# 

# VATSAN ALUEEN TIETOKONETOMOGRAFIA (TT) -TUTKIMUKSET

– SUOSITUKSET OMIEN KUVAUSKÄYTÄNTÖJEN KEHITTÄMISEEN

# ESIPUHE

## 

Tietokonetomografialaitteiden (TT) kehittymisen myötä on TT-tutkimusten määrä ja niiden aiheuttama osuus väestön kollektiivisesta annoksesta noussut huomattavasti. Dose datamed II (2014) tutkimuksen mukaan Euroopassa suurin osa TT-tutkimuksista kohdistuu pään alueelle, mutta vatsan alueen kuvaukset aiheuttavat keskimäärin suurimmat efektiiviset annokset ja suurimman osuuden väestön kollektiivisesta annoksesta. Stuk:n raportin A263 (Bly et al. 2020) sekä siihen liittyvän tutkimusjulkaisun (Bly et al. 2020) perusteella TT:n osuus kollektiivisesta radiologian säteilyannoksesta oli vuonna 2018 noussut jo 70 %: iin, mikä tekee TT:n oikeutuksen ja optimoinnin onnistuneesta toteutuksesta erityisen tärkeän kohteen radiologiassa.

Kuvausindikaatiot vatsan alueella ovat lisääntyneet ja diagnostinen vaatimustaso on samalla noussut. TT-laitteen käyttäjien suurin haaste on määritellä vaihteleviin kuvausindikaatioihin optimaalinen kuvanlaadun ja sädeannoksen välinen tasapaino. Vatsan alueella se on erityisen hankalaa, koska vatsan elinten diagnostiikassa on pienten tiheyserojen näkyminen usein tärkeää. Eri tutkimuskeskusten välillä on todettu huomattavia eroja tutkimuskäytännöissä ja sädeannoksissa samoilla kliinisillä indikaatioilla ja samoilla laitteilla kuvattaessa, joten optimoinnissa lienee ongelmia. Moderneilla TT-laitteilla on kuitenkin useita mahdollisuuksia säteilyaltistuksen pienentämiseen, mutta niiden toteutuminen riippuu siitä, osataanko laitetta käyttää oikein.

Suomen Radiologiyhdistyksen alainen Suomen Vatsaradiologien työryhmä (Airi Jartti, Eila Lantto, Eija Pääkkö, Johanna Vuorte ja Irina Rinta-Kiikka) laati ohjeistukset eri kliinisillä indikaatioilla tehtäviin vatsan alueen TT-tutkimuksiin alun perin tammikuussa 2012. Työryhmän lisäksi alkuperäisen version laadinnassa arvokkaita neuvoja ja kommentteja antoivat myös Minna Husso, Päivi Laarne, Anne Konola, Riitta Leppäsalko, Ulla Nikupaavo, Markku Pöllänen ja Hanna Toivanen.

Tämä ohjeistus on päivitetty versio alun perin tammikuussa 2012 laadituista ohjeista.

Ohjeistukset perustuvat soveltuvin osin kansainvälisiin suosituksiin, tieteellisiin tutkimuksiin sekä työryhmän jäsenten pitkälliseen kokemukseen vatsan alueen diagnostiikasta. ja niitä suositellaan käytettävän apuna aikuisten kuvantamisessa, kun TT-yksikkö kehittää omia kuvauskäytäntöjään.

Kesäkuussa 2021

Mika Kortesniemi, mika.kortesniemi@hus.fi

Tiina Lehtimäki, tiina.lehtimaki@hus.fi

Tiina-Talvikki Lehtimäki, tiina.lehtimaki@kuh.fi

Irina Rinta-Kiikka, irina.rinta-kiikka@pshp.fi

Johanna Virtanen, johanna.virtanen@tyks.fi

Sanna Konstari, sanna.konstari@ppshp.fi

Aida Steiner, aida.steiner@tyks.fi

Olli Lahtinen, olli.lahtinen@kuh.fi

# SISÄLLYSLUETTELO

[VATSAN ALUEEN TIETOKONETOMOGRAFIA (TT) -TUTKIMUKSET 0](#_Toc73697315)

[ESIPUHE 1](#_Toc73697316)

[SISÄLLYSLUETTELO 2](#_Toc73697317)

[1. JOHDANTO 4](#_Toc73697318)

[2.1. Yleiset kuvanlaadun ja sädeannoksen optimoinnin periaatteet 6](#_Toc73697319)

[2.2. Laiteteknisten ominaisuuksien hyödyntäminen 8](#_Toc73697320)

[2.2.1. Putkivirta ja annosmodulaatio 8](#_Toc73697321)

[2.2.2. Putkijännite ja sen säätäminen 10](#_Toc73697322)

[2.2.3. Adaptiivinen kollimaatio 11](#_Toc73697323)

[2.2.4. Iteratiivinen ja tekoälyyn perustuva rekonstruktio 11](#_Toc73697324)

[2.3. Vatsan alueen tutkimuksissa tarvittavan kuvanlaadun määrittäminen 11](#_Toc73697325)

[2.3.1. Suonensisäisen varjoaineen käyttö, eri kuvausvaiheet ja niiden ajoitus 12](#_Toc73697326)

[3. SÄDEANNOKSEN SUUREET JA VERTAILUTASOT 16](#_Toc73697327)

[3.1. Vertailutasojen ongelma 16](#_Toc73697328)

[4. MITÄ KANNATTAA TEHDÄ, KUN POTILAS ON LIHAVA/ HYVIN ISOKOKOINEN 18](#_Toc73697329)

[5. YLEISET ESIVALMISTELU- JA VARJOAINEEN KÄYTÖN OHJEET 19](#_Toc73697330)

[5.1. Paasto ja suoliston tyhjennys 19](#_Toc73697331)

[5.2. Suolivarjoaineen juotto 19](#_Toc73697332)

[5.3. Peräsuolen kautta annettavat varjoainetäytöt 19](#_Toc73697333)

[5.4. Virtsarakkoon annettava varjoaine 20](#_Toc73697334)

[5.5. Suonensisäisen varjoaineen käyttö 20](#_Toc73697335)

[5.6. Munuaisten toiminnan tarkistaminen ja mahdollinen nesteytys 21](#_Toc73697336)

[6. REKONSTRUKTIOSUODATTIMEN JA LEIKEPAKSUUDEN VALINTA 22](#_Toc73697337)

[7. KUVAUSSUOSITUKSET ERI KLIINISISSÄ INDIKAATIOISSA 22](#_Toc73697338)

[7.1. Vatsan yleistutkimus l. vatsa laskimovaiheessa 23](#_Toc73697339)

[7.2. Vatsa valtimo- ja laskimovaiheessa 24](#_Toc73697340)

[7.3. Vartalon yleistutkimus 25](#_Toc73697341)

[7.4. Vartalo; lymfooma ja sen kontrollit 26](#_Toc73697342)

[7.5. Akuutti vatsa 27](#_Toc73697343)

[7.6. Maksatuumori 28](#_Toc73697344)

[7.7. Haimatuumori 29](#_Toc73697345)

[7.8. YLÄ-GI-KANAVA POSTOPERATIIVINEN /LEKAASIEPÄILY 30](#_Toc73697346)

[Varjoaine: 30](#_Toc73697347)

[7.9. ALA-GI-KANAVA POSTOPERATIIVINEN/REKTUMLEKAASI (MATALA SAUMA) 31](#_Toc73697348)

[7.10. Virtsatiekivi / kylkikipu TT 32](#_Toc73697349)

[7.11. Munuaistuumori 33](#_Toc73697350)

[7.12. TT-urografia 34](#_Toc73697351)

[7.13. Lisämunuaistuumori 35](#_Toc73697352)

[7.13.1. Lisämunuaislöydöksen tulkinnasta 36](#_Toc73697353)

[7.14. Ruokatorvi- ja ventrikkelituumori 37](#_Toc73697354)

[7.15. Kolorektaalituumorin primaaritutkimus 38](#_Toc73697355)

[7.16. Ohutsuoli 39](#_Toc73697356)

[7.16.1. Esimerkki ohutsuolen tyhjennyksestä 40](#_Toc73697357)

[7.17. Paksusuolen TT – eri keskuksissa eri käytäntöjä-tarkistettava! 41](#_Toc73697358)

[7.17.1. Edeltävänä päivänä suolen sisällön merkkaus ja nestemäinen dieetti 41](#_Toc73697359)

[7.17.2. Tyhjennys ns. kuiva- tai märkätekniikalla suolen sisällön merkkauksen jälkeen 42](#_Toc73697360)

[7.18. Vatsavammat 44](#_Toc73697361)

[7.19. Vuotoangio 45](#_Toc73697362)

[7.20. Suoli-iskemia 46](#_Toc73697363)

[7.21. Aortta 47](#_Toc73697364)

[7.22. Munuais- tai viskeraaliangiografia 48](#_Toc73697365)

[8. KIRJALLISUUTTA 49](#_Toc73697366)

# 1. JOHDANTO

Oikeutusarviointi on TT-tutkimuksissa oleellisen tärkeää. Tutkimuksen tulee olla kliinisesti perusteltu ja se tulee tehdä indikaation mukaisesti laaditulla kuvausprotokollalla.

Julkaisujen mukaan kuvanlaatu on usein parempi ja sädeannos suurempi kuin kliininen indikaatio tai diagnostiikka vaatisi. Etenkin nuorilla ihmisillä ja benigneissä taudeissa tulisi suosia matalamman sädeannoksen kuvaustapaa. Sen sijaan henkeä uhkaavissa tilanteissa tai mahdollista maligniteettia haettaessa on suurempi säteilyaltistus oikeutettu, koska niissä väärän diagnoosin aiheuttama riski on säteilyn aiheuttamaa riskiä suurempi. ALARA (as low as reasonable achievable) –periaate kuuluu oleellisena osana TT-työskentelyyn.

Monileikelaitteella on mahdollisuuksia sädeannoksen alentamiseen, mutta annossäästön toteutuminen riippuu koneen käyttötavoista. Automaattinen putkivirran modulaatio tai kilovoltin automaattinen valinta eivät vapauta käyttäjää kuvausparametrien valinnalta. Käyttäjän on hallittava oma laitteensa, sillä eri laitevalmistajien tapa määritellä haluttu kuvanlaatu poikkeaa toisistaan. Kun aiemmin käyttäjä valitsi putkivirran (mA) tai sähkömäärän (mAs), hänen täytyy nyt ymmärtää, miten kuvanlaatu määritellään kohinaindeksin (NI), standardideviaation (SD), referenssi mAs:n tai referenssikuvan avulla. Lisäksi eri kokoisten ja erilaisten varjoainetehostumien kohdalla tulee harkita optimaalisen kilovoltin valintaa, sekä varjoaineen annon ajallista hallintaa kuvausviiveineen. Kuvanlaadun ja sädeannoksen tasapainotukseen tarjoaa parhaat edellytykset TT:aan perehtyneen röntgenhoitajan, radiologin ja fyysikon hyvä yhteistyö.

Nyt esitetyt tutkimusohjeet on laadittu kliinisen indikaation ja sen asettamien vaatimusten mukaisesti. Ohjeistuksessa on määritelty mm. suositukset esivalmisteluista, suonensisäisen varjoaineen käytöstä, tarvittavista kuvausvaiheista ja kuvattavista elinalueista. Sen sijaan esim. putkivirran (mA, mAs) tai kuvanlaatuindikaattorin (NI, quality ref. mAs, DRI, SD) arvoja ohjeissa ei voida antaa, koska ne vaihtelevat laitemerkeittäin ja laitteittain. Niiden tilalla ohjeistuksessa on kerrottu millaista kuvanlaatua onnistunut diagnostiikka edellyttää. Kuvanlaadun käyttäjä valitsee laitteelleen ominaisen kuvanlaatuindikaattorin avulla. Kuvanlaadun vaatimus on luokiteltu ohjeistuksessa seuraavasti:

*Korkea kuvanlaatu*

* kuvien kohinatason on oltava matala
* jolloin tutkimus vaatii suuremman sädeannoksen (+25, mutta voi olla jopa +50 % vrt. keskitasoiseen)
* soveltuu esim. maksa- tai haimatuumoridiagnostiikkaan

*Keskitasoinen kuvanlaatu*

* kuvien kohinataso saa olla keskitasoa
* jolloin sädeannos on keskitasoa
* soveltuu esim. syövän rutiinikontrolleihin

*Tyydyttävä kuvanlaatu*

* kuvissa saa olla melko runsaasti kohinaa
* jolloin sädeannos on matala (-25 %, voi olla myös matalampi vrt. keskitasoiseen)
* soveltuu esim. akuutin vatsan diagnostiikkaan

*Välttävä kuvanlaatu*

* kuvissa saa olla hyvin runsaasti kohinaa
* jolloin sädeannos on huomattavan matala (-65 % vrt. keskitasoiseen)
* soveltuu esim. virtsatiekiven diagnostiikkaan

Yleiset esivalmisteluohjeet, suonensisäisen varjoaineen käytön ohjeet, kuvausviiveet ym. on esitelty yleisessä osiossa ja varsinaisissa kliinisen indikaation mukaisissa ohjeissa niihin vain viitataan.

Ohjeissa ei ilmoiteta sädeannoksille suositeltavia vertailutasoja tai raja-arvoja, koska uusin laitetekniikka saattaa mahdollistaa huomattavan annossäästön. Sitä ei ole huomioitu vertailutasoissa tai esimerkiksi EU:n suosituksissa, joissa arvot ovat toistaiseksi elinalue- eivätkä indikaatiokohtaisia. Nykyiset vertailutasot ovat siis pääsääntöisesti edelleen liian korkeita uusimpien laitteiden käyttäjille ja toisaalta liian matalia joillekin kliinisille indikaatioille. Tästä syystä kliinisten indikaatioiden mukaisesti ryhmitelty tarkastelutapa onkin työn alla. Tätä ei ole kuitenkaan vielä tätä vatsan TT-kuvantamisen ohjeistusta päivitettäessä käytettävissä, joten se huomioidaan seuraavaa vatsan TT-kuvantamisen ohjeistuksen päivitystä tehdessä.

# 2. KUVANLAADUN JA SÄDEANNOKSEN OPTIMOINTI TT-TUTKIMUKSISSA

TT:ssa kuvanlaatu paranee sädeannoksen kasvaessa. Kuvanlaatu ja sädeannos riippuvat TT-laitteen teknisistä ominaisuuksista, kuvattavasta kohteesta ja erityisesti laitteen käyttö- ja kuvaustavoista.

Kuvanlaatu on sitä parempi, mitä paremmin siitä erottaa pieniä tiheyseroja (=kontrastierotuskyky, kontrastiresoluutio) tai hienoja yksityiskohtia (=paikkaerotuskyky, spatiaaliresoluutio). Näiden merkitys vaihtelee eri kuvausindikaatioilla ja eri elinalueilla, mutta vatsan alueella tärkein laadun mittari on useimmiten pienten tiheyserojen havaitseminen. Se määräytyy kohinan ja artefaktien perusteella. Kohinaan ja artefakteihin vaikuttaa kuitenkin myös kuvanlaskenta, jonka osalta iteratiiviset rekonstruktiot ja uusimpana tekniikkana tekoälyyn perustuvat rekonstruktiot ovat joissain tapauksissa muuttaneet optimoinnin ratkaisuja. Sädeannoksen ja kuvausarvojen pienentäminen lisää aina kuvan kohinaa, joka huonontaa kuvanlaatua ja pääsääntöisesti pienten tiheyserojen näkymistä.

Kohinaa voidaan määrällisesti kuvata TT-kuvan tiheyden tai oikeammin suhteellista vaimennusta kuvaavan kontrastiarvon (Hounsfield unit, HU) keskihajontana (SD). Se on kääntäen verrannollinen säteilyannoksen neliöjuureen siten, että sädeannoksen lasku lisää kohinaa ja päinvastoin. Kohinaan vaikuttavat useat tekijät, kuten putkivirta (mA), kuvausaika (s), putkijännite (kV), potilaan paino, pitch, leikepaksuus sekä rekonstruktiomenetelmä ja –suodatin (ns. kerneli). Näistä putkivirralla ja kuvausajalla on suora yhteys säteilyannokseen. Kohinalla on tärkeä vaikutus matalankontrastin erotuskykyyn, sillä runsas kohina voi peittää esimerkiksi maksapesäkkeen. Sen sijaan sellaisilla elinalueilla, joissa on luonnostaan korkea löydöksen ja taustan välinen kontrastiero, on korkea kohinataso täysin hyväksyttävää. Protokollia laadittaessa on syytä muistaa, että pienillä tai hoikilla ihmisillä sallitaan elinten väliltä puuttuvan rasvan vuoksi yleensä vähäisempi kohinataso kuin isoilla tai lihavilla potilailla.

Kuvan kontrastimääräytyy monimutkaisemmin kuvaus- ja rekonstruktioparametrien perusteella. Se riippuu putkijännitteestä (kV), mutta on riippumaton putkivirrasta/sähkömäärästä (mAs). Putkijännitteen pudotus laskee jyrkästi sädeannosta, mutta lisää kuvan kontrastia, kun taas sen nosto kasvattaa jyrkästi sädeannosta, mutta puolestaan vähentää kontrastia.

TT-laitteissa on laitevalmistajien välillä merkittäviä eroja mm. laitteiden geometriassa, röntgensäteilyn suodatuksessa, ilmaisimien tehokkuudessa, kohinatasossa ja rekonstruktioalgoritmeissa. Siten sama putkivirta, rotaatioaika, putkijännite ja leikepaksuus eivät tarkoita, että eri laitteiden kuvissa näkyisi saman verran kohinaa tai että kuvien tarkkuus tai tekstuuri olisivat samat. Tämän takia kuvausarvoja ei saa siirtää suoraan erimerkkisestä tai eri-ikäisestä laitteesta toiseen, vaan optimointi on tehtävä laitekohtaisesti ja ymmärrettävä, miten yhdenmukainen kuvanlaatu voidaan saavuttaa parhaiten eri laitteilla.

Kuvanlaadun ja sädeannoksen optimoinnin periaatteet voidaan jakaa yleisiin optimoinnin periaatteisiin, laiteteknisten ominaisuuksien hyödyntämiseen ja tutkimusindikaation mukaisiin periaatteisiin.

## 2.1. Yleiset kuvanlaadun ja sädeannoksen optimoinnin periaatteet

Optimointia edeltää aina *oikeutusarviointi*. Siitä ovat vastuussa sekä hoitava lääkäri että radiologi. Oikeutusarviointi sisältää kaksi tärkeää osaa: arvion siitä, onko TT-tutkimus yleensä oikeutettu lähetteessä mainituilla tiedoilla ja indikaatiolla sekä arvion siitä, millaista kuvanlaatua ko. indikaatio edellyttää kyseisellä potilaalla. Kuvausparametrit on määriteltävä tutkimusindikaation, potilaan iän ja koon sekä kuvattavan elinalueen mukaisesti. Varsinkin lapsilla, nuorilla ja raskaana olevilla on aina harkittava, voiko TT-tutkimuksen korvata säteettömällä vaihtoehdolla, kuten ultraääni- tai magneettitutkimuksella.

TT-tutkimuksia saa tehdä vain siihen *hyvin perehdytetty henkilökunta*. TT-yksikössä tulee olla vastuuhoitaja ja -lääkäri, jotka huolehtivat tutkimusprotokollien asianmukaisuudesta ja tutkimuksia tekevän henkilökunnan koulutuksesta. Lisäksi työryhmässä tulisi olla mukana asiaan perehtynyt fyysikko.

Potilas on *valmisteltava* tutkimukseen *huolellisesti*. Tutkimuksen vaatima yhteistyökyky on varmistettava. Esivalmistelun mahdollisesti vaatima paasto, nesteytys, suolivarjoaineen juominen ja tiiviin materiaalin poisto vaatteista on tehtävä huolella. Potilas tulee *asetella hyvin keskelle* kuvausaukkoa, sillä epäsymmetrinen asettelu huonontaa kuvanlaatua ja nostaa sädeannosta. 6 cm keskitysvirhe voi nostaa kohinaa tapauskohtaisesti jopa kymmeniä prosentteja, jolloin automaattinen putkivirran modulaatio voi jopa kaksinkertaistaa putkivirran. Vatsaa kuvattaessa kädet ja käsivarret on nostettava hartiatason yläpuolelle. Ellei se ole mahdollista, kädet asetellaan vatsan päälle niin, että potilaan ja hänen käsivarsiensa väliin laitetaan tyyny artefaktien vähentämiseksi.

*Suunnittelukuva (planning radiograph;* laitekohtaisena terminä topogrammi, scout tai scanogrammi) vaikuttaa oleellisesti annosmodulaatioon laitevalmistajasta riippuen. Topogrammi tulee ottaa vain tarvittavalta alueelta, mutta sen tulee kuitenkin kattaa koko kuvattava alue, jotta annosmodulaatio toimisi oikein. Kannattaa tarkistaa oman koneen topogrammin oikea käyttö laitevalmistajalta ja sairaalafyysikolta kussakin tapauksessa sekä etenkin uuden koneen käyttöönoton yhteydessä.

Potilaalle on valittava aina *kliinisen indikaation mukaisesti laadittu kuvausprotokolla*. Eri indikaatioille tulee olla etukäteen laaditut kuvausohjeet, joihin on määritelty tarvittavat kuvausalueet, kuvasarjojen määrä, haluttu kuvanlaadun ja sädeannoksen taso, varjoaineen käytön ohjeet ja muut mahdolliset ohjeet. *Kuvasarjojen määrä minimoidaan*. Useimmiten riittää yksivaiheinen varjoainekuvaus, sillä monivaiheinen kuvaus on hyödyllinen vain tietyillä indikaatioilla. Turhia natiivisarjoja varjoainekuvauksen yhteydessä tulee välttää, sillä niistä on hyötyä vain muutamissa tilanteissa, kuten lisämunuais- ja munuaistuumoreiden diagnostiikassa.

Niissä tilanteissa, joissa voidaan hyödyntää kaksoisenergiakuvantamista ja tehdä kuvauksen jälkeen laskennalliset virtuaalinatiivisarjat, kannattaa tekniikkaa hyödyntää. Myös kaksoisenergia-tekniikkaa hyödynnettäessä on tärkeää tarkistaa kokonaissädeannos eri menetelmillä kuvattaessa.

Kivet ja kalkkeumat voi erottaa varjoaineesta *ikkunoimalla* tarvittaessa kuvat leveämmiksi.

*Kuvausalueet* *rajataan* tarkasti, sillä niiden venyttäminen kohteena olevien anatomisten alueiden ulkopuolelle ei lisää tutkimuksesta saatavaa hyödyllistä informaatiota. *Kuvausarvot* määritellään kuhunkin protokollaan *indikaation* vaatiman kuvanlaadun mukaisesti.

Useimmissa kliinisissä tilanteissa on käyttökelpoisinta *kuvata ohuilla ja katsella paksummilla* leikkeillä. Kun kuvaus tapahtuu lähes isotrooppisesti (eli vokselin kaikki sivut ovat suurin piirtein saman pituisia ja tyypillisesti suuruusluokkaa 1 mm tai pienempi), saadaan kuvatiedosta rekonstruoitua hyvänlaatuisia leikekuvia kaikissa halutuissa katselusuunnissa.

Kun käytössä on vähintään 64-leikkeinen TT-laite, ei kapeimpien leikkeiden käyttö nosta sädeannosta, mikäli *haluttu kuvanlaadun taso* valitaan oikein eli se *määritellään paksumpien* *rekonstruoitavien leikkeiden perusteella*. Haluttu kuvanlaatu siis valitaan siten, että se on paksummissa leikkeissä (esim. 3 mm) diagnostinen, mutta kapeissa leikkeissä kohinaa saa olla runsaasti. Mikäli haluttu kuvanlaatu määritellään kapeiden leikkeiden perusteella, nousee sädeannos huomattavan korkeaksi. Esimerkiksi 5 mm leikkeissä saavutetaan alle 1/5 sädeannoksella sama kohinataso kuin 1 mm leikkeissä.

Röntgenputken *pyörähdysaika* kannattaa pitää mahdollisimman lyhyenä liikeartefaktien vähentämiseksi ja hengityspidätysajan lyhentämiseksi. *Pitch* tarkoittaa tutkimuspöydän siirtoa yhden röntgenputken pyörähdyksen aikana jaettuna kokonaiskollimaation leveydellä. Tietyillä laitemalleilla pitchin kasvattaminen nopeuttaa kuvausta ja laskee sädeannosta, mutta tyypillisesti automaattista putkivirran modulaatiota käytettäessä pelkkä pitchin muutos vaikuttaa vain kuvausnopeuteen, sillä automatiikkaa muuttaa samanaikaisesti putkivirtaa kuvanlaadun ylläpitämiseksi. Lisäksi suurempi pitch aiheuttaa suuremman ylikuvausalueen helikaalisarjan alku- ja loppupäässä, ellei laitetta ole varustettu adaptiivisella kollimaatiotekniikalla. Röntgenputken putkivirran raja-arvot voivat myös rajoittaa suuren pitchin käyttöä erityisesti nopeilla rotaatioajoilla, kV:sta ja potilaan koosta riippuen.

*Kontrollitutkimuksissa* tulee harkita säteettömän tutkimusmenetelmän tai matalamman sädeannoksen käyttöä.

*Sädeannoksia* ja kuvausprotokollia tulee *seurata* säännöllisesti.

## 2.2. Laiteteknisten ominaisuuksien hyödyntäminen

Laitteiden uudet tekniset ominaisuudet kompensoivat säteilyaltistuksen pienentämisen vaikutuksia kuvanlaatuun, jolloin hyväksyttävä kliininen kuvanlaatu voidaan saavuttaa aiempaa pienemmillä säteilyannoksilla. Näitä ominaisuuksia ovat mm. ilmaisinteknologian parantuminen, parantunut sironnan vähentäminen detektorilla sekä kuvalaskennan keinoin, adaptiivinen kollimaatio helikaalikuvauksessa, automaattinen putkivirran modulointi, automaattinen putkijännitteen valinta, iteratiiviset sekä tekoälyyn perustuvat rekonstruktiotekniikat. Käyttäjän on syytä hyödyntää nämä mahdollisuudet kuvausprotokollia suunnitellessaan. Näiden ominaisuuksien tuntemus laitevalmistaja- sekä laitemallikohtaisesti on keskeisen tärkeää, jotta kuvausten optimointi voidaan toteuttaa luotettavasti sekä yhdenmukaisen kliinisen kuvanlaadun että tehokkaan kuvantamiskäytännön kannalta.

### 2.2.1. Putkivirta ja annosmodulaatio

Putkivirran alentaminen on yksinkertaisin ja yleisimmin käytetty keino sädeannoksen säästämiseksi. Nykyisissä TT-laitteissa on käytettävissä automaattinen putkivirran kontrolli- ja modulaatiotekniikka. Sen tarkoitus on hallita ennalta määrättyä kuvanlaatua ja sädeannosta säätämällä putkivirtaa potilaan muodon, koon ja absorption perusteella. TT:ssa säteilyn vaimenemisessa on hyvin suuria eroja erikokoisilla potilailla, eri anatomisilla alueilla ja eri projektioissa, koska säteilyn vaimentuminen kudospaksuuden suhteen on eksponentiaalista. Kun annosmodulaatio toimii oikein, se laskee sädeannosta tyypillisesti noin 20-40 %. Sen avulla kuvanlaatu on tasaisempi etenkin kohinan kannalta, artefakteja on vähemmän ja röntgenputken kuormitus vähäisempää.

Putkivirran modulaation tapahtuu tyypillisesti kartoituskuvaan (scout/topogrammi/scanogrammi) perustuen, joka kertoo jo ennen kuvausta melko tarkasti potilaan kokonaisvaimennuksen itse kuvausvaihetta varten. Pituussuunnan modulaatiossa putkivirtaa säädellään potilaan pituusakselin suunnassa eli z-akselin tasossa siten, että kohinataso pysyy mahdollisimman samana jokaisessa aksiaalikuvassa. Angulaarisessa modulaatiossa putkivirran modulaatio tapahtuu puolestaan röntgenputken kiertäessä potilaan ympäri xy-tasossa. Joissakin laitemalleissa angulaarinen putkivirran modulointi perustuu ilmaisimen havaitsemaan potilaan läpi tulleen säteilyn määrään. Uudemmissa laitteissa virtaa moduloidaan kaikissa suunnissa (aksiaalisen ja angulaarisen modulaation yhdistelmä). Käyttäjä valitsee kuvanlaadulle halutun tason kohde-elimen ja kliinisen kuvausindikaation mukaisesti ja automaattinen annosmodulaatio säätää yksilöllisesti putkivirtaa kuvanlaatutason saavuttamiseksi. Eri laitevalmistajilla modulaatiotekniikat toimivat eri tavalla ja tästä syystä laitekohtaisen tekniikan tuntemus on tärkeää ja korostaa käyttökoulutuksen merkitystä uusia laitteita hankittaessa.

Putkivirran modulointiin liittyvät kuvanlaadun valinnan parametrit vaihtelevat laitevalmistajittain. GE:llä on käytössä kohinaindeksi (noise index; NI); Philipsillä dose right index (DRI), Siemensillä Ref-mAs ja Canonilla (ent. Toshiba) standard deviation (SD). Näiden termien avulla käyttäjä voi valita tavoiteltavan kohinatason kullekin protokollalle ALARA-periaatteen mukaisesti optimoituna.

Kohinatasot on määritetty tämän ohjeen alussa sanallisesti 4 eri kuvanlaadun pääluokkaan jaoteltuna: korkea, keskitasoinen, tyydyttävä ja välttävä. Kunkin radiologisen yksikön tehtävänä ja haasteena on laitteen käyttöönoton yhteydessä määrittää omat kuvausprotokollat siten, että laitekohtaiset kuvanlaatuasetukset vastaisivat indikaatiokohtaisia tavoitteita, kuten tässä ohjeessa sanallisesti määriteltyjä tasoja. Eri laitevalmistajilla on omat tekniset ratkaisunsa annosmodulaation toteuttamiseen, oman laitevalmistajan ominaisuuksien hallitseminen ja yhteistyö fyysikon kanssa onkin oleellista annosmodulaation optimoinnissa.

Annosmodulaatiota käytettäessä putkivirta ja siten sädeannos laskevat pienikokoisilla potilailla, isokokoisilla potilailla ne voivat kasvaa huomattavasti. Tämä vaikuttaa myös valittavaan kuvausjännitteeseen (kV). Mahdollisuus parantaa optimointia kV:n muutoksilla riippuu potilaan koosta ja varjoainetehostuman merkityksestä kohde-elimessä; pienillä potilailla ja puhtailla TT-angiografioilla kV:n alentamisella voidaan saavuttaa usein paras lopputulos, kun taas suuremmilla potilailla kV:n alentamiseen ei ole kohinan kasvun vuoksi juurikaan edellytyksiä. Sama pätee ilman varjoainetta tehtäviin kuvauksiin, jossa kV:n muutoksilla ei ole niin suurta merkitystä. Asiaa käsitellään laajemmin kappaleessa 2.2.2.

*Anatominen annosmodulaatio* on putkivirran modulaatioon liittyvä tekniikka, jossa mAs-arvoa voidaan pienentää sädeherkkien elinten, kuten rintojen, kilpirauhasen ja silmien kohdalla röntgenputken kierähtäessä potilaan anteriorisella puolella. Valmistajakohtaisesti annos saattaa vastaavasti kasvaa vastakkaisessa (posteriorisessa) suunnassa tai pysyä samana. Anatomisen annosmodulaation käyttö voi vaikuttaa hieman paikalliseen kohinatasoon, mutta tässäkin on laitekohtaisia eroja. Anatominen elinannosmodulaatio mahdollistaa noin 10 – 30 % annossäästön kohteen etupuolella pienissä kohteissa. Isoilla potilailla annossäästö etuosissa on suurempi kuin pienillä potilailla.

### 

### 2.2.2. Putkijännite ja sen säätäminen

Putkijännite (kV) ja sen valinta vaikuttaa suoraan säteilyn määrään ja läpäisevyyteen. Optimaalisella kV-valinalla valittu jännite on tarpeeksi voimakasta penetroitumaan sopivasti potilaan läpi detektorille, mutta silti saadaan hyvä kontrasti kuviin mahdollisimman matalalla säteilyannoksella.

Isommille potilaille tarvitaan pääsääntöisesti korkeampi kV:a ja pienikokoisille tai hoikemmille matalampi.

Putkijännitteen alentaminen parantaa kuvan kontrastia ja vähentää sädeannosta, varsinkin lapsilla ja pienikokoisilla aikuisilla. Matalamman putkijännitteen käytöstä on eniten hyötyä varjoainetehosteisissa tutkimuksissa, jossa se parantaa jodivarjoaineen kontrastia ja siten parantaa hyper- ja hypovaskulaaristen rakenteiden erottumista ympäristöstään. Matalampaa putkijännitettä käytettäessä kohina lisääntyy, mutta tietyissä kliinisissä indikaatioissa jodivarjoaineen lisääntynyt kontrasti kompensoi sen, jolloin kontrasti-kohina-suhde yleensä pysyy hyvänä tai paranee. Lisäksi uudet iteratiiviset tai tekoälyyn perustuvat rekonstruktiotekniikat mahdollistavat kohinan vähentämistä.

Tutkittaessa siis verisuonia, virtsateitä tai muita rakenteita, joissa tapahtuu voimakas varjoainetehostuminen, putkijännitteen laskeminen on hyödyllistä. Tällöin on tärkeä optimoida sähkömäärää (mAs) automaattisella moduloinnilla potilaan koon ja kuvausindikaation mukaan liiallisen kohinan välttämiseksi. Alemmalla kilovoltilla annostuotto on selvästi alhaisempi kuin korkeammalla kilovoltilla ja tätä kompensoidaan osittain käyttämällä vastaavasti suurempaa putkivirtaa. Korkeamman pitchin (nopeissa) kuvauksissa voidaan tällöin tulla röntgenputken säteilyntuoton rajoille, joka siis saattaa rajoittaa alhaisemman kilovoltin hyödyntämistä.

Jos kuvaus tehdään pelkästään ilman suonensisäistä varjoainetta, putkijännitteen laskeminen ei ole useinkaan kannattavaa. Myös isokokoisilla potilailla kohinan ja artefaktien lisääntyminen on usein niin voimakasta, että heillä joudutaan kV:a jopa nostamaan riittävän kuvanlaadun saavuttamiseksi, myös varjoainetta käytettäessä.

Vartalon alueen tavallisissa varjoainetehosteisissa kuvauksissa suositellaan aikuisilla käytettäväksi yleensä 120 kV:n putkijännitettä, hoikilla aikuisilla puolestaan 100 kV. Sädeannos on 120 kV:a käytettäessä 20-40 % matalampi kuin 140 kV:a käytettäessä. Putkijännitettä kannattaa laskea angiografioissa ja urografioissa. Tällöin normaalikokoisille suositeltavin jännite on 100 kV, hyvin hoikille 80 kV. Lihavilla tai isokokoisilla potilailla on kuitenkin hyödyllistä käyttää urografioissa ja angiografioissa 120 kV:a, koska heillä kohinataso voi nousta muutoin liikaa. Putkijännite 80 kV soveltuu käytettäväksi angiografioissa myös tilanteissa, joissa joudutaan tyytymään tavallista pienempään varjoainemäärään munuaisten vajaatoiminnan takia. Uudemmilla laitteilla on käytettävissä myös alhaisempi 70 kV jännite ja mm. Siemensillä putkijännitettä voidaan uusilla laitemalleilla säätää 10 kV:n välein jopa välillä 70-150 kV.

Putkijännite 140 kV (Canonilla 135 kV) kannattaa käyttää vatsan ja vartalon kuvauksissa hyvin lihavilla tai isokokoisilla potilailla tai jos suurikokoisella potilaalla kädet jäävät kuvausalueelle vartalon vierelle tai päälle aiheuttaen lisävaimentumista.

Automaattinen putkijännitteen valinta helpottaa putkijännitteen optimointia ja tämä tekniikka on tullut saataville useiden laitevalmistajien TT-malleihin. Se auttaa käyttäjää valitsemaan potilaan kokoon ja kuvausindikaatioon parhaiten soveltuvan putkijännitteen. Siten, vaikka tämän ohjeen protokolla-ohjeissa on esitetty tarkat kV-arvot, voidaan indikaatioperusteisesti hyödyntää myös automaattista kV:n valintaa niillä TT-laitteilla, joilla tähän on mahdollisuus.

Samalla on hyvä muistaa, että käyttäjille jää kuitenkin aina vastuu lopullisesta kV:n valinnasta, sillä automatiikka ei takaa optimaalista lopputulosta kaikilla indikaatioilla ja potilailla. Automaatiokin voi harhautua.

### 2.2.3. Adaptiivinen kollimaatio

Adaptiivisella kollimaatiolla voidaan vähentää helikaalikuvaukseen liittyvää ylisäteilytysalueen ongelmaa (overranging). Jokaisen helikaalisarjan alku- ja loppupäässä tarvitaan ylimääräinen röntgenputken puolikaspyörähdys kuvadatan keräämistä varten. Ylikuvausalue on sitä suurempi, mitä leveämpi röntgensädekeila ja mitä suurempi pitch on käytössä. Uusimmissa laitteissa käytetään dynaamista kollimaatiotekniikkaa, jossa ilmaisin avautuu asteittain kuvauksen alkaessa z-akselin suunnassa ja sulkeutuu kuva-alueen loppupäässä. Ominaisuus on tarjolla jo useimmilla laitevalmistajilla. Tästä on suhteellisesti eniten hyötyä lyhyemmissä helikaalikuvauksissa.

### 2.2.4. Iteratiivinen ja tekoälyyn perustuva rekonstruktio

Iteratiivinen ja tekoälyyn perustuvat (tyypillisesti deep-learning pohjainen) rekonstruktiotovat ensisijaisesti kohinaa ja artefakteja vähentäviä kuvalaskennan tekniikoita. Niitä voidaan hyödyntää joko kuvanlaadun parantamiseen tai sädealtistuksen laskemiseen tai molempiin. Tutkimusten mukaan sädeannosta voidaan vatsan kuvauksissa vähentää näin jopa kymmeniä prosentteja kuvanlaatua heikentämättä. Koska iteratiiviseen ja tekoälymenetelmään liittyy epälineaarista laskentaa, kuvan tekstuuriin tai yksityiskohtiin saattaa eri kontrastitasoilla tulla muutoksia verrattuna perinteisen rekonstruktion tuottamaan kuvaan. Näiden ilmiöiden vuoksi näiden kehittyneempien rekonstruktion käytössä on syytä olla huolellinen indikaatiokohtaista kliinistä kuvanlaatua arvioitaessa ja säädettäessä.

## 2.3. Vatsan alueen tutkimuksissa tarvittavan kuvanlaadun määrittäminen

Vatsan alueen kuvausindikaationa on usein ylävatsan parenkyymielimien tutkiminen. Tutkittaessa ns. kiinteitä elimiä tai etsittäessä niistä pesäkkeitä, jotka voivat poiketa tiheydeltään ympäristöstään vain hiukan, on matalankontrastin resoluutio erityisen tärkeää. Silloin TT:ssa tarvitaan korkeaa tai hyvää kuvanlaatua, joka edellyttää keskimääräistä korkeampaa sädeannosta. Matalankontrastin erotuskyky eli pienten tiheyserojen näkyminen on erityisen tärkeää maksa- ja haimatuumoreita etsittäessä. Myös pienten munuaistuumoreiden diagnostiikassa tarvitaan matalankontrastin erotuskykyä. Jos näillä kuvausindikaatioilla käytetään liian vähäistä sädemäärää, kuvien kohinataso estää pesäkkeiden näkymisen kohde-elimestä.

Sen sijaan matalankontrastin erotuskyky ei ole oleellinen kuvattaessa esimerkiksi virtsatiekiviä tai paksusuolen polyyppeja, koska silloin kohteen kontrastiero ympäristöönsä on luonnostaan suuri. Tällöin kuvissa voi olla runsaammin kohinaa eli tutkimuksen sädeannosta voidaan laskea huomattavasti.

Suoliston seinämää tutkittaessa ympäröivä rasvakudos ja suolen sisällä oleva ilma tai neste luovat TT-tutkimukselle edullisen kontrastieron. Tämän vuoksi suolistoa kuvattaessa voidaan käyttää normaalia pienempää sädeannosta. Periaate on hyödyllinen ns. akuutin vatsan kuvauksissa, joissa suurin osa patologiasta paikantuu suoliston alueelle. Appendisiitti ja divertikuliitti erottuvat hyvin käytettäessä matalamman annoksen kuvausprotokollaa, samoin akuutti kolekystiitti ja pankreatiitti. Sen sijaan suoliston tuumoreita ja niiden levinneisyyttä selvitettäessä riittää usein keskitasoinen kuvanlaatu.

Myös verisuonten ja virtsateiden kuvauksissa voidaan hyvin käyttää matalampaa sädeannosta, sillä korkea varjoainepitoisuus luo erinomaisen kontrastieron kohteen ja ympäristön välille (kts. putkijännite [2.2.2.](#_2.3.2._Putkijännite_ja)). Vatsan natiivikuvauksessa kannattaa käyttää matalampaa putkivirtaa (eli matalampaa kuvanlaatua), mikäli natiivisarja on osa monivaiheista vatsan kuvausta. Mikäli kuvaus joudutaan tekemään pelkästään natiivina, on suositeltavaa valita keskitasoinen kuvanlaatu.

Pahanlaatuisten tautien primaariselvittelyssä kannattaa yleensä käyttää korkeamman sädeannoksen protokollaa, mutta kontrollikuvaukset ja hoitovasteen seuranta voidaan usein tehdä pienemmällä säteilyaltistuksella.

### 2.3.1. Suonensisäisen varjoaineen käyttö, eri kuvausvaiheet ja niiden ajoitus

Suonensisäistä varjoainetta käytetään TT:ssa lisäämään elinten ja niiden sisäisten rakenteiden tai patologioiden välistä kontrastieroa. TT-kuvauksen eri vaiheet jaotellaankin sen mukaan, mikä anatominen rakenne on kunakin ajanhetkenä intensiivisimmin tehostuneena laskien siitä ajanhetkestä, kun varjoaine on annettu laskimoon.

Kohde-elimen hyvä tehostuminen voi kompensoida kuvanlaatua, vaikka kuvaus tehtäisiin pienemmällä sädeannoksella. Varjoaineen käyttö tulee *optimoida potilaan painon ja kuvausindikaation mukaan*. Verisuonten tehostuminen määräytyy varjoaineen jodikonsentraation, ruiskutusnopeuden, ruiskutuksen keston, potilaan cardiac outputin ja koon mukaan. Parenkyymielinten tehostumiseen taas vaikuttavat lähinnä jodin kokonaismäärä ja potilaan koko.

*Valtimovaiheessa* tehostuminen on sitä voimakkaampaa, mitä nopeammin varjoaine ruiskutetaan ja mitä suurempi sen konsentraatio on. Mikäli kuvausohjelmaan kuuluu valtimovaiheen kuvaus, on ruiskutetun jodin määrä oltava vähintään 1,2 gI sekunnissa, mutta hypervaskulaarisia pesäkkeitä etsittäessä suositellaan käytettäväksi noin 1,6 gI/sek. Tämä vastaa esim. 300 mgI/ml konsentraatiota käytettäessä 5,0 ml/sek ruiskutusnopeutta, 350 mgI/ml käytettäessä vähintään 4,6 ml/sek ja 400 mI/ml käytettäessä 4,0 ml/sek ruiskutusnopeutta.

Maksan tuumoreiden diagnostiikassa suositellaan ruiskutetun jodin määräksi jopa 2gI/sek, joka vastaa 300 mgI/ml konsentraatiolla 6,7 ml/sek, 350 mgI/ml konsentraatiolla 5,7 ml/sek ja 400 mgI/ml konsentraatiolla 5 ml/sek ruiskutusnopeutta.

Ruiskutuksen kesto vaikuttaa verisuonten tehostumiseen vain pitemmissä, yli 10 sekuntia kestävissä kuvauksissa, jolloin pitempi ruiskutus parantaa valtimoiden tehostumista. Varjoaineen kokonaismäärä pelkästään angiografian käsittävissä vatsan kuvauksissa on riippuvainen kuvauksen kestosta ja se voidaan laskea kaavalla:

*(kuvauksen kesto + diagnostinen viive) x ruiskutusnopeus*

Esimerkiksi 5 sekuntia kestävässä valtimoiden kuvauksessa se on (kuvausaika 5 sek + diagnostinen viive 8 sek) x 5 ml/sek eli 65 ml.

*Parenkyymielinten* tehostuminen määräytyy jodin kokonaismäärän ja potilaan painon perusteella. Esimerkiksi maksan tehostumisen aste korreloi suoraan jodin kokonaismäärään, jolloin riittävän suurta varjoainemäärää käytettäessä pesäkkeet erottuvat paremmin. Koska paino korreloi positiivisesti sentraalisen verivolyymiin, suonensisäisesti ruiskutettu varjoaine laimenee enemmän painon lisääntyessä. Tämä johtaa vakiosuuruisella varjoainemäärällä (esim. usein käytetyllä 100 ml:lla) heikompaan varjoainetehostumiseen kohde-elimessä isokokoisilla henkilöillä. Sen takia varjoaineen kokonaismäärä on suhteutettava potilaan painoon.

Kookkailla potilailla varjoainetta kannattaa kuitenkin antaa hiukan vähemmän kuin paino edellyttäisi, sillä rasvakudoksen verisuonitus on viskeraalielimiä ja lihaskudosta vähäisempi. Kirjallisuudessa suositellaan myös varjoaineen kokonaismäärän suhteuttamista painoon, josta rasvan osuus on poistettu (lean body weight). Se edellyttäisi kuitenkin potilaan rasvaprosentin määrittämistä, joka voi tarpeettomasti monimutkaistaa TT-toimintaa.

Maksan optimaaliseen tehostumiseen tarvittava jodimäärä on 500-600 mgI/potilaan painokilo. Siten käytettäessä 300 mgI/ml varjoainekonsentraatiota on vaadittava varjoaineen kokonaismäärä 2 ml/painokg, 350 mgI/ml konsentraatiolla 1,7 ml/kg ja 400 mgI/ml konsentraatiolla 1,5 ml/kg. Lihavilla potilailla varjoaineen kokonaismäärää kannattaa kuitenkin hiukan laskea edellisestä (korkeintaan 150-160 ml).

Varjoaineruiskutuksen jälkeen on suositeltavaa ruiskuttaa välittömästi 40-50 ml keittosuolaa, joka puskee varjoaineen loppuosankin verenkiertoon. Keittosuolaruiskutus lisää varjoainetehostumista noin 5-10 %.

Kuvausvaiheiden *oikea ajoitus* on oleellisen tärkeää onnistuneen lopputuloksen kannalta. Vakioviivettä käytettäessä lopputulos vaihtelee suuresti, mm. sydämen pumppufunktion mukaan, jonka takia sen käyttö ei ole suositeltavaa. Lisäksi tehostumisen ajankohta vaihtelee varjoaineen ruiskutusnopeuden mukaan. Tämän vuoksi kuvausvaiheet kannattaa ajoittaa testiboluksen tai mieluummin *bolustracking*–tekniikan avulla, jolloin valtimo- ja laskimovaiheen kuvaukset onnistuvat käytännössä lähes aina. *Testibolusta* kannattaa käyttää tilanteissa, joihin bolustracking soveltuu huonosti eli käytettäessä hyvin lyhyttä diagnostista viivettä tai kun injektiopaikka on poikkeuksellinen, esimerkiksi alaraaja.

Bolustracking-tekniikassa monitorointitaso voidaan laittaa laskevaan rinta-aorttaan tai vatsa-aortan yläosaan. Nuorilla naisilla sitä ei kannata laittaa rintojen korkeudelle eikä huonokuntoisilla potilailla vartalon päälle jätettyjen käsien korkeudelle, ettei paikallinen sädeannos nouse ko. alueilla tarpeettoman korkeaksi.

Monitorointitaso asetetaan esim. Th 12-nikaman korkeudelle ja monitorointiviiveeksi (aika, joka kuluu siihen, kun varsinainen kuvaus käynnistyy) esim. 10 sekuntia (tässä on jonkin veran laitekohtaisia eroja). Diagnostinen viive ja siten kuvausvaihe määritellään eri kuvasarjoissa kliinisen indikaation mukaan seuraavasti:

|  |  |
| --- | --- |
| **Kuvausvaihe** | **Diagnostinen viive\*** |
| Natiivi | - |
| Angio | 8 sek |
| Varhainen valtimo | 10 sek |
| Myöhäinen valtimo | 18-23 sek |
| Laskimo | 60-70 sek |
| Tasapaino/Jälki- | 180 sek🡪 |

\*Diagnostinen viive = viive sen jälkeen, kun tiheys monitorointitasossa ylittää 100 HU (on hyvä huomioida, että jos kV muutetaan, muuttuu myös varjoaineen täyttämän verisuonen kontrasti eli HU-arvo, jolloin alemmilla kV-arvoilla monitorointitaso 100 HU saavutetaan hieman aiemmin kuin korkeammilla kV-arvoilla. Tämä vaikutus ei ole kuitenkaan suuri, etenkään isomman diagnostisen viiveen kuvauksissa).

*Angiovaihe*

* käytetään etenkin verisuonien tarkasteluun TT-angiosarjoissa ja esim. kasvaimen arteriainvaasion arvioinnissa

*Varhainen valtimovaihe*

* käytetään etenkin hypervaskulaaristen parenkyymileesioiden detektioon ja karakterisaatioon

*Myöhäinen valtimovaihe*

* käytetään etenkin hypervaskulaaristen parenkyymileesioiden detektioon ja karakterisaatioon

*Laskimovaihe*

* käytetään etenkin hypovaskulaaristen parenkyymileesioiden detektioon ja karakterisaatioon

*Tasapaino-/Jälkivaihe*

* vaihtelee tarkasteltavasta kohteesta riippuen 2-15 minuuttia
* käytetään etenkin fibroottista/ arpikudosta sisältävien kasvaimien tehostumisen arvioimiseen karakterisaatiossa ja varjoaineen poistuman arvioinnissa sekä alempien virtsateiden rakenteen arvioinnissa

Joissakin tapauksissa valtimovaiheen ja myöhäisen valtimovaiheen kuvauksen voi yhdistää, jolloin diagnostinen viive on noin 10-19 sek sen jälkeen, kun monitorointitason tiheys ylittää 100 HU. On hyvä huomioida, että vatsan parenkyymielinten diagnostiikassa arvoa on usein nk. aidolla myöhäisvaiheen valtimosarjalla, jolla voidaan todeta parenkyymielinten fokaalimuutosten hypervaskulaarisuus.

Varjoaineboluksen jälkeen kannattaa ruiskuttaa 50 ml keittosuolaa.

Varjoaine tulee ruiskuttaa riittävän isoon laskimoon, esimerkiksi kyynärtaipeeseen, riittävän kokoisen kanyylin kautta.

Etenkin nuorten potilaiden urografioissa ja vatsan tai vartalon vammoissa on suositeltavaa ruiskuttaa laskimonsisäinen varjoaine monivaiheisesti ja tehdä kuvaus yksivaiheisesti sädeannoksen säästämiseksi (kts. varsinaisten kuvausohjelmien kohdalta).

# 3. SÄDEANNOKSEN SUUREET JA VERTAILUTASOT

TT:ssa käytetään kolmea eri suuretta tutkimuksesta aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittämiseen.

Painotettu tilavuusannosindeksi *CTDIvol* (CT Dose Index, mGy) riippuu primaaristi kuvauksen teknisistä parametreista, kuten putkivirrasta, putkijännitteestä, pitchistä, pyörähdysajasta, suodatuksesta ja geometrisesta tehokkuudesta. CTDIvol on kuvausalueelle keskikokoista potilaskohdetta edustavaan standardikokoiseen muovisylinteriin tulevan keskimääräisen säteilyannoksen mittari. Se ei siis sellaisenaan kuvaa tarkasti yksittäisen potilaan annosta, vaan on enemmänkin TT-kuvauksen teknisen annostuoton lukema.

Annoksen ja pituuden tulo *DLPw* (Dose Length Product, mGycm; CTDIvol kerrottuna kuvausalueen pituudella) laskee yhteen eri sarjojen annokset ja kuvaa potilaan kokonaissäteilyaltistusta.

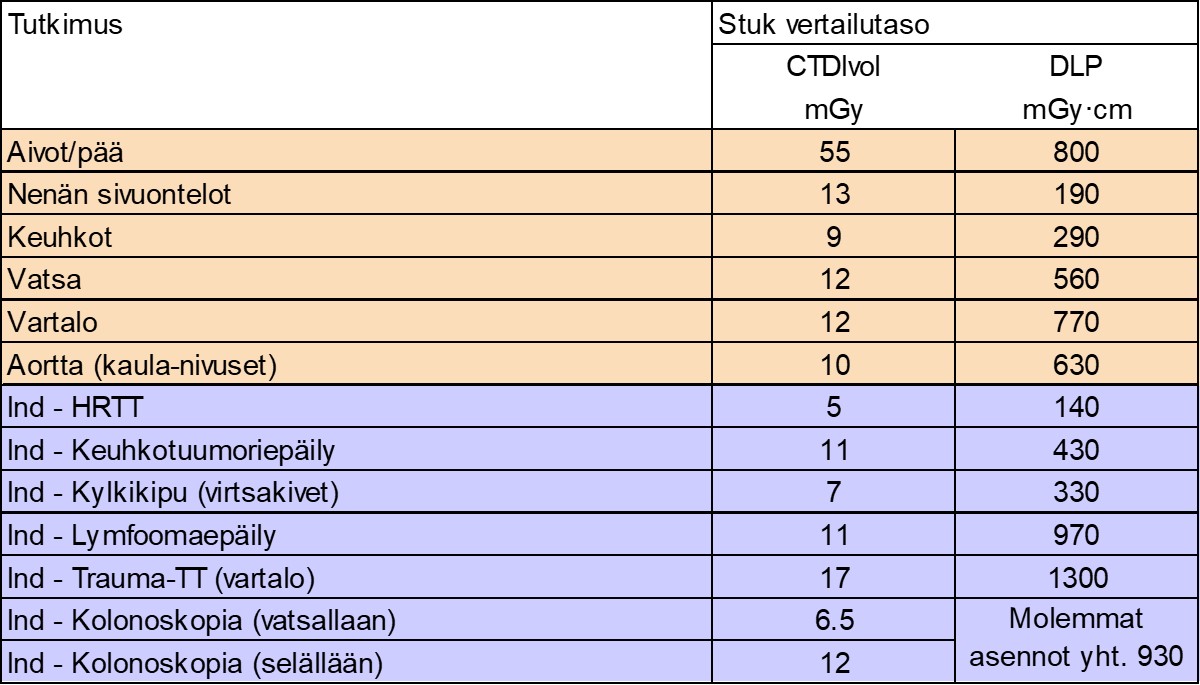
*Efektiivinen annos* (E, mSv) kuvaa säteilyn aiheuttamaa kokonaisaltistusta. Efektiivinen annos voidaan karkeasti arvioida kertomalla DLP muuntokertoimella. Aikuisille ja eri-ikäisille lapsille on omat kertoimensa eri elinalueille. Aikuisilla eri elinalueiden kertoimia (vaihtelevat hieman eri lähteissä):

* pään alueella 0.0023 mSv/mGycm
* kaulan alueella 0.0054
* keuhkojen alueella 0.017
* vatsan alueella 0.015
* lantion alueella 0.019

CTDIvol ja DLPw ovat hyödyllisiä suureita protokollien väliseen vertailuun ja keskikokoisen potilaan annoksen arviointiin. TT-konsolin annosnäyttö aikuisten vartalotutkimuksissa perustuu 32 cm kokoiseen fantomiin ja pään alueen tutkimuksissa 16 cm kokoiseen fantomiin. CTDI- ja DLP-arvoja, jotka on mitattu erikokoisilla fantomeilla ei tule verrata toisiinsa. Efektiivisen annoksen avulla voidaan TT-tutkimusten kokonaissäteilyaltistusta verrata muihin kuvantamismenetelmiin. Tarkemmat potilasannoksen ja efektiivisen annoksen arviot edellyttävät sairaalafyysikon konsultaatiota.

## 3.1. Vertailutasojen ongelma

Nykyisten vertailutasojen käyttö on ongelmallista, koska ne voivat olla liian korkeita uusille TT-laitteille. Esimerkiksi IAEA:n (2006) tutkimuksen mukaan vertailutasoja pitäisi laskea, koska uudet TT-tekniikat mahdollistavat aiempaa matalamman säteilyannostason. Lisäksi vertailutasoja ei ole määritelty erikseen erilaisille kliinisille kuvausindikaatioille, vaan esimerkiksi virtsatiekivi-TT:lle ja maksan kuvaukselle on käytössä sama vertailutaso. Yksittäisen potilaan annosta ei pidä verrata vertailutasoihin, vaan kunkin TT-laitteen käyttöpaikan tulisi kerätä vähintään kymmenen keskikokoisen potilaan annostiedot ainakin käytetyimmistä kuvausprotokollista ja verrata niistä saatuja keskiarvoja vertailutasoihin. Annosseurantajärjestelmät tarjoavat radiologisille yksiköille tehokkaan menetelmän potilasannosten monitorointiin. Niiden hyödyntämisessä sairaalafyysikon tuki on keskeinen. Seuraavassa taulukossa on esitetty STUK:n 2019 viimeksi päivitetyt TT:n kansalliset vertailutasot:



# 4. MITÄ KANNATTAA TEHDÄ, KUN POTILAS ON LIHAVA/ HYVIN ISOKOKOINEN

Asettele potilas hyvin keskelle kuvausaukkoa (potilaan huolellinen keskitys on muutenkin tärkeää kaikissa kuvauksissa).

Käytä tukivöitä estämään, etteivät esim. vatsan liepeet ota kiinni kuvausaukon reunoihin ja aiheuta artefakteja.

Nosta kV

* 140:een tavallisissa kuvausohjelmissa, Canonilla 135:een
* 120:een angiografioissa ja urografioissa

Annosmodulaatio hoitaa tarvittavan putkivirran noston:

* Kookkaalla kannattaa kuitenkin sallia enemmän kohinaa eli:
  + kohinaindeksiä voi nostaa tai
  + putkivirralle voi säätää ylärajan tai
  + annosmodulaation astetta voi heikentää, ettei annos nouse kohtuuttomasti
  + tutkimusten mukaan radiologit hyväksyvät kookkaalle suuremman kohinan kuin muille

Jos laite ei pysty nostamaan riittävästi putkivirtaa, nosta putken pyörähdysaikaa, esim. 0.5 sekunnista 1.0 sekuntiin (ei kuitenkaan angiografioissa). Voit myös pienentää pitch-arvoa.

Kuvauksen jälkeen voit vähentää kuvien kohinaa

* käyttämällä pehmeämpää rekonstruktiosuodatinta (kerneliä tai filtteriä)
* rekonstruoimalla paksumpia leikkeitä

Jos laitteessasi on mahdollisuus iteratiiviseen tai tekoälyrekonstruktioon, voit hyödyntää sitä tavanomaista enemmän kuvanlaadun parantamiseen.

# 5. YLEISET ESIVALMISTELU- JA VARJOAINEEN KÄYTÖN OHJEET

## 5.1. Paasto ja suoliston tyhjennys

Vatsan alueen kuvauksissa suositellaan lyhytaikaista paastoa (esimerkiksi 2 tuntia) tai vain kevyttä syömistä ennen kuvausta pahoinvoinnin välttämiseksi. Nesteitä voi juoda kuvaukseen asti.

Kiireellisissä tilanteissa paastoa ei tarvita.

Suoliston tyhjennys on tarpeellinen vain TT-kolonoskopioissa (kts erillinen ohje).

## 5.2. Suolivarjoaineen juotto

Ohessa on kooste intraluminaalisten varjoaineiden käytöstä yleisellä tasolla, katsothan indikaatiokohtaiset ohjeet vielä varsinaisista protokollaohjeista!

Lyhyt vesijuotto 15 min ennen kuvausta

* soveltuu ylävatsan kuvauksiin
* 1000 ml vettä, viimeinen mukillinen juuri ennen tutkimusta

Pitkä vesijuotto 30 – 45 min ennen kuvausta

* kaikki muut vatsan kuvaukset TT-kolonoskopiaa ja ohutsuolen kuvausta lukuun ottamatta
* 1500 ml vettä, juodaan mahdollisimman tasaisesti, viimeinen mukillinen juuri ennen kuvausta

Vahva varjoainejuotto juuri ennen kuvausta

* epäiltäessä ruokatorvilekaasia tai perforaatiota
* jodivarjoaine esim. 350 mgI/ml 50 ml + 500 ml vettä
* vaihtoehtoisesti GastrografinR 50 ml + 400 ml vettä
* huomioi, että välittömissä postoperatiivisissa kuvauksissa annettava varjoainejuotto määrältään selvästi vähäisempi; esimerkiksi lihavuusleikatuilla välittömästi postoperatiivisesti annettavan varjoaineen/kokonaisnesteen määrä merkittävästi vähäisempi, ad 50 ml

## 5.3. Peräsuolen kautta annettavat varjoainetäytöt

Varjoainelaimennostäyttö

* rajoitetusti joissakin postoperatiivisissa lekaasi- ja fisteliepäilyissä
* jodivarjoaine 350 mgI/ml 12 ml + 450 ml vettä tai 27 ml + 1000 ml vettä
* vaihtoehtoisesti GastrografinR 50 ml + 400 ml vettä tai 125 ml + 1000ml vettä
* pienempää annosta käytetään distaalisissa suolen ongelmissa ja isompaa määrä, jos halutaan koko kolon täytettäväksi varjoaineella

## 5.4. Virtsarakkoon annettava varjoaine

Röntgenpositiivinen rakkovarjoaine

* postoperatiivisissa lekaasi- ja fisteliepäilyissä
* rakkorepeämän epäily tai poissulku esimerkiksi vatsan tai lantion alueen vammoissa
  + intraperitoneaalisen rakkorepeämän erottamiseksi muusta vatsaontelossa olevasta nesteestä
* 10 ml 350 mgI/ml jodivarjoainetta + 500 ml keittosuolaa, tiputetaan rakkoon noin 300 ml

## 5.5. Suonensisäisen varjoaineen käyttö

* riittävän iso kanyyli (esim. vihreä)
* riittävän isoon vastaanottavaan suoneen, esimerkiksi kyynärtaipeeseen
  + pieneen suoneen hitaasti ruiskutettu varjoaine ei tuota riittävää kontrastieroa, jolloin esimerkiksi parenkyymielinten pesäkkeet eivät erotu ympäristöstään hyvin
* laskimovaiheen rutiininomaisissa kuvauksissa käytettäessä varjoainetta 350 mgI/ml
  + kokonaismäärä 1,5 ml/potilaan painokilo (maksimissaan 150-160 ml)
  + ruiskutusnopeus 3ml/sek
* mikäli kuvataan myös valtimovaiheen sarja käytettäessä varjoainetta 350 mgI/ml
  + kokonaismäärä 2 ml/potilaan painokilo
  + ruiskutusnopeus 4-5 ml/sek
  + maksa- ja haimatuumoreissa suositeltavin ruiskutusnopeus 5 ml/sek
* angiografioissa varjoainemäärää kannattaa pienentää, määrä riippuu TT-laitteen nopeudesta
* varjoaineen kokonaismäärän voi laskea seuraavasti:

*(kuvauksen kesto + diagnostinen viive) x ruiskutusnopeus*

esim. (5 sek + 8 sek) x 4 ml/sek

* Poikkeuksena vuotoangiografia, jossa kannattaa käyttää isompaa varjoainemäärää, esim. 100 ml ja ruiskutusnopeutena 4 ml/sek
* Varjoaineruiskutuksen jälkeen on suositeltava ruiskuttaa 40-50 ml NaCl
* Varjoaineruiskuun kannattaa ohjelmoida valmiiksi tärkeimmät ruiskutusohjelmat ruiskutusnopeuksineen. Tällöin vain varjoaineen kokonaismäärä jää säädettäväksi potilaskohtaisesti.

## 5.6. Munuaisten toiminnan tarkistaminen ja mahdollinen nesteytys

European Society of Urogenital Radiology (ESUR) uudistaa säännöllisesti ohjeitaan varjoaineiden aiheuttaman nefropatian estämiseksi. Ne löytyvät kokonaisuudessaan järjestön nettisivuilta ([www.esur.org](http://www.esur.org)) tai linkistä:

<http://www.esur.org/guidelines/>

Lisäksi jokaisessa sairaalassa on omat, ESUR:n ohjeita myötäilevät paikalliset ohjeet, jotka ovat yliopistosairaaloissamme saman sisältöiset. Ohessa HUS:n ohje linkkinä:

<https://huslab.fi/radiologia/02_tutkimukseen_lahettaminen_ajanvaraus_ja_esivalmistelu/01_tutkimukseen_lahettaminen_ja_esivalmistelu/varjoaineet_rontgentutkimuksissa_aikuispotilailla.pdf>

# 6. REKONSTRUKTIOSUODATTIMEN JA LEIKEPAKSUUDEN VALINTA

Kuvauksen jälkeen projektiodatasta rekonstruoidaan katseltavat eli varsinaiseen diagnostiikkaan käytettävät kuvaleikkeet. Käytettävä rekonstruktiosuodatin (kernel, filtteri) ja leikepaksuus valitaan kliinisen indikaation mukaisesti ja niiden oikealla valinnalla vaikutetaan paikkaerotuskyvyn ja kohinan väliseen tasapainotukseen.

Pehmeämpää rekonstruktiosuodatinta käytettäessä kohina vähenee, jolloin pienet tiheyserot näkyvät paremmin, mutta pienet yksityiskohdat vastaavasti huonommin. Käytettäessä terävämpää rekonstruktiosuodatinta pienet yksityiskohdat taas erottuvat paremmin, mutta kohinaa on runsaammin, jolloin pienet tiheyserot näkyvät huonommin.

Myös leikepaksuuden valinta on aina kompromissi toisaalta erotuskyvyn ja kontrastin ja toisaalta erotuskyvyn ja kohina väliltä. Ohuissa leikkeissä pienet yksityiskohdat erottuvat paremmin, osatilavuusartefakteja on vähemmän, mutta kohinaa on enemmän ja pienet tiheyserot näkyvät huonommin. Paksuissa leikkeissä on vähemmän kohinaa, jolloin pienet tiheyserot näkyvät paremmin, mutta toisaalta pienet yksityiskohdat erottuvat huonommin ja osatilavuusartefakteja on enemmän.

Pehmeämpää rekonstruktiosuodatinta käytetään pehmytkudosten kuvauksissa (tyypillisesti vatsan alueella), ohuissa leikkeissä sekä esimerkiksi pintarenderoiduissa reformaateissa. Terävämpi suodatin sopii luiden ja keuhkojen alueelle sekä paksumpien leikkeiden rekonstruktioon.

Kuvanlaatua voi kuvauksen jälkeen tarvittaessa vielä parantaa ja kohinaa vähentää valitsemalla tavanomaista pehmeämpi rekonstruktiosuodatin ja rekonstruoimalla tavanomaista paksumpia leikkeitä. Lisäksi eri laitevalmistajilla on muita menetelmiä kohinan vähentämiseksi.

Arkistoitava leikemäärä on sovitettava paikallisiin olosuhteisiin, mutta tutkimuskohtaisesti ainakin tärkeimmistä kuvasarjoista olisi suositeltavaa tallentaa myös ohuet, ad 1-1,5 mm paksuiset leikkeet. Tällöin niistä on mahdollista myöhemmin tehdä uusia rekonstruktioita esim. leikkaukseen valmistauduttaessa.

Vatsan alueen kuvauksissa on suositeltavaa arkistoida ohuiden leikkeiden lisäksi ainakin 3 mm aksiaaliset ja 3 mm koronaaliset leikkeet, tarvittaessa myös 3 mm sagittaalileikkeet.

Diagnostiikassa on syytä katsoa sekä ohuet että paksut leikkeet. Esimerkiksi pienet maksakystat on yleensä helpompi erottaa alitiheistä kiinteistä pesäkkeistä ohuiden leikkeiden avulla, kun taas tiheydeltään vain niukasti normaalista maksaparenkyymistä poikkeavat metastaasit tai tuumorit erottuvat paremmin paksummista leikkeistä.

# 7. KUVAUSSUOSITUKSET ERI KLIINISISSÄ INDIKAATIOISSA

Kuvausprotokollat erilaisiin kliinisiin tilanteisiin kannattaa ohjelmoida TT-laitteelle valmiiksi, jolloin vältytään parametrien valinnassa tapahtuvilta virheiltä. On tärkeää tarkistaa, että koneelle ohjelmoidut protokollien nimet vastaavat oman kuvantamisen yksikön puhekielessä käytettyjä. Myös tärkeimmät varjoaineruiskutusohjelmat on hyvä ohjelmoida valmiiksi.

## 7.1. Vatsan yleistutkimus l. vatsa laskimovaiheessa

Indikaatioesimerkkejä:

* Epäselvä vatsakipu (erityisesti nuoremmilla, ks. Akuutti vatsa -ohje)
* Epäspesifi laboratorioparametrien poikkeama
* Vatsan alueen epäselvien infektioiden haku (nuoremmilla ks. Akuutti vatsa)
* Tilanteissa, joissa tarkempaa kohde-elintä ei ole tiedossa
* Vatsanpeitteiden tyrät, kysymyksenasettelusta riippuen
* Hypovaskulaaristen tuumoreiden ja -metastaasien hoitovasteen *seuranta*, mikäli tarvitaan vain vatsan kuvaus, esim.

kolonsyöpä

ruokatorvisyöpä

mahalaukkusyöpä

keuhkosyöpä

suurimmassa osassa rintasyöpiä

* HUOM! Poikkeuksena maksan preoperatiiviset selvittelyt

Esivalmistelu:

* Tarvittaessa katso ohje varjoaineen käytöstä

Varjoaine:

* 350 mgI/ml varjoainetta käytettäessä
* Kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* Ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Koko vatsa laskimovaiheessa palleakupoleista trochanter minoreihin (tai tilanteen mukaan rajaten vain ylä- tai alavatsaan)

Kuvanlaatusuositus:

* Keskitasoinen

Korkea, jos joudutaan kuvaamaan ilman varjoainetta (120kV kaikilla aikuispotilailla)

## 7.2. Vatsa valtimo- ja laskimovaiheessa

Indikaatio:

* Hypervaskulaaristen maligniteettien levinneisyysselvittely ja hoitovasteen seuranta, jos tarvitaan vain vatsan alueen kuvausta. Näitä ovat:

munuaiskarsinooma (primaarikuvaus ”munuaistuumori”)

karsinoidituumori

haiman endokriiniset tuumorit (primaarikuvaus ”haimatuumori”)

kilpirauhasen karsinooma

sarkoomat

melanooma

pieni osa rintasyövistä (papillaarinen)

HUOM:

Haettaessa suoliston alueelta neuroendokriinista tuumoria, myöhäisessä valtimovaiheessa koko vatsa!

Munuaiskarsinooman osalta ks. myös ”Munuaistuumori”

Esivalmistelu:

* Ei tarpeen

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* Kokonaismäärä 2 ml/kg
* Ruiskutusnopeus 4 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Ylävatsa myöhäisessä valtimovaiheessa palleakupoleista suoliluun siipeen
* Koko vatsa laskimovaiheessa palleakupoleista trochanter minoreihin

Kuvanlaatusuositus:

* Valtimovaihe: keskitasoinen

Laskimovaihe: korkea

## 7.3. Vartalon yleistutkimus

Indikaatio:

* Epäselvien infektioiden tai muiden oireiden selvittely, kun tarkempaa kohde-elintä ei ole tiedossa ja tarvitaan koko vartalon kuvaus
* Hypovaskulaaristen tuumoreiden hoitovasteen *seuranta*, mikäli tarvitaan koko vartalon kuvaus. Primaari- ja leikkausta edeltävät tutkimukset tehdään primaarituumoriohjelmilla, esim.

Kolorektaalisyöpä – ”kolorektaalituumori primaari”

Mahalaukkusyöpä – ”ventrikkelituumori primaari”

Esivalmistelu:

* Tarvittaessa katso ohje varjoaineen käytöstä.

Varjoaine:

* 350 mgI/ml käytettäessä
* Kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* Ruiskutusnopeus 3 ml/s
* voidaan tehdä myös kaksivaiheisella varjoaineruiskutuksella

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Kuvausalue jugulumista symfyysin alareunaan laskimovaiheessa

Kuvanlaatusuositus:

* Keskitasoinen (nuoremmilla indikaatiosta riippuen tyydyttävä)

## 7.4. Vartalo; lymfooma ja sen kontrollit

Indikaatio:

* Lymfooman diagnostiikka ja sen hoitovasteen *seuranta*

Esivalmistelu:

* Tarvittaessa katso ohje varjoaineen käytöstä.

Varjoaine:

* 350 mgI/ml käytettäessä
* Kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* Ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Kuvausalue leukakulmasta/ orbitoiden pohjan tasosta symfyysin alareunaan laskimovaiheessa

Kuvanlaatusuositus:

* Tyydyttävä

## 7.5. Akuutti vatsa

Indikaatio:

Epäselvän akuutin vatsakivun selvittely, esim.

* appendisiitin varmistus epäselvissä tilanteissa
* divertikuliitti ja sen komplikaatioiden toteaminen
* suolitukosepäily
* abskessiepäily
* perforaatioepäily
* Huomioi erityisprotokollat, vuotoangio, vatsavamma, suolistoiskemia, virtsatiekivi.
* Vanhemmilla potilailla harkitse vatsan yleistutkimus -protokollaa

Esivalmistelu:

* Juotto ei ole tarpeellinen
* Abskessiepäilyssä vain erityistilanteissa tarvittaessa varjoainejuotto
* Suolen distaaliosan lekaasiepäilyssä harkitse per rectum -varjoaineen käyttöä

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* laskimovaiheessa palleakupolista trochantertasolle

Kuvanlaatusuositus

* alle 45-vuotiailla tyydyttävä, koska akuutin vatsan syy on yleensä benigni, usein suolistoperäinen ongelma
* yli 45-vuotiailla tyydyttävä tai keskitasoinen, koska vanhemmilla ihmisillä akuutin vatsan syy voi olla malignin taudin akutisoituminen, jolloin kannattaa valita keskitasoinen kuvanlaatu
  + epäiltäessä benigniä syytä riittää tyydyttävä kuvanlaatu

## 

## 7.6. Maksatuumori

Indikaatio:

* HCC
* Maksansiirtoselvittelyt
* Edellisten kontrollit

Esivalmistelu:

* Ei juottoa, ei esivalmistelua

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 2 ml/kg (min 80 ml – max 150 ml)
* ruiskutusnopeus 5 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Natiivi: Ylävatsa
* Varhainen ja myöhäinen valtimovaihe: Palleakaaret – crista iliacat
* Laskimovaihe: Radiologin ohjeen mukaan ylävatsa, vatsa tai vartalo
* Jälkisarja: Ylävatsa
* HUOM! Natiivi- ja jälkisarja tarpeen vain HCC-selvittelyissä, jälkisarja sappitieperäisten tuumoreiden selvittelyssä. Varhainen valtimovaihe kuvataan potilaalta vain kertaalleen, kontrolleissa jätetään pois

Kuvanlaatusuositus:

* Natiivi: Tyydyttävä- keskitasoinen (120kV)
* Varhainen valtimo: Tyydyttävä- keskitasoinen (100kV)
* Myöhäinen valtimo: Keskitasoinen (120kV)
* Laskimo: Korkea (120kV)
* Jälkisarja: Tyydyttävä- keskitasoinen (120kV) kokonaisviive 3 min

## 7.7. Haimatuumori

Indikaatio:

-Haimatuumori tai sen kontrolli leikkausta harkittaessa

Esivalmistelu:

* ei välttämätön, mutta tarvittaessa lyhyt vesijuotto = kaksi mukillista vettä tutkimuspöydälle mentäessä

Varjoaine:

* Käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 2 ml/kg (max 150-160ml)
* ruiskutusnopeus 5 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* varhainen valtimovaihe palleakupolista suoliluusiipeen
* myöhäinen valtimovaihe/ parenkyymivaihe palleakupolista suoliluun siipeen
* laskimovaiheessa jugulumista symfyysiin

Kuvanlaatusuositus:

* varhainen valtimovaihe: korkea/ tyydyttävä
* parenkyymivaihe: korkea
* laskimovaihe: keskitasoinen

## 7.8. YLÄ-GI-KANAVA POSTOPERATIIVINEN /LEKAASIEPÄILY

Indikaatio:

* Varhainen postoperatiivinen lekaasi- tai tukosepäily (esofagus- ja ventrikkeli-)
* POEM-toimenpiteen jälkeen
* Myöhäinen fisteli- tai kiertymäepäily

Esivalmistelu:

Potilaan asettelu: Tarvittaessa tukivyö vatsan ympärille, se helpottaa kuvauksen keskittämistä ja parantaa kuvanlaatua.

* Varjoainejuotto
* Varhaisessa (=päiviä leikkauksen jälkeen) postoperatiivisessa vaiheessa on tärkeää antaa vain rajallinen määrä nestettä, esim. juuri ennen varjoainetehosteista kuvausta natiivisarjan jälkeen makuulla tutkimuspöydällä 50 ml 10 % jodivarjoainetta (sekoitussuhde 20 ml jodivarjoainetta 350 mgI/ml, matalaosmolaalinen tai Gastrografin + 2 dl steriiliä vettä)
* Myöhäisvaiheen (viikkoja – kuukausia leikkauksen jälkeen) post-operatiivisissa kuvauksissa voidaan antaa 200–400 ml 10% jodivarjoaine noin 15 min ennen kuvausta. Potilaan on hyvä kääntyillä varjoainejuoton jälkeen molemmille kyljille ennen kuvausta.
* Ei juottoa, jos lähettävä lääkäri niin arvioi (esim. suolen kiertymäepäily)!!!

## Varjoaine:

* Käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1,5 ml/kg (max 150-160ml)
* ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Varhaisvaiheen (=päiviä leikkauksen jälkeen) postoperatiivisessa kuvauksessa tarvittaessa natiivikuvaus aluksi ilman juottoa palleasta suoliluun siipeen (leikkausmateriaalin paikannus)
* Myöhäisvaiheen (viikkoja – kuukausia leikkauksen jälkeen) postoperatiivisissa kuvauksissa ei kuvata natiivisarjaa
* Varjoainejuoton jälkeen laskimovaiheessa pallean kraniaalipuolelta trochanter minoreihin

Kuvanlaatusuositus:

* natiivisarja: keskitasoinen
* laskimovaihe: keskitasoinen

## 7.9. ALA-GI-KANAVA POSTOPERATIIVINEN/REKTUMLEKAASI (MATALA SAUMA)

Indikaatio:

* Rektumlekaasin epäily päivystyksellisesti tai elektiivinen sauman tarkistus ennen suojaavan avanteen sulkua kolorektaalioperaation jälkeen

Esivalmistelu:

* Ei juottoa, ei esivalmistelua

Varjoaine:

* Käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1,5 ml/kg (min 80 ml - max 150 ml)
* ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Natiivisarja
* Rektaalivarjoaine, esim.
  + 12 ml Omnipaque 350 mgI/ml sekoitetaan 500 ml kehonlämpöistä Aqua sterilisataa
  + Käytetään pehmeämpää rektaalikärkeä
  + Kärjen kautta valutetaan varjoaineliuos rektumiin potilaan maatessa vasemmalla kyljellä
  + Potilasta kehotetaan pidättämään kykynsä mukaan
  + Potilas makaa vasemmalla kyljellä täytön ajan ja vielä 5 min sen jälkeen
  + Sen jälkeen potilaan tulee maata oikealla kyljellä 5 min
  + Kärki poistetaan juuri ennen kuvausta
* Natiivi: Alavatsa; crista iliaca-tasoista – trochanter minoreihin
* rektaalivarjoainetäytön jälkeen: Alavatsa; crista iliaca-tasoista – trochanter minoreihin
* rektaalivarjoainetäytön jälkeen laskimovaiheessa: Palleakaarten tasosta – trochanter minoreihin

Kuvanlaatusuositus:

* natiivi: tyydyttävä
* rektaalivarjoaineella natiivina: tyydyttävä
* rektaalivarjoaineella laskimovaiheessa: keskitasoinen

## 7.10. Virtsatiekivi / kylkikipu TT

Indikaatio:

* virtsatiekiviepäily
* virtsatiekivikontrolli

Esivalmistelu:

* virtsarakon tulee olla kohtalaisen täynnä
* kuvaus joko vatsallaan tai selällään

Suonensisäinen varjoaine:

* ei tarpeen

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus

* natiivikuvaus munuaisten yläpuolelta virtsarakon alapuolelle

Kuvanlaatusuositus:

* tyydyttävä

## 7.11. Munuaistuumori

Indikaatio:

* Epäselvän munuaisleesion arviointi
* tuumoriepäily
* epäselvät kystat
* munuaisabsessi
* termoablaation kontrollit (myös erityisvaihe munuaistasolta)

Esivalmistelu:

* Ei tarpeen
* Pyelostoomat on suljettava juuri ennen kuvausta

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Munuaiset/ ylävatsa natiivina
* Ylävatsa myöhäisessä valtimovaiheessa
* Koko vatsa (tai vartalo, jos kyseessä levinneisyystutkimus) laskimovaiheessa
* Koko vatsa (munuaiset, ureterit, virtsarakko) tarvittaessa eritysvaiheessa (3-5min)

Kuvanlaatusuositus:

* kaikissa sarjoissa: keskitasoinen

Muuta:

* Jännitteen vakiointi 120kV kaikissa vaiheissa kaiken kokoisilla potilailla

## 7.12. TT-urografia

Indikaatio:

* Ylävirtsateiden maligniteettiepäily
* Postoperatiivinen seuranta
* Hematurian selvittely
* Krooninen virtsatiekivitauti, PCNL-suunnittelu

Esivalmistelu:

* Juottona noin 1l vettä 30min aikana ennen tutkimusta

Ennen tutkimusta rakon tyhjennys

* Pyelostoomat suljettava juuri ennen kuvausta (jos tulee kovia kipuja, on ne avattava)
* Lisäksi joissakin sairaaloissa on käytössä Furesis 0,1mg/kg (max 10mg) noin 5min ennen varjoaineen ruiskutusta

Suonensisäinen varjoaine ja kuvausvaiheet:

Nuoremmilla (=alle 35-vuotiaat) potilailla suositaan – monivaiheista varjoaineruiskutusta ja yksivaiheista kuvausta, muilla tehdään 3-vaiheinen kuvaus:

* varjoaine 350mgI/ml
* varjoaineen ruiskutusaika
* Annosnopeus: 15mg/I/kg
* Flow ja määrä voidaan laskea Omniject-laskurilla. Jos laskuria ei ole, voi käyttää seuraavaa kaavaa

45 kg 77ml – 1.9 ml/s

50 kg 86ml – 2.1 ml/s

55 kg 94 ml – 2.4 ml/s

60 kg 103 ml – 2.6 ml/s

65 kg 111 ml – 2.8 ml/s

70 kg 120 ml – 3 ml/s

75 kg 129 ml – 3.2 ml/s

80 kg 137 ml – 3.4 ml/s

85 kg (max) 146 ml – 3.6 ml/s

Kuvasarjan rajaus ja kuvausvaiheet:

- Potilas vatsallaan tai selällään, jalat edellä tutkimuspöydällä, kädet pään yläpuolella:

* Natiivina munuaiset/ ylävatsa
* Laskimo(uroteeli)vaiheessa virtsatiet/ koko vatsa (kiinteä viive 60s)
* Tarkistusleike uretereista 5min kuluttua varjoaineen annosta. Odotetaan max 10 min, jonka jälkeen kuvaus
* Eritysvaiheessa virtsatiet/ koko vatsa

Kuvanlaatusuositus:

* Natiivi: välttävä
* Muut sarjat: keskitasoinen

## 7.13. Lisämunuaistuumori

Indikaatio:

* lisämunuaistuumoriepäily
* lisämunuaistuumorin seuranta

Esivalmistelu:

* Ei tarpeen

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* ruiskutusnopeus 3 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

Jos on epävarmaa, onko lisämunuaisessa ekspansio, on suositeltavaa tehdä pelkkä natiivisarja, jonka radiologi tarkistaa kuvaussarjan valmistuttua ja muut kuvasarjat kuvataan vain, jos ekspansio todettavissa

Jos lisämunuaisessa on ekspansio, ensimmäisellä kuvauskerralla kuvataan sekä natiivi että varjoainesarjat.

Kontrollikuvauksissa riittää natiivi, mikäli aiemmin ekspansion natiivitiheys on ollut < 10HU

* natiivisarja lisämunuaisten alueelta (noin maksan puolivälin tasolta munuaisten puolivälin tasolle)
* laskimovaiheessa ylävatsa
* jälkisarja lisämunuaisista 15min varjoaineruiskutuksesta

Kuvanlaatusuositus:

* kaikki sarjat: keskitasoinen

Putkijännite: 120 kV

### 7.13.1. Lisämunuaislöydöksen tulkinnasta

* valtaosa (82 %) alle 2 cm läpimittaisia toimimattomia adenoomia, mutta muutos voi olla myös feokromosytooma, myelolipooma, ganglioneurooma, kysta, hematooma, kortikaalinen karsinooma, metastaasi tai muu syöpä
* potilailla, joilla on anamneesissa muu syöpä, 3/4 lisämunuaisen sattumalöydöksistä on metastaaseja, kun taas aiemmin terveillä 2/3 on benignejä kasvaimia
  + kaikki yli 4 cm muutokset suositellaan poistettavaksi, samoin hormonaalisesti aktiiviset kasvaimet koosta riippumatta
  + alle 4 cm kasvaimet leikataan, jos viitteitä pahanlaatuisuudesta, kasvain suurenee seurannassa tai muuttuu hormonaalisesti aktiiviseksi

Kuvantamissuositus:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **3 kk seurantakuvaus** | **12 kk seurantakuvaus** |
| **Jos alle 4 cm toimimaton kasvain vaikuttaa adenoomalta (eli sisältää rasvaa)** |  | **x**  Jos kasvain ei ole muuttunut eikä ole hormonaalisesti aktiivinen, myöhempää kuvantamisseurantaa ei tarvita |
| **Jos alle 4 cm kasvaimen luonne jää epäselväksi** | **x** | **x**  Jos muutoksen luonne edelleen epäselvä |

Tyyppilöydökset TT:ssa (Jos kV muuta kuin 120, HU-arvot muuttuvat ja raja-arvot enemmän suuntaa-antavia)

|  |  |
| --- | --- |
| **Adenooma** | Pieni, yleensä alle 3 cm  Pyöreä tai soikea, sileät reunat, homogeeninen  Ei kasvutaipumusta  Natiivi-TT: 70 % alle 10 HU, 30 % yli 10 HU  Jälkisarja-TT: absoluuttinen wash out vähintään 60 % |
| **Feokromosytooma** | Kookas, yleensä yli 3 cm  Pyöreä tai soikea, heterogeeninen, voi olla kystinen  Natiivi-TT: tiheys yli 10 HU  Varjoaine-TT: voimakas tehostuminen, jälkisarjassa (15 min) absoluuttinen wash out alle 60 % |
| **Lisämunuaiskarsinooma** | Kookas, yleensä yli 4 cm  Epäsäännöllinen, epäsäännölliset reunat, heterogeeninen  Nopea kasvu  Natiivi-TT: yleensä yli 10 HU  Varjoaine-TT: voimakas tehostuminen, jälkisarjassa (15 min) absoluuttinen wash out alle 60 % |
| **Metastaasi** | Koko vaihtelee  Soikea tai epäsäännöllinen, epäsäännölliset reunat, heterogeeninen  Vaihteleva kasvutaipumus  Natiivi-TT: tiheys yli 10 HU  Jälkisarjassa (15 min) absoluuttinen wash out alle 60 % |

## 7.14. Ruokatorvi- ja ventrikkelituumori

Indikaatio:

* ruokatorvessa todetun tuumorin ensivaiheen levinneisyysselvitys
* todetun tai epäillyn ventrikkelituumorin alkuvaiheen levinneisyysselvittely
* konservatiivisesti hoidetun ventrikkelituumorin seurantakuvaus
* hoitovasteen seurannassa suositellaan käytettäväksi vartalon rutiiniohjelmaa paitsi, jos hoitojen jälkeen halutaan arvioida uudelleen leikkauskelpoisuutta. Tällöin paikallisstatuksen selvittäminen on helpointa tehdä ruokatorvi-/ventrikkelituumoriohjelmalla (poikkeava nestejuotto)

Esivalmistelu:

* lyhyt vesijuotto jatkuen kuvaukseen saakka
* Lisäksi voidaan käyttää ruokatorven laajentamiseksi:
* butyl-scopolamiini 20 mg (BuscopanR) iv:sti juuri ennen kuvausta, jos ei kontraindikaatioita
* (yliherkkyys, hoitamaton glaukooma, myastenia gravis, takykardia, maha-suolikanavan tukos, megacolon, prostatahyperplasia/rakkoretentio)
  + jos annat Buscopania, muista mainita potilaalle mahdollisista sivuvaikutuksista (mm. tilapäinen näön hämärtyminen)
* vaihtoehtoisesti glucagon 1 mg iv:sti (GlucagenR), jos BuscopanilleR kontraindikaatio
* pussillinen SamariniaR (tai GastroluftR tabl.) ja sen jälkeen 2 mukillista vettä

Varjoaine:

* 350 mgI/ml käytettäessä
* kokonaismäärä 2 ml/kg
* ruiskutusnopeus 4 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* yhtenä pakkana hiukan solisalueen yläpuolelta symfyysin alareunaan siten, että maksa tulee kuvatuksi laskimovaiheessa
* vaihtoehtoisesti keuhkot valtimovaiheessa solisalueelta hiukan kardian alapuolelle (usein tuumori sijaitsee ruokatorven alakolmanneksen tai kardian alueella) ja vatsa laskimovaiheessa hiukan palleatason yläpuolelta symfyysin alareunaan
  + HUOM: tällöin kuvausalueet saavat mennä päällekkäin, ettei kuvasarja keskeydy ruoktorvituumorin alueella!

Kuvanlaatusuositus:

* keskitasoinen

Putkijännite: 120 kV

## 7.15. Kolorektaalituumorin primaaritutkimus

Indikaatio:

* Paksusuolituumorin preoperatiivinen levinneisyysselvitys
* hoitovasteen seurannassa suositellaan käytettäväksi vartalon rutiiniohjelmaa

Esivalmistelu:

* HUOM! Suolistovarjoainetta ei saa käyttää!

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 2 ml/kg
* ruiskutusnopeus 4 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Varhainen valtimovaihe = angiosarja palleatasosta trochantertasolle (=verisuonitus)
* Laskimovaihe jugulumista symfyysiin

Kuvanlaatusuositus:

* molemmat kuvasarjat: keskitasoinen

## 7.16. Ohutsuoli

Indikaatio:

* tulehdukselliset suolistosairaudet tai ohutsuolen tuumorit

Esivalmistelu:

* Eri sairaaloiden käytännöt suolen tyhjennyksen osalta vaihtelevat, tyhjennys voidaan tehdä yleisohjeen mukaisesti (ks kpl 7.16.1.)
* Tavallisimmin esivalmisteluna käytetään ainoastaan 8 tunnin paastoa.
* yleensä ns. neutraali suolivarjoaine:
* VistaprepR- tai mannitolijuotto ennen tutkimusta, kokonaismäärä ad 1500-1700 ml
* 550 ml 15 min aikana alkaen noin 45 min ennen kuvausta
* 550 ml seuraavan 15 min aikana
* 350 ml seuraavan 10 min aikana
* 250 ml tutkimuspöydällä ennen kuvausta
* HUOM: tarjoile VistaprepR mieluiten jääkaappikylmänä
* Lisäksi voidaan antaa (ei välttämätön) butyl-scopolamiini 20 mg (BuscopanR) iv:sti juuri ennen kuvausta, jos ei kontraindikaatioita (yliherkkyys, hoitamaton glaukooma, myastenia gravis, takykardia, maha-suolikanavan tukos, megacolon, prostatahyperplasia/rakkoretentio)
* jos annat Buscopania, muista mainita sivuvaikutuksista (mm. tilapäinen näön hämärtyminen)
* vaihtoehtoisesti glucagon 1 mg iv:sti (GlucagenR), jos BuscopanilleR kontraindikaatio

Varjoaine:

* käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1,5 ml/kg
* ruiskutusnopeus 3 ml/sek

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* vatsa pleurasoppien tasolta symfyysin alareunaan tavanomaista varhaisemmassa laskimovaiheessa (noin 50 sek varjoaineruiskutuksen alusta eli bolustrackingiä käytettäessä diagnostinen viive 10-20 sek tavanomaista laskimovaihetta lyhyempi)
* tarvittaessa (vain tuumoritilanteissa) lisäksi laskimovaiheen kuvaus ylä- tai koko vatsan alueelta, yleensä ylävatsa riittää

Kuvanlaatusuositus:

* tuumoriepäilyissä keskitasoinen
* tulehdustaudeissa tyydyttävä/keskitasoinen, ainakin kontrollitutkimuksissa suositellaan tyydyttävää kuvanlaatua

Putkijännite: 120 kV

### 7.16.1. Esimerkki ohutsuolen tyhjennyksestä

Tutkimusta edeltävänä päivänä:

* välttäkää kokojyväleipää, marjoja, hedelmiä, vihanneksia ja kasviksia.
* välttäkää myös maitoa ja maitotaloustuotteita sekä hiilihappoisia juomia
* voitte syödä esim. veteen keitettyä kana- tai kalakeittoa, velliä, keitettyä perunaa tai riisiä, mehukeittoa, vaaleaa leipää sekä kahvia tai laimeaa mehua
* ottakaa kaksi Toilax tablettia noin klo 12 ja kaksi Toilax tablettia noin klo 19
* olkaa illasta kello 22 lähtien syömättä, tupakoimatta ja ilman purukumia

Tutkimuspäivänä:

* olkaa syömättä
* saatte juoda vettä
* säännöllisessä käytössä olevat lääkkeet voitte ottaa pienen nestemäärän kanssa

## 7.17. Paksusuolen TT

Indikaatiot:

* Paksusuolen TT on paksusuolen tähystystä täydentävä tai sille vaihtoehtoinen tutkimus seuraavissa tilanteissa:
* paksusuolta ei ole pystytty tutkimaan kokonaan esim. tukkivan tuumorin tai divertikuloosin vuoksi tai teknisistä syistä
* perinteinen kolonoskopia kontraindisoitu tai potilas ei sitä kestä
* potilas kieltäytyy perinteisestä kolonoskopiasta
* paksusuolisyövän poissulku potilailla, joilla ei ole syytä epäillä muuta paksusuolen sairautta (esim. primaarikasvaimen haku metastasoituneessa taudissa tai poissulku iäkkään henkilön sairastaman divertikuliitin jälkeen)
* yhdistettynä varjoainetehosteiseen TT-tutkimukseen syövän levinneisyyden tutkimuksessa

Kontraindikaatiot:

* Akuutti suolitulehdus, esim. divertikuliitti (varoaika 4-6vkoa)
* Suolesta otetun syvän biopsian jälkeen varoaika 4vkoa, pinnallisen biopsian jälkeen ei varoaikaa

Esivalmistelu:

* suolen hyvä tyhjennys
* residuaali-suolensisällön merkkaus Gastrografinilla on suositeltavaa mahdollisuuksien mukaan (hyödyllinen etenkin polyyppidiagnostiikassa)
* HUOM: suolen sisällön tai nesteen merkkausta ei kannata käyttää tietyillä analyysiohjelmilla (esim. ns. värikoodaukseen perustuvilla)
* suolen hiilidioksidi- tai ilmatäyttö

Esimerkki esivalmistelusta;

### 7.17.1. Edeltävänä päivänä suolen sisällön merkkaus ja nestemäinen dieetti

-tutkimusta edeltävänä päivänä ei saa syödä mitään kiinteää ruokaa

-vain nesteet ovat sallittuja, esim.

-vesi, tee ja kahvi

-tuoremehut, joissa ei ole hedelmälihaa

-siivilöidyt mehukeitot ja kiisselit

-siivilöidyt liha-, kala- ja kanaliemet

-täydennysravintovalmisteet

### 

### 7.17.2. Tyhjennys ns. märkätekniikalla suolen sisällön merkkauksen jälkeen

Tyhjennykseen on useita tapoja, joista tässä joitakin esimerkkejä:

*Ns. märkätyhjennys (VistaprepR, PicoprepR, CitrafleetR)*

Kontraindikaatiot:

* ruoansulatuskanavan tukkeuma, ileus
* suolen perforaatio
* peptinen haavauma
* toksinen koliitti tai toksinen megakoolon
* vaikea munuaisten vajaatoiminta
* kompensoimaton sydämen vajaatoiminta
* yliherkkyys polyetyleeniglykolille tai muulle valmisteen ainesosalle

Vaihtoehtoisia tapoja annostella, esim:

*Vistaprep*iä juodaan jääkaappikylmänä 1-1,8 l tunnissa niin kauan, että ripulina ulos tuleva neste on kirkasta. Siihen kuluu yleensä aikaa 2-5 tuntia ja liuosta keskimäärin 4 litraa

Varsinaisen tyhjennyksen jälkeen voidaan ottaa lisäksi vielä bisacodyl 10 mg (*Toilax*R 2x5mg tabl) jäljelle jääneen suolen sisällön ja nesteen poistamiseksi

Tyhjennysten jälkeen voidaan suoleen mahdollisesti jäänyt neste vielä merkata ennen nukkumaan menoa

* esim. lasillinen (1.5-2 dl) nestettä, jossa 5-60 ml jodivarjoainetta (*Gastrografin*R)

Kevyempänä tyhjennysvaihtoehtona on käyttää *Picoprep/Citrafleet* -annospusseja edellisenä päivänä joko:

*Picoprepia/Citrafleet*ia yksi annospussi edellisenä päivänä ja edellisenä iltana *Gastrografin* (50 ml *Gastrografin* + 450 ml vettä -laimennos).

*Picoprepia/Citrafleet*ia käytetään myös annostuksella 1 pussi klo 14 ja toinen pussi noin klo 20 noin suunnilleen + *Gastrografin*-laimennos illalla tai vaihtoehtoisesti annospussit edellisenä päivänä klo 8 ja klo 16 ja mahdollisuuksien mukaan *Gastrografin*-merkkaus edellisenä iltana.

Kuvauksen yhteydessä esivalmisteluina:

* Butylscopolamiini 20 mg (*Buscopan*R) iv:sti juuri ennen kuvausta, jos ei kontraindikaatioita
* (yliherkkyys, hoitamaton glaukooma, myastenia gravis, takykardia, maha-suolikanavan tukos, megacolon, prostatahyperplasia/rakkoretentio)
  + Jos käytät Buscopania, muista mainita sivuvaikutuksista (mm. tilapäinen näön hämärtyminen)
* vaihtoehtoisesti glucagon 1 mg iv:sti (*Glucagen*R), jos BuscopanilleR kontraindikaatio
* Hiilidioksidi- tai vaihtoehtoisesti ilmatäyttö, jollei hiilidioksidipumppua ole käytettävissä topogrammista arvioidaan täytön riittävyys

Varjoaine:

* käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä 1.5 ml/kg
* ruiskutusvauhti 3-4 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* natiivisarja vatsallaan palleasta symfyysiin
* ellei potilas pysty olemaan vatsallaan, vaihtoehtoisesti kyljellään
* varjoainesarja laskimovaiheessa selällään palleasta symfyysiin
* jos kuvien tulkinta värikoodausohjelman avulla, viive 45 sek
  + silloin tarvittaessa myös ylävatsa (maksa) laskimovaiheessa

Kuvanlaatusuositus:

* keskitasoinen maligniteettiepäilyssä
* tyydyttävä benigneissä indikaatioissa

Putkijännite: 120 kV

## 7.18. Vatsavammat

Indikaatio:

* Tylppä tai terävä vatsavamma tai sen kontrolli

Esivalmistelu:

* jos epäily lantionmurtumasta, virtsarakkoon varjoaine
* 10 ml 350 mgI/ml jodivarjoainetta + 500 ml 0,9 % keittosuolaa, tiputetaan rakkoon noin 300 ml

Kuvausalue, kuvasarjat ja varjoaine:

* + Jos hemodynaamisesti stabiilin potilaan tylppä vatsavamma; 2-vaiheinen varjoaineruiskutus ja 1-vaiheinen kuvaus palleakupolista trochanterien tasolle.
* Matalalla kynnyksellä kuvauksen laajentaminen koko vartalon traumakuvantamiseksi
* Mikäli epäily virtsatievammasta, jälkisarja virtsaelinten alueelta
* Jos terävä vamma tai hemodynaamisesti epästabiili tylppä vatsavamma; kuvataan vuoroprotokollan mukaan natiivi-, angio- ja laskimovaiheen sarjat.

Kuvanlaatusuositus:

* Natiivisarja välttävä
* Muut sarjat keskitasoinen

## 

## 7.19. Vuotoangio

Indikaatio:

* Äkillinen traumaattinen tai muu verenvuotoepäily sisäelimessä, suolistossa, sisäelimissä yleisesti

Esivalmistelu:

* EI suolistovarjoainetta

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* 1,5 ml/painokg
* ruiskutusnopeus 5 ml/s (max 150ml)

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* Epäillystä vuotopaikasta riippuen joko jugulumista tai palleasta symfyysiin
* natiivisarja
* angiosarja
* laskimovaihe

Kuvanlaatusuositus:

* natiivi: tyydyttävä (vaihtoehtoisesti voi käyttää dual energy-laitteen virtuaalinatiivia)
* angiovaihe: keskitasoinen
* laskimovaihe: keskitasoinen

## 7.20. Suoli-iskemia

Indikaatio:

* Akuutti suoli-iskemian epäily

Esivalmistelu:

* EI suolistovarjoainetta, ei esivalmisteluja

Varjoaine:

* 350 mgI/ml
* 1,5 ml/painokg
* ruiskutusnopeus 5 ml/s (max 150ml)

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* palleasta symfyysiin
  + Natiivisarja (vaihtoehtoisesti voi käyttää dual energy-laitteen virtuaalinatiivia)
  + angiosarja
  + laskimovaihe

Kuvanlaatusuositus:

* natiivi: tyydyttävä
* angiovaihe: keskitasoinen
* laskimovaihe: keskitasoinen

## 7.21. Aortta

Indikaatio:

* dissekaatio- tai aneurysmaruptuuraepäily
* edellisten kontrollit
* aneurysmien preoperatiivinen kuvantaminen
* stenttigraftien kontrollit

Esivalmistelu:

* ei esivalmistelua

Varjoaine:

* käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä laitteen nopeudesta riippuen seuraavasti
* (kuvauksen kesto + diagnostinen viive + 3-5 s) x ruiskutusnopeus
* eli esim. (5 s + 4 s + 4 s) x 4 ml/s
* stenttigraftien kontrollissa kuitenkin vähintään 1.5 ml/kg
* ruiskutusnopeus 4 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* bolusseuranta nousevaan aorttaan
* minimiviiveellä siitä, kun HU-pitoisuus nousee 100-120 HU:iin.
* dissekaatioepäilyissä kallonpohjasta symfyysiin
* aortan kaaren yläpuolelta nivustaipeisiin
* kontrolleissa riittää yleensä bifurkaatiotasoon
* stenttigraftikontrollissa myös laskimovaiheessa

Putkijännite: 100 kV; kookkailla potilailla tai jos kädet jäävät vartalon viereen 120 kV

Kuvanlaatusuositus:

* tyydyttävä

## 7.22. Munuais- tai viskeraaliangiografia

Indikaatio:

* stenoosiepäily

Esivalmistelu:

* ei tarvetta

Varjoaine:

* käytettäessä 350 mgI/ml
* kokonaismäärä laitteen nopeudesta riippuen
* (kuvausaika + diagnostinen viive + 3-5 s) x 4 ml
* ruiskutusnopeus 4 ml/s

Kuvausvaiheet ja kuvasarjojen rajaus:

* bolusseuranta laskevaan aorttaan
* munuaisten (viskeraaliangiografiassa pallean-) yläpuolelta si-niveltasolle minimiviiveellä (3-4 s)

Putkijännite: 100 kV; kookkailla potilailla tai jos kädet jäävät vartalon viereen 120 kV

Kuvanlaatusuositus:

* keskitasoinen

## 

# 8. KIRJALLISUUTTA

Arkkila P, Vuorialho M, Hovi S-L, ym. TT-kolografia paksusuolen sairauksien diagnosoinnissa. SLL 2011: 38; 2763-67.

Bly R, Isaksson R, Kaijaluoto S, Kiuru A, Kojo K, Kurttio P, Lahtinen J, Lehtinen M, Muikku M, Peltonen T, Ruonala V, Torvela T, Turtiainen T, Virtanen S, Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018, STUK-A263, STUK, huhtikuu 2020, 48p.

Bly R, Järvinen H, Kaijaluoto S, Ruonala V. Contemporary collective effective dose to the population from x-ray and nuclear medicine examinations - Changes over last 10 years in Finland. Radiat Prot Dosimetry. 2020 Jul 17; 189(3):318-322.

Bongartz G, Golding SJ, Jurik M, ym. European Guidelines for Multislice Computed Tomography. <http://www.msct.eu>

Dose DATAMED (2008) European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures. Radiation protection no. 154. Brussels: European Comission, Directorate General for Energy and Transport. [http://ec-europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/154 en.zip](http://ec-europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/154%20en.zip)

DDM2. Project report on European population dose estimation. Dose DataMed II project 2014. www.ddmed.eu.

Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: A feasibility / demonstration study. IAEA, Vienna 2009. IAEA-TECDOC-1621 ISBM 978-92-0-108009-7. IAEA 2009.

European Guidelines on Quality criteria for computed tomography, EUR 16262 EN. Luxemburg (European Commission, 1999, ISBN 92-828-7478-8)

Funama Y, Awai K, Nakayama Y ym. Radiation dose reduction without degradation of low-contrast detectability at abdominal multisection CT with a low-tube voltage technique: Phantom study. Radiology 2005: 237 (3); 905-10.

Hara AK, Kuo MD, Blevins M, ym. National CT Colonography Trial (ACRIN 6664): Comparison of three full-laxative bowel preparations in more than 2500 average-risk patients. Am J Roentgenol 2011; 196: 1076-1082.

Heggie JC, Kay JK, Lee WK. Importance in optimization of multi-slice computed tomography scan protocols. Australas Radiol 2006: 50; 278-85.

Iannaccone R, Laghi A, Catalano C ym. Detection of colorectal lesions: Lower-dose multi-detector row helical CT colonography compared with conventional colonoscopy. Radiology 2003: 229; 775-81.

Image Gently. The alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging. CT protocols. <http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/index.cfm?page=658>

International Comission on Radiological Protection, IRCP Publication 102: Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT), Annals of the ICRP Volume 37/1, Elsevier 2007.

Kalra M, Maher M, D`Souza R ym. Detection of urinary tract stones at low-radiation-dose CT with z-axis automatic tube current modulation: Phantom and clinical studies. Radiology 2005: 235 (2); 523-9.

Kaza RK, Platt JF, Goodsitt MM ym. Emerging techniques for dose optimization in abdominal CT. Radiographics 2014; 34(1):4-17.

McCollough CH, Bruesewitz MR, Koffer Jr JM. CT dose reduction and dose management tools: Overview of available options. Radiographics 2006: 26 (2); 503-12.

Nakayama Y, Awai K, Funama Y ym. Abdominal CT with low tube voltage: Preliminary observations about radiation dose, contrast enhancement, image quality, and noise. Radiology 2005: 237 (3): 945-51.

Parakh A, Kortesniemi M, Schindera ST. CT Radiation dose management: A comprehensive optimatization process for improving patient safety. Radiology 2016; 280; 663-673.

Radiation protection 118 (updated 2008). Referral Guidelines for Imaging. [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publicatin/doc/117 update\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publicatin/doc/117%20update_en.pdf)

Rengo M, Bellini D, De Cecco CN, ym. The optimal contrast media policy in CT of the liver. Part I: Technical notes. Acta Radiol 2011; 52: 467-72.

Rengo M, Bellini D, De Ceccon CN, ym. The optimal contrast media policy in CT of the liver. Part II: Clinical protocols. Acta Radiol 2011; 52: 473-80.

Smith-Bindman R, Wang Y, Chu P, Chung R, Einstein AJ, Balcombe J et al. International variation in radiation dose for computed tomography examinations: Prospective cohort study. BMJ 2019; 364:1-12.

Stacul F, van der Molen AJ, Reimer P, et al. Contrast induced nephropathy: updated ESUR Contrast Media Safety Committee guidelines. Eur Radiol 2011; 21: 2527-41.

Söderberg M, Gunnarsson M. Automatic exposure control in Computed Tomography – an evaluation of systems from different manufactures. Acta Radiol 2010; 6: 625-34.

Tsapaki V, Aldrich JE, Sharma R ym. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: Diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT – IAEA Coordinated Research Project. Radiology 2006: 240 (3); 828-34.

Wedegartner U, Lorenzen M, Nagel H, ym. Image quality of thin- and thick-slice MSCT reconstructions in low-contrast objects (liver lesions) with equal doses. RoFo 2004: 176 (11); 1676-82.

Yu L, Bruesewitz MR, Thomas KB, ym. Optimal tube potential for radiation dose reduction in pediatric CT: Principles, clinical implementations, and pitfalls. Radiographics 2011; 31: 835-48.

Yu L, Fletcher JG, Grant KL ym. Automatic selection of tube potential for radiation dose reduction in vascular and contrast-enhanced abdominopelvic CT. AJR Am J Roentgenol 2013; 201(2):W297-306.