



Komplex Népegészségügyi Szűrések

EFOP-1.8.1-VEKOP-15-2016-00001

EMLŐSZŪRÉS ÉS KLINIKAI MAMMOGRÁFIA TECHNIKAI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI KÉZIKÖNYV



NEMZETI NÉPEGÉSZSÉGÜGYI KÖZPONT



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

SZÉCHENYI 2020

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

**Készítette az EFOP 1.8.1-VEKOP-15-2016-00001
„Komplex Népegészségügyi Szűrések” című projekt**



A projekt a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

2021.



TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	3
1. ELŐSZÓ	5
2. BEVEZETÉS A SUGÁRVÉDELEMBE	6
2.1. AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK ELLENI VÉDEKEZÉS KIALAKULÁSA, SUGÁRVÉDELMI ELVEK6	
2.2. A SUGÁRVÉDELEM LÉTREJÖTTE ÉS AZ ICRP.....	9
2.3. A SUGÁRVÉDELEM ALAPELVEI.....	9
3. ALAPVETŐ SUGÁRVÉDELMI TUDNIVALÓK.....	12
3.1. A KEZELŐSZEMÉLYZET SUGÁRVÉDELME	12
3.2. A KÖRNYEZETBEN TARTÓZKODÓK SUGÁRVÉDELME.....	12
3.3. A PÁCIENS KÖZVETLEN SUGÁRVÉDELMÉNEK SZABÁLYAI	13
4. A BERENDEZÉSEK FIZIKAI-TECHNIKAI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA.....	15
4.1. BEVEZETÉS	15
4.1.1. A MAMMOGRÁFIÁS RÖNTGENBERENDEZÉSEK FELÉPÍTÉSE	21
4.1.2. A RADIOGRÁFUSOK ÁLTAL VÉGZENDŐ VIZSGÁLATOK ÁTTEKINTÉSE	23
4.2. FANTOMFELVÉTEL KÉSZÍTÉSE ÉS KIÉRTÉKELÉSE	25
4.3. AZ AUTOMATIKUS EXPOZÍCIÓVEZÉRLŐ ELLENŐRZÉSE.....	28
4.4. FILM-FÓLIÁS MAMMOGRÁFIA	30
4.4.1. ELŐHÍVÓ HŐMÉRSÉKLETE	31
4.4.2. SZENZITOMETRIA	32
4.4.3. RÖGZÍTŐOLDAT PH-ÉRTÉKE	37
4.4.4. KAZETTÁK SZEMREVÉTELEZÉSE ÉS KARBANTARTÁSA	37
4.4.5. ERŐSÍTŐFÓLIÁK KARBANTARTÁSA	38
4.4.6. KAZETTÁK FÉNYZÁRÁSA	39
4.4.7. ERŐSÍTŐFÓLIA-FILM KONTAKTUS.....	40
4.4.8. SÖTÉTKAMRA FÉNYZÁRÁSA	41
4.4.9. SÖTÉTKAMRALÁMPÁK MEGFELELŐSÉGE	42
4.4.10. FILMNÉZŐ SZEKRÉNYEK	42
4.5. DIGITÁLIS MAMMOGRÁFIA	43
4.5.1. KÉPMEGJELENÍTÉS	44
4.5.2. KÉPRECEPTOR HOMOGENITÁSA	47
4.6. RONTOTTFELVÉTEL-ELEMZÉS.....	49
4.7. MECHANIKAI ÉS SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATOK	51
4.8. AZ ORVOSI FIZIKUSOK ÁLTAL VÉGZENDŐ VIZSGÁLATOK	52
4.9. GÉPNAPLÓ.....	53



4.10.	TOMOSZINTÉZIS	54
5.	DOZIMETRIA	61
5.1.	A BELÉPŐOLDALI BŐRDÓZIS ÉS AZ ÁTLAGOS MIRIGYDÓZIS MEGHATÁROZÁSÁNAK JELENTŐSÉGE ÉS MÓDSZEREI	62
5.2.	A DÓZISKIJELZÉSEK ÉRTELMEZÉSE	65
5.3.	A PÁCIENSEK SUGÁRTERHELÉSÉNEK NYOMON KÖVETÉSE.....	66
6.	OPTIMÁLÁS	70
6.1.	AZ EGYES VIZSGÁLÓMÓDSZEREK HELYE ÉS SZEREPE.....	70
6.1.1.	IONIZÁLÓ SUGÁRZÁST NEM ALKALMAZÓ VIZSGÁLÓMÓDSZEREK.....	70
6.1.2.	IONIZÁLÓ SUGÁRZÁST ALKALMAZÓ VIZSGÁLÓMÓDSZEREK.....	71
6.1.3.	EMLŐDIAGNOSZTIKAI CÉLRA ALKALMATLAN MÓDSZEREK	72
6.2.	RÖNTGENPARAMÉTEREK MANUÁLIS MEGVÁLASZTÁSA	74
6.3.	RÖNTGENPARAMÉTEREK AUTOMATIKUS MEGVÁLASZTÁSA	75
6.4.	A POZICIONÁLÁS SZEREPE AZ OPTIMÁLÁSBAN.....	76
6.5.	VÁRANDÓS NŐK, ILLETVE SZOPTATÓ ANYÁK VIZSGÁLATA.....	84
7.	FÜGGELÉK	85
7.1.	TÁRGYMUTATÓ.....	85
7.2.	ESZKÖZLISTA	87
7.3.	RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	88
7.4.	KÉPKIÉRTÉKELŐ SZOFTVEREK	91
7.5.	A MAMMOGRÁFIÁS TEVÉKENYSÉG 2017-ES FELMÉRÉSE.....	95
7.6.	FORMANYOMTATVÁNYOK.....	100
7.7.	A MESZ ELMÉLETI, MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓJA, EREDMÉNYEK, PRODUKTUM KONTROLL I.	106
7.8.	MESZ EREDMÉNYEK, PRODUKTUM KONTROLL II. (RÉGI, JELENLEG IS HASZNÁLTOS EUREF-SÉMA)	107
7.9.	MESZ - ÚJABB EREDMÉNYEK III. (22.-ÚJ SZÖVETTANI KLASSZIFIKÁCIÓ). PRODUKTUM KONTROLL III.	108
7.10.	ULTRAHANG AZ EMLŐRÁK SZŰRÉSBEN.....	112
7.11.	TOMOSZINTÉZIS AZ EMLŐRÁK SZŰRÉSBEN.....	113
7.12.	MÁGNESES REZONANCIÁS MAMMOGRÁFIA (MRM)	113
7.13.	DIGITÁLIS MAMMOGRÁFIA	114
7.14.	EMLŐFELVÉTELEK POZICIONÁLÁSA	115
7.15.	IRODALOMJEGYZÉK.....	118



1. ELŐSZÓ

A kézikönyv a Nemzeti Népegészségügyi Központ megbízásából az EFOP-1.8.1-VEKOP-15-2016-00001 számú Komplex népegészségügyi szűrések elnevezésű kiemelt projekt keretében készült. A projekt egyik célkitűzése, hogy hazánkban a mammográfia területén egységes, átfogó minőségbiztosítás valósuljon meg.

Összeállításában orvosi fizikusok, sugárvédelmi szakemberek és radiológus szakorvos vettek részt. A kézikönyvben foglaltak egyaránt szólnak a mammográfiát végző intézményekben dolgozó radiológus szakorvosoknak, radiográfusoknak (radiológiai asszisztenseknek) és technikai személyzetnek, illetve az igazgatóknak, vezetőknek és egészségügyi menedzsereknek, valamint az orvosi fizikusoknak. Célja, hogy a kézikönyvet olvasó szakemberek naprakész ismeretekre tegyenek szert arról, hogy milyen módon végezhetik a berendezések felügyeletét, rutinszerű ellenőrzéseit a páciensek magasabb színvonalú és biztonságosabb ellátásának érdekében.

A jelen dokumentum kidolgozásakor egy olyan minimálisan szükséges vizsgálati ajánlást rögzítettünk, amelyet a meglévő személyzettel és eszközökkel ténylegesen meg lehet valósítani mind a szűrő, mind a diagnosztikus jellegű intézményekben.

A kiindulási helyzet megismerése érdekében 2017 nyarán egy átfogó kérdőíves felmérést végeztünk a mammográfiát végző hazai intézményeinkben. Ennek eredményéről áttekintést adunk a Függelékben.

Az e kézikönyvben közölt tanácsok megalapozott tudományos tényeken nyugszanak. Tartalmukban a minimális elvárásokat foglalják össze, de semmiképpen sem helyettesítik a különböző klinikai szakemberek közötti szoros együttműködést.

Első helyen az emlőszűrő állomásokon, de általában is a mammográfiás munkahelyeken nagyon fontosnak tartjuk az orvosi fizikusokkal való szoros együttműködést. Ez nem korlátozódhat csupán a rendszeres (évenkénti vagy később esetleg félévenkénti) állapotvizsgálatok és dozimetriai ellenőrzések elvégzésére, hanem aktív közreműködésük – egyebek mellett – a technika fejlődése miatt szükségessé váló lépésekben és az optimalásban is elengedhetetlen.



2. BEVEZETÉS A SUGÁRVÉDELEMBE

A sugárvédelmi ismeretek elsajátításának fő célja az, hogy a röntgensugárzás alkalmazói megfelelő ismeretekkel rendelkezzenek a sugárzás veszélyeire vonatkozóan, és így azokat se túl, se alul ne becsüljék.

2.1. AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK ELLENI VÉDEKEZÉS KIALAKULÁSA, SUGÁRVÉDELMI ELVEK

1895. november 8-án fedezte fel Wilhelm Conrad Röntgen német fizikaprofesszor az általa "X-sugaraknak" elnevezett, addig ismeretlen sugárzást, amelyet később róla neveztek el. A sugárzás egy légritkított csőből lép ki, amelynek két elektródájára egyenirányított nagyfeszültséget kapcsolnak. Ennek utódja mai szóval a röntgenső. Akkoriban ilyen légritkított, ún. katódsugárcsőveket a fizikusok már régóta vizsgálták, a felfedezés késlekedésének oka abban keresendő, hogy a röntgensugárzás szemmel nem látható, és egyáltalán semmilyen érzékszervvel sem érzékelhető. A felfedezés a röntgensugárzás egyik hatásának, a fluoreszcenciának a megfigyelése által történt. Ez annyit jelent, hogy egyes anyagok, ha sugárzás éri őket, látható fényt bocsátanak ki. Ezt a jelenséget használták ki később az átvilágítóernyők, az erősítőernyők (fóliák) és a röntgenképerősítők bemenőernyői, manapság pedig a digitális röntgendetektorok egy része is. További hatása a sugárzásnak, amelyet detektálásukra (képalkotásra) vagy mérésükre fel lehet használni, a fotográfiai hatás, amely által fényérzékeny anyagon előhívható feketedés jön létre. Ezt használja ki a röntgenfelvételezés és a filmdozimetria. Az ún. ionizáció is egyfajta hatás, vagyis az elemi töltések szétválása az anyagokban, ami kémiai, valamint élő szervezetek esetén esetleg biológiai hatásokat is maga után von. Ezeket a hatásokat már maga Röntgen megállapította, mint ahogy a sugárzás legfontosabb tulajdonságait is.

Ilyen tulajdonságok: 1) Egyenes vonalban terjed. 2) A sugárnyalábra helyezett testek a fluoreszkáló ernyőn létrejövő képen "árnyékot" adnak, amelynek erőssége a test vastagságával, illetve sűrűségével növekszik. 3) Ha a sugárforrás, amit ma a röntgenső fókuszának nevezünk, pontszerűnek tekinthető, akkor a sugárzás erőssége a forrástól mért távolság négyzetével fordított arányban csökken. 4) A katódsugárcsőbeli elektronnalábbal ellentétben sem elektromos, sem mágneses térrel nem téríthető el. 5) A besugárzott testekről minden irányban másodlagos (mai szóval: szórt) sugárzás lép ki. Néhány évvel később, 1912-ben Max von Laue és munkatársai kísérletei nyomán már azt is lehetett tudni, hogy a röntgensugárzás ugyanolyan elektromágneses hullám, mint a látható fény vagy a rádióhullámok, csak hullámhossza nagyságrendekkel kisebb.

Érdemes megemlítenünk hazánk akkori tudományos-technikai színvonalára vonatkozóan, hogy míg Röntgen Würzburgban 1896. január 23-i előadásában mutatta be először nyilvánosan felfedezését, Budapesten már egy héttel korábban, január 16-án a Matematikai és Fizikai Társulat ülésén Klupáthy Jenő budapesti fizikaprofesszor nyilvános röntgenfelvétel-bemutatót tartott. (A kísérletek reprodukálását Röntgen előzetes közleménye alapján végezte.) Ugyancsak 1896 januárjában Hőgyes Endre orvosprofesszor már cikket írt a röntgensugárzásról az Orvosi Hetilapban, és ebben megjósolta a sugárzás terápiás alkalmazását is.

Említésre méltó érdekesség, hogy a sugárzás felfedezése után alig fél évvel már léteztek harctéri röntgenberendezések, amelyeket a katonák csonttöréseinek helyretételénél használtak, amiből egyértelmű, hogy akkoriban a hadsereg volt a technika fejlődésének egyik legfőbb előmozdítója.



A SUGÁRZÁS BIOLÓGIAI HATÁSAI

A felfedezés pillanatában és az azt követő hetekben, hónapokban természetesen senkinek sem volt sejtelve a sugárzás biológiai hatásairól. Ugyanez elmondható az egy évvel később, 1896-ban felfedezett radioaktivitásról is. Ez utóbbinak az alkalmazása néhány évtizeden át lényegében a rádium alkalmazását jelentette. A felfedezés után azonban, a röntgensugárzás és a rádium orvosi alkalmazásának szélesebb körű elterjedésével egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a sugárzásnak káros biológiai hatásai vannak.

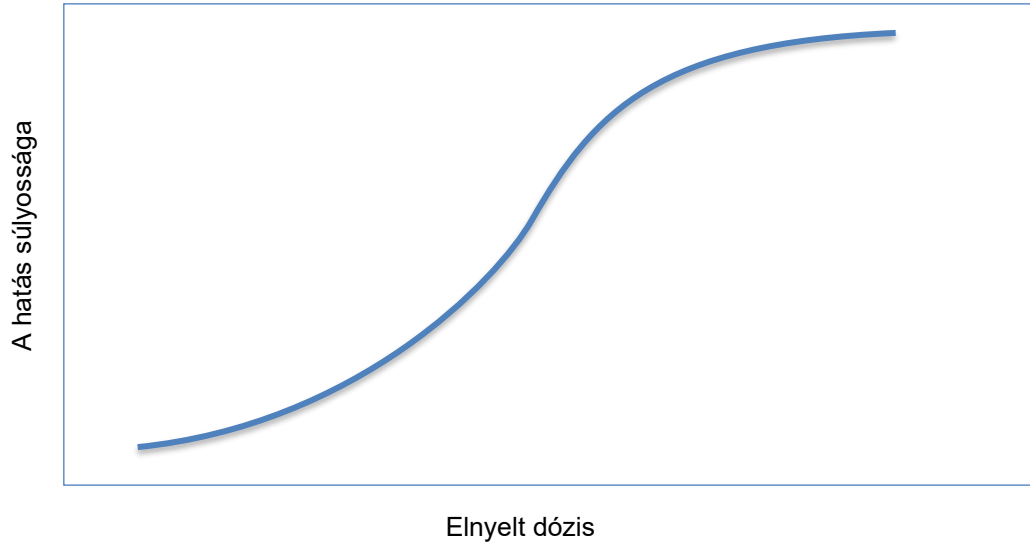
A vele dolgozó orvosokon egyre gyakrabban észleltek bőregést, fekélyesedést, a körmök berepedezését, a szőrzet kihullását. Évekkel később feltűnt a szürkehályog, a leukémia, majd pedig a szolid tumorok gyakoriságának jelentős növekedése is. Mindez szükségessé tette a sugárzással kapcsolatba kerülő személyek védelméről való gondoskodást, ami elsősorban a sugárzásnak való kitettség mértékének korlátozását jelenti.

A kezdeti évtizedek minden védelem nélkül végzett munkája sok radiológust tett hivatása mártírjává. A hamburgi Szent György Kórház kertjében az áldozatok emlékére egy márvány obeliszket emeltek, amelyre az évtizedek során összesen mintegy négyszáz név került fel – közöttük tizenegy magyar –, úgyhogy még pótoszlopokat is kellett állítani. Az emlékoszlop örök figyelmeztetés arra, hogy az ionizáló sugárzás emberre káros hatásai valóban léteznek és az ellenük való védekezést komolyan kell venni.

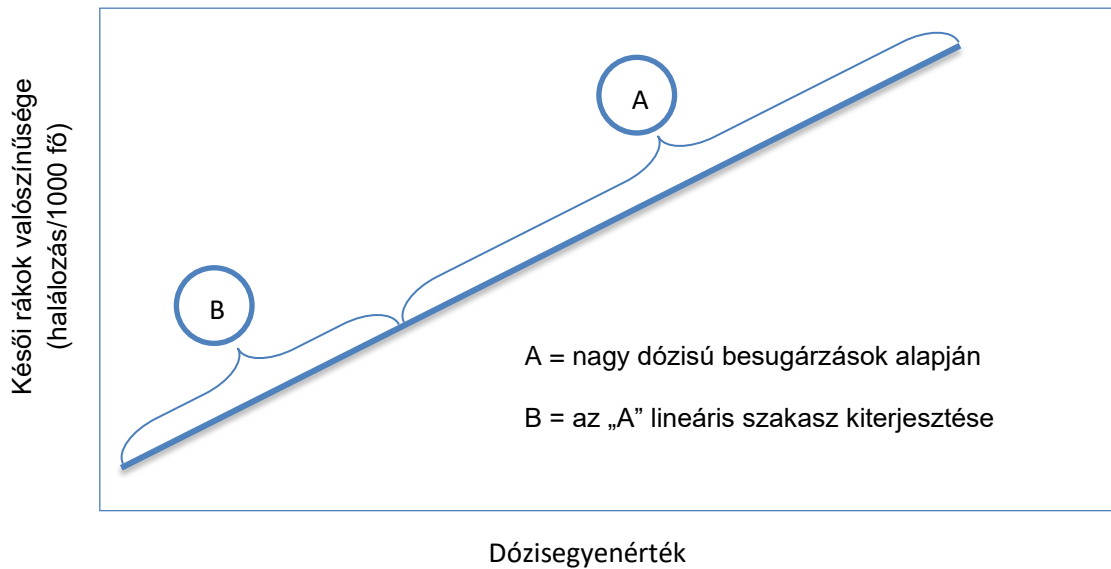
Mai tudásunk szerint az ionizáló sugárzások biológiai hatásai alapvetően két típusra oszthatók. Az egyik csoporthoz tartoznak az ún. *determinisztikus* hatások, régebbi kifejezéssel: nem-sztokasztikus hatások, új elnevezéssel: szöveti reakciók (1. ábra). Ide tartoznak többek között az említett bőrelváltozások és a szürkehályog, valamint a nagy sugáradagok esetén fellépő ún. sugárbetegség. Ezek az elváltozások bizonyos dózis (sugáradag) alatt egyáltalán nem jönnek létre, vagyis van *küszöbdózisuk*. A küszöbértéket meghaladó dózis esetén a kialakuló betegség súlyossága egy darabig a dózissal növekszik, majd "telítésbe megy". A sugárzások hatásának másik csoportja az ún. *sztochasztikus* hatások (2. ábra). Ide tartoznak a leukémia és a szolid tumorok, valamint az esetleges örökletes elváltozások. Ezeknél mai tudásunk szerint küszöbdózis nincs, a betegség súlyossága sem függ a dózistól, de felléptük valószínűsége – a "természetes előfordulást" meghaladóan – az elszennvedett dózissal növekszik. Az is jellemző, hogy *az ilyen betegségek nem specifikusak a kiváltó okra nézve, tehát konkrét esetekben nem lehet eldönteni, hogy sugárzás okozta-e őket*. Minden sugárvédelmi szabályozás alapja ez az ún. konzervatív becslés, ami szerint sztochasztikus hatások bármilyen kis dózisonál előfordulhatnak, és az előfordulás valószínűsége az élet során elszennvedett összdózissal arányos. Ma már elég sok bizonyíték szól amellett, hogy a sugárhatások után fellépnek biológiai javító mechanizmusok (az ún. *repair*-folyamatok), tehát a kis dózisok (a természetes háttérsugárzás és az azt meghaladó egy-két nagyságrend) tartományában a konzervatív becslésnél valójában jóval kedvezőbb a helyzet, ezt azonban a normatív szabályozásban aligha lehet érvényesíteni. A kis dózisok emberre való hatásaira vonatkozó feltételezéseink a hirosimai-nagaszaki atombomba-támadások túlélőinek, sugárbaesetek sérültjeinek, valamint terápiás besugárzások mellékhatásainak módszeres vizsgálatából, továbbá állatkísérletek eredményeiből való extrapolációk. A bizonytalanság oka az, hogy a valóban kis dózisok sztochasztikus hatásai – a "természetes" előfordulást meghaladó rákos megbetegedések – viszonylagosan kis számuk miatt statisztikailag bizonyíthatatlanok.



Végletes leegyszerűsítéssel úgy lehet a biológiai hatások két alaptípusát összefoglalóan értelmezni, hogy a determinisztikus hatások a sejtek pusztulásának, a sztochasztikus hatások pedig a sérült sejtek túlélésének és szaporodásának következményei.



1. ábra: Determinisztikus hatások



2. ábra: Daganatok késői kialakulásának kockázata



2.2. A SUGÁRVÉDELEM LÉTREJÖTTE ÉS AZ ICRP

Az ionizáló sugárzások felfedezését követően el kellett telnie három évtizednek, míg megalapozott módszert dolgoztak ki a sugárzás mennyiségének mérésére. 1925-ben az I. Nemzetközi Radiológus Kongresszus foglalt úgy állást – az akkori szóhasználattal – hogy "meg kell határozni azokat a sugárdózisokat, amelyeket az emberi szervezet károsodás nélkül képes tolerálni". 1928-ban a II. Nemzetközi Radiológus Kongresszus alapította meg a – későbbi elnevezéssel – Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottságot (*International Commission on Radiological Protection*, ICRP), amely a szakma legkiválóbb tudósaiból álló független nemzetközi szakmai szervezet. Ez kezdetben főleg a röntgensugárzás és a rádium alkalmazásának kérdéseivel foglalkozott. Később – az izotóptechnika és az atomenergetika megjelenésével – szakterülete kibővült az összes ún. ionizáló sugárzás elleni védekezés kérdéseire. Az ICRP – a második világháború évei alatti kényszerű szünetelést leszámítva – azóta is folyamatosan működik, jelentősen kibővült szervezeti keretek között. Nemzetközi ajánlásokat tesz közzé az ionizáló sugárzások elleni védekezéssel kapcsolatos egyes kérdésekre vonatkozóan. Ilyen kérdések például az izotópok alkalmazásai, az atomreaktorok, a radioaktív hulladékkezelés, az uránbányászat, a természetes radioaktivitás feldúsulása építőanyagokban vagy éppen az épületekben, barlangokban, pincékben fellépő természetes eredetű radioaktivitás hatásai és kezelése. Sokrétű tevékenysége kiterjed az oktatásra is, a dolgozók sugárvédelmi monitorozására, az orvosi alkalmazásokra általánosságban és modalításonként külön-külön is, illetve olyan specialitásokra, mint a várandós és fogamzóképes korú nők ionizáló sugárzást alkalmazó berendezésekkel végzett vizsgálatait, terápiája stb. A különleges vonatkozású kérdések mellett az ICRP időről-időre megjelentet általános sugárvédelmi elveket, a korszellemnek megfelelő sugárvédelmi „alapfilozófiát” tartalmazó ajánlásokat is.

1977-ben jelent meg az ICRP 26. számú ún. Publikációja, amely a sugárvédelemnek az addigiakhoz képest gyökeresen új alapelveit fektette le. Ezt azután az ICRP 1990-es ajánlásait tartalmazó, 1991-ben megjelent 60. számú Publikáció fejlesztett tovább. A legfrissebb általános kiadvány a 2007-ben megjelent 103. számú, de ez nem hozott jelentős újításokat. A korábbi szemlélet valójában ellentmondásos volt, amikor a védekezés alapvető célkitűzésévé a személyt érő sugárterhelés elvben minden határon túli csökkentését tette, ugyanakkor az anyagi lehetőségek korlátai miatt a védekezést csak egy "megengedhető maximális dózis" értékig tartotta megvalósíthatónak. Emiatt a sugárvédelem első fél évszázadára elsősorban a determinisztikus sugárhatások elleni védekezés volt a jellemző.

Az új szemlélet fő elve az, hogy az ionizáló sugárzás a civilizált étellel elkerülhetetlenül együtt járó veszélyforrások egyike, és az ellene való védekezés akkor megfelelő, ha az adott gazdasági-társadalmi fejlettség szintjén a belőle fakadó kockázat mértéke nagyságrendileg se nem nagyobb, se nem kisebb, mint más elfogadott civilizációs kockázatok esetében. Ilyen civilizációs kockázatok társíthatóak például a közlekedéshez, a villamos áram vagy a vegyi anyagok alkalmazásához stb. A mai társadalom ezek egyikét sem tudja nélkülözni, és a kockázatot sem lehet *teljes mértékben* kiküszöbölni, le lehet azonban szorítani egy *társadalmilag elfogadható szintre*.

2.3. A SUGÁRVÉDELEM ALAPELVEI

Ha statisztikailag megvizsgáljuk, hogy a fejlettebb országokban a civilizációs kockázatok milyen fokát viseli el a társadalom, mint nyíltan vagy burkoltan "elfogadhatót", azt tapasztaljuk, hogy ezek a kockázati tényezők gyakorlatilag mindegyik kockázati forrásra azonos nagyságrendbe esnek.



Hangsúlyozzuk, hogy itt nem számértékekről, hanem csak nagyságrendekről van szó. Ezek a dolgozók, tehát az adott veszélyforrással hivatásszerűen foglalkozók esetén 10^{-4} , a lakosság egyéb tagjaira nézve pedig 10^{-5} nagyságrendű halálozási kockázatot jelentenek évente, kockázati forrásonként. A 10^{-4} /év halálozási kockázat a dolgozókra nézve annyit jelent, hogy 10.000 dolgozóból egy év alatt átlagosan egy fog munkahelyi baleset vagy foglalkozási eredetű megbetegedés áldozatául esni. Az ICRP szerint a sugárvédelmet úgy kell szabályozni és megvalósítani, hogy az ionizáló sugárzások alkalmazásából származó kockázat nagyságrendje azonos legyen az egyéb civilizációs kockázatok elfogadott nagyságrendjével.

Ezen elv gyakorlati alkalmazásának kétségtelen nehézsége, hogy ellentétben egy mechanikai vagy villamos balesettel vagy vegyszermérgezéssel, a rákos megbetegedések összefüggése az egyének esetén elvileg sem bizonyítható. Ha ehhez hozzávesszük, hogy a sugárzás emberi érzékszervekkel nem érzékelhető, világosan áll előttünk a manapság olyan széles körben elterjedt, nagyjából tudatlanságból eredő félelem kiindulópontja. Ez ellen csak a tudományosan megalapozott sugárvédelmi ismeretek széleskörű terjesztésével lehet felvenni a küzdelmet.

Visszatérve az ICRP alapelveire, a sugárvédelem célja nyilvánvalóan a determinisztikus hatások teljes kiküszöbölése, tehát a személyt érő sugárterhelésnek a küszöbértékek alá történő leszorítása, a sztochasztikus hatásoknak pedig egy társadalmilag elfogadható szintre történő korlátozása. Ennek érdekében az ICRP 1977-ben az alábbi hármas alapelv-rendszert alkotta meg:

1) Az *indokoltság* (angolul: justification) elve. Eszerint ionizáló sugárzással dolgozni csak akkor szabad, ha az valóban igazolt, vagyis valamely eredmény másképpen nem érhető el, és az alkalmazásból eredő haszon jelentősen nagyobb, mint a kockázat. Ezen elvből következik például, hogy dolgozókat vagy pácienseket próbából, orvosi indikáció nélkül, kísérleti célból sugárzásnak kitenni szigorúan tilos; ilyen célokra élettelen testeket, ún. fantomokat (pl. vizeskannát, alumíniumlemezt stb.) kell használni. Egy másik példa ennek az elvnek az érvényesítésére az, hogy ahol például ultrahanggal is elérhető ugyanaz a diagnosztikai eredmény, mint a röntgensugárzás felhasználásával, ott azt kell választani. Más képalkotóknál a vizsgálatok sürgősségét és egyéb szempontokat is figyelembe kell venni.

2) Az *optimálás* (optimalizálás, angolul: optimisation) elve, amelyet az angol kifejezés (as low as reasonably achievable) kezdőbetűiből összevonva ALARA-elvnek is neveznek. Brit nyelvterületen az "achievable" szó helyett a "practicable" szót tartják nyelvileg korrektnek, és így ALARP-elvről beszélnek. E kettő jelentése egyébként teljesen azonos. Az elv azt mondja ki, hogy a személyt érő (indokolt) sugárterhelést olyan alacsony szinten kell tartani, ahogyan az csak ésszerűen elérhető, figyelembe véve a társadalmi és gazdasági tényezőket is. Itt a hangsúly az "ésszerű" szón van. Maga az optimálás egy olyan elméleti elemzést jelent, amelynek során mérlegeljük az egyes tényezőket. A mérleg egyik serpenyőjében a sugárveszélyes tevékenység által elért haszon van, a másikban pedig a sugárvédelemre fordított költségek és a sugárzás alkalmazása következtében keletkező lehetséges egészségi károsodások helyreállításának, következményeik felszámolásának összege áll. E probléma helyes megoldása az optimum, vagyis a biztonságos alkalmazás fenntartása mellett az adott körülmények között elérhető legjobb eredmény. Ebben a legnagyobb nehézséget a várható egészségkárosodás pénzben kifejezett számszerűsítése jelenti. Ez kezdetben szinte lehetetlennek látszott, és érzelmi okokból is heves ellenállást váltott ki, noha burkoltan a társadalom mindenütt alkalmazza. Igen érdekes elemzéseket lehet végezni arra nézve, hogy a társadalom milyen körülmények között, mekkora összeget hajlandó egy-egy további emberélet



megmentésére áldozni a biztonság növelése révén. Nyilvánvaló például, hogy ha az autótak mentén az oszlopokat és fákat vastag szalmabálákkal vennék körül, az emberéleteket mentene meg, de az is nyilvánvaló, hogy a ráfordítás költségei és egyéb okok miatt ez nem megvalósítható. Mára már kialakultak az optimálás tudományosan megalapozott gyakorlati módszerei, amelyek egyre inkább széleskörűen elfogadottak. Természetesen a rutinszerű tevékenységek esetén, mint például egy mammográfiás röntgenberendezés telepítése és használata, ez az általános irányelvek figyelembevételét jelenti. Ugyanez már nem igaz egy részecskegyorsító vagy éppen egy atomerőmű esetén, ahol nagyon hosszú és szerteágazó elemzéseket kell végezni az optimálás érdekében.

3) *A korlátozás* elve azt mondja ki, hogy az egyént érő sugárterhelés az előző két alapelv megtartása mellett sem haladhat meg bizonyos határértékeket (korlátokat, angolul: limit). A korlátozás oka az, hogy még az összes előbbi szempont szerint optimált alkalmazások sem fogadhatóak el úgy, hogy az egyén méltánytalanul nagy kockázatot viseljen el. Kivételt képez ez alól a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzetek során a beavatkozás, amelyre külön korlátozás vonatkozik. Ilyen tekintetben különleges a gyógyászatban alkalmazott, pácienseket érő ionizáló sugárzások megítélése is, amelyet „orvosi sugárterhelés”-nek is nevezünk. Az egészségügyi személyzet sugárterhelése az ún. foglalkozási sugárterhelési kategóriába esik. Az orvosi sugárterhelést nem szabad összevonni sem a lakossági, sem a foglalkozási sugárterheléssel, mivel orvosi sugárterhelés esetén a haszon ugyanazé a személyé – a páciensé –, aki a kockázatokat is viseli. Az orvosi sugárterhelésre vonatkozóan nincs dóziskorlát, mert az leggyakrabban az egyének saját érdekében történik. Természetesen az első két alapelvet itt is meg kell tartani. Érdeemes megjegyezni, hogy noha a röntgen- és izotópdiaosztikában a páciensekre dóziskorlátok nem alkalmazhatók, ma már a fejlettebb országokban – a technika adott fejlettségi szintjére vonatkozóan – egyre szélesebb körben állapítanak meg ún. diagnosztikai irányadó szinteket (diagnosztikai referencia szintek, angolul: diagnostic reference levels). Az irányadó szint túllépése nem jár szankciókkal, de ki kell vizsgálni az átlagnál jóval nagyobb páciensdózisok keletkezésének személyi és technikai okait. Eltérő korlátozó dózisok vonatkoznak a dolgozókra, a lakosságra és a gyakornokokra, tanulókra. A dóziskorlát nem azonos a régebbi maximális megengedhető dózissal, vagyis egyáltalán nem szabad abbahagyni az egyes tevékenységek optimálását a dóziskorlát elérésekor. A korlát alatti értékek esetén az optimálás során kell meghatározni az ésszerűen elérhető legalacsonyabb sugárterhelés szintjét.

A dóziskorlátozási rendszer számszerű megfogalmazásához természetesen elengedhetetlenül szükséges a legalapvetőbb dóziszfogalmak ismerete. Első lépésként, ismeretterjesztő szinten azonban enélkül is lehetséges összehasonlításokat tenni, mégpedig a (kozmosz sugárzásból és a földi természetes radioaktivitásból eredően) mindig és mindenütt jelenlévő természetes háttérsugárzás átlagos szintjéhez való viszonyítással.



3. ALAPVETŐ SUGÁRVÉDELMI TUDNIVALÓK

Az emlőszűrés röntgensugárzással, azaz ionizáló sugárzással történik. Emellett az emlő a leginkább sugárzásra érzékeny szervek közé tartozik. Az emlő szöveti állományának leképezéséhez alacsony energiájú röntgensugárzást alkalmazunk. A röntgensóból kilépő, 24-32 kV-tal gerjesztett röntgensugárzás fizikai tulajdonságai, annak elnyelődése teszi lehetővé, hogy képi információt lehessen szerezni e szervről. Ezt olykor „lágy” röntgensugárzásnak is nevezik. A sugárzás által hordozott energia egy jelentős része emiatt elnyelődik az emlőben. Az emlő mirigyes szövetállományában elnyelt energiából származtathatjuk a sugárzás által okozott dózist. A szövetekben elnyelt dózis, más tényezők mellett, összefüggésben van azzal a kockázattal, amellyel az egyes vizsgálatok daganatot okozó hatásai számszerűsíthetők.

Ezért időről időre fellángol a vita, hogy az egészséges személyek esetén, emlőszűréssel kiemelve több emlőrákot gyógyítunk-e meg, mint amennyit a röntgensugárzással okozunk. A nemzetközi tanulmányok egyértelműen a mammográfia hasznát igazolják, vagyis az emlőszűréssel nagyon sok életet menthetünk meg, azonban a fentiek miatt rendkívül fontos, hogy a daganatok korai felismeréséhez a szükségesnél nagyobb mértékű sugárterhelést és így további kockázatokat ne okozunk.

A sugárvédelemnek ki kell terjednie a személyzetre, a páciensre és a környezetben tartózkodó személyekre egyaránt.

3.1. A KEZELŐSZEMÉLYZET SUGÁRVÉDELME

A személyzet sugárvédelme a mammográfia esetén igen egyszerűen megvalósítható. A röntgenhelyiségben expozíció alatt kizárólag a vizsgált páciens és az exponáló személy tartózkodhat. A vizsgálat során a besugárzott test nemcsak elnyeli a sugárnyaláb energiáját, de a röntgensugárzás egy részének az irányát is megváltoztatja. E szórt sugárzás ellen megfelelően védeni kell a személyzetet. A legfőbb betartandó szabály, hogy felvételezéskor az exponáló személynek minden esetben a beépített ólomakril árnyékolás mögött kell elhelyezkednie. A vezérlőpultokba épített, sérülésmentes árnyékolások megfelelő védelmet biztosítanak a kezelőszemélyzet számára a szórt sugárzás ellen. Ezeknek a géppel együtt szállított sugárárnyékoló lapoknak a sugárgyengítése általában csak néhány tized mm ólomnak felel meg, de a mammográfias energiatartományban már ez is a szórt sugárzásnak gyakorlatilag teljes elnyelődését okozza. Az árnyékolások mögötti szórt sugárzásból származó dózis legtöbbször a műszerek kimutatási határa alatt marad, a természetes háttértől gyakorlatilag nem különíthető el. Így az exponáló személy sugárterhelése a mammográfiában – effektív dózisban kifejezve – minden esetben több nagyságrenddel elmarad a dóziskorlátoktól.

3.2. A KÖRNYEZETBEN TARTÓZKODÓK SUGÁRVÉDELME

Az előbb ismertetett védelem fennáll a szomszédos helyiségekben lévő személyekre is, mert a falak vagy ajtók önmagukban vagy kiegészítő ólomárnyékolással biztosítják a védelmet. A szomszédos helyiségekben lévő személyek és így a lakosság sugárterhelése teljes mértékben elhanyagolható, gyakorlatilag nem lehet kimutatni. E követelmények teljesülését a berendezéssel végzendő sugárveszélyes tevékenység engedélyeztetésekor az Országos Atomenergia Hivatal ellenőrzi.

3.3. A PÁCIENS KÖZVETLEN SUGÁRVÉDELME NEK SZABÁLYAI

Az eddigiek értelmében a legkritikusabb és a legnehezebben megvalósítható a páciens sugárvédelme.

A páciensek sugárvédelmében az indokoltság érvényesítése elsősorban orvosszakmai kérdés, klinikai mammográfiára beutaltak esetén a beutaló orvos felelőssége. Az indokoltság érvényesítése minden esetben, így a szűrési gyakorlatban is az elfogadott szakmai irányelvek szerinti munkavégzést jelenti.

Az optimalás elvét elsősorban gyakorlati kivitelezés során kell érvényesíteni, tehát ez jelentős mértékben radiológiai asszisztensi (radiográfusi) kompetencia. Ide tartozik a röntgenparaméterek (megfelelő expozíciós program, dominánsmező, képméret) helyes megválasztása és a helyes pozicionálás (pl.: a mellkasfali oldalon minél kevesebb szövet lemaradása a képről). A dózissal való „takarékoság” a berendezés kímélésével hozzájárul ahhoz is, hogy tovább üzemeljenek a röntgengépek.

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, bonyolultabb eszközöket és különleges műszerezettséget igénylő méréseket végzik (pl.: dozimetria), a radiográfus feladatai a rutinszerű, sűrűbben végzendő ellenőrzések, digitális mammográfiánál elsősorban a kép megjelenítés vizsgálata.

Fontos, hogy minél kevesebb legyen a pozicionálási és expozíciós hibából eredő ismétlés, mert ez is felesleges sugárterhelést okoz a páciensnek. Az ICRP felmérése szerint a felvételek megismétlésének gyakorisága 3-12% között ingadozik munkahelyenként. A felvételek megismétlésének okai elsősorban emberi tényezőkre vezethető vissza.

Szigorúan sugárvédelmi szempontból szükségtelen a gonádvédő árnyékolás vagy ólomkötény alkalmazása részleges takaráshoz, mert a használatuk kényelmetlenebb lehet és szélsőséges esetben a felvételek ismétléséhez vezethet. Az aggódó, az ionizáló sugárzások természetét nem ismerő pácienseket is érdemes inkább a vizsgálatok ismétlését elkerülendő lebeszélni arról, hogy követeljék az árnyékolások használatát. A páciensek tájékoztatása, felvilágosítása útján kell megismertetni őket azzal, hogy a mammográfiás vizsgálatok során a testük egyéb tájait érő szórt sugárzásból eredő kockázatuk gyakorlatilag elhanyagolható.

A sugárvédelem általános ismereteit illetően a bővített sugárvédelmi tanfolyamokra utalunk. A téma iránt mélyebben érdeklődőknek figyelmébe ajánljuk az alábbi irodalmi kiadványokat.

AJÁNLOTT IRODALOM

Turai I., Köteles Gy. (szerk.): Sugáregészségtan. 2. kiadás. Medicina, Budapest 2014. (Ennek 15. fejezete [289-314. old.]: A betegek sugárvédelme a radiológiai diagnosztika során. Szerzők: Pellet S., Porubszky T.)



Ikonix sugárvédelmi tanfolyam segédanyag (az OTH KEF-3543-4/2015 engedélye szerint), Budapest 2015. Szerzők: Porubszky T., Jung J., Ballay L.

Mózsa Szabolcs: Klinikai sugárvédelem. Főiskolai jegyzet, HIETE Egészségügyi Főiskolai Kar, Budapest 1998.

Fehér I., Deme S. (szerk.): Sugárvédelem. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest 2010. (Ennek 15.2 fejezete [449-458. old.]: Orvosi sugárterhelés. Szerző: Ballay L.)

Fehér I. (szerk.): Alapfokú sugárvédelmi ismeretek. Budapest 1992. (Kiadta a Paksi Atomerőmű Rt.)

Virágh Elemér: Sugárvédelem, dozimetria. BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest 1987.

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

ICRP, 2007b. Radiological Protection in Medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).



4. A BERENDEZÉSEK FIZIKAI-TECHNIKAI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA

4.1. BEVEZETÉS

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 együttvéve *minőség-ellenőrzésnek* (quality control = QC), az esetlegesen észlelt eltérések esetén végrehajtandó ún. helyesbítő intézkedésekkel és az adminisztrációval együtt a berendezések (fizikai-műszaki) *minőségbiztosításának* (quality assurance = QA) szokás nevezni.

Megjegyzendő, gyakorlati tapasztalat, hogy egyes berendezések túlmelegedése miatt csökkenhet az egységnyi idő alatt vizsgálható páciensek száma, így meghosszabbodik a páciensek várakozási ideje, ami kellemetlen a személyzet és a páciensek számára is. A mammográfias röntgenberendezések megfelelő működéséhez, adott munkaterhelés biztonságos ellátásához szükséges az igényeknek megfelelő berendezés választása és a mammográfias röntgenhelyiségben a megfelelő hőmérséklet biztosítása a csőegység és a digitális detektor folyamatos működéséhez. A röntgenberendezések megbízható üzemeltetéséhez tehát adott környezeti feltételeket kell biztosítani (hőmérséklet, páratartalom). A berendezések terhelhetőségét javítja, ha ezeket klímaberendezés állandó szinten képes tartani és kompenzálja a nagyobb betegforgalomból adódó hőmérséklet-emelkedéseket. A röntgenhelyiségek általános sugárvédelmi követelményeire vonatkozó szabvány (MSZ 824:2017) óránként legalább hatszoros légcserét javasol általánosan a röntgenhelyiségek vonatkozásában, amelytől a berendezések gyártói eltérő ajánlást vagy követelményt is megfogalmazhatnak. Nagy betegforgalom esetén ajánlott az említett szabványban közölt légcseré mértékének a többszörösére méretezni a klímarendszert.

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. Hazánkban 1986-87-ben a WHO ajánlásai alapján „házilag” készített, *Dr. Csobály Sándor* nevéhez fűződő és az akkori Országos Röntgen és Sugárfizikai Intézet által a megyei kórházaknak és néhány más nagyobb intézménynek szétosztott ún. QC-táska jelentette a szervezett röntgendiagnosztikai minőség-ellenőrzés első próbálkozását. Ez azonban akkoriban sajnálatosan rövid életűnek bizonyult.

Ma már egy ideje van hazánkban egyes röntgendiagnosztikai munkahelyeken folyamatosan működő technikai minőségbiztosítás. Így a mammográfias szűrőcentrumok már az ehhez szükséges eszközökkel felszerelve kezdték meg működésüket, és a rendszeres műszaki minőség-ellenőrzés és minőségbiztosítás akkreditációjuk feltételei közé tartozott. 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 rendszeres 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 betegevizsgálati eljárások technikai protokolljait az optimalás érdekében egyeztetni kell fizikusokkal is. Azért, hogy a képfelvételi eljárások az adott munkahelyen megfeleljenek a helyi igényeknek és a sugárvédelmi elveknek, elengedhetetlen, hogy orvosi fizikus is közreműködjön azok kialakításában.

A munkahelyek (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 ellenőrei felelnek azért, hogy a munkahelyek sugárvédelme megfelelő legyen. Ellenőrzéseiknek azonban jelenleg nem képezi tárgyát, hogy magukat a berendezéseket, azok minőségét vagy az azzal kapcsolatban keletkezett dokumentációt vizsgálják.

A 4/2009. EüM rendelet fogalmaz meg rendelkezéseket az orvostechikai eszközök ún. 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 elengedhetlenné tette, hogy a röntgenberendezések minőségbiztosítása terén is átvegyük a fejlettebb országokban kialakult gyakorlatot, amelyet az EU-ban jogilag is kötelezővé tettek. Ennek érdekében előbb a 31/2001. (X.3.) EüM rendelet, majd a jelenleg hatályos 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet, amely a páciensek sugárterhelésére vonatkozó EU-irányelvvel összeegyeztethető jogi szabályozást tartalmaz, többek között az alábbiakat írja elő:

„11. § (1) Az ionizáló sugárzást létrehozó, vagy a képpalkotáshoz szükségszerűen radioaktív izotópot felhasználó gyógyászati berendezések (a továbbiakban: berendezések) üzemeltetése során a berendezések nem megfelelő vagy hibás üzemelésének kiküszöbölése, a dózisok 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 üzemem 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.”

**engedélyes: az a szervezeti egység, amelynek a nevére az üzemeltetési engedély szól.*

A jogszabály a minőségbiztosítást általánosan kötelezővé téve kiterjeszti a röntgendiagnosztika egészére. 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 *állapotvizsgálatnak*, az engedélyesek által végzendő napi (heti, havi, negyedéves stb.) minőség-ellenőrzési vizsgálatokat pedig *állandósági vizsgálatoknak* 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. Az IEC (Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság) is lényegében így tekinti, a „routine performance testing”-et (tehát azon belül az állapotvizsgálatot is) „constancy testing”-nek nevezve. Németországban az állapotvizsgálatot is átvételi vizsgálatnak nevezik, és csak ötévenként kötelező elvégeztetni, 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 (1.) táblázatban tekintjük át.

1. táblázat: Összefoglaló a röntgenberendezések minőségbiztosításáról

Vizsgálat fajtája	Jogszabályi előírás	Milyen berendezésekre kötelező	Vizsgálat jellege, Előírt gyakorisága	Kik végzi?
Átvételi vizsgálat	21/2018. EMMI rendelet, 11.§ (4) a)	újonnan üzembe helyezett röntgenberendezés és	QA*: teljes állapotfelmérés. Használatbavétel előtt (egyszeri vizsgálat).	NNK SSF**
Állapotvizsgálat	21/2018. EMMI rendelet, 11.§ (4) b)	minden röntgenberendezés és	QA: teljes állapotfelmérés. Évente és nagyobb karbantartások után.	NNK SSF**
Állandósági vizsgálat	21/2018. EMMI rendelet, 11.§ (1)	minden röntgenberendezés és	QA: rutin ellenőrzés. Naponta, hetente, X havonta.	Maga az engedélyes
Időszakos felülvizsgálat	4/2009. EüM rendelet, 17.§ és 13. melléklet	minden üzemelő röntgenberendezés és (kivéve a CT)	QA: villamos, mechanikai és biztonsági vizsgálat. Intervenciós röntgen esetén évente, egyéb röntgen esetén 2 évente, és szerviz-beavatkozások után.	A kijelölt és az orvostech- nikai hatóság- erre feljogosító határozatáv- al rendelkező szervezetek

*QA: quality assurance, minőségbiztosítás

**NNK SSF(O): 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 expozíció-vezérlő 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 képkalkító berendezések esetén, hogy az egyes berendezéseket szigorúan orvostechikai eszközként ellenőrizze és megvizsgálja, hogy villamos érintésvédelmi és mechanikai biztonsági szempontból megfelelően üzemeltethetőek-e. E vizsgálatok terjedelme nem is haladja meg leggyakrabban a nagyon egyszerű, funkcionális ellenőrzéseket, a példánál maradva arra választ ad, hogy az automatikus expozícióvezérlő működik, de a működés helyességére nem. Egy szemléletes analógia a mindennapi életből, hogy ha valaki elviszi szervizbe a személygépjárművét és a szerviz ellenőrzi, hogy a fékbetét nem kopott-e. A fékhatás mérése ennél jóval pontosabb képet fest arról, hogy a gépkocsi megfelelően üzemel-e.

Visszatérve a röntgenberendezésekre: 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.

A dozimetriai kérdések sajátosak a mammográfiánál, tekintve, hogy a szűrési céllal alkalmazott berendezések segítségével egészséges személyek szenvednek el sugárterhelést. 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 diagnosztikai szempontból haszontalan, tehát fölösleges sugárterhelést nemcsak a túlexpozíció okozhat), a felvételi selejt mértéke pedig 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 személyzetdózisban) 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 elkötelezettségére van szükség.

Az új röntgenberendezéseken az NNK SSF (korábban: Országos Közegészségügyi Intézet – OSSKI, OKK-OSSKI, Országos Közegészségügyi Központ – Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatóság) által elvégzendő átvételi vizsgálatokat az akkreditált Sugáregészségügyi Vizsgáló Laboratórium 2002 májusa óta folyamatosan végzi. A



vizsgálatokhoz kalibrált, illetve hitelesített mérőeszközöket használ, a legfrissebb nemzetközi szabványokat és ajánlásokat alkalmazza, gyártóktól és szervizektől független szervezetenként, megfelelően képzett szakemberekkel. A módszerfejlesztései során különös gonddal készült fel arra, hogy a mammográfia területén bármely modern készüléket ellenőrizhesse a legújabb technikákkal.

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. Jelen kézikönyvben a továbbiakban az állapotvizsgálatokat az 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, mammográfiás röntgenmunkahelyeken ez a mammográfiában jártas radiológiai asszisztenseket jelenti, akiket a továbbiakban radiográfusnak nevezünk. A mammográfia és azon belül különösen is a szűrési célú mammográfia speciális követelményei miatt ezeknek a vizsgálatoknak az elvégzése akkor is elengedhetetlen, ha a berendezés karbantartását végző szakszerviz szintén végez bizonyos ellenőrzéseket. A korábbi analógiát ismét alkalmazva azt mondhatjuk, hogy például a gumiabroncs állapotát érdemes naponta ellenőrizni. Nyomásmérést végezni rajta elégséges ritkábban, azonban az előírt gyakorisággal műszaki és környezetvédelmi ellenőrzésnek kell alávetni a gépjárművet.

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 kiigazítsassák, 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. Ennek eldöntésében az orvosi fizikusok is kulcsszereppel rendelkeznek. 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 orvosi fizikusok által végzendő, magasabb műszerigényű minőség-ellenőrző vizsgálatokat csak röviden, a tájékoztatás teljessége kedvéért ismertetjük a fejezet végén.

4.1.1. A MAMMOGRÁFIÁS RÖNTGENBERENDEZÉSEK FELÉPÍTÉSE

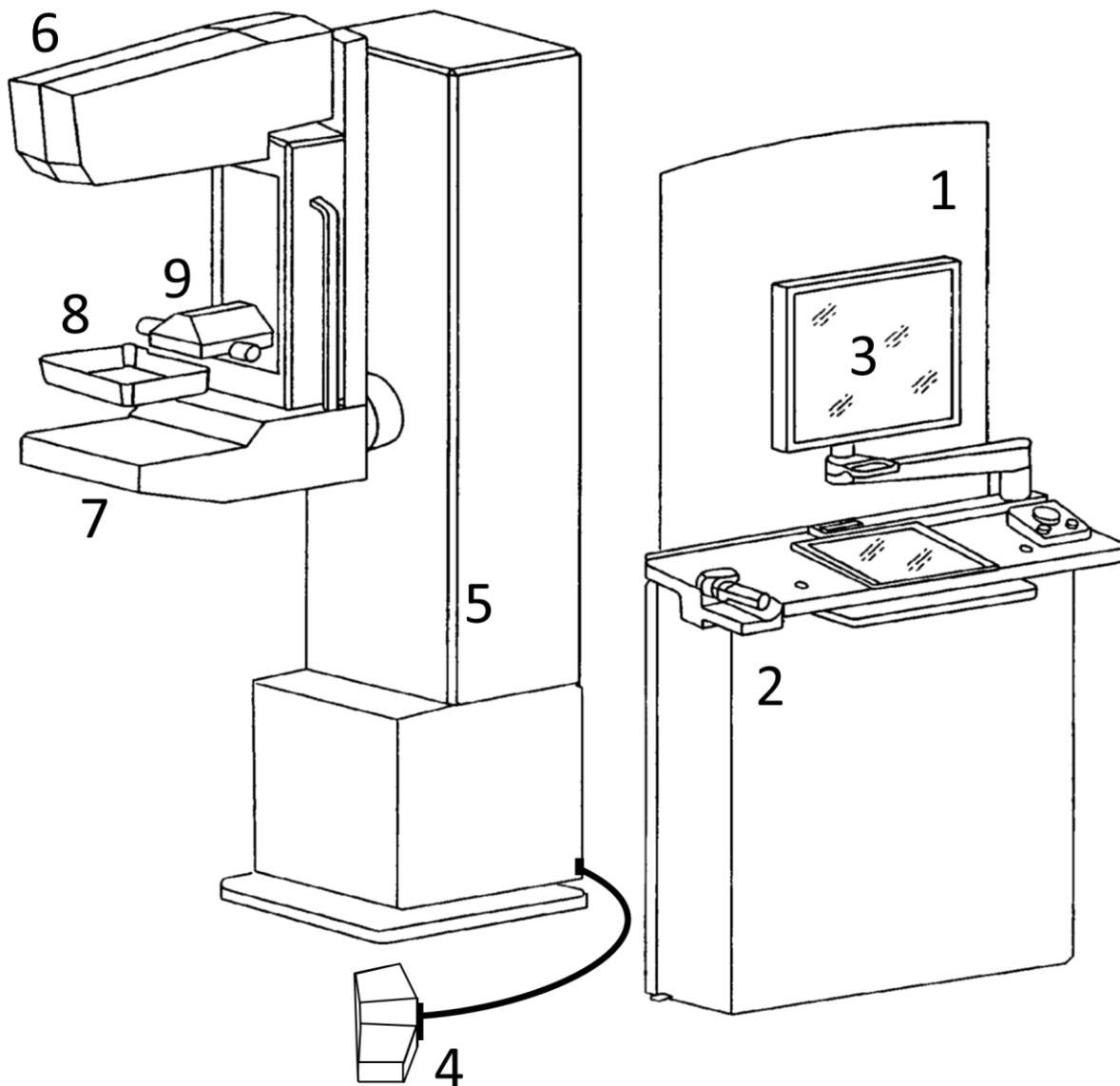
A digitális képalkotású mammográfiás röntgenberendezések egyes részeit, a kezelőszemélyzet számára hozzáférhető részeit a 3. ábra mutatja be. Az analóg rendszerek leggyakrabban ugyanilyen részekből épülnek fel, azonban legtöbbször nem tartozik hozzájuk munkaállomás és számítógép.

2. táblázat: Mammográfiás röntgenberendezések részegységei

Azonosító	Megnevezés	Funkció
1	Ólom-akril sugárvédő fal	A személyzet sugárvédelmét szolgáló, átlátszó védőállás
2	Munkaállomás és vezérlőpult	Ez a számítógép végzi a felvételek helyi tárolását és a rendszer kezelését
3	Monitor (digitális berendezéseknél)	A felvételi munkaállomás kijelzője, itt rendelhetőek hozzá a páciensekhez a felvételek és tekinthető meg az előnézeti kép.
4	Automatikus kompressziós pedál	A pedál segítségével komprimálható az emlő. Az itt alkalmazható kompressziós erő gyakran kisebb, mint amit manuálisan be lehet állítani.
5	Gantry (ejtsd: gentri)	A berendezés tartószerkezete. Kialakításától függően a burkolata alatt helyezkedhet el a generátor is.
6	Röntgensőegység	A röntgenső állítja elő a röntgensugárzást. Ólomburkolata és a kilépőablaka előtt elhelyezkedő kollimátor megakadályozza, hogy a szivárgó sugárzás az emlőtartón kívüli irányokban távozzon.
7	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 szórtugárzás-szűrő rács is itt található, amely néhány berendezésnél nem távolítható el.
8	Kompressziós lemez (kompressziós eszköz)	Átlátszó műanyag lemez, amely az emlő komprimálását végzi. A kompressziós lemez méretének



Azonosító	Megnevezés	Funkció
		érzékelése a modern berendezéseken automatikus, az a kiválasztott lemezhez állítja be a sugármező méretét.
9	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.



3. ábra: Mammográfias röntgenberendezések felépítése



4.1.2. A RADIOGRÁFUSOK ÁLTAL VÉGZENDŐ VIZSGÁLATOK ÁTTEKINTÉSE

A radiográfusok által végzendő minőség-ellenőrző vizsgálatokat (állandósági vizsgálatokat) a képzés módja szerint több csoportra oszthatjuk és ezek némelyike még további vizsgálatokra bontható. Annak érdekében, hogy ezek áttekinthetőek legyenek, a 3. táblázat ad összefoglalást, illetve a táblázatban jelölt alfejezetekben kerülnek részletes kifejtésre.



3. táblázat: Állandósági vizsgálatok gyakorisága

Vizsgálat megnevezése	Gyakoriság	Film-fólia (FF)	Foszforsó (CR)	Digitális radiográfia (DR)	Szakasz
Fantomfelvétel készítése és kiértékelése	Hetente	X	X	X	4.2
Az automatikus expozícióvezérlő ellenőrzése	Ld. jobbra	Naponta	Hetente	Hetente	0
Előhívó hőmérséklete	Naponta	X			4.4.1
Szenzitometria	Naponta	X			4.4.2
Rögzítőoldat pH-értéke	Havonta	X			4.4.3
Kazetták szemrevételezése és karbantartása	Félévente	X			4.4.4
Erősítőfóliák karbantartása	Hetente	X			4.4.5
Kazetták fényzárása	Félévente	X			4.4.6
Erősítőfólia-film kontaktus	Félévente	X			4.4.7
Sötétkamra fényzárása	Félévente	X			4.4.8
Sötétkamralámpák megfelelése	Félévente	X			4.4.9
Filmnéző szekrények	Félévente	X			4.4.10
Képmegjelenítés	Naponta		X	X	4.5.1
Képreceptor homogenitása	Hetente		X	X	4.5.2
Rontófelvétel-elemzés	Negyed-évente	X	X	X	4.6
Mechanikai és szemrevételezéses vizsgálatok	Naponta	X	X	X	4.7



4.2. FANTOMFELVÉTEL KÉSZÍTÉSE ÉS KIÉRTÉKELÉSE

E vizsgálat a rendszeres, nagyobb ellenőrzések közötti ellenőrzést szolgálja és célja, hogy segítségével folyamatosan nyomon követhessük a képminőség változását. Az alapérték meghatározását követően e vizsgálattal ki lehet deríteni, hogy van-e műtermék a felvételeken vagy csökkent-e a vizsgálótestben 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 világpiacon több alkalmas fantom is megtalálható, konkrét eszközre ebben a kiadványban nem teszünk ajánlást.

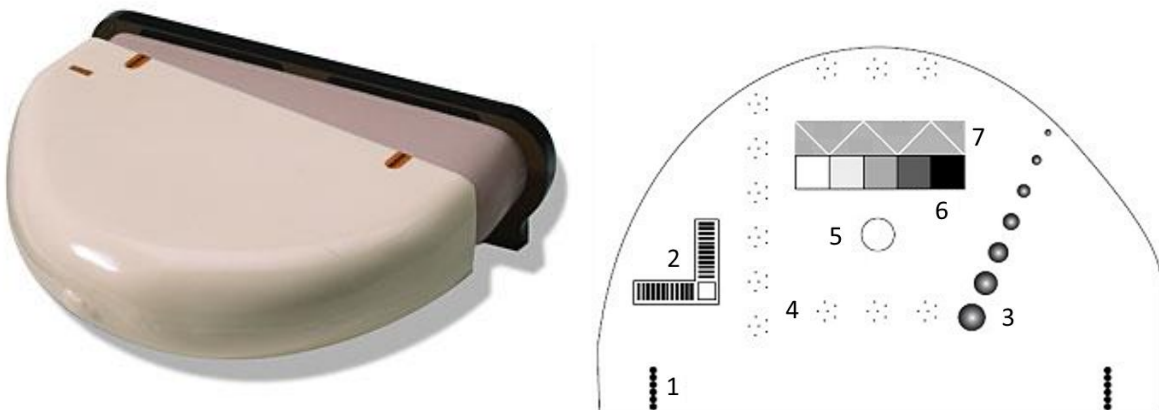
GYAKORISÁG

Hetente.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

1. Fantom, amely olyan sugárgyengítésű, mint egy normál emlő, vastagsága 40-50 mm közötti vagy annak megfelelő emlővastagságot szimulál. Anyaga plexi vagy más, szövetekvivalens, szilárd műanyag. A vizsgálótest célszerűen tartalmaz különböző kiterjedésű részleteket, amelyek:
 - a. a mikrokalcifikációk felderítésére szolgálnak,
 - b. tumor-szerűek, azokat utánozzák, illetve
 - c. spekulumok, amelyek a tejcatornákat reprezentálják.
2. Az összehasonlításhoz az átvételi vizsgálatkor készített fantomfelvétel(ek) (alapfelvétel).
3. Szükség szerint nagyító, 4× vagy 5× nagyítással.

Az alábbi ábra egy szövetekvivalens fantomot és a róla készült felvétel sematikus illusztrációját mutatja be.

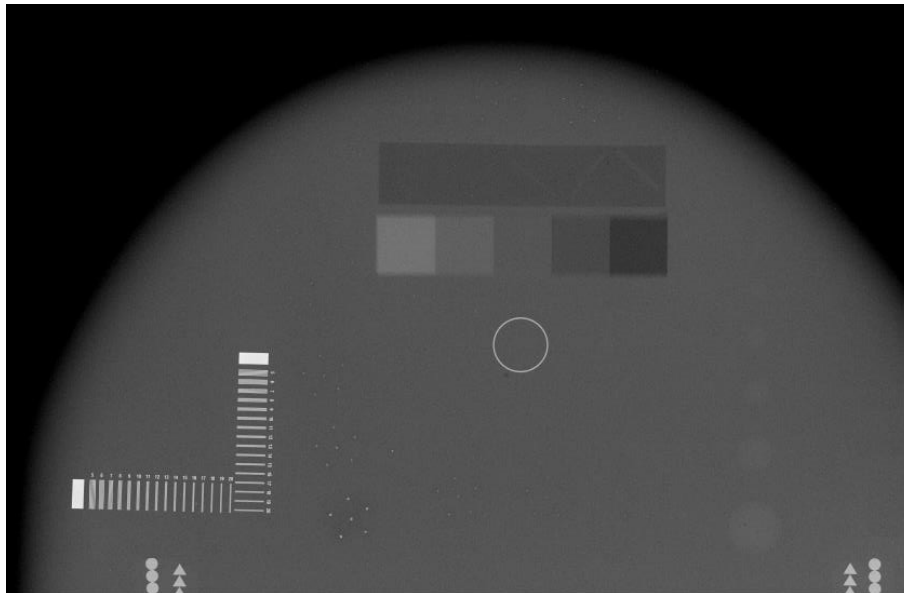


4. ábra: A szövetekvivalens fantom és annak részletei



4. táblázat: Szövetekvivalens fantom elemei

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 utánzó betétek.
5	Referencia terület	A denzitás vagy pixelérték méréséhez használatos terület.
6	Magas kontrasztú részletek	A kontrasztosság megítéléséhez használatos lépcsők.
7	Szövet-szálak	A spekulumokat utánzó betétek.



5. ábra: A képmínőség-vizsgáló fantomról készült felvétel

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

1. Helyezzük a fantomot a páciens támaszra, a mellkasfali peremhez illesztve, középre igazítva.
2. Komprimáljuk annyira, ahogyan azt a klinikai gyakorlatban is tennénk.
3. Amennyiben önálló 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 válasszuk ki, amelyet a páciensek felvételezéséhez alkalmazunk egyébként, ha ez kiválasztható.



4. Válasszuk ki azt a felvételi üzemmódot, amelyet a páciensek felvételezéséhez alkalmazunk. Automata módban ezek kiválasztását az AEC végzi, egyébként az alábbi paramétereket kell beállítanunk: anód, szűrő, kV, rács, feketedéskorrekció (ha kiválasztható) és az alkalmazott automata mód (félautomata vagy automata). Lásd a 6.2 és 6.3 alfejezeteket.
5. Exponáljunk.
6. Jegyezzük fel a beállított és a visszajelzett technikai paramétereket, illetve külön az expozíciós indexet a CR rendszereknél.
7. Olyan módon dolgozzuk fel a felvételt (hívjuk elő vagy válasszunk utófeldolgozást), ahogyan azt a páciensek felvételeinél tennénk.

KIÉRTÉKELÉS

1. Hasonlítsuk össze a nyers és az utófeldolgozott felvételt egyaránt az átvételi vizsgálat során készített felvételekkel, amely alapján az alapértékeket meghatároztuk. Ezt digitális képnél leletező monitoron, film esetén leletező szekrényen kell végezni. Ehhez alkalmazható a gyártó által javasolt eljárás is, azonban mindenképpen érdemes úgy elvégezni az értékelést, hogy a fantom kézikönyvében leírt összes beépített részlet mekkora hányada látható az egyes felvételeken (pl. 5/8 kalcifikáció).
2. A kiértékelést szemrevételezéssel – leletező monitoron – kell végezni.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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 felvételen ne legyenek jól látható eltérések az alapfelvételtől.
3. Nem szabad foltoknak vagy nagyon zajos részleteknek megjelennie a felvételen.
4. Nem szabad a felvételen vonalaknak és csíkoknak megjelennie.
5. Nem szabad kiugróan túl világos vagy túl sötét részeknek megjelennie a felvételeken.

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.

Nehéz általánosan tanácsot adni arra, hogy hogyan deríthető fel a probléma forrása, de ha azt figyeljük meg, hogy a képminőség romlik idővel, akkor mindenképpen további vizsgálatokat kell végezni a hiba felderítésére. A paraméterek ellenőrzésén túl ellenőrizni kell, hogy szoftverfrissítés, a röntgenső cseréje vagy az AEC ismételt beállítása, esetleg más tényező befolyásolhatta-e a felvétel elkészítését. A további hibafelderítés céljából érdemes orvosi fizikust bevonni.

Ha olyan műtermékek láthatóak a felvételen, amelyek hatással lehetnek az anatómia helyes megjelenítésére, akkor érdemes lehet a mező homogenitását ellenőrizni és újra beállítani. Ezt követően természetesen meg kell ismételni ezt az ellenőrzést. Abban az esetben, ha a kompressziós lemezen műterméket okozó repedés, vagy egyéb felismerhető sérülés van, a lemez kicserélését követően folytatható a munka. Ha mindezek után továbbra is műtermékek láthatóak, akkor a szervizzel szükséges felvenni a kapcsolatot.



4.3. AZ AUTOMATIKUS EXPOZÍCIÓVEZÉRLŐ ELLENŐRZÉSE

Az automatikus expozícióvezérlő – 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 kVp, azaz a röntgensőre kapcsolt feszültség csúcserősségét, 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 ez alapján választja meg az AEC üzemmódjának a függvényében. Az elsődleges célja e rendszernek tehát a képminőség állandó szinten tartása.

A film-fóliás mammográfiában a filmek korlátozott dinamikatarományja 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 történik. Ehhez az optikai denzitás meghatározása szükséges tehát, és a felvételezett homogén vizsgálatot vastagságának változtatásával ellenőrizhető az optikai denzitás állandósága, a rendszer helyes működése. Takarékosabb, de csak közvetett mérési módszer, ha csak a csőáram-idő szorzatot ellenőrizzük és üres kazettát használunk a felvételezéshez.

A digitális mammográfiában a detektorok dinamikatarományja már nem korlátozó tényező. 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 expozícióvezérlőnek a kép zajosságát kell elsősorban figyelembe vennie. Az optimális, azaz a legalacsonyabb elérhető dózis árán szerzett elégséges diagnosztikai értékű felvételek képzaja állandó.

GYAKORISÁG

Film-fóliás rendszereknél: Naponta.

Digitális rendszereknél: Hetente.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

Digitális rendszereknél továbbá egy 0,2 mm vastagságú, kisméretű, négyzet alakú alumínium lemez, amely kb. 1-1,5 cm oldalhosszúságú.

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

Film-fóliás rendszereknél:

1. Helyezzünk összesen 45 mm vastagságú plexilemezt a páciens támaszra.
2. Szorítsuk le a kompressziós lemezzel a vizsgálatot annyira, hogy az AEC rendszer működtethető legyen.



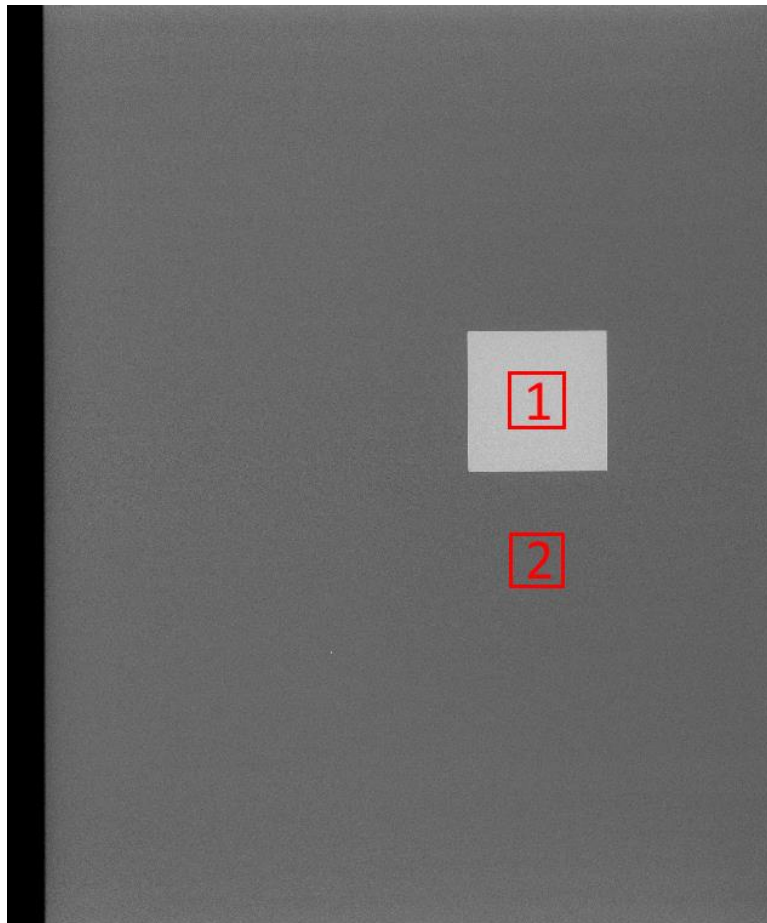
3. Válasszuk ki az egyébként használatos AEC üzemmódot és állítsuk be az AEC kamrát arra a területre, amelyet egyébként a vizsgálatokhoz is használnak.
4. Készítsünk felvételt egy üres kazettával és a visszajelzett adatokat jegyezzük fel.

Megjegyzés: Az alapszint meghatározásához 5 felvételt kell készíteni és a visszajelzett mAs értékek átlagát meghatározni. Közvetlenebb eredményeket szolgáltat a módszer, ha filmet helyezünk a kazettába és az egyes felvételeken az optikai denzitást (röv. OD) mérjük. 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, hozzávetőlegesen középre 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: Foszforlemez rendszereknél a felvételek elkészítéséhez használjuk ugyanazt a lemezt.



6. ábra: AEC ellenőrzése digitális mammográfoknál



KIÉRTÉKELÉS

Film-fóliás rendszereknél:

Az értékeléshez a mAs-t kell feljegyezni vagy az optikai denzitást mérni.

Digitális rendszereknél:

1. Az elkészült felvételek mindegyikén jelöljük ki 1 cm²-es területeket az alumíniumlemezen (1, ALU) és egy ahhoz közel eső részen (2, PLEXI) egy alkalmas képkéértékelő programmal.
2. A program segítségével határozzuk meg a kijelölt területeken a pixelértékek átlagát (ÁTLAG) és szórását (SZÓRÁS).
3. Az elkészült felvételek mindegyikén számítsuk ki az SDNR értékét. Az SDNR értéke az alábbi képlet segítségével határozható meg:

$$\text{SDNR} = (\text{PLEXI_ÁTLAG} - \text{ALU_ÁTLAG}) / (\text{PLEXI_SZÓRÁS})$$

4. Az összes felvételnél (X) számítsuk ki az SDNR értékét és képezzük az átlagukat (SDNR_ÁTLAG).
5. Az így kiszámított SDNR átlagos értékére számoljuk ki minden felvétel esetén a százalékos eltérést. Az alábbi képlet használható ehhez:

$$\text{ELTÉRÉS (\%-ban)} = (\text{SDNR}_X) / \text{SDNR_ÁTLAG} * 100.$$

Megjegyzés: A felvételek értékeléséhez használható az ingyenesen és korlátozásmentesen letölthető imageJ szoftver. Ld. még: 7.4 szakasz.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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

A digitális rendszereknél a felvételekre kiszámított eltérés nem lehet több, mint 5%.

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 a vizsgálatot. Amennyiben a megismételt ellenőrzés igazolja, hogy az AEC rendszer nem működik megfelelően, akkor a vizsgálat és az ismétlése eredményeinek függvényében meg kell fontolni, hogy a rendszert annak javításáig kivonják a használatból.

4.4. FILM-FÓLIÁS MAMMOGRÁFIA

Film-fóliás rendszereket a mammográfiás munkahelyek egyre kisebb hányada alkalmaz (< 25%), de feltétlenül szükséges mindazokat a vizsgálatokat és ellenőrzéseket felsorolni, amelyekkel a rendszerek ellenőrizhetők. Bár munkaigényesebbek az itt felsorolt vizsgálatok, mint egy digitális berendezésnél, de eszközigényük jóval alacsonyabb.



VIZSGÁLATOK

1. Előhívó hőmérséklete (naponta)
2. Szenzitometria (alapfátyol, érzékenység, kontraszt) (naponta)
3. Rögzítőoldat pH-értéke (havonta)
4. Kazetták szemrevételezése és karbantartása (félévente)
5. Erősítőfóliák karbantartása (hetente)
6. Kazetták fényzárása (félévente)
7. Erősítőfólia-film kontaktus (félévente)
8. Sötétkamra fényzárása (félévente)
9. Sötétkamralámpák megfelelősége (félévente)
10. Filmnéző szekrények (félévente)

4.4.1. ELŐHÍVÓ HŐMÉRSÉKLETE

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.

GYAKORISÁG

Naponta.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

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

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

1. Lehetőleg a bekapcsolást követően legalább 1 órával, az előhívó állandó hőmérsékletének elérése után végezzük a mérést.
2. Válasszuk le az előhívó automatát a hálózati feszültségről.
3. Távolítsuk el az előhívó fedelét és merítsük be a hőmérőt az előhívó oldatba. Várjuk meg, amíg a leolvasandó hőmérséklet beáll az állandó értékre. A későbbiekben mindig ugyanazon a ponton és azonos mélységben kell végezni a mérést.
4. Jegyezzük fel a hőmérsékletet az erre előkészített adatlapra.

KIÉRTÉKELÉS

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.



ALAPÉRTÉKEK ÉS TŰRÉSHATÁROK

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.

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

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.

4.4.2. SZENZITOMETRIA

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

Megjegyzések: 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 tűréshatáron belül megegyeznek, akkor onnan kezdve az új csík feketedés értékeit kell alapértéknek tekinteni.

GYAKORISÁG

Naponta és szükség esetén.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

Szenzitometriai filmcsík, 11 vagy 21 lépcsővel (lehetőleg az ott használttal azonos típusú filmből). A szenzitometriai filmcsíkot emlőszűrő munkahelyeken a berendezés mellé adott szenzitométerrel kell elkészíteni. Klinikai mammográfiás munkahelyeken, ha nem áll rendelkezésre szenzitométer, megengedett más munkahelyen készített filmcsík használata is. Kívánatos, hogy a filmcsíkon a feketedéslépcsők az alapfátyoltól kb. $D = 2,5$ -es feketedésig terjedjenek.

Denzitométer. A film-fóliás képalkotással dolgozó emlőszűrő munkahelyeken általában rendelkezésre áll denzitométer. Klinikai mammográfiás munkahelyeken, ha nem rendelkeznek az eszközzel, elfogadható a filmek szabad szemmel történő összehasonlító kiértékelése is filmnéző szekrényen.

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

Először az alapértékek felvételét kell elvégezni. Rögzítsük az alábbiakat:

1. Alkalmazott film típusa
2. Vegyszerek gyártója



3. Hívó és rögzítő beállított hőmérséklete
4. Hívó és rögzítő utántöltésének sebessége
5. Hívási idő
6. Szenzitométer és denzitométer típusa
7. Filmhívó automata típusa, fő elemei
8. Filmnéző szekrény típusa

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

Az alapértékek felvételének lépései:

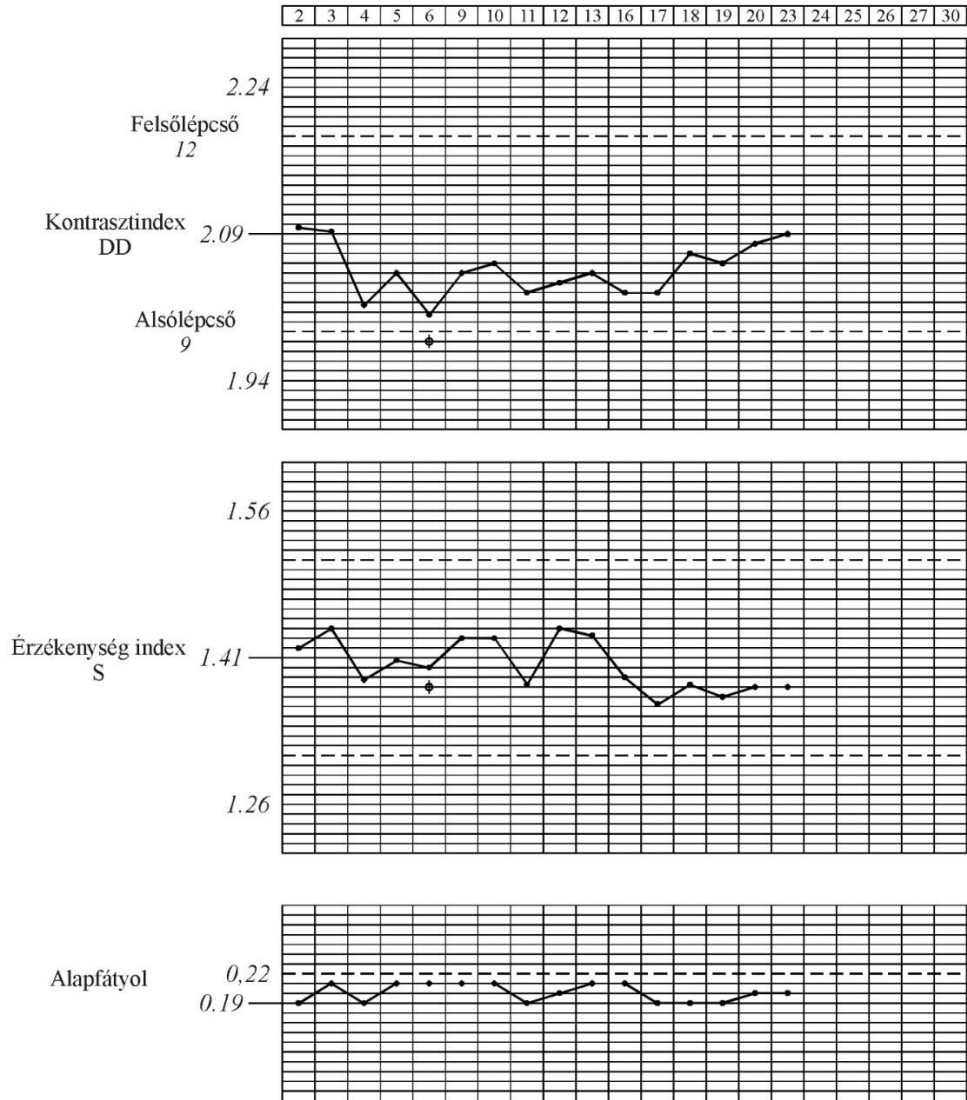
1. Gondoskodjunk arról, hogy a sötétkamra tisztasága megfelelő legyen.
2. Szükség szerint tisztítsuk meg az előhívó, az öblítő és a fixáló tartályokat, valamint a vegyszer-adagoló csöveket. Ne használjunk olyan vegyszert a tisztításhoz, amelynek maradéka a vegyszerek pH-értékét megváltoztathatja. Készítsük 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.
3. Ellenőrizzük, hogy a kijelzett hívóhőmérséklet megfelel a gyártó által az adott filmfajta számára előírt értéknek.
4. Ellenőrizzük, hogy az utántöltési sebességek megfelelnek a gyártó által előírtaknak.
5. Világítsuk meg a film emulziós oldalát a szenzitométerrel. Ortokromatikus film esetén zöld fényre állítsuk a szenzitométert.
6. A denzitométerrel mérjük meg minden egyes lépcső középpontjában a feketedést.
7. Ismételjük meg az előző pontban leírtakat 5 egymás utáni napon. A szenzitometriát minden nap azonos időben a bekapcsolás után 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.
8. A denzitométerrel mérjük meg minden egyes film minden egyes lépcsőjének a középpontjában a feketedést.
9. Képezzük az egyes lépcsőkre az öt filmcsíkon mért feketedés-értékek átlagértékeit.
10. 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.
11. 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 *kontrasztnak* nevezzük. Jegyezzük fel az adatgyűjtő lapra a DD értékét is. Ez lesz a DD kezdeti értéke. A későbbiekben e két lépcsőfok különbségét tekintjük DD értéknek. Ha automata denzitométert használunk, az a lépcső sorszáma (vagy a megvilágítás logaritmus) függvényében ki fogja rajzolni a feketedést.
12. 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.
13. Az előbbi lépésekben meghatározott három kezdeti értéket rajzoljuk be és írjuk is fel az adatgyűjtő lapra a három megfelelő grafikon középvonala körül. Lásd a 7. ábrát.



14. Az előhívó minőség-ellenőrzésére szolgáló adatgyűjtő lapon húzzuk meg mindhárom mennyiségre (S, DD, B+F) az alsó és felső tűréshatár értékeket (beavatkozási szinteket).
15. 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.

Röntgenfilm-előhívó ellenőrzési lap
Röntgen Osztály

Előhívó: Mammo Film: ABC Emulzió: 12345 Hónap: április Év: 2007



Utántöltési sebesség			Hőmérséklet								
Dátum	Előhívó	Fixáló	Dátum	Előhívó	Fixáló	Dátum	Előhívó	Fixáló	Dátum	Előhívó	Fixáló

7. ábra: Szenzitometriás minőség-ellenőrző lap (minta)



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. Ha egyik sem, akkor rögzítsük az eredményeket.
5. Ha van tűréshatáron kívülre eső mért értékünk, ismételjük meg a vizsgálatot. Ha a kapott érték ekkor is a tűréshatáron 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.
6. Jegyezzük fel a problémát és a végrehajtott helyesbítő intézkedést az adatgyűjtő lapra.

KIÉRTÉKELÉS

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.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TŰRÉSHATÁROK

A mértékadó tűréshatárokat feketedés (optikai denzitás) értékekben az 5. táblázat foglalja össze. Initial operating level (IOL) = kezdeti érték.

5. táblázat: Szenzitometriai eredmények tűrése

Paraméter	Tűréshatár (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)	$\text{IOL} \pm 0,15$	$\text{IOL} \pm 0,10$

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

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 tűréshatárnál, 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 (adatgyűjtő lapot lásd a mellékletben).

4.4.3. RÖGZÍTŐOLDAT PH-ÉRTÉKE

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

GYAKORISÁG

Havonta.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

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.

KIÉRTÉKELÉS

A vizsgálat az oldat kémiai állapotának jelentősebb megváltozását képes kimutatni, amely már befolyásolja a képminőséget.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TŰRÉSHATÁROK

A rögzítőoldatok tipikus pH-tartománya 4,0-4,6 között van, de a pontos értéket és a tűréseket a vegyszer gyártója adja meg.

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

Ha szükséges, készítsünk új rögzítőoldatot.

4.4.4. KAZETTÁK SZEMREVÉTELEZÉSE ÉS KARBANTARTÁSA

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.

GYAKORISÁG

Félévente.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

Fóliaazonosító címkék, jelölő filctoll.

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

1. Ha lehetséges, ideiglenesen távolítsuk el az erősítőfóliákat. Tisztítsuk meg a kazetták külsejét száraz, majd szappanos vagy alkoholos ruhával. Ügyeljünk arra, hogy a tisztítószer semmiképpen ne kerülhessen az erősítőfóliákra.
2. Szemrevételezzük a kazettát esetleges sérülések, károsodások feltárása céljából, különös figyelemmel az élekre, csuklópántokra, zsanérokra és zárokra. Leggyakrabban a sarkokon keletkeznek repedések.

KIÉRTÉKELÉS

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

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

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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

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.

4.4.5. ERŐSÍTŐFÓLIÁK KARBANTARTÁSA

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

A filmkazettás erősítőernyők tisztítása Magyarországon sok gondal járt a kivédhetetlennek látszó finomszemcsés porosodás miatt. A rendszeres tisztítás ellenére a szemcsék kitörölhetetlenül beivódnak a fóliába, ami a képeken gyakorta kóros tünetet utánozhat (ún. finomszemcsés tumoros mikrokalcifikáció). Érdekesség, hogy az egyik hazai centrum EU-akkreditációja éppen az ilyen műterméket tartalmazó felvételek miatt hiúsult meg. A digitális mammográfiában ez a veszély szerencsére már nem áll fenn.

GYAKORISÁG

Hetente, illetve szükség szerint, műtermékek észlelése esetén.



SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

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 törölkendővel. Kövessük a gyártó utasításait.
4. Hagyjuk a nyitott kazettában a fóliát 30 percig száradni.

KIÉRTÉKELÉS

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

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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.

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

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

4.4.6. KAZETTÁK FÉNYZÁRÁSA

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.

GYAKORISÁG

Félévente, illetve szükség szerint.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

Filmnéző szekrény vagy más, erős fényforrás.

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

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.



KIÉRTÉKELÉS

A film ellenőrzése történhet szemrevételezéssel, vagy akár denzitométerrel is.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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

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.

4.4.7. ERŐSÍTŐFÓLIA-FILM KONTAKTUS

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

GYAKORISÁG

Félévente, illetve szükség esetén.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

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

KIÉRTÉKELÉS

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

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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



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.

4.4.8. SÖTÉTKAMRA FÉNYZÁRÁSA

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.

GYAKORISÁG

Félévente, illetve szükség esetén.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

1. Lépünk 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 5 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.

KIÉRTÉKELÉS

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

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

Az érmék képének észlelése esetén a fénybeszűrődéseket szigetelni kell. Ellenőrizni kell a sötétkamralámpák izzóinak teljesítményét, és el kell végezni a lámpák szűrőinek ellenőrzését.



4.4.9. SÖTÉTKAMRALÁMPÁK MEGFELELŐSÉGE

A sötétkamrában általában hagyományos izzókat alkalmaznak, melyek elé szűrőket helyezve elérhető, hogy a helyiséget piros színű fény világítsa be, így az nem okoz feketedést a zöld- és kékérzékeny filmekben. Ha a szűrő megsérül vagy elégtelen vastagságú, akkor nem csak a pirosra tartozó hullámhosszakat ereszti át és így fátyolosodást okozhat a filmeket, amelyeket a sötétkamrában dolgoznak fel és készítenek elő.

GYAKORISÁG

Félévente, illetve szükség szerint.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

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

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

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 érzünk 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 egygel kevesebbet.
6. Amikor az utolsó 30 másodperces időtartam is eltelt, hívjuk elő a filmet.

KIÉRTÉKELÉS

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

ALAPÉRTÉKEK ÉS TŰRÉSHATÁROK

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

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

Ha az érmék képének észlelése esetén a sötétkamralámpa szűrőjét cserélni kell, illetve a lámpát szigetelni kell a szivárgó fény ellen.

4.4.10. FILMNÉZŐ SZEKRÉNYEK

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



GYAKORISÁG

Félévente.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

Fotográfiai fénymérő.

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

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.

KIÉRTÉKELÉS

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.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

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

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

Az esetleges fénycsőcsere szükségességének eldöntését bízzuk szakemberre.

4.5. DIGITÁLIS MAMMOGRÁFIA

A digitális mammográfiában különböző képérzékelők használatosak. Ezek közös jellemzője, hogy kiolvasásukkor a képi információt kiolvasó rendszer egyszerű intenzitás-értékeket rögzít. Megkülönböztetünk foszforlemez (CR, vagyis computed vagy computerised radiography – számítógépes vagy számítógépesített radiográfia) rendszereket és digitális képérzékelőket (összefoglalóan: DR, vagyis digital vagy digitised radiography – digitális vagy digitalizált radiográfia). A DR rendszerek a fizikai képkalkotás, vagyis a fotokonverzió módja szerint lehetnek direkt digitálisak vagy indirekt digitálisak, azaz a röntgenfotonok által hordozott információt közvetve vagy közvetlenül alakíthatják át digitális jelekké. A digitális rendszerek sajátja, hogy idővel az érzékenyséjük csökken. A CR lemezek, ha elöregedtek, a használatba vételükkor szükséges dózis többszörösét igényelhetik ahhoz, hogy az eredeti képminőséget produkálják. A szakmai ajánlás új telepítésű rendszereknél a DR technikát ajánlja. A DR rendszerekre ugyanez jellemző az alkalmazott félvezető technológia miatt. A betegforgalom függvényében a kimutatható elváltozásokat okozó öregedés néhány év, a hasznos élettartamuk legfeljebb 10-15 év, amit nagyon sok tényező befolyásol, de leginkább a gondos kezelésük növeli e várható élettartamot.

A 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 továbbá „for processing”, azaz a nyers(ebb) felvétel, illetve „for presentation”, azaz a feldolgozott,

bemutatásra és értékelésre szánt felvétel. A berendezés műszaki jellemzőinek vizsgálatakor mindenképpen a „for processing”, vagyis nyers felvételt kell értékelni. Ez általában a páciens felvételeinek listájában szerepel, leggyakrabban egy külön almappában. Érdemes megfigyelni és kikapasztalni, hogy hogyan befolyásolja a berendezés a képfeldolgozás által a kép minőségét egy vizsgálótest felvételezése során.

A következő fejezetekben a digitális berendezéseken végzendő vizsgálatokat tekintjük át.

4.5.1. KÉPMEGJELÉNÍTÉS

A digitális mammográfiában a képalkotás és a képmegjelenítés egyértelműen és élesen elválasztható. Ez az elválasztás az egyik legkomolyabb előnye a digitális vagy digitalizált képalkotásnak, mivel az elkészített felvételek utólag feldolgozhatóak, a megjelenítésük megváltoztatható és az egyes értékelők igényeihez igazítható. Ugyanakkor ez a fajta elválasztása a képalkotásnak a megjelenítéstől azt vonja maga után, hogy nem elégséges a képalkotó lánc egyes elemeit vagy egészét rendszeresen ellenőrizni, a keletkezett felvételek megjelenítésének a módját is ellenőrizni kell. A digitális mammogramokat megfelelő műszaki specifikációjú eszközökön kell megjeleníteni.

A mammográfiás felvételek értékeléséhez különleges megjelenítők szükségesek. Az ideális monitor képes a képalkotás során készült felvételek natív felbontás mellett való megjelenítésére, tehát legalább 5 megapixel felbontással és portré formátummal rendelkeznek (legalább 2000 × 2500 pixel), a pixelméret nem nagyobb, mint 0,165 mm, képtárlója legalább 53 cm és aktív képmegjelenítő felülete legalább 33 cm × 42 cm. A felvételek értékelése során leggyakrabban két monitort használnak párban. Így az MLO (félferde oldalirányú mediolaterális) és CC (kranio-kaudális), az aktuális és korábbi, valamint a jobb és bal emlőről készült felvételek könnyen összehasonlíthatóak. A felbontásuk mellett fontos tulajdonsága még a monitoroknak a fényűrűségük (luminance), amelynek SI mértékegysége: cd/m^2 vagy nit. A fényűrűség minél nagyobb értéke kívánatos. Mivel az emberi szem könnyen alkalmazkodik a fényviszonyokhoz, a legfényesebb és legsötétebb megjeleníthető területek fényűrűség-aránya (luminance ratio) jobban jellemzi a monitorok megjelenítő-képességét, mint a legnagyobb fényűrűség. A fényűrűség-arány célszerűen nagyobb, mint 250. Az emberi szem viselkedése nemlineáris, tehát nem arányos a kiváltott ingerület vagy érzet az érzékelt folt, terület fényűrűségével. Ennek megfelelően kell a képmegjelenítőknek úgy láthatóvá tennie a felvételeket, hogy egy táblázat alapján (look-up-table) egyeztetni a megjelenítendő pixelértékeket a kalibrációja során megadott fényűrűség-értékekkel. A kalibrációhoz a legelterjedtebb és ajánlott séma a DICOM szabványban közölt „GSDF” szürkescála-megjelenítés függvény (grayscale display function). Az ennek való megfeleléséről évente meg kell győződni, hogy szavatolható legyen az emlőfelvételek megjelenítésének állandósága a különböző monitorokon, a klinikai leletező munkaállomásokon és a távleletezés során egyaránt.

A monitorok lehetnek régebbi típusú, ún. katódsugárcsöves (CRT) monitorok is, azonban azok ellenőrzésére nagyobb gondot kell fordítani, mert az elektromágneses interferencia, illetve az eltérítő-rendszer is súlyos képmegjelenítési hibákat okozhat.

A képmegjelenítéshez használhatóak még ún. *nyomtatók* is, amelyekkel filmre rögzíthető a digitális felvétel. Egy ideig elterjedőben voltak, de a modern munkahelyek többségénél filmnyomtatót már nem használnak. Ezek célja az volt, hogy műanyaglemezeire vigyék át a digitális mammográfiával készült felvételeket. E fejezetben csak említés szintjén foglalkozunk velük, elsősorban a monitorok



értékelésének menetét írjuk le, de megjegyezzük, hogy az ilyen képi adathordozók esetén is elvárt, hogy a monitorok teljesítőképességével azonos szűrkeskála-megjelenítő képességgel rendelkezzenek.

GYAKORISÁG

Naponta.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

AAPM TG18-QC szoftveres vizsgálóábra, amely ingyenesen letölthető innen:

<https://www.euref.org/downloads/software-physico-technical-protocol/monitor-qc-test-patterns>

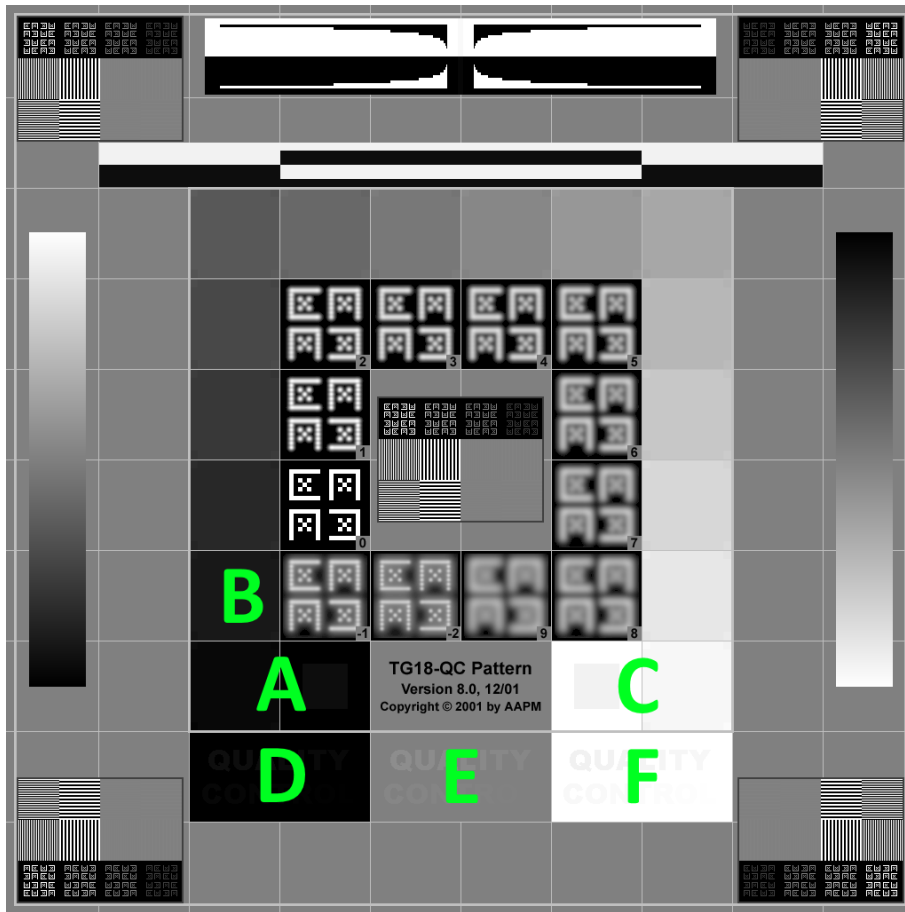
Szükség esetén vonalzó, nagyító.

Értékelő lap.

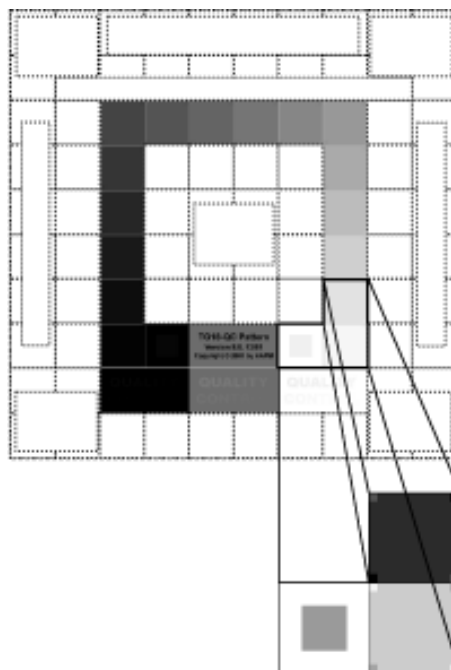
A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

A vizsgálathoz ajánlott ábra megjelenítéskor meghatározható a lelelező monitorok és a képkalkító munkaállomás megjelenítő egységének kontraszt-felbontása, látható fénysűrűsége, katódsugárcsőves (CRT) megjelenítők esetén geometriai torzítása, illetve a műtermékek láthatósága és megjelenése a felvételeken.

Jelenítsük meg az AAPM TG18-QC vizsgálóábrát a lelekezéshez használatos monitorokon és vizsgáljuk meg azokat kb. 30 cm távolságból megtekintve annak egyes részleteit úgy, hogy nem változtatunk a nagyításon, tehát a kép és a megjelenítő pixelei egy az egyben feleljenek meg a megjelenítéskor. Ha filmnyomtatót használunk, akkor értelemszerűen az újonnan kinyomtatott filmet kell a filmnéző szekrényen elhelyezni és a szokványos lelekezési körülmények között értékelni azt.



8. ábra: TG-18QC vizsgálóábra



9. ábra: A TG-18QC vizsgálóábra kontrasztlépcsői és kinagyított részletei



KIÉRTÉKELÉS

1. Határozzuk meg, hogy az ábra egyes területein ugyanolyan módon jelennek-e meg az egyes kontrasztlépcsők, mint az alapszint felmérésekor, vagy üzembe helyezéskor. Az egyes területek, vizsgálandó objektumok az alábbiak, a 8. ábrán zöld színű betűjelek szerint:
 - a. Az „A” jelzésű területtől az óramutató járása szerint az ábrán „B” betűvel jelölt mező irányában haladva, a négyzetek sarkaiban elhelyezett alacsonykontrasztú lépcsők vizsgálatával ellenőrizzük, hogy az alacsonykontrasztú lépcsők jól láthatóak-e. A kontraszt-lépcsők azonosításában a 9. ábra nyújt segítséget.
 - b. Az „A” és „C” jelzésű mezőknél az azok közepén található nagyobb négyzetek láthatóságát ellenőrizzük.
 - c. A „D”-„F” mezőkben egyre alacsonyabb kontraszttal megjelenő „QUALITY CONTROL” feliratban határozzuk meg, hogy ugyanannyi betű látható-e, mint amennyit korábban meghatároztunk.
2. Az ábra geometriai torzítása (katódsugárcsőves megjelenítőknél) megfigyelhető lehet, ha vonalzóval értékeljük az egyes négyzetek méretét a kép közepén és a szélein. Így objektív mérésre vezethető vissza a CRT torzítása.
3. Az ábrán műtermékek: foltok, vibrálás, színtorzulás, holt pixelek figyelhetőek meg, továbbá reflexiók, ha a monitor vagy a reflektív burkolata megsérült.
4. Az értékelés során jegyezzük fel, hogy minden látható kontrasztlépcső mennyisége azonos-e azzal, amelyet az alapszint felmérése során rögzítettünk.

Megjegyzés: A monitor (kinyomtatott film) megjelenítő képességét befolyásolja, hogy milyenek a megvilágítási körülmények és a legtöbb folyadékkristályos megjelenítőnél a betekintési szög is meghatározhatja, hogy egy adott kontrasztlépcső még megfigyelhető-e. Ügyelni kell e vizsgálat során arra, hogy a megtekintési körülmények, tehát a leletező helyiség fényviszonyai is azonosak legyenek a klinikai rutinban használatossal. Annak függvényében, hogy milyen minőségű monitort vizsgálunk, az eredmények különbözhetnek, de nem várható a megjelenítő-képesség romlása az alapszinthez képest. A leletező monitorok jobb minőségűek, mint a képalkotó munkaállomáshoz tartozó megjelenítők.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

A különböző betűkkel jelölt területeken megkülönböztethető alacsony kontrasztú részleteknek ugyanúgy kell megjelenniük, mint a leletező monitor használatba vételekor.

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

A műtermékek és elváltozások megjelenésekor, illetve a kontrasztlépcsők láthatóságának romlásakor a megjelenítő alapos, a gyártói előírásoknak megfelelő tisztítószerrel történő tisztítása után ismét ellenőrizni kell a vizsgálóábrát és feljegyezni az intézkedés eredményességét. Amennyiben nem sikerül így kiküszöbölni a hibát vagy problémát, úgy a hiba jellegétől függően gondoskodni kell a monitor megfelelő beállításáról, vagy fel kell venni a kapcsolatot a gyártó szakembereivel és javíttatni vagy beállíttatni a monitort.

4.5.2. KÉPRECEPTOR HOMOGENITÁSA

A képezékelővel 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 annak leképezését vizsgáljuk meg.

GYAKORISÁG

Hetente.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

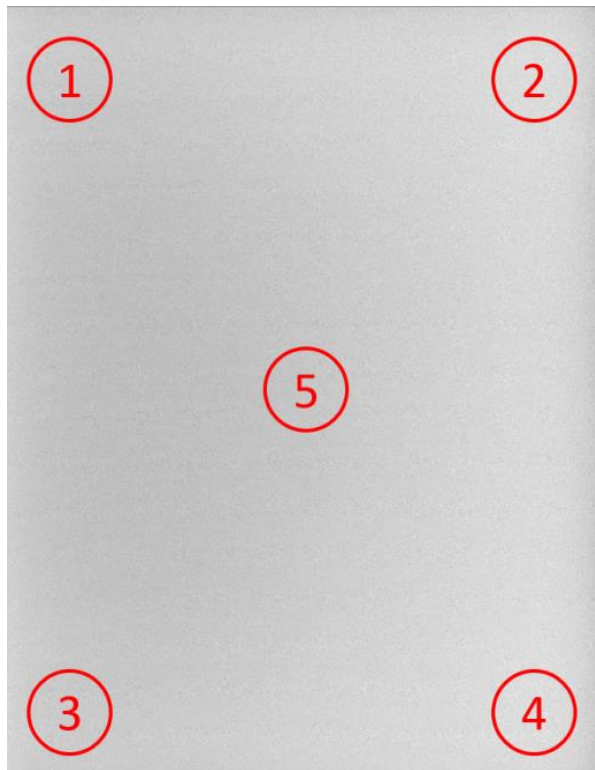
45 mm vastagságú, sérülésektől és mély karcoktól mentes plexilemez(ek), melyek olyan kiterjedésűek, hogy a legnagyobb kiválasztható képméretnél is fedik a teljes detektorfelületet.

A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

1. Helyezzük a plexilemez(ek)e)t a páciénstámaszra úgy, hogy az takarja a teljes felületet.
2. Szorítsuk le a kompressziós lemezt.
3. Készítsünk egy felvételt a szokványosan használt AEC üzemmóddal.
4. Jegyezzük fel a felvételi paramétereket (kVp, anód-szűrő kombináció, denzitáskorrekció [amennyiben állítható], AEC üzemmód és expozíció után a mAs visszajelzett értéke).

Megjegyzés: CR lemezek alkalmazása esetén minden olyan CR lemezen el kell végezni e vizsgálatot, amely használatban van.

KIÉRTÉKELÉS



10. ábra: Homogén fantomról készült felvétel értékelése



1. Értékeljük a nyers („for processing” jelzésű) felvételt úgy, hogy alkalmas képkiértékelő programmal kb. 1 cm²-es területeket jelölünk ki a kép homogén részének sarkain (1...4) és a közepén (5).
2. A program segítségével számítsuk ki a pixelértékek átlagát és szórását az egyes kijelölt területeken (sarkok: ÁTLAG 1...4, közép: ÁTLAG 5).
3. A sarkokhoz közel eső kijelölt területek közül válasszuk ki azt (ÁTLAG X), amelyik a leginkább eltér a közepén kijelölt terület pixelértékeinek átlagától. Ezek eltérését számoljuk ki úgy, hogy a középső átlagából vonjuk ki a sarokhoz közel eső terület átlagát, osszuk el a közepén található terület átlagával és szorozzuk meg százzal.

$$\text{ELTÉRÉS} = (\text{ÁTLAG 5} - \text{ÁTLAG X}) / \text{ÁTLAG 5} * 100$$

Megjegyzés: A felvételek értékeléséhez használható az ingyenesen és korlátozásmentesen letölthető „imageJ” szoftver, ld. még: 7.4 szakasz.

Megjegyzés: E felvétel(ek) elkészítése összevonható az AEC rendszer ellenőrzésével. Lásd 0 fejezet.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

Elvileg nem fogadhatóak el műtermékek és szembetűnő inhomogenitások. Ugyanakkor műtermékek észlelése esetén nem feltétlenül szükséges a rendszer használatát azonnal felfüggeszteni.

Az átlagos pixelérték az egyes tartományokban nem térhet el a kép közepén kijelölt területen mérhető érték átlagától több, mint 15%-kal.

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

Ha a diagnosztikai képminőséget befolyásoló elhelyezkedésű és méretű műtermékek jelennek meg a felvételen, akkor a felvételt ismételten 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 használatát.

4.6. RONTOTTFELVÉTEL-ELEMZÉS

E vizsgálat elsődleges célja a felvétel-ismétlések okainak azonosítása. Segítségével a sürgősebb tennivalók meghatározhatóak és így a szolgáltatás minősége javítható.

GYAKORISÁG

Negyedévente.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

A rontott filmek vagy felvételek és azonosítóik, adatlap.



A VIZSGÁLAT FOLYAMATA

Egy adatgyűjtő lapon negyedéves periódusok során jegyezzük fel az alábbi adatokat:

1. Rögzítsük a *rontott filmek vagy felvételek azonosítóit*. A rontott filmeket meg kell őrizni! A rontott felvételeket a digitális berendezéseknél nem feltétlenül szükséges továbbítani a képparchiváló rendszerbe (PACS), de lehetőség szerint legalább a munkaállomáson vagy a kiolvasónál szükséges elmenteni azokat.
2. Fel kell jegyezni az adott időszakban készült *összes értékelhető emlőfelvétel mennyiségét*.
3. Az *ismétlés mellett döntő személy nevét* rögzíteni kell az adatgyűjtő lapon. A felvétel megismétlésének szükségességéről dönthet a radiográfus helyben vagy a radiológus a felvétel értékelésekor.
4. Ha lehetséges az adat felvételekor, akkor rögzítsük a *nem-megfelelőség okát*. Ha ez az adat felvételekor nem lehetséges, akkor később kell azonosítani a hibát a felvételek ellenőrzésével.
5. Írjuk fel az adatlapra az egyes felvételeknél a *vetítési irányt* (CC, MLO, LAT) is.

Megjegyzés: FF rendszerek esetén megbízható forrásból érdemes megállapítani az egyes időszakokban az akkor felhasznált filmek számát. A raktárkészlet fogyásából, saját statisztikából vagy az előhívott filmek számából ez könnyen meghatározható. Ebből le kell vonni a minőség-ellenőrzésre felhasznált filmek számát és esetleges egyéb, nem páciensekről készített filmek számát.

KIÉRTÉKELÉS

Az adatlap elemzése során képezzük a hibaarányt mint a megismételt felvételek száma elosztva az ugyanazon időszakban készült összes értékelhető felvételek számával, százalékosan kifejezve.

A hibák leggyakoribb okai:

1. Expozíciós hiba: alul- vagy túlexponált felvétel.
2. Pozicionálási hiba: felvételtől lemarad a szövetállomány egy része.
3. Elmozdulás: páciens leképezett testrésze az expozíció alatt elmozdul.
4. Képhiba: egyéb kategóriákba nem sorolható hiba, amely értékelhetetlen felvételt eredményez (pl.: pixelhiba, erősítőfólia hiba stb.).
5. Személyi hiba: véletlen személyi hiba (pl.: törlés, fényt kapott a film stb.).
6. Egyéb műszaki hiba: berendezés által okozott hiba, ideértve a film feldolgozási folyamatát és az előhívó vagy a képfeldolgozó hibáit egyaránt.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

Az alábbi ajánlások alkalmazhatóak a rontott felvételek esetén:

Elérhető érték: < 3%.

Elfogadható érték: < 5%.

HELYESBÍTŐ INTÉZKEDÉSEK

A felvételek megismétlésének elemzésével számszerűsíthető és azonosítható, hogy milyen okok vezettek a felvételek megismétléséhez. Sok esetben a képképző rendszer hibái nem azonosíthatóak ilyen módon, erre a fantomfelvétel készítése és értékelése alkalmas. A rontott-felvétel arány a minőség-ellenőrzési program folyamatos értékelésének egy általános jelzőszáma.



Megjegyzés: A nagyon alacsony nem-megfelelőségi arány gyakran azt jelzi, hogy olyan felvételeket is elfogadnak, amelyet inkább meg kellett volna ismételni, tehát nem feltétlenül a jó gyakorlat bizonyítéka.

4.7. MECHANIKAI ÉS SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATOK

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

Az ellenőrzött tételek többsége alapvető fontosságú a páciensbiztonság, illetve a képminőség 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.

GYAKORISÁG

Naponta, egyes tételek ritkábban.

SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

Szobahőmérő (célszerűen a helyiség falán felfüggesztve).

Ellenőrzési lista.

VIZSGÁLT TÉTELEK

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 változtatott-e az alapbeállításokon.
4. Mérjük meg a mammográfiás helyiség hőmérsékletét.
5. Szemrevételezéssel ellenőrizzük a berendezés mozgó részeit.
6. Ellenőrizzük, hogy a kompressziós lemezeken nincsenek repedések.
7. Ellenőrizzük az emlőtámasz (Bucky) tisztaságát.
8. Ellenőrizzük a berendezés burkolatainak épségét.
9. Ellenőrizzük, hogy az összes 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.
10. Ellenőrizzük, hogy a dőlésszög kijelzése helyesen működik.
11. Ellenőrizzük, hogy a vezérlőpult kapcsolói, jelzőlámpái és kijelzői működnek és sérülésmentesek.
12. Ellenőrizzük, hogy a fénymezőkijelzés működik és jól látható.
13. Ellenőrizzük, hogy a megfelelő expozíciós táblázat rendelkezésre áll.
14. Digitális munkahely esetén: ellenőrizzük a leletező munkaállomáson a napi első felvétel elkészítése után, hogy a szükséges információk helyesen jelennek meg.



15. Filmes munkahely esetén: ellenőrizzük, hogy a szükséges információk valóban megjelennek a filmen.
16. Ellenőrizzük, hogy az arcvédő (face guard) megvan és ép.
17. Ellenőrizzük, hogy a gyártó által ajánlott tisztító- vagy fertőtlenítőszer a kompressziós lemezek és a páciens támasz tisztításához rendelkezésre áll.
18. Ellenőrizzünk minden egyéb működést, amelyet a gyártó rendszeresen javasol.
19. Ellenőrizzük a sugárvédő eszközök meglétét és épségét (a vezérlőpultnál található ólom-akril lemez, esetleg gonádvédő).

KIÉRTÉKELÉS

Javasolt egy napi és egy havi ellenőrzési lista használata a változók nyomon követésére.

ALAPÉRTÉKEK ÉS TÚRÉSHATÁROK

1. A helyiség hőmérsékletének a mammográfiás 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.

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.
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.

4.8. AZ ORVOSI FIZIKUSOK ÁLTAL VÉGZENDŐ VIZSGÁLATOK

Az orvosi fizikusok által végzendő, nagy eszközigenyű és a műszaki-technikai minőségbiztosítás területén szakértelmet megkívánó minőségellenőrző (QC) feladatokhoz a mammográfiás munkahelyek ún. *állapotvizsgálatának* elemeit soroljuk, tehát az „állapotvizsgálat” és az „orvosi fizikusok által végzendő vizsgálatok” a jelen dokumentumban szinonimaként értendők.

Az állapotvizsgálat elemeit nem lehet hosszú (5-10 éves) távra változatlan formában rögzíteni, mert egyrészt a technika fejlődése kikényszeríti azt, hogy a vizsgálati módszerek folyamatosan fejlődjenek, másrészt a tárgyra vonatkozó európai és nemzetközi ajánlások (EFOMP, AAPM, EUREF, IAEA, IEC) is ennek következtében folyamatosan változnak. A hazai minőség-ellenőrzési vizsgálati protokolloknak a technikai fejlődés és a mindennapi gyakorlat igényeinek megfelelő, ugyanakkor a valós lehetőségekkel is összhangban álló folyamatos továbbfejlesztése az orvosi fizikusok feladata és felelőssége.



Az ide tartozó vizsgálatok minimális gyakorisága 1 év, de számos olyan elemet tartalmaznak, amelyekre a mérvadó ajánlások féléves ellenőrzési ciklust javasolnak. Mindaddig, míg szélesebb körben nem sikerül meghonosítani e vizsgálatokat, addig az orvosi fizikusok kompetenciájába tartozó állapotvizsgálatok valamennyi elemére 1 éves ellenőrzési ciklust javasolunk. A szakmailag illetékes vezetés feladata jelenleg és a jövőben is, hogy egyrészt elősegítse és előírja, megkövetelje a rendszeres állapotvizsgálatokat, másrészt, hogy ezt kiterjessze valamennyi mammográfias munkahelyre. Gondoskodni kell az intézkedések betartásának megfelelő ellenőrzéséről, mulasztás esetén a szankcionálásról.

Az orvosi fizikusok által végzendő, magasabb műszerigényű minőség-ellenőrző vizsgálatokra vonatkozó jelenlegi ajánlásainkat az alábbiakban röviden, a tájékoztatás teljessége kedvéért ismertetjük. Ők a munkájukhoz a vonatkozó – általában angol nyelvű – európai és nemzetközi dokumentumokat közvetlenül alkalmazzák, így az állapotvizsgálati protokollok továbbfejlesztése a jelen kézikönyv újrakiadása nélkül is megvalósítható lesz. A következő bekezdés címszavakba szedve tartalmazza az állapotvizsgálatok során elvégzendő vizsgálatokat. Ismét hangsúlyozzuk, hogy e vizsgálatok csak a minimálisan szükségesek.

ÁLLAPOTVIZSGÁLATOK ÁTTEKINTÉSE

- A) Röntgensugárzás előállítása
 - 1. Sugárzás-kibocsátás
 - 2. kV-pontosság és felezőréteg-vastagság
- B) Automatikus expozícióvezérlő vizsgálata
 - 1. AEC rendszer reprodukálhatósága
 - 2. AEC tárgyvastagság-kompenzáció
- C) Képreceptor vizsgálata
 - 1. Válaszfüggvény értékelése
 - 2. Képreceptor homogenitása
 - 3. Térbeli felbontás értékelése, a modulációs átviteli függvény felvétele
 - 4. Képreceptor törlési határfoka, szellemképesedés (csak CR és DR)
 - 5. CR kazetták eltérései (csak CR rendszereknél)
 - 6. Film-fóliás rendszerek ellenőrzései
- D) Dozimetria
- E) Képminőség ellenőrzése, DICOM szürkeskála megjelenítő képesség
- F) Mechanikai vizsgálatok
 - 1. Kompressziós erő és tárgyvastagság mérésének pontossága
 - 2. Fényező-képreceptor egybeesése, tengelybeállítás
 - 3. Mellkasfali oldalon lemaradó szövetállomány

4.9. GÉPNAPLÓ

A mammográfias röntgenberendezések nagyértékű eszközök, akár csak más röntgenberendezések. 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. Ennek egyik kulcsfontosságú része egy napló, amelyre úgy is tekinthetünk, mint egy gépjármű szervizkönyvére. Szerepe abban áll, hogy segítségével gyorsan és megbízhatóan lehet ellenőrizni,



hogyan a berendezéseken milyen módosításokat, javításokat végeztek, illetve tájékoztatást ad arról, hogy megfelelő üzemi paraméterekkel működött-e egy adott időszakban. Ennek segítségével könnyebb kideríteni, 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 kézjegyével kell érvényesíteni. Ezt a fajta dokumentációt e kézikönyvben *gépnaplónak* nevezzük.

GÉPNAPLÓBAN RÖGZÍTENDŐ ADATOK:

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

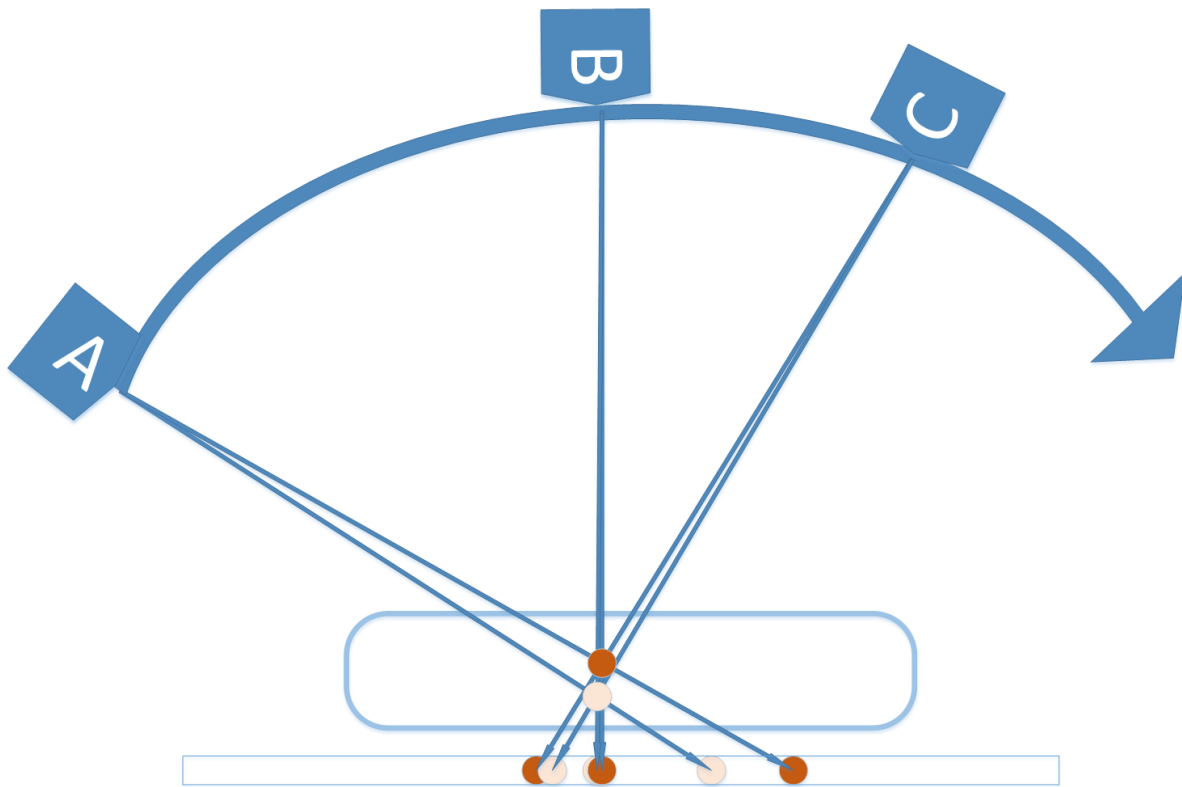
A gépnapló vezetése lehet integrált része is a minőségirányítási rendszernek és annak vezetésével megbízhatják a helyi radiográfus vezetőt, vagy szervezési okokból ezt vezetheti a mammográfiás röntgenberendezésnek otthont adó létesítmény műszaki osztálya egyaránt. A gépnaplónak ebben az esetben is a gép mellett kell rendelkezésre állnia.

4.10. TOMOSZINTÉZIS

DIGITÁLIS EMLŐ-TOMOSZINTÉZIS

A digitális emlő-tomoszintézis egy újabban bevezetett képalkotási mód a mammográfiában. Ennek a felvételtechnikának előfutára volt korábban a rétegfelvételezés, mely a CT-berendezések megjelenésével kezdett eltűnni. A tomográfia és a tomoszintézis elvileg kölcsönösen felcserélhető fogalmak, a görög 'metszet' és 'leképezés', illetve 'alkotás' (τομο- (tomo-: metszet), -γραφίες (-grafíes; írás, leképezés) és σύνθεσις (-sýnthesis: alkotás, készítés)) szavakból, azonban a gyógyászatban alkalmazásuk aszerint honosodott meg, hogy mennyire kifinomult az alkalmazásukkal végzett képalkotó eljárás.

A metszetalkotás leképezési elvét a következő ábra szemlélteti:



11. ábra: Metszetalkotás leképezési elve

A rétegfelvételezés előnye abban jelentkezik, hogy a hagyományos vetítéssel szemben nem egy, a vetítési irányhoz tartozó összegzett vagy másként szummációsnak nevezett képet szolgáltat, hanem az egymás alatt és felett elhelyezkedő részletek a vizsgált testben megkülönböztethetők azáltal, hogy a különböző nézetekből egy különleges képalkotási eljárással alkotja meg a metszeti rétegeket. A fenti, 11. ábrán az 'A', 'B', 'C' vetítési pontokból a digitális detektor különböző részein kerül leképezésre a merőleges 'B' vetítési pontból egymást átlapoló bordó és rózsaszín részletek. Ezzel a technikával tehát megkülönböztethetők az egyes síkokban egymást átlapoló részletek, mert térbeli leképezés történik.

A közhiedelemmel ellentétben nem állítható egyértelműen, hogy kisebb vagy nagyobb a tomoszintézis által okozott sugárterhelés az emlőre, az eddigi mérési eredmények alapján leggyakrabban megegyezik a két felvételi mód által jelentett kockázat, mert a berendezések az egyes vetítési pontokban egyenletesen megosztva adják le a dózist.

A DIGITÁLIS EMLŐ-TOMOSZINTÉZIS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI KÉRDÉSEI

A digitális emlő-tomoszintézis (Digital Breast Tomosynthesis, DBT) üzemmódok vagy az ilyen berendezések minőségbiztosításakor ugyanazok szerint a szempontok szerint kell értékelni a rendszer működőképességét, mint egyébként a digitális képérzékelővel felszerelt berendezéseknél. Ám néhány további vizsgálat is szükséges, illetve bizonyos esetekben egyes mérések fontosabbak, mert azokat könnyebb kivitelezni, így például a teljes felvételi vagy sugármeneti idő mérése. Az egyes mérési vagy vizsgálati módszerek nem feltétlenül egyeznek meg a hagyományos rendszereknél alkalmazottakkal. Az alábbiakban az „Európai referencia-szervezet a mammográfiás



szűrések és diagnosztikai szolgáltatások minőség-ellenőrzéséért” (EUREF) által kiadott „Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems” (a továbbiakban: DBT-QC) dokumentum 2016 júniusi, 1.01. verziója alapján fogalmazzuk meg ajánlásokat arra, hogyan érdemes e modalitás vizsgálatát elvégezni. Az említett kézikönyv részletesebb és mindenképpen érdemes tanulmányozni a minőség-ellenőrzési protokoll összeállítását megelőzően annak legújabb verzióját. Azokat a vizsgálatokat, amelyeknek a gyakorisága 6 hónap vagy annál ritkább, az orvosi fizikusoknak kell végezniük. A rendszeres, vagyis napi-heti, tehát a rutinszerűen végzendő vizsgálatok képezik a radiográfus feladatát.

A DBT rendszerekkel szemben támasztott követelmények, határértékek

A modalitás különlegességei ellenére általánosan megfogalmazható az a követelmény, hogy a DBT rendszereknek nem szabad „rosszabb” eredményeket és képminőséget produkálnia, mint a teljes mezős digitális mammográfoknak. További, specifikus követelményeket még egyetlen szabvány sem határozott meg, azonban ajánlások léteznek már, melyeket rendre említünk a méréseknél. A határértékek és elfogadhatósági kritériumok tekintetében az átvételi vizsgálat során mért értékek és a gyártói specifikációk, tűrések mérvadóak.

Csőfeszültség, HVL, dózis és a teljes felvételi idő meghatározása

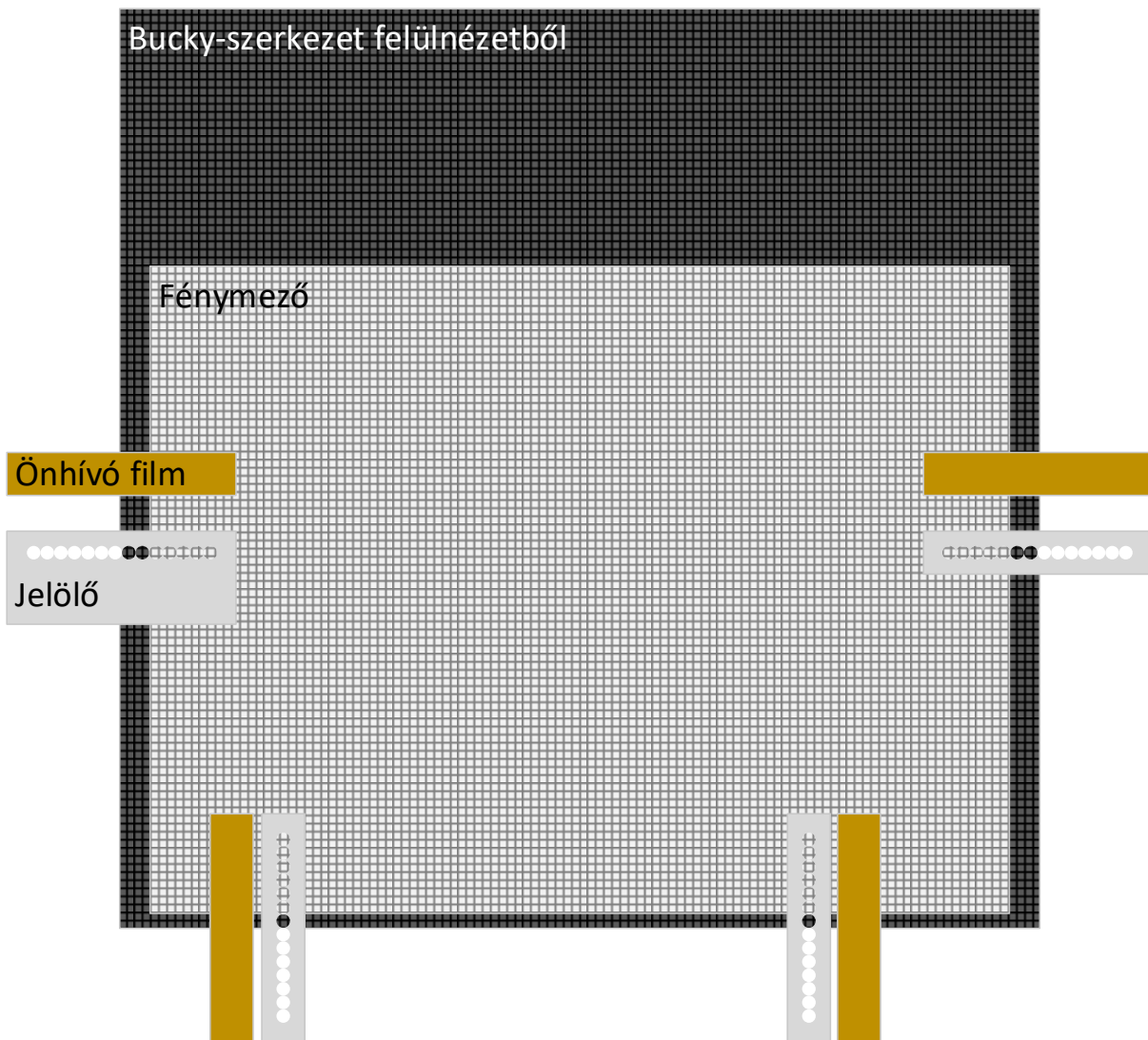
Néhány rendszer olyan fotonszámlálási képalkotó módot alkalmaz, amely nem teszi lehetővé, hogy a csőfeszültség, HVL és dózis mérését a hagyományos módon kivitelezzük. Ezek jellemzően a slot-scanning (rés-letapogató) rendszerek, amelyeknél a cső és az előtte elhelyezett kollimátor-rendszer folytonosan mozog a detektorral azonos szögsebességgel.

Amennyiben a rendszer alkalmas arra, hogy ne csak tomoszintézis üzemmódban alkosson képet, úgy érdemes olyan álló helyzetű módban meghatározni ezeket, melynél egyszerűen elhelyezhető a röntgen-multiméter a Bucky felett.

A DBT-QC konkrét követelményt csak a teljes felvételi idő vonatkozásában fogalmaz meg, amely a visszajelzett vagy a DICOM adatokból kinyerhető értékhez képest $\pm 10\%$ -os elfogadhatósági kritériumot ajánl a mért értékre az átvételkor meghatározott vagy a gyártói specifikációban megadotthoz képest.

Sugárhatárolás

A fénymező és a sugármező egybeesése, illetve a sugárhatárolás vizsgálata önhívó filmekkel, vagy polimer-alapú, sugárzásra érzékeny lemezekkel lehetséges. Ezeket a filmeket a fénymező szélén kell elhelyezni és nagyobb sugárgyengítésű, jelölt fémlamezekkel vagy más módon kell megjelölni. E mérési elrendezési vázlatot a 12. ábra szemlélteti. Amennyiben önhívó filmcsíkok nem állnak rendelkezésre, úgy használható még régi kazettákból származó erősítőfólia is fluoreszcens ernyőként. Ekkor külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a helyiségben alaposan besötétítsünk és viseljünk ólomköpenyt az expozíció során, melyet többször is szükséges lehet megismételni.



12. ábra: A sugárhatárolás vizsgálata DBT berendezéseknél

E modalitásnál is alapvető követelmény, hogy a mellkasfali oldalon túlnyúló szövetállomány ne haladja meg a rekonstruált felvételeken az 5 mm értéket, ennek ellenőrzése más módon is lehetséges (ld. még 4.2 szakasz). Magától értetődő, hogy a Bucky-szerkezeten nem nyúlhat túl oldalirányban a sugárnyaláb.

Automatikus expozíció-vezérlő ellenőrzése

Az AEC rendszer funkcióit és célját tekintve azonos azzal, amit a hagyományos rendszereknél alkalmaznak. A személyzet által elvégezhető, egyszerű vizsgálatok közé soroljuk a hosszú távú reprodukálhatóság vizsgálatát, hasonlóan az egyszerű digitális rendszerekhez. A vizsgálati módszer itt sem tér el, az SNR-t, csőáram-idő szorzatot és az átlagos pixel-értékeket kell összevetni az átvételi vizsgálat során meghatározott értékekkel. A vizsgálatra előírt gyakoriság változatlan. Az elfogadhatóság kritériuma változatlanul az, hogy az eredeti értékekhez képest ne legyen nagyobb az eltérés a mért értékekben 10%-nál.



Az állapotvizsgálatok során a rövid távú reprodukálhatóságot, a biztonsági retesz (backup timer) működését és a tárgyvastagság-kompenzációt kell ellenőrizni.

Kompresszió

A kompressziós erő mérésére az egyébként is használatos erőmérésen alapuló módszer alkalmas, az ott közölt követelményekkel. Természetesen a DBT esetén is alapvető, hogy a kompressziós lemez ép és repedésektől mentes legyen.

A képminőség vizsgálata

A DBT berendezések képminőségének objektív értékelésére még nem léteznek általánosan elfogadott vizsgálatok. A homogenitás vizsgálatával a radiográfusok is egyszerűen ellenőrizhetik, hogy nem találhatók a felvételeken műtermékek, hibás detektorelemek nem rontják a felvételek minőségét és a homogén vizsgálatokról homogén felvétel készül.

Az előbb leírtaknál bonyolultabb a tomográfiás kép egyes síkjaiban a képminőség állandóságának vizsgálata. E követelmény azt jelenti, hogy a felvételezett emlő minden síkjában azonos, de legalább az átvételi vizsgálatkor meghatározottal megegyező alacsonykontraszt-felbontást kell mutatnia a rendszernek. A DBT-QC ajánlása szerint ehhez a CDMAM fantom használata javasolt, de alkalmazható még az ún. TORMAM fantom is.

Különlegessége a modalitásnak, hogy az emlő metszetképeinek elkészítésekor, vagyis térbeli rekonstrukciója során nem szabad az egyes síkokban található részleteknek átlapolniuk a más síkokban található részletekkel. Ennek megítélésére a DBT-QC kézikönyv azt az ajánlást fogalmazza meg, hogy egy plexilemez furataiba ismert távolságra egymástól helyezünk el nagyobb sugárgyengítésű alumínium gömböket. Ezzel a geometriai torzítás is vizsgálható, amely akkor léphet fel, ha az ív mentén történő leképezés egyenetlen sebességű.

A DBT esetén a képek digitálisak, tehát ugyanúgy gondoskodni kell e berendezések esetén is arról, hogy a felvételek megtekintéséhez megfelelő monitort alkalmazzunk (lásd még 4.5.1 szakasz).

A radiográfus által végzendő vizsgálatok

1. Hosszú távú reprodukálhatóság

Gyakoriság: hetente

Szükséges eszköz: AEC és képreceptor homogenitás-ellenőrző fantom (45 mm vastag homogén plexi vizsgálatótest) amely a teljes képreceptorot lefedi.

A vizsgálat célja: lásd a 0 szakaszban leírtakat.

A vizsgálat folyamata:

1. Helyezzünk összesen 45 mm vastagságú plexilemezt a páciens támaszra.
2. Szorítsuk le a kompressziós lemezzel a vizsgálatótestet annyira, hogy az AEC rendszer működtethető legyen.
3. Válasszuk ki az egyébként használatos AEC üzemmódot.
4. AEC módban készítsünk 5 felvételt egymás után, azonos beállítások mellett.
5. Jegyezzük fel a felvételi paraméterek értékeit.



Kiértékelés:

A képkértékelő program (ld.: 7.4 szakasz) segítségével határozzuk meg minden egyes képre a kijelölt referencia ROI területen a pixelértékek átlagát (ÁTLAG) és szórását (SZÓRÁS). Számítsuk ki a jel/zaj arányt (SNR):

$$\text{SNR} = \text{ÁTLAG} / \text{SZÓRÁS}$$

Alapértékek és tűréshatárok

A röntgensőáram-idő szorzat (mAs), az átlagos pixelérték és az SNR a referencia ROI területen $\pm 10\%$ -nál kevesebbet ingadozhat. A felvételi paramétereknek állandóaknak kell lenniük.

A vizsgálatot követő tennivalók (helyesbítő intézkedések):

Hiba gyanúja esetén mindenképpen érdemes először megismételni a vizsgálatot. Amennyiben a megismételt ellenőrzés igazolja, hogy az AEC rendszer nem működik megfelelően, akkor a vizsgálat és az ismétlése eredményeinek függvényében meg kell fontolni, hogy a rendszert annak javításáig kivonják a használatból.

2. A rekonstruált tomoszintetikus kép homogenitása

Gyakoriság: hetente

Szükséges eszköz: AEC és képreceptor homogenitás-ellenőrző fantom (45 mm vastag homogén plexi vizsgálótest), amely a teljes képmezőt lefedi.

A vizsgálat célja: A homogenitás ellenőrzése a rekonstruált tomoszintetikus képeken.

A vizsgálat folyamata:

1. Helyezzük az összesen 45 mm vastagságú, a teljes mezőt lefedő 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.
4. Készítsünk egy DBT felvételt.
5. Jegyezzük fel a felvételi paraméterek értékeit.

Kiértékelés:

4. Értékeljük a nyers („for processing” jelzésű) felvételt úgy, hogy alkalmas képkértékelő programmal kb. 1 cm²-es területeket jelölünk ki a kép homogén részének sarkain (ÁTLAG_1...4) és a közepén (ÁTLAG_5).
5. A program segítségével számítsuk ki a pixelértékek átlagát és szórását az egyes kijelölt területeken.
6. A sarkokhoz közel eső kijelölt területek közül válasszuk ki azt, amelyik a leginkább eltér a közepén kijelölt terület pixelértékeinek átlagától (ÁTLAG_MAX). Ennek eltérését számoljuk ki úgy, hogy a középső átlagából vonjuk ki a sarokhoz közel eső terület átlagát, osszuk el a közepén található terület átlagával és szorozzuk meg százszal.



$$\text{ELTÉRÉS} = (\text{ÁTLAG}_5 - \text{ÁTLAG}_{\text{MAX}}) / \text{ÁTLAG}_5 * 100.$$

7. Ellenőrizzük vizuálisan az egész képmezőn, hogy láthatóak-e műtermékek vagy inhomogenitások.

Alapértékek és tűréshatárok

Nem szabad zavaró műtermékeknek látszani. Az átlagos pixelérték az egyes tartományokban nem térhet el a kép közepén kijelölt területen mérhető érték átlagától több, mint 15%-kal.

A vizsgálatot követő tennivalók (helyesbítő intézkedések):

Hiba gyanúja esetén mindenképpen érdemes először megismételni a vizsgálatot. Ezt megelőzően tisztítsuk meg a fantomot és a páciensstartót, a fantomot pedig forgassuk el 180°-kal. Amennyiben a megismételt ellenőrzés igazolja, hogy a képeken állandó jellegű műtermék mutatkozik, vegyünk fel a kapcsolatot a szervizzel.

3. A képmegjelenítés vizsgálata

Ez hasonló a digitális mammográfiánál végzendő vizsgálatokhoz: geometriai torzítás – vélhetően DBT berendezéshez ilyent már nem használnak –, kontraszt-láthatóság, illetve műtermékek megjelenése. E vizsgálatok mindegyike megegyezik a 4.5.1 szakaszban ismertetettekkel, és elvégzésükhöz csupán az ingyenesen letölthető vizsgálóábrára van szükség.



5. DOZIMETRIA

Az ionizáló sugárzások alkalmazása, indokoltsága a modern orvostudományban vitathatatlan. Ez a korábbi fejezetek alapján is tisztázott, azonban nem lenne teljes e kézikönyv a mammográfia tekintetében, hogyha éppen annak az egyik legkritikusabb kérdésével ne foglalkozna. A dózis mérése, meghatározása, vagy röviden csak dozimetria a mammográfias röntgenberendezések esetén egyrészt épít a hagyományos vizsgálómódszerekre, amelyek a projekciós vagy vetítés-alapú, transzmissziós elvű leképezésnél használatosak. 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. Az emlő parenchímájában is csupán a mirigyes állomány által elnyelt dózist szükséges számszerűsíteni a vizsgálat által jelentett kockázatok becsléséhez. A számítás során a bőr felszínét érő dózist (levegőkerma) határozzuk meg méréssel, vagy közvetve az expozíciós paraméterekből. 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 tényező* befolyásolja a bőrfelszínre érő dózist. Ez egyszerűbben így is felírható:

$$D = K \times g \times c \times s,$$

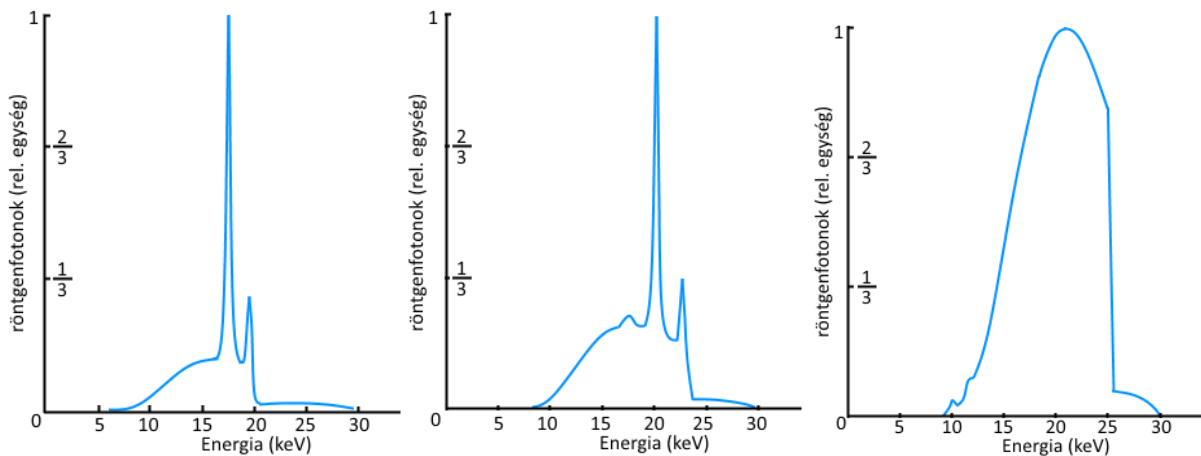
ahol:

- D: emlő mirigyes állományát érő átlagos elnyelt dózis mGy egységben,
- K: komprimált emlő bőrfelszínét érő röntgensugárzás levegőben elnyelt dózisa (levegőkerma), visszaszórás nélkül,
- g: mirigy dózis és a belépő levegő dózis aránya (mGy/mGy) 50 %-os mirigyességet (glandularitási tényezőt) feltételezve,
- c: mirigyességet módosító, kortól és a komprimált emlővastagságtól függő tényező,
- s: röntgensugárzás minőségére jellemző korrekciós tényező.

Fontos megjegyezni, hogy a g, c és s dimenziótlan tényezők egyaránt a sugárminőségtől, azaz a felezőréteg-vastagságtól függenek.

A MAMMOGRÁFIÁS RÖNTGENSUGÁRZÁS MINŐSÉGE

A mammográfia dozimetriája sugárfizikai szempontból azért is eltér a szokványostól, mert leggyakrabban olyan, szűkebb spektrumú sugárzást bocsát ki a berendezés, amely egy kisebb energiatartományra korlátozott. A 13. ábra szemlélteti a különböző anód-szűrő kombinációval a bőrfelszínre érő spektrumokat (az ábra szerint balról jobbra): molibdén-molibdén (a), ródiom-ródiom (b) és volfrám-ezüst (c) esetén, 30 kVp röntgensőfeszültség mellett.



13. ábra, 30 kV-os csúcscsőfeszültség mellett számított hozzávetőleges röntgenspektrumok, Mo/Mo (a), Rh/Rh (b), W/Ag (c) anód-szűrő kombinációk esetén (J. M. Boone nyomán)

A dozimetriai vizsgálatok során a sugárzás minőségének jellemzésére az alkalmazott anódot és szűrőt, illetve ezek mellett az úgynevezett felezőréteg-vastagságot kell ismernünk. E három együttesen ad elfogadható jellemzést a páciens bőrfelszínét érő sugárzás minőségéről.

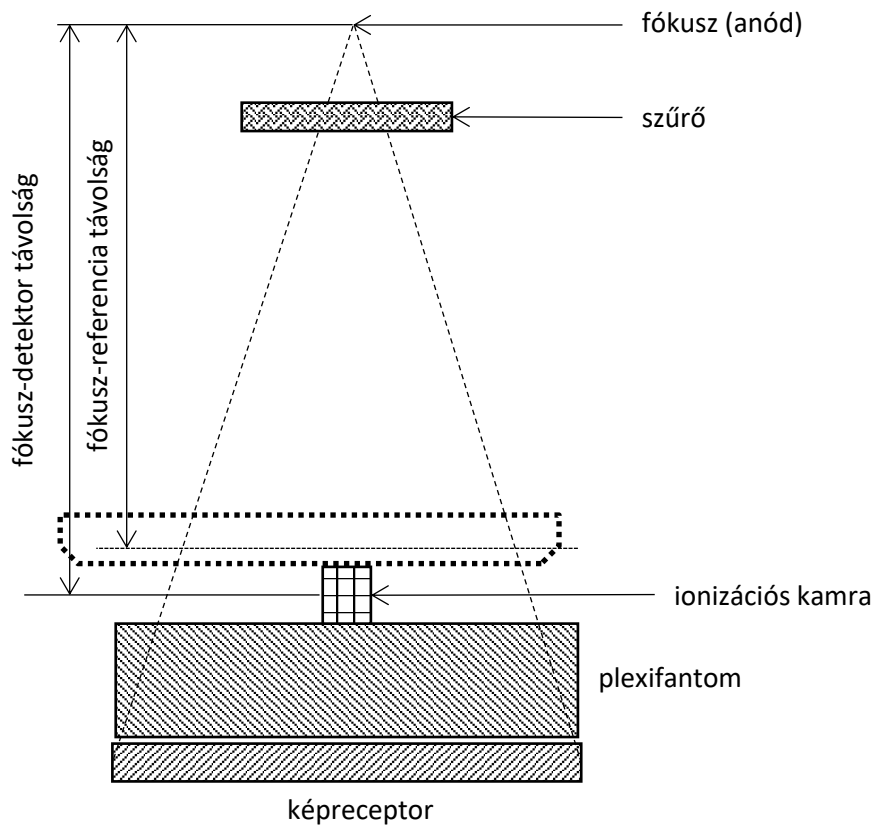
A MAMMOGRÁFIÁS RÖNTGENSUGÁRZÁS MENNYISÉGE

A mammográfiában kézenfekvő a páciensek sugárterhelésének nyomon követésére alkalmazni a számítástechnika előnyeit és hagyatkozni a digitális röntgenberendezések által kijelzett bőrfelszín-érő dózisa vagy *átlagos mirigydózisra* (gyakran: AGD, MGD, angolul: average vagy mean glandular dose). Ezeket a gyártó programozta be (maguk a berendezések nem mérnek dózist), és ezért ezek értékét rendszeresen ellenőrizni kell és meggyőződni a helyállóságukról, szükség esetén korrekciókat bevezetni, hogy a tényleges dozimetriai eredmény legyen a páciens sugárterheléséhez hozzárendelhető.

5.1. A BELÉPŐOLDALI BŐRDÓZIS ÉS AZ ÁTLAGOS MIRIGYDÓZIS MEGHATÁROZÁSÁNAK JELENTŐSÉGE ÉS MÓDSZEREI

A mennyiségi meghatározás megbízhatósága érdekében a röntgengenerátort is szükséges ellenőrizni az állapotvizsgálatok keretében, ugyanis annak elvárt működése, hogy ideális műszerrel végezve a mérést, a röntgensőre kapcsolt csőáram-idő szorzattal vagy töltésmennyiséggel lineárisan változzon a kibocsátott sugárzás mennyisége és így a dózis is.

A bőrfelszín-érő dózis meghatározható méréssel az alábbi ábra szerinti elrendezésben:



14. ábra: Mérési elrendezési vázlat a bőrdózis ellenőrzésére

A bőrdózis mérésekor ügyelni kell a pontos geometriai elrendezés alkalmazására. Az ábrán pontozott vonal jelzi a kompressziós lemez elhelyezkedését. Ez akár 30%-ban is csökkentheti a bőrfelszín sugárterhelését, ha be van helyezve és a vizsgálatokhoz elengedhetetlen, tehát ügyelni kell az alkalmazására. Az ábrán egy ionizációs kamra látható, ugyanakkor e vizsgálat elvégezhető más, a mérés kivitelezésére alkalmas eszközzel, amennyiben az az adott sugárminőség(ek)re kalibrálva van. Így például elvégezhető félvezető detektoros műszerrel, termolumineszcens dózismérővel vagy önhívó, polimer-alapú filmmel. A mérés során a következő képlet használható a berendezés által kijelzett átlagos mirigydózis ellenőrzéséhez:

$$D = K_{\text{bőr,mért}} \times (FDT/FRT)^2 \times (1/B) \times g \times c \times s,$$

ahol:

FDT: fókus-detektor távolság,

FRT: fókus-referencia távolság, amely a valódi emlő belépőoldali bőrfelszínének távolsága a fókusztól, ennek bevezetésére azért van szükség, mert a plexi sugárgyengítése jelentősebb, mint a valódi emlőé.

B: visszaszórás tényező, amellyel akkor szükséges korrekciót végeznünk, ha a visszaszórásra érzékeny dózismérőnk van (tehát amelyik a hátulról érkező sugarak ellen nincs árnyékolva).



Az ionkamra által mért dózist természetesen korrigálni kell a megfelelő tényezőkkel (légsűrűség, kalibrációs tényező, energiafüggés stb.).

A bőrdózis meghatározásához nemcsak ionizációs kamra alkalmazható, mérhető a bőrdózis félvezetős, univerzális röntgenparaméter-mérő készülékkel is. A mérés menete ekkor egyszerűsödik, a szerzők által kikísérletezett „behelyettesítési módszer”-rel:

1. 20, 30, 40, 45, 50, 60, 70 és esetleg 80 mm vastagságú plexilemezek sorozataival készítsünk felvételeket az egyébként is alkalmazott AEC üzemmódban. Az emlővastagságokat állítsuk be annak megfelelően, ahogy az az alábbi (6.) táblázatban szerepel:

6. táblázat: Plexilemez és ekvivalens emlő vastagság

Plexi vastagsága (mm)	20	30	40	45	50	60	70	80
Ekvivalens emlő vastagsága (mm)	21	32	45	53	60	75	90	103

2. Minden expozíciónál rögzítsük a kiválasztott anód-szűrő kombinációt, a csőfeszültséget, csőáram-idő szorzatot (vagy a csőáramot és az időt), illetve ha alkalmazható, akkor az AEC kamra pozícióját, valamint természetesen a belépőoldali bőrdózist és a berendezés által kijelzett, kalkulált mirigydózist és a bőrdózist.
3. A következő lépésben fedjük le a képreceptort egy ólom- vagy acéllemezzel vagy más, hasonlóan nagy sugárgyengítésű lemezzel, ha a képérzékelő nem távolítható el. Így elkerülhető a szellemképesedés.
4. A röntgen-multiméter érzékelőjét helyezzük a mellkasfaltól 6 cm-re, középre igazítva a páciens támaszra, majd komprimáljuk, vagy gondoskodjunk arról, hogy a kompressziós lemez sugárgyengítő hatását is számszerűsíthesse a műszer (csak a lemezt tegyük rá). Utóbbi kényelmi szempont lehet, ha a kompressziós lemez automatikus felengedésének kikapcsolása nem lehetséges.
5. Manuális expozíciós módban válasszuk ki rendre azokat a csőfeszültségeket és anód-szűrő kombinációkat, amelyeket az automatika használatával kaptunk a plexilemezek exponálásakor. A csőáram-idő szorzatra állítsunk be egy olyan állandó értéket, amely nem terheli a generátort, de kielégítően alacsony bizonytalansággal lehet mérni, például 20 mAs-t.
6. A csőfeszültség és anód-szűrő kombinációkat variálva minden korábbi beállításkor végezzünk mérést és írjuk fel a műszer által mért elnyelt dózist.
7. A számítások elvégzéséhez használjuk a korábban megadott képletet, ügyelve arra, hogy a tényleges töltésmennyiség és a kiválasztott csőáram-idő szorzat hányadosával korrigáljuk a mért értéket.

Megjegyzés¹: A „behelyettesítési módszer” csak akkor alkalmazható, ha a generátor megfelelő reprodukálhatóságú, és így nem befolyásolja a mérés bizonytalanságát jelentős mértékben.

Megjegyzés²: A legtöbb műszer, ideértve a félvezető detektorokat és néhány ionizációs kamrát, olyan árnyékolással bír, hogy nem szükséges a visszaszórás tényezővel korrigálni a mért értékeket.

Megjegyzés³: A plexilemez sugárgyengítése jelentősebb, annak sűrűsége és effektív rendszáma miatt, mint az emlőé. Ezért AEC módban egy adott komprimált vastagságú emlő érzékelésének



„kikényszerítéséhez” célszerű támasztókat vagy más, hasonló megoldást alkalmazni a kijelzett emlővastagság adott értékre való beállításához.

A mérés kiértékelésekor a korábbi átvételi vagy állapotvizsgálatok dozimetriai eredményeinek felhasználásán felül az alábbi (7.) táblázatot használhatjuk az értékek megítélésére.

A táblázatban feltüntetett elfogadható értékek meghaladása esetén meg kell vizsgálni, hogy mi okozhatja a dózis növekedését. Meg kell jegyeznünk azt is, hogy ha a korábbi átvételi vizsgálathoz vagy állapotvizsgálatokhoz képest az azonos paraméterekkel mérhető bőrdózis csökkent, akkor az vélhetően a képminőség romlását jelenti. Mindezeknek számos oka lehet, amelynek részletezése nem tárgy a kézikönyvnek.

7. táblázat: Elfogadható és elérhető mirigydózis

Ekvivalens emlő vastagsága (mm)	plexi vastagsága (mm)	Az EPQC 4 ajánlása szerint	
		elfogadható (mGy)	elérhető (mGy)
21	20	≤ 1,0	≤ 0,6
32	30	≤ 1,5	≤ 1,0
45	40	≤ 2,0	≤ 1,6
53	45	≤ 2,5	≤ 2,0
60	50	≤ 3,0	≤ 2,4
75	60	≤ 4,5	≤ 3,6
90	70	≤ 6,5	≤ 5,1
103	80	nincs ajánlott érték	nincs ajánlott érték

5.2. A DÓZISKIJELZÉSEK ÉRTELMEZÉSE

A berendezések által kijelzett sugárterhelés az alábbi fejezetben leírtak szerint az átlagos mirigydózis. Ez közvetlenül csupán egy fizikai mennyiség, önmagában nem számszerűsíti a kockázatokat. A kockázatok mérlegelésére, tehát az ionizáló sugárzás sztochasztikus hatása miatt várhatóan kialakuló daganatok megjelenése valószínűségének jellemzésére még az emlő ún. szöveti súlyozó tényezőjét is figyelembe kell vennünk. Ez az ICRP 103. számú publikációja szerint 0,12 értékű. A röntgensugárzástól eltérő ionizáló sugárzások esetén még a kockázatok számszerűsítésére a sugárzás minőségi tényezőjét, annak szöveteket roncsoló képességét is figyelembe kell vennünk, azonban a röntgensugárzás esetén e szorzótényező értéke 1.

Példaként egy nézetből az emlő felvételezése során az átlagos mirigydózis értéke 1 mGy. Az emlő szöveti súlyozó tényezője 0,12, azonban egy felvétel alatt a teljes szervnek csak a felét éri sugárzás. Az egyetlen felvételtől származó sugárterhelés tehát $1 \text{ mGy} \times 0,06 \text{ Sv/Gy} = 0,06 \text{ mSv}$. Ez kb. egy hétnyi háttérsugárzásnak felel meg. Az emlő diagnosztikai célú leképezése során természetesen több nézetből készül egy-egy emlőről felvétel, általában mindösszesen 4 darab. Ez tehát a példánknál maradva, összesen kb. négyszeresét jelenti az egyetlen emlőre kiszámított sugárterhelésnek, vagyis 0,24 mSv. E kockázat a becsléshez alkalmazott modell minden bizonytalanságát figyelembe véve sem elhanyagolható.



Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy ha még egyetlen személy esetén ez nem is tűnik soknak, de egy népegészségügyi szűrőprogram keretében egyetlen év alatt az összes, egészséges személyen végzett szűrési célú képalkotó vizsgálat kockázata már jelentős mértékű kollektív dózissal jár. A sugárvédelemben alkalmazott lineáris küszöb nélküli modell szerint ilyen nagyságrendű sugárterhelés már emberéletekben kifejezhető. E tényező az, amelyet a szűrőprogramok indokoltságának megalapozásakor a kockázat-haszon mérlegelésénél figyelembe kell venni és meghatározni, hogy a szűrőprogram által megmentettek száma jelentősen meghaladja-e a szűrővizsgálat ilyen kockázatát. Hangsúlyozni kell, hogy az előbbieken említett kollektív dózis által jelentett kockázat nagyságrendekkel elmarad a várható haszontól, az emlőrák korai felismerése által megmentett emberéletek száma és mértéke alapján.

Régi bölcsesség, hogy „annak a röntgenvizsgálatnak a legkisebb a sugárterhelése, amelyet nem végeznek el”. Ezért minden esetben törekednünk kell arra, hogy elkerüljük a felvételek különböző okokból történő ismétlését.

5.3. A PÁCIENSEK SUGÁRTERHELÉSÉNEK NYOMON KÖVETÉSE

Korábban tisztáztuk, hogy nem lehetséges korlátozni a páciensek sugárterhelését. Akad azonban néhány olyan eszköz, amellyel kielégíthetőek a gondosság és az ALARA-elv által támasztott igények.

A páciensek sugárterhelésének ésszerű csökkentése érdekében ezért nyilvántartást kell vezetni mindazokról a paraméterekről, melyek az egyes expozíciókat jellemzik. Ez a páciens objektív tájékoztatása érdekében is kötelezettség az Európai Unió tagországaiban, mert a sugárterhelés meghatározásához szükséges adatok az előírások szerint a lelet részét képezik.

A nyilvántartandó adatok java a digitális modalitásoknál, illetve a modern kórházi informatikai rendszerekben rendelkezésre állnak. Ezeket két csoportra lehet bontani: általános, a páciensre és a vizsgálatra jellemző adatok, illetve az egyes expozíciók paraméterei. Fontos, hogy ezeknek az adatokat minden expozíció során rögzíteni kell. A nyilvántartáshoz javasolt adatok köre az alábbi (8.) táblázatban található:

8. táblázat: Általános adatok a sugárterhelés nyilvántartásához

Adat	Megjegyzés
TAJ szám	A társadalombiztosítási azonosító jel, vagy egyéb személyi azonosító adat egyértelműen azonosítja a személyeket.
Páciens neve	A könnyebb azonosítás érdekében használható adat.
Páciens neme	A páciens neme elsősorban a klinikai mammográfiában releváns adat. A szervezett emlőszűrésben, ahol csak nőket vizsgálnak, elhagyható.
Páciens kora	A kockázatok objektív értékeléséhez és a mirigyesség meghatározásához szükséges adat.
Berendezés egyértelmű azonosítása	A legegyszerűbben egy adott munkahelyen a berendezések számokkal azonosíthatóak, pl.: MAMMO2. Ez az információ



	gyakorlatilag a berendezésre vonatkozó olyan információkkal kapcsolja össze az adatot, mint annak gyártója, típusa, gyári száma, illetve további műszaki tulajdonságai.
Vizsgálat OENO kódja	A vizsgálatok egyértelmű azonosítását szolgáló adat.
Radiográfus	A vizsgálat kivitelezéséért végső soron a felelősséget a kezelőorvos viseli, azonban annak gyakorlati kivitelezését többen végezhetik. Ez tehát a felelősség objektív megítélésére használatos adat.
Beutaló orvos (diagnosztikus vizsgálat esetén)	A beutaló orvost érdemes számontartani, szintén a felelősség megítélésére.

9. táblázat: Expozíciókat jellemző (visszajelzett) adatok

Adat	Megjegyzés
Röntgencső csúcsfeszültsége (kVp)	A röntgenberendezés által kibocsátott sugárzás minőségét jellemző paraméter.
Anód-szűrő kombináció	A csőfeszültséggel együtt ez határozza meg egyértelműen az emlőt érő sugárzás minőségét.
Felezőréteg-vastagság (mm Al)	A fentebbi két adat alapján egyértelműen meghatározott adat. Elengedhetetlen a dozimetriai számítások elvégzéséhez. A berendezés maga nem ad erről információt, de az átvételi és állapotvizsgálatok során méréssel meghatározzák. A berendezések műszaki specifikációja is tartalmazza, azonban az általában csak referencia-adat.
Fókuszméret	A fókusz mérete a legtöbb berendezésnél csak nagyításnál változik. Amennyiben a berendezés ad visszajelzést a fókuszméretről, azt fel kell jegyezni.
Csőáram (mA)	A sugárzás mennyiségét meghatározó tényezők. Ezek közül lehetőség szerint a csőáramot és az időt kell nyilvántartani vagy ezek szorzatát. Bizonyos berendezések csak a visszajelzett csőáram-idő szorzatról adnak visszajelzést.
Expozíciós idő (s)	
Csőáram-idő szorzat (mAs)	
Felvételi mód	A felvételezéshez alkalmazott mód. Például az alkalmazott AEC mód vagy manuális felvétel, nagyítás, biopszia, tomosztézis stb.
AEC érzékelő	Amennyiben olyan berendezést alkalmaznak, amelyeknél az AEC kamra pozíciója kiválasztható vagy olyan digitális berendezést alkalmaznak, amely a képreceptor bizonyos hányadát alkalmazza csak az expozíciós paraméterek meghatározásához, akkor érdemes ezt külön számontartani, ha egyébként más adat alapján nem egyértelmű.
Fókusz-képreceptor vagy fókusz-emplőtartó távolság	Az emlő bőrfelszínének helyzete meghatározásához elengedhetetlen adat. Amennyiben változtatható e távolság, akkor mindenképpen fel kell jegyezni, egyébként a berendezés műszaki paraméterei alapján adott (pl. 660 mm vagy 670 mm).
Komprimált emlővastagság	A komprimált emlő vastagságából határozható meg a pontos fókusz-bőr távolság.



Adat	Megjegyzés
Kijelzett bőrdózis	Néhány modern berendezés ezt az adatot is közli. A gyártó által adott műszaki leírást tanulmányozni kell, hogy egyértelműen kiderüljön, hogyan történik ennek kiszámítása. A berendezés dozimetriai vizsgálata során meghatározott korrekciós tényezőkkel korrigálni kell.
Kijelzett átlagos mirigydózis	A legtöbb modern berendezés ezt az adatot kiszámítja, ugyanis a nemzetközi termékszabvány ezt megköveteli. A berendezés dozimetriai ellenőrzése során ennek a helyességét ellenőrizni kell. Ha szükséges, akkor korrekciót kell alkalmazni a dozimetriai vizsgálatok eredményei alapján.
Képmező mérete	Amennyiben a felvételi mód alapján ez nem egyértelmű, illetve ha változtatható, akkor rögzíteni kell.
Felvétel iránya	A felvétel iránya (CC, MLO stb.)
Kompressziós erő	A visszajelzett kompressziós erő, amelyet a berendezés kiír, hatással van a képminőségre, illetve ennek számon tartása által felderíthetők az AEC egyes hibái.
A felvétel értékelhetősége	A felvételezés abban az esetben is okoz sugárterhelést, ha sikertelen volt. Ekkor fel kell jegyezni azt is, hogy mi volt ennek az oka. Lásd még 4.6 szakasz.

A páciensek sugárterheléséről vezetett nyilvántartás alapján meghatározhatóak helyi szinten is *diagnosztikai irányadó szintek*. Ehhez érdemes az emlővastagság és kor szerint csoportosítani az adatokat, figyelembe venni a felvételezési módot és konzultálni az eredményekről a radiológusnak orvosi fizikussal. A diagnosztikai irányadó szintek nem használhatóak közvetlenül az optimaláláshoz, de kiindulási pontként alkalmazhatóak annak elvégzésekor. A diagnosztikai irányadó szintek segítségével összehasonlítható, hogy az egyes berendezések hogyan teljesítenek a nemzeti és nemzetközi ajánlásokban közöltekhez képest dozimetriai szempontból. Az optimalálás érdekében további lépéseket szükséges tenni; értékelni kell, hogy a felvételek által nyújtott diagnosztikai információ elégséges-e, illetve, hogy csökkenthető-e a dózis akár abban az esetben is, ha az a képminőség romlásával jár. Fontos kiemelni, hogy az egyes nemzetközi szakirodalmakban megjelent diagnosztikai irányadó szinteknek való megfelelés, jelen esetben az egy-egy felvételre megadott átlagos mirigydózis nem feltétlenül azonos a jó gyakorlattal, mert a felmérések során eltérő technikát alkalmazhatnak. Az irányadó szintek összehasonlíthatóságához tehát azonos céllal, hasonló módszerrel vagy eljárással végzett képalkotás és nagyobb mintaszám szükséges.

Ez természetesen nem azt jelenti, hogy azonnal minden felvételre kiterjedő, széleskörű elemzésbe kell kezdeni. Egy kisebb minta elemzésével is feltárhatóak a legsúlyosabb hiányosságok és ezek alapján is megkezdhető az optimalálás. Amennyiben a munkahely erőforrásai nem teszik lehetővé a kiterjedt vizsgálatot, akkor néhányszor 10 páciens adatainak elemzésével kell megkezdni az adatgyűjtést.

A nyilvántartás létrehozására léteznek különböző szoftverek, amelyek segítségével begyűjthető a fenti táblázatokban található adatok egy része, de emellett még szükség lehet manuális adatbevitelre is. Nagyon fontos megjegyezni, hogy e szoftverek kiválasztásakor körültekintőnek kell lenni, mert meglehetősen költséges lehet az egyszeri és rendszeres licenz díjuk. Önmagukban e



szoftverek nem elégségesek ahhoz, hogy javítsanak a helyi gyakorlaton, csökkentsék a dózisokat, ezért az általuk nyert haszon megkérdőjelezhető. Az e szoftverek által nyújtott szolgáltatás nem az egyetlen módja annak, hogy a páciensek sugárterhelésére vonatkozó adatokat számontartsák.



6. OPTIMÁLÁS

6.1. AZ EGYES VIZSGÁLÓMÓDSZEREK HELYE ÉS SZEREPE

Az emlő vizsgálatára használt módszereknek széles skálája van, azonban eredményesség szempontjából a módszerek között jelentős különbségek vannak. Ezeket sorra vesszük a következő fejezetben és ismertetjük azokat, amelyek ionizáló sugárzás alkalmazásával járnak, illetve megkülönböztetjük őket aszerint is, hogy a modern orvostudomány vizsgálmódszerének tekinthetőek-e, tudományosan nem elfogadottak vagy egyszerűen kuruzslásnak tudhatóak be.

6.1.1. IONIZÁLÓ SUGÁRZÁST NEM ALKALMAZÓ VIZSGÁLÓMÓDSZEREK

ULTRAHANG MAMMOGRÁFIA (EMLŐ ULTRAHANG, AUTOMATA ULTRAHANG MAMMOGRÁFIA)

30 éves kor alatt ionizáló sugárzás alkalmazásával járó módszereket csak kivételes esetben használunk az emlő vizsgálatára. A fiatalok, a várandós és szoptató nők vizsgálatára az ultrahang diagnosztikát használjuk. Az idősebb korosztály esetén a denz emlőszövettel rendelkező és magas rizikójú betegek csoportjában is kiegészítő vizsgálatként fontos szereppel bír az ultrahang. Az emlő ultrahang vizsgálatára általában a magas frekvenciájú lineáris vizsgálófejeket használjuk, a részletdúsabb, nagyobb felbontású képalkotás érdekében. A negatív röntgen-mammográfia a negatív ultrahang vizsgálattal együtt magas negatív prediktív értékkel bír. A csak ultrahang vizsgálattal (hagyományos, nem automatizált ultrahang vizsgálat) látható léziók pozitív prediktív értéke alacsony, mindössze 10,3%-ra tehető. Az emlő ultrahang vizsgálat álpozitivitása több mint 30%-kal nagyobb arányú, mint a mammográfiás vizsgálaté. Az ultrahang alkalmas a mammogramon nem, de az MRI-felvételeken látható léziók lokalizálására és a szövetmintavétel vezérlésére. A regionális nyirokcsomók szerkezetének ábrázolásával megkülönböztethetőek a hiperpláziás nyirokcsomók a tumoros nyirokcsomóktól, de ezt túbiopsziával ajánlatos megerősíteni.

A legújabb automata ultrahang mammográfia a denz emlők szűrésére használatos. A digitális mammográfiával együtt jelentős mértékben megnöveli az emlőszűrés szenzitivitását és specificitását. Alkalmazása a hagyományos ultrahang vizsgálatához képest növeli a leszűrhető nők számát. A módszer az elváltozások precíz lokalizálásán, kétsíkú megjelenítésén kívül koronális síkú rekonstrukcióra és 3D megjelenítésre is képes.

EMLŐ MRI VIZSGÁLAT

A dinamikus kontraszthalmozásos MRI mammográfia széles körben használatos a fiatalok emlőszűrésére. Az emlő MRI negatív prediktív értéke (NPV) 99,8 %. A jó- és rosszindulatú tumorok elkülönítésében a diffúziósúlyozott MRI képalkotás (DWI) és az ADC (apparent diffusion coefficient) mérés tovább javítja az MRI vizsgálat pozitív prediktív értékét (PPV), azaz csökkenti a fals pozitív esetek számát. A műtét utáni heg és tumor elkülönítésében a NPV és a PPV egyaránt magas. A tumorok agresszivitásának megítélésében a BOLD FMRI (blood oxygen level dependent functional magnetic resonance imaging) méréseknek van jelentősége a szöveti hypoxia megítélése révén. Az Amerikai Rákellenes Társaság (American Cancer Society) javaslata alapján minden BRCA genetikai vizsgálat szerint mutációval rendelkező, vagy 20-25%-nyi egész élettartamra vonatkozó rizikóval rendelkező nő esetén évente kellene végezni MRI emlő szűrést. Az emlő MRI vizsgálata indokolt, ha a betegnél emlő tumor metasztázis igazolódott, de negatív a mammográfia, vagy ha a



neoadjuváns terápiára reagáló betegek kiválasztása a cél. Az emlő MRI vizsgálat alkalmas arra is, hogy kezelés után lokálrecidívát vagy műtét utáni reziduális tumort kimutathassunk. Emlőimplantátummal rendelkező betegek vizsgálatára, szűrésére, illetve az implantátum integritásának megítélésére szintén alkalmas vizsgálati módszer. Alkalmas az invazív duktális karcinóma kiterjedésének megítélésére. A menstruáció után 7-8 nappal végzett MRI esetén csökken a betegvisszahívások száma. A preoperatív MRI segít a kontralateralis tumorok felfedezésében és módosíthatja a műtéti technikát a tumor pontos kiterjedésének megítélésével. A fentiek miatt a technika hozzáférhetősége javulásának köszönhetően egyre nagyobb teret hódít az emlődiagnosztikában.

6.1.2. IONIZÁLÓ SUGÁRZÁST ALKALMAZÓ VIZSGÁLÓMÓDSZEREK

E kézikönyv a röntgensugárzás alkalmazásával járó mammográfiás képalkotással foglalkozik érdemben. A nukleáris medicinához sorolható PET, PET-CT és SPECT, SPECT-CT, illetve a szcinti-mammográfiás vizsgálatok, valamint a CT-vizsgálatok nem kapcsolódnak szorosan e kézikönyvhöz, tehát csak említésként jelennek meg a következőkben. Az ionizáló sugárzást alkalmazó vizsgálmódszereket az alábbiakban soroljuk fel, és ismertetjük azokat, amelyekre részletesebben nem tér ki e kézikönyv.

1. „Hagyományos” analóg röntgen mammográfia (RM)
2. Teljes mezős direkt digitális röntgen mammográfia (FFDM, full-field digital mammography)
3. Kontrasztanyagossal mamográfia
4. Emlő tomoszintézis
5. CT-mammográfia (kontraszthalmozásos, kettős energiájú, perfúziós stb.)
6. Emlő PET, PET-CT vizsgálat
7. Emlő SPECT, SPECT-CT vizsgálat
8. Emlő-szcintigráfia, szcinti-mammográfia

A teljesmezős direkt digitális mammográfiáról és az emlő tomoszintézisről leírás a 4.5 és a 4.10 szakaszban található.

CT-MAMMOGRÁFIA

A számítógépes rétegfelvételezés az 1970-es években indult hódító útjára és mára olyan szinten kiforrott a technológia, hogy a különböző felvételezési technikák alkalmazásával, így a kettős energiájú képalkotással, valamint a perfúziós és kontraszthalmozásos vizsgálatokkal jó eredménnyel diagnosztizálhatók az emlő különböző elváltozásai is. Speciális, kizárólag az emlő CT vizsgálatára kifejlesztett vizsgálóberendezések is léteznek, de meg kell jegyezni, hogy a CT-vizsgálatok nagyobb sugárterheléssel járnak a páciensre nézve, míg specificitása az emlőrák tekintetében nem jobb, mint a mammográfiáé, ezért jelenleg nem sorolható az elsődlegesen ajánlható diagnosztikai módszerek közé.

NUKLEÁRIS MEDICINA VIZSGÁLATOK

E vizsgálatok során elsősorban molekuláris és metabolikus, azaz funkcionális szempontból elemezhetőek az egyes szervek és szövetek. A radioaktív nyomjelzés technika alkalmazásakor egy olyan molekulát kell választani, amely a vizsgálandó szervhez, szövethez, vagy akár éppen a tumorhoz kötődik és e molekulát el kell látni egy nyomjelzővel, amely szükségszerűen radioaktív izotóp (Tc-99m sestamibi). Ennek az izotópnak a bomlásából származó sugárzás a vizsgálat során kilép az ember szervezetéből és a megfelelő mérés technikai módszerekkel mérhető, illetve kép



alkotható a segítségével. Amennyiben a szerv vagy szövet megfelelően működik, úgy a nyomjelzett anyag ott feldúsul és jelzi annak helyes működését. Amennyiben elzáródás vagy hibás szervfunkció következtében nem az elvárható halmozást mutatja a szerv, úgy egyértelműen kirajzolódik a felvételen e hiányosság.

Külön említést érdemel a pozitron-emissziós tomográfia, illetve a CT-vel kombinált változata, melynek során FDG-t (2-dezoxi-2-fluoro(F18)-D-glükóz) juttatnak a páciens szervezetébe. Ez tulajdonképpen egy cukor-molekula, amelyet a már említett módon radioaktív fluorral nyomjeleztek. Ennek segítségével azok a szervek és szövetek mutatnak FDG halmozást (melyet a pozitron-annihiláció jelez), melyek anyagcseréje jelentős, tápanyagfelvételük megnövekedett, tehát jellemzően a tumorok. E vizsgálatok során a CT-nek az anatómiai lokalizációban van szerepe, illetve a vizsgálaton átesett személy sugárgyengítéséről is információt ad, tehát a későbbi, esetleges sugárterápiás kezelésnél a tumor céltérfogatának kontúrozása és a tervezés is lehetséges. A nukleáris medicina vizsgálatok szenzitivitása a primer tumor megtalálásában 90%. A PET-CT specificitása a primer emlőtumorok diagnosztikájában 90%. Jelentőségük elsősorban a távoli metasztázisok megtalálásában, korai felismerésében van.

6.1.3. EMLŐDIAGNOSZTIKAI CÉLRA ALKALMATLAN MÓDSZEREK

Az alábbiakban azokat a módszereket és eljárásokat soroljuk fel, amelyek nem rendelkeznek megfelelő, klinikai vizsgálatokkal megalapozott bizonyítékokkal a hatásosságukra, illetve a nemzetközi ajánlások szerint ezek a módszerek sem szűrésre, sem klinikai mammográfiára nem alkalmasak. Ezen módszerek némelyike egyszerűen kuruzslásként is aposztrofálható.

ELEKTROIMPEDANCIÁS COMPUTERES MAMMOGRÁFIA

A módszer a biológiai szövetek villamos vezetőképességének (impedanciájának) a fiziológiai állapothoz viszonyított korrelációját vizsgálja. A vizsgálandó emlőre csatlakoztatott elektródákon egyesével a berendezés nagyfrekvenciás váltakozó áramot (≈ 50 kHz, $\approx 0,5$ mA) vezet, majd kiértékeli az elektromos potenciálok eloszlását a test felszínén. A felszín alatti területekről (0,4-4,6 cm) kapott értékeket matematikai algoritmusok alkalmazásával rekonstruálják elektroimpedanciás felvétellé, tomográfiai síkokat leképezve. Végeredményként tehát e módszer elektroimpedanciás leképezéseket szolgáltat, amelyek képekként jelenítik meg a szöveti vezetőképesség számszerű értékeit. A leképezési idő a képrekonstrukcióval együtt kb. 50 másodpercet vesz igénybe. Bár a módszer gyors, olcsó és nagyon impozáns, semmilyen tudományosan megalapozott bizonyíték nem támasztja alá, hogy minden esetben eltérő lenne a léziók impedanciája.

CT-LÉZER MAMMOGRÁFIA

A közeli infravörös tartományú, ≈ 800 nm hullámhosszúságú lézerténynt alkalmazó képkalkító berendezés a lézer-mammográf. Működésének elve, hogy a vérben az oxigént szállító hemoglobin elnyeli a lézerténynt, és ennek a mérésével érzékeli a rendszer a szövetek erezettségét, az erezettség térbeli eloszlását. Ezáltal a gazdagabban vagy gyengébben erezett szövetek elkülöníthetők. A vizsgálat hason fekvő helyzetben történik az emlő kompressziója nélkül. A vizsgálat időtartama kb. 15-20 perc. Mivel a lézer mammográfia az erezettséget és nem a tumort ábrázolja, diagnosztikus pontossága nem igazolható, önálló emlővizsgálatként nem használható, rákszűrés és klinikai mammográfia céljából ezért nem ajánlott.



MAMMOSZKÓP

A berendezés működése a fotoakusztikán alapszik. A fotoakusztika vagy optoakusztika elve szerint a lézerrel gerjesztett gázok és gőzök a gerjesztés által adott többlet-energiától nagyfrekvenciás mechanikai hullámok kibocsátásával igyekeznek megszabadulni, melyek érzékelhetőek ultrahang-transducer segítségével. Az elv megvalósítására az évek során több berendezés is készült, azonban az eredeti mérendőtől eltérően légyszövet leképezését kellene elvégeznie e berendezésnek. Sajnos a módszer egyáltalán nem használható, mert az emlő mirigyes állománya, az azt körülvevő zsíros szövetállomány és az egyes léziók megkülönböztetése nem lehetséges a módszer által.

TERMOGRÁFIA, SZOMATOINFRA VIZSGÁLAT

A termográfia elve, hogy az emberi szervezetben megtalálható elváltozások, léziók lokálisan eltérő hőmérsékletet mutatnak, mint a környezetük. Ez kontaktméréssel és video-rendszerek segítségével is vizsgálható. A módszer specificitását soha nem sikerült bizonyítani és a vizsgálandó vagy kimutatandó elváltozás saját tulajdonságain kívül túl sok tényező befolyásolja a mérés vagy vizsgálat eredményét.

DUKTOSZKÓPIA, DUKTÁLIS LAVAGE

A duktoszkópia során az endoszkópos vizsgálatokhoz hasonlóan egy nagyon vékony száloptikás fényvezető rendszert vezetnek a mellbimbón keresztül az emlőbe. Ennek célja, hogy a tejcsatornában és egyéb területeken is az esetleg megjelenő szemölcsszerű elváltozásokat (papillómák) in vivo megfigyelhessék. Kiegészítő vizsgálat lehet, önállóan szűrésre, klinikai mammográfiára nem alkalmas.

KILÉGZÉS ANALÍZIS

A vizsgált illékony szerves vegyületek a tumorokhoz társuló oxidatív stressz markerei. Az oxidatív stressz a sejtmembránban lipid peroxidációhoz vezet, ami különböző alkánokat generál, melyek a kilégtett levegőben kimutathatóak. A negatív prediktív értéke magas (99,93 %), de a módszer értékét nagymértékben csökkenti, hogy fertőzések és gyulladáscsökkentő folyamatok is okozhatnak oxidatív stresszt, ezért a pozitív prediktív értéke alacsony. Kiegészítő vizsgálatként jöhet szóba, szűrésre önállóan nem alkalmas.

A HAJ VIZSGÁLATA, ROSTANALÍZIS

Ha röntgensugárzásnak teszünk ki hajszálakat akkor azok a keratin struktúrájuk függvényében jellegzetes szóródást vagy diffrakciós mintát eredményeznek. A haj cortex molekuláris szerkezete és a belső rostok elrendeződése a különböző betegségekben eltérő fénytörést okozhat. Monokromatikus szinkrotron által végzett besugárzásra jó minőségű, a hajszál szerkezetére jellemző szóródási minta jön létre, ami segít a hajszál belső rost elrendeződésének meghatározásában. Specifikus változásokat észleltek a hajszál szerkezetében az emlő daganatos megbetegedésében is. A hajszálakat a fejbőr közelében 3 mm távolságon belül vizsgálják, mert a mechanikai és kémia sérülések megváltoztathatják a hajszál diffrakciós mintáját, álpozitív eredményt mutatva. Klinikai és emlőszűrési célra nem alkalmas a módszer, diagnosztikai értéke még nem bizonyított. Ezenfelül a világon csak részecskefizikai kutatólaborokban üzemelnek olyan sugárforrások, amelyekkel elvégezhető egy-egy ilyen vizsgálat.



6.2. RÖNTGENPARAMÉTEREK MANUÁLIS MEGVÁLASZTÁSA

A korszerű mammográfiás gyakorlatban a röntgenparaméterek beállítása szinte kizárólagosan a felvételi automatikák alkalmazásával történik, manuális beállítást szinte csak a minőségellenőrző vizsgálatokat végző fizikusok, illetve a szervizesek használnak. Ennek ellenére a jó gyakorlat szempontjából fontosnak és hasznosnak tartjuk az ide vágó ismeretek felfrissítését és kiegészítését. Egyrészt arra a remélhetően ritka, de mégsem lehetetlen esetre gondolva, hogy egy berendezésen az automatika meghibásodik, de a mammográfiát manuális beállítással folytatni lehet addig is, amíg a szerviz a hibát ki nem javítja, másrészt az automatikus üzemmódok, illetve a minőség-ellenőrzés jobb megértése érdekében.

A felvételhez beállítandó és beállítható röntgenparaméterekhez soroljuk az alábbiakat:

- a. Az *anód anyaga* (amennyiben az adott gépen többféle választható). Ezt lehet molibdén (Mo), ródiium (Rh) vagy volfrám (W).
- b. Az anódról kilépő sugárnyaláb módosító *szűrő anyaga és vastagsága* (ha az adott gépen többféle lehetséges). Ez a szűrő a röntgenső elhanyagolható szűrésűnek számító berillium (Be) kilépőablaka után van elhelyezve. Feladata egyrészt ugyanaz, mint általában a röntgendiagnosztikában a szűrőké: a sugárnyaláb „lágyabb” (kisenergiás) összetevőinek csökkentése, amivel mind a páciensdózis csökken, mind a képminőség javul. Másrészt a molibdén kb. 20 keV-es, a ródiium kb. 23 keV-es ún. abszorpciós élszűrőként még jobban homogenizálja a sugárnyaláb energiáját. A molibdén anódhoz általában 30 μm vastag molibdén szűrőt párosítanak, de amelyik gépen választható a szűrés, ott a második általában 25 μm , esetleg 50 μm vastag ródiium szűrő. Ezeket a kombinációkat a szakirodalomban, illetve a gépek vezérlőpultján és gépkönyveiben Mo/Mo és Mo/Rh rövidítéssel jelölik. Ródiium anódhoz legtöbbször 50 μm vastag Rh szűrőt párosítanak (Rh/Rh), de egyes gépeken alumínium szűrés is választható hozzá (Rh/Al). A volfrám anódhoz társított szűrő lehet ródiium (W/Rh), alumínium (W/Al) vagy újabb berendezéseken ezüst (W/Ag).
- c. A *röntgenső feszültsége*. Az emlő lágy szöveteinek megfelelő kontrasztos leképezése érdekében a röntgenső feszültsége a 22-49 kV tartományba esik, de az egyes gépeken, illetve az anód/szűrő kombinációktól függően ennél szűkebbek lehetnek a beállítható tartományok. Molibdén és ródiium anód esetén a gyakorlatban használt (az automatikák által beállított) csőfeszültség-tartomány nem terjed túl a 24-32 kV-on. Hagyományosan a 28 kV-ot szokás egy középső értéken tekinteni. Volfrám anód esetén ennél nagyobb csőfeszültségek is használatban vannak, legtöbbször kb. 36 kV-ig.
- d. Az ún. *röntgensőáram-idő szorzat*, azaz a röntgensővön az expozíció alatt áthaladó villamos töltés mennyisége, amit a mindennapi gyakorlatban csak „mAs”-ként (ejtsd: „masz”) szoktak emlegetni. (Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a mAs mértékegység, míg a fizikai mennyiség, amelynek a mAs a mértékegysége, az áram-idő szorzat vagy másként töltésmennyiség, Q.) A manuálisan beállítható tartomány általában 1 mAs körüli értékkel kezdődik, és 300 mAs körüli értékig terjed. A felvételek elkészítésekor – a komprimált emlő vastagságának függvényében – gyakran szinte az egész mAs-tartományra szükség van, 6-8 mAs-tól egészen a beállítható tartomány felső határáig.

A felsoroltak közül az anód anyaga, a szűrő anyaga és vastagsága, illetve a röntgensőfeszültség a sugárzás minőségét és mennyiségét is befolyásolja, míg az áram-idő szorzat (mAs) csupán a mennyiségét. Minél vastagabb, illetve minél inkább denz egy emlő, annál nagyobb mennyiségű sugárzás kell a leképezéséhez. Másrészt a sugárzás minőségét is célszerű változtatni a képminőség



optimálása, illetve a lehető legkisebb sugárterhelés érdekében. Az anód, illetve a szűrőanyag rendszámának megnövelésével azonos emlő esetén általában kisebb áram-idő szorzat szükséges a megfelelő minőségű képhez, és ez ugrásszerű páciensdózis-megtakarítással jár. Ez a megtakarítás azonban relatíve kis mértékű ahhoz a növekedéshez képest, amely az emlővastagság növekedésével együtt jár, azonos sugárminőség mellett. Általánosságban elmondható, hogy a röntgendiagnosztikában a korpulensebb páciens, speciálisan mammográfia esetén a nagyobb emlőjű páciens esetében mindig a nagyobb páciensdózis a megfelelő minőségű röntgenkép ára.

A röntgenparaméterek manuális beállításának szükségessége esetén egyrészt a gyártó által a gépkönyvben közreadott expozíciós táblázat, másrészt az automatikus exponálási gyakorlatban feljegyzett értékek segíthetnek. Ha ilyenek nem állnak rendelkezésre, akkor a megfelelő részletességű vizsgálótestekkel, képminőség-értékelő fantomokkal kell felvétel-sorozatokat készíteni, majd azok minőségét pontozva, vagy hasonlóan értékelve a felvételek átlagos mirigydózisával összevetni az eredményeket. E módszerrel a kiindulási röntgenparamétereket lehet meghatározni, majd a páciensek felvételei alapján elvégezni a rendszer finomhangolását.

6.3. RÖNTGENPARAMÉTEREK AUTOMATIKUS MEGVÁLASZTÁSA

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 különbség arányára meghatározott optimálási célértékre állítja az exponált mAs-t. A képmező azon részét szegmentált mezőnek nevezzük, ahol a rendszer a mért SDNR-t az optimálási célértékkel összehasonlítja.

A másik, ehhez képest egyszerűbb, régebbi eredetű az ún. hagyományos AEC-üzem vagy „félautomata” üzemmód. Ennél az anód-szűrő kombináció és a csőfeszültség megválasztása általában a személyzetten múlik, ezeket előzetesen a vezérlőpulton kell beállítani. Ekkor egyes rendszerek előexpozíció alapján, mások a komprimált emlővastagság alapján határozzák meg a mAs értékét.

A teljesen analóg rendszereknél, illetve a CR-rel fejlesztetteknél előfordul még az AEC kamrák használata, amely azon az egyszerű elven alapult a lineáris (film) vagy linearizált (CR) válaszó képalkotóknál, hogy minden alkalommal azonos mennyiségű fotonnak kell érkeznie a képérzékelőre, hogy az a filmgörbén vagy a lineáris válaszó tartományában az optimális munkapontban működhessen. Ez általában azt jelenti, hogy a képreceptor felszínére legalább 4-5 μGy -nyi dózisonak kell jutnia az egyes felvételek során. A komprimált emlő értelemszerűen gyengíti a sugárzást, de a nagyobb emlővastagságnál ez az automatika megnöveli a mAs-t, hogy a képérzékelő felszínére mindenképpen az előírt dózismennyiség jusson. Néhány berendezésnél az AEC kamra pozíciója változtatható, amelyet úgy kell elhelyezni, hogy az emlő vélhetően leginkább denz része alatt helyezkedjen el.

Az automatika is az előző szakaszban ismertetett elvek alapján választja meg a röntgenparamétereket a gyártó által meghatározott program szerint. Félautomata üzemmód esetén viszont ugyanazt nagyrészt a radiográfusnak kell megtennie.



Mivel mind a páciens sugárterhelése, mind az elkészült kép minősége a röntgenparaméterek optimális beállításán múlik, alapvető fontosságúak mindazok az ellenőrzések, amelyek ennek helyes beprogramozottságát és állandóságát kísérik figyelemmel. Ide soroljuk a radiográfusok által végzendő állandósági vizsgálatokat, az orvosi fizikusok, vizsgálólaboratóriumok által végzendő állapotvizsgálatokat és a márkaszervizek által végzendő rendszeres karbantartást is.

Az egyes rendszerek ellenőrzése és a kézikönyv, valamint a gyártó ajánlásainak tanulmányozása nélkül nehéz meghatározni, hogy pontosan mely kVp-értékeket és anód-szűrő kombinációkat érdemes választani teljesen manuális módban az egyes emlővastagság-tartományokhoz. A berendezéshez adott kézikönyv és a vizsgálótesttel végzett kísérletek jó kiindulási alapot adnak az optimáláshoz. Továbbra is igaz természetesen, hogy a kisebb komprimált emlővastagsághoz kisebb csőfeszültség tartozik, a nagyobb emlővastagságok esetén pedig érdemes megfontolni a sugárminőség megváltoztatását és Mo/Mo vagy Mo/Rh helyett mindenképpen Rh/Rh anód-szűrő kombinációt választani. Egyes berendezések a teljes csőfeszültség-tartományban kizárólag W/Rh anód-szűrő kombinációval dolgozhatnak. Akár 40-60%-os „dózis megtakarítás” is elérhető, ha volfrám anódot kombinálunk ródiium vagy ezüst szűrőkkel.

6.4. A POZICIONÁLÁS SZEREPE AZ OPTIMÁLÁSBAN

A fejlett technika nem helyettesíti és nem teszi feleslegessé a munkafolyamat individuális komponenseit. Ezért a teljes munkafolyamat pontos megtervezése és felépítése révén jutunk el a minőségi munkavégzéshez. Ebbe beletartozik a radiográfusok pontos magas szintű munkája, az orvossal történő együttműködés, az orvos magas szintű képzettsége, a technika és munkaállomások minősége és használatának professzionális ismerete, a teljes képmenedzsment folyamata és az érintett szakmák közti magas szintű kooperáció.

A mammoográfiában jártas szakasszisztenseknek kulcsszerepük van az emlődiagnosztikai képalkotásban, ezért el kell sajátítaniuk a felvételek készítésének a technikáját és jártasnak kell lenniük a biopsziás technikákban ahhoz, hogy minőségi munkát tudjanak végezni. Habár a munkájuk nagyobb részét a megfelelően pozicionált felvételek készítése teszi ki, sugárvédelmi szempontból fontos szerepük van az elkészült és jónak ítélt digitális felvételek kiválasztásában és a rendszerbe történő tovább küldésében. Direkt digitális technika esetén (mivel az eredmény azonnal látható) egyszerűbb a felvételt megismételni, ha az nem tűnik optimálisnak, ezzel indokolatlanul több kép készülhet, mint analóg berendezések esetén, növelve a páciens sugárterhelését. A digitális rendszerek dinamika-tartománya elég széles, ezért az expozíciós hibákat a technika nagymértékben képes kompenzálni, ezáltal közel állandó képminőséget produkál, ellentétben az analóg technikával.

A MAMMOGRÁFIA ELVÉGZÉSÉHEZ SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

- mammográfias vizsgálószerkezet (C-íves, kézi és automatikus kompresszióval, ld. még 4.1.1),
- kiegészítő tartozékok: lábpedál, kazettatartók, Bucky-rács 2 méretben (18×24 cm, 24×30 cm), direkt nagyítós feltét, célzottfelvételi kompressziós lemezek, lyukacsos vagy vektor komprimáló lemezek (röntgen vezérelt túbiopsziához, preoperatív lokalizáláshoz),
- sztereotaxiás berendezés, irányjelölő készlet.

A felvétel készítésénél ki kell választani a megfelelő üzemmódot (manuális, félautomata, automata) és szükség esetén be kell állítani a megfelelő szűrőket (molibdén, ródiium).



Egyrészt a munkafolyamat szempontjából a digitális rendszerekkel történő munka általában nagyobb precizitást igényel, mert a bevitt adatoknak összhangban kell lenniük más rendszerek adataival ahhoz, hogy kapcsolódni tudjanak a rendszerek egymással (HIS – Hospital Information System, RIS – Radiological Information System, PACS – Picture archiving and Communication System). Ezzel szemben az analóg rendszerek esetén a ráfényképezés és filmtároló zacskó megírásának hibája felismerés nélkül maradhatott. Másrészt jelentős előnyt jelent, hogy a digitális képek esetén a korábbi expozíciós paraméterek is tárolódnak, így azok a korábbi felvételekből könnyen kiolvashatóak, standard felvételezést és megfelelő képminőséget garantálva.

KÉPMINŐSÉGET MEGHATÁROZÓ FAKTOROK

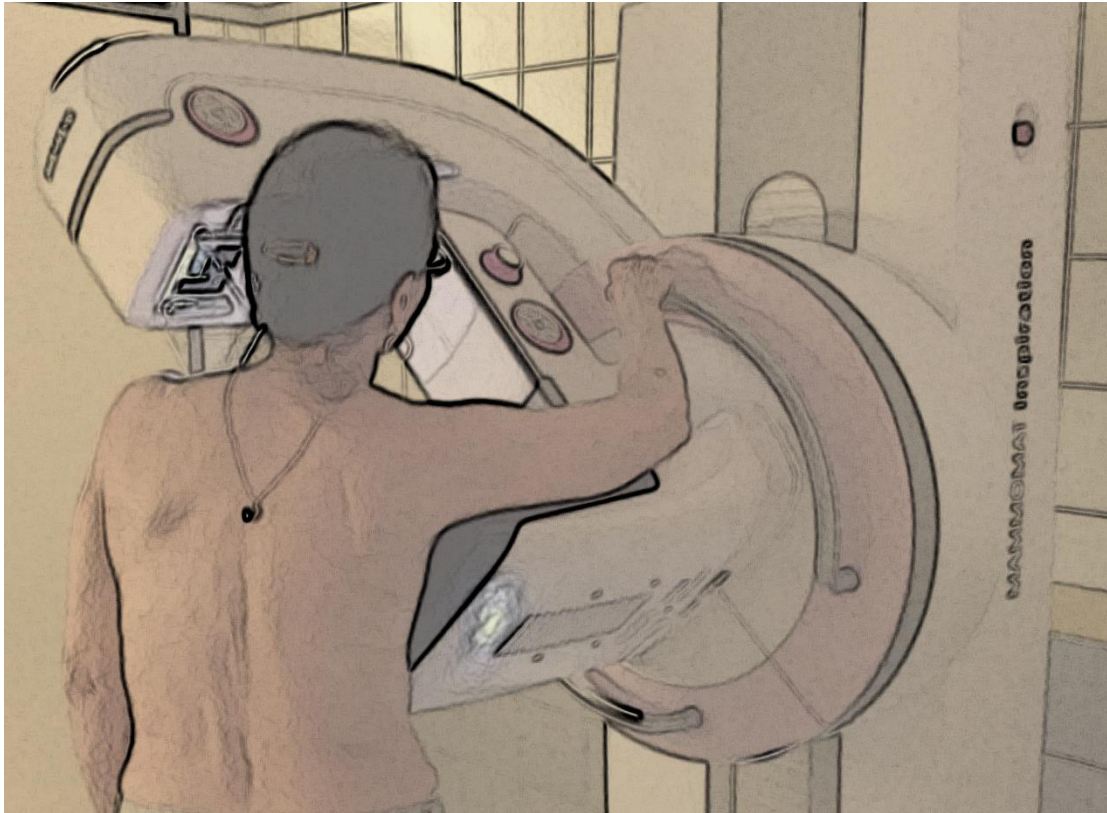
- Emlő pozicionálása,
- Emlő kompressziója,
- Expozíciós paraméterek,
- Detektorok felbontóképessége,
- Zajszint (jel-zaj arány),
- Kontraszt (kontraszt-zaj arány),
- Bővebb értelemben ide tartozik a szigorúan vett minőségbiztosítás.

A berendezések műszaki adottságain felül minden egyéb tényező a mammográfiás szakasszisztens tudásán múlik.

EMLŐPOZICIONÁLÁS FŐ FELADATA

- felvétellel ábrázolható emlőállomány maximalizálása
- lehetséges artefaktumok számának csökkentése
- mammográfiás vizsgálat szenzitivitásának növelése
- beteg fájdalmának, diszkomfort érzésének minimalizálása (pl.: nyomáscsökkentő párna alkalmazása)

Minden beteg testalkata más, ezért a pozicionálás nemcsak az emlő, hanem az egész test pozicionálását is magába foglalja (15. ábra).



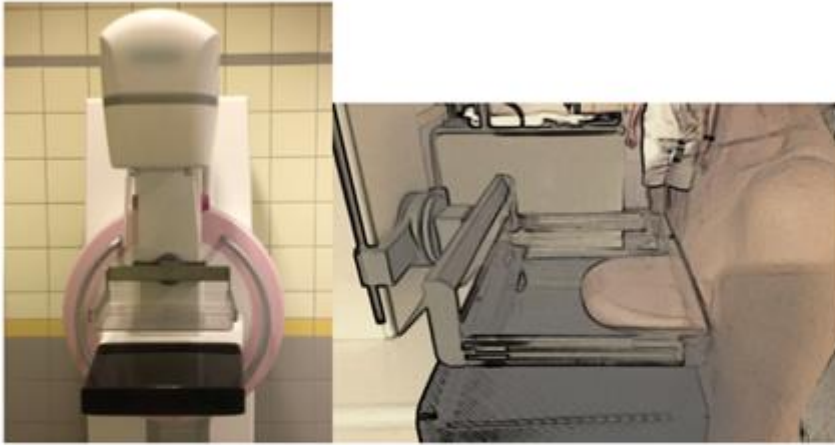
15. ábra: Beteg pozicionálása

A beállításkor figyelni kell arra, hogy a váll és a kar ne sérüljön, CC irányú felvételnél a beteg a fejét a megfelelő irányba fordítsa, illetve a ML felvételnél a karját felemelje.

Szűrés esetén általában két irányú felvételt készítünk mindkét emlőről: CC (kranio-kaudális) és MLO (medio-lateralis ferde). Így összesen négy alapfelvétel készül betegenként. Szükség esetén kiegészíthetjük ML (medio-lateralis) és LM (latero-medialis) felvételekkel, vagy speciális felvételekkel mint axillaris (Cleopatra) vagy hasadék (cleavage) felvétel, esetenként nagyított felvétellel (16. ábra).



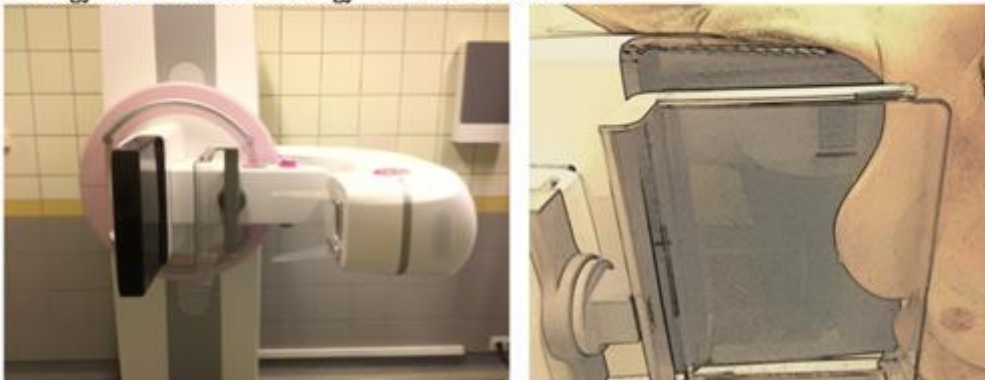
CC cranio-caudalis beállítás



MLO mediolateralis ferde (oblique) beállítás



ML vagy LM mediolateralis vagy lateromedialis beállítás



16. ábra: Leggyakrabban alkalmazott felvételtípusok

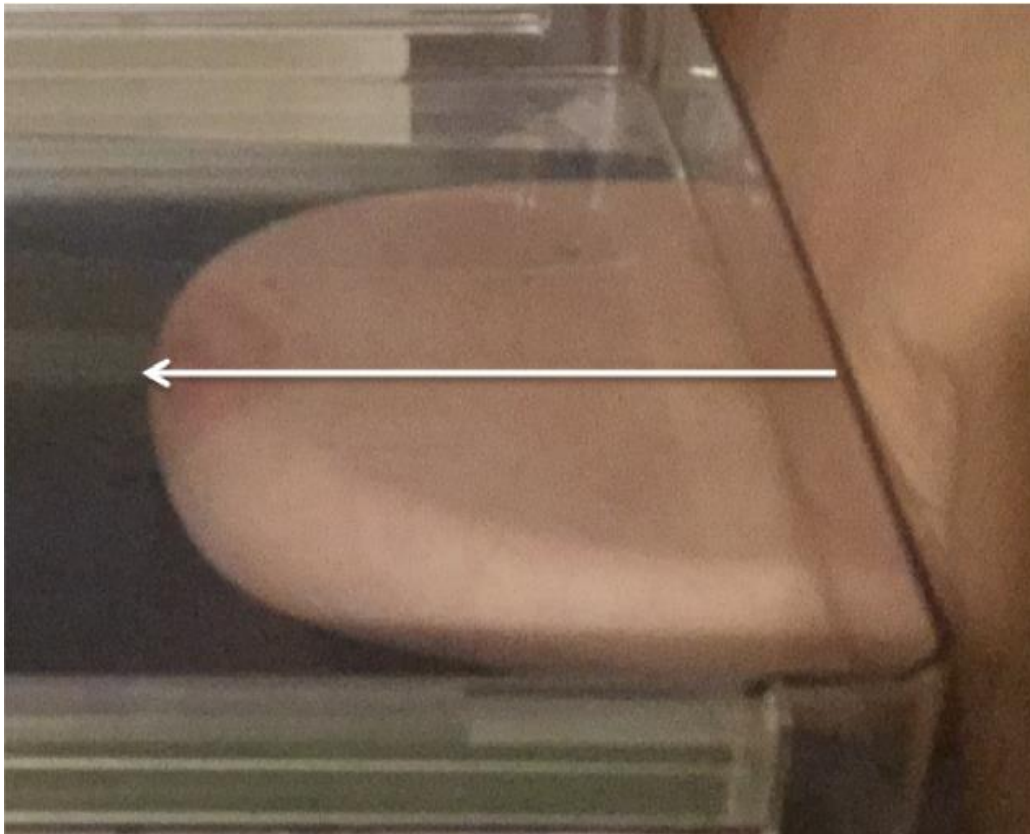
Emlő implantátum esetén Eklund-felvételt készíthetünk, melynek előnye, hogy az implantátum nem kerül nyomás alá, ezért nem sérülhet. Ennek a felvételnek a célja az emlőállomány és a hónalji terület megítélése, de az implantátum épségének ábrázolására nem alkalmas. Technikai lehetőség esetén a pontosabb leképezés érdekében 2D és 3D emlő tomoszintézist is alkalmazhatunk.



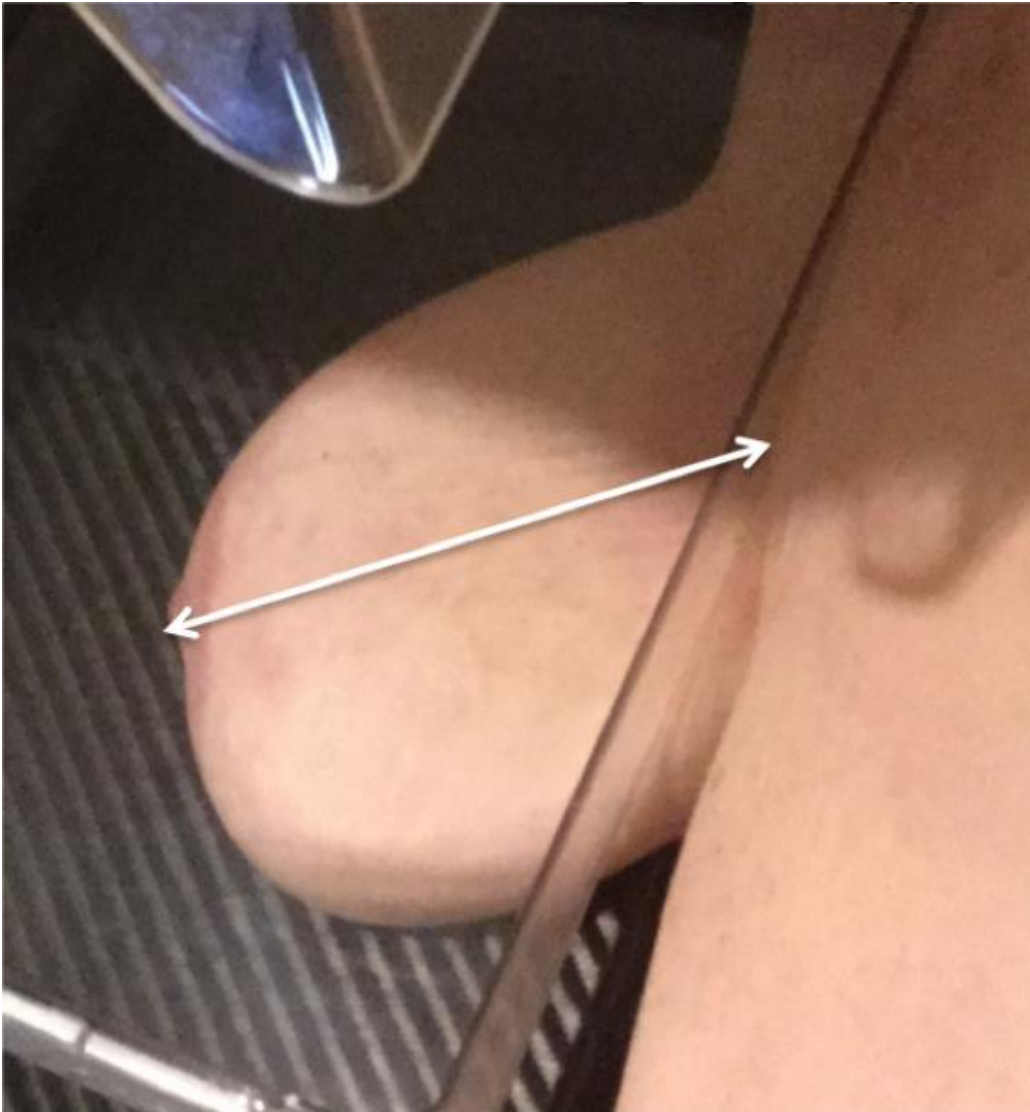
Technikai szempontból az elfogadható minőségű felvételek készítése érdekében az emlőt komprimálni kell, erre a célra különböző típusú és méretű kompressziós lemezek szolgálnak. Az emlő kompressziójával járó fájdalomérzet csökkentése érdekében az alkalmazott nyomást a modern készülékek kijelzik, és általában 50-110 N közötti nyomást alkalmaznak az emlő méretétől függően. A vékonyabb rétegvastagság lehetőséget ad arra is, hogy csökkentsük a röntgensugár előállításához szükséges paramétereket (pl. a csőáramot) és ezzel a beteget érő sugárterhelés mértékét.

IDEÁLIS CC FELVÉTEL

- látszik az emőszövet, az emlő lateralis és medialis része, a retromammalis terület (emlő – pectoralis izomzat határ), a pectoralis izomzat széle,
- emlőbimbó pont profilban van, egyenesen előre tekint és nem deviál medial vagy lateral irányba (17. ábra),
- a musculus pectoralis majort és emlőbimbót összekötő vonal hossza a CC és az MLO felvételeken megegyezik vagy 1 cm-en belüli a különbség (17. és 18. ábra).



17. ábra: CC felvételen a mamilla nem deviál medial és lateral felé, egyenesen előre tekint és lehetőség szerint profilban van



18. ábra: MLO, a pectoralis izom - mamilla távolságnak azonosnak, vagy 1 cm-en belül kell lennie a CC és MLO felvételeken. A pectoralis izomzat alsó szélének a m. pectoralis maiort és az emlőbimbót összekötő vonal magasságába, vagy az alá kell kerülnie

IDEÁLIS MLO FELVÉTEL

- látszik az emlőszövet, az emlő alatti redő, a pectoralis izomzat széle, az axilla területe és az axilláris nyúlvány (emlő felső külső negyedének a hónaljba nyúló meghosszabbítása, ami fibroadiposus szövetet tartalmaz 12-25 nyirokcsomóval),
- emlő és emlőbimbó „kihúzott” profilban van,
- a pectoralis izomzat alsó széle a musculus pectoralis majort és az emlőbimbót összekötő vonal magasságába vagy az alá esik,
- a musculus pectoralis majort és az emlőbimbót összekötő vonal hossza a CC és az MLO felvételeken megegyezik vagy 1 cm-en belüli a különbség (18. ábra).

GYAKORI POZICIONÁLÁSI HIBÁK

- nem megfelelő az emlőbimbó ábrázolása és pozíciója



- nem megfelelő a musculus pectoralis major láthatósága, pozíciója
- a musculus pectoralis majort és az emlőbimbót összekötő vonal hossza több mint 1 cm-rel különbözik a CC és az MLO felvételeken
- az emlő alatti redő nem látható
- nem megfelelő az emlő minden negyedének ábrázolódása

Megjegyzés: Ha a két MLO képet tükörképként egymás mellé rakjuk, akkor a középvonalban a pectoralis izom egy nagy V alakot formáz.

Az ideális pozicionálás az asszisztentstől függ. A különböző hibák megfelelő képzéssel és rendszeres tréninggel kiküszöbölhetők.

Megjegyzés: Műtétilag eltávolított szövet vizsgálatára a „specimen mammográfia” szolgál, melynek során értelemszerűen a beteget nem éri sugárterhelés, a sugárvédelmi előírások a személyzet munkavégzésére vonatkoznak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A korai emlődaganatok kimutatása, a mammográfia érzékenysége nagyban függ a magasszintű felvételezési technikától, amelyen belül a pozicionálás kiemelt jelentőségű. A rossz pozicionálás eredménytelenné teheti a mammográfiát a meg nem talált vagy elnézett patológiás elváltozások miatt, és mindemellett számos artefaktum képződését okozhatja. A megfelelően gondos és szakszerű pozicionálás szükségtelessé teszi a felvételek ismétlését vagy egyéb speciális kiegészítő felvételek készítését, ezzel optimalizálja a felvételi technikát és ezen keresztül csökkenti a páciensek sugárterhelését és mindemellett biztosítja a legmagasabb diagnosztikai szenzitivitást.



Felhasznált irodalom:

Ayyala RS, Chorlton M, Behrman RH, Kornguth PJ, Slanetz PJ. Digital mammographic artifacts on full-field systems: what are they and how do I fix them? *Radiographics*. 2008;28:1999–2008.

Bassett LW, Hirbawi IA, DeBruhl N, Hayes MK. Mammographic positioning: evaluation from the view box. *Radiology*. 1993;188:803–806.

Eklund GW, Cardenosa G. The art of mammographic positioning. *Radiol Clin North Am*. 1992;30:21–53.

Geiser WR, Haygood TM, Santiago L, Stephens T, Thames D, Whitman GJ. Challenges in mammography: part 1, artifacts in digital mammography. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;197:1023–1030.

Kopans DB. Mammography Positioning. In: *Breast Imaging*. 3rd edition. Daniel B Kopans (editor); Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007: 281–322.

Millet I, Pages E, Hoa D, et al. Missed breast carcinoma: mistakes and pearls. *Radiographics*. 2003;23:881–895.

Muttarak M, Pojchamarnwiputh S, Chaiwun B. Breast carcinomas: why are they missed? *Singapore Med J*. 2006;47:851–857.

Popli et al. Breast Positioning during Mammography: Mistakes to be avoided. *Breast Cancer: Basic and Clinical Research* 2014;8 119–124 doi:10.4137/BCBCr.s17617.

Siegel E, Krupinski E, Samei E, et al. Digital mammography image quality: image display. *J Am Coll Radiol*. 2006;3:615–627.



6.5. VÁRANDÓS NŐK, ILLETVE SZOPTATÓ ANYÁK VIZSGÁLATA

FOGAMZÓKÉPES ÉS VÁRANDÓS NŐK VIZSGÁLATA

A mammográfiás röntgenberendezések a sugárforrás helyzete, illetve az alkalmazott árnyékolások miatt csak nagyon kis sugárterhelést okoznak a felvételezett emlőn kívüli területeken, az azokat elérő szórt sugárzás minősége és mennyisége jelentéktelen. Ez természetesen nem ad mentesítést az alól, hogy rákérdézzünk, az adott páciens fogamzóképesége esetén, hogy várandós-e. A vizsgálatot terhesség esetén sem szükséges elhalasztani, de tájékoztatást kell adni a páciens részére az őt érő kockázatokról és ismertetni, hogy az embriót vagy magzatot milyen kockázatok érhetik.

Az embrió vagy magzat gesztációs korától, illetve az emlőt érő bőrfelszíni elnyelt dózistól függően két nagyságrendet átfogó sugárterhelés érheti a születendő gyermeket. E nagyságrend felső határa a legkedvezőtlenebb esetben sem haladja meg a felvételenkénti 10 μ Gy elnyelt dózist. Ez megközelítőleg egy napnyi természetes háttérsugárzás által okozott sugárterhelés. Ezt az értéket mintegy öt nagyságrenddel haladja meg az az érték (100 mGy), amelynél már szükséges lehet megfontolni a körülmények és az esetleges veszélyeztetettség esetén további intézkedéseket. A kockázatok szemléltetésére ez megegyezik azzal a kockázattal, mintha valaki mintegy 2 km-nyi utat tenne meg közúton és elmarad attól, hogy elszív egy cigarettát. Ezek az adatok mindennemű árnyékolás mellőzésével kerültek meghatározásra, tehát nem szabad, hogy a terhesség befolyásolja a páciensek vizsgálatát. A tejelválasztásra semmilyen hatással nincs a mammográfiás röntgenberendezésekből származó sugárzás.

MAMMOGRÁFIÁS VIZSGÁLATOK SZOPTATÁS SORÁN

A terhesség időszakában és a laktáció során egyaránt fiziológias változások zajlanak le az emlőben a keménységét és vérrel való ellátottságát tekintve, a szokványostól így eltérő tapintású lehet. Egyes kutatások szerint a páciensek négyötödének ilyenkor jóindulatú elváltozásai vannak. Ugyanakkor azok a tömött képletek, melyek két hétnél tovább kitapinthatóak, illetve a vérzést kiváltó, spontán kialakuló unilaterális léziók további vizsgálatokat igényelnek.

Amennyiben feltétlenül szükséges a vizsgálatokat elvégezni, akkor érdemes a páciens megkérni, hogy mellszívóval fejje le az anyatejet, mert így csökkenthető a parenhimális denzitás, tehát csökkenthető a sugárterhelés, és a vizsgálat is jobb diagnosztikai eredményeket hozhat.

A terhesség és a tejelválasztás következményeképpen a hormonháztartás azt okozhatja, hogy jóindulatú fibroadenoma alakul ki az emlőállományban. A daganatok megítélésére természetesen biopsziát szükséges végezni. Jódtartalmú kontrasztanyaggal, biztonságosan végezhető duktográfiás vizsgálat a vérzést kiváltó léziók esetén a pácienseknél. A kontrasztanyaggal végzett MR vizsgálatot a szülést követő időpontig el kell halasztani, hacsak az nem elengedhetetlen a radiológus és a szakorvos megítélése szerint.

7. FÜGGELÉK

7.1. TÁRGYMUTATÓ

Fogalom	Előfordulása (szakasz)	Értelmezése
AAPM TG18-QC vizsgálóábra	4.5.1	4.5.1
alapfátyol (B+F, base+fog)	4.4.2	4.4.2
állandósági vizsgálat	4.1	4.1
állapotvizsgálat	4.1, 4.8, 5.1	4.1
anód anyaga	6.2	-
arcvédő (face guard)	4.7	-
átlagos mirigydózis (AGD, MGD)	5, 5.1	5, 5.1
átvételi vizsgálat	4.1, 5.1	4.1
átvilágítóernyő	2.1	-
automatikus expozícióvezérlő (AEC)	4.1.2, 4.3, 4.8, 4.10	4,3
beavatkozási szint	4.1	4.1
behelyettesítéses módszer	5, 5.1	5, 5.1
belépőoldali bőrdózis	5, 5.1	5, 5.1
bemenőernyő	2.1	-
beutaló orvos	3.3	-
cd/m ² (nit)	4.5.1	
CRT (katódsugárcsőves) monitor	4.5.1	-
denzitométer	4.4.2	4.4.2
determinisztikus hatások (szöveti reakciók)	2.1	2.1
diagnosztikai irányadó szint (referenciaszint)	2.3, 5.3	2.3
DICOM	4.5, 4.5.1, 4.8	
dózis	2.1	-
dóziskijelzés	5.2	-
DR, digitális radiográfia	4.5, 4.5.2	4.5
elérhető érték	4.1	4.1
elfogadható érték	4.1	4.1
előhívó	4.1.2, 4.4, 4.4.1, 4.4.2	-
erősítőernyő (erősítőfólia)	2.1, 4.1.2, 4.4, 4.4.5, 4.4.7	-
érzékenységi index (S)	4.4.2	4.4.2
expozíciós hiba	3.3	-
fantom	4.1.2	4.1.2
fantomfelvétel	4.1.2, 4.2	4.2
félautomata üzem	6.3	6.3
felfüggesztési szint	4.1	4.1
felvételméltés (rontott felvétel)	3.3, 4.6	-
fénymező kijelzés	4.7	-
fénysűrűség (luminance)	4.5.1	-
filmnéző szekrény	4.1.2, 4.4, 4.4.2, 4.4.10	-
fluoreszcencia	2.1	2.1



Fogalom	Előfordulása (szakasz)	Értelmezése
„for presentation” (feldolgozott felvétel)	4.5, 4.10	4.5
„for processing” (nyers felvétel)	4.5, 4.10	4.5
főszorlemez (CR) rendszer	4.3, 4.5, 4.5.2	4.5
fotográfiai hatás	2.1	2.1
gépnapló	4.9	4.9
gonádvédő	3.3	-
GSDF (grey scale display function, szürkeskála megjelenítés függvény)	4.5.1, 4.8	-
halálzási kockázat	2.3	2.3
időszakos felülvizsgálat	4.1	4.1
indokoltság elve	2.3	2.3
ionizáció	2.1	2.1
Jel-zaj különbség arány (SDNR)	4.3	-
kazetta	4.1.2, 4.4, 4.4.4, 4.4.6	-
képmegjelenítés	4.1.2, 4.4, 4.5.1, 4.10	4.5.1
képreceptor-homogenitás	4.1.2, 4.4, 4.5.2, 4.10	4.5.2
képzaj	4.3	-
kompressziós eszköz (kompressziós eszköz)	4.1.1, 4.7	-
kontraszt, feketedéskontraszt (DD, density difference)	4.4.2	4.4.2
korlát, dóziskorlát	2.3	2.3
korlátozás elve	2.3	2.3
küszöbdózis	2.1	2.1
lágyszórt sugárzás	3, 6.2	3
lineáris képalkotó	6.3	-
linearizált képalkotó	6.3	-
minőségbiztosítás	3.3, 4.1	3.3, 4.1
minőségellenőrzés	4.1	4.1
monitor	4.5.1	-
műtermék (artefactum)	4.2, 4.5.1, 6.4	4.5.1
nagyfeketedésű érték lépcsőfoka (HD, high density)	4.4.2	4.4.2
nyomtató (filmnyomtató)	4.5.1	-
optikai denzitás (OD, denzitás, filmfeketedés, feketedés)	4.3	-
optimalizálás elve (ALARA)	2.3, 6	2.3
orvosi sugárterhelés	2.3	2.3
pácienstámasz (pácienstartó, emlőtartó, Bucky)	4.1.1, 4.7	-
pH-érték	4.1.2, 4.4, 4.4.3	-
pixel	4.5.1	-
pixelhiba	4.6	-
pozicionálás	6.4	-
pozicionálási hiba	3.3, 6.4	-
ronttörfelvétel-elemzés	4.1.2, 4.4, 4.6	-

Fogalom	Előfordulása (szakasz)	Értelmezése
rögzítőoldat	4.1.2, 4.4, 4.4.3	-
röntgenső	2.1	(2.1)
röntgensőegység	4.1.1	-
röntgenképerősítő	2.1	-
röntgenparaméterek, felvételi paraméterek	3.3, 4.5.2, 4.10, 5.3, 6.2, 6.3	3.3
röntgenspektrum (spektrum)	5	5
SNR, jel/zaj arány (viszony)	4.10, 6.4	4.10
sötétkamra	4.1.2, 4.4, 4.4.2, 4.4.8	-
sötétkamralámpa	4.1.2, 4.4, 4.4.9	-
sugárhatárolás	4.10	4.10
sugárvédelmi árnyékolás (ólomakril sugárvédő lapok)	3.1	-
szenzitométer	4.4.2	4.4.2
szenzitometria	4.1.2, 4.4, 4.4.2	4.4.2
szenzitometriai filmcsík	4.4.2	4.4.2
szórt sugárzás (másodlagos sugárzás)	2.1	-
sztochasztikus hatások	2.1	2.1
szűrő anyaga	6.2	-
teljes(en) automatikus üzem	6.3	6.3
térbeli felbontás, vonalpár-felbontás	4.2, 4.3	-
tomoszintézis	4.10	4.10
torzítás, geometriai torzítás	4.5.1	-
válaszfüggvény	4.3	-
viasszórás tényező (B)	5. 5.1	5, 5.1

7.2. ESZKÖZLISTA

Mod.	Vizsgálóeszköz	Leírás, megjegyzések
FF	Nagyító	Szükség szerint alkalmazható, ajánlott a 4× vagy 5× nagyítású.
FF	AEC- és kép-homogenitás-ellenőrző fantom	45 mm vastagságú, sérülésektől és mély karcolásoktól mentes plexilemez vagy sorozat, mely teljes mértékben lefedi a képérzékelőt.
FF	Hőmérő	Az előhívó hőmérsékletének ellenőrzéséhez. Lehet digitális kijelzésű, folyadékoszlopos, de higanyt ne tartalmazzon!
FF	Szenzitométer	Egyszerű szenzitométer a film feketedésgörbéjének az ellenőrzéséhez, 11 vagy 21 lépcsős szenzitometriai filmcsíkkal.
FF	Denzitométer	Az előhívott filmek optikai denzitásának meghatározásához. Lehetőség szerint kalibrálható típust kell választani.
FF	pH-mérő lakmuszpapír csík	A rögzítő oldat pH-értékének méréséhez használatos, összehasonlító színskálával rendelkező papírcsík. A 4,0...5,0 pH tartomány vizsgálatára alkalmas.
FF	Jelölők, filctollak	A kazetták jelölésére alkalmas eszközök.
FF	Tisztítókészlet erősítőfóliához	A készlet javasolt tartalma: <ul style="list-style-type: none"> • alkoholmentes tisztítófolyadék, • szálasodásmentes törlőkendő, • puha szőrű ecset.

Mod.	Vizsgálóeszköz	Leírás, megjegyzések
FF	Film-fólia kontaktus vizsgáló eszköz	1...3 mm sűrűségű, szabályos fémháló.
FF	Stopperóra	A sötétkamra fényzárásának ellenőrzéséhez egy vörös fényben is olvasható stopperóra ajánlott.
FF	Fotográfiai fénymérő	A fotográfiai fénymérő. Az adott fényforrás fényűrségének a mérésére alkalmas, illetve egyes típusokkal a megvilágítást is mérhetjük
CR, DR	AEC- és kép-homogenitás-ellenőrző fantom	45 mm vastagságú, sérülésektől és mély karcolásoktól mentes plexilemez vagy -sorozat, mely teljes mértékben lefedi a képérzékelőt. Digitális rendszereknél az előbbi egy 0,2 mm vastagságú, kb.1-1,5 cm oldalhosszúságú alumínium lemez egészíti ki.
CR, DR	AAPM TG-18 vizsgálóábra	A szűrkeskála-megjelenítő képesség vizsgálatához.
FF, CR, DR	Hőmérő	A röntgenhelyiség hőmérsékletének ellenőrzéséhez.
FF, CR, DR	Képmínőség-ellenőrző fantom	A normál emlőt utánzó anyagú, kb. 40-50 mm vastagságú fantom. Legalább az alábbi részleteket tartalmazza: <ul style="list-style-type: none"> • mészrögök, • alacsony-kontrasztlépcsők, • a spekulumokat utánzó szövet szálak, rostok, melyeket „tyúkláb”-nak is neveznek. Amennyiben lehetséges, akkor ajánlott, hogy a további részleteket is tartalmazza: <ul style="list-style-type: none"> • a mellkasfali oldalon túlnyúló szövetállomány vizsgálatához szükséges jelölők, • vonalpárfelbontás-vizsgáló betét(ek), • jelölt referencia-terület, • magaskontrasztú betétek.

7.3. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

Rövidítés	Leírás
AAPM	American Association of Physicists in Medicine; Amerikai Orvosi Fizikusok Egyesülete
AEC	Automatic Exposure Control; automatikus expozícióvezérlő, vagy automatikus felvételi szabályozás
AGD (MGD)	average glandular dose (mean glandular dose); átlagos mirigy dózis
B+F	Base+fog; alapfátyol és kód
BRCA	emlő tumor szupresszor gén
CC	cranio-caudalis
CR	computed vagy computerised radiography; számítógépesített radiográfia, foszforlemez röntgenfelvételezés
CRT	cathode-ray tube; katódsugárcsőes megjelenítő



DBT	digital breast tomosynthesis; digitális emlő tomoszintézis
DD	density difference; denzitáskülönbség
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine; digitális képalkotás és kommunikáció a gyógyászatban
DR	digital vagy digitised radiography; digitális radiográfia
EFOMP	European Federation of Organizations for Medical Physics; Európai Orvosfizikai Társaságok Szövetsége
EUREF	European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services – Európai referencia-szervezet a mammográfiás diagnosztika és szűrés minőségbiztosításáért
FDG	fluoro-dezoxi-glükóz
FFDM	full-field digital mammography; teljes mezős digitális röntgen-mammográfia
GSDF	grayscale display function; szürkeskála-megjelenítés függvény
HD	high density; nagy denzitású
HIS	Hospital Information System; kórházi információs rendszer
IAEA	International Atomic Energy Agency; Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
ICRP	International Commission on Radiological Protection; Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság
IEC	International Electrotechnical Committee – Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság
IOL	initial operating level; kezdeti működési érték
MLO	medio-lateralis oblique (ferde)
NPV	negative predictive value; negatív prediktív érték
OD	optical density; optikai denzitás, (film)feketedés
PACS	Picture Archiving and Communication System; képarchiváló és kommunikációs rendszer
PPV	positive predictive value; pozitív prediktív érték
QA	quality assurance; minőségbiztosítás
QC	quality control; minőség-ellenőrzés
RIS	Radiological Information System; radiológiai információs rendszer
ROI	region of interest; tárgyérdekű terület
S vagy SI	speed (sensitivity); érzékenységi index
SDNR	signal difference to noise ratio; jel-zaj különbség arány
SNR	signal-to-noise ratio; jel/zaj arány (viszony)
StdDev	standard deviation; tapasztalati szórás



Mértékegységek:

kV, kVp	Csőfeszültség vagy röntgencső csúcspeszültsége; kilovolt.
mAs	Csőáram-idő szorzat, töltésmennyiség; milliamper-szekundum.
cd/m ²	Fénysűrűség; candela/négyzetméter.
nit	A fénysűrűség régebben használt mértékegysége.
mGy	Elnyelt dózis; milligray.
mm Al	Alumínium-egyenérték; a felezőréteg-vastagság kifejezésére.

7.4. KÉPKIÉRTÉKELŐ SZOFTVEREK

A digitális felvételek precíz elemzéséhez szükséges egy olyan képkértékelő szoftver, amely célszerűen az alábbi tulajdonságokkal és szolgáltatásokkal rendelkezik:

- A szoftver kezeli a DICOM formátumú, „MG” modalitással készült képeket és képes akár az egyedi DICOM címkékben (az angol „tag” szó nyomán) tárolt információk alapján módosítani a képeket. 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.
- Az operációs rendszerektől független.
- 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

E kézikönyv szerkesztői az ImageJ, nyílt forráskódú, Java-alapú programot ajánlják a mammográfiás felvételek képminőség-értékeléséhez és ennek bemutatásával demonstrálják a vizsgálatok elvégzését. A többi, hasonló szoftver esetén lényegében azonosak a funkciók, legtöbbször csak a kezelőfelületük tér el.

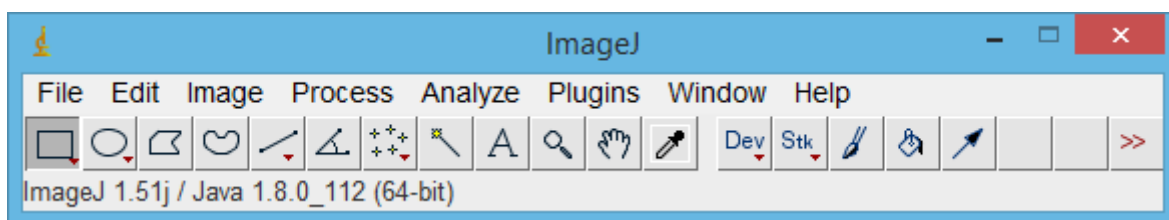
Telepítés

A szoftver rendelkezésre áll Windows, Linux és Mac OS X platformokon egyaránt. Az egyszerűség kedvéért az alábbiakban a Windows operációs rendszerre való telepítést írjuk le.

A telepítőkészletek a <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> weblapon érhetőek el mindegyik platformon. Windows operációs rendszerhez egyaránt elérhető a 32 és 64 bites Java telepítőkészlettel együtt. A szoftver egyetlen tömörített, *.zip állományként letölthető, amelyet ki kell csomagolni és a megfelelő mappában elhelyezni. Ekkor az 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.

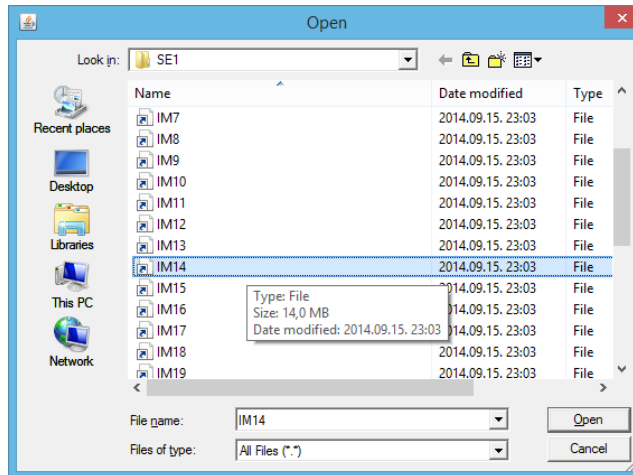
Használat

A program 1.51j8 változatának főablaka az alábbi ábrán (19. ábra) látható.



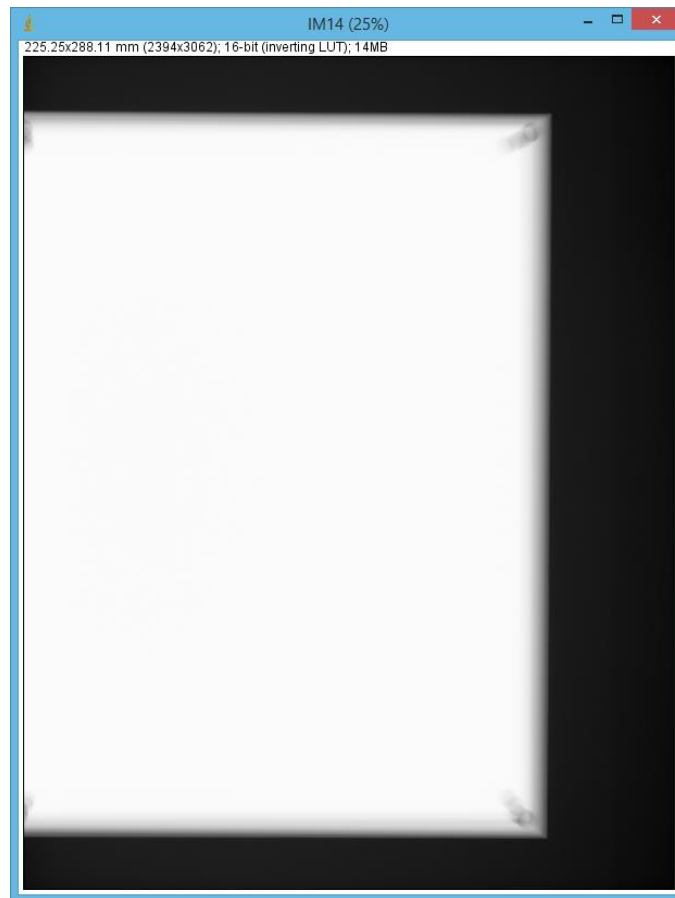
19. ábra: ImageJ főablak

A DICOM képek megnyitása a menüsor „File” lapján érhető el, az „Open” funkcióval vagy a „Ctrl+O” billentyűkombinációval. Ekkor az operációs rendszernek megfelelő ablakkezelő segítségével navigálhatunk a megnyitandó képhez. Érdemes tehát a mammoográfias berendezésről a minőségellenőrzéshez használatos képeket exportálnunk egy pendrive-ra, amit csak erre a célra használunk, hogy a vírusfertőzések kockázatát csökkenthessük.



20. ábra: ImageJ fájlkezelő ablak

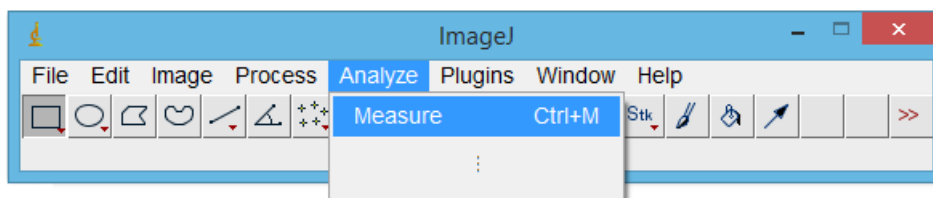
A kép kiválasztása után a programmal azt megnyithatjuk az „Open” paranccsal. A program ekkor a megnyíló ablakban néhány információt megjelenít a felvételtől; fizikai méret, teljes felbontás, szűrkeskála típusa, illetve az elfoglalt helye. Az ablak címsorában a felvétel neve és a kép nagyításának mérete látható.



21. 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 végezhetjük 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 bal gombot, úgy szabályos négyzet alakú területet jelölhetünk ki.

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.



22. 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 txt formátumban 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 Java-hoz hasonló programozási nyelven makrókat is rögzíthetünk. Ezeknek a bemutatására a terjedelmi korlátok és a szigorúan vett szükségességük miatt nem térünk ki.

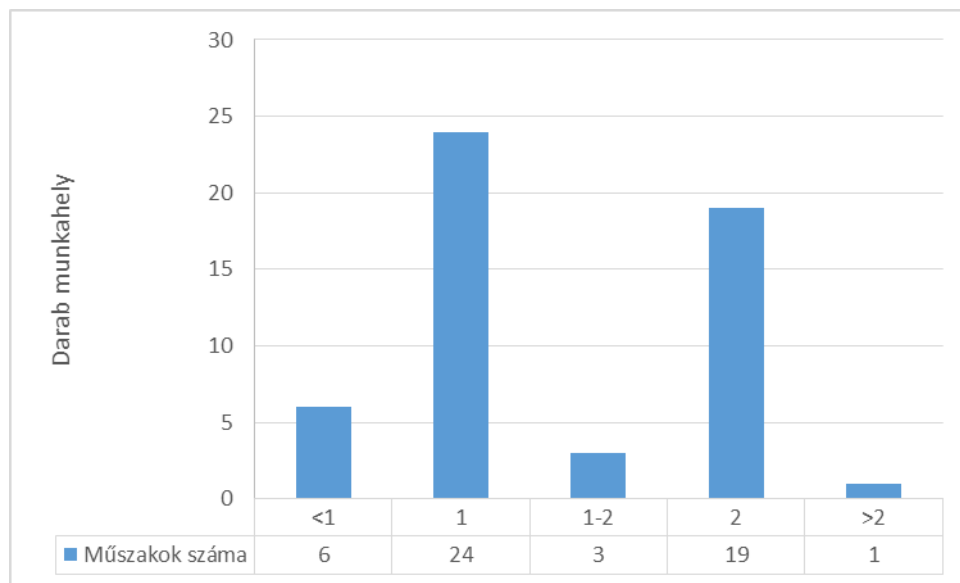


7.5. A MAMMOGRÁFIÁS TEVÉKENYSÉG 2017-ES FELMÉRÉSE

A mammográfiát végző intézmények mammográfiás tevékenységének helyzetét felmérő kérdőív megalkotása során a bizottság egy olyan kérdőívet készített elő, amellyel átfogóan elemezhető az emlőszűrő munkahelyek tevékenysége, illetve betekintést enged a mammográfiás vizsgálatok ellátás-biztonsági hátterébe, valamint a sugárvédelem szempontjából is értékeli azt. A kérdések kitértek a munkahelyek azonosításán felül a személyi és szakmai tárgyi feltételekre, a páciensekkel kapcsolatos és műszaki kérdésekre egyaránt. A kérdőív kitöltése önkéntes volt a munkahelyek részéről, ennek ellenére a várakozásokon felül adtak választ mind állami, mind magán-egészségügyi intézmények, összesen 53. A kitöltők között 38 olyan intézmény szerepel, mely végez emlőszűrést, míg 15 egyáltalán nem. Az alábbiakban az egyes kérdések szerint soroljuk fel a kérdőívre adott válaszok eredményeit.

MUNKATERHELÉS

A napi műszakok száma tekintetében a munkahelyek a napi egy- vagy kétműszakos munkarendet alkalmazzák. A következő ábra ad tájékoztatást arról, hogy hisztogramon ábrázolva milyen megoszlással dolgoznak az egyes munkahelyeken különböző műszakbeosztással.



A diagnosztikus és szűrőtevékenységet érdemes szétválasztani, ezért a következő kérdés arra irányult, hogy ezek milyen megoszlásúak. Az eredmények alapján a diagnosztikus tevékenység teszi ki a munkahelyeken végzett vizsgálatok zömét úgy, hogy az átlagosan 6,7 órát tesz ki az 52 válaszadó munkahelyen. A szűrőtevékenység átlagosan napi 4,4 óra a válaszadó 38 szűrőmunkahely körében.

A heti teljesített összes óraszám az összes munkahelyen mintegy 2900 óra.

SZEMÉLYZET, MUNKASZERVEZÉS

A személyzet tekintetében az asszisztensek létszáma nagyon változó arányban van az évi összes pácienshez képest. Ennek minimuma 37,3 páciens/asszisztens, míg maximuma 6.000



páciens/asszisztens, e vizsgálati szempont szerint az érték átlaga 1682, míg mediánja 1260 páciens/asszisztens. A munkahelyeken 1-11 fő asszisztentst foglalkoztatnak, átlagosan közel 5 főt.

Az asszisztensek egy-két kivételtől eltekintve mindenütt rendelkeznek szakképesítéssel.

A radiológus szakorvosok tekintetében hasonlóan színes a kép, átlagosan 4,6 főt foglalkoztatnak. A szűrést végző intézmények közül 13-nál nem alkalmaznak főállásban radiológust, pedig a szakmai minimumkövetelményeket rögzítő 60/2003. ESZCSM r. ezt előírja. A munkahelyek körében a részállású helyben, illetve távleletező szakorvosok száma ezzel szemben jelentős. A főállású radiológusok aránya átlagosan az összes radiológusnak csak a 40%-át teszik ki. A részállású, helyben leletezők aránya közel 60%, 44 munkahelyen, míg a részállású, távleletező radiológusok aránya átlagosan 22%-nyi, 10 munkahely esetén.

Az összes intézmény közül 48 esetén, tehát nemcsak emlőszűrő munkahelyeken alkalmazzák az emlőszűrésre vonatkozó szakmai protokollt (A képalkotó vizsgálmódszerek alkalmazása az emlődagatok korszerű szűrésében, diagnosztikájában és ellátásában – Szakmai útmutató a III. Emlőrák Konszenzus Konferencia alapján; Mammográfiás emlőszűrésről és a korai emlőrák diagnosztikájáról (EüM. szakmai protokoll, 2008.)).

VIZSGÁLATOK SZÁMA, ÁTSZŰRTSÉG

A vizsgált páciensek évesen összesített száma átlagosan 7621 fő munkahelyenként a válaszadók között, minimuma 112 fő, maximuma (kb.) 30.000 fő, mediánja 5.433 fő. Az emlőszűrésre meghívottak megjelenési aránya csak 34,25%. Ez kevésbé szélsőséges értékeket mutat, minimuma 15,2%, maximuma mintegy 60%-nyi.

A válaszadó intézményeknél összesen 158.402 vizsgált személy jelent meg a szervezett emlőszűrési program keretében, míg az összes vizsgált személy száma, a szűrő és diagnosztikus tevékenységet is ideértve 403.931 fő.

SUGÁRVÉDELEM ÉS EGYÉB MŰSZAKI KÉRDÉSEK

A páciensek sugárterheléséről csak egyetlen helyen vezetnek nyilvántartást. A válaszadó munkahelyen kívül két másik intézménynél ad tájékoztatást a kiadott lelet a sugárterhelés mértékéről.

A pácienseket érő kockázatok kapcsán az Egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvény (13. §) előírja, hogy arról minden esetben tájékoztatást kell adni a páciens részére. A válaszadók közül 10 munkahely esetén nem, 33 esetén szóban, míg 7 helyen írásban közlik, valamint 3 helyen írásban és szóban is tájékoztatást adnak a sugárterhelés által hordozott kockázatokról.

A válaszadók közül 32 felelte azt, hogy alkalmaznak gonádvédelmet a felvételezés során, míg a fennmaradó 21 nemleges választ adott.

Az egységes szakmai módszertani útmutató és a követelmények, eszközpark hiányát az előbbiek már előrejelzik, de igazán súlyos problémára mutat rá a „*Negyvenöt év alatti nők esetén milyen képalkotó módszert alkalmaznak az emlő vizsgálatára?*” kérdésre adott válaszok eredménye, melynél megadható volt a rendelkezésre álló vizsgálo módszerek sorrendje is. A lehetséges válaszok a következők voltak: mammográfia (MAM); ultrahang (UH); mágneses rezonancia-eltű

képalkotás (MRI); egyéb (ETC). A következő táblázat ad felvilágosítást a preferált rangsorolással a vizsgálatokra. Ebben a „&” jelzés azt mutatja, hogy egyaránt, azonos ranggal alkalmaznak két módszert, míg az egyszerű „-” vonás elválasztja azokat.

Az alábbi táblázat áttekinthető képet ad a választott módszerekről:

Vizsgálati módszer sorrendje	Válaszadó munkahely darabszáma
UH-MAM-MRI	7
MAM-UH-MRI	7
MAM-UH	7
UH-MAM	6
MAM-UH-MRI-ETC	5
UH-MAM-MRI-ETC	4
MAM&UH-ETC-MRI	3
MAM-UH-ETC-MRI	2
UH-MRI	1
UH-MAM-MRI&ETC	1
UH-MAM-ETC-MRI	1
UH-MAM-ETC	1
UH-MAM&MRI&ETC	1
UH-MAM&MRI	1
UH	1
MIND	1
MAM-UH-MRI&ETC	1
MAM-UH-ETC	1
MAM&UH&ETC	1
MAM&UH	1

Itt még érdemes megemlíteni, hogy érkezett visszajelzés arra, hogy a vizsgálati módszerek sorrendjének felállítása ennyire egyszerűen nem dönthető el, az adott eset függvénye, hogy az ultrahang vagy a mammográfiás vizsgálat az első helyen preferált.

A mammográfiás vizsgálatot megelőzően minden munkahelyen kivétel nélkül tájékozódnak a páciens esetleges várandósságáról.

A „Végeznek az intézményen belül statisztikát a pozitív/negatív/fals-negatív/fals-pozitív vizsgálatok arányára, valamint intervallumrák megjelenésére vonatkozóan (belső minőségügyi értékelés céljából)?” kérdésre 25 igenlő válasz érkezett, tehát a munkahelyek közel fele végez effajta belső minőségügyi értékelést.

A pozitív malignoma diagnózis felállítása után a páciens betegútját, kezelését 10 munkahelyen egyáltalán nem követik, a többi munkahely változó formában teszi ezt; a szövettani eredmények bekérésével, kontroll vizsgálatokkal, illetve egyes helyeken onko-teamek konzultálnak a megkapott eredményekről.

A bizottság úgy döntött, hogy az egyes alkalmazott berendezések konkrét gyártmányait és típusait nem osztja meg, de nagyon fontos szempont azok képalkotásának módja és a géppark átlagos kora.



Az összes berendezés átlagos kora mintegy 6,5 év, a felmérésben szereplő összes gép 62 darab, melyből 10 film-fóliás és 10 foszforlemezes (CR) képalkotású, a többi direkt digitális. A géppark kora tekintetében meg kell jegyezni, hogy a Környezet és Energia Operatív Program keretében 2015-16-ban sok régebbi berendezést cseréltek le és a 2013-ból rendelkezésre álló adatokhoz képest nagyobb teret nyertek a teljesen digitális berendezések, arányuk 50%-ról 2/3-nyira ugrott.

Mindössze három berendezés esetén nem végeztették el az OKI KI SSFO (vagy jogelőd intézménye) által az átvételi vizsgálatokat.

Csupán 12 munkahelyen végeznek rontott-felvétel elemzést a válaszadó 53-ból. Sajnos a válaszok ellenőrzése alapján is csak egy-két munkahelyen lehet elfogadhatónak ítélni a rontott felvételek mennyiségét, ugyanis az vagy kiugróan nagyarányú (> 10%) vagy a statisztika alapján nem volt, a maradék pedig nem reprezentatív.

A rontott felvételek egyes okaihoz igyekeztek a rontott-felvétel elemzést elhagyók is számokat társítani, azonban nagyban eltér ezeknek az aránya az egyes munkahelyek között. Annyi leszűrhető a válaszokból, hogy minden hibát okozó tényező előfordul a vélhetően elfogadható választ adó munkahelyeknél. Tehát a megismételt expozíciók esetén expozíciós hiba, elmozdulás, egyéb személyi hiba és egyéb műszaki és képhiba egyaránt előfordul.

Tekintettel arra, hogy a mammográfiás munkafolyamat egyik pillére a leletező monitor, erre vonatkozóan külön kérdést fogalmazott meg a bizottság. Sajnos az értékelhető válaszok mennyiségét csökkenti, hogy néhány munkahelyen a PACS vagy a leletező szoftvert adták meg gyártmány és típusként, vagy nem tudták meghatározni a gyártmányt. Félreértés, hogy az „önkalibráló” monitor nem igényel rendszeres ellenőrzést, ezért 38 monitor esetén nem lehetett megállapítani, hogy kalibráltják-e azokat. 46 monitort rendszeresen, 24-et egyáltalán nem kalibráltak.

Mindössze 1 olyan intézménynél nem áll rendelkezésre PACS rendszer, ahol digitális berendezéssel dolgoznak, míg a fennmaradó 46 munkahelyen dedikált PACS üzemel.

A szélessávú internetkapcsolatra vonatkozóan 4 munkahely esetén nem volt megállapítható, hogy milyen jellegű szélessávú kapcsolat áll rendelkezésre. Ahol rendelkezésre áll, az leggyakrabban kábel (29), illetve kisebb arányban optikai kábel (6) vagy mikrohullámú (2) kapcsolat. Nem rendelkezik szélessávú kapcsolattal 12 munkahely.

Emlődiagnosztikai célra 17 intézménynél érhető el MRI berendezés, míg 36 munkahelyen nem áll rendelkezésre e modalitás, ezért más egészségügyi szolgáltatóhoz utalják be a pácienseket. Az MRI vizsgálatra a várakozási idő változó, egy hétnyi vagy annál kevesebb 9 beutaló intézménynél, míg 15 intézménynél 2 hétnyi, 12 intézménynél 3 hétnyi. 17 munkahely esetén a beutalást követően átlagosan 4 hét vagy annál több idő szükséges a páciens vizsgálatához.

Bár a berendezések átlagos kora alacsony, javításra és rendszeres karbantartásra szorulnak a mammográfiás röntgenberendezések is. Nem törvényszerű, hogy az 1-2 éves berendezések esetén nincs kieső üzemnap. A meghibásodások száma 124 volt 2016-ban, az ezáltal kieső üzemnapok száma 278. A leghosszabb időtartamú leállás 37 napnyi volt. A legtöbb munkahelyen (15) alkalmi javításokat végeztenek a berendezéseken. 13 esetben a berendezés kora miatt még nem volt szükséges javítást megrendelni, 9 esetben a garanciaszerződés keretében javították a berendezést,



míg ennél ritkább, hogy átalánydíjas és esetenként alkalmi javítást választanak (5), vagy az előbbiek kombinációit (7).

A rendszeres minőség-ellenőrzésre vonatkozóan adott válaszok nagyon színes képet mutatnak. Fantomfelvételeket, amelyet minden modalitáson szükséges készíteni, 5 munkahelyen készítenek napi rendszerességgel. 27 munkahelyen ilyen felvételeket hetente, 13 esetén havonta, 8 esetén egyáltalán nem. Minden munkahelyen, ahol filmmel dolgoznak, végeznek szenzitometriai ellenőrzést, 4 helyen naponta, egy helyen hetente, két helyen havonta. A leletező monitorok szűrkeskála-megjelenítő képességét 21 munkahelyen egyáltalán nem ellenőrzik, 14 munkahelyen havonta, 8 munkahelyen heti, 3 munkahelyen napi rendszerességgel. Az automatikus expozícióvezérlőt, mely minden berendezésnél rendelkezésre áll, 30 munkahelyen egyáltalán nem ellenőrzik, 16 munkahelyen havonta, 5 munkahelyen hetente és két munkahelyen naponta. E vizsgálatokat nem dokumentálják 13 munkahelyen.

Az időszakos felülvizsgálatok és az állapotvizsgálatokra vonatkozó kérdések kiértékelésének eredményei alapján 29 munkahelyen tervezik a berendezés szervizeltetését egy esztendőn belül. A kérdőív eredményei szerint annyi szűrhető le továbbá az egyes munkahelyeken időszakos felülvizsgálatot végzők vizsgálatáról, hogy nagyban eltér azoknak a terjedelme. Váratlan eredmény lenne és ez a válaszok megbízhatatlanságára utal e szempont szerint, hogy ugyanazon cég az azonos gyártmányú és üzembe helyezésű berendezései esetén eltérő vizsgálatokat alkalmazna.

A „gépnapló” vagy a berendezés üzemnaplója jó alapot szolgáltat arra, hogy a hibák, eltérések és a berendezéssel előforduló problémák nyomon követhetők legyenek. A gépnaplóban ajánlatos rögzíteni tehát a karbantartások megtörténtét, a meghibásodásokat, javításokat és a minőség-ellenőrző vizsgálatok megtörténtét. A legnagyobb arányban azok a munkahelyek vannak (18), ahol ezek mindegyikét bejegyzik, azonban rögtön ezt követik azok, ahol csak a meghibásodásokat, vagy a meghibásodásokat, javításokat és karbantartásokat jegyzik be (7-7), illetve ahol egyáltalán nem vezetnek ilyen jellegű naplót (7). A további munkahelyeken változó tartalommal tesznek bejegyzéseket a naplóba.

A következő szempont a klinikai audit vagy a munkabizottság helyszíni szemléje volt és ennek utolsó dátuma. 29 munkahelyen 2015 és 2017 között végzett vizsgálatot az erre kijelölt szűrési munkabizottság, egyébként 1999 és 2010 között volt 6 helyen ellenőrzés. 18 munkahelyen egyáltalán nem járt a szűrési munkabizottság, vagy nem tudtak választ adni e kérdésre, ebből pedig 11 szűrőmunkahely. A szakfelügyelői és minőségügyi főorvosi látogatás szintén hasonló képet mutat, 2017-ben eddig 7, 2016-ban 16, 2015-ben pedig 3 munkahelyet látogatott meg szakfelügyelő vagy minőségügyi főorvos. 2013-ban 2, azt megelőzően 1999-ig 4 munkahelyen tett látogatást ilyen szakember, míg 21 olyan munkahely akad, ahol nem tudtak választ adni vagy nem látogatott el szakfelügyelő főorvos.

A Kormányhivatalok alá rendelt, sugáregészségügyi hatósági feladatokért felelős felügyelők ellenőrzéseiről az alábbi táblázat ad tájékoztatást („Melyik évben volt utoljára sugáregészségügyi/sugárvédelmi hatóság (Kormányhivatal - Népegészségügyi Főosztály) helyszíni ellenőrzése?”).



Év	Ellenőrzött munkahelyek száma
0	4
2012	1
2013	2
2014	3
2015	12
2016	21
2017	10

A páciensek sugárvédelmével kapcsolatban egy kérdés volt, hogy volt-e szakmai kapcsolata a munkahelynek orvosi fizikussal. Erre 16 munkahely felelt igennel (a munkahelyek 30 %-a), sajnos azonban a kérdőív terjedelmére való tekintettel nem volt lehetőség ennek mibenlétét tisztázni.

A sugárvédelem helyi szervezete szempontjából fontos, hogy milyen beosztású a sugárvédelmi megbízott, illetve közvetlenül ki a felettese (ld. még 487/2015. korm. r. 38. § (1): [...]) *A sugárvédelmi megbízott közvetlenül az engedélyes sugárvédelmi követelmények végrehajtásáért felelős vezetőjének van alárendelve. [...]*). A legtöbb munkahelyen orvos (39), vagy asszisztens (5) beosztású a sugárvédelmi megbízott, míg néhány helyen másik osztályon foglalkoztatott orvos vagy asszisztens, esetleg műszaki végzettségű (9). A közvetlen felettese e sugárvédelmi megbízottaknak vagy szolgálatvezetőknek általában a kórházigazgató vagy hasonló beosztású vezető (20), ritkábban osztályvezető főorvos (8), a további munkahelyeken (18) a közvetlen felettes szerepét más tölti be, míg egyes munkahelyeken (7) egy sugárvédelmi szolgálatvezető beosztottai a hierarchiában.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munkabizottság ezúton is szeretné kifejezni a kérdőívet kitöltő intézményeknek, hogy áldozatos munkával kitöltötték a kérdőívet és így hozzájárultak ahhoz, hogy ajánlásokat fogalmazhassunk meg, illetve jobban megismerhessük a gyakorlatot, átfogó képet alkotva a hazai mammográfia helyzetéről.

7.6. FORMANYOMTATVÁNYOK

A következő oldalakon bemutatjuk az – internetről leölthető, kinyomtatható és a gyakorlatban használandó – mérőlapokat (adatlapokat):

- AEC ellenőrzési adatlap;
- Fantomfelvétel kiértékelési lapja;
- Előhívó ellenőrzési adatlap;
- Félévente végzendő vizsgálatok adatlapja;
- Rontottfelvétel-kiértékelési adatlap.

AEC ellenőrzési adatlap

Berendezés: Fantom: Hónap: Év.....

Vissza - jelzett	Beállított paraméterek: anód/szűrő: mód: mezőméret:																																
	nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
mAs																																	
t (ms)																																	
U (kV)																																	

Fantomfelvétel adatlap

Berendezés:Fantom:Hónap:.....Év

Jelölők (a mellkasfali oldalon túlnyúló szövetállomány, mm)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																

Vonalpár-felbontás (térbeli felbontás)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																

Alacsonykontrasztú részletek (Az alacsonykontraszt-felbontás vizsgálatára alkalmas betétek)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																

Mészrögök (a mikrokalcifikációkat utánzó betétek)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																

Referencia terület (a denzitás vagy pixelérték méréséhez hasznos terület)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																

Magas kontrasztú részletek (a kontrasztosság megítéléséhez használatos lépcsők)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																

Szövet-szálak (a spekulumokat utánzó betétek)																																
nap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
érték																																



Félévente végzendő vizsgálatok

Munkahely:

vizsgálat	dátum	megjegyzés	dátum	megjegyzés
Kazetták szemrevételezése és karbantartása				
Erősítőfóliák karbantartása				
Kazetták fényzárása				
Erősítőfólia-film kontaktus				
Sötétkamra fényzárása				
Sötétkamralámpák megfelelése				
Filmnéző szekrények				

7.7. A MESZ ELMÉLETI, MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓJA, EREDMÉNYEK, PRODUKTUM KONTROLL I.

Az emlőrákok heterogenitása sok megfigyelés alapján közismert. Ez egyrészt biológiai viselkedésükben nyilvánul meg. Gyakorlati kifejezője az úgynevezett „duplikációs idő”, amely azt jelenti, hogy hány nap alatt nő a daganat kétszeresére. Ismeretes, hogy vannak gyorsan növekvő, lassabban növekvő és növekedést alig mutató emlőrákok. A növekedési ráta egyes tumorokon belül is változhat, amely az intratumoralis heterogenitással magyarázható. A mammográfiás szűrés mortalitás-csökkentő hatása elsősorban a közbülső növekedésű, másodsorban a lassan növekvő csoportban nyilvánul meg, kisebb mértékű a gyorsan növekvő daganatok körében (ide tartozik az intervallum esetek többsége).

Szűrővizsgálattal kapcsolatban felmerülő statisztikai fogalmak:

- **„követési” torzítás (lead time bias):** jelentése, hogy a szűrés következtében a diagnózis időpontja és a beteg halálának időpontja közötti idő ugyan meghosszabbodik, de lehetséges, hogy a beteg halála szűrés nélkül is ugyanakkor következett volna be, azaz a túlélés növekedése csak látszólagos.
- **„hosszúsági” torzítás (length bias):** jelentése a daganat növekedési ütemére utal. Szűréssel nagyobb az esély a lassan növekvő daganatok praeklinikai felismerésére, így az eredmények összehasonlítása biológiailag eltérő esetek között történhet.
- **„szelekciós” torzítás (selection bias):** azt tartalmazza, hogy ha a célnépességnek csak egyrésze kerül szűrővizsgálatra, akkor megnövekedhet a banális esetek (mastodyniások, dysplasiasok), valamint a már klinikailag is nyilvánvaló nagy malignus daganatok száma, csökkenhet azonban a tünetmentes nem tapintható, kis méretű, korai stádiumú emlőrákok aránya.
- **„sojourn-time” (lappangási idő):** a daganat mammográfiás szűréssel való felfedezhetősége és klinikai manifesztációja közötti időtartam. Megfigyelték, hogy az 55 év alatti (premenopauzális) daganatok lappangási ideje átlagosan fele az 55 év feletieknek, azaz a daganatok kétszer gyorsabban nőnek, mint menopauza után. Emiatt a szűrési gyakoriság Svédországban 55 év alatt 12-18 hónap, 55 év felett 18-24 hónap között ajánlott.

A Svéd kétféle (W-E) randomizált-kontrollált szűrés a magas megjelenési arálynak köszönhetően (85%) csaknem torzítatlan eredményeket szolgáltatott, melyek tudományosan igazolták a szűrés mortalitás-csökkentő hatását a tanulmánycsoportban a nem szűrt kontroll-csoporthoz viszonyítva (in 6). Bizonyított továbbá, hogy az emlőrák nem eleve fatális betegség, hanem csak a későbbi előrehaladott szisztémás szakban válhat végzetessé. A korai, progresszív szakaszban a betegség az emlőre lokalizált, azaz gyógyítható.

A szűrőprogramok eredményességének direkt bizonyítéka, a szűrésen rendszeresen résztvevők emlőrákos halálozásának jelentős csökkenése (7). Ez a hatás azonban csak később érvényesül (50 év felett 4-5 év után, 50 év alatt kb. 10 évre rá). A kívánt eredmény azonban korábban megjósolható, ha:

- az első (prevalens) szűrésben legalább háromszor annyi, a további (incidencia) szűrésekben másfélszerannyi emlőrákot fedeznek fel, mint a terület éves gyakorisága szerint várható (a szűrést közvetlenül megelőző időszak átlagos emlőrák-incidenciája a bázisadat)
- Az emlőrákok szövettani megoszlása megközelítőleg az alábbi legyen:

- invazív tumorok 80-90%
- „in situ” tumorok 10-20%
- Az axillaris nyirokcsomó áttétes esetek száma 30 % alatti.
- a 15 mm-nél kisebb invazív carcinomák részaránya (kiszűrt + intervallum esetek) 50 % felett
- a szövettani „grade 3” tumorok legalább 30 %-a 15 mm-nél kisebb.
- ha a szűrés „ballasztja” (intervallum-rákok, meghívott távolmaradók daganatai) minél csekélyebb.
- másszóval, ha a szűrés érzékenysége 75-80% feletti (az intervallum-carcinomák aránya az összes szűrésben talált tumor 20-25 %-a alatt)
- a fajlagosság 93-95 % feletti (azaz a tisztázó vizsgálatra visszahívottak aránya 7 % alatti az első körben, 5 %-nál nem több a rákövetkező incidencia szűrésekben)
- az operáltak malignitási pozitív prediktív értéke (PPV) 66 % feletti (a szövettanilag malignus esetek aránya a műtetre kerülőknek több mint kétharmada)

Megjegyzés: a mortalitás-csökkenés mértéke várhatóan arányos lesz az ST III.-IV. (előrehaladott stádiumú) invazív rákok redukciójával.

Az adatok értelemszerűen külön rögzítendőek az első (prevalens) szűrőkörben, majd a rákövetkező (incidencia) szűrőkörökben.

A carcinomas esetek mennyiségi és minőségi adatait egyaránt folyamatosan regisztrálni kell:

- I. a szűrővizsgálati korcsoportban:
meghívottak, résztvevők
 - a szűréssel megtalált malignus esetek, és az átvizsgált, de fel nem ismert, a következő két éves időszakban klinikailag manifesztálódott emlőrákok (intervallum carcinoma)
 - meghívottak, de a szűrést visszautasítókat (refuserek)
- II. szűrt korcsoporton kívüliek között:
 - 45 évnél fiatalabbak és 65 évnél idősebbek.

Megjegyzés:

A MESZ mortalitásának kiszámítása a célnépességben statisztikai korrekciót igényel, mert a kiindulási alap nem a szűrésre való meghívás, hanem a vizsgálaton való tényleges részvétel.

7.8. MESZ EREDMÉNYEK, PRODUKTUM KONTROLL II. (RÉGI, JELENLEG IS HASZNÁLTOS EUREF-SÉMA)

	Magyarázat		%	EU kontroll
Szűrési intervallum	2 év			
Prevalencia szűrőkör	első			
Incidencia szűrőkör	2. és továbbiak			
Célnépesség / 2 év	45-65 év			
Meghívottak MESZ eredmények, produktum kontroll II. (rég, jelenleg is használatos EUREF-séma)	NNK meghívási listából adott 2 évben első alkalommal megszólítottak száma			
Meghívottak (%)	célnépességhez (szűrésre jogosultakhoz)			
Megjelentek (%)	meghívottakhoz			
Visszahívottak (%)	megjelentekhez			Prevalencia kör 7% Incidencia kör 5%
Megjelent visszahívottak (%)	visszahívottakhoz viszonyítva			
Műtetre javasoltak (%)	megjelentekhez viszonyítva			



Operáltak (% - %)	műtetre javasoltakhoz viszonyítva - össz. megjelentekhez viszonyítva			
Benignus esetek (%)	operáltakhoz			
Malignus esetek (%)	operáltakhoz			
PPV	malignus/benignus opus			66% ≥ /operáltak
„In situ” malignus % (10-20%)	malignus műtétéhez			10-20 % /malignus
Invasiv malignus % (80-90%)	invasiv malignus műtétéhez			80-90% / malignus
Kis invasiv tumorok (15 mm alatt)	50 % felett legyen (szűrt esetek + intervallum carcinomák)			50 % <
Nagy invasiv tumorok (15 mm és felette)	50 % alatt legyenek			50 % >
Axillaris (node) status	Összes malignus operáltakat figyelembe véve			
N- (negatív)	70 % és felette legyen			70 % ≤
N+ (pozitív), Nx (nem operált vagy nincs adat)	30 % alatt legyen			30 % >
Intervallum carcinomák	Az összes negatív eredményű szűrővizsgálatot figyelembe véve			
1-12 hó:				
13-24 hó:				
ÖSSZESEN:				

7.9. MESZ - ÚJABB EREDMÉNYEK III. (22.-ÚJ SZÖVETTANI KLASSZIFIKÁCIÓ). PRODUKTUM KONTROLL III.

Tabár, L., Tot, T; Dean P. B.: Multimodality Imaging in the Interdisciplinary Management of Breast Diseases, Továbbképző előadás, Szegedi Emlőrák Szimpózium (SZESZ), 2019:

A közelmúltban Tabár és munkatársai új anatomo-pathológiai klasszifikációt tettek közzé, mely az emlőrák eredetének helyét vette alapul (22).

1. Acinusok (terminális-ductalis-lobularis unit – TDLU) – AAB (Acináris Adenocarcinoma of the Breast)
2. Ductalis, DAB (Ductális Adenoc. of the Breast)
3. Mesenchymális kötőszövetből: diffus infiltráló típus

Gyakoriság: 1000 konzekutív emlőrák eset alapján:

AAB 74% - DAB: 20 % - diffúz infiltráló 6% (mesenchymalis)

A besorolás – megfigyelésük szerint – prognosztikus jellegű is volt.

AD 1: Az AAB unifokálisak (UF) 40%, a multifokálisak (MF) 34% tettek ki. Megjegyezték, hogy „in situ” stádiumban helytelen a „DCIS” használata, mert nem ductális, hanem acináris eredetű.

MF esetekben a nyirokút-invázió és az axillaris node-metastatizálódás minden tumor méretben kétszeres volt. Kiújulási ráta az MF és diffúz „in situ” variánsban 13 és 12 %. Éves fatalitás: MF/UF 15/2,5 % az invasiv AAB tumorokban. Ezért fontos a praeop. kivizsgálás, főleg MRI-vel.

A kombinált diagnosztikus leletben szükségesegek:



1. képi biomarkerek (invasív/ „in situ” komponens)
2. az UF-MF-Diffúz karakter leírása gondos képi feldolgozás után.
3. az invazív/„in situ” jelleg szövettani rögzítése
4. minden egyes góc mérete (mm) és a lézió valódi kiterjedése
5. a ledált szövet pontos lokalizálása az emlőben a bőrhöz, a bimbó-areola komplexhez, és a mellkasfalhoz viszonyítva

TNM besorolási probléma!

MF esetén nem elég a legnagyobb góc mérete, az összes tumor térfogat lenne szükséges a Rákregiszterbe való bejelentéshez!

AD 2: DAB

A meglévő ductusokban növekvő tumorok felfedezése rendszerint késik, mert nem okoznak mammográfiás tüneteket az AAB léziókkal ellentétben. A figyelmet a releváns klinikai jelekre kell fordítani (savós-véres bimbóváladékozás, Paget bimbó-ekzema). Fontos a multimodalitás alkalmazása (galactográfia, MRI), ebben a gyakran fatális csoportban.

25 éves megfigyelés alatt a magas (30-40%-os) halálozás a nagy térfogatú grade 3 tumoroknak tulajdonítható a növekvő új pathológiás ductusokban (neoductogenesis). A folyamatot – szerencsétlen módon – a jelenlegi szokásos felfogás „DCIS”-nek, azaz „in situ” állapotnak tartja, pedig a betegség valójában kiterjedt invazív tumor-variáns. A hibás elnevezés megtevesztő lehet a kezelésben és a prognózis becslésében.

A DAB gyakran társulhat AAB-vel, mely megteveszthet, ha a diagnózis ebből a ritkán fatális AAB komponensből történik.

Egy tanulmányban az 1-14 mm-es invazív tiszta AAB –k (DAB nélküli) 24 éves túlélése az ugyanilyen méretű DAB +AAB variánshoz képest:

AAB: 92,5%, (relatív risk) RR=1,00 (26/662 – haláleset/gyakoriság)

AAB+DAB: 62,0% RR=9,04 (15/52)

A DAB valódi természetét a 3D vastagrégű nagy szövettani metszet hivatott tisztázni.

A DAB 6 altípusa különböző megjelenésű, de fontos közös jellegzetességeket mutat:

- az emlő egy lebenyére szorítkozik, az egész lobust az új ductusok foglalják el a bimbótól a mellkasfalig.
- a még normálisan meglévő retroareolaris fő ductus fatörzshöz hasonlítható, de a neoductusok dezorganizált ágak szövevényére emlékeztetnek
- a DAB-k kimenetele az AAB-hez képest gyakran rosszabb, mert az AAB-kal azonos szövettani diagnózist kaphatnak (tévesen „ductálist”, az alulkezelés veszélyével). Az adjuváns kezelések az elmúlt néhány dekád alatt nem változtatták meg a DAB-k halálozását. A daganat kiterjedését a mammográfia, ultrahang, de különösen az MRI leletét figyelmen kívül hagyva gyakran alábecsülték, mely alulkezelést okozhatott. Amíg

a multimodális képalkotás a nagy hisztológiai metszettel a 74%-t kitevő AAB-k többségében jobban és sikeresebben kórismézhető és kezelhető, a DAB subtípusoknál ez sokkal nehezebb.

DAB altípusok klinikai és mammográfiás klasszifikálása:

Közülük 4 variáns microcalcificatummal társul:

1. faágszerű (Casting)
2. pontszerű (Dotted casting)
3. skipping stone (vízen „kacsáztatható” lapos kerek kavicszerű)
4. gyöngy nyakláncszerű (string of pearl)

110

A Paget carcinoma klinikai specialitásként sorolható ide.

5. Serosus-véres bimbóváladékozással járó (fluid-producing), mammográfiával gyakran okkult, de galactográfiával és MRI-vel felderíthető.

6. Mammográfián nem meszesedő aszimmetrikus denzitás szerkezeti torzulással. Az MRI-n extenzív gyors kontraszthalmozás, rapid kimosással, neoductgenesissel. Klinikailag tapintható, Her2-pozitív.

AD 3: Mesenchymalis kötőszövetből származó diffus infiltráló típus:

Fizikális tünet: kiterjedt egyenetlen tömörülés, retractio jelek nélkül. Mammográfiával tünetszegény, szűrési felismerése nehezített, ezért gyakran intervallum variáns. A pókhálószerű diffúz elváltozást vagy nem, vagy késve lehet felismerni. Az ABUS segíthet a jellegzetes szerkezeti distorsio kimutatásával. Meszesedés nincs (AAB-ben az esetek 1/3-a, DAB-ban 2/3-s meszesedhet). MRI: az egész emlő zsugorodik, a bőrtől a mellkasfalig. Nincs extenzív neoangiogenesis, ezért a masszív kötőszövetben lassúbb a kontrasztanyag felfutása és kimosása, szemben az AAB-vel és DAB-vel.

Régi elnevezése „invasiv lobularis carcinoma”.

Hosszú távú prognózisa a DAB-hez hasonlóan rossz, a mammográfiás szűrés és a terápia minőségi fejlődése ellenére.

Mammográfiás képi biomarkerek:

1087 konzekutív 40-69 éves 1-14 mm-s invazív emlőrákos nő 25 éves túlélése mammográfiás tünetek szerint (relatív risk – RR)

- stellate (csillag) calcificatio nélkül RR=1,00 AAB variáns (38/306 – haláleset/gyakoriság)
- körülírt/ovális calcificatio nélkül RR=1,26 AAB (18/234)
- tu+közuzalékszerű calcificatio RR=0,51 AAB (3/98)
- öntvényyszerű calcificatio + tumor RR=5,48 **DAB!!** (21/73)

Kommentár:

Fenti megállapítások egyértelművé teszik, miként hat az emlőrák heterogenitása a MESZ eredményességére. Míg a többséget kitevő AAB daganatok képviselik a sikeres, korai felfedezéssel járó jobb gyógyítást, a kisebbségi (DAB+diffúz infiltráló) 2. és 3. variánsok sorsát a szűrés és kezelés kevésbé képes javítani.

Ennek ellenére manapság a MESZ mérleg pozitív:

1. Svédország Dalarna megyében a szűrésre rendszeresen járók (a 40-69 évesek 85%-a) emlőrákos halálózása 10 évvel a diagnózis és kezelés után 60%-al csökkent (7).
2. Svédország 9 szűrővizsgálattal foglalkozó megyéjében a programban rendszeresen résztvevő nőknél statisztikailag szignifikáns azaz 41 %-kal kisebb kockázata volt a diagnózistól számított 10 éven belüli emlőrák-okozta halálnak, és 25 %-kal csökkent a kockázata az előrehaladott/áttétes emlőrák kialakulásának azokhoz képest akik a szűrésben nem vettek részt.
Remélhető, hogy a MESZ eme „mérőköve” pozitív lökést adhat a magyar szűrőmozgalomnak is!

Ajánlott irodalom:

- Tabár, L., Tot, T; Dean P. B.: Multimodality Imaging in the Interdisciplinary Management of Breast Diseases, Chapter 04.

in: Jones G. Bostwick's Plastic & Reconstructive Breast Surgery, Fourth Edition. New York, NY: Thieme. 2020.

- Ref 15. Tabár L., Duffy, SW, et al: Mammographic tumor features can predict long-term outcomes reliably in women with 1-14 mm invasive breast carcinoma. *Cancer*. 2004 Oct. 15; 101 (8): 1745-59
- Ref 46 Tabár, L, Tot, T, Dean, PB: Breast Cancer: early detection with mammography. Casting-type Calcifications: Sign of subtype with Deceptive Features. Stuttgart: Thieme; 2007.
- Nisticó, P, Bissell, MJ, Radisky, DC: Epithelial-mesenchymal transition: general principles and pathological relevance with special emphasis on the role of matrix metalloproteinases. *Cold Spring Harbor Perspect Biol*. 2012. Feb. 1. 4(2). pii:a011908.doi:10.1101/cshperspect.a011908.PMID:22300978.
- Yan Li, et al: Mammographic casting-type calcification is an independent prognostic factor in invasive breast cancer, *Scientific Reports*: (2019) 9:10544/ <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47118-3>
- Plaka, I, Ormándi, K, Kahán Zs, et al: Casting-type calcifications on the mammogram suggest a higher probability of early relapse and death among high-risk breast cancer patients. *Acta Onkol* 46.1178-1183. <https://doi.org/10.1080/02841860701373611> (2007)
- Zhou, W. et al: Breast cancer with neoductogenesis: histopathological criteria and its correlation with mammographic and tumour features. *Int J Breast Cancer* 2014, 581706, <http://doi.org/10.1155/2014/581706> (2014)
- Tabár, L. et al: The Incidence of Fatal Breast Cancer Measures the Increased Effectiveness of Therapy in Women Participating in Mammography Screening, *Cancer* Feb 15, 2019

7.10. ULTRAHANG AZ EMLŐRÁK SZŰRÉSBN

A mammográfiás szűrés általános szenzitivitása 85 %, ezen belül azonban a 40%-ot kitevő denz emlők szűrésében ez csak 47-64%. Szlogen „fehér emlőben nehéz felfedezni a fehér daganatot”! A nehézség leküzdésére egyre többen próbálták a Digitális Mammográfiát (DM) hagyományos ultrahanggal együtt alkalmazni. Ez egyik tanulmányban a 7,6 / 1000 szenzitivitást 4,2 / 1000-el növelte, egy másikban 3,6 /1000-ről 7,2 /1000-re emelte, miközben a DM-el okkult – többségükben invazív - rákok 70 %-a 10 mm-nél kisebb, 89 %-a axillaris node neg. volt.

A hagyományos (hand-held) ultrahang hátrányai azonban:

- operátor függőség
- magas téves pozitív ráta (több benignus biopsia és kontroll vizsgálat)

Konklúzió: a hagyományos kézi ultrahang nem felelt meg a WHO szűrővizsgálati követelményeinek (14)

A megoldást az automatizált ultrahang hozta (ABUS), mely standardizált, reprodukálható és ezáltal objektívnek bizonyult (11, 13). Az UH scannelés 2 síkban történik, melyet egy harmadik-coronális – rekonstrukció követ, konzekutív 2 mm-es rétegvastagságban.

Az ABUS teljesítményének felmérésére randomizált, kontrollált, multicentrikus (Somolnsight) tanulmány született az USA 13 centrumában, összesítve a tapasztalatokat (12). A vizsgálati populáció 15.318, 25 évnél idősebb, Bi-Rads 3-4 típusú denz emlővel rendelkezett. A tanulmányozott csoportot mammográfiával (DM), majd utána ABUS-sal vizsgálták meg. Külön értékelték a csak mammográfiával, majd ABUS-sal együtt felfedezett emlőrákot. Összesen 112 carcinomat találtak, ezekből 82-t a DM is, 30-at csak az ABUS fedezett fel. Míg a DM-l 82 esetéből 51 volt invazív (62%), a 30 ABUS-nál 28 invazív esetet találtak (93%), és ebből a 30 esetből 93 % node neg. volt. A 82 ABUS+DM rákból 17 csak DM-el volt megtalálható, ebből 11 „in situ” eset volt (64%). Ugyanez az ABUS 30 esetéből csak kétszer fordult elő (6% „in situ”). A felfedezési arány a DM csoportban 5,4/1000, amelyhez az ABUS csoportban 1,9/1000- el járult hozzá, ez összességében 7,3/1000 rátát jelentett. Másrészt, a szenzitivitást az ABUS 26,7 %-al emelte. Megfigyelték, hogy a kombinált szűrésben 5,4 %-al csökkent az intervallum rákok mennyisége (12).

Az ABUS viszonylagos hátránya, a kedvezőtlenebb fajlagosság (több visszahívás), a vizsgálat időtartama (15 perc) és a kezdetben 3 perces kiértékelési idő volt. Ez utóbbit a közelmúltban egy CAD-QVIEW szoftver orvosolta, mely azonnali jelzést ad, ha a vizsgálat pozitív (17)

Gyakorlatban az ABUS azonos időben végezhető a DM-el, egy többlethelység birtokában. Az ABUS vizsgálat 2 mm-es rétegvastagsága megegyezett a patológiai feldolgozás 8x10 cm-es (3D-s) nagy szelet rétegvastagságával, így a képek közvetlenül összevethetők egymással. Segítségével multifokális és kétoldali rejtett invazív carcinomák fedezhetők fel a kombinált szűrésben.

Másik tanulmányban az ABUS segítségével jelentősen csökkenthető volt az előrehaladott rákok aránya (30-40%) (15,20). Egy további ilyen szűrőprogramban a szenzitivitás csökkenése nélkül sikerült a fajlagosságot is elfogadható szintre emelni, 97 %-ra (16).

Az eljárás FDA engedéllyel rendelkezik az USA-ban.

7.11. TOMOSZINTÉZIS AZ EMLŐRÁK SZŰRÉSÉBEN

A tomoszintézis (DTS) digitális mammográfiás (DM) szűréshez mért teljesítményét, ugyancsak egy multicentrikus tanulmány taglalta (13 résztvevő intézménnyel) (9). Tanulmány populáció: 454.850, ebből 281.187 DM és 173.663 DM+DTS.

DM ágból visszahívás 29.726 (10,6%) - biopsia 5.056 (1,8%) - 1207 carcinoma (815 invazív, 392 in situ)

DM+DTS ágból: 15.541 visszahívás (8,9%) – biopsia 3.285 (1,9%) – 950 carcinoma (707 invazív, 243 in situ)

113

A két módszer közötti különbségek: visszahívás -16/1000 (DM/DTS), biopsia +1,3/1000, carcinoma szám +1,2/1000, ebből invazív carcinoma +1,2/1000, és „in situ” carcinoma +1,2/1000.

Konklúzió: a tomoszintézis által csökkentett visszahívási, megemelt emlőrákos gyakorisági ráta.

Az USA-ban FDA engedéllyel rendelkezik (2011)

Összehasonlításképpen néhány példa.

Négy európai tanulmány-szűrés (DM+DTS- in 9)

1. Skaane, et al (in 10): 40 %-al több invazív rák, egyidejű 15%-os téves pozitív rátaredukcióval, 12.621 fős szűrésben csak DM-hez képest.
2. Ciatto, et al (in 10): 7.992 szűrés, 5,3-ról 8.1 cc/1000-re emelve, 59 rákból 20 csak DTS a DM-hez képest, 17 % visszahívás csökkenés
3. Zackrisson, S. et al (MBTST Study) (23):
Időpont: 2010.01.27-től 2015. 02.13-ig. Meghívott (40-74) 21.691, megjelent 14.851 (68%)
139 emlőrák (137 nőben <1 %) szenzitivitás-DTS 81.1 %/DM 60.4 % (8.7 DTS eset/1000, 6.5 DM eset/1000)
DTS visszahívás 3.6 % - DM 2.5 %
Fajlagosság DTS/DM 97.2 %/98.1%
Egyirányú felvétel csökkentett kompresszióval és a tumor térfogat dózis redukciójával.
Intervallum eset 1.48/1000
4. Hofvind, et al (in 10):
Populáció DTS 14.380/DM 14.369.

Szűréssel felfedezett carcinomák: DTS 95/DM 87. Felfedezési ráta DTS 6,6/1000, DM 6,1/1000

Konklúzió: a különbség nem volt szignifikáns egy népességalapú szűrőprogramban (ellenpélda).

A DTS hátránya a hosszú expozíciós idő (5-25 sec), mely nehezítheti a módszer egyedüli, vagy járulékos alkalmazását a 40 %-ot kitevő denz emlők esetén (páciensforgalmi követelmény: 10 páciens/óra, 40 expozíció/óra).

7.12. MÁGNESES REZONANCIÁS MAMMOGRÁFIA (MRM)

Bizonyos esetekben a hagyományos komplex emlődiagnosztika módszerei kevésbé hatékonyak a praeoperatív kórisme tisztázására, ilyenkor a diagnózist MRM vizsgálattal ajánlott kiegészíteni.

MRM indikációi:

- okkult primer tumor keresése (valószínűleg emlőeredetű axillaris metastasis esetén, ha a primer tumor sem mammográfián sem ultrahanggal nem látható).
- malignitás esetén multifokális, kétoldaliság vizsgálata
- komplex nagy kiterjedésű szerkezeti torzulás eredetének tisztázása. A daganat pontos, valódi kiterjedésének meghatározása.
- mellkasfali érintettség bizonyítása
- tumor recidiva-postop. heg, zsírnecrosis differenciálására.
- neoadjuvans kezelés követésére
- emlőimplantátum sérülés gyanúja esetén

MRM nem indikált:

- solid elváltozás jellemzésére (ha laesioból mintavétel végezhető)
- micromeszesedések karakterizálására
- csak szövettanilag megítélhető elváltozásoknál (pl. radial scar)
- sugárfóbia esetén, mammográfia helyett

MRM általában nem javasolható

- sebészeti műtét után 6 hónapon belül
- sugárkezelés után 12-18 hónapon belül

MRM ellenjavallt:

- MR általános kontaindikációi esetén (pacemaker, stb)

AZ MRM igénybevételét minden akkreditált szűrő-diagnosztikus mammográfiás centrum részére biztosítani kell, a kívánatos vizsgálati várakozási idő betartásával.

7.13. DIGITÁLIS MAMMOGRÁFIA

Tudományos bizonyítékok (Oslo I. tanulmány, FDA befogadás, stb.) támasztották alá, hogy a hagyományos filmes, a teljes mezős direkt és a nagy felbontású foszforlemez digitális mammográfia, képernyőről, vagy nyomtatott filmről leletezve (soft-copy, hard-copy reading) – megfelelő paraméterek betartásával – egyenrangú módszerek a carcinomák felfedezésére.

Technikai feltételek:

Direkt digitális mammográf:

- 100 mikron vagy kisebb pixelméret (ajánlott 70 vagy kisebb)
- 10 bit mélység
- CE minősítés

vagy

Foszforlemez digitális mammográf (2007-ben még csak egyetlen típust találtak alkalmasnak az EU és USA munkabizottságai)

- 50 mikron vagy kisebb pixelméret
- 10 bit mélység
- CE minősítés

Mammográfiás diagnosztikai munkaállomás (AAPM TG18-nak megfelelő paraméterek)

- 2 db 5 Megapixel felbontású (min. 2048*2560 pixel), álló formátumú, nagy fényerejű (min. 450cd/m²) monitor

- min. 1024/1024 szűrkeségi fokozat
- 10 bit mélység
- az ehhez tartozó grafikus kártya (kártyák) képernyőnkénti külön kalibrációt (külön-külön LUT) tesz lehetővé
- a monitorok geometriai mérete min. 21 coll/monitor. Klinikai mammográfiához minden software

Igények:

- nagyítás, digitális nagyítás (lupe funkció), mérés lehetősége
- CD import/export lehetősége, DICOM formátumban, ablakolhatóan, ugyanarra a CD-re írt automatikusan induló, DICOM viewer-rel
- CAD (komputer asszisztált diagnosztika) bővítési lehetőség

Szűréshez minimum software igény ezeken felül:

- lelevező orvosonként egyéni beállítási sémák (képek felhelyezési elrendezése) alkalmazása,
- előző é aktuális mammográfiás felvételek szimmetrikus elhelyezése és szinkron albakolása (automatikusan)

Szűréshez minimum hardware igény:

- Minimum 40 kép/óra átfutás a képalkotásnál
- min. 400 új kép/óra átfutás a leolvasásnál

Nyomtató minimum feltételek:

- kötelező 1 nagy felbontású (min. 500 dpi), mammográfiához engedélyezett (FDA) száraz vagy nedves lézeres filmnyomtató berendezés megléte
- Csak a kiadásra szánt filmeket kötelező kinyomtatni abban az esetben, ha
- a szolgáltatást igénybe vevő intézmény nem képes a digitális képek megfelelő megjelenítésére.
- A fenti készülékkel kinyomtatott film lelevezése is engedélyezett (pl. munkaállomás hiba esetén)

7.14. EMLŐFELVÉTELEK POZICIONÁLÁSA

„Breast positioning is an art”

mondja Tabár László, amikor a tevékenységét a fazekas művészethez hasonlította.

Az MLO, CC, LM, és a „hasadék – felvétel” (cleavage) képi beállítását magyarázó szöveggel.

Mammográfiás felvételek minőségellenőrzése PJMR (PGMI) klasszifikáció a norvég protokoll szerint (6)

P. (perfekt képek):

1. valamennyi projekciós kritériumnak megfelel
2. képek korrekt jelölése
3. optimális expozíció
4. optimális kompresszió
5. nincs elmozdulási életlenség
6. korrekt film előhívás
7. nincs artefaktum
8. nincs bőrránc



9. szimmetrikus képek (jobb-bal összehasonlítva)

J. (jó képek):

1. megfelel 1-6 pont követelményeinek, egy vagy több jelenléte az alábbiakból:
 7. minimális artefaktumok
 8. kis bőrráncok
 9. kissé asszimmetrikus képek

M. (mérsékelten jó képek):

megfelel 2-3-4-5 pontok követelményeinek, egy vagy több hibával az alábbiak szerint

1. a musculus pectoralis kontúrja nem ér le a mamilla szintjéig.
1. a musculus pectoralis elülső széle nem konvex, hanem konkáv (ellazítatlan páciens)
1. a submammaris áthajlási redő nem ábrázolódik
7. minimális artefaktumok
8. bőrredők
9. nem szimmetrikus beállítás

R (rossz képek)!!

1. az emlő jelentősebb része lemarad a felvételtől
2. a képek rosszul jelöltek
3. expozíciós hibák
4. inadekvát kompresszió
5. elmozdulási élettenség

6-9 pont egy vagy több pont követelményeinek nem felelnek meg

Értékelés (elvárt):

≥ 75%-a képeknek perfekt és jó

≥ 98 %-a a képeknek perfekt, jó, valamint mérsékelten jó

≤ 2 %-ban rossz képek

Asszisztensi szempontok:

- optimálisan beállítható emlők
- mérsékelten jól beállítható emlők
- nehezen beállítható emlők



- valamilyen szempontból (pl. testi – szellemi fogyatékoság, deformitás, egyéb), helyesen nem pozícionálható emlő

Megjegyzés: A „Positioning in Mammography” c. ppt dokumentumot Tabár prof. jóváhagyásával megtekintésre ajánljuk.

7.15. IRODALOMJEGYZÉK

Hivatkozott jogszabályok, ajánlások

- 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről
https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0300060.esc
- 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1800021.EMM>
- 4/2009. (III. 17.) EüM rendelet az orvostechikai eszközökről.
http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0900004.EUM
- 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, 2006. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>
- Ennek 2. fejezete magyarul: Európai protokoll a mammográfiás szűrés fizikai és technikai minőségellenőrzéséhez. http://members.iif.hu/por5345/Segedanyagok/EPQC_4_HU.pdf
- Supplement to the European Guidelines fourth edition, Version 1.0, August 2011. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>
- Update Digital Mammography Protocol 01-2017: Corrections/Updates on:
European protocol for the quality control of the physical and technical aspects of mammography screening chapter, 2b digital mammography. Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>
- European Commission: Radiation Protection No. 162. Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy (RP162). <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/162.pdf>
- EFOMP Mammo Protocol: QUALITY CONTROLS IN DIGITAL MAMMOGRAPHY. PROTOCOL OF THE EFOMP MAMMO WORKING GROUP. EFOMP 2015. https://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwid-92R1vTSAhVChiwKHWR9DjAQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fcdn.drg.de%2Fmedia%2Fdocument%2F8158%2FEFOMP-MAMMO-PROTOCOL-Mar15.pdf&usq=AFQiCNGab49HSpS9q7qEVaJ1N6k_sw_pTQ
- Az Egészségügyi Minisztérium szakmai protokollja Mammográfiás emlőszűrésről és a korai emlőrák diagnosztikájáról. pp. 9-10 (technikai minőségellenőrzés) és 20-21 (tárgyi feltételek). https://www.doki.net/tarsasag/radiologia/upload/radiologia/document/RAD_mammografias_emloszures_2008.pdf?web_id=525143B7E6A335D
- A Tanács 2013/59/Euratom irányelve (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről. OJ L 13, 17.1.2014, p. 1–73. VII. fejezete (Orvosi sugárterhelés, pp. 25-28) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059&from=HU>



- Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2, THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, The National Academic Press, Washington dc, 2006. <https://www.nap.edu/download/11340>
- 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről. https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99700154.TV
- IAEA Human Health Series No. 17, Quality Assurance Programme for Digital Mammography, Vienna, International Atomic Energy Agency (2011) – http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1482_web.pdf
- IAEA Human Health Series No. 2, Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography, Vienna, International Atomic Energy Agency (2009) – http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1381_web.pdf
- Task Group 18 (TG18) of the American Association of Medical Physics (AAPM), "Assessment of display performance for medical imaging systems". Online only Report No. OR03 (2005) – http://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03.pdf
- Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems. Version 1.03, March 2018 – Letölthető: <http://www.euref.org/downloads>
- Lásd még: <http://www.euref.org/european-guidelines/physico-technical-protocol>
- 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>
- ICRP, 2000. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1)
- N. Tirada et al.: Imaging pregnant and lactating patients. RadioGraphics 2015; 35:1751-1765
- 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről – https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a1500487.kor

Általános ajánlott irodalom

1. Boyd, N. F. és mtsai: A Critical Appraisal of the Canadian National Breast Cancer Screening Study . Radiology 1993; 189:661-663
2. Feig, S. A. és mtsai: American College of Radiology guidelines for breast cancer screening. Am.J. Roentgenol 1998;171;29-33
3. European guidelines for quality assurance in mammography screening (4th edition, European Commission, 2006)
4. Országos Mammográfiás Szűrési Munkabizottság: A mammográfiás emlőszűrés és a korai emlőrák diagnosztikája és terápiájára vonatkozó irányelvek gyűjteménye (02. verzió); ÁNTSZ; Budapest. 2004.
5. Radiológiai Szakmai Kollégium: Az Egészségügyi Minisztérium szakmai protokollja a mammográfiás emlőszűrésről és a korai emlőrák diagnosztikájáról. Eü. Közlöny /2008/ 10. 2990-3012
6. Tabár, L. és mtsai: The Art and Science of Early Detection with Mammography; Thieme; 2005
7. Tabár, L. és mtsai: The Incidence of Fatal Breast Cancer Measures the Increased Effectiveness of Therapy in Women Participating in Mammography Screening; Cancer 2018; 0:1-9
8. Péntek, Z.: Minőségbiztosítás a mammográfiás asszisztensi gyakorlatban. Előadás; Budapest; 2015
9. Friedewald, S. M. és mtsai: Breast Cancer Screening using Tomosynthesis in Combination with Digital Mammography; JAMA 2014; 311(24): 2499-2507
10. Hofvind, S. és mtsai: Two-view digital breast tomosynthesis versus digital mammography in a population-based breast cancer screening programme (To-Be): a randomised controlled trial. Lancet Onkol. 2019; 20:795-805
11. Lander, M.R., Tabár, L.: Automated screening Tool for Examining Dense Breast Tissue. Elsevier. Seminars in Roentgenology; 2011
12. Brem, R. F és mtsai: Assessing Improvement in Detection of Breast Cancer with Three-dimensional Automated Breast US in Women with Dense Breast Tissue: The Somolnsight Study. Radiology 27th. 3. March 2015 RSNA 2014
13. Kaplan, S.S: Automated Whole Breast Ultrasound. Radiol. Clin. N Am 52 (2014) 539-546
14. Brem, R. és mtsai: Screening Breast Ultrasound: Past, Present, and Future. AJR 2015; 204:234-240
15. Grady, I. és mtsai: The Addition of Automated Breast Ultrasound to Mammography in Breast Cancer Screening Decreases Stage at Diagnosis; Acad. Radiol. 2017. Elsevier Inc.
16. Wilczek, B. és mtsai: Adding 3D automated breast ultrasound to mammography screening in women with heterogeneously and extremely dense breast: Report from a hospital- based, high-volume, single-center breast cancer screening program. Eur. J. of Radiol. 85 (2016) 1554-1563
17. Tabár, L. : Személyes közlés (CAD QVIEW for ABUS)
18. Forrai, G. és mtsai: A képkalkoló vizsgáló módszerek alkalmazása az emlődaganatok korszerű szűrésében, diagnosztikájában és ellátásában – szakmai útmutató a III. Emlőrák Konszenzus Konferencia alapján. Magyar Onkológia 60:181-193; 2016



19. Forrai, G. és mtsai: Emlődiagnosztikai Asszisztensek Elméleti és Gyakorlati Kézikönyve. OKI; 2017
20. Maryelle, L. Giger és mtsai: Automated Breast Ultrasound in Breast Cancer Screening of Women With Dense Breasts: Reader Study of Mammography – Negative and Mammography – Positive Cancers AJR 2016; 206:1-10
21. Thoresen, S.O., Sager, E.M.: Kvalitetssikring i mammografiscreening. Mammografi undersökelsen, Oslo, 1998
22. Tabár, L., Tot, T; Dean P. B.: Multimodality Imaging in the Interdisciplinary Management of Breast Diseases Chapter 04, Továbbképző előadás, SZESZ 2019
23. Zackrisson, S. és mtsai: One-view breast tomosynthesis versus two-view mammography in the Malmö Breast Tomosynthesis Screening Trial (MSTST): a prospective, population-based, diagnostic accuracy study, Lancet Oncol: 2017; 18:1493-50
24. Péntek, Z.: Digitális mammográfia. Szintentartó továbbképző előadás Kecskemét 2011

IMPRESSZUM

Szerzők:

Elek Richárd villamosmérnök, orvosi fizikus, sugárvédelmi szakértő

122

Dr. Porubszky Tamás orvosi fizikus szakértő, kandidátus, sugárvédelmi szakértő, tudományos tanácsadó

Váradi Csaba villamosmérnök, sugárvédelmi szakértő

Dr. Battyáni István radiológus, intervenciós radiológus, tanszékvezető, a Szakmai Kollégium Radiológiai
Tagozat elnöke

Lektorálta:

Dr. Péntek Zoltán radiológus szakorvos, mammográfiás szakértő, az orvostudomány kandidátusa