

## **PET/SPET-CT; Perusteet ja laitetekniikka**

### **PET/SPET-CT kliinisessä käytössä**

### **Potilasannos, kuvanlaatu ja niiden optimointi**

Marko Seppänen, Sami Kajander, Juhani Knuuti  
Valtakunnallinen PET-keskus, Turku

PET tai SPET-CT – tai suomeksi oikeastaan PET/SPET-TT – on moderni, kuvafuusiota ja kahta erilaista kuvantamennetelmää yhdistävä isotooppiradiologinen tutkimus. Nimensä mukaisesti se yhdistää metabolisen ja anatomisen kuvantamisen. Tällainen fuusiokuvantaminen ei sinänsä ole uutta, mutta oleellista tässä menetelmässä on tutkimusten yhdistämistapa: kaikki kuvat kerätään samalla kuvauskerralla, jolloin potilaan anatomia pysyy lähes muuttumattomana. Fuusioitu kuva onkin tällaisessa ”hardware” – pohjaisessa fuusiossa selvästi tarkempi kuin ”software”- pohjaisessa, ohjelmallisessa fuusiossa. Erot tulevat selvimmän näkyviin kohteissa, joissa tapahtuu liikettä.

Käytännössä PET/SPET-CT-laite on kaksi miltei erillistä laitetta samoihin kuoriin yhdistävä paketti; osa elektroniikasta on yhteistä, mutta suuri osa toimii täysin erillään. Kuvaaminen tapahtuu kuitenkin yhden protokollan avulla sujuvasti ja ohjelmistot toimivat yhdessä. Itse asiassa kyseessä on myös pakkoavioliitto: PET-tutkimusta ei tällaisessa laitteessa voi edes tehdä ilman CT:tä, sillä jälkimmäistä käytetään PET-kuvauksessa välttämättömään attenuaatiokorjaukseen. CT voidaan kuitenkin tehdä tarpeen mukaan joko alennetulla putkijännitteellä tai ns. diagnostisilla arvoilla tavallisen radiologisen käytännön mukaan. Myös varjoainetta voidaan käyttää, mutta se ei ole tarpeen yhtä usein kuin tavallisessa CT-tutkimuksessa. SPET-CT-tutkimuksessa voidaan CT:tä käyttää myös vaimenemiskorjaukseen, mutta tässä korostuu erityisesti SPET-kertymien anatominen paikannus.

Kuvat analysoidaan työasemalla, jossa dataa voidaan käsitellä varsin vapaasti: anatomisia ja metabolisia kuvia voidaan yhdistellä ja katsoa kolmessa suunnassa (aksiaalinen, koronaalinen, sagittaalinen) sekä pyörivinä MIP (maximal intensity projection) projektioina.

2-[18F]fluori-2-deoksi-D-glukoosi (FDG) on PET-tutkimusten työhevonen ja ylivoimaisesti tärkein merkkiaine. Sen puoliintumisaika on 110 minuuttia, eli sitä voidaan tarvittaessa kuljettaa melko kauaskin aineen synteesi- ja valmistuspaikasta. Tämä sokerianalogi hakeutuu tavallista runsaammin sokeria käyttäviin kudoksiin, kuten syöpäkasvaimiin. Myös muita radioisotooppeja käytetään, mutta niiden kliininen merkitys on toistaiseksi vähäisempi. Tällaisia aineita ovat mm. neuroendokrinologisten kasvainten diagnostiikassa käytettävä F-DOPA ja C-Metioniini, jota on käytetty aivosyöpien uusiutumisen toteamiseen. PET-tutkimuksiin soveltuvia merkkiaineita on kymmeniä, ja uusia kehitetään jatkuvasti.

Syöpätautiin diagnostiikka ja levinneisyyden arviointi on usein varsin haastavaa, ja siitä onkin muodostunut tärkein PET-CT:n indikaatio. CT on työväliseen tuttu, luotettu ja varsin hyväkin, mutta sen rajoitukset ovat huomattavat. Vaikeuksia menetelmälle tuottavat esim. erotusdiagnostiikka hyvän- ja pahanlaatuisen välillä sekä imusolmukemetastasoinnin ja etäpesäkkeiden arviointi. Luotettava levinneisyysarvio on kuitenkin tärkeä potilaan hoitoon vaikuttava tekijä, joten metabolisen kuvantamisen lisäarvo on tällaisissa tapauksissa huomattava.

PET-CT löytää tehokkaasti mm. maksan, lisämunuaisten, imusolmukkeiden ja luuston etäpesäkkeet. Sen sijaan aivometastasoinnin osoittamisessa se ei ole magneetikuvauksen veroinen.

FDG-PET ei syöpätutkimuksena suinkaan ole vailla virhelähteitä. Yleisiä diagnostisia sudenkuoppia ovat mm. infektiot (esim. toksoplasmoosi, pneumonia, aspergilloosi ja pleuriitti),

sarkoidoosi, tuberkuloosi, kollagenoosit, nivelreuma ja sädehoidon jälkitila, jotka voivat aiheuttaa vääriä positiivisia löydöksiä. Lihaskiintymisestä ja ruskean rasvakudoksen aktivoitumisesta johtuvat kertyvät haittaavat useimmiten kaulan ja soliskuoppien imusolmukealueiden tulkintaa, mutta tässä on PET-CT:n CT-leikkeistä suuri apu. Suolistossa puolestaan virhelähteitä ovat mm. inflammatoriset suolisairaudet ja absessit - toisaalta PET-CT-tutkimusta voidaan myös käyttää infektioiden osoittamiseen.

Vääriä negatiivisiakin löydöksiä on: esim. keuhkojen bronkoalveolaarinen karsinooma ja hyvin erilaistunut adenokarsinooma sekä karsinoidituumorit eivät aina käytä sokeria kovin runsaasti. Huonossa sokeritasapainossa olevilla diabeetikoilla löydökset voivat jäädä negatiivisiksi, sillä glukosianalogina FDG hakeutuu tällöin voimakkaasti lihaksiin. Paastoverensokerin tulisi ennen FDG-PET- kuvausta olla korkeintaan 10 mmol/l.

SPET-CT on tutkimus, jossa PET-CT:n tapaan on yhdistetty radioaktiivisia isotooppeja hyödyntävä tutkimus ja tietokonetomografia. Käytettävät merkkiaineet ovat kuitenkin erilaiset, ja indikaatiotkin poikkeavat siten PET-kuvauksesta. SPET-CT:tä voidaan käyttää anatomian varmistamiseksi mm. luuston ja somatostatiinireseptoreiden gammakuvauksessa, lisäkilpirauhaskuvauksessa ja infektiotokuksen paikannuksessa, sekä tulevaisuudessa yhä enemmän myös vartijaimusolmukkeiden paikannuksessa (pään ja kaulan alueen syöpä ja kohdun runko-osan syöpä). Näissä indikaatioissa SPET-TT on osoitettu parantavan diagnostista tarkkuutta ja vähentävän epävarmojen lausuntojen määrää tavallisiin tasokuviin tai pelkkään SPET-kuvaukseen nähden. Osassa integroiduista SPET-CT-laitteista CT-osio on diagnostista tasoa, mutta joissakin käytetään ns. 3/4-leike-CT:tä, jonka antama anatominen informaatio on lähinnä suuntaa-antavaa ja toimii ainoastaan vaimennuskorjaukseen tarkoitettuna.

Hybriditutkimuksen potilasannos muodostuu isotooppitutkimuksen (esim. PET) ja tähän liittyvän anatomisen tutkimuksen (esim. CT) annosten summasta. Kumpaankin voidaan vaikuttaa, ja kumpikin vaikuttaa kuvan laatuun. Tuttu ALARA-periaate pätee myös hybriditutkimuksiin: potilaan saama annos tulisi määrittellä mahdollisimman pieneksi sen mukaan, kuinka korkeatasoista kuvaa tarvitaan. Tähän vaikuttavat tutkimuksen indikaatiot ja tutkimuksen tulkitsijan käytännöt. Menetelmät, joilla annoksen suuruuteen vaikutetaan, riippuvat modaliteetista. Seuraavassa on aiheeseen paneuduttu nimenomaan hybridimodaliteetti PET/CT:n kannalta.

PET-kuvauksessa – kuten muissakin isotooppimenetelmissä - potilaan saama annos aiheutuu radiolääkkeestä, kuvaava laite on kamera. Lääkkeen annos vaikuttaa suoraan potilasannokseen. PET-kuvauksen ylivoimaisesti käytetyin merkkiaine on sokerianalogi 18F-FDG, jonka puoliintumisaika on 110 minuuttia. Tyypillinen potilaaseen injisoitava annos on esim. aikuisten koko kehon tutkimuksissa 370 mBq, joka vastaa noin 7 mSv efektiivistä annosta. Injisoitavaa annosta pienentämällä voidaan potilasannosta pienentää, mutta samalla tutkimuksen tarkkuus huononee.

Tarvittavaan aktiivisuuteen vaikuttavat mm. potilaan koko, ravitsemustila ja verensokeri; diabeetikoilla tällä on huomattava käytännön merkitys. Jos annosta pienennetään, voidaan tätä kompensoida osittain kuvaustekniikalla. Uudet kidemateriaalit ja rekonstruktio menetelmät ovat aiempaa tehokkaampia, kuvausaikaa voidaan tarvittaessa lisätä. Tulee kuitenkin muistaa, että tärkein kuvauksen onnistumiseen vaikuttava tekijä on se, kuinka hyvin kuvattava kudoksesta kerää FDG:tä. Jos annos on liian pieni, eivät esim. pienet tai hitaasti kasvavat kasvaimet erotu. Etukäteen on harvoin tiedossa, kuinka FDG-avidit esim. haettava tuumori on; siksi merkkiaineen määrän säätely tämän perusteella on vaikeaa. Jos kuvattavan kohteen histologia on tiedossa, tästä tiedosta on apua.

CT-tutkimuksen annos hybridikuvauksessa määräytyy sen mukaan, halutaanko CT-datasta vain PET:n attenuaatiokorjaus vai myös jotain muuta tietoa. Tällä on periaatteessa hyvinkin oleellinen merkitys annokselle: pelkkään attenuaatiokorjauksen koko kehon PET-CT-tutkimuksessa riittää 120 kV jännitteellä usein 20 mAs, mutta jo tyydyttävään CT-kuvatasoon vaaditaan aikuisilla kolmin-nelinkertainen annos. Varsinainen ”diagnostinen” kuvanlaatu tarkoittaa taas tähän kolmin-nelinkertaista lisäystä.

Mutta mitä sitten tarvitaan? Joskus saattaa riittää pelkkä attenuaatiotieto, mutta useimmiten on edes kohtalainen anatominen kuva hyödyllinen. Ehdotonta rajaa usein PET-CT:ssä käytettävän ”puolidiagnostisen” ja normaalin ”radiologisen” CT:n ei voi vetää: jälkimmäisessä vain näkyy hieman paremmin ja hieman enemmän. On huomattava, että diagnostisten tutkimusten annokset ovat viime aikoina pienentyneet, annostasot lähentyneet toisiaan. Sopivan annoksen hakua helpottaa se, että uusimmissa CT-laitteissa kone ”hakee” erilaisilla automaatioilla toivotun kohinatason ja kuvan laadun.

Monissa kuvauskohteissa mA- ja kV-tasoa tärkeämpää olisi intravenöösien varjoaineiden käyttö. Natiivi-CT:n pehmytkudoskontrasti on huono, eivätkä leesiot usein näy ilman tehostusta. Tehosteaineiden käyttö saattaa haitata PET- ja CT-kuvien yhteensovittamista (mismatch), mikä useimmiten johtuu siitä että diagnostinen CT kuvataan tavallisesti hengityspidätyksessä. Käytännön kannalta merkittävämpi käytön este on usein se, että isotooppiyksiköissä ei ole totuttu jodivarjoaineiden käyttöön.

Radiologille metabolisen ja anatomisen kuvantamisen yhdistäminen tuo moniin perinteisiin ja rutiininomaisiin kuvauksiin uudenlaisen näkökulman, jossa osien summa on suurempi kuin komponentit erikseen. Histologisesti tuntemattomien massojen ja tiivistymien karakterisointi ja jo diagnosoidun syövän levinneisyys selvittely helpottuvat merkittävästi, jolloin diagnostinen tarkkuus parantuu. Vaikka esim. PET-CT -tutkimuksen hinta onkin anatomista kuvausta korkeampi, on menetelmä todistettu kokonaiskustannuksia säästäväksi esim. ei-pienisoluisen keuhkosityövän levinneisyys selvittelyissä. Uusien merkkiaineiden ja kuvauskäytäntöjen kehittyessä tulevat indikaatiot jatkossa lisääntymään.

Merkittävä keskustelun kohde ja ratkaistava kysymys on työnjako radiologin ja isotooppilääkärin välillä. Asia on ratkaistava paikallisen tilanteen mukaan, sillä ainakaan toistaiseksi ei asiasta ole olemassa valtakunnallista ohjetta. Parasta on, jos eri erikoisalojen edustajat voivat tehdä töitä yhdessä, sillä tällöin saadaan paras hyöty ja oppi toisen alan osaamisesta.

#### KIRJALLISUUTTA:

Minn H. Positroniemissiotomografia kasvaindiagnoosissa – saadaanko odotuksille katetta. Duodecim 2006.

von Schulthess, et al. Integrated PET/CT: Current Applications and Future Directions. Radiology 2006; 238: 405 - 22.

Buck AK et al. SPECT/CT. J Nucl Med 2008; 49: 1305-1319.