

Jukka Kempainen, Kirsi L. Timonen ja Hanna Mussalo

## PET-tutkimus syövän diagnostiikassa ja levinneisyyselvityssä

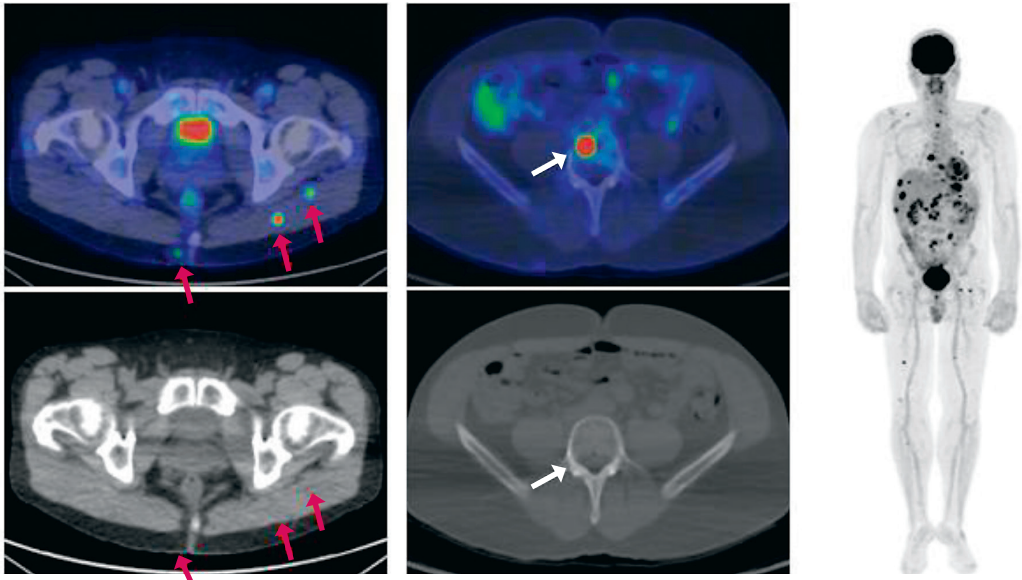
PET-TT- ja -MK-tutkimukset ovat vakiinnuttaneet asemansa syöpäkuvantamisen työkaluna tavanomaisen anatomisten kuvausmenetelmien rinnalla. Tästä on osoituksena kuvausmäärien tasainen kasvu Suomessa ja uusien kameroiden hankkiminen paitsi yliopistosairaaloissa, myös keskussairaaloissa. PET-kuvantaminen vaikuttaa syövän hoitoon ja hoitomuotojen valintaan. Menetelmä on herkkä, ja sillä voidaan paikantaa aiempaa pienempiä imusolmuke- etäpesäkkeitä tai etäpesäkkeitä jo ennen anatomisia muutoksia, erottaa aktiivisen kasvainkudoksen keuhkojen atelektaasista tai hoitojen aiheuttamista arvista sekä fibroosista. PET-menetelmästä on hyötyä syövän hoidossa hoidon suunnittelusta hoitovastearvioon sekä taudin uusiutumisen osoittamiseen. Oikein kohdennettuna kalliin kuvausmenetelmän käyttö on kustannustehokasta. Syövän tarkka levinneisyyselvitys auttaa potilaalle soveltuvimman hoidon valinnassa. PET-tutkimus ei tuo lisäarvoa kaikkien syöpien levinneisyyden selvittelyyn. Kliininen tutkimusnäyttö tarkentuu koko ajan PET-menetelmän käyttöaiheista, ja nykyään syöpätautien hoitosuosituksissa otetaan aiempaa tarkemmin kantaa, milloin PET-kuvantamisesta on osoitettu olevan kliinistä hyötyä.

**PET**-menetelmä on tavanomaisia kuvausmenetelmiä herkempi löytämään syöpäpesäkkeitä. Kliinisestä PET-kuvantamisesta suurin osa, noin 60–70 % liittyy syöpäkuvauksiin (1). Menetelmällä voidaan todeta poikkeava, syöpään liittyvä lisääntynyt aineenvaihdunta tai syöpäsolujen pintarakenteisiin tai reseptoreihin sitoutuva aktiivisuus jopa ennen näkyviä muutoksia anatomisessa kuvantamisessa, esimerkiksi luustossa TT:hen verrattuna (KUVA 1). Toiseksi PET-kuvantamisella voidaan todeta paljon pienempiä, jopa alle 5 mm:n imusolmukemetastaaseja kuin esimerkiksi kokokriteereihin perustuvassa imusolmukkeiden arvioinnissa (KUVA 2) (2,3). Lisäksi PET-kuvantamisessa saatua informaatioita voidaan hyödyntää sädehoidon suunnittelussa kohdistuen suurempia sädeannoksia PET-positiivisille alueille (4). Näin voidaan rajata terveille kudoksille kohdistuvaa säderasitusta ja vähentää sädehoidon mahdollisia haittavaikutuksia. PET-menetelmän etuna on myös se, että sillä voidaan erottaa esimerkiksi toimenpiteestä aiheutuneet arpimuutokset tai sädehoidon aiheuttamat kudokset taudin uusiutumasta

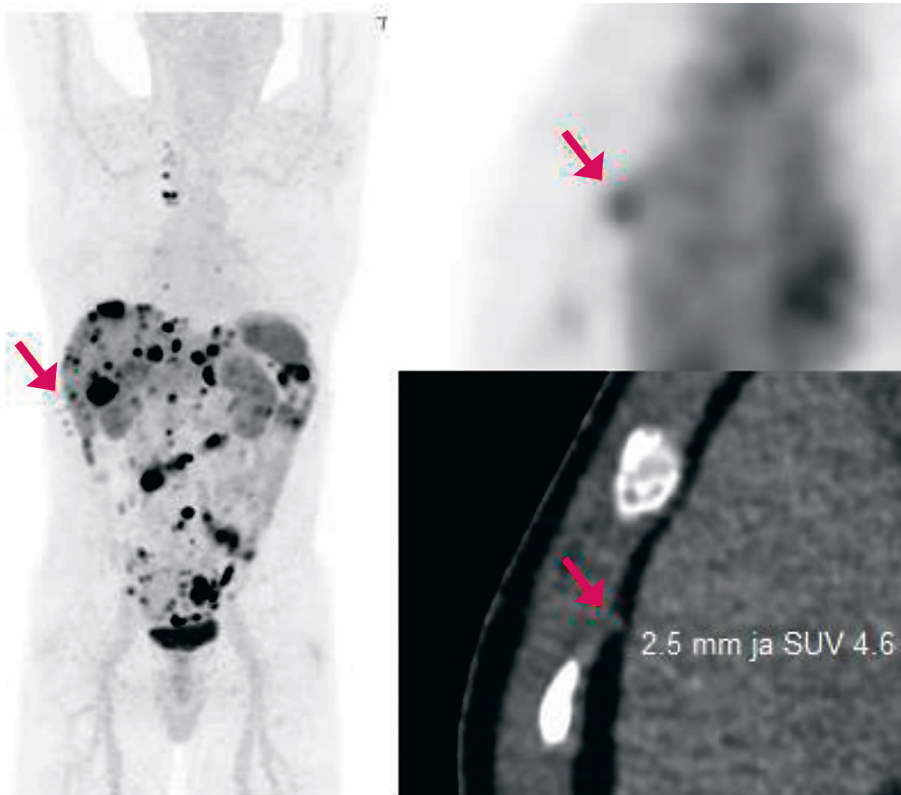
tai aktiivinen syöpäalue keuhkon atelektaasin sisältä (KUVA 3). PET-menetelmällä voidaan potilaaseen kajoamattomasti arvioida aiemmassa kuvantamisessa todetun muutoksen mahdollista viittaamista syöpään ja paikantaa alueita, joista voitaisiin ottaa kudoksenäytteitä potilaan diagnoosin varmistamiseksi (2). **TAULUKOSSA 1** on kuvattu PET-menetelmän yleisiä käyttöaiheita syöpäkuvantamiseen liittyen (2,5,6).

### PET-menetelmä ja siinä käytettävät merkkiaineet

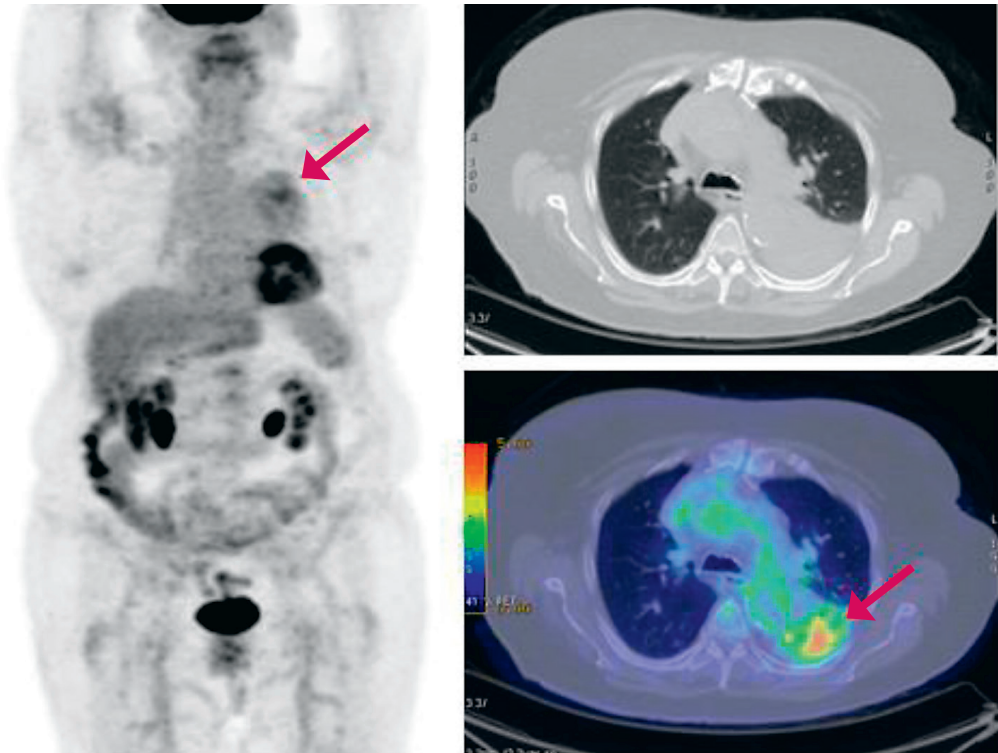
PET-kuvantamisessa käytetään lyhytikäisiä positronisäteileviä isotooppeja, jotka valmistetaan tutkimuspäivänä hiukkaskiihdyttimellä. Säteillevä isotooppi voidaan tuottaa myös niin sanotuista generaattoreista, joissa toisen isotoopin hajoamisessa syntyy PET-kuvantamisessa käytettävää isotooppia. Isotooppi leimataan radiokemiallisesti haluttuun kantaja-aineeseen. Tyypillisimpiä hiukkaskiihdyttimellä tuotettuja isotooppeja ovat <sup>15</sup>O-, <sup>11</sup>C- ja <sup>18</sup>F-isotoopit, joiden puoliintumisaikat ovat vastaavasti kaksi, 20 ja 109 minuuttia (1). Tyypillinen generaat-



**KUVA 1.** Levinneisyyselvitys FDG-PET-TT-tutkimuksella potilaalle, jolla on todettu aggressiivinen melanooma. Koko kehon MIP-kuvassa (oikealla, Maximim Intensity Projection) nähdään mustina pisteinä taudin laaja levinneisyys. Lantion alueen poikkileikekuvissa nähdään pehmytkudosmetastaaseja (punaiset nuolet) sekä luustometastaasi (valkoiset nuolet), jotka eivät erotu TT-kuvissa.



**KUVA 2.** Potilaalla on todettu metastasoitunut ohutsuolen neuroendokriininen kasvain ja levinneisyyselvityskuvauksen tehtiin uuden sukupolven digitaalisella PET-TT-kuvauslaitteella sekä  $^{68}\text{Ga}$ -Dotanoc-merkkiaineella. Tutkimuksessa erottuu jopa alle 3 mm:n kokoiset vatsakalvon pinnan etäpesäkkeet (punaiset nuolet).



**KUVA 3.** Potilaalla on todettu vasemman keuhkon adenokarsinooma, joka on jonkin verran progredioitunut hoidon aikana. Sätehoito on suunnitteilla. On pyydetty FDG-PET-TT-tutkimusta kasvaimen koon arvioimista varten sekä tietoa mahdollisista välikarsinan metabolisesti aktiivisista imusolmukkeista. PET-TT-tutkimuksessa metabolisesti aktiivinen kasvain erottuu poikkileikekuvissa punaisena. Aktiivista kasvainkudosta ympäröi atelektaattinen alue. Välikarsinassa ei näy metastasointiin viittaavia imusolmukkeita.

torissa tuotettu isotooppi on  $^{68}\text{Ga}$ , jonka puoliintumisaika on 68 minuuttia. Kliinisessä PET-kuvantamisessa yleisesti Suomessa käytettäviä PET-merkkiaineita on listattu **TAULUKKON 2**.

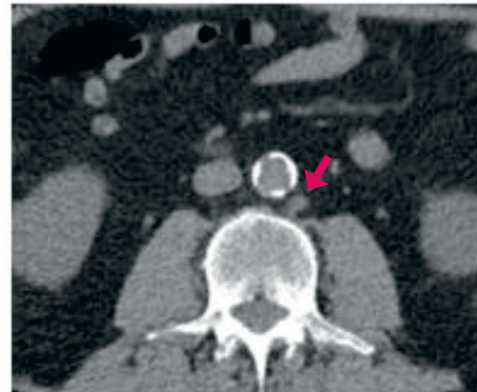
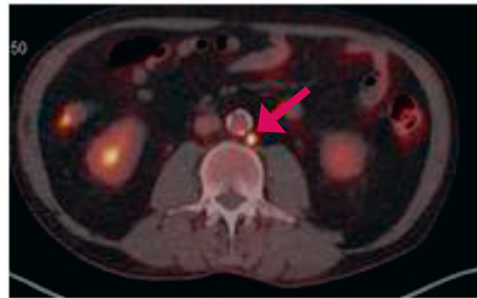
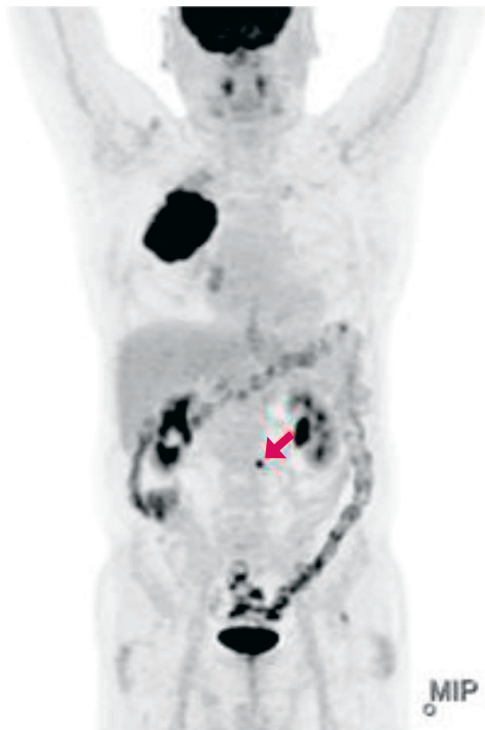
Näistä käytetyin on glukoosianalogi,  $^{18}\text{F}$ -leimattu fluorodeoksiglukoosi ( $^{18}\text{F}$ -FDG). Merkkiaine kulkeutuu alueille, joissa glukoosiaineenvaihdunta on lisääntynyt. Merkkiaineen soluunotto tapahtuu solun pinnan glukoositransportereiden välityksellä. Kertymämekanismi ei ole spesifinen syöväälle, vaan myös monet tulehdustilat voivat lisätä kudosten glukoosiaineenvaihduntaa. Mitä aggressiivisempi syöpä on, sitä voimakkaampaa on syöpäkudoksen glukoosiaineenvaihdunta (7). Toisaalta hyvin erilaistuneet, hitaasti kasvavat syövät kuten esimerkiksi neuroendokriiniset kasvaimet sekä eturauhassyövät voivat usein jäädä FDG-tutkimuksessa negatiivisiksi. Tästä syystä hyvin erilaistuneita neuroendokriinisiä kasvaimia (NET) kuvataan

**TAULUKKO 1.** PET-TT- ja PET-MK:n klinisiä käyttökohteita syöpätautien arvioinnissa.

1. Tuntemattoman primaarikasvaimen paikannus
2. Muutoksen syöpään viittaavuuden arviointi
3. Todetun syövän levinneisyysarviointi
4. Taudin uusiutumisen osoittaminen
5. Hoitovasteen arviointi
6. Sädehoidon suunnittelu

**TAULUKKO 2.** Kliinisessä syövän PET-kuvantamisessa yleisesti Suomessa käytettäviä PET-merkkiaineita.

Merkkiaine	Käyttöaihe
$^{18}\text{F}$ -FDG	Syöpäkuvantamisen yleismerkkiaine
$^{11}\text{C}$ -Metioniini	Glioomat, meningeooma
$^{68}\text{Ga}$ -Dotanoc	Neuroendokriiniset kasvaimet
$^{18}\text{F}$ -FDOPA	Medullaarinen kilpirauhassyöpä, feokromosytooma, SSTR-negatiiviset insulinoomat
$^{18}\text{F}/^{68}\text{Ga}$ -PSMA	Eturauhassyöpä
$^{18}\text{F}$ -NaF	Luustometastasoinnin arviointi



**KUVA 4.** Potilaalle harkitaan keuhkosyövän kirurgista hoitoa. Leikkausta edeltävässä PET-TT-tutkimuksessa paljastui yllättäen imusolmukemetastaasi vatsaontelon puolella normaalikokoisessa imusolmukkeessa (punainen nuoli).

somatostiinireseptoreihin sitoutuvalla  $^{68}\text{Ga}$ -Dotanoc merkkiaineella, sillä somatostatiinireseptoreiden (SSTR) ilmentyminen on lisääntynyt näissä kasvaimissa ja sen etäpesäkkeissä (1,7–10). Aggressiivisissa neuroendokriinisissä kasvaimissa näiden somatostatiinireseptoreiden ilmentyminen vähenee, ja kuvauksessa voidaan hyödyntää  $^{18}\text{F}$ -FDG:tä (10).

Eturauhassyövän kuvantamisessa on voimakkaasti yleistynyt  $^{18}\text{F}$ - tai  $^{68}\text{Ga}$ -leimattu prostataspesifiseen membraaniantigeeniin (PSMA) sitoutuva pienmolekyylillä (9,11). Tämä on korvannut täysin eturauhassyövän lipidi- ja aminohappoaineenvaihdunnan lisääntymisen osoittamiseen perustuvat PET-merkkiaineet, joista Suomessa on käytetty lähinnä lipidiaineenvaihduntaa kuvastavaa  $^{18}\text{F}$ -koliinia (9). Eturauhas- ja rintasyöpien luustometastasoinnin arviointiin voidaan hyödyntää tavanomaisesti luuston gammakuvausta tarkemmalla  $^{18}\text{F}$ -leimatulla natriumfluoridi (NaF) -kuvantamisella (12). Menetelmä osoittaa alueet, joissa luuston

osteoblastiaktiivisuus on lisääntynyt. Menetelmällä ei voida suoraan erottaa degeneraatioon, trauman jälkitilaan tai syöpäkasvaimen aiheuttaman osteoblastiaktiivisuuden voimistumista toisistaan eikä mahdollisia luuytimen metastaaseja. Erotusdiagnostiikka tapahtuu kertymien lokalisaation ja intensiteetin, anatomisten löydösten sekä esitietojen perusteella.

### Mikä ihmeen fuusiokuvaus?

PET-kuvantaminen on voimakkaasti lisääntynyt 15 viime vuoden aikana Suomessa ja muualla maailmalla. Tämän taustalla on ollut se, että menetelmä on voitu yhdistää TT- ja magneettikuvauksiin, joilla on jo ollut vakiintunut rooli syöpäkuvantamisessa. Kaksi eri kuvaustekniikkaa yhdistävää menetelmää kutsutaan fuusiokuvantamiseksi (1,2,13). Herkän PET-menetelmän löydöksiä tarkentaa mahdollisuus paikantaa kuvauslöydös anatomisesti. PET-TT-menetelmän etuja ovat tutkimuksen nopeus,

## Ydinasiat

- ▶ Fuusiokuvantamisessa PET-menetelmä on yhdistetty TT- tai MK- kuvantamismenetelmään.
- ▶ Menetelmässä hyödynnetään eri positronisäteilevillä isotoopeilla leimattuja merkkiaineita, joilla pyritään osoittamaan syövän kiihtynyttä aineenvaihduntaa tai syöpäsolujen pintarakenteisiin tai reseptoreihin sitoutuva aktiivisuus.
- ▶ PET-menetelmä mahdollistaa anatomisia kuvantamismenetelmiä tarkemman imusolmuke- ja kaukoetäpesäkkeiden arvioimisen sekä pystyy osoittamaan kudonäytteiden ottamiseen soveltuvia kohteita.
- ▶ Oikein kohdennettuna PET-kuvantaminen on kustannusvaikuttavaa, mutta se ei välttämättä tuo kliinistä lisäarvoa kaikissa syövässä tavanomaiseen kuvantamiseen nähden.

noin 20–30 minuuttia tavanomaiseen isotooppikuvantamiseen verrattuna. Lisäksi menetelmä antaa lisäinformaatiota aiemmin todettujen muutosten mahdollisesta viittaavuudesta syöpään, auttaa tarkentamaan jo todetun syövän levinneisyyttä paikallistamalla totunnaista anatomista kuvantamista pienempiä imusolmuke-etäpesäkkeitä sekä löytämällä syöpämuutoksia alueilta, joissa niitä ei ole osattu epäillä olevan.

PET-TT-tutkimuksen kuvaus tehdään yleensä pieniannoksisena TT-tutkimuksena ilman varjoainetta. Tällöin kuvaus on mahdollista tehdä myös potilaille, joilla varjoainekuvausta ei voida tehdä esimerkiksi munuaisten vajaatoiminnan tai varjoaineeseen liittyvien allergisten reaktioiden vuoksi. Tarvittaessa varjoainetehoisteinen tutkimuskin voidaan suorittaa PET-TT-tutkimuksen yhteydessä.

PET-MK:n etuja ovat tilanteet, joissa tarvitaan MK:n tarkkaa kudoserottelukykä, kuten esimerkiksi aivokasvaimet, eturauhassyöpä, gynekologiset syövät sekä ylävatsan parynkielinten kasvaimien diagnostiikassa ja

levinneisyysselvittelyssä erityisesti maksa- ja haimamuutoksien selvittelyssä (13,14). Lisäksi PET-TT:tä pienempi säderasitus puoltaa laiteen käyttöä lapsipotilailla (15). PET-MK:ssa on huomioitava tekijät, jotka estävät tutkimuksen suorittamisen, kuten esimerkiksi osa kehon-sisäisistä metalleja sisältävistä implanteista (1).

## Milloin tehdään syövän levinneisyysselvittely PET-tutkimus?

PET-tutkimus on syytä kohdentaa oikein. Syövän levinneisyysselvittely tehdään PET-menetelmällä, kun tiedetään, että kuvantamislöydöksellä voi olla vaikutusta potilaan saamaan hoitoon. Mikäli tavanomaisella kuvantamisella on jo todettu taudin levinneen laajalle, tällöin PET-tutkimuksella ei enää ole vaikutusta hoitomuotojen valintaan lukuun ottamatta arviota isotooppihoidon mahdollisuuksista (2). Kasvaimen T-luokituksen arviointiin PET-menetelmä ei juuri sovellu tai tuo harvoin lisätua esimerkiksi MK-tutkimuksiin nähden. Merkittävin etu tavanomaiseen kuvantamiseen verrattuna on erityisesti imusolmukemetastaasien ja muiden etäpesäkkeiden toteamisessa (5,6,16). Näiden löytymisellä on suuri merkitys potilaan hoitoon (KUVA 4). Mikäli metastasointia ei ole todettavissa, kirurginen tai syövän paikallinen sädehoito voisi tulla kyseeseen syöpätyypin mukaan tai systeemihoido, mikäli kyseessä on levinneeseen syöpään sopivat löydökset.

PET-menetelmä ei näytä mikroskooppista tautia (7). Tämän vuoksi metastasoinnin suhteen negatiivisen PET-löydöksen perusteella ei voida luopua vartijaimusolmuketutkimuksesta rintasyöpäpotilailla tai profylaktisesta kauladissektiosta tai sädehoidosta pään ja kaulan alueen syöpäpotilailla (5). PET-tutkimus voi vaikuttaa hoitoihin jopa 50 %:lla potilaista syöpätyypistä riippuen (17–19).

Yleensä PET-tutkimus muuttaa taudin anatomisessa kuvauksessa todettua levinneisyyttä laajemmaksi, mutta toisinaan myös vähäisemmäksi. Muutoksen pahanlaatuisuuden arvioinnissa PET-menetelmästä on hyötyä, jos muut kuvantamistutkimukset ovat jääneet epävarmoiksi (5). Kuvauksen yhteydessä saa selville myös mahdollisen taudin levinneisyyden

**TAULUKKO 3.** PET-tutkimuksen tyypillisiä syövän levinneisysselvittelyn indikaatioita.

Käyttöaihe	Merkkiaine	Kommentti
Eturauhassyöpä	<sup>68</sup> Ga/ <sup>18</sup> F-PSMA	Levinneisyyden arviointi suuren etäpesäkeriskin potilailla, kliinistä merkitystä vielä selvitetään
Haimasyöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Valikoiduilla potilailla, levinneisyyden arviointi/soveltuvuus leikkaushoitoon
Keuhkosyöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Levinneisyyden arviointi, hoidon valintaan vaikuttavat PET-löydökset tulisi histologisesti varmentaa
Kohdun runko-osan syöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Levinneisyyden arviointi, valikoidusti suuren riskin potilailla
Kohdunkaulasyöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Imusolmukelevinneisyyden arviointi
Kolorektaalisyövät	<sup>18</sup> F-FDG	Vain valikoidusti korkean metastaasiriskin potilailla
Lymfooma	<sup>18</sup> F-FDG	Erityisesti ekstranodaalisten tautimuutosten sulku pois, esimerkiksi tautimuutokset luuytimessä
Mahasyöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Musinoottiset ja diffuusit kasvaimet voivat näkyä huonosti
Melanooma	<sup>18</sup> F-FDG	Levinneisyyden arviointi/ soveltuvuus kirurgiseen hoitoon suuren metastaasiriskin potilailla
Mesotelioma	<sup>18</sup> F-FDG	Taudin epäily / biopsiakohdan paikannus
Muutoksen pahanlaatuisuuden arviointi	<sup>18</sup> F-FDG	Keuhkomuutokset, haiman kasvaimet
Neuroendokriiniset kasvaimet	<sup>68</sup> Ga-Dotanoc / <sup>18</sup> F-FDOPA	Kasvaine epäily, syövän lokalisaatio, syövän levinneisyys / soveltuvuus kirurgiseen hoitoon
Pään ja kaulan alueen syöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Kaukoetäpesäkkeiden poissulku suuren metastaasiriskin potilailla ja sädehoidon suunnittelu
Rintasyöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Levinneisyyden selvittely suuren etäpesäkeriskin potilailla, mikäli tavallisella kuvantamisella löydökset epävarmoja
Ruokatorvisyöpä	<sup>18</sup> F-FDG	Levinneisyys / soveltuvuus kirurgiseen hoitoon
Tuntematon primaarikasvain	<sup>18</sup> F-FDG / <sup>68</sup> Ga-Dotanoc	Todettu pään tai kaulan alueen kasvaimen tai neuroendokriinisen kasvaimen metastaasointi
Luusarkooma	<sup>18</sup> F-FDG	Luusto-, imusolmuke- ja pehmytkudosmetastaasien paikannus erityisesti Ewingin sarkoomassa

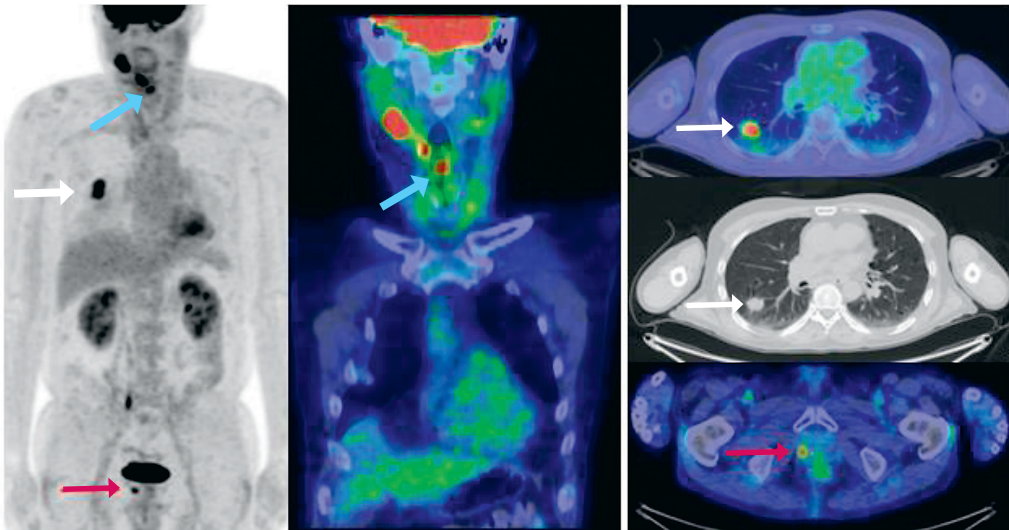
ja sen perusteella arvion siitä, voidaanko tautia hoitaa kirurgisesti vai muulla tavoin.

**TAULUKOSSA 3** on listattu tyypillisiä käyttöaiheita, joissa syövän levinneisysselvittelystä on osoitettu olevan kliinistä hyötyä. Syövän yleisimpiä levinneisysselvittelyn aiheita PET-menetelmällä ovat lymfooma, pään- ja kaulan alueen syöpä, melanooma, keuhkokasvaimet, ruokatorvisyöpä sekä kohdunkaulasyöpä (5,14, 20–24). PET-TT-kuvauksen informaatiota voidaan hyödyntää myös sädehoidon suunnitteluun lymfoomassa, keuhko- ja ruokatorvisyövässä. Se voi olla hyödyllinen myös valikoiduilla eturauhassyöpäpotilailla (5,25,26). PET-menetelmästä voi olla hyötyä tilanteissa, joissa tavallisella magneetti- tai TT-kuvauksella tehdyssä tutkimuksessa riittävää arviota muutoksen pahanlaatuisuudesta ei ole saatu (5). Lisäksi PET-

menetelmää voidaan hyödyntää tuntemattoman primaarikasvaimen etsimiseen. Esimerkiksi kaulan levyepiteelikarsinooman metastaasin primaarikasvain voidaan PET-tutkimuksessa paikantaa joka kolmannelta potilaalta, kun muulla kuvantamisella sitä ei ole voitu osoittaa (27). Mitä aggressiivisemmasta, suuren riskin syövästä on kyse, sitä todennäköisemmin löytyy myös syövän etäpesäkkeitä. Esimerkiksi suuren riskin pään ja kaulan alueen syöpäpotilailta noin 6–15 %:lla löytyy kaukoetäpesäkkeitä (28).

### PET-löydökset ja niiden merkitys

PET-kuvantamisessa syövän ja etäpesäkkeiden metabolista aktiivisuutta voidaan mitata semikvantitatiivisesti niin sanotulla SUV (standardized uptake value) -arvolla ja lisäksi tutkimuk-



**KUVA 5.** Äänihuulitasolla todettu levyepiteelikarsinooma (sininen nuoli). Levinneisyys selvittelyyn tehdystä FDG-PET-TT:ssä todetaan kaksi imusolmuke-etäpesäkettä kaulan oikealla puolella. Tämän lisäksi tutkimuksessa löytyi primaarinen keuhkosyöpä (valkoinen nuoli) sekä sattumalöydöksenä aggressiivinen eturauhaskasvain oikeasta prostatalohkosta (punainen nuoli).

nessa voidaan määrittää aineenvaihdunnallisesti aktiivinen kasvaintaakka (Metabolic Tumor Volume) (7). Mitä aktiivisempi syöpä on metabolialtaan (FDG-kertymän voimakkuus), sitä aggressiivisempi tauti on kyseessä. Monien syöpien osalta on todettu, että primaarikasvaimen metabolisella aktiivisuudella tai tautitaakalla on myös merkitystä potilaan ennusteen kannalta. Esimerkiksi niillä potilailla, joilla levinneisyyttä ei ole todettavissa PET-tutkimuksessa, on myös pidempi taudin etenemättömyysaika kuin niillä, joilla metastaaseja todetaan (29). Lisäksi informaatiota voidaan hyödyntää hoitovasteen seurannassa tai soveltuvuudessa NET-kasvainten tai eturauhassyövän isotooppihoitoihin (30,31).

PET-menetelmän tulkinnessa on tunnettava merkkiaineen käyttäytyminen ja fysiologinen kertymäjakauma. Esimerkiksi FDG-PET-tutkimuksessa elimissä, joissa on voimakasta fysiologista merkkiaineaktiivisuutta (aivot, sydän, maksa, munuaiset, virtsatiet ja rakko) on vaikea erottaa syöpäkasvaimen lisääntynyttä metabolista aktiivisuutta fysiologisesta aktiivisuudesta. Lisäksi muutosten pieni koko ja kohteen liikkuminen hengityслиikkeen vaikutuksesta kuvauksen aikana voivat vaikeuttaa löydösten tulkintaa, esimerkiksi maksan pienen etäpesäkemuuutokset

ovat edellä mainituiden syiden vuoksi vaikea havaita. Vääriä negatiivisia tutkimustuloksia voi liittyä myös pieniin keuhkoetäpesäkkeisiin, musinoottisiin ja kystisiin kasvaimiin sekä hyvin erilaistuneisiin, hitaasti kasvaviin syöpiin. Vääriä positiivisia löydöksiä liittyy tyypillisesti tulehduksellisiin ja degeneratiivisiin muutoksiin, leikkaustoimenpiteiden jälkitiloihin, vierasesineisiin sekä erilaisiin benigneihin kasvaimiin (1,7). PET-kuvantamisessa voi löytyä usein sivulöydöksiä, joita joutuu muulla kuvantamisella varmentamaan sekä myös uusia primaarikasvaimia (KUVA 5).

## Lopuksi

PET-kuvantamisella on tärkeä rooli syövän hoitoon ja sen suunnitteluun liittyvässä kuvantamisessa. Uudet syövän pintarakenteisiin tai reseptoreihin sitoutuvat merkkiaineet sekä kuvantamislaitteiden tekninen kehitys mahdollistavat sen, että kuvantamisella voidaan paikantaa aiempaa pienempiä syöpäpesäkkeitä ja siten PET-kuvantamiselle löytyy myös uusia potentiaalisia kuvausaiheita tavanomaisen TT- ja magneettikuvantamisen rinnalla. Tämä mahdollistaa entistä paremmat edellytykset syövän parantamiseen yrkiiville hoidoille. ■

## KIRJALLISUUTTA

1. Kempainen J, Tuokkola T. Yleistä kasvainten isotooppitutkimuksista. Kirjassa: Sovijärvi A, Hartiala J, Knuuti J, ym. toim. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2018, s. 290–7.
2. Seppänen M, Kajander S, Kempainen J, ym. Positroniemissiotomografian ja tietokonetomografian yhdistelmä syövän diagnostiikassa. Duodecim 2011;127:1117–27.
3. Sipilä K, Jukka S. Lymfooma. Kirjassa: Sovijärvi A, Hartiala J, Knuuti J, ym. toim. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2018, s. 308–10.
4. Menon H, Guo C, Verma V, ym. The role of positron emission tomography imaging in radiotherapy target delineation. PET Clin 2020; 15:45–53.
5. Salaün PY, Abgral R, Malard O, ym. Good clinical practice recommendations for the use of PET/CT in oncology. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2020;47:28–50.
6. Sovijärvi A, Hartiala J, Knuuti J, ym. Kasvainten isotooppitutkimukset. Kirjassa: Sovijärvi A, Hartiala J, Knuuti J, ym. toim. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2018, s. 289–349.
7. Kapoor V, McCook BM, Torok FS. An Introduction to PET-CT Imaging. RadioGraphics 2004;24:523–43.
8. Kempainen J, Seppänen M, Nuutila P. Neuroendokriiniset kasvaimet. Kirjassa: Sovijärvi A, Hartiala J, Knuuti J, ym. toim. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2018, s. 303–7.
9. Kairemo K. Eturauhassyöpä. Kirjassa: Sovijärvi A, Hartiala J, Knuuti J, ym. toim. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2018, s. 316–23.
10. Binderup T, Knigge U, Loft A, ym. Functional imaging of neuroendocrine tumors: a head-to-head comparison of somatostatin receptor scintigraphy, 123I-MIBG scintigraphy, and <sup>18</sup>F-FDG PET. J Nucl Med 2010;51:704–12.
11. Koschel S, Murphy DG, Hofman MS, ym. The role of prostate-specific membrane antigen PET/computed tomography in primary staging of prostate cancer. Curr Opin Urol 2019;29: 569–77.
12. Bastawrous S, Bhargava P, Behnia F, ym. Newer PET application with an old tracer: role of <sup>18</sup>F-NaF skeletal PET/CT in oncologic practice. RadioGraphics 2014;34:1295–316.
13. Morsing A, Hildebrandt MG, Vilstrup MH, ym. Hybrid PET/MRI in major cancers: a scoping review. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2019;46: 2138–51.
14. Szyszko TA, Cook GJR. PET/CT and PET/MRI in head and neck malignancy. Clin Radiol 2018;73:60–9.
15. Gatidis S, Bender B, Reimold M, ym. PET/MRI in children. Eur J Radiol 2017;94:A64–70.
16. Liu Y, Zheng D, Liu J, ym. Comparing PET/MRI with PET/CT for pretreatment staging of gastric cancer. Gastroenterol Res Pract 2019; 2019:1–11.
17. Buck AK, Herrmann K, Stargardt T, ym. Economic evaluation of PET and PET/CT in oncology: evidence and methodologic approaches. J Nucl Med 2010;51:401–12.
18. Han S, Woo S, Kim YJ, ym. Impact of <sup>68</sup>Ga-PSMA PET on the management of patients with prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. Eur Urol 2018;74:179–90.
19. Barrio M, Czernin J, Fanti S, ym. The impact of somatostatin receptor – directed PET/CT on the management of patients with neuroendocrine tumor: a systematic review and meta-analysis. J Nucl Med 2017;58:756–61.
20. Gandy N, Arshad MA, Park W-HE, ym. FDG-PET imaging in cervical cancer. Semin Nucl Med 2019;49:461–70.
21. McCarten KM, Nadel HR, Shulkin BL, ym. Imaging for diagnosis, staging and response assessment of Hodgkin lymphoma and non-Hodgkin lymphoma. Pediatr Radiol 2019;49:1545–64.
22. Perng P, Marcus C, Subramaniam RM. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and melanoma: staging, immune modulation and mutation-targeted therapy assessment, and prognosis. Am J Roentgenol 2015;205:259–70.
23. Rankin S. The value of [<sup>18</sup>F]fluorodeoxyglucose-PET/CT in oesophageal cancer. Cancer Imaging 2011;11:5156–60.
24. Miladinova D. Molecular imaging in breast cancer. Nucl Med Mol Imaging 2019;53:313–9.
25. Rice SR, Chuong M, Koroulakis A, ym. The utility of PET/computed tomography for radiation oncology planning, surveillance, and prognosis prediction of gastrointestinal tumors. PET Clin 2020;15:77–87.
26. Koschel S, Murphy DG, Hofman MS, ym. The role of prostate-specific membrane antigen PET/computed tomography in primary staging of prostate cancer. Curr Opin Urol 2019;29: 569–77.
27. Breuer N, Behrendt FF, Heinzl A, ym. Prognostic relevance of (18)F-FDG PET/CT in carcinoma of unknown primary. Clin Nucl Med 2014;39:131–5.
28. Xu GZ, Guan DJ, He ZY. (18)FDG-PET/CT for detecting distant metastases and second primary cancers in patients with head and neck cancer. A meta-analysis. Oral Oncol 2011;47:560–5.
29. Moon SH, Hyun SH, Choi JY. Prognostic significance of volume-based PET parameters in cancer patients. Korean J Radiol 2013;14:1–12.
30. Hirmas N, Jadaan R, Al-Ibraheem A. Peptide receptor radionuclide therapy and the treatment of gastroentero-pancreatic neuroendocrine tumors: current findings and future perspectives. Nucl Med Mol Imaging 2018;52:190–9.
31. Eiber M, Fendler WP, Rowe SP, ym. Prostate-specific membrane antigen ligands for imaging and therapy. J Nucl Med 2017;58:675–765.

## JUKKA KEMPPAINEN, LT, dosentti, ylilääkäri

Turun yliopisto ja Docrates syöpäsairaala

## KIRSI L. TIMONEN, FT, dosentti, ylilääkäri

Diagnostiset palvelut, konservatiivinen palvelualue  
KSSH

## HANNA MUSSALO, dosentti, osaamiskeskusjohtaja

KYS Kuvantamiskeskus

## TEEMAN ERIKOISTOIMITTAJA

Juhani Knuuti

## VASTUUTOIMITTAJA

Helka Parviainen

## SIDONNAISUUDET

Jukka Kempainen: Luento-/asiiantuntijapalkkio (iRad Molecular Imaging Oy), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Docrates Syöpäsairaala), luottamustoimet (Isotooppiyhdistyksen puheenjohtaja Pohjoismaisen Kliinisen Fysiologian ja Isotooppilääketieteen yhdistyksen Suomen edustaja (SSCPNM), muut sidonnaisuudet (iRad Molecular Imaging Oy:n hallituksen puheenjohtaja)

Kirsi L. Timonen: Korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (SIEMENS Healthineers Finland), muut sidonnaisuudet (Nordic Nanovector ASA)

Hannu Mussalo: Ei sidonnaisuuksia

## SUMMARY

### PET in cancer diagnosis and staging

Positron emission tomography (PET) is a part of the established modern cancer imaging nowadays in Finland. As a sign of this we have seen a steady annual increase in the number of performed PET examinations and new installations of PET scanners in both University hospitals and Central hospitals. PET imaging is shown to have an impact on cancer treatment from treatment planning to disease re-staging. Moreover, PET method aids in choosing the right treatment modality for the patient. PET method is sensitive in detecting smaller lymph node and distant metastases than conventional imaging methods. It may help to differentiate active cancer tissue from treatment related fibrotic changes, lung atelectasis or pleural effusion. Although PET imaging is not first line imaging modality in many cancers, it is cost effective when targeted to patients where it most likely has impact on treatments. Nowadays many treatment guidelines address more precisely when and where PET is indicated due to the growing body of clinical evidence. In this review of the PET method, its clinical benefits and indications in cancer diagnostics and staging in general are discussed.