

Mervi Taskinen ja Mikko Tenhunen

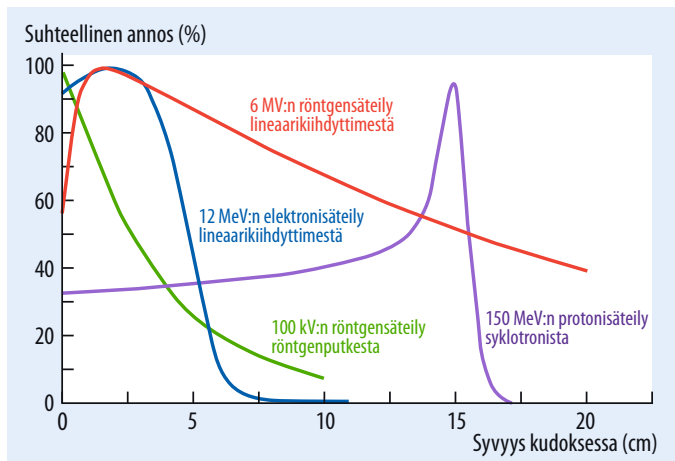
## Protonihoitolaite Suomeen?

Vuosittain Suomessa hoidetaan yli 16 000 aikuis- ja lapsipotilaan syöpää sädehoidolla. Siihen voi liittyä akuutteja ja pitkäaikaista haittavaikutuksia (1). Protonihoidosta on toivottu yhtä ratkaisua haittojen vähentämiseksi, mutta tieteellinen näyttö kertyy tuskallisen hitaasti. Hoito perustuu protonin luovuttamaan energiaan kudoksessa, ja tehokas hoito-syvyys määräytyy hiukkasen energian mukaan. Protoneilla saadaan usein edullisempi sädeannoksen jakauma tavanomaiseen fotonisädehoitoon verrattuna (KUVA) (2–4). Protonikeskusten määrä maailmalla on jatkuvasti lisääntynyt (106 toimivaa keskusta maaliskuussa 2023), minkä myötä on virinnyt keskustelu oman protonihoitokeskuksen saamisesta Suomeen.

Kansallinen työryhmä on etsinyt vastauksia protonihoidon tarve- ja saatavuuskysymyksiin. Ryhmään kuului kaikkien viiden yliopistosairaalan aikuisten ja lasten syöpälääkäreitä sekä fyysikoita. Analysoimme vuoden 2024 aikana uusimman kirjallisuuden sekä teimme alustavan kustannusvaikuttavuusarvion (5).

Sekä aikuisten että lasten syövän osalta eteneviä satunnaistettuja tutkimuksia protonihoi-

dosta on toistaiseksi hyvin vähän. Tutkimukset ovat perustuneet takautuvaan annosjakaumavertailuun fotonisädehoitoon, sädehoidon haittavaikutuksiin, paikalliseen kasvaimen hallintaan sekä etenemättömyysaikaan. Aikuisten sädehoidon toteuttaminen protonihoitona on todennäköisesti hyödyllistä osaan pään ja kaulan alueen sekä ruokatorven kasvaimista, retroperitoneaaliin ja kallonpohjan sarkoomiin, joihinkin aivokasvaimiin ja nuorten naisten rintasyöpään sekä nuorten potilaiden medias-tinaaliin lymfoomiin (6–10). Millekään edellä mainituista potilasryhmistä protonihoidon hyöty fotonisädehoitoon nähden ei kuitenkaan ole vielä riittävän selvä. Lasten sädehoidon osalta tilanne on selvempi, koska muun muassa American Society of Radiation Oncology (ASTRO) on katsonut annosjakamaan perustuvan näytön riittäväksi perusteeeksi protonihoidon käytölle lasten ja nuorten tarvitsemassa sädehoidossa (11). Tehdyn kirjallisuuskatsauksen pohjalta Suomessa on nykykäsityksen mukaan protonihoidosta laskennallisesti tai kliinisesti hyötyviä potilaita vuosittain noin 300–350 (TAULUKKO).



**KUVA.** Eri säteilylajien syväannoskäyriä kudoksessa. Protonihoidon ero fotonisiin ("6 MV:n röntgensäteily lineaarikiihdyttimestä") näkyy protonihoidon syvälle kudokseen muodostuvan suuren mutta kapean annoksen alueen, niin sanotun Braggin piikin, ja fotonihoidon tasaisesti pienenevän annoksen käyrää vertailemalla.

**TAULUKKO.** Protonihoidosta laskennallisesti tai kliinisesti hyötyvät potilasryhmät (Protonihoidon kansallinen selvitystyöryhmän loppuraportti).

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| <b>Aikuiset</b>                               |
| Nenän ja sivuonteloiden karsinoma             |
| Kielisyöpä                                    |
| Muu suun alueen syöpä                         |
| Nielusyöpä                                    |
| Kordooma                                      |
| Kondrosarkooma                                |
| Ruokatorvisyöpä                               |
| Mediastinaalinen lymfooma (alle 35-vuotiaana) |
| Rintasyöpä (alle 35-vuotiaana)                |
| Retroperitoneaaliset sarkoomat                |
| Gliooma                                       |
| Meningeooma                                   |
| <b>Lapset<sup>1</sup></b>                     |
| Aivokasvaimet                                 |
| Kiinteät kasvaimet                            |

<sup>1</sup>Lasten kasvainten osalta ei eroa pahanlaatuisen diagnoosin vaan kasvaimen koon sekä hoidettavan alueen mukaan.

Ei-pienisoluisen keuhkosityövän, maksa- ja sappitiesyöpien, kolorektaalisyövän, haimasyövän sekä gynekologisten syöpien ja eturauhassyövän hoidossa ei ole toistaiseksi saatu tilastollisesti merkitsevää näyttöä protonihoidon edusta fotonisädehoitoon nähden tarkasteltujen päätetapahtumien osalta (paikalliskontrolli, haittavaikutukset, kokonaiselossaoloaika) (12–16).

Protonihoidon kustannusvaikuttavuuskirjallisuus on sekin niukkaa. Paras ja kattavin käytettävissä oleva selvitys protonihoidon kustannusvaikuttavuudesta on kerätty kanadalaiseen Ontario Health Technology Assessment -arvioon vuodelta 2021 (17). Sen puitteissa todettiin, että protonihoito on selkeimmin kustannusvaikuttavaa lasten medulloblastooman, sydäntapahtumien kannalta riskiryhmään kuuluvien rintasyöpäpotilaiden sekä ainakin osan pään ja kaulan alueen syöpiä sairastavista hoidossa.

Suomesta on vuosina 2016–2023 lähetetty ulkomaille (Saksan Essenin, Tanskan Århusin tai Sveitsin Villigenin protonikeskukset) protonihoitoon vain 53 potilasta eli varsin paljon alle laskennallisen arvion. Julkinen terveydenhuolto

katkaa hoidon kustannukset Kelan ennakkomaksusitoumuksella. Kelan tukea on haettavissa myös matkojen ja asumisen kustannuksiin. Lasten aivokasvaimet ja aikuisten kordoomat ovat diagnoosiryhmät, joihin kuuluvia potilaita lähetetään ulkomaille eniten. Lapsipotilaita on lähetetty protonihoitoon aktiivisemmin kuin aikuispotilaita. Protonihoitoon lähettämisen käytännöissä on eroja eri puolella Suomea. On toivottavaa, että nämä erot tasoittuisivat indikaatioasettelun yhtenäistyessä ja lähettämisen prosessin yksityiskohtaisen kuvauksen myötä. Arvio protonihoidosta laskennallisesti tai kliinisesti hyötyvien potilaiden määrästä ja nykyisellään ulkomaille lähetettyjen potilaiden määrä ovat ristiriidassa keskenään. Näiden lukujen tulee merkittävästi lähentyä toisiaan, jotta protonihoidon omavaraisuuden tarve näyttäytyy realistisena.

Sädehoitoon käytetyt protonilaitteet ovat kehittyneet merkittävästi 20 viime vuoden aikana. Useat laitevalmistajat ovat kehittäneet suoraan sairaalaan asennettavia protonihoitolaiteita, jotka täyttävät kaikki lääkinnällisen laitteen vaatimukset. Kiihdyttimet ovat syklotroniteknologian takia varsin suurikokoisia, joten tavanomainen fotonikiihdyttimelle tarkoitettu huone ei sovi, vaan protonihoitolaitos vaatii kokonaan oman rakennuksensa. Varsin kauan on odoteltu kompaktimpia laitteita, jotka voisivat sopia tavanomaiseenkin huoneeseen. Laitteet ovat hieman pienentyneet kymmenen viime vuoden aikana.

Protonikeskuksen perustamis- ja ylläpitokustannukset ovat suuret, vaikka hoidon potilas-kohtainen kustannus jää selvästi pienemmäksi kuin vaikkapa kalleimmissa syövän lääkehoidoissa. Protonihoidosta hyötyvien potilaiden määrä ei Suomen omassa keskuksessa vielä riittäisi kilpailukykyiseen hinnoitteluun kaikkiin nyt yhteistyössä oleviin protonikeskuksiin verrattuna. Tutkimustieto karttuneen kuitenkin merkittävästi lähivuosina, joten tilannetta on seurattava huolellisesti. Perustamispäätöksestä kuluu helposti yli viisi vuotta varsinaisen hoitotoiminnan alkamiseen. Talouden lisäksi asiaan liittyy merkittävä sosiaalinen ja inhimillinen ulottuvuus hoitopaikan ollessa ulkomailta, koska sädehoito kestää useita viikkoja. Suomessa

olevaan yksikköön tulisi varmasti enemmän potilaita kuin ulkomaille Suomesta lähetetään.

Suomalaisen terveydenhuollon nykyisessä rahoitusnäkymässä noin 150 miljoonaa euroa maksavan protonihoitolaitoksen perustaminen tuntuu vielä kaukaiselta ajatukselta. Talouden ja hallinnon suhdanteiden vaihdelllessakin täytyy terveydenhuollon toimijoiden kuitenkin seurata aikaa, tehdä tutkimustietoon perustu-

via päätelmiä ja osata toimia ennakoivasti potilaiden kokonaisuus mielessä. Päädymmepä kotimaiseen protonikeskukseen millä aikataululla hyvänsä, tarvitsemme odotusaikana hyvät yhteistyösopimukset ulkomaisten protonikeskusten kanssa. Näin voidaan kansallisesti turvata hoidon saatavuus syövänhoidon kiireellisyiden vaatimassa aikataulussa. ■



**MERVI TASKINEN, dosentti, lastentautien ja lastenhematologian erikoislääkäri, ylilääkäri (eläk. 1.6.2025)**  
HUS, lapset ja nuoret



**MIKKO TENHUNEN, professori, sairaalafysiikka, ylifysiikka**  
HUS Syöpäkeskus

#### SIDONNAISUUDET

**Mervi Taskinen:** Luottamustoimet (NOPHO pääsihteeri 2016–2018), hankkeet (Protonihoidon kansallinen selvitystyöryhmä 2024, koordinaattori)

**Mikko Tenhunen:** Luottamustoimet (Sairaalafysiikkoiden pätevyömistä koordinoiva neuvottelukunta, jäsen)

#### KIRJALLISUUTTA

1. Krasin MJ, Constine LS, Friedman D, ym. Radiation-related treatment effects across the age spectrum: differences and similarities or what the old and young can learn from each other. *Semin Oncol* 2010;20:21–9.
2. Holliday E, Kocak-Uzel, Feng L, ym. Dosimetric advantages of intensity-modulated proton therapy for oropharyngeal cancer compared with intensity-modulated radiation: a case-matched control analysis. *Med Dosim* 2016;41:189–94.
3. Paganetti H, Depauw N, Johnson A, ym. The risk for developing a secondary cancer after breast radiation therapy: comparison of photon and proton techniques. *Radiother Oncol* 2020;149:212–8.
4. Ling TC, Slater JM, Nookala P, ym. Analysis of intensity-modulated radiation therapy (IMRT), proton and 3D conformal radiotherapy (3D-CRT) for reducing perioperative cardiopulmonary complications in esophageal cancer patients. *Cancers* 2014;6:2356–68.
5. Protonihoidon kansallinen selvitystyöryhmä. Protonihoidon selvitystyöryhmän loppuraportti 19.12.2024. Saatavilla: Mervi Taskinen tai Mikko Tenhunen.
6. Lin A, Chang JHC, Grover RS, ym. PTCOG head and neck subcommittee consensus guidelines on particle therapy for the management of head and neck tumors. *Int J Particle Ther* 2021;8:84–94.
7. Nakamura M, Mizumoto M, Saito T, ym. A systematic review and meta-analysis of radiotherapy and particle beam therapy for skull base chondrosarcoma: TRP-chondrosarcoma 2024. *Front Oncol* 2024;14:1380716.
8. Chung C, Trofimov A, Adams J, ym. Comparison of 3D conformal proton therapy, intensity-modulated proton therapy, and intensity-modulated photon therapy for retroperitoneal sarcoma. *Sarcoma* 2022;2022:5540615.
9. Lin SH, Hobbs BP, Verma V, ym. Randomized phase II trial of proton beam therapy versus intensity-modulated radiation therapy for locally advanced esophageal cancer. *J Clin Oncol* 2020;38:1569–79.
10. Jimenez RB, Hickey S, DePauw N, ym. Phase II study of proton beam radiation therapy for patients with breast cancer requiring regional nodal irradiation. *J Clin Oncol* 2019;37:2778–86.
11. ASTRO model policies. Chicago: American Medical Association 2022. [www.astro.org/astro/media/astro/daily%20practice/pdfs/astropbtmodelpolicy.pdf](http://www.astro.org/astro/media/astro/daily%20practice/pdfs/astropbtmodelpolicy.pdf).
12. Liao Z, Lee JJ, Komaki R, ym. Bayesian adaptive randomization trial of passive scattering proton therapy and intensity-modulated photon radiotherapy for locally advanced non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol* 2018;36:1813–22.
13. Hong TS, Wo JY, Yeap BY, ym. Multi-institutional phase II study of high-dose hypofractionated proton beam therapy in patients with localized, unresectable hepatocellular carcinoma and intrahepatic cholangiocarcinoma. *J Clin Oncol* 2016;34:460–8.
14. Verma V, Lin SH, Simone CB 2nd, ym. Clinical outcomes and toxicities of proton radiotherapy for gastrointestinal neoplasms: a systematic review. *J Gastrointest Oncol* 2016;7:644–64.
15. Mohiuddin JJ, Jethwa KR, Grandhi N, ym. Multi-institutional comparison of intensity modulated photon versus proton radiation therapy in the management of squamous cell carcinoma of the anus. *Adv Radiat Oncol* 2021;6:100744.
16. Corrao G, Marvaso G, Mastroleo F, ym. Photon vs proton hypofractionation in prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Radiother Oncol* 2024;195:110264.
17. Proton beam therapy for cancer in children and adults: a health technology assessment. Ontario Health (Quality). *Ont Health Technol Assess Ser* 2021;21:1–142.