

Kirsi Taimen, Laura Pirilä, Mikko Nyman, Laura Ryyppö ja Marko Seppänen

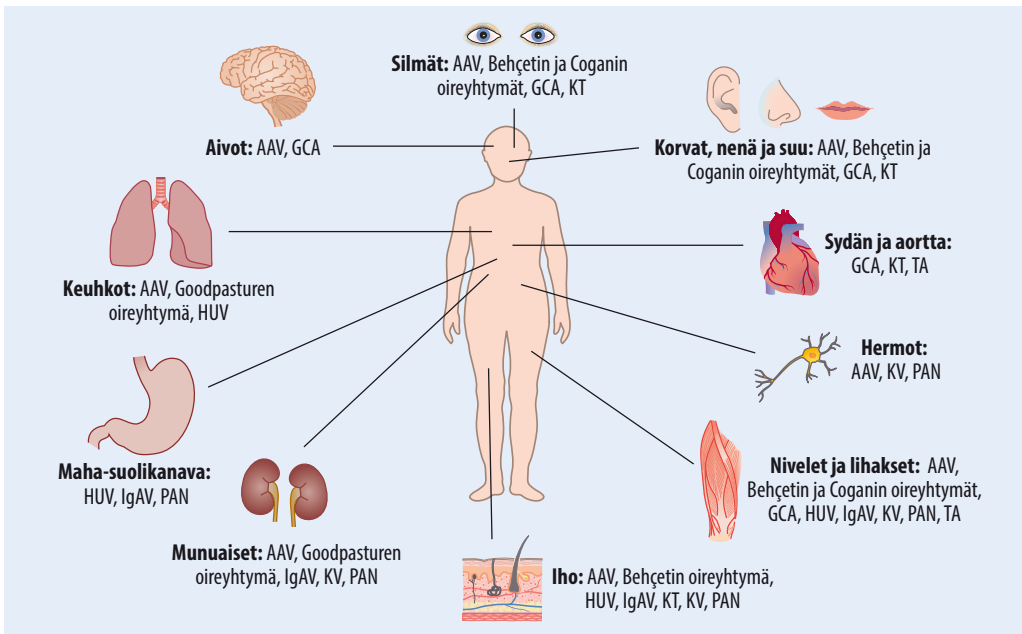
## Vaskuliittien PET-kuvantaminen

Vaskuliitit ovat harvinaisia verisuonen seinämän tulehduksia, jotka voivat aiheuttaa vakavan yleisoireisen sairauden ja elinvaurioita. Oirekuvan monimuotoisuus vaikeuttaa diagnosointia. Positroniemissiotomografia (PET) on tärkeä diagnostinen menetelmä etenkin suurten ja keskisuurten valtimoiden tulehdusten diagnosoinnissa. PET voi paljastaa yleisoireisen potilaan vaskuliittidiagnoosin mutta antaa myös tietoa vaihtoehtoisten diagnoosien kuten infektioiden ja syöpien osalta. Potilaan esivalmistelu ja kuvantamisajankohdan suunnittelu on tarpeellista, jotta löydökset ovat luotettavia. Etenkin glukokortikoidihoito heikentää diagnostista osuvuutta jo muutaman päivän jälkeen. Vaskuliittien diagnosoinnissa muutkin kuvantamismenetelmät ovat tärkeitä ja eri kuvantamismenetelmillä on vahvuutensa ja heikkoutensa.

Vaskuliitit ovat harvinaisia verisuonen seinämän tulehduksia. Kyseessä voi olla itsenäinen sairaus eli primaarinen vaskuliitti tai oire voi liittyä taustalla olevaan muuhun sairauteen tai infektiin. Primaaristen vaskuliittien yleisiä kohde-elimistöä esitetään **KUVA 1**.

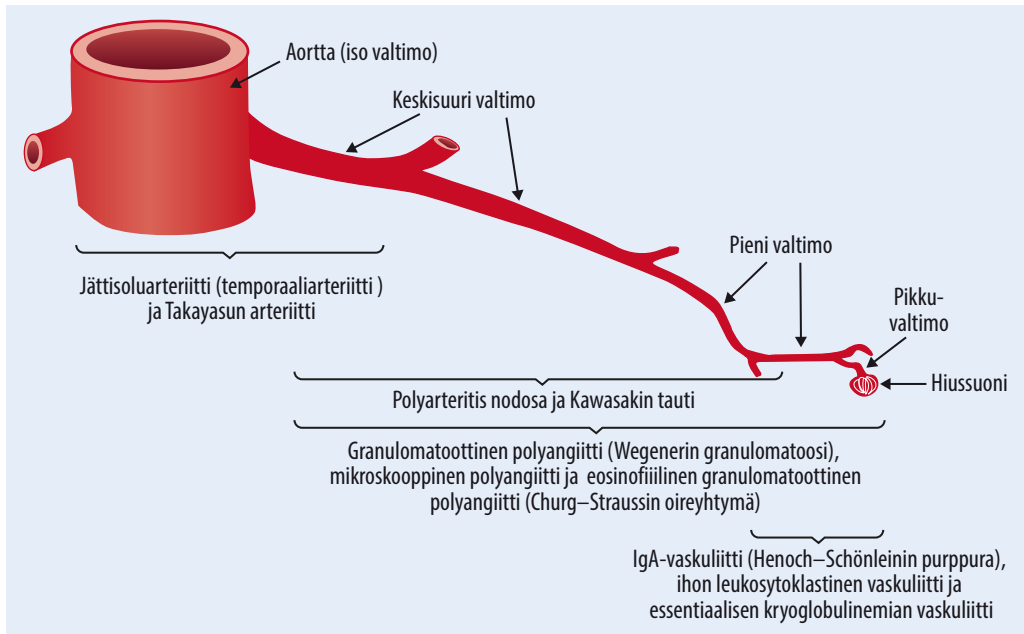
Usein primaariset vaskuliitit jaotellaan affisioituneen suonen koon mukaan, joskin päällekkäisyyttä esiintyy (**KUVA 2**).

Oirekuva on moninainen. Voidaan todeta paikallisoireita esimerkiksi iholla tai laaja-alaista vauriota etenkin munuaisissa ja keuhkoissa sekä



**KUVA 1.** Tavanomaisimpien vaskuliittien ilmentymiskohteet. Vaskuliitti voi ilmentyä eri puolella elimistöä, ja anatominen sijainti määrittää oirekuvaa.

AAV = ANCA-vaskuliitti; GCA = jättisoluarteriitti (giant cell arteritis); HUV = hypokomplementeeminen urtikaria-vaskuliitti; IgAV = IgA-vaskuliitti; KT = Kawasakin tauti; KV = kryoglobulineeminen vaskuliitti; PAN = polyarteritis nodosa; TA = Takayasin arteriitti



**KUVA 2.** Vaskuliittien paikantuminen verisuonen koon mukaan. Mallina on käytetty Kustannus Oy Duodecimin Reumasairaudet-kirjan kuvaa 15.10c.

verisuonten aneurysmia ja tukoksia. Vaskuliitit ovat harvinaisia, joten vaihtoehtoisia diagnooseja, lähinnä infektiota ja syöpää, on etsittävä alkuvaiheessa. Suurten ja keskisuurten suonten vaskuliittien yhteydessä kuvantamislöydökset ovat usein ratkaisevan tärkeitä, mutta pienten suonten osalta kuvantamislöydösten merkitys on vähäisempi, sillä kuvantamismodaliteettien erottelukyky ei riitä niihin.

Tämä artikkelimme painottuu suurten ja keskisuurten suonten positroniemissiotomografia (PET) -kuvantamiseen, sillä siitä on tutkimusnäyttöä ja menetelmä on kliinisessä käytössä. Pienten suonten osalta näyttö pohjautuu tapauselostuksiin ja omaan kliiniseen kokemukseemme.

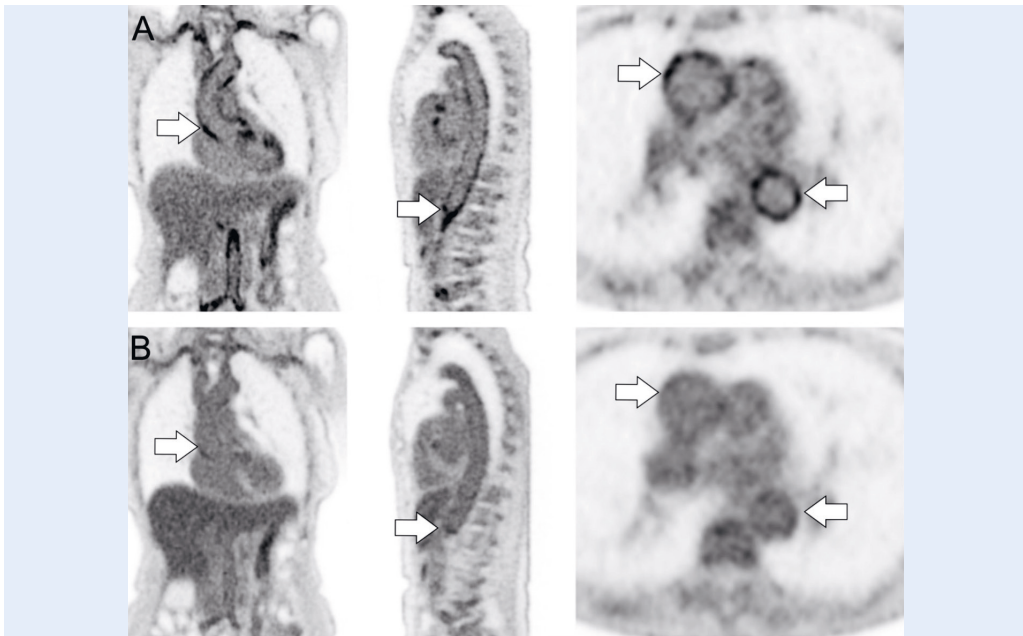
## Yleistä PET-kuvantamisesta

PET on isotooppikuvausmenetelmä, jossa potilaalle annetaan laskimoon lyhytikäistä radioaktiivista merkkiainetta, joka jakaantuu verenkierron mukana elimistön eri osiin. Merkkiaineen positronihajoamisessa syntyvää gamma-säteilyä mitataan PET-kameralla. PET-laitteet on nykyään yhdistetty tietokonetomografiaan (TT) tai magneettikuvauslaitteeseen, mikä pa-

rantaa PET-löydösten sijainnin ja anatomisen luonteen karakterisointia. PET-kuvantamista on käytetty syöpätautien kuvantamisessa vuosikymmenten ajan, mutta yhä enemmän myös tulehdusten ja infektiotautien diagnosoinnissa. Käytetyin merkkiaine on glukoosin aineenvaihduntaa kuvastava fluorideoksiglukoosi (FDG), joka on leimattu radioaktiivisella fluorilla ( $^{18}\text{F}$ ).  $^{18}\text{F}$ -FDG näyttää aktivoituneen tulehdussolun aineenvaihduntaa niin syöpäsoluissa, tulehduksessa kuin infektioidessakin.

Ennen PET-tutkimusta potilaan on oltava ravinnotta vähintään kuusi tuntia ja vältettävä fyysistä rasitusta vuorokauden ajan. Kuvaus-  
hetkellä verenglukoosipitoisuuden on pysyttävä pienempänä kuin 10 mmol/l. Tulehdusta epäiltäessä kuvantaminen ulottuu yleensä päältä varpasiin ja kestää 10–20 minuuttia. Kuvaus käynnistyy 60 minuutin kuluttua merkkiaineruiskeen antamisesta, mutta pidempi viive (90 min) voi parantaa kuvanlaatua veritaustan vähentyessä.

Fysiologisesti FDG kertyy etenkin sydämeen, aivoihin ja virtsaelimiin, mikä vaikeuttaa patologisten muutosten toteamista näillä alueilla. Vaskuliitille tyypillistä on korostunut valtimosuonen diffuusi kertymämuutos, joka



**KUVA 3.** Glukokortikoidilääkitys vaikuttaa diagnostiseen kuvantamiseen merkittävästi. Suurten suonten jättisoluarteriittia sairastavan potilaan FDG-PET-TT ennen hoidon aloitusta (A) ja seitsemän vuorokauden prednisonihoidon (annos 40 mg) jälkeen (B). Vaskuliittimuutosten arvioimiseksi valtimon seinämän FDG-kertymää verrataan visuaalisesti maksan FDG-kertymään. Koronaali- ja aksiaalikuviin todetaan verisuonten seinämien kertymäaktiivisuuden väheneminen hoidon aikana. Maksaan suhteutettu kertymä pienenee esimerkiksi solisvaltimoissa 1,5:stä 1,0:aan. Viikon glukokortikoidihoidon jälkeen PET-kuvantamislöydös ei ollut enää jättisoluarteriitin kannalta diagnostinen, vaikka ennen hoitoa löydös oli selkeä.

on suurempi kuin maksan fysiologinen kertymä. Tällöin löydöstä voidaan pitää vaskuliittiin viittavana. Jos kertymä on maksan vastaavaa pienempi, löydös ei ole diagnostinen, ja kun kertymä vastaa maksan kertymää, löydös jää epävarmaksi (1).

Tutkimuksen säderasitus on 8–11 mSv, vertailuna suomalaisten efektiivinen taustasäteilyannos on keskimäärin 5,9 mSv vuodessa. Koska varjoainetta ei käytetä, PET-TT voidaan tehdä munuaisten toiminnasta riippumatta.

## Kuvantaminen diagnoosivaiheessa

**Kliininen kysymyksenasettelu ja kuvantamisajankohta.** PET-TT ajatellaan erityisen hyödylliseksi, kun potilaalla on epäselviä yleisoireita, jolloin vaskuliitin lisäksi infektio ja syöpä ovat mahdollisia. PET:n osuvuus epäselvän kuumeilun ja tulehduksen diagnosoinnissa on 25–50 %, kun sitä ennen on tehty tavanomaiset selvittelyt. Tällaisessa potilaaineistossa taustalta löytyy jättisoluarteriitti

noin 20 %:ssa tapauksista (2,3).

Glukokortikoidihoito heikentää merkittävästi PET:n diagnostista osuvuutta. Tanskalaisryhmän mukaan kolmen päivän glukokortikoidihoito ei vähennä FDG-PET:n herkkyyttä jättisoluarteriitin diagnosoinnissa, mutta kymmenen hoitopäivän jälkeen herkkyys on enää 30 % (4). Eurooppalainen reumayhdistysten kattojärjestö EULAR suosittaa jättisoluarteriitin diagnostista kuvantamista kolmen vuorokauden kuluessa hoidon aloituksesta kuvantamismodaliteetista riippumatta (KUVA 3) (5).

**Muut vaskuliittiepäilyn kuvantamismenetelmät.** Verisuonen koon ja sijainnin mukaan useat eri kuvantamismenetelmät ovat hyödyllisiä (TAULUKKO). Suurten suonten vaskuliitin yhteydessä kaikukuvauksella voidaan etsiä tulehdusmuutoksia ohimo-, kaula-, solis- ja kainalovaltimoista, joskin etenkin ohimovaltimoiden tutkiminen vaatii kokemusta. Kliinisesti epäselvässä tilanteessa vartalon varjoaine-TT tehdään usein ensilinjan poissulku tutkimuksena muiden sairauksien havaitsemiseksi. Mikäli TT:ssä

**TAULUKKO.** Vaskuliittien kuvantamisessa käytettyjen menetelmien vertailu.

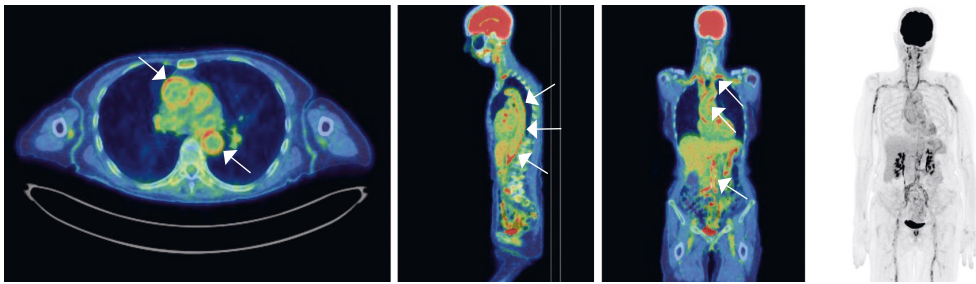
Menetelmä	Kuvantamisalue	Edut	Rajoitteet
18F-FDG-PET-TT	Pää: ohimovaltimot Muut: kaikki suuret ja keskisuuret valtimot	Hyvä yleisnäkyvä kehon verisuonistoon Näyttää varhaisvaiheen tulehdusmuutokset Erotusdiagnostinen arvo etenkin syöpien ja infektioiden osalta	Säteilyä, noin 8–11 mSv Rajallinen saatavuus, kallis Ateroskleroosin erottaminen tulehduksesta vaativaa etenkin reisivaltimoiden alueella Hyperglykemia voi vaikeuttaa diagnostiikkaa
Kaikukuvaus	Pää: ohimovaltimot, harkinnan mukaan muita kallonulkoisia valtimoita Muut alueet: jättisoluarteriitissa suositus vähintään kainalovaltimot, mutta voidaan kuvantaa ylä- ja alaraajojen isommat valtimot näkyvin osin	Edullinen Helposti saatavilla Potilaille helppo Hyvä resoluutio pinnallisissa rakenteissa (jopa 0,1 mm) Ahtauman ja dilataation arvio Hyvä tutkimusnäyttö jättisoluarteriitin osalta Ei säteilyä	Tekijäriippuvainen, vaatii kokemusta Rajallinen näkyvyys rinta- ja vatsa-ortaantaa sekä syviin verisuoniin Aikaa vievä Ei koko vartalon kuvantamista Kuvantamisdatan jälkiarviointi vaikeaa
Magneettikuvaus	Pää: kallonulkoiset ja -sisäiset valtimot Muut: suuret ja keskisuuret valtimot (kuvantamisalue pitää etukäteen kohdentaa tarkkaan)	Erinomainen pehmytkudoskont-rasti Tulehtuneen verisuonen seinämän tarkka arvio (turvotus, tehostuminen) Kallonsisäisten ja -ulkoisten verisuonien kuvaus samassa istunnossa Ei säteilyä	Mahdollisesti vähemmän herkkä kuin kaikukuvaus ja TT verisuonikalkkiemien arvioinnissa Pitkä kuvausaika Rajallinen saatavuus, hintava Pienten suonien arviointi vaatii kokemusta ja erikoissekvenssit Laaja kuvausala heikentää resoluutiota Tehosteaineen käyttö erittäin suositeltavaa
TT	Pää: kallonulkoiset ja -sisäiset valtimot Muut: kaikki suuret ja keskisuuret valtimot, myös sepelvaltimot erillisenä kuvauksena	Hyvä näkyvyys aorttaan ja sen haaroihin Hyvä saatavuus Ateroskleroottiset plakit näkyvät Nopea Verisuonten ulkopuolisten kudosten diagnosointi Suonen lumenin ja suurten ja keskisuurten suonien seinämän arvio	Säteilyä, noin 8–16 mSv Vaatii tehosteaineen, ei sovi munuaisten vaikean vajaatoiminnan yhteydessä Pään alueen suonet voidaan arvioida vain lumenin laajuuden osalta (ahtauma, dilataatio), varsinaisen tulehtuneen seinämän arvio ei mahdollista

FDG = fluorideoksiglukoosi, PET = positroniemissiotomografia, TT = tietokonetomografia

todetaan suurten suonien vaskuliittiin sopivia tyypillisiä muutoksia (valtimon seinämän paksuuntuma ja tehostuma), lisäkuvantaminen PET-TT:llä ei antane merkittävää lisähyötyä. Sen sijaan useissa tapauksissa PET-TT:llä voidaan diagnosoida vaskuliitti, vaikka edeltävä TT ei olisi näyttänyt vaskuliittimuutoksia.

Pään alueen magneettikuvausta suositellaan kansainvälisissä ohjeistuksissa jättisoluarteriitin diagnosointiin (5). Tutkimus vaatii angiografiasarjoja, joilla arvioidaan verisuonten kaliiberia, seinämän paksuutta ja suonien seinämän tehostumista tehosteaineella sekä ympäristön mahdollista tulehdusta. Ohimovaltimot ovat

pieniä kallonulkoisia suonia, joiden analysoiminen vaatii harjaannusta ja hyvin onnistuneen magneettikuvauksen. Kolmen teslan kuvauslaitteistosta on etua pienempiä suonia kuvattaessa, jolloin esimerkiksi silmävaltimon (arteria ophthalmica) tulehduksen toteaminen on mahdollista, vaikka suonien kaliiberi on vain 1,5 mm (6). Mikäli vaskuliitti on vain yksi mahdollinen diagnoosivaihtoehto, magneettikuvauksesta tulee laaja ja pitkäkestoinen. Muulla indikaatiolla pyydetystä pään magneettikuvauksesta ei useinkaan voida diagnosoida pään alueen jättisoluarteriittia, koska valtimodiagnostiikkaan tarvittavat kuvasarjat puuttuvat.



**KUVA 4.** Tyypillinen suurten suonten jättisoluarteriitti FDG-PET-TT:ssä. Noin 80-vuotiasta naista tutkittiin yleis-tilan heikkenemisen, laihtumisen, päänsäryn ja purema-arkuuden vuoksi. Laajoissa tutkimuksissa todettiin anemia ja tulehdusarvojen suureneminen. Ohimovaltimoiden kaikukuvauslöydös jäi vaskuliitin osalta negatiiviseksi, ja kainalovaltimoissa todettiin raja-arvoinen löydös. Jatkotutkimuksena tehtiin koko kehon aineenvaihdunnan FDG-PET-TT. Kolmen suunnan fuusiokuvissa sekä MIP-kuvassa (maximal intensity projection) havaitaan voimakkaat merkkiainekertymät suurten suonten eli aortan, siitä lähtevien suonten sekä raajojen suurten valtimoiden alueella kuten solis- ja kainalovaltimoissa.

**Suurten suonten vaskuliitit.** Yleisin primaarinen vaskuliitti on jättisoluarteriitti (aiemmin temporaalarteriitti eli ohimovaltimotulehdus), jonka ilmaantuvuus maailmanlaajuisesti on suurinta Pohjoismaissa. Kuvantamisen myötä on havaittu, että valtimotulehdusta esiintyy eri alueilla suurissa ja keskisuurissa suonissa, etenkin aortassa ja sen päähaaroissa, eikä kaikilla ole ohimovaltimotulehdusta.

Toinen suurten suonten vaskuliitti on Takayasun arteriitti, joka Suomessa on hyvin harvinaisen. Siinä yleisimmin affisioituneet suoni-alueet ovat solis- ja kaulavaltimot, mutta myös aortan muut haarat ja keuhkovaltimot voivat tulehtua. Molemmat sairaudet ovat yleisempiä naisilla, mutta jättisoluarteriitti esiintyy tyypillisesti yli 50–60-vuotiailla ja Takayasun arteriitti nuoremmilla (7).

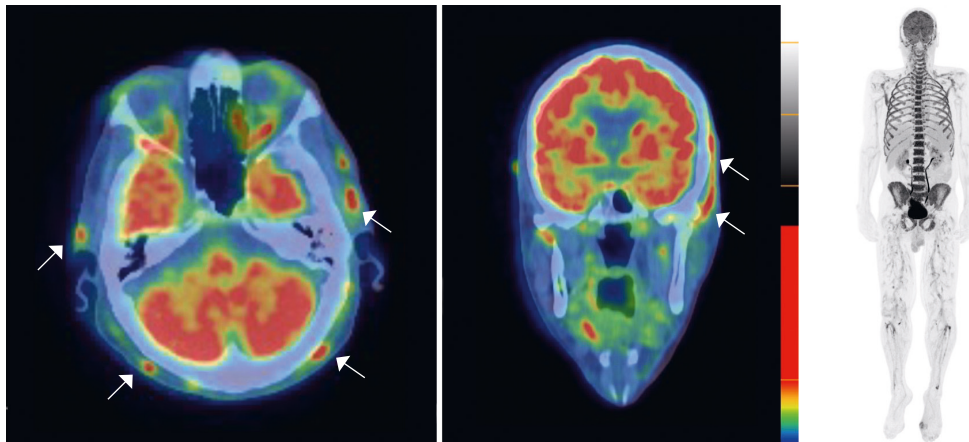
Eurooppalaisen suosituksen mukaan jättisoluarteriitin diagnostiikassa kuvantamista suositellaan kaikille ja mikäli kuvantamisessa vahvistuu taudin kliininen epäily, muita jatkotutkimuksia ei tarvita (5). Ohimo- ja kainalovaltimoiden kaikukuvaus on ensilinjan tutkimus, mikäli se on saatavilla. Seuraavana vaihtoehtona suositellaan PET- tai magneettikuvia keskuksen resurssien ja perehtyneisyyden mukaan. Jättisoluarteriitin diagnostisesta PET-TT-kuvantamisesta on vuosien hyvä tutkimusnäyttö, ja meta-analyysin mukaan tutkimuksen herkkyys on 76 % ja tarkkuus 95 % (5).

Suurten suonten vaskuliittien patogeneesissä verisuonen seinämän aktivoituneet makrofagit ovat keskeisiä tekijöitä. Makrofagit vastaavat

myös FDG:n sisäänotosta soluun tulehtuneen suonen seinämässä. Seurauksena todetaan tyypilliset kuvantamislöydökset eli lineaariset ja koko suonen ympäröivät kattavat FDG-kertymät aortassa ja aortan yläpuolisissa suurissa suonissa (KUVA 4). Aiemmin ohimovaltimoiden kuvantaminen PET:llä oli vaikeaa, kun huomioidaan suonten pienuus ja sijainti lähellä aivoja, joissa on runsas fysiologinen FDG-kertymä. Uuden sukupolven digitaalisen PET-kuvantamisen avulla myös pään alueen suonten tulehdusmuutosten tutkiminen onnistuu (KUVA 5) (5). Joskus havaitaan suurten suonten seinämämuutosten lisäksi kertymiä olka- ja polvinivelten, olka-, sarvennois (trokanter)- ja iskiasalueen bursien ympäristössä sekä kaula- ja lanneselän okahaarakkeiden välissä, mikä viittaa samanaikaisesti esiintyvään polymyalgia rheumaticaan.

Takayasun arteriitin ensisijainen kuvantamismenetelmä on magneettiangiografia, kun huomioidaan säderasituksen puuttuminen ja potilaiden nuorehko ikä (5). Myös PET-TT on hyvä Takayasun arteriitin tutkimus, joskin meta-analyysin mukaan herkkyys ja tarkkuus ovat heikompia kuin jättisoluarteriitin yhteydessä, noin 84 % (8). Tämä voi olla seurausta taudin luonteesta, jossa alkuvaiheen tulehdusta seuraa krooninen vaihe, jolloin ahtaumat ja aneurysmat ovat vallitsevia ilman merkittävää tulehdusta.

**Keskisuurten ja pienten suonten vaskuliitit.** Keskisuurten ja etenkin pienten suonten vaskuliittia epäiltäessä PET-TT:n erottelukyky



**KUVA 5.** Jättisoluarteriittimuutokset ohimovaltimoissa sekä vartalon suurissa ja keskisuurissa suonissa. Noin 75-vuotiaalla miehellä oli aikaisemmin todettu myelodysplastinen oireyhtymä. Potilasta tutkittiin kuumeilun, suurentuneiden tulehdusarvojen, niska-hartiaseudun kivun ja päänsäryn vuoksi. Ohimovaltimoiden kaikukuvauksessa todettiin halo, ja kompressiotesti oli positiivinen. Koko kehon aineenvaihdunnan FDG-PET-TT:ssä havaittiin pään alueen aksiaali- ja koronaalisuuntaisissa fuusiokuvissa sekä koko kehon MIP-kuvassa selvät kertymät ohimovaltimoissa ja niiden haaroissa, oksipitaali- eli takaraivovaltimoissa (nuolet) sekä reisien pienissä ja keskisuurissa valtimoissa. Jättisoluarteriitti varmistui myös ohimovaltimon kudospäätteestä. Kvantamislöydöksenä havaitaan luustossa reaktiivista muutosta, joka todennäköisesti liittyy potilaan sairastamaan veritautiin.

ei riitä sulkemaan pois vaskuliitin mahdollisuutta, ja tutkimustieto aiheesta on melko niukkaa. Kliinisessä työssä näitä vaskuliitteja voidaan tavata, kun kuvannetaan potilasta epäselvän tulehduksen vuoksi.

Polyarteritis nodosa eli valtimoiden kyhmytulehdus on harvinainen keskisuurten suonten vaskuliitti, jossa verisuonten tulehdusmuutoksia ja iskeemistä elinaffisiota tavataan etenkin munuaisissa, maha-suolikanavassa, iholla ja ääreishermostossa. Systeemisen polyarteritis nodosan ensisijainen diagnostinen kuvantamistutkimus on yleensä TT tai magneettikuvaus. PET-TT voi osoittaa tyypillisen, runsaan lineaarisen FDG-kertymän alaraajojen lihaksia ympäröivissä valtimoissa (”dirty muscle”) (9). Yksittäistapauksena on kuvattu ihon hypermetabolisten kertymien aiheuttama leopardimainen läiskäisyys potilaalla, jonka diagnoosina pidettiin alussa polyarteritis nodosaa, mutta geenitestissä todettiin somaattinen aikuisiällä alkava yksigeeninen autoinflammatorinen tauti VEXAS-oireyhtymä (10).

Neutrofiilien sytoplasmavasta-aineisiin (ANCA) liittyvissä vaskuliiteissa PET-TT-kvantamista käytetään lähinnä alkuvaiheessa, jos diagnoosi on epäselvä. Omassa aineistossamme PET-TT:ssä havaittiin diagnoosia helpottavia

löydöksiä kolmella kuudesta ANCA-vaskuliittipotilaasta (11). Voimakkaan tulehduksen yhteydessä voidaan havaita pienissä ja keskisuurissa alaraajavaltimoissa puunjuurimaista tehostumaa. Myös keuhkoissa, sinonasaali- ja munuaisalueella on kuvattu FDG-kertymää (12).

**Muut vaskuliitit.** Immunoglobuliini G4:ään liittyvä sairaus (IgG4-tauti) on tulehduksellinen ja fibroottinen yleissairaus, joka aiheuttaa hiipiviä yleisoireita, rauhas- ja haimatulehdusta sekä pseudotuumoreita. IgG4-sairauksessa tavataan myös aortan tulehdusta, joka voi johtaa aneurysmiin ja dissekoitumaan. PET-TT on avuksi diagnoosia haettaessa ja taudin levinneisyyttä arvioitaessa (13).

Isoloitunut aortiitti voi löytyä PET:llä, mutta sen varmentamiseksi saatetaan tarvita muuta kuvantamista, jotta se voidaan erottaa aortan dissekaatiosta, aneurysmasta, infektiosta tai muista aorttaa affisioivista sairauksista.

## Tautiaktiivisuuden seuranta PET-kvantamisella

Systeemisen vaskuliitin taudinkuvaan kuuluvat relapsit, jotka vaativat immunosuppressiivisen lääkityksen tehostamista. Toisaalta samankaltaisia oireita ja tulehdusarvojen suurenemista

aiheuttavat hoidon aikaiset infektiot.

Vaskuliittien tautiaktiivisuuden kuvantamis-seuranta koskeva tutkimusnäyttö on ristiriitaista, eikä suosituksia ole toistaiseksi annettu. Meta-analysissä tarkasteltiin jättisoluarteriitin hoidon aikaisia PET-kuvantamisia ja todettiin, että isolla osalla potilaista verisuonten seinämien FDG-kertymät vähenevät kliinisen tilanteen rauhoittuessa. Hoidon aikana PET:n diagnostinen osuvuus aktiivisen taudin osalta on kohtalainen (14). Osalla potilaista havaitaan valtimoiden seinämien jatkuva, diagnostisen raja-arvon ylittävää FDG-kertymää ilman korrelaatiota kliiniseen oirekuvaan. Löydöksen merkitys on epäselvä, mutta sen ajatellaan liittyvän kytevään vaskuliittiin tai suonen seinämän uudelleen muotoutumiseen (remodeling).

Viime vuosina tutkimuksissa on käytetty aktiivisuusmittarina PETVAS (PET vascular activity score) -pisteytystä, jossa summataan suurten suonten verisuonisegmenttien FDG-aktiivisuus. Suurempi lukuarvo kertoo aktiivisemmasta ja laajemmasta taudista. PETVAS-mittaria käyttämällä on seurantatutkimuksessa havaittu eri lääkehoitojen (prednisoloni, metotreksaatti ja tosilitsumabi) vähentävän verisuoniaktiivisuutta hieman eri tavoin (15).

Taudin aktiivisuutta ja relapseja havaitsevien luotettavien kuvantamismenetelmien puute on ongelma käytännön työssä. Toistaiseksi hoidon intensiivisyyttä ja kestoa joudutaan arvioimaan pitkälti kliinisin perustein.

## PET-kuvantamisen sudenkuoppia ja huomioita

PET-TT-kuvantamisessa tulee esiin yllättäviä löydöksiä, jotka eivät selitä potilaan oireistoa. Usein fokaaliset kilpirauhaskertymät edustavat hyvänlaatuisia adenoomia, joskin kilpirauhassyöpiäkin löytyy (16). Voimakkaat kertymät keuhkoissa ilman anatomista vastinetta edustavat mikroembolisaa tiota. Metformiini-lääkitys voi aiheuttaa runsasta aktiivisuutta suolistossa. Suolistoalueen paikallisten kertymäpesäkkeiden jatkotutkimuksiin voidaan tarvita tähyystutkimuksia. Tyypillisiä löydöksiä ovat myös ihon tulehdusmuutokset ja niveltulehdukset sekä reaktiiviset kertymät imusolmukkeissa,

esimerkiksi kainaloiden ja välikarsinan alueella. Osa löydöksistä on merkityksettömiä. Kanada-laistutkimuksen mukaan noin 30–40 % potilaista ohjautuu jatkotutkimuksiin PET-TT:ssä löytyneen sattumalöydöksen vuoksi (17).

Alaraajojen keski suurten valtimoiden alueella voi esiintyä korostuneita suonikertymiä, jotka viittaavat tulehdukseen tai ateroskleroosiin, mutta PET-laitteiden kehityksen myötä ne kuvautuvat ilman kliinistäkin merkitystä. Vahvan tulehduksen yhteydessä havaitaan runsas aktiivisuus luuytimessä. Toisaalta luuytimen sairaudet, etäpesäkkeet ja valkosolukasvutekijä voivat aiheuttaa poikkeuksellisen aktiivisuuden (KUVA 5).

FDG-PET-kuvantamisessa eivät välttämättä näy neuroendokriiniset kasvaimet, eturauhassyöpä, adenocarcinoma in situ ja yleensä hitaasti kasvavat hyvin erilaistuneet syövät sekä hyvin pienet syövät. PET-TT:n TT on yleensä säädetty kuvausarvoltaan tavanomaista diagnostista TT-kuvaa pienemmäksi sädeannoksen vähentämiseksi. Siksi kuva on kohinaisempi ja resoluutio heikompi ja FDG-negatiivisten muutosten havaitseminen voi olla haastavaa. Diagnostinen varjoaine-TT voidaan tarvittaessa tehdä PET-TT:n yhteydessä.

## PET-kuvantamisen tulevaisuus

**Uudet kamerajärjestelmät.** Uusi tärkeä kehitysaskel on uuden sukupolven koko kehon PET (total body PET), jossa kameran kuvausala on 106 cm verrattuna aiempaan 20–25 cm. Koko kehon PET on herkempi kuin tavanomainen PET, ja kuvausaika on vain muutamia minutteja. Kaikki keskeiset elimet saadaan kuvatuksi samanaikaisesti. Lisääntynyt herkkyys mahdollistaa radioaktiivisen merkkiaineannoksen pienentämisen, jolloin potilaan saama sädeannos pienenee ja merkkiainetta riittää useammalle potilaalle. Toistaiseksi Suomen ainoa koko kehon PET-laite on Turussa.

**Uudet merkkiaineet.** FDG:n ongelmana on epäspesifisyys verisuonitulehduksien yhteydessä, minkä vuoksi uusia, etenkin immuunijärjestelmän soluihin kohdentuvia, merkkiaineita tutkitaan. Makrofagit ja T-solut ovat todennäköisiä keskeisiä tekijöitä suurten suonten tau-

## Ydinasiat

- ▶ Vaskuliitit ovat harvinaisia verisuonten tulehduksellisia sairauksia, jotka pahimmillaan aiheuttavat vakavia elimien toimintahäiriöitä.
- ▶ Oirekuva voi olla epämääräinen, jolloin PET-kuvantaminen saattaa paljastaa diagnoosin etenkin suurten ja keskisuurten suonten vaskuliiteissa.
- ▶ Kuvantaminen kannattaa tehdä kolmen vuorokauden kuluessa glukokortikoidihoidon aloituksesta.
- ▶ Vaskuliittien eri kuvantamismenetelmät täydentävät toisiaan.
- ▶ Toistaiseksi PET-TT ei sovellu verisuonitulehduksen hoitovasteen seurantaan.

tien patogeenisissä. Makrofageihin kohdistuvia tutkimuskäytössä olevia merkkiaineita ovat etenkin folaattireseptori, translokaattoriproteiini (TSPO), mannoosireseptori CD206 ja verisuonikasvutekijä VEGF. T-soluihin kohdistuva IL-2-reseptoriin sitoutuva merkkiaine on myös mielenkiinnon kohde (18).

Viime vuosina kuvantaminen FAP:n (fibroblast activation protein alpha) estäjillä (FAPI) on ollut laajan tutkimuksen kohteena syöpätaudeissa, mutta myös tulehduskuvantamisessa.

Yksittäisten potilastapausten perusteella FAPI on osoittanut verisuonten tulehdusmuutoksia IgG4-taudissa ja jättisoluarteriitissa (18).

**PET-magneettikuvaus.** PET-kamera voidaan yhdistää myös magneettikuvauslaitteeseen, ja näitä PET-magneettikuvaushybridilaitteita on Suomessa kaksi. PET-magneettikuvaus-etuksena on vähäisempi säderasitus ja erinomainen pehmytkudosten erottelukyky. Mikäli verisuonen seinämiä halutaan tarkastella, tulee tutkimuksen sisältää verisuonen seinämän kuvaukseen tarkoitettuja kuvasarjoja tehosteaineella. PET-magneettikuvaus-etuksena on, että kuvausalueen laajentaminen heikentää resoluutiota ja pidentää kuvantamisaikaa, joten vartalon verisuonten kuvantaminen on erittäin vaativaa.

## Lopuksi

PET-kuvantaminen on tuonut uuden ulottuvuuden vaskuliittien diagnosointiin, ja sen merkitys on keskeinen etenkin suurten ja keskisuurten suonten vaskuliittien tutkimisessa. Vaskuliittien diagnosointi on haastavaa eikä kaikkia menetelmiä ole aina saatavilla, joten klinikon on hyvä tietää oman keskuksensa kuvantamismodaliteetit. Oirekuvan ja kuvantamislöydöksen vastaavuus voi olla epäselvä, jolloin yhteistyö klinikon ja kuvantamislääkärin välillä on tärkeää. ■

### KIRSI TAIMEN, LT, reumatologian erikoislääkäri

Reumatologian ja kliinisen immunologian keskus, Turun yliopistollinen keskussairaala ja Turun yliopisto

### LAURA PIRILÄ, LT, dosentti, reumatologian, sisätautien, geriatrian erikoislääkäri

Reumatologian ja kliinisen immunologian keskus, Turun yliopistollinen keskussairaala ja Turun yliopisto

### MIKKO NYMAN, LT, dosentti, radiologian erikoislääkäri

Tyks kuvantaminen ja Turun yliopisto

### LAURA RYYPÖ, LL, sisätautien ja reumatologian erikoislääkäri

Reumatologian ja kliinisen immunologian keskus, Turun yliopistollinen keskussairaala ja Turun yliopisto

### MARKO SEPPÄNEN, LT, dosentti, kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen erikoislääkäri

PET-keskus, Turun yliopistollinen keskussairaala ja Turun yliopisto

### VASTUUTOIMITTAJA

Helka Parviainen

### SIDONNAISUUDET

**Kirsi Taimen:** Luentopalkkio/asiantuntijapalkkio (Vifor Pharma, Abbvie, Amgen, UCB, Janssen), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Pfizer, UCB, Janssen), hankkeet (Terveyskylän Reumatalon projektipäällikkö), muut sidonnaisuudet (kliininen lääketutkimus: Novartis (tutkija), osakeomistus: Orion)

**Laura Pirilä:** Luentopalkkio/asiantuntijapalkkio (Novartis, MSD Finland, Bristol-Myers-Squibb, Abbvie, Eli Lilly Finland, UCB, Fresenius Gabi, Celltrion Healthcare Finland, Boehringer-Ingelheim, Labquality, Swedish Orphan Biovitrum), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Orion Finland, Amgen), luottamustoimet (Duodecim in valtuuskunta), hankkeet (THL:n reumatologian laaturekisteri, Reumasairaudet-kirjan toimittaja)

**Mikko Nyman:** Muut sidonnaisuudet (iRad Oy, IT-konsultointia)

**Laura Ryyppö:** Apuraha (Reumasäätiö, TYKS, Duodecim), luentopalkkio/asiantuntijapalkkio (Abbvie), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Abbvie, Medac), luottamustoimet (Lääkäriliiton aluekoordinaattori, Lääkäriliiton edunvalvontavaliokunnan jäsen)

**Marko Seppänen:** Luentopalkkio/asiantuntijapalkkio (GE Healthcare, Astellas, Janssen-Cilag, Bayer), muut sidonnaisuudet (Irad Molecular Imaging, hallituksen jäsen)

## KIRJALLISUUTTA

1. Slart RHJA. FDG-PET/CT(A) imaging in large vessel vasculitis and polymyalgia rheumatica: joint procedural recommendation of the EANM, SNMMI, and the PET Interest Group (PIG), and endorsed by the ASNC. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2018;45:1250–69.
2. Betrains A, Boeckxstaens L, Moreel L, ym. Higher diagnostic yield of 18F-FDG PET in inflammation of unknown origin compared to fever of unknown origin. *Eur J Intern Med* 2023;110:71–6.
3. Haidar G, Singh N. Fever of unknown origin. *N Engl J Med* 2022;386:463–77.
4. Nielsen BD, Gormsen LC, Hansen IT, ym. Three days of high-dose glucocorticoid treatment attenuates large-vessel 18F-FDG uptake in large-vessel giant cell arteritis but with a limited impact on diagnostic accuracy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2018;45:1119–28.
5. Dejacó C, Ramiro S, Bond M, ym. EULAR recommendations for the use of imaging in large vessel vasculitis in clinical practice: 2023 update. *Ann Rheum Dis* 2024;83:741–51.
6. Rhee RL, Rebello R, Tamhankar MA, ym. Combined orbital and cranial vessel wall magnetic resonance imaging for the assessment of disease activity in giant cell arteritis. *ACR Open Rheumatol* 2024;6:189–200.
7. Ponte C, Grayson PC, Robson JC, ym. 2022 American College of Rheumatology/EULAR classification criteria for giant cell arteritis. *Ann Rheum Dis* 2022;81:1647–53.
8. Soussan M, Nicolas P, Schramm C, ym. Management of large-vessel vasculitis with FDG-PET. *Medicine* 2015;94:e622.
9. Fagart A, Machet T, Collet G, ym. Concise report Fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography findings in a first series of 10 patients with polyarteritis nodosa. *Rheumatology* 2022;61:1663–8.
10. Fagart A, Quemeneur T, Collet G, ym. A “leopard man” aspect on 18F-FDG PET/CT revealing a VEXAS syndrome. *Clin Nucl Med* 2023;48:e33–4.
11. Taimen K, Salomäki SP, Hohenthal U, ym. The clinical impact of using 18F-FDG-PET/CT in the diagnosis of suspected vasculitis: the effect of dose and timing of glucocorticoid treatment. *Contrast Media Mol Imaging* 2019;9:157637.
12. Soussan M, Abisror N, Abad S, ym. FDG-PET/CT in patients with ANCA-associated vasculitis: case-series and literature review. *Autoimmun Rev* 2014;13:125–31.
13. van der Geest KSM, Slijkhuis BGC, Tomelleri A, ym. Positron emission tomography imaging in vasculitis. *Cardiol Clin* 2023;41:251–65.
14. van der Geest KSM, Treglia G, Glaudemans AWJM, ym. Diagnostic value of [18F]FDG-PET/CT for treatment monitoring in large vessel vasculitis: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2021;48:3886–902.
15. Schönau V, Roth J, Tascilar K, ym. Resolution of vascular inflammation in patients with new-onset giant cell arteritis: data from the RIGA study. *Rheumatology* 2021;60:3851–61.
16. de Leijer JF, Metman MJH, van der Hoorn A, ym. Focal thyroid incidentalomas on 18F-FDG PET/CT: a systematic review and meta-analysis on prevalence, risk of malignancy and inconclusive fine needle aspiration. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2021;12:723394.
17. Hans V, Abele J, Yacyshyn E. Incidental findings on FDG-PET/CT in large vessel vasculitis. *Clin Rheumatol* 2023;42:2163–71.
18. van der Geest KSM, Sandovici M, Nienhuis PH, ym. Novel PET imaging of inflammatory targets and cells for the diagnosis and monitoring of giant cell arteritis and polymyalgia rheumatica. *Front Med (Lausanne)* 2022;9:902155.