent Kristensen

Claus Madsen

Formål

Påvisning af fokale og diffuse, patologiske forandringer i knoglesystemet.

Undersøgelsesprincip

Knogleskintigrafi: Et intravenøst injiceret radioaktivt mærket bisfosfonat adsorberes ved mineraliseringsfronten i knoglevævet afhængig af graden af ossøs remodellering. Øget optagelse ses ved øget remodellering uanset årsag: neoplas, inflammation eller traume. Reduceret/manglende optagelse ses ved nekrose og anden avaskularitet. Omkring 50 % af indgivet dosis adsorberes til skelettet. Maksimal skeletoptagelse opnås ca. 1 time efter injektion. Ubundet bisfosfonat metaboliseres ikke, men elimineres hurtigt renalt ved normal nyrefunktion. Undersøgelsen er meget sensitiv, men relativ uspecifik.

Natriumfluorid-PET (Na^{18}F -PET): Fluorids egenskaber har mange ligheder med radioaktivt mærket bisfosfonat. Dog er ekstraktionsfraktionen af fluorid fra blodbanen næsten 100 %, hvilket betyder, at tiden mellem injektion og optagelse kan være meget kort. Ligesom ved knogleskintigrafi afspejler fluoridoptagelsen remodellering af skelettet. Overskydende fluorid udskilles renalt.

Indikation

Mistanke om patologiske forandringer i skelettet uanset årsag. Eksempler:

- Neoplas: sekundære og primære, maligne og benigne tumorer.
- Inflammation: akut og kronisk osteomyelitis, discitis, arthritis.
- Traumer: insufficiensfraktur, stressfraktur, periosteale reaktioner, kronisk belastning (arthrose).
- proteseløshed.
- Avaskularitet pga. nekrose eller infarkt.
- Metabolisk knoglesygdom (osteitis deformans Paget, osteomalaci, hyper-parathyreoidisme).

Kontraindikationer

Knogleskintigrafi: Intolerance overfor bisfosfonat. Ved **graviditet** er det vigtigt at overveje fordele overfor risikoen for stråleskade af fosteret. **Ammepause** er sædvanligvis ikke nødvendig.

NaF-PET: Ingen kontraindikationer. Internationale vejledninger har ingen anbefalinger vedrørende ammeperiode.

Forberedelse

Ingen særlig forberedelse hos voksne. Strålingsdæmpende genstande skal så vidt muligt fjernes inden undersøgelsen. Urinblæren skal tømmes umiddelbart inden undersøgelsen. Børn møder til injektion med intravenøs adgang. Eventuel sedering under skintigrafien aftales med henvissende afdeling.

Udførelse

Knogleskintigrafi: Det radioaktivt mærkede bisfosfonat injiceres intravenøst, og 2-3 timer senere udføres billedoptagelse med et gammakamera. Ved nedsat nyrefunktion udføres billedoptagelse efter 4 timer. Patienten lejres så symmetrisk og bekvemt som muligt. Billedoptagelsen kan udføres som en helkropsskintigrafi med et skannende eller et stationært gammakamera med overlap af de undersøgte regioner, eller som en regional skintigrafi af udvalgte regioner med særlige projektioner afhængig af problemstillingen. Ved undersøgelse af en ekstremitet bør begge ekstremiteter så vidt muligt skintigraferes. Undersøgelsens varighed er ½ – 1 time.

NaF-PET: Billedoptagelsen udføres 30-45 minutter efter injektion. Eventuelt senere skanning, hvis fremstilling af ekstremiteter er vigtigt. Optagelse fra hoved til fødder varer typisk cirka 15 minutter, afhængigt af blandt andet typen af PET-skanner.

Helkropsskintigrafi:

Med to-hoved gammakamera skannes patienten i rygleje fra hovedet mod fødderne. Med et-hoved gammakamera skannes to gange: forfra og bagfra. Matrix-størrelse: 256 x 256 eller 256 x 1024. Skanningshastighed: 10 cm/min.

Regional knogleskintigrafi:

Udføres med low energy high resolution kollimator (matrix 256 x 256). Optagetid: 10-15 min. eller til 6-9 · 10⁵ counts. Afhængig af lokalisation udføres optagelse i 2 på hinanden vinkelrette projektioner, eller der suppleres med SPECT/CT.

Tomografi (SPECT/CT):

Ved påvisning af solitære forandringer af uafklaret årsag kan suppleres med SPECT/CT, hvorved specificiteten af undersøgelsen bedres betydeligt. F.eks. kan optages med matrix 128 x 128, 32 frames, 60-75 s/ frame.

Dynamisk knogleskintigrafi:

Ved mistanke om ændret vaskularitet på grund af inflammation (f.eks. Charcotled) eller neoplasi (f.eks. primær knogletumor) kan udføres trefaseskintigrafi med matrix 128 x 128: Første fase (karfasen): 0-2 min., 2 s/frame. Anden fase (blod-volumenfasen): 2-20 min., 1 min./frame. Tredje fase (stationære fase): svarer til den regionale skintigrafi.

Lægemiddel, aktivitetsmængde og stråledosis

Knogleskintigrafi: Et bisfosfonat, f.eks. methylenbisfosfonat (MBP) eller hydro-xyethylenbisfosfonat (HBP) mærket med ^{99m}Tc, anvendes. **Aktivitetsmængde:** 500-700 MBq. **Effektiv stråledosis:** ~ 0,057 mSv/MBq. Størst stråledosis får skelettet: ~ 0.063 mGy/MBq og urinblæren: ~ 0.048 mGy/MBq.

Na¹⁸F-PET: **Aktivitetsmængde:** til voksne: 1,5-3,7 MBq/kg (fx 200 MBq). **Effektiv stråledosis:** ~ 0,024 mSv/MBq. Desuden stråledosis fra supplerende CT-skanning.

Tolkning og svarafgivelse

Kvaliteten af den udførte undersøgelse bedømmes, og aktivitetsfordelingen vurderes med henblik på asymmetri og øget eller reduceret aktivitetsoptagelse – fokalt eller diffust. Patologiske fund beskrives og tolkes sammenholdt med oplysninger om eventuel grundsygdom/ tidligere sygdom, symptomer og objektive fund, andre billeddiagnostiske fund, klinisk kemiske afvigelser og behandling. Bifund så som ekstraossøse forandringer, f.eks. betydelig aktivitetsretention i en nyre eller fokalt høj bløddelsoptagelse beskrives. Svaret kan ledsages af forslag til supplerende undersøgelser, f.eks. leucocytskintigrafi, konventionel røntgenundersøgelse, CT-skanning, MR-skanning, FDG PET/CT-skanning eller renografi.

Sensitiviteten ved NaF-PET er meget høj, og selv små "uspecifikke" knoglefoci bliver synlige. Derfor anbefales det at indstille øvre tærskelværdi på farveskalaen relativt højt. Et godt overblik fås ofte ved at vurdere MIP-billedet. Ved tvivl om et fokus på CT kan man overveje at konferere med en radiolog.

Eksempler på optagelsstrategier

Henvisningsdiagnose	Optagelse
Knoglemetastaser, primær knogletumor, osteomyelitis	Helkropsskintigrafi, SPECT/CT, regionale optagelser
Arthritis rheumatoides	Helkropsskintigrafi, regionale optagelser
Avaskularitet, proteseløshed	Regional optagelse, SPECT/CT
Os scaphoideumfraktur	Regional optagelse
Charcotled	Regional optagelse, SPECT/CT, evt. dynamisk skintigrafi

Referencer

- Schillaci O, Danieli R, Manni C, Simonetti G. Is SPECT/CT with a hybrid camera useful to improve scintigraphic imaging interpretation? Nucl Med Commun 2004;25:705-10
- Gnanasegaran G, Barwick T, Adamson K, Mohan H, Sharp D, Fogelman I. Multislice SPECT/CT in benign and malignant bone disease: when the ordinary turns into the extraordinary. Semin Nucl Med 2009;39:431-42
- Hahn K, Fischer S, Gordon I. Atlas of bone scintigraphy in the developing paediatric skeleton. The normal skeleton, variants and pitfalls. Springer Verlag, 1993.
- Gnanasegaran G, Cook G, Adamson K, Fogelman I. Patterns, variants, artifacts, and pitfalls in conventional radionuclide bone imaging and SPECT/CT. Semin Nucl Med 2009;39:380-95.
- Van der Wall H, Lee A, Magee M, Frater C, Wijesinghe H, Kannangara S. Radionuclide bone scintigraphy in sports injuries. Semin Nucl Med 2010;40:16-30
- I: Morton KA, Clark PB. Diagnostic Imaging. Nuclear Medicine. Amrisys. 1. ed. 2. Section 1: Musculoskeletal pp. 1-183.

Distalt blodtryk i underekstremiteterne, gangtest og hudperfusionstryk

Mads Radmer Jensen

Morten Damgaard

Peter Hovind

Distalt blodtryk i under- ekstremiteterne og gangtest

Formål

Måling af det distale systoliske blodtryk på underekstremiteterne med henblik på at diagnosticere og vurdere perifer arteriel insufficiens.

Undersøgelsesprincip

Systolisk blodtryk måles simultant i begge over – og underekstremiteter. Typisk måles først det systoliske ankeltryk efterfulgt af det systoliske tåtryk i hvile. Ved normale trykmålinger i hvile og klinisk mistanke om claudicatio intermittens bør undersøgelsen suppleres med ankeltrykmåling efter fysisk belastning (se *Gangtest*) for at demaskere arteriestenose, som ikke er hæmodynamisk betydende i hvile.

Arterierne på ankel – og tåniveau afklemmes efter tur ved hurtig inflation til suprasystolisk tryk af en passende blodtryksmanchet, hvorved perfusionen perifert for manchetten ophører. Herefter udluftes manchettrykket langsomt. Det manchettryk, hvor det første tegn på genåbning af arterierne identificeres, er det systoliske arterietryk på niveau med manchetten.

Laser Doppler flowmetri:

Laser Doppler flowmetri måler blodstrømning i hudens mikrocirkulation ved hjælp af en lille probe, som både kan udsende og detektere reflekteret laserlys med særlige frekvenser. Laserlys reflekteret fra blodlegemer i bevægelse: undergår et frekvensskifte, som er proportionalt med blodlegemernes hastighed. Apparatet angiver probesignalet i den arbitrære enhed *perfusion units* (PU), som er lineært korreleret med perfusionen. Størrelsen af PU bestemmes både af blodlegemernes antal og hastighed.

Idet arterierne afklemmes af blodtryksmanchetten falder PU til et stabilt lavt niveau. Når manchettrykket efter langsom udluftning bliver lavere end det systoliske arterietryk genetableres bevægelsen af blodlegemer, hvilket ses som pulsation og/eller varierende grader af stigning i PU. Når manchettrykket passerer under venetrykket ses en kraftig stigning i PU, som følge af genoprettelse af perfusionen.

Ultralyd Doppler:

Reflekterede ultralydbølger fra strømmende blodlegemer i arterien har en Dopplerfrekvens i det hørbare spektrum (KHz). Man kan således via en pen Doppler, som er et lille håndholdt ultralydsapparat med indbygget højttaler, høre blodets pulserende strømning i arterien. Moderne apparater kan tillige vise et Doppler spektrum på en skærm. Princippet er i øvrigt det samme som beskrevet ovenfor. Der måles både i a. dorsalis pedis og i a. tibialis posterior, og det højeste målte tryk er det systoliske ankeltryk. Metoden kan i nogle tilfælde give et pålideligt resultat, hvor laser Doppler metoden ikke kan, men ultralyd Doppler kan ikke bruges til at måle de systolisk tåtryk.

Indikation

- Diagnose af arteriel insufficiens.
- Vurdering af sandsynlighed for heling af sår på fod og tæer

Kontraindikation

Ingen.

Forberedelse

Behandling af smerter kan være essentiel for at mindske motorisk uro, som kan vanskeliggøre pålidelige målinger.

Udførelse

Undersøgelsen udføres med patienten i liggende stilling. Hvis fødderne føles kølige, bør de opvarmes inden undersøgelsen.

Blodtryksmanchetter monteres omkring overarme, ankler og ved basis af 1. tå bilateralt.

Først måles det systoliske armbloodtryk bilateralt. Armen med det højeste tryk vælges som reference i beregningen af ankel/arm- og tå/arm ratio.

Laser Doppler prober monteres typisk på pulpa af 1. finger og 1. tå ved hjælp af gennemsigtigt dobbeltklæbende tape. Således kan både systolisk ankel – og tåtryk måles uden at proben skal flyttes undervejs. Ved amputation, gangræn eller sår på 1. tå, kan 2. eller 3. tå ofte anvendes. De øvrige tæer er ofte for små til pålidelige målinger. Hvis der ikke er egnede tæer, kan proben placeres på fodryggen ved måling af systolisk ankeltryk.

Der foretages på hvert niveau mindst to trykmålinger, der ikke må variere mere end 10 %, ellers udføres yderligere målinger. Det systoliske tryk aflæses på kurverne, som det manchetryk, hvor der først kommer pulsation på kurven og/eller en sikker stigning i signalintensiteten.

Gangtest:

Typisk udføres belastningen efter en standardiseret protokol på gangbånd med rækværk eller anden mulighed for støtte. Patienten skal gå i hele perioden eller indtil smertegrænsen. Herefter måles arm- og ankeltryk hurtigst muligt.

Hastighed og elevation tilpasses den enkelte patients formåen. Gangtest bør ikke udføres, hvis der er risiko for fald, og patienten skal nøje instrueres og overvåges, så faldulykker undgås.

Hvis gangtest ikke kan udføres, kan en alternativ belastning være, at patienten bliver liggende på lejet med fødderne ud over kanten og vipper med fødderne.

Af hensyn til fortolkningen er det vigtigt at registrere om gangtesten udløser velkendte symptomer, deres sværhedsgrad og efter hvilken distance, samt om belastningen er gennemført efter protokollen eller er justeret af hensyn til patientens formåen.

Tips & Tricks

- **Kolde tæer:** Arteriolevasokonstriktion medfører falskt lave tåtryk. Kolde tæer skal derfor opvarmes (fx i vandbad) før måling.
- **Nultryk:** Hvis der ikke kan måles tryk i rygleje, kan det skyldes umåleligt lave tryk. Dette verificeres ved at sætte patienten op på lejet, hvilket øger arterietrykket med vandsøjletrykket (lodret afstand mellem højre atrium og manchetten). Hvis trykkene bliver målbare, bekræftes det, at nultryk i rygleje er reelt. Hvis trykkene stadig ikke kan måles, kan det skyldes apparatfejl.
- **Stepping:** Ved meget lave perifere arterielle tryk er signalstigningen forsinket. Her kan den normale udluftningshastighed i manchetten være for hurtig, og det reelle systoliske tryk underestimeres. I disse tilfælde kan en trinvis (fx 10 mmHg) deflation af manchetten efterfulgt af en kort pause (fx 15 sek.) give en mere akkurat måling af det systoliske tryk. Udgangstrykket i manchetten sænkes til fx 80-100 mmHg.
- **Farveskift:** I nogle tilfælde med meget lave tryk kan hverken laser- eller ultralyd Doppler give pålidelige trykmålinger. Her kan visuel vurdering af farveskift give et estimat. Tåen trykkes tom for blod så pulpa bliver livid, og manchetten inflateres. Herefter udføres stepping som beskrevet ovenfor, hvor der i pauserne observeres for farveskift. Det systoliske blodtryk er det manchettryk, hvor pulpa begynder at rødme.

Fortolkning og svar:

I svaret angives både ankel/arm- og tå/arm ratioer og absolutte systoliske ankel- og tåtryk.

Ankel/arm og tå/arm ratioer beregnes ud fra gennemsnit af accepterede systoliske ankel-, tå- og armtryk.

Ankel/arm ratio $< 0,9$ og tå/arm ratio $< 0,64$ i hvile er diagnostisk for arteriel insufficiens. Ved ankel/arm ratio $> 0,9$ og klinisk mistanke om claudicatio intermittens anbefales supplerende gangtest. Et fald i ankel/arm ratio $> 20\%$ eller et absolut fald i systolisk ankeltryk på > 30 mmHg efter gangtest er diagnostisk for arteriel insufficiens.

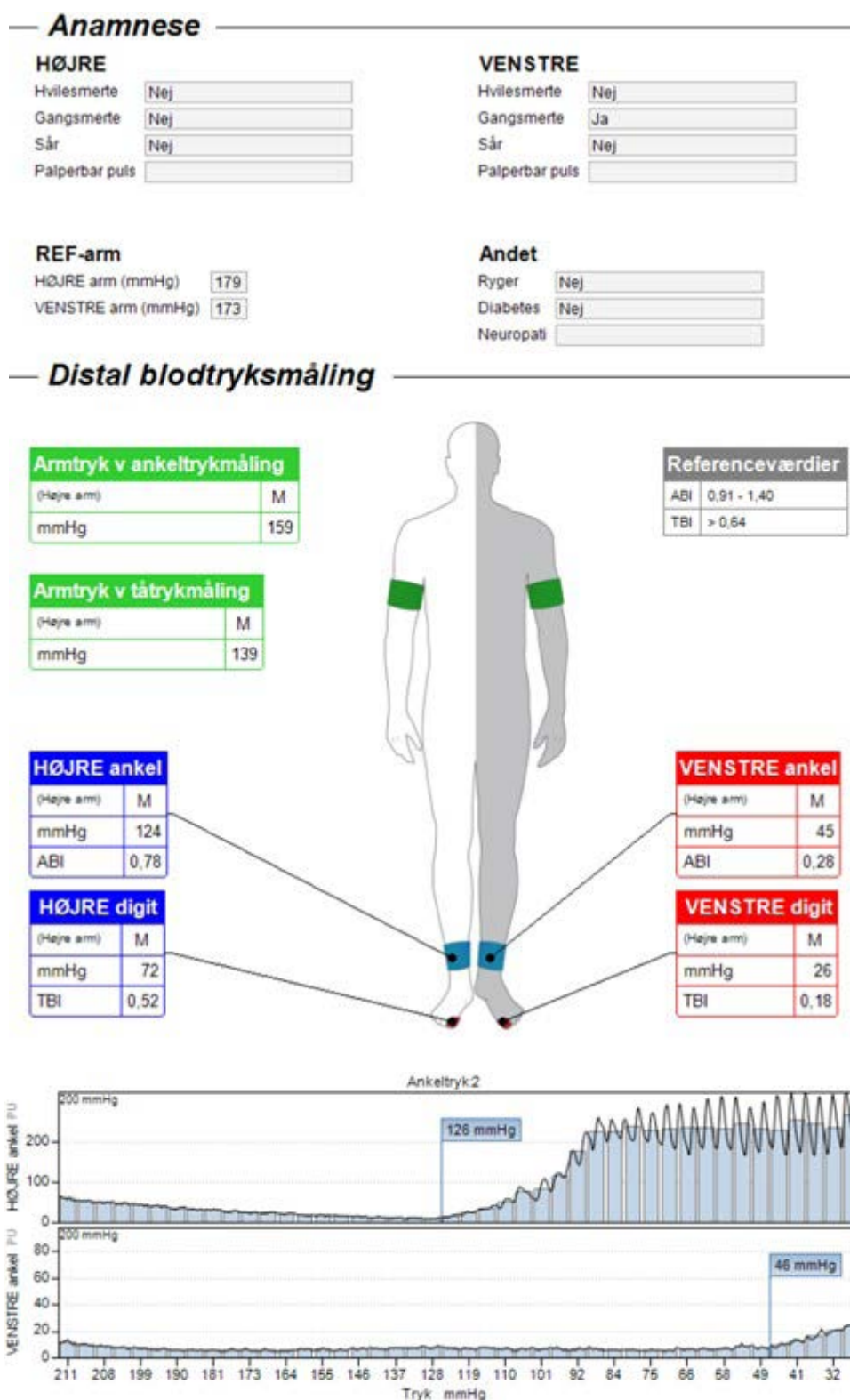
Ved kontrolundersøgelser er en signifikant ændring i ankel/arm ratio $> 0,15$.

Ved stive kar (mediasklerose), som typisk ses i patienter med diabetes eller uræmi, er ankel/arm ratio ofte $> 1,4$ og ankelarterierne kan ikke - eller kun afklemmes af meget høje manchettryk (ca. 250 mmHg). I disse tilfælde er ankel/arm ratio ikke pålidelig, og diagnosen bør baseres på tå/arm ratio.

Kritisk iskæmi er en klinisk diagnose, som baseres på hvilesmerter, sår og/eller gangræn. Distal blodtrykmåling kan bekræfte, at symptomerne skyldes arteriel insufficiens. Her vil absolutte systoliske ankeltryk typisk være < 50 mmHg og/eller tåtryk < 30 mmHg. Kritisk iskæmi er forbundet med høj morbiditet og mortalitet.

Ved fodsår kan helingspotentialer estimeres baseret på det absolutte tåtryk, idet helingsraten med eller uden mindre revision er god, hvis det systoliske tåtryk er ≥ 30 mmHg.

Eksempel:



Figur 1: 81 årig kvinde kendt med hofteartrose og atrieflimren henvist pga. claudicatio intermittens i venstre ben. Distal trykmåling viser nedsat ankel/arm (ABI)- og tå/arm ratio (TBI) i venstre ben i hvile. Ingen hvilemerter, sår eller gangræn og således ikke holdepunkt for kritisk iskæmi trods systolisk ankeltryk < 50 mmHg og - tåtryk < 30 mmHg.

Hudperfusionstryk

Formål

At måle hudens perfusionstryk for at vurdere mulighed for sårheling.

Undersøgelsesprincip

Den dominerende faktor for heling af sår, og i særdeleshed amputationssår, er blodcirkulationen i huden. Hudperfusionstrykket er tæt korreleret til blodcirkulationen i huden, og med kendskab til hudperfusionstrykket kan man derfor vurdere mulighed for sårheling. Det lokale hudperfusionstryk ligger tæt på det diastoliske blodtryk i samme område.

Hudperfusionstrykket kan måles med forskellige teknikker. Isotopudvaskning er guldstandard, men er erstattet af fotocelleteknik, fordi isotopudvaskning er tidskrævende og medfører større ubehag for patienten. Fotocelleteknikken kan pålideligt måle hudperfusionstryk > 40 mmHg, men har en tendens til at overvurdere lave hudperfusionstryk sammenlignet med isotopudvaskningsteknikken.

En monokromatisk lyskilde (hvidt) og en fotocelle er monteret sammen i en probe. Ved gennemlysning af huden kan selv små farveskift i huden betinget af blodfylden i mikrocirkulationen måles af fotocellen og omsættes til et elektrisk signal. Proben fikseres på huden i en blød silikonepude, som fordeler trykket, under en blodtryksmanchet, der inflateres til et tryk, der er højere end det lokale systoliske tryk. Herved tømmes kapillærnettet i huden for blod, perfusionen ophører, og huden bliver bleg. Manchettrykket udluftes langsomt, og når det applicerede tryk på huden passerer under hudperfusionstrykket genfyldes mikrocirkulationen med blod. Huden bliver derved rødere, hvilket registreres af fotocellen i proben. Probesignalet afbildes mod manchettrykket på en graf, hvor hudperfusionstrykket aflæses som det manchettryk, hvor der opstår en vendetangent.

Det skal understreges at hudperfusionstrykket udelukkende udtrykker noget om sårhelingspotentiale på baggrund af hudens blodforsyning og intet om andre faktorer af betydning for primær sårheling (infektion, ernæringstilstand osv.).

Indikation

- Præoperativ vurdering af helingsmulighed efter crusamputation.
- Vurdering af mulighed for sårheling distalt på underekstremitet.

Kontraindikation

Ingen. Dog kan undersøgelsen vanskelig-/umuliggøres ved ødemer eller hyper-pigmentering i måleområdet.

Forberedelse

Måling af hudperfusionstryk bør udføres kort før operationen, således at hudperfusionen ved undersøgelsestidspunktet svarer bedst muligt til det postoperative niveau. Patienten bør være normohydreret og smertedækket.

Udførelse

Patienten undersøges hvilende i liggende stilling. Proben fikseres med tape på huden (det er vigtigt at proben placeres over bløddele) 10 cm distalt og anterolateralt for knæets ledlinje over bugen på m. tibialis anterior. En blodtryksmanchet placeres oven på proben og pumpes op til et tryk, der ligger over det systoliske tryk. Herefter sænkes trykket ved gradvis udluftning af manchetten, og hudperfusionstrykket aflæses på kurveforløbet. Målingen gentages, så der sikres en reproducerbarhed på 10 mmHg eller mindre.

Svar og tolkning:

Ved et hudperfusionstryk > 40 mmHg er der gode muligheder for sårheling (ca. 88 %).

Referencer (Distalt blodtryk i underekstremiteterne og gangtest)

1. Norgren L, Hiatt WR, Bell K, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FGR, et al. Inter-Society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;33(Suppl 1):1–70.
2. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, Allison MA, Creager MA, Diehm C, et al. Measurement and interpretation of the Ankle-Brachial Index: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012;126:2890–909.
3. Høyer C, Sandermann J, Petersen LJ. The toe-brachial index in the diagnosis of peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2013;58:231–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2013.03.044>
4. Holstein P, Lassen NA. Healing of ulcers on the feet correlated with distal blood pressure measurements in occlusive arterial disease. *Acta Orthop* 1980;51:995–1006.

Referencer (Hudperfusionstryk)

1. Stöckel M, Ovesen J, Brøchner-Mortensen J, Emnéus H. Standardized photoelectric technique as routine method for selection of amputation level. *Acta Orthop* 1982;53:875–8.

Døgnblodtryksmåling

Per Karkov Cramon

Marianne Dreyer

Louise Schouborg Brinth

Formål

Ved måling af blodtryk igennem et døgn under dagligdags omstændigheder fås et indblik i højde og variationer i blodtryk som ikke afsløres ved konsultationsblodtryk alene.

Undersøgelsesprincip

Ved hjælp af en bærbar enhed måles blodtryk på overarm med oscillometrisk teknik i en periode på 24 timer.

Indikationer

- Tvivl om diagnosen arteriel hypertension/hypotension
- Mistanke om "white-coat hypertension" eller "white coat effekt"
- Mistanke om "maskeret hypertension"
- Terapiresistent hypertension
- Mistanke om over/underbehandling af hypertension
- Vurdering af blodtrykkets døgnprofil, specielt ved optimering af medikamentel behandling og ved mistanke om natlig hypertension (autonom dysfunktion, nefropati)

Kontraindikation

Der må ikke måles døgnblodtryk på en arm, hvor der er anlagt arteriovenøs fistel eller på den side, hvor der er foretaget aksilrømning eller er lymfødem.

Graviditet og amning

Graviditet og amning er ikke kontraindikation eller hindring for undersøgelsen. Dog skal man være opmærksom på graviditetens betydning for blodtrykket.

Forberedelse

Ingen – dog er det hensigtsmæssigt, at målingen udføres i et for patienten så normalt og repræsentativt døgn som muligt (arbejdsdag uden for ferie, weekend og hospitalsbesøg ol.).

Udførelse

Korrekt manchettørrelse vælges afhængig af patientens armomkreds. Patienten placeres i siddende stilling med støtte til både ryg og arme. Efter 5 minutters hvile måles først ét blodtryk på den ene arm, to på den anden arm og herefter igen ét blodtryk på første arm. Alternativ kan anvendes et apparat som måler blodtryk på begge arme simultant. Klinikblodtryk angives som gennemsnit af de sidste 2 målinger. Hvis forskellen på de to arme er > 20 mmHg systolisk, anvendes armen med højeste værdi til blodtryksmåling fremover. Ellers anvendes som udgangspunkt non-dominant arm. Patienten skal vente i venteværelse til apparatet har udført første vellykkede automatiske måling.

Der måles typisk hvert 15. min om dagen og hvert 30. min om natten. Patienten bedes notere tidspunkt for nattesøvn, men det er også hensigtsmæssigt at notere medicinindtag, træning og andet, der kan tænkes at påvirke blodtrykket.

Fortolkning og svar

Usikre målinger kan ses ved arrytmier. For at døgnblodtryksmålingen er sufficient, skal der foreligge mindst 21 målinger, som skal være jævnt fordelt over døgnet, heraf mindst 7 om natten.

Der beregnes gennemsnit for dagtiden, for nattiden og for hele det målte døgn.

Tolkning af døgnblodtryk hos voksne (≥ 18 år) (1-5)

Konsultations- og døgnværdier bør ved bedømmelsen graderes, som angivet i tabel 1. Ved besvarelsen tages stilling til om der er:

- Foretaget et sufficient antal målinger
- **Hypertension** ved døgnblodtryksmålingen
- **Hypotension** ved døgnmålingen (systolisk eller diastolisk). Dette kan være i form af generelt lave tryk med middelværdier under normalgrænsen, eller episodisk hypotension med enkelte målinger < 100 mmHg. Hypotension kan ses hos ældre patienter med overbehandlet hypertension, eller ved autonom dysfunktion. Hypertension er forbundet med øget faldtendens og øget mortalitet.
- **White coat hypertension** (hypertension ved måling af klinikblodtryk, men normalt døgnblodtryk). Prognosen hos disse patienter er som hos personer med normalt blodtryk.
- **White coat effekt** (hypertension ved døgnblodtryk, men markant højere blodtryk ved klinikblodtryksmåling). En forskel på mere end 10 mmHg i systolisk blodtryk mellem klinikblodtryk og dagværdier ved døgnblodtryksmålingen kan bruges som tommelfingerregel.
- **Maskeret hypertension** (normalt klinikblodtryk, men hypertension ved døgnblodtryksmåling). Prognosen svarer til døgnmålingen.
- **Normal døgnvariation:** Døgnvariation kan angives som nat/dagratio, hvor en ratio $> 0,9$ karakteriseres som nedsat døgnvariation (non-dipping).

Tabel 1

Kategori	Konsultationsblodtryk (mmHg)		Døgnblodtryk dagtid (mmHg)		Døgnblodtryk nat (mmHg)	
	Systolisk	Diastolisk	Systolisk	Diastolisk	Systolisk	Diastolisk
Normalt blodtryk	<140	<90	<136	<87	<121	<76
Grad 1 hypertension	140-159	90-99	137-152	88-96	122-139	77-84
Grad 2 hypertension	160-179	100-109	153-168	97-105	140-157	85-93
Grad 3 hypertension	≥ 180	≥ 110	>168	>105	>157	>93
Isoleret systolisk hypertension	≥ 140 og <90					
Hypotension			<105	<65	<90	<50

Tolkning af døgnblodtryk hos børn (< 18 år) (6,7)

Måling af døgnblodtryk hos børn er en specialistopgave. Der kræves særlige døgnblodtryksmålere kalibreret til børnemålinger. Såvel konsultations- som døgnblodtryk vurderes ud fra normalmaterialer baseret på percentiler for alder/køn/højde.

For konsultationsblodtryk defineres hypertension som blodtryk > 95%-percentilen, for børn > 13 år dog > 130/ 80 mmHg.

For døgnblodtryk defineres hypertension altid som blodtryk > 95%-percentilen. Blodtryksvariabiliteten (andelen af målinger > 95%-percentilen) indgår også i bedømmelsen.

Referencer

1. Williams B, Mancia G, Spiering W et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. Eur Heart J. 2018;39:3021-104.
2. Head GA, Mihailidou AS, Duggan KA et al. Definition of ambulatory blood pressure targets for diagnosis and treatment of hypertension in relation to clinic blood pressure: prospective cohort study. BMJ. 2010;340:c1104.
3. Divisón-Garrote JA, Banegas JR, De la Cruz JJ et al. Hypotension based on office and ambulatory monitoring blood pressure. Prevalence and clinical profile among a cohort of 70,997 treated hypertensives. J Am Soc Hypertens. 2016;10:714–23.
4. Dansk Hypertensionsselskab. Vejledning i blodtryksmåling 2021 fra Dansk Hypertensionsselskab - tips og råd til løsning af problemer relateret til blodtryksmåling.
5. Bang, LE; Christensen, KL; Hansen, KW; Skov, K; Wiinberg, N. Diagnostisk blodtryksmåling - på døgnbasis, hjemme og i konsultationen. Dansk Hypertensionsselskab 2006, pp 1-2.
6. Flynn JT, Kaelber DC, Baker-Smith CM, et al; SUBCOMMITTEE ON SCREENING AND MANAGEMENT OF HIGH BLOOD PRESSURE IN CHILDREN. Clinical practice guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents. Pediatrics. 2017;140(3):e20171904.
7. Flynn JT, Daniels SR, Hayman LL, et al. Update: ambulatory blood pressure monitoring in children and adolescents: a scientific statement from the American Heart Association. Hypertension. 2014;63:1116–35.

Vippelejetest

Louise Schouborg Brinth

Lars Thorbjørn Jensen

Mads Christian Johannes Barløse

Formål

Vippelejetest (vippebordstest) er en diagnostisk metode til udredning af såvel akut som kronisk ortostatisk intolerance. Det gælder primært diagnoserne synkope, ortostatisk hypotension (OH) og postural ortostatisk takykardisyndrom (POTS), men testen kan også være relevant ved mistanke om anden autonom dysfunktion.

Ved vippelejetesten forsøger man at fremkalde patientens symptomer og beskrive de eventuelle ændringer i hjerterefrekvens og blodtryk, der relaterer sig hertil. Resultatet af vippelejetesten vil ofte være vejledende for den videre udredning og behandling. Undersøgelsen kan suppleres med såkaldte autonome tests – ofte Valsalva-manøvre, dybe vejtrækninger og active standing, hvor et patologisk hæmodynamisk repons kan understøtte en mistanke om autonom dysfunktion.

Undersøgelsesprincip

Under kontinuert registrering af hjerterefrekvens og blodtryk (non-invasivt) vippes patienten fra liggende til næsten stående stilling (60 grader). Afhængig af indikation fastholdes denne indtil det hæmodynamiske respons og/eller symptomer nødvendiggør afbrydelse. Der kan suppleres med indgift af nitroglycerin efter 20 minutter, hvilket forkorter den tid, patienten skal være oprejst.

Indikationer

Inden henvisning til vippelejetest, skal der foreligge en grundig anamnese, EKG (evt. event-recording) og en ortostatisk blodtryksmåling. Såfremt patienten fortsat er diagnostisk uafklaret kan der henvises på følgende indikationer:

- Mistanke om refleksmedieret synkope
- Mistanke om ortostatisk hypotension (OH)
- Mistanke om posturalt ortostatisk takykardisyndrom (POTS)
- Tilbagevendende faldepisoder hos ældre
- Mistanke om autonom dysfunktion
- Patienter med en enkelt synkope i en højrisikosituation eller med erhvervsmæssige konsekvenser
- Differentialdiagnostisk ved mistanke om epilepsi
- Mistanke om funktionelle synkoper
- Mistanke om sinus caroticussyndrom

Kontraindikationer

Nitroglycerin er kontraindiceret ved graviditet, amning, til patienter med svær migræne og til børn < 15 år. Indtagelse af Viagra inden for 24 timer eller Cialis inden for 4 døgn er ligeledes kontraindikation for nitroglycerinindgift. Der bør endvidere udvises forsigtighed ved hypotension (Systolisk blodtryk < 100 mmHg).

Carotismassage er kontraindiceret ved mislyd over carotiderne, carotisstenose og ved TCI, apoplexi eller hjerteinfarkt inden for de sidste 3 måneder.

Graviditet og amning

Gravide og ammende kvinder kan principielt godt undersøges på vippeleje. Især hos gravide vil undersøgelsen dog sjældent være klinisk relevant og henvisende læge kan eventuelt kontaktes for at drøfte indikation.

Forberedelse

Det anbefales at faste, men ikke tørste, 4 timer før undersøgelsen. Med undtagelse af ovenstående potensfremmende midler, foretages undersøgelsen under patientens eventuelle vanlige medicinering. Patienten opfordres til at gå på toilettet inden undersøgelsen.

På patienter over 40 år stetoskoperes carotiderne inden undersøgelsen startes. Ved mislyd eller begrundet mistanke om stenose gøres supplerende ultralydsskanning af halskar for at vurdere graden af plaquedannelse og stenose. Ved plaquedannelse og/eller moderat til svær stenose af carotiderne undlades carotis-massage.

Udførelse

I forbindelse med undersøgelsen foretages kontinuert registrering af hjerterefrekvens og beat-to-beat blodtryk. Følgende delelementer kan indgå i vippelejetesten:

Vippelejetest: Efter minimum 5 minutters liggende hvile tiltes vippelejet til 60 grader. Testen afbrydes ved synkope. Følgende protokoller kan anvendes:

Synkopeudredning hos voksne: Samlet 35 minutters tilt. Efter 20 minutter gives 0,4 mg nitroglycerin sublingualt.

Synkopeudredning hos børn (alder < 15 år) eller hvis nitroglycerin er kontraindiceret: Samlet 45 minutters tilt. Der afstås fra indgivelse af nitroglycerin.

Udredning for kronisk ortostatisk intolerance (mistanke om ortostatisk hypotension eller POTS):

Hvis der anamnestisk er tale om synkope, gøres som ved synkopeudredning. Ellers gøres kun 10 minutters passivt tilt. Da det hæmodynamiske respons kan variere meget mellem henholdsvis passivt tilt og aktiv stillingsændring, vil det ofte være gavnligt at supplere med active standing.

Mistanke om sinus caroticus syndrom: Hvis der anamnestisk er tale om synkope, gøres som ved synkopeudredning. Ellers gøres samlet 10 minutters passivt tilt og carotismassage liggende og stående.

- Active standing: Efter 5 minutters liggende hvile rejser patient sig op ved egen kraft og står uden støtte i 3 minutter.
- Carotismassage: Sinus caroticus hypersensitivitet er yderst sjældent hos personer under 40 år. Hvis der ikke er kontraindikationer gøres carotis-massage hos alle over 40 år. Udføres ved at identificere pulsation i a. carotis communis og påføre dette sted et jævnt tryk i 5 sekunder.
- Dyb vejtrækning: Vurdering af variationen i hjerterefrekvens under dyb vejtrækning er et mål for reaktivitet i det autonome nervesystem. Patienten informeres om at trække vejret 6 gange pr. minut i 60 sekunder.
- Valsalva-manøvre: Denne er ligeledes et mål for reaktivitet i det autonome nervesystem. Patienten puster i et mundstykke forbundet til et manometer. Patienten instrueres i at tage en dyb indånding og derefter foretage en forceret eksspiration gennem mundstykket og forsøge at fastholde et tryk på 40 mm Hg i 15 sekunder.

Bivirkninger og risici

Vippelejetest er en meget sikker undersøgelse. I litteraturen er beskrevet kasuistiske rapporter om komplikationer – primært i form af arytmier. Der kan forekomme forbigående ubehag (f.eks. kvalme og mæthedfølelse) i timerne efter testen – særligt i de tilfælde, hvor der er udløst refleksmedieret synkope. Nitroglycerin kan give forbigående hovedpine. Bivirkninger til carotismassage er yderst sjældne – men der er enkelte rapporter om transitorisk cerebral iskæmi og apoplexi. Sjældent optræder asystoli af mere end 10 sekunders varighed. Ved længerevarende asystoli alarmeres hjerstestopholdet. Ved asystoli på mere end 30-40 sekunder vil patienten ofte være påvirket efterfølgende, og indlæggelse til observation på kardiologisk afdeling skal overvejes.

Fortolkning og svar

Efter testen sammenholdes eventuelle ændringer i blodtrykket og hjerterefrekvensen med patientens symptomer under undersøgelsen.

Følgende diagnoser kan gives:

- Refleksmedieret synkope: Refleksmedieret (nær)synkope klassificeres som enten vasodepressor, kardiainhibitorisk eller af blandet type afhængigt af udsving i blodtryk og hjerterefrekvens i forbindelse med (nær)synkope.
 - **Reflekssynkope type 1, blandet type:** Hjerterefrekvensen falder i forbindelse med synkope mere end 10% men forbliver over 40 min⁻¹ eller er under 40 min⁻¹ i mindre end 10 sekunder.
 - **Reflekssynkope type 2, kardiainhibitorisk type, type 2A:** Hjerterefrekvensen falder til under 40 min⁻¹ i mere end 10 sekunder, eventuelt med asystoli ≤ 3 sekunder. Ved type 2B er der asystoli > 3 sekunder.
 - **Reflekssynkope type 3, vasodepressor type:** Hjerterefrekvensen falder mindre end 10% sammenholdt med peak-værdi.
- Ortostatisk hypotension:
 - **Klassisk ortostatisk hypotension:** Fald i SBT ≥ 20 mmHg og/eller fald i DBT ≥ 10 mmHg inden for 3 minutter og/eller fald i SBT til værdier under 90 mmHg.
 - **Initial ortostatisk hypotension:** Vigtig differentialdiagnose, som specifikt ses ved active standing; her ses inden for de første 15 sekunder et fald i SBT > 40 mmHg og/eller DBT > 20 mmHg, blodtrykket retter sig hurtigt.
- Postural ortostatisk takykardisyndrom (POTS): Stigning i hjerterefrekvens inden for 10 minutter efter overgang til stående stilling på > 30 min⁻¹ eller til > 120 min⁻¹. Hos unge (12-19 år) er en stigning i hjerterefrekvens på > 40 min⁻¹ ved overgang til stående stilling diagnostisk. Der ses et fravær af ortostatisk hypotension, men ofte labilt blodtryk i stående stilling ledsaget af ubehag som svinder igen i liggende stilling. Der må ikke være andre årsager til takykardien.
- Sinus caroticus hypersensitivitet: Carotismassage udløser > 3 sekunders asystoli (kardiainhibitorisk type) og/eller et fald i systolisk blodtryk på >50 mmHg (hhv. blandet/vasodepressor type). Ved symptomer i forbindelse med ovenstående eller ved f.eks. hoveddrejning eller slipsestramning klassificeres det som sinus caroticus syndrom.

Derudover kan der ses dysautonomt respons med progredierende blodtryksfald efter overgang til stående/vippet stilling eller kronotrop inkompetence med manglende stigning i hjerterefrekvens i forbindelse med ortostatisk stress. Disse fund ledsages ofte af lav variation i hjerterefrekvensen ved spontan og ved dyb vejrtrækning.

Svarafgivelse på undersøgelsen følger almindelige principper og kan omfatte følgende del-elementer:

- Indikation for undersøgelsen, det aktuelle medicinforbrug, initiale armbloodtryk og EKG-beskrivelse.
- Beskrivelse af patientens respons på carotismassage og active standing.
- Beskrivelse af respons på passivt vipning og symptomer, herunder om disse er genkendelige for patienten og ledsages af hæmodynamiske forandringer.
- Beskrivelse af hjertefrekvensvariabiliteten ved spontan og dyb respiration samt det hæmodynamiske respons på Valsalvamanøvreren.

Der afsluttes med en konklusion - så vidt muligt omfattende en af ovenstående diagnosemuligheder.

Referencer

1. Bartoletti A., Alboni P., Ammirati F., Brignole M., et al., The Italian Protocol: a simplified head-up tilt testing potentiated with oral nitroglycerin to assess patients with unexplained syncope. *Europace* 2000; 2: 339-42.
2. Benditt D. G., Ferguson D. W., Grubb B. P., et al., Tilt table testing for assessing syncope. *American College of Cardiology. J Am Coll Cardiol*, 1996, 28:263-75.
3. Peggion E., Guiducci V., Brignole M., et al., Results and complications of the carotid sinus massage performed according to the "method of symptoms". *Am J Cardiol*, 2002, 89:599-601.
4. Brignole M., Moya A., de Lange F. J. et al., 2018 ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope. *Kardiol Pol*, 2018, 76:1119-98.

Lungefunktionsundersøgelser

Jann Mortensen
Morten Damgaard

Formål

At kvantitere forskellige parametre, der beskriver patientens lungefunktion.

Princip

Standard lungefunktionsundersøgelse: omfatter forceret eksspiration og inspiration, med opmåling af flow-volumenkurve. Herudfra bestemmes forceret eksspiratorisk volumen i 1. sekund (FEV_1), forceret vitalkapacitet (FVC) samt efter behov andre parametre fra eksspirations- og inspirationskurven. Ved hjælp af helkropspletysmograf ("bodybox") bestemmes residualvolumen (RV), funktionel residualkapacitet (FRC), total lungekapacitet (TLC) og ikke-forceret vital kapacitet (VC). Der måles single breath diffusionskapacitet af kulmonoxid (CO) (D_{LCO}).

Reversibilitetsstest: den forcerede eksspiration gentages 15 min efter inhalation af β_2 agonist og/eller 30 min efter ipratropium bromid (Atrovent). Reversibilitetstest kan ligeledes udføres før og efter korttids steroidbehandling (1-2 uger ved peroral steroid eller 4-6 uger ved inhalations-steroid).

Mannitol provokationstest: FEV_1 målinger under stigende dosis af inhaleret mannitol ved mistanke om astma.

Indikationer

- Udredning, klassifikation (obstruktiv, restriktiv, blandet type, diffusions-påvirkning) og gradinddeling af lungefunktionsnedsættelse.
- Monitorering af lungefunktionen: for eksempel behandlingseffekt af steroid eller anden lungemedicinsk behandling, effekt af lungetoksiske lægemidler, eksempelvis kemoterapi eller strålebehandling.
- Præoperativ vurdering mhp. risikovurdering og estimat af restlungefunktion efter lungekirurgi.
- Før og efter lungetransplantation og lungevolumenreducerende indgreb.
- Klinisk mistanke om astma.
- Mistanke om ekstratorakal luftvejsobstruktion, for eksempel ved struma.
- Mistanke om hypodynamisk sygdom ved muskuloskeletale og neurologiske lidelser. Styrken af respirationsmuskulaturen kan vurderes ved måling af maksimalt in- og eksspirationstryk (udføres på Rigshospitalet) og måling af siddende og liggende VC.

Kontraindikationer

Relative kontraindikationer

- Relateret til øgning i blodtryk og myokardiebelastning: < 1 uge efter akut myocardiinfarkt, svær hypo- og hypertension, svær hjerteinsufficiens.
- Relateret til øgning i intrakranielt/intraokulært tryk:
- Cerebrale aneurismer, < 4 uger efter hjernekirurgi og < 1 uge efter øjenkirurgi, nylig hjernerystelse.
- Relateret til stigning i tryk i sinus og mellemører: < 1 uge efter kirurgi/infektion i mellemører og bihuler.
- Relateret til intrathoracal og abdominal trykstigning: Pneumothorax, < 4 uger efter thorax- og abdominal kirurgi, lungefistler, lungedræn, gravide som går over tiden, stress-inkontinens for urin eller afføring.

- Relateret til nedsat udførsel og kooperationsevne: Demens, retardering, konfusion, smerter ved manøvren og mund/ansigtssmerter udløst af mundstykke, facialispærese.
- Relateret til smitterisiko: Aktiv eller mistænkt infektion, hæmoptyse, orale læsioner/blødning.

Relativ kontraindikation for reversibilitetstest: svær, ikke reguleret hyperthyreose/takyarytmier/hjerteinsufficiens. Hypersensitivitet for β_2 -agonist.

Kontraindikation ved mannitolprovokation: <18 år. Graviditet. Svært nedsat lungefunktion (FEV_1 <50% af forventet eller <1 liter). Testen er mindre pålidelig ved moderat nedsat lungefunktion.

Patientforberedelse

Før test bør følgende undgås: store måltider 2 timer, rygning 4 timer, alkohol 4 timer, fysisk anstrengelse ½ time og stramt siddende tøj.

Patienten skal kunne kooperere til undersøgelsen både mentalt og fysisk. Således skal patienten kunne slutte tæt til mundstykket.

Der foretages individuel stillingtagen til evt. medicinpause for bronchodilatorer:

- Hvis patienten forud for almindelig lungefunktion har anvendt bronchodilator, bemærkes dette i svaret med dertil svarende forbehold.
- Hvis patienten er henvist til reversibilitetstest mhp. vurdering af den maksimalt opnåelige reversibilitet, og pausen for anvendelse af bronchodilatorer ikke er overholdt, bør undersøgelsen udsættes.
- Hvis patienten er henvist til måling af den maksimalt opnåelige lungefunktion, for eksempel ved præoperativ undersøgelse, er forudgående inhalation/indgift af bronchodilator hensigtsmæssig og kan evt. yderligere suppleres.

Hygiejne

For at undgå smitte anbefales det at benytte filtre og ventiler eller engangsudstyr. Målefejlen, der introduceres, bør være negligeabel og ikke påvirke de kliniske beslutninger, der træffes på grundlag af undersøgelsen. Imellem patientundersøgelser rengøres overflader på apparatur, stol, stadiometer (alt pt. kan komme i kontakt med), og der luftes ud. Håndhygiejne udføres af personale og patient.

Undersøgelsens udførelse

Rækkefølge af delundersøgelser:

1. Dynamiske manøvrer, 2. statiske volumina, 3. evt. bronkodilator inhalation, 4. diffusionskapacitet, 5. evt. gentagne dynamiske manøvrer

Dynamiske undersøgelser (spirometri og flow-volumen optegnelse): måling af den forcerede eksspiration og forceret inspiration udføres indtil man har opnået 3 "acceptable" målinger, dvs. med 3 eksspirationer, som opfylder følgende acceptkriterier:

Startkriterier: ingen nølen mellem maksimal inspiration og opnåelse af peak ekspiratorisk flow, så den forcerede eksspiration begynder indenfor 2 sekunder og er distinkt og stejl, så bagud-ekstrapoleret volumen er <150 ml eller < 5% af FVC; den registrerede kurve bør være jævn og kontinuerlig uden hak (ingen hoste, obstruktion ved mundstykket eller ekstra inspiration under eksspirationen, og munden holdes tæt lukket om mundstykket). Slutkriterier: <25 ml i sidste sekund af eksspirationen, eller der ekspireres i 15 sekunder, eller hvis dette ikke lader sig gøre, skal FVC være reproducerbar, og den forcerede inspiratoriske VC (FIVC) må højst være 100 ml større end FVC eller FIVC – FVC må højst udgøre 5% af FVC.

Såfremt ovenstående forudsætninger ikke er opfyldt, skal nye forsøg udføres, indtil der foreligger 3 godkendte registreringer. Hvis der ikke kan opnås acceptable forsøg, kan man nøjes med anvendelige forsøg, hvor startkriterier skal være opfyldt, og ingen hoste i første sekund. Det er som regel nytteløst at fortsætte undersøgelsen, hvis man ikke opnår dette i løbet af 8 forsøg. Det er vigtigt, at inspirationen gøres maksimalt hurtigt og maksimal dyb, for at kunne vurdere en evt. ekstratorakal obstruktion.

Repeterbarhed: Forskellen mellem de to største $FEV_{1,}$ hhv. FVC målinger skal være $<0,15$ liter for personer > 6 år. Større forskel tyder på suboptimal Kooperation, som må forsøges afhjulpes med yderligere instruktion og opmuntring. Man kan graduere kvaliteten og repeterbarheden med en skala (A (bedst) til F), hvilket nyere udstyr kan hjælpe med.

Reversibilitetstest: De fleste patienter med obstruktiv, bronchospastisk lungesygdom afsløres ved måling 15 minutter efter inhalation af en stor dosis β_2 agonist (4 pust eller mere). Enkelte patienter – specielt ældre – reagerer bedre på ipratropium bromid (Atrovent), og effekten vurderes efter mindst 30 minutter. Alle korttidsvirkende β_2 -agonister er ligeværdige, og der er intet til hinder for at benytte pulver-inhalatorer eller forstøvere. Som eksempel kan freon-fri β_2 -agonist airomir gives som trykaerosol med spacer, for eksempel som 4 adskilte pust ind i spacer; ét tryk/pust ad gangen i spacer, hvorefter patienten tager en dyb indånding og holder vejret ca. 5 sekunder. Trykaerosolen skal rystes før hvert tryk/pust. Til små børn kan man bruge den maske, som findes i pakken.

Til større børn og voksne bruger man ikke maske, men patienten holder mellemstykket mellem tænderne og omslutter mellemstykket med munden og bruger dette som mundstykke.

Statiske volumina og kapaciteter:

Bodybox måling er den gyldne standard til bestemmelse af FRC, VC, RV og TLC (FRC, RV og TLC undervurderes, hvis man hos obstruktive patienter benytter fortyndingsteknik).

I bodybox måles først FRC og derpå de to komponenter af VC (IC og ERV), som skal bestemmes for at beregne TLC og RV. Der er 2 foretrukne metoder til bestemmelse af RV, se tabellen, som også viser, hvordan resultatet angives:

Lungevolumina	Repeatability	Beregning af resultat
FRC	$< 5\%$	Gennemsnit af 3 målinger
ERV og IC	Ingen krav	Gennemsnit af 3 målinger
RV (1.metode) TLC	Ingen krav	$= FRC - ERV$ $= RV + IVC$
RV (2.metode) TLC		$= TLC - IVC$ $= FRC + IC$
IVC	Største værdi < 150 ml større end næststørste	Største IVC af 3 målinger, Alternativt: Største EVC af 3 målinger

Diffusionskapacitet (DLco) med single breath CO-teknik:

Der foretages 2 uafhængige målinger af diffusionskapaciteten med mindst 4 minutters pause imellem. I pausen kan man slå Hb værdien op eller tage en kapillærprøve. Målingen er acceptabel, såfremt IVC > 90% af VCmax. Hvis resultatet af DLco er repeterbart, dvs. at de 2 acceptable målinger varierer < 0,67 mmol/min*kPa, opgives det endelige resultat som gennemsnitsværdien. Hvis ikke foretages endnu en måling, evt. flere, indtil repeterbarhed opnås, dog udføres max. 5 forsøg.

Ved FVC < 0,8 liter opgives målingen, eller man kan redigere de volumenmålinger, der indgår i månvren efter udførelsen. Hvis muligt kan man overveje at foretage diffusionskapacitetsmåling med en alternativ metode, (med D_{Lco}No metoden, som findes på RH).

Ved FVC mellem 1 og 2 liter kan man ændre på testbetingelserne eller redigere volumener efter udførelsen (hvilket noteres i svaret).

Sædvanligvis bør man hæmoglobin-korrigere diffusionskapaciteten. Man kan vælge at korrigere den målte værdi eller forventede værdi (anbefales af ERS/ATS)¹. Ved abnorm hæmoglobinværdi: (referenceværdi: hos kvinder 7–10 mmol/l, og hos mænd 8–11 mmol/l) korrigeres den målte D_{Lco} værdi således:

$$D_{L,co} * \frac{6,2 + hb}{1,7 * hb} = \text{korrigeret } D_{L,co}$$

D_{Lco} beregnes som = diffusionskonstanten (K_{co}) * V_A (alveolært volumen).

Fortolkning og svar

Svaret bør indeholde følgende (kolonner fra venstre mod højre, vigtigst angivet med fed) (bilag 1): målt værdi, øvre og nedre grænseværdi, % forventet, og z-score evt. grafisk fremstillet for:

- **FEV₁, FVC, FEV₁/FVC**, FEV₁/VCmax, peak flow, VCin-FVC (fra den dynamiske spirometri),
- **VC, FRC, RV, TLC**, RV/TLC (fra statisk spirometri i bodybox),
- Hbcorr. **D_{Lco}**, hbcorr. **K_{co}**, V_A eller TLC_{sb} (fra diffusionsmålingen).

Ved reversibilitetstestning angives til højre: **FEV₁, FVC, FEV₁/FVC** med **absolut og % ændring**.

Volumen/tidskurver, flow-volumen kurver, og kurver for diffusion og boxmåling bør vises. Yderligere foreslås angivet: benyttede referencematerialer og kvalitetsvurdering, gerne også udvalgte kvalitetskriterier.

Hvis tidligere undersøgelser findes, kan vises trend-kurver med tidligere parametre (f.eks. FEV₁, FVC, D_{Lco}).

Graden af Kooperation bør også anføres i svaret og medtages i tolkningen.

Det anbefales at inkludere den standardiserede kvalitetsgraduering (A-F)

- God Kooperation svt. acceptkriterier er opfyldt, grad A og B.
- Moderat Kooperation svt. acceptkriterier opfyldt i mindre grad C, D og E (tag forbehold i stigende grad).
- Ringe Kooperation svt. ikke anvendelig måling, grad F (meget kraftigt forbehold).

¹Fodnote: ERS: European Respiratory Society, ATS: American Thoracic Society

Grad af funktionsnedsættelse:

Ventilationskapaciteten vurderes primært fra FEV_1^* , som nedsat i:

- svær grad, hvis laveste værdi er under 50 % (eller z score < -3).
- moderat grad, mellem 50 – 70 % (eller z score mellem -2 og -3).
- let grad, fra og med 70 % til nedre grænseværdi (eller z score mellem -1,64 og -2). (*ved restriktion kan graden vurderes ud fra FVC (TLC), hvis den er mere nedsat end FEV_1)

Diffusionskapaciteten (princielt den hæmoglobinkorrigerede værdi) er

- svært nedsat, hvis værdien er $< 40\%$
- moderat nedsat i intervallet 40 – 60%
- og let nedsat, fra 60% til nedre grænseværdi.

Det europæiske referencemateriale gælder for alle voksne, også > 70 år. Det danske materiale (Dalfumat) som inkluderer personer i alderen 18-98 år forventes at udkomme i 2022. For børn under 18 år benyttes hyppigst Polgars og Zapletals materialer. Se under fejkilder.

Tolkning

Typiske fund ved nedsat lungefunktion vises i bilag 2.

- Der er obstruktivt nedsat ventilationskapacitet, hvis FEV_1/VC (eller FEV_1/FVC) $<$ nedre grænseværdi.
- Der er restriktivt nedsat ventilationskapacitet, hvis $TLC <$ nedre grænseværdi.
- Der er blandet obstruktiv/restrktiv nedsat ventilationskapacitet, hvis $FEV_1/VC <$ nedre grænseværdi og $TLC <$ nedre grænseværdi.
- Der er signifikant reversibilitet, hvis FEV_1 eller FVC stiger mindst 200 ml og 12%.
- Korrelationen mellem resultatet af en akut β_2 -agonist/atrovent reversibilitets test og virkningen af et behandlingsforsøg er ikke god, hvorfor man ikke bør foreholde patienten et behandlingsforsøg pga. manglende akut reversibilitet.

Fejlkilder

Mangelfuld eller manglende kontrol af nulpunkt (vandret volumenkurve-tidskurve før måling).

Luft gennem næsen afhjælpes med næseklemme.

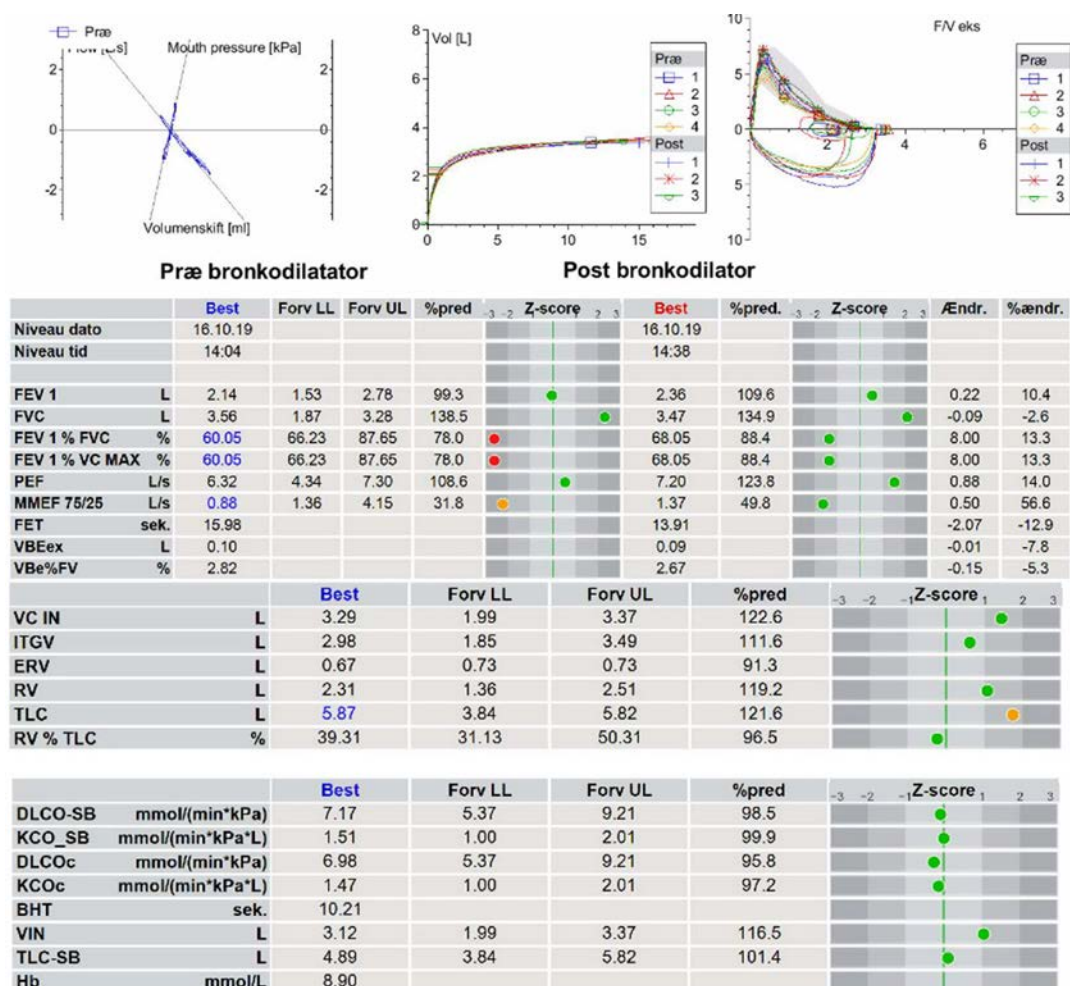
Der tages i referencematerialet ikke højde for raceforskellighed, men det vides, at visse racer, eksempelvis negroide har 10–15% lavere lungevolumina end tilsvarende kaukasere, og asiater har 7-8% lavere lungevolumina end kaukasere.

Referencer

1. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2019;200:e70-e88.
2. Madsen F, Maltbæk N, Mortensen J. Lungefysiologiske undersøgelser. 2018: <https://lungemedicin.dk/lungefysiologiske-undersogelser/>
3. Madsen FF, Mortensen J, Maltbæk N, Pedersen OF. Lungefunktionsundersøgelser – Standard for Spirometri og Peakflow, Lungevolumenmåling samt Lungediffusionskapacitetsmåling. Standarder for Dansk Lungemedicinsk Selskab & Dansk Selskab for Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin, 2007. <http://www.lungemedicin.dk/guidelines/LFU%20Standard%20rev%2059.pdf>
4. SERIES “ATS/ERS TASK FORCE: STANDARDISATION OF LUNG FUNCTION TESTING” Eds Brusasco V, Crapo R, Viegi G. Number 1 in this Series. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 2005;26:153–61.
5. Culver BH, Graham BL, Coates AL, et al. Recommendations for a standardized pulmonary function report. An official American Thoracic Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;196:1463-72.
6. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows 1993 update. *Eur Respir J* 1993;6 suppl16:5-40.
7. Polgar G. Pulmonary function tests in children. *J Pediatr* 1979;95:168-70.
8. Zapletal A, Motoyama EK, Van De Woestijne KP, Hunt VR, Bouhuys A. Maximum expiratory flow-volume curves and airway conductance in children and adolescents. *J Appl Physiol* 1969;26:308-16.

Bilag 1

Eksempel på rapport



Bilag 2

Typiske lungefunktionsfund ved forskellige lungesygdomme

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /VA	VC	TLC	RV	D _{Lco}	K _{co}
Obstruktiv lungesygdom			↓					
Astma	↓→	↓→	↓→	↓→	↑→	↑→	→	→
Kronisk bronchitis	↓	↓(→)	↓	↓→	↓→	↑	→(↓)	→
Emfysem	↓	↓(→)	↓	↓→	↑	↑↑	↓	↓↓
Restriktiv lungesygdom					↓			
Interstitiel lungesygdom	↓→	↓	↑→	↓	↓	↓	↓	↓→
Ekstrapulmonal lidelse	↓	↓	→	↓	↓	↓→	↓→	↑→
Uspecifik nedsættelse	↓→	↓→	→	↓→	→	↑↓→	↓→	↓→

Lungeskintigrafi

Jann Mortensen
Morten Damgaard

Formål

At undersøge lungernes perfusions- og/eller ventilationsfordeling.

Undersøgelsesprincip

Perfusionsskintigrafi: ^{99m}Tc -mærkede partikler af makroaggregerede albumin (MAA) indgivet i.v. vil fanges i lungernes prækapillære kar, hvoraf mindre end 1 % okkluderes forbigående. Med gamma-kamera optages umiddelbart skintigrafiske billeder, som afspejler lungernes regionale perfusion. Der indgives 60.000-500.000 partikler (reduceres til minimum 60.000 hos børn og ved shunt/pulmonal hypertension, se senere).

Ventilationsskintigrafi: Der inhaleres en radioaktiv luftart. Den mest velegnede tracer er ^{81m}Kr , hvor de skintigrafiske billeder direkte afspejler den regionale ventilationsfordeling i lungerne. Perfusions- og ^{81m}Kr -ventilationsskintigrafien kan optages samtidig i de samme projektioner.

^{99m}Tc -technegas og ^{99m}Tc -DTPA aerosol eller ^{99m}Tc -albuminkolloid aerosol kan i visse tilfælde anvendes til ventilationsskintigrafi (se senere).

Ved **lungeemboli** ses typisk defekter på perfusionsskintigrafien, men normal fordeling på ventilations-skintigrafien ("mismatch"). Den diagnostiske sikkerhed mhp. diagnosen lungeemboli er relativt høj, når begge undersøgelser udføres samtidig og især ved brug af SPECT/CT. Foretages alene perfusionsskintigrafi, er sensitiviteten høj, men specificiteten lav.

Før **indgreb på lungerne** kan den regionale fordeling af lungeperfusionen og evt. ventilationen beregnes, og anvendes sammen med bestemmelse af FEV_1 og diffusionskapaciteten til estimering af rest-lungefunktion efter lungekirurgi. Forud for lungevolumenreducerende indgreb vurderes, hvor heterogen perfusionen og ventilationen er i lungerne mhp. mulighed for operation/bronkieventillæggelse og valg af område. Forud for lungetransplantation bestemmes funktionsfordelingen (så den ringest fungerende lunge kan blive udskiftet og til bestemmelse af rækkefølgen for udskiftning ved dobbelt lungetransplantation).

Indikationer

- Akut lungeemboli (diagnostik, kvantificering, behandlingskontrol).
- Præoperativt ved lungecancer til vurdering af postoperativ restfunktion ved pneumo- og lobektomi.
- Præoperativt før lungetransplantation eller lungevolumenreducerende indgreb
- Før stråleterapi ved lungecancer.
- Kontrol efter indgreb (f.eks. kirurgi, stent, dilatation, strålebehandling).
- Pulmonal hypertension.
- Diagnostik af højre-venstre shunt.
- Mistanke om regionale forstyrrelser i perfusion eller ventilation f.eks. hos børn med lungesymp-tomer, pulmonalarteriellenose, kongenit lobær emfysem, bullae.

Kontraindikationer

- Allergi for sporstoffet.
- Relative kontraindikationer:
 - Svær pulmonal hypertension (risiko for forværring pga. de retinerede partikler).
 - Højre-venstre shunt (risiko for system-embolier).
 - Graviditet og amning, se nedenfor.

Graviditet og amning

Graviditet:

^{99m}Tc-MAA: indikationen overvejes i forhold til risiko ved den relativt lille stråledosis, som yderligere kan reduceres ved halvering af indgiven aktivitetsmængde og forlængelse af optagetiden på gammakamera, hvis man skønner at billedoptagelsen trods dette kan blive optimal.

^{81m}Kr: minimal stråledosis, i praksis uden betydning for graviditet.

^{99m}Tc-technegas: bør kun udføres ved påviste perfusionsdefekter.

^{99m}Tc-DTPA aerosol: bør kun udføres ved påviste perfusionsdefekter.

CT udelades, så der nøjes med SPECT.

Amning:

^{99m}Tc-MAA: 12 timers ammepause.

^{81m}Kr: ammepause ikke nødvendig.

^{99m}Tc-technegas: 12 timers ammepause.

^{99m}Tc-DTPA aerosol: ammepause ikke påkrævet.

Forberedelse

Det er en fordel for tolkningen, hvis der samtidigt udføres lavdosis CT-skanning.

Tidligere udført lungeskintigrafi bør være tilgængelig ved tolkningen.

Ved mistanke om lungeemboli bør den kliniske præ-test sandsynlighed vurderes vha. valideret scoresystem (f.eks. a.m. Wells) og D-dimer test.

Udførelse

Perfusionsskintigrafi

Før sporstoffet trækkes op i sprøjten, rystes hætteglasset omhyggeligt. Patienten placeres på leje eller i seng i rygleje så horisontalt som muligt og skal helst ligge i et par minutter før injektionen. Lige før injektionen bedes patienten hoste et par gange. Der gives ^{99m}Tc-MAA langsomt i.v. over 10-15 sek, og samtidig bedes patienten trække vejret dybt et par gange. Injektionen gives i en perifer vene, og sprøjten skylles med isoton NaCl, så al aktiviteten injiceres. Partiklerne i sprøjten skal opblandes og re-suspenderes lige inden injektionen, ved at sprøjten tippes/vendes et par gange. Hvis det er nødvendigt at injicere via permanent i.v. adgang, skal der skylles grundigt efter sporstofinjektionen, da præparatet har en tendens til at klæbe til sammenføjninger og slanger. Specielt opstår sammenklumpning af partiklerne ved injektion i glukosedrop. Der må aldrig trækkes blod op i sprøjten med sporstof.

SPECT/CT er standard undersøgelse ved de fleste indikationer incl. lungeemboli. Planar optagelser kan vælges ved shuntundersøgelse, og evt. ved regional lungeperfusionsundersøgelse, eller hvis patienten ikke kan medvirke til SPECT/CT.

SPECT foretages som 360 graders optagelse. Med 2-hovedet kamera optages afhængig af sporstof, dosis og kollimatorer typisk 30-64 projektioner per hoved, 5-20 sek. per projektion, matrix 64*64 eller 128*128. Varighed ca. 12 min. Supplerende lavdosis CT kan foretages med 20-50 mAs.

Planar skintigrafi foretages siddende eller liggende i 2-8 projektioner med opsamling af 500.000 counts i hver projektion. Matrix 128*128 eller 256*256 og LEHR kollimator foretrækkes, hvis sporstoffet er ^{99m}Tc . Er patienten immobiliseret i seng kan der evt. optages anteriort samt forreste skråprojektioner (LAO og RAO), hvor adskillelsen mellem lungerne skal kunne skelnes.

^{81m}Kr -ventilationsskintigrafi:

Kan udføres samtidig (foretrækkes) eller succesivt med perfusionsskintigrafien både ved SPECT og planare optagelser. Sæt slangen fra atmosfærisk luft på kryptongeneratoren og indstil manometer på 1 atmosfære. Masken/mundstykke sættes på slangen fra kryptongeneratoren og derefter foran patientens næse og mund. Masken skal slutte tæt. Anvendes der mundstykke, skal der også bruges næseklemme. Mindst 300.000 counts optages per statisk projektion.

^{99m}Tc -ventilationsskintigrafi:

Hvis Krypton ikke er til rådighed, kan ventilationsskintigrafi foretages med Technegas eller evt. med ^{99m}Tc -aerosoler, f.eks. ^{99m}Tc -DTPA eller ^{99m}Tc -albumin kolloid aerosol. Ventilationsskintigrafien udføres før indgift af perfusionstracer i samme projektioner som planlagt til perfusionsundersøgelsen. Dette skyldes, at der ved ^{99m}Tc -inhalation typisk kun opnås en deponering i lungerne på max. 40 MBq, hvorfor ventilationsskintigrafien ikke kan udføres umiddelbart efter perfusionsskintigrafien. Ved den efterfølgende perfusionsundersøgelse skal tælleallet (dosis) over lungerne være mindst 4 gange højere end ved ^{99m}Tc -ventilationsskintigrafien.

Hele undersøgelsen varer ca. ½-1 time.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

Lægemidler:

^{99m}Tc -makroaggregeret albumin (MAA)

^{81m}Kr -gas

^{99m}Tc -technegas

^{99m}Tc -DTPA eller nanocoll (aerosol)

Aktivitetsmængder:

Voksne:

^{99m}Tc - MAA: 150 (40–175) MBq. (40-70 MBq hos gravide).

^{81m}Kr -kryptongas indåndes (typisk i 1-2 minutter per projektion) fra generatorsystem med 600 MBq ^{81}Rb (på kalibreringstidspunktet). Ved SPECT inhaleres i ca. 10 min. Beregning af den indgivne aktivitetsmængde kan foretages ved hjælp af den formel, som findes i generatorens "Betjeningsforskrift og produktresumé".

^{99m}Tc -technegas: 20-50 MBq (250-700 MBq placeres i apparaturet).

^{99m}Tc -DTPA: 15 (10-20) MBq (400-900 MBq placeres i forstøverapparatet).

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Aktivitets-mængden bør ikke være under 18 MBq.

Effektiv dosis:

^{99m}Tc -MAA: 1,1 mSv ved referenceaktivitet 100 MBq (11 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$).

^{81m}Kr : 0,08 mSv ved referenceaktivitet 3000 MBq (0,027 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$).

^{99m}Tc -technegas: 0,6 mSv ved referenceaktivitet 40 MBq (15 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$).

^{99m}Tc -DTPA aerosol: 0,15 mSv ved referenceaktivitet 30 MBq (4,9 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$).

Fortolkning og svar

Mistanke om akut lungeemboli

Perfusions- og ventilationsfordelingen beskrives. Eventuelle defekters form, lokalisation (hvilke lapper), antal og størrelse angives. Evt. mismatch mellem perfusion og ventilation beskrives.

Omfanget kan skønnes som mindst 5% per segment, dvs. ved perfusionsudfald i 7 af 19 segmenter er omfanget > 35% af det samlede tværsnitsareal. Omfanget vurderes mest nøjagtigt med SPECT/CT.

Ved **SPECT/CT** tolkes forandringerne som lungeemboli, hvis der ses mindst én kileformet mismatchet perfusionsdefekt på størrelse med et segment (eller mindst 2 subsegmentære mismatchede defekter). Jo flere og jo større defekter, jo mere udtalt er lungeembolierne, og jo sikrere er diagnosen. Er der ikke kileformede mismatchede defekter er tolkningen "ingen tegn på lungeemboli". Inkonklusive og fejlbehæftede svar er sjældne ved SPECT/CT, hvis CT-skanningen inspiceres for at afsløre, om defekten kan forklares ved CT forandringer som fissur mellem lapperne, atelektase, hyperinflation, ol.

Ved tolkning af **planar** ventilations/perfusionsskintigrafi benyttes modificerede PIOPED kriterier (alternativ PISA-PED kriterierne ved perfusionsskintigrafi alene, hvilket er mere usikkert). Et konklusivt undersøgelsesresultat med flere mismatchede defekter kan angives som "tegn på lungeemboli", mens normal perfusion kan tolkes som "ingen tegn på lungeemboli".

Inkonklusiv: Er undersøgelsen teknisk suboptimal eller svær at tolke med ukarakteristiske forandringer kan man supplere med alternativ billedteknik. Frekvensen af inkonklusive tolkninger er betydeligt lavere med ventilations/perfusions SPECT/CT end med planar ventilations/perfusionsskintigrafi. Selv hos KOL patienter, hvor der er flere inkonklusive tolkninger end vanligt, er lungeskintigrafi anvendelig, især hvis SPECT/CT benyttes.

Hvis der kun er udført perfusionsskintigrafi, og denne er abnorm, foreslås undersøgelsen gentaget som kombineret ventilations/perfusions SPECT/CT. Perfusions SPECT/CT (uden ventilation) har meget lavere specificitet end ventilations/perfusions SPECT/CT.

Ved multiple større mismatchede defekter eller hvis den prædisponerende faktor antages at ville bestå, foreslås kontrolundersøgelse efter behandlingsophør. Da selv mismatchede perfusionsdefekter kan persistere trods behandling, bør forbehold tages, ved mistanke om eller viden om tidligere embolier. Om muligt sammenlignes med tidligere skintigrafier og anden billeddiagnostik. Eventuelt foreslås lungeskintigrafien gentaget efter 1 uge: helt stationære forhold støtter mistanke om, at forandringerne er af ældre dato.

Vurdering af regional lungefunktion

Den procentuelle perfusions- (og evt. ventilations-) fordeling angives svarende til de to lunger ud fra geometrisk middelværdi af anterior og posterior optagelse. Hvis spørgsmålet er, om lobektomi kan tåles, er der 2 muligheder til vurderingen:

1. brug af SPECT/CT og angive den regionale fordeling for hver lap præcist, eller
2. den anatomiske metode, hvor (kirurgen) udregner restfunktionen ud fra skøn over antal fungerende segmenter, som skal fjernes i forhold til total antal fungerende segmenter sammenholdt med højre og venstre lunges funktionsfordeling.

Kvantificering af højre-venstre shunt

Udfra en helkrops perfusionsskintigrafi kan tælleletal fra lungerne samlet sammenholdes med helkropstælleletal, og shuntfraktionen kan beregnes (ca. <5% shunt antages at være det normale):

$$\text{Shuntfraktion} = 100\% \cdot (\text{total tælleletal} - \text{lungetælleletal}) / \text{total tælleletal}$$

Fejlkilder

Perfusionsskintigrafi: Der kan opstå aggregater af MAA, så perfusionsfordelingen bliver ujævn med hot spots, hvis blod trækkes op i sprøjten, eller den ikke rystes inden injektionen. Ikke-obstruerende embolier, f.eks. en saddelembolus, giver ikke en mismatchet perfusionsdefekt, men som regel afsløres de af, at der samtidig er mindre obstruerende embolier, som giver perifere mismatch.

Ventilationsskintigrafi: En meget ujævn ventilationsfordeling kan ses hos obstruktive patienter, når de inhalerer radioaerosoler eller technegas, og hvis man inhalerer en aerosol, som er > 2 µm i diameter. Technegas kan evt. retineres i emfysematiske bullae, så der opstår mismatch.

Både perfusionen og ventilationen kan være svære at bedømme ved for lille radioaktiv dosis eller ved bevægeforstyrrelser. Visse differentialdiagnoser kan give et mismatchet billede (se ovenfor).

Referencer

1. Bajc M, Schümichen C, Grüning T et al. EANM guideline for ventilation/perfusion single-photon emission computed tomography (SPECT) for diagnosis of pulmonary embolism and beyond. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2019;46:2429-51.
2. Castellucci P, Deandreis D, Krizsán AK et al. European Nuclear Medicine Guide. Mortensen J. (2020 edition Editorial Board). Chapter B5: Respiratory. www.nucmed-guide.app
3. Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, Johnbeck CB, von der Recke P, Petersen CL, Kjærgaard J, Kristoffersen US, Kjær A. Detection of pulmonary embolism with combined ventilation/perfusion SPECT and low-dose CT: head-to-head comparison with CT-angiography. J Nucl Med 2009;50:1987-992.
4. Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, von der Recke P, Petersen CL, Kristoffersen US, Kjær A. Comparison of V/Q-SPECT and planar V/Q-lung scintigraphy in diagnosing acute pulmonary embolism. Nucl Med Com 2010;31:82-6.
5. Hartmann IJ, Hagen PJ, Melissant CF et al. Diagnosing acute pulmonary embolism: effect of chronic obstructive pulmonary disease on the performance of D-dimer testing, ventilation/perfusion scintigraphy, spiral computed tomographic angiography, and conventional angiography. Am J Respir Crit Care Med 2000;162:2232-7.
6. Mortensen J, Gutte H. SPECT/CT and pulmonary embolism. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2014;41(Suppl 1):S81-90.
7. Miniati M, Pistolesi M, Marini C, et al. (The PISA-PED investigators). Value of perfusion lung scan in the diagnosis of pulmonary embolism: results of the prospective investigative study of acute pulmonary embolism diagnosis (PISA-PED). Am J Respir Crit Care Med 1996;154:1387-93.
8. Sostman HD, Coleman RE, DeLong DM, Newman GE, Paine S. Evaluation of revised criteria for ventilation-perfusion scintigraphy in patients with suspected pulmonary embolism. Radiology 1994;193:103-7.

Bilag 1

Eksempel på svar:

Undersøgelsesdato: 08-09-2021
 Beskrivelsen sidst godkendt: 08-09-2021
 Undersøgelse(r): Tc-99m-Pulmocis Inj.
 Lunge SPECT Perf./Vent med krypton
 CT Thorax (SPECT-CT)

Indikation: OBS lungeemboli

Beskrivelse:

Der udføres ventilations-perfusions-SPECT med lavdosis CT ved funktionel residualkapacitet (uden i.v. kontrast).

SPECT: Der ses flere velafgrænsede store og små mismatchede kileformede perfusionsdefekter bilateralt. Endvidere ses delvist matchede ventilations-perfusionsdefekter i venstre underlap.

Lavdosis CT-scanning: Af thorax viser sammenholdt med den 01.01.20 nytilkommen en vagt tegnet rund fortætning lateralt i højre overlap målende 1,5 cm (image 39). I øvrigt ingen nytilkomne infiltrative forandringer. Der er ikke pleurale ansamlinger eller perikardiel ansamling.

Radiolog zz

Konklusion:

Skintigrafiske tegn på lungeembolier bilateralt.

Infiltrat eller hæmragi følger i højre lunge, som bør kontrolleres med CT.

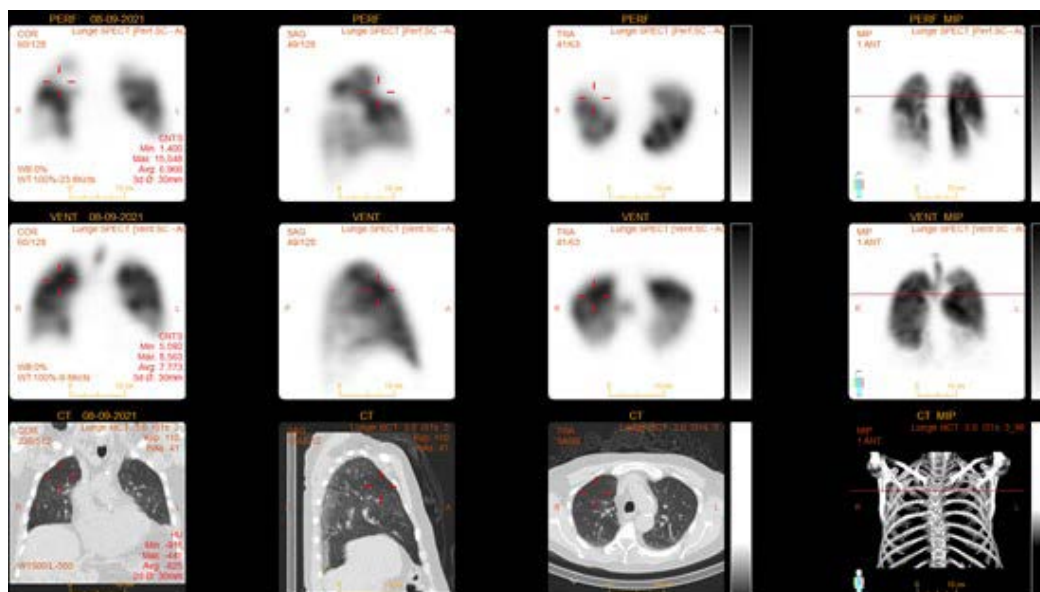
Læge xx Beskrivelsen godkendt yy

Kontraststof/Radiofarmaka givet:

145 - MBq Tc-99m-Pulmocis
 3000 - MBq Kr-81m

Administrationsform:

IV
 INH



DEXA-skanning

Frederik Rønne

Bo Zerahn

Formål

Formålet med DEXA-skanning (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) er først og fremmest at diagnosticere osteoporose, og ved gentagne skanninger at monitorere behandlingseffekt og/eller ændringer i knogletætheden sekundært til behandling af andre sygdomme. Herudover kan skanneren også benyttes til at måle kropssammensætning, fordelt på henholdsvis knogle-, fedt- og fedtfrit væv, hvilket kan have relevans i andre kliniske sammenhænge.

Indikationer³

- Kvinder ≥ 65 år.
- Hos postmenopausale kvinder yngre end 65 år, samt kvinder i den meno-pausale overgang, er skanning indiceret ved forekomst af risikofaktorer for lav knogletæthed, som f.eks. lav kropsvægt, tidligere fraktur, indtagelse af lægemidler som medfører øget tab af knoglemasse eller sygdomme/tilstande forbundet med øget tab af knoglemasse.
- Mænd ≥ 70 år.
- Hos mænd yngre end 70 år, er skanning indiceret ved forekomst af risikofaktorer for lav knogletæthed, som f.eks. lav kropsvægt, tidligere fraktur, indtagelse af lægemidler som medfører øget tab af knoglemasse eller sygdomme/tilstande forbundet med øget tab af knoglemasse.
- Alle, uanset køn/alder:
 - Tidligere lavenergi-fraktur.
 - Kendt sygdom eller tilstand associeret med lav knoglemasse eller øget tab af knoglemasse.
 - Indtagelse af lægemidler associeret med lav knoglemasse eller øget tab af knoglemasse.
 - Hvis det overvejes at igangsætte anti-osteoporotisk behandling.
 - Monitorering af behandlingseffekt af anti-osteoporotisk behandling.
 - Hos ubehandlede, men hvor konstatering af tab af knoglemasse vil medføre anti-osteoporotisk behandling.

Se eventuelt en mere detaljeret indikationsliste på Sundhed.dk.

Kontraindikationer

Ingen absolutte kontraindikationer, men relativ kontraindikation ved graviditet.

Relativ kontraindikation hvis patienten har fået udført CT med i.v. eller p.o. jod-holdig kontrast inden for én uge af den planlagte DEXA-skanning¹⁰.

Relativ kontraindikation ved nuklearmedicinske undersøgelser med ^{99m}Tc i 24-48 timer forud for planlagt DEXA-skanning, da dette på visse skannere kan medføre falsk lav BMD¹¹.

Princip og udførelse

Som navnet anfører, sender DEXA-skanneren røntgenstråling med to forskellige energiniveauer gennem patienten. Man udnytter at dæmpningen af strålingen ved de to energiniveauer er forskellig og dermed karakteristisk for vævssammensætningen. Røntgenstrålingen med både høj og lav energi dæmpes nogenlunde ensartet i bløddelsvæv, mens knoglevæv dæmper lavenergi-strålingen langt mere end strålingen med høj energi^{5,10}.

Knoglemassen (BMC) målt i gram (reelt set indholdet af calcium og fosfat (hydroxyapatit)) i den enkelte pixel beregnes sammen med knoglens areal af skannerens software⁵. Herfra beregnes BMD (knogletætheden i g/cm²) samt T-score og Z-score udtrykt i standarddeviationer (SD) for udvalgte måleregioner.

T-score angiver hvor mange standarddeviationer målingen afviger fra middel-værdien hos unge raske kaukasiske kvinder.

Z-score angiver hvor mange standarddeviationer målingen afviger fra middel-værdien hos raske voksne på samme alder og af samme køn og etnicitet.

Som udgangspunkt skannes columna lumbalis og proximale femur bilateralt.

Ved skanning af columna lumbalis lejres patienten på ryggen parallelt med lejet, med en høj pude under crura for at minimere lumbalis-lordosen¹. Den ønskede måleregion er L1-L4, og skanningsfeltet bør derfor være så stort, at disse med sikkerhed kan visualiseres og identificeres. Feltet bør derfor netop inkludere henholdsvis den nederste thorakale vertebra (med nederste sæt costae) og synlig øvre kant af os sacrum.

Skanning af femora foregår også i rygleje med ankler/fødder fastspændt i en særlig holder, der sørger for indadrotation i hofteleddet for at ophæve anteversionen af collum femoris og samtidig undgå bevægelser¹. Skannefeltet skal som minimum indeholde caput femoris, trochanter major og den proximale tredjedel af femurskaftet, også her med margen i bredden, kranielt og kaudalt.

For begge måleregioner kræves der tilstrækkelige mængder bløddele omkring knoglerne for at opnå optimal målesikkerhed.

Målesteder

I columna lumbalis anvendes som udgangspunkt måleregionen L1-L4. Ved strukturelle forandringer i én eller flere af disse vertebrae, f.eks. ved sammenfald eller degenerative forandringer, ses fortætninger, som ved måling medfører et falsk forhøjet BMD. Anatomisk abnorme vertebrae kan ekskluderes fra beregningen, hvis de enten er tydeligt abnorme med fortætninger, sammenfald eller artefakt (f.eks. metal), eller der er en forskel i T-score på mere end 1,0 i forhold til den/de tilstødende vertebrae^{1,3}.

Osteoporosediagnostik kan udføres på fire (helst), tre eller to vertebrae i regionen L1-L4. Der er ingen konsensus om, hvorvidt disse vertebrae skal være sammenhængende/tilstødende (f.eks. L1+L2+L3), eller om der godt må være afbrydelser i rækken (f.eks. L1+L2+L4). Diagnostik bør ikke udføres på en enkelt vertebra alene^{1,3}. I stedet må andre målesteder anvendes.

I proximale femora anvendes udelukkende måleregionerne for totale femur og collum femoris til osteoporose-diagnostik. Både højre og venstre femur kan anvendes.

Ved strukturelle/anatomiske forandringer, eller ved artefakter (total hoftealloplastik/osteosyntesemateriale), hvor man ikke kan afgrænse et pålideligt ROI, må den pågældende femur ekskluderes^{1,3}.

Hvis der ikke kan opnås en valid BMD fra hverken columna lumbalis eller femora (f.eks. ved en meget degenerativt præget lumbalcolumna, og samtidig bilateral total hoftealloplastik), kan skanning af underarmen anvendes. Måleregionen "33% radius" (kan også hedde "radius 1/3") anvendes primært mens ultra-distale radius (UD) ikke længere anbefales^{1,3}. Skanning af underarmen er især indiceret ved hyperparathyroidisme³, også selv om der foreligger pålidelige målinger af lumbalcolumna og/eller femora.

Gentagne målinger

Det er ofte relevant med kontrolskanninger (se "indikationer" ovenfor), men valget af interval/hyppighed skal vurderes af henvisende instans og tilpasses den enkelte patient. Som hovedregel vælges tidsinterval ud fra patientens køn, alder og T-score ved seneste skanning (se Tabel 1), men dette forudsætter en uændret risikoprofil. Det er indiceret at skanne med kortere intervaller ved tilstande, hvor et hurtigt knoglemineraltab kan forventes – f.eks. ved behandling med glukokortikoid³.

Pålidelig sammenligning forudsætter at undersøgelserne er udført på den samme skanner, eller mellem skannere der er behørigt krydskalibrerede. (Vejledning i kryds-kalibrering, samt et værktøj til beregning, findes på International Society for Clinical Densitometry's (ISCD) hjemmeside: <https://iscd.org>).

Signifikante ændringer angives, når de overstiger LSC (Least Significant Change). LSC er afhængig af såvel skanneren som operatøren. Den enkelte afdeling kan med fordel følge ISCDs anbefalinger til bestemmelse af præcisionsfejl og LSC^(3 - "Precision Assessment"), da det typisk vil medføre en langt større præcision og lavere LSC, end de af skannerfabrikanten angivne parametre.

Regionalt må det være op til den enkelte afdeling selv at kontrollere kvaliteten af DEXA-skanningerne, men at man som et minimum bestemmer reproducerbarhed og præcisionsfejl ved indkøb af ny skanner eller udskiftning af røntgenrør, og at afdelingens præcision holder sig inden for den af ISCD angivne mindste acceptable præcision:

- Lumbalcolumna: 1,9% (LSC = 5,3%)
- Femur, total: 1,8% (LSC = 5,0%)
- Collum femoris: 2,5% (LSC = 6,9%)

Lateraloptagelse

Lateraloptagelse (VFA, vertebral fracture assessment) af columna er en DEXA-baseret teknik, hvor lumbale og de fleste thorakale vertebrae kan vurderes med hensyn til sammenfald/fraktur. VFA kan udføres på en konventionel DEXA-skanner. Diagnosen osteoporose kan ikke stilles ved hjælp af VFA alene. Undersøgelsen er udelukkende designet til påvisning af hvirvelsammenfald. Det skal dog bemærkes, at der per definition er tale om osteoporose, hvis der foreligger en lavenergifrakstur i columna eller proximale femur^{2,6}.

Patientens lejring afhænger af den enkelte DEXA-skanners model/mærke, men for alle modeller gælder det om at lejre patienten, så columna bliver så udrettet som muligt.

Omtrent 2/3 af vertebrale frakturer giver ikke karakteristiske subjektive symptomer¹ og kan nemt overses eller ikke bliver erkendt klinisk. Da én vertebral fraktur øger risikoen for nye frakturer, er VFA som supplement til en konventionel DEXA-skanning en vigtig teknik til visualisering med høj sensitivitet/specificitet og lav stråledosis (sammenlignet med konventionel røntgen)⁶.

Der foreligger anbefalede indikationer for udførelse af LVA, men da stråledosis er lav, kan man lokalt vælge at udføre VFA i forbindelse med måling af BMD i hofter og lænderyg på vide indikationer.

LVA anbefales således på patienter med T-score < -1,0 og én eller flere af følgende risikofaktorer³:

- Kvinder ≥ 70 år, eller mænd ≥ 80 år.
- Historisk højdetab > 4 cm.
- Selv-rapporteret, men udokumenteret tidligere vertebral fraktur.
- Glukokortikoidbehandling svarende til ≥ 5 mg prednisolon per dag i 3 måneder eller længere tid.

Herudover er der indikation for VFA, hvis den antero-posteriore optagelse af lumbalcolumna giver mistanke om hvirvelsammenfald.

Tolkning og svarafgivelse

Det er væsentligt for en undersøgelse af høj kvalitet, at svarafgivelsen sker efter lægelig tolkning og vurdering, og at svaret ikke blot er en ufiltreret videresendelse af måleresultater. Dette ikke mindst for at undgå fejlkilder (se nedenfor) og sikre, at det er de rigtige T- eller Z-scores, der tolkes på.

Nedenstående definitioner og valg af databaser er baseret på retningslinjer fra International Society for Clinical Densitometry (ISCD)^{3,4}. Der er ingen dansk konsensus om valg af definitioner⁵, men anbefalinger fra Dansk Knogleselskab² og Dansk Endokrinologisk Selskab (National Behandlingsvejledning (NBV)).

Der anvendes T-scores til svarafgivelse ved vurdering af postmenopausale kvinder, og mænd ≥ 50 år.

Der anvendes Z-scores til svarafgivelse ved vurdering af børn, præmenopausale kvinder, og mænd < 50 år.

Som referencemateriale anvendes kaukasisk (ikke racespecifik) normalmateriale for kvinder – gældende for alle patienter, uanset køn og etnicitet³.

Ved beregning af T-scores for columna lumbalis bør skannerfabrikantens database benyttes som referencestandard³.

Ved beregning af T-scores for femora, både totalmålingen og collum femoris, bør NHANES III databasen benyttes som referencestandard³.

Hvis der findes et lokalt normalmateriale, kan dette benyttes som reference ved beregning af Z-scores, men ikke T-scores³.

T-score $\geq -1,0$ SD	= Normal knogletæthed
T-score mellem $-1,0$ og $-2,5$ SD	= Lav knoglemasse (osteopeni)
T-score $\leq -2,5$ SD	= Osteoporose

I konklusionen bør der kun anføres én samlet vurdering af knogletætheden (normal, lav knoglemasse (osteopeni), eller osteoporose), baseret på den laveste T-score af de tilgængelige og pålidelige måleregioner.

Hos børn, præmenopausale kvinder og mænd < 50 år stilles diagnosen osteoporose ikke alene ud fra BMD, men BMD indgår som led i den samlede vurdering af patienten (specialistopgave). Ved svarafgivelse anvendes Z-scores, og man anvender nedenstående termer efter grænsen $-2,0$:

Z-score $> -2,0$	= Knogletæthed inden for normalområdet for alderen
Z-score $\leq -2,0$	= Knogletæthed under normalområdet for alderen

I konklusionen bør der kun anføres én samlet vurdering af knogletætheden (inden for, eller under normalområdet for alderen), baseret på den laveste Z-score af de tilgængelige og pålidelige måleregioner.

Ved gentagne målinger skal sammenligning ske på basis af BMD-værdier – ikke på T- eller Z-scores³.

Kun signifikante ændringer – det vil sige en ændring i BMD, der er større end eller lig med LSC – angives i besvarelsen.

Ændringer angives i procent i forhold til tidligere målinger, og gerne også som %-ændring per år, der kan holdes op mod det forventede, aldersbetingede tab af knogletæthed på gennemsnitligt $0,5$ - $1,0\%$ per år². Der er ingen konsensus med hensyn til, hvornår der er tale om et accelereret tab af knogletæthed.

VFA vurderes ud fra Genants visuelle semi-kvantitative metode⁷, som klassificerer vertebrale sammenfald efter type (kiletype, bikonkav type, kompresssionstype), og grad (let, moderat, svær) som reduktion i anteriore, centrale eller posteriore højder, relativt til samme eller tilstødende vertebrae.

Grad 1: **Let** sammenfald med 20-25% reduktion.

Grad 2: **Moderat** sammenfald med 25-40% reduktion.

Grad 3: **Svært** sammenfald med >40% reduktion.

Kun sammenfald af moderat og svær grad (grad 2 og 3) anføres i svaret, da let grad (grad 1) ofte medfører uhensigtsmæssigt mange falsk positive svar, og har vist sig mindre prædiktiv for frakturrisiko⁹.

Fejlkilder¹

- Forkert lejring af patient og patient uro.
- Forkert placering/identifikation af ROIs.
- Atypisk anatomi (atypisk antal lumbale vertebrae, hoftedysplasi, skoliose, laminektomi, vertebroplastik, kyphoplastik).
- Metal i skanningsfeltet – osteosyntesemateriale, clips og implantater, men også andre metalgenstande som briller, ure, piercinger, ringe, mønter, BH-bøjler, sikkerhedsnåle, lynlåse, nitter, knapper, osv.
- Fortætninger i knogle som følge af f.eks. spondylose, artrose, skleroserende knoglemetastaser, sammenfald eller fraktur.
- Aterosklerose i kar i tæt relation til den målte knogle (aorta abdominalis og aa. femorales), andre ektopiske kalkifikationer (fækulitter, nyre- og galdesten).
- CT-skanning med jodholdig kontrast (se "kontraindikationer").
- Nuklearmedicinske undersøgelser med ^{99m}Tc (se "kontraindikationer").
- Forkert referencepopulation/-database.

Stråledoser^{2,5,10}

DEXA: 0,5 – 6 µSv (varierer afhængigt af, køn vægt, antallet af måleområder og skannertype).

VFA: 3 µSv.

Konventionel røntgen af thorakolumbalcolumna: 600 µSv.

Tabel 1: Anbefalinger for gentagelse af DEXA-skanning² (forudsat en uændret risikoprofil):

Resultat af DEXA-skanning	Tidsinterval mellem skanninger
Ved T-score ≥ -1,0 Alder > 75 år Alder < 75 år	(Generelt en individuel vurdering) > 10 år 5 år
Ved T-score mellem -1,0 og -2,0 Mænd Kvinder med menopausealder > 5 år Kvinder med menopausealder < 5 år	(Som hovedregel 3-5 år) 5 år 5 år 2-3 år
Ved T-score ≤ -2,0 Alle patienter	2-3 år

Eksempel på besvarelse

Indikation: Osteoporose kontrol – selvrapporteret højdereduktion på 6 cm.

Mater med sammenfald. Fald på græsplæne med fraktur af højre overarm.

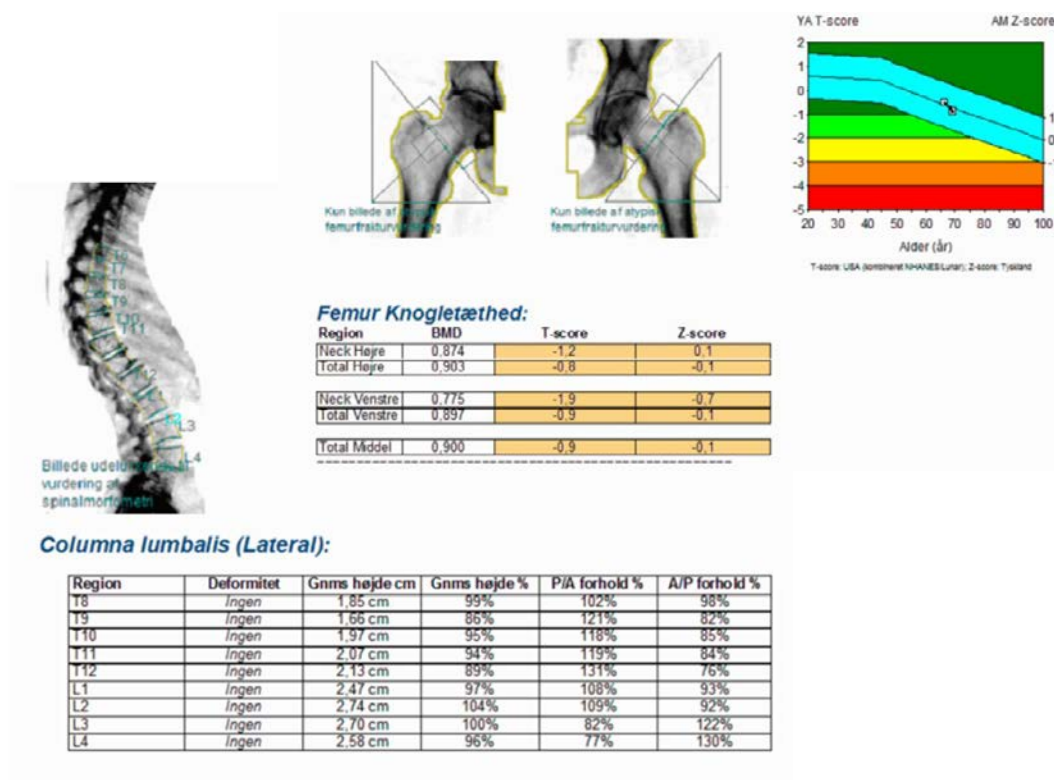
Konklusion

Lav knoglemasse (osteopeni).

Knogletætheden i femora er faldet siden undersøgelsen den 04-12-2018.

Ingen signifikant ændring af knogletætheden i columna siden undersøgelsen den 04-12-2018.

Lateraloptagelsen af columna thoracolumbalis viser ingen signifikante sammenfald, dog er der grænsesignifikant sammenfald i Th 12 med højdereduktion på 24%.



Knogletæthed forløb:

Columna lumbalis forløb: L1-L4

Skannet den (Dato)	Alder (År)	BMD (g/cm²)	Ændring (%)	(%/År)	Signifikant ændring
04-12-2018	66,3	1,218	-	-	
16-12-2021	69,3	1,222	0,3	0,1	

Femur forløb: Total Middel

Skannet den (Dato)	Alder (År)	BMD (g/cm²)	Ændring (%)	(%/År)	Signifikant ændring
04-12-2018	66,3	0,949	-	-	
16-12-2021	69,3	0,900	-5,2	-1,7	*

Referenceliste

1. Lindberg L, Zerahn B, Kristensen B. Supplerende kapitel til Basisundersøgelser: DXA-skanninger –<https://www.regionh.dk/tilfagfolk/Sundhed/Sundhedsfaglige-raad-og-komiter/Documents/Klinisk%20fysiologi%20og%20nuklearmedicin/DXA,%20Basisundersogelse%20i%20Klinisk%20Fysiologi%20og%20Nuklearmedicin,%20December%202015.pdf>
2. Dansk Knoglemedicinsk Selskab. Vejledning til udredning og behandling af osteoporose. 2009, rev. 2012. https://www.dansknogleselskab.dk/wp-content/uploads/2019/10/Samlet-osteoporose_180913.pdf
3. The International Society For Clinical Densitometry (ISCD). Adult positions 2019 –<https://iscd.org/wp-content/uploads/2021/09/2019-Official-Positions-Adult-1.pdf>
4. The International Society For Clinical Densitometry (ISCD). Pediatric positions 2019 –<https://iscd.org/wp-content/uploads/2021/09/2019-Official-Positions-Pediatric-1.pdf>
5. Abrahamsen B, Brixen KT. Osteodensitometri. Ugeskr Læger 2004;166:578-82.
6. Hansen LH, Jensen JB. Dual energy X-ray kombineret med vertebral fracture assessment giver bedre diagnostik af osteoporose. Ugeskr Læger 2018;180:V03170225.
7. Genant HK, Jergas M, Palermo L, et al. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morphometric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis. J Bone Miner Res 1996;11:984-96. doi: 10.1002/jbmr.5650110716.
8. Lewiecki EM, Blinkley N, Morgan SL et al. Best practices for Dual-Energy X-ray absorptiometry measurement and reporting: International Society for Clinical Densitometry Guidance. J Clin Densitom 2016;19:127-40. doi: 10.1016/j.jocd.2016.03.003
9. Vokes T, Bachman D, Baims S, et al. Vertebral fracture assessment: The 2005 ISCD official positions. J Clin Densitom 2006;9:37-46.
10. Sala A, Webber C, Halton J, et al. Effect of diagnostic radioisotopes and radiographic contrast media on measurements of lumbar spine bone mineral density and body composition by dual-energy x-ray absorptiometry. J Clin Densitom 2006;9:91-6. doi: 10.1016/j.jocd.2005.10.003
11. Fosbøl MØ, Dupont A, Alslev L, Zerahn B. The Effect of ^{99m}Tc on Dual-Energy X-ray absorptiometry measurement of body composition and bone mineral density. J Clin Densitom 2013;16:297-301. doi: 10.1016/j.jocd.2012.05.005.

FDG-PET/CT

*Annika Loft Jakobsen
Helle Westergren Hendel*

Formål

Diagnostik, stadieinddeling og behandlingsmonitorering af kræftsygdomme samt planlægning af stråleterapi og påvisning af recidiv ved påvisning af regional glukose hypermetabolisme.

Visualisering af metabolisk aktiv infektion eller inflammation.

Princip

¹⁸F-mærket fluor-deoxyglukose (FDG) er en glukoseanalog, der anvendes til visualisering af væv med høj/øget FDG-optagelse (som analog til glucosemetabolisme) mhp diagnosticering af metabolisk aktiv kræftsygdom. Mange kræftsygdomme har en høj glukoseomsætning og vil derfor optage mere FDG end det omkringliggende normale væv. Den høje FDG optagelse er medvirkende til, at man kan påvise små sygdomsfoci, inden de strukturelt er vokset sig suspekter, og omvendt aftager den metaboliske aktivitet som tegn på behandlingsrespons, inden tumor strukturelt er regredieret.

Indikationer

FDG-PET/CT er "arbejdshesten" i onkologien, som kan anvendes til mange kræftsygdomme. Tumor skal i væsentligt omfang optage FDG i de maligne celler, for at det giver mening at undersøge patienten med FDG-PET/CT. Kræfttyper som lymfom, malignt melanom, lunge-, esophagus- og cervixcancer er eksempler på kræftsygdomme, som har høj optagelse af FDG. Prostatacancer er et eksempel på en tumortype, der ofte har lav FDG-optagelse, og her bør anvendes et andet sporstof. Der findes nationale retningslinjer for de fleste kræftsygdomme, hvoraf det fremgår om FDG-PET er anbefalet i udredning og stadieinddeling som f.eks. lunge-, esophagus- og cervixcancer. For nogle sygdomme f.eks. lymfom findes nationale retningslinjer for behandlingsmonitorering. For enkelte sygdomme f.eks. melanom er der retningslinjer for anvendelse af FDG-PET i recidivopsporing.

Det anbefales af følge disse retningslinjer i samarbejde med henvisende kliniske afdelinger og samarbejdende radiologiske afdelinger. FDG-PET/CT indgår desuden i mange kræftpakkeforløb.

For non-onkologiske sygdomme er retningslinjer ikke lige så udbredte, men der er god evidens for at anvende FDG-PET til visse reumatologiske sygdomme f.eks. uklare tilfælde af polymyalgia rheumatica og storkarsvaskulitis samt til granulomatøse sygdomme. Inden for infektionsmedicin og ortopædkirurgi er FDG-PET/CT ligeledes velegnet og har mange steder erstattet leukocytskintigrafi.

Forberedelse

Isotopen ¹⁸F, som har en kort henfaldstid (halveringstid 110 min) produceres i cyklotron. I særligt indrettede laboratorier (under regler for lægemiddelproduktion) mærkes FDG med ¹⁸F og bliver traceren ¹⁸F-FDG.

Traceren (¹⁸F-FDG) skal således enten bestilles dagen før undersøgelsen fra en ekstern cyklotron/radiokemienhed eller produceres on-site samme dag før patientens fremmøde, hvilket betyder, at en PET-skanning sjældent kan udføres som en akut undersøgelse.

Patienten skal faste 4 timer før tracerinjektion, men må gerne drikke postevand. Det anbefales, at patienten ikke udfører hård fysisk aktivitet 24 timer inden undersøgelsen (herunder at cykle til undersøgelsen). Der er særlige forholdsregler for patienter med diabetes (insulindosering og metforminbehandling).

^{18}F -FDG gives intravenøst. Herefter skal patienten hvile i en time i et stråleafskærmet område, og først efter at sporstoffet er fordelt i kroppen og optaget i organerne, kan man foretage PET-skanningen.

Udførelse

En PET/CT-skanner er en sammenbygning af en PET- og en CT-skanner. Et væsentligt formål med sammenbygning er at bruge CT-skannerens målinger til at korrigere for vævsdæmpning af den interne radioaktive stråling fra de indgivne isotoper ved PET (attenuationskorrektion) og at udnytte CT-skanningens mulighed for korrekt anatomisk lokalisation og vævskaraktistik. CT-skanningen kan udføres som en lavdosis CT og er da primært til ovennævnte formål. CT-skanningen kan også udføres som en diagnostisk skanning med indgivelse af intravenøst og peroralt kontraststof, højere stråledosis og bedre diagnostisk kvalitet. Kontrasten kan gives i forskellige faser (arteriel, venøs). Skanning af thorax kan udføres med "breath hold" eller i tidal respiration.

De PET/CT-skannere, der findes i RegionH, har CT-skannere af en diagnostisk kvalitet, som er fuldt sammenlignelig med de skannere, som bruges på de radiologiske afdelinger. Skanningsprotokollerne er inden for de onkologiske indikationer på CT-delen de samme, som anvendes på radiologisk afdeling.

Som hovedregel udføres en diagnostisk CT-skanning sammen med PET-skanningen, dels for at øge den diagnostiske sikkerhed, dels for at spare patienten for en CT-skanning på røntgenafdelingen.

Lavdosis CT-skanning kan i mindre udstrækning bruges hos patienter, der har en diagnostisk CT-skanning, som er under 1-2 uger gammel, eller hvor præcis anatomi/morfologi ikke er vigtig (visse reumatologiske, infektionsmedicinske og ortopædkirurgiske problematikker). Lavdosis CT-skanning bruges som led i behandlingsmonitorering af lymfompatienter på tidspunkter i forløbet, hvor det alene er det metaboliske respons, der har klinisk betydning. I opfølgningen af f.eks. patienter med malignt melanom kan lavdosis CT-skanning også anvendes, idet PET er mere sensitiv end CT undertagen for lungemetastaser, som kan ses på lavdosis CT-skanning. Lavdosis CT-skanningen bruges (som diagnostisk CT) til dæmpningskorrektion og lokalisation af evt. fund på PET-skanningen, men kan ikke bruges til konventionel radiologisk vævskaraktisering eller vurdering af forskellige kontrastfaser (da der ikke gives kontrast).

Ved en PET/CT-skanning udføres en PET-og en CT-skanning som en enkelt undersøgelse. Når patienten er i skanneren varer en helkrops PET/CT-skanning (afhængigt af skannerens opsætning) ca 20 min.

Der skal foretages forskellige kvalitetskontroller og kalibrering af udstyret. Dette foretages ofte om morgenen samtidigt med, at de første patienter venter på skanningen, dvs. mens den injicerede tracer fordeles i kroppen.

For begge skanningstyper bør der foreligge anvisning af standardopsætning, således at spatial billedopløsning, snittykkelser, dæmpningskorrektion m.m. er sammenlignelige mellem de forskellige CT- og PET-skannere på den enkelte afdeling og i regionen.

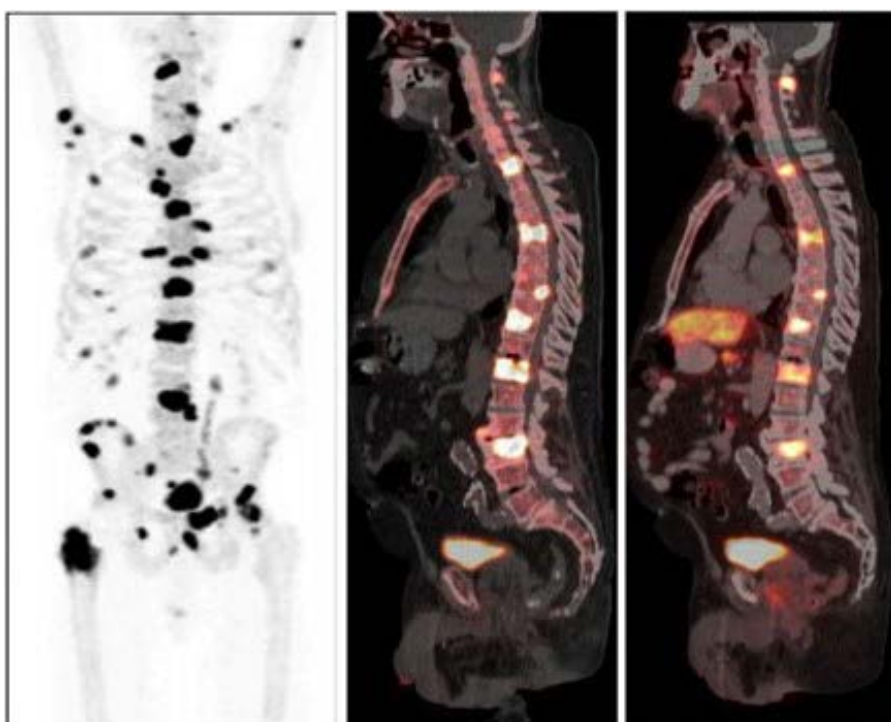
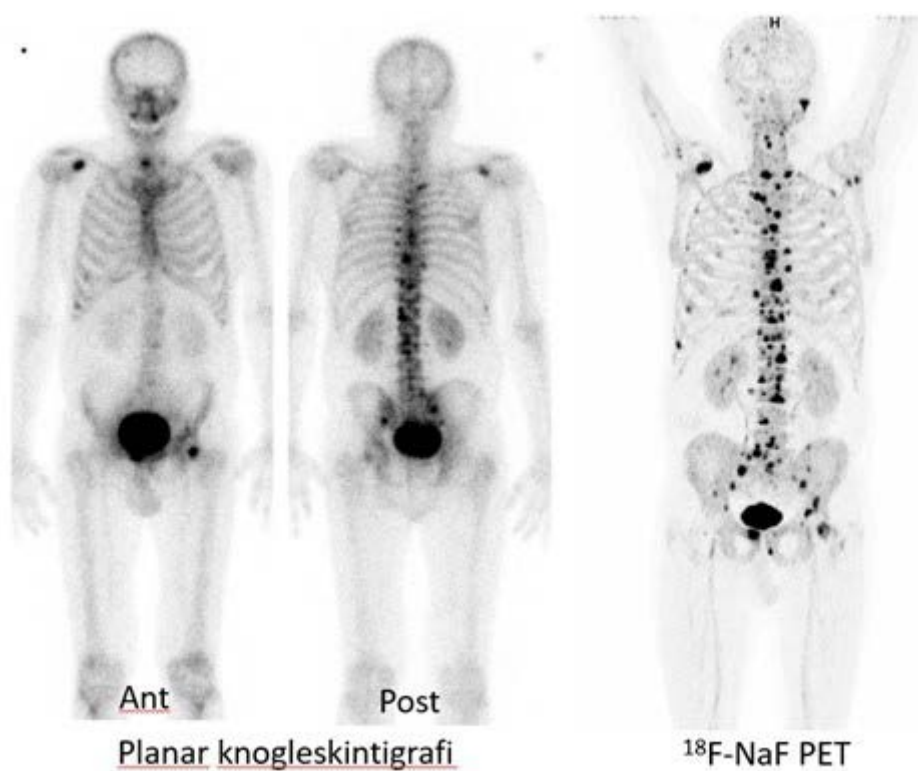
Det daglige arbejde med PET/CT skanninger foregår i samarbejde mellem klinisk fysiologisk/nuklearmedicinske afdelinger og radiologiske afdelinger. Et væsentligt element er forberedelse, håndtering og særlige strålebeskyttelsesforhold i forbindelse med injektion af sporstofferne (åbne radioaktive kilder). Skanning udføres af særligt uddannet personale, typisk bioanalytikere med kompetencegivende uddannelse i afgrænset betjening af CT-skannere eller radiografer med særlig efteruddannelse i nuklearmedicinske procedurer. Erfaringsmæssigt opnås den mest effektive udnyttelse af skanner- og personaleressourcerne, såfremt skannerpersonalet deltager aktivt i alle delprocesser omkring skanningerne.

Fortolkning og svar

Fortolkning af PET/CT-skanninger foregår i tæt samarbejde mellem speciallæger i klinisk fysiologi og nuklearmedicin og speciallæger i radiologi. Samarbejdet er forskelligt organiseret på de enkelte hospitaler. Alle steder gives en fælles konklusion på den udførte PET/CT-skanning, som adresserer både funktionelle (PET) og morfologiske (CT) forhold.

Mange PET/CT-skanninger præsenteres på multidisciplinære team-konferencer, hvor nuklearmediciner og radiolog samarbejder med de kliniske afdelinger og patologisk afdeling. Dette er et vigtigt led i kvalitetssikring og læring og indgår obligatorisk i flere kræftpakkeforløb.

PET-skanninger fra forskellige skannere kan til sammenligning vurderes visuelt til klinisk brug (rutine), men man kan ikke anvende en PET-skanning fra to forskellige skannere til at måle semikvantitativt på ændringer i tumormetabolisme hos den samme patient under en given behandling, idet skannerne ikke kan kalibreres indbyrdes med tilstrækkelig nøjagtighed til dette.



Patient med multiple knoglemetastaser fra cancer prostatae påvist med henholdsvis planar knogleskintigrafi og ^{18}F -NaF PET.

Hjerte PET og myokardieskintigrafi

Philip Hasbak

Peter Mørup

Formål

At undersøge blodgennemstrømningen i venstre ventrikels myokardium i hvile og under belastning med henblik på ændringer i koronarperfusion som følge af stenose/okklusion.

Forberedelse

Forud for hvileundersøgelsen er der ingen begrænsninger i medicinindtagelse. Undersøgelsens tekniske kvalitet kontrolleres for bevægeartefakter, interfererende "hot spots" mv. inden patienten forlader afdelingen, da optagelsen i givet fald må gentages.

Udføres optagelsen gated, anvendes i reglen 8 frames (eller "bins"), med stor RR-interval tolerance, idet vurdering af perfusionen er det primære formål.

Undersøgelsesprincip

Et radioaktivt sporstof (f. eks. ^{99m}Tc -mærket sestamibi eller tetrofosmin eller $^{82}\text{RbCl}/^{15}\text{O-H}_2\text{O}$) indgives i.v. i hvile og under belastning ("stress"), hvor koronarperfusionen antages at være maksimalt eller væsentligt forøget. Belastningen kan foregå som:

- Arbejdsforsøg.
- Farmakologisk vasodilatation med adenosinagonist, herunder adenosin, regadenoson eller dipyridamol.
- Kombination af arbejdsforsøg og farmakologisk vasodilatation.
- Farmakologisk, sympatomimetisk stimulation med dobutamin (med evt. med supplerende atropinindgift).

Sporstoffets optagelse og retention i venstre ventrikels myokardium afspejler koronarperfusionen, som vurderes ud fra tomografisk gammakamera- eller PET optagelse og såvel visuel som semikvantitativ analyse. Optagelsen udføres sædvanligvis med ekg-trigning ("EKG-gated"), herved kan venstre ventrikels uddrivningsfraktion (ejection fraction, EF), regional vægbevægelse og systolisk vægfortykkelse bedømmes.

Generelt foretrækkes arbejdstest som belastning, fordi arbejdskapacitet og symptomer under fysisk arbejdsbelastning giver væsentlige oplysninger. Men farmakologisk belastning, gerne suppleret med submaksimal arbejdsbelastning, anvendes ofte, idet konklusivt arbejdsforsøg ikke kan gennemføres hos mange af de henviste patienter. Desuden bruges farmakologisk belastning hos patienter med venstresidigt grenblok, hvor hjerterefrekvensstigning giver tolkningsproblemer ved skintigrafien. Ved hjerte-PET anvendes farmakologisk belastning.

Indikationer

- Diagnostik hos patienter især med middel sandsynlighed for iskæmisk hjertesygdom, f.eks. atypiske brystmerter og suspekterede ekg-forandringer ved arbejdstest, EKG-forandringer i hvile som gør iskæmiske ekg-forandringer vanskelige eller umulige at bedømme, typiske brystmerter ved normalt eller inkonklusivt arbejds-ekg mm.
- Kontrol af iskæmisk hjertesygdom, hvor koronararteriografi giver tvivl om hæmodynamisk betydning af påvist stenose.
- Mistanke om stum iskæmi.
- Tvivl om effekt eller recidiv efter revaskularisering.
- Diagnostik af "viable" myocardium (mistanke om "hibernation", "stunning").
- Mistanke om akut koronar syndrom / ustabil angina pectoris.

Kontraindikationer

Hvileundersøgelse: Kun relative kontraindikationer:

- Ustabile patienter/svært akut sygdom.
- Arytmier: dysreguleret atrieflimren/flagren; paroxysmiske supraventrikulære og ventrikulære takykardier.
- Akut febersygdom, endocarditis, myocarditis.

Arbejdstest: Ud over dennes almindelige kontraindikationer:

- Venstresidigt grenblok (i stedet udføres farmakologisk vasodilatation uden arbejdsbelastning).

Adenosinagonistbelastning med eller uden arbejde: Ud over dennes almindelige kontraindikationer

- Bronkospastisk respiration.
- 2. og 3. grads AV-blok uden fungerende pacemaker.
- Forsigtighed ved $FEV_1 < 1\text{ l}$ eller $< 50\%$ af forventet værdi.
- Svær arteriel hypotension.
- Mistanke om cerebral iskæmi.
- Dipyridamol-indtagelse inden for de sidste 24 timer.
- Vedrørende dipyridamol: Dipyridamol allergi – her anvendes adenosin eller regadenoson.

Dobutamin-belastning (inkl. atropinindgift):

- De samme kontraindikationer som under arbejdstest.
- Beta-blokkerbehandling, relativ kontraindikation (kan gennemføres uden risiko for patienten, men testen bliver eventuelt ikke-konklusiv pga. manglende pulsrespons).
- Glaukom: atropin kontraindiceret.
- Graviditet og amning: se nedenfor.

Graviditet og amning

Graviditet:

Hvis kvinden er gravid, bør alternative undersøgelsesmetoder uden anvendelse af ioniserende stråling overvejes.

Amning:

Ammepause ikke nødvendig.

Forud for belastningsundersøgelse kan antianginøs medicin pauseres, især betablokkere. Pausen afhængig af stoffernes virkningsvarighed og risiko/ubehag for patienten ved pausen:

- For betablokkere i reglen ca. 24 timer, for enkelte betablokkere adskillige dage.
- Nitroglycerin 1 time.
- Virkningen af adenosin/regadenoson/dipyridamol ophæves ved indtagelse af metylxantiner (teofyllin, koffein og teobromin), der findes i kaffe, te, kakao, chokolade og coca-cola. Patienterne må derfor ikke indtage sådanne drikke/fødeemner i minimum 12 timer forud for undersøgelsen.

Udførelse

Hjerte-SPECT (myokardieskintigrafi):

Sædvanligvis udføres belastningsundersøgelsen først, idet man kan undlade hvileundersøgelsen, hvis belastningsundersøgelsen er "sikkert" normal.

- Arbejdstest udføres i henhold til afdelingens protokol for denne eller arbejds-EKG.
- Det tilstræbes, at det radioaktive sporstof injiceres 1-2 minutter inden belastningen ophører.
- Vedrørende udførelse af adenosin-, dipyridamol-, dobutamin- og regadenosonbelastning, se bilag 2, 3, 4 og 5

Gammakameraundersøgelsen bør så vidt muligt udføres som:

- To-dages protokol inden for et interval på højst 1-2 uger. Anvendes undtagelsesvis endags-protokol, bør belastningsundersøgelsen udføres først, således at hvileundersøgelsen evt. kan undlades og en større stråledosis dermed undgås.

Der anvendes high resolution, lavenergi kollimator eller dedikerede hjerte-kollimatorer og cirkulær eller elliptisk rotation.

Optagelsen suppleres med lavdosis CT-scanning mhp. attenuation-scatter korrektion. Undersøgelsen skal typisk optages EKG-gated til vurdering af kontraktilitet, vægbevægelse og vægfortykkelse.

Kamera-optagelsen begynder 30-60 minutter (eller senere) efter injektion af sporstof.

Sædvanligvis gennemføres optagelsen i 32 eller 64 trin, enten kontinuerligt eller "step-and-shoot".

Den samlede optagetid varer typisk ca. 15 minutter.

Hjerte-PET:

Den korte halveringstid for ^{82}Rb og $^{15}\text{O-H}_2\text{O}$ muliggør, at der inden for en halv time kan udføres både hvile- og belastningsundersøgelse. Den korte halveringstid bevirker også, at stressundersøgelsen foretages simultant med billedoptagelsen, hvorfor der altid udføres vasodilator-stress ved hjerteperfusions-PET med de to isotoper. Der indledes med CT-scanning til attenuationskorrektion og evt. kalkscore-bestemmelse, hvorefter PET-isotopen injiceres og hvile-billedoptagelsen startes. Dernæst påbegyndes vasodilator-indgift, og billedoptagelsen startes ved isotopinjektionen. Anvendes adenosin gives stoffet typisk fra 2-3 min før til 3-4 min efter isotopinjektion. Regadenoson gives som langsom bolus efterfulgt af isotopen 15-60 sek senere. Data opsamles i listmode 5-7 min i hvile og under vasodilatation. Undersøgelsen udføres EKG-gated.

Radiofarmaka, aktivitetsmængder og stråledosis

Radiofarmaka:

Hjerte SPECT:

^{99m}Tc -mærket sestamibi (Cardiolite) eller ^{99m}Tc -mærket tetrofosmin (Myoview).

Aktivitetsmængder:

Voksne, to-dages protokol: 600-900 MBq ved hver undersøgelse.

Voksne, en-dags protokol: Anvendes undtagelsesvist en-dags protokol, bør aktivitetsmængden være 400-500 MBq til første undersøgelse og tre gange så høj ved anden undersøgelse.

Strålebelastning:

Hjerte-SPECT: Strålebelastningen er ca. 6 mSv per delundersøgelse og vil falde de kommende år i takt med at nye kamerasystemer indføres.

Hjerte-PET:

Radiofarmaka: $^{82}\text{RbCl}$ og $^{15}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$

Aktivitetsmængde:

^{82}Rb : 500-1100 MBq

$^{15}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$: 700-1500 MBq

Den samlede strålebelastning ved hjerteperfusions-PET er for nuværende på niveau med den årlige baggrundsbestråling i Danmark (3 mSv).

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn"

Fortolkning og svar

Beskrivelsen skal informere om

- Belastningens forløb (arbejdstest/farmakologisk belastning).
- Eventuelle perfusionsdefekters lokalisering (i hvilken del af venstre ventrikel: og sværhedsgrad ved hvileundersøgelsen, ved belastningsundersøgelsen samt grad af reversibilitet).

Konklusionen bør

- Tage stilling til det eller de kliniske spørgsmål, der er stillet, og om der er tale om reversible forandringer, hvilket næsten altid er det væsentlige spørgsmål.
- Oplyse om helt eller delvist irreversible perfusionsdefekter, og i hvilke områder af venstre ventrikel, de er lokaliseret.
- Når undersøgelsen er udført EKG-gated, informeres om venstre ventrikels EF og evt. om regionale abnormiteter.
- Hvis undersøgelsen af den ene eller anden grund er belastet af et teknisk problem, for eksempel bevægelseartefakt, attenuation eller scatter, kommenteres dette. Såfremt undersøgelsen ikke har optimal kvalitet, bør konklusionen udtrykkes med dertil svarende forbehold.

Snitbilleder bør altid følge med svaret, evt. "polar plots" / "bull's eye" billeder med eller uden "black-out" defekter (sammenligning med referencepopulation), evt. billeder af vægbevægelsesmønster og evt. 3D afbildninger. Se eksempel på svar, bilag 1a og 1b.

Det er væsentligt, at der er overensstemmelse mellem beskrivelse og konklusion på den ene side og medfølgende billeder på den anden side. Hvis der konkluderes anderledes end sv.t. det umiddelbare indtryk fra billederne, bemærkes dette i svaret.

Referencer

1. Verberne HJ, Acampa W, Anagnostopoulos C. EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2015;42:1929–40.
2. Sciagra R, Lubberink M, Hyafil F et al. EANM procedural guidelines for PET/CT quantitative myocardial perfusion imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2021;48:1040–69.

Bilag 1

Eksempel på svar

Indikation:

Kendt iskæmisk hjertesygdom, AMI 2007. Inkonklusiv arbejdstest grundet insufficient belastning. Type II diabetes.

Hvile Dato

Belastning Dato

Dosis (MBq) ^{99m}Tc Cardiolite 768 og 696

Før hvileundersøgelsen: Nitroglycerin 0,50 mg

Belastningsundersøgelsen: Adenosin (dosis 0,140 mg/kg/min i 6 min) + cykel

Puls, BT, belastning, bryst smerter Se ekg-udskrift

Venstre ventrikel EF (i hvile) 0,58

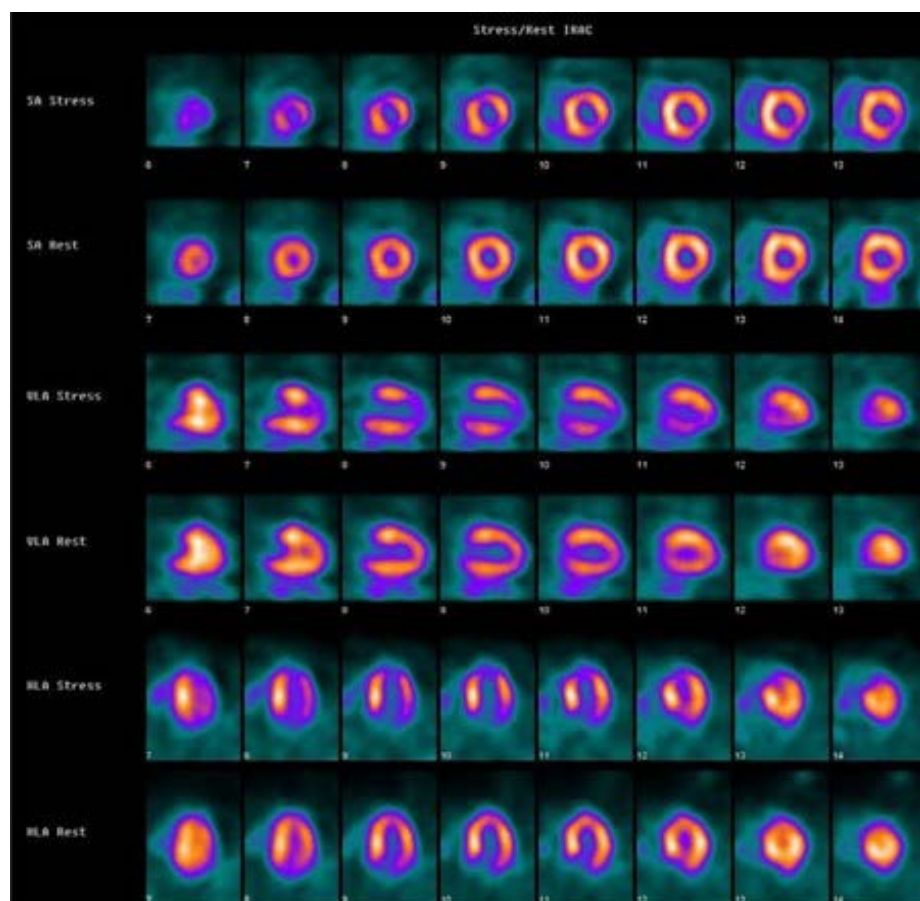
Bemærkninger i øvrigt:

Medfølgende snitbilleder i "Short axis", vertikal og horisontal længdeakse,

Konklusion:

Reversibel iskæmi i inferolateralvæggen medinddragende apexregionen. Ingen tegn til irreversible forandringer.

NN/xx



Bilag 2

Adenosin-infusion

Dosis: 0,14 mg/kg/min, givet som i.v. infusion over 4-6 minutter med infusionspumpe. Ved mistanke om risiko for væsentlige bivirkninger kan dosis i første ½-1 minut halveres. Bivirkninger reduceres i reglen markant, hvis der kombineres med et vist fysisk arbejde, gerne påbegyndt ½-1 minut før adenosin-infusion.

Adenosin-infusionshastigheden		
Vægt (kg)	Pumpehastighed (ml/hr)	Adenosindosis (mg/min)
40	202	5,6
45	227	6,3
50	252	7,0
55	277	7,7
60	302	8,4
65	328	9,1
70	353	9,8
75	378	10,5
80	403	11,2
85	428	11,9
90	454	12,6
95	479	13,3
100	504	14,0

Under adenosin-infusionen kontrolleres patienten for blodtryksfald (hvis blodtrykket falder til <90 mm Hg, bør infusionen afbrydes).

Det radioaktive sporstof injiceres (hvis der injiceres via samme i.v. adgang er det vigtigt at undgå at øge adenosin-infusionshastigheden pga. bolusinjektion!), når adenosin-infusionen har varet i 3-4 minutter. Der fortsættes om muligt med endnu 2 minutters adenosin-infusion. Hvis infusionen må afbrydes af anden grund (svær arytmie etc.), må det overvejes, om det er meningsfyldt at injicere sporstoffet, da adenosins halveringstid i blodbanen er under ½ minut.

Udtalte brystmerter eller andre bivirkninger (AV- eller SA-blok, bronkospasme mm.) plejer at forsvinde inden for ½-1 minut efter infusionens ophør.

Bilag 3

Dipyridamol-injektion

Dosis: 0,56 mg/kg legemsvægt, injiceret i.v. gradvist over 4 minutter.

Under injektionen kontrolleres patienten for blodtryksfald (hvis blodtrykket falder til <90 mm Hg, bør injektionen afbrydes).

Det radioaktive sporstof injiceres 2-3 minutter efter afsluttet dipyridamolindgift, eller hvis stressundersøgelsen må afbrydes af anden grund (angina, arytmie etc.)

Udtalte brystmerter eller andre bivirkninger (AV- eller SA-blok, bronkospasme mm.) kan i reglen standses ved theophyllamin 110 mg, givet langsomt over 1 minut, som dog meget nødt skal gives tidligere end 2 minutter efter sporstofinjektion. Theophyllamin kan gentages ved behov. Der kan evt. suppleres med nitroglycerin ved udtalt angina.

Bilag 4

Dobutamin-infusion, med atropin

Dobutrex-opløsning: 12,5 mg/ml, givet som i.v. infusion med infusionspumpe.

Der tilsættes

0,04 ml/kg legemsvægt dobutrex (=0,5 mg/kg), (i alt ca. 2-4 ml)

50 ml NaCl – 0,9%

10 µg/kg/min. i 3 minutter	1 ml/min.	60 ml/time
20 -	2 ml/min.	240 ml/time
30 -	3 ml/min.	180 ml/time
40 -	4 ml/min	240 ml/time

Hvis maksimal puls ikke er nået, suppleres med atropin (0,25 mg i.v. bolus x 1-2) ved afslutningen af de 3 minutter på 40 µg/min. henholdsvis 2 minutter senere under fortsat maksimal dobutamin-infusion (i alt højest 6-7 minutters infusion på maksimalt trin).

Under infusionen kontrolleres patientens ekg for arytmier, og hjerterefrekvens og blodtryk kontrolleres med henblik på registrering af stigning i hjerterefrekvens til ønsket, alderskorrigeret maksimum og stigning i puls-blodtryks-produktet. I reglen stabiliseres det hæmodynamiske respons efter 2-3 minutters infusion på hvert trin.

Det radioaktive sporstof injiceres (hvis der injiceres via samme i.v. adgang er det vigtigt at undgå at øge dobutamin-infusionshastigheden pga. bolusinjektion!), når den ønskede hjerterefrekvens er opnået, eller hvis stress-undersøgelsen må afbrydes af anden grund (angina, arytmier etc.)

Udtalte bryst smerter plejer at svinde inden for 1 minut efter infusionens ophør da dobutaminets halveringstid i blodbanen er under 1 minut. Kan behandles med betablokkere i.v. eller nitroglycerin-præparat ved persisterende smerter.

Livstruende arytmier, som ikke svinder umiddelbart ved at afbryde infusionen, kan behandles med betablokker f.eks. seloken (1 mg/ml); indtil 5 mg langsomt i.v. (1-2 ml/min).

Bilag 5

Regadenoson

Der gives samme dosis til alle patienter uafhængig af nyre- og leverfunktion.

Kan anvendes til patienter med KOL og astma, dog forsigtighed ved svær astma. Her kan evt. gives bronkodilator før us. Derudover forsigtighed ved patienter med tidligere krampeanfald og takyarytmier.

Theofyllamin kan anvendes som antidot, dog ikke ved kramper. Her anvendes stesolid.

Protokol:

Rapiscan tjekkes for misfarvninger eller synlige partikler, vendes et par gange og trækkes op.

Rapiscan (400 mikrogram regadenoson) indgives i.v. over 15 sek.

Derefter gives 5 ml NaCl over 5 sek.

^{99m}Tc-sestamibi indgives herefter over 10 sek.

5 ml NaCl indgives over 10 sek til at skylle efter

Choleskintigrafi

Lise Borgwardt

Søren Møller

Liselotte Højgaard

Formål

Funktionel analyse af galdens produktion og udskillelse gennem galdevejene ved hjælp af dynamisk galdevejskintigrafi.

Undersøgelsesprincip

Der anvendes en ^{99m}Tc -mærket markør, f.eks. mebrofenin, der optages i levercellerne og udskilles til galdevejene. Efter injektion af ^{99m}Tc -mebrofenin ses optagelse i leveren og efterfølgende udskillelse gennem de dybe galdeveje og ductus choledochus. Undersøgelsen foretages dynamisk med gammakamera over en periode på 60 minutter. Ved manglende udskillelse, især hos børn, kan undersøgelsen forlænges i op til 24 timer. Som tracer anvendes hovedsagligt ^{99m}Tc -mebrofenin (BRIDA, bromo-2,4,6-trimethylacetanilido imino-diacetat), hvor ekstraktionen i leveren kun i ringe grad påvirkes af høje koncentrationer af serum bilirubin.

Der fremstilles en serie billeder af lever og galdeveje. På skintigrafien kan leverens evne til at ekstrahere sporstof fra blodbanen samt leverens evne til at klare leverparenkymet for sporstof vurderes, og tages som udtryk for hepatocytternes funktion. Endvidere kan udskillelse af galde til tarmsystemet og selve passagen gennem galdegangene vurderes. Områder med isotopretention som følge af stenoser af galdegangene, galdesten, choledochuscyster og afløbshindring efter levertransplantation kan visualiseres.

Ved svært påvirket leverfunktion og deraf manglende udskillelse, kan det være nødvendigt at følge passagen af ^{99m}Tc -mebrofenin med serielle statiske optagelser indtil 24 timer efter injektion.

Afhængigt af indikationen kan den dynamiske undersøgelse forlænges efter farmakologisk stimulation med sincalide, et syntetisk derivat af hormonet cholecystokinin (CCK), som stimulerer kontraktion af galdeblæren.

Indikationer

Mistanke om galdevejsatresi hos børn: Vurdering af leverens optagelse og udskillelse samt passagen gennem galdevejene. Ved manglende udskillelse indenfor 1 time suppleres med 3, 6 og 24 timers statisk optagelse og eventuelt suppleres med SPECT/CT med henblik på anatomisk lokalisation af sporstof.

Mistanke om galdevejslækage f.eks. efter operation: Vurdering af leverens optagelse og udskillelse samt passagen gennem galdevejene. Ved manglende tegn på lækage indenfor 1 time, suppleres med serielle statiske optagelser indtil 4-6 timer, gerne med positionsskifte mellem rygleje og sideleje og evt. suppleres med SPECT/CT mhp. anatomisk lokalisation af sporstof.

Mistanke om akut cholecystitis: Ved manglende aktivitet i galdeblæren indenfor 1 time, suppleres med serielle statiske optagelse indtil 4-6 timer, ved svært nedsat leverfunktion suppleres med 24 timers optagelser.

Mistanke om galdeblæredysfunktion: Dynamisk skintigrafi forlænges med 60 min efter påbegyndt stimulation med i.v. infusion af sincalide 0,02 µg/kg givet over 60 min. Stimulation af galdeblæren med fedtrigsmåltid anbefales ikke, da der er ringe reproducerbarhed.

Mistanke om afløbshindring i galdevejene: Ved manglende udskillelse indenfor 1 time, suppleres med serielle statiske optagelse indtil 4-6 timer, ved svært nedsat leverfunktion suppleres med 24 timers optagelse.

Øvrige indikationer for galdevejsskintigrafi er mistanke om øvre abdominalsmerter udløst af galdeblæredysfunktion, som det kan ses ved kronisk cholecystitis eller sphincter Oddi dysfunktion.

Kontraindikationer

Kendt allergi overfor sporstoffet (ses meget sjældent). Ved svært forhøjet serum-bilirubin kan metodens diagnostiske værdi være forringet. Iøvrigt ingen absolutte kontraindikationer.

Graviditet og amning

Graviditet: Hvis kvinden må betragtes som gravid, bør undersøgelsen om muligt udsættes, respektivt erstattes af undersøgelsesmetoder, der ikke er baseret på ioniserende stråling.

Amning: Ingen ammepause.

Forberedelse

Voksne skal faste i 6 timer og børn i 2 timer forud for undersøgelsen.

Udførelse

Inden undersøgelsen: Voksne patienter og store børn lader vandet og blæbørn får skiftet ble inden undersøgelsen.

Patienten placeres på ryggen med armene ned langs siden. Hele leveren skal være i Field of View (FOV), ved øvre afgrænsning ses hjertet og ved nedre ses blæren. Spædbørn placeres evt. i krybbe. Kollimator LEHR. Der kan med fordel zoomes på små børn.

Samtidigt med sporstofsinjektionen startes en dynamisk skintigrafi over den øvre abdominalregion i både forfra og bagfra projektion af 1 times varighed og med en tidsopløsning på 1 frame/min.

Såfremt der ønskes arteriel input kurve til beregning fx af HEF (hepatocyt-ekstraktions-fraktion) og HCT (hepatocyt clearance tid) udføres optagelse med tidsopløsning på fase 1: 60 frames á 1 sekund (start max 1 minut efter injektion), fase 2: 18 frames á 10 sekunder, fase 3: 56 frames á 60 sekunder. Optagelse i alt en time.

Bagfraoptagelsen mhp. at differentiere udskillelse af urinveje (nyrepelvis) fra udskillelse til galdeveje og tarm. Det er også muligt at supplere med SPECT/lavdosis CT.

Ved manglende udskillelse stillingtagen til supplerende statiske billedoptagelser efter 3 timer, 6 timer og 24 timer.

I tilfælde med usikkerhed omkring den anatomiske lokalisation af aktivitetsoptagelsen, f.eks. ved vanskeligheder ved at differentiere aktivitetsoptagelse i nyrer, udskillelse i nyrepelvis eller tarmsegment, kan suppleres med SPECT/CT.

Det er vigtigt at overveje SPECT/CT med henblik på anatomisk lokalisation af aktivitetsoptagelse også i forbindelse med galdevejslækageproblematikker og stenoseproblematikker.

Ved manglende aktivitetsoptagelse i galdeblæren (efter 1 time) hos patienter mistænkt for akut cholecystitis, bør der suppleres med senbillede 3-4 og evt. 4-6 timer efter injektion af sporstof.

Den anvendte CT, der benyttes til SPECT/CT bør være lavdosisCT for at reducere stråledosis og <0.5mSv.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

Lægemidler og aktivitetsmængder: ^{99m}Tc -Mebrofenin (MBrida, bromo-2,4,6,-trimethylacetanilid imino-diacetat): Voksne 200 (150-250) MBq.

Effektiv stråledosis: 17 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$.

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Aktivitetsmængden bør ikke være under 18 MBq.

Fortolkning og svar

Svaret indeholder:

Optagelsen i leveren og clearing af blodbanen beskrives samt tidspunktet for første udskillelse til galdeveje og tarm. Leverens clearing noteres. Det anføres, om der er aktivitetssudskillelse i galdeblæren. Ved mistanke om akut cholecystitis vil manglende optagelse i galdeblæren tale stærkt for denne diagnose (PVpos > 95 %). Ved mistanke om galdevejsatresi hos spædbørn, skal manglende udskillelse vurderes i sammenhæng med leverparenkymfunktionen. Ved normal optagelse i leverparenkymet er PVpos høj for diagnosen manglende udskillelse til galdeveje.

Normal undersøgelse:

- Hurtig jævn aktivitetsoptagelse i leverparenkym og efterfølgende sekventiel fremstilling af større intra- og ekstrahepatiske galdeveje, galdeblære og aktivitetssudskillelse i øvre del af tyndtarmsgebetet. Alle strukturer skal være set indenfor den første time.

Galdevejsatresi:

- Manglende udskillelse af galde til tarmsystem på 1 times dynamisk og 3-, 6- og 24 timers statisk optagelse. Det er vigtigt samtidigt at vurdere hepa-tocytfunktionen, idet lever/tarm transittiden kan være meget forlænget hos børn med svært nedsat hepatocytfunktion og/eller meget præmature børn.

Galdevejslækage:

- Aktivitetsoptagelsen/udskillelse udenfor lever, galdeblære, tarm og urinveje registreres.

Akut cholecystitis:

- Manglende aktivitet i galdeblæren efter 1 time (og på senbilleder).
- Positiv prædiktiv værdi (ingen galdeblære visualisation) ved akut cholecystitis ca. 90%. Negativ prædiktiv værdi ca. 97%.

Kronisk cholecystitis:

- Forsinket eller manglende aktivitetsoptagelse i galdeblæren – se dog ligeledes i afsnittet om fejlkilder.
- Tarmaktivitet uden galdeblæreaktivitet

Galdeblæredysfunktion:

- Galdeblærens uddrivningsfraktion (GBEF%) beregnes ud fra tællertallet i galdeblæren før og efter galdeblærens tømning samt tællertallet i tilstødende leverparenkym (korrektion for baggrundsaktivitet). GBEF < 0,38 indikerer abnormt nedsat galdeblærekontraktion.

Afløbshindring i galdevejene:

- Ved manglende udskillelse indenfor 1 time, suppleres med serielle statiske optagelse indtil 4-6 timer, ved svært nedsat leverfunktion suppleres med 24 timers optagelse.

Evt. foci med isotopretention beskrives mhp. anatomisk lokalisation og dynamikken beskrives (partiell/komplet obstruktion).

Sphinter Oddi dyskinesi:

- Ved sphinter Oddi dyskinesi (ofte efter cholecystektomi) ses forsinket aktivitetsudskillelse til tarmen (>20 min).

Mulige fejlkilder ved fortolkning:

Manglende optagelse i galdeblære uden at patienten har cholecystitis:

- For kort faste: mindre end 2-4 timer.
- For lang faste: mere end 24 timer eller parenteral ernæring.
- Svær nedsat hepatocytfunktion.
- Svær obstruktion af ductus choledochus.
- Svær kronisk cholecystitis.
- Svær intercurrent sygdom.
- Pankreatit (sjældent).
- Kongenitte anomalier.
- Meget hurtig lever-til-tarm transittid (sjældent)

Optagelse i galdeblære til trods for akut cholecystit:

- Akut acalculøs cholecystit.
- Aktivitet i tarmsegment eller nyre/nyrepelvis, som fejlagtigt tolkes som galdeblæreaktivitet.
- Lav evt. supplerende billeder efter patienten har drukket 1-2 glas vand.

Referencer

1. Tulchinsky M, Ciak BW, Delbeke D, et al. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Hepatobiliary Scintigraphy 4.0. J Nucl Med Technol 2010;38:210-8.
2. Howman-Giles R, Moase A, Gaskin K, Uren R. Hepatobiliary scintigraphy in a pediatric population: determination of hepatic extraction fraction by deconvolution analysis. J Nucl Med 1993;34:214-21.
3. Sevilla A, Howman-Giles R, Saleh H, et al. Hepatobiliary scintigraphy with SPECT in infancy, Clin Nucl Med 2007;32:16-23.
4. Concannon RC, Howman-Giles R, Shun A, Stormon MO. Hepatobiliary scintigraphy for the assessment of biliary strictures after pediatric liver transplantation. Pediatr Transplantation 2009;13:977-83.
5. Gutierrez-Villamil C, Velez-Gutierrez C, Arevalo-Leal S, et al. Hepatobiliary scintigraphy to evaluate biliary complications of pediatric liver transplantation: An account of an experience. Eur J Pediatr Sur 2020;30. Doi:10.1055/s-0040-1721772.
6. Toftdal DB, Højgaard L, Winkler K. Dynamic cholescintigraphy, J Nucl Med 1996;37:261-7.
7. Ziessman H.A.: Scintigraphy in the gastrointestinal tract. Curr Opin Radiol 1992;4:105-16.

Meckels divertikel scintigrafi

Lise Borgwardt

Liselotte Højgaard

Formål

At påvise Meckels divertikel med ektopisk ventrikelslimhinde.

Undersøgelsesprincip

Meckels divertikel er ektopisk ventrikelslimhinde, som skyldes insufficient lukning af ductus omphaloentericus i embryonalstadiet, og undersøgelsen baseres på påvisning af ventrikelslimhinde med forekomst af mucinproducerende celler. Parietalceller kan være, men er ikke altid til stede i et Meckels divertikel. Det er de mucinproducerende (mukøse halsceller) som indeholder jodpumpen og optager ^{99m}Tc -pertechnetat. Selvom divertiklet ikke indeholder parietalceller, vil undersøgelsen således stadig kunne være positiv.

Indikationer

Gastrointestinal blødning uden kendt blødningskilde, hvor der er mistanke om et Meckels divertikel.

Kontraindikationer

Kendt allergi overfor sporstoffet (ses meget sjældent).

Perklorat må ikke være givet de sidste 48 timer inden skintigrafien.

Patienten må ikke have fået foretaget blødningsskintigrafi i dagene før undersøgelsen, hvor der er anvendt radioaktivt mærkede erythrocytter.

Røntgenundersøgelser udført med barium inden for de sidste 24 timer, skal helst undgås.

Såfremt der er kontraindikationer for forbehandling med syrepumpehæmmere, kan undersøgelsen gennemføres alligevel, dog med forbehold for evt. suboptimal kvalitet pga. tarmaktivitet.

I øvrigt ingen absolutte kontraindikationer.

Graviditet og amning

Graviditet: Hvis kvinden er gravid bør alternative undersøgelses metoder uden anvendelse af ioniserende stråling overvejes. Hvis undersøgelsen alligevel ønskes gennemført, må der overvejes at reducere den indgivne aktivitetsmængde

Amning: Ammepause 12 timer

Forberedelse

Faste 3-4 timer.

For at undgå forstyrrende sekretion og transport af radioaktivt mærket sekret i mavetarmkanalen, skal patienten på stamafdelingen have ordineret syrepumpehæmmere, henholdsvis aftenen før og morgenen inden undersøgelsen.

(Man har tidligere benyttet histamin H_2 -receptor antagonist forud for undersøgelsen, men denne præparattype er udgået, da der fandtes kræftfremkaldende indholdsstoffer).

Forbehandling med syrepumpehæmmere:

F.eks. omeprazol.

Voksne: 20 mg omeprazol aftenen før og morgenen inden undersøgelsen.

Børn: Forbehandles aftenen før og morgenen inden undersøgelsen med syrepumpehæmmer, dosis aftales med stamafdelingen/børneafdelingen.

Udførelse

Inden undersøgelsen: Patienten lader vandet. Blebørn får skiftet ble.

Patienten placeres på ryggen på lejet – gerne med højre side løftet 30° med en pude eller lignende for at nedsætte uønsket transport af ventrikelsekret til tarmen.

Kamerahovedet placeres over abdomen. Hvis patienten er placeret i skråleje, skal kamerahovedet også være på skrå.

På de tidlige billeder skal underkanten af hjertet ses øverst i FOV og lidt senere blæren nederst i FOV.

0-1 min efter injektion: Dynamisk optagelse 1-5sek/frame op til 1 min, herefter 1 image pr. 30-60 sek i mindst 30 min og i alt 60 min. Der kan evt. suppleres med statisk billedoptagelse efter blæretømning ved negativ scan og høj klinisk mistanke.

LEHR parallel kollimator. Photopeak med 20% vindue centreret omkring 140 keV. Matrix 128x128. Zoom svarende til patientens størrelse.

Såfremt lokaliseringen af Meckels divertikel ønskes præciseret, kan der suppleres med SPECT / lavdosis CT.

SPECT 30 pr. step, 30sek pr frame, 360° rotation, 64x64 eller 128x128 matrix og zoom svarende til patientens størrelse.

For børn op til 2 år skal thorax være inkluderet for at visualisere den mulige bronchopulmonale foregut malformation (BPFM).

Børn til Meckels skintigrafi skal altid overvåges af kompetent personale og have i.v.-adgang.

Lægemidler, aktivitetsmængder og stråledosis

Lægemidler og aktivitetsmængder: ^{99m}Tc -pertechnetat: Voksne 300 MBq (250-350)

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn".

Effektiv stråledosis: 13 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$

Børn: se "Beregning af aktivitetsmængde til børn". Benyt evt. EANM Dosage Calculator (<https://www.eanm.org/publications/dosage-calculator/>). Aktivitetsmængden bør ikke være under 18 MBq.

Fortolkning og svar

Gennemse den dynamiske skintigrafi og de summerede statiske billeder: Anterior og specialoptagelser, evt. SPECT/CT.

Undersøgelsen har en høj positiv prædiktiv værdi, men lav negativ prædiktiv værdi, som kan øges bl.a. ved supplerende optagelser efter blæretømning. En negativ skintigrafi udelukker således ikke tilstedeværelsen af et Meckels divertikel.

Negativ skintigrafi/"normal":

Aktivitetsoptagelse i spytkirtler, thyreoidea, ventrikelslimhinde og udskillelse til nyre, fraførende urinveje, blære og tarm.

Positiv skintigrafi:

En fokal aktivitetsoptagelse, der fremkommer samtidigt med aktivitetsoptagelsen i ventriklen og med samme intensitet, og ikke findes relateret til områder for fysiologisk aktivitetsoptagelse. Aktivitetsoptagelse kan være placeret overalt i abdomen, men ses typisk i nedre højre kvadrant.

Falsk positiv skintigrafi:

Aktivitet i nyrepelvis, ureter, blære eller tarm. Her kan med fordel suppleres med SPECT/CT. Tarminflammation, ulceration, tumor (eks. AVmalformationer), intussusception (børn) og duplicatur (børn). Laxativa og endoscopy medførende inflammation/irritation i tarm.

Falsk negativ skintigrafi:

Meckels divertikel findes, men ses ikke, da den er ulceret eller nekrotiseret. Røntgenkontrast (barium) i tarmsegmenter kan skjule et patologisk focus. Barium-indgift skal helst ikke være foretaget de sidste 24 timer inden undersøgelsen. Patienten har fået perchlorat eller fået foretaget in vivo erythrocytmærkning i dagene før undersøgelsen. Interfererende aktivitetsoptagelse/udskillelse i urinveje og tarm "skjuler" et eksisterende Meckels divertikel. Aktivitetsophobning i distale oesophagus kan ses ved Barrets oesophagus, som er en tilstand med metaplastisk omdannelse af pladeepithel til cylinderepithel i oesophagus. I svaret anføres om ektopisk ventrikelslimhinde kan påvises eller ikke kan påvises, og i givet fald med angivelse af omtrentlig anatomisk lokalisation evt. vejledt af SPECT/CT.

Referencer

1. Spottswood SE, Pfluger T, Bartold SP, et. al. Society of Nuclear Medicine Procedure guideline for gastrointestinal bleeding and Meckels diverticulum scintigraphy 2.0. *J Nucl Med Tech* 2014;42:163-69.
2. Ward RM, Kearns GL. Proton pump inhibitors in pediatrics: mechanism of action, pharmacokinetics, pharmacogenetics, and pharmacodynamics. *Paediatr Drugs* 2013;15:119–31.
3. Sfakianakis GN. Detection of ectopic gastric mucosa in Meckels diverticulum and in other aberrations by scintigraphy: 1. Pathophysiology and 10-year clinical experience. *J Nucl Med* 1981;22:647-54.
4. Sfakianakis GN. Detection of ectopic gastric mucosa in Meckels diverticulum and in other aberrations by scintigraphy: 1. Indications and methods- a 10-year clinical experience. *J Nucl Med* 1981;22:732-38.
5. Emamian SA. The spectrum of heterotopic gastric mucosa in children detected by Tc-99m pertechnetate scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2001;26:529-53.
6. Yang G, Chen L, Xu C, et al. Congenital bronchopulmonary foregut malformation: systematic review of the literature. *BMC Pediatr* 2019;19:305.

Børnedoser



Dosage Card (Version 5.7.2016)

Multiple of Baseline Activity

Weight kg	Class A	Class B	Class C	Weight kg	Class A	Class B	Class C
3	1	1	1	32	3.77	7.29	14.00
4	1.12	1.14	1.33	34	3.88	7.72	15.00
6	1.47	1.71	2.00	36	4.00	8.00	16.00
8	1.71	2.14	3.00	38	4.18	8.43	17.00
10	1.94	2.71	3.67	40	4.29	8.86	18.00
12	2.18	3.14	4.67	42	4.41	9.14	19.00
14	2.35	3.57	5.67	44	4.53	9.57	20.00
16	2.53	4.00	6.33	46	4.65	10.00	21.00
18	2.71	4.43	7.33	48	4.77	10.29	22.00
20	2.88	4.86	8.33	50	4.88	10.71	23.00
22	3.06	5.29	9.33	52-54	5.00	11.29	24.67
24	3.18	5.71	10.00	56-58	5.24	12.00	26.67
26	3.35	6.14	11.00	60-62	5.47	12.71	28.67
28	3.47	6.43	12.00	64-66	5.65	13.43	31.00
30	3.65	6.86	13.00	68	5.77	14.00	32.33

$$A[\text{MBq}]_{\text{Administered}} = \text{Baseline Activity} \times \text{Multiple}$$

- For a calculation of the administered activity, the baseline activity value has to be multiplied by the multiples given above for the recommended radiopharmaceutical class (see reverse).
- If the resulting activity is smaller than the minimum recommended activity, the minimum activity should be administered.
- The national diagnostic reference levels should not be exceeded!

Examples:

- ^{18}F FDP-PET Brain, 50 kg: activity to be administered [MBq] = 14.0×10.71 [MBq] ≈ 150 MBq
- ^{123}I mIBG, 3 kg: activity to be administered [MBq] = 28.0×1 [MBq] = 28 MBq
 < 37 MBq (Minimum Recommended Activity)
→ activity to be administered: 37 MBq

This card is based upon the publication by Jacobs F, Thierens H, Piepsz A, Bacher K, Van de Wiele C, Ham H, Dierckx RA. Optimized tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective doses. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 May; 32(5):581-8.

This card summarizes the views of the Paediatric and Dosimetry Committees of the EANM and reflects recommendations for which the EANM cannot be held responsible.

The dosage recommendations should be taken in context of „good practice“ of nuclear medicine and do not substitute for national and international legal or regulatory provisions.



Android App



iPhone App

EANM Executive Office
 Schmalzhofgasse 26 · 1060 Vienna, Austria
 Phone: +43 (0) 1 890 44 27, fax: +43 (0) 1 890 44 27-9
office@eanm.org - www.eanm.org - fb.com/officialEANM

Recommended Amounts in MBq

Radiopharmaceutical	Class	Baseline Activity (for calculation purposes only)	Minimum Recommended Activity ¹
		MBq	MBq
¹²³ I (Thyroid)	C	0.6	3
¹²³ I Amphetamine (Brain)	B	13.0	18
¹²³ I HIPURAN (Abnormal renal function)	B	5.3	10
¹²³ I HIPURAN (Normal renal function)	A	12.8	10
¹²³ I mIBG	B	28.0	37
¹³¹ I mIBG	B	5.6	35
¹⁸ F FDG-PET torso	B	25.9	26
¹⁸ F FDG-PET brain	B	14.0	14
¹⁸ F Sodium fluoride	B	10.5	14
⁶⁷ Ga Citrate	B	5.6	10
⁶⁸ Ga-labelled peptides	B	12.8	14
^{99m} Tc ALBUMIN (Cardiac)	B	56.0	80
^{99m} Tc COLLOID (Gastric Reflux)	B	2.8	10
^{99m} Tc COLLOID (Liver/Spleen)	B	5.6	15
^{99m} Tc COLLOID (Marrow)	B	21.0	20
^{99m} Tc DMSA	B	6.8	18.5
^{99m} Tc DTPA (Abnormal renal function)	B	14.0	20
^{99m} Tc DTPA (Normal renal function)	A	34.0	20
^{99m} Tc ECD	B	51.8	100
^{99m} Tc HMPAO (Brain)	B	51.8	100
^{99m} Tc HMPAO (WBC)	B	35.0	40
^{99m} Tc IDA (Biliary)	B	10.5	20
^{99m} Tc MAA / Microspheres	B	5.6	10
^{99m} Tc MAG3	A	11.9	15
^{99m} Tc MDP	B	35.0	40
^{99m} Tc Pertechnetate (Cystography)	B	1.4	20
^{99m} Tc Pertechnetate (Ectopic Gastric Mucosa)	B	10.5	20
^{99m} Tc Pertechnetate (Cardiac First Pass)	B	35.0	80
^{99m} Tc Pertechnetate (Thyroid)	B	5.6	10
^{99m} Tc RBC (Blood Pool)	B	56.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin (Cancer seeking agent)	B	63.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac rest scan 2-day protocol min)	B	42.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac rest scan 2-day protocol max)	B	63.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac stress scan 2-day protocol min)	B	42.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac stress scan 2-day protocol max)	B	63.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac rest scan 1-day protocol)	B	28.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac stress scan 1-day protocol)	B	84.0	80
^{99m} Tc Spleen (Denatured RBC)	B	2.8	20
⁹⁹ Tc TECHNEGAS (Lung ventilation) ³	B	49.0	100

¹ The minimum recommended activities are calculated for commonly used gamma cameras or positron emission tomographs. Lower activities could be administered when using systems with higher counting efficiency.

² The minimum and maximum values correspond to the recommended administered activities in the EANM/ESC procedural guidelines (Hesse B, Tagil K, Cuocolo A, et al). EANM/ESC procedural guidelines for

Vejledning om amning

Vejledning om anbefalet længde af pause eller ophør med amning

Denne vejledning erstatter bilag 7 om anbefalede tider for pause eller ophør med amning i Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 954/2000 om anvendelse af åbne radioaktive kilder på sygehuse, laboratorier m.v. Længden af pauserne er opdateret i henhold til de nye anbefalinger i Annex D i ICRP Publication 106 – Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals.

Ved nuklearmedicinske undersøgelser af kvinder, der ammer, er det nødvendigt at antage, at noget af det radioaktive lægemiddel afsættes i mælken, da mange af disse lægemidler udskilles i brystmælk. Det bør derfor overvejes, om proceduren kan udsættes. Hvis undersøgelsen skal foretages, skal amningen indstilles, indtil det radioaktive lægemiddel udskilles i så små mængder, at det sikres, at barnet ikke kan modtage en effektiv dosis på mere end 1 mSv. Nedenstående retningslinjer for pause eller ophør med amning bør derfor følges for de nævnte lægemidler.

Hvis amningen skal fortsættes, anbefales det at malke mælk ud før undersøgelsen og opbevare mælken. Ved første måltid efter undersøgelsen kan barnet mades med den gemte mælk, mens kvinden kan malke ud og kassere den radioaktive mælk.

Hvis den anvendte mængde (aktivitet) er højere end niveauerne i ”Vejledning om referenceniveauer for nuklearmedicinske undersøgelser”, bør man måle koncentrationen i modermælken og herefter beregne stråledosis til barnet for at sikre, at ovennævnte dosisbinding på 1 mSv ikke overskrides.

Hvis man ønsker, at ammeperioden gøres kortere end anbefalingerne, kan man ligeledes måle koncentrationen i modermælken.

Udover det hensyn, der omtales her, i forbindelse med amning og mælk, skal der også tages hensyn til den stråling, der kommer direkte fra moderen i forbindelse med indgivning af det radioaktive lægemiddel. Her skal man som altid være opmærksom på at tage de nødvendige forholdsregler mht. graden af kontakt med andre voksne såvel som børn, herunder både barnet, der ammes og andre ældre børn.

Radioaktivt lægemiddel		Pause/ophør med amning efter indgivelse af aktivitet
Nuklearmedicinske undersøgelser		
C-11 ¹⁾		Normalt ingen pause
N-13 ¹⁾		
O-15 ¹⁾		
F-18	FDG	
Cr-51	EDTA	
Kr-81m	Gas	
Tc-99m	HIDA ²⁾	
Tc-99m	DMSA ²⁾	
Tc-99m	DTPA ²⁾	
Tc-99m	ECD ²⁾	
Tc-99m	Fosfonater ²⁾	
Tc-99m	HMPAO ²⁾	
Tc-99m	Svovlkolloider ²⁾	
Tc-99m	MAG3 ²⁾	
Tc-99m	MIBI ²⁾	
Tc-99m	PYP ²⁾	
Tc-99m	RBC (in vitro)	
Tc-99m	Technegas ²⁾	
Tc-99m	Tetrofosmin ²⁾	
In-111	Octreotide	
In-111	WBC	
Xe-133	Gas	
Tc-99m	MAA	Pause i 12 timer
Tc-99m	Mikrosfærer	Pause i 12 timer
Tc-99m	Perteknetat	Pause i 12 timer
Tc-99m	RBC (in vivo)	Pause i 12 timer

	Radioaktivt lægemiddel	Pause/ophør med amning efter indgivelse af aktivitet
Tc-99m	WBC	Pause i 12 timer
I-123	Hippuran	Pause i 12 timer
I-125	Hippuran	Pause i 12 timer
I-131	Hippuran	Pause i 12 timer
Tl-201	Klorid	Pause i 48 timer
Ga-67	Citrat	> 3 uger
Se-75		> 3 uger
I-123	BMIPP ³⁾	> 3 uger
I-123	FP-CIT ³⁾	> 3 uger
I-123	HSA ³⁾	> 3 uger
I-123	IPPA ³⁾	> 3 uger
I-123	MIBG ³⁾	> 3 uger
I-123	Jodid ³⁾	> 3 uger
I-125	HSA	> 3 uger
I-131	MIBG	> 3 uger
I-131	Jodid	> 3 uger
Andre radionuklider		Pausens varighed kan bestemmes ved måling af koncentrationen i modermælken og beregning af stråledosis til barnet ⁴⁾ .
Nuklearmedicinske behandlinger		Ophør med amning

- 1) Afbrydelse af amning er ikke nødvendig for C-11, N-13 og O-15 pga. de korte halveringstider.
- 2) Der behøves ingen pause for de fleste Tc-99m mærkede materialer under forudsætning af, at der ikke findes fri pertechetat i lægemidlet. For en sikkerheds skyld kan det anbefales, at amning afbrydes i de første 4 timer efter undersøgelsen, og at den første portion mælk i denne periode kasseres.
- 3) Alle I-123 mærkede materialer (undtaget hippuran) har som udgangspunkt > 3 uger pga. risiko for forurening med andre iod-isotoper. Såfremt producenten kan garantere radionuklidisk renhed af I-123 på mindst 99,65 % kan pausen dog begrænses til 96 timer.
- 4) Forholdsregler skal træffes til at sikre at stråledosis til spædbarnet er så lav som muligt og, som hovedregel, ikke over 1 mSv. Beregning af stråledosis til barnet og ammepausen varighed kan udføres af den ansvarlige fysiker. Vejledning kan fås ved henvendelse til Statens Institut for Strålebeskyttelse.

Sundhedsstyrelsen

Forfatterliste

Bjørn Andersen, Ulrik, overlæge, Rigshospitalet
Barløse, Mads Christian Johannes, overlæge, Amager Hvidovre Hospital
Borgwardt, Lise, overlæge, PhD, Rigshospitalet
Brinth, Louise Schouborg, afdelingslæge, PhD, Nordsjællands Hospital
Cramon, Per Karkov, afdelingslæge, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital
Damgaard, Morten, overlæge, PhD, Amager og Hvidovre Hospital
Dreyer, Marianne, ledende overlæge, PhD, Nordsjællands Hospital
Hasbak, Philip, overlæge, dr.med., Rigshospitalet
Hendel, Helle Westergren, overlæge, PhD, Herlev og Gentofte Hospital
Henriksen, Jens Henrik, professor, dr. med., Hvidovre Hospital (redaktør)
Hovind, Peter, cheflæge, dr.med., Bispebjerg og Frederiksberg Hospital
Højgaard, Liselotte, cheflæge, professor, dr.med., Rigshospitalet
Kristensen, Bent, overlæge, M.Sc., Herlev og Gentofte Hospital
Jensen, Lars Thorbjørn, cheflæge, dr.med., Herlev og Gentofte Hospital
Jensen, Mads Radmer, overlæge, PhD, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital
Krakauer, Martin, overlæge, PhD, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital
Loft Jakobsen, Annika, overlæge, PhD, Rigshospitalet
Madsen, Claus, overlæge, Herlev og Gentofte Hospital
Mortensen, Jann, professor, overlæge dr.med., Rigshospitalet
Møller, Søren, professor, overlæge, dr.med., Hvidovre Hospital
Mørup, Peter, overlæge, Nordsjællands Hospital
Oturai, Peter Sandor, overlæge, Rigshospitalet
Rønne, Frederik, overlæge, Nordsjællands Hospital
Zehran, Bo, overlæge, Herlev og Gentofte Hospital

Medlemmer af Sundhedsfagligt Råd for Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin 2022

Thomas Houe, vicedirektør, Nordsjællands Hospital (formand)

Liselotte Højgaard, cheflæge, professor, Rigshospitalet (næstformand)

Peter Hovind, cheflæge Bispebjerg og Frederiksberg Hospital

Anita Larsen, chefbioanalytiker, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital

Mette Engel Lundgaard, afdelingsbioanalytiker, Nordsjællands Hospital

Marianne Dreyer, specialeansvarlig overlæge, Nordsjællands Hospital

Ida Kjær Robsøe, chefbioanalytiker, Rigshospitalet

Andreas Kjær, professor, overlæge, professor, Rigshospitalet

Søren Holm, cheffysiker, Rigshospitalet

Henrik Bo Wiberg Larsson, professor, overlæge, professor, Rigshospitalet

Lars Thorbjørn Jensen, chefoverlæge, Herlev og Gentofte Hospital

Jenny Rahbek Pedersen, chefbioanalytiker, Herlev og Gentofte Hospital

Claus Leth Petersen, cheflæge, Amager og Hvidovre Hospital

Pernille Lemvig, chefbioanalytiker, Amager og Hvidovre Hospital

Søren Møller, professor, overlæge, Amager og Hvidovre Hospital

Ris Rosman, speciallæge, almen praksis

Johan Olof Löfgren, overlæge, Rigshospitalet

Mathias Gräsbeck, speciallæge, almen praksis





**Nordsjællands
Hospital**

Nordsjællands Hospital
nordsjaellandshospital.dk