

T24 Radiologi og nukleærmedisin

Jonh Terje Geitung (T24.1), Trond Velde Bogsrud (T24.2)

Innhold

T24.1	Radiologi	s.1	T24.2.1.11	Nyrebarkundersøkelse	s.19
T24.1.1	Røntgenundersøkelser	s.2	T24.2.1.12	Nevroendokrine tumores	s.20
T24.1.1.1	Computertomografi (CT)	s.2	T24.2.1.13	Paratyreoideaundersøkelse	s.21
T24.1.1.2	Digital subtraksjonsangiografi (DSA)	s.3	T24.2.1.14	Skjelettundersøkelse	s.22
T24.1.2	Ultralydundersøkelser	s.3	T24.2.1.15	Påvisning av ektopisk ventrikkelslimhinne (Meckels divertikkel)	s.23
T24.1.3	Magnetisk resonanstomografi (MR)	s.4	T24.2.1.16	Gastrointestinal blødning	s.24
T24.1.4	Intervensjonsradiologi	s.5	T24.2.1.17	Lokalisering av vaktpostlymfeknute (sentinel node)	s.25
T24.2	Nukleærmedisin	s.5	T24.2.1.18	Positronemisjonstomografi med integrert CT(PET/CT) eller integrert MR (PET/MR)	s.26
T24.2.1	Nukleærmedisinsk diagnostikk	s.7	T24.2.1.19	Andre undersøkelser.....	s.27
T24.2.1.1	Hjernefunksjon	s.7	T24.2.2	Nukleærmedisinsk behandling	s.28
T24.2.1.1.1	Cerebral blodstrøm.....	s.7	T24.2.2.1	Radiojodbehandling av hypertyreose ...	s.28
T24.2.1.1.2	FDG PET hjerne	s.7	T24.2.2.2	Radiojodbehandling av høyt differensiert papillær og follikulær thyreoideacancer	s.29
T24.2.1.1.3	Avbildning av presynaptiske dopaminerge transportere	s.8	T24.2.2.3	Behandling med Lu- somatostatinreseptoranalogue	s.31
T24.2.1.1.4	Avleiring av amyloid- i hjernen	s.9	T24.2.2.4	Behandling av sklerotiske skjelettmetastaser ved cancer prostatae	s.32
T24.2.1.2	Tyreoidaundersøkelse	s.10	T24.2.2.5	Annen nukleærmedisinsk behandling...	s.33
T24.2.1.3	Jodopptak	s.12	T24.3	Kilder, radiologi og nukleærmedisin.....	s.34
T24.2.1.4	Lungeundersøkelse	s.12			
T24.2.1.5	Hjertets pumpefunksjon med EKG-styrt likevekts-radionuklid ventrikulografi (MUGA)	s.13			
T24.2.1.6	Myokard perfusjonsundersøkelse	s.14			
T24.2.1.7	Hjerteamyloidose med transtyretinavleiring	s.16			
T24.2.1.8	Hepatocytffunksjon/galleveisundersøkelse	s.17			
T24.2.1.9	Gallesyreutskillelse	s.17			
T24.2.1.10	Nyrefunksjonsundersøkelser. Renografi, måling av glomerulær filtrasjonshastighet (GFR)	s.18			

T24.1. Radiologi

Publisert: 16.11.2021

Generelt

Radiologisk diagnostikk har hatt en enorm utvikling de siste tiår. Blant annet har digitalisering av bilder muliggjort ekspertvurderinger / «second opinion» på annet sykehus, umiddelbart etter at en undersøkelse er utført. Digitaliseringen gir også klinikerne tilgang til røntgenbilder på sin egen PC.

Radiologiske avdelinger har gjennom intervensjonsradiologien fått nye terapeutiske oppgaver. Utvikling av nye katetre, ledere, ballonger, metallstrømper (stenter), emboliseringsmaterieell og farmaka har utvidet radiologens arbeidsområde. Henvisende lege må i større grad enn tidligere konsultere radiologen om den diagnostiske og terapeutiske verdi, og om risiko for bivirkninger og komplikasjoner ved ulike undersøkelser og prosedyrer. Radiologen har imidlertid ansvaret for undersøkelsen/behandlingen.

Både henvisende lege og den radiologiske avdelingen har et ansvar for å gjøre pasienten oppmerksom på hensikten med undersøkelsen/behandlingen, og hvilket ubehag/risiko den kan medføre. Henvisende lege bør også være oppmerksom på, at i henhold til Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet og EU-direktiv 2013/59/ Euratom, skal metoder uten ioniserende stråling (ultralyd, MR) foretrekkes hvis disse gir nødvendig diagnostisk informasjon. Henvisende lege bør presentere problemstillingene på en slik måte at radiologen kan velge passende modalitet.

Kontrastmidler

Ved mange røntgen- og MR-undersøkelser, og til en viss grad ultralydundersøkelser, vil man ta i bruk kontrastmidler. Disse brukes for å forandre vevenes eller kroppsvæskenes egenskaper i forhold til bildediagnostisk apparatur. Kontrastmidlene forandrer attenuasjon-, signal- og støyforholdet slik at man kan fremstille, fremheve eller avdempe anatomiske strukturer i forhold til det bildet teknikken ellers ville ha gitt. I tillegg til anatomiske forhold, ønsker man ofte funksjonelle aspekter fremstilt, f.eks. fokal gjennomblødning, vev

eller organers kontrast-oppladning/kontrastutskillelse, motilitet, passasjehindre etc. Henvisende lege må gjøre radiologisk avdeling oppmerksom på kjent allergi eller tidligere reaksjon på kontrast-midler, astma eller alvorlig hjertesvikt, likeså diabetes, alvorlig nyresykdom eller myelomatose. De fleste avdelinger vil kreve opplysninger om kreatinin / GFR ved henvisning til undersøkelser som krever bruk av kontrast-midler, fordi bruk av kontrastmidler (både for MR og CT/røntgen) kan gå ut over nyrefunksjonen. Oppvæsking før kontrast eksposisjon hos pasienter med nyresvikt minsker eventuelt kontrastindusert nyreskade. Alvorlige komplikasjoner som for eksempel nefrogen systemisk fibrose, er svært sjelden.

Nettressurser

Nasjonal faglig retningslinje for bildediagnostikk ved ikke-traumatiske muskel- og skjelettlidelser - Anbefalinger for primærhelsetjenesten [IS-1899]. Helsedirektoratet 2014.

Kilder

[Kilder, radiologi og nukleærmedisin](#)

T24.1.1. Røntgenundersøkelser

Publisert: 16.11.2021

Generelt

Konvensjonelle røntgenundersøkelser, som f.eks. røntgen toraks og skjelettundersøkelser, gjøres raskt og med svært liten strålebelastning. Aktsomhet bør dog utvises overfor gravide og mulig gravide, særlig i 7.–15. uke. Se Strålevern Info 15:2005 «Graviditet og røntgenstråling» fra Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, www.dsa.no (.pdf).

T24.1.1.1. Computertomografi (CT)

Publisert: 16.11.2021

Generelt

I et stativ (gantry), vinkelrett på pasientens lengdeakse, roterer et røntgenrør omkring pasienten. Røret sender stråler til detektorer på motsatt side av pasienten. Røntgenstrålene svekkes ulikt etter hvilke kroppsvev de passerer gjennom. Ved krysspeiling kan computeren regne ut den relative svekkelsen (attenuasjonen) i hvert punkt i et tverrsnitt i kroppen. Ved å gi områder med samme attenuasjon samme gråtone, kan man rekonstruere snittbilder av kroppen. Svært ofte gir man samtidig kontrastmidler intravenøst for å kunne identifisere blodkar, og bedre skjelne anatomiske strukturer fra hverandre. Peroral kontrast avgrenser tarmen mot annet vev. Computertomografi (CT) har revolusjonert store deler av røntgendiagnostikken.

Fra ca. år 2000 er alle CT-maskiner såkalte multidetektor CT (MDCT). Denne har flere detektorer som registrerer mottatt stråling, og det dannes flere snitt parallelt. Dette har økt hastigheten på CT-undersøkelsene og bedret bildeoppløsningen betydelig. Ved kontinuerlig opptak av et segment av kroppen, kan kroppssnitt fremstilles i forskjellige plan. Pga. raske opptak kan et større område undersøkes mens kontrasten er i samme fase, f.eks. arteriefasen. Blodårer kan derfor fremstilles som «angiogrammer». Med informasjon fra et volum kan f.eks. kompliserte brudd fremstilles tredimensjonalt. For pasienten tar undersøkelsen kortere tid, og mer informasjon er tilgjengelig. Moderne CT har særlig «revolusjonert» traumatologien, hvor man raskt kan få oversikt over skade-omfanget til en multitraumatisert pasient. Non-invasiv tredimensjonal fremstilling av blodårer/organer/hulrom (f.eks. CT-angiografi, «endoskopi» av luftveiene og CT «kolonoskopi») er nå mulig. Moderne CT-maskinere har dosereduserende teknikker, men fortsatt representerer CT en metode med en forholdsvis stor stråledose.

Kontrastmidler ifm. traume-CT

Ved multitraumer vil man kanskje ikke ha kunnskap om pasientens nyrefunksjon. Alle større traumemottak skal ha egne rutiner for dette. De generelle reglene er at ved antatt store bløtvevsskader, gir man kontrast uansett, for å få livreddende informasjon. Evt. behov for senere dialyse blir da en kalkulert risiko. Hos mindre skadede pasienter vil man som oftest kunne få informasjon av pasienten og da brukes generelle retningslinjer for nedsatt nyrefunksjon. Kan man komme til målet uten kontrast, gis ikke kontrast.

T24.1.1.2. Digital subtraksjonsangiografi (DSA)

Publisert: 16.11.2021

Generelt

Konvensjonell angiografi gjøres nå som digital subtraksjonsangiografi (DSA). Her tas en kort bildesekvens rett før hovedopptaket, som gjøres med kontrast i blodkarene. Etter databehandling av de to sekvensene vises bare forskjellen mellom dem - dvs. de kontrastfylte blodkarene. På denne måten kan man få optimale fremstillinger av kartreet, selv med små kontrastmengder satt via tynne katetre plassert tett på karene man vil kartlegge. Det kan gjøres opptak med variabelt antall bilder per sekund, som gir dynamisk informasjon og innblikk i patofysiologien. Utviklingen innen utstyr og katetre har gjort at mange angiografier kan gjøres poliklinisk. Siste utvikling er 3D angiografi der røntgenrøret roterer i ønsket hastighet rundt pasienten mens kontrast injiseres. Dette har vist seg særlig nyttig i planlegging før kateterbasert behandling av utposning på intracerebrale blodårer (aneurismer), se Intervensjonsradiologi. Stadig bedre CT- og MR-angiografi og ultralyd med Doppler, har medført færre konvensjonelle angiografiundersøkelser. I dag kan de fleste kar undersøkes ikke-invasivt. Da gjøres konvensjonell angiografi bare ved terapeutiske inngrep på bakgrunn av allerede kartlagt patologi.

T24.1.2. Ultralydundersøkelser

Publisert: 16.11.2021

Generelt

Billedannende ultralydapparat kan sammenlignes med ekkolodd. Det består av et lydhode som holdes inntil pasienten, og som sender ut lydbølger med frekvenser som kan ligge på 2–20 MHz (millioner svingninger per sekund). Samme lydhode virker også som mottaker og registrerer reflekterte lydbølger fra kroppens indre. Elektronikken i apparatet registrerer tiden mellom utsendt ultralyd og mottatt ekko og kan avtegne det reflekterende punkt på en skjerm. Lysstyrken avhenger av mengden reflektert lyd, men lokalisasjonen bestemmes av tiden mellom utsendt og mottatt signal. På denne måten bygges det opp et bilde som varierer med de biologiske vevs akustiske egenskaper. Bildet oppdateres på skjermen mange ganger i sekundet, slik at man får et todimensjonalt levende bilde med f.eks. fosterbevegelser eller arteriepulsasjoner (sanntids ultrasonografi).

Med de energiintensiteter som brukes i ultralyddiagnostikk har det ikke vært påvist skadevirkninger for pasientene. Lydbølgene beveger seg rettlinjet i vann og vev, men totalreflekteres ved overgang til luft. I mineralisert knokkelvev reflekteres også mye av ultralydbølgene. Ultralyddiagnostikken blir vesentlig forstyrret av tarmgass og kan ikke brukes gjennom luftfylt lungevev. Undersøkeren må finne et «akkustisk vindu» til bløtvev uten at knokler eller luft/gass kommer i veien. Fettvev er ofte ekkorikt og har spesielle akustiske egenskaper sammen-lignet med annet bløtvev. Det kan være vanskelig, av og til umulig, å få gode ultralydundersøkelser av overvektige pasienter.

Nye ultralydapparater har i dag et større bruksområde enn tidligere, fordi det nå lages dedikerte lydholder beregnet på forskjellige problemstillinger. Ultralyd er særlig anvendbart til å undersøke galleveier, lever, nyrer, tyreoida, mamma, lymfeknuter, andre luft-/gassfrie parenkymatøse organer, foster, intrakranielt hos nyfødte (premature), hjertets bevegelighet etc. Ultralydundersøkelser av nyrer er for eksempel en rask og sikker måte å påvise hydronefrose og patologiske prosesser i parenkymet. Ved spørsmål om obstruksjon av urinveier hos gravide bør man bruke ultralyd med tanke på strålehygiene. Ultralyd brukes også til å vurdere enkelte områder av muskel- og skjelettsystemet, f.eks. skulderleddet. Metoden er meget utbytterik og ikke invasiv, men er brukeravhengig og må utføres med kompetanse. Det er utviklet kontrastmidler for ultralyd, som nå har en økende bruk. Se Ultralydkontrastmidler nedenfor.

Doppler ultralyd er en teknikk som registrerer partikler i bevegelse, f.eks. blodceller. Dupleksdoppler er et todimensjonalt bilde som viser retning og størrelse på aktuell blodåre. Ved hjelp av en bevegelig markør kan en måle absolutte blodstrømhastigheter i et avgrenset område. I tillegg kan en måle blodårens tverrsnittsareal og dermed beregne blodstrømsvolum. Fargedoppler er en videreutvikling og gir en todimensjonal fremstilling av blodstrømhastighetene. Alt stasjonært vev er i gråtoner, mens blod i bevegelse har fått en fargekode bestemt etter retning og hastighet. Over en arteriestenose vil eksempelvis hastigheten være større enn ellers i åren. I tromboserte vener vil man påvise manglende fri blodstrøm. Doppler er særlig viktig for diagnostikk av trange halspulsårer, karundersøkelser i buk og ekstremiteter, og til evaluering av gjennomblødning til transplanterte organer (f.eks. nyrer).

Ultralydkontrastmidler

De ultralydkontrastmidlene som brukes i dag, og det eneste som er registrert i Norge for allmenn bruk, er basert på mikrogassbobler. Boblene reflekterer lydbølger kraftig. Boblene er små, mindre enn røde blodlegemer, og spres i blodbanen. Områder som inneholder kontrastmidlet vil derfor gi mer signal tilbake til ultralydproben og

vil vises tydeligere på monitorbildet. Styrken på lydbølgene må ikke bli for sterk, for det kan få boblene til å sprekke og dermed miste sin kontrastforsterkende effekt. Det er dermed viktig å ha riktig innstilling på apparatet ved kontrastbruk. Nyere ultralydapparater har egnet software, slik at det er relativt greit å gjøre disse undersøkelsene dersom man har erfaring med ultralyd. Boblene vil etter noe tid gå i stykker, gassen vil absorberes i blodet og kontrastmidlet forsvinner dermed fra kroppen. Det er blitt mer utbredt å bruke ultralyd med kontrast for å karakterisere lesjoner i lever, og det er kanskje den hyppigste bruken i dag.

T24.1.3. Magnetisk resonanstomografi (MR)

Publisert: 16.11.2021

Generelt

Metoden benytter et sterkt magnetfelt og radiobølger. I magnetfeltet vil hydrogenkjernene (protoner) i kroppen svinge med en spesiell resonansfrekvens som er proporsjonal med magnetfeltsstyrken. Sender man inn radiobølger med samme frekvens, vil noe av energien fra disse absorberes, for deretter å frigjøres når man skrur av senderen. De radiobølgene som da kommer ut, fanges opp av mottakerspoler (antenner) og brukes til å rekonstruere gråtonebilder i hvilket som helst plan av kroppen. Gråtonene i bildet er proporsjonal med signalstyrken som igjen er avhengig av protontettheten i de ulike strukturene i kroppen.

Foruten sentralnervesystemet, har metoden vist seg særlig egnet til undersøkelse av muskler, ledd, skjelett og galleveier, samt organene i bekkenet. Kvaliteten på en MR-undersøkelse er avhengig av at det ikke er bevegelse av organet som undersøkes eller naboorganer, selv om dette er blitt stadig mindre viktig med nyere maskiner som har raskere bildeopptak. For undersøkelse av f.eks. hjertet er det viktig at undersøkelsen kan styres etter EKG. Nye magneter og ny software har gjort det mulig med raske «hold-pusten»-opptak med god bildemessig kvalitet.

Under en MR undersøkelse plasseres pasienten i et meget kraftig magnetfelt – så kraftig at det som regel er kontraindisert for pasienter/personell med pacemaker, implanterte defibrillatorer, nervestimulatorene, og visse andre innopererte metalleger. Dette med mindre det er spesifikt angitt at implantatene er MR-kompatible. Innopererte magnetisk styrte shunter (som brukes i behandling av hydrocephalus) kan aksidentelt endres i MR-maskinen.

Kontrastmidler ved MR

For å studere blodkar er MR-angiografi et alternativ til konvensjonelle angiografiske teknikker. Ved å endre på forskjellige parametre kan en få fremstilt enten arteriene eller venene. Metoden er ikke-invasiv. Kontrastforsterket MR-angiografi og raskere bordforflytning har gitt detaljert informasjon om blodårens beskaffenhet vi tidligere bare så med konvensjonell angiografi. Ved spørsmål om tumores, inflammasjon eller infeksjon, er MR i utgangspunktet som regel mer sensitivt en ultralyd og CT. MR caput gir for eksempel mer detaljert informasjon enn CT caput. Det er likevel ofte nødvendig å gi et MR-kontrastmiddel for å se etter hyperemi, hypoperfusjon eller patologisk kontrastopptak. Man har god erfaring med kontrastmidler som inneholder det paramagnetiske metallionet gadolinium. Disse har noe lavere bivirkningsfrekvens enn jodholdige kontrastmidler som brukes til konvensjonelle røntgenundersøkelser, men må brukes med forsiktighet om det foreligger nyresvikt.

Gadoliniumavleiringer

Det er rapportert gadoliniumavleiringer i alle vev, også i hjernen, etter bruk av gadoliniumholdige kontrastmidler. Det er ikke påvist at dette gir komplikasjoner, men man er likevel blitt mer forsiktig med bruken av gadolinium (Gd). Man kan teoretisk tenke seg at avleiringer i hjernen vil kunne bidra til demensutvikling hos eldre, og avleiringer i ledd vil potensielt kunne bidra til betennelsesforandringer i leddkapsel. Etter ca 30 års erfaring med kontrastmidler er det dog ikke mange rapporterte bivirkninger. Nefrogen systemisk fibrose, en sjeldent komplikasjon hos nyresviktpasienter eksponert for gadoliniumkontrast, er ikke rapportert etter at det ble innført strengere krav til nyrefunksjon. Det finnes to typer ligander når man ser på gadoliniumbaserte kontrastmidler, det ene er lineært oppbygget og det andre syklisk. De lineære er mindre stabile og vil lettere kunne avgi fritt gadolinium. Statens legemiddelverk (SLV) har suspendert de lineære preparatene, med unntak av Magnevist.

Se artikkel i [Dagens Medisin](#) oktober 2017.

Se omtale hos [EMA](#) (European Medicines Agency).

Det er sendt ut eget [Kjære helsepersonell-brev](#) (2018) om oppdaterte anbefalinger etter gjennomgang av gadoliniumavleiring i hjernen og andre vev.

T24.1.4. Intervensjonsradiologi

Publisert: 16.11.2021

Generelt

Tradisjonelt har radiologene tatt seg av kateteriseringer i forbindelse med angiografi og en del diagnostiske og terapeutiske prosedyrer. I takt med bedret bildediagnostikk og raffinering av utstyr og angiografiprosedyrer har intervensjonsradiologene nå fått en viktig rolle i direkte pasientbehandling med utgangspunkt i perkutane kateter- og punksjonsteknikker. Dette gjelder f.eks. blokkering av arteriestenoser og rekanalisering av arterieokklusjoner (angioplastikk), tetting (embolisering) av blødende arterier (traume, post operativt, post partum), drenering av obstruerte hulorganer (nyrebekken, galleveier, abscesser), plassering av stent (metallstrømper) for å utvide eller opprettholde lumen i f. eks. galleveier. Biopsitaking og drenering av væskelokulamenter har fått en større plass på mange radiologiske avdelinger. Det gjøres som oftest ultralydveiledet, men ikke sjeldent CT-veiledet. MR-veilede intervensjoner gjøres sjelden. Behandling av cerebrale, torakale, abdominale og bekken-aneurysmer er en del av intervensjonsradiologien. Onkologisk behandling, der kjemo- eller stråleterapi leveres via kateter lokalt til tumor, for eksempel ved hepatocellulært carcinom, gjøres hovedsakelig ved Universitetssykehusene. Alle invasive radiologiske spesialprosedyrer skal organiseres i samarbeid med de kliniske avdelinger som har det overordnede ansvar for pasienten.

T24.2. Nukleærmedisin

Publisert: 22.09.2021

Radiofarmaka

De aller fleste radiofarmaka benyttet i nukleærmedisinen er diagnostika som benyttes i meget lav stoffmengde (2-20 nanomol = 10^{-9} mol) og er således uten farmakologisk effekt. Radiofarmaka er likevel definert som legemidler, og må godkjennes av Statens legemiddelverk som andre legemidler. Ofte bruker man benevnelsen sporstoff om radiofarmaka til diagnostisk bruk.

Et radiofarmakon er enten et radioaktivt grunnstoff som ^{133}Xe , en enkel radioaktiv forbindelse som ^{131}I -natriumjodid eller et mer komplekst farmasøytisk preparat med en påkoblet radionuklide, som eksempelvis deoksiglukose påkoblet ^{18}F (2-deoksi-2[^{18}F]fluoro-D-glukose; FDG). Det overveiende flertall av radiofarmasøytiske preparater brukes til bildediagnostikk. En liten, men viktig andel benyttes til terapi, og det er da hovedsakelig partikkelstråling (f.eks. - ved ^{131}I og ^{177}Lu eller ved ^{223}Ra og ^{225}Ac) som gir den terapeutiske effekt der det radiofarmasøytiske preparatet er tatt opp. Eksempler på radiofarmasøytiske legemidler for terapi er foruten ^{131}I -NaI, ^{177}Lu -DOTATATE og $^{223}\text{RaCl}_2$. Det er vanlig å dele nukleærmedisinske undersøkelser inn i konvensjonell nukleærmedisin, hvor man benytter et gammakamera, og i positronemisjonstomografi (PET)-undersøkelser. De mest anvendte radiofarmaka i bruk i konvensjonell nukleærmedisin leveres som ikke-radioaktive preparater. De leveres gjerne som tørrstoff i sterilt hetteglass, og som tilsettes radionuklid i vandig løsning før bruk. Den vanligste radioaktive nukliden som tilsettes for tradisjonelle nukleærmedisinske avbildningsprosedyrer er $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Denne radionukliden utvinnes på hver enkelt nukleærmedisinsk avdeling fra en $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ -generator, og merking foregår på lokal «hot-lab». De vanligste radiofarmaka som benyttes til PET-undersøkelser er syklotronprodusert (f.eks. ^{18}F , ^{11}C , ^{15}O), mens ^{68}Ga utvinnes fra en $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ -generator. Sporstoff til PET-undersøkelser leveres ferdig merket fra spesiallaboratorium i Norge eller fra utlandet, eller produseres lokalt i høyspesialisert radiofarmasøytisk laboratorium (syklotronsenter).

Teknisk utstyr

Ved konvensjonelle nukleærmedisinske undersøkelser benyttes gammakamera med åpent gantry med ett, to eller tre kamerahoder. De fleste gammakamera kan foreta helkroppsbildninger, enkeltbilder og dynamiske opptak, og i tillegg snittavbildning ved hjelp av computertomografi (singlefotonemisjonscomputertomografi: SPECT). Nyere gammakamera har i tillegg til et flerhodet kamera (oftest tohodet) kamera i et åpent gantry, en innebygget fullverdig CT. Det foreligger da et lukket gantrysystem (tunnel) med CT med ettodet gammakamera montert foran gantry. Gammakamera med innbygget CT (SPECT/CT) foretar attenueringskorreksjon og bildefusjonering av SPECT og CT. Et SPECT/CT-system har høyere sensitivitet pga. attenueringskorreksjon, og det har høyere diagnostisk spesifisitet (nøyaktighet) sammenlignet med et vanlig SPECT-kamera pga. integrert CT for morfologisk korrelasjon av funn. «Arbeidshesten» på en nukleærmedisinsk avdeling er i dag SPECT/CT-kamera. Tradisjonelle gammakamera har scintillasjonsdetektorer hvor interaksjon mellom gammastråler og detektormaterialet resulterer i lysglimt (scintillasjon), som omformes til elektriske signaler. Nyere gammakamera har detektorer basert på halvleder materiale (eks. kadmium-sink-tellurid). Ved halvlederteknologi omdannes de radioaktive strålene som treffer detektoren direkte til elektriske impulser, altså ingen overføring via scintillasjon.

I denne versjonen av Legemiddelhåndboka er derfor «scintigrafi erstattet» med «nukleærmedisinsk undersøkelse». Således skriver vi ikke «skjelettscintigrafi» eller «tyreoideasintigrafi», men «nukleærmedisinsk skjelettundersøkelse» og «nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse». Dog bemerkes at begrepet «scintigrafi» er så godt innarbeidet klinisk (f.eks. skjelettscintigrafi, tyreoideasintigrafi) at det vil bli benyttet i mange år fremover.

PET-kamera har integrert fullverdig CT eller MR for attenueringskorreksjon, morfologisk og anatomisk korrelasjon, samt for morfologisk diagnostikk. Ved PET/CT benyttes oftest lavdose CT uten kontrast, men PET/CT kan også utføres med fulldose (diagnostisk) CT med intravenøs kontrast. Slike CT-undersøkelse med kontrast brukes rutinemessig f.eks. i stråleterapiplanlegging. I løpet av de senere år er også PET/MR tatt i klinisk bruk på flere nukleærmedisinske avdelinger i Norge. PET/CT med intravenøs kontrast og PET/MR har en logistisk fordel i form one-stop-shop, men viktigst er at nukleærmedisinere og radiologer tvinges til integrert tolkning av PET, CT og MR.

Måleenheter

Mengde radioaktivitet måles i becquerel (Bq), hvor 1 Bq = 1 desintegrasjon/sekund. (37 MBq = 1 mCi. Ci = Curie). 1 MBq = 1 000 000 Bq.

Med *stråledose* mener man den mengde energi som deponeres per masseenheter i et materiale, eksempelvis biologisk vev, som følge av ekstern eller intern bestråling. Enheten for stråledose er gray (Gy), hvor 1 Gy = 1 J/kg. Noen typer stråling gir større biologisk effekt enn andre. Eksempelvis gir alfastråling 10–20 ganger høyere effekt i form av DNA skade per Gy enn beta-, gamma- og røntgenstråler.

Stråledose korrigert for stråletypen kalles *ekvivalent dose* (også kalt organdose) og beregnes ved å multiplisere stråledosen med en kvalitetsfaktor. For beta-, gamma- og røntgenstråling er denne kvalitetsfaktor = 1, mens den for alfastråling er 20. Enheten for ekvivalent dose er sievert som forkortes Sv.

Forskjellige typer vev har forskjellig strålefølsomhet, slik at grad av skade ved en gitt stråledose vil være avhengig av hvilken vevstype som er bestrålt. Her er det viktig å skille mellom skader etter store stråledoser (hovedsakelig celledød) og latente skader som kan komme til uttrykk først mange år senere (f.eks. kreft). For å kunne sammenligne samlet risiko for kreftutvikling og genetisk skade etter en stråleeksponering benytter man målet effektiv dose (også kalt totaldose). Effektiv dose til et individ beregnes ved å ta hensyn til fordelingen av absorbert dose, strålekvalitet og forskjell i risiko for latent skade på forskjellige organer. Enheten for effektiv dose er også Sv. Selv om benevnningen er lik for ekvivalent dose (organdose) og effektiv dose (totaldose) er størrelsen oftest høyst ulik. Eksempelvis vil en terapeutisk tilførsel av en aktivitet på 100 MBq ¹³¹I kunne gi en ekvivalent dose til tyreoideakjertelen på 50 Sv, mens den effektive dosen er 2,4 Sv. For øvrig bemerkes at det for angivelser av effektiv dose etter tilførsel av radioaktivt jod vanligvis er forutsatt en normal tyreoideakjertel.

Strålehygieniske forhold

Ved terapeutisk bruk av radiofarmaka er vevsødeleggelse tilsiktet. Ved diagnostisk bruk forekommer tilnærmet ingen vevsskade (beskrevet etter ekstravasal injeksjon av tallium, men tallium brukes ikke i Norge). Teoretisk senrisiko er stråleindusert kreft og genetisk skade. Stråleindusert genetisk skade er ikke påvist hos mennesker. Kreftutvikling har man kunnet påvise ved effektive doser over 50–500 mSv. Ingen diagnostiske nukleærmedisinske undersøkelser gir slike høy effektiv dose. Den gjennomsnittlige effektive dose ved tradisjonelle nukleærmedisinske undersøkelser er ca. 4 mSv. Ved SPECT/CT vil den inkluderte CT-undersøkelsen bidra til stråledosen. Den effektive dose for en kombinert FDG PET/CT utført med lavdose CT er ca. 12 mSv hos en voksen person. Dersom det utføres en integrert diagnostisk CT, vil stråledosen bli høyere. Strålebelastning må sammenlignes med den naturlige bakgrunnsstråling, som i Norge gir en effektiv dose på 3,5 mSv per år. Dosegrensen for yrkeseksponert personale er på 20 mSv per år.

Bivirkninger

Bivirkninger relatert til radiofarmasøytiske preparater brukt for diagnostikk er sjeldne, og de er gjerne av lett immunologisk eller spesifikk natur. Hyppigst er hudreaksjoner, mens anafylaktoide reaksjoner praktisk talt ikke forekommer. Det foreligger noen rapporter på mulig alvorlig allergisk reaksjon etter injeksjon av makroaggregert albumin (MAA). Stråleindusert nekrose kan forekomme etter ekstravasal injeksjon av radiofarmasøytiske preparater gitt terapeutisk.

Forskjellige grader av bivirkninger i forbindelse med radionuklidterapi er vanlig. Se under de enkelte behandlingene.

Kontraindikasjoner

Det er ingen absolutte kontraindikasjoner mot nukleærmedisinske undersøkelser. Pga. strålebelastningen bør man være restriktiv med undersøkelse hos gravide, ammende, unge voksne og barn. Radionuklidbehandling er generelt kontraindisert ved graviditet.

Amming

Når en ammende er til nukleærmedisinsk undersøkelse må ammingen oftest stoppes midlertidig. I denne perioden bør brystet pumpes for å sikre fortsatt melkeproduksjon og for å redusere stråledosen til det strålefølsomme brystvevet. Utpumpet melk kan lagres og strengt tatt brukes når den ikke lenger er radioaktiv, typisk 10 fysiske halveringstider for radionuklidene, for ^{99m}Tc 60 timer. Tid før amming kan gjenopptas avhenger både av radionuklid og i hvilken grad det radiofarmasøytiske preparat skiller ut i melken.

Den internasjonale kommisjon for strålevern (International Commission on Radiological Protection, ICRP) anbefaler ikke stopp i amming etter injeksjon av FDG fordi utskillelsen av FDG i melk er meget lav. Derimot anbefaler de fleste at kontakt mellom mor og barn bør reduseres til et minimum i 12 timer etter FDG-injeksjon. Det anbefales at barnet ammes rett før injeksjon for å maksimere tid til neste amming.

Kilder

European nuclear medicine guide, 2020 edition. <https://www.nucmed-guide.app/#!/startscreen>

Aycock RD, Westafer LM, Boxen JL, Majlesi N, Schoenfeld EM, Bannuru RR. Acute Kidney Injury After Computed Tomography: A Meta-analysis. *Ann Emerg Med*. 2017 Aug 12. pii: S0196-0644(17)30881-8. doi: 10.1016/j.annemergmed.2017.06.041. [Epub ahead of print] PMID: 28811122

T24.2.1. Nukleærmedisinsk diagnostikk

Publisert: 22.09.2021

T24.2.1.1. Hjernefunksjon

Publisert: 22.09.2021

T24.2.1.1.1. Cerebral blodstrøm

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Visualisering av den regionale cerebrale blodgjennomstrømning (CBF) kan foretas ved bruk av et lipofilt sporstoff (^{99m}Tc -merket HMPAO; Ceretec®, eller ^{99m}Tc -merket bisicate; Neurolite®) som passerer blod-hjerne-barrieren og fordeles og retineres i hjernen proporsjonalt med blodgjennomstrømningen. CBF gir dermed et indirekte mål for neuronfunksjon. CBF-undersøkelse har i mange år vært benyttet i demensutredning, men også i utredning av cerebrovaskulær sykdom og ved medikamentelt intraktabel epilepsi. Med unntak av lokalisering av epileptisk fokus under anfall er CBF SPECT/CT erstattet av FDG PET (PET/CT eller PET/MR).

T24.2.1.1.2. FDG PET hjerne

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Glukose er den viktigste energikilde for hjerneceller. PET-sporstoffet 2-[^{18}F]fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) er en Fluor-18 merket glukoseanalog. Hydroksilgruppe i 2-posisjon i glukosemolekylet er substituert med ^{18}F . Opptak og fordeling av FDG i hjernen gir informasjon om regional neuronaktivitet. Ved redusert neuronfunksjon nedsettes FDG-opptaket. FDG PET er nyttig i utredning av pasienter med spørsmål om neurodegenerativ lidelse. Mønster for regional nedsatt FDG-opptak kan gi en indikasjon hvilken neurodegenerativ sykdom som foreligger.

Indikasjon

Utredning av pasienter med mistenkt neurodegenerativ sykdom med atypisk klinisk bilde (inkludert atypisk spinallvæskeprofil). Utredning av mild kognitiv svikt (MCI). Differensialdiagnostikk mellom forskjellige typer av neurodegenerative lidelser. Metoden er også indisert ved mistanke om autoimmun encefalitt av limbisk type, men da i kombinasjon med helkroppundersøkelse som ledd i utredning av paraneoplas.

Hva yter metoden

De forskjellige neurodegenerative lidelser har typisk mønster av redusert FDG-opptak:

- ?! **Alzheimers demens (AD)** har typisk redusert FDG-opptak parietotemporalt bilateralt, redusert opptak i precuneus, gyrus cingulum posterior og mesiale temporale strukturer, men bevart opptak i sensorisk og motorcortex. Hos pasienter, spesielt <65 år med mulig AD, kan amyloid PET (se ...) gi nyttig supplerende informasjon.

- ?! **Lewylegeme demens (LBD)** har som AD redusert opptak parietotemporalt, men typisk redusert opptak i primære synskorteks (mediale oksipitallapp), redusert opptak i precuneus, mens opptaket i gyrus cingulum posterior er godt bevart. Ved spørsmål om LBD kan DatScan være et nyttig supplement (se ...).
- ?! **Frontotemporal demens (FTD)** har typisk redusert opptak frontalt og/eller fremre temporallapper. FDG PET kan bidra til differensiering i flere varianter av FTD.
- ?! FDG PET har et typisk asymmetrisk mønster ved **kortikobasal degenerasjon (CBD)**.
- ?! FDG PET kan også gi en indikasjon på **blandingsformer av nevrodegenerative lidelser**, som viser seg å være hyppig, f.eks. AD og LBD.
- ?! For indikasjon **autoimmun encefalitt** må funn sees i relasjon til tidsforløp. Tidlig i forløpet er typisk funn høyt opptak i mediale temporalkorteks. Senere i forløpet har undersøkelsen mer tvilsom nytteverdi.

Integrert lavdose CT uten kontrast ved PET/CT kan gi informasjon om kortikal atrofi og morfologiske forandringer som f.eks. araknoidale cyster og sekvele etter slag. MR ved PET/MR kan i tillegg gi informasjon om vaskulær etiologi med bl.a. påvisning av små infarkter (lakunære infarkter).

Spesielle forhåndsregler

Ingen.

Kontraindikasjoner

Generelle for FDG PET.

Forberedelse

Som generelt for FDG. Grunnen til at pasienten må faste minst 4 timer, stoppe ev. metforminmedikasjon i 3 døgn og ikke ta langtidsvirkende insulin om morgenen undersøkelsesdagen er fordi man ønsker høyest mulig opptak av FDG i hjernen. Hos ikke-fastende pasienter vil FDG også tas opp i skjelettmuskulatur og fettvev, og mindre FDG blir dermed tilgjengelig for opptak i hjernen. Diabetespasienter som står på metforminpreparat får høyt, uspesifikt opptak i tykktarm og dermed mindre FDG tilgjengelig for hjernen. For urolige og klaustrofobiske pasienter kan vanlig beroligende medikasjon benyttes.

Fremgangsmåte

Avbildning med PET/CT eller PET/MR påbegynnes 30-45 minutter etter injeksjon av 150-250 MBq FDG. Avbildning 10-20 min, og pasienten må ligge helt stille med hodet under hele undersøkelsen. Beroligende medikasjon må ofte benyttes.

Dosimetri

Effektive dose 19 μ Sv/MBq. I tillegg stråledose fra lavdose CT ved PET/CT.

Referanse

Minoshima S, Mosci K, Cross D, Thientunyakit T. Brain 18F-FDG PET for Clinical Dementia Workup: Differential Diagnosis of Alzheimer's Disease and Other Types of Dementing Disorders. Semin Nucl Med 2021; 51:196-229. PMID: 33546814 DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2021.01.002

T24.2.1.1.3. Avbildning av presynaptiske dopaminerge transportere

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Hos ca. 1/3-del av pasienter med parkinsonisme har sykdommen annen årsak enn Parkinsons sykdom og kalles da gjerne atypisk parkinson eller parkinson pluss (parkinsonisme pluss andre symptomer). Parkinsons sykdom kan av og til være vanskelig å skille fra atypisk parkinson og essensiell tremor. Kokainanalogen ioflupan bindes selektivitet og med høy affinitet til presynaptiske dopamintransportere, som utelukkende finnes på de presynaptiske terminaler av dopaminerge nevroner. 123I-merket ioflupan gir mulighet for avbildning og semikvantifisering av presynaptiske dopamintransportere.

Indikasjon

For å påvise og skille tilstander med degenerasjon av presynaptiske dopaminerge nevroner i striatum (først og fremst Parkinson's sykdom) fra essensiell tremor. Tidlig diagnostikk av Parkinsons sykdom. Metoden er også indisert for å skille mellom Alzheimer's demens og lewylegemedemens, gjerne som et supplement til FDG PET. Det er viktig å være klar over at undersøkelsen ikke kan skille mellom Parkinson's sykdom og atypisk parkinsonisme. For å skille mellom Parkinsons sykdom og atypisk parkinsonisme kan det suppleres med nukleærmedisinsk hjerteundersøkelse med [123I]metaiodobenzylguanidine (123I-MIBG) SPECT/CT.

Hva yter metoden

¹²³I ioflupan (¹²³I FP-CIT; DaTSCAN) viser redusert opptak i striatum (nucleus caudatus og putamen) ved alle tilstander med degenerasjon av presynaptiske dopaminerge nevroner. Metoden er altså ikke spesifikk for Parkinsons sykdom, idet andre mer sjeldne tilstander med parkinsonisme også viser redusert opptak (f.eks. multipl systemisk atrofi, progressiv supranukleær parese og kortikobasal degenerasjon). Asymmetrisk redusert opptak kontrolateralt til pasientens dominerende symptomer øker sannsynligheten for Parkinsons sykdom. Opptaket er normalt ved essensiell tremor og ved legemiddelindusert parkinsonisme.

Bivirkninger

Ingen alvorlige bivirkninger er rapportert.

Spesielle forhåndsregler

Legemidler som bindes til presynaptiske dopamintransportere anbefales seponert forut for undersøkelsen. Legemidler som bindes til postsynaptiske reseptorer interfererer ikke. Standard behandling for Parkinsons sykdom, eksempelvis levodopa og selegilin gir ingen interferens. Enkelte anbefaler å blokkere tyreoida for å hindre opptak av fritt ¹²³I, men viktigheten av dette er tvilsom. Amming avbrytes i 3 dager og erstattes av morsmelkerstatning. I denne perioden bør brystet tømmes regelmessig for morsmelk og melken kastes. DaTSCAN er en 5 % oppløsning i etanol, og langsom injeksjon (15–20 s) anbefales for å redusere risikoen for smerte ved injeksjon.

Forberedelse

Ingen.

Fremgangsmåte

Bildetaking med SPECT/CT 3–6 timer etter injeksjon av [¹²³I]ioflupan. Attenueringskorreksjon foretas vanligvis med matematisk algoritme (Chang), men attenueringskorreksjon med CT kan også benyttes.

Stråledose

Effektiv dose er 25 µSv/MBq. Blære får høyeste stråledose med 300 µGy/MBq.

Referanse

Morbelli S, Esposito G, Arbizu J, Barthel H, Boellaard R, Bohnen NI et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for dopaminergic imaging in Parkinsonian syndromes 1.0. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2020 Jul 1;47(8):1885-1912. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04817-8>

T24.2.1.1.4. Avleiring av amyloid- i hjernen

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Alzheimers sykdom er den vanligste årsak til demens og foreligger hos ca. 60% av aldersdemente personer. Opphopning av amyloid- (AB) i hjernen ser ut til å være en viktig faktor i utviklingen av sykdommen. Opphopning av AB resulterer i dannelse av aggregerte neurofibriller av hyperfosforylert tau-protein. Ved Alzheimer er det typisk redusert konsentrasjon av AB og økt konsentrasjon av fosforylert tau-protein i spinalvæske. Når spinalvæskefunn ikke er tilstrekkelig avklarende eller når spinalpunksjon ikke kan la seg gjennomføre kan PET med sporstoff rettet mot AB (i Norge: ¹⁸F-flutemetamol) eller mot hyperfosforlyret tau-protein være nyttig. PET-sporstoff rettet mot AB er tilgjengelig ved flere nukleærmedisinske avdelinger i Norge. PET-sporstoff rettet mot hyperfosforylert tau-protein er langt mer sykdomsspesifikt enn AB, men er foreløpig ikke tilgjengelig i Norge.

Indikasjon

Undersøkelsen forutsetter grundig nevropsykiatrisk undersøkelse inkludert ev. MR-undersøkelse. Vanligvis kreves at det forut for henvisning er utført en FDG PET av hjernen. PET for amyloidavleiring i hjernen benyttes ved persisterende og progredierende mild kognitiv svikt og ved differensialdiagnostikk i demensutredning først og fremst hos personer under 65 år hvor kjernekriterier for Alzheimer er oppfylt.

Hva yter metoden

En viktig begrensning ved metoden er at amyloidavleiring starter 10-20 år før klinisk demens. Grad av opphopning avbildet ved PET korrelerer ikke med sykdomsaktivitet, og undersøkelsen beskrives kvalitativt som påvist økt eller ikke tegn til økt avleiring. Hos pasienter med mild kognitiv svikt tyder økt amyloid avleiring på at pasienten har eller i hvert fall har økt sjanse for å utvikle klinisk Alzheimer. Ved spørsmål om frontotemporal demens (FTD) versus atypisk Alzheimer vil en «negativ» amyloid PET klart indikere FTD. Også andre tilstander

kan ha økt amyloid avleiring, men dette kan være en indikasjon på blandingstilstand eller utvikling av Alzheimer over tid.

Spesielle forhåndsregler

Ingen

Kontraindikasjoner

Tidligere allergisk reaksjon på flutemetamol eller polysorbat 80. Lite relevant, men undersøkelsen må ikke utføres hos gravide eller ammende.

Forberedelse

Ingen spesielle. Av og til behov for beroligende medikasjon f.eks. ved klaustrofobi. Bruk av beroligende midler påvirker ikke opptaket av flutemetamol i amyloide plakk, og beroligende medikasjon kan ev. gis i god tid før undersøkelsen.

Fremgangsmåte

Intravenøs injeksjon av 150 – 185 MBq Vizamyl® (Flutemetamol F18 injection; GE Healthcare, TX, USA). Billedtaking med PET/CT eller PET/MR påbegynnes 60-120 min etter injeksjon av sporstoffet. Billedtakning tar 10-20 minutter avhengig bl.a. av type PET-skanner.

Dosimetri

Effektiv dose 19 µSv/MBq.

Referanse

Knapskog AB, Engedal K, Selbæk G, Øksengård AR. Alzheimers sykdom - diagnostikk og behandling. Tidsskr Nor Legeforen 2021 doi: [10.4045/tidsskr.20.0919](https://doi.org/10.4045/tidsskr.20.0919)

Minoshima S, Drzezga AE, Barthel H, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Amyloid PET Imaging of the Brain 1.0. J Nucl Med. 2016 Aug;57(8):1316-22. doi: [10.2967/jnumed.116.174615](https://doi.org/10.2967/jnumed.116.174615). PMID: [27481605](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27481605/).

T24.2.1.2. Tyreoideaundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Visualisering av tyreoideavev ved dets evne til jodid- og perteknetatopptak via NaI-symportere. En viktig forskjell mellom jodid og perteknetat er at jodid inkorporeres i tyroglobulin i tyreoideafollikkelene (organifiseres), mens perteknetat ikke organifiseres. Jodallergi utløses ikke ved radioaktivt jodid, og jodallergi (kontrastallergi) er ingen kontraindikasjon for tyreoideaundersøkelse med radiaaktivt jod.

Indikasjoner

De fleste kliniske problemstillinger knyttet til sykdommer i glandula tyreoidea løses i dag ved biokjemiske analyser, ultralyd og ultralydveiledet finnåls cytologi (FNC).

Ved utredning av knuter i tyreoidea er ultralyd, ev. supplert med ultralydveiledet FNC riktig primære metodevalg. Nukleærmedisinsk undersøkelse med 99mTc-perteknetat vil være indisert før ultralydundersøkelse og ev. FNC hos pasienter med lav eller supprimert TSH for å påvise ev. hyperfungerende adenom («varme» knute). Grunnen er at ved FNC av «varm» knute sees cytologisk et cellerikt hyperplastisk bilde som ved follikulær neoplas (Bethesda IV) og dermed gi feilaktig indikasjon for diagnostisk hemityreoidektomi. Viktig poeng her er at malignitet i «varme» knuter er sjelden. Nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse vil også være indisert ved knuteutredning ved multiple knuter før FNC.

Nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse kan også være indisert ved utredning av tyreotoksikose. Ved klassisk Graves' sykdom med forhøyet TSH-reseptor-antistoff (TRAS) er undersøkelsen ikke indisert i primærutredningen. Nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse er derimot indisert forut for behandling av Graves' sykdom med radioaktivt jod. Ved mistanke om toksisk struma eller autonomt adenom er nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse være indisert. Nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse vil også være indisert ved mistanke om postpartumtyroiditt og ved subakutt tyroiditt.

Nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse har ingen plass i utredning av primær hypotyreose. Et unntak er utredning av medfødt hypotyreose hvor nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse med 99mTc-perteknetat benyttes komplementært til ultralydundersøkelse som hjelp bl.a. for å skille mellom ektopi, aplasi og dysshormonogenese. Undersøkelse med 123I kombinert med perklorat utvaskingstest benyttes av og til ved

medfødt hypothyreose ved 3-årsalderen som et tillegg til biokjemisk utredning og genetisk diagnostikk ved mistanke om medfødt organifiseringssvikt eller dysshormonogenese.

Nukleærmedisinsk diagnostisk undersøkelse av hele kroppen med ¹²³I, ¹³¹I eller ¹²⁴I (PET) benyttes kun hos utvalgte pasienter med høyt differensert tyreoideakreft (DTC) for påvisning av jodkonsentrerende restsykdom og metastaser for terapivurdering med ¹³¹I. Utvikling av høyoppløselige ultralydprober og ultrasensitive Tg-metoder gjør at diagnostiske helkroppundersøkelser ikke lenger utføres rutinemessig ved oppfølging av pasienter med DTC. Basert på opplysninger bl.a. om pasientens alder, Tg-nivå, endring av Tg-nivå, tumorstørrelse, vekstmønster og histologiske karakteristika, opplysninger om spredning til lymfeknuter, ektranodal vekst eller fjernspredning, blir det foretatt en risikovurdering og besluttet om radiojodbehandling skal gis eller ikke. Postterapiundersøkelse med ¹³¹I benyttes derimot rutinemessig etter terapi av DTC med radioaktivt jod. Diagnostisk undersøkelse utføres alltid under TSH-stimulering, oftest etter stimulering med rhTSH (Thyrogen®). Postterapiundersøkelse har langt høyere sensitivitet enn en diagnostisk undersøkelse pga. den langt høyere aktivitet ved terapi enn diagnostikk. PET med ¹²⁴I er den beste diagnostiske undersøkelse. Undersøkelsen tilbys først og fremst til barn, men har liten tilgjengelighet i Norge (tilbys kun ved Universitetssykehuset i Nord-Norge).

Hva metoden yter

Nukleærmedisinsk tyreoideaundersøkelse med ^{99m}Tc-pertechnetat kan være et nyttig differensialdiagnostisk hjelpemiddel ved tilstander med hypertyreose (lav eller supprimert TSH), inkludert mistanke om subakutt tyreoiditt, postpartum tyreoiditt eller silent tyreoiditt. Ved ved inntak av tyroksin eller trijodtyronin foreligger det et typisk nukleærmedisinsk bilde med sterkt redusert eller manglende kjertelopptak av ¹²³I og ^{99m}Tc-pertechnetat, samtidig som tyreoglobulin er lav. Ved tyreotoksikose induisert av amiodaron vil opptaket oftest være lavt eller manglende, og undersøkelsen kan da ikke skille mellom type 1 eller type 2 hypertyreose. Derimot vil høyt opptak (sees sjelden i land som Norge med jodtilskudd i kosten) indikere type 1 (amiodaronindusert Graves sykdom). Ved autonomt adenom foreligger det høyt opptak i adenomet, mens opptaket i resten av kjertelen typisk er lavt eller supprimert. Ved toksisk knutestruma vil tilsvarende de autonome knuter vise høyt opptak, mens kjertelen for øvrig vil vise lavt opptak.

Bivirkninger

Diagnostiske tyreoideaundersøkelser har ingen bivirkninger.

Spesielle forholdsregler

Ved bruk av ^{99m}Tc-pertechnetat eller ¹²³I bør amming avbrytes i hhv. 24 eller 36 timer. Utpumpet melk kastes. Amming bør avsluttes i minst en måned før bruk av ¹³¹I-jodid for å redusere stråledosen til brystvevet, og amming bør ikke gjenopptas. Det anbefales da å bruke Dostinex (kabergolin) som hemmer prolaktin, noe som fører til at melkeproduksjonen stopper.

Kontraindikasjoner

¹³¹I-jodid skal ikke brukes hos gravide fordi jodid passerer placenten og konsentreres i fosterets tyreoideakjertel fra 10. svangerskapsuke.

Forberedelser

Levotyroksin (tyroksin), liotyronin (trijodtyronin), tyreostatika og jodholdige legemidler inkludert røntgenkontrastmidler vil føre til redusert opptak (se avsnittet Jodopptak). Opptaket av jodid og pertechnetat vil kunne være redusert i over 3 måneder (gjennomsnittlig 5 uker) etter radiologisk undersøkelse med jodholdig kontrastmiddel og opptil 12 måneder etter seponert amiodaron.

Helkroppundersøkelser må utføres under TSH-stimulering, fortrinnsvis ved bruk av rekombinant humant TSH (rhTSH, Thyrogen®), ev. etter 3–5 ukers seponering av tyroksin (nødvendig seponeringsperiode avhenger av TSH-nivå) eller etter 2 ukers seponering av trijodtyronin. Det er viktig at pasienten ikke har vært til CT med intravenøs jodholdig kontrast de siste 3 månedene før undersøkelsen eller at vedkommende har brukt kosttilskudd med høyt jodidinnhold. Jodidfattig diett benyttes vanligvis i 2 uker før undersøkelse for mulig høyere opptak og bedre bildeframstilling av metastaser.

Fremgangsmåte

^{99m}Tc-pertechnetat intravenøst eller radiojod peroralt (¹²³I eller ¹³¹I). Billedtaking etter henholdsvis ½ (^{99m}Tc-pertechnetat) eller 2–24 timer (¹²³I/¹³¹I). ¹²³I-NaI kan også administreres iv.

Dosimetri

Effektiv dose for ^{99m}Tc-pertechnetat er 14 µSV/MBq, for ¹²³I-NaI er 150 µSV/MBq og for ¹³¹I-NaI 14000 µSV/MBq Sv/MBq.

Referanse

Giovanella L, Avram AM, Iakovou I, et. al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2019 Nov;46(12):2514-2525. doi: 10.1007/s00259-019-04472-8. Epub 2019 Aug 7. PMID: [31392371](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31392371/).

T24.2.1.3. Jodopptak

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Jodopptaksmåling som funksjonsundersøkelse er fullstendig erstattet av biokjemisk plasmamåling av TSH, FT4 og FT3. Ved behandling av hypertyreose benyttes i Norge oftest empirisk fast aktivitet, selv om dosimetri basert på jodopptaksmåling og størrelse på kjertelen er anbefalt av mange. Ved jodopptak for beregning av terapiaktivitet benyttes ¹²³I eller ¹³¹I. Enkelte benytter opptaksmåling med ^{99m}Tc-perteknetat som et surrogatmål for jodopptak, men det anbefales å benytte radioaktivt jod. Det er økende bruk av beregning av maksimal tolererbar aktivitet (MTA) og tumordosimetri forut for radiojodbehandling av lokalt residiv og metastaser fra differensiert thyreoideacancer. Ved dosimetri ved cancer benyttes ¹²³I eller ¹³¹I for måling av MTA og ¹³¹I for tumordosimetri.

T24.2.1.4. Lungeundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Utføres oftest som en kombinasjon av perfusjons- og ventilasjonsundersøkelse. Perfusjonsundersøkelsen gir visualisering av blodets fordeling i lungene (lungekretsløpet) ved hjelp av intravenøs injeksjon av biodegraderbare partikler (makroaggregert albumin) som retineres i lungenes kapillærseng. Ventilasjonsundersøkelsen gir visualisering av den regionale fordeling av ventilasjonen etter inhalasjon av radioaktiv gass eller aerosol. SPECT/CT er en bedre metode enn planar avbildning som tradisjonelt har vært brukt. Ved utredning av mistenkt lungeembolisme er CT-angiografi førstevalg i de fleste tilfeller.

Indikasjoner

Mistanke om lungeembolisme, særlig når CT-angiografi ikke kan utføres (sterkt nedsatt nyrefunksjon, kontrastallergi, graviditet). Oppfølging av lungeemboli for å kontrollere om normal perfusjon er gjenopprettet (oppløsning av embolier) selv om primærdiagnostikk er utført med CT. Måling av regional lungefunksjon uansett lungelidelsens etiologi. Kombinert med spirometri for å forutsi postoperativ lungefunksjon etter påtenkt lungereseksjon. Oppfølging etter lungetransplantasjon. Mindre vanlig indikasjon er differensialdiagnose mellom primær pulmonal hypertensjon og kronisk tromboembolisk pulmonal hypertensjon og påvisning og kvantifisering av høyre-venstre kretsløpsshunt.

Hva metoden yter

Metodens har meget høy negativ prediktiv verdi med hensyn på emboli. Særlig hos eldre personer, røykere, pasienter med KOLS, sengeliggende og nyopererte pasienter kan det være regional ventilasjonsreduksjon med reflektorisk perfusjonsreduksjon uten at det foreligger lungeemboli. Undersøkelsen gir ved mistanke om akutt lungeemboli ikke-diagnostiske funn hos 10–50 % avhengig av pasientpopulasjon. CT-angiografi vil da være nødvendig for å verifisere diagnosen. Ved spørsmål om akutt lungeemboli vil i dag CT-angiografi være førstevalg. CT har en særlig fordel fremfor lungeperfusjons-/lungeventilasjonsundersøkelse hos den pasientkategori hvor sannsynligheten for å havne i kategori «ikke-diagnostisk» ved nukleærmedisinsk undersøkelse er høy (f.eks. KOLS, nyopererte, sengeliggende, storrykete). Kombinert perfusjon-/ ventilasjonsundersøkelse vil være indisert ved kontrastallergi og andre kontraindikasjoner for kontrastvæske (f.eks. nyresvikt). For utelukkelsesdiagnose hos lavrisikopasienter vil ofte en enkel perfusjonsundersøkelse være tilstrekkelig, og undersøkelsen er lite ressurskrevende. Perfusjonsundersøkelse alene benyttes ofte hos gravide.

Bivirkninger

Bivirkninger er svært sjeldne. Inhalasjon av ^{99m}Tc-teknegass og ^{99m}Tc -DTPA-aerosol er rapportert å ha provosert astmaanfall. Et fåtall alvorlige, mulig allergisk betingede bivirkninger av ^{99m}Tc-albuminpartikler er rapportert.

Spesielle forholdsregler

Amming må avbrytes i 15 timer fra start av perfusjonsundersøkelse og i 48 timer dersom også ventilasjonsundersøkelse benyttes.

Kontraindikasjoner

Hypersensitivitet mot humant serumalbumin. Ved pulmonal hypertensjon og H/V-shunter må partikkelantallet holdes på et minimum (ca. 50 000 partikler).

Forberedelser

Ingen.

Fremgangsmåte

Intravenøs injeksjon av ^{99m}Tc -albuminpartikler. Planare bilder og/eller SPECT/CT av toraks umiddelbart etter injeksjon. Deretter inhalasjon av ^{99m}Tc -DTPA-aerosol eller ^{99m}Tc -teknegass, som deponeres i alveolene. Avbildning med planare bilder og/eller SPECT/CT middelbart etter avsluttet inhalasjon. Det er også mulig å gjøre ventilasjonsundersøkelsen før perfusjonsundersøkelsen.

Dosimetri

Effektiv dose for ^{99m}Tc -DTPA-aerosol 4,9 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ inhalert aktivitet, for ^{99m}Tc -teknegass 15 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ og for ^{99m}Tc -MAA 11 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$.

Referanse

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* 46, 2429–2451 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04450-0>

T24.2.1.5. Hjertets pumpefunksjon med EKG-styrt likevekts-radionuklid ventrikulografi (MUGA)

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Ved EKG-styrt likevekts-radionuklid ventrikulografi benyttes ^{99m}Tc -merkete autologe erythrocytter for merking av blod. Undersøkelsen omtales gjerne som MUGA. MUGA er et akronym for *multigated acquisition*. Undersøkelsen baseres på det forhold at grad av radioaktivitet vil være proporsjonalt med volum og dermed vil også endring i radioaktivitet per tidsenhet vil være proporsjonalt med endring av volum. Således kan man ved undersøkelsen måle venstre ventrikkels ejsjonsfraksjon og dynamiske parametre som f.eks, maksimal tømningshastighet (peak-emptying rate (PER) og maksimal fylningshastighet (peak-filling rate, PFR). Undersøkelsen kan også gi informasjon om regionale fase- og amplitudeavvik. Som følge av at hjerterytmen normalt varierer noe er akkvireringen er undersøkelsen best egnet for systoliske funksjonsparametere.

Indikasjoner

Viktigste bruk er monitorering av hjertefunksjon i form av venstre ventrikkels ejsjonsfraksjon (VVEF) i hvile hos pasienter på kardiotoxisk kreftbehandling, hvor metoden mange steder er førstevalg med høyere presisjon, reproducerbarhet og repeterbarhet enn ekkokardiografi. Beregning av VVEF ved MUGA er uavhengig av ventrikkelform. Undersøkelsen kan også benyttes for måling av VVEF ved mistanke om hjertesvikt. Estimering og oppfølging av sviktgrad ved kjent hjertesykdom.

Hva metoden yter

Metoden gir pålitelige resultat for venstre ventrikkels systoliske funksjon med høy presisjon, repeterbarhet og reproducerbarhet og er således meget godt egnet for seriemålinger. Metoden egner seg ikke for undersøkelse av høyre ventrikkels funksjon. Ekkokardiografi er bedre til påvisning av klaffefeil og intrakardiale shunter, men mindre pålitelig til måling av ejsjonsfraksjon.

Bivirkninger

Milde allergiske reaksjoner kan forekomme (pyrofosfat).

Spesielle forholdsregler

Amming må avbrytes i 48 timer etter injeksjonen.

Kontraindikasjoner

Tidligere allergiske reaksjoner mot pyrofosfat.

Forberedelser

Ingen. Fire timers faste eller kun et lett måltid noen timer før anbefales av enkelte fordi et stort måltid gir forhøyet hvileminuttvolum, men tiltaket har tvilsom klinisk betydning.

Fremgangsmåte

Autologe erythrocytter merkes in vivo eller kombinert in vivo/in vitro med ^{99m}Tc -pereteknetat etter forbehandling med Sn(II) -pyrofosfat. Ca. 10 minutter etter merking foretas EKG-synkronisert dynamisk, planar avbildning med inklusjon av 300 - 800 hjerteslag. Så lavt antall som 150 hjerteslag gir brukbart resultat når man kun er ute etter VVEF. Standard projeksjon for avbildning er venstre skrå forfra («left anterior oblique», LAO) for optimal separasjon av venstre og høyre ventrikkel og med ca. 10 % kaudal tilt for best mulig separasjon av venstre ventrikkel og venstre atrium. Registrering i hvile i flere projeksjoner og ev. under ergometersykling kan være aktuelt for kardiologisk utredning, men benyttes i lav grad i dag. Mer optimal avbildning vil oppnås ved gated SPECT/CT, men metoden er lite utbredt og ikke påkrevd for seriemålinger av venstre ventrikkels ejectionsfraksjon.

Dosimetri

Effektiv dose 7 $\mu\text{Sv/MBq}$.

Referanse

Farrell MB, Galt JR, Georgoulas P, et. al. SNMMI Procedure Standard/EANM Guideline for Gated Equilibrium Radionuclide Angiography. *J Nucl Med Technol*. 2020 Jun;48(2):126-135. doi: 10.2967/jnmt.120.246405. PMID: 32499322.

T24.2.1.6. Myokard perfusjonsundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Myokardperfusjonsundersøkelse (MPI) utføres i Norge i dag utelukkende med ^{99m}Tc -merkete sporstoff og EKG-styrt SPECT/CT (gSPECT/CT). For gSPECT/CT benyttes enten ^{99m}Tc -merket 2-metoksi-isobutylisonitrid (sestamibi eller ofte bare MIBI, Cardiolite®, Lantheus Medical Imaging) eller ^{99m}Tc -merket 1,2-bis[bis(2-etoksietyl)fosfino]etan (tetrofosmin, Myoview®, GE HealthCare). MIBI er et monovalent katjonkompleks som tas opp ved passiv diffusjon drevet av det negative membranpotensialet av intakte myocytter. Tetrofosmin er et lipofilt katjon (disfosfin) med opptaksmekaniske og retensjon likt MIBI. Både MIBI og tetrofosmin tas opp i viabelt myokard proporsjonalt med flow opp til ca. 2 mL/min, men deretter flater opptakskurven i forhold til flowøkning. Både MIBI og Tetrofosmin kan påvise redusert flow eller redusert flowreserve ved arbeidsbelastning (ergometersykel eller tredemølle) eller farmakologisk stressbelastning med adenosin (L8.13.7.1), regadenoson eller dobutamin (L8.10.2.1) sammenlignet med opptak i hvile. Ved gSPECT/CT får man også informasjon om veggbevegelse, kontraksjon og mål for venstre ventrikkels ejectionsfraksjon i hvile (bildetakingen foretas alltid i hvile).

Etter hvert vil disse undersøkelsene bli erstattet av PET med ^{82}Rb - RbCl , ^{13}N - NH_3 , ^{15}O - H_2O eller ^{18}F -flurpiridaz (i fase 3 studie; GE Healthcare). PET har høyere diagnostisk nøyaktighet enn gSPECT/CT og meget viktig fremskritt: gir mulighet for kvantifisering av regional koronarflow. Vann tas opp proporsjonalt med flow uavhengig av flownivå og er eneste sporstoff som direkte kvantitativt måler flow. Flow-opptaksforholdet for ^{13}N - NH_3 og ^{82}Rb - Cl flater mindre ut og først ved høyere flow enn for MIBI og tetrofosmin. Pga. korte halveringstider for radionuklidene for PET-sporstoffene kan kombinerte hvile-/stressundersøkelser gjennomføres på kort tid.

Se også

[Positronemisjonstomografi med integrert CT\(PET/CT\) eller integrert MR \(PET/MR\)](#)

Indikasjoner

Uklare brystmerter der arbeids-EKG er negativt eller ikke kan tolkes pga. legemiddeleffekt, grenblokk eller av andre årsaker. Pasienter som har fått påvist patologisk arbeids-EKG, men som har lite eller atypiske smerter i brystet. Risikovurdering for optimalisering av terapivalg hos pasienter med kjent eller høy risiko for koronarsykdom og intermediær sannsynlighet for infarkt, reinfarkt og hjertedød. Etter koronar angiografi for å evaluere klinisk betydning av påviste stenoser. Oppfølging etter koronar kirurgi eller blokkering ved mistanke om restenosering eller okklusjon. Preoperativ risikovurdering før omfattende kirurgi hos pasienter med kjent eller høy risiko for koronarsykdom og intermediær risiko for perioperativt infarkt. Hos asymptotiske pasienter med høyt kalsiumskår på CT, spesielt Agatston kalsiumscore >400 uavhengig av risikonivå. Spørsmål om iskemi kan være årsak til arytmiangfall.

Hva metoden yter

Viktig prognostisk indikator på økt risiko for infarkt, reinfarkt og hjertedød. Pasienter med normal undersøkelse har ikke overdødelighet av koronarsykdom de første år etter undersøkelsen, uavhengig av om koronar angiografi viser karstenoser eller ikke. Metoden kan ikke skille mellom hibernerende, viabelt myokard og fibrose etter

gjennomgått infarkt. Ved denne sistnevnte problemstillingen er FDG PET/CT foretrukket metodevalg. Undersøkelsen kan kombineres med kalsiumscore.

Bivirkninger

Allergiske reaksjoner kan forekomme. Metallsmak under injeksjon av ^{99m}Tc -sestamibi er vanlig.

Spesielle forholdsregler

Ved bruk av ^{99m}Tc -MIBI eller ^{99m}Tc -tetrofosmin behøver ikke amming avbrytes, men langvarig nærkontakt med spedbarn frarådes det første døgnet.

Kontraindikasjoner

Ergometersykling er kontraindisert hos pasienter med betydelig aortastenose. Kollaps under tidligere arbeidsbelastning og ustabil angina pectoris er relative kontraindikasjoner. Adenosin og regadenoson er kontraindisert ved: AV-blokk grad II og III (med mindre pasienten har pacemaker), akutt hjerteinfarkt, hypotensjon (systolisk blodtrykk < 90), astma, KOLS og transitoriske iskemiske angrep (TIA), og det bør utvises forsiktighet ved alvorlig emfysem. Dobutamin er kontraindisert ved alvorlig hypo- eller hypertensjon, rytmeforstyrrelser, nylig gjennomgått hjerteinfarkt. Ofte kombineres farmakologisk stressesting med adenosin eller regadenoson med lett fysisk belastning. Mange foretrekker adenosin fremfor regadenoson fordi bivirkninger som følge av adenosin er en indikator på effekt av legemiddelet.

Forberedelser

Faste ca. 4 timer anbefales. Organiske nitrater skal ikke benyttes om morgenen undersøkelsesdagen. Det er en fordel om betareseptorantagonister og kalsiumantagonister er seponert fra og med kvelden før (kfr. preparatets halveringstid). En dose av de aktuelle midlene kan medbringes og tas umiddelbart etter avsluttet arbeidsbelastning. Før dobutaminbelastning skal betareseptorantagonister ha vært seponert i minst 48 timer. Pasienter skal ikke ha brukt xantinderivater (teofyllin, teofyllamin) eller dipyridamol, og meget viktig: ikke ha drukket kaffe, te eller spist sjokolade siste 24 timer før belastning med adenosin eller regadenoson. Benytter pasienten inhalasjonsmedikasjon mot astma/KOLS, skal denne tas med. Det er ofte nyttig med en ekstra inhalasjon umiddelbart før infusjon av adenosin eller regadenoson. Enkel dose glyserolnitrat foran hvileundersøkelse anbefales av noen.

Fremgangsmåte

^{99m}Tc -MIBI eller ^{99m}Tc -Tetrofosmin injiseres under maksimal arbeidsbelastning eller farmakologisk stress etterfulgt av avbildning med EKG-synkronisert gSPECT/CT $\frac{1}{2}$ –2 timer etter injeksjon. Deretter injiseres en større aktivitetmengde i hvile, etterfulgt av ny bildetaking. Dersom arbeidsundersøkelsen er normal, kan for øvrig hvileundersøkelsen dropes. Alternativt kan hvileundersøkelsen utføres først. Bildeteknikk er undersøkelse med arbeid og hvile på to påfølgende dager mest optimal.

Pga. meget kort halveringstid for ^{82}Rb (76 s) ^{13}N (10 min) og ^{15}O (2 min) blir protokollene betydelig kortere for PET enn SPECT/CT. Med [^{82}Rb]RbCl PET/CT eller [^{15}O]H₂O tar en undersøkelse med kombinert hvile / farmakologisk stressbelastning ca. 20 minutter. [^{15}O]H₂O er et rent perfusjonssporstoff og krever parametrisk akkvirering. Med [^{13}N]NH₃ PET/CT tar en kombinert hvile- og stressundersøkelse ca. 80 minutter. $^{82}\text{RbCl}$ krever egen rubidiumgenerator, mens [^{13}N]NH₃ og [^{15}O]H₂O krever egen syklotron. ^{18}F -flurpiridaz kan leveres fra sentralt produksjonssenter akkurat som andre ^{18}F -merkete sporstoff.

Dosimetri

Effektive doser: ^{99m}Tc -MIBI 7,1 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ (hvile), ^{99m}Tc -tetrofosmin 6,3 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$ (hvile), $^{82}\text{RbCl}$ 1,3 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$, [^{13}N]NH₃ 3,4 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$, [^{18}F]flurpiridaz ca. 15 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$, og for [^{15}O] vann 1,2 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$

Legemiddelomtaler og preparater

[Adenosin \(L8.12.7.1\)](#)

[Regadenoson SPC](#)

[Dobutamin \(L8.9.2.1\)](#)

Referanse

Sciagrà R, Lubberink M, Hyafil F, et al. Cardiovascular Committee of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). EANM procedural guidelines for PET/CT quantitative myocardial perfusion imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020 Nov 2:1–30. doi: 10.1007/s00259-020-05046-9. Epub ahead of print. PMID: [33135093](#); PMID: [PMC7603916](#).

Maddahi J, Lazewatsky J, Udelson JE, et al. Phase-III Clinical Trial of Fluorine-18 Flurpiridaz Positron Emission Tomography for Evaluation of Coronary Artery Disease. J Am Coll Cardiol. 2020 Jul 28;76(4):391-401. PMID: [32703509](#) DOI: [10.1016/j.jacc.2020.05.063](#)

T24.2.1.7. Hjerreamyloidose med transtyretinavleiring

Publisert: 22.09.2021
Sist endret: 14.10.2022

Generelt

Amyloidose med avleiring av transtyretin i hjertet er en årsak til hjertesvikt hos eldre. Transtyretin er et transportprotein for tyrosin og retinolbindende protein. Betegnelsen transtyretin er et sammensatt ord (teleskopord) av transportprotein, tyrosin og retinolbindende protein.

Transtyretin (TTR) er et av flere proteiner som kan avleires i hjertet og gi kardial amyloidose, kardial ATTR, kardiomyopati (ATTR-CM). I vanlig serumelektroforese vandrer transtyretin foran albumin, og det ble derfor tidligere kalt *prealbumin* eller *tyrosinbindende prealbumin*. Kardial ATTR som følge av transtyretinavleiring er sannsynligvis underdiagnostisert fordi man frem til nylig ikke har hatt tilgjengelig ikke-invasiv diagnostikk. Sporstoffene 3,3-diphosphono-1,2-propanodicarboxylic acid (DPD) og hydroxymethylene diphosphonate (HDMP, bedre kjent som HDP) er først og fremst brukt ved nukleærmedisinske skjelettundersøkelser («skjelettscintigrafi»), men de har vist seg å også feste seg til transtyretinavleiringer i hjertet og andre organer. Pyrofosfat (PYP) har også vist seg å feste seg til transtyretinavleiringer. Således kan nukleærmedisinsk avbildning med gammakamera påvise kardial ATTR. Nukleærmedisinsk undersøkelse med 99mT-merket DPD, HDP eller PYP har fått en viktig plass i diagnostikken ved hjerreamyloidose, og ved høyt opptak er hjertebiopsi ikke lengre påkrevet for diagnosen. Samtidig kommer det nå behandlingsmuligheter for transtyretinamyloidose ([tafamidis](#)), som dermed gjør slik diagnostikk enda mer aktuell.

Hvorfor og hvordan påvise amyloidose i hjertet, se [Hjerteforum N° 2/ 2021 / vol 34 s. 50-8](#).

Indikasjoner

Pasienter >60 år med hjertesvikt hvor transtyretinavleiring er en mulig årsak (bevart ejsjonsfraksjon og myokardfortykkelse >12mm).

Hva metoden yter

Nukleærmedisinsk undersøkelse med gammakamera med ett av de 99mTc-merkede sporstoffene DPD, HDP eller PYP har vist seg å være en sensitiv og spesifikk metode for påvisning av ATTR. Metoden kan også påvise mer generell avleiring av transtyretin, f.eks. i bløtvev. Da også hjerreamyloidose med frie lette kjeder (AL-amyloidose, se [AL-amyloidose \(T2.2.12.2\)](#)) kan gi økt opptak bør det alltid tas blodprøve og urinprøve for analyse på frie lette kjeder. Ved nukleærmedisinsk undersøkelse av skjelettet med DPD eller HDP hos eldre påvises opptak i hjertet som bifunn hos 1-2% av pasientene, og ved slikt bifunn bør pasienten henvises til kardiologisk utredning.

Spesielle forholdsregler

Ingen.

Kontraindikasjoner

Kjent allergi for DPD, HDP eller PYP.

Forberedelser

God hydrering.

Fremgangsmåte

Planar avbildning med gammakamera 2-3 timer etter injeksjon av 370-740 MBq 99mTc-merket DPD (Teceos, Cis Bio International), HDP (Technescan, Mallinckrodt Pharmaceuticals) eller PYP. Supplerende SPECT/CT kan være nyttig, f.eks. ved svakt opptak i hjertet, eller generelt opptak i bløtdeler. Bildene vurderes visuelt ved å sammenligne opptak i hjertet med blodbakgrunn og ribber. Opptaket angis som et semikvantitativt score: 0, ikke opptak; 1, opptak lavere enn ribben; 2, opptak lik ribben; 3, opptak høyere enn ribben og kun lavt eller manglende opptak i perifere skjelett.

Referanse

Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, et. al.. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI Expert Consensus Recommendations for Multimodality Imaging in Cardiac Amyloidosis: Part 1 of 2-Evidence Base and Standardized Methods of Imaging. J Card Fail. 2019 Nov;25(11):e1-e39. doi: 10.1016/j.cardfail.2019.08.001. Epub 2019 Aug 29. PMID: 31473268.

Gillmore JD, Maurer MS, Falk RH, et al.. Nonbiopsy Diagnosis of Cardiac Transthyretin Amyloidosis. *Circulation*. 2016 Jun 14;133(24):2404-12. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021612. Epub 2016 Apr 22. PMID: 27143678.

T24.2.1.8. Hepatocytffunksjon/galleveisundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Visualisering av hepatocytffunksjon, galleveier og galleblærefunksjon etter intravenøs injeksjon av ^{99m}Tc -acetanilidoiminodiacetatderivat (IDA-/HIDA-derivat), som tas opp i hepatocytene og skilles ut i gallen. Visualisering av galleveiene er mulig selv ved så høyt serum-bilirubin som 600 $\mu\text{mol/l}$.

Indikasjoner

Mistanke om gallelekkasje eller obstruksjon posttraumatisk eller postoperativt etter galleveiskirurgi eller levertransplantasjon. Hos nyfødte ved mistanke om galleveisatresi. Enterogastrisk gallerefluks.

Hva metoden yter

Nukleærmedisinsk avbildning av hepatocytffunksjon er sannsynligvis den beste ikke-invasive metode til å påvise gallelekkasje. Aktivitetsovergang til tarm utelukker galleveisatresi hos nyfødte, mens manglende aktivitetsovergang kan skyldes så vel atresi som hepatitt. Ved manglende overgang til tarm gis gjerne morfin iv. og ev. i tillegg avbildning etter 24 timer. Partiell koledokusokklusjon og parenkymatøs leveraffeksjon kan ikke adskilles. Ultralyd, CT eller MR er bedre til påvisning av utvidete galleveier.

Bivirkninger

Allergiske reaksjoner kan forekomme.

Spesielle forholdsregler

Amming behøver ikke avbrytes.

Kontraindikasjoner

Ingen.

Forberedelser

Barn mistenkt for å ha galleveisatresi skal forbehandles med fenobarbital (fenemal) 5 mg/kg kroppsvekt per døgn i minst 3 og helst 5 kvelder før undersøkelsen for enzyminduksjon. Se [Fenobarbital \(L6.1.3.1\)](#)

Fremgangsmåte

Intravenøs injeksjon av ^{99m}Tc -mebrofenin eller disofenin (Disofenin® eller Choletec®, Bracco Diagnostics). Dynamisk avbildning S av abdomen i 90 minutter, ev. gjentatte avbildninger inntil 24 timer etter injeksjonen.

Dosimetri

Effektiv dose 16 $\mu\text{Sv/MBq}$.

Legemiddelomtaler og preparater

[Fenobarbital \(L6.1.3.1\)](#)

[Morfin \(L20.1.2.3\)](#)

Referanse

Tulchinsky M, Ciak BW, Delbeke D, et al. SNM practice guideline for hepatobiliary scintigraphy 4.0. *J Nucl Med Technol*. 2010 Dec;38(4):210-8. doi: 10.2967/jnmt.110.082289. Epub 2010 Nov 15. Erratum in: *J Nucl Med Technol*. 2012 Sep;40(3):17A. Dosage error in article text. PMID: 21078782.

European Nuclear Medicine Guide Diagnostics Gastrointestinal [Kap 6.7](#)

T24.2.1.9. Gallesyreutskillelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Gallesyremaalabsorpsjon er en mulig årsak til kronisk diaré. Det enterohepatiske kretsløp for gallesyrer kan undersøkes ved bruk av radioaktivt merkete gallesyrer. Gallesyreanalogen taurinkonjugert kolin kan merkes med Selenium-75 ($^{75}\text{SeHCAT}$). Sporstoffet absorberes fra tarm (ilium), tas opp i lever og skilles ut via gallen til

duodenum for så igjen å bli absorbert i ilium (det enterohepatiske gallesyrekremløp). ⁷⁵Se er en gammaemmitter med halveringstid på 118 dager. Ved gallesyremalabsorpsjon skiller kroppen ut ⁷⁵SeHCAT raskere enn normalt. Retensjon av gallesyre i kroppen kan måles med et vanlig gammakamera.

Indikasjoner

Mistanke om gallesyremalabsorpsjon.

Hva metoden yter

⁷⁵SeHCAT kan påvise malabsorpsjon av gallesyrer, men kan også påvise økt utskillelse av gallesyrer uten påviselig malabsorpsjon (gallesyrediareé).

Kontraindikasjoner

Tidligere hypersensitivitetsreaksjon på legemiddelet eller tilsetningsstoff.

Fremgangsmåte

En gelatinkapsel med 370 kBq ⁷⁵Se-HCAT administreres per oralt og svelges ned med vann. Måling av retinert aktivitet av ⁷⁵Se med gammakamer aktivitet etter 7 døgn korrigeret for radioaktiv decay. Retensjon <15% er tegn på sviktende enterohepatisk sirkulasjon av gallesyrer.

Effektiv stråledose

For kapsel med 370 kBq ⁷⁵Se-HCAT 0.26 mSv.

Referanse

Lyutakov I, Ursini F, Penchev P, et. al. Methods for diagnosing bile acid malabsorption: a systematic review. BMC Gastroenterol. 2019 Nov 14;19(1):185. doi: 10.1186/s12876-019-1102-1. PMID: 31726982; PMCID: PMC6854889.

Peters, A.M., Walters, J.R.F. Recycling rate of bile acids in the enterohepatic recirculation as a major determinant of whole body ⁷⁵SeHCAT retention. Eur J Nucl Med Mol Imaging 40, 1618–1621 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00259-013-2466-z>

T24.2.1.10. Nyrefunksjonsundersøkelser. Renografi, måling av glomerulær filtrasjonshastighet (GFR)

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Bestemmelse av nyrefunksjon, nyrefunksjonsfordeling, ev. funksjonsfordeling mellom øvre og nedre nyreanlegganlegg etter intravenøs injeksjon av radiofarmakon med nyreeliminasjon og avbildning med gammakamera.

Indikasjoner

Bestemmelse av funksjonsfordeling mellom de to nyrene, ev. deler av samme nyre ved flere anlegg. Påvisning av urinveisobstruksjon forutsetter renografi utført under forsert diurese, dvs. renografi med forutgående væskebelastning og intravenøs furosemid. Skille mellom utvidet nyrebekken med fritt avløp og utvidet nyrebekken med avløpshinder. Prognostisk vurdering ved akutt nyresvikt (f.eks. ved akutt tubulær nefropati). Kontrollundersøkelse etter pyelo- og ureteroplastikk. Vurdering av nyretransplantatfunksjon umiddelbart etter operasjon og i oppfølging. Utredning av pasienter med symptomatisk vandrenyre. Undersøkelse på funksjonell betydning av nyrearteriestenose («kaptoprilscintigrafi») hos pasienter med høy sannsynlighet for renovaskulær hypertensjon utføres stort sett ikke lenger og vil ikke bli nærmere omtalt.

Hva metoden yter

Standard metode til bestemmelse av funksjonsfordeling mellom de to nyrene. GFR kan bestemmes ut fra gammakameramåling, men beregnes med høyest nøyaktighet med blodprøvemåling. Årsak til funksjonsreduksjon er oftest ikke mulig med ordinær renografi, men diureserenografi kan bidra til å avgjøre om det foreligger urinveisobstruksjon og grad av avløpshinder. Ved betydelig utvidet nyrebekken får man en reservoareffekt med langsom utskillelse selv uten avløpshinder som årsak, og som dermed kan være umulig å skille fra avløpshinder. Ved redusert nyrefunksjon kan det være umulig å vurdere avløpsforhold selv ved diureserenografi. Dersom pasienten er dårlig hydrert vil renografikurvene vise forløp som for redusert nyrefunksjon. Ved akutt nyresvikt vil høyt parenchymalt opptak av ^{99m}Tc-MAG3 indikere god prognose med høy sannsynlighet for normalisering av nyrefunksjon når årsak til nyresvikten rettes.

Bivirkninger

Allergiske reaksjoner kan forekomme.

Kontraindikasjoner

Forsiktighet med væskebelastning må utvises hos pasienter med alvorlig hjertesvikt.

Forberedelser

Pasienten møter vanlig hydrert til ordinær renografi og GFR-målinger. Siste timen før diureserenografi skal pasienten ha drukket ca. 20 ml væske/kg kroppsvekt.

Fremgangsmåte

Intravenøs injeksjon av 37 - 185 99mTc-DTPA (99mTc-dietylenetriaminpentaacetat), eller 75-100 MBq 99mTc-MAG3 (99mTc-merkaptocetyltriglysin). For renografi kombinert med blodprøvemåling for GFR er 37 MBq tilstrekkelig. Kontinuerlig registrering av renalt og pararenalt aktivitetsforløp i ca. 20 minutter. Ev. plasmaprøve[®] for GFR-målinger.

Dosimetri

Effektiv dose 99mTc-MAG3 7,0 µSv/MBq, 99mTc-DTPA 4,9 µSv/MBq.

Legemiddelomtaler og preparater

Enalapril (L8.5.1.1)

Furosemid (L8.1.3.1)

Kaptopril (L8.5.1.3)

Referanse

Taylor AT, Brandon DC, de Palma D, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Diuretic Renal Scintigraphy in Adults With Suspected Upper Urinary Tract Obstruction 1.0. Semin Nucl Med. 2018;48(4):377-390. doi:10.1053/j.semnuclmed.2018.02.010

T24.2.1.11. Nyrebarkundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Kun 50% av injisert 99mTc-merket dimerkaptoravsyre (DMSA) skilles ut renalt, mens 50% fester seg til proksimale tubuli. Dermed kan sporstoffet brukes til billedfremstilling av nyreparenkymet.

Indikasjoner

Beregning av funksjonsfordeling ved ektopisk beliggende nyrer, f.eks. nativ nyre på normal plass og transplantert nyre i bekken. Beregning av nyrefunksjonsfordeling foretas da ved ved geometrisk gjennomsnitt av forfra- og bakframåling. Påvisning av arrdannelse etter pyelonefritt. Evaluering av nyreparenkym ved refluks uansett tidligere kjent pyelonefritt eller ikke.

Hva metoden yter

Beste metode til å måle funksjonsfordeling. Sensitiv bildediagnostisk metode til å påvise nyreparenkymskade. Bortsett fra selektiv ureterkateterisering finnes det ingen praktiske, alternative metoder til å måle funksjonsfordeling mellom gjenværende nyre og auto-/allotransplantat.

Bivirkninger

I tilslutning til injeksjonen kan pasienten føle seg uvel med palpitasjoner, varmfølelse og kvalme. Allergiske reaksjoner er rapportert.

Kontraindikasjoner

Ingen.

Forberedelser

Ingen.

Fremgangsmåte

Intravenøs injeksjon av 70-100 MBq 99mTc-DMSA. SPECT/CT 3-4 timer etter injeksjon.

Dosimetri

Effektiv dose 8,8 $\mu\text{Sv}/\text{MBq}$.

Referanse

European Nuclear Medicine Guide diagnostics [kap. 7.5](#)

T24.2.1.12. Nevroendokrine tumores

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Høyt differensierte (G1) og oftest også middels differensiert (G2) nevroendokrine svulster har høy tetthet av somatostatinreseptorer i cellemembranen. PET med en somatostatinanalog merket med positronemitterende radionuklid kan påvise svulster og vev med høy tetthet av somatostatinreseptorer. I Norge er PET-sporstoffet ^{68}Ga -DOTATOC nå tilgjengelig ved en rekke sykehus. Gallium-68 produseres lokalt fra en germanium-galliumgenerator ($^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$), og man er altså uavhengig av syklotron. DOTATOC er et oktreotid ([Tyr3]oktreotid) konjugert med DOTA (DOTA-[Tyr3]-oktreotid). DOTA (dodekan-tetra-eddiksyre) kompleksbinder bla. Gallium-68 og Lutetium-177. [^{177}Lu]DOTATATE er en somatostatinanalog som benyttes til terapi. DOTATATE er oktreotat konjugert med DOTA (DOTA-[Tyr3]-oktreotat). Det er 4 aminosyrer som bindes til somatostatinreseptoren, og de er identiske hos DOTATOC og DOTATATE. ^{68}Ga DOTATOC og ^{177}Lu DOTATE er typisk et teranostisk par. Begge bindes hovedsakelig til somatostatinreseptor type 2 (SSR2). ^{68}Ga -DOTATOC PET har fullstendig erstattet bruk av SPECT/CT med $^{99\text{mTc}}$ -merket oktreotat (Tektrotyd) og ^{111}In -merket oktreotid (OctreoScan).

For medullær tyreoidkreft, feokromocytom og paragangliom har $^{18\text{F}}$ -FDOPA vært det foretrukne sporstoff, men dette er foreløpig ikke tilgjengelig i Norge. Dog ser det ut til at ^{68}Ga -DOTATOC er like nyttig. Ved nevroblastom hos barn benyttes fortsatt $^{123\text{I}}$ -MIBG og SPECT/CT i forbindelse med internasjonalt multisentersamarbeid.

Indikasjoner

^{68}Ga -DOTATOC PET benyttes til lokalisering av primærtumor og metastaser ved høyt og middels differensiert nevroendokrine svulster (NET eller NEN, der NEN står for nevroendokrin neoplasi). Vurder indikasjon for behandling av gastroenterohepatiske NET (GEPNET) med ^{177}Lu -DOTATATE. PET med ^{68}Ga -DOTATOC benyttes også rutinemessig for responsevurdering etter avsluttet behandling med ^{177}Lu -DOTATATE. Den sistnevnte indikasjonen er ikke i tråd med Norsk handlingsprogram, men vanlig praksis er å kontrollere behandlingseffekten ca. 6 mndr etter siste behandlingsrunde. I tillegg til GEPNET kan ^{68}Ga -DOTATOC PET også være indisert ved lunge NET (karsinoid), medullær thyreoideacancer, paragangliom og meningeomer (disse indikasjoner er off-label bruk).

Hva metoden yter

Ved PET gjelder generelt at deteksjonsevnen ikke bare er avhengig av PET-scannerens romlige oppløselighet, men også hvor høyt opptaket er (kontrast). Fordi opptaket av ^{68}Ga -DOTATOC ved høyt differensierte NET oftest er meget høyt og bakgrunnsaktiviteten i friskt vev meget lav, kan selv meget små lesjoner påvises (få mm). Således kan metastaser til f.eks. små, morfologisk normalt utseende lymfeknuder påvises. Også benmargsmetastaser er ofte meget små. Da NET og NEC ofte er polyklonale og er heterogent differensierte vil i tillegg til ^{68}Ga -DOTATOC, FDG PET kunne gi viktig prognostisk informasjon. Mens typiske karsinoider (lunge NET) oftest har høyt opptak av ^{68}Ga -DOTATOC, er det viktig å merke seg at atypiske karsinoider typisk ikke har høyt opptak. Atypiske karsinoider har, i motsetning til typiske karsinoider, vanligvis høyt opptak av FDG. For øvrig gjelder at selv typiske karsinoider oftest ikke har så høyt opptak som GEPNET. Det kan være høy tetthet av somatostatinreseptorer også ved annen cancer, samt ved inflammatoriske tilstander som granulomer, sarkoidose og sarkoid reaksjon. Det meget høye opptaket som ofte sees ved høyt differensiert NET er dog unikt høyt.

Spesielle forholdsregler

Det er ikke nødvendig å stoppe behandling med somatostatinanaloger eller kjemoterapi før undersøkelsen.

Kontraindikasjoner

Graviditet.

Ved behov for undersøkelse med ^{68}Ga -DOTATOC PET av ammende kvinne må amming avbrytes i minst 4 timer og ikke gjenopptas før stråledosen til barnet vil være lavere enn 1 mSv.

Forberedelse

Ingen.

Fremgangsmåte

Billedtaking påbegynnes 60-90 minutter etter i.v. injeksjon av 100-200 MBq ⁶⁸Ga-DOTATOC.

Effektiv stråledose

Effektiv stråledose fra ⁶⁸Ga-DOTATOC er 0,021 mSv/MBq.

Referanse

Bozkurt MF, Virgolini I, Balogova S, et. al. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with ⁶⁸Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and ¹⁸F-DOPA. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Aug;44(9):1588-1601. doi: 10.1007/s00259-017-3728-y. Epub 2017 May 25.

Strosberg J, El-Haddad G, Wolin E, et. al. NETTER-1 Trial Investigators. Phase 3 Trial of ¹⁷⁷Lu-Dotatate for Midgut Neuroendocrine Tumors. N Engl J Med. 2017 Jan 12;376(2):125-135. doi: 10.1056/NEJMoa1607427. PMID: 28076709; PMCID: PMC5895095.

Carrasquillo JA, Chen CC, Jha A, Ling A, Lin FI, Pryma DA, Pacak K. Imaging of Pheochromocytoma and Paraganglioma. J Nucl Med. 2021 Aug 1;62(8):1033-1042. doi: 10.2967/jnumed.120.259689. PMID: 34330739.

T24.2.1.13. Paratyreoideaundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

^{99m}Tc-merket 2-metoksi-isobutylisonitrid (sestamibi eller ofte bare MIBI, Cardiolite®, Lantheus Medical Imaging) er et monovalent katjonkompleks som tas opp i celler ved passiv diffusjon drevet av det negative membranpotensialet og retineres intracellulært i mitokondrier. MIBI har særlig høyt opptak i vev med mitokondrierike celler, som f.eks. paratyreoideaadenomer. Ensidig, minimalt invasiv operasjon ved primær hyperparatyreoidisme forutsetter pålitelig preoperativ påvisning av solitært eller multiple adenom. ^{99m}Tc-MIBI vaskes raskt ut av normalt tyreoidvev, men retineres i autonome paratyreoideaadenom og er meget godt egnet for lokalisering av slike med tidlig og sen avbildning med planere bilder kombinert med SPECT/CT. PET/CT eller PET/MR med bruk av sporstoffene [¹¹C]metionin eller [¹⁸F]cholin har bedre deteksjonsevne enn SPECT/CT med MIBI. ¹⁸F-cholin er også overlegen ¹¹C-metionin for deteksjon av adenomer. Pga. foreløpig høy kostnad og begrenset tilgjengelighet vil MIBI og gammakameraundersøkelse være førstevalg, men et tilbud der denne undersøkelsen ikke kan lokalisere adenom er viktig å kjenne til.

Indikasjoner

Preoperativ lokalisering av autonome paratyreoideakjertler. Lokalisering av ektopiske paratyreoideaadenomer. Lokalisering av hyperplastiske adenomer ved tertiær hyperparatyreoidisme. Nukleærmedisinsk paratyreoideaundersøkelse er ingen screeningmetode for hyperparatyreoidisme, og tilstanden skal på forhånd være verifisert ved gjentatte målinger av kalsium, ionisert kalsium og PTH. Det er vanlig å supplere undersøkelsen med UL. Dersom adenom ikke kan påvises med gammakamera og UL vil PET være indisert, helst ¹⁸F-cholin PET.

Hva metoden yter

Normale paratyreoideakjertler lar seg ikke visualisere. Flerkjerteladenomer eller diffust hyperplastiske kjertler ved sekundær eller tertiær hyperparatyreoidisme lokaliseres langt sikrere med PET, særlig med ¹⁸F-cholin, enn med gammakamera med MIBI. Små autonome adenomer (< 120 mg) vil oftest ikke kunne påvises med MIBI, men ved ¹⁸F-cholin PET. Paratyreoideaadenomer og hyperplastiske kjertler ved tertiær hyperparatyreoidisme > 120 mg blir korrekt lokalisert i 90 % av tilfellene ved MIBI. Kombinert planar avbildning og SPECT/CT gir bedret diagnostisk nøyaktighet sammenlignet med planar avbildning supplert med SPECT uten CT.

Bivirkninger

Allergiske reaksjoner kan forekomme. Metallsmak under injeksjon av MIBI forekommer regelmessig.

Spesielle forholdsregler

Langvarig nærkontakt med spedbarn frarådes første døgn. Hvis ^{99m}Tc-perteknetat (for fremstilling av tyreoida) er gitt, bør amming avbrytes i 36 timer.

Kontraindikasjoner

Ingen.

Forberedelser

Ingen.

Fremgangsmåte

Vanligste fremgangsmåte med MIBI med gammakamera er dobbelfaseteknikk hvor bildetaking foretas både ca. 10 minutter etter injeksjon av 500-700 MBq ^{99m}Tc-MIBI og etter 2 timer. Tidlig avbildning fremstiller både opptak i tyreoida og paratyroida. Etter 2 timer er ^{99m}Tc-MIBI vasket ut av tyreoida, men vil være retinert i paratyroidaadenom. Det er vanlig å supplere den sene avbildningen med SPECT/CT. Det kan også suppleres med ^{99m}Tc-perteknetat for fremstilling av tyreoida. Simultan avbildning med ^{123I}-NaI og ^{99m}Tc-MIBI hvor tyreoidaopptaket fremstilt med ^{123I}-NaI trekkes fra MIBI-opptaket. Simultan avbildning er mulig fordi ^{123I} (156 keV) og ^{99m}Tc (141 keV) kan diskrimineres utfra forskjellig gammaenergi. Særlig hvis man har moderne gammakamera med deektor av halvledermateriale er denne dual-tracermetoden egnet pga. meget god energidiskriminering.

For PET foretas avbildning med PET/CT eller PET/MR 1 time etter injeksjon av 150-200 MBq ^{18F}-cholin. Som for MIBI og gammakameraundersøkelse bør det alltid suppleres med UL.

Dosimetri

Effektiv dose ^{99m}Tc-MIBI 7,1 μSv/MBq, ^{18F}-cholin 24 μSv/MBq.

Referanse

Evangelista L, Ravelli I, Magnani F, et al. ^{18F}-choline PET/CT and PET/MRI in primary and recurrent hyperparathyroidism: a systematic review of the literature. *Ann Nucl Med.* 2020;34(9):601-619. doi:10.1007/s12149-020-01507-1

T24.2.1.14. Skjelettundersøkelse

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Nukleærmedisinsk skjelettundersøkelse («skjelettscintigrafi») er en veletablert sensitiv metode for visualisering av metabolsk aktivt beinvev (høy osteoblastaktivitet, osteosklerose) etter intravenøs injeksjon av ^{99m}Tc-difosfonat, men undersøkelsen har lav spesifisitet idet en rekke benigne tilstander også har høyt opptak. Integrert CT (SPECT/CT) har økt spesifisiteten betydelig i forhold til planar undersøkelse og SPECT uten CT. På grunn av betydelig bedret spesifisitet som følge av integrert CT benyttes undersøkelsen fremdeles i betydelig grad, selv om den i mange tilfeller bør erstattes av FDG (for f.eks. brystkreft, osteomyelitt eller infiserte leddproteser) eller PSMA PET (prostatakreft). Alternativ undersøkelse med både høyere sensitivitet og spesifisitet enn skjelettundersøkelse med SPECT/CT er ^{18F}-NaF PET/CT eller PET/MR. Men også for ^{18F}-NaF PET gjelder at undersøkelsen ofte bør erstattes med FDG eller PSMA PET. Se også kapittel om hjerteamyloidose over.

Indikasjoner

Tidlig diagnostikk av osteoblastdominerte skjelettmetastaser og evaluering av sykdomsutbredelse i hele skjelettet, inkludert ribber og perifere ekstremiteter. Tidlig diagnostikk av osteomyelitt og påvisning av multifokalitet. Tidlig diagnostikk av traumatiske skjelettskader og overbelastningsskader (håndrotsfrakturer, andre frakturer uten dislokasjon, tretthetsfrakturer, traksjonsperiostitter, entesopatier). Evaluering av primære beintumores, både benigne og maligne. Påvisning og forløpskontroll av Pagets sykdom. Mistanke om aseptiske beinnekroser. Tidlig påvisning av avaskulær beinnekrose (f.eks. caputnekrose). Oppfølging av knokkeltransplantat. Uklare skjelettsmerter. Protesekomplikasjoner. Veiledning for biopsi.

Undersøkelsen har betydelige begrensninger i forløpskontroll av kreftbehandling da også reparative prosesser i skjelettet gir økt opptak både av både difosfonat og NaF. [^{18F}]NaF PET har en langt høyere kostnad enn vanlig skjelettscintigrafi. Dog er undersøkelsen langt mer sensitiv og mer spesifikk enn SPECT/CT. Høy kostnad og begrenset skannerkapasitet gjør at NaF PET/CT foreløpig ikke kan erstatte SPECT/CT, og undersøkelsen tilbys kun et begrenset antall pasienter.

Hva metoden yter

Hele skjelettet kan avbildes i en enkel undersøkelse med lav kostnad. Dynamisk billedtaking under og 6 minutter etter injeksjon og supplerende SPECT/CT kan gi nyttig tilleggsinformasjon og økt spesifisitet. Ved bruk av SPECT/CT kan maligne og benigne tumores, inflammasjoner, frakturer eller degenerative forandringer ofte skiller fra hverandre, og SPECT/CT har således langt høyere diagnostisk nøyaktighet enn planar avbildning supplert med SPECT uten integrert CT.

Sensitiviteten for fokal patologi er høy. Sensitiviteten er langt høyere for lesjoner dominert av økt beinoppbygging (økt osteoblastaktivitet / sklerotiske lesjoner) enn ved prosesser dominert av beinnedbrytning (økt osteoklastaktivitet som ved myelomatose, osteolytiske lesjoner). [18F]NaF PET påviser osteolytiske lesjoner med høyere sensitivitet, fordi slike lesjoner også har noe økt osteoblastaktivitet i randsonen, men som ofte ikke sees på vanlig «skjelettscintigrafi». MR er mer sensitiv og spesifikk særlig for lesjoner i columna og bekken.

Det tar 1–2 døgn fra osteomyelittdebut til påvisbar patologi. Stressfrakturer, som ofte ikke lar seg påvise ved vanlig røntgen eller CT, er gjerne meget tydelige på nukleærmedisinsk skjelettundersøkelse. For øvrig har MR høy sensitivitet og vel så høy spesifisitet for påvisning av stressfrakturer og osteomyelitt. MR vil gjerne være førstevalg ved supplerende billedundersøkelse hvor problemstillingen er mulige metastaser, særlig til columna og bekken. FDG og PSMA PET har høyere spesifisitet enn vanlig skjelettundersøkelse, og ved prostatakreft har PSMA PET langt høyere både sensitivitet og spesifisitet.

Bivirkninger

Allergiske reaksjoner er meget sjeldne. Kan forekomme ved bruk av bisfosfonater, men er ikke rapportert for NaF.

Spesielle forholdsregler

Ingen.

Kontraindikasjoner

Ingen. Graviditet er relativ kontraindikasjon.

Forberedelser

Pasientene bør være godt hydrert, ellers ingen.

Fremgangsmåte

Intravenøs injeksjon av 300-750 MBq 99mTc-metylendifosfonat eller tilsvarende forbindelse, ev. med perfusjonsundersøkelse og blood pool-avbildning. Avbildning etter 2–4 timer, gjerne planar avbildning supplert med SPECT/CT. PET/CT eller PET/MR ½–1 time etter injeksjon av 185-370 MBq 18F-NaF.

Dosimetri

Effektiv dose 99mTc-metylendifosfonat eller tilsvarende forbindelse er 4,9 µSv/MBq og for [18F]Na] 24 µSv/MBq.

Referanse

Van den Wyngaert, T., Strobel, K., Kampen, W.U. et al. The EANM practice guidelines for bone scintigraphy. Eur J Nucl Med Mol Imaging 43, 1723–1738 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00259-016-3415-4>.

Beheshti, M., Mottaghy, F.M., Payche, F. et al. 18F-NaF PET/CT: EANM procedure guidelines for bone imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging 42, 1767–1777 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3138-y>

T24.2.1.15. Påvisning av ektopisk ventrikkelslimhinne (Meckels divertikkel)

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Meckels divertikkel er den vanligste medfødte misdannelse i tarmsystemet og forekommer hos 0,3–3 % av befolkningen. De fleste pasienter er symptomfrie. Hos 30–85 % foreligger ektopisk, syreproduserende ventrikkelslimhinne i divertikkelen, og sårdannelse og blødning forekommer. 99mTc-perteknetat konsentreres i så vel normal som ektopisk ventrikkelslimhinne.

Indikasjoner

Førstehåndsundersøkelse ved smertefri blødning per rektum hos barn. Mulig Meckels divertikkel hos barn og voksne.

Hva metoden yter

Høy diagnostisk nøyaktighet. SPECT/CT lokaliserer divertikkel langt bedre enn eldre, ren planar teknikk.

Bivirkninger

Ingen.

Kontraindikasjoner

Ingen.

Forberedelser

Om mulig faste minst 4 timer. Av og til benyttes forbehandling med histamin H2-antagonist (ranitidin eller cimetidin) for å øke retensjon av ^{99m}Tc-perteknetat i den syreproduserende slimhinnen og for å redusere utskillelse og tarmtransport av ^{99m}Tc-perteknetat, som transporteres både ante- og retrograd.

Fremgangsmåte

^{99m}Tc-perteknetat gis intravenøst og umiddelbar oppstart av dynamisk bildetaking. Injisert aktivitet bestemmes hos barn utfra EANMs Dosage Card. Serie av statisk eller helst dynamisk bildetaking over 30 minutter. Forlenget bildetaking kan være nødvendig. Supplerende SPECT/CT kan være nyttig for presis lokalisering.

Dosimetri

Effektiv dose ^{99m}Tc-perteknetat 13 µSv/MBq.

Legemiddelomtaler og preparater

L12.3.1 Histamin H2-antagonister

Referanse

Stephanie E et al. SNMMI and EANM Practice Guideline for Meckel Diverticulum Scintigraphy 2.0 J Nucl Technol 2014; 42: 163-9.

T24.2.1.16. Gastrointestinal blødning

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Lokalisering av pågående gastrointestinal blødning ved hjelp av ^{99m}Tc-merkete autologe erythrocytter.

Indikasjoner

Pågående eller intermitterende transfusjonstrengende gastrointestinal blødning som ikke har latt seg lokalisere ved endoskopi, eller annen konvensjonell gastroenterologisk eller radiologisk teknikk.

Hva metoden yter

Minste blodmengde som kan detekteres er 3–5 ml, dvs. blødningen må gjennomsnittlig være minst 0,3 ml/min over minst 10–15 minutter. Pga. retrograd peristaltikk kan presis lokalisering i tykktarm by på problemer med mindre dynamisk avbildning foretas. Når blødning er påvist vil SPECT/CT være nyttig for lokaliseringen av blødningsfokus.

Bivirkninger

Allergiske reaksjoner (pyrofosfat) kan forekomme.

Spesielle forholdsregler

Dersom undersøkelsen skal utføres på ammende kvinne må amming avbrytes i 12 timer etter merking. Deretter tømmes brystene (med pumpe), og melken kastes eller oppbevares i 48 timer før bruk. Langvarig nærkontakt med småbarn frarådes første døgn.

Kontraindikasjoner

Tidligere allergisk reaksjon på pyrofosfat.

Forberedelser

Fastende pasient er en fordel.

Fremgangsmåte

For merking av autologe erythrocytter, se T24.2.1.5 Hjertets pumpefunksjon (MUGA). Ren in vitro-merking av erythrocyttene er å foretrekke, alternativt bruk av et kommersielt kit (Ultratag RBC, Curium/Mallinckrodt). Dynamisk, kontinuerlig bildetaking. Om negativt funn, kan undersøkelsen gjentas med dynamiske serie i inntil 24 timer etter merking.

Dosimetri

Effektiv dose 7 µSv/MBq.

Referanse

Hung Q et al. The SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Gastrointestinal Bleeding Scintigraphy 2.0. *J Nucl Med Technol* 2014; 42: 398-17.

T24.2.1.17. Lokalisering av vaktpostlymfeknute (sentinel node)

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Vaktpostlymfeknute («sentinel node») er den eller de lymfeknuter som mottar lymfe direkte fra et tumorområde. Det postuleres at lymfedrenasjen er sekvensiell og at lymfatisk spredning fra en tumor først oppstår i vaktpostknuten og deretter i neste knute i lymfebanen. Dersom det ikke foreligger spredning til vaktpostlymfeknuter, skal det teoretisk ikke foreligge lymfespredning. Vaktpostlymfeknuter kan peroperativt lokaliseres ved hjelp av et radioaktivt merket kolloid, ved hjelp av fargestoff (metylblått) eller gjerne ved en kombinasjon av disse merketeknikkene. Bruk av SPECT/CT har vist seg å være nyttig for mer presis lokalisering av vaktpostlymfeknutene. Ved flere avdelinger benyttes ikke avbildning, kun injeksjon av sporstoff, og bruk av sensitiv gammaprobe.

Indikasjoner

Standard prosedyre for stadieinndeling av brystkreft, samt ved malignt melanom. Benyttes også ved andre kreftformer som plateepitelkarsinomer i ØNH-området, ved penis- og vulvakreft.

Hva metoden yter

Lokalisering av vaktpostlymfeknuten lykkes i nær 100 %.

Bivirkninger

Svært uvanlig, men anafylaktoide og lokale reaksjoner er rapportert.

Spesielle forholdsregler

Ingen.

Forberedelser

Ingen.

Fremgangsmåte

Det er ingen generell enighet om detaljer ved den tekniske utførelsen av sentinel node undersøkelser, og det er ikke vist forskjell i deteksjonsevne for de forskjellige injeksjonsteknikker. Ved brystkreft injiseres ^{99m}Tc-merket nanokolloid ofte med 3–4 innstikk intrakutant eller subkutant periareolært. Ved tumor lokalisert i mediale kvadranter eller nedre laterale kvadrant, injiseres ofte også dypt peritumoralt. Bildetaking etter 1–2 timer eller senere for bildefremstilling av vaktpostknuter og hudmarkering av lokalisasjon av vaktpostknutene. Peroperativt benyttes bærbar scintillasjonsdetektor med håndholdt deteksjonsprobe dekket til med steril plaststrømpe. Se Hdir. Nasjonalt handlingsprogram med retningslinjer for diagnostikk, behandling og oppfølging av pasienter med brystkreft, 01.03.2021. [Vaktpostlymfeknutebiopsi \(SNB\)](#)

For maligne melanom injiseres peritumoralt intradermalt før utvidet kirurgisk eksisjon. Se Hdir Nasjonalt handlingsprogram med retningslinjer for diagnostikk, behandling og oppfølging av maligne melanomer, 22.05.2020 [pkt 6.2 Utredning](#).

Dosimetri

Effektiv dose ^{99m}Tc-nanokolloid er 1,2µSv/MBq injisert aktivitet.

Referanse

Whitman GJ, AlHalawani RH, Karbasian N, Krishnamurthy R. Sentinel Lymph Node Evaluation: What the Radiologist Needs to Know. *Diagnostics (Basel)*. 2019;9(1):12. Published 2019 Jan 17. [doi:10.3390/diagnostics9010012](#)

Han D, Thomas DC, Zager JS, Pockaj B, White RL, Leong SP. Clinical utilities and biological characteristics of melanoma sentinel lymph nodes. *World J Clin Oncol*. 2016;7(2):174-188. [doi:10.5306/wjco.v7.i2.174](#)

T24.2.1.18. Positronemisjonstomografi med integrert CT(PET/CT) eller integrert MR (PET/MR)

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Positronemisjonstomografi (PET) er den raskest voksende medisinske billediagnostiske modalitet. Metoden muliggjør avbildning og kvantifisering av en rekke fysiologiske og biokjemiske prosesser i normalt og sykt vev. De radiofarmasøytiske preparat som benyttes er merket med positronemitterende radionuklider (+ kjernepartikler, positroner). De fleste aktuelle radionuklider fremstilles i syklotron. Enkelte radionuklider aktuelle for PET-sporstoff produseres fra en generator (eks. ^{68}Ga og ^{82}Rb) tilsvarende molybden-/technetiumgeneratorene for produksjon av $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -perteknetat. ^{11}C og ^{15}O har meget kort halveringstid, hvilket gjør at nærhet til et syklotronsenter er nødvendig. For klinisk PET er ^{18}F -merket deoksylglukose (^{18}F FDG) det langt mest brukte radiofarmasøytiske preparat, men en rekke andre forbindelser er også aktuelle. I Norge benyttes i tillegg til FDG også ^{18}F NaF (skjelettundersøkelse), ^{18}F Fluciclovin (klinisk forskning hjernetumores), ^{18}F Flutemetamol (amyloid avleiring i hjernen; Vizamyl® GE Healthcare), ^{68}Ga DOTATOC (nevroendokrine tumorer), ^{18}F kcholin (paratyreoidea), ^{11}C metionin (paratyreoidea og hjernetumores), ^{124}I NaI (cancer tyreoida), samt både ^{18}F PSMA-1007 og ^{68}Ga PSMA-11 (cancer prostata).

Det viktigste anvendelsesområdet er innenfor klinisk onkologi, men PET er også nyttig i kardiologi, nevrologi, revmatologi og ved inflammasjon og infeksjonsproblematikk.

FDG PET kan utføres som PET/CT med lavdose CT uten kontrast eller diagnostisk CT med eller uten iv. kontrast. Bruk av peroral kontrast kan også benyttes. Vanligvis benyttes lavdose CT uten kontrast. Ved PSMA PET/CT benyttes dog ofte diagnostisk CT, men uten kontrast. Grunnen til at normaldose/diagnostisk CT benyttes er fordi metastatiske lymfeknuter i bekkenet ofte er kun få mm, og de fremstilles langt bedre med normaldose enn med lavdose CT. CT-kontrast har liten verdi ved vurdering av lymfeknuter og fjernmetastaser ved cancer prostata.

Indikasjoner og ytelse

I **onkologi** benyttes FDG PET ved en rekke kreftformer i primærdiagnostikk, stadieinndeling, tidlig evaluering av terapierespons, terapierespons etter avsluttet behandling, veiledning for biopsitaking, origo incerta, påvisning av tilbakefall og hjelp til innstilling av strålefelt. For en rekke kreftformer og onkologiske problemstillinger har PET høyere diagnostisk nøyaktighet enn konvensjonell bildediagnostikk, eller gir nyttig tilleggsinformasjon. For en rekke kreftformer samlet fører en FDG PET i tillegg til konvensjonell bildediagnostikk endret behandling hos ca. 35 % av pasientene.

I [Nasjonalt handlingsprogram med retningslinjer for diagnostikk, behandling og oppfølging av prostatakraft](#) står det skrevet at «PSMA PET er ikke anbefalt for staging av primær prostatakraft, men kan være aktuelt i tilfelle kontraindikasjoner for MR.» I kontrast til denne anbefalingen er det betydelig økende bruk av PSMA PET i initial stadieinndeling av høyrisikopasienter, og mange steder er dette den viktigste indikasjon.

I **nevrologi** benyttes PET først og fremst til utredning og differensialdiagnostikk ved nevrodegenerative lidelser/demensutredning (se T24.2.1.1.2. FDG PET hjerne). Innen **kardiologi** først og fremst viabilitetsundersøkelse og påvisning av endocarditt. I **revmatologi** er FDG PET særlig nyttig ved spørsmål om polymyalgia revmatika (PMR) og/eller vaskulitt. Ved **storkarsvaskulitt** kan FDG PET med moderne kamera også påvise kranieffeksjon. FDG PET kan være indisert ved spørsmål om **granulomatøs inflammasjon**, og undersøkelsen kan også være nyttig ved EORA/LORA og IgG4 sykdom. Ved mistanke om **infeksjon** i relasjon til hjerteklaffer, graftinfeksjon eller proteseløsning har FDG PET erstattet «leukocyttscintigrafi». FDG PET er også nyttig ved **feber av ukjent årsak**.

Bivirkninger

Ingen.

Spesielle forholdsregler

Ingen.

Forberedelser

Faste minst 4 timer forut for injeksjon. Diabetpasienter bør ikke ta langtidsvirkende insulin om morgenen undersøkelsesdagen. Langtidsvirkende insulin kan tas om kvelden. Det må gå minst 4 timer fra korttidsvirkende insulin til injeksjon av FDG. Insulin gjør at FDG tas opp i skjelettmuskulatur (kompetetivt opptak med vanlig glukose), og det blir da mindre FDG tilgjengelig til spesifikt opptak f.eks. i tumor, inflammatoriske forandringer eller i hjernen (kalles ofte «sink-effect»). Høyt muskelopptak gir i tillegg forstyrrende bakgrunnsopptak.

Metforminpreparater bør seponeres i minst 3 døgn forut for en undersøkelse med FDG PET. Årsaken er at det ved metforminbruk blir høyt tarmopptak som da også medfører «sink-effect». Høyt metforminbetinget tarmopptak vil også kunne maskere en ondartet tumor eller premalign polypp. Ved spesiell mistanke om tarmpatologi, spesielt i tykktarm, bør metformin helst seponeres i 5 døgn før undersøkelsen. Pasientene bør ikke ha gjennomført hard trening døgnet forut for undersøkelsen for å unngå FDG-opptak i muskulatur og «sink-effect» som beskrevet over. Pasienter bør ikke fryse i timene forut for eller under injeksjon av FDG. Det kan resultere i høyt opptak i brunt fett på hals og i toraks, som vil kunne vanskeliggjøre tolkningen med kamuflering av opptak f.eks. i lymfeknuter, samt resultere i «sink-effect». Problem med opptak i brunt fett er særlig aktuelt hos slanke, unge kvinner. Problemet er ikke bare aktuelt om vinteren, men like aktuelt varme sommerdager med bruk av aircondition i bil eller i kjølig regnvær. Opptak i brunt fett kan unngås ved å unngå frysing kombinert med forbehandling med uselektiv betablokker (eks. pranolol 40 mg om kvelden før undersøkelsen og om morgenen undersøkelsesdagen).

Det foreligger egne, omstendelige forberedelsesprosedyrer for kardiologisk FDG PET for viabilitetsundersøkelse (høyt blodsukker og høyt insulin ønskelig for høyt FDG-opptak i hjertet) og ved mistanke om endokarditt (lavkarbohydratdiett og forlenget fasteperiode for å redusere FDG-opptak i hjertet).

Fremgangsmåte

Blodglukose måles rett før injeksjon av FDG. Ved høyt blodsukker (over 11,5 mmol/l) vil det ofte være aktuelt å utsette undersøkelsen til senere på dagen om mulig, eller ny time en annen dag. Under injeksjon og i minst ½ time deretter, skal pasientene være i ro på hvilerom.

For kardiologisk PET/CT foreligger egne fremgangsmåter.

Dosimetri

Effektiv dose 18F-FDG 19µSv/MBq. I tillegg stråledose fra CT ved PET/CT.

Referanse

Subramaniam RM et. al. Patient Management of [18F]-Fluorodeoxyglucose-Positron Emission Tomography (PET) Used for Cancer Diagnosis: Analysis of Data From the National Oncologic PET Registry. *Oncologist*. 2016 Sep;21(9):1079-84. doi: 10.1634/theoncologist.2015-0364. Epub 2016 Jul 8. PMID: 27401896; PMCID: PMC5016059.

Kung BT, Seraj SM, Zadeh MZ, et al. An update on the role of 18F-FDG-PET/CT in major infectious and inflammatory diseases. *Am J Nucl Med Mol Imaging*. 2019; 9(6): 255-273. Published 2019 Dec 15

Minoshima S, Mosci K, Cross D, Thientunyakit T. Brain [F-18]FDG PET for Clinical Dementia Workup: Differential Diagnosis of Alzheimer's Disease and Other Types of Dementing Disorders. *Semin Nucl Med*. 2021 May;51(3):230-240. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2021.01.002. Epub 2021 Feb 2. PMID: 33546814.

de Fera Cardet RE, Hofman MS, Segard T, Yim J, Williams S, Francis RJ, Frydenberg M, Lawrentschuk N, Murphy DG, De Abreu Lourenco R. Is Prostate-specific Membrane Antigen Positron Emission Tomography/Computed Tomography Imaging Cost-effective in Prostate Cancer: An Analysis Informed by the proPSMA Trial. *Eur Urol*. 2021 Mar;79(3):413-418. doi: 10.1016/j.eururo.2020.11.043. Epub 2020 Dec 16. PMID: 33341285.

Hope TA, Eiber M, Armstrong WR, Juarez R, Murthy V, Lawhn-Heath C, Behr SC, Zhang L, Barbato F, Ceci F, Farolfi A, Schwarzenböck SM, Unterrainer M, Zacho HD, Nguyen HG, Cooperberg MR, Carroll PR, Reiter RE, Holden S, Herrmann K, Zhu S, Fendler WP, Czernin J, Calais J. Diagnostic Accuracy of 68Ga-PSMA-11 PET for Pelvic Nodal Metastasis Detection Prior to Radical Prostatectomy and Pelvic Lymph Node Dissection: A Multicenter Prospective Phase 3 Imaging Trial. *JAMA Oncol*. 2021 Sep 16. doi: 10.1001/jamaoncol.2021.3771. Epub ahead of print. PMID: 34529005.

T24.2.1.19. Andre undersøkelser

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Nukleærmedisinske avdelinger har ofte flere andre prosedyrer i sitt repertoar enn de som er beskrevet over. Eksempelvis nevnes spyttkjertelfunksjonsundersøkelse (parotis), måling av øsofagustransitt (svelgundersøkelse), måling av ventrikkeltømming etter radioaktivt merket testmåltid, gastroøsofageal refluks, direkte og indirekte miksjonscystografi hos barn, miltundersøkelse for påvisning av bimilt (viktig i differensialdiagnostikk bimilt vs. pankreas NET), lymfedrenasjeundersøkelse av ekstremiteter og hjerteundersøkelse med 123I-MIBG for å skille mellom Parkinson sykdom og atypisk parkinsonisme. I tillegg kan ofte nukleærmedisinske

funksjonsundersøkelser tilrettelegges for pasientspesifikke problemstillinger. Nødvendige opplysninger om lokale prosedyrer og tilhørende preparatvalg må innhentes lokalt.

Referanse

[European Nuclear Medicine Guide diagnostics](#)

T24.2.2. Nukleærmedisinsk behandling

Publisert: 22.09.2021

Radiojodbehandling

Med radiojodbehandling mener men behandling med den radioaktive jodisotopen (radionukliden) I-131. I-131 henfaller med β -partikler ledsaget av høyenergetisk gammastråler (364 keV, som egentlig er medium energi). Det er betastrålingen som står for den terapeutiske stråleeffekten, mens gammastrålene benyttes til avbildning med gammakamera og jodopptaksmåling. Gjennomsnittlig vandring i bløtvev er 0,6 mm, maks 2,0 mm.

Jodopptaksmåling og terapi med I-131 har vært benyttet siden 1940-tallet, og er det første virkelige teranostiske legemiddel. Pga. lang halveringstid (8 døgn) kan I-131 benyttes til dosimetri, herunder både beregning av maksimal tolererbar aktivitet (MTA) og tumordosimetri. Pga. den høye gammaenergien er I-131 ikke optimal for diagnostisk avbildning. Den samtidige betastrålingen gjør også at stråledosen til pasientene blir høy. Derfor benyttes vanligvis I-123 (156 keV) for avbildning med gammakamera. I-123 (halveringstid 13 timer) kan også benyttes for forenklet beregning av MTA, mens tumordosimetri krever I-131. I-124 er en positronemitter med halveringstid på 4,2 døgn og kan brukes til PET-avbildning, måling av MTA og tumordosimetri, men sporstoffet må importeres og er meget kostbart. I Norge benyttes I-124 PET kun for utvalgte pasienter.

T24.2.2.1. Radiojodbehandling av hypertyreose

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Radioaktivt jodid konsentreres og retineres i glandula tyreoidea. Hovedmengden av det radioaktive jodid som ikke retineres, skilles ut i urinen. Radioaktivitet fra retinert ^{131}I i tyreoidea vil ved tilstrekkelig tilført aktivitet føre til celledød. Radionukliden har en halveringstid på 8 døgn. Biologisk halveringstid, som tar utskillelse via nyrene med i beregningen, er på ca. 6 døgn. For preterapeutisk bildetaking og opptaksmåling benyttes ^{131}I eller ^{123}I , men ofte foretas enklere prosedyre med $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pereteknetat.

Indikasjoner

Førstevalg ved toksisk knutestruma og autonomt adenom. Graves' sykdom som alternativ til kirurgi etter initial behandling med tyreostatika. Gjenstående postoperativ hypertyreose eller hypertyreoseresidiv etter kirurgi. På disse indikasjonen kan behandling med ^{131}I også være aktuelt hos barn. Effektiv, sikker og rimelig behandling sammenlignet med alternative behandling. Ingen fare for skade på n. recurrens. For knutestruma med kompresjonstegn foretrekkes primært kirurgi, men ^{131}I er et alternativ også i denne situasjonen, spesielt hos eldre der operasjonsrisikoen er større. Opptaket av radioaktivt jod kan økes i eutyreote knutestruma ved bruk av en enkelt injeksjon av en mindre dose (0,3 mg) rekombinant humant TSH (Thyrogen®) enn hva som brukes ved kreft (da benyttes 0,9 mg x 2).

Virkning/bivirkninger

Av og til ømhet på halsen allerede fra første døgn og avtagende over en ukes tid. Som følge av stråleindusert inflammasjon med utsiving av lagret hormon kan det skje en forbigående klinisk forverring allerede ett døgn etter gitt terapidose og med noen ukers varighet. Symptomene dempes effektivt ved bruk av (uselektiv) betareseptorantagonist. Endokrin orbitopati/eksoftalmus kan muligens forverres eller blusse opp som følge av radiojodbehandling, men dette kan forebygges med prednison i høye doser, avtrappende over 2–3 måneder (se kapittel T3.3.1 Hypertyreose (T3.3.1)).

Noen velger å gi individuelt tilpasset aktivitet basert på estimert kjertelvekt og resultat av jodopptaksundersøkelse (^{131}I eller ^{123}I), mens de fleste i Norge benytter en fast aktivitet, gjerne 400–600 MBq ^{131}I med mål om å gjøre pasienten eutyreot ved autonomt adenom, eller toksisk knutestruma. Ved Graves' sykdom tilstrebes varig hypotyreot tilstand i løpet av 2–3 måneder med én behandlingsdose. Klinisk bedring først etter 5–7 uker. Behandlingen ser ikke ut til å gi økt hyppighet av leukemi eller annen kreft.

Kontraindikasjoner

Graviditet, amming.

Forberedelser

Seponering av tyreostatika i en uke eller minimum 36 timer (behandlingen kan gjenopptas etter 3 døgn).
Syptomatisk behandling med ikke-selektiv betareseptorantagonist i avtrappende dose over 3–5 uker.
Forbehandling med høy, avtrappende doser prednison må vurderes ved mistanke om orbitopati.
«Tyreoideascintigrafi» og helst også jodopptaksmåling må være utført forut for behandling.

Fremgangsmåte

Peroral tilførsel av 400–600 MBq ¹³¹I eller helst individuelt tilpasset dose basert på jodopptaksmåling.

Kontroll og oppfølging

Behandlingseffekten kontrolleres bla. med måling av FT4 og TSH, vanligvis første gang etter 6–8 uker. Ny behandling med radioaktivt jod er av og til aktuelt. Ved Graves må det startes opp med levotyroksin (Levaxin, Euthyrox) før TSH blir høy, da hypothyreose kan forverre eller utløse endokrin eksoftalmus. Etter den første kontrollen kan det være behov for flere kontroller med 2–3 ukers mellomrom før start av substitusjonsbehandling. Første kontroll av FT4 og TSH tidligst 8 uker etter oppstart med levotyroksin eller etter doseendring.

Spesielle forholdsregler

Kontakt med små barn og gravide må begrenses til et absolutt minimum, og stell av barn < 2 år bør overlates til andre i 2 uker etter terapidose. Pasient < 60 år bør helst sove alene i 1 uke etter terapi, og generelt bør nærkontakt med personer < 60 år reduseres til et minimum. Sykmelding i en uke kan være aktuelt, f.eks. for barnehagepersonell. Personer i fertil alder må unngå graviditet eller befruktning i et halvt år etter behandling med radioaktivt jod. Amming må være avsluttet minst 10 uker før behandling for å redusere stråledose til brystvevet. Ved inkontinens må det etableres system for kateterisering eller oppbevaring av bleier.

Legemiddelomtaler og preparater

...

Glukokortikoider for systemisk effekt og lokal injeksjon (L3.7.1)

...

...

Prednisolon/Prednison (L3.7.1.3)

...

Referanse

Ross DS, Burch HB, Cooper DS, Greenlee MC, Laurberg P, Maia AL, Rivkees SA, Samuels M, Sosa JA, Stan MN, Walter MA. 2016 American Thyroid Association Guidelines for Diagnosis and Management of Hyperthyroidism and Other Causes of Thyrotoxicosis. *Thyroid*. 2016 Oct;26(10):1343-1421. doi: 10.1089/thy.2016.0229. Erratum in: *Thyroid*. 2017 Nov;27(11):1462. PMID: 27521067.

T24.2.2.2. Radiojodbehandling av høyt differensiert papillær og follikulær thyreoideacancer

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Radiojodbehandling kan være indisert ved DTC, men er aldri indisert ved MTC eller ATC. Indikasjon for radiojodbehandling angis gjerne som:

- ?!) Radiojodablasjon
- ?!) Adjuvant radiojodbehandling
- ?!) Radiojodbehandling av lokal restsykdom og jodkonsentrerende metastaser

Med radiojodablasjon menere man radiojodbehandling av rester av normalt kjertelvev etter total thyreoidektomi med frie operasjonserrender hos pasienter med meget lav sannsynlighet for okkulte metastaser og risiko for senere «recidiv» i den hensikt å destruere alt normalt restvev og gjøre oppfølging med måling av Tg mer spesifikk. Dersom man med radiojodablasjon også ønsker å destruere eventuelle okkulte metastaser er indikasjonen ikke ablasjon, men adjuvant radiojodbehandling (se under). Rutinemessig radiojodablasjon benyttes ikke lenger.

Hensikten med adjuvant radiojodbehandling er å destruere eventuelle okkulte metastaser etter total thyreoidektomi. Hvilke pasienter som skal ha adjuvant radiojodbehandling vurderes utfra en samlet vurdering av risiko for okkult restsykdom. Risikovurderingen omfatter bl.a. postoperativ Tg, pasientens alder, tumorstørrelse, histologisk variant, innvekst i omliggende strukturer, karinfiltrasjon (bl.a. antall kar), regional lymfeknutemetastasing (bl.a. antall lymfeknuter, størrelse, hvilket halsnivå, perinodal vekst), ved mPTc antall lesjoner, BRAFV600E mutasjon etc. Mulighet for god postoperativ oppfølging tas også med i betraktning. Et oppfølgingsopplegg med regelmessig måling av s-Tg med særlig vektlegging på endring av s-Tg-nivå over tid, ultralyd av hals eventuelt supplert med FNC og måling av Tg i aspirat, gjør at rutinemessig radiojodablasjon av normalt kjertelvev hos pasienter med lav risiko ikke kan forsvares. Beslutning om adjuvant radiojodbehandling bør foretas på MDT-møte. Hvilke pasienter som skal ha eller ikke ha adjuvant radiojodbehandling og hvor høy aktivitet som skal gis diskuteres stadig både nasjonale og internasjonale fora.

I motsetning til adjuvant radiojodbehandling er det det internasjonalt bred enighet om at det er indikasjon for radiojodbehandling av lokal restsykdom og jodkonsentrerende metastaser. Lokal restsykdom inkluderer bl.a. histologisk «ikke frie render».

Administrasjon av radiojod

Ved adjuvant radiojodbehandling benyttes vanligvis 1,3 til 3,7 GBq. Resultat av tre store prospektive studier på pasienter med lav eller intermedier sannsynlighet for residiv indikerer at det ikke er noen forskjell i residivhyppighet mellom 1,1 GBq og 3,7 GBq. Dog er et viktig spørsmål om disse pasientene i det hele tatt er tjent med radiojodbehandling. To europeiske prospektive langtidsstudier har som mål å bedre kunne svare på dette spørsmålet (ESTIMABLE og Ion1- studiene). Hvorvidt man velger 1,1 GBq eller 3,7 GBq blir inntil videre en samlet risikovurdering som beskrevet over. Flere behandlinger vil ofte være aktuelt.

Ved behandling av lokal restsykdom og radiojodkonsentrerende metastaser benyttes oftest fast aktivitet på 3,7 til 7,4 GBq. Dette til tross for at det i EU Council Directive 2013/59/Euratom, December 2013, chapter VII Medical Exposure, Article 56 Optimisation står skrevet: “For all medical exposure of patients for radiotherapy purposes, exposures of target volumes shall be individually planned and their delivery appropriately verified taking into account that doses to non-target volume and tissues shall be as low as reasonably achievable and consistent with intended radiotherapeutic purpose of the exposure.”, hvor det med “radiotherapeutic” means pertaining to radiotherapy, including nuclear medicine for therapeutic purposes.”

Uansett er det viktig å være klar over at ved behandling med 7,4 GBq vil inntil 22-38% av pasienter >70 år få overskredet sin maksimale tolererbare absorberte stråledose. Den maksimale blod-dose er ifølge data publisert så tidlig som i 1962 på 2 Gy. Maksimal tolererbare absorberte stråledose til lunger vil overskrides dersom retinert aktivitet over lunger er >3 GBq 48 timer etter administrert aktivitet. Andre dosegrenser kan være aktuelle ved annet kritisk organ, f.eks. nervus optikus ved metastase i hjernen eller skallebasis med umiddelbar relasjon til nerven. Den aktivitet som gir den maksimale tolererbare absorberte stråledose kalles for maksimal tolererbar aktivitet (MTA). Særlig ved radiojodbehandling av pasienter >70 år, pasienter med nyresvikt, pasienter med diffuse lungemetastaser og ved utbredt skjelettaffeksjon bør det foretas måling av maksimal tolererbar aktivitet (MTA) før behandling med 6,5 GBq eller høyere aktivitet. MTA kan måles med forenklet protokoll med på 48-timers måling basert på lav aktivitet («spordose») ikke bare med I-131, men også I-123. Ved manglende terapierespons på jodkonsentrerende metastaser anbefales tumordosimetri kombinert med MTA, og da helst med målinger over 5 døgn. Det er vist at over 40% av radiojodbehandling av jodkonsentrerende metastaser med manglende effekt skyldes for lav aktivitet. Tumordose >80 Gy er vanligvis effektiv, mens ved tumordose <35 Gy er behandlingen ikke effektiv. Særlig ved ikke-operable beinmargsmetastaser vil det ofte være aktuelt å kombinere radiojodbehandling med ekstern strålebehandling. Ved slik kombinert behandling anbefales det at radiojodbehandling gis før start av ekstern strålebehandling for å unngå «stunning» med redusert jodopptak. Radiojodbehandling kan gjentas som anført ovenfor etter ekstern strålebehandling.

Kontraindikasjoner

Inkontinens er en relativ kontraindikasjon. Ved demens må tiltak for å eliminere urinsøl være tilpasset pasientens tilstand.

Bivirkninger

Forbigående ømhet på halsen og kvalme er de vanligste akutte bivirkninger av radiojodbehandling. Stråleindusert tyroiditt i restvev gir ømhet på halsen og kan oppstå allerede noen få timer etter inntak av terapidose. Bivirkningen er kun unntaksvis behandlingstrengende. Stråleindusert gastritt kan også oppstå kun få timer etter inntak av radiojoddosen, og kvalmestillende behandling bør gis liberalt fordi det er svært uheldig om en pasient som nettopp har fått radioaktivt jod kaster opp får for lav tumordose og i tillegg kontaminerer av tøy og isolatrom. Ømhet på halsen og kvalme går gjerne komplett tilbake i løpet av få døgn. Lett hevelse og ømhet av spyttkjertler, særlig glandula parotis, men også submandibularis, er også en vanlig akutt bivirkning. Mange anbefaler bruk av sylrlige drops og god hydrering fra dagen etter radiojodinntaket for å få skylt ut opptatt radioaktivt jod fra spyttkjertlene. Effekten av denne behandlingen er ikke godt dokumentert. Det bør uansett ikke suges sylrlige drops første døgnet etter jodopptaket, fordi det vil øke spyttkjertelopptaket og dermed stråledosen

til kjertlene. Ømhet og hevelse av spyttkjertler kan vare opptil en uke. Permanent nedsatt spyttsekresjon sees gjerne først etter to og gjerne enda flere behandlinger. Nedsatt spyttsekresjon kan føre til problem med kariesdannelse og dårlig tannstatus. En ikke uvanlig bivirkning er forbigående redusert smaksans. Redusert smaksans varer vanligvis i flere uker, men kan vare opptil flere måneder.

Spesielle forholdsregler

Ingen undersøkelse med jodholdig kontrastvæske (f.eks. CT) må være foretatt siste 3 måneder før behandling. Diagnostisk radiojodundersøkelse med ^{131}I forut for behandling terapi bør unngås pga. mulig «stunningeffekt» som resulterer i redusert opptak av terapeutisk dose. Stunningeffekten kan muligens unngås dersom terapidose gis innen 2 døgn etter diagnostisk undersøkelse. Isolat 1–3 døgn. Befruktning/graviditet må unngås i minimum 6 måneder. Amming må avsluttes minst 10 uker i forveien, men ofte vil man utsette radiojodbehandlingen til ammingen er naturlig avsluttet. Laktasjonshemning med bruk av bromokriptin kan være aktuelt. Graviditetstest ved mulig graviditet. Ved planlagte gjentatte behandlinger av unge menn kan sædbanking være aktuelt.

Forberedelser

Jodfattig diett i 2 uker forut for behandling og i sykeavdelingen under behandlingen (unngå først og fremst sjømat, taremél, melk og melkeprodukter). Radiojodbehandling må foretas under TSH-stimulering, enten etter seponering av levotyrosin eller ved bruk av rhTSH (Thyrogen®). Seponering av levotyrosin over 3–5 uker gir en stor psykisk belastning med forbigående sterkt redusert livskvalitet. Hvor lenge seponering av levotyrosin må foretas avhenger av utgangsverdien for TSH. Når TSH i utgangspunktet er fullt suppressert må gjerne seponeringen vare hele 5 uker, mens ved $\text{TSH} > 0,1 \text{ mU/L}$ kan 4 uker være tilstrekkelig. Hos barn vil ofte 3 uker være tilstrekkelig. Et mål for tilstrekkelig seponering vil være $\text{TSH} \leq 30 \text{ mU/L}$, men muligens er enda høyere TSH en fordel. Dersom TSH etter seponering er $\leq 30 \text{ mU/L}$ kan det i tillegg gis en enkel dose med rhTSH.

Faste 4 timer før og 2 timer etter at radiojod er gitt. Syrlige drops anbefales av flere brukt i 3 dager fra dagen etter at terapidose med radioaktivt jodid er gitt for tømning av akkumulert aktivitet i spyttkjertler og dermed redusert stråledose til spyttkjertlene. Tiltaket er enkelt å iverksette, men utilstrekkelig dokumentert. Dersom syrlige drops gis umiddelbart etter at radioaktivt jodid er gitt, ser det ut til at spyttkjertelbestrålingen øker. Om pasienten er kvalm bør antiemetika benyttes.

Fremgangsmåte

Radioaktivt jodid gis som løsning peroralt, men intravenøs tilførsel er også mulig. Postterapeutisk bildeundersøkelse med gammakamera (planar avbildning + ev. SPECT/CT) foretas etter 48–72 timer. Tyrosinbehandling dersom seponert startes eller gjenopptas tredje dag etter terapidose. Behandlingen kan gjentas, vanligvis i intervaller på 6 måneder. Isolat 1–3 døgn (til dosehastighet $< 30 \mu\text{Sv/time}$ målt i 1 meters avstand fra pasienten).

Legemiddelomtaler og preparater

Bromokriptin (L6.3.4.1)

Dopaminagonister (L6.3.4)

Thyrogen [SPC](#)

Referanser

Nasjonalt handlingsprogram med retningslinjer for utredning, behandling og oppfølging av kreft i skjoldbruskkjertelen, [29.06.2017](#)

Haugen BR et al. 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*. 2016 Jan;26(1):1-133. doi: 10.1089/thy.2015.0020. PMID: [26462967](#); PMCID: PMC4739132.

Tuttle RM et al. Controversies, Consensus, and Collaboration in the Use of ^{131}I Therapy in Differentiated Thyroid Cancer: A Joint Statement from the American Thyroid Association, the European Association of Nuclear Medicine, the Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, and the European Thyroid Association. *Thyroid*. 2019 Apr;29(4):461-470. doi: 10.1089/thy.2018.0597. PMID: [30900516](#).

T24.2.2.3. Behandling med ^{177}Lu -somatostatinreseptoranalogue

Publisert: 22.09.2021

Bakgrunn

[^{177}Lu]DOTATATE (DOTA-[Tyr3]-oktreatat) er, som beskrevet i kapittel L2.6.2.1 (se ^{177}Lu -DOTA-TATE), en somatostatinanalogue med høy affinitet til somatostatinreseptor type 2. [^{177}Lu]DOTATATE benyttes til

peptidreseptor radionuklidterapi (PRRT) av høyt (G1) og middels (G2) differensierte neuroendokrine tumores. Etter binding til somatostatinreseptor i cellemembranen blir reseptor-ligandkomplekset transportert inn i cellen ved endocytose («internalisert») og retinert intracellulært. Behandling med ¹⁷⁷Lu-DOTATE er således en behandling med målrettet intracellulær levering av ¹⁷⁷Lu ved reseptormediert endocytose. Den terapeutiske effekten skyldes radionuklidens --henfalldecay (decay).

¹⁷⁷Lu har en halveringstid på 6,7 døgn og en gjennomsnittlig vandring av --partiklene på 0,7 mm i bløtvev. Fordi ¹⁷⁷Lu også har en lite andel -henfall og lang halveringstid kan det postterapeutisk foretas avbildning med gammakamera og dosimetri.

Indikasjoner

Ikke-operabel restsykdom og metastaser fra høyt (G1) og middels (G2) differensierte gastroenterohepatiske neuroendokrine tumores (GEPNET) som har vist høyt opptak på ⁶⁸Ga-DOTATOC PET. God behandlingseffekt er også vist hos pasienter med lavt differensierte NET (NEC, G3) med Ki67 så høy som 55%.

Forsiktighetsregler og bivirkninger

Kvalme er en vanlig bivirkning og skyldes oftest den nyrebeskyttende infusjon av aminosyrer. Ved redusert nyrefunksjon må reduser aktivitet per behandling eller færre behandlinger vurderes. Dog må behandlingsindikasjon vurderes opp mot risiko for utvikling av noe redusert nyrefunksjon over tid. Et konservativt mål er at akkumulert nyredose ikke bør overstige 23 Gy for hver av nyrene. Behandling må ikke gis til gravide, og amming må avsluttes før behandlingen. Behandlingen forutsetter rimelig god allmenntilstand, god benmargsfunksjon, god nyrefunksjon og god leverfunksjon. Forbigående lett reduksjon i benmargsfunksjon sees regelmessig. Noen få tilfeller av stråleindusert tumorlyse med tumorlysesyndrom på grunn lekkasje av biogene aminer er rapportert, men er sannsynligvis meget sjelden. Særlig forsiktighet må likevel utvises hos hjertesyke pasienter med metastaser som produserer kardiotoxiske biogene aminer. Akutt levkemi og myelodysplasi sekundært til behandling er rapportert.

Fremgangsmåte

Vanlig prosedyre er 4 behandlinger hver med 7,4 GBq ¹⁷⁷Lu-DOTATATE (V10X X04 Lutetium (¹⁷⁷Lu) oksodotreotid; Lutathera® Advanced Accelerator Applications, Saint Genis Pouilly, Frankrike) med 8-10 ukers mellomrom. Etter første behandling foretas avbildning med gammakamera etter 1, 2, 4 og 7 døgn for beregning av nyredose. I forbindelse med infusjonen av ¹⁷⁷Lu-DOTATATE gis det samtidig infusjon av aminosyreløsning med de basiske aminosyrene arginin og lysin for å beskytte nyrene mot den radioaktive strålingen ved å hindre tubulær reabsorpsjon av ¹⁷⁷Lu-DOTATATE. Da aminosyreløsningen gir kvalme som vanlig bivirkning, gis det rutinemessig kvalmeprofylakse. Før behandling skal langtidsvirkende somatostatinanalog (Octreotid LAR eller Lanreotid autogel) helst ikke (sannsynligvis ikke kritisk) være injisert i løpet av siste 4 uker. Injeksjon kan gis allerede døgnet etter infusjon med ¹⁷⁷Lu-DOTATATE. Det er indikasjoner på at kombinert behandling kan gi en synergistisk effekt.

Referanser

Strosberg, J. and Krenning, E. (2017). NETTER-1. ¹⁷⁷Lu-Dotatate for Midgut Neuroendocrine Tumors. [New England Journal of Medicine](#). 376 (14). p.pp. 1390–1392.

T24.2.2.4. Behandling av sklerotiske skjelettmetastaser ved cancer prostatae

Publisert: 22.09.2021

Generelt

Radium-223 i form av diklorid (²²³RaCl₂, Xofigo, Bayer AG) bindes til lesjoner i ben med høy benomsetning ved kompleksbinding til hydroksoapatitt. Den terapeutiske effekten skyldes bestråling med -partikler av nærliggende (intraossøst) tumorvev. Vandringslengden til -partikkelen er <0,1mm. Bestrålingen demper benomsetningen, men bestråler også tumorvevet. Det er fordi skjelettmetastaser fra cancer prostata har særlig høy benomsetning at ²²³RaCl₂ er særlig effektiv ved denne kreftformen. ²²³RaCl₂ er vist å medføre både forlenget overlevelse og signifikant reduserte smerter.

Indikasjoner

Monoterapi eller behandling i kombinasjon med gonadotropinfrigjørende hormon (GnRH) analog av voksne med metastatisk kastrasjonsresistent prostatakraft (mCRPC) med symptomgivende benmetastaser og ingen kjente viscerale metastaser ved sykdomsprogresjon.

Bivirkninger

Vanligste bivirkninger er diaré, kvalme, oppkast og moderat trombocytopeni. Se [SPC](#).

Ca. 5 % av pasientene får forbigående, økende skjelettsmerter («flare») 1–3 døgn etter injeksjonen. Smertelindring inntreffer etter 7–20 døgn og når et platå etter 6 uker med varighet inntil 6 måneder. To av tre pasienter har god smertelindring. En av fem blir smertefrie. Flertallet får en forbigående beinmargsdepresjon (reduksjon av trombocytter og levkocytter til ca. 60 % av utgangsnivå), nadir etter 5–8 uker med normalisering etter 10–16 uker. Platetall og antall hvite blodlegemer når ikke alltid helt tilbake til utgangsverdien.

Kontraindikasjoner

Ingen absolutte kontraindikasjoner. Relative kontraindikasjoner er beinmargssvikt og alvorlig nyresvikt. Demens og inkontinens vil representere et potensielt kontaminasjonsproblem. Demens vil være en relative kontraindikasjon. Inkontinente pasienter bør innlegges og ha blærekateter i 5 døgn.

Forberedelser

Ingen spesielle forberedelser. Pasienten trenger ikke å være fastende. Bør være godt hydrert.

Fremgangsmåte

Langsom i.v. injeksjon av 55 kBq/kg $^{223}\text{RaCl}_2$ (Xofigo®, Bayer AG, Leverkusen, Tyskland) hver 4. uke seks ganger. Fordi kun partikkelstråling er isolat ikke påkrevet, og behandlingen gis poliklinisk. Urin og avføring må håndteres nøye etter retningslinjer for ikke å spre radioaktiviteten. Regelmessig kontroll av hemoglobin, levkocytter og trombocytter.

Referanser

Poeppel TD et al. EANM guideline for radionuclide therapy with radium-223 of metastatic castration-resistant prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2018 May;45(5):824-845. doi: 10.1007/s00259-017-3900-4. Epub 2017 Dec 12. PMID: 29234845.

T24.2.2.5. Annen nukleærmedisinsk behandling

Publisert: 22.09.2021
Sist endret: 14.11.2023

Generelt

^{131}I meta-jodbezylguanidin (^{131}I -MIBG) benyttes til behandling av barn og unge med avansert, inoperabel nevroblastom og hos voksne med inoperable paragangliomer og feokromocytomer.

^{90}Y -Yttrium-merket antistoff rettet mot CD20-antigenet på overflaten av B-lymfocytter (^{90}Y -ibritumomabtiuksetan; Zevalin®: V10X X02 Ibritumomabtiuksetan - ^{90}Y , Ceft Biopharma,) benyttes i lymfombehandling som konsoliderende behandling etter induksjon hos ubehandlede pasienter med follikulært lymfom. Også for behandling av voksne pasienter etter rituksimab for residiverende eller refraktær CD20+ follikulær B-celle non-Hodgkin lymfom.

For selektiv behandling av ikke-operabel avansert leverkreft er radioembolisering («selective internal radiotherapy»; SIRT) et alternativt behandlingstilbud hvor ^{90}Y -Yttrium merkede små, biokompatible kuler med diameter mellom 20 - 60 μm infunderes supraselektivt i leverarteri gren som går til tumor, retineres i kapillærkar og gir selektiv lokal høyenergetisk partikkelstråling (--partikler).

Palliativ behandling av smertefulle skjelettmetastaser med Strontium-89 klorid (Metastron®), Samarium-153 etylendiamintetrametylen-fosfonisyre (^{153}Sm -EDTMP; Quadramet®) eller Rhenium-186 etidronat (^{186}Re -HEDP) er lite benyttet etter at behandling med $^{223}\text{RaCl}_2$, Xofigo® ble tilgjengelig.

Selv om enda ikke godkjent for klinisk bruk må nevnes behandling av metastaserende cancer prostata med ^{177}Lu -PSMA-ligand, se lutetium vipivotid med **SPC Pluvicto**. Behandlingen viser meget lovende resultat med meget god effekt på både skjelettmetastaser og bløtvevsmetastaser med høy tetthet av PSMA-reseptorer. Det forventes at slik behandling kan tilbys norske pasienter i nærmeste fremtid (2022/2023) og få stor meget betydning for behandling av en stor pasientgruppe med metastaserende prostatakraft.

Radioaktive kolloider/suspensjoner (Erbium-169 sitrat, Rhenium-186 etidronat, Yttrium-90 silikat/sitrat) som installeres i cystiske tumores og serøse hulrom, f.eks. ledd, er tilgjengelig, men brukes i liten grad.

Referanser

European nuclear medicine guide [2020 edition](#)

Kratochwil C et al. EANM procedure guidelines for radionuclide therapy with ^{177}Lu -labelled PSMA-ligands (^{177}Lu -PSMA-RLT). *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019 Nov;46(12):2536-2544. doi: 10.1007/s00259-019-04485-3. Epub 2019 Aug 22. PMID: 31440799.

Sartor O, de Bono J, Chi KN et al. VISION Investigators. Lutetium-177-PSMA-617 for Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer. *N Engl J Med*. 2021 Sep 16;385(12):1091-1103. doi: [10.1056/NEJMoa2107322](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2107322). Epub 2021 Jun 23. PMID: 34161051; PMCID: PMC8446332.

T24.3. Kilder, radiologi og nukleærmedisin

Kontrastmidler

Aycock RD, Westafer LM, Boxen JL, Majlesi N, Schoenfeld EM, Bannuru RR. Acute Kidney Injury After Computed Tomography: A Meta-analysis. *Ann Emerg Med*. 2017 Aug 12. pii: S0196-0644(17)30881-8. doi: [10.1016/j.annemergmed.2017.06.041](https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2017.06.041). [Epub ahead of print] PMID: 28811122