



**Útmutató a röntgendiagnosztikai
berendezések és képmegjelenítők
átvételi és állapotvizsgálatai, valamint
állandósági vizsgálatai elvégzéséhez
2022.**

Nemzeti Népegészségügyi Központ

Nemzeti Népegészségügyi Központ

Szerzők:

Anyiszonyan Artúr
Dankó Zsolt
Elek Richárd
Mihályi Dávid
Dr. Porubszky Tamás
Váradi Csaba

Lektorálta:

Dr. Balkay László^{1,2}

Kiadja a Nemzeti Népegészségügyi Központ, 2022.

1.3 verzió

1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6.

E-mail: sugar@nnk.gov.hu

¹ Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Képző Intézet, Nukleáris Medicina nem önálló Tanszék

² Magyar Orvosfizikai Társaság

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
1.1. Az útmutató tárgya és célja	1
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	2
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	3
2.1. Meghatározások	3
2.2. Rövidítések	3
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI	5
3.1. Általános bevezetés a röntgendiagnosztikai berendezések átvételi és állapotvizsgálataiba	5
3.2. Az engedélyesek által végzendő mérések – állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken	13
3.2.1. A röntgenberendezések általános ellenőrzései	13
3.2.1.1. Szemrevételezéses és mechanikai vizsgálatok	13
3.2.2. Rontott-felvétel elemzés	15
3.2.3. Röntgenberendezések üzemnaplója („gépnapló”)	17
3.2.4. Megjelenítő	18
3.2.4.1. Vizsgálóábra értékelése	18
3.2.5. Csontdenzitométerek	22
3.2.6. Intraorális fogászati röntgenberendezések	22
3.2.7. Fogászati panoráma röntgenberendezések	23
3.2.8. Kúpsugaras (cone-beam) fogászati CT berendezések	23
3.2.9. Felvételi és kórtermi röntgenberendezések	24
3.2.9.1. Képmínőség vizsgálata	24
3.2.9.2. Automatikus dózisszabályozó ellenőrzése	27
3.2.10. Átvilágító, sebészeti, intervenciós és angiográfiás röntgenberendezések	32
3.2.10.1. Átvilágítók kombinált vizsgálata	32
3.2.11. Mammográfiás röntgenberendezések	35
3.2.11.1. Fantomfelvétel készítése	35
3.2.11.2. Automatikus dózisszabályozó ellenőrzése	39
3.2.11.3. Képreceptor homogenitása (csak CR/DR rendszereknél)	42
3.2.12. Számítógépes rétegfelvétel-készítő berendezések	45
3.2.13. Film-fóliás képalkotó rendszerek	46
3.2.13.1. Előhívó hőmérsékletének meghatározása	47
3.2.13.2. Szenzitometria (alapfátyol, érzékenység, kontraszt)	49
3.2.13.3. A rögzítőoldat pH-értéke	52
3.2.13.4. Kazetták szemrevételezése és karbantartása	53
3.2.13.5. Erősítőfóliák karbantartása	54
3.2.13.6. Kazetták fényzárásának vizsgálata	55
3.2.13.7. Erősítőfólia-film kontaktus vizsgálata	56
3.2.13.8. Sötétkamra fényzárása	58
3.2.13.9. Sötétkamralámpák megfelelősége	59
3.2.13.10. Filmnéző szekrények fényessége	61
3.2.14. Foszforlemezes képalkotó rendszerek	62
3.2.14.1. Látens kép feledésének vizsgálata	62
3.2.14.2. Foszforlemezek variabilitása, eltérései	64
3.3. Az orvosi fizikusok által végzendő mérések – átvételi és állapotvizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken	66

3.3.1.	Csontdenzitométerek	66
3.3.1.1.	Szórt sugárzás mérése	68
3.3.1.2.	Csontásványsűrűség meghatározása	70
3.3.1.3.	Morfometriai pontosság mérése	71
3.3.1.4.	Szkenelési idő pontosságának és állandóságának mérése	72
3.3.1.5.	Dózis-terület szorzat becslése (opcionális)	74
3.3.1.6.	Felezőréteg-vastagság meghatározása (opcionális)	76
3.3.2.	Intraorális fogászati röntgenberendezések	78
3.3.2.1.	Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóság mérése	79
3.3.2.2.	Felezőréteg-vastagság mérése	81
3.3.2.3.	Belépőoldali bőrdózis meghatározása (opcionális)	82
3.3.2.4.	Képmínőség értékelése	84
3.3.2.5.	Csőegység mechanikai stabilitásának meghatározása (csak pantográf karos berendezéseknél)	85
3.3.2.6.	Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)	85
3.3.3.	Fogászati panoráma röntgenberendezések	87
3.3.3.1.	Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóság mérése	88
3.3.3.2.	Felezőréteg-vastagság mérése	91
3.3.3.3.	Teljes szűrés meghatározása (opcionális)	92
3.3.3.4.	A sugárhatárolás vizsgálata	93
3.3.3.5.	Képmínőség értékelése	94
3.3.3.6.	Mechanikai pontosság vizsgálata	96
3.3.3.7.	Dózis-terület szorzat becslése (opcionális)	98
3.3.3.8.	Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)	99
3.3.4.	Kúpsugaras (cone-beam) fogászati CT berendezések	100
3.3.4.1.	Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóság mérése	101
3.3.4.2.	Felezőréteg-vastagság mérése	103
3.3.4.3.	Teljes szűrés meghatározása (opcionális)	104
3.3.4.4.	Képmínőség értékelése	105
3.3.4.5.	Mechanikai pontosság vizsgálata (opcionális)	106
3.3.4.6.	Dózis-terület szorzat becslése (opcionális)	107
3.3.4.7.	Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)	108
3.3.5.	Felvételi és kórtermi röntgenberendezések	109
3.3.5.1.	Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram és a dózis-idő linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás és a reprodukálhatóság mérése	112
3.3.5.2.	Felezőréteg-vastagság mérése	115
3.3.5.3.	Teljes szűrés meghatározása (opcionális)	116
3.3.5.4.	A röntgensugárnyaláb mérete, centráltsága, a sugárhatárolás vizsgálata	117
3.3.5.5.	Vonalpár-felbontás vizsgálata (és opcionálisan az alacsonykontrasztú felbontás vizsgálata)	118
3.3.5.6.	AEC reprodukálhatóság vizsgálata	119
3.3.5.7.	AEC tárgyvastagság-kompensáció vizsgálata	121
3.3.5.8.	AEC reteszelés vizsgálata	122
3.3.5.9.	AEC legkisebb áram-idő szorzat mérése	123
3.3.5.10.	Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)	124
3.3.6.	Átvilágító, sebészeti, intervenciós és angiográfias röntgenberendezések	126
3.3.6.1.	Felezőréteg-vastagság mérése	127
3.3.6.2.	Teljes szűrés meghatározása (opcionális)	130
3.3.6.3.	A sugárhatárolás vizsgálata	130

3.3.6.4.	<i>Vonalpár-felbontás vizsgálata (és opcionálisan az alacsonykontrasztú felbontás vizsgálata)</i>	132
3.3.6.5.	<i>A röntgensőfeszültség és a dózisteljesítmény mérése AERC módban</i>	133
3.3.6.6.	<i>AERC működésének ellenőrzése</i>	134
3.3.6.7.	<i>Páciens belépőoldali dózisteljesítmény mérése</i>	135
3.3.6.8.	<i>Képreceptor belépőoldali dózisteljesítmény mérése</i>	137
3.3.6.9.	<i>Szórt sugárzás mérése a személyzet tartózkodási helyén (opcionális)</i>	139
3.3.6.10.	<i>Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)</i>	140
3.3.6.11.	<i>Digitális szubtraktív angiográfia értékelése</i>	141
3.3.6.11.1	<i>Képenkénti dózis meghatározása DSA üzemmódban</i>	143
3.3.6.11.2	<i>Képminőség értékelése DSA üzemmódban</i>	145
3.3.7.	Mammográfiás röntgenberendezések	149
3.3.7.1.	<i>Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás és a reprodukálhatóság mérése</i>	151
3.3.7.2.	<i>Felezőréteg-vastagság mérése</i>	155
3.3.7.3.	<i>A képminőség és a mellkasfalon túlnyúló szövetállomány meghatározása</i>	157
3.3.7.4.	<i>Alacsonykontraszt-láthatóság meghatározása (csak CR/DR rendszereknél)</i>	159
3.3.7.5.	<i>AEC tárgyvastagság-kompenzáció vizsgálata (csak film-fóliás rendszereknél)</i>	161
3.3.7.6.	<i>A tárgyvastagság-kompenzáció vizsgálata a CNR mérése által (csak CR/DR rendszereknél, opcionális)</i>	163
3.3.7.7.	<i>AEC reprodukálhatóság vizsgálata</i>	166
3.3.7.8.	<i>AEC reteszelés vizsgálata</i>	167
3.3.7.9.	<i>AEC legkisebb áram-idő szorzat mérése</i>	168
3.3.7.10.	<i>Kompressziós erő mérése</i>	169
3.3.7.11.	<i>Szivárgó sugárzás mérése</i>	170
3.3.7.12.	<i>Dozimetriai jellemzők vizsgálata</i>	171
3.3.8.	Számítógépes rétegfelvétel-készítő berendezések	176
3.3.8.1.	<i>Kép homogenitása és a képzaj értékelése</i>	178
3.3.8.2.	<i>Rekonstruált szeletvastagság mérése</i>	181
3.3.8.3.	<i>Térbeli felbontás vizsgálata</i>	185
3.3.8.4.	<i>Alacsonykontraszt-láthatóság vizsgálata (opcionális)</i>	187
3.3.8.5.	<i>Dozimetriai ellenőrzés</i>	189
3.3.8.6.	<i>Linearitás (opcionális, kivéve szimulátoroknál)</i>	192
3.3.8.7.	<i>Asztalléptetés vizsgálata (opcionális)</i>	195
3.3.9.	Megjelenítők	196
3.3.9.1.	<i>Kontrasztarány és GSDF meghatározása</i>	197
3.3.9.2.	<i>Fénysűrűség meghatározása</i>	200
3.3.9.3.	<i>Helyiség megvilágításának mérése</i>	201
3.4.	Dokumentáció	203
3.4.1.	<i>A dokumentáció formai és tartalmi követelményei</i>	203
3.4.2.	<i>Szoftverek alkalmazása a felvételek értékeléséhez</i>	204

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz a 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (Svr.) értelmében (45. §):

45. § (1) A berendezés fő műszaki paramétereinek módosítását, fődarabjait, árnyékolását, védelmi funkcióit érintő karbantartását, javítását vagy cseréjét követően a berendezés csak - megfelelő szakmai képesítéssel és az 55. § (1) bekezdés 4. pontja szerinti engedéllyel rendelkező szervezet által végzett - dokumentált sugárvédelmi méréseket is magába foglaló minőségellenőrzési vizsgálat után vehető használatba, amely vizsgálat igazolja a berendezés engedélyezett paramétereknek megfelelő működését.

A fenti mellett 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: Osr.) értelmében (11. § (5) bek.):

(2) Az NNK a minőségbiztosítási program kialakításának támogatása érdekében módszertani útmutatót készít, amely tartalmazza a berendezések megfelelőségére vonatkozó feltételeket, amelyek alapján eldönthető, hogy mikor van szükség megfelelő korrekciós intézkedésekre, vagy a berendezés üzemén kívül helyezésére. A módszertani útmutatót az országos tisztifőorvos által üzemeltett honlapon közzé kell tenni.

Az útmutató célja tehát, hogy – ajánlásokat adva a gyógyászatban alkalmazott, ionizáló sugárzást létrehozó diagnosztikai berendezések minőségének fenntartásával kapcsolatosan – egyértelművé tegye azokat a műszaki előírásokat, amelyet az ilyen eszközöknek teljesíteniük kell. Az útmutató ezzel elősegíti az érvényes szabványokban meghatározott kritériumok és specifikációk teljesítését. Az útmutató a fentiek felül tartalmaz előírásokat arra is, hogy az egyes vizsgálati paramétereknek milyen elfogadható és egyes esetekben elérhető határértékei vannak, így objektív kritériumok állnak rendelkezésre a berendezések használhatóságának, selejtezésének megítélésére. Ezeknek a követelményeknek a teljesítésén felül az átvételi és állapotvizsgálatok elősegítik, hogy a berendezések állapotának, minőségének folyamatos felügyeletével biztosítható legyen azok legmagasabb színvonalú, leginkább gazdaságos üzemeltetése és biztosítható legyen azok folyamatos rendelkezésre állása.

A vizsgálatok leírásakor a Nemzeti Népegészségügyi Központ, az orvosi fizikus szakértők által végzendő mérésekre egységesen „orvosi fizikusok által végzendő mérések”-ként hivatkozunk.

Az útmutató elkészítésekor azt a szellemiséget követjük, hogy az egészségügyi intézményeknél kötelező minőségügyi rendszert (ISO, MEES szabványok) működtetni és e leírás elemei integrálhatóak a napi/heti/havi rutinban.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A sugárvédelmi követelmények jogszabályi háttérét az Svr. és az Osr. biztosítja.

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, az Svr. 4. §-ában és az Osr. 2. §-ában meghatározásokon kívül az alábbi definíciókat alkalmazza.

Modalitás:

A klinikumban alkalmazott eszközt és annak működési módját jelölő megnevezés. Például: a „mammográfia” egy modalitás, de az „emlő tomoszintézise”, rétegfelvételezése szintén, amelyet akár ugyanazzal a berendezéssel is végezhetünk, tehát így nem csupán egy eszközt jelöl. Szó szerint „módozat”.

2.2. Rövidítések

Betűszó	Betűszó feloldása
AEC	Automatic Exposure Control (automatikus dózisszabályozó)
AERC	Automatic Exposure Rate Control (automatikus dózisteljesítmény-szabályozó)
B+F	base+fog (alapfátyol [és köd])
BMD	Bone Mineral Density (csontásványsűrűség)
CBCT	Cone Beam Computed Tomography (kúpsugaras számítógépes rétegfelvétel-készítő)
CCFL	Cold Cathode Fluorescent Lamp/Lighting (hidegkatódos fluoreszcens lámpa/megvilágítás)
CR	Computed Radiography (számítógépesített radiográfia)
CRT	Cathode Ray Tube (katódsugárcső, katódsugárcsőves)
CT	Computer Tomograph (számítógépes rétegfelvétel-készítő röntgenberendezés)
DD	density difference (denzitáskülönbség, feketedéskülönbség)
DEXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry (kettős energiájú röntgensugár-gyengítés mérés)
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine (digitális képalkotás és kommunikáció a gyógyászatban)
DSA	Digital Subtraction Angiography (digitális szubtrakciós angiográfia)
DXA	Id. DEXA!
GSDf	Grayscale Display Function
HD	high density (nagyfeketedésű érték)

Betűszó	Betűszó feloldása
ICRP	International Commission on Radiation Protection (Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság)
IOL	initial operating level (kezdeti működési érték)
LED	Light Emitting Diode (fénykibocsátó dióda)
NNK	Nemzeti Népegészségügyi Központ
OD	optical density (optikai denzitás, a (film)feketedés)
OLED	Organic LED (szerves fénykibocsátó dióda)
Osr.	Orvosi sugárvédelmi rendelet; 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól
PACS	Picture Archiving and Communication System
PDP	Plasma Display Panel (gázplazma megjelenítő)
ROI	Region of Interest (tárgyérdekű tartomány)
S	speed (érzékenység vagy érzékenységi index)
Svr.	Sugárvédelmi kormányrendelet; 2/2022. (IV. 29.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
WHO	World Health Organisation (Egészségügyi Világszervezet)

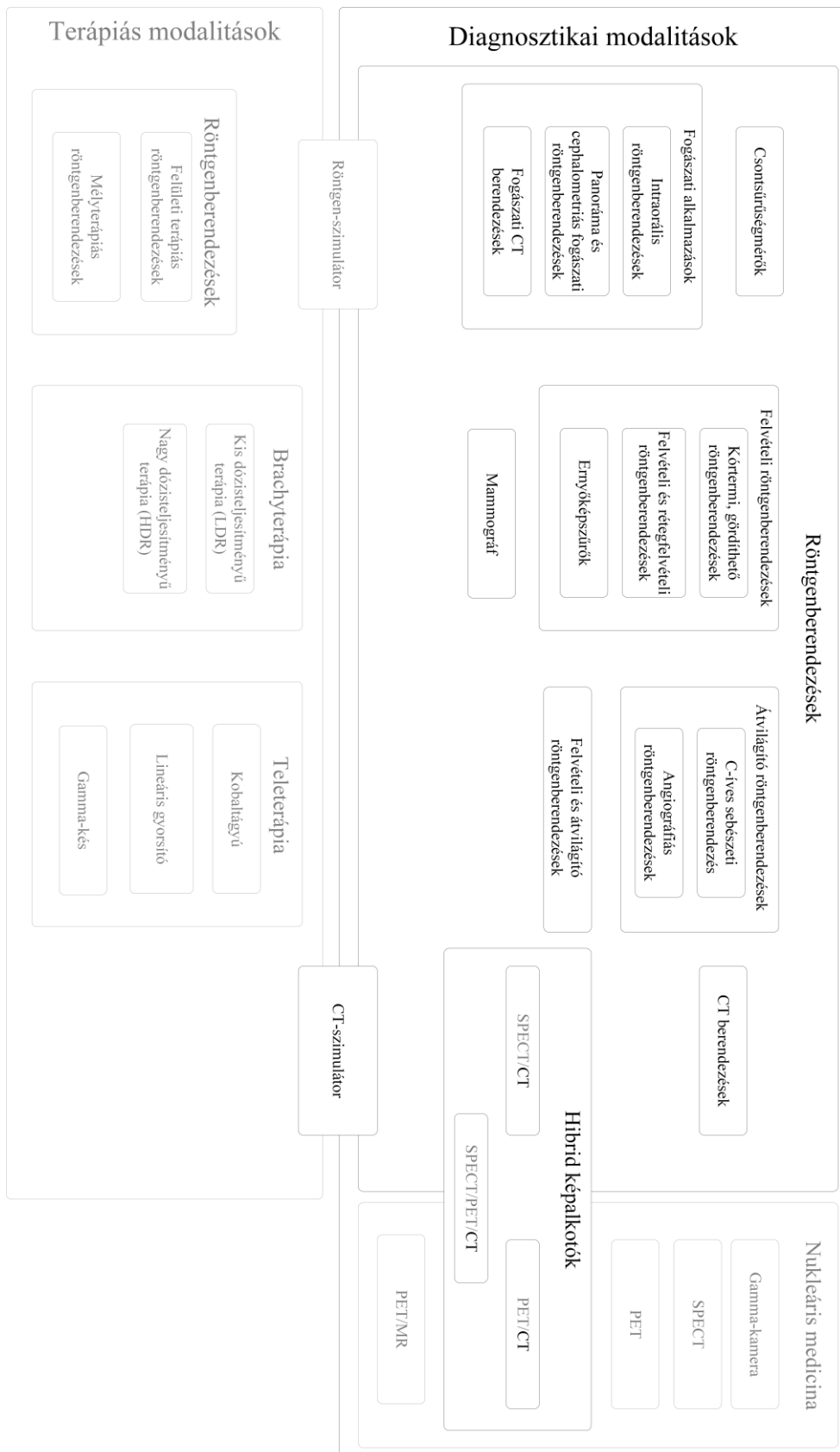
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI

3.1. Általános bevezetés a röntgendiagnosztikai berendezések átvételi és állapotvizsgálataiba

A gyógyászatban alkalmazott, ionizáló sugárzást létrehozó berendezéseket és alkalmazásokat az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- Röntgendiagnosztika: Ezek közé sorolhatjuk azokat a felhasználásokat, modalitásokat, amelyek röntgensugárforrást alkalmaznak a képalkotáshoz és valamely képalkotó eljárásuk segítségével felvételt vagy felvétel-sorozatot készítenek. Egyszerűen megjegyezhető ökölszabály, hogy az összes olyan berendezést ide sorolhatjuk, amelynél külső sugárforrás és detektor(ok) segítségével az ionizáló sugárzások fizikai hatását, annak gyengülését használjuk ki arra, hogy diagnosztikai információt nyerhessünk az élő szervezetről. A szaknyelvben röntgendiagnosztikai és intervenciós radiológiai berendezéseként is hivatkozunk a röntgendiagnosztika képalkotóira. Ennek oka, hogy az intervenciós eljárások orvosi célja terápia, de az intervenciók során a képalkotó eszköz fizikai értelemben diagnosztikai céllal bír, vagyis a terápia során a testbe vezetett külső eszközök irányítására szolgál.
- Nukleáris medicina: Azokat a képalkotó berendezéseket soroljuk ebbe a csoportba, amelyek egy radioaktív anyaggal nyomjelzett gyógyszerkészítmény eloszlását, terjedését, dúsulását képesek láthatóvá tenni az emberi szervezetben. A nukleáris medicinában alkalmazott terápiás eljárások a nyomjelzés elvét használják fel arra, hogy az izotópot a célszervhez juttassák. A terápiás céllal alkalmazott nyitott sugárforrásokat is ide sorolhatjuk.
- Sugárterápia: E berendezések különböző sugárforrások segítségével szolgálják elsősorban daganatok, vagy más elváltozások kezelését. Ehhez a gyógyászatban alkalmaznak: zárt sugárforrásokat, külsőleg (Co-60); a testbe átmenetileg bevezetett vagy tartósan beültetett zárt sugárforrásokat (brachyterápia); valamint a volumenét tekintve legnagyobb arányban lineáris gyorsítókat, illetve kisebb arányban röntgenterápiás készülékeket. Az ökölszabály ezeknél az ionizáló sugárzások biológiai hatásainak kiaknázása, azok sejtpusztító képességének kihasználása.

A fenti eljárások és berendezések alkalmazásakor a sugárvédelemnek ki kell terjednie a személyzetre, a páciensre és a környezetben tartózkodó személyekre egyaránt, melyek közül a legkritikusabb a páciens közvetlen sugárvédelme. Az útmutató által taglalt egyes modalitásokról és a többi, gyógyászatban alkalmazott berendezésről az alábbi ábra (3.1 ábra) nyújt részletesebb tájékoztatást. Az ábrán fekete szín jelöli azokat a modalitásokat, amelyekre ezen útmutató megfogalmaz ajánlásokat, míg a továbbiak szürke színnel jelennek meg.



3.1 ábra: A gyógyászatban alkalmazott ionizáló sugárzást felhasználó modalitások

A páciensek sugárvédelmében az indokoltság érvényesítése elsősorban orvosszakmai kérdés. Az indokoltság érvényesítése minden esetben a kezelőorvos, vagyis az eljárás kivitelezését végző orvos felelőssége. Az orvosi eljárások során a korlátozás elve nem alkalmazható, mert az eljárásokat elsősorban az egyén érdekében végzik, ugyanakkor egyetlen kulcsfontosságú diagnosztikai vizsgálat sem maradhat el egy adott dózisszint elérése miatt.

Az optimálás elvét elsősorban gyakorlati kivitelezés során kell érvényesíteni, tehát ez jelentős mértékben radiológiai asszisztensi (radiográfusi) kompetencia. Ide tartozik a röntgenparaméterek (megfelelő expozíciós program, dominánsmező, képméret stb.) helyes megválasztása, és a helyes pozicionálás (pl.: megfelelő centrálás, csak a szükséges területre szűkített leképezés). A dózissal való „takarékoság” a berendezés kímélésével hozzájárul ahhoz is, hogy tovább üzemeljenek a röntgengépek. A Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság (ICRP) felmérése szerint a felvételek megismétlésének gyakorisága 3-12% között ingadozik munkahelyenként. A felvételek megismétlésének okai elsősorban emberi tényezőkre vezethetők vissza.

Részben a sugárvédelmet is szolgálja mind a szakmai tevékenység, mind a berendezések minőségbiztosítása. A röntgenberendezések minőségbiztosítása terén a feladatok megoszlanak az orvosi fizikusok és a helybeli radiográfusok között. Míg a fizikusok a ritkábban végzendő, komolyabb eszközöket és különleges műszerezettséget igénylő méréseket végzik (pl.: dozimetria), a radiográfus feladatai a rutinszerű, sűrűbben végzendő ellenőrzések végrehajtása.

Fontos, hogy a diagnosztikai röntgenberendezések minél hosszabb ideig kifogástalanul üzemeljenek, és megfeleljenek annak a célnak, amelyre szolgálnak, vagyis megfelelő minőségű röntgenképeket szolgáltatassanak a páciensekről, emellett a lehető legkisebb mértékű sugárterhelést okozzák. Minden egyéb szempontból is, mint a villamos és mechanikai biztonság, megfelelően kell működniük. Évszázados és világméretű tapasztalat, hogy ezek a célok csak akkor valósíthatók meg, ha a röntgenberendezések műszaki paramétereit időszakosan mérésekkel ellenőrzik, a közbülső időszakokban pedig – ha a lehető legegyszerűbb módszerekkel is – ellenőrzik a teljesítőképesség állandóságát. A rendszeres ellenőrzés révén tervezhetőek a leállások, javítások és jóval gazdaságosabb a berendezés üzemeltetése. Kissé leegyszerűsítve ezeket a vizsgálatokat együttesen minőség-ellenőrzésnek (quality control = QC), az esetlegesen észlelt eltérések esetén végrehajtandó ún. helyesbítő intézkedésekkel és az adminisztrációval együtt a berendezések (fizikai-műszaki) minőségbiztosításnak (quality assurance = QA) szokás nevezni.

A diagnosztikai röntgenberendezések minőség-ellenőrzésének bevezetésében világviszonylatban Anglia járt az élen, ott ez a munka a 60-as években kezdődött. A tapasztalatok alapján a WHO 1982-ben ajánlásokat adott ki. Ma már egy ideje van hazánkban egyes röntgendiagnosztikai munkahelyeken folyamatosan működő minőségbiztosítás. Egyes intézetekben, kórházakban elkötelezett mérnök vagy röntgentechnikus végzi a berendezések rendszeres minőség-ellenőrzését, az orvos vezető támogatásával. Sok helyen pedig a garancia vagy az átalánydíjas szervizszerződés keretében a szervizelő cégek végeznek bizonyos minőség-ellenőrző vizsgálatokat a karbantartással összekapcsolva. A legtöbb gyártó a berendezések telepítésekor biztosítja mindazt a felszerelést, amely a saját eszközeik rutinszerű vizsgálatához szükséges. Erre mindenképpen érdemes gondolni és ennek tényéről meggyőződni a berendezések beszerzésekor. A rendszeres minőség-ellenőrzés általánosan integrális része a nagyobb szintű és kötelezően alkalmazandó minőségirányítási rendszereknek (pl.: ISO 9001 vagy a Magyar Egészségügyi Ellátási Standardok). A munkahelyek, a

röntgenhelyiségek és környezetük, sugárvédelmét üzembe helyezéskor és előírt időszakonként a sugárvédelemért felelős hatóság munkatársai ellenőrzik. 2015-ig a területileg illetékes Sugáregészségügyi Decentrumok, Kormányhivatalok, 2016-tól az Országos Atomenergia Hivatal ellenőrzései biztosítják, hogy a munkahelyek sugárvédelme megfelelő legyen. Ezeknek az ellenőrzéseknek tárgya az is, hogy a berendezések átvételi vizsgálatát előírják.

A 4/2009. EüM rendelet fogalmaz meg rendelkezéseket az orvostechikai eszközök időszakos felülvizsgálatára. E vizsgálatok hatálya alá tartozik a diagnosztikai röntgenberendezések ellenőrzése is. Ennek felügyeletéért az Országos Gyógyszerészeti- és Élelmezés-egészségügyi Intézet Orvostechikai Főosztálya felel, amely hangsúlyozottan mechanikai és villamos biztonsági célú vizsgálatok végzését írja elő. Mivel a biztonság magától értetődően összefügg a minőséggel, ezért néhány minőségi vonatkozást is belefoglaltak. Ennek a speciálisan magyar előírásnak a fő célja a műszaki felügyelet – karbantartás, minőség-ellenőrzés – nélkül üzemelő berendezések minimális biztonságának szavatolása.

Magyarország Európai Unió csatlakozása elengedhetetlenné tette, hogy a röntgenberendezések minőségbiztosítása terén is átvegyük a fejlettebb országokban kialakult gyakorlatot, amelyet az EU-ban jogilag is kötelezővé tettek. Az ezt honosító jogszabály Osr. (11. §) szerint:

11. § (1) Az ionizáló sugárzást létrehozó, vagy a képalkotáshoz szükségszerűen radioaktív izotópot felhasználó gyógyászati berendezések (a továbbiakban: berendezések) üzemeltetése során a berendezések nem megfelelő vagy hibás üzemelésének kiküszöbölése, a dózisek meghatározása és az alkalmazott aktivitások ellenőrzése érdekében az engedélyes köteles gondoskodni a berendezések napi, heti és havi minőségbiztosítási vizsgálatáról (a továbbiakban: minőségbiztosítási program).

(2) Az NNK a minőségbiztosítási program kialakításának támogatása érdekében módszertani útmutatót készít, amely tartalmazza a berendezések megfelelőségére vonatkozó feltételeket, amelyek alapján eldönthető, hogy mikor van szükség megfelelő korrekciós intézkedésekre, vagy a berendezés üzemén kívül helyezésére. A módszertani útmutatót az országos tisztifőorvos által üzemeltett honlapon közzé kell tenni.

(3) A berendezések üzemeltetésének sugáregészségügyi minőség-ellenőrző felügyeletét az NNK látja el.

(4) Az NNK a (3) bekezdés szerinti felügyelet keretében a (2) bekezdés szerinti útmutató alapján

a) a klinikai célú első használatbavétel előtt átvételi vizsgálatot és

b) az átvételi vizsgálatot követően rendszeres időközönként állapotvizsgálatot végez.

(5) Az engedélyes köteles a berendezéseken a klinikai célú első használatbavétel előtt átvételi vizsgálatot, később pedig évente - az 5. mellékletben meghatározott berendezések esetében 2 évente - állapotvizsgálatot végeztetni az NNK-val.

(6) Az engedélyes köteles a berendezésen állapotvizsgálatot végeztetni minden üzemképességet befolyásoló karbantartást követően.

(7) Ha az NNK a minőség-ellenőrző vizsgálat során megállapítja, hogy a berendezés az NNK módszertani útmutatójában rögzített feltételrendszer alapján alkalmatlan a rendeltetésszerű

használatra, hatósági intézkedés céljából értesíti az Országos Atomenergia Hivatalt és az egészségügyi államigazgatási szervet.

(8) Az NNK valamennyi, a (4) bekezdés szerinti vizsgálattal érintett berendezésről, azok működési jellemzőiről, valamint az átvételi és az állapotvizsgálati jegyzőkönyvekről nyilvántartást vezet.

Az Osr. a minőségbiztosítást általánosan kötelezővé téve kiterjeszti a röntgendiagnosztika egészére is. Itt tehát, mint látjuk, a röntgenberendezésekre háromszintű minőség-ellenőrzés van előírva. Az évenkénti vagy nagyobb karbantartást követő minőség-ellenőrzési vizsgálatot a nemzetközi szakirodalomban kialakult gyakorlat szerint röviden *állapotvizsgálat*nak, az engedélyesek által végzendő napi (heti, havi, negyedéves stb.) minőség-ellenőrzési vizsgálatokat pedig *állandósági vizsgálat*oknak is nevezik. A minőség-ellenőrző vizsgálatok e felosztását és elnevezéseit (átvételi vizsgálat = acceptance test = Abnahmeprüfung, állapotvizsgálat = status test = Zustandsprüfung, állandósági vizsgálat = constancy test = Konstanzprüfung) illetően lényegében nemzetközi és európai konszenzus áll fenn, bár akadnak országok, ahol eltérő a terminológia. Így például Nagy-Britanniában az állapot- és az állandósági vizsgálatokat együttesen „routine performance testing”-nek nevezik, és azon belül különböztetnek meg – a szükséges gyakoriság, felszerelés és szakértelem különbözősége szerint – két fokozatot. Németországban az állapotvizsgálatot is átvételi vizsgálatnak nevezik, és csak ötévenként kötelező elvégezteni, ugyanakkor az egészségügyi intézmény által végzendő állandósági vizsgálatok megkövetelt szintje és eszközigénye igen magas.

Világosan el kell különíteni az átvételi vizsgálatot az átadás-átvételi vizsgálattól. Az átadás-átvételi vizsgálat mind a biztonsági ellenőrzést, mind a minőség-ellenőrzést magába foglalja, és a felszerelő cég végzi a vevő jelenlétében. Elvben nem zárható ki, hogy ennek egyes eredményei az átvételi vizsgálat részeként is elfogadásra kerülhessenek.

Az üzembe helyezés alatt álló és a már üzembe helyezett röntgenberendezéseken kötelezően végzendő minőségi és biztonsági ellenőrző vizsgálatokat a következő táblázatban tekintjük át.

Vizsgálat fajtája	Jogszabályi előírás	Milyen berendezésekre kötelező	Vizsgálat jellege, Előírt gyakorisága	Felelős
Átvételi vizsgálat	Osr. 11. § (4) a), (5)	újonnan üzembe helyezett röntgen-berendezés	QA*: teljes állapotfelmérés. Használatbavétel előtt (egyszeri vizsgálat).	NNK SSFO**
Állapotvizsgálat	Osr. 11. § (4) b), (5); 13. § (3) d)	minden röntgen-berendezés	QA: teljes állapotfelmérés. Évente és nagyobb karbantartások után.	NNK SSFO / orvosi fizikus szakértő
Állandósági vizsgálat	Osr. 11. § (1)	minden röntgen-berendezés	QA: rutin ellenőrzés. Naponta, hetente, X havonta.	Engedélyes
Időszakos felülvizsgálat	4/2009. EüM rendelet, 27.§ és 13. melléklet	minden üzemelő röntgen-berendezés (kivéve a CT)	QA: elsődlegesen villamos és mechanikai biztonsági vizsgálat. Intervenció röntgen esetén évente, egyéb röntgen esetén 2 évente, és szerviz-beavatkozások után.	A kijelölt és az orvostechnikai hatóság erre feljogosító határozatával rendelkező szervezetek

*QA: quality assurance, minőségbiztosítás

**NNK SSFO: Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály

A fentiekben részletezett vizsgálatok a kézikönyv kiadásakor hatályban lévő jogszabályok alapján kerültek felsorolásra.

Az átvételi-állapot-állandósági vizsgálatok hármásától az egyes szereplők által végzett ellenőrzések eltérnek. A felsorolt vizsgálatoknak, mint a gyári minőség-ellenőrzésnek, az átadás-átvételkor végzett ellenőrzésnek, a munkahely sugárvédelmi ellenőrzésének, a karbantartók, szervizek által végzett ellenőrzéseknek, valamint az időszakos felülvizsgálatoknak megvan a maguk helye és szerepe a betegellátás biztonságát megteremtő rendszerben.

A gyártói minőségbiztosítás feladata, hogy a gyártó igazolhassa a termékei nemzetközi szabványoknak és előírásoknak való megfelelését.

A karbantartók és a szervizek szintén a saját érdekükben ellenőrzik a berendezést szigorúan a szűk funkcionalitásukat tekintve, melyek során általában csak egy adott szempont szerinti ellenőrzésre szorítkoznak. Ilyenre példa, ha az automatikus dózisszabályozó meghibásodik, javítják vagy cserélik, mert ekkor csak annak a funkciónak a működését ellenőrzik. Ezek az ellenőrzések nem foglalkoznak a dozimetriai kérdésekkel. Ez egyébként nem is kötelező, mert az európai és amerikai előírások és szabványok azt a szemléletet követik, hogy van egy szakképzett orvosi fizikus az egyes intézményeknél, aki majd a dozimetriai ellenőrzést elvégzi a berendezésen és visszajelzést ad, ha hibát észlel.

Az időszakos felülvizsgálatok szerepe abban állna a röntgenberendezések és egyéb ionizáló sugárzást kibocsátó vagy nukleáris képkalkotó berendezések esetén, hogy az egyes berendezéseket szigorúan orvostechnikai eszközként ellenőrizze és megvizsgálja, hogy

villamos érintésvédelmi és mechanikai biztonsági szempontból megfelelően üzemeltethetőek-e.

Az átvételi és állapotvizsgálatok szerepe nem csupán egy egyszerű, funkcionális vizsgálat, hanem a megfelelő műszaki jellemzők számszerűsítése és összevetése az általánosan elvárható minimumkövetelményekkel, amelyeket a nemzetközi szabványok, ajánlások közölnek (lásd: EU RP 162). Az átvételi és állapotvizsgálatok által a berendezésekre megadott gyártói specifikációknak és a szállítási szerződésben foglaltaknak való megfelelés is ellenőrizhető.

Statisztikailag bizonyított tény, hogy míg a minőség-ellenőrzést nem folytató röntgenosztályokon egy-egy röntgenfelvétel-típus páciensdózisa akár két nagyságrendnyi tartományt is átfoghat (természetesen a túl kis dózissal készült felvétel is haszontalan diagnosztikai szempontból, tehát fölösleges sugárterhelést nemcsak a túlexpozíció okozhat), a felvételi selejt mértéke akár a 17 %-ot is elérheti. Ott, ahol bevezették a minőségbiztosítást, a dózistartományok 3-5-szörös átfogására szűkültek, a felvételi selejt pedig 5 % alá csökkent. Az utóbbi eredményt aligha lehet túlbecsülni. Nemcsak páciensdózisban, és ezzel együtt a személyzet sugárterhelésében jelent megtakarítást, hanem filmes radiográfia esetén film- és vegyszerfogyasztásban és így a környezetterhelés tekintetében is, valamint munkaidőben egyaránt. Az EU konszenzus-dokumentuma által elfogadott minimumkövetelményeknek (lásd: EU RP 162) való megfelelés ellenőrzése a QC-vizsgálatok során objektív alapot képez a berendezések selejtezéséhez, cseréjük tervezéséhez. Így tehát a minőségbiztosítási rendszerek bevezetésére kezdetben ráfordítandó többletmunka és a tevékenység költsége a későbbiekben sokszorosán megtérül, mind dózis-, mind költség-, mind munkaidő-megtakarításban. Persze ahhoz, hogy ez valóban érvényesülhessen, a személyzet, de elsősorban a döntéshozók, kórházigazgatók és egészségügyi vezetők meggyőzésére van szükség.

Egyes új röntgenberendezéseken az NNK SSFO (korábban: OKI-KI-SSFO, OKK-OSSKI, OSSKI) által elvégzendő átvételi vizsgálatokat az akkreditált Sugáregészségügyi Vizsgáló Laboratórium 2002 májusa óta folyamatosan végrehajtja. A vizsgálatokhoz kalibrált, illetve hitelesített mérőeszközöket használ, a legfrissebb nemzetközi szabványokat és ajánlásokat alkalmazza, gyártóktól és szervizektől független szervezetként, megfelelően képzett szakemberekkel. A laboratórium folyamatosan fejleszti módszereit és eszközeit.

Átvételi vizsgálatot végezni csak új röntgenberendezések első üzembe helyezése előtt lehet és kell. A már üzemelő vagy használtként újra üzembe helyezett berendezések első állapotfelmérése nem nevezhető átvételi, csak állapotvizsgálatnak. Természetesen minőségbiztosítási programot a már üzemelő berendezésekre is működtetni kell.

Az évenként megismétlendő, illetve nagyobb karbantartások után végzendő ún. állapotvizsgálatok során alapvetően az átvételi vizsgálat vagy az első állapotvizsgálat alkalmával mért paramétereket kell újra megmérni és az eredeti értékekkel összehasonlítani. Az állapotvizsgálat tehát az elvégzendő mérések szempontjából lényegében azonos az átvételi vizsgálattal, bár bizonyos egyszerűsítések lehetségesek, például elhagyható a fókuszméret meghatározása vagy a kazetta/detektortartó és a rács sugárgyengítésének a vizsgálata, mert az előbbi bonyolult és eszközigenyes, nem ad részletes felvilágosítást olyan eredményekről, amely más vizsgálatokból ne derülhetne ki, az utóbbi bizonyosan változatlan marad. Állapotvizsgálatot kell végezteni a berendezéseken akkor is, hogyha azok az *üzemképességet befolyásoló karbantartáson* esnek át. Ezt az Osr. úgy definiálja, hogy minden olyan javítása vagy módosítása a berendezésnek, amely a villamosenergia-ellátó rendszert, a sugárforrás-

egységet, a sugárhatároló eszközöket vagy a képképző rendszert érinti és befolyásolja a dozimetriai jellemzőket, akkor üzemképességet befolyásoló karbantartásnak minősül. Jelen kézikönyvben a továbbiakban az állapotvizsgálatokat az NNK/orvosi fizikusok által végzendő vizsgálatokkal azonosítjuk.

A röntgenberendezések technikai minőség-ellenőrző vizsgálatainak harmadik szintje az engedélyesek által végzendő ún. állandósági vizsgálatok. Ezek legtöbbször nem is nevezhetőek „mérésnek”, hanem nagyobb beruházást nem igénylő, egyszerűbb eszközökkel elvégezhető ellenőrzésekről van szó. Ezek annak igazolására szolgálnak, hogy a berendezés működése a legutóbbi vizsgálat óta nem változott meg jelentősen, azaz olyan mértékben, hogy az orvosi fizikusok vagy szakszerviz segítségét kelljen kérni. Ezek az egyszerű, de sűrűn, egyes esetekben naponta végzendő ellenőrzések a helyi személyzet feladatát képezik, ez a radiológiai asszisztenseket, radiográfusokat és operátorokat jelenti, akiket a továbbiakban összefoglalóan radiográfusnak nevezünk.

Az egyes vizsgálatok leírásában sokszor szerepel a beavatkozási szint (angolul: remedial level) és a felfüggesztési szint (angolul: suspension level) fogalma. A beavatkozási szint olyan mértékű eltérést jelent az elvárt (ún. alap-)értékektől, amely már indokolja, hogy hozzáértő szakemberrel az eltérést kiigazítsák, de még nem teszi szükségessé a berendezéssel való munka azonnali felfüggesztését. A felfüggesztési szint a már mindenképpen elfogadhatatlan mértékű eltérést jelenti, amely esetén a berendezés használatát azonnal fel kell függeszteni, mindaddig, amíg a megfelelő szakember a javítást, illetve beállítást el nem végzi.

Ugyanezeknek a határértékeknek egy másik megközelítése is létezik, amely a felfüggesztési szintet meg nem haladó eltérést *elfogadható* értéknek, a beavatkozási szintet meg nem haladó mértékű eltérést *elérhető* értéknek nevezi.

A szakemberek által végzett beavatkozásokat követően újra, közvetlenül a használatba vétel előtt, el kell végezni az állandósági vizsgálatot. Amennyiben a paraméter értéke a javítás, illetve beállítás után is a felfüggesztési szintet meghaladó eltérést mutat, meg kell fontolni a berendezés selejtezését vagy bizonyos esetekben a további intézkedésekig a korlátozott használatát. Erre vonatkozóan ki kell kérni az orvosi fizikus (szakértő) tanácsát. Valamennyi vizsgálat eredményét visszakereshetően dokumentálni kell a későbbi összehasonlíthatóság céljából.

A továbbiakban először a radiográfusok által végzendő technikai minőség-ellenőrzési feladatokat tekintjük át, majd részletesen leírjuk őket. Az átvételi és állapotvizsgálatok során végzendő méréseket külön fejezetben írjuk le.

3.2. Az engedélyesek által végzendő mérések – állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken

Az alábbiakban leírtak az ún. állandósági vizsgálatokat ölelik fel. Ezek egyszerűek, nagyon alacsony eszközigényük van és nem vesz igénybe sok időt a kivitelezésük. A legtöbb munkahelyen a berendezések gyártói által biztosított eszközökkel lehetőség van a mérések elvégzésére, így további eszközök beszerzése sem feltétlenül szükséges vagy indokolt.

Jelentőségük általánosan abban áll, hogy segítségükkel nyomon követhetőek röntgenberendezések állapotában bekövetkező változások, teljesítőképességük és működőképességük állandósága. A radiológiai osztályokon működő eszközök általában a legdrágább orvostechikai berendezések, beszerzésük és fenntartásuk jelentős anyagi megterhelés a kórházak számára.

Tehát az üzemeltető, a személyzet és közvetlenül a páciensek érdeke is, hogy a radiológiai eszközök a legmagasabb színvonalon üzemeljenek, és így tényleg megvalósulhasson, hogy az ésszerűen elérhető legalacsonyabb sugárterheléssel járjanak a velük végzett eljárások.

Az alábbiakban leírt állandósági vizsgálatok során keletkezett felvételeket és képanyagot érdemes valamilyen egységes azonosítóval ellátni és hosszabb ideig tárolni.

3.2.1. A röntgenberendezések általános ellenőrzései

Az alábbiakban olyan szempontokat sorolunk fel, amelyek általánosak az egyes radiológiai eszközök esetén. Ezek a jó gyakorlat részeként, mint rendszeres ellenőrzések, általánosan is segítenek fenntartani egyfajta tudatosságot és törekvést a magasabb színvonalú betegellátás biztosítására és segítenek jobb szervezeti és biztonsági kultúrát kialakítani.

3.2.1.1. Szemrevételezéses és mechanikai vizsgálatok

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szemrevételezéses és mechanikai vizsgálatok célja, hogy a végrehajtásuk során kiderüljön az olyan körülmények fennállása, amelyek a személyzet vagy a páciens sugárvédelmét vagy általánosabban a biztonságát – ha kisebb mértékben is – de befolyásolják. Így lehetőség van felmérni, hogy a képalkotáshoz szükséges körülmények megfelelőek-e.

Az ellenőrzött tételek többsége alapvető fontosságú a páciensbiztonság szempontjából. Szükséges lehet a listát további ellenőrzésekkel kiegészíteni az adott berendezésre és/vagy eljárásra vonatkozóan, például, ha a gyártónak vannak erre vonatkozó ajánlásai. A havi ellenőrzési listába ezeket is fel kell venni és a kiértékelések során ellenőrizni.

A vizsgálatokat célszerű a munkanap vagy műszak kezdetén elvégezni.

b) Forrásdokumentumok

Institute of Physicists and Engineers in Medicine. Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, Report 91. York: Institute of Physicists and Engineers in Medicine.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Szobahőmérő (célszerűen a helyiség falára függesztve).

Ellenőrzési lista.

A vizsgálatok végrehajtása és dokumentálása nem vesz több időt igénybe 5 percnél

d) Vizsgálatok gyakorisága

Naponta, egyes tételek ritkábban.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Ellenőrizzük a berendezés gépnaplóját, hogy van-e feljegyezve meghibásodás, illetve van-e előjegyezve szervizelés, karbantartás.
2. Ellenőrizzük a minőség-ellenőrzési dokumentációt, hogy az aktuális minőség-ellenőrző vizsgálatok el lettek-e végezve és eredményük megfelelő volt-e.
3. Ellenőrizzük, hogy az előző műszakban szolgálatban lévő radiográfus vagy operátor változtatott-e az alapbeállításokon.
4. Mérjük meg a helyiség hőmérsékletét.
5. Szemrevételezéssel ellenőrizzük a berendezés mozgó részeit.
6. Ellenőrizzük, hogy az asztalon, támaszokon, kompressziós lemezeken, arcvédő lemezen és egyéb burkolatokon nincsenek repedések.
7. Ellenőrizzük a páciénstartó (asztal, Bucky stb.) tisztaságát.
8. Ellenőrizzük, hogy az összes hozzáférhető kábel és gégecső mentes a törésektől, hullámosságtól és csomóktól. A kábelek és gégecsövek nem lehetnek nagysúlyú egységek alatt és nem akadályozhatják vagy veszélyeztethetik a mozgást a helyiségben.
9. Ellenőrizzük, hogy a dőlésszög és távolságmérők kijelzése helyesen működik (ahol alkalmazható).
10. Ellenőrizzük, hogy a vezérlőpult kapcsolói, jelzőlámpái és kijelzői működnek és sérülésmentesek, illetve, hogy címkéik, felirataik épek-e.
11. Ellenőrizzük, hogy a fénymezőkijelzés és lézerjelölő működik és jól látható (ahol alkalmazható).
12. Ellenőrizzük, hogy a megfelelő expozíciós táblázat rendelkezésre áll (ahol alkalmazható).
13. Digitális munkahely esetén: ellenőrizzük a leletező munkaállomáson a napi első felvétel elkészítése után, hogy a szükséges információk helyesen jelennek meg.
14. Filmes munkahely esetén: ellenőrizzük, hogy a szükséges információk valóban megjelennek a filmen.
15. Ellenőrizzük, hogy az ajánlott tisztító- vagy fertőtlenítőszer a berendezés tisztításához rendelkezésre áll.
16. Ellenőrizzünk minden egyéb működést, amelyet a gyártó rendszeresen javasol.
17. Vizsgáljuk meg, hogy a sugárveszélyre figyelmeztető feliratok és jelzések a megfelelő helyeken láthatóak-e.
18. Ellenőrizzük a sugárvédő eszközök meglétét és épségét (például: ólomakril lemezek, vérték, esetleg gonádvédő, ólomgumi köpeny).

Megjegyzés: A védőfelszerelések nem tekinthetők a berendezés részének, ennek ellenére használatuk elengedhetetlen. Az állapotuk vizsgálata meglehetősen egyszerű. Elsősorban szemrevételezéssel lehet ellenőrzést végezni, azaz egyszerűen meg kell figyelni, hogy a köpenyeken, pajzsmirigyvédőkön, gonádvédőkön láthatóak-e repedések. Ezek leggyakrabban akkor fordulnak elő, ha összehajtva tárolják és nem megfelelően függesztik a köpenyeket, ilyenkor azoknak az ólomgumi betétje megtörhet a hajtás mentén. A szövet vagy műanyagburkolat sérülése is utalhat a köpeny sérüléseire. A szemrevételezés után a köpenyt végigtapogatva, fogasról lógatva és megrázva meg lehet állapítani, ha az ólomgumi betét sérült,

töredezett, mert ekkor a sérült darabok elmozdulnak, a burkolatán kirajzolódnak a sérülések. A további, védelmet biztosító eszközöknél szintén eljárhatunk hasonló szemrevételezéses vizsgálattal. Ezek azonban nem helyettesítik a megfelelő körülmények között végzett ellenőrzést. Amennyiben felvételezésre vagy átvilágításra van a munkahelynek lehetősége, akkor egy sokkal inkább alkalmas ellenőrzés lehet, ha a védőköpenyt egyszerűen megvizsgáljuk a röntgenberendezésen. Az asztalra lefektetve a köpenyt, a képreceptorhoz minél közelebb, nagy fókusz-detektor távolsággal végezhető felvételezés vagy átvilágítás – értelemszerűen a megfelelő védőfelszerelés viselete közben. Az expozíciós paraméterek manuális megválasztásakor alacsonyabb csőfeszültség és csőáram kombinációk, rövid felvételi idők is elégségesek, mert e vizsgálat célja nem a köpeny homogenitásának az ellenőrzése, hanem egyszerűen az anyag folytonosságának az igazolása. Sérült védőfelszereléssel nem végezhető sugárveszélyes munka!

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az adatlapon jegyezzük fel az eltéréseket.

g) Elfogadási kritériumok

1. A helyiség hőmérsékletének a röntgenberendezés működésének és a páciensek vizsgálatához megfelelő hőmérsékletűnek kell lennie.
2. Valamennyi mechanikai és elektromos kezelőszervnek, valamint paraméternek kielégítő állapotúnak kell lennie.
3. A megfelelő azonosító adatoknak helyesen kell megjelennie a leletező munkaállomáson vagy a filmen.

h) Helyesbítő intézkedések

1. Ha a helyiség hőmérséklete nem megfelelő, a légkondicionáló berendezést be kell állítani, illetve ha szükséges, annak szervizével kell beállíttatni vagy gondoskodni a megfelelő fűtő- és hűtőberendezés üzembe helyezéséről, beállításáról. A tartósan magas vagy alacsony hőmérsékleten üzemeltetett röntgenberendezés várható élettartama rövidebb.
2. Ha a helyiségből valamely szükséges egység hiányzik, intézkedni kell annak pótlásáról.
3. Ha bármely ellenőrzött tételnél azt találjuk, hogy az veszélyes, üzemképtelen vagy nem megfelelően működik, addig nem szabad vizsgálatokat végezni a pácienseken, amíg a hiba elhárítását el nem végzik. A hibásan működő elemeket azonnal jelenteni kell a szerviznek és gondoskodni arról, hogy azt javítsák vagy cseréljék.
4. Gondoskodni kell róla, hogy a hibásan megjelenő adatok, mint az intézmény megnevezése, a dátum és időpont, illetve egyéb azonosítók helyesen jelenjenek meg. Amennyiben nem így lenne, akkor a páciensek vizsgálatát fel kell függeszteni addig, amíg nem korrigálják ezt a hibát.

3.2.2. Rontott-felvétel elemzés

A munkavégzés során hibák keletkeznek, amelyeknek okai sokrétűek lehetnek. A képalkotó diagnosztikában is előfordul, hogy egy-egy felvételt ismételni kell. E hibák megfigyelésével és elemzésével lehetőség van arra, hogy azokat elkerüljük vagy kisebb eséllyel ismételjük meg.

A korábban elterjedt film-fóliás képalkotó rendszereknél a felvételek ismétlése egy bonyolultabb folyamat volt. A digitális technika előnye és egyben hátránya is e tekintetben, hogy az elrontott felvételek ismétlése gombnyomásra történhet. Nagyon könnyű megfeledkezni arról, hogy az ismétlések okait alaposabban megvizsgáljuk. A

röntgenvizsgálatok sugárterheléssel is járnak, így elengedhetetlen, hogy ne csak ismételjük a felvételeket, hanem igyekezzünk a hibákat kiküszöbölni, tanulni azokból.

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az útmutató e szakaszában arra adunk javaslatokat hogyan lehetséges tanulni a hibákból, javítani a gyakorlaton és így végső soron emelni a betegellátás színvonalát.

b) Forrásdokumentumok

Ongoing quality control in digital radiography: Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 151, Med. Phys. 42 (11), November 2015.
<http://dx.doi.org/10.1118/1.4932623>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Megfelelően előkészített adatlap a hibák feljegyzésére.

Az adatlap kitöltése alkalmanként kevesebb, mint 1 perc, elemzése negyedévente kb. 60 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Negyedévente.

e) A vizsgálati eljárás leírása

Amennyiben hiba történik egy felvétel készítése során és erre fény derül, jegyezzük fel az alábbi adatokat:

1. A hiba oka, mely lehet:

- Pozicionálás (oldalválasztás, rossz anatómia, rossz beállítás, helytelen jelölés)
- Expozíciós hiba (alul- vagy túlexpozíció)
- Rácshiba (rossz fókusztávolság, nincs rác, csíkozottság)
- Műszaki hiba (a képalkotó rendszer hibája)
- Műtermék (detektorhiba, idegentest: óra, ékszer, kontrasztanyag, a képalkotó miatt)
- Elmozdulás a felvétel során
- Személyi mulasztás (véletlen hiba, pl.: törlés, fényt kap a film stb.)
- Egyéb, máshova nem sorolható hiba

Megjegyzés: Elképzelhető, hogy a napi vizsgálatok kivitelezése során nincs mód a hibák azonnali elemzésére. Ekkor tegyük félre a felvételt a későbbi elemzésre és a hiba okának felderítésére.

2. A hibák észlelése esetén rögzítsük az elrontott felvételek azonosítóit! Ezeket is meg kell őrizni legalább úgy, hogy nem továbbítjuk a PACS részére, de a munkaállomáson elérhetőnek kell lenniük.

3. A digitális felvételeknél kényelmesen megoldható a felvételi paraméterek rögzítése. Amennyiben nem biztosít módot az adott modalitás arra, hogy ezeket könnyen előkeressük, akkor már a hiba keletkezésekor jegyezzük le ezeket is.

4. Az ismétlés mellett döntő személy nevét is rögzítsük.

- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
1. Megbízható adatok alapján (HIS rendszer, filmkészlet stb.) határozzuk meg, hogy mennyi volt az összes, az adott negyedévben elkészített felvétel.
 2. A minőség-ellenőrzés céljából vagy egyébként nem pácienseken végzett felvételek számát vonjuk ki az összes felvétel számából.
 3. Az elrontott felvételek okát derítsük fel és beszéljük meg, elemezzük!
 4. Az elrontott és az összes felvétel számának hányadosát képezve határozzuk meg, hogy milyen arányúak a rontott felvételek.

g) Elfogadási kritériumok

Az alábbi ajánlások alkalmazhatóak a rontott felvételek esetén:

- Elérhető érték: < 3%.
- Elfogadható érték: < 5%.

h) Helyesbítő intézkedések

A felvételek ismétlésének okait elemezve azonosítható, hogy milyen körülmények vezetnek az ismétléshez. Sok esetben a képalkotó rendszer hibái nem azonosíthatóak egyértelműen, azokat fantomokról készült felvételekkel könnyebb felderíteni. Más hibák kiküszöbölésére a rendszeresen tartott megbeszélések, oktatások és továbbképzések nyújthatnak megoldást. Egyes esetekben a túlterheltség vezet ahhoz, hogy hibát követ el az ember, ezért az esetlegesen ebből fakadó hibák feltárásakor meg kell fontolni a munkaterhelést és meghozni a megfelelő szervezeti intézkedéseket.

A rontott-felvétel arány a minőség-ellenőrzési program folyamatos értékelésének egy általános jelzőszáma.

Megjegyzés: A nagyon alacsony (<< 1%) nem-megfelelőségi arány gyakran azt jelzi, hogy olyan felvételeket is elfogadnak, amelyeket inkább meg kellett volna ismételni, tehát nem feltétlenül a jó gyakorlat bizonyítéka. A digitális berendezéseknél a rendszeresen túlexponált felvételeket a képalkotó rendszer a képfeldolgozás során képes kompenzálni, így előfordulhat, hogy emiatt rendkívül alacsony a rontott felvételek aránya.

3.2.3. Röntgenberendezések üzemnaplója („gépnapló”)

A röntgenberendezések nagyértékű eszközök, általában beszerzésük és fenntartásuk az orvostechikai eszközökkel vagy más költségekkel összevetve egy-egy radiológiai osztály, kórház vagy más egészségügyi intézmény költségvetésének számottevő hányadát kiteszik. Ezeknek a szigorú műszaki felügyelete nemcsak az európai szabályozásból (2013/59/Euratom direktíva 60. cikk (1) bek.) fakadó követelmény, de a felhasználók igénye is kell, hogy legyen. A minőségirányítási rendszerekben a berendezés állapotának nyomon követésére az egyik kulcsfontosságú elem egyfajta üzemnapló, amelyre úgy is tekinthetünk, mint egy gépjármű szervizkönyvére.

E napló szerepe abban áll, hogy segítségével gyorsan és megbízhatóan lehet ellenőrizni, hogy a berendezéseken milyen módosításokat, javításokat végeztek, illetve tájékoztatást ad arról, hogy megfelelő üzemi paraméterekkel működött-e egy adott időszakban, észleltek-e hibát. Ennek segítségével könnyebb felderíteni, hogy ha például a képminőség romlott, akkor az

köthető-e egy javításhoz vagy fődarab cseréjéhez. A bejegyzéseket minden alkalommal dátummal kell ellátni és a bejegyzést végző által érvényesíteni. Ezt a fajta dokumentációt itt „gépnapló”-nak nevezzük és az alábbi adatokat javasoljuk rögzíteni benne.

Gépnaplóban rögzítendő adatok

- a berendezés üzemeltetéséhez kapcsolódó jegyzőkönyvek (vagy másolataik):
 - a berendezés üzembe helyezésekor mért jellemzőket közlő jegyzőkönyv adatai (átvételi vizsgálat jegyzőkönyve és átadás-átvételi jegyzőkönyv),
 - a berendezés állapotáról felvett jegyzőkönyvek (állapotvizsgálati jegyzőkönyvek),
 - a radiográfusok (személyzet) által végzett állandósági vizsgálatok jegyzőkönyvei,
 - a hatósági ellenőrzések jegyzőkönyvei,
 - a helyiség sugárvédelmi méréseinek jegyzőkönyvei,
 - az időszakos felülvizsgálatok jegyzőkönyvei,
- a szerviz által végzett javítások, módosítások, fődarab-cserék,
- karbantartások,
- a berendezés szoftverfrissítései,
- a berendezés működését esetleg befolyásoló, a környezetből adódó tényezők, mint például „meghibásodott a klímaberendezés”, „beázott a helyiség” stb.,
- a rendszeres minőség-ellenőrző vizsgálatok során feltárt hiányosságok bejegyzése.

A gépnapló vezetése tehát integrált része kell legyen a minőségirányítási rendszernek. Annak vezetésével megbízhatják a helyi radiográfus vezetőt, vagy szervezési okokból ezt vezetheti a röntgenberendezésnek otthont adó létesítmény műszaki osztálya egyaránt. A gépnaplónak ebben az esetben is a gép mellett érdemes rendelkezésre állnia, elérhetőnek lennie.

3.2.4. Megjelenítők

3.2.4.1. Vizsgálóábra értékelése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

E vizsgálat több szempontból segít megítélni a kijelzők állapotát. Magába foglalja a lelevezőmonitor geometriai torzításának ellenőrzését (csak CRT monitorok esetén szükséges), a kontrasztfelbontás, a térbeli felbontás, a műtermékek, a kép zajossága és a pixelhibák szemrevételezéssel történő vizsgálatát.

b) Forrásdokumentumok

Assessment of display performance for medical imaging systems, “Executive summary of AAPM TG18 report” in Medical Physics, 32, 1205-1225 (2005)
<http://dx.doi.org/10.1118/1.1861159>

Japan Industries Association of Radiological Systems Standards (JESRA X-0093*A-2010) - English version - Quality Assurance (QA) Guidelines for Medical Imaging Display Systems

B. Madsack, M. Walz, G. Weisser. Abnahme und Konstanzprüfung an Bildwiedergabsystemen – was ändert sich mit der neuen DIN V 6868-157 2014, Radiopraxis, DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1390974>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

AAPM TG18QC vizsgálóábra, vonalzó, nagyító.

A vizsgálat megközelítőleg 5 percet vesz igénybe munkaállomásonként.

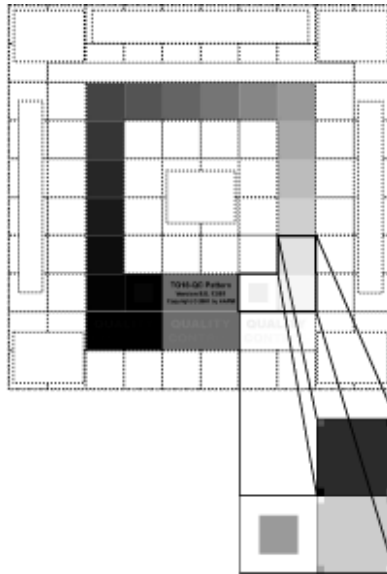
*Megjegyzés: A vizsgálóábra ingyenesen letölthető az internetről, az EUREF honlapjáról:
<http://euref.org/downloads/software-physico-technical-protocol/monitor-qc-test-patterns>*

d) Vizsgálatok gyakorisága

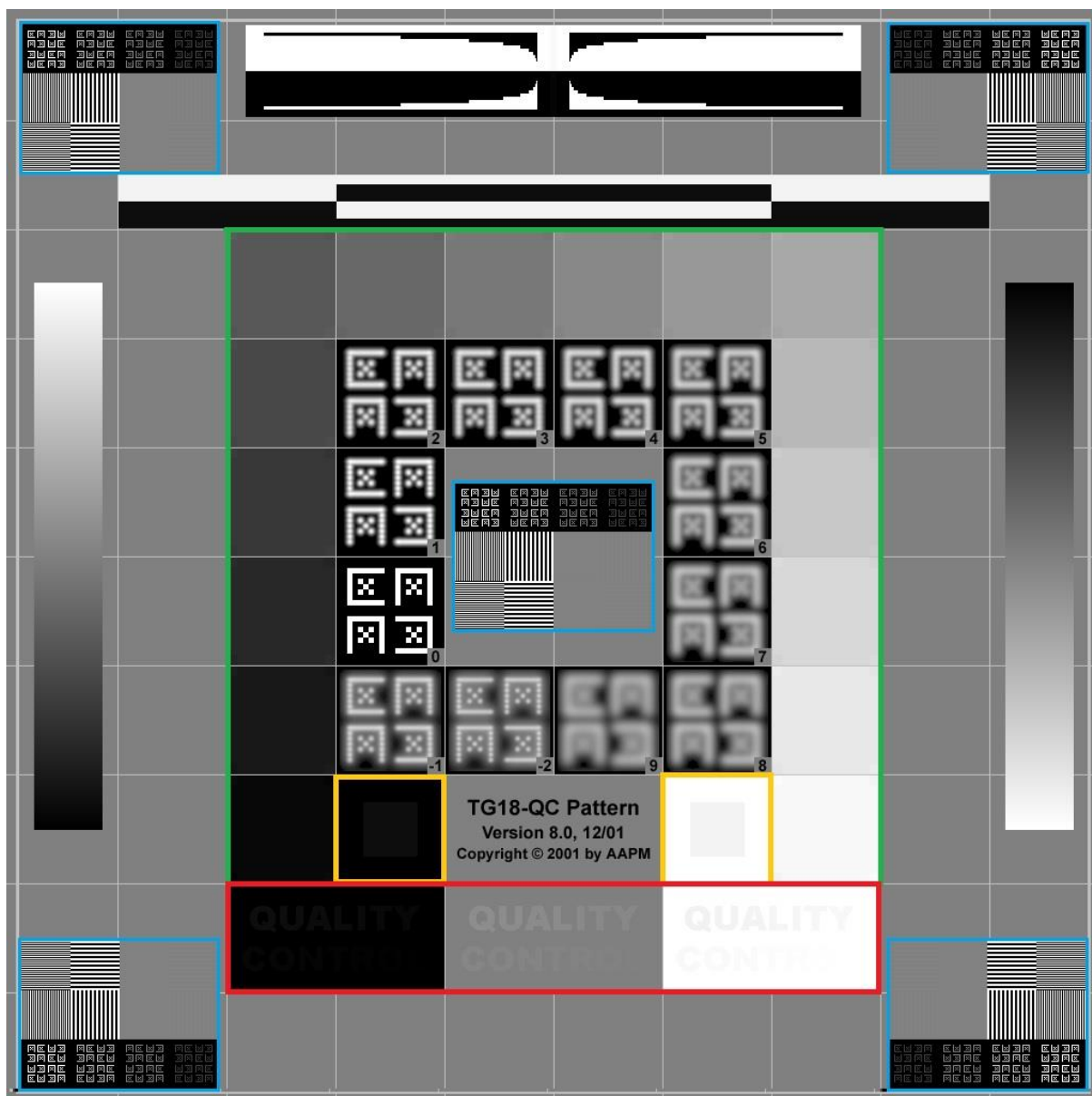
Naponta.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Jelenítsük meg az AAPM TG18-QC vizsgálóábrát a vizsgálni kívánt monitoron.
2. Értékeljük az ábrát kb. 30 cm távolságból ügyelve, hogy a nagyításon ne változtassunk.



3.2.4.1a ábra: A TG18QC vizsgálóábra alacsonykontrasztú részleteit szemléltető illusztráció



3.2.4.1b ábra: A TG18QC vizsgálóábra és annak különböző részletei

Térbeli felbontás vizsgálata

3. Határozzuk meg, hogy a 3.2.4.1b ábra kék színel keretezett részein, annak sarkain és közepén minden csoportban jól elkülöníthetően látszanak-e a felbontásvizsgáló részletei.

Alacsony kontraszt láthatóság vizsgálata

4. Határozzuk meg, hogy a 3.2.4.1b ábra zöld kerettel jelzett területén, a fejjel lefelé „U” alakban elhelyezett kontrasztlépcsők sarkaiban minden négyzet látszik-e! E 16 négyzetben összesen 64 kontrasztrészlet található. A monitor megjelenítőképessége függvényében a látható részletek mennyisége változhat, ezért jegyezzük fel, hogy hány darabot tudunk egyértelműen megkülönböztetni a háttérükben.
5. Ellenőrizzük, hogy a 3.2.4.1b ábrán sárga színel keretezett területek közepén láthatóak-e a négyzetek.

6. A piros keretekkel jelölt területen található „QUALITY CONTROL” felirat betűinek láthatóságát vizsgáljuk meg. Számoljuk meg, hogy hány darab betű látható.

Geometriai torzítás (csak CRT esetén) vizsgálata

7. Határozzuk meg vonalzó segítségével, hogy a 3.2.4.1b ábra szélein és közepén található négyzetek oldalhosszúsága azonos-e függőlegesen és vízszintesen egyaránt.

Műtermékek vizsgálata

8. Az ábrát szemrevételezzük és ellenőrizzük, hogy nem figyelhető-e meg:

- foltok, amelyek egyenetlen fénysűrűsége utalnak,
- szemmel érzékelhető vibrálás, a fénysűrűség ütemes változása,
- a színek eltorzulása, különböző színes árnyalatok,
- olyan pixelek, amelyek sötétek maradnak.

- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A vizsgálatot egyszerű szemrevételezéssel kell végezni, azonban az eredmények számszerűsítése megvalósítható az ábrán elhelyezett részletekből látható mennyiség megszámlálásával. Ez a ritka vizsgálati gyakoriság miatt ajánlott, de nem elengedhetetlen.

Térbeli felbontás vizsgálata

1. A felbontás vizsgálatakor minden részletnek az átvételi vizsgálattal azonos láthatóságúnak kell lennie.

Alacsony kontraszt láthatóság vizsgálata

2. A zöld kerettel jelzett területen található négyzetek sarkaiban azonos számú részletnek kell elkülöníthetőnek lennie.
3. A sárga kerettel jelzett területen található négyzetek közepén megkülönböztethetőnek kell lennie a kisebb négyzeteknek.
4. A piros keretekkel jelölt területen található „QUALITY CONTROL” felirat betűi közül ugyanannyit kell tudni megkülönböztetni, mint az átvételi vizsgálat során.

Az eltéréseket minden esetben le kell jegyezni.

- g) Elfogadási kritériumok

Geometriai torzítás (csak CRT esetén) vizsgálata

A monitoron nem szabad geometriai torzításnak fellépnie.

Műtermékek vizsgálata

A kijelző vizsgálata során megfigyelt ábrának műtermékektől mentesnek kell lennie.

- Nem jelenhetnek meg foltok,
- a kép nem vibrálhat,
- nem jelenhetnek meg különböző színes árnyalatok,
- sötét pixelek (holt pixelek) megjelenhetnek, azonban ezek nem alkothatnak csoportot.

- h) Helyesbítő intézkedések

A monitor ábra segítségével megfigyelhető megjelenítőképessége romlása esetén mindenképpen érdemes azt újrakalibráltatni, a hiba jellegétől függően kérni a javíttatását.

Megjegyzés: Bár kevés számszerűsíthető eredmény társítható e vizsgálathoz, a napi egyszeri ellenőrzéssel megfigyelhetőek a trendszerű változások, a kijelző öregedésének jelei.

3.2.5. Csontdenzitométerek

A csontdenzitométerek egyszerű fizikai működési elvük ellenére komoly minőségügyi felügyeletet igényelnek. Annak érdekében, hogy a berendezések megfelelő diagnosztikai eredményeket szolgáltatassanak, szinte minden gyártó biztosít az eszközei mellé minőség-ellenőrző fantomokat. Ez leggyakrabban egy gerincfantom, amellyel napi ellenőrzést javasolnak végezni. Jelen útmutató szintén támogatja ezt, vagyis elengedhetetlen naponta legalább egy ellenőrzést végezni a páciensek vizsgálatának megkezdése előtt.

A legtöbb berendezés rendelkezik ún. QC-adatbázissal és automatikus kiértékelő szoftverrel a fantomról készült vizsgálat eredményeinek meghatározására, tárolására, megjelenítésére és a trendek elemzésére. A fantomon végzett napi ellenőrzésen felül egyes gyártók további rendszeres vizsgálatokat írnak elő (pl.: radiográfiai egyenletesség – fantom nélkül végzett homogenitás-ellenőrzés, femur fantommal végzett egyszeri vizsgálat hetente). A csontdenzitométer gyártója előírásai szerint végezzük rendszeresen az állandósági vizsgálatokat.

Fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy a csontdenzitométert vezérlő és kiértékelő szoftver alapvetően meghatározza a vizsgálati eredményeket. Az orvostudományi célú kutatásokban résztvevő csontdenzitométereken ezért általában nem engedélyezik a szoftver verziójának módosítását a kutatás során.

Az engedélyes felelőssége (Osr. 10. § (2)), hogy gondoskodjon a minőségbiztosítási feladatairól. E felelősség tehát csontdenzitométerek esetén is kiterjed arra, hogy a személyzet végezze rendszeresen a röntgenberendezések szemrevételezéses és mechanikai ellenőrzését (3.2.1), a rontott-felvétel elemzést (3.2.2) és rendszeresen vezesse az üzemnaplót (3.2.3).

3.2.6. Intraorális fogászati röntgenberendezések

Az intraorális fogászati röntgenberendezések viszonylag egyszerűek, egyetlen célfeladat ellátására szolgálnak. Éppen a kevés beállítási és hibalehetőség miatt jelenleg nem ajánlható olyan gazdaságos eszköz, amelynek segítségével napi vagy heti szinten elvégezhető a berendezés képminőségének és más minőségi jellemzőjének objektív ellenőrzése.

Az előbbi természetesen nem mentesíti az engedélyest a felelősség alól (Osr. 10. § (2)), hogy gondoskodjon a minőségbiztosítási feladatairól. E felelősség az intraorális röntgenberendezések esetén kiterjed arra, hogy a személyzet végezze rendszeresen a röntgenberendezések szemrevételezéses és mechanikai ellenőrzését (3.2.1), a rontott-felvétel elemzést (3.2.2) és rendszeresen vezesse az üzemnaplót (3.2.3).

3.2.7. Fogászati panoráma röntgenberendezések

A fogászati panoráma röntgenberendezések állandósági vizsgálatait illetően szintén ugyanaz mondható el, mint az intraorális röntgenberendezések esetén, vagyis jelenleg nem áll rendelkezésre olyan gazdaságosan beszerezhető eszközkészlet, amellyel elvégezhető a berendezés állandósági vizsgálata.

A panoráma röntgenberendezések képalkotása során egyes hibák könnyen észlelhetők, felderíthetők. Ilyenek a mechanikai jellegű problémák, ha a röntgencső tartószerkezete a körülfordulás során megszorul vagy akad. Ez azonnal látható a páciensek felvételeiből. Az ilyen jellegű meghibásodásokat a rontott-felvétel elemzéshez fel kell jegyezni. A rontott-felvétel elemzésen (3.2.2) felül természetesen el kell végezni ezeken a berendezéseken is a szemrevételezéses és mechanikai ellenőrzést (3.2.1) a megfelelő gyakorisággal, illetve a gépnaplót (3.2.3) is vezetni kell.

3.2.8. Kúpsugaras (cone-beam) fogászati CT berendezések

A legtöbb kúpsugaras, fogászati számítógépes rétegfelvétel-készítő röntgenberendezés (CBCT) esetén a berendezés gyártója biztosít fantomot a berendezések állandósági vizsgálataihoz. Az adott gyártmány és típus pontos megadása nélkül nincs mód további tájékoztatást adni a szükséges vizsgálatokról, azonban a gyártóknak kötelező magyar nyelvű felhasználói útmutatót az engedélyesek rendelkezésére bocsátani, amely tartalmazza a napi és heti minőség-ellenőrző vizsgálatok leírásait.

A CBCT berendezések esetén az állandósági vizsgálat az alábbi ellenőrzésekre terjed ki:

1. Általános ellenőrzés (3.2.1),
2. Rontott-felvétel elemzés (3.2.2),
3. Gépnapló vezetése (3.2.3),
4. A gyártó által javasolt állandósági vizsgálatok és mindazok az öntesztek, amelyeket esetlegesen kötelező elvégezni a berendezés első bekapcsolásakor.

Megjegyzés: A CBCT berendezések sok tekintetben hasonlítanak a hagyományos CT berendezésekre. Ez alatt értjük azt, hogy a képalkotás és a megjelenítés módja hasonló, illetve a megfelelő képminőség elérése érdekében az elvégzendő vizsgálatok megegyeznek ezeknél a készülékeknél. A leggyakrabban tehát e készülékeknél is előír napi és heti gyakoriságú vizsgálatokat a gyártó, amely egyrészt a készülék kalibrálására szolgál, másfelől a garancia megőrzésének a feltétele. Amint a CT berendezéseknél, ezeknél is kiterjed a CT-szám vizsgálatára (HU-érték és képzaj), a homogenitás, illetve a műtermékek megjelenésének ellenőrzésére. További vizsgálatok is szükségesek lehetnek, ezekre vonatkozóan részletes leírást ad a berendezések kézikönyve, illetve egyes berendezéseknél a képalkotáshoz is használt szoftverben külön elérhető egy ún. „QC” vagy minőségbiztosítási mód, amelynél a CBCT automatikusan értékeli ki a szabadlevegős expozíciókat vagy fantomfelvételeket.

Ezek eredményeit a gépnaplóban fel kell jegyezni, és a gyártó által javasolt helyesbítő intézkedéseket el kell végezni.

3.2.9. Felvételi és kórtermi röntgenberendezések

3.2.9.1. Képmínőség vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

E vizsgálattal a képmínőség több jellemzője ellenőrizhető. Ezek mindegyikét szükséges elvégezni annak érdekében, hogy meggyőződhessünk arról, hogy a berendezés képmínősége nem romlott a rendszeres használat során. A méréseket automatikus felvételi dózisszabályozóval (AEC) kell elkészíteni, ahol ez rendelkezésre áll; kórtermi berendezések esetén értelemszerűen csak manuális felvételi beállítással végezhető ez az ellenőrzés is.

Bár több, különféle vizsgálóábra együttes alkalmazásával is mód van arra, hogy az egyes vizsgálati szempontok szerint ellenőrizzük a berendezés működését, azonban egyszerűbb és megbízhatóbb eredményeket szolgáltat, ha úgynevezett kombinált vizsgálóábrát alkalmazunk. Egy ilyen vizsgálóábrát ír körül az IEC 61223-2-9 szabvány.

A vizsgálóábra tartalmaz betéteket:

- az alacsonykontrasztú felbontás vizsgálatához,
- a vonalpár-felbontás vizsgálatához,
- a geometriai torzítás és a nagyítás értékeléséhez,
- a sugármező méretének meghatározásához,
- a centráltság vizsgálatához.

Az említett vizsgálóábra beszerzése nem jelent számottevő költséget, ha figyelembe vesszük az időtállóságát. Amennyiben új röntgenberendezés beszerzését tervezi egy adott intézmény, már a (köz)beszerzési eljárás keretében érdemes a későbbi minőségbiztosítási feladatok ellátására gondolni és a berendezéssel egyidejűleg beszerezni a szükséges eszközöket. A vizsgálóábra és a különböző, alább felsorolt fantomok esetén azok nemcsak egy helyen használhatóak fel, a vizsgálatok rendszerességére és időigényére tekintettel a klinikák és kórházak akár ugyanazt az egy vizsgálókészletet is mozgathatják, felhasználhatják a különböző osztályaikon.

A legtöbb vizsgálóábra, amely alkalmas az átvilágító berendezések vizsgálatára, az megfelel a felvételi röntgenberendezések ellenőrzése során is.

b) Forrásdokumentumok

DIN 6868-3:2000-09 Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben - Teil 3: Konstanzprüfung bei Direktradiographie

IEC 61223-2-9, Evaluation and routine testing in medical imaging departments - Part 2-9: Constancy tests - Equipment for indirect radioscopy and indirect radiography

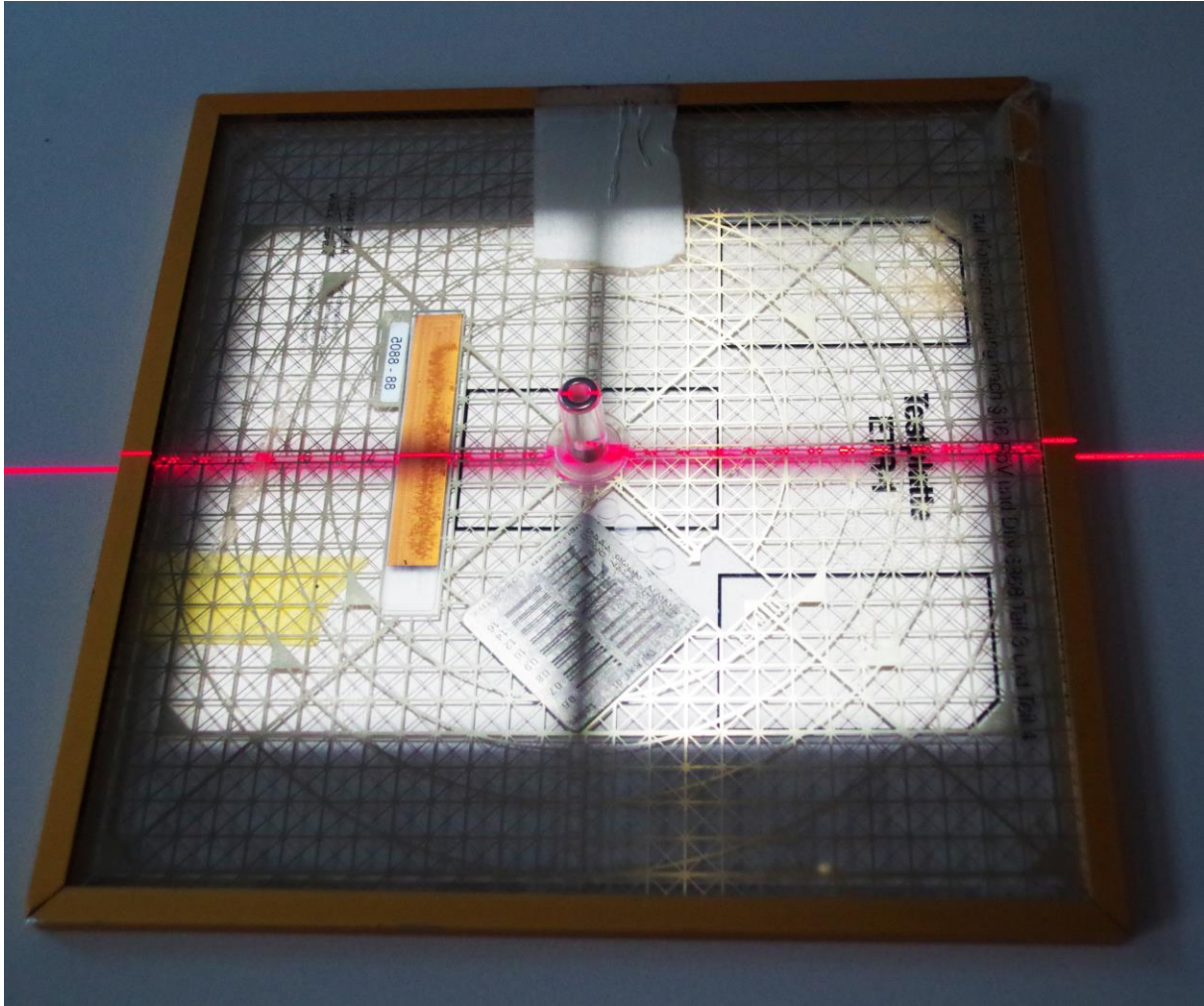
c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- A DIN 6868-3:2000-09 szabványnak megfelelő vizsgálóábra.

A vizsgálat és kiértékelés megközelítőleg 10 percet vesz igénybe.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Hetente.



3.2.9.1 ábra: ETR-1 típusú vizsgálóábra és annak különböző részletei

e) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat lépéseinek végrehajtásakor gondosan kell ügyelni arra, hogy az állandósági vizsgálatok során mindig azonos elrendezést használjunk.

1. Helyezzük el a képreceptorhoz a lehető legközelebb a vizsgálóábrát. Ha lehetséges, akkor a Bucky fölött az asztalon vagy közvetlenül a képreceptoron legyen. Ügyeljünk arra, hogy az elhelyezése során középpontosan rögzítsük, tehát a sugárnyaláb középtengelye essen egybe a vizsgálóábra közepével.
2. Állítsunk be olyan mezőméretet, ami mellett a vizsgálóábra összes képminőség-ellenőrző betétje leképezhető és a mezőméret is meghatározható.

Megjegyzés: Ez legalább 18 × 24 cm-es mezőt jelent.

3. A felvétel előkészítésekor válasszuk ki azt az anatómiai programot, amellyel minden alkalommal végezzük e vizsgálatot és egyébként is a leggyakrabban használják, például a mellkasfelvételt. A kiválasztott szűrések egyezzenek meg azokkal, amelyet a klinikai rutinban leggyakrabban alkalmaznak, tehát pl. gyermekradiológiai munkahelyeken +0,1 mm Cu kiegészítő szűrés legyen beállítva, de ha nem használnak kiegészítő szűrést, akkor ne legyen beállítva. Ügyeljünk rá, hogy a további elrendezés: fókuszképreceptor távolság, fókuszképreceptor távolság legyen mindig közel azonos. A fókuszméret legyen

mindig azonos. Javasolt a kispókus használata, de ez nem kötelező. A feketedéskorrekciónak legyen 0, a fóliabeállítás pedig közepes (M), ha beállítható. Az automatika „normál, felnőtt” beállítású legyen, ha beállítható.

4. Készítsünk egy felvételt, amelyet egyedi azonosítóval látunk el és hozzárendeljük egy pszeudo-személyhez.
5. Jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, amelyeket a 3.3.5 fejezet is felsorol, ha rendelkezésre állnak:

- vizsgálat módja (felvételi mód),
- felvételi protokoll vagy anatómiai program és üzemmód megnevezése,
- csőfeszültség (kV),
- csőáram (mA),
- idő (s),
- kiválasztott szűrés(ek),
- fókusz-képreceptor távolság,
- fókusz-vizsgálótest távolság,
- AEC üzemmódja, érzékeny kamra vagy kamrák,
- kép azonosítói,
- mezőméret,
- fókusz méret,
- feketedéskorrekciónak és fóliabeállítás,
- páciens-beállítás,
- expozíciós index.

Megjegyzés: Egyes berendezéseknél csak a csőáram-idő szorzat állítható be.

6. A felvételt továbbítsuk olyan munkaállomásra, amelyen lelemez monitoron van mód értékelni azt. A film-fóliás képalkotó rendszeren elkészült felvételt hívjuk elő a megfelelő körülmények között.

Megjegyzés: Amennyiben a vizsgálóábrában megtalálható az optikai denzitás mérésére szolgáló betét és ajánlott értéket is tartalmaz a vizsgálóábra leírása, akkor érdemes a kézikönyvben leírtak szerint meghatározni az optikai denzitást is.

- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Ha szükséges, akkor használjunk nagyítást, ablakoljunk (CR/DR rendszereknél). Értékeljük a lelemez monitoron szemrevételezéssel a vizsgálóábra betétjeit:

- Határozzuk meg a térbeli felbontást,
- Határozzuk meg az elkülöníthető részletek számát az alacsonykontraszt-felbontás vizsgáló betét(ek)ben,
- Ellenőrizzük a mezőméretet és a sugármező-fénymező egybeesését,
- Határozzuk meg, hogy látható-e műtermék vagy torzulás a felvételeken,
- Vizsgáljuk meg a felvétel centráltságát.

Megjegyzés: A fantom gyártójának kézikönyvét tanulmányozzuk az egyes vizsgálóbetétek megfelelő értékelése érdekében.

A vizsgálóábra egyes részleteinek szemrevételezésekor érdemes úgy rögzíteni az eredményeket, hogy a még látható részleteket megszámozzuk és azt összevetjük az összes részlet mennyiségével (pl.: magas kontrasztú részletek: 14/17).

A vizsgálatok során az automatikus dózisszabályozó gondoskodik a csőfeszültség és csőáram-idő szorzat megfelelő beállításáról. Ennek csak indikatív szerepe van, nem szükséges külön értékelni.

g) Elfogadási kritériumok

Térbeli felbontás

Az adott paraméterekkel végzett vizsgálatához tartozó adatokban gyakorlatilag nem várható változás. A vizsgálóábrában található vonalpárfelbontás-vizsgáló betét részleteinek egy adott, azonos csoportja marad hosszú időn keresztül is látható, de elfogadható, ha a térbeli felbontás legfeljebb 10...15%-kal változik meg a kiindulási adathoz képest.

Kontrasztrészlet láthatóság

A kontrasztrészlet láthatóság vizsgálatához tartozó egyes betétek értékelése nehezebb, mert az adott csőfeszültség mellett konkrét kontrasztértéket kellene társítani mindegyikhez, amelyek kiszámítása bonyolultabb. Általános tanácsként az javasolható, hogy a vizsgálóábra kontrasztrészlet láthatóság vizsgáló betétjének részletessége függvényében legfeljebb 2...3 lépcső eltérés fogadható el az alacsony és 1...2 lépcső eltérés a magas kontrasztú lépcsőknél. A heti vizsgálatok során a még elkülöníthető kontrasztlépcsők számának megadásával megfigyelhető a változás jellege hosszabb távon.

Műtermékek vizsgálata

A felvételnek műtermékektől mentesnek kell lennie.

Centráltság

Nem engedhető meg nagyobb eltérés, mint 1 °.

h) Helyesbítő intézkedések

Eltérés vagy hiba esetén ismételjük meg a vizsgálatot és győződjünk meg róla, hogy az üzemmód megadása, illetve az adatok lejegyzése helyes volt-e.

A műtermékek megjelenésekor homogén fantom (Al, Cu, vizeskanna, PMMA) – vizsgálóábra nélküli – felvételezésével lehet ellenőrizni, hogy hol és milyen műtermék jelennek meg a képfelvevő területen.

Amennyiben a kontrasztrészlet láthatóság vizsgálata során többheti mérési eredmény alapján trendszerű változásokat figyelünk meg, akkor érdemes a következő rendszeres karbantartás vagy a szerviz által végzett javítás során a képminőség változására felhívni a figyelmet.

Amennyiben ugrásszerű változás következik be a képminőségben, akkor érdemes a vizsgálat megismétlése után a szervizzel a lehető legrövidebb időn belül kapcsolatba lépni.

3.2.9.2. Automatikus dózisszabályozó ellenőrzése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

E vizsgálat arra szolgál, hogy az automatikus dózisszabályozó hosszútávú reprodukálhatóságát ellenőrizzük. Ennek segítségével megfigyelhetőek az AEC állapotában bekövetkező trendszerű változások. Azok a felvételi berendezések, amelyek rendelkeznek AEC-vel, több detektort, leggyakrabban ionizációs kamrákat, használnak arra, hogy beállítsák a leképezett tárgynak megfelelő csőáram-idő szorzatot. Ezek mindegyikének

megfelelően kell működnie és akármelyiket is választja ki a radiográfus, közel azonos felvételi dózist kell beállítsanak. Ezeknek a rendszeres ellenőrzése által megelőzhető, hogy egy-egy felvételt ismételni legyen szükséges. A vizsgálat magába foglalja még a rövidtávú reprodukálhatóság ellenőrzését is. Utóbbi célja, hogy kiszűrhető legyen a segítségével a következtetlenül működő AEC rendszer.

E vizsgálatot annyiszor kell elvégezni, ahány Bucky-szerkezete van egy röntgenberendezésnek.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Vizeskanna vagy PMMA/plexi lemezsorozat (összesen $25 \times 25 \times 15 \text{ cm}^3$ térfogatú), vagy 20...25 mm vastagságú alumíniumtömb amely a teljes képmezőt lefedi.

A vizsgálat és kiértékelés megközelítőleg 15 percet vesz igénybe.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Havonta.

e) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat lépéseinek végrehajtásakor gondosan kell ügyelni arra, hogy az állandósági vizsgálatok során mindig azonos elrendezést használjunk.

AEC reprodukálhatóság vizsgálata

1. Helyezzük el a fantomot a Bucky előtt úgy, hogy az minél közelebb kerüljön hozzá.

Megjegyzés: A tüdőfelvételezésre szolgáló berendezéseknél és a fali Bucky-szerkezetek vizsgálatakor egy erre alkalmas állványra érdemes elhelyezni a fantomot.

2. Állítsunk be $25 \times 25 \text{ cm}^2$ mezőméretet.

3. A felvétel előkészítésekor válasszuk ki azt az anatómiai programot, amellyel minden alkalommal végezzük e vizsgálatot és egyébként is a leggyakrabban használják, például mellkasfelvételt. A kiválasztott szűrések egyezzenek meg azokkal, amelyet a klinikai rutinban leggyakrabban alkalmaznak, tehát ha nem használnak kiegészítő szűrést, akkor ne állítsuk be. Ügyeljünk rá, hogy a további elrendezés: fókusz-képreceptor távolság, fókusz-fantom távolság legyen mindig közel azonos. A fókusz méret legyen mindig azonos. Javasolt a nagyfókusz használata, de ez nem kötelező. A feketedéskorrektció legyen 0, a fóliabeállítás pedig közepes (M), ha beállítható. Az automatika „normál, felnőtt” beállítás legyen, ha beállítható. Válasszuk ki a leggyakrabban alkalmazott AEC érzékelőt, vagy azok kombinációját.

4. Készítsünk felvételt.

5. Jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, amelyeket a 3.3.5 fejezet is felsorol, ha rendelkezésre állnak:

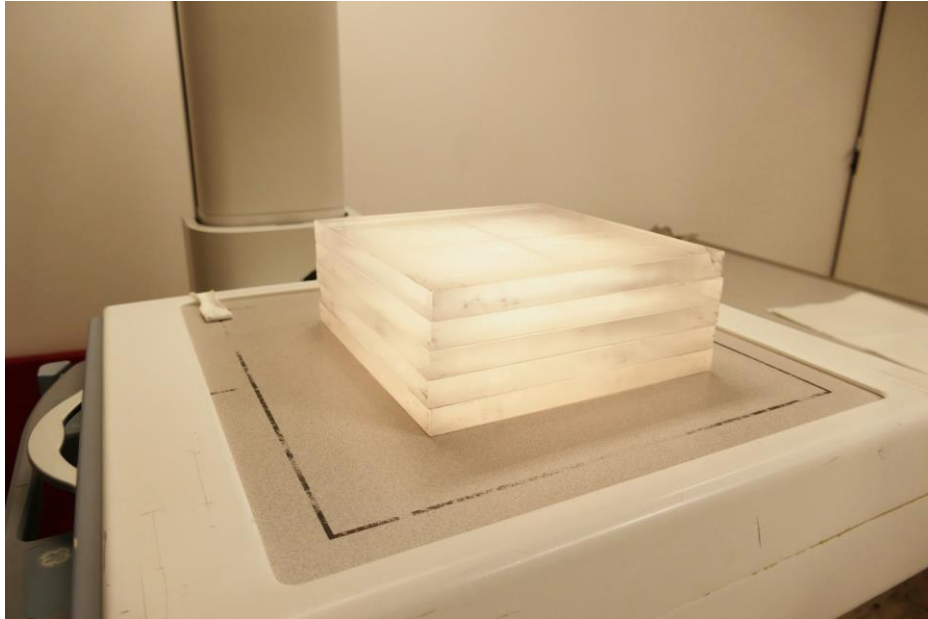
- vizsgálat módja (felvételi mód),
- felvételi protokoll vagy anatómiai program és üzemmód megnevezése,
- csőfeszültség (kV),
- csőáram (mA),

- idő (s),
 - kiválasztott szűrés(ek),
 - fókusz-képreceptor távolság,
 - fókusz-vizsgálótest távolság,
 - AEC üzemmódja, érzékeny kamra vagy kamrák,
 - kép azonosítói,
 - mezőméret,
 - fókuszméret,
 - feketedéskorrektció és fóliabeállítás,
 - páciens-beállítás,
 - expozíciós index.
6. Ismételjük meg az előbbi lépéseket (4...5) további négy alkalommal, így összesen öt felvétel áll rendelkezésre.

AEC érzékelők közötti eltérések ellenőrzése

1. Az AEC reprodukálhatóság vizsgálata szerinti mérési elrendezést készítjük elő.
2. Állítsunk be $25 \times 25 \text{ cm}^2$ mezőméretet.
3. Az AEC reprodukálhatóság vizsgálata szerinti paramétereket állítsuk be. Válasszunk ki egyetlen AEC érzékelőt.
4. Készítsünk felvételt, amelyet egyedi azonosítóval látunk el és hozzárendeljük egy pseudo-személyhez.
5. Jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, amelyeket a 3.3.5 fejezet is felsorol, ha rendelkezésre állnak:
 - vizsgálat módja (felvételi mód),
 - felvételi protokoll vagy anatómiai program és üzemmód megnevezése,
 - csőfeszültség (kV),
 - csőáram (mA),
 - idő (s),
 - kiválasztott szűrés(ek),
 - fókusz-képreceptor távolság,
 - fókusz-vizsgálótest távolság,
 - AEC üzemmódja, érzékeny kamra vagy kamrák,
 - kép azonosítói,
 - mezőméret,
 - fókuszméret,
 - feketedéskorrektció és fóliabeállítás,
 - páciens-beállítás,
 - expozíciós index.
6. Ismételjük meg az előbbi lépéseket (3...5) annyi további alkalommal, ahány további AEC érzékelője van a röntgenberendezésnek. Ez leggyakrabban összesen három darab.
- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az AEC működésének ellenőrzéséhez nincs szükség leletező monitorra.



3.2.9.2 ábra: Automatikus dózisszabályozó ellenőrzése

AEC reprodukálhatóság vizsgálata

1. A felvételeket értékeljük azon a munkaállomáson, ahol készültek (DR), vagy olvassuk ki azokat (CR), majd másoljuk át azokat a feldolgozásra alkalmas számítógépre. Film-fóliás rendszerek esetén az előhívott filmeket optikai denzitométer segítségével értékeljük.
2. A felvételek közepén jelöljük ki egy kb. 5 cm oldalélű, négyzet alakú területet és számítógépes képkiértékelő program segítségével határozzuk meg a pixelértékek átlagát.

Megjegyzés: A digitális berendezések esetén legtöbbször a röntgenberendezést vezérlő munkaállomás, foszforlemez rendszereknél a képkiolvasó szoftvere alkalmas a felvételek értékelésére.

A film-fóliás képalkotók esetén mindegyik film közepén határozzuk meg az optikai denzitást.

3. Számítsuk ki az előbbi lépésben meghatározott pixelértékek átlagát vagy a film optikai denzitását minden további felvétel közepén.
4. Az öt felvételen kapott átlagos pixelértékek vagy az optikai denzitás értékek átlagát számítsuk ki. Az összes mért eredményt osszuk el a csóáram-idő szorzattal.
5. Ellenőrizzük azt is, hogy az egyes eredmények milyen mértékben térnek el az összes felvétel átlagától.
6. A kiszámított átlagértékeket hasonlítsuk össze a korábbi ellenőrzések eredményeivel is.

AEC érzékelők közötti eltérések ellenőrzése

1. Az előbbi vizsgálathoz hasonlóan az összes elkészült felvételen határozzuk meg a közepső, kb. 5 cm oldalélű, négyzet alakú területen számítógépes képkiértékelő program segítségével a pixelértékek átlagát. Film-fóliás képalkotók esetén mindegyik film közepén határozzuk meg az optikai denzitást.
2. Az egyes felvételeken kapott átlagos pixelértékek vagy az optikai denzitás értékek átlagát számítsuk ki. Az összes mért eredményt osszuk el a csóáram-idő szorzattal.
3. Ellenőrizzük azt is, hogy az egyes eredmények milyen mértékben térnek el az összes felvétel átlagától.
4. A kiszámított átlagértékeket hasonlítsuk össze a korábbi ellenőrzések eredményeivel is.

g) Elfogadási kritériumok

A kiindulási adatokhoz képest, melyet az átvételi vizsgálatot követő első vizsgálatkor határoztunk meg, egyetlen mérési pontban sem térhet el a pixelértékek átlaga több, mint 20%-kal.

h) Helyesbítő intézkedések

Az automatikus dózisszabályozó hibás működését egyszerű vizsgálattal lehet ellenőrizni. Amennyiben ugyanolyan geometria mellett manuális módban azonos paraméterekkel következetesen azonos szürkességű értékeket kapunk a felvételeken, akkor vélhetően az automatika hibásodhatott meg. Ekkor javíttatni vagy kalibráltatni kell a szervizzel az automatikus dózisszabályozót. Az automatikus dózisszabályozó trendszerű változása a rendszeres mérésekből egyértelműen kitűnik, így azt megelőzően, hogy a túrésen kívüli

tartományba kerülne a mért optikai denzitás vagy a pixelértékek, a szervizt már értesíteni kell.

3.2.10. Átvilágító, sebészeti, intervenciós és angiográfiás röntgenberendezések

3.2.10.1. Átvilágítók kombinált vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

E vizsgálat különféle ellenőrzéseket foglal magába. Ezek mindegyikét szükséges elvégezni annak érdekében, hogy meggyőződhessünk, a berendezés képminősége nem romlott a rendszeres használat során, illetve az automatikus dózisteljesítmény-szabályozó változatlan expozíciós paramétereket állít be változatlan tárgyvastagságok esetén.

Bár több, különféle vizsgálóábra együttes alkalmazásával is mód van arra, hogy az egyes vizsgálati szempontok szerint ellenőrizzük a berendezés működését, azonban egyszerűbb és megbízhatóbb eredményeket szolgáltat, ha úgynevezett kombinált vizsgálóábrát alkalmazunk. Egy ilyen vizsgálóábrát ír körül a német DIN 6868-4 szabvány.

A vizsgálóábra tartalmaz betéteket:

- az alacsonykontrasztú felbontás vizsgálatához,
- a vonalpár-felbontás vizsgálatához,
- a geometriai torzítás és a nagyítás értékeléséhez,
- a sugármező méretének meghatározásához.

A további leírás szerint tehát a fenti szabvány által javasolt vizsgálóábra alkalmazása szükséges. Egyes vizsgálóábrákhoz tartozik még a centráltság meghatározására alkalmas betét is, a centráltság ellenőrzésének azonban csak a távvezérelhető felvételi-átvilágító berendezéseknél van jelentősége. Amennyiben ilyen berendezés állandósági vizsgálatát kell elvégezni, ezt az ellenőrzést is a vizsgálatba kell vonni.

Az említett vizsgálóábra beszerzése nem jelent számottevő költséget, ha figyelembe vesszük az időtállóságát. Amennyiben új röntgenberendezés beszerzését tervezi egy adott intézmény, már a (köz)beszerzési eljárás keretében érdemes a későbbi minőségbiztosítási feladatok ellátására gondolni és a berendezéssel egyidejűleg beszerezni a szükséges eszközöket. A vizsgálóábra és a különböző, alább felsorolt fantomok esetén azok nemcsak egy helyen használhatóak fel, a vizsgálatok rendszerességére és időigényére tekintettel a klinikák és kórházak akár ugyanazt az egy vizsgálókészletet is mozgathatják, felhasználhatják a különböző osztályaikon.

Az olyan berendezések esetén, amelyek felvételező és átvilágító üzemmódban is képesek képet alkotni, mindkét modalitás szerint vizsgálni kell az állandósági vizsgálatok során!

b) Forrásdokumentumok

DIN 6868-4:2007-10 Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben - Teil 4: Konstanzprüfung an medizinischen Röntgeneinrichtungen zur Durchleuchtung

IEC 61223-3-3 Evaluation and routine testing in medical imaging departments - Part 3-3: Acceptance tests - Imaging performance of X-ray equipment for digital subtraction angiography (DSA)

- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek
- Vizeskanna vagy PMMA/plexi lemezsorozat (összesen $25 \times 25 \times 15 \text{ cm}^3$ térfogatú), vagy 20...25 mm vastagságú alumíniumtömb, amely a teljes képmezőt lefedi.
 - Az említett szabványoknak megfelelő vizsgálóábra.

A vizsgálat és kiértékelés megközelítőleg 10 percet vesz igénybe.

Megjegyzés: A PMMA lemezsorozat alkalmazása célszerűbb, mert ellentétben a vizeskannával, a használata során nem fordulhat elő szivárgás, beszerzése pedig kevésbé költséges, mint az alumíniumtömbé.

Megjegyzés: Egyes külföldi ajánlások 1 mm vastag, a teljes képmezőt fedő rézlemez használatát javasolják a fenti fantomok helyett. Ennek a használata sem tilos, azonban gondosan ügyelni kell ekkor is a mérési elrendezés következetességére.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Hetente.

e) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat lépéseinek végrehajtásakor gondosan kell ügyelni arra, hogy az állandósági vizsgálatok során mindig azonos elrendezést használjunk és mindig azonos szintre töltött vizeskannával vagy azonos vastagságú PMMA lemezsorozattal végezzük a méréseket.

Célszerű egy adott pseudo-pácienshez vagy egy megfelelő azonosítóval ellátott személyhez rendelni az expozíciókat, ha azokat el lehet menteni. Ezeket a képsorozatokat érdemes megőrizni.

1. Helyezzük el a képreceptorhoz a lehető legközelebb a vizsgálóábrát. Ügyeljünk arra, hogy az elhelyezése során középpontosan rögzítsük, tehát a sugárnyaláb középtengelye essen egybe a vizsgálóábra közepével.

Megjegyzés: Amennyiben alsócsöves a röntgenberendezés, de van mód megfordítani a vizsgálószerkezetet, akkor célszerű ezt megtenni. Mindig azonos elrendezést alkalmazzunk.

2. Válasszuk ki a legnagyobb kiválasztható mezőméretet, teljesen nyitott kollimátor és íriszblende beállítása mellett.
3. Ha szükséges, akkor a megfelelő védőfelszerelést fel kell venni. A szokványos, vagyis a klinikai rutinban leggyakrabban alkalmazott üzemmód kiválasztásával végezzünk néhány másodperces átvilágítást, míg a monitoron meg nem jelenik az állandó szürkességű kép.
4. Jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, amelyeket a 3.3.5 fejezet is felsorol, ha rendelkezésre állnak:

- felvételi protokoll vagy anatómiai program és üzemmód megnevezése,
- csőfeszültség (kV),
- csőáram (mA),
- kiválasztott szűrés(ek),
- fókusz-képreceptor távolság,
- fókusz-vizsgálótest távolság,
- AERC üzemmód,
- mezőméret,

- fókuszméret,
 - impulzussűrűség, impulzusszélesség.
5. A monitoron megjelenő egyes vizsgálóbetéteket értékeljük szemrevételezéssel. Ehhez szükség szerint ablakolhatunk és nagyíthatunk, ha erre lehetőség van:

- Határozzuk meg a térbeli felbontást,
- Határozzuk meg az elkülöníthető részletek számát az alacsonykontraszt-felbontás vizsgáló betét(ek)ben,
- Ellenőrizzük a mezőméretet,
- Határozzuk meg, hogy látható-e műtermék vagy torzulás a felvételeken, Amennyiben a centráltság ellenőrzésére alkalmas vizsgálóábrát alkalmazunk és távvezérelhető felvételi-átvilágító berendezést ellenőrzünk, akkor a centráltságot is értékeljük.

Megjegyzés: A fantom gyártójának kézikönyvét tanulmányozzuk az egyes vizsgálóbetétek megfelelő értékelése érdekében.

6. Váltunk a röntgenberendezésen beállítható következő nagyításra és a kisebb mezőméret mellett ismételjük meg az előbbi (3...5) lépéseket!
7. A vizsgálat lépéseit (2...6) ismételjük meg úgy, hogy a vizeskannát, a PMMA lemezsorozatot vagy az alumínium fantomot a vizsgálóábra és a röntgenső közé helyezzük.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az eredmények dokumentálásakor mezőméretenként, megadva, hogy a fantommal vagy anélkül végzett átvilágításhoz tartozik-e az eredmény, érdemes rögzíteni az adatokat. A kiindulási adatok az átvételi vizsgálatot követő első mérésből származnak.

A vizsgálóábra egyes részleteinek szemrevételezésekor érdemes úgy rögzíteni az eredményeket, hogy a még látható részleteket megszámloljuk és azt összevetjük az összes részlet mennyiségével (pl.: magas kontrasztú részletek: 14/17).

A vizsgálatok során az automatikus dózisteljesítmény-szabályozó működéséről a beálló csőfeszültség és csőáram értéke ad tájékoztatást. Ezeknek az értékeit is az átvételi vizsgálatot követő első állandósági vizsgálat során kapott eredményekkel kell összevetni.

g) Elfogadási kritériumok

Térbeli felbontás

Az adott paraméterekkel végzett vizsgálatához tartozó adatokban gyakorlatilag nem várható változás. A vizsgálóábrában található vonalpár-felbontás vizsgáló betét részleteinek egy adott, azonos csoportja marad hosszú időn keresztül is látható, de elfogadható, ha a térbeli felbontás legfeljebb 10...15%-kal változik meg a kiindulási adathoz képest.

Kontrasztrészlet láthatóság

A kontrasztrészlet láthatóság vizsgálatához tartozó egyes betétek értékelése nehezebb, mert az adott csőfeszültség mellett konkrét kontrasztértéket kellene társítani mindegyikhez, amelyek kiszámítása bonyolultabb. Általános tanácsként az javasolható, hogy a vizsgálóábra kontrasztrészlet láthatóság vizsgáló betétjének részletessége függvényében legfeljebb 2...3 lépcső eltérés fogadható el az alacsony és 1...2 lépcső eltérés a magas kontrasztú lépcsőknél. A heti vizsgálatok során a még elkülöníthető kontrasztlépcsők számának megadásával megfigyelhető a változás jellege hosszabb távon.

Műtermékek vizsgálata

Az átvilágítások során a vizsgálóábráról készített felvételeknek műtermékektől mentesnek kell lenniük.

Beálló csőfeszültség és csőáram állandósága

Az átvilágítások során a kiindulási adattól a csőfeszültség legfeljebb 10 %-kal, a csőáram legfeljebb 20%-kal térhet el.

h) Helyesbítő intézkedések

Eltérés vagy hiba esetén ismételjük meg a vizsgálatot és győződjünk meg róla, hogy az üzemmód megadása, illetve az adatok lejegyzése helyes volt-e.

A műtermékek megjelenésekor a homogén fantom (Al, Cu, vizeskanna vagy PMMA) – vizsgálóábra nélküli – felvételezésével lehet ellenőrizni, hogy hol és milyen műtermék jelennek meg a képfelvevő területen.

Amennyiben a kontrasztrészlet láthatóság vizsgálata során többheti mérési eredmény alapján trendszerű változásokat figyelünk meg, akkor érdemes a következő rendszeres karbantartás vagy a szerviz által végzett javítás során a képminőség változására felhívni a figyelmet.

A sugárminőség (kV) vagy –mennyiség (mA) változása jelzés arra, hogy a sugárforrás egység jelentősen változott vagy újabb kiegészítő szűrés(ek), sugárgyengyítő rétegek kerültek a forrás és a képreceptor közé az adott mérési elrendezésben. Ezenfelül a berendezés újabb szoftvere szintén befolyásolhatja az automatikus dózisteljesítmény-szabályozó által beállított üzemi paraméterek megváltozását. A csőfeszültség és a csőáram változása a képminőség változását is maga után vonja, így nem csak az értékek számszerű változása utal hiba megjelenésére.

Amennyiben ugrásszerű változás következik be a képminőségben, akkor érdemes a vizsgálat megismétlése után a szervizzel a lehető legrövidebb időn belül kapcsolatba lépni.

3.2.11. Mammográfiai röntgenberendezések

3.2.11.1. Fantomfelvétel készítése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

E vizsgálat a rendszeres, szélesebb körű vizsgálatok közötti egyszerűbb ellenőrzést szolgálja. Célja, hogy segítségével folyamatosan nyomon követhessük a képminőség változását egyszerű eszközök segítségével. Az alapérték meghatározását követően e vizsgálat ki lehet deríteni, hogy van-e műtermék a felvételeken vagy csökkent-e a vizsgálatotestben látható részletek mennyisége, romlott-e a láthatóságuk. Néhány berendezés gyártója az átadáskor biztosít fantomot, amellyel e vizsgálat elvégezhető, egyébként a felhasználónak kell gondoskodnia ennek beszerzéséről. A berendezések mellé leggyakrabban az ún. ACR 156 típusjelzésű, az Amerikai Radiológus Kollégium lefektetett minimumkövetelményeknek megfelelő fantomot biztosítják. A világon több alkalmas fantom is megtalálható, konkrét eszközre nem teszünk ajánlást, de javasoljuk, hogy a szükséges eszközök között felsoroltaknak megfelelő fantomot szerezzenek be.

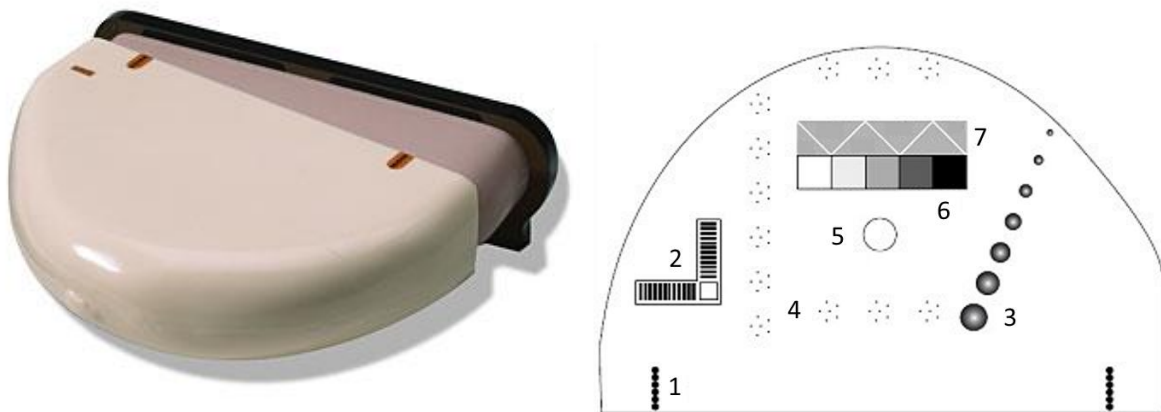
b) Forrásdokumentumok

Guidelines for Quality Control Testing for Digital CR DR Mammography, The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists, Új-Zéland, ABN 37 000 029 863, 2018.

- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek
1. Fantom, amely olyan sugárgyengítésű, mint egy normál emlő, vastagsága 40-50 mm közötti vagy annak megfelelő emlővastagságot szimulál. Anyaga plexi vagy más, közel szövetekvivalens, szilárd műanyag. A vizsgálatot célszerűen tartalmaz különböző kiterjedésű részleteket, amelyek:
 - a. a mikrokalcifikációk utánpótlására szolgálnak,
 - b. tumor-szerűek, azokat utánozzák, alacsony kontraszttal bírnak, illetve
 - c. spiculumokat, amelyek megvastagodott szövetrostokat reprezentálnak.
 2. Az összehasonlításhoz az átvételi vizsgálat után készített fantomfelvétel(ek) (alapfelvétel).
 3. Szükség szerint nagyító, 4× vagy 5× nagyítással.

A vizsgálatok végrehajtása és dokumentálása nem vesz több időt igénybe 5 percnél.

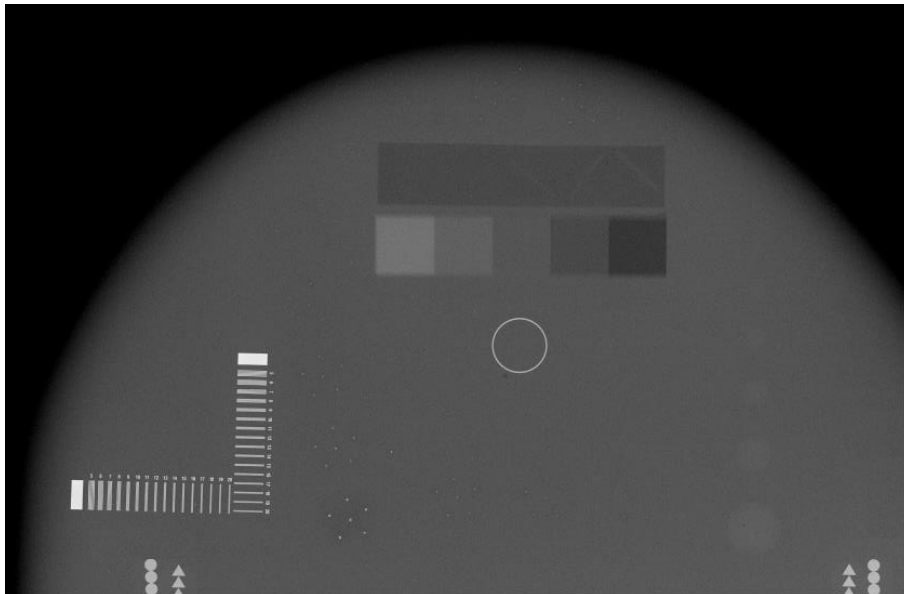
Az alábbi ábra (3.2.11.1a ábra) egy szövetekvivalens fantomot és annak részleteit mutatja be, illetve az azt követő (3.2.11.1b) ábra egy arról készült, kontrasztkiemeléssel javított röntgenfelvételt. A (3.2.11.1) táblázat a fantomban található betéteket mutatja be, félkövér kiemeléssel a szükséges betéteket.



3.2.11.1a ábra: A szövetekvivalens fantom és annak részletei

Azonosító	Megnevezés	Funkció
1	Gömbök	A mellkasfali oldalon lemaradó szövetállomány méretének meghatározása.
2	Vonalpár-felbontás	A térbeli felbontás meghatározása.
3	Alacsony kontrasztú részletek	Az alacsonykontraszt-felbontás vizsgálatára alkalmas betétek.
4	Mészrögök	A mikrokalcifikációkat utánpótló betétek.
5	Referencia terület	A denzitás vagy pixelérték méréséhez használatos terület.

Azonosító	Megnevezés	Funkció
6	Magas kontrasztú részletek	A kontrasztosság megítéléséhez használatos lépcsők.
7	Szövet-szálak	A spiculumokat utánzó betétek.



3.2.11.1b ábra: A képminőség-vizsgáló fantomról készült felvétel

d) Vizsgálatok gyakorisága

Film-fóliás berendezéseknél ajánlott naponta, egyébként bármely képkalkoló elvel működő berendezésnél legalább hetente.

e) A vizsgálati eljárás leírása

Megjegyzés: Az alábbi leírás általános, mindenképpen olvassuk el a mammográfias berendezés gyártójának ajánlását és vegyük figyelembe, ha az alábbi leírástól lényegesen eltér.

1. Helyezzük a fantomot a páciens támaszra, a mellkasfali peremhez illesztve, középre igazítva.
2. Válasszunk olyan kompressziós lemezt és mezőméretet, amely elégséges kiterjedésű ahhoz, hogy a teljes fantomról képet alkothassunk.
3. Komprimáljuk annyira a kompressziós lemezt, ahogyan azt a klinikai gyakorlatban is tennénk, hogy elégséges erő hasson a fantomra az automatikus exponáláshoz.
4. Amennyiben különálló AEC érzékelője van a berendezésnek, akkor győződjünk meg róla, hogy az a fantom alatti, erre meghatározott pozícióban van. Ez általában kb. 6 cm távolságra van a mellkasfali oldaltól. Amennyiben ilyet nem lehet kiválasztani, akkor azt a képszegmentálási régiót vagy AEC módot válasszuk ki, amelyet egyébként a páciensek felvételezéséhez alkalmazunk.
5. Válasszuk ki azt az üzemmódot és a hozzá tartozó paramétereket, amelyet a páciensek felvételezéséhez is alkalmazunk. Automata módban ezek jó részének meghatározását az AEC végzi, egyébként az alábbi paramétereket kell beállítanunk: anód, szűrő, kV, rács, feketedés (ha kiválasztható) és az alkalmazott automata mód (félautomata vagy automata).

Megjegyzés: A felvételi automatikának a korszerű mammográf készülékeken általában két változata fordul elő, gyártótól függően különböző márkaszpecifikus megnevezésekkel. Az egyik az ún. teljesen automatikus működés. Ennél a berendezés a komprimált emlővastagságból határozza meg az anód/szűrő kombinációt és a csőfeszültség értékét. Az áram-idő szorzat meghatározása az elő-expozícióból adódik úgy, hogy a digitális detektorok esetén az AEC a kép egy meghatározott részén vagy a teljes képmezőn a jel-zaj különbségre vagy a kontraszt-zaj, esetleg a jel-zaj arányra meghatározott optimálási célértékre állítja az exponált mAs-t. A képmező azon részét, ahol a rendszer az előbbi mérőszámot az optimálási célértékkel hasonlítja össze és igazítja ehhez a csőáram-idő szorzatot, szegmentált mezőnek nevezzük.

6. Exponáljunk és jegyezzük fel a beállított és a visszajelzett technikai paramétereket.
7. Olyan módon dolgozzuk fel a felvételt (hívjuk elő vagy válasszunk utófeldolgozást), ahogyan azt a páciensek felvételeinél tennénk.

Megjegyzés: A mammográfiás berendezésekkel készített digitális felvételek kétféle címkét (tag) kaphatnak, annak függvényében, hogy a minimális utófeldolgozáson vagy a részletesebb képfeldolgozáson átesett felvételeket tekintjük meg. Ennek DICOM azonosítója: 0008,0068; „presentation intent type”, azaz „megjelenítés célja”. Értéke lehet „for processing”, azaz a nyers(ebb) felvétel, illetve „for presentation”, azaz a feldolgozásra és leletezésre szánt felvétel. A berendezés műszaki jellemzőinek állandósági vizsgálatai során javasolt a nyers felvételt értékelni. Egyes rendszereknél erre nincs mód, de ekkor következetesen, mindig azonos utófeldolgozást válasszunk! A „for presentation” utófeldolgozott képeken a feldolgozás következtében megjelenhetnek műtermékek.

- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A kiértékelést szemrevételezéssel – leletező monitoron – kell végezni.

Hasonlítsuk össze a nyers és az utófeldolgozott felvételt egyaránt az alapfelvétellel, amelyen a kiindulási értékeket meghatároztuk. Ezt digitális képnél leletező monitoron, film esetén filmnéző szekrényen kell végezni. Ehhez alkalmazható a gyártó által javasolt eljárás is, azonban mindenképpen érdemes úgy elvégezni az értékelést, hogy pontosan megadjuk, hogy a fantom kézikönyvében leírt összes beépített részlet mekkora hányada látható az egyes felvételeken (pl.: 5/8 kalcifikáció).

- g) Elfogadási kritériumok

1. A felvétel elkészítéséhez használt paramétereket össze kell hasonlítani az alapfelvétellel. Az eltérésük nem lehet több 10%-nál az eredetihez képest. Az anód-szűrő kombinációnak azonosnak kell lennie.
2. A látható részletek közül közel azonos mennyiségnek kell látsania az alapfelvétellel összehasonlításban.
Megjegyzés: A látható részleteket illetően, különösen ha nagyon részletesek egyes betétek, illetve ha különböző személyek értékelik a felvételeket, különböző mennyiségű részlet lesz felismerhető, különbözőek lehetnek a még elkülöníthető vagy látható részletek.
3. A felvételen ne legyenek jól látható eltérések az alapfelvételtől.
4. Nem szabad foltoknak vagy nagyon zajos részleteknek megjelenni a felvételen.
5. Nem szabad a felvételen vonaloknak és csíkoknak megjelenni.
6. Nem szabad kiugróan túl világos vagy túl sötét részeknek megjelennie a felvételeken.

- h) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a vizsgálat képhibákat, műtermékeket vagy nagyon zajos képeket mutatna, akkor a felvételt meg kell ismételni, újra beállítva és elvégezve e vizsgálatot az első lépésektől kezdve.

Abban az esetben, ha a kompressziós lemezen műterméket okozó repedés, vagy egyéb felismerhető sérülés van, a lemez kicserélését követően folytatható a munka. Nagyon ritka, de elképzelhető az emlőtartó sérülése is.

Ha olyan műtermékek láthatóak a felvételen, amelyek hatással lehetnek az anatómia helyes megjelenítésére, akkor érdemes lehet a mező homogenitását ellenőrizni és újra beállítani a szervizzel. Ezt követően természetesen meg kell ismételni ezt az ellenőrzést.

Nehéz általánosan további tanácsot adni arra, hogy hogyan deríthető fel a képalkotó rendszer hibájának forrása, de ha azt figyeljük meg, hogy a képminőség romlik idővel és rendre csak a nagyobb kontrasztú részletek látszanak, akkor vélhetően a generátor vagy az AEC rendszer működik rendellenesen. Mindenképpen további vizsgálatokat kell végezni a hiba felderítésére.

3.2.11.2. Automatikus dózisszabályozó ellenőrzése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az automatikus dózisszabályozó – a magyar szabványok szóhasználatában automatikus felvételi szabályozás (AEC) – feladata, hogy a megfelelő felvétel elkészítéséhez szükséges felvételi paramétereket meghatározza. Leggyakrabban a képérzékelőt érő dózis beállításával működik és ehhez a működésekor több paramétert változtat: a kV, azaz a röntgensőre kapcsolt feszültség értékét, a kapcsolt töltésmennyiséget, másként csőáram-idő szorzatot (mAs) és ehhez a berendezés működési módjától függően a felvételezett emlő vastagságát is figyelembe veheti, illetve nem ritka, hogy az anód-szűrő kombinációt is megváltoztatja. Az elsődleges célja e rendszernek tehát a képminőség állandó szinten tartása.

A film-fóliás mammográfiában a filmek korlátozott dinamikatartománya miatt az AEC-t úgy állítják be, hogy mindenképpen állandó dózis érje a filmet. Az AEC helyes működésének ellenőrzése a filmes rendszereknél ezért indirekt módon történhet. Ehhez az optikai denzitás meghatározása szükséges, és a felvételezett homogén vizsgálatótest vastagságának változtatásával ellenőrizhető az optikai denzitás állandósága, a rendszer helyes működése. Takarékosabb, de csak közvetett mérési módszer, ha a csőáram-idő szorzatot ellenőrizzük és üres kazettát használunk a felvételezéshez.

A digitális detektorok dinamikatartománya nem korlátozó tényező a képalkotásban. Az ilyen képérzékelési módnál jelentősebb tényező, hogy a válaszfüggvényt, a térbeli felbontást és általában a képminőséget jobban befolyásolja a képzaj. A képminőség megőrzése érdekében ezért az automatikus dózisszabályozónak a kép zajosságát kell elsősorban figyelembe vennie. Az optimális, azaz a legalacsonyabb elérhető dózis árán szerzett elégséges diagnosztikai értékű felvételek képzaja állandó.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>

- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

45 mm vastagságú, sérülésektől és mély karcólásoktól mentes plexilemez vagy sorozat, mely teljes mértékben lefedi a képérzékelőt.

Digitális rendszereknél továbbá egy 0,2 mm vastagságú, kisméretű, négyzet alakú alumínium lemez, amely 2 cm oldalhosszúságú.

- d) Vizsgálatok gyakorisága

Film-fóliás berendezéseknél ajánlott naponta, bármely más képalkotó elven működő berendezésnél legalább hetente.

- e) A vizsgálati eljárás leírása

Film-fóliás rendszereknél:

1. Helyezzünk összesen 45 mm vastagságú plexilemezt a páciens támaszra.
2. Szorítsuk le a kompressziós lemezzel a vizsgálótestet annyira, hogy az AEC rendszer működtethető legyen.
3. Válasszuk ki az egyébként használatos AEC üzemmódot és állítsuk be az AEC kamrát arra a területre, amelyet egyébként a vizsgálatokhoz is használnak.
4. Készítsünk felvételt egy üres kazettával és a visszajelzett adatokat jegyezzük fel.

Megjegyzés: Az alapszint meghatározásához 5 felvételt kell készíteni és a visszajelzett mAs értékek átlagát meghatározni, illetve az optikai denzitást megmérni ezeken és szintén az átlagukat képezni. Ekkor leggyakrabban 1,4 és 1,9 közé esik az OD alapértéke.

Digitális rendszereknél:

1. Helyezzünk összesen 45 mm vastagságú plexilemezt a páciens támaszra.
2. A mellkasfaltól 6 cm távolságra, a referenciaponttól 1...2 cm távolságra eltolva helyezzük el az alumínium lemezt a fantomon.
3. Szorítsuk le a kompressziós lemezzel a vizsgálótestet annyira, hogy az AEC rendszer működtethető legyen.
4. Válasszuk ki az egyébként használatos AEC üzemmódot.
5. AEC módban készítsünk 5 felvételt egymás után, ugyanolyan beállítások mellett.

Megjegyzés: Foszforlemezes rendszereknél a felvételek elkészítéséhez használjuk ugyanazt a lemezt.

Megjegyzés: Ennél a vizsgálatnál különösen kell ügyelni arra, hogy mindig ugyanolyan elrendezést használjunk, minden alkalommal ugyanolyan méretű és minőségű alumíniumlemezt használjunk és ugyanúgy helyezzük el. A kiértékelés során is törekedni kell a következetességre.

- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése



3.2.11.2 ábra: AEC ellenőrzése digitális mammográfoknál

Film-fóliás rendszereknél:

Mérjük meg az előhívott felvétel optikai denzitását és a csőáram-idő szorzat értékét, majd hasonlítsuk össze ezeket az alapfelvételen meghatározott értékekkel.

Digitális rendszereknél:

1. Az elkészült felvételek mindegyikén jelöljük ki 1 cm²-es területeket az alumíniumlemezen („1” jelzés, ALU+PMMA) és egy ahhoz közel eső részen („2” jelzés, PMMA) egy alkalmas képkéértékelő programmal.
2. Alkalmas képkéértékelő program segítségével határozzuk meg a kijelölt területeken a pixelértékek átlagát (\bar{X}_2 és \bar{X}_1), illetve szórását (Y_1 és Y_2).
3. Az elkészült felvételeken számítsuk ki a kontraszt-zaj arányt (CNR, contrast-to-noise ratio) az alábbi képlet segítségével:

$$CNR = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{\frac{Y_1^2 + Y_2^2}{2}}}$$

ahol:

- CNR a kontraszt-zaj arány,
- \bar{X}_2 a pixelértékek felvételen mért átlaga a mellkasfali oldaltól kb. 6 cm-re lévő, „2” jelzésű területen, amelyen csak a PMMA fantomot képeztük le,
- \bar{X}_1 a pixelértékek felvételen mért átlaga a mellkasfali oldaltól kb. 6 cm-re lévő, „1” jelzésű területen, amelyen az alumíniumlemezét és a PMMA fantomot együttesen képeztük le,

- Y_1 az „1” jelzésű területen a pixelértékek szórása,
 Y_2 a „2” jelzésű területen a pixelértékek szórása.

4. Képezzük az elkészült felvételeken kiszámított CNR értékek számtani átlagát!
5. Határozzuk meg, hogy az egyes felvételek CNR értéke hány százalékkal tér el az átlaguktól, az alábbi képlet segítségével:

$$D_i[\%] = \frac{CNR_i - \overline{CNR}}{\overline{CNR}} \times 100$$

ahol:

- $D_i[\%]$ képrészlet CNR eltérése, százalékokban kifejezve,
 CNR_i az i index-szel jelölt sorszámú felvételen kiszámított kontraszt-zaj aránya,
 \overline{CNR} az összes elkészült felvételen kiszámított kontraszt-zaj arányok átlagos értéke.

Megjegyzés: az értékeléshez használható például az ingyenesen letölthető „imageJ” szoftver.

g) Elfogadási kritériumok

A film-fóliás rendszerek esetén a mAs értéke az alapértékhez képest nem több, mint $\pm 10\%$ -ot változhat. Az optikai denzitásra $\pm 0,2$ ingadozás elfogadható, azonban akár $\pm 0,15$ is elérhető.

A digitális rendszereknél a felvételekre kiszámított eltérés nem lehet több, mint $\pm 10\%$.

h) Helyesbítő intézkedések

Az analóg és digitális rendszereknél egyaránt több tényező befolyásolja az AEC rendszer ilyen ellenőrzésének az eredményeit. Hiba gyanúja esetén mindenképpen érdemes először megismételni e vizsgálatot. Annak eldöntésére, hogy az AEC rendszer vagy a generátor hibásodott meg, egyszerűen manuális üzemmódban ismételjük meg a vizsgálatot a rendszeresen előforduló paraméterekkel megismételve a felvételezést 5 alkalommal. Amennyiben a generátor okozza a hibát, tehát a manuális felvételezési mód mellett is túrésen kívüli ingadozásokat tapasztalunk, akkor azonnal fel kell függeszteni a berendezés használatát a javításig. Ha a vizsgálat alapján csak az automatika működése hibás, akkor manuális módban folytatható ideiglenesen a felvételezés.

3.2.11.3. Képreceptor homogenitása (csak CR/DR rendszereknél)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képérzékelővel szemben támasztott egyik követelmény, legyen az CR vagy DR, hogy homogén besugárzás hatására egyenletes válaszelet adjon bármely pontjában. Ezek a pontok a DR detektoroknál közvetlenül a pixeleknek felelnek meg, míg CR lemezek esetén a kiolvasó és az alkalmazott CR lemez együttese szabja meg a felbontást. A képreceptor teljes felületének tehát homogénnek kell lennie és ezt a legkönnyebben úgy ellenőrizhetjük, hogy egy teljesen homogén vizsgálótestet helyezünk a páciénstámaszra és képezünk le.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

45 mm vastagságú, sérülésektől és mély karcolásoktól mentes plexilemez vagy sorozat, mely teljes mértékben lefedi a képérzékelőt.

d) Vizsgálatok gyakorisága

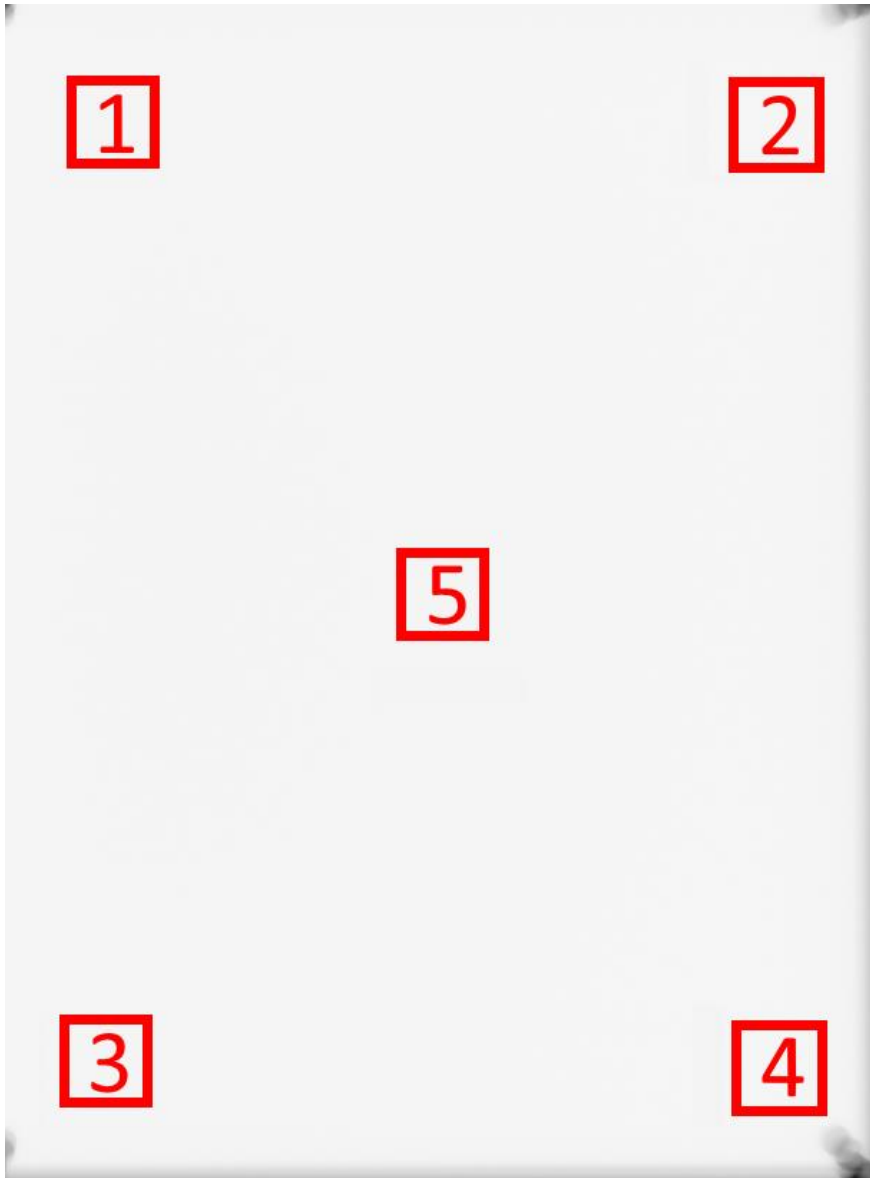
Hetente.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Helyezzünk összesen 45 mm vastagságú plexilemezt a páciens támaszra úgy, hogy az a teljes képreceptor felületét fedje le.
2. Szorítsuk le a kompressziós lemezzel a vizsgálatot annyira, hogy az AEC rendszer működtethető legyen.
3. Válasszuk ki az egyébként használatos AEC üzemmódot és állítsuk be az AEC kamrát arra a területre, amelyet egyébként a vizsgálatokhoz is használnak.
4. Készítsünk felvételt egy üres kazettával és a visszajelzett adatokat jegyezzük fel.

Megjegyzés: CR rendszerek esetén minden használatban lévő lemezzel el kell végezni a vizsgálatot. A vizsgálatok egyszerűsítése érdekében a teljesen digitális képreceptorokkal felszerelt berendezések esetén ez a mérés összevonható az AEC ellenőrzésével.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése



3.2.11.3 ábra: Homogén fantomról készült felvétel értékelése

1. Az elkészült nyers („for processing”) felvételek mindegyikén jelöljük ki 1 cm²-es területeket a fantom sarkainak közelében és annak közepén (3.2.11.3 ábra).
2. A program segítségével határozzuk meg a kijelölt területeken a pixelértékek átlagát (X_i).
3. Számítsuk ki az öt területen mért átlagos pixelértékek átlagát (\bar{X}).
4. Az elkészült felvételen számítsuk ki az alábbi képlettel az egyes területek átlagos pixelértékének eltérését az átlagtól:

$$D[\%] = \frac{X_i - \bar{X}}{\bar{X}} \times 100$$

ahol:

- $D[\%]$ eltérés, százalékokban kifejezve,
 X_i az i index-szel (1...5) jelölt területen mért átlagos pixelérték,
 \bar{X} az összes számozott területen mért átlagos pixelértékek átlaga.

g) Elfogadási kritériumok

Leletező monitorral értékelve a felvételt, az ilyen szemrevételezés során nem fordulhat elő sem műtermék, sem szemmel látható inhomogenitás.

Egyetlen vizsgált terület átlagos pixelértékei sem térhetnek el több, mint 15 %-kal az összes vizsgált terület átlagától.

h) Helyesbítő intézkedések

Műtermékek észlelése esetén nem feltétlenül szükséges a berendezés használatát felfüggeszteni, egy-egy holt pixel nem feltétlenül vezet selejtezéshez, de a detektor öregedésére utal.

Ha a diagnosztikai képminőséget befolyásoló elhelyezkedésű és méretű műtermékek jelennek meg a felvételen, akkor a felvételt ismételtelen el kell készíteni úgy, hogy 180 fokkal vízszintesen elfordítjuk a fantomot. Ezzel felderíthető, hogy a fantomon található-e olyan sérülés vagy szennyeződés, amely befolyásolja a felvételt.

Ha a műtermék ugyanott és ugyanolyannak mutatkozik, mint az előbbi felvételen és ez a berendezés által készített felvételek diagnosztikai értékét csökkenti, akkor fel kell függeszteni a mammográf használatát.

3.2.12. Számítógépes rétegfelvétel-készítő berendezések

Minden számítógépes rétegfelvétel-készítő röntgenberendezés (CT) esetén a berendezés gyártója biztosít fantomot a berendezések állandósági vizsgálataihhoz. Az adott gyártmány és típus pontos megadása nélkül nincs mód további tájékoztatást adni, azonban a gyártóknak kötelező magyar nyelvű felhasználói útmutatót az engedélyesek rendelkezésére bocsátani, amely tartalmazza a napi és heti minőség-ellenőrző vizsgálatok leírásait.

A CT berendezések esetén az állandósági vizsgálat az alábbi ellenőrzésekre terjed ki:

1. Általános ellenőrzés (3.2.1),
2. Rontott-felvétel elemzés (3.2.2),
3. Gépnapló vezetése (3.2.3),
4. A gyártó által javasolt állandósági vizsgálatok.

Megjegyzés: A rendszeres ellenőrzésekre a gyártók leggyakrabban a CT-szám vizsgálatát (HU-érték és képzaj), a homogenitás, illetve a műtermékek megjelenésének ellenőrzését írják elő. További vizsgálatok is szükségesek lehetnek, ezekre vonatkozóan részletes leírást ad a berendezések kézikönyve, illetve egyes berendezéseknél a képalkotáshoz is használt szoftverben külön elérhető egy ún. „QC” vagy minőségbiztosítási mód, amelynél a CT automatikusan értékeli ki a fantomfelvételeket. A megfelelő gyakorisággal végzett ellenőrzés leggyakrabban a CT berendezésre vállalt garancia feltétele is, így ha lehetséges, még körültekintőbben kell eljárni az előírt ellenőrzések tekintetében.

Megjegyzés: Egyes berendezésekhez olyan fantomokat biztosítanak a gyártók, amelyekkel a dozimetriai ellenőrzés kivételével minden, az átvételi vizsgálat során mérendő paraméter meghatározható.

3.2.13. Film-fóliás képalkotó rendszerek

A röntgensugárzás ún. fotografiai hatását már 1895-ben Wilhelm Conrad Röntgen felismerte a felfedezését követő hetekben végzett részletes vizsgálataiban. A fotografiai hatás azt jelenti, hogy ha egy fényérzékeny anyagú filmet vagy lemezt, amely fényzáró módon, egy fekete papírba vagy kazettába van becsomagolva, ilyen sugárzás ér, azon előhívható feketedés jön létre.

A fotografiai hatáson alapul a hagyományos radiográfia, vagyis a filmmel végzett röntgenfelvételezés. A röntgensugárzás orvosi alkalmazása során azonban hamar felismerték, hogy a viszonylag gyenge fotografiai hatást jelentős mértékben meg lehet növelni a fluoreszcenciahatás egyidejű kihasználásával, és ezáltal a kép létrehozásához szükséges páciens-sugárterhelés is jelentősen csökkenthető. Ehhez az ún. erősítőernyőket vagy fóliákat alkalmazzák. Az erősítőfóliában valamilyen fluoreszcens anyagnak a szemcséi vannak nagyjából egyenletesen elosztatva, amelyet egyik oldalon egy hordozó hátlap, a másikon egy átlátszó védőréteg határol. Fluoreszcens anyag igen sok létezik. Hagyományosan pl. a kalciumvolframátot (CaWO_4) használták. Ennek alkalmazásakor a film feketedésének kb. 95 %-át okozza a fólia fényfelvillanása és csak a maradék kb. 5 %-ot közvetlenül a röntgensugárzás. A nyolcvanas évek óta áttértek az ún. ritkaföldfém, pl. gadolínium-oxiszulfid ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$) alapú fóliák szinte kizárólagos használatára, ezek alkalmazása további 4-8-szoros erősítéssel jár, a képélesség (felbontás) csökkenése nélkül. Ekkor már a röntgensugárzás közvetlen film-feketítő hatásának mértéke 1 % köré vagy az alá csökken. A röntgenfelvételi kazettába általában két fólia kerül és a kettő közé a röntgenfilm. Ez alól kivétel a mammográfiás film, amely csak egy oldalon érzékenyített film, és ezért ezt csak egyik oldalán határolja fólia. A gyakorlatban rendszerint három különböző erősítésű fólia alkalmazása lehetséges, és a röntgenberendezések felvételi automatikájában is ezek előreprogramozott értékeit lehet kiválasztani. Az általános célú erősítőfólia mellett létezik ún. nagyfelbontású fólia, amelynek erősítése csak kb. fele a normálnak, de képélessége jelentősen jobb. Ilyent használnak pl. csontszerkezet-vizsgálatokhoz. Van nagy erősítésű fólia is, amelynek használatával a páciensdózist – a normálhoz képest – meg lehet felezni, viszont ennek felbontóképessége kisebb – tehát mindig meg kell lenni az adott felvételhez optimált megoldást.

A 2000-es évek elejétől kezdve a digitális képalkotási technika gyorsuló ütemben szorítja ki a film-fóliás képalkotást. Sokmillió lakosságú nyugat-európai vagy észak-amerikai nagyvárosokban ma már egyetlen röntgenfilm-előhívót sem lehet találni. Várható, hogy hazánkban is kb. 2021-23-ra – valószínűleg a magán fogorvosi gyakorlatban alkalmazott panoráma röntgenberendezések egy részét kivéve – teljesen eltűnik a film-fóliás röntgen-képalkotás. Mivel azonban ezen útmutató kiadásakor hazánkban – főleg a kisebb egészségügyi intézmények egy részében – még dolgoznak film-fóliás képalkotással, az erre vonatkozó tudnivalókat kézikönyvünk nem nélkülözheti.

Meg kell jegyezni, hogy a filmes röntgenfelvételezésre, tehát a film-kidolgozásra, kazetták, fóliák karbantartására, a sötétkamrai feltételek, illetve a filmnéző szekrények megfelelőségére vonatkozó minőség-ellenőrző eljárások minden esetben az állandósági vizsgálatokhoz tartoznak, tehát azokhoz, amelyeket az engedélyesnek, vagyis a helybeli személyzetnek kell végeznie. Amennyiben probléma esetén annak megoldásához orvosi fizikusok részvétele is szükséges, ők is ugyanezeket a vizsgálatokat végezhetik el, tehát itt fizikusok által végzendő külön állapotvizsgálatok nincsenek.

Az ide tartozó állandósági vizsgálatok köre:

- Az előhívó hőmérséklete
- Szenzitometria (alapfátyol, érzékenység, kontraszt)
- A rögzítőoldat pH-értéke
- Kazetták szemrevételezése és karbantartása
- Erősítőfóliák karbantartása
- Kazetták fényzárása
- Erősítőfólia-film kontaktus
- Sötétkamra fényzárása
- Sötétkamralámpák megfelelősége
- Filmnéző szekrények fényessége

Ezek az eljárások minden filmes röntgen képalkotásra azonosak.

Általánosan az alábbi irodalom ajánlható a film-fóliás munkahelyek részére:

- D. N. Chesney, M. O. Chesney: Radiographic Photography. 3rd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburgh, 1971.
- Die maschinelle Röntgenfilmbearbeitung, teil 1. ORWO Moderne Röntgenfotografie, 1975/4.
- Die maschinelle Röntgenfilmbearbeitung, teil 2. ORWO Moderne Röntgenfotografie, 1976/1.
- Die manuelle Röntgenfilmbearbeitung. ORWO Moderne Röntgenfotografie, 1974/4.

A film-fóliás rendszereknél alkalmazott rövidítések az alábbiak.

OD	optical density (optikai denzitás, a (film)feketedés)
IOL	initial operating level (kezdeti működési érték)
DD	density difference (denzitáskülönbség, feketedéskülönbség)
B+F	base+fog (alapfátyol [és köd])
HD	high density (nagyfeketedésű érték)
S	speed (érzékenység vagy érzékenységi index)

3.2.13.1. Előhívó hőmérsékletének meghatározása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A hőmérséklet jelentősen befolyásolja a kémiai szerek hatékonyságát és így az előhívó oldat hőmérséklete egy kulcsfontosságú paraméter a filmek előhívásához. A meghatározott hőmérséklettartományon kívül előhívott filmekben műtermékek keletkezhetnek vagy az előhívott film veszíthet információtartalmából, ami mindenképpen kerülendő.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Hőmérő. Lehet digitális kijelzésű vagy folyadékoszlopos, de higanyos hőmérő használata tilos!

A mérés és kiértékelés időigénye kb. 5 perc.

Megjegyzés: Ha az előhívó automata rendelkezik az előhívóoldat hőmérsékletének digitális kijelzésével, a napi ellenőrzés ennek segítségével is történhet. Ilyen esetben azonban a kijelzett érték pontosságát külső hőmérővel rendszeres időközönként (2 havonta) ellenőrizni kell.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Naponta.

e) A vizsgálati eljárás leírása

Lehetőleg a bekapcsolást követően legalább 1 órával, az előhívó állandó hőmérsékletének elérésekor végezzük a mérést.

1. Válasszuk le az előhívó automatát a hálózati feszültségről.
2. Távolítsuk el az előhívó fedelét és merítsük be a hőmérőt az előhívó oldatba. Várjuk meg, amíg a leolvasandó hőmérséklet beáll az állandó értékre, ez 1-2 percig tarthat a hőmérőtől függően. A későbbiekben mindig ugyanazon a ponton és azonos mélységben kell végezni a mérést.
3. Jegyezzük fel a hőmérsékletet az erre előkészített adatlapra.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az előhívó hőmérsékletének állandó értékűnek kell lennie. A leolvasással kapott eredményeket az adatlapon rögzítve követhető, hogy időben trendszerűen változnak-e az eredmények és így tervezhető a karbantartáskor a fűtőegység javíttatása.

g) Elfogadási kritériumok

Az előhíváshoz alkalmazott vegyszer adatlapján látható, hogy milyen ajánlott vagy előírt hőmérsékleten szükséges azt használni. Az alapértékhez vagy az üzembe helyezéskor meghatározott értékhez az alábbi tűrések használhatóak a rendszeres ellenőrzés során.

Beavatkozási szint: Alapérték $\pm 1,0$ °C.

Felfüggesztési szint: Alapérték $\pm 2,0$ °C.

h) Helyesbítő intézkedések

Eltérés esetén érdemes ellenőrizni, hogy helyesen végeztük-e el a vizsgálatot. Az előhívó hőmérsékletét be kell állítani a megfelelő értékre, ha eltérést tapasztalunk. Ennek a

beállításnak a tényét az adatlapon is jelezni kell a későbbi nyomon követhetőség érdekében.

3.2.13.2. Szenzitometria (alapfátyol, érzékenység, kontraszt)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A filmelőhívó automata megfelelő üzemképességét ellenőrizni kell. Erre egy ún. szenzitometriai filmcsíkot érdemes alkalmazni.

Megjegyzés: Kívánatos minden egyes méréshez friss csík használata, de lehetséges előre exponált csíkok használata is. Alumíniumlépcsőről készített felvétel használata nem ajánlott, ugyanis nem egyenletes denzitáslépcsőket tartalmaz, illetve nem kalibrálható. Kívánatos, hogy egy előhívó folyadék teljes élettartama során azonos sorozatszámú filmsorozatot használjanak szenzitometriai célra. Ha új sorozatszámú filmre térnek át, akkor a régi és az új sorozatból vett egy-egy filmet egyszerre kell exponálni és előhívni. Ha a két csík denzitásai túréhatáron belül megegyeznek, akkor onnan kezdve az új csík feketedés-értékeit kell alapértéknek tekinteni.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Szenzitometriai filmcsík: lehetőleg 21 lépcsővel (lehetőleg az ott használttal azonos típusú filmből). Ahol rendelkezésre áll szenzitométer, a szenzitometriai filmcsíkot a berendezés mellé adott szenzitométerrel kell elkészíteni. Ahol nem áll rendelkezésre szenzitométer, megengedett más munkahelyen készített filmcsík használata is. Kívánatos, hogy a filmcsíkon a feketedéslépcsők az alapfátyoltól kb. OD = 2,5-es feketedésig terjedjenek.

Filmdenzitométer. A film-fóliás képalkotással dolgozó emlőszűrő munkahelyeken általában rendelkezésre áll filmdenzitométer. Ahol nem rendelkeznek filmdenzitométerrel, elfogadható a filmek szabad szemmel történő, összehasonlító kiértékelése is filmnéző szekrényen.

A mérés időigénye kb. 10 perc. A kiértékelés időigénye kb. 10 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Naponta, az alapérték felvétele után.

e) A vizsgálati eljárás leírása

Először az alapértékek felvételét kell elvégezni. Rögzítsük az alábbiakat:

- Az alkalmazott film típusa.
- A vegyszerek gyártója.
- A hívó és a rögzítő beállított hőmérséklete.
- A hívó és a rögzítő utántöltésének sebessége.
- A hívási idő.
- A szenzitométer és a filmdenzitométer típusa.
- A filmhívó automata típusa, fő elemei.
- A filmnéző szekrény típusa.

Ha ezek közül bármelyik megváltozik, a kezdeti értékek felvételét újra el kell végezni.

Az alapértékek felvételének lépései:

Gondoskodjunk arról, hogy a sötétkamra tisztasága megfelelő legyen.

1. Szükség szerint tisztítsuk meg az előhívó, az öblítő és a fixáló tartályokat, valamint a vegyszer-adagoló csöveket. Ne használjunk olyan vegyszert a tisztításhoz, amelynek maradéka a vegyszerek pH-értékét megváltoztathatja. Készítsük el az előhívó és a rögzítő utántöltő folyadékait, ügyelve arra, hogy azok fajsúlya és pH-értéke megfeleljen a gyártói specifikációnak. Töltsük fel a tartályokat a vegyszerekkel.
2. Ellenőrizzük, hogy a kijelzett hívóhőmérséklet megfelel a gyártó által az adott filmfajtára előírt értéknek.
3. Ellenőrizzük, hogy az utántöltési sebességek megfelelnek a gyártó által előírtaknak.
4. Világítsuk meg a film emulziós oldalát a szenzitométerrel. Ortokromatikus film esetén zöld fényre állítsuk a szenzitométert. Ezután hívjuk elő a filmcsíkot.
5. A filmdenzitométerrel mérjük meg minden egyes lépcső középpontjában a feketedést.
6. Ismételjük meg az előző pontban leírtakat 5 egymás utáni napon. A szenzitometriát minden nap a bekapcsolás után azonos időben kell végezni, és a filmet mindig azonos állásban kell a filmhívó automatába behelyezni, mégpedig a film rövid oldalának tengelye legyen párhuzamos a behúzási iránnyal és az emulziós oldal legyen felfelé.
7. A filmdenzitométerrel mérjük meg minden egyes film minden egyes lépcsőjének a középpontjában a feketedést.
8. Képezzük az egyes lépcsőkre az öt filmcsíkon mért feketedés-értékek átlagértékeit.
9. Határozzuk meg annak a lépcsőfoknak a sorszámát, amelynek feketedése a legközelebb áll az 1,20-as értékhez, de annál nem kisebb. Ennek a lépcsőfoknak a sorszámát tekintjük ettől kezdve az ún. érzékenységi indexnek (S). Jegyezzük fel a lépcső sorszámát és átlagos feketedését az adatgyűjtő lapra. Ez a feketedés (optikai denzitás érték) lesz az S kezdeti értéke. A későbbiekben az itt meghatározott sorszámú lépcsőt fogjuk az S érték mérésére felhasználni.
10. Határozzuk meg annak a lépcsőfoknak a sorszámát, amelynek feketedése nagyobb a 2,20-es értéknél, de ahhoz a legközelebb áll. A továbbiakban ezt tekintjük a nagyfeketedésű érték (high density = HD) lépcsőfokának. A HD és az S mért átlagos feketedés-értékeinek különbségét denzitáskülönbségnek (density difference = DD), más néven kontrasztindexnek nevezzük. Jegyezzük fel az adatgyűjtő lapra a DD értékét is. Ez lesz a DD kezdeti értéke. A későbbiekben e két lépcsőfok denzitáskülönbségét tekintjük DD értéknek.

Ha automata filmdenzitómétert használunk, az a lépcső sorszáma (vagy a megvilágítás logaritmus) függvényében ki fogja rajzolni a feketedést.

11. A minta első lépcsőjének (az öt filmre átlagolt) feketedés-értékét nevezzük alapfátyolnak (angolul: base + fog = B + F). Ezt az értéket is jegyezzük fel, ez lesz az alapfátyol kezdeti értéke. A későbbiekben ugyanennek a lépcsőfoknak a feketedését tekintjük majd alapfátyolnak.
12. Az előbbi lépésekben meghatározott három kezdeti értéket rajzoljuk be és írjuk is fel az adatgyűjtő lapra a három megfelelő grafikon középvonala táján. Lásd a 3.3.9.1c ábrát.
13. Az előhívó minőség-ellenőrzésére szolgáló adatgyűjtő lapon húzzuk meg mindhárom mennyiségre (S, DD, B+F) az alsó és felső tűréshatár értékeket (beavatkozási szinteket).
14. A kezdeti működési értékeket csak akkor szabad újra felvenni, ha az előhívó és/vagy a film emulziójának megváltozása folytán a napi DD értékek következetesen távolodnak a felvett kezdeti értéktől és megközelítik az ún. felfüggesztési szinteket, azaz a kezdeti értéktől való $\pm 0,15$ -tel való eltérést.

A napi minőség-ellenőrzés lépései:

A szenzitometriai ellenőrzést minden munkanap kezdetén el kell végezni, miután az előhívó elérte a megfelelő hőmérsékletet, de még az első diagnosztikai film előhívása előtt.

1. Világítsuk meg a film emulziós oldalát a szenzitométerrel, és hívjuk elő még a napi munka megkezdése előtt. Ahol nincs szenzitométer, ott az előre exponált csíkok egyikét hívjuk elő.
 2. Mérjük meg a denzitás-értékeket azokban a lépcsőfokokban, amelyeket a kezdeti értékek felvételekor meghatároztunk. Jegyezzük fel az adatgyűjtő lapra az S, DD és B+F értékeket.
 3. Vegyük fel az S, DD és B+F értékeket az előhívó minőség-ellenőrzésére szolgáló adatgyűjtő lapon a megfelelő grafikonokon.
 4. Ellenőrizzük, hogy bármelyik érték kívül esik-e a tűréshatárokon. Rögzítsük az eredményeket.
- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Figyeljük meg, hogy a grafikonra felvett értékek mutatnak-e valamilyen határozott irányú változást, például hogy három vagy több egymás utáni érték azonos irányban változik. Ha van ilyen trend, de az értékek a tűréshatáron belül maradnak, a munkát folytatni lehet. Azonban fontos, hogy az eltérések okát megtaláljuk, és ne várjuk meg, amíg a változás túllép a tűréshatárokon.

g) Elfogadási kritériumok

A mértékadó tűréshatárokat feketedés (optikai denzitás) értékekben az alábbi táblázat foglalja össze. Initial operating level (IOL) = kezdeti működési érték.

Paraméter	Tűréshatár (elfogadható vagy felfüggesztési szint)	Elérhető szint (beavatkozási szint)
Alapfátyol kezdeti értéke	$\leq 0,25$	$\leq 0,21$
Alapfátyol (B+F)	$\leq \text{IOL} + 0,03$	$\leq \text{IOL} + 0,02$
Film-érzékenység (S)	$\text{IOL} \pm 0,15$	$\text{IOL} \pm 0,10$
Kontraszt (DD)	$\text{IOL} \pm 0,15$	$\text{IOL} \pm 0,10$

h) Helyesbítő intézkedések

1. Ha a napi minőség-ellenőrzés során van túréshatáron kívülre eső mért értékünk, ismételjük meg a vizsgálatot. Ha a kapott érték ekkor is a túréshatáron kívül van, vizsgáljuk meg a probléma lehetséges okait és korrigáljuk őket. Ezután ismételjük meg újra a vizsgálatot annak igazolására, hogy a problémát megoldottuk, és jegyezzük fel az értékeket.

2. Jegyezzük fel a problémát és a végrehajtott helyesbítő intézkedést az adatgyűjtő lapra.

Ha a DD és/vagy az S eltérései a kezdeti értékektől a $\pm 0,15$ OD értéken belül vannak, de nagyobbak, mint $\pm 0,10$ OD, ismételjük meg a vizsgálatot. Ha az eredmény változatlan, a munkát folytatni lehet, de az előhívó működését folyamatosan ellenőrizni kell. Ez annyit jelent, hogy mérni kell a hőmérsékletet, a pH-értéket és az előhívási időt. Ha ezek a tényezők nem okozzák az eltéréseket, akkor az utántöltési sebességeket kell ellenőrizni.

Ha az eltérések nagyobbak a $\pm 0,15$ OD túréshatárnál, a probléma okát azonnal ki kell deríteni, és addig nem szabad a klinikai munkát folytatni.

Ha az alapfátyol (B+F) értéke a kezdeti értéktől több mint 0,03 OD-vel tér el, a problémát azonnal helyesbíteni kell.

Az okokat és a helyesbítő intézkedéseket minden esetben fel kell jegyezni az adatgyűjtő lapra.

3.2.13.3. A rögzítőoldat pH-értéke

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A rögzítőoldat savassági fokának ellenőrzése azért szükséges, mert ha ez eltér az optimálistól, a film előhívása túl korán vagy túl későn fejeződik be, és ezáltal a film kontrasztja rosszabb lesz a lehetségesnél.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Egy megbízható pH-mérő papírcsík a 4,0-5,0 tartományra, összehasonlító színskála.

A mérés időigénye: kb. 10 perc. A kiértékelés időigénye: kb. 10 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Havonta.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Válasszuk le az előhívó automatát a hálózati feszültségről.

2. Távolítsuk el az előhívó fedelét és merítsük be a megfelelő pH-mérő vizsgálapapírt 5 másodpercre a rögzítő oldatba.
3. Vegyük ki a papírt és szárítsuk meg.
4. Hasonlítsuk össze a bemerített papírt az összehasonlító színskálával.
5. Jegyezzük fel az eredményt.
- f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
A vizsgálat az oldat kémiai állapotának jelentősebb megváltozását képes kimutatni, amely már befolyásolja a képminőséget.
- g) Elfogadási kritériumok
A rögzítőoldatok tipikus pH-tartománya 4,0-4,6 között van, de a pontos értéket és a túréseket a vegyszer gyártója adja meg.
- h) Helyesbítő intézkedések
Ha szükséges, készítsünk új rögzítőoldatot.

3.2.13.4. Kazetták szemrevételezése és karbantartása

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása
A kazetták állapotának és a bennük lévő erősítőfólia jelölésének ellenőrzését rendszeresen szükséges vizsgálni. A kazetták zsanérjai a használattal előregszenek és így a fényzárásuk nem lesz megfelelő. Szélsőséges esetben ez ahhoz vezethet, hogy a felvételek fényt kapnak vagy műtermékek jelennek meg rajtuk, véletlenszerűen.
- b) Forrásdokumentumok
Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.
Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.
Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>
- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek
Fóliaazonosító címkék, jelölő filctoll.
Az eljárás időigénye kazettánként: kb. 20 perc. A kiértékelés időigénye: kb. 5 perc.
- d) Vizsgálatok gyakorisága
Félévente.
- e) A vizsgálati eljárás leírása

Ha lehetséges, ideiglenesen távolítsuk el az erősítőfóliákat. Tisztítsuk meg a kazetták külsejét száraz ruhával, majd szappanos vagy alkoholos ruhával töröljük át. Ügyeljünk arra, hogy a tisztítószer semmiképpen ne kerülhessen az erősítőfóliákra.

Szemrevételezzük a kazettát esetleges sérülések, károsodások feltárása céljából, különös figyelemmel az élekre, csuklópántokra, zsanérokra és zárrakra. Leggyakrabban a sarkokon keletkeznek repedések.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Ellenőrizzük, hogy a kazettán az alkalmazott erősítőfólia egyértelműen jelölve van-e.

Ellenőrizzük, hogy a kazetta az alkalmazott erősítőfóliával azonos számmal van-e jelölve.

g) Elfogadási kritériumok

A kazettáknak fényzáróknak kell lenniük, és nem lehet rajtuk semmilyen sérülés.

h) Helyesbítő intézkedések

Ha a kazetta sérülése gyanúra ad okot, hogy az fénybeszűrődést okozhat, akkor meg kell vizsgálni a kazetták fényzárását.

Ha a kazetta zsanérja vagy zárja meghibásodott, javíttatni kell vagy le kell selejtezni.

Az erősítőfóliát jelölő címkét ki kell cserélni, ha nem olvasható le egyértelműen.

A kazettát lemoshatatlan jelölővel meg kell jelölni az alkalmazott erősítőfóliával azonos számmal.

3.2.13.5. Erősítőfóliák karbantartása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az erősítőfóliák nem alkalmazhatóak, ha sérültek vagy szennyezettek, mert ebben az esetben az általuk kibocsátott fény mennyisége csökken és egyenetlen lesz. Ez a filmeken műtermékeket okoz. Ezenkívül az azonosíthatóságuk érdekében is el kell végezni a karbantartásukat.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Tisztító készlet: alkoholmentes tisztítófolyadék az erősítőfólia gyártójának ajánlása szerint, szálasodásmentes törölkendő, puha szőrű ecset.

Az eljárás időigénye kazettánként: kb. 1 óra. A kiértékelés időigénye: kb. 10 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Hetente, illetve szükség szerint (műtermékek észlelése esetén).

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Nyissuk ki a kazettát és vizsgáljuk meg az erősítőfóliát világos fényben, keressük meg a jelöléseket a fólia felszínén, és ellenőrizzük, hogy van-e sérülés a fólia bevonatán. Amennyiben sérülésre utaló jelet észlelünk, egy tesztfelvételt kell készíteni, hogy megvizsgálhassuk az általa okozott műtermék kiterjedését és esetleges hatását.
2. Ellenőrizzük, hogy az erősítőfólia jelölése megegyezik-e a kazetta külsején található jelöléssel.
3. Tisztítsuk meg az erősítőfóliát a gyártó által javasolt tisztító folyadékkal és töröljük szárazra a törülőkendővel. Kövessük a gyártó utasításait.
4. Hagyjuk a nyitott kazettában a fóliát 30 percig száradni.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Amennyiben műtermék megfigyelhető volt az erősítőfólián, ismételjük meg az ellenőrzést.

g) Elfogadási kritériumok

Minden erősítőfóliát tisztán kell tartani és azonosítási célból egyértelműen meg kell jelölni. A fóliákon nem lehetnek olyan sérülések, amelyek a képeken műtermékként megjelennek, és ezáltal veszélyeztetik a kép klinikai értékét.

h) Helyesbítő intézkedések

Ha egy erősítőfólia tisztítás után is műterméket okoz, le kell selejtezni.

3.2.13.6. Kazetták fényzárásának vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A kazetták a használat során kopnak, megrepedhetnek és eltörhetnek. Amennyiben a karbantartás során felmerül annak gyanúja, hogy súlyosan sérültek és ez befolyásolhatja a fényzárásukat, akkor ezt a vizsgálatot feltétlenül el kell végezni.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Filmnéző szekrény vagy más erős fényforrás.

Az eljárás időigénye kazettánként: kb. 10 perc. A kiértékelés időigénye: kb. 20 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Félévente, illetve szükség szerint.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Töltsünk a kazettába egy exponálatlan filmet.
2. Helyezzük a kazettát a gyanús részével közelebb egy fényforráshoz, pl. a filmnéző szekrényhez.
3. Hagyjuk ott 30 percig.
4. Hívjuk elő a filmet.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A film ellenőrzése történhet szemrevételezéssel, vagy akár filmdenzitométerrel is.



3.2.13.6 ábra: Elöregedett kazetta elgyengült zsanérja, ami fénybeszűrődést okoz

g) Elfogadási kritériumok

A filmen nem lehet fátyolosodás, fénybeszűrődés nyoma. A fénybeszűrődés leggyakrabban látványos nyomokat hagy az előhívott filmen.

h) Helyesbítő intézkedések

Ha a filmen fénybeszűrődés, tehát feketedés látható, akkor a kazettát meg kell javíttatni, vagy le kell selejtezni. A megjavított kazetta fényzárását használatba vétel előtt ismételtelen ellenőrizni kell.

3.2.13.7. Erősítőfólia-film kontaktus vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A film és az erősítőfólia szorosan kell, hogy illeszkedjen egymáshoz annak érdekében, hogy az ne befolyásolja a felvételeket. A rossz illeszkedés a kép életlenségét okozhatja vagy olyan műtermékeket, amelyek a felvétel értékelhetőségét befolyásolják.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Vizsgálótest, vagy olyan testtárgy, amely kb. 0,5 mm átmérőjű és 3 mm-es közű drótháló. Ez akár egy egyszerű fém szúnyogháló is lehet.

Az eljárás időigénye kazettnként: kb. 15 perc. A kiértékelés időigénye: kb. 15 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

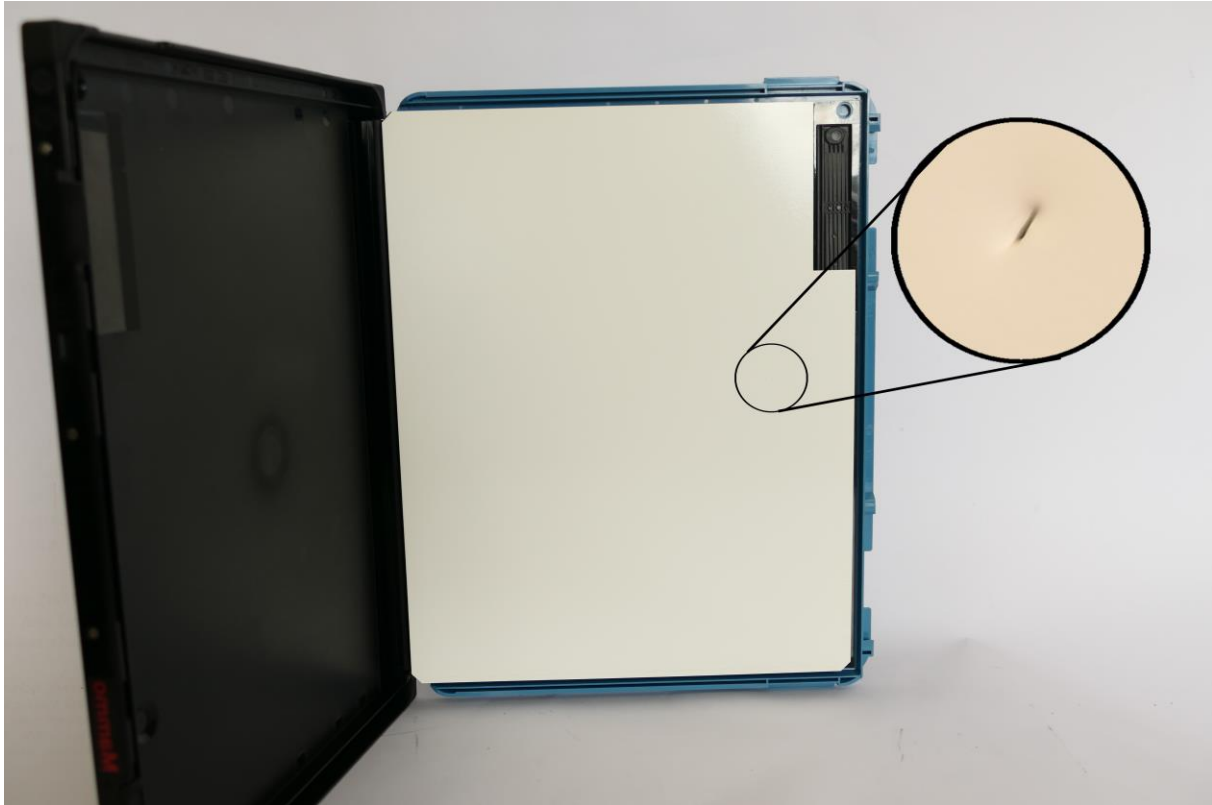
Félévente, illetve szükség szerint.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Töltsünk a kazetába egy exponálatlan filmet.
2. Helyezzük a testtárgyat a kazetta tetejére.
3. Helyezzük el a kazettát a testtárggyal a páciensstartó tetején.
4. Exponáljunk a filmre. A képfeketedés legyen 1,0 és 2,0 között.
5. Hívjuk elő a felvételt.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Helyezzük a filmet a filmnéző szekrényre és vizsgáljuk meg alaposan közelebbről, illetve kissé eltávolodva attól.



3.2.13.7 ábra: Film-fólia kontaktus hibát okozó sérülése

g) Elfogadási kritériumok

A hálót éles kontrasztokkal kell látni a képen. Ha valahol életlen a leképezés, azt távolabbról megnövekedett feketedésnek látjuk. Nem szabad műtermékeknek látszaniuk, foltoknak vagy egyenetlen feketedésű területeknek.

h) Helyesbítő intézkedések

Ha a képéletlenséget okozó hibás kontaktus nem javítható, a kazettát le kell selejtezni. Ha a fólia sérült, akkor azt kell leselejtezni. Egyébként a még felhasználható kazettát vagy erősítőfóliát félre kell tenni a későbbi újrafelhasználás céljából.

3.2.13.8. Sötétkamra fényzárása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A sötétkamra fényzárását rendszeresen kell ellenőrizni, mert a rosszul sötétített sötétkamra egész sorozatnyi filmet tehet tönkre vagy éppen emelheti meg az alapfátyolukat és így ronthatja a filmek dinamika-tartományát.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Az adott sötétkamrában használt legérzékenyebb röntgenfilm, 6 pénzérme, kartonlap, stopperóra.

Az eljárás időigénye: kb. 1 óra. A kiértékelés időigénye: kb. 15 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Félévente, illetve szükség szerint.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Lépjünk be a sötétkamrába, zárjuk be az ajtót és sötétítsük be az ablakot, ha van.
2. Kapcsoljunk le minden lámpát, beleértve a biztonsági vörös sötétkamralámpát is.
3. Várjunk pár percet, míg szemünk megszokja a fényviszonyokat.
4. Ellenőrizzük, hogy van-e olyan hely, ahol fény szűrődik a sötétkamrába (ajtó, kazettaátadó, elszívó berendezés környéke stb.).
5. Töltsünk egy kazettába egy exponátlan filmet. A filmet újonnan felnyitott csomagból vegyük, mert a már használt csomagban a korábbi használat már fátyolosodást okozhatott.
6. Végezzünk egy érzékenyítő röntgenexpozíciót, pl. 40 kV, 1 mAs mellett, hogy kb. 1,0 egyenletes feketedést érjünk el.
7. Vegyük ki a filmet a kazettából, és helyezzük a munkafelületnek arra a részére, amely a legközelebb van a legerősebb szórt fényforráshoz.
8. Helyezzük a 6 pénzérmét egyenletes távolságban a filmre a hosszanti oldal mentén. A kartonlappal takarjunk le belőlük 5-öt, majd a kartonlapot elmozdítva 30 másodpercenként mindig eggyel kevesebbet.
9. Amikor az utolsó 30 másodperces időtartam is eltelt, hívjuk elő a filmet.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Szemrevételezéssel értékeljük a filmet és határozzuk meg, hogy azon a kartonlap egyes helyzeteinél egyértelműen elkülönülnek-e sávok, az érmék képe felismerhető-e.

g) Elfogadási kritériumok

Elfogadhatatlan, ha 2 percnél rövidebb idő alatt az érmék képe láthatóvá válik.

h) Helyesbítő intézkedések

Az érmék képének észlelése esetén a fénybeszűrődéseket szigetelni kell.

3.2.13.9. Sötétkamralámpák megfelelése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A sötétkamrákban általában hagyományos izzókat alkalmaznak, amelyek elé szűrőket helyezve elérhető, hogy a helyiséget piros színű fény világítsa be, így az nem okoz

feketedést a zöld- és kékérzékeny filmekken. Ha e szűrő megsérül vagy elégtelen vastagságú, akkor nemcsak a piroshoz tartozó hullámhosszakat ereszt át és így fátyolosodást okozhat a filmeket, amelyeket a sötétkamrában dolgoznak fel és készítenek elő.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Az adott sötétkamrában használt legérzékenyebb röntgenfilm, 6 pénzérme, kartonlap, stopperóra.

Az eljárás időigénye: kb. 30 perc. A kiértékelés időigénye: kb. 10 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Félévente, illetve szükség szerint.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Töltsünk egy kazettába egy exponálatlan filmet teljes sötétségben. A filmet újonnan felnyitott csomagból vegyük, mert a már használt csomagban a korábbi használat már fátyolosodást okozhatott.
2. Végezzünk egy érzékenyítő röntgenexpozíciót, pl. 40 kV, 1 mAs mellett, hogy kb. 1,0 egyenletes feketedést érjünk el.
3. Vegyük ki a filmet a kazettából, és helyezzük a munkafelületnek arra a részére, amely a legközelebb van a sötétkamralámpához.
4. Kapcsoljuk fel a sötétkamralámpát.
5. Helyezzük a 6 pénzérmét egyenletes távolságban a filmre a hosszanti oldal mentén. A kartonlappal takarjunk le belőlük 5-öt, majd a kartonlapot elmozdítva 30 másodpercenként mindig eggyel kevesebbet.
6. Amikor az utolsó 30 másodperces időtartam is eltelt, hívjuk elő a filmet.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Szemrevételezéssel értékeljük a filmet és határozzuk meg, hogy azon a kartonlap egyes helyzeteinél egyértelműen elkülönülnek-e sávok, az érmék képe felismerhető-e.

g) Elfogadási kritériumok

Elfogadhatatlan, ha 2 percnél rövidebb idő alatt az érmék képe láthatóvá válik.

h) Helyesbítő intézkedések

Az érmék képének észlelése esetén ellenőrizni kell a sötétkamralámpák izzóinak teljesítményét, és el kell végezni a lámpák szűrőinek ellenőrzését. Szükség esetén a sötétkamralámpa szűrőjét cserélni kell, illetve a lámpát szigetelni kell a szivárgó fény ellen.

3.2.13.10. Filmnéző szekrények fényessége

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A filmnéző szekrényeknek állandó és egyenletes fényt kell biztosítaniuk a filmek kiértékeléséhez. A fénysűrűségük állandóságának ellenőrzésére egyszerűbb módszerek nem ismertek, ahhoz mindenképpen szükséges műszer. A fotográfiai fénymérőt, tekintettel arra, hogy egy műszer, érdemes kalibráltatni.

b) Forrásdokumentumok

Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department (2nd edition), British Institute of Radiology, London, 2001.

Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, IPEM Report No. 91, The Institute of Physics and Engineering in Medicine, York, 2005.

Porubszky Tamás (szerk.): Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken. Módszertani levél, Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest 2007. ISBN 978-963-87459-0-3 – <http://www.osski.hu/info/mu/rtgvizsg.pdf>

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

Fotográfiai fénymérő.

A mérés időigénye: kb. 20 perc. A kiértékelés időigénye: kb. 20 perc.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Félévente.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. Tisztítsuk meg a filmnéző szekrényt, és az esetleges meghibásodott fénycsöveket cseréljük ki.
2. A felülettől kb. 15 cm-re tartva, kb. 15 x 15 cm-es négyzetenként mérjük a fénymérővel a filmnéző teljes felülete előtt.
3. A mért értékeket jegyezzük fel.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Egy adott filmnéző szekrényen mért egyes eredményekből képezzünk átlagot. Hasonlítsuk össze az egyes kisebb felületeken mért eredményeket az átlaggal. A módszer alkalmas egy osztály filmnéző szekrényeinek összehasonlító értékelésére is.

g) Elfogadási kritériumok

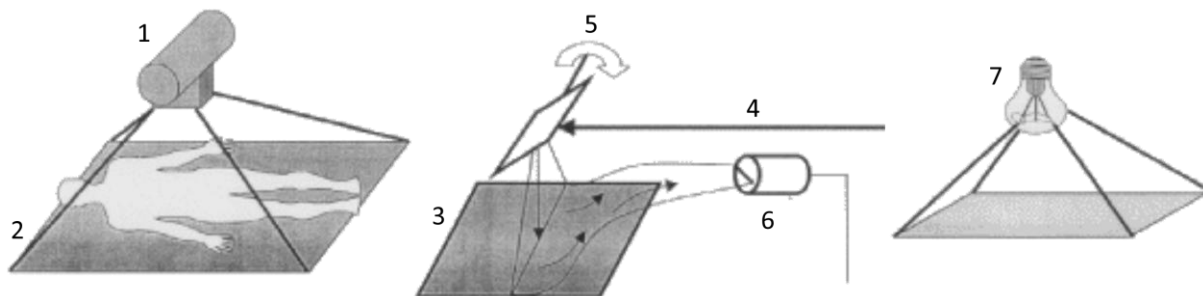
Az értékek eltérésének a mért értékek átlagától 20 %-on belül kell lennie.

h) Helyesbítő intézkedések

A fénycső cseréjét bizzuk szakemberre, ennek szükségességéről kérjük ki a tanácsát.

3.2.14. Foszforlemezes képkalkotó rendszerek

Foszforlemezesnek nevezzük azokat a képkalkotó rendszereket, amelyek a hagyományos film-fóliás képkalkotók kiváltására hivatottak, mint félig digitális, indirekt képkalkotó eszközök. Ezeket CR rendszereknek is nevezik az angol „Computed Radiography” (számítógépesített radiográfia) kifejezés rövidítéseként. A képkalkotáshoz egy kazettát használnak, amely megfelel a hagyományos film-fóliás rendszerekben alkalmazott méretűnek. E kazettákban egy-egy fluoreszcens ernyő található, amely leggyakrabban európiummal adalékolt bárium-fluorobromid szemcséket tartalmaz. Az európium szennyező jelenléte megváltoztatja az anyagszerkezetet és így röntgensugárzás hatására az elektronok a fluoreszcens ernyő félvezető rétegében ún. csapdába kerülnek. A csapdákból, amelyekben a fluoreszcens ernyő anyagának elektronjai gerjesztett állapotukat megtartják, csak egy adott hullámhosszúságú vörös fénynyaláb segítségével lehet „kiszabadítani” az elektronokat. Az ilyen legerjesztés során az alacsonyabb energiájú állapotba visszaeső, felszabaduló elektronok egy meghatározott hullámhosszúságú kék fényt bocsátanak ki.



3.2.14. ábra: A CR képkalkotás elvét szemléltető ábra

A rendszer elvi működését a fenti (3.2.14. ábra) szemlélteti. Itt az (1) röntgensugár-forrás egység röntgensugárzást bocsát ki, amely a vizsgált testben (2) gyengül, szóródik, egy, a test által meghatározott hányada azonban a (3) foszforlemez fluoreszcens ernyőjét gerjeszti. A fluoreszcens ernyő kiolvasásához a (4) lézernyalábot az (5) forgótükros optikai rendszer a megfelelő sorokra irányítja, míg az így kibocsátott fényt a (6) optikai gyűjtőegység a megfelelő helyeken regisztrálja, illetve a számítógépek számára értelmezhető digitális jellé alakítja és továbbítja azt. A digitális jel arányos az eredeti röntgen-leképezés során nyert képi információval. A kép teljes legerjesztése, törlése egy erre alkalmas lámpával (7) történik.

A CR rendszereknek a digitális detektorokhoz hasonlóan nagyon nagy a dinamikatartománya, vagyis nagyon kicsi (néhány μGy) és relatíve nagy (néhány mGy) dózisok esetén is értékelhető képet adnak. Kétségszövegbevonhatatlan, hogy a működési elvből fakadóan újra- és újra felhasználhatóak, ehhez nem igényelnek semmilyen kémiai eljárást és digitálisak a felvételek. Jelentős hátrányuk azonban, hogy idővel használaton kívül is „öregszenek” és érzéketlenebbé válnak. E képkalkotókat egyre inkább kiszorítják a digitális képkalkotó rendszerek, a teljesen digitális detektorok, amelyek nagyobb betegforgalom esetén gazdaságosabban működtethetőek, mint a CR rendszerek és használatuk is kényelmesebb.

3.2.14.1. Látens kép feledésének vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A CR képalkotók öregedését már említettük a bevezetőben. A működésük és jellemzőik alapján sajnos e technológia sajátja, hogy a foszforlemezre vetített röntgenkép információtartalma az expozíció és a kiolvasása között veszteséget szenved, a foszforlemez „feled”, vagyis kisebb mértékű válaszjelet ad, mint amelyet közvetlenül az expozíció utáni kiolvasás során kaphatunk. E jelenség hangsúlyosabban jelentkezik a régóta használatban lévő képalkotóknál, ezért e vizsgálatot érdemes bizonyos időközönként elvégezni.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>, (2b.2.2.6)

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

Megfelelően előkészített adatlap a hibák feljegyzésére, homogén plexi vagy vízfantom, amely a mammoográfok esetén 40...50 mm, a felvételi berendezések vizsgálatához 10...20 cm vastag.

Megjegyzés: Nagyon fontos, hogy a vizsgálat ismétlésekor mindig ugyanazt a fantomvastagságot használjuk, különben következetlen eredmények adódnak.

A vizsgálat és a kiértékelés időtartama foszforlemezenként kb. 1 óra.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Az újabb foszforlemezek üzembe állításakor és ha kétség merül fel a foszforlemez képalkotó képességei tekintetben.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálat elvégzéséhez helyezzünk el egy homogén plexi (PMMA) tömböt vagy vízfantomot a képalkotó rendszer képreceptora felett. A fantom mérete és a mezőbeállítás legyen olyan, hogy a sugármező fedje a fantom teljes felületét. A fantom mérete elmaradhat a képreceptor méretétől, de meg is haladhatja azt, azonban ezt figyelembe kell venni a vizsgálat végrehajtásakor.
2. A fantom felvételezéséhez állítsunk be olyan expozíciós paramétereket manuálisan, amelyeket az adott tárgyvastagság mellett használnánk a klinikai gyakorlatban a páciensek felvételezéséhez is (ld.még a megjegyzést!) és elégségesen nagy expozíciót jelentenek ahhoz, hogy a képreceptor válasza a lineáris tartományba esik.

Megjegyzés: Felvételi berendezésnél 10...20 cm vastag PMMA tömbök esetén pl. 80 kV, 20 mAs, 1 m fókus-detektor távolság beállításakor; mammoográfias berendezéseknél 40...50 mm vastag PMMA esetén 28 kV, 100 mAs és az ehhez egyébként automatikusan kiválasztott anód-szűrő kombináció; pl.: W/Rh, Rh/Rh, Mo/Mo stb.

3. Jegyezzük fel pontosan az expozíciós paramétereket.
4. A CR lemezt olvassuk ki az expozíciót követő egy percen belül.
5. Az eljárást (1-4) ismételjük meg úgy, hogy a besugárzás és feldolgozás egyéb körülményeit változtatlanul hagyjuk, de a várakozási időt rendre növeljük 2, 5, 10 majd 30 percre.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

1. Az egyes felvételeken mérjük meg a fantom közepén egy elégségesen nagy tárgyérdekű területen, amely a fantom leképezett felületének kb. 10%-a, az átlagos pixelértéket, valamint a tapasztalati szórást és a felvétel azonosítóival együtt jegyezzük le.

Megjegyzés: A CR lemezzel felvételezett képen a pixelértékeként kapott válasz lineáris vagy logaritmikus arányban áll az eredeti expozíció intenzitásával.

2. A feledés ábrázolható grafikusán is, a vízszintes tengelyen a kiolvasási idő, a függőleges tengelyen az átlagos pixelértékek megadásával.

g) Elfogadási kritériumok

Általánosan érvényes ajánlások nem állnak rendelkezésre elfogadási kritériumként, az eredményeket az üzembe helyezéskor végzett vizsgálat eredményeivel, vagy a gyártói referenciával kell összevetni.

h) Helyesbítő intézkedések

Elvárható, hogy a klinikai gyakorlatban életszerű körülmények között, azaz kb. 5 perc alatt a feledés mértéke ne legyen számottevő. Amennyiben a feledés mértéke jelentősebbnek látszik, akkor más vizsgálatokkal is igazolható a CR lemezek öregedése. A felvételeken ekkor a képzaj növekménye jelentősebb.

Megjegyzés: A feljegyzett expozíciós paraméterek esetleges eltéréseit is vegyük figyelembe a vizsgálati eredmények értékelésekor.

3.2.14.2. Foszforlemezek variabilitása, eltérései

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A CR lemezek közötti változékonyság számottevő lehet, különösen azokban az esetekben, ha több, különböző időpontban beszerzett foszforlemezt alkalmaznak a képalkotó osztályon, amelyeket ráadásul különböző mértékben terheltek, eltérő rendszerességgel exponálták. Az egyes „kilógó”, a többi lemezhez képest jelentősen eltérő teljesítőképességű lemez kiszűrésére javasoljuk a vizsgálat elvégzését.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>, (2b.2.2.4)

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Megfelelően előkészített adatlap a hibák feljegyzésére, homogén plexi vagy vízfantom, amely a mamográfok esetén 40...50 mm, a felvételi berendezések vizsgálatához 10...20 cm vastag.

Megjegyzés: Nagyon fontos, hogy a vizsgálat ismétlésekor mindig ugyanazt a fantomvastagságot használjuk, különben következtelen eredmények adódnak.

A vizsgálat és a kiértékelés időtartama foszforlemezenként kb. 5 perc, a vizsgálat teljes időtartama értelemszerűen az összes foszforlemez számától függ.

d) Vizsgálatok gyakorisága

Az újabb foszforlemezek üzembe állításakor és ha kétség merül fel a foszforlemezek képalkotó képességei tekintetben, egyébként évente.

e) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálat elvégzéséhez helyezzünk el egy homogén plexi (PMMA) tömböt vagy vízfantomot a képalkotó rendszer képreceptora felett. A fantom mérete és a mezőbeállítás legyen olyan, hogy a sugármező fedje a fantom teljes felületét. A fantom mérete elmaradhat a képreceptor méretétől, de meg is haladhatja azt, azonban ezt figyelembe kell venni a vizsgálat végrehajtásakor.
2. A fantom felvételezéséhez állítsunk be olyan expozíciós paramétereket manuálisan, amelyeket az adott tárgyvastagság mellett használnánk a klinikai gyakorlatban a páciensek felvételezéséhez is (ld.még a megjegyzést!) és elégségesen nagy expozíciót jelentenek ahhoz, hogy a képreceptor válasza a lineáris tartományba esik.

Megjegyzés: Felvételi berendezésnél 10...20 cm vastag PMMA tömbök esetén pl. 80 kV, 20 mAs, 1 m fókusztávolság beállításakor; mammográfiás berendezéseknél 40...50 mm vastag PMMA esetén 28 kV, 100 mAs és az ehhez egyébként automatikusan kiválasztott anód-szűrő kombináció; pl.: W/Rh, Rh/Rh, Mo/Mo stb.

3. Jegyezzük fel pontosan az expozíciós paramétereket.
4. A CR lemezt olvassuk ki az expozíciót követő szokványos idő elteltével.
5. Az eljárást (1-4) ismételjük meg úgy, hogy a mérési elrendezést változtatlanul hagyjuk és minden alkalmazott CR lemezzel megismételjük azt.

f) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

1. Az egyes felvételeken mérjük meg a fantom közepén egy elégségesen nagy tárgyérdekű területen, amely a fantom leképezett felületének kb. 10%-a, az átlagos pixelértéket, valamint a tapasztalati szórást és a foszforlemez azonosítóival együtt jegyezzük le.
2. Szemrevételezéssel értékeljük a felvételek homogenitását és jegyezzük le, ha műtermékeket észlelnénk.

g) Elfogadási kritériumok

Az egyes lemezekkel leképezett homogén vizsgálati test felvételein az átlagos pixelértékek közötti eltérés nem lehet több, mint 15%.

A felvételek mindegyikén homogénnek kell lennie a felvételezett vizsgálati testnek.

h) Helyesbítő intézkedések

Elvárható, hogy az azonos időpontban beszerzett foszforlemezek homogenitása és az azokon mért átlagos pixelérték azonos legyen. A zajosság növekedése a CR lemezek öregedésére utal. Az elfogadási kritériumokat és a többi CR lemezen mért átlagos pixelértéket meg nem közelítő lemezek selejtezését, cseréjét érdemes megfontolni.

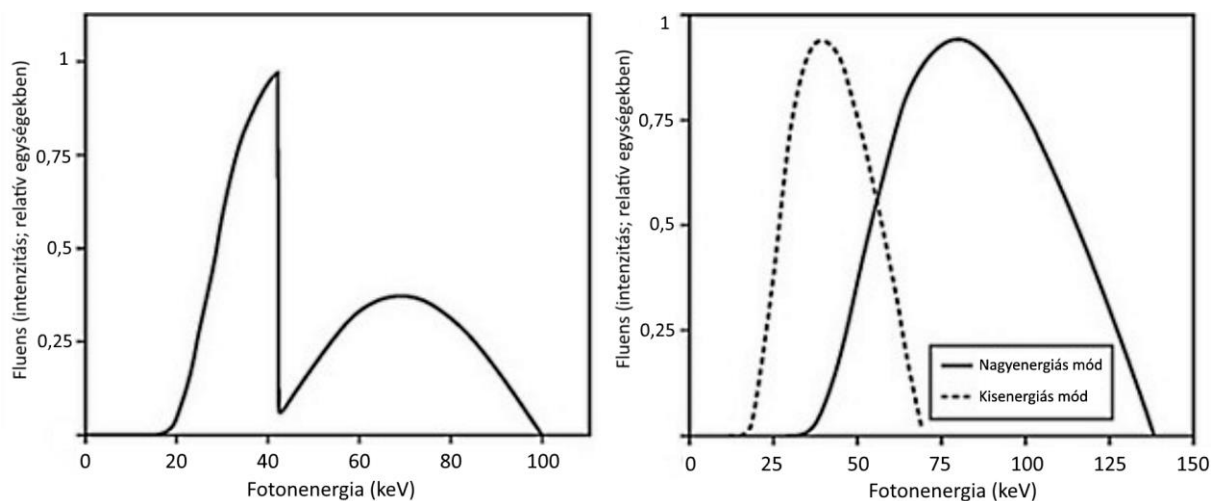
Megjegyzés: A feljegyzett expozíciós paraméterek esetleges eltéréseit is vegyük figyelembe a vizsgálati eredmények kiértékelésekor.

3.3. Az orvosi fizikusok által végzendő mérések – átvételi és állapotvizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken

E vizsgálatok során gyakran hivatkozik e kézikönyv arra, hogy a „klinikai rutinban leggyakrabban alkalmazott” képalkotó eljárást érdemes kiválasztani a mérések elvégzéséhez. Mivel ezek időben változhatnak, ezért meg kell jegyezni, hogy a rendszeresen ismételt ellenőrzések során mely képalkotó protokollal végezték el az ellenőrzést. Ezeket később – még ha a klinikai rutin változna is – következetesen kell alkalmazni és ugyanazokat a módszereket követni, mint amelyet az első üzembe helyezéskor meghatároztak. Nem minden esetben megvalósítható, de célszerű direkt az átvételi vagy állapotvizsgálatokhoz igazodó képalkotási módot létrehozni és kiválasztani az ellenőrzésekhez.

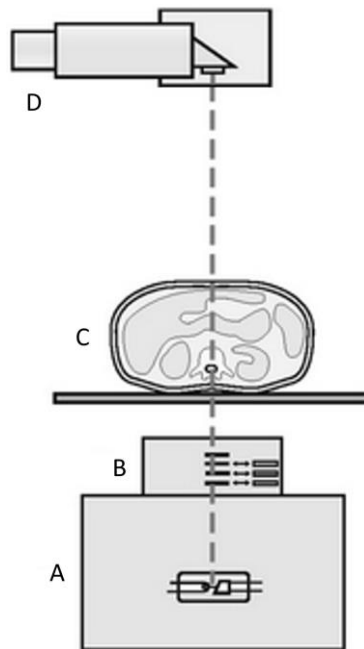
3.3.1. Csontdenzitométerek

A csontdenzitométer vagy csontsűrűségmérő berendezés elsődlegesen a csonttrikulás (oszteoporózis) diagnosztizálását, a csonttrikulás miatt kezelt páciensek állapotának nyomon követését, valamint a csonttörés kockázatának becslését elősegítő vizsgálati műszer. Gyakran használják a DXA vagy DEXA megnevezést is, amely a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás energiaeloszlásában jelenlévő két csúcsra utal. A két csúccsal rendelkező röntgenspektrumot a röntgensőre kapcsolt feszültség csúcsértékének változtatásával vagy speciális szűrők alkalmazásával állítják elő. A röntgensugárzás gyengülésének mértéke mind a gyengítő közegtől, mind a sugárzást alkotó fotonok energiájától függ, így a „kettős csúcsú” röntgensugárzás gyengüléséből következtetni lehet a csontásvány-sűrűség (BMD) értékére.



3.3.1a ábra: A csontdenzitométerek által kibocsátott röntgenspektrumok; balra: abszorpciós elszűrővel létrehozott „kettős energiájú” spektrum, jobbra: kettős csúcsfeszültséggel üzemelő röntgenberendezés spektruma

A csontdenzitométerek tű, kúp vagy legyező alakú röntgennyalábot bocsátanak ki, amellyel általában a gerinc alsó szakaszát, a csípőcsontot, a combcsontot, esetleg az alkart exponálják. Előfordulnak egésztest-szkennelések is, amelynek során a teljes csontvázat felméri a berendezés. A tényleges vizsgálatot olykor előexpozíció előzi meg, amely a pontos pozicionálást szolgálja, és szintén röntgensugárzás kibocsátásával jár.



3.3.1b ábra: A csontdenzitometriás vizsgáló vázlata

A csontdenzitométerek többsége telepített berendezés, de előfordulnak kisebb, hordozható műszerek is. A telepített berendezés részei a vizsgálóasztal, amelyen a páciens helyet foglal, az asztal alatt található röntgenső, és az asztal felett, a csővel szemben elhelyezett detektor. A sugárforrást és a detektort C-íves kar kapcsolja össze, amelyet egy léptetőmotor mozgathat az asztal síkjával párhuzamosan. A berendezéshez számítógép csatlakozik, amelyen a vizsgálatot vezérlő program fut. A program a detektor által szolgáltatott jelet digitális képpé konvertálja, valamint kiszámítja a diagnosztika számára releváns paramétereket.

A fenti (3.3.1b) vázlat szemlélteti a berendezés működését. Az „A” egységben elhelyezkedő röntgensugárforrás „B” kollimátoron keresztül bocsátja ki a röntgensugárzást a „D” detektorra. A vizsgálat során a „B” kollimátorban egyes berendezések esetén a szűrők állandóak, nem változnak a vizsgálat során, illetve másoknál a megfelelő program szerint történik a cseréjük, így változtatva meg a röntgensugárnyaláb spektrumát. Az adott berendezés a működése szerint változtathat az „A”-ra kapcsolt csőfeszültségen. A páciens („C”) vizsgálata során a „D” detektorra szerelt pozicionáló lézerek segítségével beállítják a vizsgálandó területet. A vizsgálat alatt nem elsősorban a megalkotott röntgenkép, inkább az alábbi eredmények jelentősek diagnosztikai szempontból:

- BMD (csontásványsűrűség): Csontdenzitométerek esetén helytállóbb a csontásvány felületi sűrűségéről beszélni, amely a szkennelt testtájba eső csont részben található hidroxipapatit ásvány tömegének és a csont rész képsíkra eső vetülete területének hányadosa. Mértékegysége g/cm^2 .

- T score (T-érték): A T score értéke úgy kapható meg, hogy a páciens BMD-jének és a fiatal felnőttekből álló referenciacsoport átlagos BMD-jének különbségét osztjuk a fiatal felnőttek BMD-jének szórásával. A T score mértékegység nélküli szám, amelynek elsődleges funkciója az esetleges csonttrikulás jelzése a menopauzán már átesett női és 50 év feletti férfi páciensek esetén. A számításnál figyelembe vett referenciacsoport tekintetében nincsen nemzetközi

konszenzus. A WHO a 30 éves, az europid nagyrasszhoz tartozó nőket ajánlja referenciacsoportnak.

- Z score (Z-érték): A Z score értéke úgy kapható meg, hogy a páciens BMD-jéből kivonjuk egy olyan csoport átlagos BMD-jét, amely a pácienssel azonos korú, nemű és etnikumú személyekből áll, majd az eredményt osztjuk az utóbbi csoport BMD-jének szórásával. A Z score mértékegység nélküli szám, amelyet elsősorban menopauzán még nem átesett női, 50 évnél fiatalabb férfi, valamint gyermekkorú páciensek esetén használnak az esetleges csonttrikulás indikátoraként.

A csontdenzitométert működtető operátor általában a vizsgálóhelyiségben, a vizsgálóasztal közvetlen közelében dolgozik, így őt az expozíció során bizonyos mennyiségű szórt sugárzás éri. Ha nem megterhelő a viselése a dolgozó számára, akkor gyakran visel rövid, a gonádokat is takaró ólomgumi köpenyt. A kezelőt érő szórt sugárzás dózisteljesítménye a szóróközegtől vett 1 m távolságban, normál testalkatú páciens felvételezésekor legfeljebb 10 $\mu\text{Sv/h}$. A páciens mind a direkt röntgennyalábnak, mind a szórt – elsősorban a saját testében szóródott – sugárzásnak ki van téve. Ólomgumi köpenyt, takarást nem szokás alkalmazni a páciens testén. Ez leggyakrabban nem is szükséges, kényelmetlenebb a használata, az elmozdulás miatt a vizsgálat megismétlésének kockázata nagyobb, mint amennyi védelmet jelent maga az árnyékolás. Az extrafokális sugárzás ellen gyakorlatilag körbe „be kell csomagolni” a páciens vizsgált területen kívül eső testrészeit, amely körülményes és a testen belül szóródó fotonsugárzás ellen úgysem nyújtana védelmet.

Ugyan a csontdenzitóméterek az ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések között a viszonylag kisebb dózissal működő műszerek közé tartoznak, sugárvédelmi célú vizsgálatuk és rendszeres ellenőrzésük elsősorban a páciensek, másfelől a személyzet megóvása miatt fontos.

3.3.1.1. Szórt sugárzás mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A röntgencsőből kilépő sugárnyaláb szóródik a vizsgálóasztalon, a páciens testében, a falakon, a levegő részecskéin és egyéb környező anyagokon, ezért a vizsgálóhelyiségben, és nagyon vékony falak esetén akár a szomszédos helyiségekben is, szórt röntgensugárzás lép fel a röntgenberendezések működése közben. A csontdenzitóméterek szórt sugárzási tere viszonylag gyenge, de nem elhanyagolható és a páciens, valamint az üzemelő röntgenberendezés környezetében tartózkodó egyéb személyek (például a berendezés kezelője) számára sugárterhelést okozhat. A kúp- és legyezőnyalábot kibocsátó berendezések szórt sugárzási tere nagyobb intenzitású, mint a túsugaras berendezéseké. A szórt sugárzás vizsgálata lehetővé teszi a kezelő sugárterhelésének konzervatív becslését.

b) Forrásdokumentumok

Commissioning and Quality Assurance Protocol for Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) Systems. Sheahan et al. Radiation Protection Dosimetry (2005), Vol. 117, No. 1–3, pp. 288–290.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Víz- vagy plexifantom, amely $25 \times 25 \times 15 \text{ cm}^3$ térfogatú,

- Túlnyomásos, vagy nagytérfogatú és így nagy érzékenységű ionizációs kamra [$H^*(10)$ hitelesítésű, vagy a levegőkerma mérésére hitelesített eszköz, aminél a megfelelő konverziós tényezőkkel korrigált értéket adhatjuk meg, ld. még MSZ 14341:2017, 11. táblázat],

- Mérőszalag.

Egy-egy mérési pontban egy adott üzemmód mellett a vizsgálat és kiértékelés kb. 5 perc alatt elvégezhető.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A fantomot helyezzük el a vizsgálóasztalon a röntgenszó felett.
2. A sugárzásmérőt a fantom középpontjától 1 méter távolságban rögzítjük. A mérési pontokat úgy válasszuk meg, hogy ezek egyike a kezelő tartózkodási irányába essen.
3. A röntgenberendezés kezelőszoftverében válasszuk ki a megfelelő üzemmódot. Ugyanazon mérési pont esetén érdemes több üzemmódban is elvégezni a mérést. Ha csak egy üzemmódban mérünk, akkor javasolt a combcsont-vizsgálatot választani.
4. Végezzük el a szkennelést. A mért dózist a felhasznált fantom paramétereivel, a mérési üzemmóddal, az esetleges további visszajelzett értékekkel: áramerősség, szkennelési idő, mezőméret; és a mérési pont helyének pontos megadásával: irány, magasság; együtt jegyezzük le.
5. Az eljárást (2-4) ismételjük meg úgy, hogy a mérési elrendezést változatlanul hagyjuk és a következő mérési pontokba helyezzük át az ionizációs kamránkat.

Megjegyzés: Előfordulhat, hogy a szórt sugárzásból eredő, egy vizsgálat alatt mért környezeti dózisegyenérték a háttérsugárzásból eredő értékkel azonos nagyságrendű. Ha el akarjuk különíteni a szórt sugárzás okozta dózist a háttérsugárzás okozta dózistól, akkor elvégezhetünk egy második mérést az ionizációs kamrával, amely azonos időtartamú, mint a szkennelés. Az ionizációs kamrát hagyjuk ugyanazon a helyen, ahol a szórt sugárzás mérése céljából helyeztük el! Állapítsuk meg a csontdenzitómeter kezelőprogramja által visszajelzett szkennelési időt, majd ugyanennyi ideig mérjük a háttérsugárzás dózisát az ionizációs kamrával! Eközben a csontdenzitómeterrel ne indítsunk szkennelést! Az így kimért, háttérsugárzásból eredő dózist levonhatjuk a korábban mért értékből, így a maradék a berendezés szórt sugárzása által okozott dózis lesz.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért értékeket vessük össze a korábbi eredményekkel, ha rendelkezésre állnak, a sugárvédelmi leírásban található becsült értékekkel, illetve a gyártó által esetlegesen közölt adatokkal.

f) Elfogadási kritériumok

A mért eredmények, a tényleges betegforgalom és a személyzet valós tartózkodási helye szerint értékeljük, mekkora lehet egy év alatt a személyzet sugárterhelése. Amennyiben ez a dózismegszorítást meghaladja, akkor hozzuk meg a megfelelő helyesbítő intézkedéseket.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a mérés során felmerül annak a gyanúja, hogy nem megfelelően került a személyzet tartózkodási helye kijelölésre, vagy a szomszédos helyiségekben a vártnál

nagyobb a szórt sugárzási tér dózisa egy vizsgálat alatt, akkor az árnyékolások épségét, az engedélyben foglalt feltételek teljesülését kell megvizsgálni. A személyi dozimetriai eredmények, ha rendelkezésre állnak, akkor szintén támpontot nyújthatnak e kivizsgálás során. A vártnál nagyobb mértékű sugárterhelés esetén, átmenetileg alkalmazhatnak védőfelszerelést, míg sugárvédelmi szakértővel felül nem vizsgálják a személyzet védelmét.

3.3.1.2. Csontsűrűség meghatározása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A csontdenzitometriás vizsgálatok által szolgáltatott egyik legfőbb diagnosztikai információ a csontsűrűség (BMD) értéke. Ebből számítják a T score és a Z score értékét, amelyek a csonttrikulás indikátorai. A csontdenzitométer által mért BMD-érték pontosságának és precizitásának (reprodukálhatóságának) ellenőrzése ezért része a csontdenzitométerek rendszeres minőség-ellenőrzésének is. A pontosság annál nagyobb, minél közelebb van az ismételt mérések során kapott eredmények átlaga a mérendő mennyiség, ebben az esetben a BMD, értékéhez. A precizitás annál nagyobb, minél kevésbé szórnak az egyes mérések során kapott értékek az átlagérték körül.

A vizsgálat során egy fantomot többször szkennelünk, és minden szkennelés után rögzítjük a BMD visszajelzett értékét. A kiértékelés során ezekből átlagot (empirikus várható értéket) és empirikus szórási együtthatót számítunk, és a kapott eredményekből következtetünk a berendezés által mért BMD-érték pontosságára és precizitására.

b) Forrásdokumentumok

National protocol for quality assurance in DXA-bone densitometry. Slavchev et al. Pol J Med Phys Eng. 2008; 14(4):207-215.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

A mérés elvégzéséhez a gyártó által a berendezéshez mellékelt minőség-ellenőrző fantom használata szükséges.

A mérés elvégzése kb. 30 percet vesz igénybe.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Jegyezzük fel a fantom gyártmányazonosítóit (gyártó, típus, gyári szám), a fantom gyártója által az egyes betéteire közölt BMD-értékeket, valamint a gyártó által garantált maximális szórási együtthatót.
2. A fantomot helyezük el a vizsgálóasztalon a gyártó által e vizsgálatához előírt helyzetben. Ügyeljünk rá, hogy a vizsgálat végrehajtása során a fantomot ne mozdítsuk el.
3. A kezelőszoftverben válasszuk ki a gyártói leírásban szereplő, megfelelő üzemmódot. Ezt jegyezzük le és rögzítsük az expozíciós paramétereket is.
4. Végezzünk szkennelést. Jegyezzük fel a visszajelzett értékeket, ezek közül a BMD értékét fogjuk a számításokhoz felhasználni.
5. Az eljárást (3-4) ismételjük meg úgy, hogy a mérési elrendezést változatlanul hagyjuk.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Számítsuk ki a mért BMD-értékek átlagát, szórását és szórási együtthatóját az alábbi képletek segítségével:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} ,$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} ,$$

$$CV[\%] = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% ,$$

ahol:

- \bar{X} a mért BMD-értékek átlaga,
- X_i az egyes mérések során kapott BMD-értékek, i szerint,
- n a mérések száma,
- σ a tapasztalati szórás,
- $CV[\%]$ a százalékban kifejezett szórási együttható.

Az átlag és a fantom gyártója által megadott BMD-érték közötti eltérés a berendezés pontosságát jellemzi, a szórási együttható pedig a berendezés precizitását, vagyis a mérési eredmények reprodukálhatóságát.

f) Elfogadási kritériumok

A BMD átlagát és szórási együtthatóját a gyártó által jelzett várható értékkel illetve szórási együtthatóval kell összevetni. Utóbbi jellemzően 1,5% körüli érték a rövidtávú reprodukálhatóság vizsgálatokor, de erre vonatkozóan a röntgenberendezés felhasználói kézikönyvében foglaltak az irányadóak.

g) Helyesbítő intézkedések

Az eredmények eltérése az elvárttól utalhat sokféle meghibásodásra, annak oka lehet egyszerű műszaki hiba, vagy akár szoftverhiba is. A további vizsgálatokat is végezzük el a berendezésen, hogy igazolhassuk a vélt hibaforrást. Ennek végső megállapítását bízzuk szakemberre.

3.3.1.3. Morfometriai pontosság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az eljárás célja annak megállapítása, hogy a berendezés által alkotott képhez társított fizikai méretek, illetve arányok mennyire pontosan közelítik a valós méreteket és arányokat. A méretek pontossága nemcsak a képminőség, hanem a BMD-érték megállapítása szempontjából is jelentőséggel bír.

b) Forrásdokumentumok

Accreditation Guidelines for Bone Densitometry. Prepared for the Australian and New Zealand Bone and Mineral Society, The Australian and New Zealand Association of Physicians in Nuclear Medicine, The Royal Australian and New Zealand College of

Radiologists and The Australasian College of Physical Scientists and Engineers in Medicine by a joint panel comprising representatives of the above organisations, 2003

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

A mérés elvégzéséhez két vonalzó szükséges, amelyek milliméteres skálával vannak ellátva. A megfelelő kiértékeléshez fontos, hogy a skálabeosztások jó sugárgyengítő, míg a vonalzó jó sugáráteresztő anyagból készüljenek.

A mérés elvégzése kb. 5 percet vesz igénybe.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vonalzókat egymásra merőlegesen helyezzük el a röntgencső felett az asztalon. Az egyik vonalzó az asztal hosszabbik peremével párhuzamosan, a másik erre merőlegesen helyezkedjen el.
2. A kezelőszoftverben a vizsgálandó tartomány méreteit úgy rögzítjük, hogy az egyik vonalzó skálabeosztása a tartomány teljes szélességét, míg a másik vonalzó skálabeosztása a tartomány teljes hosszúságát ráhagyással fedje le. Készítsünk vázlatot az elrendezésről és jegyezzük le a beállításokat, mint az üzemmód és az expozíciós paraméterek.
3. Végezzük el a szkennelést! A megjelenített felvételen látható a két vonalzó skálabeosztása. A skálabeosztások alapján állapítsuk meg a szkennelt tartomány szélességét és hosszúságát.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Vessük össze a szkennelendő terület beállított szélességét és hosszúságát a mért értékekkel.

f) Elfogadási kritériumok

A pontosság elfogadható, ha a szkennelt terület szélességének és magasságának a megfelelő beállított értéktől való eltérése nem haladja meg a megfelelő beállított érték 2 százalékát.

g) Helyesbítő intézkedések

Az esetleges eltérések esetén kérjük szakember segítségét.

3.3.1.4. Szkennelési idő pontosságának és állandóságának mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szkennelési időben a beállításoktól és a páciens-től függetlenül fellépő esetleges ingadozások a berendezés mérési pontosságának csökkenését, a képminőség romlását, valamint a páciens-dózis indokolatlan növekedését okozhatják. Az eljárás célja annak megállapítása, hogy rögzített feltételek mellett mennyire állandó a szkennelési idő, illetve hogy a kezelőszoftver által visszajelzett idő mennyire pontosan egyezik a tényleges szkennelési idővel.

b) Forrásdokumentumok

Accreditation Guidelines for Bone Densitometry. Prepared for the Australian and New Zealand Bone and Mineral Society, The Australian and New Zealand Association of Physicians in Nuclear Medicine, The Royal Australian and New Zealand College of

Radiologists and The Australasian College of Physical Scientists and Engineers in Medicine by a joint panel comprising representatives of the above organisations, 2003

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

A mérés elvégzéséhez univerzális röntgenparaméter-mérő műszer vagy elektrométerhez csatlakoztatott ionizációs kamra szükséges, amely képes a besugárzás időtartamát mérni.

A mérés elvégzése legfeljebb 10 percet vesz igénybe.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A detektor helyének megválasztása több tényező függvénye. Ha a detektor elfér a röntgencső és az asztallap között, akkor a detektort célszerű a röntgencső kilépő ablakánál rögzíteni az érzékeny területével a cső irányában. Ha erre nincs lehetőség, akkor a detektort a röntgencső fölé az asztalra kell elhelyezni. Ez utóbbi esetben fontos, hogy a szkennelendő tartomány méreteit úgy válasszuk meg, hogy a direkt sugárnyaláb egy része a szkennelés során mindvégig a detektor érzékeny térfogatába essen. Ha a detektor érzékeny térfogata nagyon kicsi, ez utóbbi követelmény nem mindig teljesíthető.

Megjegyzés: Egyes ionizációs kamrák a megfelelő elektrométerrel képesek a szórt sugárzási térben is mérni. Ha valamely okból semmilyen más lehetőség nincs a detektor megfelelő elhelyezésére az elsődleges sugárnyaláiban, akkor meg kell fontolni olyan mérési elrendezés alkalmazását, amellyel a szórt sugárzási tér mérésére vezetjük vissza a teljes expozíciós idő megállapítását. Ennek tényére külön fel kell hívni a figyelmet a jegyzőkönyvben. Egyébként is fontos a mérés automatikus indításához és leállításához tartozó, a műszerben megadható jelszintek helyes beállítása, amelyből a műszer az expozíciós időt állapítja meg, azonban a szórt térben végzett mérés során fordítsunk kiemelt figyelmet arra, hogy a műszer által alkalmazott diszkriminációs szintekhez mely dózisteljesítmény-értékek tartoznak.

2. Végezzünk el egymás után legalább három szkennelést azonos beállításokkal, szükség esetén előzetesen megadva a szkennelendő tartomány méreteit (lásd 1. pont). A mérési naplóban rögzítsük a szkennelés beállított paramétereit, és minden szkennelés után jegyezzük le a szkennelési időtartam kezelőprogram által visszajelzett, valamint az ionizációs kamra által mért értékét.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért illetve visszajelzett szkennelési időkből számítsuk ki az alábbi mennyiségeket:

A visszajelzett szkennelési idők átlaga:
$$\overline{T}_v = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_{v,i}$$

A mért szkennelési idők átlaga:
$$\overline{T}_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_{m,i}$$

A visszajelzett szkennelési idő pontossága:
$$\left| \frac{\overline{T}_v - \overline{T}_m}{\overline{T}_m} \right| \cdot 100\%$$

A mért szkennelési idő szórási
együtthatója:

$$CV[\%] = \frac{1}{\bar{T}_m} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (T_{m,i} - \bar{T}_m)^2} \cdot 100\% .$$

ahol:

- n a mérések száma,
 $T_{v,i}$ az i -edik szkennelés során visszajelzett szkennelési idő,
 $T_{m,i}$ az i -edik szkennelés során mért szkennelési idő,
 $CV[\%]$ a mért idő százalékban kifejezett szórási együtthatója.

A fenti számításokkal kapott értékeket rögzítsük.

A vizsgálati eredményeket a visszajelzett szkennelési idő pontossága és a mért szkennelési idő szórási együtthatója számszerűsíti. A visszajelzett szkennelési idő (átlagosan) annál jobban közelíti a tényleges szkennelési időt, minél kisebb a visszajelzett szkennelési idő pontosságának értéke. A szkennelési idő állandósága pedig a szkennelési idő szórási együtthatójával jellemezhető, minél kisebb ezen együttható értéke, annál inkább tekinthető állandónak a szkennelési idő.

f) Elfogadási kritériumok

A szkennelési idő pontossága és állandósága elfogadható, ha mind a visszajelzett szkennelési idő pontossága, mind a szkennelési idő szórási együtthatója < 3%.

g) Helyesbítő intézkedések

Az esetleges eltérések észlelése esetén vizsgáljuk meg a mérési elrendezést és a műszerünk beállításait, valamint ellenőrizzük, hogy az adott geometriában elégséges fedésben volt a nyaláb által a műszer érzékeny térfogata.

Megjegyzés: A szkennelési időt befolyásolhatja a program és az esetlegesen alkalmazott automatikus üzemmódok valamely beállítása is.

3.3.1.5. Dózis-terület szorzat becslése (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az ionizáló sugárzást kibocsátó orvosi röntgenberendezések vizsgálatának és minőség-ellenőrzésének egyik fontos célja a páciens sugárterhelésének számszerű jellemzése. Számos mennyiség létezik, melyek többé vagy kevésbé közvetetten összefüggenek a páciens kockázatokként is kifejezhető sugárterhelésével, az általa elszennvedett effektív dózissal. Több tényezőtől, egyebek mellett a vizsgált berendezés típusától és felépítésétől is függ, hogy ezek közül melyeket határozhatjuk meg a berendezés vizsgálata során. Más mennyiségek is hasznosak lehetnek egyes esetekben, de a csontdenzitométerek esetén a levegőben elnyelt dózis és a besugárzott terület (nyalábkeresztmetszet) szorzata (DAP) az a mennyiség, amelyet érdemes erre felhasználnunk. Az alább ismertetett egyszerűsített módszert akkor alkalmazhatjuk, hogyha a mérőműszerünk érzékeny térfogata vagy érzékelője teljes mértékben a nyalábban van az egész szkennelés során.

b) Forrásdokumentumok

Commissioning and Quality Assurance Protocol for Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) Systems. Sheahan et al. Radiation Protection Dosimetry (2005), Vol. 117, No. 1–3, pp. 288–290.

National protocol for quality assurance in DXA-bone densitometry. Slavchev et al. Pol J Med Phys Eng. 2008; 14(4):207-215.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Víz- vagy plexifantom, amely $25 \times 25 \times 15 \text{ cm}^3$ térfogatú,
- Levegőkerma mérésére hitelesített ionizációs kamra,
A mérés elvégzéséhez kb. 10 perc szükséges.

d) A vizsgálati eljárás leírása

Az alábbi leírás azt a módszert ismerteti, melynél a kamra fizikai méreteit meghaladó kiterjedésű besugárzási mezőt be tudunk állítani.

1. Az ionizációs kamrát helyezzük el a röntgencső fölött az asztalon. Felette 1-2 cm-rel, például faécek vagy más távtartó segítségével helyezzük el a plexifantomot.
2. Olyan üzemmódot válasszunk, amely állandó értéken tartja az expozíciós paramétereket és a szkennelt területet válasszuk meg úgy, hogy az a kamra felületénél az adott síkban nagyobb legyen.

Megjegyzés: Ha a kamra felülete pl. 12 cm átmérőjű és kör keresztmetszetű, akkor válasszunk pl.: $16 \times 16 \text{ cm}^2$ -es szkennelt mezőt. Ekkor a mérés során hibát okozhat, hogyha nem egyenletes a nyaláb intenzitása és az energiája a teljes szkennelés során.

Megjegyzés: Abban az esetben, hogyha az ionizációs kamra mérete minden irányban meghaladja a besugárzási mező kiterjedését, akkor az ionizációs kamra síkjában meghatározott mezőméret helyett az ionizációs kamra alapterületét kell szorzótényezőként felhasználnunk.

Ezt könnyű belátni, egy plán-parallel („palacsintasütő”) kamra segítségével. A kamra elektródái közötti távolság „h”, az érzékeny térfogatának „h”-ra merőleges területe „A”, így érzékeny térfogata $V = A \times h$, a benne lévő gáz tömege „M”. A kamrára merőleges sugárnyaláb, annak érzékeny térfogatát „v” térfogatban metszi, amelynek nyalábra merőleges keresztmetszete az „a” felület. A kamra hitelesítése vagy kalibrálása során teljesül, hogy $a > A$, azonban a ceruzanyaláb (pencil beam) geometriában $a < A$ és így a mért „Q” töltés a „v” térfogatban keletkezik, amelynek tömege „m”. Tehát ha a kamrának csak a/A hányada került besugárzásra, akkor a részleges besugárzás során ténylegesen mért dózis meghatározásához $(Q/m)/(Q/M) = M/m = A/a$ korrekciót kell elvégeznünk, így $D_{\text{korr}} = Q/m = A/a D$, ahol D_{korr} a korigált, „D” a kijelzett dózis. Ebből a DAP úgy adódik, hogy: $DAP = D_{\text{korr}} \times a = (A/a) \times D \times a$, ami egyszerűsítve: $D \times A$, vagyis ez megfelel a kamra „A” teljes felületének és a mért dózis szorzatának, tehát a besugárzott keresztmetszet méretétől független a DAP.

3. Jegyezzük fel az expozíciós paramétereket: szkennelt terület mérete, áramerősség, szkennelési idő illetve a visszajelzett és mért dózisok.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

1. Határozzuk meg a dózis-terület szorzatot (DAP). Ehhez az ionizációs kamra által mért dózist meg kell szoroznunk a szkennelt terület méretével.

f) Elfogadási kritériumok

A dózis-terület szorzat elfogadhatóságára nincsenek kifejezetten korlátok. A mért értéket a korábbi eredményekkel kell összevetni vagy a gyártó által megadott értékkel. Elvárható, hogy az esetlegesen kijelzett és a mért érték eltérése nem éri el a 30%-ot.

g) Helyesbítő intézkedések

A megadott tűrésen kívüli érték észlelése esetén ellenőrizzük, hogy a mérési elrendezést helyesen határoztuk-e meg.

Megjegyzés: Hiba adódhat abból is, hogy helytelen méretekkel vettük figyelembe az ionizációs kamra síkjában a sugárnyaláb keresztmetszetét. Ekkor érdemes megvizsgálni önhívó film vagy más képreceptor segítségével, hogy mekkora annak tényleges mérete.

3.3.1.6. Felezőréteg-vastagság meghatározása (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az alábbiakban ismertetett eljárás célja az első felezőréteg-vastagság meghatározása, mert e paraméter jól jellemzi az adott sugárminőséget, illetve indikátora a változásoknak, a röntgenső öregedésének. E paraméter persze csak részlegesen ad információt a csontdenzitómeterben alkalmazott röntgensugárzás pontos spektrális eloszlásáról.

b) Forrásdokumentumok

Commissioning and Quality Assurance Protocol for Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) Systems. Sheahan et al. Radiation Protection Dosimetry (2005), Vol. 117, No. 1–3, pp. 288–290.

National protocol for quality assurance in DXA-bone densitometry. Slavchev et al. Pol J Med Phys Eng. 2008; 14(4):207-215.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- ismert (néhány tizedmilliméter) vastagságú, az ionizációs kamra keresztmetszeténél nagyobb területű alumíniumlemezkből álló sorozat,
- Levegőkerma mérésére hitelesített, 100...180 cm³ térfogatú plán-parallel ionizációs kamra,
- Mérőszalag.

A mérés elvégzéséhez kb. 20 perc szükséges.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Az ionizációs kamrát helyezzük el a röntgenső fölött, az asztalhoz képest kb. 10 cm-rel megemelve.
2. Válasszunk ki egy üzemmódot a berendezésen, melynek alkalmazásától ne térjünk el a vizsgálat ismétlésekor. Ez legyen olyan üzemmód, amely során a berendezés nem változtatja az expozíciós paramétereit.
3. Ügyeljünk rá, hogy semmilyen sugárgyengítő vagy szóróközeg ne legyen a nyaláb útjában és végezzük el az első expozíciót, majd jegyezzük le a mért dózist (Y_0).

4. A mérést ismételjük addig, míg a felezőréteg-vastagságot meghaladó (X_1) és azt el nem érő (X_2) alumínium szűrővastagságok mellett mért dózisosok (Y_1 , Y_2) egyaránt rendelkezésünkre állnak.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A felezőréteg-vastagságot (HVL) meghatározhatjuk logaritmikus interpolációval az alábbi képlet segítségével:

$$HVL = \frac{X_1 \cdot \ln\left(\frac{2Y_2}{Y_0}\right) - X_2 \cdot \ln\left(\frac{2Y_1}{Y_0}\right)}{\ln\left(\frac{Y_2}{Y_1}\right)}$$

ahol:

- HVL a kiszámított felezőréteg-vastagság,
- X_1 a HVL-t még el nem érő Al szűrővastagság értéke,
- X_2 a HVL-t meghaladó Al szűrővastagság értéke,
- Y_0 a műszerrel mért levegőkerma értéke, Al szűrők nélkül,
- Y_1 a HVL-t még el nem érő Al szűrővastagság értékéhez tartozó, mért levegőkerma,
- Y_2 a HVL-t meghaladó Al szűrővastagság értékéhez tartozó, mért levegőkerma.

Megjegyzés: A kiértékelés során más módszer is alkalmazható (lin-log ábrázolás, grafikus értékeléssel, lineáris interpoláció), az eltérő módszer alkalmazásának a tényét szintén rögzíteni kell. A mérési eredményt három tizedesjegyre kell megadni.

f) Elfogadási kritériumok

A felezőréteg-vastagság elfogadható értékére az IEC által rögzített kritériumok alkalmazhatóak:

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre,	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre,
	mm Al	mm Al
40	1,2	1,4
50	1,5	1,8
60	1,8	2,2
70	2,1	2,5
80	2,3	2,9
90	2,5	3,2
100	2,7	3,6

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al
110	3,0	3,9
120	3,2	4,3
130	3,5	4,7
140	3,8	5,0
150	4,1	5,4

g) Helyesbítő intézkedések

Fontos megjegyezni, hogy az egyes berendezések esetén a korábbi vizsgálataik során mért értékektől eltérő, az évek során jelentősen megváltozott felezőréteg-vastagság nem feltétlenül jelenti azok alkalmatlanságát, mert a velük meghatározott BMD-érték ettől függetlenül elfogadható lehet. Helyesbítő intézkedést tehát nem szükséges hozni az akár jelentősen eltérő felezőréteg-vastagságok esetén sem, azonban érdemes fokozottan ügyelni az állandósági vizsgálatok eredményeire és a mérési eredményekre felhívni a szakszerviz figyelmét is.

3.3.2. Intraorális fogászati röntgenberendezések

Az intraorális röntgenberendezéseket a fogorvoslásban alkalmazzák. Segítségükkel a fogorvos információt kaphat a páciens kérdéses fogainak állapotáról.

A röntgenfelvételezés során a páciens a fogászati kezelőszékben, vagy egy úgynevezett felvételező székben foglal helyet, amely állítható fejtámlával rendelkezik, és lehetőség van a fej elmozdulás elleni rögzítésére. A röntgenberendezés kezelőhelyiségekben, vagy külön kialakított röntgenhelyiségekben is alkalmazható.

A berendezést kezelő személy beállítja a megfelelő felvételhez szükséges röntgenparamétereket: kV, mA, s. A berendezések zöménél állandó kV és mA értékkel üzemel, csak az idő állítására van lehetőség. A kezelő pozícionálja a röntgenkészüléket és a képreceptort. Utóbbit a páciens tartja a szájában. A 3 x 4 cm-es képreceptor lehet fogászati röntgenfilm, CR lemez, vagy digitális detektor. A készülék tubusának végén a kilépőablak mérete nagyobb, mint a képreceptor mérete, leggyakrabban 6 cm átmérőjű, kör keresztmetszetű.

A páciens védelmére egy legalább 0,25 mm ólom-egyenértékű pajzsmirigyvédő gallérral ellátott ólomgumi kötény szükséges, ami elől a sugárérzékeny szerveket takarja. Ennek annyi szerepe van, hogy a szivárgó és szórt sugárzás ellen védjen. Amennyiben a páciensnek megterhelő a használata (pl. légzési nehézség miatt), indokolt esetben elhagyható az alkalmazása.

A röntgenberendezés lehet pantográf karral ellátott falra, mennyezetre vagy kezelőszékre telepített, ritkábban mobil, kerek állványra szerelt kivitelű. A hordozható intraorális röntgenkészüléket a kezelő személy a kezében tartja, vagy állványra szereli exponálás előtt.

A röntgenfelvételt a kezelő távolságvédelemmel, sugárvédelmi árnyékolás mögül, különleges helyzetekben (mozgássérültek, mobil fogászati ellátás) a kézből exponálható hordozható intraorális röntgenberendezésnél egy legalább 0,25 mm ólom-egyenértékű ólomgumi köpenyt viselve készíti el.

Csak indokolt esetben, ha a páciens ilyen támogatásra szorul, vagy gyermekek esetében lehet szükséges a röntgenfelvétel készítés közben a páciens mellett más személy jelenléte. Ez célszerűen a kísérője, hozzátartozója, aki a képreceptort tartja. Ebben az esetben számára is biztosítani kell egy 0,25 mm ólom-egyenértékű köpenyt, amely legalább a mellkas felőli védelmet biztosítja.

Javasoljuk, hogy ne alkalmazzanak olyan intraorális röntgenberendezést, amelynél a legnagyobb beállítható röntgensőfeszültség kevesebb, mint 60 kV.

Az intraorális röntgenberendezések esetén a minimálisként előírt fókuszbőr távolság 20 cm. Az ennél kisebb fókuszbőr távolsággal rendelkező berendezések használatát fel kell függeszteni (ld. MSZ EN 60601-2-65 203.9 követelménye).

3.3.2.1. Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a generátor pontosságának ellenőrzése. A csőfeszültség a sugárzás minőségével, míg a csőáram-idő szorzat a sugárzás mennyiségével függ össze. A sugárzás minősége az elérhető kontrasztfelbontást szabja meg, míg az áramerősség és az idő a leadott dózis mennyiségét határozza meg. A csőáram-idő szorzat négyzetgyökös összefüggésben van a zajjal. Intraorális röntgenberendezéseken általában csak egy-két fixen választható kV érték van.

A linearitásvizsgálat (csőáram-idő szorzat – levegőkerma függés) során azonos csőfeszültség-értékek mellett folyamatosan növelve a csőáram-idő szorzatot, arányosan kell növekedjen a kibocsátott sugárzás mennyisége. Erre az intraorális fogászati röntgenberendezéseknél legtöbbször csak az expozíciós idő növelésével van lehetőség.

A reprodukálhatóság vizsgálatánál a mért értékek átlagtól való eltérését kell ellenőrizni.

Megjegyzés: A címben felsorolt vizsgálatok mérési eredményei egyidejűleg meghatározhatóak a megfelelő műszer segítségével, amely képes arra, hogy a csőfeszültség csúcsértékeit vagy más, a csőfeszültségre jellemző jelzőszámot, a dózis időbeli változásával egyidejűleg rögzítse.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 5.2 és 5.7 szakaszai.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas),

- Számítógép (számológép) a kiértékeléshez.
- A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama kb. 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A röntgenparaméter-mérő műszert helyezük vízszintesen közvetlenül az intraorális röntgenberendezés tubusa alá úgy, hogy a műszer érzékelője előtti síkra merőleges legyen a sugárnyaláb tengelye, a tubus kilépőablaka illeszkedjen a műszer felszínéhez.
2. A legtöbb intraorális röntgenberendezés esetén a fókuszbőr távolság 20 cm. Ellenőrizzük ezt méréssel, ha lehet, vagy a gyártói kézikönyv alapján és számítsuk ki a röntgenparaméter-mérő detektorának távolságát a fókusztól.
3. Exponáljunk a beállítható legnagyobb és legkisebb, valamint egy közepes értékű csőfeszültség-beállítás mellett.

Megjegyzés: A legtöbb intraorális röntgenberendezésen csak egyetlen, ritkábban kétféle csőfeszültség-érték állítható be. A helyes mérés érdekében győződjünk meg róla, hogy a detektor érzékeny felületét teljesen lefedi a sugármező.

Megjegyzés: Egyes intraorális gépek félhullámú, vagy teljeshullámú egyenirányítást alkalmaznak a nagyfeszültség előállításához. Az univerzális röntgenparaméter-mérők általában ezt felismerik a jelalak ellenőrzésekor, azonban ennek helyességéről mindenképpen győződjünk meg.

Megjegyzés: Az olyan intraorális berendezéseknél, amelyeket filmmel használtak, majd digitális képreceptorra tértek át, leggyakrabban kiegészítő szűrőkkel látják el (>0,8 mm Al v. >0,1 mm Cu), melyek befolyásolhatják a röntgenparaméter-mérő által mért csőfeszültség értékét.

4. A csőáram-idő szorzat linearitásának ellenőrzéséhez válasszunk egy kisebb értéket, amelyet kétszerezünk úgy, hogy a vizsgálat során összesen 4...5 mérési pontban végzünk expozíciót, egyre növekvő csőáram-idő szorzatokkal.
5. A sugárzás-kibocsátás vizsgálatához exponáljunk öt alkalommal, azonos paraméterekkel.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A csőfeszültség pontosságának méréséhez a beállított és kijelzett értékeket kell expozícióként összehasonlítani egymással.

A csőáram-idő szorzat linearitásának mérésekor az 1 m-re átszámított levegőkerma értékét határozzuk meg a kijelzett vagy beállított értékre vetítve, az alábbi képlet szerint:

$$K_a' = \frac{\left(\frac{d_m}{d_{ref}}\right)^2 \cdot K_{a,m}}{Q_{be}}$$

ahol:

- | | |
|-----------|---|
| K_a' | az adott méréshez kiszámított sugárzáskibocsátás, |
| d_{ref} | a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításhoz alkalmazott referencia-távolság, mindenképpen 1 m, |
| d_m | a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókuszbőr-távolság, |
| $K_{a,m}$ | a műszerrel mért levegőkerma értéke, |

Q_{be} a beállított csőáram-idő szorzat.

A besugárzási idő pontosságának meghatározásakor a beállított és mért értékeket kell összehasonlítani egymással.

A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága során szintén a fenti képletet lehet alkalmazni, illetve 5 expozíció átlagát kiszámítani.

f) Elfogadási kritériumok

- Röntgensőfeszültség pontossága: $\pm 10\%$,
- Besugárzási idő pontossága: $\pm 20\%$,
- Besugárzási idő reprodukálhatósága: $\pm 10\%$,
- Sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága: $\pm 20\%$ eltérés a számított értékek átlagától.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A mérési eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény van, a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása, különös tekintettel a detektor pozicionálására.
3. A teljes vizsgálat megismétlése után egyértelműen megállapítható, hogyha a generátor működése hibás vagy következetlen.

Megjegyzés: Az intraorális fogászati röntgenberendezések generátorai általában alacsonyabb pontosságúak, mint a felvételi berendezéseké, mert így gazdaságosabb és kisebb tömegű egységeket készíthetnek. Ez a pantográf karok terhelhetősége miatt is fontos. Az egyébként helyesen működő, újonnan üzembe helyezett egységeknél is előfordul, hogy néhány százaléknnyival eltér a reprodukálhatóság eredménye az átlagtól.

4. Hibás generátorral a berendezés nem üzemeltethető, ebben az esetben a használatát fel kell függeszteni és gondoskodni a javíttatásáról.

3.3.2.2. Felezőréteg-vastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségét jellemző felezőréteg-vastagság meghatározása. E méréshez a legkényelmesebb módon az előbbi méréshez is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő műszer használható fel, azonban ennek hiánya esetén a „hagyományos” módszer is alkalmazható. Az eljárás leírásánál az előbbi módszert ismertetjük.

Megjegyzés: A „hagyományos” módszer alatt az MSZ 62-2:2017 szabványban közölt definíció szerint határozható meg a felezőréteg-vastagság. A vizsgálat során a gyengítetlen elsődleges sugárnyaláb levegőkerma-teljesítményét kell meghatározni az adott sugárminőség mellett, majd más körülményeket változtatlanul hagyva (távolság, detektor, mérési elrendezés), a kollimált nyaláb útjába nagy tisztaságú, ismert, és jól meghatározott vastagságú alumíniumlemezeket kell helyezni az egymást követő expozíciók során. Ezt mindaddig ismételni kell, míg az eredeti intenzitás felét kissé meghaladó, illetve el nem érő érték nem adódik a mérőműszerrel a sugárgyengítő alumíniumlemezekkel. A mérési eredmények

értékeléséhez logaritmikus interpolációt, a nagyon közeli értékek esetén lineáris interpolációt alkalmazhatunk. Az eredmények közlésekor mm Al, vagy ha a felezőréteg-vastagság meghatározásához rezet alkalmaztunk, akkor mm Cu értéket kell közölni a mérés bizonytalansága függvényében 1-2 tizedesjegy pontossággal.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-1-3:2015 szabvány 7. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis, HVL mérésére alkalmas)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama kb. 15 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A röntgenparaméter-mérő műszert helyezzük vízszintesen közvetlenül az intraorális röntgenberendezés tubusa alá úgy, hogy a műszer érzékelője előtti síkra merőleges legyen a sugárnyaláb tengelye, a tubus kilépőablaka illeszkedjen a műszer felszínéhez.
2. Exponáljunk az összes lehetséges csőfeszültség-beállítás mellett és jegyezzük le a mért eredményeket.

Megjegyzés: A felezőréteg-vastagság mérését jelentősen befolyásolhatja, ha a generátor feszültség jelalakjának hullámossága meghaladja a 10%-ot, ezért meg kell győződni arról, hogy ez nem befolyásolja a mérést vagy a megfelelő korrekciókat alkalmazni, beállítani a műszerben.

Megjegyzés: Ha a műszerünk erre alkalmas, akkor ugyanazzal az expozícióval, amely során a csőfeszültséget, ezt a vizsgálatot is elvégezhetjük.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért felezőréteg-vastagságot össze kell vetni a megadott értékekkel.

f) Elfogadási kritériumok

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al
60	1,8	2,2
70	2,1	2,5

g) Helyesbítő intézkedések

Eltérés észlelése esetén a vizsgálat körülményeit ellenőrizzük és szükség esetén ismételjük meg azt. Amennyiben a berendezés nem teljesíti a követelményt, úgy annak okát ki kell vizsgálni és ha szükséges, akkor javíttatni a berendezést. Egy lehetőség a felezőréteg-vastagság növelésére kiegészítő szűrő elhelyezése a tubusban. Ennek alkalmazása azt a következményt vonja maga után, hogy a generátor és a cső terhelése megnövekszik a hosszabb expozíciós idők miatt, így a berendezés várható élettartama csökken.

3.3.2.3. Belépőoldali bőrdózis meghatározása (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a páciens belépőoldali bőrdózisának meghatározása. Ennek meghatározására többféle módszer is ismeretes, alkalmazhatóak szilárdtest dózismérők, ionizációs kamrák vagy a korábbi pontokban is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő berendezés. E leírás is az utóbbi alkalmazását követi.

Megjegyzés: A leírt módszer a mérési elrendezés és az alkalmazott műszer miatt figyelmen kívül hagyja a visszaszórást. Az eltérő módszerek alkalmazásakor e tény ellenőrzésére külön figyelmet kell fordítani.

b) Forrásdokumentumok

Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, 22. fejezet. IAEA, Bécs, ISBN 978-92-0-131010-1

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis, HVL mérésére alkalmas)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama kb. 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A röntgenparaméter-mérő műszert helyezük vízszintesen közvetlenül az intraorális röntgenberendezés tubusa alá úgy, hogy a műszer érzékelője előtti síkra merőleges legyen a sugárnyaláb tengelye, a tubus kilépőablaka illeszkedjen a műszer felszínéhez.
2. A legtöbb intraorális röntgenberendezés esetén a fókuszbőr távolság 20 cm. Ellenőrizzük ezt méréssel, ha lehet, vagy a gyártói kézikönyv alapján, és számítsuk ki a röntgenparaméter-mérő detektorának távolságát a fókusztól.
3. Exponáljunk a beállítható legnagyobb és legkisebb, valamint egy közepes értékű csőfeszültség-beállítás mellett és jegyezzük le a mért levegőkerma értékét.

Megjegyzés: Ha a műszerünk erre alkalmas, akkor ugyanazzal az expozícióval, amely során a csőfeszültséget és a felezőréteg-vastagságot meghatároztuk, ezt a vizsgálatot is elvégezhetjük.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért levegőkerma értékét rögzíteni kell a későbbi összehasonlítások céljából és fel kell jegyezni mellette a hozzá tartozó fókuszbőr távolságot is.

Megjegyzés: Amennyiben a bőrfelszín síkjában vagy a tubus végén ismert a teljes sugármező mérete, akkor azt is érdemes lejegyezni. A dózis-terület szorzat becsléséhez ezek egyszerű szorzását elvégezhetjük, a sugármező inhomogenitása nem okoz néhány százaléknál nagyobb hibát.

f) Elfogadási kritériumok

A mért belépőoldali bőrdózis értékére nem vonatkoznak jelenleg előírások, műszaki követelmények.

g) Helyesbítő intézkedések

A páciens belépőoldali bőrdózisának megengedett legnagyobb értékére nem áll rendelkezésre korlátozó érték, azonban össze kell hasonlítani a korábbi mérési eredményekkel, és ha az eltérés meghaladná a 30%-ot, akkor érdemes kivizsgálni az eltérés okát.

3.3.2.4. Képminőség értékelése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képminőség az egyik olyan értékelési szempont, amely egyértelműen meghatározza egy berendezés használhatóságát. Az intraorális berendezéseknek leggyakrabban nincs állandó, csak az adott készülékkel használható képreceptora. Az újabb készülékek már opcionálisan használhatóak digitális detektorokkal, vagy a hagyományos fogfilmekkel is.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 5.8 és 5.9 szakasza.

Bundesregierung BRD (2004). Richtlinie zur Durchführung der Qualitätssicherung bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung oder Behandlung von Menschen - Qualitätssicherungs-Richtlinie (QS-RL) - Gemeinsames Ministerialblatt. Nr. 37-38, 2004

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Képminőség-ellenőrző vizsgálatotest, amely alkalmas a kontrasztláthatóság- és a térbeli felbontás vizsgálatára,
- Önhívó film, ha a berendezéshez alkalmazott digitális receptor nem illeszthető bele a vizsgálatotestbe.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama kb. 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A képminőség értékelésére szolgáló fantomot rögzítsük egy vízszintes felületen.
2. A fantom kialakításának megfelelően az azon jelölt geometriai középpontnak megfelelő helyre centrálva helyezzük el a tubust. A tubus érjen a fantomhoz, legyen olyan közel, amennyire csak lehetséges.
3. Helyezzük el a digitális képreceptort vagy önhívó filmet a fantom megfelelő nyílásában és készítsünk legalább egy felvételt olyan paraméterekkel, amelyek az „átlagos felnőt” (és pl.: moláris) felvételezéséhez használatosak.

Megjegyzés: Ha a digitális képreceptor nem fér el a fantomban, akkor használjunk önhívó filmet. Utóbbi alkalmazása előnyösebb egyes esetekben, mert gyorsan és egyszerűen kiértékelhető, illetve a későbbi dokumentáció céljából is megőrizhető.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A fantomról készült felvételt a leletezéshez vagy megjelenítéshez használt munkaállomáson értékeljük vagy filmnéző szekrényen, nagyítóval vizsgáljuk meg. A kiértékeléshez – amennyiben lehetséges – nagyítsuk a felvételt és állítsuk a kontraszt/fényerő értékeket olyanra, hogy a térbeli felbontás és a kontrasztfelbontás vizsgálatbetétei a legelőnyösebben értékelhetőek legyenek.

A fantom leírásában közöltek szerint értékeljük, hogy sorszám szerint hány kontrasztlépcső és hány darab, a vonalpárfelbontás vizsgálatára szolgáló részlet értékelhető.

f) Elfogadási kritériumok

A kontrasztrészlet-láthatóságra vonatkozóan nincsenek követelmények, azt az összehasonlításokhoz szükséges használni.

A vonalpár-felbontás vizsgálata során kapott érték nem lehet kevesebb 1,0 lp/mm-nél.

Megjegyzés: Az önhívó intraorális röntgenfilmek szemcsemérete lehetővé teszi, hogy 3,0 lp/mm-ig terjedő felbontást vizsgáljunk vele az előhívási hibákat is figyelembe véve.

g) Helyesbítő intézkedések

A képminőségben, amennyiben hasonló módszerrel végeztek vizsgálatot korábban, nem várható el romlás, ha azonos képreceptort alkalmaztak.

3.3.2.5. Csőegység mechanikai stabilitásának meghatározása (csak pantográf karos berendezéseknél)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Alapvető műszaki követelmény minden röntgenberendezéssel szemben, hogy kialakítása olyan legyen, hogy a vele végzett eljárás során a sugárforrássegységet ne legyen szükséges kézzel tartani. Ennek megítélése különösen kritikus a pantográf karos, állványra, kezelőszékre vagy falra szerelt intraorális röntgenberendezések esetén, ezért e mechanikai vizsgálatot kiemelten, a sugárvédelemmel összefüggő mérések között leírja ezen útmutató.

b) Forrásdokumentumok

Nem alkalmazható.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

A vizsgálat nem jár expozícióval, kivitelezéséhez egy acélvonalzó elégséges.

A vizsgálat elvégzése és a kiértékelés időtartama kb. 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Rögzítsük az acélvonalzót függőlegesen egy, az intraorális berendezéshez közel található, jól megvilágított és könnyen hozzáférhető, jól látható felületen.
2. Az intraorális röntgenberendezés tubusát illesszük az acélvonalzó egy meghatározott rovásához.
3. Rögzítsük az esetlegesen alkalmazott fékeket a pantográf karon.
4. Jegyezzük fel az így beállított pozíciót és öt percen át, percenként ellenőrizzük a pillanatnyi helyzetét a csőnek, azt jegyezzük le.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az egyes feljegyzésekhez tartozó pozíciókat megfigyelve látható, hogy a cső pozíciójának süllyedése trendszerű-e. A legkisebb és legnagyobb értékek különbségét határozzuk meg.

f) Elfogadási kritériumok

Elvárható, hogy az intraorális röntgenberendezés pantográf karja nem süllyed több mint 5 mm-nyit 5 perc alatt.

Megjegyzés: E kritérium átmeneti, tapasztalati úton meghatározott eredmény.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a vizsgálat igazolja, hogy a mechanikai stabilitás nem megfelelő, a berendezés szervizeltetéséről gondoskodni kell.

3.3.2.6. Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szivárgó sugárzás meghatározásának célja, hogy tájékozódhassunk a röntgencsővet körülvevő bura ólomárnyékolásának épségéről. Ez elsősorban a páciens sugárvédelmét szolgálja, másfelől a kezelő személyét is óvó műszaki intézkedés.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-2-65 szabvány 203.12. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Sugármérő műszer, erre alkalmas ionizációs kamra,
- Ólomlemez (legalább 3 mm vastag, amely teljesen lefedi a kilépőablakot),
- Önhívó filmek (opcionális)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Az intraorális röntgenberendezés tubusán rögzítsük az ólomlemez vagy az ólomlemez helyezzük el sík felületen és a tubust illesszük rá függőlegesen úgy, hogy a kilépőablakát teljesen lezárjuk. A cső környezetében ne legyen szóróközeg vagy árnyékoló anyagok.
2. A műszert helyezzük el 1 m távolságra a fókuszponttól és „integráló” üzemmódban végezzünk mérést a legnagyobb névleges üzemi paraméterekkel.
3. Ügyeljünk arra, hogy a mérés irányát úgy adjuk meg, hogy az relatív legyen a tubus jelöléseivel, pozíciójához viszonyítva.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért eredményhez alkalmazott csőáram-idő szorzat alapján határozzuk meg a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges értékét a gyártó által megadott óránként lehetséges üzemműciklusokban kapcsolható legnagyobb töltésmennyiség alapján:

$$K_{a,l} = \frac{Q_{ref}}{Q_{be}} \cdot K_{a,m}$$

ahol:

- | | |
|-----------|---|
| $K_{a,l}$ | a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges mennyisége, |
| Q_{ref} | a referenciaként alkalmazott, egy órára vetített csőáram-idő szorzat (ld. még a megjegyzést), |
| $K_{a,m}$ | a műszerrel mért levegőkerma (vagy más dózismennyiség) értéke, |
| Q_{be} | a beállított csőáram-idő szorzat. |

Megjegyzés: A gyártók a kézikönyvekben közlik azt a legnagyobb terhelhetőséget, amelyet az állóanódú röntgencső károsodás nélkül elvisel (üzemműciklus, duty cycle). Ennek értéke lehet például 1:30, ami azt jelenti, hogy minden 1 másodpercnyi expozíciós idő után 30 másodpercen keresztül hagyni kell hűlni a csövet. Ez alapján egy óra alatt legfeljebb 2 percen keresztül exponálhatunk a röntgencsővel. Egyes gyártók azt közlik, hogy legfeljebb hány felvételt lehet elvégezni.

f) Elfogadási kritériumok

A szivárgó sugárzás nem haladhatja meg a legnagyobb névleges csőfeszültség és csőáram-idő szorzat mellett e berendezéseknél a 0,25 mGy értéket 1 óra alatt.

g) Helyesbítő intézkedések

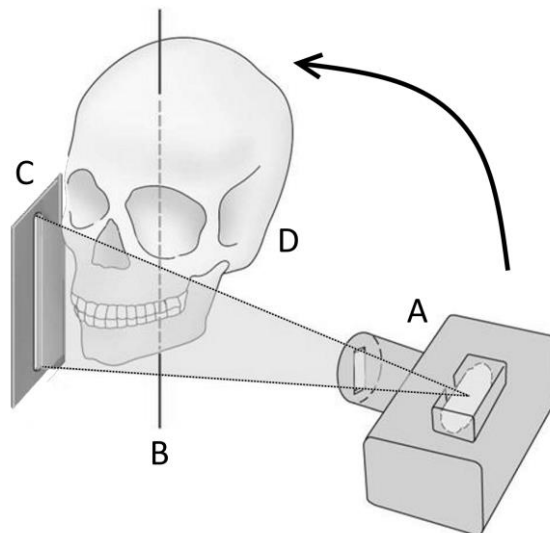
Amennyiben eltérést tapasztalunk, ismételjük meg a mérést.

Megjegyzés: A méréshez olyan műszert kell használni, amelyet levegőkerma mérésére, esetleg $H^(10)$ környezeti dózisegységték-teljesítmény mérésére hitelesítettek. Amennyiben a műszer adott dózismennyiségre végzett hitelesítése miatt merülne fel gyanú, hogy egy adott röntgenberendezés nem teljesíti a követelményt, akkor nagyon valószínű, hogy hasonló eredmények születnének más hitelesítési mennyiség esetén is. Ebben az esetben mindenképpen győződjünk meg róla, hogy a berendezés röntgensövét körülvevő árnyékolások és burkolatok épek, egy esetleges korábbi szervizbeavatkozás, vagy ellenőrzés után megfelelően kerültek a helyükre. A berendezés burkolatának megbontását bízzuk szakemberre!*

3.3.3. Fogászati panoráma röntgenberendezések

A panoráma röntgenberendezéseket a fogorvoslásban alkalmazzák. A panoráma felvételnél a teljes fogsorról, a részpanoráma felvételnél az adott régióról kapunk információt. Kefalometriás felvételezést a fogszabályozásnál alkalmaznak, amivel megállapítható, hogy az arckoponya mely részeinek növekedési zavara okoz torzulást.

Röntgenfelvételezés során a berendezésen biztosított a fej elmozdulás elleni védelme áll- és fejtámasz segítségével. A berendezés működését az alábbi ábra (3.3.3) szemlélteti.



3.3.3 ábra: A panoráma röntgenberendezés vázlata

A páciens beállítása és a megfelelő anatómiai program vagy technikai paraméterek kiválasztása után a felvételezés megkezdődik és az expozíció indításával egyidőben a „B” forgástengely körül az ábrán jelölt nyíl szerinti irányba fordul a berendezés. Az ábrán „A”-val jelzett sugárforrásegységből, a végablakán látható részblendén lép ki a röntgensugárzás a páciens irányába. A „B” forgástengely körül fordul meg a teljes képkalkotó rendszer úgy, hogy eközben a „C” másodlagos kollimátoron keresztül a képreceptor elnyeli a „D”-vel jelzett vizsgált testen

áthaladó sugárnyalábot. A „C” másodlagos kollimátor mögött elhelyezkedhet digitális képreceptor vagy film, ritkábban CR lemez, azonban utóbbiak esetén a kazettát folyamatosan mozgatnia kell a berendezésnek, hogy az egyes szögekből felvett képrészletek egymás mellett helyezkedhessenek el.

Kezelőhelyiségekben, vagy külön kialakított röntgenhelyiségekben is elhelyezhetőek a berendezések. A legtöbb berendezés felkínál különböző felvételi beállításokat (felnőtt – gyermek, kis fogív – nagy fogív, részpanoráma, állkapocs-ízület stb.), melyekkel a vizsgálat indokoltsága szerint elégséges méretű felvételek készíthetőek el. A legtöbb berendezésnél a felvételhez szükséges röntgenparamétereket (kV, mA, felvételi mód stb.) manuálisan is meg lehet választani.

A páciens védelmére egy legalább 0,25 mm ólom-egyenértékű, a hátat is takaró, ún. panoráma ólomgumi köpeny szükséges, amely elől-hátul a sugárérzékeny szerveket takarja, pajzsmirigyvédő körgallér nem alkalmazható, illetve olyan köpeny sem, melynek gallérja megzavarná a felvételezést.

A röntgenfelvételt a kezelő távolságvédelemmel, vagy sugárvédelmi árnyékolás mögül készíti el. Csak önmagát megtartani képtelen, sérült páciens vagy gyermek esetében lehet a röntgenfelvétel készítés közben a páciens mellett más személy (hozzátartozó, kísérő), ebben az esetben a szükséges sugárvédelemmel el kell látni e személyt is, rajta lehet galléros köpeny. Tekintettel a berendezés működési elvére és folyamatos mozgására, ebben az esetben gondoskodni kell arról is, hogy a támogató ne akadályozza a berendezés körülfordulását, illetve semmiképpen ne érjen bele a felvételbe.

3.3.3.1. Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a generátor pontosságának ellenőrzése. A csőfeszültség a sugárzás minőségével, míg a csőáram-idő szorzat a sugárzás mennyiségével függ össze. A sugárzás minősége az elérhető kontrasztfelbontást szabja meg, míg az áramerősség és az idő a leadott dózis mennyiségét határozza meg. A csőáram-idő szorzat négyzetgyökös összefüggésben van a zajjal.

A linearitásvizsgálat (csőáram-idő szorzat – levegőkerma függés) során azonos csőfeszültség-értékek mellett folyamatosan növelve a csőáram-idő szorzatot, arányosan kell növekedjen a kibocsátott sugárzás mennyisége. Erre a panoráma röntgenberendezéseknél a kiválasztható felvételi programok miatt csak a csőáram növelésével van lehetőség.

A reprodukálhatóság vizsgálatánál a mért értékek átlagtól való eltérését kell ellenőrizni.

Megjegyzés: A címben felsorolt vizsgálatok mérési eredményei egyidejűleg meghatározhatóak a megfelelő műszer segítségével, amely képes arra, hogy a csőfeszültség csúcsértékeit vagy más, a csőfeszültségre jellemző jelzőszámot, a dózis időbeli változásával egyidejűleg rögzítse.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.2 és 6.7 szakaszai.

- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek
- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas)
 - Számítógép (számológép) a kiértékeléshez

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 20...30 perc. Ezt elsősorban a berendezés üzemciklusa korlátozhatja.

- d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat több, különböző mérést foglal tehát magába, a kV-pontosság és a levegőkerma mérését, valamint a felvételi idő pontosságának meghatározása mellett a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságát. A vizsgálatok során válasszuk a teljes panoráma felvételezés lehetőségét.

1. Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert rögzítsük a képreceptor másodlagos kollimátora előtt úgy, hogy a nyaláb egybe essen a műszer detektorával.

Megjegyzés: A pontos méréshez elengedhetetlen a detektor megfelelő pozicionálása. Egyes műszerek lehetőséget biztosítanak arra, hogy a detektor megfelelő pozicionálását ellenőrizzük („check”). Amennyiben a műszer ezzel a funkcióval rendelkezik, úgy ezt az ellenőrzést el kell végezni. Egyes esetekben sajnos ez a fajta ellenőrzés sem biztosítja a helyes pozicionálást és hibát követhetünk el azzal, hogy csak a műszer ellenőrzésére hagyatkozunk. A műszer által helyesnek ítélt pozícióban mindenképpen vizsgáljuk meg, hogy a mért dózis a teljes panoráma felvételezés során eléri-e a néhány mGy nagyságrendjét. Az előbbinél nagyságrendekkel alacsonyabb dózis arra utal, hogy a detektor pozicionálása hibás a megfelelő pozíció-ellenőrzési eredmény ellenére.



3.3.3.1 ábra: A detektor pozicionálása (balra a tartó, jobbra a műszer elhelyezése látható).

Megjegyzés: A berendezések többségén a képreceptor pozícióját jelölik, azonban ezzel nem feltétlenül esik egybe a sugárnyaláb. Ekkor is javasolt átvilágítóernyővel vagy más módon megvizsgálni, hogy pontosan hova esik az elsődleges sugárnyaláb.

A detektor rögzítésekor, ha a burkolat mágnesezhető fémből áll, akkor mágnesekkel, egyébként a műanyag burkolatú berendezések esetén maszkolószalaggal, vagy más ragasztószalaggal rögzíthető a detektor megbízhatóan.

2. A csőfeszültség pontosságának méréséhez végezzünk mérést legalább a legalacsonyabb, a legnagyobb és a köztes, a klinikai gyakorlatban alkalmazott csőfeszültség-értékekkel. Ennél a vizsgálatnál az áramerősség értékének nincs jelentősége, így célszerű egy viszonylag alacsonyabb értéket megválasztani, hogy a röntgensövet kevésbé terheljük. Az univerzális röntgenparaméter-mérők számára ez is elégséges kermát és kermateljesítményt eredményez a megbízható mérési eredményhez.
3. A levegőkermának a csőáram-idő szorzattal való linearitása mérésekor adott, lehetőleg a leggyakrabban használt csőfeszültség érték mellett ismételjük a legkisebb csőáram-értéktől növelve azt. Ha az értéket mindig duplázzuk, a dózisanak is duplázódnia kell.
4. A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának meghatározásához válasszunk ki egy olyan csőfeszültség-értéket amelyet gyakran alkalmaznak és ezzel ismételjük az expozíciót.
5. Jegyezzük le azt is, hogy a vizsgálat során mekkora fókuszt-detektor és fókuszt-képreceptor távolsággal végeztük a méréseket.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A csőfeszültség pontosságának méréséhez a beállított és kijelzett értékeket kell expozícióként összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: A röntgenső feszültségének csúcserőértéke az expozíció során időben változhat, ennek oka, hogy egyes berendezéseknél a teljes panoráma készítésekor a gerinc és a koponya nagyobb sugárgyengítő hatásának kompenzálására megemelik a generátorok programjában annak értékét. Ez nem hiba, azonban ismerni kell az értékeléskor a berendezés pontos működését. A csőfeszültség jelalakjának rögzítésével vagy az átlagos csúcsteszültség mérésekor tehát előfordulhat, hogy a várttól eltérő értékeket kapunk mérési eredményként.

A csőáram-idő szorzat linearitásának mérésekor az 1 m-re átszámított levegőkerma értékét határozzuk meg a kijelzett vagy beállított értékre vetítve, az alábbi képlet szerint:

$$K_a' = \frac{\left(\frac{d_m}{d_{ref}}\right)^2 \cdot K_{a,m}}{Q_{be}}$$

ahol:

- K_a' az adott méréshez kiszámított sugárzáskibocsátás,
- d_{ref} a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításához alkalmazott referencia-távolság, mindenképpen 1 m,
- d_m a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókuszt-detektor távolság,

$K_{a,m}$ a műszerrel mért levegőkerma értéke,

Q_{be} a beállított csőáram-idő szorzat.

A besugárzási idő pontosságának meghatározásakor a beállított és mért értékeket kell összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: Az expozíciót megelőzően előre jelzett besugárzási idő megadhatja a teljes körülfordulási időt, amely nem feltétlenül azonos a nettó sugármeneti idővel, ha a berendezés impulzusüzemű, vagyis megszakítja az egyes vetítési szögekben végzett expozíciók között a sugármenetet. Mivel a vizsgálat célja annak megállapítása, hogy a mért érték következetesen azonos-e, ezért a mért mennyiség kijelzettől való eltérése önmagában nem jelent hibát.

A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága során szintén a fenti képletet kell alkalmazni, illetve öt expozíció átlagát kiszámítani. A berendezés és az idő kímélésére a vizsgálatot három expozíció után befejezhetjük, ha addig a reprodukálhatóság megfelelőnek mutatkozik.

f) Elfogadási kritériumok

- Röntgensőfeszültség pontossága: $\pm 10\%$,
- Besugárzási idő pontossága: $\pm 20\%$,
- Besugárzási idő reprodukálhatósága: $\pm 10\%$,
- Sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága: $\pm 20\%$ eltérés a számított értékek átlagától.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréhatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása, különös tekintettel a detektor pozicionálására.
3. A teljes vizsgálat megismétlése után egyértelműen megállapítható, hogyha a generátor működése hibás, vagy következtelen.

Megjegyzés: A panoráma fogászati röntgenberendezések generátorai általában alacsonyabb pontosságúak, mint a felvételi berendezéseké, mert így gazdaságosabb és kisebb tömegű egységeket készíthetnek. Az egyébként helyesen működő generátoroknál is előfordul, hogy néhány százaléknival eltér a reprodukálhatóság eredménye az átlagtól.

4. Hibás generátorral a berendezés nem üzemeltethető, ebben az esetben a használatát fel kell függeszteni és gondoskodni a javíttatásáról.

3.3.3.2. Felezőréteg-vastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző felezőréteg-vastagság meghatározása. E méréshez a legkényelmesebb módon az előbbi méréshez is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő műszer használható fel, azonban ennek hiánya esetén a hagyományos módszer is alkalmazható. Az eljárás leírásánál az előbbi módszert ismertetjük.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas)

Az expozíciók elvégzése 10 perc, a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben kell kiválasztani 80 kV csőfeszültséget, vagy ha az nem állítható be, akkor egy ahhoz közel eső értéket, vagy a klinikai rutinban leggyakrabban alkalmazott értéket, amelynél elvégezzük a mérést. Az expozíciós idő legyen a lehető legnagyobb, a csőáram pedig egy elégségesen alacsony érték, tehát a csőáram-idő szorzat legyen a névleges érték töredéke.

Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert rögzítsük a képreceptor másodlagos kollimátora előtt úgy, hogy a nyaláb egybe essen a műszer detektorával.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al
60	1,8	2,2
70	2,1	2,5
80	2,3	2,9
90	2,5	3,2

A közbülső értékekre lineáris interpoláció alkalmazható.

g) Helyesbítő intézkedések

A műszer beállításai helyességének ellenőrzését és a vizsgálat megismétlését követően állapítható meg, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményt. Amennyiben a berendezés nem teljesíti a követelményeket továbbra sem, értesíteni kell a szervizt és gondoskodni arról, hogy a megfelelő kiegészítő szűrést beszereljék.

3.3.3.3. Teljes szűrés meghatározása (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző teljes szűrés meghatározása. Ez elsődlegesen sugárvédelmi célt szolgál, mert segítségével meghatározható, hogy az adott berendezés megfelel-e annak a műszaki követelménynek, hogy nem bocsát ki olyan röntgensugárzást, amelyben túl sok lenne az alacsony energiájú foton aránya, amely felesleges sugárterhelést okozna a páciensnek, és nem járul hozzá a képalkotáshoz.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben kell kiválasztani 80 kV csőfeszültséget, vagy ha az nem állítható be, akkor egy ahhoz közel eső értéket, vagy a klinikai rutinban leggyakrabban alkalmazott értéket, amelynél elvégezzük a mérést. Az expozíciós idő legyen a lehető legnagyobb, a csőáram pedig egy elégségesen alacsony érték, tehát a csőáram-idő szorzat legyen a névleges érték töredéke.

Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert rögzítsük a képreceptor másodlagos kollimátora előtt úgy, hogy a nyaláb egybe essen a műszer detektorával.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

A teljes szűrés értéke legyen legalább 2,5 mm Al.

g) Helyesbítő intézkedések

A teljes szűrés meghatározása nem kötelező, mert annál jobban jellemzi a sugárzás minőségét a felezőréteg-vastagság. Tehát a megadott kritériumtól való eltérés esetén érdemes a felezőréteg-vastagság vizsgálatát elvégezni és elsősorban annak az eredményeire támaszkodni.

3.3.3.4. A sugárhatárolás vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A panoráma röntgenberendezések esetén a sugárhatárolás vizsgálatának a célja kettős. Egyrészt segít meghatározni, hogy mekkora az a nyalábszélesség amellyel a berendezés működik, másrészt a korábban üzembe helyezett, kettős kollimátor-rendszerrel felszerelt analóg képalkotóknál lehetőséget biztosít arra, hogy meghatározzuk, az elsődleges és másodlagos kollimátorok utáni nyaláb egybeesik-e. Utóbbit a digitális berendezéseknél nem lehet ellenőrizni.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.5 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Önhívó film vagy más képreceptor,
- 0,5...1,0 mm vastagságú rézlemez,
- Jelölő.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A panoráma röntgenberendezés sugárforrása elé helyezzünk el egy rézlemez, amely a teljes mezőt fedi. Ez arra szolgál, hogy ne exponáljuk túl a képreceptor elé helyezett filmeket.
2. Digitális berendezéseknél a képreceptor elé helyezzünk el egy filmet.
3. Analóg és CR képalkotó berendezéseknél helyezzünk el egy-egy filmet a másodlagos kollimátor előtt és mögött is. Jelöljük meg a filmeket és a pozíciójukat.
4. Válasszunk olyan expozíciós paramétereket, amelyeket az „átlagos felnőtt” felvételezéséhez használnak és készítsünk egy felvételt.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A (két) filmet hívjuk elő és határozzuk meg a nyalábszélességet úgy, hogy a filmen a félárnyékok közötti távolságot lemérjük tolmérővel vagy vonalzóval.

Az analóg és CR berendezéseknél hasonlítsuk össze a másodlagos kollimátor előtt és mögött elhelyezett filmekben a nyalábszélességet.

f) Elfogadási kritériumok

Az előhívott filmekben nem fordulhat elő éles határvonal a nyaláb szélénél – ez azt jelezné, hogy a sugárnyaláb nem pontosan a résre irányul. A digitális berendezéseknél a gyártói dokumentációban, vagy a berendezés kézikönyvében megtalálható a képreceptor névleges szélessége, amelytől jelentősen ($> 1...2$ mm) nem térhet el a mért nyalábszélesség.

Az analóg és CR berendezéseknél, ha a másodlagos kollimátor mögött lévő filmen a nyalábszélesség kisebb, mint az előtte lévő filmen és a másodlagos kollimátor résénél, akkor rossz a sugárnyaláb beállítása, az elsődleges kollimátort újra be kell állítani.

Analóg és CR berendezéseknél lemérhető a másodlagos sugárrekesz szélessége. A másodlagos sugárrekesz mögött elhelyezett filmen mérhető sugárnyaláb nem lehet kisebb, mint a másodlagos sugárrekesz szélessége, vagy a másodlagos sugárrekesz előtt elhelyezett filmen mért sugárnyaláb.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a nyalábszélesség a várttól jelentősen eltér, akkor további vizsgálatot igényel a hiba okának feltárása. Az előbbi pontban utaltunk arra, hogy ha nincs fedésben a képreceptor másodlagos kollimátorával a sugárnyaláb, akkor éles perem rajzolódik ki az előhívott filmen. A digitális berendezéseknél a nyaláb szélessége $1...2$ mm-nyivel meghaladhatja a képreceptor szélességét, de ha ezek nem esnek egybe, akkor a képminőség is közvetlenül rosszabb lesz.

3.3.3.5. Képminőség értékelése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képminőség az egyik olyan értékelési szempont, amely egyértelműen meghatározza egy berendezés használhatóságát.

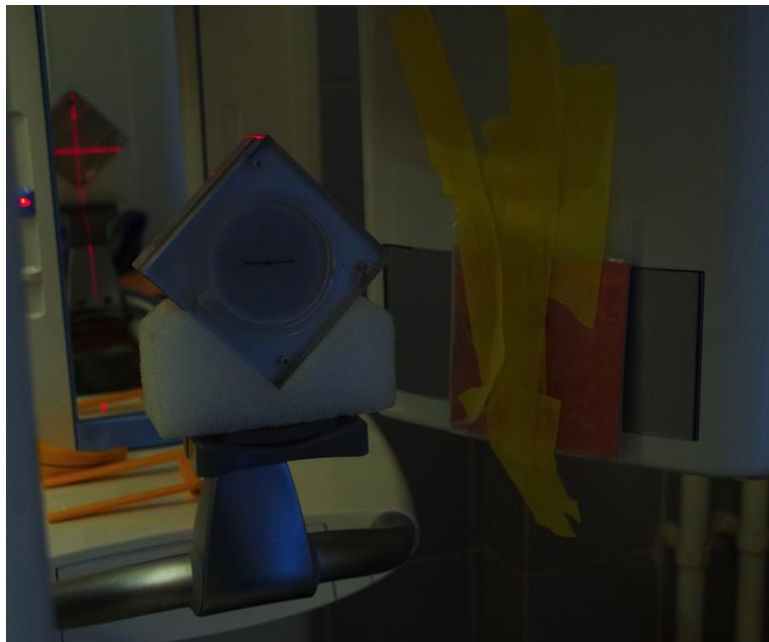
b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.8 és 6.9 szakasza.

- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek
- Képminőség-ellenőrző fantom, amely alkalmas a kontrasztláthatóság- és a térbeli felbontás vizsgálatára,
 - 0,5...1,0 mm vastagságú rézlemez – az alkalmazott fantom függvényében.
- A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 15 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A képminőség értékelésére szolgáló fantomot rögzítjük a fejtámasznál. A kör keresztmetszetű fantomok esetén szükséges lehet egy külön támaszról gondoskodni. A fantom gyártójának kézikönyve szerint vízszintezzük a fantomot és gondoskodjunk annak megfelelő beállításáról.



3.3.3.5a ábra: A fantom pozicionálása.

2. Készítsünk legalább egy felvételt olyan paraméterekkel, amelyek az „átlagos felnőt” felvételezéséhez használatosak.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
- A fantomról készült felvételt a leletezéshez vagy megjelenítéshez használt munkaállomáson értékeljük. A kiértékeléshez nagyítsuk a felvételt és állítsuk a kontraszt/fényerő értékeket olyanra, hogy a térbeli felbontás és a kontrasztfelbontás vizsgálóbetétei a legelőnyösebben értékelhetőek legyenek. Egyes berendezéseknél a panorámaréteg utólag is módosítható (CBCT-k panoráma módja).
- f) Elfogadási kritériumok
- A vizsgálótestről leolvasott eredményeket vessük össze az átvételi vizsgálatkor meghatározott értékekkel, egyébként csak az alapértékek rögzítése történik.
- g) Helyesbítő intézkedések
- Amennyiben a képminőség jelentősen romlott, ezt a csőfeszültség vizsgálatával és a generátor további vizsgálataival alátámaszthatjuk. Egyébként ismételjük meg a mérést. A

hiba jellege utal arra, hogy milyen részegység hibásodhatott meg, ezzel az információval keressük meg a szervizt a hiba fennállása esetén.

3.3.3.6. Mechanikai pontosság vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A panoráma röntgenberendezés a felvételezés elve szerint folyamatosan mozog az expozíció során. A mechanikai jellegű hibákra (szoruló csapágy vagy tengelyek) zajok, zörejek is utalnak, azonban az ilyen hibák objektív azonosítása csak a megfelelő vizsgálóábra felvételezése által lesz egyértelmű.

Megjegyzés: E vizsgálatot a digitális berendezéseknél össze lehet vonni a résszélesség mérésével, ha a vizsgálóábra és a film egymás felett elférnek.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.1 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Vonalpár-felbontás vizsgáló ábra, vagy más, finom beosztású, lépcsőzetes mintával rendelkező vizsgálóábra,
- 0,5...1,0 mm vastagságú rézlemez

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A panoráma röntgenberendezés sugárforrása elé helyezzünk el egy rézlemez, amely a teljes mezőt fedi. Ez a túlexpozíciók elkerülésére szolgál.
2. A vizsgálóábrát rögzítsük úgy, hogy síkja merőleges legyen a sugárnyalábra és lépcsőzetes mintázata vízszintesen kerüljön a képreceptoron rögzítésre.

Válasszunk olyan expozíciós paramétereket, amelyeket az „átlagos felnőtt” felvételezéséhez használnak.



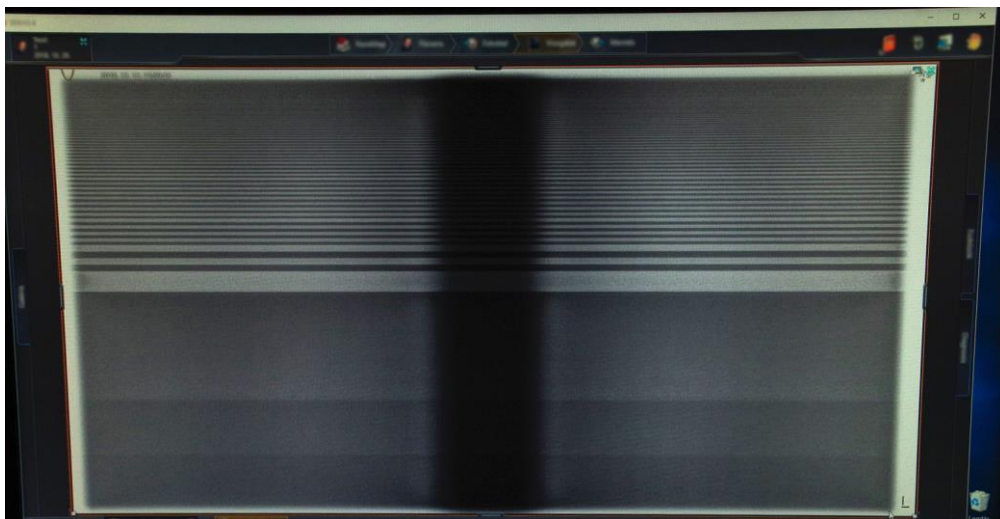
3.3.3.6a ábra: A vizsgálóábra pozicionálása.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A vizsgálóábráról készült felvételt a felvételező munkaállomáson vagy filmnézőn értékeljük szemrevételezéssel.

f) Elfogadási kritériumok

A felvételen nem fordulhat elő függőleges csíkozottság vagy hullámosság. Ezek egyaránt arra utalnak, hogy az expozíció alatt, a körülfordulás során megakad a csövet és a képreceptort tartó konzol.



3.3.3.6b ábra: A vizsgálóábráról készült felvétel.

Megjegyzés: A helyesen működő berendezésnél a teljes panorámafelvételen végigkövethető a vízszintes csíkozottság, de egy szélesebb, 3-4 cm-nyi félhullámnyi folt jelenhet meg a kép közepén. Ez a már említett „gerinc-kiemelés” miatt jelenhet meg a felvételen.

g) Helyesbítő intézkedések

A függőlegesen csíkozott felvételek mechanikai hibára utalnak. Elképzelhető, hogy a felvétel megismétlésével a hiba nem jelentkezik, különösen ha ritkán használják a berendezést. Az ilyen jellegű hiba elhárítása szakszerviz beavatkozását igényli.

3.3.3.7. Dózis-terület szorzat becslése (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A panoráma röntgenberendezések esetén nem áll rendelkezésre egyértelműen meghatározott dózismennyiség a páciens sugárterhelésének jellemzéséhez. Erre leggyakrabban a dózis-terület szorzat szolgálhat.

Megjegyzés: A következő pontokban az egyébként vélhetően rendelkezésre álló univerzális röntgenparaméter-mérővel végezhető vizsgálat menetét írjuk le, azonban ettől eltérően külön KAP- (DAP-) mérő készülék is használható e mennyiség mérésére.

b) Forrásdokumentumok

Institute of Physicists and Engineers in Medicine. Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, Report 91. York: Institute of Physicists and Engineers in Medicine.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Univerzális röntgenparaméter-mérő műszer,
- Önhívó filmek (opcionális)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A röntgen multimétert helyezzük el a kV-pontosság meghatározásához hasonló módon úgy, hogy az közvetlenül a képreceptor elé kerüljön és végezzük el a pozíció ellenőrzését is.
2. Azon a távolságon, ahova a detektorunkat helyeztük, számítsuk ki a névleges mezőméret vetített méretét. Ha szükséges, akkor ezt filmek segítségével is ellenőrizhetjük.
3. Exponáljunk olyan beállítás(ok) mellett, amelyek a klinikai gyakorlatban előfordul(nak).

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért dózisok és az adott távolságra érvényes mezők méreteit szorozzuk össze egymással. A kiszámított dózis-terület szorzatokat vessük össze azzal amelyet a berendezés kijelez, ha erre képes, vagy hasonlítsuk össze a korábbi vizsgálatok eredményeivel.

f) Elfogadási kritériumok

A berendezés bármely üzemmódjában a kiszámított érték ne haladja meg a 100 mGycm^2 értéket. Egyébként az átvételkor meghatározott dózissal szükséges elvégezni az összehasonlítást, azonban erre vonatkozóan határérték nem áll rendelkezésre.

Megjegyzés: A fenti követelmény nem értelmezhető dóziskorlátként! Ez egy műszaki követelmény, amelyet minden berendezésnek teljesítenie kell.

g) Helyesbítő intézkedések

A korábban meghatározottól való eltérés a generátor vagy a röntgenszó hibájára utalhat. Ekkor a generátor ellenőrzésével kell igazolni a hibát. A generátor reprodukálhatósága korlátozza az elvárható pontosságot. Amennyiben a korábbi mérési eredményekhez képest jelentősen (> 30 %) következetesen eltér a mért mennyiség, úgy vélhető valamely hiba fennállása a sugárforrás-egységnél, azonban ez köszönhető lehet annak is, hogy a készülék röntgenszó cserén esett át vagy nem illesztették megfelelően a csövet.

3.3.3.8. Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szivárgó sugárzás meghatározásának célja, hogy tájékozódhassunk a röntgenszóvet körülvevő bura ólomárnyékolásának épségéről. Ez elsősorban a páciens sugárvédelmét szolgálja, másfelől a kezelő személyét is óvó műszaki intézkedés.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-1-3 szabvány 12. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Sugárzásmérő műszer, erre alkalmas ionizációs kamra,
- Ólomlemez (min. 4 mm),
- Önhívó filmek (opcionális),

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A berendezés röntgensugárforrás-egységének kilépőablakát zárjuk le az ólomlemezrel.
2. A panoráma röntgenberendezések esetén nem állítható be állandóan 1 m távolság a fókusztól és a műszer között, ezért a mérést végezzük úgy, hogy a berendezés forgástengelyétől egy adott irányt kijelölünk (pl. ajtó felé) és 1 m távolságra végezzük a mérést „integráló” üzemmódban a műszerünkkel. Mivel a berendezések magassága állítható, ezért ha más körülmény nem akadályozza ezt, végezzük a mérést a csővel azonos magasságban.
3. Paraméterként a legnagyobb lehetséges csőfeszültség-értékhez tartozó csőáram-idő szorzat értékét válasszuk ki.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért eredményhez alkalmazott csőáram-idő szorzat alapján határozzuk meg a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges értékét, úgy, mintha folytonos üzemben 3 mA áramerősséggel történne a csővel átvilágítás e paraméterek mellett:

$$K_{a,l} = \frac{Q_{ref}}{Q_{be}} \cdot K_{a,m}$$

ahol:

- | | |
|-----------|--|
| $K_{a,l}$ | a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges mennyisége, |
| Q_{ref} | a referenciaként alkalmazott, egy órára vetített csőáram-idő szorzat (10.800 mAs), |
| $K_{a,m}$ | a műszerrel mért levegőkerma (vagy más dózismennyiség) értéke, |

Q_{be} a beállított csőáram-idő szorzat.

f) Elfogadási kritériumok

A szivárgó sugárzás nem haladhatja meg az 1 mGy értéket 1 óra alatt a legnagyobb névleges üzemi paraméterekkel.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben eltérést tapasztalunk, ismételjük meg a mérést.

Megjegyzés: A méréshez olyan műszert kell használni, amelyet levegőkerma mérésére, esetleg $H^(10)$ környezeti dóziségyenérték-teljesítmény mérésére hitelesítettek. Amennyiben a műszer adott dózismennyiségre végzett hitelesítése miatt merülne fel gyanú, hogy egy adott röntgenberendezés nem teljesíti a követelményt, akkor nagyon valószínű, hogy hasonló eredmények születnének más hitelesítési mennyiség esetén is. Ebben az esetben mindenképpen győződjünk meg róla, hogy a berendezés röntgencsővét körülvevő árnyékolások és burkolatok épek, egy esetleges korábbi szervizbeavatkozás, vagy ellenőrzés után megfelelően kerültek a helyükre. A berendezés burkolatának megbontását bízzuk szakemberre!*

3.3.4. Kúpsugaras (cone-beam) fogászati CT berendezések

A fogászati kúpsugaras rétegfelvételkészítő (CBCT) röntgenberendezések segítségével a fogorvos 3 dimenziós képi információhoz juthat a páciens állkapcsának egy adott területéről, annak állapotáról és az esetleges implantátumokról. A berendezések általában alkalmasak panoráma, hagyományos 2 dimenziós röntgenfelvétel készítésére is, ilyen felvétel rekonstrukcióját leggyakrabban lehet kérni a feldolgozó szoftvertől a vizsgálat elkészülte után. A képalkotás elvét részletesebben a CT berendezésekkel foglalkozó szakaszban taglaljuk.

A röntgenfelvételezés során a röntgenberendezésen biztosított a fej elmozdulás elleni védelme áll- és fejtámasz segítségével. E berendezések csak külön kialakított röntgenhelyiségekben helyezhetőek el.

A berendezést kezelő személy beállítja a megfelelő felvételhez szükséges mezőméretet és a vizsgálandó térfogatot. Ha szükséges, manuálisan beállítja a röntgenparamétereket (kV, mA, s), pozicionálja a páciens. A képreceptor mindenképpen digitális. Akárcsak a panoráma röntgenberendezésnél, a sugárvédő falak, árnyékolások méretezését a szórt nyalábra kell tervezni.

A páciens védelmére egy legalább 0,25 mm ólom-egyenértékű, a hátat is takaró (panoráma) ólomgumi köpeny szükséges, ami elől-hátul a sugárérzékeny szerveket takarja. Pajzsmirigyvédő gallér nem alkalmazható.

A röntgenfelvételt a kezelő sugárvédelmi árnyékolás mögül készíti el, a helyiségen kívül vagy külön kezelőből, mivel e berendezések a panoráma röntgenekkel ellentétben jóval nagyobb mezőmérettel és nagyobb csőfeszültséggel üzemelnek, így a szórt sugárzási terük is jelentősen nagyobb – akár két nagyságrenddel is - tehát távolságvédelem nem alkalmazható.

A fent leírtak egyaránt érvényesek az ülő, álló vagy fekvő kialakítású CBCT berendezésekre.

Csak magatehetetlen páciens, vagy gyermek esetében lehet a röntgenfelvétel készítés közben a páciens mellett más személy (hozzátartozó, kísérő), ebben az esetben a szükséges sugárvédelemmel el kell látni. Erre a legritkább esetben van szükség, csak nagyon indokolt esetben érdemes egyáltalán megfontolni.

Az egyes CBCT berendezéseknél a kijelzett és rögzítendő paraméterek köre változik. Az összes modell, gyártótól függetlenül megadja a csőfeszültséget; a csőáramot és időt vagy ezek szorzatát; a képképzés módját; a voxelméretet és látómező méretet (FOV, field of view) ha az beállítható. A 2012 előtt üzembe helyezett egyes készülékek nem adnak információt a dózis-terület szorzatról vagy a dózisindexről.

3.3.4.1. Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a generátor pontosságának ellenőrzése. A csőfeszültség a sugárzás minőségével, míg a csőáram-idő szorzat a sugárzás mennyiségével függ össze. A sugárzás minősége az elérhető kontrasztfelbontást szabja meg, míg az áramerősség és az idő a leadott dózis mennyiségét határozza meg. A csőáram-idő szorzat négyzetgyökös összefüggésben van a zajjal.

A linearitásvizsgálat (csőáram-idő szorzat – levegőkerma függés) során azonos csőfeszültség-értékek mellett folyamatosan növelve a csőáram-idő szorzatot, arányosan kell növekedjen a kibocsátott sugárzás mennyisége. Erre a CBCT röntgenberendezéseknél a kiválasztható felvételi programok miatt csak a csőáram növelésével van lehetőség.

A reprodukálhatóság vizsgálatánál a mért értékek átlagtól való eltérését kell ellenőrizni.

Megjegyzés: A címben felsorolt vizsgálatok mérési eredményei egyidejűleg meghatározhatóak a megfelelő műszer segítségével, amely képes arra, hogy a csőfeszültség csúcsértékeit vagy más, a csőfeszültségre jellemző jelzőszámot, a dózis időbeli változásával egyidejűleg rögzítse.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.2 és 6.7 szakaszai.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas)
- Számítógép (számológép) a kiértékeléshez

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 20...30 perc. Ezt elsősorban a berendezés üzembiciklusa korlátozhatja.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat több, különböző mérést foglal tehát magába, a kV-pontosság és a levegőkerma mérését, valamint a felvételi idő pontosságának meghatározása mellett a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságát. A vizsgálatok során válasszunk olyan felvételezési lehetőséget, amellyel biztosítható, hogy a műszer teljes érzékeny felülete besugárzásra kerüljön.

1. Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert rögzítsük a képreceptor másodlagos kollimátora előtt úgy, hogy a nyaláb fedje a műszer detektorát.

Megjegyzés: A pontos méréshez elengedhetetlen a detektor megfelelő pozicionálása. A panoráma röntgenberendezések esetén leírtak a CBCT-kre is igazak, azonban a CBCT-k nagyobb nyalábszélessége miatt e kérdés nem kritikus.

2. A csőfeszültség pontosságának méréséhez végezzünk mérést legalább a legalacsonyabb, a legnagyobb és a köztes, a klinikai gyakorlatban alkalmazott csőfeszültség-értékekkel. Ennél a vizsgálatnál az áramerősség értékének nincs jelentősége, így célszerű egy viszonylag alacsonyabb értéket megválasztani, hogy a röntgensövet kevésbé terheljük. Az univerzális röntgenparaméter-mérők számára ez is elégséges kermát és kermateljesítményt eredményez a megbízható mérési eredményhez.

Megjegyzés: A CBCT berendezések esetén leggyakrabban csak egyetlen csőfeszültség-érték választható ki. Ha a berendezés képes panoráma üzemmódban is képalkotásra, abban az üzemmódban általában több csőfeszültség érték is kiválasztható, ezért a méréseket ebben az üzemmódban érdemes végezni a generátor ellenőrzésére.

3. A levegőkermának a csőáram-idő szorzattal való linearitása mérésekor adott, lehetőleg a leggyakrabban használt csőfeszültség érték mellett ismételjük a legkisebb csőáram-értéktől növelve azt. Ha az értéket mindig duplázunk, a dózisanak is duplázódnia kell.
 4. A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának meghatározásához válasszunk ki egy olyan csőfeszültség-értéket amelyet gyakran alkalmaznak és ezzel ismételjük az expozíciót.
 5. Jegyezzük le azt is, hogy a vizsgálat során mekkora fókusztávolság és fókusztávolság-képreceptor távolsággal végeztük a méréseket.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A csőfeszültség pontosságának méréséhez a beállított és kijelzett értékeket kell expozícióként összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: A röntgenső feszültségének csúcsértéke az expozíció során időben változhat. A CBCT berendezésekre a csőfeszültség-kiemelés nem jellemző, ám egyes típusoknál ez előfordulhat. Az ilyen működési mód tényét mindig rögzítsük!

A csőáram-idő szorzat linearitásának mérésekor az 1 m-re átszámított levegőkerma értékét határozzuk meg a kijelzett vagy beállított értékre vetítve, az alábbi képlet szerint:

$$K_a' = \frac{\left(\frac{d_m}{d_{ref}}\right)^2 \cdot K_{a,m}}{Q_{be}}$$

ahol:

- K_a' az adott méréshez kiszámított sugárzáskibocsátás,
- d_{ref} a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításhoz alkalmazott referencia-távolság, mindenképpen 1 m,
- d_m a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókusztávolság-képreceptor távolság,

$K_{a,m}$ a műszerrel mért levegőkerma értéke,

Q_{be} a beállított csőáram-idő szorzat.

A besugárzási idő pontosságának meghatározásakor a beállított és mért értékeket kell összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: Az expozíciót megelőzően előre jelzett besugárzási idő megadhatja a teljes körülfordulási időt, amely nem feltétlenül azonos a nettó sugármeneti idővel, ha a berendezés impulzusüzemű, vagyis megszakítja az egyes vetítési szögekben végzett expozíciók között a sugármenetet. Mivel a vizsgálat célja annak megállapítása, hogy a mért érték következetesen azonos-e, ezért a mért mennyiség kijelzettől való eltérése önmagában nem jelent hibát.

A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága során szintén a fenti képletet kell alkalmazni, illetve öt expozíció átlagát kiszámítani.

f) Elfogadási kritériumok

- Röntgensőfeszültség pontossága: $\pm 10\%$,
- Besugárzási idő pontossága: $\pm 20\%$,
- Besugárzási idő reprodukálhatósága: $\pm 10\%$,
- Sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága: $\pm 20\%$ eltérés a számított értékek átlagától.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása, különös tekintettel a detektor pozicionálására.
3. A teljes vizsgálat megismétlése után egyértelműen megállapítható, hogyha a generátor működése hibás, vagy következtelen.
4. Hibás generátorral a berendezés nem üzemeltethető, ebben az esetben a használatát fel kell függeszteni és gondoskodni a javíttatásáról.

3.3.4.2. Felezőréteg-vastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző felezőréteg-vastagság meghatározása. E méréshez a legkényelmesebb módon az előbbi méréshez is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő műszer használható fel, azonban ennek hiánya esetén a hagyományos módszer is alkalmazható. Az eljárás leírásánál az előbbi módszert ismertetjük.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas)

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben kell kiválasztani 80 kV csőfeszültséget, vagy ha az nem állítható be, akkor egy ahhoz közel eső értéket, amelynél elvégezzük a mérést. Az expozíciós idő legyen a lehető legnagyobb, a csőáram pedig egy elégségesen alacsony érték, tehát a csőáram-idő szorzat legyen a névleges érték töredéke.

Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert rögzítsük a képreceptor előtt úgy, hogy a nyaláb fedje le a műszer detektorának érzékeny területét.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al
60	1,8	2,2
70	2,1	2,5
80	2,3	2,9
90	2,5	3,2
100	2,7	3,6
110	3,0	3,9
120	3,2	4,3

A közbülső értékekre lineáris interpoláció, a skálán kívüli értékekre lineáris extrapoláció alkalmazható.

g) Helyesbítő intézkedések

A műszer beállításai helyességének ellenőrzését és a vizsgálat megismétlését követően állapítható meg, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményt. Amennyiben a berendezés nem teljesíti a követelményeket továbbra sem, értesíteni kell a szervizt és gondoskodni arról, hogy a megfelelő kiegészítő szűrést beszereljék.

3.3.4.3. Teljes szűrés meghatározása (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző teljes szűrés meghatározása. Ez elsődlegesen sugárvédelmi célt szolgál, mert segítségével meghatározható, hogy az adott berendezés megfelel-e annak a műszaki követelménynek, hogy nem bocsát ki olyan röntgensugárzást, amelyben túl sok lenne az alacsony energiájú foton aránya, amely felesleges sugárterhelést okozna a páciensnek, és nem járul hozzá a képalkotáshoz.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas)

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben kell kiválasztani 80 kV csőfeszültséget, vagy ha az nem állítható be, akkor egy ahhoz közel eső értéket, vagy a klinikai rutinban leggyakrabban alkalmazott értéket, amelynél elvégezzük a mérést. Az expozíciós idő legyen a lehető legnagyobb, a csőáram pedig egy elégségesen alacsony érték, tehát a csőáram-idő szorzat legyen a névleges érték töredéke.

Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert rögzítsük a képreceptor másodlagos kollimátora előtt úgy, hogy a nyaláb fedje le a műszer detektorának érzékeny területét.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

A teljes szűrés értéke legyen legalább 2,5 mm Al.

g) Helyesbítő intézkedések

A teljes szűrés meghatározása nem kötelező, mert annál jobban jellemzi a sugárzás minőségét a felezőréteg-vastagság. Tehát a megadott kritériumtól való eltérés esetén érdemes a felezőréteg-vastagság vizsgálatát elvégezni és elsősorban annak az eredményeire támaszkodni.

3.3.4.4. Képmínőség értékelése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képmínőség az egyik olyan értékelési szempont, amely egyértelműen meghatározza egy berendezés használhatóságát.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.8 és 6.9 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Képmínőség-ellenőrző fantom, amely alkalmas a kontrasztláthatóság- és a térbeli felbontás vizsgálatára,

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 15 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A képmínőség értékelésére szolgáló fantomot rögzítsük a fejtámasznál. A kör keresztmetszetű fantomok esetén szükséges lehet egy külön támaszról gondoskodni. A fantom gyártójának kézikönyve szerint vízszintezzük a fantomot és gondoskodjunk annak megfelelő beállításáról.

Megjegyzés: A fantom lehet a röntgenberendezéshez adott fantom, vagy más, a megfelelő betéteket tartalmazó vizsgálóttest. Bármely esetben, a fenti leírás mellett követni kell a fantom gyártójának ajánlásait és a javasolt geometriai elrendezését.

2. Készítsünk legalább egy felvételt olyan paraméterekkel, amelyek az „átlagos felnőtt” felvételezéséhez használatosak.
3. A vizsgálat során alkalmazott, visszajelzett paramétereket jegyezzük le.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A fantom gyártója által leírtak szerint értékeljük az elkészült felvételeket.

Megjegyzés: Egyes fantomok gyártói a fantom mellé biztosítanak, vagy opcionálisan elérhetővé tesznek szoftvert is, amellyel a képminőség értékelhető.

- f) Elfogadási kritériumok

A vizsgálótestről leolvasott eredményeket vessük össze az átvételi vizsgálatkor meghatározott értékekkel, egyébként csak az alapértékek rögzítése történik.

- g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a képminőség jelentősen romlott, ezt a csőfeszültség vizsgálatával és a generátor további vizsgálataival alátámaszthatjuk. Egyébként ismételjük meg a mérést. A hiba jellege utal arra, hogy milyen részegység hibásodhatott meg, ezzel az információval keressük meg a szervizt a hiba fennállása esetén.

3.3.4.5. Mechanikai pontosság vizsgálata (opcionális)

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A CBCT berendezés folyamatosan mozgásban van az expozíció során. Ezt a vizsgálatot csak akkor lehet elvégezni, hogyha a CBCT üzemeltethető panoráma üzemmódban is. A mechanikai jellegű hibákra (szoruló csapágy vagy tengelyek) zajok, zörejek is utalnak, azonban az ilyen hibák objektív azonosítása csak a megfelelő vizsgálóábra felvételezése által lesz egyértelmű.

- b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-4:2001 szabvány 6.1 szakasza.

- c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Vonalpár-felbontás vizsgáló ábra, vagy más, finom beosztású, lépcsőzetes mintával rendelkező vizsgálóábra,
- 0,5...1,0 mm vastagságú rézlemez

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

- d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A sugárforrás elé helyezzünk el egy rézlemezt, amely a teljes mezőt fedi. Ez a túlexpozíció elkerülésére szolgál.
2. A vizsgálóábrát rögzítsük úgy, hogy síkja merőleges legyen a sugárnyalábra és lépcsőzetes mintázata vízszintesen kerüljön a képreceptoron rögzítésre.

Válasszunk olyan expozíciós paramétereket, amelyeket az „átlagos felnőtt” felvételezéséhez használunk.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A vizsgálóábráról készült felvételt a felvételező vagy leletező munkaállomáson értékeljük szemrevételezéssel.

f) Elfogadási kritériumok

A felvételen nem fordulhat elő függőleges csíkozottság vagy hullámosság. Ezek arra utalnak, hogy az expozíció alatt, a körülfordulás során megakad a csövet és a képreceptort tartó konzol.

g) Helyesbítő intézkedések

A függőlegesen csíkozott felvételek mechanikai hibára utalnak. Elképzelhető, hogy a felvétel megismétlésével a hiba nem jelentkezik, különösen ha ritkán használják a berendezést. Az ilyen jellegű hiba elhárítása szakszerviz beavatkozását igényli.

3.3.4.6. Dózis-terület szorzat becslése (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A CBCT röntgenberendezések esetén a páciens sugárterhelésének jellemzéséhez egyes berendezések a CTDI, míg mások eszközök a dózis-terület szorzat (DAP) értékeket adják meg az expozíció során.

Megjegyzés: A következő pontokban a DAP értékének meghatározásához alkalmazható módszert közöljük. Ezen felül olyan berendezések esetén, amelyek csak a CTDI értékét írják ki az egyes felvételeknél, a CT berendezéseknél leírtak alkalmazhatóak (3.3.8.5), értelemszerűen kizárólag a fejfantom alkalmazásával.

Megjegyzés: A CTDI és a DLP önmagában elégtelen a páciens kockázatainak jellemzésére, azok kizárólag dozimetriai indikátorok, nem függenek össze közvetlenül az ionizáló sugárzások okozta kockázatokkal.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.10 szakasza.

Institute of Physicists and Engineers in Medicine. Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, Report 91. York: Institute of Physicists and Engineers in Medicine.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Univerzális röntgenparaméter-mérő műszer,
- Önhívó filmek (opcionális)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A röntgen multimétert helyezük el a kV-pontosság meghatározásához hasonló módon úgy, hogy az közvetlenül a képreceptor elé kerüljön és végezzük el a pozíció ellenőrzését is.

2. Azon a távolságon, ahova a detektorunkat helyeztük, számítsuk ki a névleges mezőméret vetített méretét. Ha szükséges, akkor ezt filmek vagy átvilágító ernyő segítségével is ellenőrizhetjük.

3. Exponáljunk olyan beállítás(ok) mellett, amelyek a klinikai gyakorlatban előfordul(nak).

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért dózisos és az adott távolságra érvényes mezők méreteit szorozzuk össze egymással. A kiszámított dózis-terület szorzatokat vessük össze azzal amelyet a berendezés kijelez, ha erre képes, vagy hasonlítsuk össze a korábbi vizsgálatok eredményeivel.

f) Elfogadási kritériumok

A berendezés bármely üzemmódjában a kiszámított érték ne haladja meg a 100 mGycm^2 értéket. Egyébként az átvételkor meghatározott dózissal szükséges elvégezni az összehasonlítást, azonban erre vonatkozóan határérték nem áll rendelkezésre.

Megjegyzés: A fenti követelmény nem értelmezhető dóziskorlátként! Ez egy műszaki követelmény, amelyet minden berendezésnek teljesítenie kell.

g) Helyesbítő intézkedések

A korábban meghatározottól való eltérés a generátor vagy a röntgenső hibájára utalhat. Ekkor a generátor ellenőrzésével kell igazolni a hibát. A generátor reprodukálhatósága korlátozza az elvárható pontosságot. Amennyiben a korábbi mérési eredményekhez képest következetesen jelentősen ($> 30\%$) eltér a mért mennyiség, úgy vélhető valamilyen hiba fennállása a sugárforrás-egységnél, azonban ez köszönhető lehet annak is, hogy a készülék röntgenső cserén esett át vagy nem illesztették megfelelően a csövet.

3.3.4.7. Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szivárgó sugárzás meghatározásának célja, hogy tájékozódhassunk a röntgensövet körülvevő bura ólomárnyékolásának épségéről. Ez elsősorban a páciens sugárvédelmét szolgálja, másfelől a kezelő személyét is óvó műszaki intézkedés.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-1-3 szabvány 12. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Sugárzásmérő műszer, erre alkalmas ionizációs kamra,
- ólomlemez (min. 4 mm),
- Önhívó filmek (opcionális).

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A berendezés röntgensugárforrás-egységének kilépőablakát zárjuk le elégségesen vastag ólomlemezzel.
2. A CBCT röntgenberendezések esetén nem állítható be állandóan 1 m távolság a fókusztól és a műszer között, ezért a mérést végezzük úgy, hogy a berendezés forgástengelyétől egy

adott irányt kijelölünk (pl. ajtó felé) és 1 m távolságra végezzük a mérést „integráló” üzemmódban a műszerünkkel. Mivel a berendezések magassága állítható, ezért ha más körülmény nem akadályozza ezt, végezzük a mérést a csővel azonos magasságban.

3. Paraméterként a legnagyobb lehetséges csőfeszültség-értékhez tartozó csőáram-idő szorzat értékét válasszuk ki.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért eredményhez alkalmazott csőáram-idő szorzat alapján határozzuk meg a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges értékét, úgy, mintha folytonos üzemben 3 mA áramerősséggel történne a csővel átvilágítás e paraméterek mellett:

$$K_{a,l} = \frac{Q_{ref}}{Q_{be}} \cdot K_{a,m}$$

ahol:

$K_{a,l}$	a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges mennyisége,
Q_{ref}	a referenciaként alkalmazott, egy órára vetített csőáram-idő szorzat (10.800 mAs),
$K_{a,m}$	a műszerrel mért levegőkerma (vagy más dózismennyiség) értéke,
Q_{be}	a beállított csőáram-idő szorzat.

- f) Elfogadási kritériumok

A szivárgó sugárzás nem haladhatja meg az 1 mGy értéket 1 óra alatt a legnagyobb névleges üzemi paraméterekkel.

- g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben eltérést tapasztalunk, ismételjük meg a mérést.

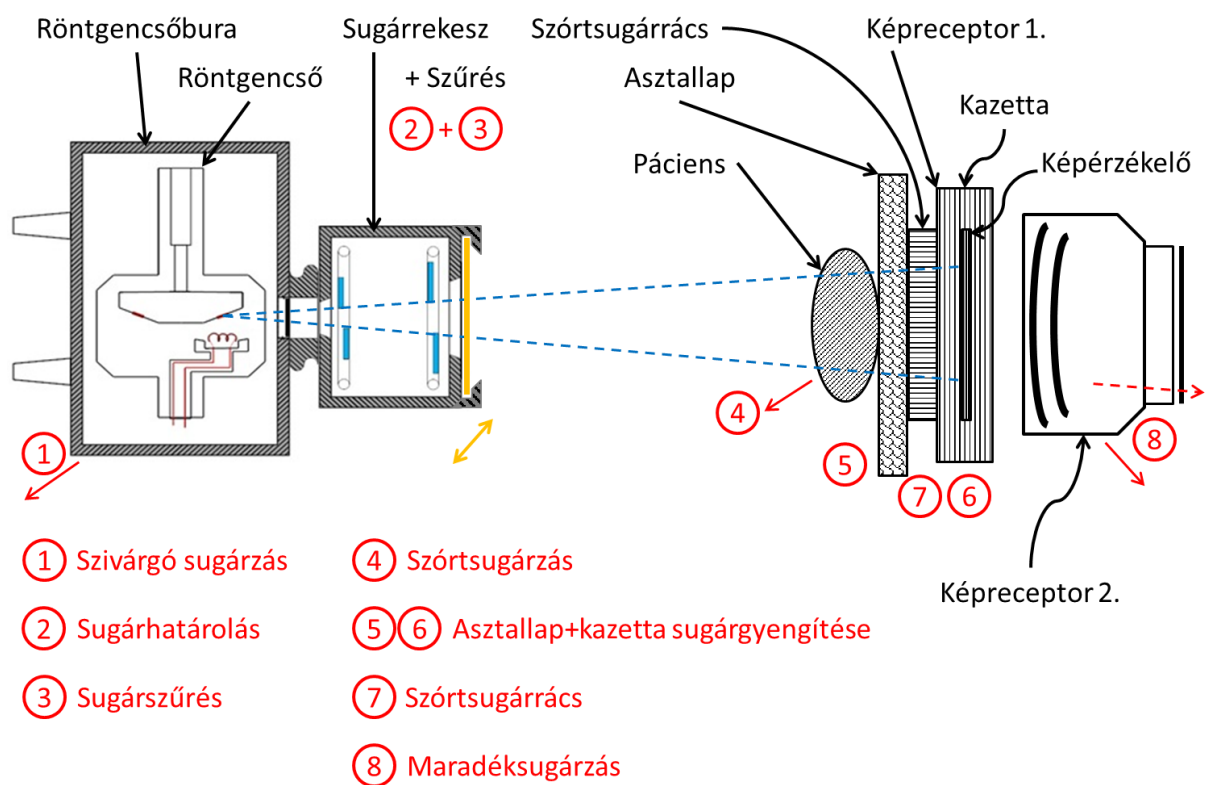
Megjegyzés: A méréshez olyan műszert kell használni, amelyet levegőkerma mérésére, esetleg $H^(10)$ környezeti dózisegyenérték-teljesítmény mérésére hitelesítettek. Amennyiben a műszer adott dózismennyiségre végzett hitelesítése miatt merülne fel gyanú, hogy egy adott röntgenberendezés nem teljesíti a követelményt, akkor nagyon valószínű, hogy hasonló eredmények születnének más hitelesítési mennyiség esetén is. Ebben az esetben mindenképpen győződjünk meg róla, hogy a berendezés röntgencsővét körülvevő árnyékolások és burkolatok épek, egy esetleges korábbi szervizbeavatkozás, vagy ellenőrzés után megfelelően kerültek a helyükre. A berendezés burkolatának megbontását bízzuk szakemberre!*

3.3.5. Felvételi és kórtermi röntgenberendezések

Felvételi berendezések

A röntgensugárzás felfedezése óta eltelt idő ellenére annak fizikai alapjai mit sem változtak és műszaki értelemben is „csak” nagyobb teljesítményű, gyorsabb, digitalizált és kényelmesebb lett a képalkotás az elmúlt évszázadban.

A felvételezéshez és átvilágításhoz használatos röntgenberendezések általános működését a következő ábra szemlélteti.



3.3.5 ábra: A röntgenberendezések részei és a működés során fellépő sugárzások

A sugárforrásrendszer a röntgensőből, az azt körülvevő, árnyékoló burából és a rá csatlakoztatott kollimátorból áll. A kollimátort sugárrekesznek is nevezik és gyakran látják el olyan állandó és a radiográfus által kiválasztható szűrésekkel, amelyek megváltoztatják a csőből kilépő sugárzás minőségét és kisebb mértékben mennyiségét is. A technikai paraméterek (U, kV; i, mA; t, ms vagy s egységekben) és a szűrések együttesen határozzák meg a sugárforrásból kilépő sugárzás mennyiségét és minőségét. A klinikai szempontból jó minőségű és mégis alacsony dózis árán elkészülő felvételek elkészítéséhez ezek megfelelő kombinációja szükséges. Ezért alkalmaznak gyakran technikai táblázatokat kórtermi, gördíthető röntgenberendezéseknél vagy építik be az úgynevezett automatikus dózisszabályozót a szórtsugárzás-szűrő rács mögé, hogy a képreceptort mindig az optimális dózis érje. Az ábrán feltüntetésre kerültek az egyes sugárzások, amelyek a berendezésekkel végzett exponálások kezdetétől a végéig fennállnak és a nagyfeszültség lekapcsolásakor azonnal megszűnnek. Az alábbi bekezdésekben ismertetett modalitásoknál az illusztráció egyes részletei nem mindenütt szerepelnek. A képalkotás elve mindenütt a projekciós, planáris, transzmissziós leképezés.

A felvételi röntgenberendezésekkel a vizsgálandó régióról lehet pillanatszerű expozíció során felvételt készíteni.

A kórtermi röntgenberendezéseknél nem lehet felvételi automatikát (AEC) alkalmazni. A kezelő kézzel állítja be a felvételi paramétereket, amelyek közül általában csak a csőfeszültséget és a csőáram-idő szorzatot van lehetősége megadni. A felvételt készítő személy e berendezésnél távolságvédelemmel készíti el a röntgenfelvételt (4 m). A szomszédos ágyon fekvő páciens, ha nem lehet eltávolítani, ólomparavánnal kell védeni a szórt sugárzástól. A képreceptor lehet hagyományos röntgenfilm, CR kazetta, vagy digitális síkképreceptor („flat-panel”).

A (telepített) felvételi röntgenberendezés padlóra-, vagy mennyezeti csőtartóra szerelt röntgensóvel ellátott, úszólapos vagy gördíthető vizsgálóasztallal rendelkező készülék. Kiegészítő fali (Bucky) állványt is alkalmazhatnak álló/ülő páciens vizsgálatára. A berendezések többsége rendelkezik felvételi automatikával (AEC). A felvételt készítő személy sugárvédett helyről készíti el a röntgenfelvételt, amely lehet külön vezérlőhelyiség vagy leválasztott kapcsolótér vagy külön kapcsolófülke.

Néhány felvételi berendezés rendelkezik a rétegfelvétel elkészítésének lehetőségével és a szükséges kiegészítőkkel. A hagyományos rétegfelvételi technika szerint egy ív mentén több szögből felvétel készül a páciensről, amelynek segítségével egy, a beteg testén belüli tetszőleges sík mentén adódó metszetekről kapunk éles leképezést. Főleg a tüdőgyógyászatban alkalmazták a bordák árnyékolásának a kiküszöbölésére. Ezt a technikát szinte teljesen háttérbe szorította a CT.

A kabinos mellkasfelvételi berendezés speciális kiképzése miatt nem igényel külön kialakított vezérlőt, a kabin teljes sugárvédelmet biztosít a kezelő számára.

A röntgenfelvételek készítése előtt az asszisztens beállítja a páciens a megfelelő testhelyzetbe és a fénymezővel a vizsgálandó régiót ellenőrzi, majd a kollimátorral az éppen elégséges méretű területre szűkíti a sugármezőt.

Felvételi röntgenberendezéseknél, amennyiben a vizsgált régió sugárérzékeny szerv közelében van, alkalmazni kell ólomgumi takarást a páciens védelmére.

Amennyiben alkalmazhatóak, akkor az egyes mérések során az alábbi paramétereket kell rögzíteni:

- Vizsgálat módja (felvételi mód),
- felvételi protokoll vagy anatómiai program és üzemmód megnevezése,
- csőfeszültség (kV),
- csőáram (mA),
- idő (s),
- kiválasztott szűrés(ek),
- fókusz-képreceptor távolság,
- fókusz-vizsgálótest távolsága,
- AEC üzemmódja, érzékeny kamra vagy kamrák,
- képreceptor azonosítói,
- mezőméret,
- fókusz méret,
- feketedéskorrekció és fóliabeállítás,
- expozíciós index.

Az olyan berendezések esetén, amelyek felvételező és átvilágító üzemmódban is képesek üzemelni, mindkét modalitás szerint vizsgálni kell a működést az átvételi és állapotvizsgálatok, és az állandósági vizsgálatok során egyaránt!

Az e szakaszban szereplő egyes vizsgálatoknál az alumínium lemez helyett alkalmazható más, az AE(R)C megfelelő választást kiváltó közeg is, például PMMA lemezek.

3.3.5.1. Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis-csőáram és a dózis-idő linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás és a reprodukálhatóság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a generátor pontosságának ellenőrzése. A csőfeszültség elsősorban a sugárzás minőségével, míg a csőáram-idő szorzat a sugárzás mennyiségével függ össze. A sugárzás minősége az elérhető kontrasztfelbontást szabja meg, míg az áramerősség és az idő a leadott dózis mennyiségét határozza meg. A csőáram-idő szorzat négyzetgyökös összefüggésben van a zajjal.

A linearitásvizsgálat (csőáram-levegőkerma- és idő-levegőkerma összefüggése) során azonos csőfeszültség-értékek mellett folyamatosan növelve a csőáram-idő szorzatot, arányosan kell növekedjen a kibocsátott sugárzás mennyisége. A felvételi röntgenberendezéseknél sokszor részletes beállítási lehetőségek kiválasztására van mód, erre külön kitérünk a paraméterek megválasztása során.

A reprodukálhatóság vizsgálatánál a mért értékek átlagtól való eltérését kell ellenőrizni.

Megjegyzés: A címben felsorolt vizsgálatok mérési eredményei egyidejűleg meghatározhatóak a megfelelő műszer segítségével, amely képes arra, hogy a csőfeszültség csúcsértékeit vagy más, a csőfeszültségre jellemző jelzőszámot, a dózis időbeli változásával egyidejűleg rögzítse.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.2 és 5.6 szakaszai.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas),
- Számítógép (számológép) a kiértékeléshez.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 30 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

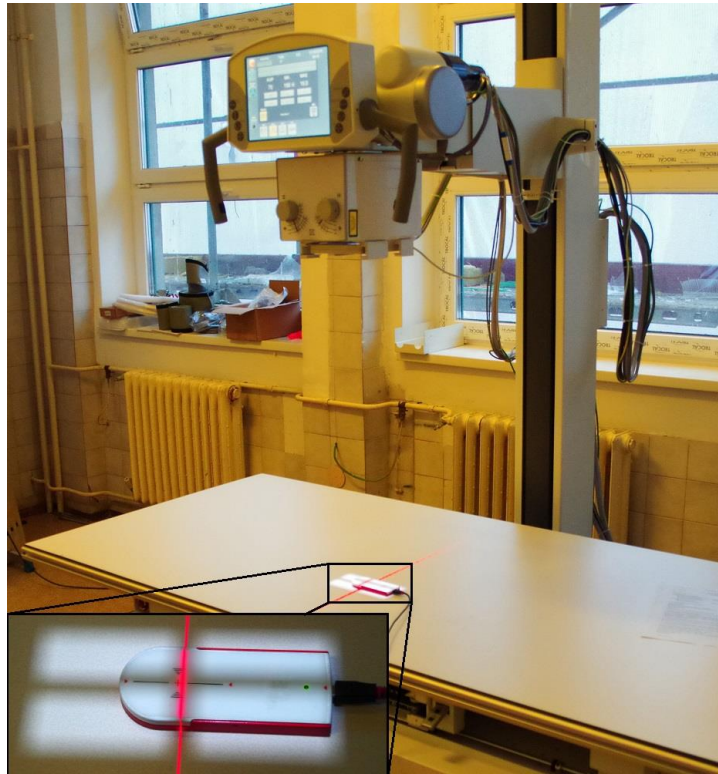
A vizsgálat több, különböző mérést foglal tehát magába, a kV-pontosság és a levegőkerma mérését, valamint a felvételi idő pontossága mellett a generátor linearitásának és a sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának meghatározását. A vizsgálatok során válasszunk olyan mezőméretet, amellyel biztosítható, hogy a műszer teljes érzékeny felülete besugárzásra kerüljön.

1. Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert helyezük el az asztalon vagy más tartószerkezeten, amelyet a felvételezéshez gyakran alkalmaznak, mégpedig úgy, hogy érzékelője a röntgenső felé nézzen. Kórtermi berendezéseknél a padlón elhelyezett ólomlemezre is helyezhetjük a műszerünket. A méréseket manuális üzemmódban kell végezni.

Megjegyzés: Az alábbi vizsgálatokhoz nem szükséges képreceptor, azt távolítsuk el, vagy ha ez nem lehetséges akkor takarjuk le a megfelelő kiterjedésű ólomlemezrel. Ha kazetta behelyezése nélkül nem lehet exponálni, akkor használjunk egy üres kazettát.

Megjegyzés: A méréseket célszerű 1 m-es fókusztávolság mellett végezni. Ezen a távolságon a mező elégségesen homogén, a számításoknál pedig nem szükséges a négyzetes távolságtörvénnyel számolni.

Megjegyzés: Amennyiben aznap még nem használták a röntgenberendezést, érdemes a röntgensövet fokozatosan bemelegíteni és alacsonyabb expozíciókkal kezdeni a mérést, például a linearitás vizsgálatával majd a reprodukálhatóság mérésével és a csőfeszültség ellenőrzésével.



3.3.5.1 ábra: A detektor elhelyezése.

2. A mérések során semmilyen sugárgyengítő közeg ne legyen a kollimátor és a detektor között. A vizsgálatokhoz válasszunk olyan kiegészítő szűrést, amelyet egyébként is gyakran alkalmaznak: felvételi munkahelyeken kiegészítő szűrés nélkül, gyermekradiológián alkalmazott berendezéseken 0,1 mmCu kiegészítő szűréssel végezzünk mérést. A következő pontok szerint állítsuk be a berendezést és az előírt számú expozíciót hajtsuk végre.
3. A csőfeszültség pontosságának méréséhez végezzünk mérést legalább a legalacsonyabb, a legnagyobb és a köztes, a klinikai gyakorlatban alkalmazott csőfeszültség-értékekkel. Ennél a vizsgálatnál az áramerősség értékének nincs jelentősége, így célszerű egy viszonylag alacsonyabb értéket megválasztani, hogy a röntgensövet kevésbé terheljük. A vizsgálathoz olyan csőáram-idő szorzatot válasszunk, amely már alacsony bizonytalanságú mérést tesz lehetővé, de kíméli a röntgensövet, pl.: 20 mAs. Az univerzális röntgenparaméter-mérők számára ez is elégséges kermát és kermateljesítményt eredményez a megbízható méréshez.

Megjegyzés: Javasolt az alábbi csőfeszültségek mellett végezni mérést: 40, 60, 70, 80, 100, 125, 133 kV.

4. A csőáram-dózis linearitása mérésekor válasszunk 80 kV-ot vagy ha az nem állítható be, a hozzá legközelebbi beállítható értéket. A csőáram-dózis linearitása vizsgálatokor állandó csőfeszültség és idő beállítása mellett végezzünk dózismérést. Ehhez ajánlott érték az 50 ms felvételi idő. Ha az áramerősség értéket mindig duplázzuk, a dózisonak is duplázódnia kell.

Megjegyzés: az ajánlott idő választásakor 20, 40, 80, 160 és 320 mA lesz a kiválasztott csőáram, így rendre 1, 2, 4, 8, 16 mAs lesz a csőáram-idő szorzat.

5. A felvételi idő és a dózis linearitása vizsgálatokor válasszunk 80 kV-ot, vagy ha az nem állítható be, a hozzá legközelebbi beállítható értéket. Az idő-dózis linearitása vizsgálatokor állandó csőfeszültség és áramerősség beállítása mellett végezzünk dózismérést. Ehhez ajánlott érték az 50 mA csőáram. Ha az idő értéket mindig duplázzuk, a dózisonak is duplázódnia kell.

Megjegyzés: az ajánlott áramerősség választásakor 20, 40, 80, 160 és 320 ms lesz a kiválasztott felvételi idő, így rendre 1, 2, 4, 8, 16 mAs lesz a csőáram-idő szorzat.

6. A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának meghatározásához válasszunk ki 80 kV-ot, vagy az ehhez legközelebb eső beállítható értéket, amelynél ismételjük a kb. 20 mAs csőáram-idő szorzat beállítása mellett az expozíciót.
7. A mérések során jegyezzük le a visszajelzett paramétereket, a mért csőfeszültséget, a felvételi időt és a dózist.

Megjegyzés: A kizárólag mellkasfelvételi berendezéseknél 80 kV helyett javasolt 110 kV beállításával végezni a linearitás és a reprodukálhatóság ellenőrzését.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A csőfeszültség pontosságának méréséhez a beállított és kijelzett értékeket kell expozícióként összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: A röntgencső feszültségének értékelésekor ügyeljünk arra, hogy milyen csőfeszültséget jelez vissza a műszerünk (csúcsfeszültség maximum, csúcsfeszültség átlag, gyakorlati csőfeszültség stb.).

A csőáram-dózis és a felvételi idő-dózis linearitásának meghatározásakor az 1 m-re átszámított levegőkerma értékét határozzuk meg a kijelzett vagy beállított értékre vetítve, az alábbi képlet szerint:

$$K_a' = \frac{\left(\frac{d_m}{d_{ref}}\right)^2 \cdot K_{a,m}}{Q_{be}}$$

ahol:

K_a'	az adott méréshez kiszámított sugárzáskibocsátás,
d_{ref}	a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításokhoz alkalmazott referencia-távolság, itt 1 m,
d_m	a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókus-detektor távolság,
$K_{a,m}$	a műszerrel mért levegőkerma értéke,
Q_{be}	a beállított csőáram-idő szorzat.

A besugárzási idő pontosságának meghatározásakor a beállított és mért értékeket kell összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: A nagyon rövid (< 5 ms) besugárzási idők megválasztásakor előfordulhat, hogy a műszer nagyobb bizonytalansággal méri azt, ha helytelen a beállítása. Ügyeljünk arra,

hogy rövid expozíciós idők esetén, például a gyermekradiológiai berendezéseknél, mindenképpen helyesen állítsuk be a műszer érzékenységét és a diszkriminációs szintjeit.

A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága során szintén a fenti képletet kell alkalmazni, illetve öt expozíció átlagát és szórását kiszámítani.

f) Elfogadási kritériumok

- Röntgensőfeszültség pontossága: $\pm 10\%$,
- Besugárzási idő pontossága: $\pm 10\%$,
- Sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága: $\pm 5\%$ eltérés a számított értékek átlagától.
- A sugárzás-kibocsátás értéke 80 kV csőfeszültség mellett (2,5 mm Al TF esetén) 25 és 80 $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ közé kell eszen 1 m fókusztávolság esetén.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túrértéken kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása, különös tekintettel a detektor pozicionálására.
3. A teljes vizsgálat megismétlése után egyértelműen megállapítható, hogyha a generátor működése hibás vagy következtelen.
4. Hibás generátorral a berendezés nem üzemeltethető, ebben az esetben a használatát fel kell függeszteni és gondoskodni a javításáról.

3.3.5.2. Felezőréteg-vastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző első felezőréteg-vastagság meghatározása. E méréshez a legkényelmesebb módon az előbbi méréshez is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő műszer használható fel, azonban ennek hiánya esetén a hagyományos módszer is alkalmazható. Az eljárás leírásánál az előbbi módszert ismertetjük. A méréshez az előbbi pontban leírt geometria használható.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (HVL mérésére alkalmas)
- A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben kell kiválasztani 80 kV csőfeszültséget. A csőáram-idő szorzat legyen akkora, amely már megbízható mérési eredményeket biztosít ($> 10 \text{ mAs}$).

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al
40	1,2	1,4
50	1,5	1,8
60	1,8	2,2
70	2,1	2,5
80	2,3	2,9
90	2,5	3,2
100	2,7	3,6
110	3,0	3,9
120	3,2	4,3
130	3,5	4,7
140	3,8	5,0
150	4,1	5,4

A közbülső értékekre lineáris interpoláció alkalmazható.

g) Helyesbítő intézkedések

A vizsgálat megismétlését és a műszer beállításai helyességének ellenőrzését követően állapítható meg, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményt.

3.3.5.3. Teljes szűrés meghatározása (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző teljes szűrés meghatározása. Ez elsődlegesen sugárvédelmi célt szolgál, mert segítségével meghatározható, hogy az adott berendezés megfelel-e annak a műszaki követelménynek, hogy nem bocsát ki olyan röntgensugárzást, amelyben túl sok lenne az alacsony energiájú foton aránya, amely felesleges sugárterhelést okozna a páciensnek, és nem járul hozzá a képalkotáshoz.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Röntgenparaméter-mérő műszer (TF mérésére alkalmas)

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben kell kiválasztani 80 kV csőfeszültséget. A csőáram-idő szorzat legyen akkora, amely már megbízható mérési eredményeket biztosít (> 10 mAs).

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

A teljes szűrés értéke legyen legalább 2,5 mm Al.

g) Helyesbítő intézkedések

A teljes szűrés meghatározása nem kötelező, mert annál jobban jellemzi a sugárzás minőségét a felezőréteg-vastagság. Tehát a megadott kritériumtól való eltérés esetén érdemes a felezőréteg-vastagság vizsgálatát elvégezni és annak az eredményeire támaszkodni elsősorban.

3.3.5.4. A röntgensugárnyaláb mérete, centráltsága, a sugárhatárolás vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az ellenőrzés célja a beállított fénymező és a sugármező egybeesésének vizsgálata. A beállítottnál nagyobb méretű sugármező esetén feleslegesen többlétsugárterhelést szenved el a páciens, míg kisebb sugármezőnél a felvételtől lemaradhatnak egyes részletek. Ez akár a felvétel megismétléséhez is vezethet. A centráltság a csőegység és képreceptor megfelelő pozicionálását jellemzi.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.5 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

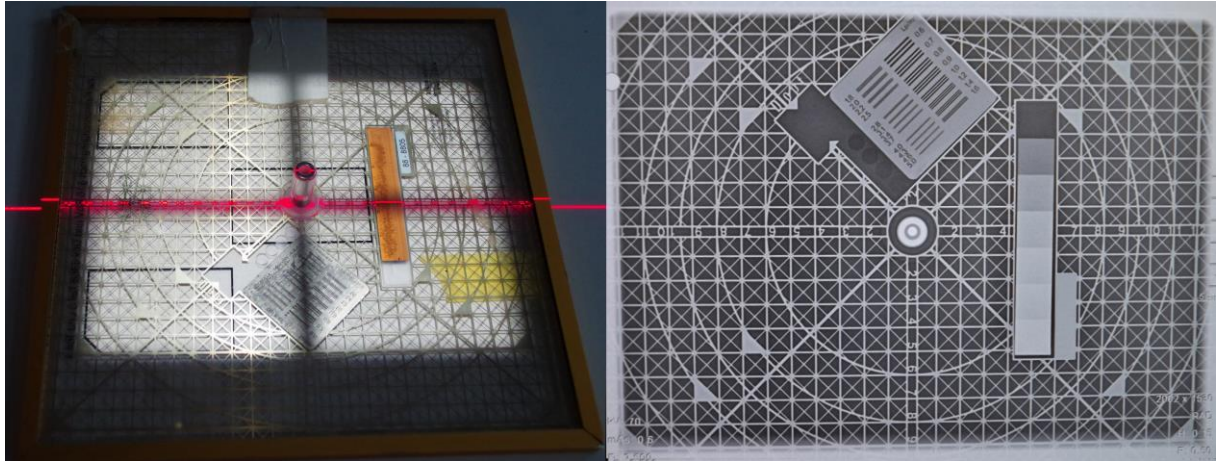
– Vizsgálóábra, amellyel a mezőméret milliméteres nagyságrendű eltérései és a centráltság is meghatározható.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A képreceptort helyezzük el a Bucky-ban, az asztalon vagy a csővel szemközt.
2. A vizsgálóábrát centráljuk a fénymező szálkeresztjének a közepére. Ehhez használhatjuk a pozicionáló lézert is ha be van építve a berendezésbe.
3. Állítsunk be akkora fénymezőt, amely még ráhagyással elfér a képreceptoron, tehát annál bármely oldalon 3 cm-rel kisebb. Ajánlott az 1 m fókusztávolság-képreceptor távolságot használni, de ettől eltérhetünk.
4. Jegyezzük le a fókusztávolság-képreceptor és a fókusztávolság-tárgy távolságot.
5. Válasszunk automata módot, vagy olyan expozíciós paramétereket, amelyekkel már elégséges kontrasztú felvételeket kaphatunk.

Megjegyzés: a DIN 6868-3 szabvány szerinti ábra használatakor ez általában 50 kV és 1...4 mAs.



3.3.5.4 ábra: A vizsgálóábra pozicionálása (balra) és a róla készített röntgenfelvétel (jobbra).

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A centráltság megfelelőse esetén mérjük meg a beállított fénymező és a leképezett rács eltéréseit. Ezt a vizsgálatot monitoron, szemrevételezéssel szükséges végezni. Ügyeljünk a távolságok mérése során arra, hogy mekkora volt a nagyítási tényező, mert ez befolyásolja az értékelést.

f) Elfogadási kritériumok

A fénymező és a sugármező eltérésére legfeljebb a fókusz-képreceptor távolság 2%-ának megfelelő eltérés fogadható el. Tehát az ajánlott 1 m fókusz-képreceptor távolság esetén 2 cm a bármely oldalon elfogadható eltérés. Elvárható, hogy az előbbi értéknél jobban teljesítsen a rendszer és az eltérés abszolút értéke ne haladja meg az 1%-ot.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a centráltság nem megfelelő, ellenőriztetni kell a csőtartó szerkezetet. Ha a fénymező és a sugármező eltér, akkor érdemes beállíttatni a kollimátort a szervizzel.

3.3.5.5. Vonalpár-felbontás vizsgálata (és opcionálisan az alacsonykontrasztú felbontás vizsgálata)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képminőség az egyik olyan értékelési szempont, amely egyértelműen meghatározza egy berendezés használhatóságát.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.5 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Képminőség-ellenőrző fantom, amely alkalmas a vonalpár-felbontás vizsgálatára,

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

Megjegyzés: Bár a hivatkozott szabvány szerint nem kötelező, de mégis érdemes olyan fantomot használni, amely megfelel a DIN 6868-3 szabvány előírásainak és tartalmaz még az alacsony-kontrasztfelbontás vizsgálatára alkalmas betétet is. Amennyiben elérhető ilyen betét a fantomban, akkor mindenképpen érdemes ezt a vizsgálatot is elvégezni.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A képreceptort helyezzük el a Bucky-ban, az asztalon vagy a csővel szemközt.
2. A vizsgálóábrát centráljuk a fénymező szálkeresztjének a közepére. Ehhez használhatjuk a pozicionáló lézert is, ha be van építve a berendezésbe.
3. Állítsunk be akkora fénymezőt, amely lefedi a vizsgálóábra betétjeit, de nem haladja meg a fantom kiterjedését. Ajánlott az 1 m fókuszképreceptor távolságot használni, de ettől eltérhetünk.
4. Jegyezzük le a fókuszképreceptor és a fókusztárgy távolságot.
5. Válasszunk automata módot, vagy olyan expozíciós paramétereket, amelyekkel már elégséges kontrasztú felvételeket kaphatunk.

Megjegyzés: a DIN 6868-3 szabvány szerinti vizsgálóábra használatkor ez általában 50 kV és 1...4 mAs.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A fantomról készült felvételt a leletezéshez vagy megjelenítéshez használt munkaállomáson értékeljük. A kiértékeléshez nagyítsuk a felvételt és állítsuk a kontraszt/fényerő értékeket olyanra, hogy a térbeli felbontás és a kontrasztfelbontás vizsgálóbetétei a legelőnyösebben értékelhetőek legyenek. Ha nem leletező monitoron értékelünk, akkor ezt jegyezzük fel.

f) Elfogadási kritériumok

A vonalpár-felbontásra vonatkozóan nincs szabványosított minimumkövetelmény. Elfogadható az a rendszer, amely képes legalább 1,6 lp/mm felbontásra. A teljesen digitális berendezéseknél elvárható, hogy a vonalpárfelbontás ennél nagyobb legyen.

Az alacsonykontrasztú részletek láthatóságára külön kritériumokat a szakirodalom sem állapít meg. A képalkotó rendszer hibáját más vizsgálatokkal kell alátámasztani.

Az eredményeket egyébként az átvételi vizsgálat során meghatározottakkal kell összevetni. Se a vonalpárfelbontás, se az alacsonykontraszt-láthatóság ne legyen lényegesen rosszabb (> 25 %).

Nem jelenhetnek meg műtermékek a felvételeken.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a képminőség jelentősen romlott, először ismételjük meg a mérést. A képminőség-romlást a csőfeszültség és a generátor további vizsgálataival alátámaszthatjuk. A hiba jellege utal arra, hogy milyen részegység hibásodhatott meg, ezzel az információval keressük meg a szervizt a hiba fennállása esetén.

A műtermékek megjelenése sokféle hibára utalhat. A vizsgálat teljes megismétlésével és a geometria újbóli elrendezésével meggyőződhetünk arról, hogy nem a mérési elrendezés vagy a beállítások okozták azok megjelenését.

3.3.5.6. AEC reprodukálhatóság vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy az automatikus dózisszabályozó rövidtávú reprodukálhatóságát ellenőrizhessük. Elvárható a berendezéseknél, hogy azonos tárgyvastagság mellett, ismételt felvételezésekor következetesen azonos dózissal végezze a felvételezést.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- 25 mm vastagságú, legalább $25 \times 25 \text{ cm}^2$ felületű Al fantom,
- Röntgenparaméter-mérő műszer (dózis mérésére alkalmas), vagy ionizációs kamra, A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A fantom és a képreceptor elrendezése hasonló ahhoz, amit a teljes szűrés (3.3.5.3) meghatározásához kell beállítani. Tehát helyezzük el a fantomot a képreceptorhoz olyan közel, amennyire lehetséges és gondoskodjunk róla hogy a szükségesen felül (asztal, tartó) sugárgyengítő közeg ne legyen a sugárnyaláb útjában. Állítsunk be $25 \times 25 \text{ cm}^2$ mezőméretet.
2. A műszer detektorát helyezzük el a képreceptor és a fantom között úgy, hogy az érzékeny felülete a cső felé nézzen.
3. A leggyakrabban alkalmazott anatómiai program segítségével (pl.: chest), „normál, felnőtt” beállítások alkalmazásával készítsünk egymást követően 5 felvételt automatikus dózisszabályozóval. Válasszuk ki azt az ionkamrát, amelyiket nem takarja ki a detektor az adott elrendezésben. A feketedéskorrektció legyen 0, a fóliabeállítás pedig közepes (M), ha beállítható.

Megjegyzés: Az AEC-vel ellátott berendezések leggyakrabban csak a Bucky-szerkezetbe helyezett képreceptor mellett használhatóak automatikus üzemmódban.

Megjegyzés: A mérés során ügyeljünk a centráltságra.

4. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket és a mért dózist az egyes felvételek során.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A feljegyzett dózisok átlagát számítsuk ki.

f) Elfogadási kritériumok

Az egyes felvételek dózisa nem térhet el több, mint 5%-kal az átlagtól.

g) Helyesbítő intézkedések

A vizsgálat megismétlését és a műszer beállításai helyességének ellenőrzését követően állapítható meg, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményt. Ha a generátor egyébként helyesen működik és ezt a sugárzáskibocsátás reprodukálhatóságának ellenőrzése is igazolja, akkor a berendezést érdemes manuális módban használni mindaddig, míg meg nem javíttatják az AEC-t.

3.3.5.7. AEC tárgyvastagság-kompenzáció vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy az automatikus dózisszabályozó tárgyvastagság-kompenzációját ellenőrizhessük. Elvárható a berendezéseknél, hogy az egyre növekvő tárgyvastagság mellett is kompenzálja a tárgy vastagságát és hasonló dózissal végezze a felvételezést.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- 10, 15 és 20 cm vastagságú, legalább $25 \times 25 \text{ cm}^2$ felületű PMMA lemezek,
- Röntgenparaméter-mérő műszer (dózis mérésére alkalmas) vagy ionizációs kamra,
A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A 10 cm vastag PMMA fantom és a képreceptor elrendezése hasonló ahhoz, amit az előző mérési pontnál alkalmaztunk. Tehát helyezzük el a fantomot a képreceptorhoz olyan közel, amennyire lehetséges és gondoskodjunk róla hogy a szükségesen felül (asztal, tartó) sugárgyengítő közeg ne legyen a sugárnyaláb útjában. Állítsunk be $25 \times 25 \text{ cm}^2$ mezőméretet.
2. A műszer detektorát helyezzük el a képreceptor és a fantom között úgy, hogy az érzékeny felülete a cső felé nézzen és ne takarja ki az AEC kamrát.
3. A leggyakrabban alkalmazott anatómiai program segítségével (pl.: chest), „normál, felnőtt” beállítások mellett készítsünk felvételt 60 kV csőfeszültséggel.
4. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket és a mért dózist.
5. A beállításokat egyébként változatlanul hagyva a tárgyvastagságot növeljük 15 cm-re és válasszunk 72 kV csőfeszültséget, majd ismételjük meg az expozíciót.
6. A tárgyvastagság további 5 cm-es növelése után állítsunk be 85 kV csőfeszültséget és így is ismételjük meg az expozíciót.

Megjegyzés: Kizárólag mellkasfelvételi (tüdőfelvételi) berendezés esetén a fentiek helyett a gyakorlatban alkalmazott csőfeszültségeket ajánlott használni, pl. 95, 110 és 125 kV.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A feljegyzett dózisos átlagát számítsuk ki.

f) Elfogadási kritériumok

Az egyes felvételek dózisa nem térhet el több, mint 40%-kal az átlagtól.

Megjegyzés: A gyakorlatban általában ennél jóval alacsonyabb eltérés tapasztalható.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben eltér egy-egy pontnál a mért dózis, akkor vizsgáljuk meg az adott elrendezésben és paraméterekkel az AEC reprodukálhatóságát. A generátor pontosságát is érdemes igazolni további mérésekkel, így felderíthető, hogy az AEC vagy a generátor,

esetleg más körülmény okozza e jelentős eltéréseket. Hibás AEC esetén manuális üzemmódban használható a berendezés, de ha a generátora meghibásodott meg, akkor fel kell függeszteni a használatát.

3.3.5.8. AEC reteszelés vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy ellenőrizze a felvételi automatika működését abban az esetben, ha a felvételezendő tárgy jelentősen nagyobb sugárgyengítésű annál, mint amelyet a rendszer le tudna képezni, vagy ha megszakad a kapcsolat az AEC ionkamrája és a vezérlő között. A berendezések kétféleképpen működtethetik az AEC-t abban az esetben, ha túl nagy a leképezendő tárgy sugárgyengítése. Egyes berendezések ún. „backup” vagy fedőértéket alkalmaznak a csőáram-idő szorzatra („fedő mAs”), vagyis van egy adott érték, amelynél mindenképpen megszakítja az expozíciót. Ezt előre be kell programozni, vagy beállítani. Ennek alkalmazása nem kötelező, nem minden berendezés rendelkezik ilyen funkcióval, azonban AEC módban minden berendezésnek legfeljebb 600 mAs elérése után mindenképpen meg kell szakítania a felvételt. Ettől függetlenül manuális üzemmódban nagyobb töltésmennyiség is kapcsolható.

Néhány képképző rendszer olyan, hogyha az expozíció megkezdése után, adott idő alatt (pl.: 50 ms) nem jut dózis a képreceptorra, akkor letiltja a generátoron az expozíció további folytatását.

Más megoldások esetén végez előexpozíciót a berendezés, amely egy nagyon kis dóziséjú „előfelvétel”. Az ebből származó, a képreceptorra érő dózis alapján becsüli meg az AEC rendszer, hogy mennyi dózist lenne szükséges leadni a kép optimálási célértékeinek eléréséhez az adott felvételezendő tárgyra. Amennyiben a rendszer nem lenne képes leadni a megfelelő dózist egyetlen felvétellel, akkor a rendszer megszakítja a felvételt.

Az adott berendezés és szoftververzió sajátossága, hogy a reteszelés és megszakítás életbe léptekor kiír-e hibaüzenetet.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Ólomlemez (min. 4 mm),
- Röntgenparaméter-mérő műszer (dózis mérésére alkalmas) vagy ionizációs kamra, A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Helyezzük az ólomlapot a kiválasztott AEC kamra fölé.
2. Szűkítsük a mezőt akkorára, amelynél a sugármező még néhány milliméterrel az ólomlapon belülre esik.

Megjegyzés: Egyes berendezések visszajelzést adnak az AEC rendszernek a kollimátor pozíciójának ellenőrzése alapján. Ha ekkor teljesen lezárjuk a kollimátort, a berendezés nem engedélyezi az expozíciót. Az ólomlap helyettesítésére nem alkalmas a kollimátor lezárása!

3. A műszer detektorát helyezük el az ólomlapon úgy, hogy az érzékeny felülete a csó felé nézzen.
4. A leggyakrabban alkalmazott anatómiai program segítségével (pl.: chest), „normál, felnőtt” beállítások mellett készítsünk felvételt 60 kV csőfeszültséggel. A feketedéskorrekció 0, a film érzékenysége normál legyen. A csóáram-idő szorzat fedőértékét állítsuk be a legnagyobb lehetséges értékre.
5. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket és a mért dózist. Rögzítsük, hogyha közül valamilyen hibaüzenetet a berendezés.
 - e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
A visszajelzett csóáram-idő szorzat fedőértékét össze kell hasonlítani a követelményként adott értékkel.
 - f) Elfogadási kritériumok
A csóáram-idő szorzat fedőértéke nem haladhatja meg a 600 mAs-ot.
A mért dózis és az esetleges hibaüzenet információval szolgál a berendezés működéséről.
Megjegyzés: A személyzetnek tudatában kell lennie azzal, hogy milyen jelenségekkel jár az AEC rendszer meghibásodása.
 - g) Helyesbítő intézkedések
A csóáram-idő szorzat fedőértékének maximumát mindenképpen állítsassuk be szervizzel.
Megjegyzés: Ügyelni kell rá, hogy az egyes programokban, felvételi protokollokban a várhatóan előforduló legnagyobb felvételezett anatómiák esetén is olyan fedőértékeket definiáljanak, amelyek még alkalmasak a képalkotásra, de ne okozzanak az AEC meghibásodása esetén se jelentős sugárterhelést a páciensnek.

3.3.5.9. AEC legkisebb áram-idő szorzat mérése

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása
A vizsgálat arra szolgál, hogy ellenőrizze a felvételi automatika működését abban az esetben ha nincs felvételezendő tárgy a képreceptor és a röntgencső között.
Az adott berendezés és szoftververzió sajátossága, hogy a reteszelés és megszakítás életbe léptekor kiír-e hibaüzenetet.
- b) Forrásdokumentumok
MSZ EN 61223-3-2:1999 szabvány 5.7.1. szakasza.
- c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek
– Röntgenparaméter-mérő műszer (dózis mérésére alkalmas), vagy ionizációs kamra,
A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.
- d) A vizsgálati eljárás leírása
 1. Nyissuk a kollimátort annyira, hogy a sugármező jelentős ráhagyással túlnyúljon a kiválasztott AEC kamra mellett (pl.: 25 × 25 cm² mezőméret).

2. A műszer detektorát helyezük el a képreceptor és a röntgencső között úgy, hogy az érzékeny felülete a cső felé nézzen és ne takarja ki a kiválasztott ionkamrát, továbbá legyen néhány centiméternyi hézag a detektor és a kamra között.
3. A leggyakrabban alkalmazott anatómiai program segítségével (pl.: chest), „vékony testalkatú, gyermek” beállítások mellett készítsünk felvételt 40 kV csőfeszültséggel. A feketedéskorrekció a legkisebb (-3...-2), a film érzékenysége a legnagyobb („S”) legyen, ha beállítható.

Megjegyzés: A csőáram-idő szorzat fedőértéke érdektelen, de ne legyen kevesebb, mint 10 mAs, ha szükséges értéket külön megadni.

4. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket és a mért dózist. Rögzítsük, hogyha közöl valamilyen hibaüzenetet a berendezés.
 - e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az itt mért adat tájékoztató jellegű, az átvételkor mért értékkel, illetve a gyártói specifikációval kell összehasonlítani.
 - f) Elfogadási kritériumok

A visszajelzett paraméterek és a mért dózis viszonyításként szolgál. Elvárható, hogy az átvételi vizsgálatot követően ne változzon ennek értéke.
 - g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben az átvételi vizsgálathoz képest növekszik az érték, előfordulhat, hogy további sugárgyengítő anyagok kerültek a képreceptor elé, vagy más rácst alkalmaznak. Ha nem ez történt, akkor a szervizzel be kell állíttatni az AEC rendszert.

3.3.5.10. Szívárgó sugárzás mérése (opcionális)

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szívárgó sugárzás meghatározásának célja, hogy tájékozódhassunk a röntgencsővet körülvevő bura ólomárnyékolásának épségéről. Ez elsősorban a páciens sugárvédelmét szolgálja, másfelől a kezelő személyét is óvó műszaki intézkedés.
- b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-1-3 szabvány 12. szakasza.
- c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek
 - Sugármérő műszer, erre alkalmas ionizációs kamra,
 - Ólomlemez (min. 4 mm),
 - Önhívó filmek (opcionális).

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.
- d) A vizsgálati eljárás leírása
 1. A berendezés röntgensugárforrás-egységének kilépőablakát zárjuk le elégségesen vastag (min. 4 mm vastag) ólomlemezrel. Zárjuk le a kollimátort.
 2. A cső környezetében ne legyen szóróközeg vagy árnyékoló anyagok.

3. Manuális módban állítsunk be 150 kV csőfeszültséget, vagy a legnagyobb névleges értéket. Jegyezzük fel, hogy a legnagyobb névleges csőfeszültség esetén mekkora a legnagyobb beállítható csőáram-idő szorzat. Válasszunk mellé olyan csőáram-idő szorzatot, amely negyede-fele a beállíthatónak, hogy kíméljük a röntgensövet.

Megjegyzés: A cső kímélése érdekében 150 kV helyett 120 kV is használható, ekkor az eredmények korrigálása végett a legrosszabb eset alapján a mért érték másfélszeresét kell megadni.

4. A megfelelő védőfelszerelés viselete közben, a műszer „integráló” üzemmódjában végezzünk mérést a beállított expozíciós paraméterek mellett, 1 m távolságra a fókusztól. A geometriai elrendezést is jegyezzük le.
5. Ügyeljünk arra, hogy a mérés irányát úgy adjuk meg, hogy az relatív legyen a röntgenszó jelöléseivel, pozíciójához viszonyítva.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért eredményhez alkalmazott csőáram alapján határozzuk meg a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges értékét, úgy, mintha folytonos üzemben 3 mA áramerősséggel történne a csővel átvilágítás e paraméterek mellett:

$$K_{a,l} = \frac{Q_{ref}}{Q_{be}} \cdot K_{a,m}$$

ahol:

- $K_{a,l}$ a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges mennyisége,
- Q_{ref} a referenciaként alkalmazott, egy órára vetített csőáram-idő szorzat (10.800 mAs),
- $K_{a,m}$ a műszerrel mért levegőkerma (vagy más dózismennyiség) értéke,
- Q_{be} a beállított csőáram-idő szorzat.

- f) Elfogadási kritériumok

A szivárgó sugárzás nem haladhatja meg a legnagyobb névleges csőfeszültség és csőáram mellett 1 óra alatt az 1 mGy értéket.

- g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben eltérést tapasztalunk, ismételjük meg a mérést.

Megjegyzés: Elsősorban a gördíthető, kórtermi felvételező röntgenberendezéseknél várható, hogy a szivárgó sugárzás értéke megközelíti az elfogadható értéket.

Megjegyzés: A méréshez olyan műszert kell használni, amelyet levegőkerma mérésére, esetleg $H^(10)$ környezeti dózisegyenérték-teljesítmény mérésére hitelesítettek. Amennyiben a műszer adott dózismennyiségre végzett hitelesítése miatt merülne fel gyanú, hogy egy adott röntgenberendezés nem teljesíti a követelményt, akkor nagyon valószínű, hogy hasonló eredmények születnének más hitelesítési mennyiség esetén is. Ebben az esetben mindenképpen győződjünk meg róla, hogy a berendezés röntgensövet körülvevő árnyékolások és burkolatok épek, egy esetleges korábbi szervizbeavatkozás, vagy ellenőrzés után megfelelően kerültek a helyükre. A berendezés burkolatának megbontását bizzuk szakemberre!*

3.3.6. Átvilágító, sebészeti, intervenciós és angiográfiás röntgenberendezések

Átvilágító berendezések

Az átvilágító röntgenberendezés folyamatos vagy impulzusüzemű, állandó sugármenettel működik. Átvilágítás közben egyes készülékekkel felvételeket is lehet készíteni. A (3.3.5) ábrán látható, két képreceptort alkalmazó rendszer a korábbi átvilágítókra jellemző, amelynél az átvilágítás megszakításakor az átvilágító üzemmódban alkalmazott képreceptor elé helyezett kazettatartóba csúsztatott filmmel lehetett „spot” felvételt készíteni. Az ilyen berendezések kettős üzemmódúak, azaz felvételi és átvilágító berendezések.

Az átvilágító röntgenberendezésekkel folyamatosan nyomon követhető a beavatkozás, az annak során keletkezett változások, a kontrasztanyag vizsgálatok és a szervek mozgásának követése is lehetséges e modalitással. Az átvilágító berendezések kizárólag automatikus dózisteljesítmény-szabályozóval működhetnek, vagyis mindenképpen egy program szerint vagy előre meghatározott célértékek alapján állítja be az expozíciós paramétereket a berendezés.

A hagyományos átvilágítók dönthető, ritkábban álló vizsgálószerkezettel rendelkeznek, álló és fekvő páciensen is elvégezhető a beavatkozás. Ezek elsősorban gasztrointesztinális vizsgálatokra szolgálnak, bár tüdőgyógyászok is használnak ilyeneket. A kezelő a röntgenberendezés mellett helyezkedik el, védelmét a szivárgó sugárzás ellen a berendezésen kialakított árnyékolás (rumbakötény), védőállás és egyéni védőfelszerelés biztosítja. Egyes átvilágításokat vezérelhetnek árnyékolt kapcsolótérből is, ezeket olykor távvezérelt vizsgálószerkezeteknek is nevezik. Az ilyen távvezérelt berendezéseknél a röntgencső az asztal fölött helyezkedik el. Kivételes esetekben, pl. kontrasztanyag beadásakor a távvezérelt vizsgálószerkezetnél is előfordul, hogy a személyzetnek a szerkezet mellett kell tartózkodnia, ilyenkor a személyzet sugárvédelméről időkorlátozással és személyi sugárvédő eszközökkel kell gondoskodni.

A C-íves átvilágító szerkezetek egyik csoportja a sebészeti, gördíthető röntgenberendezés, amit főleg traumás sérülések ellátásához, egyes angiográfiás eljárások elvégzéséhez vagy más sebészeti eljárások során, műtőkben alkalmaznak. Az ilyen berendezéseknek még szerep jut a brachyterápiás munkahelyeken is, illetve a vesekőzúzók mellett, ahol lokalizációra alkalmazzák. Ezeknek a berendezéseknek egy része ma még képerősítőt alkalmaz, de előfordul, hogy síkképreceptoros digitális képalkotóval szerelik fel ezeket.

A másik csoportja az átvilágító berendezéseknek a telepített C-íves intervenciós készülékek köre, amelyeket elsősorban angiográfiai és kardiológiai beavatkozásoknál alkalmaznak. Ezek újabban szinte kizárólag síkképreceptorral kerülnek üzembe helyezésre.

Az érfestéshez, angiográfiához és angioplasztikás eljárásokhoz áll egyes berendezéseknél rendelkezésre a digitális szubtrakciós angiográfiás mód. Ennek segítségével egy adott felvételtől lehet egy másik képet kivonni. Bár egyszerűnek hat az eljárás, e technikát még az analóg videótechnika idejében fejlesztették ki, amikor ennek megvalósítása még komoly kihívás volt. Egyes eljárásoknál az erekben halmozódó kontrasztanyag mértékét nagyon jó láthatósággal ábrázolja e technika (ld. még 3.3.6.11 szakasz).

A C-íves berendezések legelőnyösebben úgy alkalmazhatóak, ha a röntgencsővet alsó állásba helyezik. Egyes anatómiai beállítások szükségessé teszik az oldalirányú csőbeállítás alkalmazását. A személyzetnek érdemes a csővel ellentétes oldalon elhelyezkednie, ha ez megoldható.

A C-íves röntgenberendezéseknél a kezelő a páciens mellett áll. Alkalmaznia kell az előírt egyéni sugárvédelmi védőfelszereléseket, valamint a berendezésen biztosított sugárvédő felszereléseket, alsó-, oldalsó védelem, mennyezeti függesztésű, ólomakril védőpajzs, ólomgumi köpeny, pajzsmirigyvédő körgallér, ólomüveg szemüveg stb.

A helyiségben tartózkodó személyzetnek (pl.: aneszteziológus, műtőssegéd stb.) is alkalmaznia kell az előírt egyéni sugárvédelmi védőfelszereléseket és ha éppen nem szükséges az eljárás során közvetlenül a beteg mellett állnia, akkor érdemes távolabb lépnie.

Átvilágító röntgenberendezéseknél, amennyiben a vizsgált régió sugárérzékeny szerv közelében van, és a vizsgálatot nem befolyásolja, alkalmazni kell ólomgumi takarást a páciens védelmére.

Amennyiben alkalmazhatóak, akkor az egyes mérések során az alábbi paramétereket kell rögzíteni:

- Vizsgálat módja (felvétel/átvilágítás)
- Felvételi protokoll vagy anatómiai program és üzemmód megnevezése,
- Csőfeszültség (kV),
- Csőáram (mA),
- Idő (s),
- Kiválasztott szűrés(ek),
- Fókusz-képreceptor távolság,
- Fókusz-vizsgálótest távolság,
- AERC üzemmód,
- Képreceptor azonosítói,
- Mezőméret,
- Fókusz méret,
- Impulzussűrűség, impulzusszélesség.

Az olyan berendezések esetén, amelyek felvételező és átvilágító üzemmódban is képesek képet alkotni, mindkét modalitás szerint vizsgálni kell a működést az átvételi, az állapotvizsgálatok és az állandósági vizsgálatok során egyaránt!

Az e szakaszban szereplő egyes vizsgálatoknál az alumínium lemez helyett alkalmazható más, az AE(R)C megfelelő válaszát kiváltó közeg is, például PMMA lemezek.

3.3.6.1. Felezőréteg-vastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző felezőréteg-vastagság meghatározása. E méréshez a legkényelmesebb módon az előbbi méréshez is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő műszer használható fel,

azonban ennek hiánya esetén a hagyományos módszer is alkalmazható. Az eljárás leírásánál az előbbi módszert ismertetjük.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 sz. szabvány 5.3. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

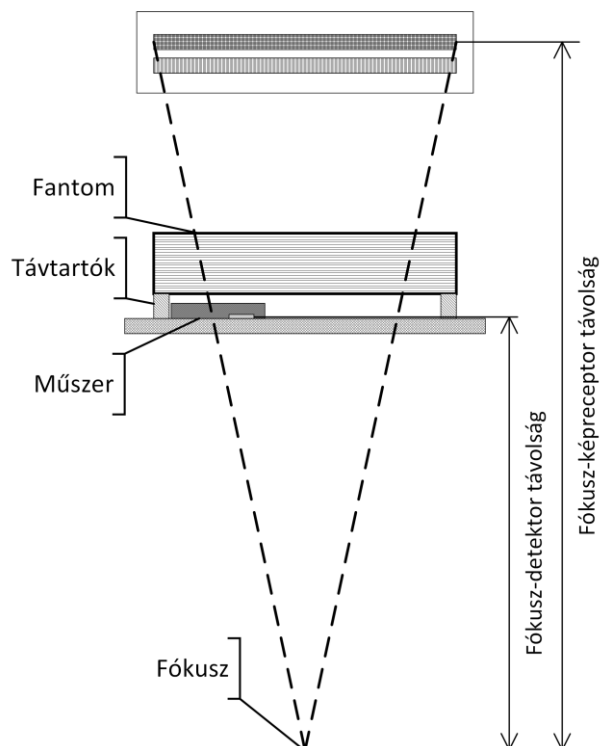
- Röntgenparaméter-mérő műszer (HVL mérésére alkalmas),
- 25 mm Al fantom, amely teljesen lefedi a képreceptort.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Az alumínium fantomot a képreceptor és a cső közé kell helyezni úgy, hogy az a képreceptor teljes felületét lefedje.
2. A röntgenparaméter-mérő műszert a felső csöves berendezésnél az alumínium fantomra, alsó csöves berendezésnél a fantom alá helyezzük az érzékelő felületével a röntgenső irányába. Ügyeljünk rá, hogy a detektor teljes érzékeny felülete besugárzásra kerüljön, de ne takarjon ki a képreceptorból a szükségesnél nagyobb területet. A fantom és a műszer a képreceptorhoz a lehető legközelebbi helyzetben legyen.

Megjegyzés: Egyes detektorok hátsó burkolatát ólomárnyékolással látják el a visszaszórás csökkentésére. Az ólomlemez árnyékoló hatása az olyan vizsgálatoknál, ahol az automatika választja az expozíciós paramétereket, jelentősen megnövelheti azokat!



3.3.6.1 ábra: A detektor elrendezése, alsócsöves mérés estén.

A detektort érzékeny felületével lefelé kell az asztalra helyezni.

Megjegyzés: A hagyományos átvilágítókat általában alsócsöves elrendezéssel használják. A fantom és a detektor megfelelő elrendezése időigényes lehet. A C-íves sebészeti

röntgenberendezéseknél segíti a mérés kivitelezését, ha a C-íves kart átfordítjuk és így felső csöves elrendezésben végezzük a vizsgálatokat. A nem átfordítható, például intervenció berendezések esetében használjuk a páciensasztalt vagy más, kis sugárgyengítésű állványt, amely elbírja a fantomot. Ha rendelkezésre áll, akkor egy gördíthető asztalt kell felhasználni. Sebészeti röntgenberendezésnél a csőegység fölé beállított műtőasztal, mint tartó használatánál annak vázszerkezete befolyásolhatja a mérést, ezért igyekezzünk elkerülni, hogy belelógjon a sugárnyaládba. A fantom elhelyezésénél mindig olyan tartót használjunk vagy az asztalnak olyan részét válasszuk ki, amely homogén. Gondoskodjunk arról, hogy a mérés körülményeinek reprodukálhatósága érdekében lejegyezzük az asztal vagy tartó pontos paramétereit.

3. Jegyezzük fel, hogy folyamatos vagy impulzusüzemű átvilágítás mellett végeztük-e a mérést és alkalmazzuk azt a mezőméret beállítást, amelyik teljes fedést eredményez a fantomunkon. Az AERC-t a munkahelyen leggyakrabban használt vagy valamely „általános” üzemmódba állítsuk és válasszuk ki az ennek megfelelő programot, ha lehetséges. Ha volt átvételi vagy korábbi állapotvizsgálat, akkor azzal azonos beállítást alkalmazzunk.
4. Az expozíció elvégzése után jegyezzük fel a berendezés által visszajelzett csőfeszültség, áramerősség értékét és a kiválasztott kiegészítő szűrőket, valamint írjuk fel a detektor által mért felezőréteg-vastagság értékét.

Megjegyzés: Egyes berendezések a nagy impulzussűrűségű (> 25 fps) átvilágítást folyamatosként tüntetik fel.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket hasonlítsuk össze a kritériumokat tartalmazó táblázattal.

- f) Elfogadási kritériumok

Beállított csőfeszültség U (kV)	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. előtt CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al	Minimális első felezőréteg- vastagság, 2012.06.01. után CE-jelzettel forgalomba hozott berendezésekre, mm Al
	40	1,2
50	1,5	1,8
60	1,8	2,2
70	2,1	2,5
80	2,3	2,9
90	2,5	3,2
100	2,7	3,6
110	3,0	3,9
120	3,2	4,3
130	3,5	4,7

A közbülső értékekre lineáris interpoláció alkalmazható.

- g) Helyesbítő intézkedések

A műszer beállítási helyességének ellenőrzését és a vizsgálat megismétlését követően állapítható meg, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményt. Amennyiben a berendezés nem teljesíti a követelményeket továbbra sem, értesíteni kell a szervizt és gondoskodni arról, hogy a megfelelő kiegészítő szűrést beszereljék.

3.3.6.2. Teljes szűrés meghatározása (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző teljes szűrés meghatározása. Ez elsődlegesen sugárvédelmi célt szolgál, mert segítségével meghatározható, hogy az adott berendezés megfelel-e annak a műszaki követelménynek, hogy nem bocsát ki olyan röntgensugárzást, amelyben túl sok lenne az alacsony energiájú foton aránya, amely felesleges sugárterhelést okozna a páciensnek, és nem járul hozzá a képalkotáshoz.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 6.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas),
- 25 mm Al fantom, amely teljesen lefedi a képreceptort.

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A teljes szűrés vizsgálatakor ugyanúgy kell eljárni, mint a felezőérték meghatározásakor. A legtöbb röntgenparaméter-mérő műszer a két értéket egyszerre képes meghatározni ugyanazon expozíció során, így a két vizsgálatot célszerű egyszerre elvégezni.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket rögzítsük.

f) Elfogadási kritériumok

A teljes szűrés értéke legyen legalább 2,5 mm Al egyenértékű szűrés.

Intervenciós és gyermekradiológiai munkahelynél ezen felül lennie kell $\geq 0,1$ mm Cu kiegészítő szűrésnek vagy a teljes szűrés értéke meg kell, hogy haladja a 3,5 mm Al egyenértékű szűrést.

g) Helyesbítő intézkedések

A teljes szűrés meghatározása nem kötelező, mert annál jobban jellemzi a sugárzás minőségét a felezőréteg-vastagság. Tehát a megadott kritériumtól való eltérés esetén érdemes a felezőréteg-vastagság vizsgálatát elvégezni és elsősorban annak az eredményeire támaszkodni.

Megjegyzés: A HVL mérésével nagyobb pontosság érhető el.

3.3.6.3. A sugárhatárolás vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja annak megállapítása, hogy a röntgensugármező és a képfelvevő terület egybeesik-e. Ha a sugárrekesz túlnyitható a képfelvevő területen, akkor szükségtelen többlétsugárterhelést okoz a besugárzás a páciensnek.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-2-54:2018 szabvány 203.8.5.3. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

Átvilágító ernyő, vonalzó (és védőfelszerelés).

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Távolítsunk el minden olyan tárgyat és anyagot, amely a sugárnyaláb útjában van. A méréshez védőfelszerelés szükséges és a mérést az üzemelő berendezés mellett, rövid expozíciókkal kell végezni egy besötétített helyiségben.
2. Állítsuk a sugárrekeszt a képmező határára a legnagyobb mezőméret mellett. Ha lehetséges, a fókusz-képreceptor távolság 1 m legyen.
3. Átvilágítás közben nyissuk annyira ki a rekeszt, amennyire csak lehetséges.
4. A vizsgálat során figyeljük meg az átvilágító ernyő segítségével, hogy a képfelvevő határán mennyire nyitható túl a rekesz.
5. Amennyiben túlnyúlik a nyaláb a képfelvevő területen, akkor becsüljük meg annak mértékét vonalzó segítségével.

Megjegyzés: Egyes berendezéseknél a kollimációt íriszblendével oldják meg, amelynél előfordulhat, hogy az még látható marad a képhatáron. Ha ekkor a blende már nem nyitható tovább, akkor nem szükséges az átvilágító ernyővel ellenőrzést végezni.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mérési eredményeket a helyszínen értékeljük az elfogadási kritérium alapján. Eltérés esetén a helyesbítő intézkedések szerint járunk el.

f) Elfogadási kritériumok

A képfelvevő síkjában, annak hasznos területén ne nyúljon túl egyetlen irányban sem több, mint 2 cm-rel a sugárnyaláb.

Megjegyzés: Ha a fókusz-képreceptor távolság nem 1 m, akkor a követelményt úgy kell érteni, hogy az nem lehet több, mint a fókusz-képreceptor távolság 2%-a.

g) Helyesbítő intézkedések

A sugárhatárolásra még elfogadott túlfedés felfüggesztési szint. Amennyiben ezt túllépi a berendezés, a használatát azonnal fel kell függesztetni és minél előbb gondoskodni a kollimátor beállításáról. A szabvány követelménye széles tűrést ad meg, ennek ellenére elvárható, hogy legfeljebb 1 cm-nyivel legyen túlnyitható a képfelvevő területen a sugármező. Törekedni kell a minél pontosabb kollimátor-beállításra!

3.3.6.4. Vonalpár-felbontás vizsgálata (és opcionálisan az alacsonykontrasztú felbontás vizsgálata)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képminőség az egyik olyan értékelési szempont, amely egyértelműen meghatározza egy berendezés használhatóságát.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 6.12 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Képminőség-ellenőrző vizsgálóábra, amely alkalmas a vonalpár-felbontás vizsgálatára,
- 25 mm Al fantom, amely teljesen lefedi a képreceptort.

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 15 perc.

Megjegyzés: Bár a hivatkozott szabvány szerint nem kötelező, de mégis érdemes olyan fantomot használni, amely megfelel a DIN 6868-4 szabvány előírásainak és tartalmaz még az alacsony-kontrasztfelbontás vizsgálatára alkalmas betétet is. Amennyiben elérhető ilyen betét a fantomban, akkor mindenképpen érdemes ezt a vizsgálatot is elvégezni.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vonalpárfelbontás-vizsgáló ábrát vagy a képminőség vizsgálatára szolgáló fantomot helyezük el a képreceptor előtt.

Megjegyzés: Úgy kell elrendezni az ábrát és a fantomot, hogy azok a képreceptorhoz minél közelebb kerüljenek, ha szükséges, akkor homogén tartóra.

2. A leggyakrabban alkalmazott átvilágítási üzemmódban és programmal végezzünk átvilágítást úgy, hogy amint állandó szürkeségűre vált a felvétel, megszakítjuk az átvilágítást.
3. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket, a mezőméretet, majd az utolsó képen értékeljük az ábra láthatóságát. Jegyezzük fel, hogy láthatóak-e műtermékek a felvételen: donga- vagy párnatorzítás, holt pixelek, foltok, egyenetlen szürkeségű területek, stb.
4. A vizsgálat 2. és 3. lépéseit ismételjük meg az összes lehetséges nagyításnál!
5. A 2-4. lépéseket ismételjük meg úgy, hogy az Al fantomot elhelyezzük a vonalpárfelbontás-vizsgáló ábrán vagy a képminőség-vizsgáló fantomon.



3.3.6.4 ábra: A képminőség-vizsgáló fantom elhelyezése.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A vizsgálóábrában értékelt eredményeket hasonlítsuk össze azokkal, amelyeket az átvételi vizsgálat során kaptunk.

f) Elfogadási kritériumok

Ha a képreceptor átlós mérete vagy átmérője nem haladja meg a 25 cm-t, akkor az elérhető minimális vonalpár-felbontás 1,0 lp/mm. Az ennél nagyobb (45 cm) képerősítők esetén elérhető legalább 0,8 lp/mm. Teljesen digitális berendezéseknél elvárható, hogy a vonalpárfelbontás érje el az 1,0 lp/mm értéket.

Az alacsonykontrasztú részletek láthatóságára külön kritériumokat a szakirodalom sem állapít meg. A képalkotó rendszer hibáját más vizsgálatokkal kell alátámasztani.

Az eredményeket egyébként az átvételi vizsgálat során meghatározottakkal kell összevetni. Se a vonalpárfelbontás, se az alacsonykontraszt-láthatóság ne legyen lényegesen rosszabb (> 25 %).

Nem jelenhetnek meg műtermékek a felvételeken.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a képminőség jelentősen romlott, ezt a csőfeszültség- és a generátor további vizsgálataival alátámaszthatjuk. Egyébként ismételjük meg a mérést. A hiba jellege utal arra, hogy milyen részegység hibásodhatott meg, ezzel az információval keressük meg a szervizt a hiba fennállása esetén.

A műtermékek megjelenése sokféle hibára utalhat. A vizsgálat teljes megismétlésével és a geometria újbóli elrendezésével meggyőződhetünk arról, hogy nem a mérési elrendezés vagy a beállítások okozták azok megjelenését.

3.3.6.5. A röntgensőfeszültség és a dózisteljesítmény mérése AERC módban

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által az átvilágításkor kapcsolt röntgensőfeszültség pontosságának megállapítása és az átvilágítási dózisteljesítmény mérése.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 sz. szabvány 6.2 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

– Röntgenparaméter-mérő műszer (Röntgensőfeszültség- és dózisteljesítmény mérésére alkalmas),

– 25 mm Al fantom, amely teljesen lefedi a képreceptort.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A csőfeszültség és a dózisteljesítmény vizsgálatokor ugyanolyan geometriai elrendezés alkalmazandó, mint a felezőérték és a teljes szűrés meghatározásakor.

2. Jegyezzük fel, hogy folyamatos- vagy impulzusüzemű átvilágítás mellett végeztük-e a mérést és alkalmazzuk azt a mezőméret beállítást amelyik teljes fedést eredményez a

fantomunkon. Az AERC-t a munkahelyen leggyakrabban használt vagy valamely „általános” üzemmódba állítsuk és válasszuk ki az ennek megfelelő programot, ha lehetséges.

3. Az expozíció elvégzése után jegyezzük fel a berendezés által visszajelzett csőfeszültség, áramerősség értékét és a kiválasztott kiegészítő szűrőket, valamint írjuk fel a detektor által mért röntgencsőfeszültség értékét és a mért (kerma- vagy) dózisteljesítményt.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által mért értékeket hasonlítsuk össze a kijelzettel.

f) Elfogadási kritériumok

A kijelzett és mért csőfeszültség értékek között nem lehet nagyobb az eltérés 10 %-nál.

g) Helyesbítő intézkedések

A vizsgálat megismétlését és a műszer beállításai helyességének ellenőrzését követően állapítható meg, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményt. Ha nem teljesíti a berendezés a követelményt, akkor a használatát fel kell függeszteni és mielőbb gondoskodni a javíttatásáról.

3.3.6.6. AERC működésének ellenőrzése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy az automatikus dózisteljesítmény-szabályozó tárgyvastagság-kompenzációjának működését ellenőrizzük. Elvárható a berendezéseknél, hogy nagytávtól és az átvilágított tárgy vastagságától függetlenül legalább azonos képminőséget szolgáltatson a berendezés, illetve az, hogy következetesen azonos dózisteljesítmény érje a képreceptort.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 sz. szabvány 6.5 szakasza.

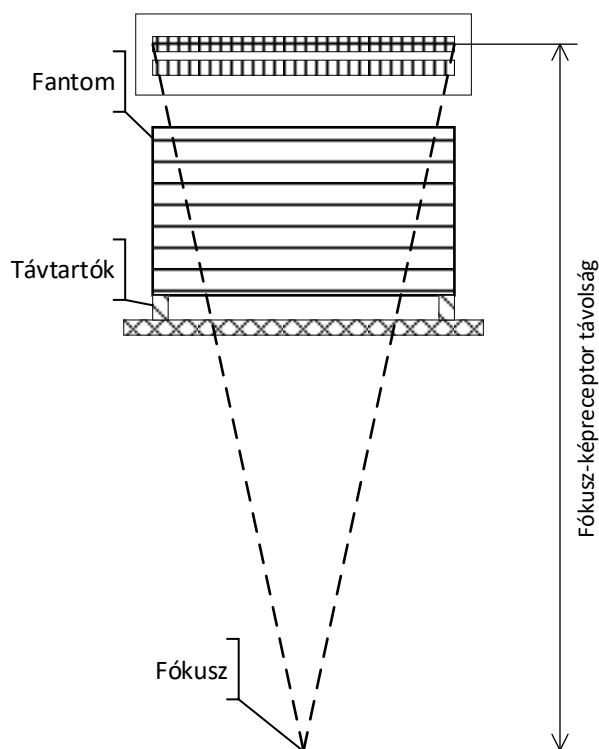
c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

– 10, 15 és 20 cm vastagságú, legalább 25 × 25 cm² felületű PMMA lemezek,

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 15 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A 10 cm vastag PMMA fantom és a képreceptor elrendezése hasonló ahhoz, amit a teljes szűrés (3.3.6.2) meghatározásához kell beállítani. Tehát helyezük el a fantomot a képreceptorhoz olyan közel, amennyire lehetséges, az fedje a teljes képreceptort, és gondoskodjunk róla hogy az esetlegesen szükséges tartón felül sugárgyengítő közeg ne legyen a fantom és a képreceptor környezetében. Állítsuk be a legnagyobb mezőméretet. E vizsgálatához nincs szükség az univerzális röntgenparaméter-mérő műszerre.



3.3.6.6 ábra: A PMMA lemezek helyes elhelyezése.

2. A leggyakrabban alkalmazott átvilágítási üzemmódban és programmal végezzünk átvilágítást úgy, hogy amint állandó szürkeségűre vált a felvétel, megszakítjuk az átvilágítást.
 3. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket, mezőméretet. Jegyezzük fel, hogy láthatóak-e műtermékek a felvételen: donga- vagy párnatorzítás, holt pixelek, foltok, egyenetlen szürkeségű területek, stb.
 4. A vizsgálat 2. és 3. lépéseit ismételjük meg az összes lehetséges nagyításnál!
 5. A 2-4. lépéseket ismételjük meg úgy, hogy a fantom vastagságát rendre növeljük 15 és 20 cm-nyire.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
- A feljegyzett értékeket hasonlítsuk össze az átvételi vizsgálatkor megállapított eredményekkel.
- f) Elfogadási kritériumok
- Nincsenek szabványban rögzített kritériumok a röntgenparaméterek állandóságára, de jelentős eltérés ($> 15\%$) nem várható az átvételi vizsgálatkor meghatározottakhoz képest.
- Műtermékek nem jelenhetnek meg.
- g) Helyesbítő intézkedések
- A vizsgálatot ismételjük meg és ellenőrizzük a műszer beállításainak helyességét. Az ismételt vizsgálat révén ellenőrizhető, hogy a berendezés teljesíti-e a követelményeket.

3.3.6.7. Páciens belépőoldali dózisteljesítmény mérése

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat segítségével meghatározható a páciens belépőoldali bőrdózis-teljesítménye. A belépőoldali bőrdózis-teljesítmény közvetlen kapcsolatban van azzal, hogy egy átvilágítást alkalmazó eljárás során, amelynél állandóan ugyanazt a hányadát éri a bőrfelületnek a sugárnyaláb és az effektív sugármeneti idő hosszú, előfordulhat-e a bőr nemkívánatos reakciója az ionizáló sugárzás hatására. Bár a kezelőszemélyzet tapasztalatától és gyakorlottságától is függ a sugármeneti idő, azonban adott műszaki színvonalon elvárható, hogy egy meghatározott dózisteljesítménynél nagyobb mértékű ne legyen a kibocsátott röntgensugárzás, mégis az eljárás céljára alkalmas átvilágítási képet készítsen a berendezés.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-2-54:2015 sz. szabvány 203.6.3.102 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (dózisteljesítmény mérésére alkalmas, amelynél elhanyagolható a mért visszaszórás), vagy
- 6...180 cm³ térfogatú, hitelesített ionizációs kamra (= visszaszórást is mér),
- 25 mm Al fantom, amely teljesen lefedi a képreceptort.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Az Al fantomot helyezük el a képreceptorhoz minél közelebb, a felezőréteg-vastagság meghatározásához (3.3.6.1) is alkalmazott elrendezés szerint.
2. A méréshez a röntgenparaméter-mérőt helyezük el a fantom és a röntgencső között úgy, hogy az érzékeny felületét a röntgencső felé irányítjuk. Amennyiben pozícióellenőrzésre képes a műszer, akkor ezt végezzük el. Ekkor általában nem számottevő a visszaszórás.

Ha ionizációs kamra segítségével végezzük a mérést, akkor a kamrát helyezük el a fantom és a cső között a sugárnyalábban úgy, hogy annak geometriai középpontja pontosan a sugárnyaláb középtengelyére essen. Ebben az esetben a kiegészítő szűrők és a röntgencsőfeszültség függvényében a visszaszórás értéke 1,2 és 1,4 közé esik általában, ezért átlagosan 1,3 értékkel számolhatunk.

3. Gondosan jegyezzük le az adott mérési elrendezésben a fókuszképreceptor és a fókuszetektor távolságot.
4. Állítsuk be a legnagyobb lehetséges mezőméretet.
5. A leggyakrabban alkalmazott átvilágítási üzemmódban és programmal végezzünk átvilágítást úgy, hogy amint állandó szürkeségűre vált a felvétel, megszakítjuk az átvilágítást.
6. Jegyezzük fel a visszajelzett röntgenparamétereket, mezőméretet. A röntgenparaméter-mérő vagy az elektrométer által mért eredményt írjuk le. Ügyeljünk arra, hogy a műszerről az állandó dózisteljesítményhez tartozó értéket olvassuk le és végezzük el a szükséges korrekciókat.

Megjegyzés: Egyes műszerek a folyamatos üzemű átvilágítás során az integrált dózis és a sugármeneti idő hányadosát jelzik ki, míg némelyek az utolsó pillanatnyi értéket is képesek kijelezni. A legvalószínűbb, hogy az átvilágítás során kell a mért értéket megfigyelni és lejegyezni. A nagymértékű (> ± 10 %) ingadozás a generátor vagy az AERC hibájára utalhat,

ezt más vizsgálatokkal kell alátámasztani. Amennyiben a műszer vagy elektrométer alkalmas a dózisteljesítmény jelalakja időbeli változásának kijelzésére, érdemes azt is megvizsgálni.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az alábbi képlet segítségével határozzuk meg, hogy a referencia-távolságban mekkora lesz a dózisteljesítmény:

$$K_a' = \left(\frac{d_m}{d_{ref}} \right)^2 \cdot K_{a,m}$$

ahol:

- K_a' az adott mérés alapján az 1 m-es referencia-távolságra kiszámított belépőoldali bőrdózis,
- d_{ref} a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításához alkalmazott referencia-távolság, itt 1 m,
- d_m a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókusz-detektor távolság,
- $K_{a,m}$ a műszerrel mért levegőkerma értéke.

f) Elfogadási kritériumok

Amennyiben olyan detektorral, univerzális röntgenparaméter-mérővel végeztük a mérést, amelynél nem számottevő a visszaszórás befolyása, úgy a belépőoldali bőrdózis-teljesítményre elfogadható érték 50 $\mu\text{Gy/s}$, 1 m referencia-távolságon.

Ha az alkalmazott detektorunk érzékeny a visszaszórásra, az például egy ionizációs kamra, akkor az elfogadható érték 66 $\mu\text{Gy/s}$, 1 m referencia-távolságon.

A fenti követelmények a berendezések „normál” üzemmódjára vonatkoznak. Ennél nagyobb megengedett dózisteljesítmények is felléphetnek egyes üzemmódokban, amelyeket a gyártóknak kötelező megfelelően megjelölniük (pl.: HDR, HD stb.). A nagyobb dózisteljesítményű üzemmódokban a fenti értékek kétszerese fogadható el.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a kiszámított belépőoldali bőrdózis-teljesítmény meghaladja a megadott kritériumokat, úgy ellenőrizni kell a beállításokat és az eredményeket, szükség esetén pedig megismételni a mérést.

A fenti követelményeket szigorúan kell értelmezni a felső csöves felvételi-átvilágító átvilágító és a C-íves berendezéseknél. Egyes kardiológiai és angiográfias berendezések esetén a megadottnál nagyobb dózisteljesítmény is előfordulhat a megadott mérési eljárás szerint. Ekkor a berendezés szervizével érdemes felvenni a kapcsolatot és megvizsgálni, annak a lehetőségét, hogyan csökkenthető a referencia bőrdózis-teljesítmény, ez ugyanis a képminőség romlásához vezet.

3.3.6.8. Képreceptor belépőoldali dózisteljesítmény mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat segítségével meghatározható a képreceptor belépőoldali dózisteljesítménye.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 6.8 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (dózzisteljesítmény-mérő detektor)
- 25 mm Al fantom, amely teljesen lefedi a képreceptort.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Az alumínium fantomot a képreceptor és a cső közé kell helyezni úgy, hogy az a képreceptor teljes felületét lefedje.
2. A röntgenparaméter-mérő műszert az alumínium fantom és a képreceptor között helyezzük az érzékelő felületével a röntgenszó irányába. Ügyeljünk rá, hogy a detektor teljes érzékeny felülete besugárzásra kerüljön, de ne takarjon ki a képreceptorból a szükségesnél nagyobb felületet. A fantom és a műszer a képreceptorhoz a lehető legközelebbi helyzetben legyen.
3. Jegyezzük fel, hogy folyamatos- vagy impulzusüzemű átvilágítás mellett végeztük-e a mérést és alkalmazzuk azt a mezőméret beállítást amelyik teljes fedést eredményez a fantomunkon. Az AERC-t a munkahelyen leggyakrabban használt vagy valamely „általános” üzemmódba állítsuk és válasszuk ki az ennek megfelelő programot, ha lehetséges.
4. Az expozíció elvégzése után jegyezzük fel a berendezés által visszajelzett dózzisteljesítményt, az áramerősség értékét és a kiválasztott kiegészítő szűrőket, valamint írjuk fel a detektor által mért felezőréteg-vastagság értékét.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az alábbi képlet segítségével határozzuk meg, hogy a referencia-távolságban mekkora lesz a dózzisteljesítmény:

$$K_a' = \left(\frac{d_m}{d_{ref}} \right)^2 \cdot K_{a,m}$$

ahol:

K_a' az adott mérés alapján az 1 m-es referencia-távolságra kiszámított belépőoldali bőrdózis,

d_{ref} a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításához alkalmazott referencia-távolság, itt 1 m,

d_m a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókusztávolság,

$K_{a,m}$ a műszerrel mért levegőkerma értéke.

f) Elfogadási kritériumok

Nem létezik szabványosított érték. A mért értéket az átvételi vizsgálatkor meghatározott eredménnyel kell összevetni. Szokásos értéke kisebb, mint 5 $\mu\text{Gy/s}$ a referenciapontban.

g) Helyesbítő intézkedések

Ha a mért érték jelentősen eltér a megadottól, illetve jelentősen változott (> 30 %) az átvételi vizsgálathoz képest, akkor érdemes ennek az okát felderíteni (szűrők, röntgenszó öregedése stb.).

3.3.6.9. Szórt sugárzás mérése a személyzet tartózkodási helyén (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat segítségével meghatározható a személyzet tartózkodási helyén a szórt sugárzás mértéke. E vizsgálat során egy meghatározott, a páciens helyettesítő szóróközeggel (vízfantom) kell a kezelő tartózkodási helyén mérést végezni. Ezzel értékelhető a személyzet által a legrosszabb körülmények között elszenvedett sugárterhelés mértéke, tehát a legnagyobb várható sugárterhelés.

b) Forrásdokumentumok

MSZ 824:2017 szabvány 8.3 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Víz- vagy plexifantom, amely $25 \times 25 \times 15 \text{ cm}^3$ térfogatú,
- Túlnyomásos, vagy nagyterfogatú és így nagy érzékenységű ionizációs kamra [$H^*(10)$ hitelesítésű, vagy a levegőkerma mérésére hitelesített eszköz, aminél a megfelelő konverziós tényezőkkel korrigált értéket adhatjuk meg, ld. még MSZ 14341:2017, 11. táblázat],
- Mérőszalag.

Egy-egy mérési pontban egy adott üzemmód mellett a vizsgálat és kiértékelés kb. 5 perc alatt elvégezhető.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A fantomot tartón, a röntgenszó és a képreceptor között kell elhelyezni úgy, hogy az minél közelebb essen a képreceptorhoz. A fantom és a sugárnyaláb középtengelyének egybe kell esnie.
2. A pontos geometriai elrendezést rögzíteni kell: cső állása, fókuszképreceptor távolság, vizsgálati paraméterek. A mezőméret $20 \times 20 \text{ cm}^2$ vagy az ahhoz legközelebbi méretű legyen. Az előírt védőfelszereléseket (rumbakötény, ólomakril áttekintő ablak stb.) a rendelkezésre állásuk és az előírások szerint alkalmazzuk.
3. Az AERC-t, a munkahelyen a lehető legnagyobb dózisteljesítményt eredményező üzemmódba állítsuk és válasszuk ki az ennek megfelelő programot, ha lehetséges. Jegyezzük fel, hogy folyamatos- vagy impulzusüzemű átvilágítás mellett végeztük-e a mérést.
4. A mérési pontokat 40 és 170 cm közötti magasságban kell felvenni úgy, hogy megvárjuk, míg a műszer beáll állandósult dózisteljesítményre.
5. A mérést megfelelő védőfelszerelés viselete közben kell végezni úgy, hogy a fantom középpontjától a tartózkodási zóna irányában, az előírt sugárgyengítésű ólomgumi köpenyt a műszer elé tartjuk.

Megjegyzés: Az MSZ 824:2017 szabvány C1 és C2 mellékletei ábrázolják a kezelőszemélyzet tartózkodási zónáját átvilágító berendezésekre. Ez alapvetően egy $60 \times 60 \text{ cm}^2$ méretű terület,

amelynek pontos meghatározására ad ajánlást a gyártó, de elsősorban az engedélyesen múlik a megadása.

6. Az egyes expozíciók után jegyezzük fel a berendezés által visszajelzett értékeket és a kiválasztott kiegészítő szűrőket, valamint írjuk fel a mért dózisteljesítmény értékét és a mérési pontot.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
A vizsgálat során kapott eredményeket a szabványban rögzített korláttal kell összevetni.
- f) Elfogadási kritériumok
A fenti feltételekkel a tartózkodási zóna bármely pontján, a megadott magasságban nem fordulhat elő nagyobb dózisteljesítmény, mint 15 $\mu\text{Sv/h/mA}$.
- g) Helyesbítő intézkedések
Ha az adott elrendezésben a mért dózisteljesítmény meghaladja a kritériumként meghatározott 15 $\mu\text{Sv/h/mA}$ értéket, akkor ellenőrizzük, hogy megfelelő-e az alkalmazott védőfelszerelés és megfelelően rendeztük-e el a különböző, rendelkezésre álló védelmeket. Jelentősebb eltérés esetén érdemes konzultálni sugárvédelmi szakértővel és szükség szerint megerősíteni a védelmet.

3.3.6.10. Szivárgó sugárzás mérése (opcionális)

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása
A szivárgó sugárzás meghatározásának célja, hogy tájékozódhassunk a röntgensövet körülvevő bura ólomárnyékolásának épségéről. Ez elsősorban a páciens sugárvédelmét szolgálja, másfelől a kezelő személyét is óvó műszaki intézkedés.
- b) Forrásdokumentumok
MSZ EN 60601-1-3 szabvány 12. szakasza.
- c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek
 - Sugármérő műszer, erre alkalmas ionizációs kamra,
 - Ólomlemez (min. 4 mm);
 - Önhívó filmek (opcionális),
 - Ólomgumi köpeny (> 0,25 mm ólomegyenértékű).A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.
- d) A vizsgálati eljárás leírása
 1. A berendezés röntgensugárforrás-egységének kilépőablakát zárjuk le elégségesen vastag ólomlemezzel. Zárjuk le a kollimátort és az íriszblendét is, ha van.
 2. A cső környezetében ne legyen szóróközeg vagy árnyékoló anyagok.
 3. A berendezésen válasszunk olyan programot vagy üzemmódot, amely az AERC-t a lehető legnagyobb dózisteljesítményt eredményező üzemmódba állítja, ez leggyakrabban a legnagyobb névleges csőfeszültség és áramerősség érték. Jegyezzük fel, hogy folyamatos- vagy impulzusüzemű átvilágítás mellett végeztük-e a mérést.

Megjegyzés: Egyes berendezések az ólomtakarás miatt letiltják az expozíciót. A mérés ekkor nem végezhető el ilyen módon.

4. A megfelelő védőfelszerelés viselése közben, állandósult expozíciós paraméterek mellett végezzünk dózisteljesítmény-mérést 1 m távolságra a fókuszról. A geometriai elrendezést is jegyezzük le.
 5. Ügyeljünk arra, hogy a mérés irányát úgy adjuk meg, hogy az relatív legyen a röntgencső jelöléséhez, pozíciójához viszonyítva.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
- A mért eredményeket a határértékkel kell összevetni.

Megjegyzés: Az ólomlemez alkalmazása miatt a berendezés a legnagyobb beállítható üzemi paramétereket választja ki.

- f) Elfogadási kritériumok
- A szivárgó sugárzás nem haladhatja meg a legnagyobb névleges csőfeszültség és csőáram mellett az 1 mGy/h dózisteljesítményt.
- g) Helyesbítő intézkedések
- Amennyiben eltérést tapasztalunk, ismételjük meg a mérést.

Megjegyzés: A méréshez olyan műszert kell használni, amelyet levegőkerma mérésére, esetleg $H^(10)$ környezeti dózisegységérték-teljesítmény mérésére hitelesítettek. Amennyiben a műszer adott dózismennyiségre végzett hitelesítése miatt merülne fel gyanú, hogy egy adott röntgenberendezés nem teljesíti a követelményt, akkor nagyon valószínű, hogy hasonló eredmények születnének más hitelesítési mennyiség esetén is. Ebben az esetben mindenképpen győződjünk meg róla, hogy a berendezés röntgencsővét körülvevő árnyékolások és burkolatok épek, egy esetleges korábbi szervizbeavatkozás, vagy ellenőrzés után megfelelően kerültek a helyükre. A berendezés burkolatának megbontását bízzuk szakemberre!*

3.3.6.11. Digitális szubtrakciós angiográfia értékelése

Az *angiográfia* szó a röntgenológiában a vérerek ábrázolását jelenti, a *szubtrakció* pedig kivonást, mégpedig a jelen esetben két kép egymásból történő kivonását.

A hagyományos radiográfiai eljárásokkal a vérerek, főleg a kisebbek egyáltalán nem tehetők láthatóvá, mert a környező lágyrészek közötti kontrasztjuk nagyon alacsony, elvész a képzajban, illetve az emberi szem küszöb-kontrasztérzékenységét nem éri el.

Láthatóvá tételükre ún. *kontrasztanyagot* lehet használni: ha nagy rendszámú (és ennek következtében nagy röntgen-elnyelésű) anyagot, rendszerint jódot (I) – valamilyen vegyülete formájában – injekciózunk az erekbe, akkor a röntgenfelvételeken, illetve az átvilágítási képen az erek mindaddig láthatóvá válnak, amíg a kontrasztanyag áthalad rajtuk. Ehhez azonban igen nagy mennyiségű kontrasztanyagra van szükség, aminek a betegre nézve jelentős kockázata lehet, sőt a vékonyabb ereket sokszor még így sem lehet látni az átfedő anatómiai képletek, illetve a kontrasztanyag egyenetlen eloszlása miatt.

A digitális szubtrakció vagy képkivonás háromféle lehet: időbeli és kettős energiájú, illetve e kettőt ötvöző hibrid képalkotás. A vérerek ábrázolására az 1970-es évek óta alkalmazott eljárás az időbeli kivonás, a kettős energiájú és a hibrid kivonást technikai okok miatt jóval később valósították csak meg, noha elméletük már régen kidolgozott volt.

Az alábbiakban csak az *időbeli* képkivonási eljárást ismertetjük, mert a DSA munkahelyek minőség-ellenőrzésére vonatkozó jelenlegi eljárások ennek képalkotását vizsgálják, illetve a megfelelő működés ellenőrzése és a képalkotás szempontjából is egyszerűbb e technika.

Ahhoz, hogy két képet egymásból ki tudjunk vonni, digitális képekre van szükségünk. Az analóg korszakban ehhez először digitalizálni kellett a képeket. A művelet elvégezhetőségéhez ugyanis definiálnunk kell azokat a képterületeket, amelyeket képpontoknak tekintünk (elnevezése: *pixel*, az angol *picture element* [képelem] kifejezés összevonásából) és amelyeknek jel-értékeit egymásból ki kívánjuk vonni. Bár elméletileg a képpontokhoz rendelt analóg értékek kivonása is elképzelhető lenne, technikai okokból azonban a kivonás elvégzéséhez – már messze a digitális képalkotás általános bevezetését megelőzően – a képpontokhoz tartozó jel-értékeket is digitalizálták. Akkoriban az átvilágítási képet és esetlegesen a felvételeket is röntgenképerősítő, optikai csatoló és zártláncú, többnyire vidikoncsöves, kamerarendszer kombinációjával állították elő, és azután az analóg videójelet digitalizálták.

Manapság, a korszerű gépeken direktdigitális síkképreceptort, vagyis „flat-panel” detektort alkalmaznak, így a képpontok és a hozzájuk tartozó digitális jel-értékek digitalizálására nem szükséges további figyelmet fordítani, a leképezés eredménye eleve digitális kép.

Az időbeli kivonás lényege, hogy azonos csőfeszültséggel legalább két képet készítünk: az elsőt a kontrasztanyag a vizsgált területre érkezése előtt, ez az ún. maszk, amelyet a további képekből ki fogunk vonni. A második képet néhány másodperccel később, a kontrasztanyag (jódnak) a vizsgált területre érkezése után készítjük. Ez még kiskontrasztú és nehezen rajzolódik ki rajta a kontrasztanyaggal feltöltött érhálózat. Azonban a második képből az elsőt kivonva – feltéve, hogy közben a test nem mozdult el – lényegében csak az erek „váltakoztak” az előbbi képhez képest, azok viszont jelentős kontraszttal jelennek meg a különbségi képen. Sok egymás utáni képpel a véráramlás időben is követhető. A képjelek képpontonkénti kivonását logaritmikusan kell elvégezni, hogy az emberi szem érzékelési tulajdonságaihoz jobban illeszkedjen a különbségi kép.

Az érhálózatról így képzett képeket DSA-képeknek nevezzük, az angiográfias röntgenberendezés valamely rendelkezésre álló DSA-üzemmódjával készíthetőek. A DSA-képek készítésének időbeli gyakorisága előre meghatározott értékek közül választható, általában másodpercenként 1 és 15 kép közötti érték.

A DSA üzemmód a röntgenerátorokkal szemben igen magas követelményeket támaszt, mert rövid lefutású, pontos expozíciókra van szükség nagy teljesítmény mellett. A nagyfrekvenciás röntgenerátorok ennek a követelménynek általában megfelelnek. A képalkotás fő problémája a DSA alkalmazásakor a jel képpontonkénti ingadozása, a képzaj. Míg a pixelekhez tartozó jel-értékek (I) kivonódnak egymásból ($I_3 = I_2 - I_1$), a képzaj, azaz a pixelenkénti jel-értékek ingadozása, összeadódik, mégpedig négyzetesen ($[\Delta I_3]^2 = [\Delta I_1]^2 + [\Delta I_2]^2$). Emiatt a rövid ideig (2 – 40 ms) tartó impulzus során nagy pillanatnyi dózisteljesítményre van szükség, hogy a felvételek zajossága minél kisebb legyen.

A DSA berendezések minőség-ellenőrzése során ezért – a felvételi berendezéseknél megszokott ellenőrzéseken kívül, így pl. térbeli felbontás, kontrasztfelbontás – a képenkénti dózis, valamint a DSA-képpalkotási képesség vizsgálatára van szükség a megfelelő érszimulációs fantom segítségével. Ezek az állapotvizsgálatok során végzendő fizikusi feladatokhoz tartoznak. A helybeli személyzet által végzendő, a DSA-k esetén alkalmazható állandósági vizsgálatok a gyártó által a kísérő dokumentációban meghatározott felhasználói ellenőrzésekre korlátozódik.

Az egyes berendezések számtalan anatómiához, eljáráshoz, kor- és súlycsoporthoz rendelik hozzá az automatikus dózisszabályozó üzemmódját és a kiegészítő szűrőket. Kiemelten fontos tehát minden egyes vizsgálatnál feljegyezni a berendezés üzemmódját, kiegészítő szűrőit és minden további visszajelzett paramétert, hogy később a vizsgálat reprodukálható legyen.

3.3.6.11.1 Képenkénti dózis meghatározása DSA üzemmódban

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Annak ellenőrzése, hogy DSA üzemmódban a képreceptort érő dózis nem növekedett-e meg szükségtelen mértékben, ezzel a páciensnek fölösleges sugárterhelést okozva. A vizsgálat dózisméréssel történik.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-3:1999, Készülékek állapotfelmérése és időszakos vizsgálata gyógyászati képpalkotó diagnosztikai osztályokon. 3-3. rész: Átvételi vizsgálatok. Digitális szubtrakciós angiográfiás (DSA) röntgenberendezések képpalkotási jellemzői (IEC 1223-3-3:1996)

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Impulzusüzemű mérésre alkalmas univerzális röntgenparaméter-mérő eszköz,
- 25 mm vastag (legalább 25 cm × 25 cm keresztmetszetű) homogén Al fantom.

A mérés időigénye: kb. 5 perc. A kiértékelés időigénye kb. 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

Ha elvégeztették a berendezésen az átvételi vizsgálatot, akkor lehetőség szerint azzal azonos paramétereket és geometriát kell beállítani. Egyébként a leggyakrabban alkalmazott DSA üzemmódot kell választani a vizsgálat elvégzéséhez.

1. Helyezzük a képérzékelőhöz a lehető legközelebb az univerzális röntgenparaméter-mérőt, érzékeny oldalával a fókusz felé fordítva.

Megjegyzés: A mérési elrendezés egyszerűsítésére érdemes megfordítani a csövet és nem a vizsgálatok során szokványos „asztal alatti” pozícióban, hanem ezzel ellentétesen a mennyezet felőli oldalra átfordítani a C-íven a röntgencsövet.

2. A fantomot helyezzük a detektor és a cső közé úgy, hogy a kiválasztott mezőméret az a beállítható legnagyobb legyen, amelynél fantom a teljes nyalábméretet lefedi. Egyéb, nem szükséges sugárgyengítő anyag ne legyen jelen a sugárnyalámban.
3. Beállítás után el kell indítani az expozíciót és várni néhány másodpercet, amíg minden beállítás és mért érték stabilizálódik. Fel kell jegyezni minden mért értéket, mindenekelőtt a dózis/impulzus mért értékét vagy kiszámítani azt. A legtöbb mérőeszköz méri és kijelzi még a röntgencsőfeszültséget, a sugármenet impulzusai alatti pillanatnyi

dózisteljesítményt (dose pulse rate), az időátlagolt dózisteljesítményt (dose rate), az impulzussűrűséget (pulse rate) és az impulzusszélességet (pulse width) is.

Megjegyzés: a fantom mögötti detektor és bizonyos mérőeszközök esetén a mérőeszköz által kijelzett kV-értéket a fantom nagymértékben meghamisítja, az 25 mmAl kiegészítő szűrőként funkcionál ekkor. E mérés során tehát azt tehát nem szabad sem figyelembe venni, sem következtetést levonni a mért értékéből.

4. Fel kell jegyezni minden beállítást és visszajelzett értéket:

- a DSA üzemmód megnevezését,
- a mezőméretet,
- a geometriai elrendezés vázlatát (pl. röntgencső alul, képreceptor felül, fantom az asztalon stb.),
- a fókusz-detektor távolságot,
- a fókusz-képreceptor távolságot,
- a visszajelzett röntgencsőfeszültséget,
- a csőáramot,
- a képfrekvenciát (pulse rate) pps (pulse per second) vagy fps (frames per second) egységben,
- az impulzusszélességet,
- a beálló kiegészítő szűréseket (általában néhánytized mm Cu),
- továbbá a mérőeszköz beállított üzemmódját, releváns paramétereit.

A kísérő dokumentációból kikeresve fel kell jegyezni az alkalmazott szórtugár-szűrő rács sugárelnyelését jellemző B faktor (Bucky-faktor) értékét, valamint ha a detektor és a képreceptor között még egyéb sugárgyengítő közeg is jelen van, pl. a műtőasztal, annak a sugárgyengítési tényezőjét. Utóbbi adatlapon, címkén vagy a kísérő dokumentációban is rendelkezésre áll, de méréssel is meghatározható.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért $K_{a,m}$ értékből ($\mu\text{Gy}/\text{pulse}$) ki kell számítani az 1 m-es fókusz-távolságra normált, képenkénti dózisértéket:

$$K_a' = \left(\frac{d_m}{d_{ref}} \right)^2 \cdot K_{a,m}$$

ahol:

K_a' az adott méréshez kiszámított, 1 m-re normált, képenkénti levegőkerma értéke,

d_{ref} a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításához alkalmazott referencia-távolság, a fókusz és az ekvivalens emlő belépőoldali felszínének távolsága,

d_m a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókusz-detektor távolság,

$K_{a,m}$ a mért levegőkerma értéke.

A hivatkozott szabvány azt az ajánlást teszi, hogy határozzuk meg a képreceptort közvetlenül érő, a köztes sugárgyengítő közegekkel korrigált dózist a fenti képlet módosított változata segítségével:

$$K_a' = \left(\frac{d_m}{d_{ref}} \right)^2 \cdot \frac{1}{B} \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot K_{a,m}$$

ahol:

B Bucky-faktor, leggyakrabban: 2...6 közötti érték,

r_1 az asztallap sugárgyengítése (ha alkalmazható). Ha ennek mértéke pl. 20%-nyi, akkor a korrekciós tényező értéke: 0,8,

r_2 a képreceptor előlapjának sugárgyengítési tényezője. Ha ismeretlen, akkor közelítő értéként kb. 0,8 használható.

f) Elfogadási kritériumok

A rendelkezésre álló szabványok nem fektetnek le elfogadási kritériumokat. Ha a gyártó a kísérő dokumentációban megad referencia értéket, akkor azt kell alkalmazni. Ennek hiányában az átvételi vizsgálatkor mért értékhez kell viszonyítani.

Megjegyzés: Az EU RP-162 $\leq 5 \mu\text{Gy}/\text{kép}$ (= $\mu\text{Gy}/\text{pulse}$), illetve kardiológiai üzemmódban: $\leq 0,5 \mu\text{Gy}/\text{kép}$ elfogadhatósági kritériumot ad meg. Ez azonban nem DSA, hanem „normál” digitális átvilágítási üzemmódra vonatkozik. DSA üzemmódban ennél nagyobb dózisok nem jelentenek nem-megfelelőséget. Az itt említett elfogadási kritérium a korrigált dózistra vonatkozik.

Gyakorlati elfogadási kritérium: a gyártói vagy az átvételi vizsgálat során mért értékhez képest ne legyen 30 %-nál nagyobb eltérés.

Megjegyzés: Ügyeljünk arra, hogy az újabb és a korábbi mérési eredmények összehasonlításakor mely számítást közölte a mérési jegyzőkönyv.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben eltérést tapasztalunk, ellenőrizzük a mérési eredményeinket és a számításokat. Ha a számítások helyesnek bizonyultak, akkor a mérés megismétlésével igazolható az eltérés. Mindenképpen ellenőrizzük, hogy a megfelelő üzemmódban mértünk-e!

Ha a megismételt vizsgálat során továbbra is fennáll a jelentős eltérés, akkor a röntgenberendezést újra kell kalibráltatni a szervizzel.

3.3.6.11.2 Képmínőség értékelése DSA üzemmódban

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A DSA képalkotó rendszer a képmínőségre vonatkozó műszaki specifikációknak való megfelelésének ellenőrzése, az esetlegesen meglévő hibák felfedése.

A vizsgálat egy speciális DSA-fantomról való képalkotással történik. Ennek során 4 paraméter kerül meghatározásra:

- dinamikus tartomány;

- DSA kontrasztérzékenység;
- műtermékek;
- nemlinearitás-kompenzáció (logaritmikus hiba).

Dinamikus tartománynak nevezzük a sugárgyengítés azon tartományát, amelyen a képkivonás még megvalósítható.

DSA kontrasztérzékenység alatt a rendszer azon képességének mértékét értjük, hogy a kiskontrasztú erek a háttérből kiemelve hogyan válnak láthatóvá.

Műtermék az a képen jelentkező, látható struktúra, amely nem a vizsgált tárgy belső szerkezetének leképeződése és megjelenése nem magyarázható a zajjal vagy a rendszer modulációs átviteli függvényével.

A röntgensugárzás gyengítése a röntgensugárnyaláb mentén az úthossznak nemlineáris függvénye. A képek kivonása előtt ezt a nemlinearitást kompenzálni kell a szem érzékelési tulajdonságai miatt is. Ez gyakran úgy történik, hogy a nyers kép pixel-értékeinek a logaritmusát képezik. E kompenzáció helytelen beállítása a kivont kép meghamisítását okozhatja. Ha a kompenzációt helyesen állították be, akkor a kivont képen a kontraszt nem változik ott, ahol a látható, ereket reprezentáló csíkok keresztezik a lépcsőfokokat.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-3:1999, Készülékek állapotfelmérése és időszakos vizsgálata gyógyászati képalkotó diagnosztikai osztályokon. 3-3. rész: Átvételi vizsgálatok. Digitális szubtrakciós angiográfiás (DSA) röntgenberendezések képalkotási jellemzői (IEC 1223-3-3:1996)

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- DSA képminőség-vizsgáló fantom amely kielégíti az MSZ EN 61223-3-3:1999 szabvány C (vagy B) mellékletében leírtakat.
- 25 mm vastag (legalább 25 cm × 25 cm keresztmetszetű) homogén Al fantom (opcionális).

A mérés időigénye: kb. 5 perc. A kiértékelés időigénye kb. 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

Ha elvégeztették a berendezésen az átvételi vizsgálatot, akkor lehetőség szerint azzal azonos paramétereket és geometriát kell beállítani. Egyébként a leggyakrabban alkalmazott DSA üzemmódot kell választani a vizsgálat elvégzéséhez.

1. Helyezzük a képérzékelőhöz a lehető legközelebb az univerzális röntgenparaméter-mérőt, érzékeny oldalával a fókusz felé fordítva.

Megjegyzés: A mérési elrendezés egyszerűsítésére érdemes megfordítani a csövet és nem a vizsgálatok során szokványos „asztal alatti” pozícióban, hanem ezzel ellentétesen a mennyezet felőli oldalra átfordítani a C-íven a röntgencsövet.

2. A fantomot helyezzük a detektor és a cső közé úgy, hogy a kiválasztott mezőméret az a beállítható legnagyobb legyen, amelynél a fantom a teljes nyalábméretet lefedi. Egyéb, nem szükséges sugárgyengítő anyag ne legyen jelen a sugárnyalábban.
3. Tanulmányozzuk a fantom gyártójának leírását is és fontoljuk meg az abban foglalt követését a beállításokhoz és a vizsgálat további lépéseinek végrehajtásához.

Megjegyzés: A legtöbb DSA fantom valamilyen pneumatikus elvű rendszert alkalmaz a képminőség-vizsgáló betét mozgatásához.

4. Készítsük el a maszkoló felvételt, majd mozgassuk a fantom betétjét a másik állásába, majd jegyezzük fel a kép elkészülte után az expozíciós paramétereket és visszajelzett értékeket:
 - a DSA üzemmód megnevezését,
 - a mezőméretet,
 - a geometriai elrendezés vázlatát (pl. röntgencső alul, képdetektor felül, fantom az asztalon stb.),
 - a fókusz-detektor távolságot,
 - a fókusz-képreceptor távolságot,
 - a visszajelzett röntgencsőfeszültséget,
 - a csőáramot,
 - a képfrekvenciát (pulse rate) pps (pulse per second) vagy fps (frames per second) egységben,
 - az impulzusszélességet,
 - a beállító kiegészítő szűréseket (általában néhánytized mm Cu),

Megjegyzés: Előfordulhat, hogy a fantom betétjét nem sikerül a maszkoló felvételt követő képen a megfelelő pozícióba mozgatni. Ha szükséges, akkor ismételjük meg a felvételt amíg nem sikerül a megfelelő beállítás.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Dinamikus tartomány

A képen határozzuk meg azt a dinamikai lépcsőfokot, a lépcsőfokonkénti rétegvastagságnövekedés függvényében, amelynél a legvastagabb, az ereket szimuláló mintázat még látszik.

DSA kontrasztérzékenység

A képen határozzuk meg azoknak a dinamikai lépcsőfokoknak a számát, amelyeken még az összes érszimulációs mintázat látszik.

Műtermékek

Az ellenőrzés a műtermékek meglétére vagy hiányára irányul.

Jegyezzük fel az észlelt műtermékeket, eredetüknek vagy megjelenésüknek megfelelően. Kétféle műtermék különböztethető meg:

Képfelvételi, vagy másként képváltási, műtermékek: Ha egy nem változó, állandó tárgy részleteinek térbeli koordinátái két képen nem azonosak, a két kép kivonásával keletkező képen hamis részletek jelennek meg.

Besugárzással összefüggő műtermékek: Besugárzással összefüggő műtermékeket okozhat, ha a kivonásra használt két kép eltérő besugárzással vagy sugárminőséggel készült. (Állandó sugárminőséggel történő képalkotás [azaz csupán időbeli kivonás] mellett ilyenek nem szabad előfordulnia.)

Időfüggő műtermékek vizsgálatát nem elég 1 db kivont képen végezni, hanem legalább 20 másodpercen keresztül, legalább 1 kép/másodperces képfrekvencia mellett folyamatosan. (A felvett DSA-képsorozat visszajátszható.)

Megjegyzés: A műtermékek vizsgálata opcionálisan a 25 mm vastag Al fantommal is történhet.

Nemlinearitás-kompenzáció

Az elkészült képen az 1,4 mm-es és az amellet található 0,2 mm-es Cu lépcső szűrkeségi értékét kell összehasonlítani.

f) Elfogadási kritériumok

Dinamikus tartomány

A szabvány nem ad meg elfogadási kritériumot. Az érték feleljen meg az átvételi vizsgálatkor mért értéknek. Egyébként a képen a legvastagabb csíknak látszódnia kell.

DSA kontrasztérzékenység

A szabvány nem ad meg elfogadási kritériumot. Az érték feleljen meg az átvételi vizsgálatkor mért értéknek. A képen a legvékonyabb érszimulációnak (0,05 mm Al) jól felismerhetőnek kell lennie a 0,8 mm Cu vastagságú lépcsőn (és az annál vékonyabbakon).

Műtermékek

A képnek homogénnek kell lennie, a megfigyelt műtermékek a kép kiértékelését nem befolyásolhatják. Semmilyen romlás nem állhat be a képminőségben. A képen látható, eredetileg jelen nem lévő műtermék megjelenése nem fogadható el.

Nemlinearitás-kompenzáció

Az elkészült képen jó a nemlinearitás kompenzáció, ha az 1,4 mm-es és az amellet lévő 0,2 mm-es Cu lépcső szűrkeségi értéke azonos, vagyis szabad szemmel látható eltérés nincs köztük.

Megjegyzés: Természetesen a két lépcső között – az eltérő dózissal készült képrészletek miatt – a zajosságukban különbség mindig látható, ez nem tekinthető hibának.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a DSA üzemmód ellenőrzésekor készített felvétel hibás, ismételjük meg a vizsgálatot. Ezt követően az alábbiak szerint járhatunk el.

Dinamikus tartomány

Az átvételi vizsgálatához képest egy lépcsőfoknál nagyobb romlás esetén a berendezést a szervizzel újra be kell állíttatni.

DSA kontrasztérzékenység

Az átvételi vizsgálatához képest egy lépcsőfoknál nagyobb romlás esetén a berendezést a szervizzel újra be kell állíttatni.

Műtermékek

Ha a kiértékelést befolyásoló, eredetileg jelen nem lévő műtermékek láthatók a kivont képen, akkor először ismételjük meg a vizsgálatot egy homogén fantommal (PMMA vagy

vízfantom). Ha a műtermékek ekkor is láthatók, a berendezést a szervizzel újra be kell állíttatni.

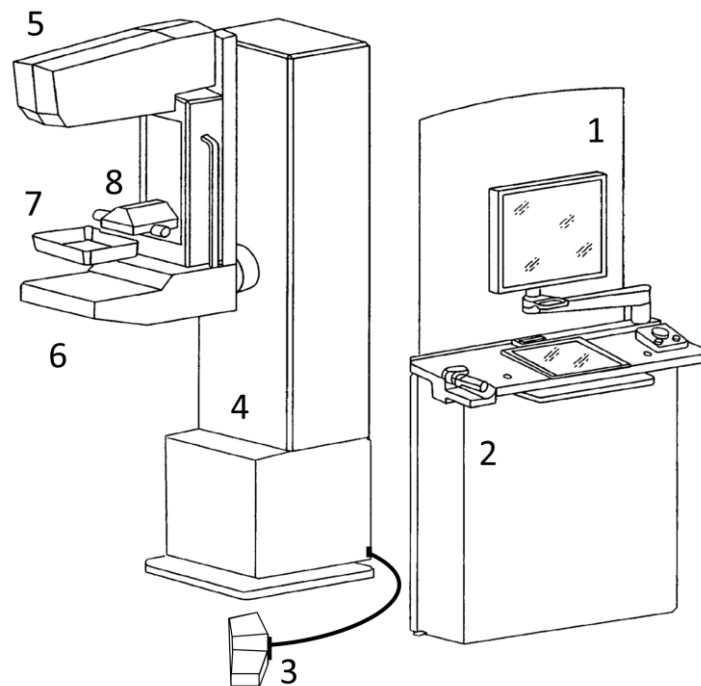
Nemlinearitás-kompenzáció

Ha a kivont képen az 1,4 mm-es és az amellettt lévő 0,2 mm-es réz lépcső szűrkeségi értéke szabad szemmel láthatóan eltér, a berendezést a szervizzel újra be kell állíttatni.

3.3.7. Mammográfias röntgenberendezések

A mammográfias röntgenberendezések sok szempontból különlegesek. Ezek kizárólag az emlő vizsgálatára alkalmas eszközök, ugyanakkor évtizedek alatt bebizonyosodott az emlő elváltozásainak diagnosztikájában betöltött fontosságuk.

A digitális képalkotású mammográfias röntgenberendezések egyes részeit, a kezelőszemélyzet számára hozzáférhető részeit a következő ábra (3.3.7) mutatja be. Az analóg rendszerek leggyakrabban ugyanilyen részekből épülnek fel, azonban legtöbbször nem tartozik hozzájuk munkaállomás és számítógép.



3.3.7 ábra: A mammográfias röntgenberendezések részei

Az egyes részek megnevezései és funkciói a következő táblázatban olvashatóak.

S.	Megnevezés	Funkció
1	Monitor (digitális berendezéseknél)	A felvételi munkaállomás kijelzője; itt rendelhetőek hozzá a páciensekhez a felvételek és tekinthető meg az előnézeti kép.
2	Munkaállomás (ha van)	Ez a számítógép végzi a felvételek helyi tárolását és a rendszer kezelését
3	Automatikus kompressziós pedál	A pedál segítségével komprimálható az emlő. Az itt alkalmazható kompressziós erő gyakran kisebb, mint amit manuálisan be lehet állítani.
4	Gantry (ejtsd: gentri)	A berendezés tartószerkezete. Kialakításától függően a burkolata alatt helyezkedhet el a generátor is.

5	Röntgensőegység	A röntgenső állítja elő a röntgensugárzást. Ólomburkolata és a kilépőablaka előtt elhelyezkedő kollimátor megakadályozza, hogy a szivárgó sugárzás az emlőtartón kívüli irányokban távozzon.
6	Pácienstámasz (másutt: emlőtartó)	A mammográfának e burkolata alatt található a képreceptor, amely lehet „hagyományos” film-erősítőfólia kazettába helyezve, foszforlemez (CR) vagy teljesen digitális képreceptor (DR). Leggyakrabban a szórtsugárzás-szűrő rács is itt található, amely néhány berendezésnél nem távolítható el.
7	Kompressziós lemez (kompressziós eszköz)	Átlátszó, 1...2 mm vastag műanyag lemez, amely az emlő komprimálását végzi. A kompressziós lemez méretének érzékelése a modern berendezéseken automatikus, az a kiválasztott lemezhez állítja be a kép méretét.
8	Manuális leszorító	A kompressziós lemez leszorító erejét a tartóján elhelyezett gombok vagy tárcsa segítségével tovább lehet állítani, vagy azzal akár önállóan beállítani a szükséges erőt. Az erő és a tárgyvastagság kijelzője a vezérlőpulton vagy a gantry-n található.

A képalkotáshoz használt érzékelő lehet film vagy foszforlemez, manapság azonban egyre inkább teret hódítottak a digitális érzékelők, ezt a technológiát alkalmazza a munkahelyek kb. kétharmada.

A vizsgálat során a páciens megfelelő oldali emlőjét, a gantry függőleges vagy oldalirányú helyzetében, a kompressziós lemezzel az emlőtartón rögzítik. A radiográfus az exponálást az ólomakril üveggel védett kapcsolóállásból végzi. Az expozíció során nem szükséges másnak a helyiségben tartózkodnia, de ha ez mégis elengedhetetlen, akkor ólomgumi köpenyt kell e személyre adni.

A következőkben leírt vizsgálatok során gyakran hivatkozni fog a leírás az ún. referenciapontra. Ez pontosan az emlőtartó közepén, a mellkasfaltól 6 cm-re található. Ha nem jelezzük külön, akkor a méréseket érdemes úgy végezni, hogy a mammográf gantry-je, vagyis a cső-képreceptor függőleges helyzetben van.

A mérések során az alábbi beállított paramétereket és visszajelzett értékeket kell rögzíteni az eredmények nyomon követhetősége érdekében:

- Csőfeszültség,
- Csőáram-idő szorzat,
- Fókusz méret,
- Anód-szűrő kombináció,
- Felvételi idő,
- Üzem mód (manuális, AEC mód pontos megadása),
- Fókusz-képreceptor távolság,
- Fókusz-emplőtartó távolság,
- Fókusz-detektor távolság,
- Rács (igen/nem),
- AEC kamra (ha alkalmazható),
- Méző méret,
- Feketedéskorrektúra és fóliabeállítás,
- További, a dózist befolyásoló üzemmód (pl.: „Normal dose level”, „High dose level”),
- Belépőoldali bőrdózis (Entrance Surface Dose, ESD),
- Átlagos mirigydózis (Average Glandular Dose, AGD).

A kézikönyv jelen változata nem tartalmaz leírást a mammográfiás röntgenberendezések emlőtomosztézisének ellenőrzéseire. Ennek specifikus vizsgálata például az *Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems* (2018. március, 1.03 változat, elérhető: <https://www.euref.org>) szerint történhet.

3.3.7.1. Csőfeszültség- és idő-pontosság vizsgálata, a dózis/csőáram-idő szorzat linearitás mérése, a sugárzás-kibocsátás és a reprodukálhatóság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a generátor pontosságának ellenőrzése. A csőfeszültség elsősorban a sugárzás minőségével, míg a csőáram-idő szorzat a sugárzás mennyiségével függ össze. A sugárzás minősége az elérhető kontrasztfelbontást szabja meg, míg az áramerősség és az idő a leadott dózis mennyiségét határozza meg. A csőáram-idő szorzat négyzetgyökös összefüggésben van a zajjal.

A csőáram-idő szorzat linearitásvizsgálata során azonos csőfeszültség-értékek mellett folyamatosan növelve a csőáram-idő szorzatot, arányosan kell növekedjen a kibocsátott sugárzás mennyisége. A mammográfiás berendezéseknél általában nincs lehetőség külön a felvételi időt és a csőáramot megválasztani.

A reprodukálhatóság vizsgálatánál a mért értékek átlagtól való eltérését kell ellenőrizni.

Megjegyzés: A címben felsorolt vizsgálatok mérési eredményei egyidejűleg meghatározhatóak olyan megfelelő műszer segítségével, amely képes arra, hogy a csőfeszültség csúcserőit vagy más, a csőfeszültségre jellemző jelzőszámot, a dózis időbeli változásával egyidejűleg rögzítse.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>, (2a.2.1.1.5)

MSZ EN 61223-3-2:2009 szabvány 5.2 és 5.6 szakaszai.

MSZ EN 60601-2-45:2011/A1:2016.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- A berendezés által alkalmazott anód-szűrő kombinációkra kalibrált röntgenparaméter-mérő műszer (kV, idő, dózis mérésére alkalmas),
- Számítógép (számológép) a kiértékeléshez.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 30 perc.

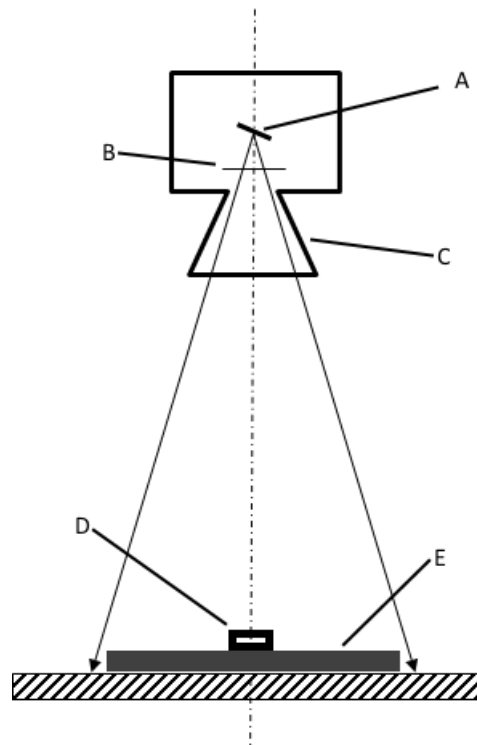
Megjegyzés: A félvezető detektorokkal működő röntgenparaméter-mérőknél kiemelten fontos, hogy olyan, az anód-szűrő kombinációkra megadott kalibrációs tényezőket válasszunk ki a vizsgálatokhoz, amelyet a berendezés ténylegesen alkalmaz.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálat több, különböző mérést foglal tehát magába, a kV-pontosság és a levegőkerma mérését, valamint a felvételi idő pontossága mellett a generátor linearitásának és a

sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának meghatározását. A vizsgálatok során válasszunk olyan mezőméretet, amellyel biztosítható, hogy a műszer teljes érzékeny felülete besugárzásra kerül.

A mérés során az alábbi ábra (3.3.7.1) szerinti elrendezés használható:



3.3.7.1 ábra: A: a fókuszfolt; B: a szűrő; C: a kollimátor; D: a műszer; E: ólomlemez (nem eltávolítható detektorok esetén szükséges)

1. Az univerzális röntgenparaméter-mérő műszert helyezük el az emlőtartón. Érzékelője a röntgenső felé nézzen és pontosan a referenciapontra essen.

Megjegyzés: A röntgenparaméter-mérők legtöbbször nem kör keresztmetszetű az érzékeny terület, az legtöbbször hosszúkás, gyufaszál alakú, méretű. Ha ilyen detektorral szerelt műszert alkalmazunk, akkor az érzékeny terület hosszabbik oldala legyen párhuzamos a mellkasfallal, hogy az anódsarok hatása ne érvényesüljön a mérésekben, ne növeljük ezzel a mérés bizonytalanságát.

2. Válasszunk manuális üzemmódot. A mérés elvégezhető kompressziós lemezzel vagy anélkül, de ennek tényét rögzíteni kell a mérések során.

Megjegyzés: Egyes berendezéseknél a kompressziós lemezek tartókonzolja optikai, fizikai vagy elektronikus úton kódolt, hogy a berendezés felismerje a beállítandó mezőméretet. A kompressziós lemez műanyag feltétje egyes berendezéseknél nehezen vagy egyáltalán nem távolítható el.

Megjegyzés: Az alábbi vizsgálatokhoz nem szükséges képreceptor, azt távolítsuk el, vagy ha ez nem lehetséges, akkor takarjuk le a megfelelő kiterjedésű ólomlemezzel.

Megjegyzés: Amennyiben aznap még nem használták a röntgenberendezést, érdemes a röntgensövet fokozatosan bemelegíteni és alacsonyabb expozíciókkal kezdeni a mérést,

például a linearitás vizsgálatával, majd a reprodukálhatóság mérésével és a csőfeszültség ellenőrzésével.

Megjegyzés: A kisfókusz a legtöbb berendezésnél csak nagyításhoz áll rendelkezésre. Ne ilyen üzemmódban vizsgáljunk.

3. A csőfeszültség pontosságának méréséhez végezzünk mérést az összes beállítható anód-szűrő kombinációnál, azoknak a gyakorlati működési tartományában, 3 mérési ponton. Az alábbi táblázat nyújt tájékoztatást, hogy melyek az egyes anód-szűrő kombinációk esetén a javasolt vizsgálati csőfeszültségtartományok. Ügyeljünk rá, hogy mindenképpen végezzünk mérést 28 kV mellett az egyes beállítható anód-szűrő kombinációk esetén.

<i>Anód/szűrő kombináció</i>	<i>Vizsgálati csőfeszültségtartomány (kV)</i>
Mo/Mo	22...32
Mo/Rh	22...35
Rh/Rh	25...35
Rh/Al	25...35
W/Rh	25...35
W/Ag	25...35
W/Al	25...35

4. Ennél a vizsgálatnál a csőáram-idő szorzat értékének nincs jelentősége, így célszerű egy viszonylag alacsonyabb értéket megválasztani, hogy a röntgensövet kevésbé terheljük. A vizsgálathoz olyan csőáram-idő szorzatot válasszunk, amely alacsony bizonytalanságú mérést tesz lehetővé, de kíméli a röntgensövet, pl.: 20 mAs. Az univerzális röntgenparaméter-mérők számára ez is elégséges kermát és kermateljesítményt eredményez a megbízható méréshez.

5. A csőáram-idő szorzat és a dózis linearitása mérésekor válasszunk 28 kV-ot. Ha a csőáram-idő szorzat értéket mindig duplázzuk, a dózisonak is duplázódnia kell.

Megjegyzés: A méréshez ajánlott értéktartomány: 4, 8, 16, 32, 64 (63) mAs. Érdemes egy további expozíciót végezni a leggyakrabban alkalmazott anód-szűrő kombináció mellett, 28 kV csőfeszültség és egy nagyobb, pl.: 200 mAs beállításával. Ezután az expozíció után érdemes hagyni a röntgensövet 3...5 percig húlni.

6. A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának meghatározásához válasszunk ki 28 kV-ot, a leggyakrabban használt anód-szűrő kombinációval, amelynél ismételjük 20 mAs csőáram-idő szorzat beállítása mellett az expozíciót.

7. A mérések során jegyezzük le a visszajelzett paramétereket, a mért csőfeszültséget, a felvételi időt és a dózist.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A csőfeszültség pontosságának méréséhez a beállított és kijelzett értékeket kell expozícióként összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: A röntgenső feszültségének értékelésekor ügyeljünk arra, hogy milyen csőfeszültséget jelez vissza a műszerünk (csúcsfeszültség maximum, csúcsfeszültség átlag, gyakorlati csőfeszültség stb.).

A csőáram-idő szorzata és a dózis linearitásának meghatározásakor az 1 m-re átszámított levegőkerma értékét határozzuk meg a kijelzett vagy beállított értékre vetítve, az alábbi képlet szerint:

$$K_a' = \frac{\left(\frac{d_m}{d_{ref}}\right)^2 \cdot K_{a,m}}{Q_{be}}$$

ahol:

- K_a' az adott méréshez kiszámított sugárzáskibocsátás,
 d_{ref} a négyzetes távolságtörvénnyel végzett számításához alkalmazott referencia-távolság, itt 1 m,
 d_m a mért levegőkerma meghatározásához alkalmazott fókusz-detektor távolság,
 $K_{a,m}$ a műszerrel mért levegőkerma értéke,
 Q_{be} a beállított csőáram-idő szorzat.

A besugárzási idő pontosságának meghatározásakor a beállított és mért értékeket kell összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: A nagyon alacsony (< 4 mAs) csőáram-idő szorzat megválasztásakor előfordulhat, hogy a műszer nagy bizonytalansággal méri a dózist, ezért mindenképpen válasszunk legalább 4 mAs kapcsolt csőáram-idő szorzatot.

A sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága során szintén a fenti képletet kell alkalmazni, illetve öt expozíció átlagát és szórását kiszámítani.

f) Elfogadási kritériumok

- Röntgensőfeszültség pontossága: $\pm 10\%$, vagy ± 2 kV (amelyik kisebb),
- Besugárzási idő pontossága: $\pm 20\%$,
- Besugárzási idő reprodukálhatósága: $\pm 10\%$,
- Sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága: $\pm 20\%$ eltérés a számított értékek átlagától.
- A sugárzás-kibocsátás 1 m-re korrigált értéke 28 kV csőfeszültség mellett semmiképpen ne legyen kevesebb, mint $30 \mu\text{Gy/mAs}$ Mo/Mo anód-szűrő kombináció esetén. Ennél nagyobb sugárzás-kibocsátás is elérhető: $> 40 \mu\text{Gy/mAs}$.

A fenti mellett az alábbi táblázat foglalja össze a követelményeket más sugárminőségekre:

$> 25,8 \mu\text{Gy/mAs}$ @28kV, Mo/25 μm Rh
$> 12,3 \mu\text{Gy/mAs}$ @28kV, W/60 μm Mo
$> 11,4 \mu\text{Gy/mAs}$ @28kV, W/50 μm Rh
$> 17,4 \mu\text{Gy/mAs}$ @28kV, Rh/25 μm Rh

Amennyiben az adott berendezésnél alkalmazott anód-szűrő kombináció nem található meg a fent felsorolt követelmények között, úgy az átvételi vizsgálat eredményei az irányadóak, elvárható, hogy ne változzon jelentősen a sugárzáskibocsátás értéke ($< 15\%$).

Megjegyzés: Minél nagyobb sugárzás-kibocsátás kívánatos, mert így rövidebb expozíciókra van lehetőség, tehát csökken a mozgási műtermék létrejöttének kockázata, illetve a különösen denz emlők felvételezése megtörténhet a reteszelési idő túllépése előtt, elfogadható képminőséggel.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása, különös tekintettel a detektor pozicionálására.
3. A teljes vizsgálat megismétlése után egyértelműen megállapítható, hogyha a generátor működése hibás, vagy következtelen.
4. Hibás generátorral a berendezés nem üzemeltethető, ebben az esetben a használatát fel kell függeszteni és gondoskodni a javíttatásáról.

3.3.7.2. Felezőréteg-vastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a berendezés által kibocsátott röntgensugárzás minőségére jellemző első felezőréteg-vastagság meghatározása. E méréshez a legkényelmesebb módon az előbbi méréshez is alkalmazott univerzális röntgenparaméter-mérő műszer vagy ionizációs kamra használható fel. Az eljárás leírásánál az előbbi módszert ismertetjük. A méréshez az előbbi pontban leírt geometria használható az univerzális röntgenparaméter-mérő használatakor, egyébként az ionizációs kamrát a fókuszhoz közelebb kell helyezni.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.3 szakasza,

MSZ EN 60601-2-45:2011 szabvány 203.7.1 szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (HVL mérésére alkalmas) vagy hitelesített (kalibrált) ionizációs kamra.
- Alumínium szűrősorozat (0,05...0,75 mm közötti vastagságok összeállításához), legalább 99,9%-os tisztaságú. A szűrők vastagsága ismert, $\pm 3\%$ bizonytalansággal.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 15 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

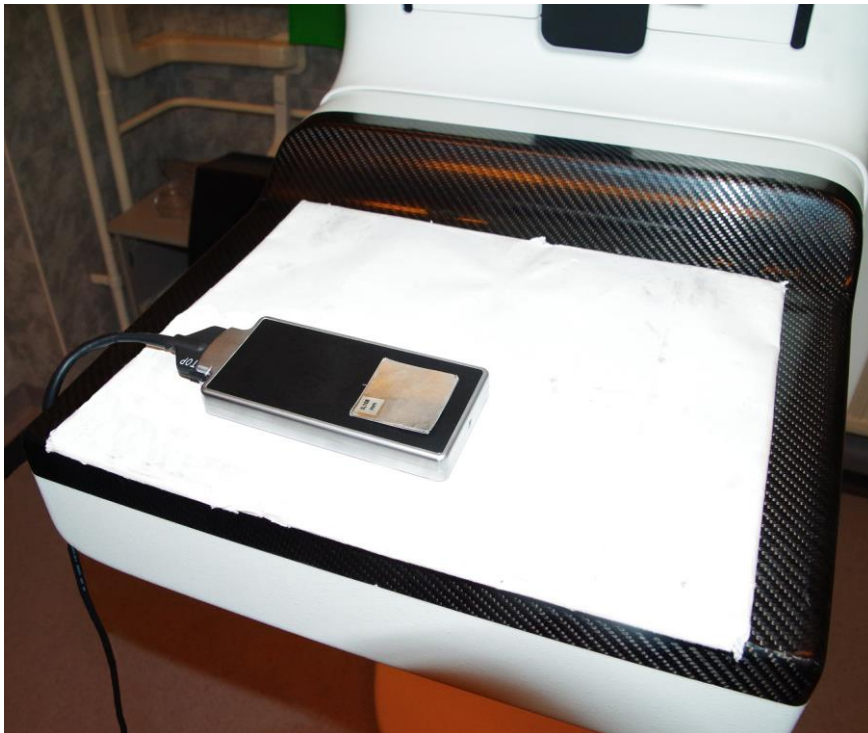
1. A vizsgálat során az előbbi mérési elrendezésben (3.3.7.1 szakasz) kell kiválasztani 28 kV csőfeszültséget és egy tetszőleges anód-szűrő kombinációt. A csőáram-idő szorzat legyen akkora, amely már megbízható mérési eredményeket biztosít (pl.: 20 mAs), de nem terheli túlzottan a röntgensövet. Amennyiben ionizációs kamrával végezzük a mérést, akkor egy olyan tartószerkezetre kell helyezni a kamrát, amely biztosítja, hogy ne legyen a detektor árnyékolására alkalmazott ólomlemeznek vagy a Bucky-szerkezetnek jelentős a visszaszórása, tehát kb. 25...30 cm-rel meg kell emelni a kamrát az emlőtartótól.

- Az első mérési pont felvételekor a kompressziós lemezen felül ne legyen semmilyen sugárgyengítő közeg a röntgenső és az ionizációs kamra között. Exponáljunk és jegyezzük le a mért dózist/kermát.
- A következő mérési pontnál helyezzünk el annyi alumíniumszűrőt a röntgenső és az ionkamra vagy a műszer detektora között, amely már megközelíti a felezőréteg-vastagságot. A tipikus felezőréteg-vastagságokat a következő táblázat közli.

kV	Mo + 30 μm Mo	Mo + 25 μm Rh	Rh + 25 μm Rh	W + 50 μm Rh	W + 0,45 mm Al
25	0,33 \pm 0,2	0,40 \pm 0,2	0,38 \pm 0,2	0,52 \pm 0,3	0,31 \pm 0,3
28	0,36 \pm 0,2	0,42 \pm 0,2	0,43 \pm 0,2	0,54 \pm 0,3	0,37 \pm 0,3
31	0,39 \pm 0,2	0,44 \pm 0,2	0,48 \pm 0,2	0,56 \pm 0,3	0,42 \pm 0,3
34		0,47 \pm 0,2		0,59 \pm 0,3	0,47 \pm 0,3
37		0,50 \pm 0,2			0,51 \pm 0,3

Megjegyzés: A táblázatban közölt értékek kompressziós lemezzel értendők.

- A mérést ismételjük addig, míg a felezőréteg-vastagságot meghaladó (X_1) és azt el nem érő (X_2) alumínium szűrővastagságok mellett mért dózisosok (Y_1 , Y_2) egyaránt rendelkezésünkre állnak
- A mérést ismételjük meg az összes beállítható anód-szűrő kombináció mellett.



3.3.7.2 ábra: A detektor megfelelő elhelyezése

- A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A felezőréteg-vastagságot (HVL) meghatározhatjuk logaritmikus interpolációval az alábbi képlet segítségével:

$$HVL = \frac{X_1 \cdot \ln\left(\frac{2Y_2}{Y_0}\right) - X_2 \cdot \ln\left(\frac{2Y_1}{Y_0}\right)}{\ln\left(\frac{Y_2}{Y_1}\right)}$$

ahol:

HVL	az adott anód-szűrő kombináció mellett mért HVL,
X_1	a HVL-t még el nem érő Al szűrővastagság értéke,
X_2	a HVL-t meghaladó Al szűrővastagság értéke,
Y_0	a műszerrel mért levegőkerma értéke, Al szűrők nélkül,
Y_1	a HVL-t még el nem érő Al szűrővastagság értékéhez tartozó, mért levegőkerma,
Y_2	a HVL-t meghaladó Al szűrővastagság értékéhez tartozó, mért levegőkerma.

Megjegyzés: A kiértékelés során más módszer is alkalmazható (lin-log ábrázolás, grafikus értékeléssel, lineáris interpoláció), az eltérő módszer alkalmazásának a tényét szintén rögzíteni kell. A mérési eredményt három tizedesjegyre kell megadni.

f) Elfogadási kritériumok

Mo/Mo anód-szűrő kombináció esetén a felezőréteg-vastagság nem lehet kevesebb, mint 0,28 mm Al. Az ettől eltérő bármely csőfeszültség és anód-szűrő kombináció esetén a mm Al egységekben kifejezett felezőréteg-vastagság nem lehet kevesebb, mint az adott csőfeszültség századrésze.

g) Helyesbítő intézkedések

A felezőréteg-vastagság jelentős eltérése esetén a mérést meg kell ismételni és ellenőrizni a műszer, a berendezés és a mérési elrendezés megfelelő beállításait. Amennyiben hiba gyanúja merül fel, a szervizt értesíteni kell.

3.3.7.3. A képminőség és a mellkasfalon túlnyúló szövetállomány meghatározása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A képminőség az egyik olyan értékelési szempont, amely egyértelműen meghatározza egy berendezés használhatóságát. A felbontás nem elsődleges szempont, film-fóliás rendszereknél a képalkotáshoz alkalmazott eszközök függvényében általában 10...20 lp/mm érhető el, míg digitális rendszereknél az 5 lp/mm felbontású részletek is elégségesek a legtöbb diagnosztikai célra. Egy sajátos fizikai paraméter mérését is magában foglalja e vizsgálat, mégpedig a berendezés Bucky-szerkezete vagy az emlőtartó kialakítása függvényében változó mértékű, a mellkasfali oldalon a leképezésből kimaradó szövetállomány mértékének meghatározását.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

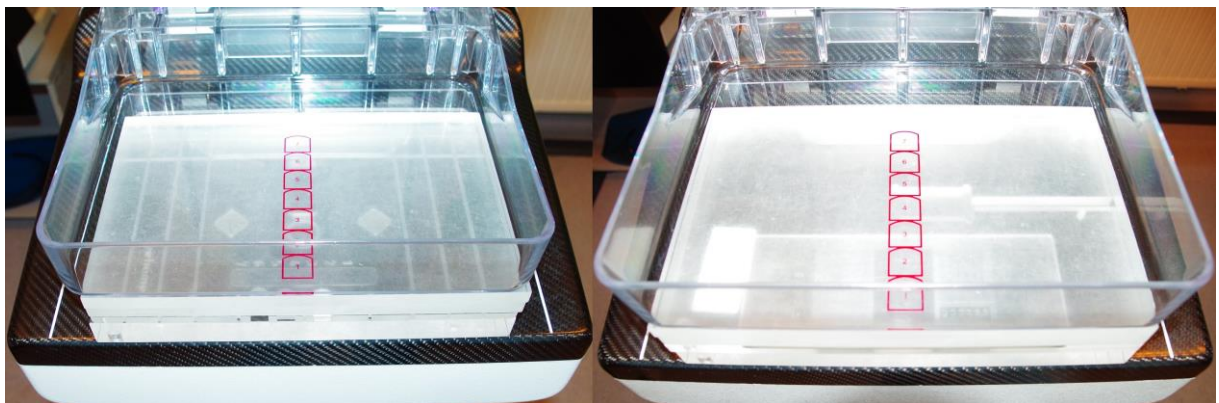
- Képminőség-vizsgáló fantom (legalább vonalpárfelbontás-vizsgáló és a mellkasfali oldalon túlnyúló szövetállomány mérésére alkalmas betéttel).
- 2 darab, egyenként 20 mm vastagságú PMMA tömb, amelyek közé a fantom elhelyezhető, azok mérete azonos vagy nagyobb, mint a fantomé.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

Megjegyzés: A legkorrektebb vizsgálati eljárás a berendezés felbontásának megítélésére egy speciális, a modulációs átviteli függvény (MTF) mérésére alkalmas fantom leképezése és értékelése. Ezeknek az alkalmazása, bár pontosabb és megbízhatóbb eredményt szolgáltat, mint az ajánlott kombinált vizsgálatot, a velük végzett mérés kiértékelése jóval bonyolultabb.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Készítsük elő a rendszert felvételezéshez (kazetta betöltése stb.).
2. Helyezzük a fantomot az emlőtartóra a két PMMA lemez közé és igazítsuk azok szélét az emlőtartóhoz. A megfelelően igazított fantomot szorítsuk le annyira, hogy az AEC rendszer már képes legyen működni (> 40 N).



3.3.7.3 ábra: A fantomok megfelelő pozicionálása

Megjegyzés: Egyes fantomokat a leírtaktól eltérő módon lehet szükséges felvételezni. A velük végzett mérést megelőzően tanulmányozzuk a kézikönyvüket!

3. Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszunk olyat, amelyet a gyártó 45...50 mm tárgyvastagság mellett ajánl (pl.: 28 kV, Rh/Rh). Ha lehetséges, akkor olyan AEC kamrát válasszunk, amelyik a referenciapontba vagy ahhoz a legközelebb esik.
 4. Exponáljunk ebben az üzemmódban.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A felvételt hívjuk elő vagy értékeljük azt olyan munkaállomáson, ahol a kép manipulálására lehetőség van. Mindenképpen rögzítsük annak a tényét, hogyha nem leletező monitoron végeztük az értékelést. Vizuálisan értékeljük az egyes betéteket. Kövessük a fantom gyártója által adott leírást.

f) Elfogadási kritériumok

A mellkasfali oldalon túlnyúló szövetállomány semmilyen körülmények között nem haladhatja meg az 5 mm-t.

A vonalpár-felbontásra film-fóliás berendezések esetén legalább 10 lp/mm, digitális berendezéseknél legalább 5,0 lp/mm érték elfogadható.

A felvételen nem jelenhetnek meg műtermékek.

g) Helyesbítő intézkedések

A vonalpár-felbontás eltérése esetén leggyakrabban a képreceptor hibája fordulhat elő. Digitális berendezésnél ellenőrizzük, hogy a nyers felvételen (ld. még 0008,0068 DICOM címke) ugyanolyan eredményt ad-e az értékelésünk. A film-fóliás rendszereknél ellenőrizzük, hogy a megfelelő film-fólia kombinációt alkalmaztuk-e, illetve az előhívás körülményeit is vizsgáljuk meg.

A mellkasfali oldalon túlnyúló szövetállomány értékelésekor ellenőrizzük, hogy a fantomot helyesen pozicionáltuk-e, illetve vizsgáljuk meg, hogy történt-e szervizbeavatkozás a berendezésen, amely a Bucky-szerkezetet vagy a digitális képreceptort érintette.

Az egyes hibák, hiányosságok feltárása után mindenképpen érdemes szakember segítségét kérni a hibák elhárításához.

3.3.7.4. Alacsonykontraszt-láthatóság meghatározása (csak CR/DR rendszereknél)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A kéminőség megítélésének egy másik fontos összetevője az alacsony kontrasztú részletek láthatósága. A mammográfiás röntgenberendezések esetén fontos, hogy az alacsony kontrasztkülönbségű részleteket jól lehessen megkülönböztetni. A nagyobb kontrasztrészlet-láthatóság a kisebb méretű elváltozások felderítésében nyújt segítséget.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>, (2b.2.4.1)

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Elégséges számú kontrasztrészletet tartalmazó fantom (2, 1, 0,5, 0,25, 0,1 mm átmérőjű, különböző vastagságú betétek, legalább a kontrasztláthatóság kb. 0,1...30%-os tartományához).
- 2 darab, egyenként 20 mm vastagságú PMMA tömb, amelyek közé a fantom elhelyezhető, azok mérete azonos vagy nagyobb, mint a fantomé, ha egyébként a fantom nem ilyen lemezek közé beépített.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 30 perc.



3.3.7.3 ábra: A fantom megfelelő pozicionálása

Megjegyzés: Az itt kapott eredményeket később fel kell használni a kontraszt-zaj arány értékeléséhez.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Készítsük elő a rendszert felvételezéshez (kazetta betöltése stb.).
2. Helyezzük a fantomot az emlőtartóra a két PMMA lemez közé és igazítsuk azok szélét az emlőtartóhoz. A megfelelően igazított fantomot szorítsuk le annyira, hogy az AEC rendszer már képes legyen működni (> 40 N).

Megjegyzés: Egyes fantomokat a leírtaktól eltérő módon lehet szükséges felvételezni. A velük végzett mérést megelőzően tanulmányozzuk a kézikönyvüket!

3. Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszunk olyat, amelyet a gyártó 45...50 mm tárgyvastagság mellett ajánl (pl.: 28 kV, Rh/Rh). Ha lehetséges, akkor olyan AEC kamrát válasszunk, amelyik a referenciapontba vagy ahhoz a legközelebb esik.
4. Exponáljunk ebben az üzemmódban.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A felvételt értékeljük olyan munkaállomáson, ahol a kép manipulálására lehetőség van. Vizuálisan értékeljük az egyes betéteket vagy alkalmazhatunk szoftvert is a még éppen elkülöníthető részletek azonosításához. Kövessük a fantom gyártója által adott leírást!

Megjegyzés: A kontrasztrészlet-láthatóság fantom gyártója a kézikönyvében általában közli azt, hogy a Mo/Mo sugárminőség mellett milyen kontrasztláthatóságúnak adódna egy adott betét. Ez az ideális leképezés esetére vonatkozó kontrasztot adja meg százalékban. A gyártói kézikönyvek leggyakrabban közlik a kiértékelés javasolt módszerét. Ennek hiányában érdemes úgy eljárni, hogy egy táblázatot veszünk fel, amelyben jelöljük, hogy a balról jobbra növekvő vastagság, illetve a felülről lefelé csökkenő részletátmérő mellett az egyes sorokban

melyek a még éppen érzékelhető részletek. Az adott átmérőhöz tartozó küszöbkontraszt az az érték lesz, amelynél a legkisebb részletvastagság még éppen látható.

Alternatívaként számítógépes kiértékelő program is alkalmazható.

f) Elfogadási kritériumok

Az alábbi táblázat foglalja össze az elérhető és még elfogadható kontrasztláthatóságot.

Részlet átmérője	Küszöbkontraszt	
	Elfogadható érték	Elérhető érték
[mm]	Kontraszt	Kontraszt
	[%]	[%]
5*	< 0,85	< 0,45
2	< 1,05	< 0,55
1	< 1,40	< 0,85
0,5	< 2,35	< 1,60
0,25	< 5,45	< 3,80
0,1	< 23,0	< 15,8

* Ez az átmérő opcionális

Megjegyzés: A kontrasztláthatóság függ a fantom betétjének elkészítésekor felhasznált anyagok minőségétől és vastagságától.

g) Helyesbítő intézkedések

A rossz kontrasztláthatóságot okozhatja a detektor öregedése, mert ez csökkenő detektálási kvantumhatásfokhoz vezet, illetve a röntgenső hibája is vezethet zajosabb, így kevésbé kontrasztos felvételhez. A mérés megismétlésével és több, független szemlélő által végzett ellenőrzéssel felfedezhető, hogyha a vizsgálat során követtünk el hibát. A felvételezés ismétlésekor érdemes a fantomot több alkalommal exponálni úgy, hogy eközben nagyon kis mértékben elmozdítjuk, hogy az egyes leképezendő részletek fizikailag ne ugyanahhoz a képreceptor-elemhez kerüljenek.

3.3.7.5. AEC tárgyvastagság-kompenzáció vizsgálata (csak film-fóliás rendszereknél)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy az automatikus dózisszabályozó tárgyvastagság-kompenzációját ellenőrizhessük. Elvárható a berendezéseknél, hogy az egyre növekvő tárgyvastagság mellett is, kompenzálja a tárgy vastagságát és hasonló dózissal végezze a felvételezést.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

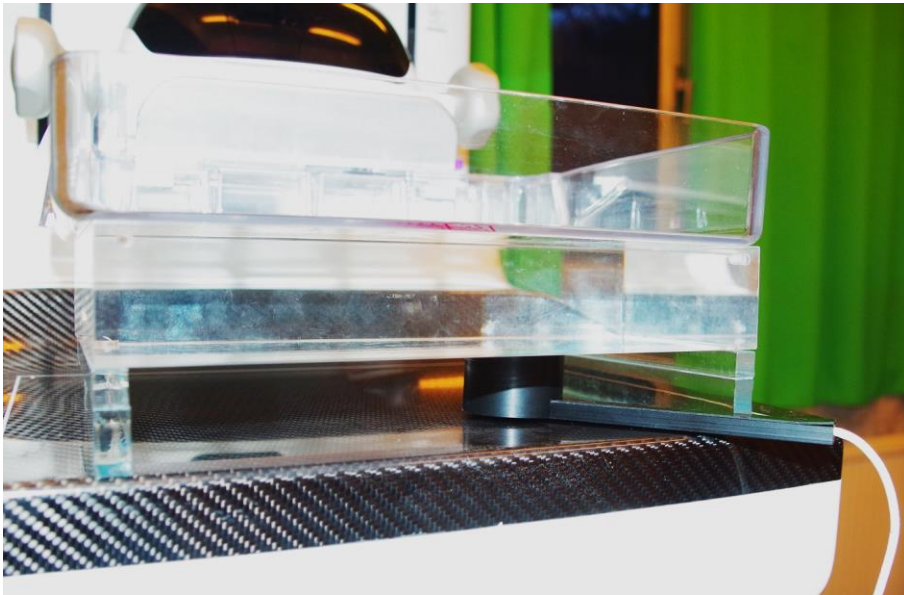
- 2 cm, 4 cm és 6 cm vastagságú PMMA tömbök, amelyek legalább 18 × 24 cm² felületűek.
- Dózismérő detektor vagy ionizációs kamra.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

Megjegyzés: A mérés elvégezhető az optikai denzitás mérése által is.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Ebben az üzemmódban nem szükséges felvételt készíteni, ezért üres kazettát használhatunk.
2. Helyezzük a 2 cm vastag PMMA tömböt a Bucky-szerkezetre olyan magasságba megemelve, hogy a fantom és a Bucky-szerkezet közé férjen a dózismérő detektorunk.
3. Igazítsuk a mellkasfali oldalhoz a PMMA tömböt és helyezzük alá, az érzékeny felületével a cső felé a dózismérőt. Ügyeljünk rá, hogy a kamra ne takarjon ki az AEC kamrák pozíciójából egyet sem, de kb. 5-6 cm-nyire legyen a mellkasfali oldaltól.
4. A megfelelően igazított fantomot szorítsuk le annyira, hogy az AEC rendszer már képes legyen működni (> 40 N).
5. Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszunk olyat, amelyet a gyártó az adott tárgyvastagság mellett ajánl. Ha lehetséges, akkor olyan AEC kamrát válasszunk, amelyik a referenciapontba vagy ahhoz a legközelebb esik.
6. Exponáljunk ebben az üzemmódban és jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket és a mért dózist.



3.3.7.5 ábra: A fantom és az ionizációs kamra pozicionálása.

7. Ismételjük meg az előbbi pontokat 40 és 60 mm vastagságú PMMA tömbökkel is.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A közepes tárgyvastagság mellett meghatározott, fantom alatt mért dózissal kell összevetni a további két eredményt és azok százalékos eltérését kiszámítani.

f) Elfogadási kritériumok

A közepes (40 mm) PMMA vastagság mellett meghatározott dózis értékével kell összehasonlítani a másik két vastagság mellett kapott értéket. A 40 mm PMMA lemez alatt

mért dózishoz viszonyítva az eltérés a másik két lemezzel kapott eredményekhez képest nem lehet nagyobb 20 %-nál!

Megjegyzés: Ha az optikai denzitás mérését választottuk a dózis mérése helyett, akkor a közepes vastagságú lemez optikai denzitása várhatóan az 1,4...2,0 tartományba fog esni, melyet referencia-értéknek tekintünk. Ekkor az elfogadható eltérése az optikai denzitásnak a referencia-értékhez képest a többi felvételen nem lehet több $\pm 0,5$ -nél.

g) Helyesbítő intézkedések

Hiba észlelése esetén ellenőrizzük az AEC reprodukálhatóságának vizsgálatával és a csőfeszültség és sugárzás-kibocsátás reprodukálhatóságának ellenőrzésével, hogy mely részegysége hibás a berendezésnek.

Megjegyzés: Az optikai denzitás mérésével végzett vizsgálat során, ha hibát vélünk felfedezni, először ellenőrizzük az előhívórendszert, majd ismételjük meg a vizsgálatot.

Az AEC rendszer hibájának elhárítását bízunk szakemberre!

3.3.7.6. A tárgyvastagság-kompenzáció vizsgálata a CNR mérése által (csak CR/DR rendszereknél, opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az automatikus dózisszabályozó feladata a képminőség állandó szinten tartása. A tárgyvastagság-kompenzáció vizsgálatára a film-fóliás képalkotó mammográfok a dózist tartják állandó szinten, tehát a képreceptort érő fotonok mennyisége az a mérőszám, amely célértékként szolgál az automatikus dózisszabályozó számára. A digitális rendszerek esetén a jel-zaj viszony vagy a kontraszt-zaj arány határozhatja meg a célértéket, a tárgyvastagságtól függetlenül ezek egyikének állandóságára kell törekedni.

A szabványok és a mammográfiás röntgenberendezések minőség-ellenőrző vizsgálatait leíró konszenzusos dokumentumok valamennyien alkalmasabb módszerek ítélik meg a digitális képalkotó rendszerek esetén a kontraszt-zaj arány meghatározását, mint a képreceptor dózisének meghatározását.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>, (2b.2.1.3.5)

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- 2 cm, 3 cm, 4 cm, 4,5 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm vastagságú PMMA tömbök, amelyek legalább $18 \times 24 \text{ cm}^2$ felületűek.
- Egy 0,2 mm vastagságú, nagy tisztaságú alumíniumlemez, amely $2 \times 2 \text{ cm}^2$ felületű.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Készítsük elő a berendezést felvételkedítéshez.

- Helyezzük el a 2 cm vastag PMMA tömböt az emlőtartón és a referenciapont mellett kissé (kb. 2...2,5 cm-rel) eltolva, helyezzük rá az alumíniumlemezkét.

Megjegyzés: Az alumíniumlemez elhelyezése legyen olyan, hogy ne takarjon bele az AEC érzékelő területbe, ha lehetséges.

Megjegyzés: Ez a vizsgálat nem vonható össze a dozimetriai ellenőrzéssel, mert távtartók alkalmazásakor az alumíniumlemez kontrasztja jelentősen romlik.

- Igazítsuk a mellkasfali oldalhoz a PMMA tömböt és komprimáljuk annyira, hogy az AEC rendszer már képes legyen működni (> 40 N).
- Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszunk olyat, amelyet a gyártó az adott tárgyvastagság mellett ajánl. Ha lehetséges, akkor olyan AEC kamrát vagy szegmentációs területet válasszunk, amelyik a referenciapontba vagy ahhoz a legközelebb esik.
- Exponáljunk ebben az üzemmódban és jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket.
- Ismételjük meg az előbbi pontokat az összes további PMMA lemezzvastagság mellett.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A vizsgálat értékelésében a (3.2.11.2 ábra) nyújt segítséget.

- Az elkészült felvételek mindegyikén jelöljük ki 1 cm²-es területeket az alumíniumlemezen („1” jelzés, ALU+PMMA) és egy ahhoz közel eső részen („2” jelzés, PMMA) egy alkalmas képkértékelő programmal.
- Alkalmas képkértékelő program segítségével határozzuk meg a kijelölt területeken a pixelértékek átlagát (\bar{X}_2 és \bar{X}_1), illetve szórását (Y_1 és Y_2).
- Az elkészült felvételeken számítsuk ki a kontraszt-zaj arányát (CNR, contrast to noise ratio) az alábbi képlet segítségével:

$$CNR_i = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{\frac{Y_1^2 + Y_2^2}{2}}}$$

ahol:

- | | |
|-------------|---|
| CNR_i | az i -edik felvétel kontraszt-zaj aránya, |
| \bar{X}_2 | a pixelértékek felvételen mért átlaga a mellkasfali oldaltól kb. 6 cm-re lévő, „2” jelzésű területen, amelyen csak a PMMA fantomot képeztük le, |
| \bar{X}_1 | a pixelértékek felvételen mért átlaga a mellkasfali oldaltól kb. 6 cm-re lévő, „1” jelzésű területen, amelyen az alumíniumlemezkét és a PMMA fantomot együtt képeztük le, |
| Y_1 | az „1” jelzésű területen a pixelértékek szórása, |
| Y_2 | a „2” jelzésű területen a pixelértékek szórása. |

- Számítsuk ki a CNR referencia értékét. A küszöbkontraszt-láthatóság vizsgálat során kapott, az 0,1 mm átmérőjű betét kontrasztláthatósága és a hozzá tartozó határérték (23 %) viszonyára vonatkoztatott, mért kontraszt-zaj arány szorzatának eredményeként kaphatjuk meg a CNR referencia értékét. A számításokat tehát az alábbi képlettel végezzük:

$$CNR_{\text{referencia}} = \frac{TC_{0,1,\text{mért}} \cdot CNR_{\text{mért},45}}{TC_{0,1,\text{határérték}}}$$

ahol:

- $CNR_{\text{referencia}}$ a kiszámítandó kontraszt-zaj arány referencia érték,
 $TC_{0,1,\text{mért}}$ a küszöbkontraszt-láthatóság vizsgálata során, a 0,1 mm átmérőjű betét kontrasztláthatóságaként meghatározott érték,
 $TC_{0,1,\text{határérték}}$ a küszöbkontraszt-láthatóság vizsgálata során, a 0,1 mm átmérőjű betét kontrasztláthatóságához meghatározott határérték, 23 %,
 $CNR_{\text{mért},45}$ az e vizsgálat során mérésel meghatározott, a 45 mm-es tárgyvastagsághoz tartozó kontraszt-zaj arány értéke.

5. Határozzuk meg minden vizsgált tárgyvastagság mellett az adott vizsgálati pontnál meghatározott kontraszt-zaj arány eltérését az előbbi pontban meghatározott értékhez képest az alábbi képlet segítségével, százalékokban:

$$CNR_{i,\text{relatív}} = \frac{CNR_i}{CNR_{\text{referencia}}} \cdot 100[\%]$$

ahol:

- $CNR_{i,\text{relatív}}$ az i -edik felvételen meghatározott kontraszt-zaj arány relatív eltérése a referencia értékhez képest.

f) Elfogadási kritériumok

Az egyes tárgyvastagságoknál előző pontban kiszámított $CNR_{i,\text{relatív}}$ értékére a különböző tárgyvastagságok mellett az alábbi irányadó értékek vonatkoznak, amelyeknél a kontraszt-zaj arálynak többnek kell lennie:

PMMA tárgyvastagság (mm)	$CNR_{i,\text{relatív}}$ irányadó értéke [%]
20	> 115
30	> 110
40	> 105
45	> 103
50	> 100
60	> 95
70	> 90

A táblázatban megadott értékek irányadóak, tehát nem kell szigorúan venni azokat és felfüggesztési szintnek tekinteni. A kontraszt-zaj arány relatív értékének megfelelése tekintetében elsősorban a korábbi állapotvizsgálatok eredményeire kell támaszkodni és azokkal összehasonlítani az eredményeket.

g) Helyesbítő intézkedések

Hiba észlelése esetén ellenőrizzük az AEC reprodukálhatóságának vizsgálatával és a csőfeszültség és sugárzás-kibocsátás reprodukálhatósága ellenőrzésével, hogy mely részegysége hibás a berendezésnek.

Az AEC rendszer hibájának elhárítását bízunk szakemberre!

3.3.7.7. AEC reprodukálhatóság vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy az automatikus dózisszabályozó rövidtávú reprodukálhatóságát ellenőrizhessük. A szűrésben használt mammográfiás röntgenberendezéseknél különösen kritikus, hogy ismételt felvételezéskor következetesen azonos dózist adjanak le, azonos komprimált emlővastagságok és üzemmód alkalmazásakor, ugyanis rövid egymásutánban 2-2 felvételt készítenek emlőnként.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-2:2009 szabvány 5.8 szakasza.

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- 4 cm vastagságú PMMA tömb, amely legalább $18 \times 24 \text{ cm}^2$ felületű.
- Dózismérő detektor vagy ionizációs kamra.

Az expozíciók elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Készítsük elő a berendezést felvételkedzéshez.
2. Helyezzük el a 4 cm vastag PMMA tömböt az emlőtartón, a dózismérőt pedig az AEC kamrákon vagy a szegmentált területen kívül, de legrosszabb esetben a fantom mellett. Amennyiben a fantom mellé tesszük a dózismérőt, vagy ionizációs kamrát, úgy még gondosabban kell ügyelni arra, hogy a pontos elrendezését megadjuk a fantomnak és a dózismérőnek.

Megjegyzés: Egyes berendezéseknél nem lehetséges nem a teljes képmezőt felhasználni, mint szegmentált területet. Ugyanakkor komprimálni is szükséges, hogy az AEC működésbe léphessen, illetve a komprimált tárgyvastagság is jelentős lehet ha a fantomra helyezzük a detektort. Ezzel gyakorlatilag egyes esetekben nem kivitelezhető mérés vagy nem reprodukálható az elrendezés az ismételt vizsgálatok során. Mivel a vizsgálat során azt várjuk, hogy a dózis változatlan marad, így nem okoz hibát a vizsgálatkor ha a sugármezőben, akár a fantom mellett helyezzük el a dózismérőt.

3. Akkora mezőméretet válasszunk ki – ha szükséges, akkor a kompressziós lemez cseréjével – amely túlnyúlik a fantomon.

Megjegyzés: Amennyiben a fantom mellé helyezett detektorral végzünk mérést, úgy gondoskodjunk róla, hogy a dózismérő érzékelje még a sugármezőbe essen, és ha erre lehetőségünk van, akkor ezzel a detektor pozíciójának ellenőrzésekor is győződjünk meg.

4. Igazítsuk a mellkasfali oldalhoz a PMMA tömböt és komprimáljuk annyira, hogy az AEC rendszer már képes legyen működni ($> 40 \text{ N}$).

5. Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszunk olyat, amelyet a gyártó az adott tárgyvastagság mellett ajánl.
 6. Exponáljunk ebben az üzemmódban és jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, illetve a mért dózist.
 7. Ismételjük meg az expozíciót (6. mérési pont) változatlan paraméterek és elrendezés mellett, további négy alkalommal.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
Számítsuk ki a mért dózisok átlagát.
- f) Elfogadási kritériumok
Az egyes expozíciók eltérése az átlagtól nem lehet több, mint $\pm 20\%$.
- g) Helyesbítő intézkedések
Amennyiben a vizsgálat során a mérések túllépik a megadott tűréshatárt, akkor érdemes megismételni a vizsgálatot. Annak megállapítására, hogy az AEC rendszer hibás-e vagy a generátor, további vizsgálatokat szükséges végezni, manuális módban.

3.3.7.8. AEC reteszelés vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy ellenőrizze a felvételi automatika működését abban az esetben ha a felvételezendő tárgy jelentősen nagyobb sugárgyengítésű annál, mint amelyet a rendszer le tudna képezni vagy ha megszakad a kapcsolat az AEC érzékelője és a vezérlő között. A berendezések kétféleképpen működtethetik az AEC-t abban az esetben, ha túl nagy a leképezendő tárgy sugárgyengítése. Egyes berendezések ún. „backup” vagy fedőértéket alkalmaznak a csőáram-idő szorzatra („fedő mAs”), vagyis van egy adott érték, amelynél mindenképpen megszakítja az expozíciót. Ezt előre be kell programozni, vagy beállítani.

Más megoldások esetén előexpozíciót végez a berendezés, ami egy nagyon kis dózisú „előfelvétel”. Az ebből származó, a képreceptort érő dózis alapján becsüli meg az AEC rendszer, hogy mennyi dózist lenne szükséges leadni a kép optimálási célértékeinek eléréséhez az adott felvételezendő tárgyra. Amennyiben a rendszer nem lenne képes leadni a megfelelő dózist egyetlen felvétellel, akkor a rendszer megszakítja a felvételt.

Az adott berendezés és szoftververzió sajátossága, hogy a reteszelés és megszakítás életbe léptekor kiír-e hibaüzenetet.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-1:1999 szabvány 5.8. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Ólomlemez (min. 4 mm vastag),
 - Röntgenparaméter-mérő műszer (dózis mérésére alkalmas) vagy ionizációs kamra,
- A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Készítsük elő a berendezést felvételkedzéshez.
2. Helyezzük el az ólomlemez az emlőtartón úgy, hogy az az AEC érzékeny felületét fedje, és arra helyezzük rá a dózismérőt a referenciapontba.
3. Akkora mezőméretet válasszunk ki, amely nem nyúlik túl az ólomlemezen.
4. Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszuk a legnagyobb komprimált emlővastagsághoz ajánlott értéket.
5. Exponáljunk ebben az üzemmódban és jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, illetve a mért dózist. Rögzítsük, hogyha közöl valamilyen hibaüzenetet a berendezés.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A csőáram-idő szorzat fedőértéke nem haladhatja meg a 800 mAs-ot.

f) Elfogadási kritériumok

A mért dózis és az esetleges hibaüzenet információval szolgál a berendezés működéséről.

Megjegyzés: A személyzetnek tudatában kell lennie azzal, hogy milyen jelenségekkel jár az AEC rendszer meghibásodása.

g) Helyesbítő intézkedések

A csőáram-idő szorzat fedőértékének maximumát mindenképpen állítsassuk be szervizzel.

3.3.7.9. AEC legkisebb áram-idő szorzat mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy ellenőrizze a felvételi automatika működését abban az esetben ha nincs felvételezendő tárgy a képreceptor és a röntgencső között.

Az adott berendezés és szoftververzió sajátossága, hogy a reteszelés és megszakítás életbe lépéskor kiír-e hibaüzenetet.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-2:1999 szabvány 5.7.1. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Röntgenparaméter-mérő műszer (dózis mérésére alkalmas) vagy ionizációs kamra,

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Készítsük elő a berendezést felvételkedzéshez.
2. Helyezzük el a dózismérőt az emlőtartón, a referenciaponthoz közel, vagy olyan területen, amelynél nem befolyásolja az AEC működését.

Megjegyzés: Mivel egyes berendezéseknél a teljes képmezős szegmentáció miatt nincs mód arra, hogy a dózismérőt is elhelyezzük a kompressziós lemez alatt, ezért az ilyen berendezéseknél elégséges a hibaüzenetet és a visszajelzett paramétereket rögzíteni.

3. Szorítsuk le a kompressziós lemezt amennyire csak lehetséges (< 2 cm).

Megjegyzés: Ügyeljünk rá, hogy a műszer ne sérüljön meg.

4. Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszuk a legkisebb komprimált emlővastagsághoz ajánlott értéket.
5. Exponáljunk ebben az üzemmódban és jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, illetve a mért dózist (ha lehet). Rögzítsük, hogyha közöl valamilyen hibaüzenetet a berendezés.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Az itt mért adat tájékoztató jellegű, az átvételkor mért értékkel, illetve a gyártói specifikációval kell összehasonlítani.

- f) Elfogadási kritériumok

A visszajelzett paraméterek és a mért dózis viszonyításként szolgál. Elvárható, hogy az átvételi vizsgálatot követően ne változzon ennek értéke.

- g) Helyesbítő intézkedések

Az eltérések okát minden esetben fel kell deríteni.

3.3.7.10. Kompressziós erő mérése

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat arra szolgál, hogy ellenőrizhessük,

- b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 61223-3-2:2009 szabvány 5.10. szakasza.

- c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Mérleg (analóg) vagy más, rugós erőmérő műszer,
- Szivacsdarab,

Az mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 10 perc.

- d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Az emlőtartót takarjuk le egy puha szövetdarabbal vagy egy szilárd fémllemezzel, amely megakadályozza, hogy megkarcoljuk azt.
2. A mérleget kalibráljuk ha szükséges, és helyezzük el az emlőtartón úgy, hogy kényelmesen leolvasható legyen az általa mért erő.
3. Komprimáljunk pedállal, automatikus kompresszióval a minimális (0 N) és maximális (200 N) erő között összesen 5 beállítás mellett. A kijelzett és a mért erőt jegyezzük fel.
4. A további kompresszió során manuális kompresszióval mérjük további két pontban (pl.: 250 N beállításával) és a legnagyobb lehetséges kompressziós erőnél.
5. Amennyiben a mérések során a beállított kompressziós erő csökkenni kezd, akkor figyeljük meg, hogy egy perc alatt mennyit változik és jegyezzük le az eredményt.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A kijelzett és a mért kompressziós erőket kell összehasonlítani egymással.

Megjegyzés: Amennyiben a mérleg nem N egységben mér erőt, akkor a megfelelő átváltásról gondoskodni kell.

f) Elfogadási kritériumok

A lábpedálnak (legalább egynek) üzemképesnek kell lennie.

Automata (pedállal végzett) komprimálás során a kompressziós lemez legfeljebb 150...200 N erőt fejthet ki az emlőre.

Manuális komprimálás során a kompressziós lemez legfeljebb 300 N erőt fejthet ki az emlőre.

A mért és a kijelzett értékek között nem lehet több, mint 20 %-os eltérés.

Folytonos, állandó kompresszió mellett nem változhat a kompressziós erő értéke több mint 20 N-t 30 s alatt.

g) Helyesbítő intézkedések

A mechanikai hibák elhárítását mindenképpen szakszervizre kell bízni.

3.3.7.11. Szivárgó sugárzás mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szivárgó sugárzás meghatározásának célja, hogy tájékozódhassunk a röntgensövet körülvevő bura ólomárnyékolásának épségéről. Ez elsősorban a páciens sugárvédelmét szolgálja, másfelől a kezelő személyét is óvó műszaki intézkedés.

b) Forrásdokumentumok

MSZ EN 60601-1-3 szabvány 12. szakasza.

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Sugárzásmérő műszer, erre alkalmas ionizációs kamra,
- Ólomlemez (1...2 mm),
- Önhívó filmek (opcionális),
- 0,25 mm ólomegyenértékű védőköpeny.

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 5 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A berendezés röntgensugárforrás-egységének kilépőablakát zárjuk le az ólomlemezzel. Szűkítsük le a mezőméretet, amennyire csak lehetséges.
2. A cső környezetében ne legyen szóróközeg vagy árnyékoló anyagok.
3. Manuális módban állítsuk be a legnagyobb lehetséges csőfeszültséget. Válasszunk olyan anód-szűrő kombinációt, amely a legnagyobb áthatolóképeségű sugárzást eredményezi (az s-tényezője a legnagyobb). Jegyezzük fel, hogy a legnagyobb névleges csőfeszültség esetén mekkora a legnagyobb beállítható csőáram-idő szorzat. Válasszunk mellé olyan csőáram-idő szorzatot, amely negyede-fele a beállíthatónak, hogy kíméljük a röntgensövet.

4. A megfelelő védőfelszerelés viselete közben, állandósult expozíciós paraméterek mellett végezzünk dózisteljesítmény-mérést 1 m távolságra a fókuszról a cső magasságában, legalább egyetlen irányban, a kezelőpult felé, illetve ha lehetséges, akkor a gantry-vel szemben is. A geometriai elrendezést is jegyezzük le.
 5. Ügyeljünk arra, hogy a mérés irányát úgy adjuk meg, hogy az relatív legyen a röntgenszó jelöléseivel, pozíciójához viszonyítva.
- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A mért eredményhez alkalmazott csőáram alapján határozzuk meg a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges értékét, úgy, mintha folytonos üzemben 3 mA áramerősséggel történne a csővel átvilágítás e paraméterek mellett:

$$K_{a,l} = \frac{Q_{ref}}{Q_{be}} \cdot K_{a,m}$$

ahol:

$K_{a,l}$	a szivárgó sugárzás egy órára vetített névleges mennyisége,
Q_{ref}	a referenciaként alkalmazott, egy órára vetített csőáram-idő szorzat (10.800 mAs),
$K_{a,m}$	a műszerrel mért levegőkerma (vagy más dózismennyiség) értéke,
Q_{be}	a beállított csőáram-idő szorzat.

- f) Elfogadási kritériumok

A szivárgó sugárzás nem haladhatja meg a legnagyobb névleges csőfeszültség és csőáram mellett nem lehet nagyobb, mint 1,0 mGy 1 óra alatt.

- g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben eltérést tapasztalunk, ismételjük meg a mérést.

Megjegyzés: A méréshez olyan műszert kell használni, amelyet levegőkerma mérésére, esetleg $H^(10)$ környezeti dózisegyenérték-teljesítmény mérésére hitelesítettek. Amennyiben a műszer adott dózismennyiségre végzett hitelesítése miatt merülne fel gyanú, hogy egy adott röntgenberendezés nem teljesíti a követelményt, akkor nagyon valószínű, hogy hasonló eredmények születnének más hitelesítési mennyiség esetén is. Ebben az esetben mindenképpen győződjünk meg róla, hogy a berendezés röntgensővét körülvevő árnyékolások és burkolatok épek, egy esetleges korábbi szervizbeavatkozás, vagy ellenőrzés után megfelelően kerültek a helyükre. A berendezés burkolatának megbontását bízzuk szakemberre!*

3.3.7.12. Dozimetriai jellemzők vizsgálata

- a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A dózis mérése, meghatározása, vagy röviden csak dozimetria, a mammográfiás röntgenberendezések esetén egyrészt épít a hagyományos vizsgálmódszerek dozimetriájára, amely a projekciós vagy vetítés-alapú, transzmissziós elvű leképezésnél használatos. Másrészt különleges olyan szempontból, hogy más leképező eljárásokkal

ellentétben elégséges az emlő állományát figyelembe vevő számításokat és modelleket felállítani, hiszen csak ennek szövetállománya számottevően érzékeny és kerül besugárzásra a vizsgálat során. Az emlő parenchymájában is csupán a mirigyes állomány által elnyelt dózist szükséges számszerűsíteni a vizsgálat által jelentett kockázatok becsléséhez. A számítás során a bőr felszínét érő dózist (levegőkermát) határozzuk meg méréssel, vagy közvetve az expozíciós paramétereiből becsülhetjük. Ebből származtathatjuk az emlő mirigyes állományát érő elnyelt dózist, amelyhez felhasználjuk, hogy a röntgensugárzás energia szerinti eloszlása, vagyis spektruma és a mirigyesség mértéke, illetve a kortól és az emlő komprimált vastagságától függően változó korrekciós tényezők befolyásolják a bőrfelszínre érő dózist.

b) Forrásdokumentumok

European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis – Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Puthaar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-79-01258-4, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>, (2a.2.5.1)

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- 2 cm, 3 cm, 4 cm, 4,5 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm vastagságú PMMA tömbök, amelyek legalább 18 × 24 cm² felületűek.
- Röntgenparaméter-mérő műszer, vagy erre alkalmas ionizációs kamra,
- Ólomlemez (1...2 mm);

A mérés elvégzése és a kiértékelés időtartama 30 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A méréshez kétféle módszer is alkalmazható, egyrészt a „közvetlen” mérés, másrészt a „behelyettesítéses” módszer. Elsősorban a „közvetlen”, másrészt megjegyzésben a „behelyettesítéses” szerint írjuk le a méréseket. A behelyettesítéses módszer alkalmazása akkor szükséges, ha az AEC szegmentálás a teljes képmezőn történik. Utóbbi egyébként univerzális, tehát bármilyen körülmények között alkalmazható.

1. Készítsük elő a berendezést felvételt készítéshez.
2. Helyezzük el a 2 cm vastag PMMA tömböt az emlőtartón és a referenciapont mellett kissé eltolva, úgy, hogy ne takarja ki az AEC érzékelőt, helyezzük el a műszert. A „közvetlen” mérési módszer alkalmazásakor ügyeljünk rá, hogy a kompressziós lemez hatását is számszerűsítsük, vagyis az mindenképpen a röntgenső és a műszer között legyen.

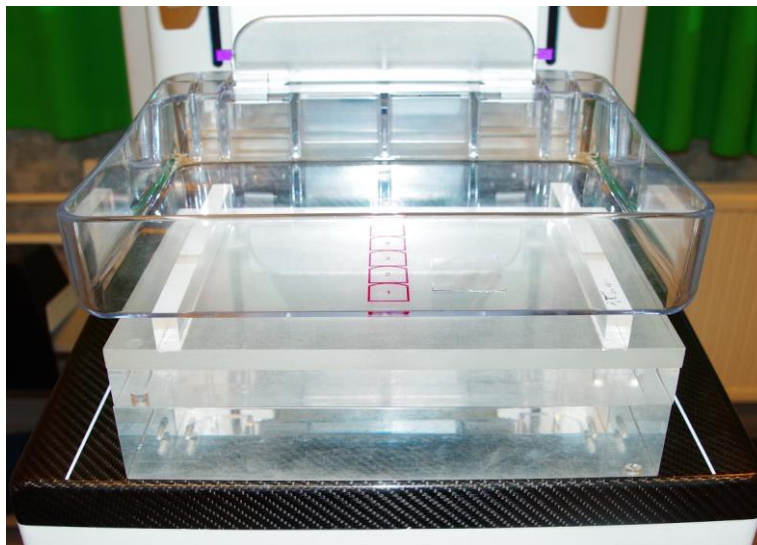
Megjegyzés: a „behelyettesítéses” módszer alkalmazásakor nem szükséges a műszert elhelyezni.

3. A mező szélére helyezzünk távtartókat, amelyekkel az adott tárgyvastagsághoz (d_{PMMA}) az alábbi táblázat szerinti, a berendezés által kijelzett, ekvivalens emlővastagság állítható be.

Mérési pont	Ekv. emlő (mm)	d_{PMMA} (mm)
1	21	20

Mérési pont	Ekv. emlő (mm)	d_{PMMA} (mm)
2	32	30
3	45	40
4	53	45
5	60	50
6	75	60
7	90	70
8	103	80

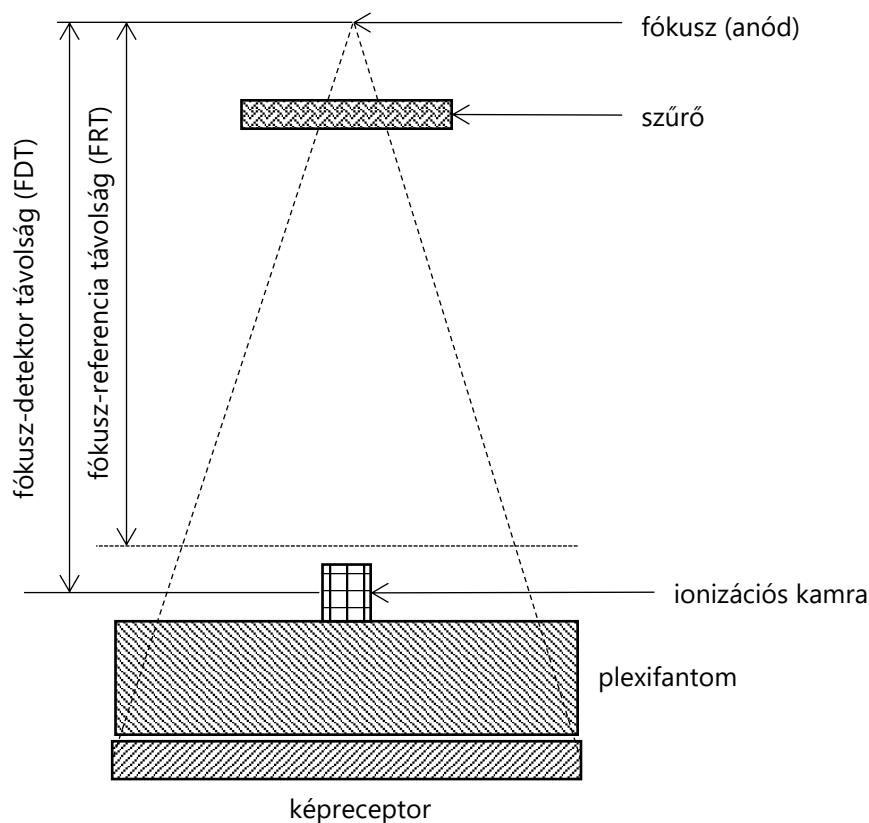
- Igazítsuk a mellkasfali oldalhoz a PMMA tömböt és komprimáljuk annyira, hogy az AEC rendszer már képes legyen működni ($> 40 \text{ N}$).
- Válasszuk ki azt az AEC módot, amelyet a klinikai vagy a szűrési rutinban is leggyakrabban alkalmaznak. Amennyiben ehhez a módhoz szükséges megadni egy anód-szűrő kombinációt vagy csőfeszültséget is, akkor válasszunk olyat, amelyet a gyártó az adott tárgyvastagság mellett ajánl.
- Exponáljunk ebben az üzemmódban és jegyezzük fel a visszajelzett paramétereket, illetve gondosan mérjük meg a fókusz-emlőtartó és a fókusz-detektor távolságokat. A műszer által mért dózist is rögzítsük a megfelelő mérési pont mellett.
- Ismételjük meg az előbbi pontokat az összes további PMMA lemezvastagság mellett.



3.3.7.12 ábra: Az ekvivalens emlővastagság beállítása távtartókkal

Megjegyzés: A „behelyettesítéses” módszer alkalmazása esetén további méréseket kell végezni. A képreceptor ólomlemezrel való letakarása után a műszert helyezük el azon, komprimáljuk, és manuális módban ismételjük meg azonos beállításokkal a különböző tárgyvastagságok mellett visszajelzett anód-szűrő kombinációkkal és csőfeszültségekkel az expozíciókat. Nem szükséges nagy csőáram-idő szorzatot választani, pl.: 20 mAs is elégséges a dózis méréséhez, ugyanakkor fel kell jegyezni ezt az adatot is, hogy később korrigálhassunk vele.

- A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése



Az átlagos mirigydózis meghatározásához az alábbi képletet kell felhasználni:

$$D = K \cdot g \cdot c \cdot s$$

ahol:

- D az átlagos mirigydózis,
- K a korrigált levegőkerma a bőrfelszínen,
- g az átszámítási tényező 50 %-os mirigyesség esetére,
- c az átlagos mirigyességi tényező az egyes vastagságokhoz,
- s a spektrumra jellemző korrekciós tényező.

A gyakorlatban egy további lépést igényel a mirigydózis kiszámítása, ugyanis a mérési pontban meghatározott levegőkerma értékét korrigálni kell a bőrfelszínre, illetve ha olyan műszert használtunk, amely érzékeny a visszaszórásra, akkor arra vonatkozóan is korrekciót kell végezzünk:

$$K = K_m \cdot \left(\frac{FDT}{FRT} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{B} \right)$$

ahol:

- K_m a mért levegőkerma,
- FDT a fókus-detektor távolság a mérés során,

FRT a fókusz-referencia (emlő felszíne) távolság,
B visszaszórási tényező.

Megjegyzés: ionizációs kamra alkalmazása esetén gondosan ügyelni kell arra is, hogy a hőmérséklet-, nyomás- és az összes további korrekciót elvégezzük.

Megjegyzés: Az FDT-t érdemes úgy meghatározni, hogy a fókusz-emplőtartó távolságából vonjuk ki a műszer belépőoldala vagy hasonló referenciapontja és az alatta található alátámasztások, tárgyak magasságát. Az FRT esetén hasonlóan érdemes eljárni, a fókusz-emplőtartó távolságából vonjuk le az ekvivalens emlővastagság értékét.

Megjegyzés: A visszaszórási tényezőt csak akkor szükséges alkalmazni, hogyha a műszer érzékeny erre. Ezt kísérletes úton határozhatjuk meg.

A számításokhoz szükséges g-, c- és s-tényezők a hivatkozott irodalom 158-159. oldalain találhatóak, az A5.1, A5.2 és A5.4 táblázatokban.

Megjegyzés: A könnyebb értékelhetőség kedvéért érdemes a kijelzett és a kiszámított bőrdózisok, illetve a mirigydózisok arányát meghatározni az egyes mérési pontoknál.

f) Elfogadási kritériumok

Az alábbi táblázat elfogadható és elérhető értékeit alkalmazzuk a mérési eredményekből kiszámított mirigydózisok megfelelőségének értékelésére:

Mérési pont	Ekv. emlő vastagsága	d_{PMMA} (mm)	Az EPQC 4 ajánlása szerint	
	(mm)		elfogadható (mGy)	elérhető (mGy)
1	21	20	≤ 1,0	≤ 0,6
2	32	30	≤ 1,5	≤ 1,0
3	45	40	≤ 2,0	≤ 1,6
4	53	45	≤ 2,5	≤ 2,0
5	60	50	≤ 3,0	≤ 2,4
6	75	60	≤ 4,5	≤ 3,6
7	90	70	≤ 6,5	≤ 5,1
8	103	80	-	-

A mért és a kijelzett értékek között ne legyen lényeges eltérés (> 20%).

Az eredményeket hasonlítsuk össze az átvételi vizsgálat során kapottakkal.

g) Helyesbítő intézkedések

A dozimetriai eredmények jónak minősíthetőek, hogyha az elérhető értékeken belül vannak. Egyes sugárminőségek esetén előfordulhat, hogy az elérhető szint fölé kerül a mért mirigydózis annak ellenére, hogy egyébként más pontokban jól teljesít a berendezés.

Az elfogadható szintnél nagyobb dózissal képet alkotó berendezéseket a szervizzel meg kell vizsgáltatni. Lehetséges, hogy a röntgenső cseréje vagy a generátor, egytank javításának hatására csökken a dózis.

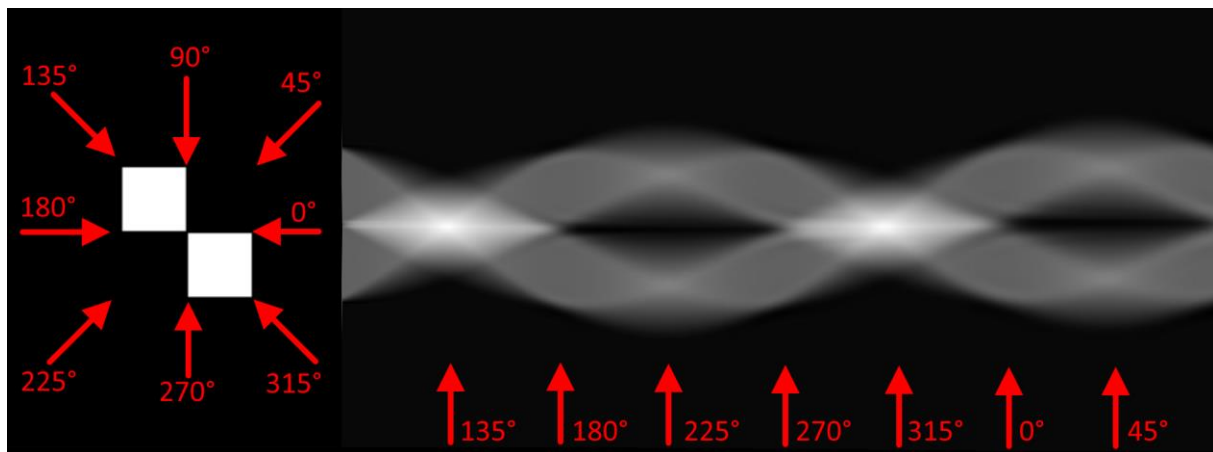
Ha az elfogadható szintet jelentősen túllépi a berendezés által leadott dózis, akkor először ismételjük meg a vizsgálatot és ellenőrizzük a beállításokat, úgy a műszerét, mint a berendezését. Ha ennek során ismételten nagyobb dózist mérünk az elfogadható szintnél az egyes mérési pontokban, akkor konzultálni kell szakszervizzel, hogy a röntgenső cseréje vagy az egytank javíttatása megoldhatja-e a problémát. A berendezés használatát mellőzni javasolt ekkor a hiba elhárításáig, illetve megfontolni egy újabb beszerzését, ha a röntgenső cseréje vagy a generátor javíttatása nem csökkentené a dózisokat.

Egyes CR rendszereknél lehetséges, hogy a foszforlemezek cseréjét érdemes megfontolni ha az öregedés miatt állapotuk annyira leromlott, hogy csak az elfogadható értékeket meghaladó dózisokkal képes elfogadható képet alkotni a rendszer.

3.3.8. Számítógépes rétegfelvétel-készítő berendezések

A számítógépes rétegfelvétel-készítő berendezések, vagy röviden csak „CT” berendezések a páciens körül forgó sugárforrás- és képreceptor-egységek segítségével, valamint a megfelelő képrekonstrukciós algoritmusokkal készítik a vizsgált testről keresztmetszeti képeket.

A berendezés a képalkotása során tulajdonképpen a vizsgált testről készít „sugárgyengítési térképet”, mivel a felvételeken ábrázolt „HU” értékek megfelelnek az egyes képpontokban a leképezett anyag vízre vonatkoztatott relatív sugárgyengítési együtthatóinak. Mindezt úgy éri el a berendezés, hogy az adatgyűjtése során egy „legyezőnyalábbal” körülfordulásonként projekciós felvételeket készít, akárcsak a hagyományos röntgenteknikában alkalmazott berendezések. Az így kapott, adott „irányból látszó” sugárgyengítéseket egymás mellé gyűjtve megalkotható a felvételezett test szinogramja. A rekonstrukció során az adott vetítési irányokból látszó sugárgyengítéseket egymásra halmozva visszaállítható az eredetileg felvételezett test.

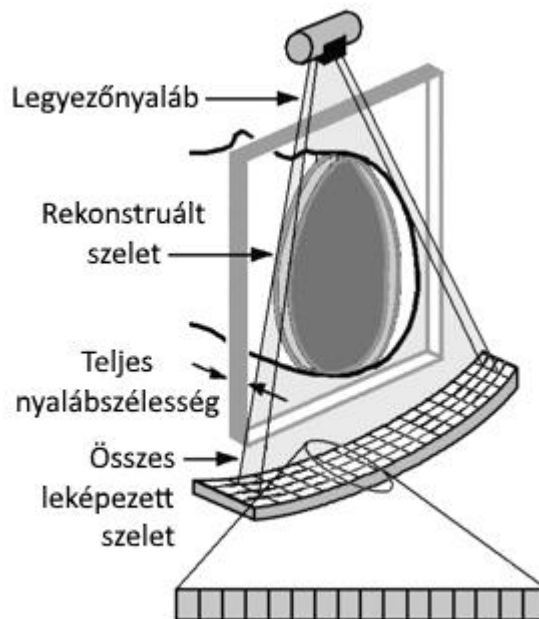


3.3.8a ábra: CT berendezés működését szemléltető ábra

A berendezést az operátor a vezénylőből irányítja, miután a páciens elhelyezte a vizsgálóasztalon és beállította az asztal magasságát és a vizsgálandó anatómiai régió környékén az előnézeti képhez a kezdő szkennelési szeletet és irányt. Szinte semmilyen körülmények között nem szabad más személynek a vizsgálat során a vizsgálóhelyiségben tartózkodnia.

Az operátor a vizsgálat során a klinikai indikációk szerint elvégzi az eljárást: az anatómiai terület megfelelő kijelölése után kiválasztja a megfelelő képalkotó protokollt. Az operátort és a szomszédos helyiségekben tartózkodó személyeket a vizsgálat során csak szórt sugárzás érheti, mert a direkt nyaláb mindig a páciensen halad keresztül.

Egyes külföldi munkahelyeken a páciensek védelmére elkezdtek ólom- vagy bizmuttakarókat alkalmazni. Ezeknek a használata nem javasolt, mert a CT berendezések esetén a páciens felvételezett anatómiáján kívüli részt elsősorban a szórt sugárzás éri, amely a besugárzott anatómiai területen keletkezik. Az extrafokális sugárzás járuléka jelentéktelen, így gyakorlatilag csak a testben szóródó fotonok okoznak sugárterhelést a vizsgálaton kívüli területen, tehát várhatóan több kárt okoz az ilyen takarás, mert az elcsúszhat vagy más okból ismételni lehet szükséges a vizsgálatot.



3.3.8b ábra: CT berendezés működését szemléltető ábra

A továbbiakban leírt vizsgálatok során általánosan igaz, hogy olyan protokollokat kell választani és egyáltalán a mérésekhez úgy kell a felvételi paramétereket megválasztani, hogy azok kövessék a klinikai gyakorlatban alkalmazott értékeket. A felvételsorozatok elkészítéséhez tehát válasszunk olyan paramétereket amelyeket a klinikumban is alkalmaznak, vagy amelyet az átvételi vizsgálatkor alkalmaztak. Amennyiben ilyen információk nem állnak rendelkezésre, úgy alkalmazzunk 120 kV, 200 mA, 1 s körülfordulási időt, vagy az ehhez legközelebb eső beállításokat.

A képminőség értékelését megfelelő fantommal kell végezni, amely a szükséges vizsgálóbetéteket tartalmazza vagy abba azok szükség esetén behelyezhetőek. A képminőség értékelhető bármely alkalmas fantommal, azonban érdemes előnyben részesíteni azt, amelyikkel a test- és a koponyafelvételek értékelése külön elvégezhető. Bizonyos fantomok külön koponyabetétet is tartalmaznak, amelyre egy ún. csontgyűrű is felhelyezhető a tényleges klinikai képalkotáshoz hasonló körülmények megteremtése érdekében. E feltét és minden más kiegészítő alkalmazását rögzíteni kell a mérések dokumentálásakor.

Mindegyik vizsgálófantomot aszerint helyezük el, ahogy azt annak felhasználási szándéka szerint szükséges (pl.: testfantomot az asztalra, koponyafantomot a fejtartóba helyezünk).

A vizsgálatok során ne használjuk az expozíciós automatikát és a dóziscsökkentő eljárásokat, mert működésük befolyásolhatja az eredményeket!

Az egyes vizsgálatoknál minden, az adott vizsgálatnál releváns felvételi és egyéb paramétert rögzíteni kell. Ezek az alábbiak:

- Vizsgálat módja (axiális/helikális stb.)
- Protokoll megnevezése,
- Csőfeszültség (kV),
- Csőáram (mA),
- Körülfordulási idő (s),
- Teljes szkennelési idő (s),
- Pitch faktor,
- Vizsgálótest és betétjei,
- Nyalábszélesség,
- Rekonstruált szeletvastagság,
- Teljes szkennhossz,
- Rekonstrukciós szűrő,
- Kijelzett CTDI_{vol} (mGy) és DLP (mGycm).

Megjegyzés: A sugárterápiás tervezéshez mindenképpen a megfelelő jelölőkkel ellátott, sík asztallapot alkalmaznak. Amennyiben ilyen készüléket ellenőrzünk, akkor a cél szerinti felhasználásnak megfelelő konfigurációban vizsgáljuk.

Az olyan CT berendezések esetén, amelyek hibrid modalitások (SPECT/CT, PET/CT, SPECT/PET/CT) CT egységei, vagyis egyébként a nukleáris medicina vizsgálatokhoz használják, mindkét modalitás szerint vizsgálni kell a működését az átvételi és állapotvizsgálatok és az állandósági vizsgálatok során egyaránt!

Megjegyzés: E kézikönyvnek nem tárgya, de a hibrid képalkotók esetén külön gondot kell fordítani a felvételek illesztésének ellenőrzésére és azt erre alkalmas fantommal, sugárforrással ellenőrizni azt.

3.3.8.1. Kép homogenitása és a képzaj értékelése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat során felvételt kell készíteni egy homogén, a víznek megfelelő sugárgyengítésű, kör keresztmetszetű vizsgálótestről. A vizsgálótest átmérője ne legyen kevesebb, mint 16 cm. A CT berendezések működéséből adódóan a víz leképezésekor, ideális esetben egy homogén, 0 HU értékkel leképezett, kör keresztmetszetű képet kell kapjunk, amellyel feltárható, hogyha egyes detektorelemek sérültek, vagy valamely kalibrációs eljárása a berendezésnek hibás volt.

Megjegyzés: Egyes képrekonstrukciós kernelek torzíthatják a kép homogenitását.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

ACR. 2012 CT quality control manual. Reston, VA: ACR; 2012

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- CT képminőség-vizsgáló fantom
- Számítógép a kiértékeléshez

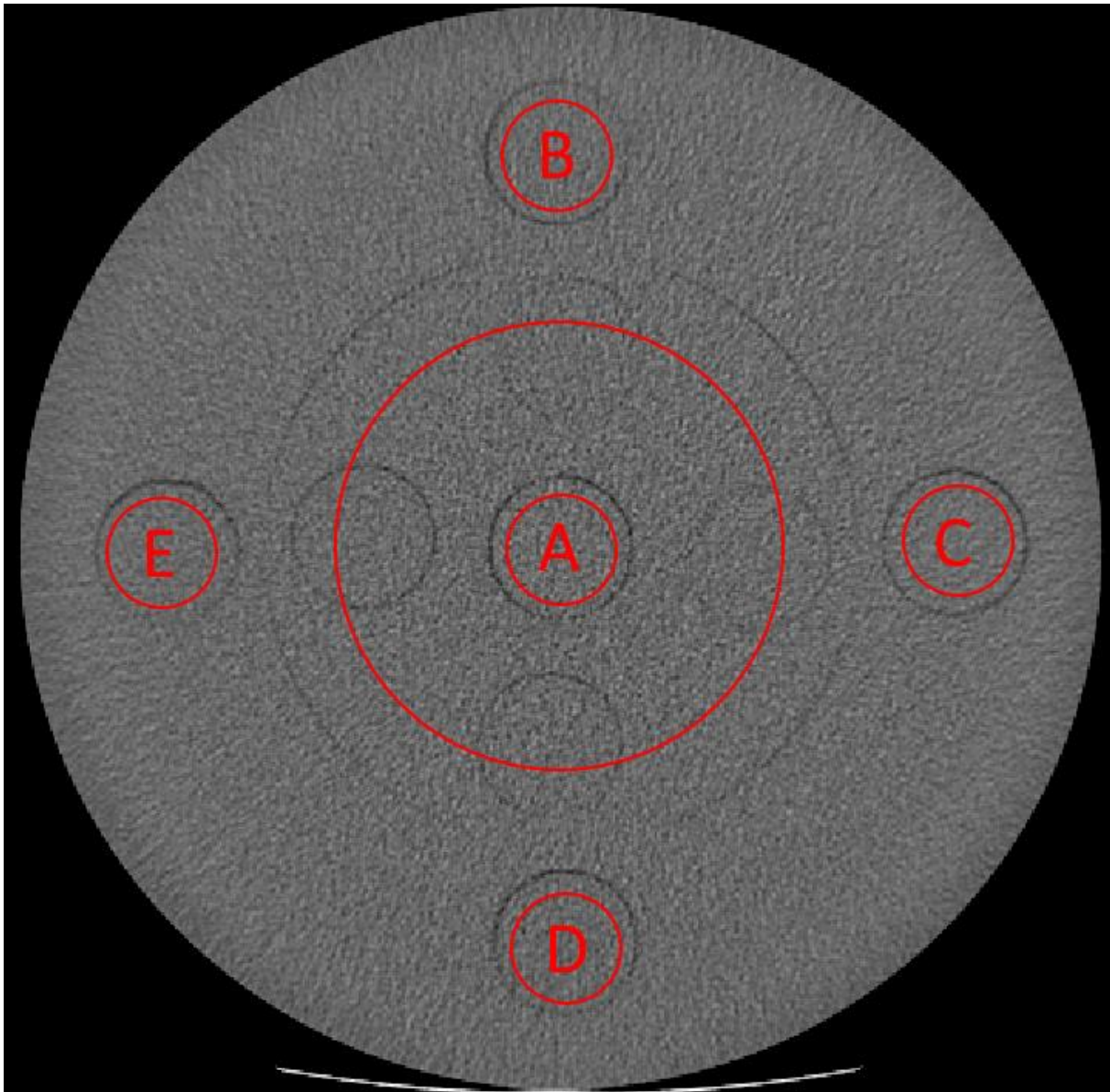
A felvétel készítése és a kiértékelés időtartama kb. 30 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálótestet centráljuk a gantry forgástengelyén.
2. Az előnézeti képen válasszuk ki a fantom homogén betétjének teljes hosszát.
3. A felvételt kétféle, gyakran használt rekonstrukciós kernellel rekonstruáljuk, amelyek lágy szövetek és csontok kiemelésére alkalmasak. Rekonstrukciós szeletvastagságként használjuk az átvételi vizsgálat során alkalmazott értéket vagy 2-5 mm közötti, a klinikai gyakorlatban is gyakran előforduló paramétert.

Megjegyzés: A szeletvastagság alapvetően meghatározza a képzajt, az egyes hibásnak vélt detektorelemek meghatározásához a CT berendezés detektorelemeinek szélessége szerinti (pl.: 0,625 mm) szeletvastagságot kell választani. Ekkor a képzaj jelentősebb lesz.

Megjegyzés: A fantomot aszerint helyezük el, ahogy azt annak a kézikönyve megadja (pl.: testfantomot az asztalra, koponyafantomot a fejtartóba).



3.3.8.1 ábra: Tárgyérdekű tartományok és mérési eredmények a zaj és a homogenitás méréséhez

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műtermékek ellenőrzéséhez:

1. Az egyes felvételeket tekintsük át és ellenőrizzük, nem látható-e azokon műtermék.

A homogenitás értékeléséhez:

1. A betét közepén található szeletek egyikét kiválasztva, képkéértékelő szoftver segítségével rajzoljunk egy kört a kép közepére, amely megfelel a fantom átmérője kb. 10%-ának. Ez az „A” jelű ROI.
2. Az „A” jelű ROI-ban mérjük meg a CT szám átlagát és szórását!
3. Az óramutató járása szerint 12, 3, 6 és 9 óránál sorra vegyünk fel ROI-kat („B” ...„E” jelzés).
4. A homogenitás értékeléséhez képezzük rendre az „A”-„B”, „A”-„C” stb. tartományok átlagának különbségeit.

A képzaj értékeléséhez:

1. Ugyanannak a felvételnek a közepén, amelyen a homogenitást értékeltük, jelöljük ki egy akkora ROI-t amely a fantom átmérője kb. 40%-ának megfelel és középen centrált.
 2. Ebben a ROI-ban határozzuk meg az átlagos CT-számot és szórást. A szórás itt a képzajnak feleltethető meg.
- f) Elfogadási kritériumok
1. A felvételeken nem jelenhetnek meg műtermékek.
 2. Az egyes ROI-k eltérése a nulla értéktől nem lehet több, mint ± 5 HU. Egyes irodalmi források ± 4 HU értéket említenek. Amennyiben nem vizet vagy vízekvivalens anyagot felvételeztek, úgy a vizsgálótest gyártójának a kézikönyvét és az abban leírtakat kell figyelembe venni.
 3. Az „A” és a további ROI-k különbsége nem térhet el több, mint ± 10 HU egységgel vagy a fantom gyártója által meghatározott értékkel.
 4. A képzaj az átvételi vizsgálathoz képest nem térhet el több, mint 25%-kal.
- g) Helyesbítő intézkedések
1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
 2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása.
 3. A teljes vizsgálat megismétlésével ellenőrizhető, nem követtünk-e el hibát.
 4. Műtermékek megjelenése esetén (csillagosodás, gyűrűk, foltok megjelenése) forgassuk el a fantomot, hogy meggyőződhessünk a hiba forrásáról.
 5. A vizsgálat megismétlése után, ha továbbra is fennáll a hiba, a CT berendezést újra kell kalibrál(tat)ni, majd a mérést megismételni.
 6. A képzaj jelentős növekedése a dóziskihozatal csökkenésére, míg a kevésbé zajos kép rossz beállításokra utalhat.

3.3.8.2. Rekonstruált szeletvastagság mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat során felvételt kell készíteni egy vizsgálótestről, amely a megfelelő betét(eke)t tartalmazza. A cél, hogy a kiválasztott és a ténylegesen rekonstruált szeletvastagságot össze lehessen hasonlítani. A leggyakrabban alkalmazott vizsgálómódszer a ferdén elhelyezett alumínium lemezek használata, amelynek dőlésszöge a képsíkra olyan, hogy a leképezésük során a képsíkon megjelenő mérete és a vetítési irányból látszó méretének aránya kétszeres.

Megjegyzés: E vizsgálómódszer a betét hosszának függvényében alkalmas arra, hogy 1...10 mm közötti szeletvastagságot mérni lehessen. Mivel a képen jó kontrasztot kell adjon a vizsgált betét, ezért annak egy adott vastagsága is kell legyen, amely megnöveli a nagyon vékony (< 2 mm) szeletek esetén a leképezhető szeletvastagság minimális értékét.

Megjegyzés: Egyes fantomok más módszert alkalmaznak a szeletvastagság mérésére (golyók, egyéb betétek stb.), mely esetben a fantom gyártójának kézikönyvét kell alkalmazni a vizsgálati eljárás során.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- CT képminőség-vizsgáló fantom
- Számítógép a kiértékeléshez

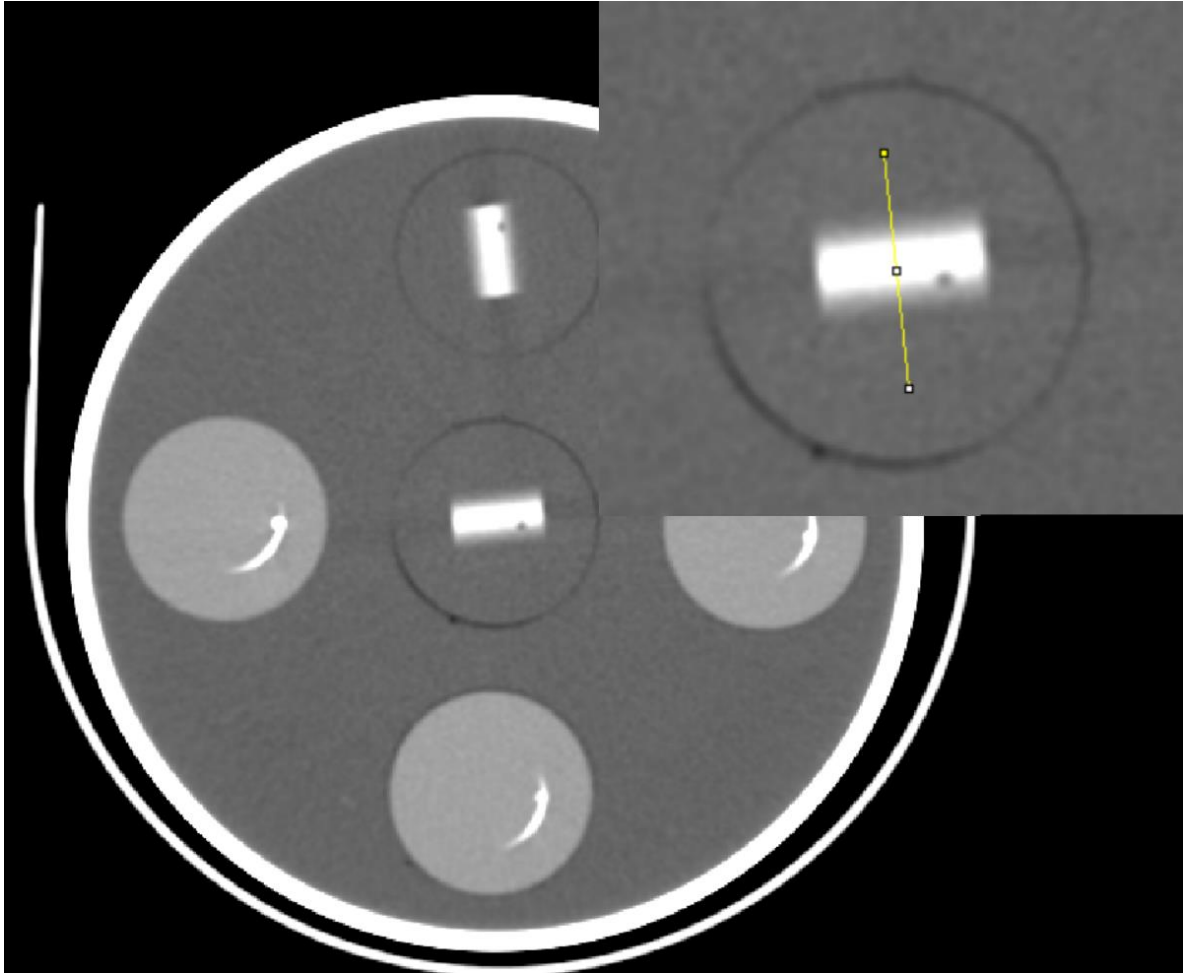
A felvétel készítése és a kiértékelés időtartama kb. 20 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálótestet centráljuk a gantry forgástengelyén.
2. Az előnézeti képen válasszuk ki a fantomnak azt a betétjét, ahol az alumínium lemezke elhelyezkedik.
3. E vizsgálathoz lehetőleg axiális leképezést kell használni. Amennyiben ez nem elérhető, úgy alkalmazható helikális felvételezés is, de ennek tényét ki kell emelni a dokumentációban. Rekonstruáljuk a felvételt legalább 3 féle, 1...10 mm közötti szeletvastagsággal.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

1. Az elkészült felvételeken egyenként jelöljük ki egy vonalat (ROI), amely párhuzamos a fantom alumínium betétjével. Azt a képet válasszuk ki az értékeléshez, amelyen az alumínium betét közepe látható.



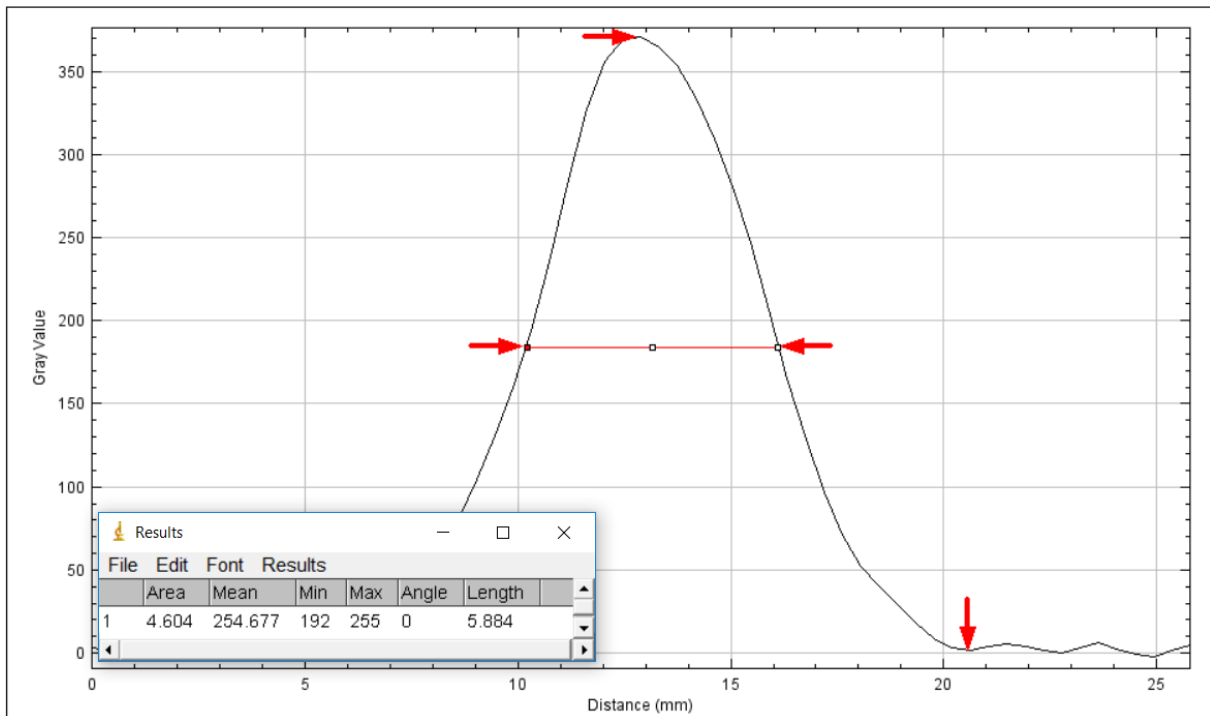
3.3.8.2a ábra: Szeletvastagságmérő betét ROI kijelölése

Megjegyzés: A legtöbb fantom esetén ez könnyen felismerhető, mert adott helyen és adott szögben állnak a vizsgálandó betétek, míg másoknál adott egy furat vagy más jelölés arra, hogy a betétnek hol található a közepe.

2. A felvett ROI-ban ábrázoljuk a pixelértékeket, így rajzolva fel a vonal mentén a pixelértékek görbét. A helyes leképezés esetén ez egy haranggörbe vagy trapéz alakra emlékeztet.
3. Határozzuk meg a görbe csúcsának pixelértékét és a görbe alatti terület átlagát.

Megjegyzés: A maximális pixelérték, azaz a görbe csúcsa, vékony szeletek esetén egy pont, nagyobb szeletvastagságnál egy plató. Utóbbi esetben a legnagyobb értéket érdemes választani, hacsak a betét inhomogenitása vagy más hiba miatt az nem lenne túl nagy érték. A betétet túli rész vízekvivalens fantom esetén 0 HU körüli érték.

4. Az előző pont eredményeiből számítsuk ki a félértéket, amely a maximum és a minimum értékek átlaga.
5. A félértékhez tartozó két pont távolságát határozzuk meg a görbénken. Ez a teljes félértékszélesség, amely e vizsgálómódszer szerint kétszerese a leképezett szeletvastagság értékének.
6. Amennyiben a fantomban több betét is található a szeletvastagság mérésére, akkor mindegyikkel ismételjük meg az eljárást és végül képezzük a mérési eredmények átlagát.



3.3.8.2b ábra: Szeletvastagság meghatározása (A közepen jelölt terület szélessége a félértékszélesség, az alsó és felső nyilak a minimum és maximum értékeket jelölik); a beállított szeletvastagság 3 mm, a mért szélesség 2,94 mm

f) Elfogadási kritériumok

Névleges szeletvastagság (mm)	Elfogadási kritérium
≤ 1	$< \text{névleges} + 0,5 \text{ mm}^*$
$> 1 \text{ és } \leq 2$	$\pm 50 \%$
> 2	$\pm 1 \text{ mm}$

* Nagyon vékony szeletek esetén, különösen axiális leképezéskor a felvételen mért szeletvastagság jelentősen nagyobb lehet, mint a névleges, pl.: 1 mm-nyi névleges szeletvastagság akár 3 mm-esnek is leképezhető, mert az alumínium betét vastagsága korlátozó tényező. A fantom felhasználói kézikönyve adhat további útmutatást, hogy milyen korrekciók alkalmazhatóak ebben az esetben.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása.
3. A teljes vizsgálat megismétlésével ellenőrizhető, nem követtünk-e el hibát.
4. Amennyiben a vártnál nagyobb eltéréseket tapasztalunk az ismételt vizsgálat során is, akkor a berendezés szervizéhez kell fordulni. A szeletvastagság változása utalhat szoftverhibára, vagy a kollimátor mechanikai hibájára.

3.3.8.3. Térbeli felbontás vizsgálata

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja annak meghatározása, hogy mi az a legkisebb magaskontrasztú részlet ($> 12\%$), amelyet a CT képalkotó rendszer képes még ábrázolni. Ennek megadására többféle módszer is létezik. A leggyakrabban alkalmazott ilyen eljárás az ún. vonalpárfelbontás-vizsgáló ábra leképezése és értékelése. Ez a korábbi röntgenteknikából átvett eljárás, amellyel rudacskák vagy lépcsők elkülöníthetőségét kell vizsgálni. A módszer alapvetése egyszerű, könnyen megvalósítható, azonban jelentős hátránya, hogy szubjektív, az értékelést végző személy „szemén” múlik az eredmény és a nagyon részletes felbontásvizsgáló ábra segítségével is csak az határozható meg, hogy egyetlen jellemzőként, a modulációs átviteli függvény 5%-os átviteli értékéhez legközelebb eső, annál nagyobb felbontás vagy voxelméret mekkora. Ennél jobb eredményt ad, ha a vonalpárfelbontás-vizsgáló ábra helyett a teljes modulációs átviteli függvény meghatározására alkalmas vizsgálóbetétet képezünk le és visszavezetjük a mérést a pontszórás függvény Fourier-transzformáltjának számítására. Az előbbi módszer egyszerű, a következőkben is ezt írjuk le.

Megjegyzés: A modulációs átviteli függvény mérésére alkalmas vizsgálótest vagy betétek és a kiértékelésükhez szükséges algoritmus bonyolultabb, az azzal végzett mérések több számítást igényelnek, és ha nem merült fel a gyanúja annak, hogy a képalkotó rendszer jelentős változáson esett át, akkor szükségtelen elvégezni. Amennyiben a CT-hez alkalmazott képminőség-vizsgáló fantom tartalmaz a modulációs átviteli függvény megadásához szükséges betét(ek)e)t és az eredmény kiértékelése automatizált, úgy érdemes mindenképpen mérni e paramétert. A mérési eredmények megadásakor felrajzolható a teljes átviteli függvény is, de legalább az 50%, 10% és 5% átvitelhez tartozó térbeli felbontást meg kell adni.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- CT képminőség-vizsgáló fantom
- Számítógép a kiértékeléshez

A felvétel készítése és a kiértékelés időtartama kb. 20 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

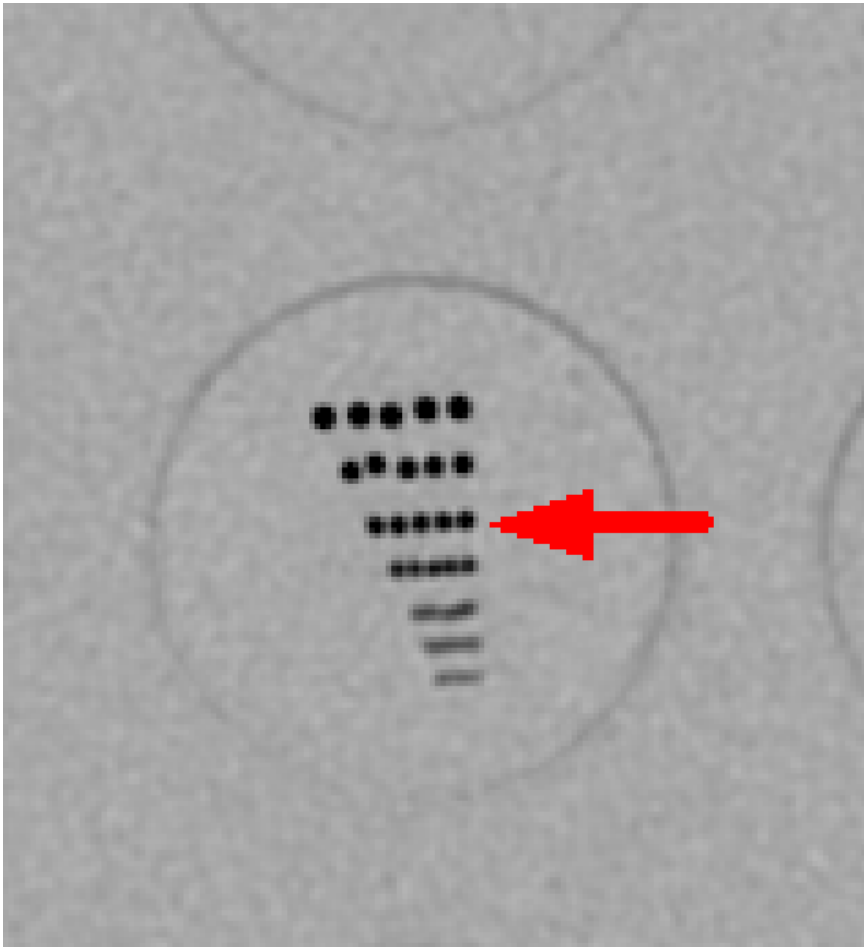
1. A vizsgálótestet centráljuk a gantry forgástengelyén.
2. Az előnézeti képen válasszuk ki a fantom megfelelő betétjének teljes hosszát.
3. A felvételt kétféle, gyakran használt rekonstrukciós kernellel rekonstruáljuk, amelyek lágy szövetek és csontok kiemelésére alkalmasak. Rekonstrukciós szeletvastagságként használjuk az átviteli vizsgálat során alkalmazott értéket vagy 2-5 mm közötti, a klinikai gyakorlatban is gyakran előforduló paramétert.

Megjegyzés: A CT egyes paramétereinek megadása jelentősen befolyásolja a térbeli felbontást, ezért ügyeljünk rá, hogy a megfelelő értékeket válasszuk.

Megjegyzés: A fantom helyes beállítása a felvétel elkészítése előtt elengedhetetlen, mert ez eltorzíthatja, elmoshatja a leképezett betéteket. Az MTF mérésére alkalmas vizsgálóbetét a pozicionálásra nem érzékeny, de annál a jel-zaj arány kisebb lesz.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A vonalpár-felbontás vizsgáló ábráról készült felvételen keressük meg azt a legkisebb részleteket tartalmazó csoportot, amely jól kivehető és még egymástól elkülöníthető részleteket tartalmaz. Ehhez szükség szerint ablakolhatjuk az ábrát és nagyíthatjuk.



3.3.8.3 ábra: Térbeli felbontás-vizsgáló betét felvétele; Itt a még elkülöníthető részletek láthatóak. Az ábra a módszer korlátait is szemlélteti, a nyíl alatti sor részletei még éppen elkülöníthetőek, de ez vitás lehet egyes értékelő személyek között

f) Elfogadási kritériumok

Az átvételi vizsgálat során, az adott paraméterek mellett meghatározott értéket vagy a gyártó által specifikált értéket tekintjük alapértéknek.

Elfogadható, hogyha a térbeli felbontás nem tér el több, mint $\pm 10\%$ -kal vagy az MTF 5%-ához tartozó érték $\pm 0,5$ lp/mm-rel az alapértéktől, a nagyobbik túrést választva.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása.
3. A teljes vizsgálat megismétlésével ellenőrizhető, nem követtünk-e el hibát.
4. A képalkotó rendszer hibájára utal, ha a felbontás a korábbi paraméterek mellett eltérést mutat. Ekkor mindenképpen a szervizhez kell fordulni.

3.3.8.4. Alacsonykontraszt-láthatóság vizsgálata (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az alacsonykontrasztú felbontásnak szerepe van a kis kontrasztkülönbségű részletek vizsgálatakor, például léziók és a parenchymális szövetek ábrázolásakor, tehát lényegében a diagnosztikában. A vizsgálat elvégzése mégis opcionális, mert univerzális, objektív vizsgáló módszer nem létezik erre. Ugyanakkor sok fantom tartalmaz megfelelő betéteket a vizsgálatra.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

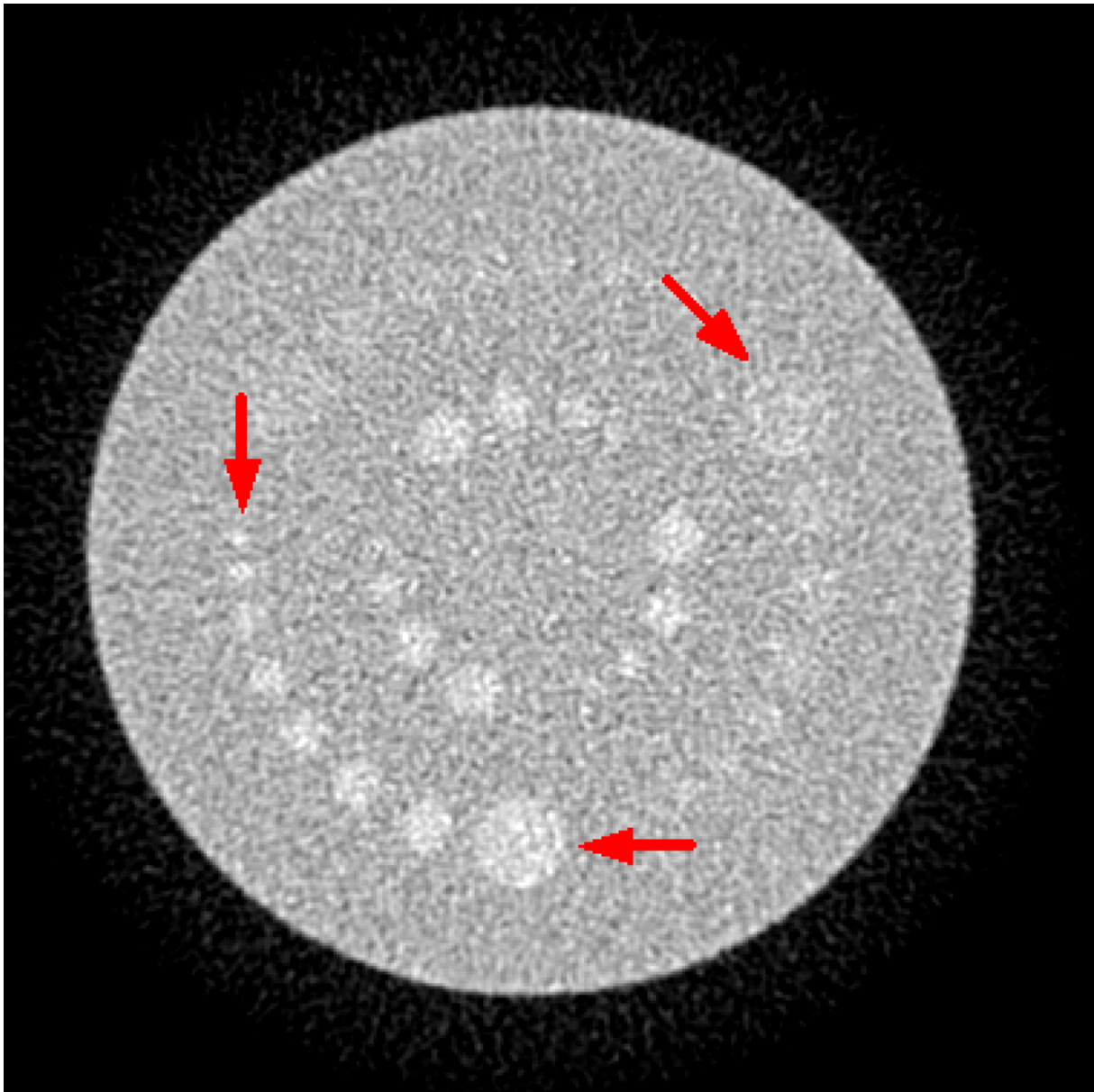
- CT képminőség-vizsgáló fantom alacsonykontraszt-vizsgáló betéttel
- Számítógép a kiértékeléshez

A felvétel készítése és a kiértékelés időtartama kb. 20 perc.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálatot centráljuk a gantry forgástengelyén.
2. Az előnézeti képen válasszuk ki a fantom megfelelő betétjének teljes hosszát.
3. A felvételt kétféle, gyakran használt rekonstrukciós kernellel rekonstruáljuk, amelyek lágy szövetek és csontok kiemelésére alkalmasak. Rekonstrukciós szeletvastagságként használjuk az átvételi vizsgálat során alkalmazott értéket vagy 2-5 mm közötti, a klinikai gyakorlatban is gyakran előforduló paramétert.

Megjegyzés: A CT egyes paramétereinek megadása jelentősen befolyásolja az alacsonykontraszt-láthatóságot, ezért ügyeljünk rá, hogy a megfelelő értékeket válasszuk.



3.3.8.4 ábra: Alacsonykontraszt-láthatóság vizsgáló betétről készült felvétel; A bal oldali és alsó nyilak a legnagyobb kontrasztú, 8 elemből álló csoport elkülöníthető részleteit mutatják be, míg a felső, jobb oldali nyíl a még éppen látható csoport első részletére mutat;

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A fantom gyártójának eljárása szerint járjunk el és határozzuk meg, hogy az egyes kontraszt-betét csoportokban mely részletek láthatóak még. Ezt végezhetjük szemrevételezéssel is úgy, hogy szükség szerint ablakoljuk és nagyítjuk a felvételt.

Az eredményeket táblázatosan érdemes megadni, vagy azt kell leírni, hogy melyik az a legalacsonyabb kontrasztlépcsőhöz tartozó, legkisebb átmérőjű részlet, amely még látható.

f) Elfogadási kritériumok

Az alacsonykontrasztú részletek láthatóságára külön kritériumokat a szakirodalom sem állapít meg, ennek oka, hogy a képalkotó rendszer hibája feltárható azzal is, ha a dózis vagy ezzel összefüggésben a képzaj is megváltozik.

g) Helyesbítő intézkedések

6. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túréshatáron kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.
7. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása.
8. A teljes vizsgálat megismétlése helyett a hiba oka feltárható ha a képzaj és a dozimetria eredményeiből indulunk ki.

3.3.8.5. Dozimetriai ellenőrzés

A CT berendezések dozimetriai jellemzésére alkalmazott, ma is használatos indexált mennyiség, a CT dózis index (CTDI) hosszú fejlődésen ment keresztül a technológiai fejlesztésekkel párhuzamosan.

A CT-k által kiszolgáltató sugárzás mértéke, amely a hagyományos röntgenvizsgálatokét nagyságrendekkel meghaladhatja, is indokolta, hogy tudatosabban alkalmazzák ezt a képalkotó eszközt. A ma forgalmazott CT berendezésekre vonatkozik néhány olyan követelmény, amelyek közvetlenül összefüggenek a besugárzások által okozott kockázatok csökkentésével:

- A berendezés kijelzi a vizsgálat végén a páciens sugárterhelésének meghatározásához szükséges mennyiségeket (itt: CTDI és DLP, azaz a dózis-hossz szorzat)
- A berendezés képes továbbítani elektronikusan e paramétereket (itt: DICOM-kompatibilis)

Megjegyzés: A CTDI és a DLP önmagában elégtelen a páciens kockázatainak jellemzésére, azok kizárólag dozimetriai indikátorok, nem függenek össze közvetlenül az ionizáló sugárzások okozta kockázatokkal.

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A kijelzett CTDI és DLP mint dózismennyiségek ellenőrzését rendszeresen el kell végezni, ugyanis a CT-k nem mérés révén, hanem a gyártók által meghatározott tényezők segítségével kalkulálják az egyes expozíciókhoz e paramétereket, ez nyilvánvalóan korlátozza mennyire megbízható a kijelzett érték.

A vizsgálat által okozott sugárterhelésre jellemző CTDI és DLP értékeken felül opcionálisan vizsgálható még az ún. szabadlevegős CTDI is.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

CT dózisindex (CTDI) mérése helikális szkennelésnél, Sugárvédelem (Measurement of Computed Tomography Dose Index (CTDI) in case of helical scanning, published in:

'Radiation Protection') VII. évf. (2014) 1. szám. 27–35.

(elérhető: http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/V7i1/Por_V71.pdf)

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

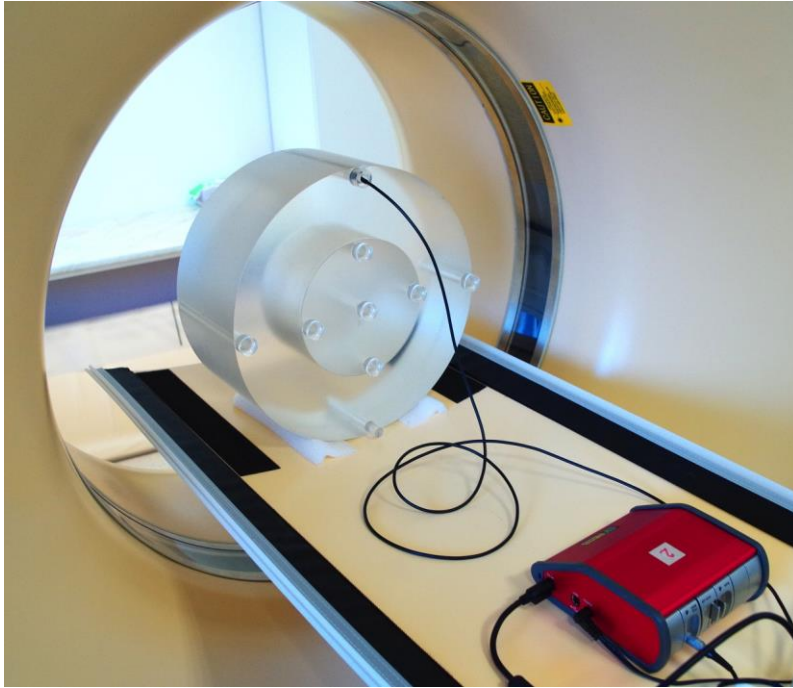
- 10 cm hosszúságú ionizációs kamra (ceruzakamra)
- CT dozimetriai fantom: egy 16 (fejfantom) és egy 32 cm (testfantom) átmérőjű, legalább 15 cm vastagságú plexifantom, a közepükön és a széleiktől 1-1 cm-re, egymástól azonos távolságra elhelyezett 4-4 átmenő furattal, amelyekbe az ionizációs kamra becsúszatható. A fantom középső furata „A”, míg a 12, 3, 6 és 9 óránál fekvő furataik rendre a „B”... „E” jelöléseket viselik.

A mérések és a kiértékelés időtartama az ellenőrzési beállítások függvényében 30...120 perc.

Megjegyzés: A könnyebb mozgathatóság érdekében gyakran a nagyobbik fantom olyan kialakítású, hogy a kisebbik belecsúszatható legyen. A testfantommal végzendő vizsgálatok során értelemszerűen bele kell illeszteni a fejfantomot ha ilyen kialakításúak az eszközeink.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálotestet centráljuk a gantry forgástengelyén.
2. Helyezzük el a ceruzakamrát a középső furatban.
3. Az előnézeti képen válasszunk ki pontosan a fantom közepét.
4. A felvételezést axiális üzemmódban végezzük úgy, hogy egy adott csőfeszültség mellett állandó csőáram(-idő) szorzat értéket válasszunk. Ne alkalmazzunk dóziscsökkentő eljárásokat és az automatikus dózis-szabályozást is kapcsoljuk ki. Csak egyetlen körülfordulást végezzon a felvétel során a berendezés! A felvételezéshez olyan detektorkonfigurációt válasszunk, amivel a nyalábszélesség nem haladja meg a 40 mm-t. A rekonstruált szeletvastagság és a további képparaméterek érdektelenek.
5. Az expozíciót követően jegyezzük le a műszer által kijelzett dózis-hossz szorzatot.
6. Helyezzük át a ceruzakamrát a soron következő furatba.
7. Ismételjük meg a 3-6 pontokat.
8. A 2-7 pontokat ismételjük úgy, hogy átállítjuk a csőfeszültséget vagy a nyalábszélességet!



3.3.8.5 ábra: A fantom és a ceruzakamra pozicionálása („B” pozíció)

A dozimetriai vizsgálatokat érdemes legalább 120 kV csőfeszültség mellett a leggyakrabban alkalmazott nyálábszélességekkel elvégezni.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

1. Az egyes beállításokhoz tartozó mérési pontokban számítsuk ki a $CTDI_{100}$ értékét az alábbi képlet segítségével:

$$CTDI_{100,X} = \frac{1}{NT} \int_{-50\text{ mm}}^{50\text{ mm}} D(z) dz$$

ahol:

$CTDI_{100,X}$ az X mérési pontban meghatározott dózisindex érték (100 mm-es integrálási hosszal). A középső furatban mért $CTDI_{100}$ indexe „c”, a továbbiaké „p”,

NT a teljes (kollimált) nyálábszélesség, amelynél N a besugárzott detektorsorok száma, T pedig azok szélessége,

$D(z)$ a CT „z” tengelye (forgástengelye) mentén a besugárzás során meghatározott dózisprofil.

2. A $CTDI_{100}$ értékek súlyozásával határozzuk meg a $CTDI_w$ súlyozott CT dózisindex értékét:

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{100,c} + \frac{2}{3} \overline{CTDI_{100,p}}$$

ahol:

$CTDI_{100,c}$ a fantom középpontjában, az „A” mérési pontban felvett dózishossz-szorozatból számított $CTDI_{100}$ értéke,

$CTDI_{100,p}$ a fantom perifériájánál, a „B”...„E” mérési pontokban felvett $CTDI_{100}$ átlagértéke.

A fentiek szerint kiszámított $CTDI_w$ értékét vessük össze a berendezés által előrejelzett $CTDI_{vol}$ értékével (axiális vizsgálatnál azonos a $CTDI_w$ mennyiséggel).

f) Elfogadási kritériumok

A kijelzett és mért $CTDI$ értékek közötti eltérés nem lehet több 20%-nál.

Megjegyzés: A mérések során ügyeljünk rá, hogy a beállított felvételi protokoll egy adott vizsgálótestre vonatkozik, melyet egyes berendezések nem közölnek, vagy az helytelenül lehet beállítva.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell, a vizsgálat kivitelezésekor sok hibalehetőség van, ezért mindenképpen ismételjük meg azt, ha kétség merülne fel a berendezés helyes kijelzésével kapcsolatban.
2. Amennyiben a vizsgálatnál sikerül alátámasztani, hogy a berendezés dóziskijelzése helytelen, mindenképpen kérjük a szakszervizt, hogy állítsa be a berendezést.

3.3.8.6. Linearitás (opcionális, kivéve szimulátoroknál)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A CT berendezések linearitása arról ad felvilágosítást, hogy az adott képalkotó módban a berendezés egy adott anyagi összetételű anyagot hogyan képes megjeleníteni. A CT berendezések diagnosztikai alkalmazásakor a helyes CT-szám szerinti megjelenítésnek nincs jelentős szerepe, a részletek relatív kontrasztja fontosabb. A linearitás vizsgálata tehát opcionális, azonban olyan alkalmazásoknál, amikor a CT-számok helyes leképezése elengedhetetlen, például sugárterápiás tervezéshez használt berendezéseknél, ott kötelező ennek rendszeres vizsgálata. Ebben az esetben a sugárterápiás tervezőrendszerek a sugárgyengítés korrigálására használják az anatómiáról készült felvételt, így a helyes számítások biztosításához a megfelelő képrekonstrukciós kernelt kell alkalmazni és azzal ellenőrizni, hogy a felvételeken az egyes szövetek (eltérő elektronsűrűségű betétek) megfelelően kerülnek-e megjelenítésre.

Megjegyzés: A linearitás vizsgálatára alkalmas betétek megtalálhatóak egyes képminőségvizsgáló fantomokban. Általános célra ezek megfelelőek, azonban a sugárterápiás tervezéshez használt CT berendezéseknél érdemes erre külön fejlesztett, 12-16 vagy több betéttel felszerelt fantomot alkalmazni.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

- Linearitásvizsgáló fantom
- Számítógép a kiértékeléshez

A felvétel készítése és a kiértékelés időtartama kb. 20 perc.

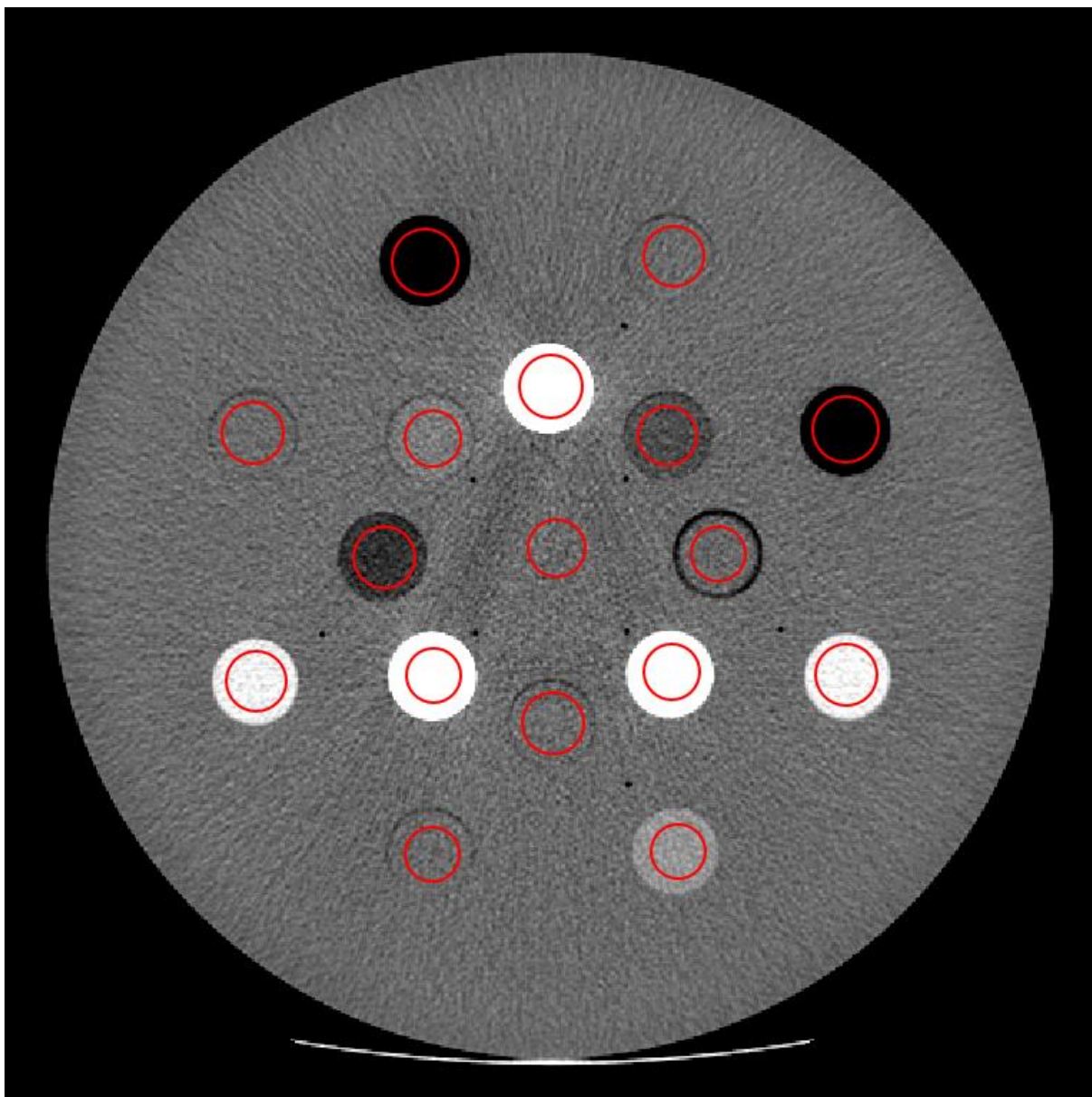
d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A vizsgálótestet centráljuk a gantry forgástengelyén.
2. Az előnézeti képen válasszuk ki a fantom megfelelő betétjeinek teljes hosszát.
3. A felvételt kétféle, gyakran használt rekonstrukciós kernellel rekonstruáljuk, amelyek lágy szövetek és csontok kiemelésére alkalmasak. Rekonstrukciós szeletvastagságként használjuk az átvételi vizsgálat során alkalmazott értéket vagy 2-5 mm közötti, a klinikai gyakorlatban is gyakran előforduló paramétert.

Megjegyzés: Amennyiben a sugárterápiás tervezéshez csak egyetlen rekonstrukciós szűrőt alkalmaznak, úgy elégséges azt kiválasztani.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

1. A fantom egyes betétjeiben kör alakú, a betéteknél néhány pixelnyivel kisebb ROI-kat kell kijelölni, mert a képrekonstrukciós szűrők a betétek szélét elmoshatják, vagy nagyon erősen kiemelhetik.
2. A bejelölt ROI-kon belül ki kell számítani a pixelértékek átlagát.
3. A pixelértékek átlagait az egyes betéteknél össze kell vetni a fantom gyártója által megadott relatív (vízre vonatkoztatott) elektronsűrűségekkel és grafikonon, valamint táblázatban közölni. Amennyiben ilyen nem áll rendelkezésre az adott fantomhoz, akkor a gyártó által közölt referencia HU érték is alkalmazható, de figyelembe kell venni, hogy ekkor a mérési bizonytalanság jelentősebb és a túréson kívüli értékek nem feltétlenül jelentik a berendezés hibáját.



3.3.8.6 ábra: Linearitásvizsgáló fantomról készült felvétel; Ezen jól láthatóak a körökkel jelölt ROI-k, amelyeknél az átlagos CT számot meg kell határozni

f) Elfogadási kritériumok

A linearitás mérésekor a vízre vonatkozóan a korábban már ismertetett ± 4 HU érték fogadható el, míg ettől eltérő relatív elektronsűrűségű betéteknél a ± 20 HU érték.

Megjegyzés: A vizsgálat test átmérője és a képrekonstrukcióhoz használt szűrő alapvetően meghatározza a víztől eltérő részletek leképezett HU értékét. Egyes rekonstrukciós szűrők a csontok esetén 30-40%-nyival is eltérő eredményeket adhatnak az elvárható értéktől. A csontok HU értékeinek pontatlan leképezése nem feltétlenül jelent gondot a CT-k legtöbb alkalmazási célja szerint.

g) Helyesbítő intézkedések

1. A kapott eredményeket ellenőrizni kell. Ha túrértéken kívüli eredmény adódik, akkor a mérést meg kell ismételni.

2. Az expozíciós paramétereket és a geometriai beállításokat meg kell vizsgálni, helyes volt-e azoknak a megadása, különös tekintettel a rekonstrukciós szűrő beállításaira figyelemmel.
3. A jelentős nem-linearitás gyakran szoftveres hibára utal, mely esetben a nagyobb relatív elektronsűrűségű betétek eltérően képeződnek le. A berendezés napi vagy heti kalibrációját ismételjük meg hiba észlelése esetén. Amennyiben a röntgenszóben következett be változás, a tényleges legnagyobb csőfeszültség, a szűrés vagy a spektrum eltolódott, úgy a teljes linearitás-relatív elektronsűrűség görbe elcsúszása várható. Ekkor más vizsgálatokkal kell igazolni az ilyen hiba fennállását és annak beigazolódása esetén a szervizhez fordulni.

3.3.8.7. Asztalléptetés vizsgálata (opcionális)

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

Az asztal mint tartó szolgál a páciens előre és hátra, illetve fel- és lefelé való mozgatására a berendezésben. Mivel egy korlátozott teherbírású szerkezetről van szó, amely az idővel öregszik és a mozgatáskor a visszajelzet pozíciója direkt hatással van a képalkotásra, ezért e szerkezetet külön ellenőrizni szükséges, rendszeres időközönként. Mechanikai szilárdságának és tartósságának ellentmond az a követelmény, hogy lehetőleg minél kisebb legyen a sugárgyengítése.

Megjegyzés: Amennyiben terhelés alatt az asztal lehajlik, úgy a felvételsorozat elején és végén készült szeletek regisztrált magasságában, pozíciójában eltérés adódhat.

b) Forrásdokumentumok

IAEA Human Health Series No 19. Quality assurance programme for computed tomography: diagnostic and therapy applications. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2012.

IEC 61223-3-5:2004 Acceptance tests – Imaging performance of computed tomography X-ray equipment

c) Szükséges felszerelés, eszközigeny, időigeny, erőforrás-szükségletek

- Az asztal terheléséhez kb. 130 kg-nyi tömeg,
- Ragasztószalag, jelölő, acélvonalzó (> 40 cm).

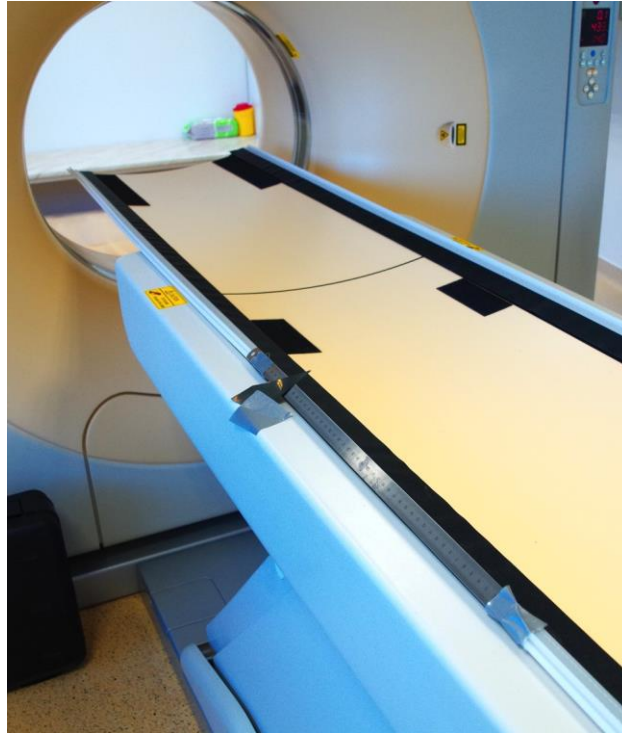
A vizsgálat időtartama kb. 25 perc.

Megjegyzés: Mivel e vizsgálat sugárzással nem jár, ezért megkérhetünk egy személyt is, hogy feküdjön az asztalra a vizsgálat időtartamára.

d) A vizsgálati eljárás leírása

1. Állítsuk az asztalt olyan magasságba, ahol a gantry felé 30 cm-nyit el tud mozdulni.
2. Az asztalt teljesen húzzuk ki a gantryból és rögzítsük az acélvonalzót az asztal állórészénél.
3. A jelölő és a ragasztószalag segítségével határozzunk meg egy „kezdő” pozíciót az acélvonalzón és ezt állítsuk be a CT berendezésen is („0” pozíció).
4. Az asztalon helyezzük el a terhelésre szolgáló tömeget.
5. A CT berendezés konzolán állítsunk be +10 mm asztalléptetést, majd ellenőrizzük, hogy a jelölő az acélvonalzón megfelel-e a kijelzett távolságnak!

6. Állítsuk vissza a kezdő pozícióba az asztalt és jegyezzük fel, hogy mennyi az eltérés a „0” értéktől.
7. Az előző lépéseket (5 és 6) ismétljük meg 15 alkalommal, minden ismétléskor további 20 mm-t adva hozzá az előző pozícióhoz. Így a kezdő pozíció után: 10, 30, 50 ... 310 mm-nyire lesz a méréshez használt jelölő.



3.3.8.7 ábra: A vonalzó elhelyezése az asztalon.

- e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése
Számítsuk ki az abszolút eltérést minden mérési pontnál az elvárt és a mért értékek között.
- f) Elfogadási kritériumok
Az asztalléptetésnél a legnagyobb elfogadható eltérés abszolút értéke < 1 mm.
- g) Helyesbítő intézkedések
Az asztal jelentős lehajlását okozhatja mechanikai hiba, vagy az előregedett szerkezet. Először érdemes ellenőrizni, hogy a vizsgálatot helyesen hajtottuk végre, a terhelés egyenletes volt-e az asztalon, majd értesíteni a szervizt ha a hiba fennáll.

3.3.9. Megjelenítők

A megjelenítő vagy kijelző feladata egy adott radiológiai osztályon a különböző képalkotó modalitással készített felvételek vizuális megjelenítése. Leggyakrabban a monitorokat értjük ezalatt, de korábban alkalmaztak xeroradiográfokat és hő-, illetve filmnyomatókat is. Egyes műszaki megfontolásokkal jelen leírásunk alkalmazható nemcsak a monitorok esetén, de megjelenítők alatt a továbbiakban a diagnosztikai, leletező vagy tervezési célú monitorokat és egyéb gyógyászati, a felvételek érdemi értékelésére szánt kijelzőket értjük. A megjelenítők az általános használatra készült eszközöktől specifikációikban (natív felbontás, betekintési szög, képátló, pixelméret, válaszdő, kontrasztarány) térnek el, a felépítésük és működési elvük azonos.

A monitorok fejlődésének motorja túlzás nélkül a szórakoztatóipar és a televíziók gyártása, fejlesztése. Korábban katódsugárcsőves (CRT) monitorokat alkalmaztak, majd a gázplazmán (PDP) át a folyadékkristályos (LCD) és a manapság még újdonságnak számító OLED megjelenítőkig jutott a fejlesztésük. Manapság szinte minden munkahelyen LCD típusú monitort használnak. Az LCD monitor tovább csoportosítható az alkalmazott háttérvilágítás függvényében, így megkülönböztetünk hidegkatódos fénycső (CCFL) és világító dióda (LED) háttérvilágítással rendelkező megjelenítőt. Napjainkban a CCFL típust egyre inkább felváltja a LED háttérvilágítás.

Az orvosi képalkotásban alkalmazott adattárolási és adatküldési szabvány a DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), amely a diagnosztikus képek kezelésére, tárolására, továbbítására vonatkozik. Egy adott radiológiai osztálynak rendelkeznie kell PACS (Picture Archiving and Communication System) rendszerrel, amely a modalitások, munkaállomások és adatbázisszerverek közötti kommunikációért felel.

Ahhoz, hogy a különböző modalitásokon (CT, felvételi, átvilágító röntgen, mammográfia, MRI) készült képanyagot gyártótól független módon meg tudjuk jeleníteni, szükséges egy klinikai képalkotáshoz használt szabvány bevezetése. Erre válaszul született a DICOM szabvány, illetve annak 3-as változatának 14. fejezete speciálisan a megjelenítőkre. E fejezet a szürkescála megjelenítési függvényre (GSDF, Grayscale Display Function) vonatkozik. A GSDF határozza meg a kapcsolatot a digitális képértékek (pixelértékek) és a monitoron megjeleníthető fényssűrűségértékek (SI mértékegysége a cd/m^2 , vagy használatos még a nit elnevezés is) között. A GSDF által a felvétel megjelenése független a képalkotó modalitástól, illetve a monitor gyártójától. Ha egyszerűen akarjuk megfogalmazni, akkor maga a felvétel tartalmazza a szükséges információkat ahhoz, hogyan szükséges megjeleníteni azt. Ez a tulajdonsága a megjelenítés elvének alapvetően azt igényli tehát, hogy a monitor a felvétel „utasításának” megfelelően a helyes szürkescála értéket „mutassa”, tehát kalibrálni kell.

A felvétel értékelése és érzékelése szempontjából egy újabb tényező az emberi szem. A szem érzékelése nemlineáris, vagyis nem egyszerű arányosság áll fenn a kiváltott ingerület vagy érzet és az érzékelt felület fényssűrűsége között. Ennek megfelelően kell a megjelenítőknél oly módon láthatóvá tennie a felvételeket, hogy egy táblázat alapján (LUT, look up table) egyeztetni a pixelértékeket a kalibráció során megadott fényssűrűségértékkel. Az alkalmazott kalibrációs séma a DICOM szabványban közölt GSDF. Egy leletező monitornak a fényssűrűség-válaszfüggvény mellett az alábbi specifikációit emeljük ki: a maximális fényssűrűség (melynek minél nagyobb értéke kívánatos); natív felbontás (általános radiológiai alkalmazás esetén > 3 megapixel, mammográfia alkalmazás esetén > 5 megapixel); illetve a maximum és minimum fényssűrűség hányadosából számított kontrasztarány ($> 350:1$) is fontos specifikáció.

A leletező monitorok töltik be a képalkotó lánc utolsó műszaki-fizikai elemét, akár napi 20 órát is üzemelhetnek. Állapotuk értelemszerűen befolyásolja a leletező radiológusok munkáját, ezért fontos a rendszeres minőség-ellenőrzés és minőségbiztosítás.

3.3.9.1. Kontrasztarány és GSDF meghatározása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A szürkescála megjelenítő képesség vizsgálatát és a kontrasztarány meghatározását célszerű egyszerre elvégezni, ugyanis ugyanazok a vizsgálóábrák szükségesek hozzájuk. A vizsgálat célja az adott megjelenítő szürkescála válaszfüggvényének összehasonlítása a DICOM szabványban meghatározott, az emberi szem érzékenységéhez alakított

függvénnyel. A teszt során az egyes vizsgálóábrákhoz tartozó fénysűrűségértékek meghatározása szükséges, majd ezen értékek alapján a kontrasztarány is meghatározásra kerülhet.

b) Forrásdokumentumok

IEC 62563-1:2009, Medical electrical equipment - Medical image display systems

Assessment of display performance for medical imaging systems, "Executive summary of AAPM TG18 report" in Medical Physics, 32, 1205-1225 (2005)
<http://dx.doi.org/10.1118/1.1861159>

National Electrical Manufacturers Association (NEMA), Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), Part:14 Grayscale Standard Display Function, 2004

Japan Industries Association of Radiological Systems Standards (JESRA X-0093*A-2010) - English version - Quality Assurance (QA) Guidelines for Medical Imaging Display Systems

ACR-AAPM-SIIM Technical Standard for Electronic Practice of Medical Imaging, 2014

<http://www.euref.org/downloads/software-physico-technical-protocol/monitor-check>

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– AAPM TG18 vizsgálóábrák: TG18-LN12.1-től 18-ig. (3.3.9.1b ábra, 18 darab)

– Fénysűrűségmérő.

A vizsgálat időtartama kb. 30 perc munkaállomásonként (2 megjelenítő).

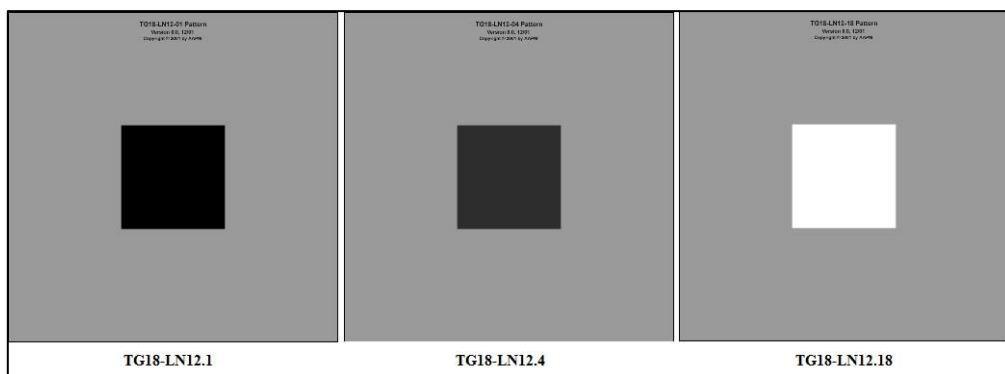
d) A vizsgálati eljárás leírása

1. A méréshez a fénysűrűségmérőt helyezük a monitor közepére, a 3.3.9.1a ábrán látható mérési elrendezés szerint. A mérőműszert a megjelenített vizsgálóábrán jelzett terület közepére kell helyezni, majd leolvasni az adott ábrához tartozó fénysűrűségértéket.

2. Az eljárás során mind a 18 darab ábrát (AAPM TG18-LN12.1-től az LN12.18-ig) meg kell jeleníteni és értékelni.



3.3.9.1a ábra: Mérési elrendezés a fénysűrűség méréséhez, a fénymérő éppen a monitor közepén látható

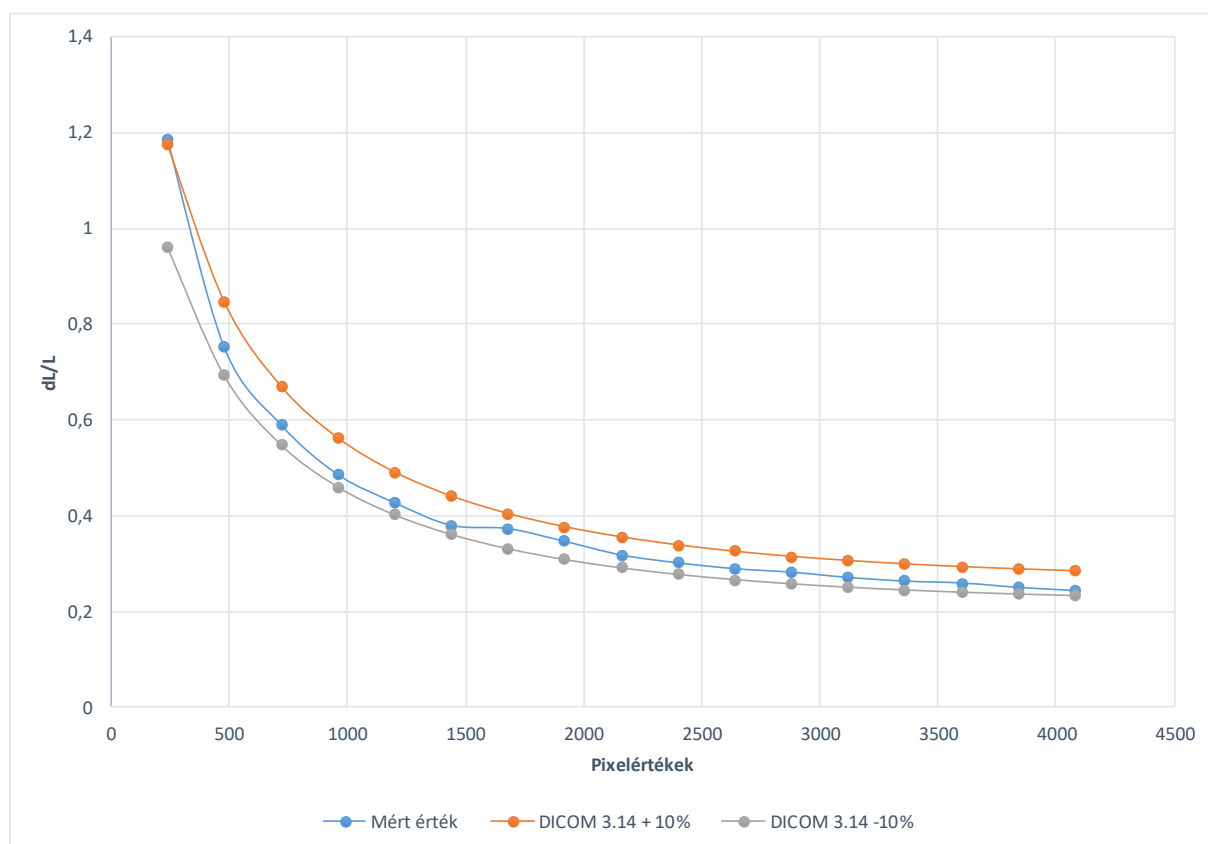


3.3.9.1b ábra: AAPM TG18-LN12 vizsgálóábra sorozat

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A kontrasztarányt a mért maximális és minimális fénysűrűség-értékek hányadosából kaphatjuk, tehát a TG18-LN12.18-on mért értéket kell elosztani a TG18-LN12.1 ábráról leolvasott eredménnyel.

Az egyes ábrákhoz tartozó, mért fénysűrűség-értékeket ábrázoljuk grafikonon. Ezen jelenjen meg a DICOM 3.14 szerint meghatározott $\pm 10\%$ tűrés is az eredmények könnyebb megítélésére. Az adatok feldolgozásához és az ábrázoláshoz segítséget nyújthat az EUREF Monitorcheck munkafüzet felhasználása. A munkafüzet segítségével a pixelértékek függvényében a fénysűrűségváltozásokat ábrázoljuk. Erre reprezentatív görbe látható a 3.3.9.1c ábrán. A munkafüzet felhasználása azért is ajánlott, mert az segít az értékelésben is, kiemeli a DICOM előírásoktól való eltéréseket.



3.3.9.1c ábra: Szűrkeskála megjelenítő képesség (GSDf)

f) Elfogadási kritériumok

A GSDF eltérése legfeljebb 10%-nyi lehet.

A leletezésre használt bármely monitor kontrasztaránya nem lehet kevesebb, mint 350.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a szürkeskála válaszfüggvény nagyobb eltérést mutat $\pm 10\%$ -nál, abban az esetben ellenőrizni kell a monitor üzemmódját (pl. text, video, DICOM). Ha nem a megfelelő üzemmódban mértünk, akkor azt DICOM üzemmódra állítani és megismételni a mérést. Ha ismét túllépi a 10% -ot, akkor a használatát fel kell függeszteni és értesíteni kell a szervizt.

Ha a megjelenítő kontrasztaránya 350 alá csökken, fel kell függeszteni a használatukat, és értesíteni a szervizt.

3.3.9.2. Fénysűrűség meghatározása

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A fénysűrűség-vizsgálat célja az adott megjelenítő fénysűrűsége homogenitásának ellenőrzése. A vizsgálat két különböző ábra használatával történik. Az ábrák a megjelenítő felületén öt különböző területet jelölnek ki (a közepén és a sarkokban), ideális esetben ezeknek a területeknek a fénysűrűsége azonos, így nem torzul a megjelenő felvétel.

Megjegyzés: A fénysűrűség mellett a színtér-lefedettség és homogenitás is értékelésre kerülhet. Erre például a CIE (International Commission on Illumination) 1976-ban egyezményesen definiált CIELUV (CIE L^ , u^* , v^*) színtér is alkalmas. A színtér koordinátáit a kijelző öt különböző aktív területén lehet a vizsgálóábrákkal meghatározni, ideális esetben színes megjelenítők esetén sincs különbség a homogenitásaik között és a megjelenített színtér lefedettsége is kielégítő. Tekintettel arra, hogy a radiológiai osztályokon elsősorban szürkeárnyalatos felvételeket jelenítenek meg, illetve a színes megjelenítőknek a sugárterápiás tervezés során, valamint a nukleáris medicina vizsgálatok értékelésekor jut jelentősebb szerep, a továbbiakban nem írjuk le részletesen hogyan végezhető az ilyen megjelenítők vizsgálata. A színtér-lefedettség és a fénysűrűség („ L^* ” luminozitás) vizsgálatára ajánlott irodalom a CIE Technical Report: Colorimetry (Third Edition, 2004, ISBN: 3 901 906 33 9) kiadvány a következő pontban felsoroltak mellett.*

b) Forrásdokumentumok

IEC 62563-1:2009, Medical electrical equipment - Medical image display systems

Assessment of display performance for medical imaging systems, "Executive summary of AAPM TG18 report" in Medical Physics, 32, 1205-1225 (2005)
<http://dx.doi.org/10.1118/1.1861159>

ACR–AAPM–SIIM Technical Standard for Electronic Practice of Medical Imaging, J Digit Imaging. 2013 Feb; 26(1): 38–52. 2012. Szept. 20. doi: 10.1007/s10278-012-9522-2

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– AAPM TG18 UNL10 és UNL80 vizsgálóábrák,

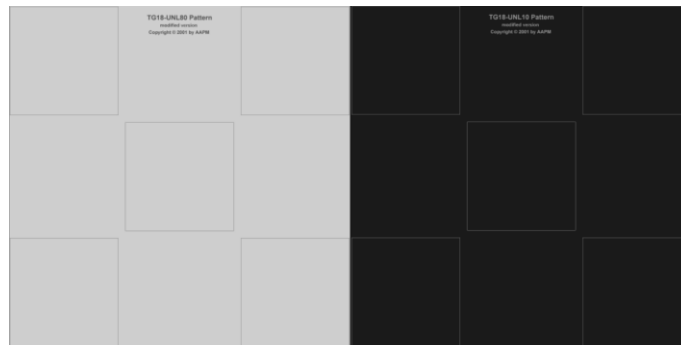
– Fénysűrűségmérő.

A vizsgálat időtartama kb. 20 perc munkaállomásonként (2 megjelenítő).

d) A vizsgálati eljárás leírása

Fénysűrűség homogenitásának vizsgálata

1. Töltsük be az AAPM TG18-UNL10 vizsgálóábrát.
2. A méréshez ugyanazt a geometriai elrendezést kell alkalmazni, mint a GSDF méréséhez, vagyis helyezzük el a fénymérőt a monitor közepén. Itt mérjük meg a fénysűrűség értékét.
3. Az ábrán található 4 további kiemelt területen, a kép sarkainál, végezzünk méréseket és mindegyiknél határozzuk meg a fénysűrűség értékét.
4. Töltsük be az AAPM TG18-UNL80 vizsgálóábrát és ismételjük meg a 2-3. mérési pontokat, majd ismételjük az eljárást a következő megjelenítőn.



3.3.9.2 ábra: AAPM TG18-UNL80 és –UNL10 vizsgálóábrák

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

Fénysűrűség-homogenitás vizsgálatnál használhatjuk a már korábban említett EUREF Monitorcheck munkafüzetet, vagy kiszámíthatjuk százalékosan a középső területen mért értéktől való maximális eltérést számológéppel.

f) Elfogadási kritériumok

Fénysűrűség-homogenitás esetén a maximális eltérés százalékban nem haladhatja meg a kijelző egyetlen területén sem a ± 20 %-ot a kép közepén mért értéktől.

g) Helyesbítő intézkedések

Tisztítsuk meg szakszerűen a monitort és ismételjük meg a mérést.

Amennyiben a kijelző fénysűrűsége nem elégíti ki a követelményt, abban az esetben a használatát fel kell függeszteni és leselejtezni ha nem lehetséges a javíttatása vagy kalibrálása. Általában a minőség romlása ebben az esetben is trendszerű, hosszú idő alatt megfigyelhetőek az öregedés jelei a megjelenítőn, így időben könnyű felkészülni a várható cserére.

Ha a megjelenítő kontrasztaránya 350 alá csökken, fel kell függeszteni a használatukat és kivizsgálni ennek okait. A kontrasztarány romlása köszönhető lehet a fényvisszaverő burkolat öregedésének vagy szennyezettségének is.

3.3.9.3. Helyiség megvilágításának mérése

a) A vizsgálati eljárás céljának leírása

A vizsgálat célja a leletezőhelyiség megvilágításának meghatározása. Ennek jelentősége abban áll, hogy a felvételek megtekintésének körülményei befolyásolják a vizsgált

röntgenfelvételeket, így elsősorban a helyiség megvilágítottsága kulcsszerepet játszik abban, hogy láthatóak-e egyes alacsony kontrasztú részletek a felvételen, vagy sem.

b) Forrásdokumentumok

IEC 62563-1:2009, Medical electrical equipment - Medical image display systems

Assessment of display performance for medical imaging systems, "Executive summary of AAPM TG18 report" in Medical Physics, 32, 1205-1225 (2005)
<http://dx.doi.org/10.1118/1.1861159>

ACR–AAPM–SIIM Technical Standard for Electronic Practice of Medical Imaging, J Digit Imaging. 2013 Feb; 26(1): 38–52. 2012. Szept. 20. doi: 10.1007/s10278-012-9522-2

c) Szükséges felszerelés, eszközigény, időigény, erőforrás-szükségletek

– Megvilágításmérő műszer.

A vizsgálat időtartama kb. 5 perc helyiségenként.

d) A vizsgálati eljárás leírása

A lelemező helyiségekben csak azok a világítótestek üzemeljenek, amelyek egyébként is működnek lelemezés közben. Amennyiben állítható a világítótestek fényerőssége, abban az esetben a lelemezéskor beállított erősségre kell azokat állítani.

A megvilágítás meghatározáshoz olyan elrendezésben kell elhelyezni a műszert, hogy a monitorra vetülő fény mennyiségét meghatározhassa. Ez a helyiségekben felszerelt fényforrások helyzetétől is függ, de érdemes olyan helyzetet választani, hogy a műszert ne kelljen kézzel tartani, de a monitorra vetülő fény mennyiségével azonos fényt kaphasson. Ez egyes esetekben lehet a monitort tartó asztal vagy függeszthetjük a műszert a falról is.

e) A vizsgálati eredmények kiértékelése és értelmezése

A műszer által kijelzett értéket olvassuk le (lux) és jegyezzük fel a megfelelő adatlapra.

f) Elfogadási kritériumok

A megfelelő megvilágításérték a biztonságos és eredményes lelemezéshez kb. 20 és 40 lux közé esik.

g) Helyesbítő intézkedések

Amennyiben a megvilágítás a megadott tűrésen kívül esik, a helyiség sötétítéséről vagy adott esetben erősebb megvilágítottságáról gondoskodni kell.

3.4. Dokumentáció

3.4.1. A dokumentáció formai és tartalmi követelményei

Az átvételi, állapot és állandósági vizsgálatoknál egyaránt követelmény, hogy az eredményeiket dokumentálják. E dokumentáció elkészítésekor azt az alapelvet kell követni, hogy az adott vizsgálat minden olyan körülményét jegyezzük le, amely az esetleges későbbi reprodukáláshoz szükséges lehet. A formai követelmények tekintetében általános igény az áttekinthetőség és átláthatóság, a fontos részletek kiemelése.

A fenti igény kielégítésének elősegítésére az egyes modalitások leírásainál közli ezen útmutató mindazokat a paramétereket, amelyeknek a rögzítése követelmény.

A fentiek felül a jegyzőkönyveket az alábbi szempontok szerint kell elkészíteni, azokban a következő információkat javasoljuk feltüntetni:

1. Általános adatok
 - a. A vizsgálat tárgya (pl.: mammográfiás röntgenberendezés állapotvizsgálata),
 - b. A vizsgálat időpontja,
 - c. A vizsgálatot végrehajtó szervezet és annak személyzete azonosítása (név, cím, elérhetőségek),
 - d. A vizsgálandó berendezést üzemeltető azonosítói (név, cím, elérhetőségek, sugárvédelmi megbízott és helyettese neve, címe, elérhetőségei),
 - e. A telephely azonosítói ahol a vizsgálandó berendezést alkalmazzák (megnevezése, címe, épület/szint, helyiség és egyes esetekben akár helyrajzi szám, stb.),
 - f. A vizsgálandó berendezés azonosítása (gyártmánya, gyári száma, illetve a fődarabok, valamint a képzőanyaghoz szükséges egységek gyártója, típusai, gyári számai).
2. A műszerek azonosító adatai
 - a. A műszer vagy vizsgálótest gyártmánya, típusa, sorozatszám, sorszáma,
 - b. Hitelesítésére/kalibrálásra vonatkozó adatok,
 - c. A műszer mérési bizonytalansága,
 - d. A műszer beállításai, üzemmódja, esetleges korrekciós tényezők (egyszeri vagy mérési pontonként)
3. A mérések körülményeit esetlegesen befolyásoló tényezők (pl.: nem működik a klíma)
4. Műszaki adatok
 - a. A berendezés legfontosabb műszaki adatai (pl.: beállítható csőfeszültségtartomány, anód-szűrő kombinációk),
 - b. Amennyiben ennek van jelentősége (pl.: helyiség sugárvédelem ellenőrzésekor), akkor ábra vagy rajz a helyiségről és a környezetéről, azok méretei és rendeltetésük megjelölésével,
5. A vizsgálati szempontok, akár a jelen útmutató hivatkozásaival
 - a. A röntgenberendezés beállításai mérési pontonként, a már hivatkozott expozíciós paraméterek,
 - b. A vizsgálati eredmények, mért értékek,
 - c. A vizsgált szempont megfelelőségének értékelése,
6. A vizsgálatokkal kapcsolatos megjegyzések, észrevételek.

A vizsgálatról készült jegyzőkönyv minden oldalának azonosíthatónak kell lennie, célszerű ezért a jegyzőkönyv azonosítóit és minden oldalon az összes, valamint az aktuális oldalszámot feltüntetni. Nem szükségszerű, de javítja az áttekinthetőséget, ha egy adott vizsgálati szempont legfeljebb 1-2 oldalnyi terjedelmű és kiemeléssel tartalmazza az eredményeket. Az egyes vizsgálati szempontokat egyértelműen azonosítani kell, amelyhez elsősorban a decimális számozást és az angol ábécé betűit kell alkalmazni. A jegyzőkönyvet legalább aláírásokkal kell hitelesíteni (ez lehet elektronikus aláírás is).

A legtöbb mérés során egyrészt a helyszínen kell írásban rögzíteni a fentieket, amelyet helyszíni mérési naplónak nevezünk, illetve jegyzőkönyvezni a mérési eredményeket és a kiértékelést közlő iratokat.

Az állandósági vizsgálatok során célszerű olyan egyszerű formanyomtatványokat alkalmazni, amelyek hosszabb időszakra, hetekre, hónapokra bontva tartalmazzák a vizsgálati szempontokat és eredményeket. Például nem érdemes a napi minőség-ellenőrző mérések mindegyikét külön lapon nyilvántartani.

3.4.2. Szoftverek alkalmazása a felvételek értékeléséhez

A digitális felvételek precíz elemzéséhez szükséges egy olyan képkiértékelő szoftver, amely célszerűen az alábbi tulajdonságokkal és szolgáltatásokkal rendelkezik:

- A szoftver kezeli a DICOM formátumú, bármely modalitással („MG”, „RAD” stb.) készült felvételeket és képes akár az egyedi DICOM címkékben (az angol „tag” szó nyomán) tárolt információk alapján módosítani azokat. Ilyen például a pixelértékek ofszetjének kiolvasása, a linearizáló egyenlet alkalmazása, a pixelek egymáshoz viszonyított távolsága alapján méretezés stb.
- Megjeleníti az összes, számunkra érdemi információt hordozó DICOM címkét.
- Alkalmos a pixelértékek vagy egy-egy tárgyérdekű terület (ROI, region of interest) kijelölésére és ott különböző matematikai műveletek elvégzésére, de legalább átlagot és szórást tud számítani e kijelölt területeken.
- Javasolt, hogy olyan operációs rendszeren fusson, amelyet az adott intézmény vagy a vizsgálatot végző személy alkalmaz.
- Szabadon rendelkezésre áll, ingyenes vagy a szoftverlicenz díját tartalmazza a megvásárolt berendezés vagy más szoftverrendszer, ami rendelkezésre áll.
- Képes a berendezéstől függetlenül is működni, az elkészült, értékelendő felvételek külön is hozzáférhetőek és kiértékelhetőek.

ImageJ

Javasoljuk az ImageJ, nyílt forráskódú program használatát a röntgenberendezésekkel készített felvételek képminőség-értékeléséhez. és ennek bemutatásával illusztrálva mutatjuk be egyes vizsgálatok elvégzésének lépéseit. A többi, hasonló szoftver esetén lényegében azonosak a funkciók, legtöbbször csak a kezelőfelületük tér el.

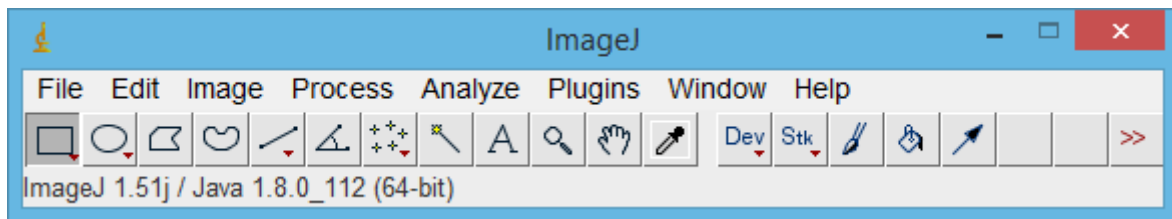
Telepítés

A szoftver rendelkezésre áll a legelterjedtebb operációs rendszereken.

A telepítőkészletek a <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> weblapon érhetőek el mindegyik platformon. Az egyes operációs rendszerekhez egyaránt elérhető a 32 és 64 bites kliens a megfelelő futtató környezettel együtt. A szoftver egyetlen tömörített, *.zip állományként letölthető, amelyet ki kell csomagolni és a megfelelő mappában elhelyezni. Ekkor a megfelelő (pl. imagej.exe) állománnyal indítható a program. Az első indításkor biztonsági figyelmeztetés jelenhet meg, amellyel a program engedélyt kér arra, hogy a hálózathoz hozzáférjen. A megfelelő működéséhez erre egyébként nincs szükség.

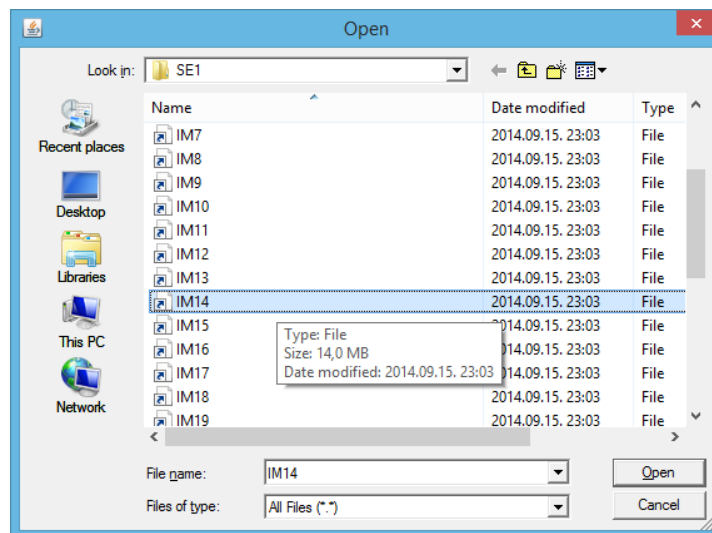
Használat

A program 1.51j8 változatának főablaka az alábbi ábrán (3.4.2a) látható.



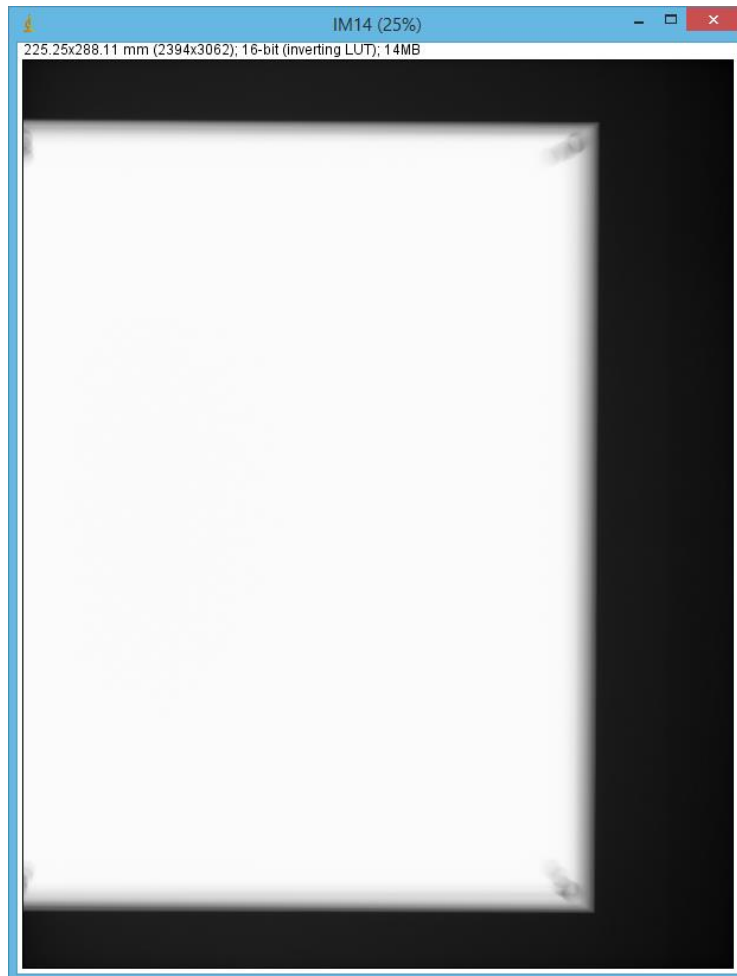
3.4.2a ábra: ImageJ főablak

A DICOM képek megnyitása a menüsor „File” lapján érhető el, az „Open” funkcióval vagy a „Ctrl+O” billentyűkombinációval. Ekkor az operációs rendszernek megfelelő fájlkezelő ablaka segítségével navigálhatunk a megnyitandó képhez. Érdekes tehát a röntgenberendezésről a minőség-ellenőrzéshez használatos képeket exportálnunk egy pendrive-ra vagy a PACS-ról lekérni. Javasoljuk, hogy ezt az adathordozót csak erre a célra használják, hogy a vírusfertőzések kockázatát csökkenthessék.



3.4.2b ábra: ImageJ fájlkezelő ablak

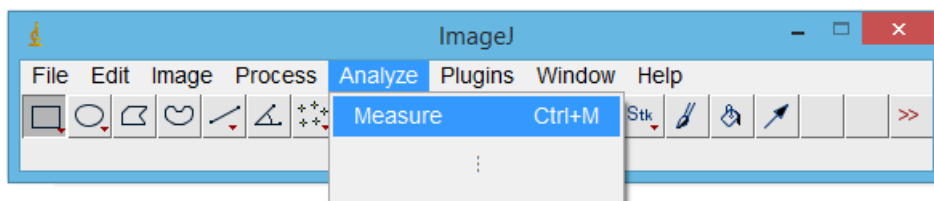
A kép kiválasztása után a programmal azt megnyithatjuk az „Open” paranccsal. A program ekkor a megnyíló ablakban alapértelmezés szerint néhány információt megjelenít a felvételtől: fizikai méret, teljes felbontás, szűrkeskála típusa, illetve a memóriában elfoglalt mérete. A megnyitandó fájlt az egér segítségével is „ráhúzhatjuk” a program ablakára, hogy megnyissuk. Az ablak címsorában a felvétel neve és a kép nagyításának mérete látható.



3.4.2c ábra: ImageJ képmegjelenítő ablak

A főablakban az első piktogramra kattintva a „téglalap kijelölése” (rectangular selection) eszköz segítségével egy téglalap alakú terület vagyis ROI jelölhető ki. A kijelölést úgy végezzük el, hogy a képen egy tetszőleges pixelre kattintunk az egér bal gombjával majd nyomva tartjuk azt és elmozgatva a kurzort és elengedve az egér bal gombját, kijelölhető a terület. Amennyiben a kijelölés során nyomva tartjuk a „SHIFT” gombot, úgy szabályos négyzet alakú területet jelölhetünk ki, ellipszoid rajzolásokor szabályos kör.

Az így kijelölt területen az „Analyze” (elemzés) menü „Measure” (mérés) funkciójával, vagy a „Ctrl+M” billentyűkombinációval tudunk mérést végezni és kiszámíttatni a programmal a kijelölt terület méreteit, valamint meghatározni ott az alapértelmezés szerint az átlagos pixelértéket és annak tapasztalati szórását.



3.4.2d ábra: ImageJ a kijelölt terület értékelése

A mérési eredményeket külön ablakban, egy táblázatba foglalva közli a program. A program a „Mean”, vagyis „átlag” címkéjű oszlopba sorolja a pixelértékek átlagát, míg az „StdDev” a szórásokat tünteti fel az egyes területeken, a mérések sorrendjében egymás után. Az egér segítségével a kijelölt terület elmozdítható és a mérések az előbb leírtak szerint megismételhetők.

A program az eredményeket képes elmenteni, exportálni, vagy azok manuálisan is rögzíthetők. Erre a program a „Measure” ablak bezárásakor rákérdez és lehetőségünk van például szövegfájlként elmenteni a mérések eredményeit. Az adatok elektronikusan is feldolgozhatóak, tehát lehetőség van arra is, hogy az így készült állományokat egy nagyobb nyilvántartó rendszerbe illesszük. A program számos további funkcióval rendelkezik, amelyek segítségével feldolgozhatóak vagy manipulálhatóak a képek, illetve különböző kiegészítők, ún. „plugin”-ek adhatóak a programhoz. Ezek segítségével például listázható a felvételek DICOM-tag állománya, illetve a megfelelő programozási nyelv ismeretében makrókat is rögzíthetünk. Ezeknek a bemutatására a terjedelmi korlátok és a nem szigorúan vett szükségességük miatt nem térünk ki.

