

Gäller för: Verksamhet Klinisk fysiologi
Innehållsansvar: Susanna Jakobson, (susja17), Överläkare
Granskad av: Martijn van Essen, (marva33), Överläkare
Godkänd av: Per Nivedahl, (perda7), Verksamhetschef

Giltig från: 2025-04-30

Giltig till: 2027-04-28

PET [^{18}F]FET, Hjärntumörer, metodbeskrivning

Förändringar sedan föregående version

I denna version finns bl.a. förtydliganden och anvisningar för undersökning med [^{18}F]FET i PET/DT-kamera och PET/MR-kamera.

Innehåll

Syfte	2
Undersökningskod	2
Medicinsk bakgrund	2
Radiofarmakon och princip	2
Indikationer	3
Kontraindikationer	3
Tillvägagångssätt	3
Prioritering och Bokning	3
Kallelse och strålskyddsinformation	3
Tidsåtgång	3
Förberedelser innan undersökning	4
Patientförberedelser på kliniken	4
Dosering och administration av radiofarmakon	4
Dosering	4
Administrering	4
Bildtagning	5
Dokumentation	5
Medicinska komplikationer	6
Dosimetri	6
Relaterade dokument	6
Referenser	6
Ansvar	7
Uppföljning, utvärdering och revision	7
Dokumentation	7
Arbetsgrupp	7
Bilaga 1 - Utvärdering och tolkning i SyngoVia	8

Syfte

Denna rutin beskriver bakgrundsinformation, genomförande och tolkning av PET med [¹⁸F]FET.

Undersökningskod

P11706 PET med 18-F-FET inkl. lågdos DT

P11716 PET med 18-F-FET, huvud, inkl. lågdos DT

Preliminärt kommande koder:

P11750 PET med 18-F-FET, inkl. enkel MR

P11751 PET med 18-F-FET, inkl. diagnostisk MR

P11760 PET med 18-F-FET, huvud, inkl. enkel MR

P11761 PET med 18-F-FET, huvud, inkl. diagnostisk MR

Medicinsk bakgrund

Maligna hjärntumörer har ofta en förhöjd aminosyratransport jämfört med normal hjärnvävnad. I hjärntumörer av typen gliom sker aminosyratransport in i tumörcellerna som är starkt korrelerad till tumörens celldensitet och, i något mindre grad, även till tumörens cellproliferation och vaskularisering. Kontrasten mellan den förhöjda aminosyrametabolismen i tumörvävnad och den lägre, fysiologiska aminosyrametabolismen i cortex och vit substans gör att [¹⁸F]FET lämpar sig väl för diagnostik av maligna hjärntumörer. Fysiologiskt relativt förhöjt upptag med varierande intensitet finns normalt i basala ganglier/striatum, ibland i corpus pineale, plexus choroideus och i benmärg i clivus, samt i kärl, hud och spottkörtlar.

Radiofarmakon och princip

F-18-Fluoro-etyl-tyrosin, [¹⁸F]FET, är en radioaktivt märkt aminosyra. [¹⁸F]FET passerar blod-hjärnbarriären och upptag av FET sker därför även i tumörvävnad med intakt blodhjärnbarriär (BHB). Detta är av stor nytta vid icke-kontrastuppladdande tumörer, som vid till exempel lågmaligna gliom, som kan vara svåra att påvisa med MR, där diagnostiken bygger på kontrastuppladdning som uttryck för BHB-läckage/skada. Kontrastuppladdning kan dock även uppkomma i ett tumörområde som en sekundär effekt efter strålbehandling, s.k. strålnekros, vilket därmed innebär svårigheter att med MR avgöra om det föreligger progress eller inte. Graden av [¹⁸F]FET-upptag i ett sådant område kan hjälpa till att avgöra om det finns aktiv tumörvävnad (progress) eller om kontrastuppladdningen beror på behandlingen (pseudoprogres).

Indikationer

Indikation för undersökning kan avse hjärna eller ryggmärg (spinalkanal).

- Differentialdiagnostisk utredning av oklar intracerebral/intraspinal förändring med misstanke om malign tumör.
- Utredning av nyupptäckt misstänkt lågmalignt gliom.
- Kartläggning av malignitetsgrad inom misstänkt gliom inför val av biopsilokalisation.
- Kartläggning av intracerebral tumörutbredning vid gliom inför planering av operation och/eller strålbehandling.
- Uppföljning av lågmalignt gliom för värdering av tumörprogress och malign transformation vid oklar MR-bild.
- Utvärdering av onkologisk behandling av gliom där det föreligger svårigheter att särskilja mellan tumörprogress och behandlingsreaktion på MR

Kontraindikationer

Undersökningen skall inte göras om annan nuklearmedicinsk undersökning gjorts under de närmaste två dygnet innan.

Undersökningen bör ej utföras utan särskild klinisk indikation och noggrann avvägning vid graviditet och amning. Se rutin [Gravida och ammande patienter vid nuklearmedicinska undersökningar](#)

Tillvägagångssätt

Prioritering och Bokning

Se dokumenten ”[Remissprioritering Nuklearmedicin](#)” respektive ”[Checklista för PET-koordinator F18-FET](#)”

Kallelse och strålskyddsinformation

- Kallelse, finns i Agfa Scheduling.
- Strålskyddsinformation finns i Agfa Scheduling och skickas med kallelsen.
- Bakgrundsinformation: ”[Restriktioner umgänge efter injektion](#)”

Tidsåtgång

Samtal, frågeformulär, PVK, positionering på britsen:	Ca 20–30 minuter.
Bildtagning:	Ca 45 minuter.
Totalt:	Ca 1–1,5 h

Förberedelser innan undersökning

Patienten ska

- fasta i 4 timmar (barn under ett år får fasta kortare tid, men helst minst 2 timmar) innan injektion.
- undvika intag av proteiner dagen för undersökningen (dvs inte äta kött, fisk, ägg, bönor, mjölkprodukter, proteindryck m.m.)
- vara väl hydrerad inför undersökningen: Uppmana att dricka vatten
- fortsätta med sina vanliga läkemedel.

Patientförberedelser på kliniken

- Läs igenom remissen och kontrollera om det finns information i AGFA EI **innan** patienten tas in i förberedelse-/kamerarummet.
- Kontrollera personnummer och namn och eventuell graviditet/amning.
- Kontrollera att patienten följt förberedelserna gällande fasta och proteinfattig kost. Om inte patienten följt förberedelserna konsulteras PET-ansvarig läkare.
- Informera väl om hur undersökningen går till. samt om stråldos och strålskydd. Hänvisa gärna till strålskyddsinformation patienten fått med kallelsen.
- Väg patienten.
- Fråga om patienten behöver gå på toaletten
- Sätt PVK eller kontrollera den befintliga, använd backventil
- Smycken eller annan störande metall avlägsnas *innan* radiofarmakainjektion.

Dosering och administration av radiofarmakon

Dosering

Dos enligt ”[PET-DT-Radiofarmaka-Dosering sammanställning](#)”

VUXEN: 200 MBq [¹⁸F]FET i.v. bolusdos

BARN: 3 MBq /kg [¹⁸F]FET i.v. bolusdos, maxdos=200 MBq.

Administrering

- Manuell uppdragning, följ arbetsbeskrivningen ”[Radiofarmaka - Manuell inmätning uppdrag av radiofarmaka](#)”.
- Manuell iv injektion sker enligt remissprioritering:
 - **i kameran** (dynamiskt PET-protokoll)
 - **i förberedelserum** 20 minuter innan bildtagning (statiskt PET-protokoll)
- Injektion utförs enligt arbetsbeskrivningen ”[Radiofarmaka - manuell injektion](#)”
- OBS: vid injektion i kameran, starta alltid kameran **innan** du ger radiofarmakainjektionen

I händelse av extravasering eller radiofarmaka kontaminering, följ rutinerna: [Extravasala injektioner med radioaktivt ämne. PET och Gammaundersökningar på vuxna patienter](#) respektive [Dekontaminering nuklearmedicin, arbetsbeskrivning](#)

Bildtagning

A. Förstagångsundersökning vid gliom, biopsifrågeställning samt uppföljning med misstanke om förändrad malignitetsgrad:

Dynamisk PET-insamling i Listmode (LM) 0-40min. Injektion i kameran vid start av bildtagning

PET-protokoll: **"F18_FET_BRAIN_LM"**

- PET/CT Siemens [PET_DT - Bildtagning - lågdos - Siemens mCT Flow Edge](#)
- PET/CT GE [PET_DT - Bildtagning - lågdos GE Discovery MI](#)
- PET/MR PET_MR – Arbetsbeskrivning Bildtagning (*kommer att publiceras*)

B. Övriga frågeställningar avseende hjärntumör (gliom) eller hjärnmetastas:

Statisk PET-insamling start 20 min efter injektion under 20 min. Injektion i förberedelserum.

PET-Protokoll: **"F18_FET_BRAIN_LM_20_40min"**

- PET/CT Siemens [PET_DT - Bildtagning - lågdos - Siemens mCT Flow Edge](#)
- PET/CT GE [PET_DT - Bildtagning - lågdos GE Discovery MI](#)
- PET/MR PET_MR – Arbetsbeskrivning Bildtagning (*kommer att publiceras*)

C. Frågeställning avseende ryggmärg (spinalkanal)

Statisk PET-insamling start 20 min efter injektion. Injektion i förberedelserum.

Bildtagningstid en bäddposition under 20 minuter över aktuellt område, därefter en bäddposition under 5 minuter över huvudet. Ta hjälp av scouten för att anatomiskt se att aktuellt område är med i bildtagningen, t ex thorakalt.

PET-Protokoll: **"F18_FET_SPINALKANAL_BRAIN_LM_20_40 min"**

- PET/CT Siemens [Länk](#)
- PET/CT GE Discovery [Länk](#)
- PET/MR [Länk](#)

Dokumentation

- Alla bildtagningsfiler inkl. Listmode-data vid dynamisk insamling samt rekonstruktioner förutom rådata (PET och DT) ska föras över till AGFA. OBS! Även dos-rapporten!
- Kontrollera alltid att alla filer är sparade och markerade med "AC" (Siemens) alternativt "A" (GE) när de överförs till AGFA.
- Signera på dagens undersökningslista när du har kontrollerat att alla filer har förts över.
- Om inte alla undersökningar gått över till AGFA innan du är klar, får du själv ansvara för eller rapportera över till personalen som utför undersökningar dagen efter.

Medicinska komplikationer

Eventuell extravasal injektion eller tromboflebit i samband med nålsättning (se även avsnittet om Dosering och administration av radiofarmakon på sid 5)

Dosimetri

Vuxen, organ med högsta dos: Urinblåsevägg 0,085 mGy/MBq

Effektiv dos (mGy/MBq):

Vuxen: 0,016

Barn:

1 år: 0,082

5 år: 0,047

10 år: 0,031

15 år: 0,021

Relaterade dokument

Information till remittent, se länk [FET PET, info till remittent](#) (uppdateras)

Referenser

Verger, A *et al.* Joint EANM/EANO/RANO/SNMMI practice guideline/procedure standard for PET imaging of brain metastases: version 1.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* **52**, 1822–1839 (2025) <https://link.springer.com/article/10.1007/s00259-024-07038-5>

Law, I. *et al.* Joint EANM/EANO/RANO practice guidelines/SNMMI procedure standards for imaging of gliomas using PET with radiolabelled amino acids and [¹⁸F]FDG: version 1.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* **46**, 540–557 (2019).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00259-018-4207-9>

Stegmayr C, Stoffels G, Filß C, et al. Current trends in the use of O-(2-[¹⁸F]fluoroethyl)-L-tyrosine ([¹⁸F]FET) in neurooncology. *Nucl Med Biol.* 2021;92:78-84.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8328013/>

Unterrainer et al. Towards standardization of ¹⁸F-FET PET imaging: do we need a consistent method of background activity assessment? *EJNMMI Res.* 2017 Dec;7(1):48
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28560582/>

Mattsson Set al. ICRP. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances. *Ann ICRP.* 2015 Jul;44(2 Suppl):7-321. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26069086/>

Ansvar

Medarbetare ansvarar för att sätta sig in i och efterleva rutinen. Linjechef ansvarar för att tillkännage rutinen och följa upp efterlevnad. Verksamhetschef ansvarar för ledningssystemet.

Uppföljning, utvärdering och revision

Avsteg från bilagan av betydelse för journalföring dokumenteras i Agfa. Felhändelser eller risk för fel rapporteras i MedControl PRO.

Dokumentation

Styrande dokument arkiveras i SOFIA STY. Redovisande dokument ska hanteras enligt sjukhusets gällande rutiner för arkivering av allmänna handlingar.

Arbetsgrupp

Martijn van Essen, vårdenhetsöverläkare VO Klinisk Fysiologi
Susanna Jakobson, vårdenhetsöverläkare, VO klinisk fysiologi
Kajsa Brattgård, biomedicinsk analytiker, VO Klinisk Fysiologi
Rossana Fridlitzius, biomedicinsk analytiker, VO Klinisk Fysiologi
Patricia Svensson, biomedicinsk analytiker, VO Klinisk Fysiologi
Esmaeil Mehrara, sjukhusfysiker VO Medicinsk Fysik och Teknik
Jakob Himmelman, sjukhusfysiker VO Medicinsk Fysik och Teknik

Bilaga 1 - Utvärdering och tolkning i SyngoVia

Mäta SUVmean i bakgrund och SUVmax i förändring

SUVmax i förändringar och SUVmean i bakgrunden ska mätas på bilder tagna mellan 20 och 40 minuter efter injektion (på bilder med 5mm filter).

Rita bakgrunds-VOI:

Ska ritas i MI General, välj sedan Layout Fused 2x2 + Movie + Axial.


- Rita på fusionerade bilder. **OBS** PET-delen ska vara minst 51% för att rita PET-VOIar
- Välj "Freehand VOI"
- Rita minst 3 VOI-ar för hand med några snitt däremellan över kontralateral friskt cortex som även innehåller vitsubstans.
- Sedan: "Contour" för att skapa mellanliggande VOI-ar
- Sedan: "Create VOI"
- Notera "SUVmean"

Mäta SUVmax i lesion:

Rita VOI i MI General (se rita bakgrunds-VOI) eller MM Oncology, notera SUVmax. I MM Oncology kan man rita tröskelbaserade VOI-ar, detta kan underlätta att hitta det området med mest intensivt upptag.

Skapa fusionerade bilder FET PET och MR om undersökning utförs på PET/DT-kamera

Kan skapas i MM Oncology eller i MI General (enklare att reorientera i MI General)

- Välj relevanta MR-sekvenser (Alltid FLAIR, oftast T1 med Gd)
- Justera SUVmin-SUVmax och percentage PET/MR så att en förändring är synlig på PET och MR
- Försök att reorientera bilder så att patients huvud inte ligger snett i bilderna.
- Med mus till symbolen i vänstra övre hörnet i fusionerade bilder (symbol:  ett huvud med 4 pilar omkring) och sedan till "Ranges tool", klicka på "Parallell ranges"
- Minska området omkring huvudet och välj området som ska vara med kraniokaudalt på vänstra skärmen
- Överväg att ändra snitt-tjocklek till 2mm
- Tryck på "Start"
- Ändra namn av serien till (exempelvis): "MPR tra Range FET PET FLAIR" eller "MPR tra Range FET PET T1Gd"
- Klicka på "Accept" och sedan "Close".
- Exportera serien/serierna till Agfa.

Skapa tidsaktivitetskurva i Syngo.via

Vid behov kan man skapa tidsaktivitetskurvor i MM Oncology (MM Oncology Reading, 3D Reading. Görs ej rutinmässigt, endast på särskilt önskemål.

- Välj den dynamiska serien från injektion ($t=0$) till 40 minuter med 5 mm filter (FET_dyn_40minGauss5mm).
- Rita en VOI med "VOI Sphere" över det önskade området.
- Välj "Trending" nedanför "3D Reading", sedan "Trending Graph". Då dyker det upp ett nytt fönster "Finding details"
- Klicka på "Time Activity Curve" och klicka på den relevanta VOI-en (fältet ska bli ljusare blått) under "Findings Navigator"
- Klicka på "3D reading" för att återgå till det vanliga gränssnittet igen.

Förtolkning:

Tröskelvärden

Tröskelvärden, dvs den beräknade kvoten mellan upptag i lesionen och bakgrunden, används för att skilja mellan aktiv tumörvävnad och ospecifika förändringar:

Gliom, tidigare obehandlad patient:

Tröskelvärde 1,6 i förhållandet till en ROI i kontralaterala frisk grå- och vitsubstans (T_{max}/B_{mean}). Om värdet överstiger 1,6 är förändringen malignitetsmisstänkt.

Gliom, tidigare behandlad patient:

Behandlingsrelaterat upptag är mest intensivt efter strålbehandling.

> 6 månader efter avslutad RT: Tröskel på 1,8 (eller 2,0) (T_{max}/B_{mean}) fungerar bra.

Även utseendet är viktigt, om en förändring är mer rundad är den mer misstänkt.

< 6 månader efter RT: Förmodligen bäst med en tröskel på 2,4 (T_{max}/B_{mean}). Om tröskelvärdet är under 2,4 är tolkning av övriga uppgifter viktigt som vilken tumörtyp, vilken förbehandling, tumörstorlek och fynd på MR. Om T_{max}/B_{mean} är 2,0–2,4 hos en strålbehandlad patient föreslås eventuell kontroll FET om 6 veckor vid osäkerhet om diagnosen.

Hjärnmetastaser:

$T_{mean}/B_{mean} > 2.0$ (och en minskande kurva på dynamisk bild på aktiv tumörvävnad)

Tolkning av dynamisk tidsaktivitetskurva för malignitetsgrad / malign transformation:

Området med mest intensivt upptag i höggradiga gliom visar en minskande kurva, medan låggradiga gliom visar en stigande kurva. Sensitiviteten är ca. 80–100%. Viktigt att jämföra med senaste och föregående MR-undersökningar.

Felkällor

Allmänt:

- Upptag kan vara förhöjt pga. inflammation, infektion, epileptiska anfall, hematoma (upp till 45 dagar), efter infarkt, venösa anomalier, demyelinisering och efter strålbehandling (ffa efter fokuserad högdosbehandling och under de första 6 månaderna).
- Upptagskvoten i tumören kan bli relativt överskattad vid patologiska förändringar i bakgrundsområdet (till exempel atrofi, trauma, infarkt, ischemi).
- Nedsatt upptag i huden occipitalt och temporalt pga. tryck från band/huvudstöd.
- Cirka 30% av låggradiga gliom visar lågt upptag (*med reservation för nya WHO-baserade tumörklassifikaationer 2021**)
- Upptag i nivå med bakgrunden eller endast något över bakgrunds-nivån utesluter högradigt gliom/lymfom/metastaser med hög sannolikhet. Även en oligodendrogliom tumör är då mycket osannolik (*med reservation för nya WHO-baserade tumörklassifikaationer 2021**)

Dynamiska bilder:

- Upp till 15 minuter efter injektion är aktiviteten i blodpool hög och kan misstolkas som malignitet.
- Stigande kurva kan ses vid inflammation.
- Minskande kurva kan ses i tumörer nära sinus pga. aktivitet i venöst blod.
- Efter antiangiogen behandling kan kurvan ha ändrats från minskande till stigande.
- Minskande kurva kan ses i grad 2 oligodendrogliom (cirka 50%) (*med reservation för nya WHO-baserade tumörklassifikaationer 2021**)

*Referens:

Louis DN, Perry A, Wesseling P, et al. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. Neuro Oncol. 2021;23(8):1231-1251.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8328013/>

Svarsmall

Inj. av 200 MBq [¹⁸F]FET. Dynamisk/statisk PET hjärna/ryggmärg.

Bildtagning 0 – 40 / 20 minuter efter inj. inkl. lågdos-DT / enkel MR för anatomisk lokalisation och attenueringskorrektur. //PET-bilder fusionerade med MR XX-XX-XX//

FYND:

SUVmax är XXX. Den aminosyrametabolintensiteten (Tmax/bakgrund) är XX (jmf. XX vid föregående us).

(*Eventuellt: Aminosyrametabol tumörvolym (kriterium: upptag tumör vs upptag bakgrund är 1,6 eller högre) är XX cm³ (mot XX cm³ vid föregående us).*)

Ospecifikt upptag i skalpen och kärl.

BEDÖMNING:

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet Klinisk fysiologi

Innehållsansvar: Susanna Jakobson, (susja17), Överläkare

Granskad av: Martijn van Essen, (marva33), Överläkare

Godkänd av: Per Nivedahl, (perda7), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9800-1516193980-518

Version: 3.0

Giltig från: 2025-04-30

Giltig till: 2027-04-28