

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA – EGÉSZSÉGÜGYÉRT
FELELŐS ÁLLAMTITKÁRSÁG
EGÉSZSÉGÜGYI SZAKMAI KOLLÉGIUM

SUGÁRTERÁPIÁS ELJÁRÁSOK
ÚTMUTATÓ

2020. március

Tartalomjegyzék

1.	Bevezető.....	4
2.	Meghatározások.....	5
2.1	Fogalmak.....	5
2.2	Rövidítések jegyzéke.....	7
3.	A sugárkezelés formái.....	8
4.	A sugárzások fajtái, a sugárzás és az anyag kölcsönhatása, dozimetriai alapfogalmak..	9
5.	Sugárterápiás készülékek.....	10
4.1.	Kilovoltos (röntgenterápiás) készülékek.....	10
4.2.	Izotópos besugárzók (kobaltágyú, gamma-kés).....	11
4.3.	Megavolt foton és elektronbesugárzók – lineáris gyorsítók.....	11
4.4.	CT-szimulátor.....	12
6.	Besugárzástervezés.....	12
7.	Számítógépes besugárzástervezés.....	16
7.1	Teleterápiás dóziselőírás.....	17
8.	Brachyterápia.....	18
8.1	Nagy dózisteljesítményű (HDR) afterloading készülék.....	19
8.2	Brachyterápiás dóziselőírás.....	19
9.	Mellékhatások a sugárterápiában.....	20
10.	Sugárterápiás kezelések dokumentációja.....	20
11.	Sugárterápiára vonatkozó jogszabályok és előírások.....	21
11.1	Jogszabályok.....	21
11.2	Szabványok.....	22
12.	Védendő szervek dóziskorlátai nemzetközi ajánlások alapján.....	22
12.1	Dóziskorlátok 3D konformális és IMRT besugárzástervezés esetén.....	23
12.2	Dóziskorlátok sztereotaxiás SRS és SBRT besugárzástervezés esetén.....	23
13.	Sugárterápiás kezelések ismertetése BNO kódok alapján.....	24
13.1	Az ajak, a szájüreg és garat rosszindulatú daganatai (C00-C14).....	25
13.2	Az emésztőszervek rosszindulatú daganatai (C15–C26).....	27
13.3	A légző- és intrathoracalis szervek rosszindulatú daganatai (C30-C39).....	30
13.4	A csont és ízületi porc rosszindulatú daganatai (C40-C41).....	32
13.5	Melanoma és a bőr egyéb rosszindulatú daganatai (C43-C44).....	33
13.6	A mesotheliális és lágyszövetek rosszindulatú daganatai (C45-C49).....	34
13.7	Az emlő rosszindulatú daganata (C50).....	35

13.8	A női nemi szervek rosszindulatú daganatai (C51-C58).....	35
13.9	A férfi nemi szervek rosszindulatú daganatai (C60-C63).....	37
13.10	A húgyrendszer rosszindulatú daganatai (C64-C68).....	39
13.11	A szem, agy és központi idegrendszer egyéb részeinek rosszindulatú daganatai (C69-C72).....	40
13.12	A pajzsmirigy és egyéb endokrin mirigyek rosszindulatú daganatai (C73-C75)	41
13.13	Roszul meghatározott, másodlagos és nem meghatározott lokalizációjú rosszindulatú daganatok (C76-80)	42
13.14	Nyirok- és vérképzőszervek, rokon szövetek rosszindulatú daganatai (C81-C96)	42
13.15	Jóindulatú daganatok (D10-D36)	43
14.	Minőségellenőrzés	44
14.1	Klinikai minőség-ellenőrzés	44
14.2	Orvosi fizikai minőségellenőrzés	45
15.	Irodalomjegyzék	46

1. Bevezető

A sugárterápia a daganatos és kisebb részben a nem daganatos betegek ionizáló sugárzással való kezelését végző önálló klinikai diszciplína. A sugárkezelés célja a daganatos sejtek-szövetek lehetőség szerinti célzott, szelektív elpusztítása (a tumor eradikálása) a környező ép szövetek minimális sugárkárosodásával, ami a lehető legjobb életminőség mellett biztosíthatja a daganatos betegek gyógyulását, illetve lokoregionális daganatmentességét. A kemoterápiával szemben valódi szelektivitása abból adódik, hogy csak a szövetekben elnyelődő sugárnyaláb fejt ki biológiai hatást, így a sugárnyaláb irányának és alakjának változtatásával az többé-kevésbé szelektíven fókuszálható a daganatra, miközben az ép szöveteket meg tudjuk kímélni a sugárzás pusztító hatásától. Ezek alapján a daganatos betegek 60%-ánál a betegség természetes lefolyása során legalább egyszer szükség van sugárkezelésre, és hatékonyság szempontjából a sugárkezelés megközelíti a sebészi onkológia eredményességét. A sugárkezelés célkitűzése szerint – a sebészi kezelésekhöz hasonlóan – megkülönböztetjük a kuratív és palliatív kezeléseket. A teljes gyógyulás reményében végzett kuratív sugárkezelés esetén cél a daganat összes sejtjének elpusztítása, így magasabb összdózissal (60–78 Gy) végezzük a kezeléseket. Ezzel szemben palliatív besugárzáskor célunk az akut életveszély (pl. mellüregi daganat okozta vena cava superior szindróma vagy fenyegető gerincvelői harántlézió) elhárítása vagy az életminőség javítása (pl. fájdalmas csontáttét sugárkezelése, lumenbiztosítás nyelőcső- vagy bronchus-brachyterápiával). A sugárkezelés komplex daganatellenes kezelésen belüli időzítése és szerepe szerint megkülönböztetjük a preoperatív (műtét előtti), posztoperatív (műtét utáni) és definitív (primer) sugárkezelést. Utóbbi esetén elsődlegesen és kizárólagosan csak a sugárkezeléstől várjuk a daganat teljes elpusztítását és a beteg gyógyulását. A sugárkezelést adhatjuk önmagában (kemoterápia nélkül) vagy egyidőben kemoterápiával együtt – ilyenkor szimultán (vagy konkommittáló) radio-kemoterápiáról beszélünk, aminek lényege, hogy a radio- és kemoterápia egyidejű adásától nagyobb összegzett terápiás hatást várunk, mint a két modalitás egymást követő alkalmazása esetén.

2. Meghatározások

2.1 Fogalmak

Akcelerált vagy gyorsított kezelés: csökkentett frakciók közötti idő, rövidebb összes kezelési idő.

Aktivitás: a radioaktív bomlás mértékének a kifejezésére szolgál, definíció szerint az 1 s alatt elbomlott atommagok számával egyezik meg

ALARA elv: az egyén sugárterhelését egy ésszerűen elérhető minimumra szükséges szorítani, a gazdasági és társadalmi tényezők figyelembevételével (As Low As Reasonably Achievable).

Besugárzástervezés: komplex folyamat, amely általános értelemben magában foglalja mindazon lépéseket, amelyek a sugárterápia indikálásától az első kezelési frakció leadásáig tart.

Brachyterápia (BT): kisméretű, zárt sugárforrás(oka)t applikátorok, tűk vagy katéterek segítségével juttatunk a besugárzandó daganatba vagy annak közvetlen közelébe.

Computer tomográfia (CT): röntgensugárral végzett szummáció nélküli rétegfelvételek készítésére alkalmas eljárás, mely egy-egy adott testkeresztmetszet sugárabszorpciós értékeit azok térbeli eloszlásának megfelelően mátrix kép formájában ábrázolja.

CT-szimulátor: a besugárzási mezők izocentrumát meghatározó síkok testfelszínre vetített metszéspontjainak meghatározására szolgáló, külső és belső lézerekkel és speciális szoftverrel, orvosi munkaállomással kiegészített topometriai CT berendezés.

CTV (clinical target volume) - klinikai céltérfogat: a GTV és a körülötte lévő mikroszkópikus daganatsejtek, melyek nem láthatók, tapinthatók.

Elnyelt dózis: az egységnyi tömegű anyagban elnyelt sugárzási energia, jele D, mértékegysége a gray (1 Gy = 1 J/kg);

Frakcionálás: a terápiás dózis naponta kis adagokban történő leadása

GTV (gross tumor volume) – tumor térfogat: magában foglalja a daganat képképző eljárásokkal vagy fizikális vizsgálatokkal kimutatható térfogatát

Hipofrakcionálás: magasabb frakciódózis, csökkentett frakciószám, hosszabb frakciók közötti idő, rövidebb kezelési összidő.

Hiperfrakcionálás: kisebb frakciódózis (pl. 1,8 Gy), megnövelt frakciószám, csökkentett frakciók közötti idő (napi több frakció), változatlan összes kezelési idő.

Intenzitásmodulált sugárterápia: a besugárzási mezők intenzitása nem egyenletes, hanem a besugárzási terv szerint változó, modulált.

Ionizáló sugárzás: minden olyan sugárzást, amely valamilyen semleges közegben vagy anyagban elektromos töltésekkel rendelkező részecskéket vagy ionokat hoz létre.

Képképzés: olyan eljárás, amelynek során valamely fizikai jelenség felhasználásával látható képet hozunk létre az élő szervezet alak- és működésbeli viszonyairól.

Képvézérelt sugárterápia - Image-Guided RadioTherapy (IGRT) - a kezelőhelyiségben végzett gyakori képalkotással (vagy más technikai módszerrel) információkat szerzünk a betegbeállításról, illetve a besugárzandó daganat térbeli helyzetéről, és ezen adatok felhasználásával pontosítjuk a betegbeállítást a kezelőasztalon.

Külső sugárterápia- External Beam Radiation Therapy (EBRT) – a sugárforrás a beteg testén kívül helyezkedik el.

Kockázat: az esemény bekövetkeztének valószínűségének és a következmény súlyosságának a szorzata.

Konformális sugárterápia: a céltérfogat térbeli alakját követő, konformális dóziseloszlás hozható létre, miközben a védendő szervek dózisterhelése alacsonyan tartható.

Lineáris gyorsító (LINAC): Orvosi felhasználásra készült, fékezési rtg, illetve elektronsugárzás létrehozására alkalmas elektrongyorsító berendezés, kiegészítő felszerelésekkel.

Minőségbiztosítás: az egészségügyi szolgáltatás minőségének ellenőrzéséhez csatlakozó olyan folyamatosan működő, visszacsatoló rendszer, amely a minőségtől való eltérést azonnal jelzi és beindítja a korrigáló mechanizmusokat, azonosítja a hibáért felelőssé tehető tényezőket, személyeket, a hibát előidéző faktort kiküszöböli és ezen a ponton az ismételt hibák megelőzését szolgáló ellenőrző mechanizmusokat generál.

Minőségellenőrzés: valamely folyamat egy vagy több jellemzőjének mérése, vizsgálata és az eredmény összehasonlítása az előírt követelményekkel az előírásoknak való megfelelés meghatározása céljából.

Modalitás: különböző energiafajtákkal és technológiával készülő képalkotó készülékek, módszerek.

Mágneses Rezonancia Vizsgálat (MRI): ionizáló sugárzás nélkül, a magmágneses rezonancia jelenségének alkalmazásával, változó homogenitású mágneses térrel, valamint változó frekvenciájú gerjesztő nagyfrekvenciás hullám alkalmazásával metszeti kép létrehozására alkalmas eljárás.

Orvosi képalkotás: Azokra a technikákra utal, amelyeket arra használnak, hogy az emberi testről klinikai vagy tudományos célból képeket alkossanak. Orvosi képalkotás legfontosabb típusai: Radiográfia, ultrahang, mágneses rezonancia vizsgálat, tomográfia, Pozitron emissziós tomográfia.

PTV (planning target volume) – tervezési céltérfogat: a CTV-t és a napi betegbeállítás pontatlansága, valamint a belső szervek mozgása miatti geometriai bizonytalanságokat tartalmazza.

Sztereotaxiás sugárkezelés: kis, jól körülhatárolt céltérfogat, egy vagy több frakcióval történő nagy pontosságú, az ép szöveti terhelést minimálisra csökkentő olyan sugárkezelését értjük, ahol a céltérfogat térbeli lokalizálása, majd a sugárkezelés alatti beállítása valamilyen sztereotaxiás eszközzel történik.

Teleterápia: külső sugárkezelés során a gyógyító sugárnyalábot a betegtől távol elhelyezett sugárforrásból (kobaltágyú vagy lineáris gyorsító) irányítjuk a betegre, illetve pontosabban a betegben elhelyezkedő daganatra

2.2 Rövidítések jegyzéke

BT – brachyterápia

CBCT – (Cone-Beam Computed Tomography), kúpalakú sugárnyalábot alkalmazó komputertomográf

CTV - Clinical Target Volume - klinikai céltérfogat

DVH – Dose-Volume-Histogram – dózis-térfogat hisztogram

EBRT - External Beam Radiation Therapy - külső sugárterápia

EPID - Electronic Portal Imaging Devices – elektronikus mezőellenőrző rendszer

GTV - Gross Tumor Volume – tumor térfogat

HDR – High Dose Rate – nagy dózisteljesítmény

ICRU - International Commission on Radiation Units and Measurements

ICRP - International Commission on Radiological Protection

IGRT – Image Guided Radiation Therapy – képvezérelt sugárterápia

IMRT – Intensity Modulated Radiation Therapy – intenzitásmodulált sugárterápia

LDR – Low Dose Rate - kis dózisteljesítmény

LINAC – LINear ACcelerator – lineáris gyorsító

MLC – Multi-Leaf Collimator – sokszeletes kollimátor

PTV - Planning Target Volume – tervezési céltérfogat

SBRT - Stereotactic Body RadioTherapy – test sztereotaxiás sugárkezelés

SRT - Stereotaxic RadioTherapy - sztereotaxiás sugárterápia

SRS - Stereotaxic RadioSurgery - sztereotaxiás sugársebészet

3. A sugárkezelés formái

A sugárterápia során az előírt dózist az esetek többségében a beteg testén kívül elhelyezkedő sugárforrásból adjuk le. Ilyenkor külső sugárkezelésről, teleterápiáról beszélünk (tele = távol). A külső sugárkezeléshez általában ún. megavoltos (> 1 MV) sugárforrásokat (lineáris gyorsító, telekobalt készülék) használunk – a hagyományos röntgenterápia indikációs köre napjainkban a benignus reumatológiai betegségek, bőrdaganatok és csontáttétek palliatív kezelésére szorítkozik.

A sugárkezelés másik fő modalitása a brachyterápia (brachy = közel), amikor is a radioaktív forrást közvetlenül a daganatba vagy a közvetlen környezetébe helyezzük. Minden esetben inaktív applikátorokat (tűk, tubusok stb.) helyezünk a betegbe, és ún. utántöltéses (afterloading) technikával jut a sugárforrás (általában Ir-192 izotóp) a besugárzandó céltérfogatba. Az összes sugárkezelt beteg kb. 10%-ánál a brachyterápia egyedüli vagy teleterápiával kombinált használata szükséges az optimális helyi daganatmentességhez. A brachyterápiát többféle szempont szerint is feloszthatjuk. A sugárforrás céltérfogatba helyezésének technikája szerint megkülönböztetünk interstitialis (pl. prostata-, emlő-, szájüregi tűzdelések), intracavitalis (pl. méhnyak-, méhtesttumor), intraluminalis (pl. nyelőcső-, bronchusdaganat), illetve felszíni (ún. moulage) brachyterápiát.

A használt izotóp dózisteljesítménye alapján kis (0-2 Gy/h), közepes (> 2-12 Gy/h) és nagy (> 12 Gy/h) dózisteljesítményű brachyterápiáról beszélünk

A kuratív célú sugárkezelést bizonyos esetekben (pl. korai gégedaganat) egyedüli modalitásként alkalmazzuk. Ezt definitív vagy primer radioterápiának nevezzük. A sebészi kezeléssel kombinált, adjuváns sugárkezelést a műtét előtt (preoperatív vagy neoadjuváns radioterápia), vagy után (posztoperatív radioterápia) adjuk. A preoperatív sugárkezeléstől a daganat műtét előtti megkisebbitését (ún. down-staging), a daganatsejtek devitalizálását, a műtét alatti daganatos szóródás lehetőségének csökkentését várjuk. Bizonyos esetekben (pl. rectumdaganat) a preoperatív besugárzás hatására bekövetkező tumorregresszió teremtheti meg a kevésbé radikális, ún. szervmegtartó műtét lehetőségét. A posztoperatív sugárkezelés a műtét során visszamaradt mikroszkopikus reziduális daganatsejtek eliminálásával járul hozzá a lokális tumorkontroll javításához.

Egyes daganattípusoknál (pl. méhnyak-, rectum-, fej-nyaki, hólyagdaganatok) a sugárkezelés és a szisztémás kezelések egyidejű alkalmazásától várhatjuk a legjobb gyógyulási eredményeket. A szimultán (vagy konkommittáló) radio-kemoterápia során a két kezelési modalitás daganatpusztító hatása összeadódik, illetve bizonyos esetekben a kemoterápiás szer sugárérzékenyítő hatását használjuk ki. Emellett az ún. térbeli kooperáció révén a lokális daganat és az okkult metasztatizisok kezelése egyidejűleg történik.

4. A sugárzások fajtái, a sugárzás és az anyag kölcsönhatása, dozimetriai alapfogalmak

Sugárterápiás eljárások során az ionizáló sugárzásnak az élő szervezetre kifejtett roncsoló hatását használjuk ki a daganatsejtek elpusztítására. A biológiai hatás minden esetben a sugárzás és az anyag közötti alapvető fizikai kölcsönhatások következménye. Ionizáló sugárzásnak nevezünk minden olyan sugárzást, amely semleges közegben elektromos töltésű részecskéket, illetve ionokat hoz létre. Az ionizáló sugárzásokat több szempontból is osztályozhatjuk. Megkülönböztetünk közvetlenül és közvetetten ionizáló sugárzásokat. Az előbbiekhez tartoznak az elektromos töltésű részecskékből álló sugárzások (elektronok, protonok, α -részecskék, nehézionok), míg közvetetten ionizálnak a fotonok és a neutronok. A sugárzást alkotó komponensek szempontjából beszélhetünk részecskesugárzásról és elektromágneses sugárzásról. Az utóbbit foton-sugárzásnak is nevezzük, mert az elektromágneses sugárzás elemi egysége a foton. Az elektromágneses sugárzások közül csak a megfelelő energiájú sugárzások hoznak létre ionizációt. A sugárzás keletkezése szempontjából a foton-sugárzást feloszthatjuk röntgensugárzásra és gamma-sugárzásra. A röntgensugárzás az atommagon kívül, a gamma-sugárzás pedig az atommagban keletkezik (magsugárzás).

Bármilyen anyag besugárzásakor a sugárzásnak csak egy része lép kölcsönhatásba az anyaggal, a másik része kölcsönhatás nélkül továbbhalad. Kölcsönhatáson a sugárzás energiájának (vagy egy részének) az elnyelődését értjük. Fontos megjegyezni, hogy élő szervezet besugárzásakor csak a szervezet által elnyelt energia okoz biológiai hatást. Az elnyelt energia nagyságát az elnyelt dózis fogalmával jellemezzük, és ezért következtethetünk a fizikai dózisból a később kialakuló biológiai hatásokra. Az elnyelt dózis mértékegysége a gray ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$).

A sugárterápiában gyakorlati szempontból a foton-sugárzásnak van a legnagyobb szerepe. A sugárzás és az anyag kölcsönhatása függ az anyagi minőségtől és a sugárzás energiájától. Az energia nagyságától függően a kölcsönhatás formája más és más lehet. Egy foton elnyelődésekor első lépésként másodlagos (szekunder) elektronok keletkeznek, amelyek további ionizációkat hoznak létre. Alacsony fotonenergián olyan fizikai folyamat játszódik le (fotoeffektus), amely során a nagy rendszámú anyagok (pl. csont) jobban elnyelik a fotonokat, mint a kisebb rendszámú anyagok (pl. levegő, víz, lágy szövet). Ennek a következménye a jellegzetes anatómiai részleteket mutató röntgenkép. Ez az elnyelődésbeli különbség a sugárterápiában alkalmazott nagyobb energiáknál már sokkal kisebb mértékben figyelhető meg. Elektron-sugárzásnál a felgyorsított elektronok többszöri ütközés után fokozatosan veszítik el energiájukat, végül teljesen elnyelődnek. Ezért elektronbesugárzáskor van egy maximális hatótávolság, míg foton-sugárzásnál a sugárzás intenzitása az anyagon áthaladva fokozatosan csökken, de soha nem lesz nulla. Sugárfizikai és sugárbiológiai szempontból a nagyobb tömegű részecskékkal (pl. proton, neutron) történő besugárzás több előnnyel is jár, de rutinszerű alkalmazásuk, elsősorban a jelentős költségek miatt, nem terjedt el.

5. Sugárterápiás készülékek

A sugárterápiának két egymástól jelentősen különböző formája van, a külső besugárzás (teleterápia) és a belső besugárzás (brachyterápia), melyek között az alapvető különbség a sugárforrás és a besugárzandó daganat közötti távolságban van.

Teleterápia során a besugárzás távolról, kb. 0,8–1 m-ről történik, brachyterápia alkalmazásakor a sugárforrás(ok) a daganat közvetlen közelében vagy magában a daganatban van(nak). Mindkét besugárzási technikának vannak előnyei és hátrányai is. Sok esetben egymást kiegészítik, és számos daganatlokalizációban mindkettő kezelési módot alkalmazunk. Ebben a fejezetben a teleterápiás készülékekkel foglalkozunk, a brachyterápiás eszközöket később tárgyaljuk az elméleti alapokkal együtt.

A teleterápiás készülékeket az általuk előállított sugárzás fajtája, illetve áthatolóképessége (energiája) alapján a következőképpen csoportosíthatjuk:

1. kilovoltos besugárzók,
2. izotópos besugárzók,
3. megavoltos foton- és elektronbesugárzók (elektrongyorsítók)

4.1. Kilovoltos (röntgenterápiás) készülékek

A röntgenterápiás készülékek felépítésükben hasonlítanak a diagnosztikus röntgenkészülékekhez, a legjelentősebb különbség, hogy a terápiás készülékeket sokkal nagyobb dózis, illetve dózisteljesítmény leadására tervezték.

A szöveti áthatolóképesség alapján szokás megkülönböztetni közelbesugárzást, felületi besugárzást, félmély besugárzást és mély (vagy ortovoltos) besugárzást.

1. **Közelbesugárzás** esetén az alkalmazott nagyfeszültség 40–60 kV közötti, az FBT 2–4 cm vagy kisebb és a szűrő 0,5–1 mm Al. A szöveti felezőréteg 2–10 mm között van.
2. **Felületi besugárzásnál** 50–150 kV-os csőfeszültséggel, 15–20 cm-es FBT-vel és 1 mm Al vagy 1 mm Al + 0,25 mm Cu-szűrővel dolgoznak. A szöveti felezőréteg 1–4 cm között van.
3. **Félmély besugárzásnál** a csőfeszültség 80–120 kV, a szűrés 3–5 mm Al, az FBT 20–30 cm, a szöveti felezőréteg 2–3 cm között van.
4. A **mély (ortovoltos) besugárzók** 150–300 kV közötti feszültséggel és 40–50 cm-es FBT-vel dolgoznak. Az alkalmazott szűrő réz, ón és alumínium kombinációja. A felezőréteg-vastagság 1–4 mm Cu, míg a szöveti felezőréteg 4–7 cm között van.

Röntgenterápiás készülékeknél szigeteléstechinikai okokból nem lehet a nagyfeszültséget 500 kV fölé emelni, ezért a mélyebben elhelyezkedő célterületek kezelésére alkalmas nagyobb energiájú és így nagyobb áthatolóképességű fotonsugárzást izotópos besugárzókkal vagy megavoltos elektrongyorsítókkal lehet előállítani

4.2. Izotópos besugárzók (kobaltágyú, gamma-kés)

Az izotópos besugárzók közös jellemzője, hogy a besugárzó fej egy ólommal töltött, acélköpennyel rendelkező konténer, amelyen kollimátornyílást alakítottak ki. Kezelésre a kollimátornyílás fölé állított izotópból kilépő gamma-sugárzást használjuk.

A Co-60 nagy fajlagos aktivitásának köszönhetően egy 1,5–2 cm átmérőjű új sugárforrással ~2 Gy/perc dózisteljesítmény érhető el 80 cm forrás–bőr távolság esetén. Két energián (1,17 MeV és 1,33 MeV) emittál fotonokat, felezési ideje 5,26 év.

A szöveti felezőmélység 10-11 cm körül van, ami lényegesen meghaladja az ortovoltos besugárzókkal elérhető értéket. További jelentős előny a mélybesugárzókkal szemben, hogy a dózismaximum nem a felszínen, hanem 3–5 mm mélységben alakul ki (dózisfelépülés, build-up). A relatív felszíni dózis mezőmérettől és forrás–bőr távolságtól függően 30–80%-a a dózismaximumnak, így a kobaltágyú sugárzása jelentős bőrvédő hatást mutat. Ennek köszönhetően a mélyebben fekvő célterületekre leadható dózist a bőr toleranciadózisa nem korlátozza olyan mértékben, mint az ortovoltos besugárzók esetén. Kobaltbesugárzót alkalmaznak még egésztet kezelésekre is.

Co-60 izotópot alkalmazó speciális besugárzókészülék a **gamma-kés**, amelyet sztereotaxiás agyi sugársebészeti beavatkozásokra fejlesztettek. A készülék központi részében egy vastag acélból készült félgömbhéjba 201 sugárirányú furatot (nyalábcSATORNÁT) alakítottak ki úgy, hogy a furatok tengelyei nagyon pontosan a félgömb középpontjában metszik egymást. Minden egyes furat külső felszínén egy-egy kisméretű kobaltforrás található, így a készülék 201 erősen kollimált sugárnyalábot irányít a félgömb középpontjára. A készülék kívülről természetesen le van árnyékolva. A kezelni kívánt agyi célterület középpontját a koponyához csavarokkal rögzített (invazív) sztereotaxiás kerettel lokalizálják, majd állítják a kollimátorsisak furatainak metszéspontjába.

4.3. Megavolt foton és elektronbesugárzók – lineáris gyorsítók

Ezekben a berendezésekben közös, hogy mindegyikük elektront gyorsít. A felgyorsított elektronok közvetlenül is felhasználhatók felszíni, 4-5 cm-nél nem mélyebb célterületek kezelésére (elektronterápia). Amennyiben a felgyorsított elektronokat alkalmasan megválasztott céltárgyba ütköztetjük, kis félárnyékkal és igen nagy áthatolóképességgel rendelkező, megavoltos fékezési (foton-) sugárzást nyerünk, amellyel már mélyen fekvő elváltozások is kezelhetők.

A lineáris gyorsítóban, egy vákuumcsőben egyenes pálya mentén (innen a lineáris elnevezés) nagyteljesítményű mikrohullámok (3 GHz) gyorsítanak fel elektronokat. A nagy sebességű elektronok közvetlen kiléptetésével elektronsugárzás nyerhető, illetve fékezési röntgensugárzás is létrehozható, ami az elektronoknak a céltárgyba (target) történő becsapódásakor keletkezik. A készülék fejrészében levő, nagy sűrűségű anyagból készült mozgatható kollimátorok alakítják ki a pontszerű sugárforrásból kilépő sugárnyaláb négyyszögletes alakját. A készülékek gyorsító csövet tartalmazó forgó része a forgóállvány

(gantry), ami teljesen körbeforgatható a kezelőasztal körül, így tetszőleges irányból elvégezhető a besugárzás. A sugárnyaláb közepe (főszugár) minden gantry szögnél egy adott ponton megy keresztül, ami megegyezik a gantry és az asztal forgáspontjával. Ezt a pontot hívjuk izocentrumnak.

Besugárzáskor a beteget úgy kell elhelyezni a kezelőasztalon, hogy a daganat közepe az izocentrumba kerüljön. A mezőbeállítást segíti, hogy a kezelőasztal minden irányban mozgatható és az izocentrum körül forgatható is. A modern lineáris gyorsítókkal könnyebben és pontosabban megvalósítható a konformális besugárzási technika, valamint az intenzitásmodulált besugárzás (IMRT), melynek során több mező eredő dóziseloszlása pontosan követi a daganat térbeli alakját. Ehhez nyújt nagy segítséget az MLC, a sokszeletes (multileaf) kollimátor.

A besugárzási mezők gyors ellenőrzésére fejlesztettek ki az elektronikus mezőellenőrző rendszert (electronic portal imaging device, EPID), amellyel a besugárzás előtt és alatt ellenőrizhető a beállított sugármező valódi helyzete (verifikáció), valamint a gyorsítóra szerelt kV-os kúpsugaras CT (ConeBeam CT - CBCT), amivel kezelés előtt CT felvétel készül a betegről, és ezt össze lehet hasonlítani a tervezési CT képkészlettel.

A mai gyorsítók fontos kiegészítő része az ún. Record&Verify rendszer. Ennek lényege, hogy a mezőparaméterek napi beállítását az R&V rendszer számítógépe digitális vezérléssel automatikusan végrehajtja a beállítások ellenőrzését, és a hibahatárnál nagyobb eltérések esetén nem engedélyezi a kezelést. Továbbá, digitálisan rögzíti a kezelési adatokat a képi információkkal együtt.

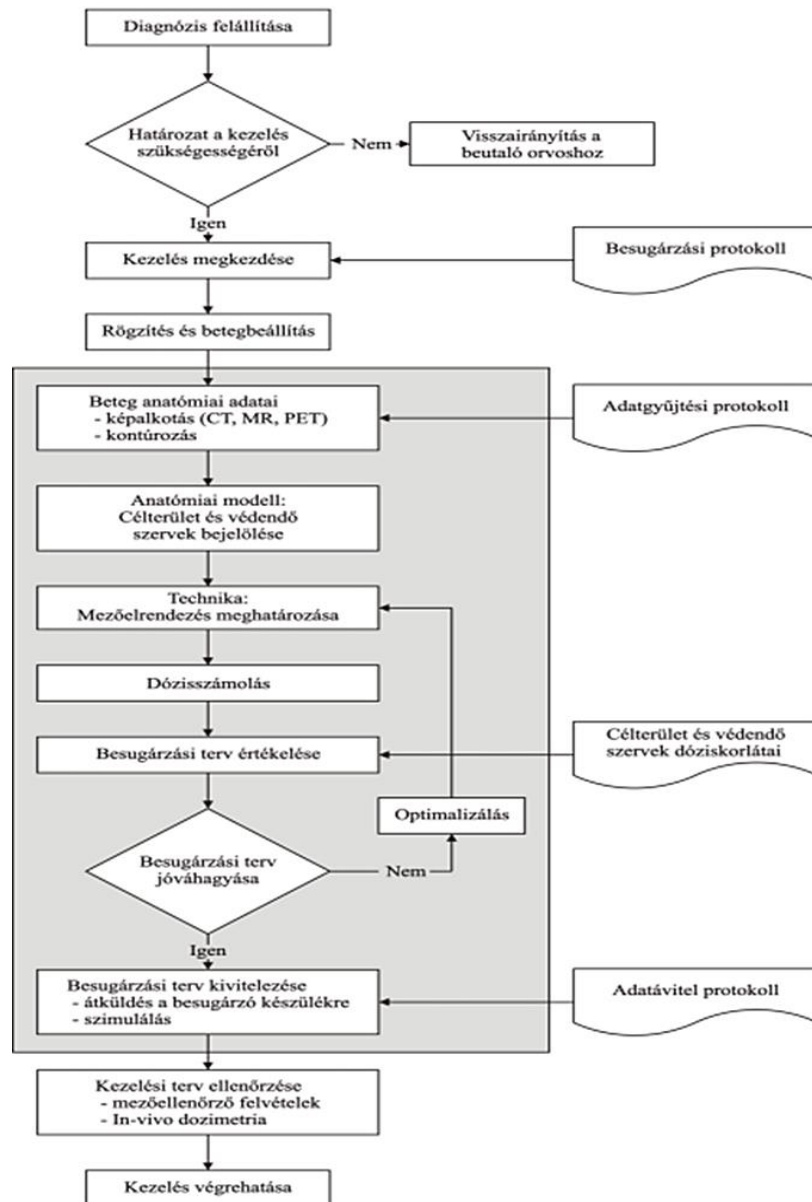
4.4. CT-szimulátor

A CT-szimulátor speciális eszközökkel és szoftverekkel kiegészített CT-készülék, mellyel szoftveresen (virtuálisan) végezhető el a sugárterápiás kezelés szimulációja. Kezelőasztala sík lapú és a készülék mozgatható fali lézerefényekkel van kiegészítve.

Az axiális CT-szeleteken berajzolt céltérfogat és védendő szervek információi alapján szoftveresen meghatározható az izocentrum helye, ami a lézerefények segítségével a beteg felszínére vetíthető és ott bejelölhető.

6. Besugárzástervezés

A besugárzástervezés összetett folyamat, amely általános értelemben magában foglalja mindazon lépéseket, amelyek a sugárterápia indikálásától az első kezelési frakció leadásáig tart. Az 1. ábra ennek a folyamatnak a lépéseit foglalja össze.



1. ábra: 3D konformális kezelések folyamatábrája

A kezelés előtt a beteg többféle, más-más készülékkel végzett vizsgálaton esik át, és később maga a sugárkezelés is több héten keresztül, naponta történik. Ezen idő alatt biztosítani kell, hogy a beteg fektetése és pozicionálása mindig ugyanúgy történjen, és a vizsgálat, illetve a kezelés alatt az elmozdulás lehetőségét is minimálissá kell tenni. Ezért fontos szerepe van a betegrögzítésnek. Speciális alakú párnák vagy állványok használatával egyes testrészeket külön-külön lehet rögzíteni. Konformális és IMRT-s besugárzáskor azonban pontosabb beállítást biztosító betegrögzítő eszközt kell használni. Legelterjedtebb módszer a hőre lágyuló műanyagból készült maszk használata, amit minden betegnek egyedileg kell elkészíteni. Vannak egyéb betegrögzítő technikák is, például vákuumpárna vagy habosított anyagot tartalmazó, fokozatosan megszilárduló párna.

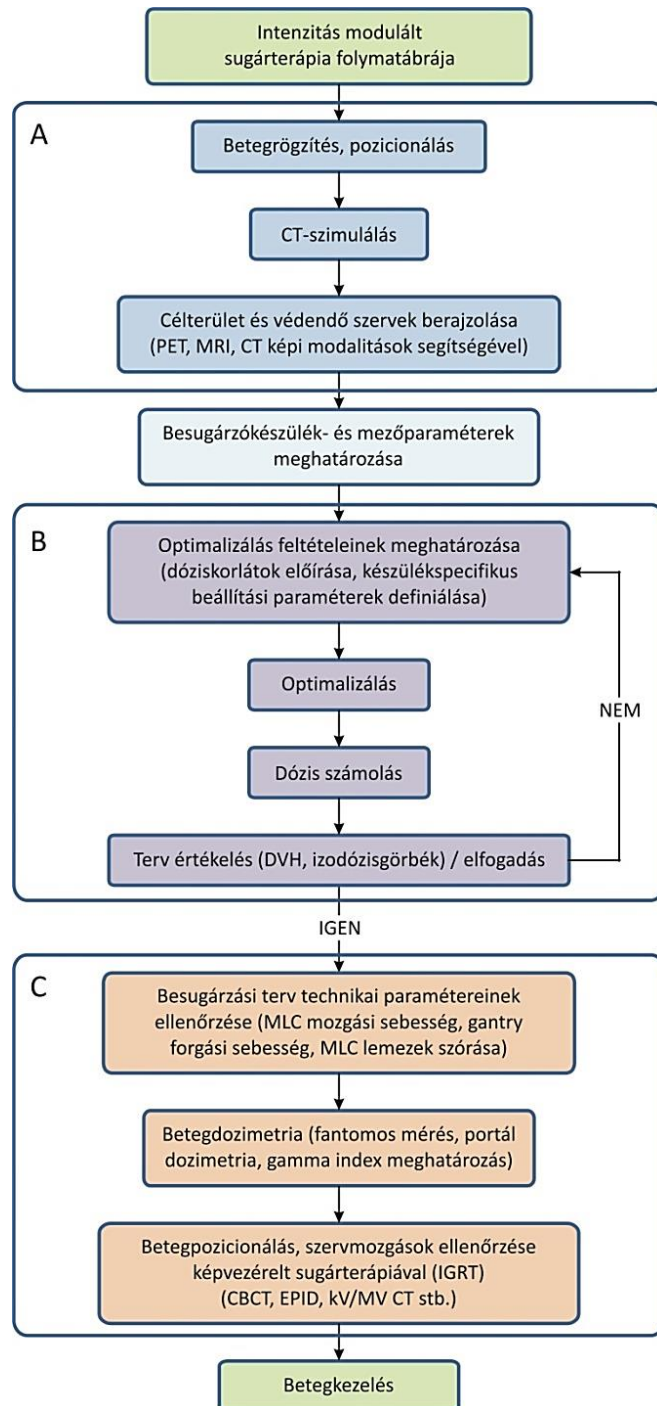
Speciális besugárzásoknál, mint például az agyi sztereotaxiás pontbesugárzás, a koponyához rögzített fémkerettel még pontosabban végezhető el a beállítás. Megfelelő betegrögzítés mellett a beállítások reprodukálhatóságát a bőrre vagy a maszkra helyezett jelölések biztosítják. A kezelőhelyiségben a falakon lokalizációs lézerekészülékek vannak, melyek vékony fénysugarakat vetítenek a betegre. A beteget úgy kell elhelyezni a kezelőasztalon, hogy a lézerek pontosan a bőrre vagy a betegrögzítő eszközre tett jelölésekre essenek. Ezzel biztosítható, hogy a besugárzókészülék alatt a beteg minden nap ugyanúgy feküdjön, és a besugárzási mezők pontosan eltalálják a céltérfogatot.

Ahhoz, hogy a terápiás dózist megfelelő módon tudjuk kiszolgáltatni, szükségünk van a beteg pontos térbeli anatómiai információira, melyhez metszetképalkotó eljárást használunk. Sugárterápiában a tervezéshez a CT jelenti a standard képalkotási módszert, de egyre inkább lehetőség nyílik az MRI- és a PET-képek felhasználására is. Az utóbbiak kiegészítő információkat adhatnak a részletes anatómiai képleteket mutató és szöveti sűrűséget is tartalmazó CT-képekhez. A sűrűség ismerete a pontos dózisszámoláshoz szükséges. Fontos megjegyezni, hogy a terápiás célból végzett CT-vizsgálat több szempontból is különbözik a diagnosztikus vizsgálatától. Például az asztallapnak, hasonlóan a terápiás asztalhoz, egyenesnek kell lennie, a beállításhoz lokalizációs lézer irányfényeket kell használni, a testkontúrának mindig rajta kell lennie a képeken, a CT apertúrájának nagynak és a képalkotásnak geometriailag pontosnak kell lennie. A CT-vizsgálat után a képeket számítógépes hálózaton átküldjük a besugárzástervező rendszer munkaállomására.

A számítógépes besugárzástervezéshez speciális szoftvereket használunk, melynek során meghatározzuk a besugárzási paramétereket. A CT-információk felhasználásával szimulálni lehet a beállítási mezőket (CT- vagy virtuális szimuláció). A szimulátoron történik a mezők beállítása, és az izocentrum vetületének berajzolása a bőrre. A napi kezelésekkor ezeket a jelöléseket használjuk majd a beteg azonos módon történő fektetéséhez. Az első frakció leadása előtt (alatt) a besugárzókészülékkel verifikációs felvételt készítünk. A gyorsítóknak ma már fontos kiegészítő eszköze az elektronikus mezőellenőrző rendszer (EPID), amely digitálisan állítja elő a verifikációs képet. A kezelés alatt a beteg mögött egy kétdimenziós detektor van, ami méri a betegen átmenő sugárzás intenzitását, és azt képi információként jeleníti meg. Ezzel a módszerrel gyorsan lehet ellenőrizni a mezőbeállítás geometriai pontosságát.

Bonyolultabb besugárzási módszereknél (IMRT, VMAT, RapidArc) a mezők ellenőrzése helyett a betegbeállítás, ill. a céltérfogat-lokalizálás ellenőrzését végezzük, a kezelések folyamata a 2. ábrán látható. A betegbeállítás után, a kezelés megkezdése előtt általában valamilyen képalkotó eljárással (pl. a gyorsítóra szerelt kV-os kúpsugaras CT-vel, CBCT) képalkotást végzünk, és az így kapott geometriai információkat összehasonlítjuk a tervezési CT-ből származó adatokkal. Eltérések esetén a kezelőasztal elmozdításával a beteget a megfelelő pozícióba visszük, így biztosítva a dózisleadás térbeli pontosságát. Amennyiben a fenti folyamatot rendszeresen, protokollban rögzített módon végezzük, a kezelést képezérelt

sugárterápiának (image-guided radiotherapy, IGRT) hívjuk. Annak ellenőrzésére, hogy a leadott dózis megegyezik-e a tervezett dózissal, in vivo dózismérést végezhetünk. Ekkor a beteg bőrére kisméretű félvezető detektorokat teszünk, és ezekkel mérjük meg a leadott dózist, amit összehasonlítunk a tervezettel. Eltérés esetén a kezelés csak a hiba megszüntetése után folytatható.



2. ábra: IMRT kezelések folyamatábrája

7. Számítógépes besugárzástervezés

Szűkebb értelemben besugárzástervezésnek nevezzük azt a folyamatot, amikor számítógépes tervezőrendszer használatával elkészítjük a beteg egyedi besugárzási tervét. A számítógépes tervező rendszerek a besugárzókészülékek geometriai és mért dozimetriai adatait használják a dóziseloszlások számolásakor. Ezeket az adatokat a klinikai használat előtt kell beadni a számítógépbe. Az individuális dózistervezéshez ismerni kell a beteg anatómiai adatait is, melyeket elsősorban CT-vizsgálattal nyerünk. Amennyiben más típusú képalkotó eljárás (MRI, PET) képi információit is használni akarjuk, akkor ún. képregisztrációs vagy képfúziós eljárással kell korrelációba hozni a különböző képi modalitások adatait. A dóziseloszlás számolása azonban mindig a CT adatai alapján történik.

A CT-képek számítógépes hálózaton történő átküldése után első lépésként szeletenként körbe kell rajzolni a védendő szervek kontúrját, és meg kell határozni a céltérfogatot. A céltérfogat meghatározásánál a nemzetközi ajánlásokat kell alkalmazni (GTV, CTV, PTV). Az anatómiai struktúrák és körberajzolt szervek coronalis-sagittalis síkokban vagy akár háromdimenziós (3D) megjelenítésben történő ábrázolása nagymértékben segíti a térbeli tájékozódást. A céltérfogat és egyéb fontos anatómiai régiók (region of interest, ROI) meghatározása után következik a besugárzási mezők felvétele. A besugárzási mező irányának és alakjának a megválasztásához nagy segítséget nyújt a „beam's-eye-view” megjelenítés, amely a sugárforrás irányából nézve mutatja a körberajzolt szerveket és egyéb térfogatókat. Részletesebb anatómiai információk tehetőek láthatóvá a digitálisan létrehozott röntgenfilmen (digitally reconstructed radiograph, DRR).

A DRR a sugárforrás irányából nézett szoftveresen rekonstruált röntgenkép, ami a CT adatainak a felhasználásával készül. Ez a módszer teszi lehetővé a virtuális szimulációt is, amikor a szimulátor helyett a CT adataiból készített röntgenképet használjuk a besugárzási mező kijelölésére vagy ellenőrzésére. A DRR-képek anatómiai információinak a felhasználásával berajzolhatók a védendő szervek alakjának megfelelő takarások (blokkok) is. A besugárzási technikától függően történik a mezők számának és térbeli pozícióinak a tervbe történő beadása. Ezt követi a dóziseloszlás számolása.

A tervek kiértékelése többféle módszerrel történik. Általában először a relatív dóziseloszlást kell szeletenként végignézni, figyelni arra, hogy a referencia izodózisgörbe körbeveszi-e a céltérfogat kontúrjait, valamint meg kell győződni arról, hogy a maximális dózis nem túl nagy-e. A sugárterápiában általános követelmény, hogy a céltérfogat dózis inhomogenitása 10% alatt legyen.

A dózis-térfogat hisztogram (DVH) grafikus módon vagy táblázat formájában adja meg, hogy a kiválasztott szerv vagy térfogat mekkora része kap egy adott nagyságú dózist. A DVH-k elemzése különösen fontos eltérő tervek összehasonlításánál. Amennyiben a dóziseloszlás nem megfelelő, akkor a mezőparaméterek (irány, nagyság, súlyfaktor stb.) változtatásával új

tervet kell készíteni. A dóziseloszlás megjelenítésére is több lehetőség van. Axialis CT-képeken kívül, coronalis, sagittalis és tetszőleges síkon, valamint 3D-s rekonstrukcióban is kiértékelhető a térbeli dóziseloszlás. A terv elfogadása után ki kell nyomtatni a besugárzási paramétereket, majd azokat el kell juttatni a szimulátorhoz vagy a besugárzó készülékhez. A modern sugárterápiában a tervezési adatokat már számítógépes hálózaton (R&V rendszer) lehet átvinni a besugárzó készülék vezérlő számítógépébe. Ennek előnye a gyorsaság és a kisebb hibalehetőség. Amennyiben szükséges, a terv adatai alapján a blokkvágó készülékkel el kell készíteni az egyedi blokkokat is.

Az ismertetett folyamat a hagyományos besugárzástervezésre vonatkozik, amelyben a besugárzási mezők manuális felvétele után történik a dóziseloszlás számolása. Felmerül a kérdés, hogy lehet-e a mezőparaméterek kiválasztását automatizálni. Erre részben megoldást kapunk az ún. inverz besugárzástervezés során, amikor is első lépésként a különböző térfogatokban írjuk elő a dózist, felvesszük a mezőirányokat, és ezt követően a tervezőrendszer optimalizálással meghatározza minden egyes mező intenzitás profilját. Az ilyen besugárzási terv gyakorlati megvalósítása intenzitásmodulált sugárterápia (IMRT) keretében történik a gyorsítón, melyhez speciális hardver eszközök (pl. MLC) és vezérlő szoftverek szükségesek.

7.1 Teleterápiás dóziselőírás

Bármilyen besugárzási technikát is használunk, a kialakuló dóziseloszlás inhomogén lesz, vagyis a testen belül különböző régiókban más-más lesz az elnyelt dózis. Ez kisebb mértékben, de igaz a céltérfogatra és a környezetére is. Ezért fontos, hogy pontos legyen a dóziselőírás (dózisspecifikáció), azaz egyértelmű legyen, hogy hova mekkora dózist adtunk le. Erre vonatkozólag nemzetközi előírások vannak, melyek betartása lehetővé teszi a különböző intézetekben végzett kezelések összehasonlítását. Az ICRU javaslata alapján többmezős, izocentrikus besugárzásnál általában az izocentrumban, két opponáló mező esetén a fősugár mentén a középpontban, egymezős besugárzásnál pedig adott szövetmélységben kell megadni a leadott dózist. A gyakorlatban elterjedt módszer, hogy egy kiválasztott izodózisgörbére írjuk elő a dózist (pl. a 90%-ra). Ilyen esetben is célszerű azonban az ICRU50 által javasolt pont dózisének a megadása. Az izodózisgörbére történő dózisspecifikációkor fontos megadni azt is, hogy hol van a 100%, azaz hova normalizáltuk a dóziseloszlást. Háromdimenziós besugárzástervezéskor kiegészítő információként megadható a céltérfogat minimális, maximális és átlagdózisa. Dózis-térfogat hisztogramot használva a dózis előírható egy adott izodózisfelületre.

Konformális és IMRT-s besugárzáskor gyakran azt az izodózisfelületet választjuk ki, amelyik magában foglalja a céltérfogat adott %-át (pl. 95%-át). Ez azt jelenti, hogy a céltérfogat 95%-a megkapja az előírt dózist, és csak 5%-a kap ennél kisebbet (aluldozírozás).

8. Brachyterápia

Brachyterápia során kisméretű zárt sugárforrás(oka)t juttatunk applikátorok, tűk vagy katéterek segítségével a besugárzandó daganatba vagy a közvetlen közelébe. A brachyterápiás kezelések előnye, hogy a speciális dózisviszonyok miatt a céltérfogat besugárzásakor a körülötte levő ép szövetek és védendő szervek kis dózisterhelést kapnak. A brachyterápiás források körüli dóziseloszlás kialakulásában a távolságnak van a legnagyobb szerepe, és az energia nagysága csak kissé befolyásolja a dózisviszonyokat. Geometriai okok miatt egy pontforrástól távolodva a dózis meredeken csökken, a távolság négyzetével fordítottan arányosan. Ennek a következménye, hogy a források közvetlen közelében mindig nagy dózisek alakulnak ki, de több forrás megfelelő térbeli elhelyezésével relatív homogén dóziseloszlás hozható létre.

Sugárvédelmi szempontból fontos fejlődés volt az utántöltéses (afterloading) technika bevezetése. Ennek lényege, hogy az applikátor (katéter, tű) behelyezésekor a sugárforrás még a készülék sugárvédett tároló konténerében van, és csak a kezelés indításakor – távvezérléssel – kerül az applikátorba. Ekkor viszont már csak a beteg tartózkodik a sugárvédett kezelőhelyiségben, a személyzet a kezelést kívülről felügyeli. Az utóbbi évtizedekben széleskörűen elterjedtek a nagy dózisteljesítményű (high dose rate, HDR) afterloading készülékek.

Kis energiájú, kis aktivitású izotópokkal (I-125, Pd-103, Ir-192) még ma is végeznek manuális brachyterápiát (pl. agy-, prosztatátűzdelés). A besugárzás lehet ideiglenes vagy állandó. Az utóbbi esetben a kis aktivitású izotópok véglegesen a betegben maradnak.

A brachyterápiás kezeléseket technikai szempontból feloszthatjuk intracavitalis, interstitialis, intraluminalis, intravascularis vagy felületi módszerekre. Intracavitalis kezeléshez tartozik a nőgyógyászati applikátorokkal végzett cervix- és corpuskezelés; az interstitialishoz a műanyag katéterekkel vagy tűkkel végzett emlő-, fej-nyak-, prostata- és agytűzdelés; az intraluminalishoz a műanyag katéteres nyelőcső- és bronchuskezelés; az intravascularishoz a vékony katéterekkel végzett érbesugárzás. Felületi besugárzás végezhető bőrdaganat vagy szemdaganat kezelésére.

Ahhoz, hogy egy adott anatómiai pontban meg tudjuk mondani az elnyelt dózist, ismerni kell a pont- és a forráspozíciók geometriai viszonyát. A klinikai gyakorlatban ehhez lokalizációs röntgenfelvételeket használunk. A betegbe helyezett applikátorba vagy katéterbe röntgenárnyékot adó fémjelöléseket teszünk, majd kétirányú röntgenfelvételt készítünk. Számítógépes program segítségével térben rekonstruáljuk a katétereket, és tetszőleges pontban vagy síkban meghatározzuk a dóziseloszlást.

A modern brachyterápiában már alkalmazzák a metszetképképző eljárásokon (CT, UH, MRI) alapuló valódi háromdimenziós (3D-s) besugárzástervezést is. Hasonlóan a külső sugárterápiához, ekkor már térbeli dóziseloszlások és térfogati terv kiértékelési módszerek is

segítik az optimális terv elkészítését. A prostatadaganatok transrectalis UH-vizsgálaton alapuló interstitialis brachyterápiája során például transzverzális

8.1 Nagy dózisteljesítményű (HDR) afterloading készülék

A fejrészben 18-30 csatorna van, ami maximálisan ennyi katéter egyidejű használatát teszi lehetővé. Kezelésen kívül a sugárforrás a fejrészben levő, megfelelő sugárvédelemmel rendelkező tároló konténerben van. A kisméretű, henger alakú irídium (Ir-192) sugárforrás (0,9×3,6 mm) fémhuzalhoz van forrasztva, és egy mozgató mechanizmus ennek segítségével juttatja el a kívánt pozícióba. A készülékben csak egy sugárforrás van, ezért annak a mozgatásával (léptetésével) lehet nagyobb térfogatokat besugározni. A kezelés alatt a sugárforrás először az első katéterbe megy, majd végiglépeget a megadott pozíciókon, és azután visszakerül a tároló egységbe, majd onnan megy a második katéterbe és így tovább. A besugárzási idők és a forráspozíciók szabad megválasztásával bizonyos korlátok között tetszőlegesen lehet alakítani a dóziseloszlás alakját. Az Ir-192 átlagenergiája 360 keV, a felezési ideje 74 nap. A felezési idő alatt a kezdeti aktivitás (forraserősség) a radioaktív bomlás miatt a felére csökken, ami a kezelési idő duplájára növekedését eredményezi. Ezért a sugárforrást általában 3 havonta ki kell cserélni. Az új sugárforrás aktivitása 370 GBq (370×10⁹ Bq) körüli. Az aktivitás az izotóp forraserősségét jellemzi, megadja, hogy egységnyi idő alatt mennyi atommag bomlik el. Mértékegysége a bequerel (Bq), amely másodpercenként egy bomlást jelent. Régebbi mértékegysége a curie (Ci), a 370 GBq megfelel 10 Ci-nek.

8.2 Brachyterápiás dóziselőírás

A besugárzandó daganat és az alkalmazott applikátor/katéter típusától függően más-más módon történik a dóziselőírás (dózisspecifikáció). Legegyszerűbb esetben (egyenes applikátor) a referenciapontok az applikátor felszínétől adott távolságra (szövetmélység) helyezkednek el, és ezekben a pontokban írjuk elő a dózist (pl. 7 Gy 0,5 cm-re, posztoperatív cervixkezelésnél). Vékony katétereknél és síkbeli tűzdelésnél a sugárforrás tengelyétől mérjük a referenciapontok távolságát.

Többcsatornás applikátornál vagy térfogati tűzdeléseknél a nemzetközi ajánlások követése biztosítja az egységes dozírozást. Például a cervixdaganatok kezelésénél vezették be az A és B referenciapontokat (Manchester-rendszer). Az **A pontra** a brachyterápiás dózist kell megadni, míg a B pont dózist a külső és belső sugárkezelések összegzésénél kell használni.

A sugárterápia története során többféle dozimetriai rendszert dolgoztak ki, melyek útmutatásokat adnak a források geometriai elhelyezésére és a dózis megadására. Ezeknek a rendszereknek fontos szerepük volt a kezelések standardizálásában. Az interstitialis rendszerek közül a legismertebb a párizsi dozimetriai rendszer, melyet eredetileg kis dózisteljesítményű sugárforrásokra (Ir-192 huzal) dolgoztak ki, de később bevezették a HDR-technikánál is.

A modern képalkotó eljárásokon alapuló brachyterápia megjelenésével a korábbi dozimetriai rendszerek szerepe egyre csökken, ugyanakkor a besugárzási tervek dozimetriai szempontból

történő összehasonlíthatósága miatt továbbra is javasolt a dóziseloszlásokat azonos módon jellemezni. Metszetképalkotó eljárásokon alapuló brachyterápiánál alkalmazhatók inverz dózisoptimalizáló eljárások, melynek során a céltérfogatra és a védendő szervekre térfogati dózismegszorításokat alkalmazunk, és a dóziselőírás is térfogati feltételekkel történik.

9. Mellékhatások a sugárterápiában

A korai mellékhatásokat nevezi még a szakirodalom akut mellékhatásnak is, ezen a sugárterápiás kezelés alatt, illetve közvetlen utána fellépő, sugárzás következtében kialakuló szindrómákat értik. Szubakut mellékhatásoknak nevezik azokat a tüneteket, amelyek a sugárkezelést követően néhány hét elteltével jelentkeznek. A késői mellékhatásokat még krónikus mellékhatásoknak is nevezik, ezek a kezelést követően legkorábban 90 nap elteltével jelentkeznek, de bekövetkezhetnek néhány év elteltével is.

A korai mellékhatások súlyosságát elsősorban a terápia során leadott összdózis és a kezelés ideje, a késői mellékhatásokat viszont a frakciódózis nagysága határozza meg. A korai mellékhatások megjelenése időnként okot adhat a terápia módosítására. A késői mellékhatások a terápia befejezését követően jelentkeznek, így a terápiás protokoll megváltoztatására már nincs lehetőség.

A terápia megválasztásakor mindig az elsődleges szempont a tumor elpusztítása, de igyekezni kell a beteg életminőségének megőrzésére is.

10. Sugárterápiás kezelések dokumentációja

A sugárkezelés indikálásához és pontos kivitelezéséhez a dokumentációnak a következőket kell tartalmaznia:

1. A lényeges anamnesztikus adatok rövid összefoglalása, az általános állapot és a társbetegségek leírása.
2. A megállapított diagnózis a daganat kiindulási helye szerint (BNO).
3. A daganat szövettani, illetve citológiai meghatározása, a mintavétel módja Ha ez sem lehetséges, akkor a verifikáció elmaradásának indoklása.
4. A primer tumor lokalizációjának és kiterjedésének, valamint a regionális nyirokcsomók (régiók) érintettségének meghatározására végzett vizsgálatok szöveges és képi dokumentációja, pl. röntgen-, CT/MRI/PET vizsgálat, bronchoszkópia, mediasztinoszkópia (lokális és regionális kiterjedés, T és N státus).
5. A távoli áttétek kizárása céljából végzett staging vizsgálatok (hasi UH, koponya-CT/MRI/PET, csontscan) legalább szöveges leletei (M státus).
6. A betegséggel kapcsolatos előzetes kezelések és azok ideje. Pl. sebészi megoldás esetén a műtéti leírás (a kezelendő céltérfogat és a dozírozás szempontjából fontos lehet) és

a részletes szövettani leírás, különös tekintettel az egyes nyirokrégiók feldolgozására, érinvázióra és az ép sebészi szélre.

7. A korábbi kemoterápiás kezelések száma és kombinációja (dózisa), ideje (az utolsó ciklus befejezése) és eredménye.

11. Sugárterápiára vonatkozó jogszabályok és előírások

Minden ionizáló sugárzás alkalmazásával járó diagnosztikai vizsgálat és terápiás kezelés potenciális kockázattal jár a páciens szervezetét tekintve. Az emberi szöveteket elérő ionizáló sugárzás okozta különféle károsító hatásokat két fő csoportba sorolhatjuk:

- determinisztikus hatás
- sztochasztikus hatás

A sztochasztikus hatás a véletlenszerű hatások kialakulásának kockázatára utal, azaz a páciensért legkisebb mennyiségű dózis is potenciálisan növeli a károsító hatás kialakulásának valószínűségét. A legjelentősebb sztochasztikus hatás, amit figyelembe kell venni az a daganatképzés kockázata. Az ICRP103 továbbra is az úgynevezett küszöbérték nélküli lineáris modellt alkalmazza, amely a nem meghatározott küszöbdózison alapszik. Azaz bármilyen ionizáló sugárzással járó expozíció magával hordozza a károsító hatás kialakulásának lehetőségét.

A sugárvédelmi megfontolások céljai daganatos betegeknél

A sugárvédelemnek két célja van daganatos betegek sugárterápiás kezelése esetén:

- megelőzni, illetve csökkenteni a korai és kései mellékhatásokat
- elfogadható szintre korlátozni a sztochasztikus hatások miatt egy esetleges másodlagos tumor kialakulásának kockázatát.

A sugárterápia az egyetlen olyan terápiás eljárás, ahol a túldozírozás és az aluldozírozás is sugárbalesetet okozhat. Amennyiben a tumor nem kapja meg az elpusztításához szükséges dózismennyiséget, abban az esetben romlanak a beteg túlélési esélyei.

11.1 Jogszabályok

1. Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény.
2. A 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (a továbbiakban 190/2011. Korm.rendelet).
3. A 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.
4. A 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól (a továbbiakban 21/2018. EMMI-rendelet).
5. 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről.

11.2 Szabványok

MSZ 62-2:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 2. rész: A foton- és elektronsugárzás elleni védelem

MSZ 62-3:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 3. rész: A neutronsugárzás elleni védelem

MSZ 62-4:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 4. rész: Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris elektrongyorsítók alkalmazásakor.

MSZ 62-6:1999: Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelmi előírások a zárt sugárforrások közelterápiás felhasználásakor (brachyterápia)

MSZ 824:2017: Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken.

MSZ 836:2017: Sugárzás elleni védelem röntgenberendezést és/vagy gamma-sugárforrást alkalmazó ipari radiográfiai munkahelyeken.

MSZ 14344:2004: Radioaktív hulladékok. Fogalom meghatározások és osztályozás.

12. Védendő szervek dóziskorlátai nemzetközi ajánlások alapján

A sugárterápia célja a daganatos sejtek elpusztítása úgy, hogy az egészséges szövetek, sejtek csak minimálisan károsodjanak. Ionizáló sugárzással, sugárterápiával gyakorlatilag minden típusú sejtet el tudunk pusztítani, a kérdés az, hogy ezt szöveti, szervezeti szinten milyen áron érjük el. Ahhoz, hogy elsősorban a daganatsejteket pusztítsuk el, és épen hagyjuk, vagy csak minimálisan károsítsuk a normál sejteket és szöveteket, nélkülözhetetlen az ionizáló sugárzás sejtekre gyakorolt hatásának megismerése. Az ionizáló sugárzás sejtszintű hatásainak vizsgálatával a sugárbiológia tudománya foglalkozik.

1991-ben Emami és társai állították össze az első dóziskorlátokat meghatározó táblázatot az egyes szervek TD5/5 és TD50/5 értékeivel. A toleranciadózisok meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a beteget csak sugárterápiával kezelik, vagy esetleg radiokemoterápiát, illetve biológiai terápiát is kap a beteg, mivel a szervek hatására változik a normálszövetek sugárérzékenysége. A normálszövetek tolerancia dózisa a TD5/5 és TD50/5 az NTCP 5 % és 50 %-nak felel meg 5 évvel a sugárkezelés után.

- TD5/5 - tolerancia dózis 5/5 - 5 %-os esély a kései sugárkárosodás bekövetkezésére 5 évvel egy adott dózissal történő sugárkezelés után
- TD50/50 - tolerancia dózis 50/50 - 50 %-os esély a kései sugárkárosodás bekövetkezésére 5 évvel egy adott dózissal történő sugárkezelés után

A tervek kvantitatív elemzése esetén előírjuk a maximum és átlagdózisokat, $V_{xx}\%$ és $D_{xx}\%$ értékeket, ahol a $V_{xx}\%$ egy adott szerv azon relatív térfogata, mely az előírt dózis legalább $xx\%$ -át kapja, míg $D_{xx}\%$ az a dózis, mellyel adott térfogat $xx\%$ -át besugarazzuk), a szervek térfogatát és a referencia 95%-os.

12.1 Dóziskorlátok 3D konformális és IMRT besugárzástervezés esetén

A 3D konformális és IMRT besugárzási technikák során alkalmazott dóziskorlátok 2 Gy frakciódózis esetén az 1. táblázatban található.

1 Táblázat: A 3D konformális és IMRT technikák esetében alkalmazott dóziskorlátok.

Szerv	Dózis_max	Dózis_átlag	D100%	D1cc	V5Gy	V12Gy	V20Gy	V30Gy	V45Gy	V50Gy	V55Gy	V60Gy	V65Gy	V70Gy	V75Gy
Agy	70 Gy														
Agyalapi mirigy	50 Gy														
Agytörzs	64 Gy		54 Gy	59 Gy											
Állkapocscsont	70 Gy														
Belsőfül		35 Gy									5%				
Bélzsák									195 cc						
CaudaEquina	66 Gy														
Fültömirigy		24 Gy						50%							
Garatfűző izom		50 Gy													
Gége	66 Gy	50 Gy													
Gerincvelő	50 Gy														
Gyomor	54 Gy		45 Gy												
Here	5 Gy														
Húgyhólyag													50%	35%	25%
Izületi fej				50 Gy											
Látóideg	54 Gy														
Látóideg-keresztvező	54 Gy														
Máj		30 Gy													
Nyelőcső	65 Gy	35 Gy								40%					
Pajzsmirigy								50%							
Péniszgyök		50 Gy										70%			
Petefészek	2 Gy														
Szájúreg		40 Gy													
Szem				50 Gy											
Szemlencse	7 Gy														
Szigmabél				55 Gy											
Szív	60 Gy	26 Gy						46%							
Tüdő		20 Gy			65%		38%								
Végbél	80 Gy									50%		35%	25%	20%	15%
Végbélnyílás		45 Gy													
Vese		20 Gy				55%	30%	15%							

12.2 Dóziskorlátok sztereotaxiás SRS és SBRT besugárzástervezés esetén

Sztereotaxiás sugárkezelésen kis, jól körülhatárolt céltér fogat, egy vagy több frakcióval történő nagy pontosságú, az ép szöveti terhelést minimálisra csökkentő olyan sugárkezelést értjük, ahol a céltér fogat térbeli lokalizálása, majd a sugárkezelés alatti beállítása valamilyen sztereotaxiás eszközzel történik. (Sztereo: térbeli elhelyezkedés, taxis: valami által vezérelt működés.) Ha a teljes dózist egy alkalommal adjuk le, akkor sztereotaxiás sugársebészetről (SRS: Stereotaxic Radio Surgery) beszélünk, míg a frakcionált kezelést sztereotaxiás sugárterápiának (SRT: Stereotaxic Radio Therapy) nevezzük. Sztereotaxiás sugársebészettel a célterület jellegétől és méretétől függően egyszeri 10–80 Gy-t, sztereotaxiás sugárterápiával pedig (hipofrakcionálva) általában 4×7 Gy-t, 3×12 Gy-t, 3×20 Gy-t adunk le. Az érintett szerv szerint megkülönböztetünk agyi (cerebrális) vagy a test többi részére irányuló (extracraniális) sztereotaxiát. Sugársebészettel többnyire csak craniális, sztereotaxiás sugárterápiával craniális és extracraniális elváltozásokat is kezelnek, ezekben az esetekben a 2. táblázatban található dóziskorlátok alkalmazása ajánlott a nemzetközi szakirodalom alapján.

2. Táblázat: Sztereotaxiás SRS és SBRT besugárzástervezés esetén ajánlott dóziskorlátok

Szerv	Paraméter	1 frakció	3 frakció	5 frakció	8 frakció
Agy	V10Gy	10cc			
Agytörzs	Dmax	15 Gy	23.1 Gy	31 Gy	
	D0.5cc	10 Gy	18 Gy	23 Gy	
Belsőfül	Dmax	9 Gy	17.1 Gy	25 Gy	
	Dmax	30 Gy	37 Gy	60 Gy	66 Gy
Bordakosár	D1cc	22 Gy	35 Gy	54 Gy	60 Gy
	D30cc		30 Gy	32 Gy	35 Gy
	Dmax	26 Gy	33 Gy	39.5 Gy	
Bőr	D10cc	23 Gy	30 Gy	36.5 Gy	
	Dmax	16 Gy	24 Gy	32 Gy	
CaudaEquina	D5cc	14 Gy	21.9 Gy	30 Gy	
Izületi fej	D10cc	14 Gy	21.9 Gy	30 Gy	
Gerincvelő	Dmax	14 Gy	21.9 Gy	30 Gy	30 Gy
	D0.35cc	10 Gy	18 Gy	23 Gy	23 Gy
Gyomor	Dmax	12.4 Gy	22.2 Gy	32 Gy	
	D10cc	11.2 Gy	16.5 Gy	18 Gy	
Húgyhólyag fal	Dmax	18.4 Gy	28.2 Gy	38 Gy	
	D15cc	11.4 Gy	16.8 Gy	18.3 Gy	
Kari idegfonat	Dmax	17.5 Gy	24 Gy	30.5 Gy	
	D3cc	14 Gy	20.4 Gy	27 Gy	
Keresztesonti idegfonat	Dmax	16 Gy	24 Gy	32 Gy	
	D5cc	14.4 Gy	22.5 Gy	30 Gy	
Látóidegek	Dmax	10 Gy	17.4 Gy	25 Gy	
	D0.2cc	8 Gy	15.3 Gy	23 Gy	
Légcső és főhörgők	D0.1cc	20.2 Gy	30 Gy	35 Gy	40 Gy
	D4cc	10.5 Gy	15 Gy	16.5 Gy	17.5 Gy

Szerv	Paraméter	1 frakció	3 frakció	5 frakció	8 frakció
Máj	V-VxGy>700cc	9.1 Gy	19.2 Gy	21 Gy	
Nagy erek	D0.1cc	37 Gy	45 Gy	50 Gy	60 Gy
	D10cc	31 Gy	39 Gy	47 Gy	47 Gy
Nyelőcső	D0.1cc	15.4 Gy	25.2 Gy	30 Gy	40 Gy
	D5cc	11.9 Gy	17.7 Gy	19.5 Gy	21 Gy
Patkóbél	Dmax	12.4 Gy	22.2 Gy	32 Gy	
	D5cc	11.2 Gy	16.5 Gy	18 Gy	
	D10cc	9 Gy	11.4 Gy	12.5 Gy	
Péniszgyök	Dmax	34 Gy	42 Gy	50 Gy	
	D3cc	14 Gy	21.9 Gy	30 Gy	
Szigma- és vastagbél	Dmax	18.4 Gy	28.2 Gy	38 Gy	
	D20cc	14.3 Gy	24 Gy	25 Gy	
Szív	D0.1cc	22 Gy	30 Gy	35 Gy	50 Gy
	D15cc	16 Gy	24 Gy	32 Gy	32 Gy
Tüdő	V20Gy	10%	10%	10%	10%
	V12.5Gy	15%	15%	15%	15%
	V-VxGy>1500cc	7.4 Gy	11.6 Gy	12.5 Gy	12.5 Gy
Végbél	Dmax	18.4 Gy	28.2 Gy	38 Gy	
	D20cc	14.3 Gy	24 Gy	25 Gy	
Vékonybél	Dmax	15.4 Gy	25.2 Gy	35 Gy	
	D5cc	11.9 Gy	17.7 Gy	19.5 Gy	
Vesekapu	VxGy<66%	10.6 Gy	18.6 Gy	23 Gy	
Vesekéreg	V-VxGy>200cc	8.4 Gy	16 Gy	17.5 Gy	

13. Sugárterápiás kezelések ismertetése BNO kódok alapján

Az egyes BNO kódok alapján meghatározott daganatlokalizációk sugárterápiás paramétereit, indikációit és kontraindikációit, valamint a korai és kései mellékhatásokat. A BNO az egészségügyben használt, a betegségek nemzetközi osztályozására szolgáló kódrendszer rövidítése. A nemzetközi szakirodalom a kódrendszert ICD-nek rövidíti (The International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems). Kialakításának az volt a célja, hogy bármelyik országban megbetegedett, illetve sérülést szerzett személy diagnózisát egységes kódrendszer alapján lehessen besorolni. A szabványos kódolás alapján a különféle statisztikákat, ország jelentéseket egységes kódolás alapján lehet összehasonlítani.

Az alábbi táblázatok tartalmazzák az egyes BNO kód csoportokhoz tartozó anatómiai lokalizációk sugárterápiás kezelésének legfontosabb paramétereit, ezek: sugárterápiás technika; a képvezérelt technika módszere (IGRT), a betegrögzítés eszköze, a képi modalitást, amit a dózisszámoláshoz kell alkalmazni, illetve azokat a képi modalitásokat, amik szükségesek a céltérfogatok és védendő szervek kontúrozásához; besugárzó készülék típusa; korai és kései mellékhatások jegyzéke.

Az **indikációkat és kontraindikációkat** nem részleteztük az útmutatóban, hanem megadtuk azokat a hivatkozásokat, amik a szakmai irányelvben megfogalmazott követelményeknek minden tekintetben eleget tesznek.

A táblázatban használt rövidítések jegyzéke megtalálható 2.2 fejezetben.

13.1 Az ajak, a szájüreg és garat rosszindulatú daganatai (C00-C14)

13. 1.1 Ajak- és szájüregi daganatok (C00-C06)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT, BT: HDR brachyterápia
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: fejtartó, termoplasztikus maszk BT: nincs
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: lineáris gyorsító BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 16. fejezet
Korai mellékhatások:	erythema, száraz és nedves hámleválás, haj és a szőrzet kihullása, mucositis, gégevizényő, Ízérzési zavar,
Kései mellékhatások:	xerostomia, szubkután és oropharyngeális fibrózis, nyálkahártya-atrófia, oszteoradionekrozis, halláskárosodás, harántlézió, cataracta

13.1.2 A nyálmirigyek tumorai (C07-C08)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT,
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: fejtartó, termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 19. fejezet
Korai mellékhatások:	erythema, száraz és nedves hámleválás, haj és a szőrzet kihullása, mucositis, gégevizényő, Ízérzési zavar,
Kései mellékhatások:	xerostomia, szubkután és oropharyngeális fibrózis, nyálkahártya-atrófia, oszteoradionekrozis, halláskárosodás, harántlézió

13.1.3 Mesopharynx (C10)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT,
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: fejtartó, termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 15. fejezet
Korai mellékhatások:	erythema, száraz és nedves hámleválás, haj és a szőrzet kihullása, mucositis z, gégevizenyő, Ízérzési zavar,
Kései mellékhatások:	xerostomia (szájszárazság), szubkután és oropharyngeális fibrózis, nyálkahártya-atrófia, csont (mandibula) és a porc nekrozisa,

13.1.4 Az orrgarat daganatai (C11)	
Sugárterápiás technikák	EBRT:3D konformális, IMRT, IGRT, BT: HDR (intracavitalis, interstitialis)
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: fejtartó, termoplasztikus maszk BT: nincs
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT BT: BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 13. fejezet
Korai mellékhatások:	erythema, száraz és nedves hámleválás, haj és a szőrzet kihullása, mucositis z, gégevizenyő, Ízérzési zavar,
Kései mellékhatások:	xerostomia, ízérzészavar, dysphagia, beszédzavar, szubkután és oropharyngeális fibrózis, nyálkahártya-atrófia, csont (mandibula), porc és lágyszövet nekrozisa, cataracta, harántlézió, temporalis lebeny nekrozisa

13.1.5 A hypopharynx daganatai (C13)	
Sugárterápiás technikák	EBRT:3D konformális, IMRT, IGRT, BT: HDR (interstitialis)
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: fejtartó, termoplasztikus maszk BT: nincs
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 17. fejezet
Korai mellékhatások	erythema, száraz és nedves hámleválás, haj és a szőrzet kihullása, mucositis, gégevizenyő, Ízérzési zavar,
Kései mellékhatások	xerostomia, ízérzészavar, dysphagia, beszédzavar, szubkután és oropharyngeális fibrózis, nyálkahártya-atrófia, csont (mandibula), porc és lágyrész nekrosis

13.2 Az emésztőszervek rosszindulatú daganatai (C15–C26)

13.2.1 Nyelőcső sugárkezelése (C15)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR brachyterápia
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 20. fejezet
Korai mellékhatások	oesophagitis, dysphagia, pneumonitis, perforáció fistulával és vérzéssel, a szőrzet elvesztésén, illetve bőrpír, pericarditis, émelygés, hányinger, étvágytalanság, fogyás, fáradtság
Kései mellékhatások	stenosis, strictura, tüdőfibrosis (>20 Gy felett), oesophago-trachealis, vagy bronchialis fistula, aortaruptura és vérzés, pericarditis pánccélzívvel (40 Gy fölött), lumenszűkület (45 Gy fölött), myocardialis fibrózis (45 Gy fölött) (oka: doxorubicin), bordanecrosis (50 Gy fölött)

13.2.2 Gyomorrák (C16)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögztetés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 21. fejezet
Korai mellékhatások	hasmenés, hasgörcs, hányinger.
Kései mellékhatások	vékonybél-sérülés, vérzés, májsérülés, hasnyálmirigy elhalás

13.2.3 A vastag- és a végbél daganatai (C18-C20)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögztetés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 25. fejezet
Korai mellékhatások	hasmenés, hasgörcs, hányinger, vérzés, váladékkozás.
Kései mellékhatások	vékonybél-sérülés, vérzés, a sphincter funkció romlása miatt kialakult inkontinencia, a székletinkontinencia (záróizom megtartó műtét esetén), késői végbélgyulladás, végbél felőli vérzés, hólyaggyulladás, bélösszenövés alakulhat ki. Hormonálisan aktív nőkben a petefészkek működése leáll, menopauza alakul ki. Szexuális diszfunkció mind nőkben, mind férfiakban kialakulhat.

13.2.3 A canalis ani és az anus daganatai (C21)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 26. fejezet
Korai mellékhatások	hasmenés, hasgörcs, hányinger, vérzés, váladékozás.
Kései mellékhatások	vékonybél-sérülés, vérzés, inkontinencia, a székletinkontinencia, késői végbélgyulladás, végbél felőli vérzés, hólyaggyulladás, bélösszenövés alakulhat ki. Hormonálisan aktív nőkben a petefészkek működése leáll, menopauza alakul ki. Szexuális diszfunkció.

13.2.4 A máj, az epeutak és az epehólyag elsődleges daganatai (C22-C24)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, SBRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT SBRT: CyberKnife kV rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SBRT: CyberKnife
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 23. fejezet
Korai mellékhatások	gastrointestinalis tünetek (oesophagitis, hányinger, hasmenés), láz, sugár indukálta hepatitis, thrombocytopenia.
Kései mellékhatások	a nem kezelt májrész hypertrophiája, a jobb vese részleges atrophija, hepaticus toxicitás, májfibrosis, nekrosis, atrophia, epeúti fibrózis és stenosis.

13.2.5 Hasnyálmirigy (C25)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: SBRT, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT SBRT: CyberKnife kV rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SBRT: CyberKnife
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 24. fejezet
Korai mellékhatások	hasgörcs, hányinger jelentkezik leggyakrabban,
Kései mellékhatások	vékonybél-sérülés, vérzés, májsérülés, hasnyálmirigyelhalás jelentkezhet

13.3 A légző- és intrathoracalis szervek rosszindulatú daganatai (C30-C39)

13.3.1 Az orrüreg és az orrmelléküregek tumorai (C30)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó, fejrögzítő, termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 14. fejezet
Korai mellékhatások	fáradtság, mucositis, radiogén dermatitis, aepitaxis, conjunctivitis, részleges alopecia, száraz szem
Kései mellékhatások	perzisztáló mucositis; trismus; oromaxillaris fistula; keratitis; cataracta; opticus neuropathia, retinopathia, osteoradionecrosis; agynecrosis; hypopituitarismus; radiogen myelitis; radiogen sarcoma, unilateralis vagy bilateralis vakság, csontnecrosis, sükettség.

13.3.2 Gégerák (C32)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: SBRT, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT SBRT: CyberKnife kV rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó, fejrögzítő, termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SBRT: CyberKnife
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 18. fejezet
Korai mellékhatások	fáradtság, mucositis, radiogen dermatitis, aepitaxis, <i>epithelitis</i> , <i>hangminőség romlás</i> , <i>gégeoedema</i> , <i>szájszárazság</i>
Késői mellékhatások	<i>lágyszövet-, csont- és porcnekrózis</i> , perzisztáló mucositis; trismus; oromaxillaris fistula

13.3.3 Tüdőrák (C34)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR brachyterápia
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó, mellkasrögzítő
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT BT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 37. fejezet
Korai mellékhatások	fáradtság, bőrreakció, radiogén pneumonitis, radiogén oesophagitis, radiogén tracheitis, savós hártyák sugárreakciója
Késői mellékhatások	radiogén fibrózis, nyelőcső-strictura, radiogén myelitis, késői bőrreakció

13.3.4 Mellüregi daganatok (C38)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó, mellkas rögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 38. fejezet
Korai mellékhatások	fáradtság, <i>bőrreakció, radiogén pneumonitis, radiogén oesophagitis, radiogén tracheitis, savós hártyásugárreakciója</i>
Kései mellékhatások	<i>radiogén fibrosis, nyelőcső-strictura, radiogén myelitis,</i>

13.4 A csont és ízületi porc rosszindulatú daganatai (C40-C41)

13.4.1 Csontdaganatok (C40)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó, valamint a tumor lokalizációnak megfelelő további rögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 48. fejezet
Korai mellékhatások	Az adott csontdaganat anatómiai régiójához tartozó védendő szervek korai és kései mellékhatásai.
Kései mellékhatások	

13.5 Melanoma és a bőr egyéb rosszindulatú daganatai (C43-C44)

13.5.1 Melanoma malignum (C43)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: Felületi rtg terápia, 3D konformális, IGRT, SRS BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT BT: C-íves rtg képalkotás SRS: CyberKnife – kV-os rtg. képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: a tumor lokalizációnak megfelelő rögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET BT: MRI, PET
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás SRS: CyberKnife
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 44. fejezet
Korai mellékhatások	erythema, száraz hámleválás, nedves hámleválás, pigmentáció, bőr elhalás
Kései mellékhatások	atrófia, hámlás, pigmentáció, teleangiectázia, radiogén fekély

13.5.2 A bőr daganatai (C44)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: Felületi rtg terápia, 3D konformális, IGRT BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT BT: C-íves rtg berendezés
Betegrögzítés	EBRT: a tumor lokalizációnak megfelelő rögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 43. fejezet
Korai mellékhatások	erythema, epidermitis (száraz és nedves hámleválás, pigmentáció, bőr elhalás)
Kései mellékhatások	atrófia, hámlás, pigmentáció, teleangiectázia, radiogén fekély

13.6 A mesotheliális és lágyszövetek rosszindulatú daganatai (C45-C49)

13.6.1 Felnőttkori lágyszövet-sarcomák (C45-47, C49)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, SBRT, IGRT BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT HDR BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: a tumor lokalizációnak megfelelő rögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC BT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 47. fejezet
Korai mellékhatások	bőr sugársérülése
Kései mellékhatások	ízületi funkciók beszűkülése, a bőr, illetve az izomzat fibrózisa, a nyirokkeringés romlása, a hegesedés által okozott carpalis alagút szindróma; az idegsérülés miatt mozgás- és érzékszavar alakulhat ki.

13.6.2 A hashártya elsődleges daganatai (C48)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
Képvezérelt sugárterápia módszere	EBRT: CBCT
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 39. fejezet
Korai mellékhatások	gasztrointesztinális mellékhatások
Kései mellékhatások	bélnyálkahártya, vesék sugársérülése

13.7 Az emlő rosszindulatú daganata (C50)

13.7.1 Az emlő rosszindulatú daganata (C50)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, SBRT, IGRT, BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT HDR BT: C-íves rtg képalkotás SBRT: CyberKnife kV rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó, emlőrögzítő
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SBRT: LINAC, CyberKnife HDT BT: afterloading készülék, Ir-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	1. Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 42. fejezet 2. Polgár Cs, Kahán Zs, Csejtei A és mtsai: III. Emlőrák Konszenzus Konferencia, Sugárterápiás irányelvek, MAGYAR ONKOLÓGIA 60:229–239, 2016
Korai mellékhatások	erythema, száraz, illetve nedves hámleválás, teleangiectasia, fibrózis, kari ödéma
Kései mellékhatások	pneumonitis, tüdőfibrózis, kardiális mellékhatás (baloldali tumorok esetén)

13.8 A női nemi szervek rosszindulatú daganatai (C51-C58)

13.8.1 A vulva és a vagina daganatai (C51-C52)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT BT: C-íves rtg berendezés
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC HDT BRT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 35. fejezet
Korai mellékhatások	gastrointesztinális; urogenitális (hólyaggyulladás, hüvelygyulladás); bőrgyulladás.
Kései mellékhatások	végbélszűkület, bélelzáródás, vékonybél-perforáció; vékony- és vastagbél krónikus gyulladása; húgyhólyag kifeléyesedése; hüvelyhegyesedés, hüvelyszárazság; combfejnekrozis.

13.8.2 A méhnyak daganatai (C53)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT HDR BRT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRE: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET BT: natív CT, MRI
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC HDT BRT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 32. fejezet
Korai mellékhatások	gasztrointesztinális (hányinger, hányás, hasmenés, végbélgulladás); urogenitális (hólyaggyulladás, hüvelygyulladás); bőrgyulladás.
Kései mellékhatások	végbélszűkület, vékonybéllezáródás, vékonybél-perforáció; vékony- és vastagbél krónikus gyulladása; húgyhólyag kifelégyesedése; hüvelyhegyesedés és szárazság; combfejnekrozis.

13.8.3 Endometriumcarcinoma (C55)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR BT
IGRT módszere	EBRT: CBCT HDR BRT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRE: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC HDT BRT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 33. fejezet
Korai mellékhatások	gasztrointesztinális tünetek (hányinger, hányás, hasmenés, végbélgulladás); urogenitális (hólyaggyulladás, hüvelygyulladás); bőrgyulladás.
Kései mellékhatások	végbélszűkület, vékonybéllezáródás, vékonybél-perforáció; vékony- és vastagbél krónikus gyulladása; húgyhólyag kifelégyesedése; hüvelyhegyesedés és szárazság; combfejnekrozis.

13.8.4 A petefészekrák (C56)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT
Betegrögzítés	EBRT: lábtartó, térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 34. fejezet
Korai mellékhatások	gasztrointesztinális tünetek (hányinger, hányás, hasmenés), pneumonitis.
Kései mellékhatások	végbélcső, vékonybélzáródás, vékonybél-perforáció; vékony- és vastagbél krónikus gyulladása; húgyhólyag kifelégyesedése

13.9 A férfi nemi szervek rosszindulatú daganatai (C60-C63)

13.9.1 A penis és az urethra daganatai (C60)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT BT: HDR BT (moulage és intersitális kezelés)
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID BT: C-íves rtg képalkotás
Betegrögzítés	EBRT: láb-, és térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI BT: natív CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC HDT BRT: afterloading készülék, I-192 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 29. fejezet
Korai mellékhatások	bőrpír, a nedvedző bőrgyulladás, oedema
Kései mellékhatások	teleangiectasia, meatalis húgycsőhegesedés, fekély, nekrosis, szexuális funkció, merevedés zavara, alsó végtagok oedemája

13.9.2 prosztatatarák (C61)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, SBRT, IGRT BT: HDR (intersitialis kezelés) BT: LDR (seed kezelés)
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID SBRT: CyberKnife kV rtg képalkotás BT HDR és LDR: C-íves rtg berendezés
Betegrögzítés	EBRT: láb-, és térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT BT: UH, natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, cholin PET/CT BT: UH, natív CT, MRI
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SBRT: CyberKnife BRT HDR: afterloading készülék I-192 sugárforrás BRT LDR: I-125 sugárforrás
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 30. fejezet
Korai mellékhatások	irritatív cystoprostatitis és proctitis,
Késői mellékhatások	késői proctitis, inkontinencia, húgycsőheggesedés, súlyos irritatív cystoprostatitis,

13.9.3 Csírasejt típusú heredaganatok (C62)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: láb-, és térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 31. fejezet
Korai mellékhatások	hasmenés, hányinger, rossz közérzet
Késői mellékhatások	bélösszenövés, spermatogenesis

13.10 A húgyrendszer rosszindulatú daganatai (C64-C68)

13.10.1 A vese, a veseüregrendszer és az ureter daganatai (C64-C66)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: láb-, és térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 27. fejezet
Korai mellékhatások	enteritis és colitis hasmenéssel, gastritis hányingerrel, hányással.
Kései mellékhatások	harántlézió, ellenoldali vesekárosodás

13.10.2 Húgyhólyagdaganat (C67)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: láb-, és térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 28. fejezet
Korai mellékhatások	gastrointestinalis mellékhatás (hasmenés, görcsös alhasi fájdalom székletinkontinencia), urogenitalis mellékhatás (dysuria, gyakori, fájdalmas vizelés, sürgető vagy görcsökkel járó vizelési inger)
Kései mellékhatások	intestinalis szövődmények (fistula, ileus, peritonitis), urogenitalis szövődmények (kontrahált hólyag, fistula, uraemia)

13.11 A szem, agy és központi idegrendszer egyéb részeinek rosszindulatú daganatai (C69-C72)

13.11.1 A szemgolyó és adnexumai, valamint a szemüreg rosszindulatú daganatai (C69)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: mélyterápiás rtg, 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: fejtartó, termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC, mélyterápiás rtg berendezés
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 41. fejezet
Korai mellékhatások	szemszárazság
Kései mellékhatások	cataracta, szemidegek károsodása

13.11.2 A központi idegrendszer daganatai (C70-C72)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, SRS, IGRT
IGRT módszere	EBRT: LINAC CBCT, EPID SRS: CyberKnife kV rtg képalkotó
Betegrögzítés	EBRT: fejrögzítő és termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SRS: CyberKnife, Gammakés
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 40. fejezet
Korai mellékhatások	agyooedema (diffúz és perifokális), somnolentia szindróma, Lhermitte-szindróma
Kései mellékhatások	radionecrosis (diffúz vagy fokális), pseudocysta képződése, corticalis atrophia, leukoencephalopathia

13.12 A pajzsmirigy és egyéb endokrin mirigyek rosszindulatú daganatai (C73-C75)

13.12.1 Pajzsmirigydaganatok (C73)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: fejrögzítő és termoplasztikus maszk
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 50. fejezet
Korai mellékhatások	nyálkahártya-gyulladás, laryngitis, tracheitis, oesophagitis
Kései mellékhatások	radiogén myelopathia, második tumor kialakulásának kockázata.

13.12.2 A mellékvese daganatai (C74)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, IGRT
IGRT módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: láb-, és térdtartó
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 52. fejezet
Korai mellékhatások	gastrointestinalis tünetek
Kései mellékhatások	leukopaenia, thrombopaenia

13.13 Rosszul meghatározott, másodlagos és nem meghatározott lokalizációjú rosszindulatú daganatok (C76-80)

13.13.1 Távoli áttétek kezelése (C78-C79)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: 3D konformális, IMRT, SRS, SBRT, IGRT
Képvezérelt sugárterápia módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	Az anatómiai lokalizációnak megfelelő betegrögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: MRI, PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC SBRT: CyberKnife SRS: Gamma kés (csak agyi áttét)
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 54. fejezet
Korai mellékhatások	Az adott anatómiai lokalizációhoz tartozó az előzőekben ismertetett korai és kései mellékhatások.
Kései mellékhatások	

13.14 Nyirok- és vérképzőszervek, rokon szövetek rosszindulatú daganatai (C81-C96)

13.14.1 Lympomák (C81-C85)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: egésztest besugárzás, 3D konformális, IMRT, IGRT
Képvezérelt sugárterápia módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	Az anatómiai lokalizációnak megfelelő betegrögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC, kobaltbesugárzó
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017. 46. fejezet
Korai mellékhatások	bőrpír, nyálkahártya-gyulladás, táplálkozási zavar, hányinger, hasmenés, hólyaggyulladás
Kései mellékhatások	csontvelő alulműködése, a pajzsmirigy alulműködése, a tüdőfibrozisa, kardiovaszkuláris betegség

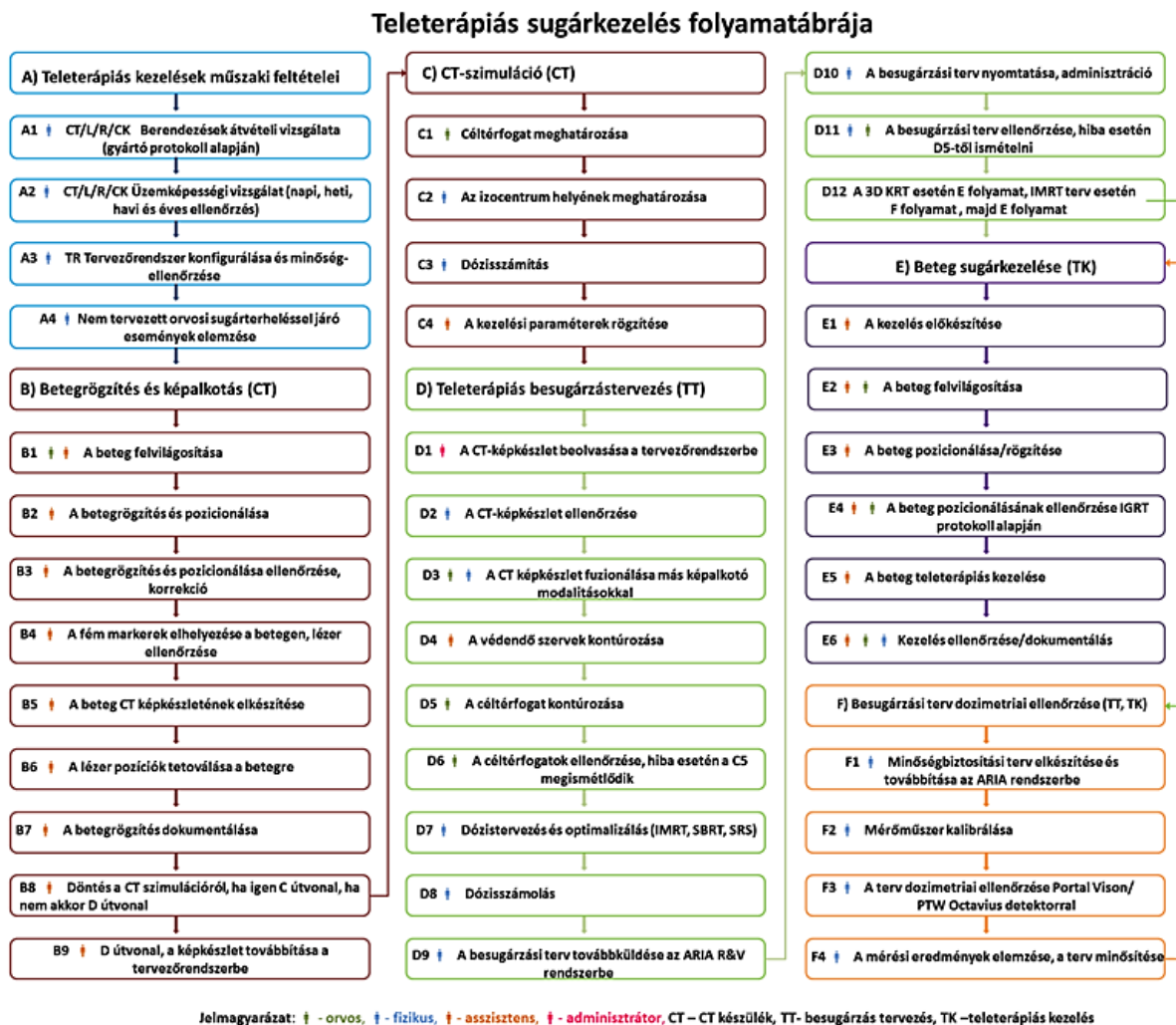
13.15 Jóindulatú daganatok (D10-D36)

12.17.1 Jóindulatú daganatok (D10-D36)	
Sugárterápiás technikák	EBRT: kV rtg besugárzó, 3D konformális, IMRT, IGRT
Képvezérelt sugárterápia módszere	EBRT: CBCT, EPID
Betegrögzítés	EBRT: Az anatómiai lokalizációnak megfelelő betegrögzítés
Képi modalitás - dózisszámításhoz	EBRT: natív CT
Képi modalitás - kontúrozáshoz	EBRT: PET/CT
Besugárzó készülékek	EBRT: LINAC
Indikáció – kontraindikáció hivatkozás	Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017.
Korai mellékhatások	Az anatómiai lokalizációnak megfelelő korai és kései mellékhatások
Kései mellékhatások	

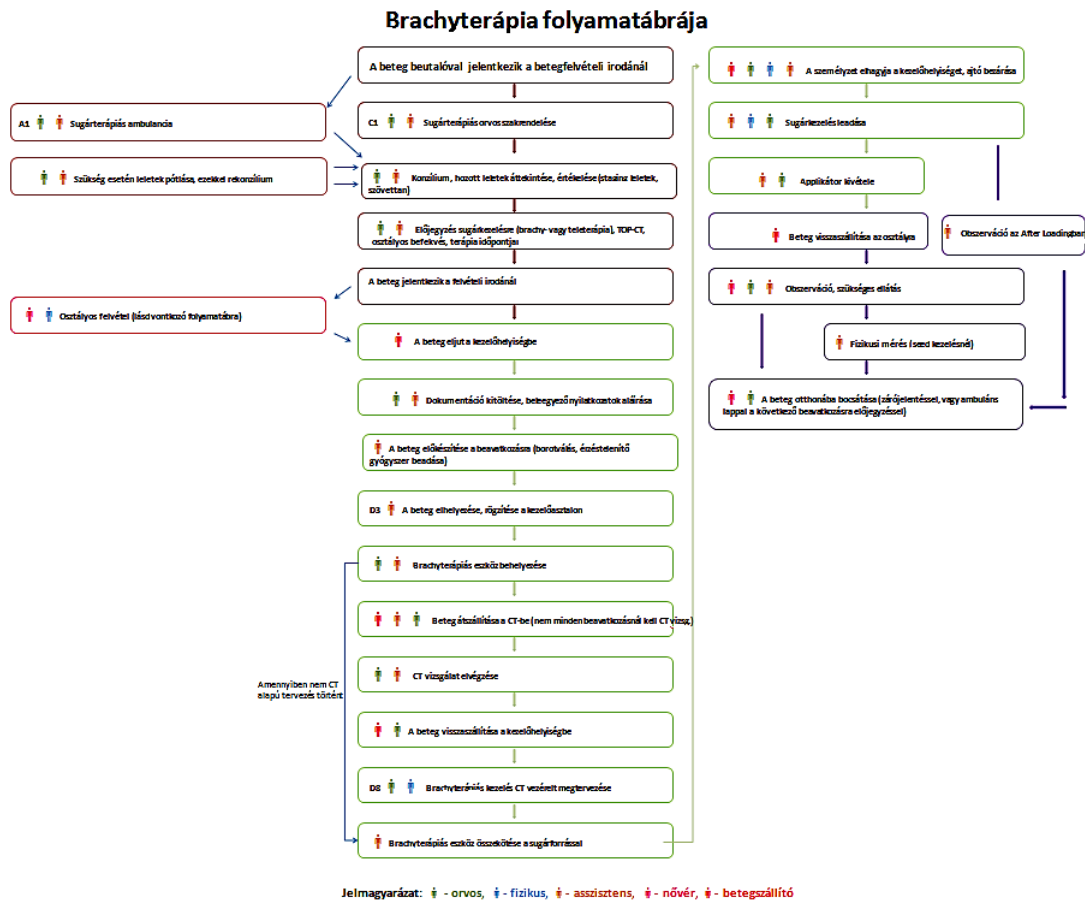
14. Minőségellenőrzés

14.1 Klinikai minőség-ellenőrzés

A klinikai minőségellenőrzés számos olyan ellenőrzési pontot tartalmaz, amelyeknek célja, hogy az esetleges hibákat felfedezze és még a beteg kezelés előtt kijavítsa. A betegről készült CT-képek esetleges hibáit felfedezhetik kontúrozás közben a védendő szerveket berajzoló szakasszisztensek, illetve a céltérfogatókat meghatározó szakorvosok, akik egyben a szakasszisztensek munkáját is hivatottak ellenőrizni. A szakorvos aláírásával igazolja, hogy a beteg képkészlete kész a dózistervezésre. A kész sugárterápiás tervet alá kell írni a dózistervet készítő klinikai sugárfizikusnak, illetve az őt ellenőrző második aláírási joggal rendelkező klinikai sugárfizikusnak, ezt követően még a kezelőorvosnak is jóvá kell hagyni a tervet beteg kezelése előtt. A sugárterápiás tervet az adott besugárzó egység részlegvezető orvosa és a kijelölt klinikai sugárfizikusa megismételten ellenőrzi a beteg kezelését megelőzően. A teleterápiás sugárkezelés részletes folyamatábrája a 3. ábrán látható, míg a brachyterápiás kezelések részletes lírását a 4. ábra szemlélteti.



3. ábra: A teleterápiás sugárkezelés részletes folyamatábrája



4. ábra: Brachyterápiás kezelések folyamatábrája

14.2 Orvosi fizikai minőségellenőrzés

Az orvosi fizikai minőségellenőrzés hivatott ellenőrizni, hogy a készülékek rendeltetésszerű használat esetén a megfelelő dozimetriai paraméterekkel rendelkeznek-e. Ezek a mérések lehetnek napi, heti, havi, valamint éves, e mellett elrendelhető speciális ellenőrzés is. A minőségellenőrzési mérések részletes leírását a klinikai sugárfizikusok állították össze nemzetközi ajánlások alapján, a megfelelőségi kritériumokat és az összefoglaló táblázatokat a következő formanyomtatványok tartalmazzák:

- CT-berendezések minőségellenőrzése
- Besugárzástervezés minőségellenőrzése
- Lineáris gyorsítók minőségellenőrzése
- Mélyterápiás röntgen berendezés minőségellenőrzése
- Robotkaros lineáris gyorsítók minőségellenőrzése (CyberKnife)
- Egésztest besugárzási jegyzőkönyv
- Brachyterápiás készülékek minőségellenőrzése

15. Irodalomjegyzék

1. Kásler Miklós (szerk), Az onkológia alapjai 2. kiadás, Medicina Könyvkiadó, 2017; ISBN szám: 978-963-226- 653- 4
2. Polgár Csaba, Major Tibor (szerk), Sugárterápia jegyzet, Semmelweis Egyetem, 2015; ISBN 978-963-7152-94-8
3. Polgár Csaba (szerk), Onkológia és sugárterápia, Semmelweis Kiadó és Multimédia Stúdió, 2018; ISBN: 978-963-3314-40-1
4. Polgár Csaba és mtsa, III. Emlőrák Konszenzus Konferencia – Sugárterápiás irányelvek, MAGYAR ONKOLÓGIA 60:229–239, 2016
5. Pesznyák Csilla, Sáfrány Géza (szerk), Sugárbiológia, Typotex Kiadó, 2017; ISBN: 978-963-2799-52-0
6. Hanna GG et al., Consensus on Normal Tissue Dose Constraints for Stereotactic Radiotherapy. Clin Oncol (R Coll Radiol). 2018 Jan;30(1):5-14.
7. Scocciati S, et al., Organs at risk in the brain and their dose-constraints in adults and in children: a radiation oncologist's guide for delineation in everyday practice. Radiother Oncol. 2015 Feb;114(2):230-8.
8. Niyazi M, et al., ESTRO-ACROP guideline "target delineation of glioblastomas". Radiother Oncol. 2016 Jan;118(1):35-42.
9. Noël G et al. Delineation of organs at risk and dose constraints]. Cancer Radiother. 2016 Sep;20 Suppl:S36-60.
10. Giampiero Ausili Cefaro Domenico Genovesi Carlos A. Perez, Delineating Organs at Risk in Radiation Therapy, Springer, 2013, ISBN 978-88-470-5256-7
11. Bentzen SM et al., Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC), Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2010 Mar 1; 76(3 Suppl): S3–S9.,
12. Landberg T et al., ICRU Report 50, Journal of the International Commission on Radiation Units and Measurements, V(26)1;1993,
13. Landberg T et al., ICRU Report 62, Journal of the International Commission on Radiation Units and Measurements, V(os32),1;1999
14. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
15. Comprehensive audits of radiotherapy practices: a tool for quality improvement (QUATRO), Vienna: International Atomic Energy Agency, 2007. ISBN 92–0–103707–4