

# Radioloogia

## FÜÜSIKA MEDITSIIINI TEENISTUSES

Arstiteadus ja kõrgtehnoloogia on saanud lahutamatuks viimase sajakonna aasta jooksul. Füüsika panused meditsiini arengusse on sageli tehtud füüsikateaduse eesliinil, neid on tunnustatud Nobeli auhindadega nii neile teadlastele, kes on teinud alusuuringuid, kui ka neile, kes on tõlkinud need teadussaavutused kliiniliselt kasutatavaks tehnoloogiaks. Siinjuures võiks märkida W. Röntgeni avastust ja röntgendiagnostika meetodite tähtsust meditsiinis kuni tänapäevani ja nähtavasti ka tulevikus. Röntgen sai 1901. aastal oma avastuse eest Nobeli kõigi aegade esimese füüsikaauhinna. Talle järgnesid kõrge tunnustusega H. Becquerel, P. Curie ning M. Curie teadustööde eest, mis on pannud aluse nuklearmeditsiini diagnostika- ja ravimeetodite arengule. Nobeli füsioloogia- ja meditsiiniauhinna vääriliseks on tunnistatud A. Cormack ja G. Hounsfield kompuutertomograafia meetodi väljatöötamise eest ning P. Lauterbur ja P. Mansfield magnetresonantstomograafia aluseks olevate avastuste eest – paljude arvates eelmise sajandi tähtsaimate avastuste eest diagnostilise meditsiini valdkonnas.

Uute meetodite kasutuselevõtuga kaasneb vajadus tehnoloogia pideva optimeerimise järele, et saavutada parim tulemus, parim kvaliteet, arvestades ühtlasi kõiki kaasnevaid riske. Meditsiiniseadmete ja -süsteemide kasutamisele kliinilises keskkonnas eelneb pikaajaline ja põhjalik tehnoloogia hindamine, planeerimine, projekteerimine, katsetamine. Enamikus arenenud riikides (sh Euroopa Liidus) on meditsiiniseadmete vajalike toimimismäitajate ja esmase ohutuse tagamiseks kehtestatud põhjalik vastavushindamissüsteem. Siiski ei

piisa vastavushindamise CE-märgisest meditsiiniseadmel tagamaks, et mingi konkreetne seade oleks diagnostikas või ravis kasutatav piisavalt tõhusalt ja ohutult. Meditsiiniseadme kasutusse võtmisel ja seadme kasutamise käigus on vaja pidevat tehnilist tuge, mida pakuvad arstide, õdede ja radioloogiatehnikute kõrval meditsiinifüüsikud ja biomeditsiinitehnika insenerid.

Füüsikutel ja inseneridel on kõrgtehnoloogiaga varustatud tervishoiuasutustes oma kindlad ülesanded ja vastutus. Traditsiooniliselt on meditsiinifüüsiku ülesanded seotud eelkõige radioloogia ja kiiritusravi seadmetega ning biomeditsiinitehnika inseneri vastutusala katab haigla ülejäänud meditsiinitehnika. Kuigi selline jaotus kehtib veel paljudes riikides (nt USA, Rootsi), võib meditsiinifüüsika ja biomeditsiinitehnika spetsialistide vastutusalas leida üha rohkem sarnasust ja kattuvust, seda ka seoses ühtsete infotehnoloogiliste lahenduste kasutuselevõtuga. See on tinginud paljudes maades, sealhulgas Eestis, nende kahe eriala ja ametikohtade ühendamise. See tähendab, et spetsialistid, kelle ametinimetuseks haiglas on meditsiinifüüsik või biomeditsiinitehnika insener, võivad täita sarnaseid või samu ülesandeid.

Meditsiinifüüsik on üldise määratluse järgi spetsialist, kes valdab kiirguskaitse füüsikalisi aluseid ja meetodeid kõige põhjalikumalt ning kes oskab anda nõu, et tagada praktiliste meetmete piisav ohutus. Enamasti moodustavad kiirguskaitsega seotud ülesanded siiski vaid ühe osa meditsiinifüüsiku või inseneri tööst. Sellele lisanduvad patsiendi kiirgusdooside täpseks mõõtmiseks sobivate meetodite kohandamine, kiirguse mõõtmine ja seda iseloomustavate parameetrite määramine, pildi kvaliteedi tagamiseks sobivate protokollide väljatöötamine, kvaliteet-

ditagamise programmide arendamine ja juhtimine, teiste tervishoiutöötajate nõustamine meditsiiniseadmete kasutamisel ning kiirguse kasulike ja kahjulike toimete optimeerimisel, kiirgustegevusega seotud normide järgimine.

Arvestades meditsiinifüüsiku asendamatu rolli diagnostilise radioloogia, nuklearmeditsiini ja kiiritusravi kvaliteedisüsteemi toimimisel, on peetud vajalikuks sätestada meditsiinifüüsiku ülesanded ja vastutus ka riiklikes õigusaktides. Euroopa Liidus käsitletakse patsiendi kiirgusohutust hiljuti uuendatud kiirgusohutuse direktiivis 2013/59/Euratom (1). Direktiivi järgi on kõigil liikmesriikidel kohustus korraldada meditsiinifüüsikute väljaõpe, meditsiinifüüsiku vastutusele meditsiinilises kiirgustegevuses on direktiivis pühendatud eraldi artikkel. On selge, et ilma meditsiinifüüsiku osaluseta, kui kiirgusdoose ei mõõdetata ega võrrelda referentsväärtustega, ei saa garanteerida ka nende dooside optimeeritust. Loomulikult on sellega kaasnevalt vaja radioloogil hinnata pildikvaliteeti. Automaatika, mis ei ole õigesti reguleeritud ega ole läbinud kvaliteedikontrolli, võib patsiendile anda sadu kordi suuremaid doose ja kiirgusriske, kui kvaliteetse pildi saamiseks oleks vajalik. Optimaalsest suuremad doosid ei avaldu digitaalradioloogias üldjuhul pildi halvenemisena, nagu see oli röntgenifilmil. Haigla meditsiinifüüsikul on niisiis asendamatu roll osaleda koos seadme müüja hooldusinseneridega seadme heakskiidukatsetel ning samuti hiljem rakendada süstemaatilist kvaliteedikontrolli programmi ja patsiendidosimeetriat. Diagnostilise radioloogia, nuklearmeditsiini ja kiiritusravi seadmete minimaalsed kvaliteedikriteeriumid on kooskõlastanud ELi liikmesriikide spetsialistid (2).

Meditsiinifüüsiku või inseneri tööülesannete hulka kuulub sageli tervishoiuasutuse meditsiinitehnoloogia vajaduste ja võimaluste hindamisele ning ruumide planeerimisele kaasaaitamine, samuti ruumide projekteerimine, meditsiineseadmete hangete korraldamises osalemine (sh spetsifikatsioonide koostamine, müügipakkumiste analüüs), kvaliteedijuhtimine, aparatuuri tehnohoolduse ja remondi korraldamine. Meditsiinifüüsikud on kaasatud kõrgtehnoloogilise kallihinnalise aparatuuri hangetesse, et haigla meditsiiniaparatuuri hanked, mis võivad ulatuda miljonite eurodeni, oleksid haiglale võimalikult tasuvad. Meditsiinifüüsikud koostöös erialaartstidega koostavad uue aparatuuri spetsifikatsioone eesmärgiga tagada haiglale see, mida just vajatakse. Tihti saab seadme ja selle juurde kuuluva kalli hoolduslepingu hinda (mis nt kompuutertomograafi puhul võib ulatuda kümnete tuhandete eurodeni aastas) nii oluliselt vähendada. Hanke ettevalmistamise käigus võib kallihinnalise seadme komplekti liita vajalikke lisafunktsioone, mida hiljem eraldi osta on haiglale tunduvalt kallim.

Tänapäeva uute kõrgetehnoloogiliste võimalustega haiglas ei ole vähetähtis ka meditsiinifüüsikute ja biomeditsiinitehnika inseneride koostöö arstidega teadus- ja arendustöö vallas. Uued kompleksed meetodid – funktsionaalne MRT, difusioontensorkuvamine, difusioonkurtooskuvamine jt – nõuavad uurimismeeskonnas kitsamat ja põhjalikumat spetsialiseerumist. Meditsiinifüüsiku töövaldkonda kuuluvad muu hulgas ka komplitseeritud dosimeetrilised arvutusmeetodid menetlusradioloogias ja nuklearmeditsiinis. Eesti arstide ning füüsikute või inseneride koostöös valminud uuringuid on avaldatud rahvusvahelistes teadusajakirjades, koos on peetud ka ettekandeid kohalikel ja rahvusvahelistel teaduskonverentsidel.

Tartu Ülikoolis ja Tallinna Tehnikaülikoolis hakati meditsiinifüüsiku

ja biomeditsiinitehnika aineid õpetama ligi paar aastakümnet tagasi. Sajandivahetusel oli mõlema ülikooli õppekavade raames võimalik juba spetsialiseeruda sellele koonderialale. Sotsiaalministeeriumi tellimisel valmis 2001. aastal Eesti Haiglate Liidu ning Eesti Biomeditsiinitehnika ja Meditsiinifüüsika Ühingu (EBMÜ) koostöös meditsiinitehnoloogia arengukava, mille uuendatud versioon pärineb 2012. aastast (3). Arengukavas on muu hulgas välja toodud Eesti vajadused biomeditsiinitehnika ja meditsiinifüüsika spetsialistide ettevalmistamisel. Sotsiaalministeerium on igal järgneval aastal kinnitanud tervishoiuvaldkonna töötajate koolitustellimuse nii TÜ 10 meditsiinifüüsika kui ka TTÜ 10 biomeditsiinitehnika magistri õppekohale. Nende spetsialistide vajadust rõhutati ka Riigikontrolli auditi käigus 2008. aastal (4). Aastatel 2009 kuni 2012 valmis TÜ ja TTÜ koostöö ning Euroopa projekti käigus biomeditsiinitehnika ja meditsiinifüüsika magistritaseme ühisõppekava, mis on saanud ekspertidelt kõrge kvaliteedihinnangu ja leidnud ka tööandjate (sh suuremad Eesti haiglad, meditsiinitehnika ettevõtted) tugevat toetust. Esimene vastuvõtt 20 õppekohale toimus 2013/14. õa sügissemestril. Ülikoolidel on vastastikuse koostöölepingu raames plaanis jätkata sel erialal vastuvõttu vähemalt eeloleval 2014/15. õppeaastal. Ühisõppekava lähematel aastatel jätkamise toetuseks on andnud olulise panuse Eesti Ameerika Fond. Kaugemas perspektiivis jätkamiseks on vaja kindlasti riiklikku toetust. Väheoluline pole vastuvõtu korraldamisel ka potentsiaalsete üliõpilaste suur huvi.

Õppekava katab kõige olulisemad teadmised ja praktilised oskused meditsiinifüüsikuna või biomeditsiinitehnika insenerina töötamiseks haiglas, teadusasutuses, meditsiinitehnika ettevõttes või mujal. Kohustuslikesse õppemoodulitesse kuuluvad muu hulgas elektromagnetvälju, meditsiinis kasutatavaid kiirgusi, anatoomiat ja füsioloogiat,

biomehaanikat, meditsiineseadmete ehitust ja talitlust, pildiagnostikat, füsioloogilisi mõõtmisi, signaalitötlust käsitlevad ained. Erialane magistriharidus koos vähemalt kaheaastase erialase praktikaga on aluseks vastava kutsekvalifikatsiooni omandamisele. Seni on biomeditsiiniinseneri kutseid antud EBMÜ ja Kutsekoja kaudu. Väljatöötamisel on uuele kutsesüsteemile vastav biomeditsiinitehnika inseneri kutsestandard, milles võetakse muu hulgas arvesse rahvusvaheliselt kooskõlastatud kutsenõudeid spetsialiseerumisel meditsiinifüüsika valdkonnas. Hiljuti avaldati Euroopa Liidu meditsiinifüüsika spetsialisti kutsekriteeriumid (5).

### KIRJANDUS

1. Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2013/59/EURATOM. Euroopa Liidu Teataja L 13; 17.1.2014. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059&rid=1> (vaadatud 15.02.2014).
2. European Commission. Criteria for acceptability of medical radiological equipment used in diagnostic radiology, nuclear medicine and radiotherapy. Radiation Protection 162. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2012. [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/162.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/162.pdf) (vaadatud 15.02.2014).
3. Meditsiinitehnoloogia arengukava. Tallinn: Eesti Biomeditsiinitehnika ja Meditsiinifüüsika Ühingu; 2012. [http://www.physic.ut.ee/ebmy/MTarengukava\\_2012\\_ver\\_6.pdf](http://www.physic.ut.ee/ebmy/MTarengukava_2012_ver_6.pdf)
4. Meditsiineseadmete soetamine ja kasutamine tervishoiuasutustes. Tallinn: Riigikontroll; 2008. <http://www.digar.ee/arhiiv/et/download/337949> (vaadatud 15.02.2014).
5. European Commission. European guidelines on medical physics expert. Radiation Protection 174. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2014. [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/174.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/174.pdf) (vaadatud 28.02.2014).



**Kalle Kepler –**  
TÜ füüsika  
instituudi  
meditsiinifüüsika  
keskus  
[kalle.kepler@ut.ee](mailto:kalle.kepler@ut.ee)



**Andrus Aavik –**  
TÜ Kliinikumi  
radioloogiakliinik