Pol J Med Phys Eng 2013;19(1):35-83.
PL ISSN 1425-4689
doi: 10.2478/pjmpe-2013-0003
website: http://www.pjmpe.waw.pl

Ewa Fabiszewska[1], Iwona Grabska[1], Katarzyna Pasicz[1]

Zespół konsultantów:
Paweł Kukołowicz[1], Dominika Oborska-Kumaszyńska[2,3], Andrzej Orlef[4], Sylwia Zielińska-Dąbrowska[5]

Testy specjalistyczne w mammografii z detektorem filmowym

Zalecenia Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej

[1]Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, W. K. Roentgena 5, 02-781 Warszawa
[2]Zakład Radiologii Ogólnej, Zabiegowej i Neuroradiologii, Akademicki Szpital Kliniczny we Wrocławiu, Borowska 213, 50-556 Wrocław
[3]Wolverhampton Royal Hospitals, New Cross Hospital, MPCE Department, Wolverhampton, UK
[4]Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Wybrzeże Armii Krajowej 15, 44-101 Gliwice
[5]Zakład Fizyki Medycznej, Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Artwińskiego 3, 25-734 Kielce

W opracowaniu przedstawiono zestaw testów specjalistycznych, które zdaniem Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, powinny być wykonywane w mammografii z detektorem filmowym. Dokument ten powstał z inicjatywy Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej i został opracowany, na podstawie dostępnych publikacji oraz obowiązującego prawa, przez fizyków z Zakładu Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie we współpracy z zespołem konsultantów powołanych przez Zarząd Główny PTFM.
Słowa kluczowe: testy specjalistyczne, mammografia, detektor filmowy

Przedmowa

Stosowanie promieniowania jonizującego, obok oczywistych korzyści, niesie ze sobą niebezpieczeństwo zarówno dla pacjenta, jak i dla personelu. W przypadku stosowania promieniowania rentgenowskiego w diagnostyce obrazowej podejmowanych jest wiele wysiłków, aby przy jak najmniejszej ekspozycji pacjenta na promieniowanie jonizujące uzyskać wiarygodną informację obrazową. Ta minimalizacja ekspozycji na promieniowanie jest możliwa, między innymi dzięki wdrożeniu odpowiednich procedur kontroli jakości. W niniejszym opracowaniu przedstawiono zestaw testów specjalistycznych, które zdaniem Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, powinny być wykonywane w mammografii z detektorem filmowym. Dokument ten powstał z inicjatywy Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej i został opracowany, na podstawie dostępnych publikacji oraz obowiązującego prawa, przez fizyków z Zakładu Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie we współpracy z zespołem konsultantów powołanych przez Zarząd Główny PTFM. W imieniu Zarządu Głównego wszystkim tym osobom wyrażam ogromną wdzięczność.

Równocześnie pragnę podkreślić, że niniejsze zalecenia nie są dokumentem prawnie obowiązującym. Takim dokumentem jest Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej z dnia 18 lutego 2011 roku. Wdrożenie proponowanych przez PTFM testów pozwala na przeprowadzenie pełnej oceny jakości aparatury mammograficznej z detektorem filmowym, a spełnienie warunków akceptacji dla wszystkich testów umożliwia uzyskanie obrazu dobrej jakości, przy minimalnym narażeniu pacjenta na promieniowanie jonizujące.

Życzę efektywnego korzystania z niniejszego dokumentu!

Prezes Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej

dr hab. n. med. Paweł Kukołowicz

Warszawa, 2013-01-14

Spis treści

I. Wstęp 38
II. Wykaz sprzętu do wykonywania testów specjalistycznych w mammografii z detektorem filmowym 38
III. Definicje 39
IV. Testy kontroli jakości 40
1. Wielkość ogniska 40
2. Odległość ognisko – rejestrator obrazu 46
3. Geometria wiązki promieniowania X 47
3.1. Położenie pola promieniowania X względem błony 48
3.2. Położenie krawędzi stolika mammografu względem krawędzi błony od strony klatki piersiowej 51
4. Wydajność lampy rentgenowskiej 52
5. Wysokie napięcie 53
5.1. Zgodność ustawienia wartości wysokiego napięcia 53
5.2. Powtarzalność wartości wysokiego napięcia 54
6. Warstwa półchłonna 54
7. System automatycznej kontroli ekspozycji 56
7.1. Gęstość optyczna w punkcie referencyjnym 57
7.2. System automatycznej kontroli ekspozycji dla różnych poziomów zaczernienia 57
7.3. Powtarzalność ekspozycji 58
7.4. Kompensacja zmian grubości fantomu i wartości wysokiego napięcia 58
7.5. Bezpiecznik czasowy 59
8. Kompresja piersi 60
8.1. Wskazanie grubości obiektu 60
8.2. Siła kompresji 61
8.3. Ustawienie płytki uciskowej 61
9. Kratka przeciwrozproszeniowa 63
9.1. Współczynnik pochłaniania 63
9.2. Obraz kratki przeciwrozproszeniowej 64
10. Ekrany wzmacniające 65
11. Pomieszczenie ciemni 67
11.1. Nieszczelności w ciemni 68
11.2. Oświetlenie robocze 69
12. Negatoskopy 70
12.1. Luminancja negatoskopu 70
12.2. Jednorodność negatoskopu 71
13. Natężenie oświetlenia zewnętrznego w pokoju opisowym 72
14. Dozymetria 72
15. Jakość obrazu 75
15.1. Rozdzielczość przestrzenna 75
15.2. Progowy kontrast 77
15.3. Czas ekspozycji 79
V. Wykaz parametrów aparatury mammograficznej z warunkami akceptacji 80

I. Wstęp

Opis każdego testu przedstawionego w niniejszym opracowaniu obejmuje wyposażenie niezbędne do przeprowadzenia testu, metodykę wykonania testu wraz z uwagami i warunkami akceptacji oraz wykaz dokumentów, na podstawie których opracowano dany test, ustalono warunki akceptacji i określono niezbędne wyposażenie pomiarowe. W punkcie II niniejszego opracowania: „Wykaz sprzętu do wykonywania testów specjalistycznych w mammografii z detektorem filmowym" wymieniono niezbędne wyposażenie pomiarowe wraz z wymaganiami, które to wyposażenie powinno spełniać. Ponadto przyrządy pomiarowe używane w testach specjalistycznych muszą posiadać aktualne świadectwa wzorcowania.

Przed rozpoczęciem wykonywania testów specjalistycznych należy w formie pisemnej ustalić z użytkownikiem aparatury mammograficznej parametry ekspozycji rutynowej. Definicję ekspozycji rutynowej oraz innych najważniejszych pojęć używanych w niniejszym opracowaniu przedstawiono w punkcie III: „Definicje".

Należy podkreślić, że z uwagi na różnorodność aparatury mammograficznej, przedstawiony w niniejszym opracowaniu zakres testów specjalistycznych należy dostosowywać do możliwości technicznych aparatury mammograficznej w danej pracowni i wykonywać je nie rzadziej niż raz na 12 miesięcy.

Ostatni punkt V: „Wykaz parametrów aparatury mammograficznej z warunkami akceptacji" zawiera zestawienie wszystkich parametrów aparatury mammograficznej, których dotyczą opisane w niniejszym opracowaniu testy specjalistyczne wraz z warunkami akceptacji dla poszczególnych testów.

II. Wykaz sprzętu do wykonywania testów specjalistycznych w mammografii z detektorem filmowym

a) Dawkomierz z detektorem promieniowania X dla zakresu energii używanych w mammografii, o dokładności nie gorszej niż ± 5%
b) Miernik czasu ekspozycji o dokładności nie gorszej niż ± 5%
c) Miernik wysokiego napięcia o dokładności nie gorszej niż ± 2%
d) Miernik luminancji o dokładności nie gorszej niż ± 10%
e) Miernik iluminancji o dokładności nie gorszej niż ± 10%
f) Miernik siły kompresji piersi o dokładności wskazań nie gorszej niż ± 10%
g) Densytometr o dokładności nie gorszej niż ± 2% dla gęstości optycznej równej 1,00
h) Jednorodne płyty z PMMA umożliwiające uzyskanie całkowitych grubości: 2,0 cm, 3,0 cm, 4,0 cm, 4,5 cm, 5,0 cm, 6,0 cm i 7,0 cm

i) Filtry aluminiowe o czystości ≥ 99,9% i grubościach dostosowanych do pomiaru warstwy półchłonnej w zakresie energii stosowanych w mammografii

j) Zestaw do pomiaru wielkości ogniska lampy rentgenowskie zawierający:
   - fantom do określenia położenia osi wiązki promieniowania X;
   - fantom ze szczeliną o szerokości szczeliny: 10 μm;
   - statyw do umieszczania fantomu ze szczeliną

k) Szkło powiększające o powiększeniu od 5 do 10 razy z wbudowaną podziałką co 0,1 mm

l) Fantom do oceny progowego kontrastu w mammografii z detektorem filmowym (umożliwiający ocenę progowego kontrastu dla obiektu o średnicy 5 - 6 mm)

m) Przymiar metrowy o dokładności nie gorszej niż ± 1 mm

n) Przymiar liniowy o dokładności nie gorszej niż ± 1 mm

o) Pięć okrągłych płaskich obiektów (np. monety): cztery jednakowe obiekty o średnicy około 1 cm i jeden wyraźnie większy od pozostałych; grubości wszystkich pięciu obiektów nie większe niż 2 mm

p) Obiekt do pomiaru ustawienia płytki uciskowej, o gęstości około 30 mg/cm^3 i wymiarach około: 5 cm x 10 cm x 20 cm (wysokość x szerokość x długość)

q) Obiekt z aluminium o grubości nie większej niż 1 mm i o długości lub szerokości co najmniej 10 cm. Wymiar obiektu powinien być taki, aby umożliwić zobrazowanie całego obiektu podczas każdej ekspozycji w teście „Odległość ognisko – rejestrator obrazu”

r) Warstwa ołowiu

s) Papier lub folia nieprzepuszczające światła, umożliwiające zakrycie połowy błony mammograficznej podczas wykonywania testu „Pomieszczenie ciemni”

t) Opcjonalnie: fantom do określania powiększenia obrazu

III. Definicje

Dokładność przyrządu - z ang. „accuracy”, parametr charakteryzujący przyrząd pomiarowy określający jego dokładność, podawany przez producenta danego przyrządu pomiarowego.

Ekspozycja rutynowa - ekspozycja płyt z PMMA wykonana przy takim ustawieniu systemu AEC jak podczas wykonywania badań w pracowni oraz przy podłączonej kratce przeciwrozproszeniowej. To znaczy, że podczas ekspozycji rutynowej wartości wysokiego napięcia, materiał anody i filtru oraz wartości obciążenia prądowo – czasowe są ustawiane tak jak podczas badań mammograficznych.

Gęstość optyczna błony rentgenowskiej - logarytm dziesiętny stosunku natężenia światła padającego na błonę rentgenowską do natężenia światła po przejściu przez błonę. Wartość tego parametru mierzona jest za pomocą densytometru.

Kaseta kontrolna - kaseta wybrana spośród wszystkich kaset stosowanych w danej pracowni mammograficznej, wykorzystywana podczas testu: „Ekrany wzmacniające".

Luminancja - natężenie światła emitowanego z danej powierzchni. Jednostką luminancji jest cd/m^2.

Obciążenie prądowo – czasowe - iloczyn natężenia prądu w lampie oraz czasu ekspozycji. Obciążenie prądowo – czasowe wyrażane jest w mAs.

PMMA - polimetakrylan metylu

Progowy kontrast - kontrast pozwalający uzyskać widoczną „gołym" okiem różnicę pomiędzy obiektem a tłem.

Punkt referencyjny - punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony, od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

System automatycznej kontroli ekspozycji (AEC) - tryb pracy aparatu mammograficznego mający na celu zapewnienie właściwej gęstości optycznej błon bez względu na grubość piersi po kompresji oraz nastawioną wartość wysokiego napięcia.

Średnia dawka gruczołowa (AGD) - wielkość wykorzystywana do określania dawki promieniowania w mammografii. Jest to energia przekazana jednostce masy tkanki gruczołowej jednorodnie uciśniętej piersi, uśredniona po całej tkance gruczołowej piersi, wyznaczona zgodnie z zaleceniami zawartymi w *„European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis, Fourth Edition, 2006"*. Jej wartość zależy od jakości wiązki promieniowania oraz od grubości i budowy piersi.

IV. Testy kontroli jakości

1. Wielkość ogniska

Wielkość ogniska lampy rentgenowskiej decyduje o rozdzielczości obrazu. Uszkodzenie ogniska spowodowane długotrwałą lub nieprawidłową eksploatacją lampy rentgenowskiej przyczynia się do pogorszenia jakości obrazu. Powiększenie wymiarów wielkości ogniska poza warunki akceptacji świadczy o zużyciu lampy rentgenowskiej i konieczności jej wymiany.

Wyposażenie:

1. Zestaw do pomiaru wielkości ogniska lampy rentgenowskie zawierający:
    - fantom do określenia położenia osi wiązki promieniowania X
    - fantom ze szczeliną o szerokości szczeliny: 10 μm
    - statyw
2. Szkło powiększające o powiększeniu od 5 do 10 razy z wbudowaną podziałką co 0,1 mm

3. Kaseta z błoną mammograficzną
4. Przymiar metrowy o dokładności nie gorszej niż ± 1 mm
5. Opcjonalnie: fantom do określania powiększenia obrazu

Metodyka:

Należy wyznaczyć wielkość wszystkich dostępnych ognisk lampy rentgenowskiej w aparacie mammograficznym.

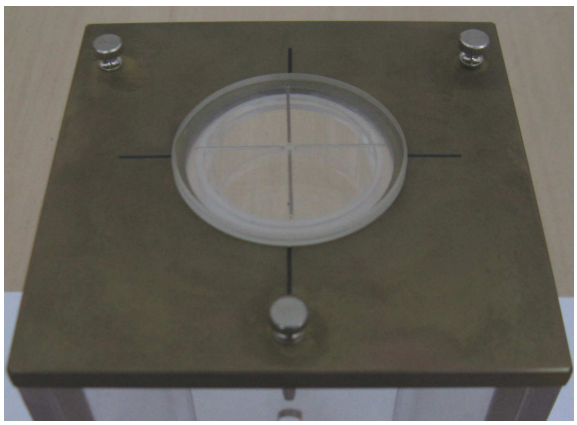
Przed rozpoczęciem pomiarów wielkości ogniska należy ustawić statyw w wiązce promieniowania X zgodnie z ryc. 1. Następnie należy wyznaczyć położenie osi wiązki za pomocą fantomu do określania położenia osi wiązki promieniowania X. Fantom należy umieścić na statywie zgodnie z ryc. 2.

Uwaga: Fantom ze szczeliną powinien być umieszczony w takiej odległości od ogniska lampy, aby współczynnik powiększenia obrazu wynosił co najmniej 3 (o ile jest to możliwe ze względu na konstrukcję aparatu).

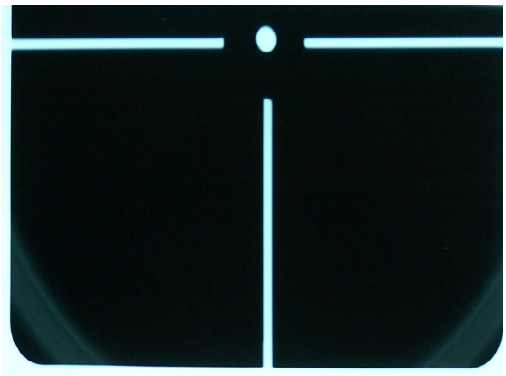
Prawidłowe ustawienie statywu, a tym samym ustawienie fantomu w osi wiązki, jest wtedy, gdy na obrazie fantomu kulka znajduje się w środku krzyża, tak jak to przedstawia ryc. 3. Uzyskawszy potwierdzenie właściwego ustawienia statywu w miejscu fantomu do wyznaczania osi wiązki należy umieścić fantom ze szczeliną.

Ekspozycje należy wykonywać przy parametrach zalecanych przez producenta lampy rentgenowskiej, a w przypadku braku takich zaleceń, przy parametrach umożliwiających uzyskanie wartości gęstości optycznej obrazu szczeliny (w najciemniejszym miejscu obrazu szczeliny) z zakresu: 1,0 ÷ 1,4.
Ekspozycje należy wykonywać przy użyciu standardowej kasety (tzn. z jednym ekranem wzmacniającym) z błoną umieszczoną w standardowy sposób w kasecie (tzn. tak, by emulsja błony była zwrócona w stronę ekranu wzmacniającego).
Dla danych parametrów należy wykonać po dwie ekspozycje: jedną z fantomem do oceny wielkości ogniska umieszczonym równolegle, a drugą z fantomem ustawionym prostopadle do osi anoda – katoda tak, aby móc ocenić wielkość ogniska w kierunku równoległym i prostopadłym do osi anoda - katoda.

Rycina 1. Ustawienie statywu w wiązce promieniowania X.



Rycina 2. Położenie fantomu do wyznaczania osi wiązki na statywie. Linie fantomu muszą pokrywać się z liniami zaznaczonymi na górnej powierzchni statywu.



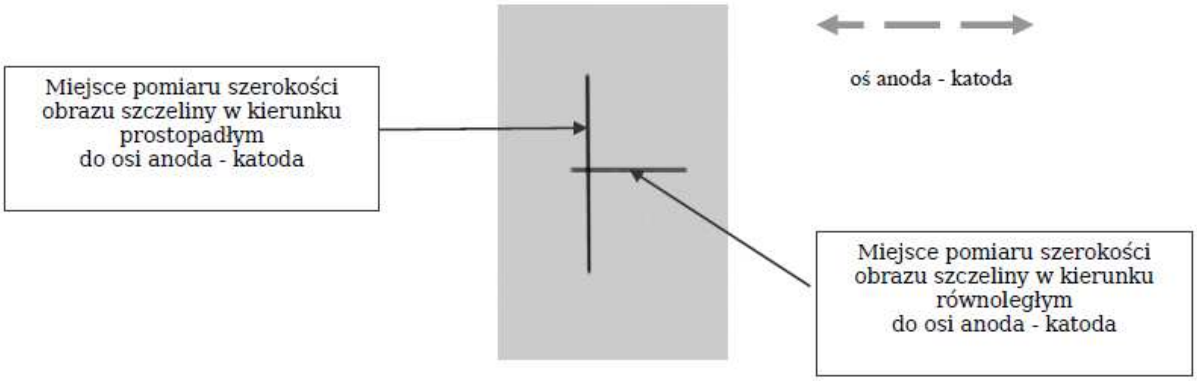
Rycina 3. Obraz prawidłowo ustawionego fantomu do wyznaczania osi wiązki, a tym samym statywu.

Ustawienie fantomu ze szczeliną w kierunku prostopadłym i równoległym do osi anoda – katoda przedstawiają odpowiednio ryc. 4 i ryc. 5.

Rycina 4. Ustawienie fantomu ze szczeliną w kierunku prostopadłym do osi anoda - katoda.

Rycina 5. Ustawienie fantomu ze szczeliną w kierunku równoległym do osi anoda - katoda.

Przykładowy obraz fantomu ze szczeliną w kierunku prostopadłym i równoległym do osi anoda – katoda przedstawia ryc. 6.



Rycina 6. Przykładowy obraz fantomu ze szczeliną z zaznaczonymi kierunkami do odczytu szerokości obrazu szczeliny.

Wymiary ogniska lampy rentgenowskiej należy wyznaczyć na podstawie następujących zależności:

$$f_{//} = \frac{s_{\perp} - s \cdot (M+1)}{M}; \qquad f_{\perp} = \frac{s_{//} - s \cdot (M+1)}{M}$$

gdzie:

$f_{||}$ - wymiar ogniska w kierunku równoległym do osi anoda – katoda, wyrażony w mm;

$f_{\perp}$ - wymiar ogniska w kierunku prostopadłym do osi anoda – katoda, wyrażony w mm;

s - szerokość szczeliny równa 0,01 mm;

$s_{||}$ - wyznaczona szerokość obrazu szczeliny w kierunku równoległym od osi anoda – katoda wyrażona w mm;

$s_{\perp}$ - wyznaczona szerokość obrazu szczeliny w kierunku prostopadłym od osi anoda – katoda wyrażona w mm;

M - współczynnik powiększenia szczeliny.

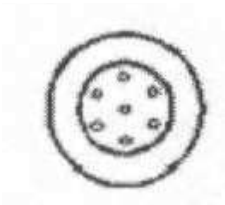
Współczynnik powiększenia szczeliny można wyznaczyć dwiema alternatywnymi metodami.

Metoda pierwsza

Współczynnik powiększenia szczeliny (M) należy wyznaczyć jako stosunek zmierzonej za pomocą przymiaru metrowego odległości szczelina – rejestrator obrazu i odległości ognisko-szczelina.

Metoda druga

Współczynnik powiększenia szczeliny (M) należy wyznaczyć przy użyciu fantomu do określania powiększenia obrazu (ryc. 7).



Rycina 7. Schemat fantomu do określania powiększenia obrazu

Na statywie, w miejsce fantomu ze szczeliną należy umieścić fantom do określania powiększenia obrazu, a następnie należy wykonać ekspozycję.

Współczynnik powiększenia szczeliny (M) należy wyznaczyć korzystając z poniższej zależności

$$M = \frac{d}{1\,\mathrm{cm}} - 1$$

gdzie:

d – zmierzona na obrazie do określania powiększenia obrazu odległość pomiędzy środkiem otworku znajdującego się w środku fantomu a środkiem innego wybranego otworku znajdującego się w fantomie, wyrażona w centymetrach.

Uwaga: Wyznaczona wartość współczynnika powiększenia szczeliny powinna wynosić około 3.

Uwaga: W przypadku określania wymiaru wielkości ogniska w kierunku równoległym do osi anoda – katoda należy uwzględnić kąt nachylenia anody i lampy zgodnie z poniższą zależnością:

$$F = f_{//} \cdot \left(\frac{\sin(A)}{\sin(A+T)}\right)$$

gdzie

$f_{||}$ - wyznaczony wymiar ogniska w kierunku równoległym do osi anoda – katoda, wyrażony w mm;

A - kąt nachylenia anody podany przez producenta lampy rentgenowskiej, wyrażony w °;

T - kąt nachylenia lampy rentgenowskiej podany przez producenta mammografu, wyrażony w °.

Warunki akceptacji:

Wyznaczone wymiary każdego z dostępnych ognisk lampy rentgenowskiej w kierunku prostopadłym oraz równoległym do osi anoda-katoda nie mogą przekraczać wartości podanych w tabeli 1.

Tabela 1. Maksymalne dopuszczalne wymiary ogniska lampy rentgenowskiej w mammografii.

Nominalna wielkość ogniska lampy [mm]	Maksymalne wymiary ogniska	
	w kierunku prostopadłym do osi anoda - katoda [mm]	w kierunku równoległym do osi anoda – katoda [mm]
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,25	0,38	0,38
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85

Uwaga: Dopuszcza się możliwość użycia miernika do pomiaru wielkości ogniska w czasie rzeczywistym. W takim przypadku należy postępować zgodnie z instrukcją producenta miernika. Dla tych pomiarów obowiązują warunki akceptacji podane w tabeli 1.

Literatura:

1. Polskie Towarzystwo Lekarskie PZWL, *Mammografia Podręcznik Zachowania Standardów Jakości*, 2001.

2. PN-EN 60336:2005, *Medyczne urządzenia elektryczne - Promienniki rentgenowskie do diagnostyki medycznej - Charakterystyki ognisk optycznych*

2. Odległość ognisko – rejestrator obrazu

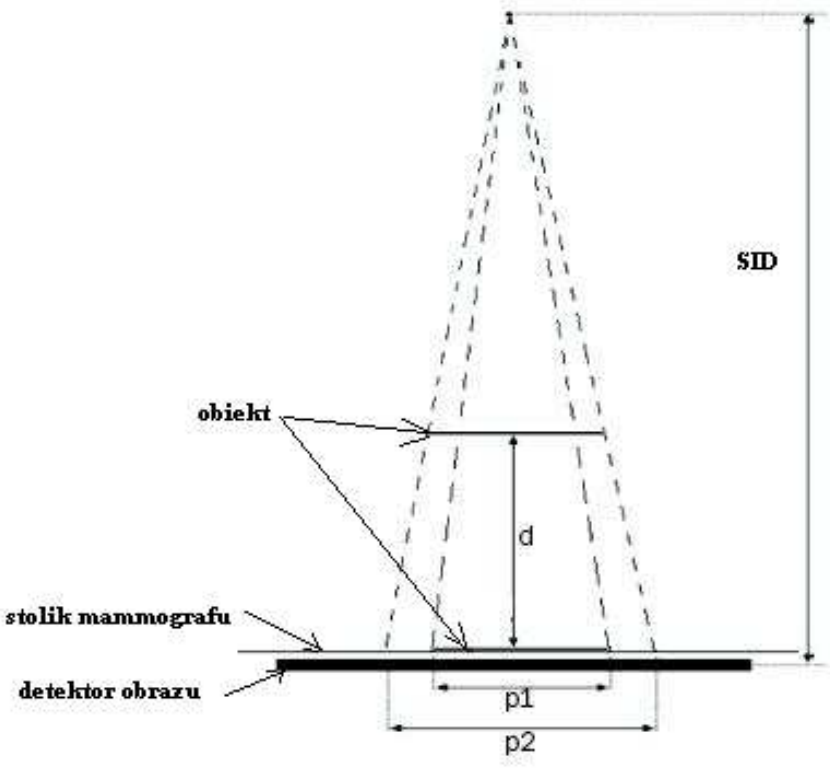
Sprawdzenie odległości ognisko - rejestrator obrazu z wartością nominalną jest ważne, ponieważ do tej wielkości odnoszą się parametry wyznaczane podczas testu nr 4: „Wydajność lampy rentgenowskiej” i podczas testu nr 14: „Dozymetria”.

Wyposażenie:

1. Obiekt z aluminium o grubości nie większej niż 1 mm i o długości lub szerokości co najmniej 10 cm. Wymiar obiektu powinien być taki, aby umożliwić zobrazowanie całego obiektu podczas każdej ekspozycji w tym teście.
2. Przymiar metrowy o dokładności nie gorszej niż ± 1 mm
3. Kaseta z błoną mammograficzną

Metodyka:

Odległość ognisko – rejestrator obrazu należy wyznaczać na podstawie dwóch obrazów obiektu (jednego z obiektem położonym na stoliku mammografu, drugiego z obiektem umieszczonym na płytce uciskowej nad stolikiem mammografu) zgodnie z ryc. 8.



Rycina 8. Schemat umieszczenia obiektu podczas wyznaczania odległości ognisko – rejestrator obrazu.

Odległość ognisko – rejestrator obrazu należy wyznaczyć z następującej zależności:

$$SID = \frac{d}{a \cdot (\frac{1}{p1} - \frac{1}{p2})}$$

gdzie:

SID - odległość ognisko – rejestrator obrazu, wyrażona w cm;

a - rzeczywisty wymiar obiektu w wybranym kierunku;

d - odległość między obiektem położonym na stoliku a obiektem położonym na płytce uciskowej, odległość ta powinna wynosić co najmniej 20 cm;

p1 - wymiar obrazu obiektu położonego na stoliku w wybranym kierunku, wyrażony w cm;

p2 - wymiar obrazu obiektu położonego na płytce uciskowej w wybranym kierunku, wyrażony w cm.

Warunki akceptacji:

Różnica pomiędzy wyznaczoną odległością ognisko – rejestrator obrazu a wartością nominalną nie może przekraczać ± 2% nominalnej odległości ognisko – rejestrator obrazu.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

3. Geometria wiązki promieniowania X

Sprawdzenie geometrii wiązki promieniowania X jest niezwykle ważnym elementem kontroli jakości mammografu. Dzięki temu można:

- uniknąć otrzymywania nieprawidłowych obrazów piersi, na których nie są one widoczne w całości (w przypadku, gdy pole promieniowania X wchodzi w obszar błony od strony lewej, prawej i od strony klatki piersiowej),
- uniknąć otrzymywania obrazów z nienaświetlonym fragmentem błony od strony kolumny mammografu (w przypadku, gdy pole promieniowania X wchodzi w obszar błony od strony kolumny mammografu), co powoduje pogorszenie kontrastu oglądanych przez radiologów obrazów,
- wyeliminować niepotrzebne narażenie pacjentek (w przypadku, gdy wiązka promieniowania X wykracza za bardzo poza obszar błony).

Wyposażenie:

1. Przymiar liniowy o dokładności nie gorszej niż ± 1 mm
2. Pięć okrągłych płaskich obiektów (np. monety): cztery jednakowe obiekty o średnicy około 1 cm i jeden obiekt wyraźnie większy od pozostałych; grubości wszystkich pięciu obiektów nie większe niż 2 mm

3. Kaseta z błoną mammograficzną

Metodyka:

Test należy wykonać dla „dużego” ogniska lampy rentgenowskiej i każdego formatu kaset i materiału anody używanych w pracowni.

W przypadku wykonywania testu dla błon formatu 18 cm x 24 cm należy:

- w stoliku mammografu umieścić kasetę z błoną formatu 18 cm x 24 cm;
- na górnej powierzchni stolika mammografu przymocować (w celu jego unieruchomienia) większy obiekt stycznie do krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej i około 5 cm od środka powierzchni stolika;
- na stoliku mammografu położyć kasetę z błoną formatu 24 cm x 30 cm (jeśli w pracowni nie ma kaset formatów 24 cm x 30 cm, to należy położyć obok siebie dwie kasety z błonami formatu 18 cm x 24 cm, tak aby objęły one całe pole promieniowania X);
- na powierzchni górnej kasety w środku każdej krawędzi pola świetlnego umieścić cztery jednakowe obiekty tak, aby były one wewnątrz pola świetlnego (ale jak najbliżej krawędzi pola świetlnego).

W przypadku wykonywania testu dla błon formatu 24 cm x 30 cm należy:

- w stoliku mammografu umieścić kasetę z błoną formatu 24 cm x 30 cm;
- na górnej powierzchni stolika mammografu przymocować (w celu jego unieruchomienia) większy obiekt stycznie do krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej i około 5 cm od środka powierzchni stolika;
- na stoliku mammografu położyć obok siebie dwie kasety z błonami formatu 24 cm × 30 cm, tak aby objęły one całe pole promieniowania X;
- na powierzchni górnych kaset w środku każdej krawędzi pola świetlnego umieścić cztery jednakowe obiekty tak, aby były one wewnątrz pola świetlnego (ale jak najbliżej krawędzi pola świetlnego). Obiekt od strony klatki piersiowej i od strony kolumny mammografu należy przesunąć o kilka centymetrów od środka stolika tak, aby obiekt nie leżał na styku kaset.

Błony znajdujące się w kasetach położonych na stoliku mammografu należy wcześniej umieścić w kasecie tak, by ekran wzmacniający przylegał do podłoża błony (a nie do emulsji błony jak podczas badań).

3.1. Położenie pola promieniowania X względem błony

Dla każdego obiektu na obrazie z górnej kasety należy zmierzyć odległość między środkiem obiektu a krawędzią pola promieniowania X (ryc. 9).

Dla każdego obiektu na obrazie z dolnej kasety należy zmierzyć odległość między środkiem obiektu a krawędzią błony mammograficznej (ryc. 10).

Różnice odległości między krawędziami pola promieniowania X a krawędziami błony należy wyznaczyć zgodnie z zależnością:

$$\Delta_i = M \cdot A_i - B_i$$

gdzie:

Δ_i - różnica odległości między i – tą krawędzią pola promieniowania X a i – tą krawędzią błony, wyrażona w mm;

A_i – odległość między środkiem obiektu a i-tą krawędzią pola promieniowania X z górnej kasety, wyrażona w mm;

B_i - odległość między środkiem obiektu a i-tą krawędzią błony z dolnej kasety, wyrażona w mm;

M – współczynnik powiększenia wyznaczony zgodnie z poniższą zależnością:

$$M = \frac{\phi_{dolne}}{\phi_{górne}}$$

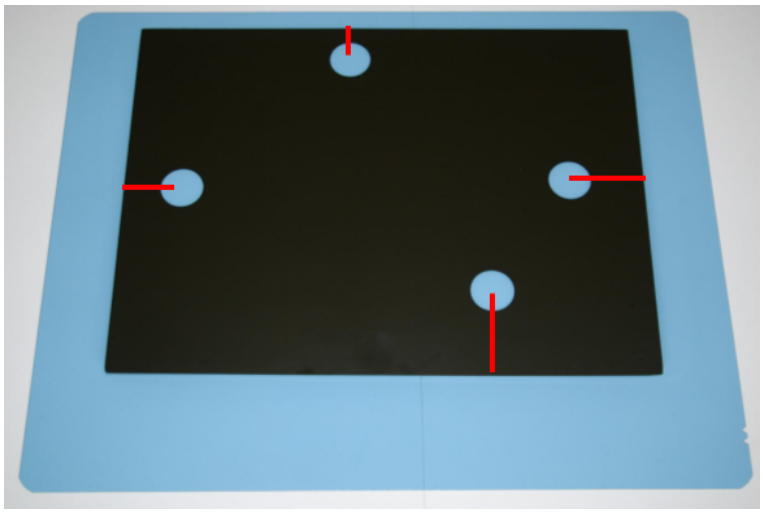
ϕ_{dolne} – zmierzona średnica obiektu na obrazie z kasety dolnej, wyrażona w mm;

$\phi_{górne}$ – zmierzona średnica obiektu na obrazie z kasety górnej, wyrażona w mm.

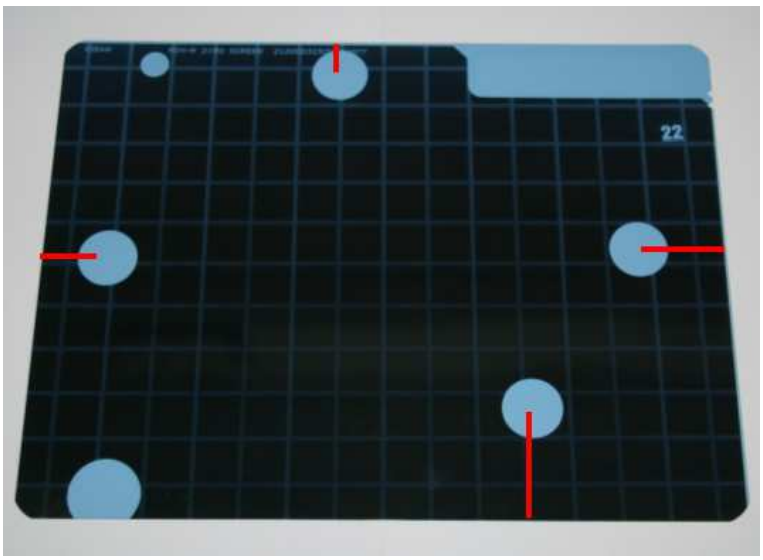
Należy określić, czy pole promieniowania X wykracza lub wchodzi poza każdą krawędź błony.

Pole promieniowania X wykracza poza krawędź błony, jeżeli Δ_i (czyli różnica odległości między i – tą krawędzią pola promieniowania X a i – tą krawędzią błony) jest większa od zera.

Pole promieniowania X wchodzi w obszar błony, jeżeli Δ_i (czyli różnica odległości między i – tą krawędzią pola promieniowania X a i – tą krawędzią błony) jest mniejsza od zera.



Rycina 9. Przykładowe położenie obiektów na obrazie z górnej kasety. Obszar ciemny to pole promieniowania X, zaznaczone odcinki są odległościami między środkami obiektów a poszczególnymi krawędziami pola promieniowania X.



Rycina 10. Przykładowe położenie obiektów na obrazie z dolnej kasety. Zaznaczone odcinki są odległościami między środkami obiektów a poszczególnymi krawędziami błony. Większy obiekt służy do oceny położenia krawędzi stolika mammografu względem krawędzi błony od strony klatki piersiowej.

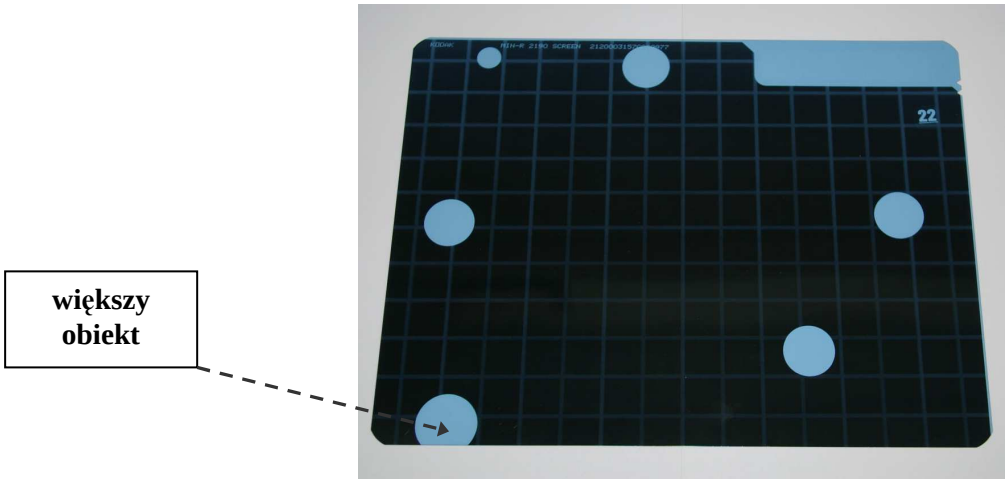
Warunki akceptacji:

Dla każdego formatu błony stosowanego w pracowni:

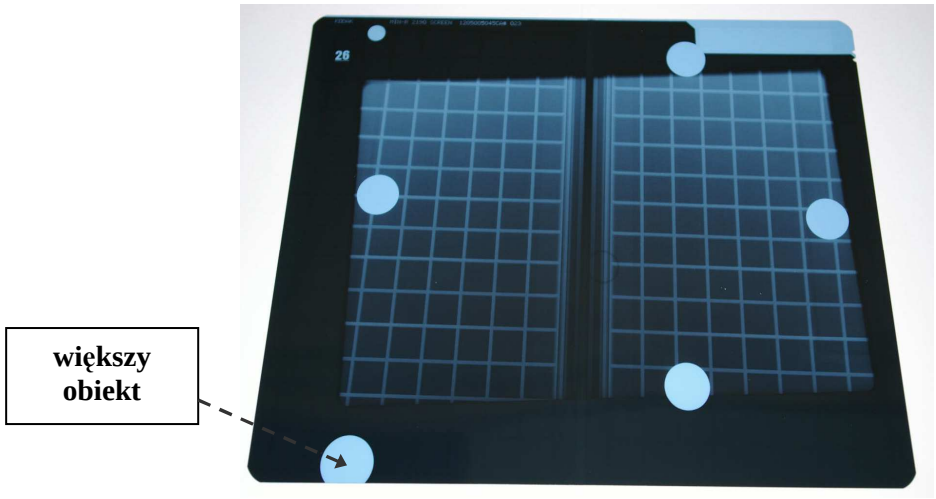
1. różnica między krawędzią pola promieniowania X a krawędzią błony ze wszystkich stron nie może przekraczać 5 mm;
2. każda krawędź pola promieniowania X musi wykraczać poza odpowiadającą jej krawędź błony.

3.2. Położenie krawędzi stolika mammografu względem krawędzi błony od strony klatki piersiowej

Na podstawie obrazu większego obiektu przymocowanego do górnej powierzchni stolika mammografu należy określić odległość między krawędzią stolika mammografu a krawędzią błony od strony klatki piersiowej jako różnicę średnicy obrazu większego obiektu zmierzonej w kierunku równoległym do dłuższego boku błony i średnicy większego obiektu zmierzonej w kierunku prostopadłym do dłuższego boku błony (ryc. 11 i ryc. 12).



Rycina 11. Przykładowy obraz z kasety (umieszczonej w stoliku) z błoną formatu 18 cm x 24 cm.



Rycina 12. Przykładowy obraz z kasety (umieszczonej w stoliku) z błoną formatu 24 cm x 30 cm.

Warunki akceptacji:

Dla każdego formatu błony stosowanego w pracowni różnica między krawędzią stolika mammografu a krawędzią błony od strony klatki piersiowej nie może przekraczać 5 mm.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006
2. International Atomic Energy Agency, *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography,* IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 2, 2009

4. Wydajność lampy rentgenowskiej

Lampa rentgenowska powinna charakteryzować się dużą wydajnością. Zapewnia to: krótki czas ekspozycji, co pozwala na minimalizację niepożądanych efektów spowodowanych ruchami pacjentki podczas badania oraz prawidłową penetrację promieniowania X w dużych piersiach.

Wyposażenie:

1. Dawkomierz z detektorem promieniowania X dla zakresu energii używanych w mammografii, o dokładności nie gorszej niż ± 5%

Metodyka:

Powierzchnię czynną detektora promieniowania X należy umieścić w punkcie referencyjnym tzn. 60 mm od krawędzi stolika od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi stolika.

Używając komory jonizacyjnej należy umieścić ją w odległości co najmniej 15 cm od górnej powierzchni stolika. W przypadku użycia innych detektorów promieniowania X (np. półprzewodnikowych) należy postępować zgodnie z zaleceniami producenta.

Należy wykonać ekspozycję w trybie ręcznym, dla kombinacji anoda/filtr: Mo/Mo, przy nominalnej wartości wysokiego napięcia wynoszącej 28 kV i wartości obciążenia prądowo-czasowego wynoszącej 50 mAs.

Podczas ekspozycji płytka uciskowa musi być wymontowana.

Wydajność lampy rentgenowskiej (η) w odległości 1 m od ogniska lampy należy wyznaczyć z następującej zależności:

$$\eta = \frac{1000 \cdot K}{O} \cdot \left(\frac{d_{ognisko-detektor}}{1000} \right)^2$$

gdzie:

K – zmierzona wartość kermy w powietrzu, wyrażona w mGy;

O – nominalna wartość obciążenia prądowo-czasowego, wyrażona w mAs;

$d_{ognisko\text{-}detektor}$ – zmierzona odległość między punktem zaznaczonym na obudowie lampy rentgenowskiej (odpowiadającym położeniu ogniska) a powierzchnią czynną detektora promieniowania X, wyrażona w mm.

Warunki akceptacji:

Wartość wyznaczonej wydajności lampy rentgenowskiej w odległości 1,0 m od ogniska lampy nie może być mniejsza niż 30 μGy/mAs.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

5. Wysokie napięcie

Wartość wysokiego napięcia ma decydujący wpływ na kontrast obrazu oraz na średnią dawkę gruczołową otrzymywaną przez pacjentkę podczas badania mammograficznego. Wraz ze wzrostem wartości wysokiego napięcia następuje pogorszenie kontrastu obrazu. Z kolei zbyt niska wartość wysokiego napięcia powoduje (zwłaszcza dla piersi o dużej grubości po kompresji) wydłużenie czasu ekspozycji, a tym samym wzrost średniej dawki gruczołowej. Najnowsze typy mammografów są wyposażone w system automatycznego doboru wysokiego napięcia. Jednak istnieje konieczność sprawdzenia, czy wartość wysokiego napięcia na generatorze pokrywa się z wartością na tablicy rozdzielczej mammografu oraz czy jest ona powtarzalna wraz z ekspozycją.

Wyposażenie:

1. Miernik wysokiego napięcia o dokładności nie gorszej niż ± 2%

5.1. Zgodność ustawienia wartości wysokiego napięcia

Metodyka:

Powierzchnię czynną miernika wysokiego napięcia należy umieścić w punkcie referencyjnym tzn. 60 mm od krawędzi stolika od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi stolika.

Należy wykonać pomiary wartości wysokiego napięcia przy jednej kombinacji anoda/filtr, przy nominalnych wartościach wysokiego napięcia z całego dostępnego zakresu (zmieniając nominalną wartość co 1 kV) i bez zamontowanej płytki uciskowej.

Warunki akceptacji:

Dla wszystkich zmierzonych wartości wysokiego napięcia różnica między nominalną i zmierzoną wartością wysokiego napięcia nie może przekraczać ± 1,0 kV.

5.2. Powtarzalność wartości wysokiego napięcia

Metodyka:

Powierzchnię czynną miernika wysokiego napięcia należy umieścić w punkcie referencyjnym tzn. 60 mm od krawędzi stolika od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi stolika.

Należy wykonać pięć razy pomiar wartości wysokiego napięcia przy jednej kombinacji anoda/filtr, bez zamontowanej płytki uciskowej, przy nominalnej wartości wysokiego napięcia uzyskanej podczas rutynowej ekspozycji płyt z PMMA o grubości 4,5 cm.

Ekspozycja rutynowa oznacza ekspozycję płyt z PMMA wykonaną przy takim ustawieniu systemu AEC jak podczas wykonywania badań w pracowni oraz przy podłączonej kratce przeciwrozproszeniowej. To znaczy, że podczas ekspozycji rutynowej wartości wysokiego napięcia, materiał anody i filtru oraz wartości obciążenia prądowo – czasowe są ustawiane tak jak podczas badań mammograficznych.

Warunki akceptacji:

Różnica między średnią arytmetyczną wyznaczoną z pięciu zmierzonych wartości i poszczególną zmierzoną wartością wysokiego napięcia nie może przekraczać ± 0,5 kV.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

6. Warstwa półchłonna

Wyznaczenie grubości warstwy półchłonnej umożliwia sprawdzenie warunków pracy lampy rentgenowskiej oraz filtracji promieniowania X. Grubość warstwy półchłonnej wskazuje na:

1. stopień zużycia lampy,
2. czy dodatkowe filtry promieniowania X nie są uszkodzone,
3. czy filtry zmieniają się zgodnie ze wskazaniami na konsoli mammografu.

Wyposażenie:

1. Dawkomierz z detektorem promieniowania X dla zakresu energii używanych w mammografii, o dokładności nie gorszej niż ± 5%
2. Filtry aluminiowe o czystości ≥ 99,9% i grubościach dostosowanych do pomiaru warstwy półchłonnej w zakresie energii stosowanych w mammografii

Metodyka:

Powierzchnię czynną detektora promieniowania X należy umieścić w punkcie referencyjnym tzn. 60 mm od krawędzi stolika od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi stolika.

Używając komory jonizacyjnej należy umieścić ją w odległości co najmniej 15 cm od górnej powierzchni stolika. W przypadku użycia innych detektorów promieniowania X (np. półprzewodnikowych) należy postępować zgodnie z zaleceniami producenta.

Grubość warstwy półchłonnej należy wyznaczyć dla wszystkich dostępnych kombinacji materiału anody i dodatkowego filtru.

Ekspozycje należy wykonać z zastosowaniem płytki uciskowej, przy nominalnej wartości wysokiego napięcia wynoszącej 28 kV i wartości obciążenia prądowo-czasowego wynoszącej około 50 mAs.

Grubość warstwy półchłonnej należy wyznaczyć z następującej zależności:

$$WP = \frac{d_b \cdot \ln\left(\frac{2K_{a\,śr}}{K_{0\,śr}}\right) - d_a \cdot \ln\left(\frac{2K_{b\,śr}}{K_{0\,śr}}\right)}{\ln\left(\frac{K_{a\,śr}}{K_{b\,śr}}\right)}$$

gdzie:

$K_{0śr}$ – średnia arytmetyczna z trzech pomiarów kermy w powietrzu wykonanych bez filtrów aluminiowych, wyrażona w mGy;

$K_{aśr}$ i $K_{bśr}$ – średnie arytmetyczne z pomiarów kermy w powietrzu wykonanych trzykrotnie dla każdej z dwóch grubości filtrów aluminiowych (wartości $K_{aśr}$ i $K_{bśr}$ powinny spełniać zależność: $K_{aśr} > K_{0śr}/2 > K_{bśr}$), wyrażone w mGy;

d_a i d_b – grubości filtrów aluminiowych odpowiadające wartościom $K_{aśr}$ i $K_{bśr}$, wyrażone w mm.

Warunki akceptacji:

Grubość warstwy półchłonnej dla wszystkich kombinacji materiału anody i dodatkowego filtru musi spełniać poniższą zależność:

$$kVp/100\ kV + 0{,}03 \leq HVL \leq kVp/100\ kV + C$$

gdzie:

C = 0,12 dla Mo/Mo; 0,19 dla Mo/Rh; 0,22 dla Rh/Rh; 0,30 dla W/Rh;

kVp – zmierzona wartość wysokiego napięcia podczas testu nr 5.1: „Zgodność ustawienia wartości wysokiego napięcia” przy wartości nominalnej wynoszącej 28 kV.

Literatura:

1. International Atomic Energy Agency, *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography,* IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 2, 2009

7. System automatycznej kontroli ekspozycji

System automatycznej kontroli ekspozycji ma na celu zapewnienie właściwej gęstości optycznej błon bez względu na grubość piersi po kompresji oraz nastawioną wartość wysokiego napięcia. Pozwala on również dostosować pracę mammografu do czułości błon stosowanych w danej pracowni mammograficznej (poprzez zmianę poziomu zaczernienia).

Wyposażenie:

1. Densytometr o dokładności nie gorszej niż ± 2% dla gęstości optycznej równej 1,00
2. Jednorodne płyty z PMMA umożliwiające uzyskanie całkowitych grubości: 2,0 cm, 3,0 cm, 4,0 cm, 4,5 cm, 5,0 cm, 6,0 cm i 7,0 cm
3. Dawkomierz z detektorem promieniowania X dla zakresu energii używanych w mammografii o dokładności nie gorszej niż ± 5%
4. Warstwa ołowiu
5. Kaseta z błoną mammograficzną

Uwaga: Wszystkie ekspozycje należy wykonywać przy użyciu detektora systemu AEC położonego najbliżej krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej.

Uwaga: Wszystkie ekspozycje należy wykonywać przy użyciu jednej kasety i jednej paczki błon mammograficznych.

Uwaga: Jeżeli mammograf wyposażony jest w dwa niezależne systemy automatycznej kontroli ekspozycji dla każdego formatu błony, test należy wykonać dla każdego systemu oddzielnie.

Ekspozycja rutynowa oznacza ekspozycję płyt z PMMA wykonaną przy takim ustawieniu systemu AEC jak podczas wykonywania badań w pracowni oraz przy podłączonej kratce przeciwrozproszeniowej. To znaczy, że podczas ekspozycji rutynowej wartości wysokiego napięcia, materiał anody i filtru oraz wartości obciążenia prądowo – czasowe są ustawiane tak jak podczas badań mammograficznych.

Punkt referencyjny – punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

7.1. Gęstość optyczna w punkcie referencyjnym

Metodyka:

Należy wykonać rutynową ekspozycję płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm. Na otrzymanym obrazie należy zmierzyć gęstość optyczną w punkcie referencyjnym.

Warunki akceptacji:

Gęstość optyczna zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA musi zawierać się w przedziale 1,4 ÷ 1,9.

Różnica gęstości optycznych zmierzonych w punkcie referencyjnym obrazów płyt z PMMA dla niezależnych systemów automatycznej kontroli ekspozycji nie może przekraczać ± 0,1.

7.2. System automatycznej kontroli ekspozycji dla różnych poziomów zaczernienia

Metodyka:

Należy wykonać ekspozycje płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm dla różnych dostępnych w mammografie poziomów zaczernienia, w tym dla najniższego i najwyższego, uwzględniając to w wymaganych obliczeniach. Ekspozycje należy wykonać w takim samym trybie pracy jak dla rutynowej ekspozycji. Na otrzymanych obrazach należy zmierzyć gęstości optyczne w punkcie referencyjnym.

Zmianę wartości gęstości optycznej dla wszystkich poziomów zaczernienia przy zmianie poziomu zaczernienia o jeden stopień należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\Delta D = \left| D_i - D_{i+1} \right|$$

gdzie:

D_i – gęstość optyczna zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm dla i-tego poziomu zaczernienia;

D_{i+1} – gęstość optyczna zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm dla i +1 poziomu zaczernienia.

Zakres gęstości optycznej przy zmianie poziomów zaczernienia od najwyższego do najniższego należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\text{zakres gęstości optycznej} = D_{max} - D_{min}$$

gdzie:

D_{max} – wartość gęstości optycznej zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm dla najwyższego poziomu zaczernienia;

D_{min} – wartość gęstości optycznej zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm dla najniższego poziomu zaczernienia.

Warunki akceptacji:

Zmiana wartości gęstości optycznej dla wszystkich poziomów zaczernienia przy zmianie poziomu zaczernienia o jeden stopień nie może przekraczać 0,20.

Zakres wartości gęstości optycznej przy zmianie poziomów zaczernienia od najwyższego do najniższego nie może być mniejszy niż 1,00.

7.3. Powtarzalność ekspozycji

Metodyka:

Dla dziesięciu rutynowych ekspozycji płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm należy zmierzyć kermę w powietrzu.

Detektor promieniowania X musi być umieszczony na powierzchni płyt z PMMA w wiązce promieniowania X (tak, aby nie zakrywał on detektora systemu AEC położonego najbliżej krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej).

Odchylenie kermy w powietrzu od wartości średniej należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\text{odchylenie kermy} = \left(\frac{K_{max} - K_{min}}{K_{śr}} \right) \cdot 100\,\%$$

gdzie:

K_{max} – maksymalna wartość kermy w powietrzu wybrana spośród 10 pomiarów, wyrażona w mGy;

K_{min} – minimalna wartość kermy w powietrzu wybrana spośród 10 pomiarów, wyrażona w mGy;

$K_{śr}$ – średnia arytmetyczna kermy w powietrzu wyznaczona spośród 10 pomiarów, wyrażona w mGy.

Warunki akceptacji:

Odchylenie kermy w powietrzu od wartości średniej nie może przekraczać 5%.

7.4. Kompensacja zmian grubości fantomu i wartości wysokiego napięcia

Metodyka:

Należy wykonać rutynowe ekspozycje płyt z PMMA o grubościach od 2,0 cm do 7,0 cm (ze skokiem co 1,0 cm) oraz o grubości 4,5 cm. Na otrzymanych obrazach należy zmierzyć gęstości optyczne w punkcie referencyjnym.

Różnicę między wartością odniesienia a wartością minimalną gęstości optycznej należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\text{różnica od wartości minimalnej} = D_{min} - D_{od}$$

gdzie:

D_{od} – wartość gęstości optycznej zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm;

D_{min} – minimalna wartość gęstości optycznej wybrana spośród wszystkich gęstości optycznych zmierzonych w punkcie referencyjnym obrazów płyt z PMMA.

Różnicę między wartością maksymalną a wartością odniesienia gęstości optycznej należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\text{różnica od wartości maksymalnej} = D_{max} - D_{od}$$

gdzie:

D_{max} – maksymalna wartość gęstości optycznej wybrana spośród wszystkich gęstości optycznych zmierzonych w punkcie referencyjnym obrazów płyt z PMMA;

D_{od} – wartość gęstości optycznej zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm.

Warunki akceptacji:

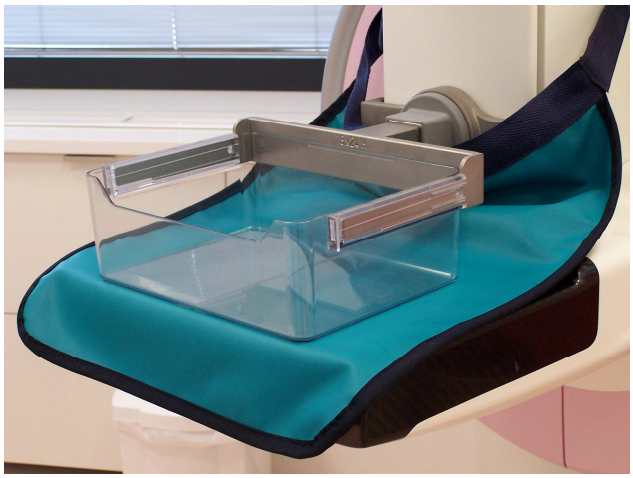
Wartość bezwzględna różnicy między wartością minimalną a wartością odniesienia gęstości optycznej nie może przekraczać 0,15.

Wartość bezwzględna różnicy między wartością maksymalną a wartością odniesienia gęstości optycznej nie może przekraczać 0,15.

7.5. Bezpiecznik czasowy

Metodyka:

Należy wykonać w warunkach rutynowych ekspozycję warstwy ołowiu (zakrywającej wybraną komorę systemu automatycznej kontroli ekspozycji), zgodnie z ryc. 13.



Rycina 13. Ułożenie warstwy ołowiu podczas testu „Bezpiecznik czasowy".

Warunki akceptacji:

Uzyskana wartość obciążenia prądowo – czasowego nie może przekraczać 5% maksymalnej wartości obciążenia prądowo – czasowego dostępnej w mammografie.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

8. Kompresja piersi

Kompresja piersi zmniejsza grubość tkanki, przez którą przechodzi promieniowanie X. Dzięki temu obniżona zostaje ilość promieniowania rozproszonego i wzrasta kontrast obrazu, przy jednoczesnym zmniejszeniu średniej dawki gruczołowej dla pacjentki. Odpowiednia kompresja piersi zapewnia zmniejszenie geometrycznej i ruchowej nieostrości obrazu oraz osiągnięcie odpowiedniej gęstości optycznej obrazu.

Wyposażenie:

1. Miernik siły kompresji piersi o dokładności wskazań nie gorszej niż ± 10%
2. Przymiar liniowy o dokładności nie gorszej niż ± 1 mm
3. Obiekt do pomiaru ustawienia płytki uciskowej, o gęstości około 30 mg/cm^3 i wymiarach około: 5 cm x 10 cm x 20 cm (wysokość x szerokość x długość)
4. Jednorodne płyty z PMMA umożliwiające uzyskanie całkowitej grubości od 2,0 cm do 7,0 cm (co 1,0 cm) oraz o grubości 4,5 cm

Uwaga: Przed rozpoczęciem testu należy sprawdzić stan techniczny płytek uciskowych. Płytka uciskowa nie może być popękana.

8.1. Wskazanie grubości obiektu

Metodyka:

Różnice pomiędzy wskazywanymi przez aparaturę mammograficzną a rzeczywistymi grubościami płyt z PMMA należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\Delta g_i = g_{w,i} - g_{rz,i}$$

gdzie:

Δg_i - różnica pomiędzy wartością wskazywaną przez aparaturę mammograficzną a wartością rzeczywistą i-tej grubości płyt z PMMA, wyrażona w cm;

$g_{w,i}$ – wartość wskazywana przez aparaturę mammograficzną i-tej grubości płyt z PMMA po kompresji, wyrażona w cm;

$g_{rz,i}$ – wartość rzeczywista i-tej grubości płyt z PMMA umieszczonych na stoliku mammografu, wyrażona w cm.

Warunki akceptacji:

Różnice pomiędzy wskazywanymi a rzeczywistymi grubościami płyt z PMMA nie mogą przekraczać ± 0,5 cm [1].

8.2. Siła kompresji

Metodyka:

Test należy wykonać dla płytek uciskowych odpowiadających stosowanym w pracowni formatom obrazowania.

Miernik siły kompresji musi być umieszczony pod środkową częścią płytki uciskowej.

Pomiar należy wykonać przy maksymalnej sile kompresji.

Warunki akceptacji:

Zmierzona wartość siły kompresji musi zawierać się w granicach od 130 N do 200 N (od około 13 kg do około 20 kg) [2].

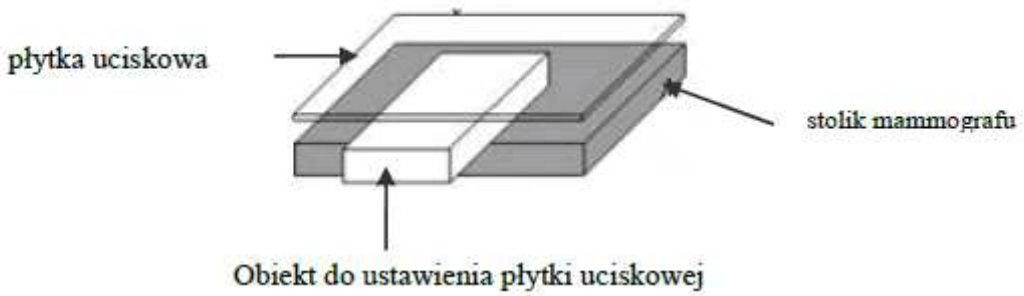
Różnica między nominalną i zmierzoną wartością siły kompresji nie może przekraczać ± 20 N (około 2 kg) [2].

8.3. Ustawienie płytki uciskowej

Metodyka:

Test musi być wykonany dla płytek uciskowych odpowiadających stosowanym w pracowni formatom obrazowania, ale z wyłączeniem płytek uciskowych anatomicznych.

Na środku stolika mammografu należy umieścić obiekt do pomiaru ustawienia płytki uciskowej tak, aby wystawał on kilka centymetrów poza krawędź stolika od strony klatki piersiowej, zgodnie z ryc. 14.



Rycina 14. Schemat ułożenia obiektu do oceny ustawienia płytki uciskowej, przy symetrycznym podparciu.

Należy zmierzyć odległość między górną powierzchnią stolika a:

- tylnym, lewym rogiem płytki uciskowej;
- przednim, lewym rogiem płytki uciskowej;

- tylnym, prawym rogiem płytki uciskowej;
- przednim, prawym rogiem płytki uciskowej.

zgodnie z ryc. 15, ryc. 16, ryc. 17 i ryc. 18.

Pomiary należy wykonać przy płytce uciskowej dociśniętej z maksymalną siłą kompresji do obiektu.

Rycina 15. Pomiar odległości między powierzchnią stolika a tylnym, lewym rogiem płytki uciskowej.

Rycina 16. Pomiar odległości między powierzchnią stolika a przednim, lewym rogiem płytki uciskowej.

Rycina 17. Pomiar odległości między powierzchnią stolika a tylnym, prawym rogiem płytki uciskowej.

Rycina 18. Pomiar odległości między powierzchnią stolika a przednim, prawym rogiem płytki uciskowej.

Warunki akceptacji:

Różnice w położeniu płytki uciskowej nad stolikiem mammografu pomiędzy przodem i tyłem płytki oraz lewą i prawą stroną płytki nie mogą przekraczać ± 0,5 cm [2].

Literatura:

1. International Atomic Energy Agency, *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography,* IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 2, 2009

2. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

9. Kratka przeciwrozproszeniowa

Kratka przeciwrozproszeniowa redukuje ilość promieniowania rozproszonego docierającego do detektora obrazu i tym samym przyczynia się do poprawy kontrastu. Odbywa się to kosztem zwiększenia dawki promieniowania X otrzymywanej przez pacjentki. Im większy współczynnik pochłaniania kratki, tym większa wartość średniej dawki gruczołowej. Współczynnik pochłaniania kratki nie może przekroczyć określonej wartości ze względu na ochronę radiologiczną pacjentek.

Wyposażenie:

1. Jednorodne płyty z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm
2. Densytometr o dokładności nie gorszej niż ± 2% dla gęstości optycznej równej 1,00
3. Dawkomierz z detektorem promieniowania X dla zakresu energii używanych w mammografii, o dokładności nie gorszej niż ± 5%
4. Kaseta z błoną mammograficzną

Uwaga: Test należy wykonać dla kratek przeciwrozproszeniowych odpowiadających błonom formatu: 18 cm x 24 cm oraz 24 cm x 30 cm.

Punkt referencyjny – punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

9.1. Współczynnik pochłaniania

Metodyka:

Wszystkie ekspozycje należy wykonywać przy użyciu jednej kasety i odpowiadającej jej jednej paczce błon mammograficznych.

Detektor promieniowania X musi być umieszczony na powierzchni płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm w wiązce promieniowania X zawsze w tym samym miejscu tak, aby nie zakrywał on detektora systemu AEC położonego najbliżej krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej.

Współczynnik pochłaniania kratki przeciwrozproszeniowej (k) należy wyznaczać korzystając z zależności:

$$k = \frac{\left(\frac{K_1}{D_1}\right)}{\left(\frac{K_{2P}}{D_2}\right)} \qquad K_{2P} = K_2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

gdzie:

K_1 – wartość kermy w powietrzu zmierzona podczas ekspozycji z kratką przeciwrozproszeniową, wyrażona w mGy;

K_2 – wartość kermy w powietrzu zmierzona podczas ekspozycji bez kratki przeciwrozproszeniowej, wyrażona w mGy;

K_{2P} – wartość kermy w powietrzu po korekcji na odległość, wyrażona w mGy;

d_1 – odległość zmierzona między punktem zaznaczonym na obudowie lampy rentgenowskiej a powierzchnią czynną detektora promieniowania X podczas ekspozycji z kratką przeciwrozproszeniową, wyrażona w cm;

d_2 – odległość zmierzona między punktem zaznaczonym na obudowie lampy rentgenowskiej a powierzchnią czynną detektora promieniowania X podczas ekspozycji bez kratki przeciwrozproszeniowej, wyrażona w cm;

D_1 – wartość gęstości optycznej zmierzonej w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm uzyskanego podczas ekspozycji z kratką przeciwrozproszeniową;

D_2 – wartość gęstości optycznej zmierzonej w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm, uzyskanego podczas ekspozycji bez kratki przeciwrozproszeniowej.

Ekspozycję z włączoną kratką przeciwrozproszeniową należy wykonać dla płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm, przy nominalnej wartości wysokiego napięcia 28 kV, kombinacji anoda/filtr: Mo/Mo i tak dobranej wartości obciążenia prądowo – czasowego, aby uzyskana gęstość optyczna w punkcie referencyjnym na obrazie płyt PMMA wynosiła 1,6 ± 0,1.

Wszystkie ekspozycje z udziałem systemu AEC należy wykonywać przy użyciu detektora systemu AEC położonego najbliżej krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej.

Ekspozycja bez kratki przeciwrozproszeniowej oznacza ekspozycję w trybie ręcznym dla nominalnej wartości wysokiego napięcia wynoszącej 28 kV oraz wartości obciążenia prądowo – czasowego około trzykrotnie mniejszej od wartości otrzymanej przy ekspozycji z włączoną kratką przeciwrozproszeniową.

Warunki akceptacji:

Współczynnik pochłaniania kratki przeciwrozproszeniowej nie może przekraczać 3,0.

9.2. Obraz kratki przeciwrozproszeniowej

Metodyka:

Należy wykonać trzy ekspozycje (każdą z użyciem innej kasety) w takich warunkach, aby na otrzymanych obrazach był widoczny wyraźny obraz kratki przeciwrozproszeniowej (np.: najniższa nominalna wartość wysokiego napięcia, brak płytki uciskowej).

Uwaga: W niektórych przypadkach, aby uzyskać wyraźny obraz kratki przeciwrozproszeniowej kratka musi być odłączona.

Warunki akceptacji:

Na obrazach nie mogą być widoczne żadne artefakty świadczące o uszkodzeniu kratki przeciwrozproszeniowej.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

10. Ekrany wzmacniające

Ekrany wzmacniające oznaczone jednakowym symbolem producenta nie gwarantują jednakowej gęstości optycznej obrazów. Wzmocnienie ekranów wzmacniających zależy od stopnia ich zużycia oraz okresu ich użytkowania. Różnice wzmocnienia ekranów wzmacniających powodują różnice gęstości optycznej obrazów mammograficznych, co utrudnia ich porównywanie.

Wyposażenie:

1. Jednorodne płyty z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm
2. Densytometr o dokładności nie gorszej niż ± 2% dla gęstości optycznej równej 1,00
3. Kasety z błonami mammograficznymi

Uwaga: Test należy wykonać dla wszystkich kaset dostępnych w pracowni mammograficznej.

Wszystkie ekspozycje należy wykonywać przy użyciu jednej paczki błon mammograficznych każdego formatu.

Ekspozycja rutynowa oznacza ekspozycję płyt z PMMA wykonaną przy takim ustawieniu systemu AEC jak podczas wykonywania badań w pracowni oraz przy podłączonej kratce przeciwrozproszeniowej. To znaczy, że podczas ekspozycji rutynowej wartości wysokiego napięcia, materiał anody i filtru oraz wartości obciążenia prądowo–czasowe są ustawiane tak jak podczas badań mammograficznych.

Metodyka:

Należy wykonać rutynowe ekspozycje płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm. Ekspozycje muszą być wykonywane przy użyciu detektora systemu AEC położonego najbliżej krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej, z płytką uciskową dociśniętą z jednakową, maksymalną siłą kompresji.

Spośród wszystkich kaset używanych w pracowni należy wybrać jedną kasetę, zwaną dalej kasetą kontrolną. Ekspozycja z kasetą kontrolną musi być wykonana na początku, w środku i na końcu całego testu.

Na otrzymanych z użyciem kasety kontrolnej trzech obrazach należy zmierzyć gęstość optyczną w punkcie referencyjnym, a następnie dla tych wartości obliczyć odchylenie standardowe zgodnie z poniższą zależnością:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=3} (D_i - D_{śr})^2}{2}}$$

gdzie:

D_i – gęstość optyczna zmierzona w punkcie referencyjnym dla i – tego obrazu;

$D_{śr}$ – średnia arytmetyczna gęstości optycznej z trzech obrazów.

Punkt referencyjny – punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

Odchylenie obciążenia prądowo – czasowego od wartości średniej dla kasety kontrolnej (O_k) należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$O_k = \left(\frac{O_{\max,k} - O_{\min,k}}{O_{śr,k}} \right) \cdot 100\,\%$$

gdzie:

$O_{max,k}$ – maksymalna wartość obciążenia prądowo – czasowego wybrana spośród trzech ekspozycji z kasetą kontrolną, wyrażona w mAs;

$O_{min,k}$ – minimalna wartość obciążenia prądowo – czasowego wybrana spośród trzech ekspozycji z kasetą kontrolną, wyrażona w mAs;

$O_{śr,k}$ – średnia arytmetyczna obciążenia prądowo – czasowego wyznaczona spośród trzech ekspozycji z kasetą kontrolną, wyrażona w mAs.

Odchylenie obciążenia prądowo – czasowego od wartości średniej dla ekspozycji z użyciem wszystkich kaset danego formatu (O_w) należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$O_w = \left(\frac{O_{\max} - O_{\min}}{O_{śr}} \right) \cdot 100\,\%$$

gdzie:

O_{max} – maksymalna wartość obciążenia prądowo – czasowego wybrana spośród ekspozycji z wszystkimi kasetami danego formatu, wyrażona w mAs;

O_{min} – minimalna wartość obciążenia prądowo – czasowego wybrana spośród ekspozycji z wszystkimi kasetami danego formatu, wyrażona w mAs;

$O_{śr}$ – średnia wartość obciążenia prądowo – czasowego wyznaczona spośród ekspozycji z wszystkimi kasetami danego formatu, wyrażona w mAs.

Należy zmierzyć gęstość optyczną w punkcie referencyjnym każdego obrazu.

Zakres gęstości optycznej ze wszystkich obrazów należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\text{zakres gęstości optycznej} = D_{max} - D_{min}$$

gdzie:

D_{max} - maksymalna wartość gęstości optycznej wybrana spośród wszystkich gęstości optycznych zmierzonych w punkcie referencyjnym obrazów;

D_{min} - minimalna wartość gęstości optycznej wybrana spośród wszystkich gęstości optycznych zmierzonych w punkcie referencyjnym obrazów.

Warunki akceptacji:

Odchylenie obciążenia prądowo - czasowego dla trzech ekspozycji z kasetą kontrolną od wartości średniej (O_k) nie może przekraczać 2%.

Odchylenie standardowe gęstości optycznej dla trzech obrazów otrzymanych z użyciem kasety kontrolnej (σ) nie może przekraczać 0,05.

Odchylenie obciążenia prądowo - czasowego dla ekspozycji z wszystkimi kasetami danego formatu od wartości średniej (O_w) nie może przekraczać 5%.

Zakres gęstości optycznej wszystkich obrazów nie może przekraczać 0,20.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006
2. International Atomic Energy Agency, *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography,* IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 2, 2009

11. Pomieszczenie ciemni

Naświetlenie filmu w pomieszczeniu ciemni obniża kontrast obrazu oraz przyczynia się do różnic wartości gęstości optycznej kolejnych błon (z powodu różnej ekspozycji światłem widzialnym). W związku z tym pomieszczenie ciemni musi być światłoszczelne, a filtry w oświetleniu roboczym nie mogą być uszkodzone.

Wyposażenie:

1. Jednorodne płyty z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm
2. Densytometr o dokładności nie gorszej niż ± 2% dla gęstości optycznej równej 1,00
3. Papier lub folia nieprzepuszczające światła
4. Kaseta z błoną mammograficzną

11.1. Nieszczelności w ciemni

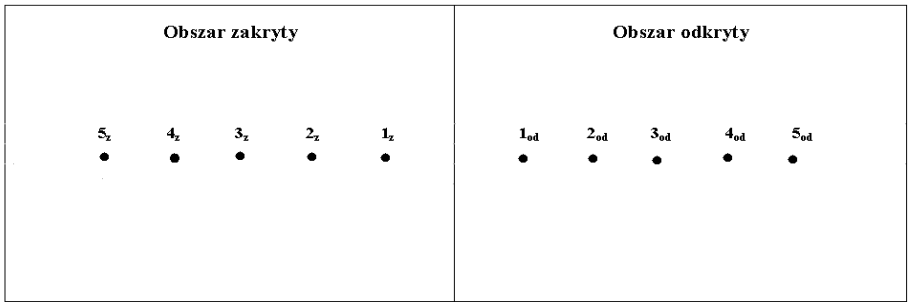
Metodyka:

Należy wykonać ekspozycję płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm w takich warunkach, aby uzyskać gęstość optyczną w punkcie referencyjnym obrazu w przybliżeniu równą 1,2.

Punkt referencyjny – punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

Przy wyłączonym oświetleniu roboczym eksponowaną błonę należy umieścić na stole lub blacie w pomieszczeniu ciemni (w standardowym miejscu pracy techników elektroradiologii) tak, aby emulsja błony była zwrócona do góry. Połowę błony należy przykryć czarnym papierem lub folią w taki sposób, by linia podziału na obszar odkryty i zakryty była równoległa do rzutu osi anoda – katoda na płaszczyznę detektora obrazu. Błonę na blacie należy trzymać przez 2 minuty.

Na wywołanej w rutynowych warunkach błonie należy zmierzyć gęstości optyczne w pięciu punktach obrazu, położonych w części zakrytej i w części odkrytej, symetrycznie wzdłuż linii prostopadłej do rzutu osi anoda – katoda na płaszczyznę detektora obrazu, zgodnie z ryc. 19.



Rycina 19. Schemat rozmieszczenia punktów do pomiarów gęstości optycznych w obszarze zakrytym i odkrytym.

Dodatkowe tło należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\Delta D_{śr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} \Delta D_i}{5}$$

gdzie:

$\Delta D_i = D_{od\,i} - D_{z\,i}$;

$D_{od\,i}$ –wartość gęstości optycznej zmierzonej w części odkrytej obrazu, w punkcie i-tym;

$D_{z\,i}$ –wartość gęstości optycznej zmierzonej w części zakrytej obrazu, w punkcie i-tym.

Warunki akceptacji:

Dodatkowe tło od nieszczelności w ciemni przy wyłączonym oświetleniu roboczym w ciągu 2 minut nie może przekraczać 0,02.

11.2. Oświetlenie robocze

Metodyka:

Należy wykonać ekspozycję płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm w takich warunkach, aby uzyskać gęstość optyczną w punkcie referencyjnym obrazu w przybliżeniu równą 1,2.

Punkt referencyjny – punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

Przy włączonym oświetleniu roboczym eksponowaną błonę należy umieścić na stole lub blacie w pomieszczeniu ciemni (w standardowym miejscu pracy techników elektroradiologii) tak, aby emulsja błony była zwrócona do góry. Połowę błony należy przykryć czarnym papierem lub folią w taki sposób, by linia podziału na obszar odkryty i zakryty była równoległa do rzutu osi anoda – katoda na płaszczyznę detektora obrazu. Błonę na blacie należy trzymać przez 2 minuty.

Na wywołanej w rutynowych warunkach błonie należy zmierzyć gęstości optyczne w pięciu punktach obrazu, położonych w części zakrytej i w części odkrytej, symetrycznie wzdłuż linii prostopadłej do rzutu osi anoda – katoda na płaszczyznę detektora obrazu, zgodnie z ryc. 19.

Dodatkowe tło należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$\Delta D_{śr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} \Delta D_i}{5}$$

gdzie:

$\Delta D_i = D_{od\,i} - D_{z\,i}$;

$D_{od\,i}$ –wartość gęstości optycznej zmierzonej w części odkrytej obrazu, w punkcie i-tym;

$D_{z\,i}$ –wartość gęstości optycznej zmierzonej w części zakrytej obrazu, w punkcie i-tym.

Warunki akceptacji:

Dodatkowe tło od oświetlenia roboczego w ciągu 2 minut nie może przekraczać 0,10.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

12. Negatoskopy

Prawidłowe postawienie diagnozy oraz efektywność pracy radiologa zależą w dużym stopniu od negatoskopów, przy użyciu których opisywane są mammogramy. Luminacja negatoskopu powinna być odpowiednio duża i jednakowa w granicach tolerancji na całej powierzchni negatoskopu.

Wyposażenie:

1. Miernik luminancji o dokładności nie gorszej niż ± 10%

Uwaga: Pomiary należy wykonać dla każdego negatoskopu używanego do oceny mammogramów w warunkach najlepszych, jakie można osiągnąć w pokoju opisowym**.**

Uwaga: Pomiarów luminancji negatoskopów nie należy wykonywać bezpośrednio po włączeniu negatoskopów.

12.1. Luminancja negatoskopu

Metodyka:

Pomiar luminancji należy wykonać przy minimalnej i maksymalnej jasności negatoskopu.

Różnicę pomiędzy wartością luminancji zmierzonej na środku danego panelu negatoskopu i wartością średnią wyznaczoną spośród luminancji zmierzonych na środku wszystkich paneli negatoskopów należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$L_r = \left(\frac{L_{środek\ i} - L_{środek\ w}}{L_{środek\ w}} \right) \cdot 100\,\%$$

gdzie:

L_r – różnica pomiędzy wartością luminancji zmierzonej na środku danego panelu negatoskopu i wartością średnią wyznaczoną spośród luminancji zmierzonych na środku wszystkich paneli negatoskopów, wyrażona w %;

$L_{środek\ i}$ – wartość luminancji zmierzona na środku i-tego panelu negatoskopu, wyrażona w cd/m^2;

$L_{środek\ w}$ – średnia arytmetyczna luminancji wyznaczona spośród luminancji zmierzonych na środku wszystkich paneli negatoskopów, wyrażona w cd/m^2.

Warunki akceptacji:

Luminancja zmierzona na środku panelu każdego negatoskopu musi być regulowana w zakresie co najmniej: 3000 cd/m^2 ÷ 6000 cd/m^2.

Różnica pomiędzy wartością luminancji zmierzonej na środku danego panelu negatoskopu i wartością średnią wyznaczoną spośród luminancji zmierzonych na środku wszystkich paneli negatoskopów nie może przekraczać ± 15%.

12.2. Jednorodność negatoskopu

Metodyka:

Dla każdego panelu negatoskopu pomiary luminancji należy wykonać w pięciu punktach (jeden na środku panelu, cztery pozostałe punkty przy rogach panelu). Pomiary luminancji należy wykonywać w odległości co najmniej 5 cm od każdej krawędzi panelu negatoskopu.

Maksymalne odchylenie luminancji od wartości zmierzonej na środku panelu negatoskopu należy wyznaczyć korzystając z zależności:

$$L_{\text{max odchylenie}} = \left| \frac{L_{\text{max róż}} - L_{\text{środek}}}{L_{\text{środek}}} \right| \cdot 100\,\%$$

gdzie:

$L_{\text{max odchylenie}}$ – maksymalne odchylenie luminancji od wartości zmierzonej na środku panelu negatoskopu, wyrażona w %;

$L_{\text{max róż}}$ – wartość luminancji wybrana spośród wartości zmierzonych w pięciu punktach, najbardziej różniąca się od wartości luminancji zmierzonej na środku panelu negatoskopu, wyrażona w cd/m^2;

$L_{\text{środek}}$ – wartość luminancji zmierzona na środku panelu negatoskopu, wyrażona w cd/m^2.

Warunki akceptacji:

Dla każdego panelu negatoskopu maksymalne odchylenie luminancji od wartości zmierzonej w środku panelu negatoskopu nie może przekraczać 30%.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

2. International Atomic Energy Agency, *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography,* IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 2, 2009

13. Natężenie oświetlenia zewnętrznego w pokoju opisowym

Prawidłowe postawienie diagnozy oraz efektywność pracy radiologa zależą również od natężenia oświetlenia zewnętrznego w pokoju opisowym. Nieprawidłowe warunki oglądania mammogramów powodują obniżenie wartości diagnostycznej nawet najlepszych obrazów i utrudniają postawienie właściwej diagnozy.

Wyposażenie:

1. Miernik iluminancji o dokładności nie gorszej niż ± 10%

Metodyka:

Pomiar natężenia oświetlenia zewnętrznego w pobliżu danego negatoskopu należy wykonać przy wyłączonym danym negatoskopie.

Pomiar natężenia oświetlenia zewnętrznego należy wykonać w takich warunkach, w jakich lekarz radiolog opisuje mammogramy. Jeżeli w gabinecie opisowym znajduje się więcej niż jeden negatoskop i jest prawdopodobne, że mammogramy opisywane są jednocześnie na więcej niż jednym negatoskopie, to należy wykonać pomiar natężenia oświetlenia zewnętrznego negatoskopu przy włączonych innych negatoskopach. Jeżeli jest prawdopodobne, że mammogramy opisywane są przy odsłoniętych żaluzjach lub zasłonach, to pomiar należy również wykonać w takich warunkach.

Warunki akceptacji:

Natężenie oświetlenia zewnętrznego każdego negatoskopu nie może przekraczać 50 lux.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006
2. International Atomic Energy Agency, *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography,* IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 2, 2009

14. Dozymetria

Wielkością, która najlepiej określa narażenie pacjentek na promieniowanie X podczas badań mammograficznych jest średnia dawka gruczołowa. Przekroczenie warunków akceptacji wskazuje na zbyt duże narażenie pacjentki na promieniowanie X i wymaga podjęcia działań zmierzających do obniżenia tych wartości.

Wyposażenie:

1. Jednorodne płyty z PMMA umożliwiające uzyskanie całkowitych grubości 2,0 cm, 4,5 cm i 7,0 cm

2. Dawkomierz z detektorem promieniowania X dla zakresu energii używanych w mammografii, o dokładności nie gorszej niż ± 5%
3. Kaseta z błoną mammograficzną

Metodyka:

Wartość średniej dawki gruczołowej (AGD) należy wyznaczać dla rzeczywistych grubości płyt z PMMA 2,0 cm, 4,5 cm i 7,0 cm, które są ekwiwalentami grubości typowych piersi odpowiednio 2,1 cm, 5,3 cm i 9,0 cm.

Ekspozycje z użyciem płyt z PMMA należy wykonywać przy ustawieniach aparatu stosowanych klinicznie (tj. taki sam tryb pracy systemu AEC, sposób wyboru anody i dodatkowych filtrów oraz poziom zaczernienia jak podczas badań wykonywanych kobietom).

Wartości AGD dla ekspozycji płyt z PMMA o różnych grubościach należy wyznaczać tak jak dla ekspozycji ekwiwalentu piersi korzystając z zależności:

$$AGD = K \cdot g \cdot c \cdot s$$

gdzie:

K – wartość kermy w powietrzu w odniesieniu do powierzchni płyt z PMMA, wyrażona w mGy;

g – wartość współczynnika uwzględniającego grubość płyt z PMMA po kompresji, wybrana z tabeli 2;

c – wartość współczynnika uwzględniająca skład tkankowy, wybrana z tabeli 3;

s – wartość współczynnika uwzględniająca widmo promieniowania X, wybrana z tabeli 4.

Tabela 2 Wartości współczynnika g dla różnych grubości płyt z PMMA i odpowiadających im ekwiwalentów grubości typowych piersi [1].

HVL [mm Al]		0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
Grubość płyt z PMMA [cm]	Ekwiwalentna grubość piersi [cm]	Współczynnik g							
2,0	2,1	0,329	0,378	0,421	0,460	0,496	0,529	0,559	0,585
4,5	5,3	0,130	0,155	0,177	0,198	0,220	0,245	0,272	0,295
7,0	9,0		0,086	0,098	0,111	0,123	0,136	0,154	0,172

Tabela 3 Wartości współczynnika c dla różnych grubości płyt z PMMA i odpowiadających im ekwiwalentów grubości typowych piersi [1].

HVL [mm Al]			0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
Grubość płyt z PMMA [cm]	Ekwiwalentna grubość piersi [cm]	Zawartość tkanki gruczołowej w fantomie o ekwiwalent-nej grubości piersi [%]	Współczynnik c						
2,0	2,1	97	0,889	0,895	0,903	0,908	0,912	0,917	0,921
4,5	5,3	29	1,109	1,105	1,102	1,099	1,096	1,091	1,088
7,0	9,0	4	1,299	1,292	1,282	1,275	1,270	1,260	1,249

Tabela 4. Wartości współczynnika s dla różnych kombinacji anoda/filtr [1].

Anoda/filtr	Współczynnik s
Mo/Mo	1,000
Mo/Rh	1,017
Rh/Rh	1,061
Rh/Al	1,044
W/Rh	1,042
W/Al	1,05

Warunki akceptacji:

Wartości średniej dawki gruczołowej (AGD) wyznaczone dla ekspozycji płyt z PMMA o grubościach 2,0 cm, 4,5 cm i 7,0 cm w warunkach klinicznych nie mogą przekraczać wartości przedstawionych w tabeli 5.

Tabela 5 Maksymalne wartości średniej dawki gruczołowej (AGD) wyznaczone dla ekspozycji płyt z PMMA o grubościach 2,0 cm, 4,5 cm i 7,0 cm.

Grubość płyt z PMMA [cm]	Ekwiwalentna grubość piersi [cm]	Maksymalna wartość średniej dawki gruczołowej [mGy]
2,0	2,1	1,0
4,5	5,3	2,5
7,0	9,0	6,5

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006

15. Jakość obrazu

Jakość obrazu decyduje o poprawności podejmowanych przez lekarza radiologa decyzji. W związku z tym ma wpływ na dalsze postępowanie kliniczne.

Wyposażenie:

1. Jednorodne płyty z PMMA umożliwiające uzyskanie całkowitej grubości 4,5 cm
2. Szkło powiększające o powiększeniu od 5 do 10 razy z wbudowaną podziałką co 0,1 mm
3. Fantom do oceny progowego kontrastu w mammografii z detektorem filmowym (umożliwiający ocenę progowego kontrastu dla obiektu o średnicy 5 - 6 mm)
4. Fantom do oceny rozdzielczości obrazu w mammografii z detektorem filmowym
5. Miernik czasu ekspozycji o dokładności nie gorszej niż ± 5%
6. Kasety z błonami mammograficznymi

Ekspozycja rutynowa oznacza ekspozycję płyt z PMMA wykonaną przy takim ustawieniu systemu AEC jak podczas wykonywania badań w pracowni oraz przy podłączonej kratce przeciwrozproszeniowej. To znaczy, że podczas ekspozycji rutynowej wartości wysokiego napięcia, materiał anody i filtru oraz wartości obciążenia prądowo – czasowe są ustawiane tak jak podczas badań mammograficznych.

15.1. Rozdzielczość przestrzenna

Metodyka:

Rozdzielczość przestrzenną (tzn. w kierunku równoległym i prostopadłym do osi anoda – katoda) należy ocenić dla każdego ogniska lampy rentgenowskiej i każdego materiału anody.

Rozdzielczość przestrzenną należy ocenić na podstawie sześciu obrazów (tzn. trzech dla kierunku równoległego i trzech dla kierunku prostopadłego do osi anoda – katoda) płyt z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm z umieszczonym na powierzchni płyt (w pobliżu punktu referencyjnego) fantomem do oceny rozdzielczości przestrzennej.

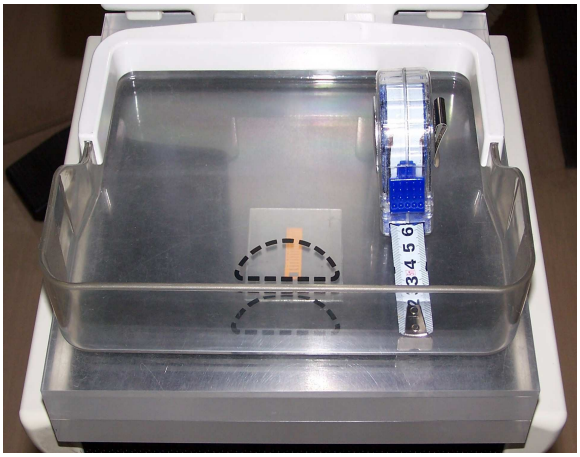
Punkt referencyjny – punkt znajdujący się 60 mm od krawędzi błony od strony klatki piersiowej oraz centralnie w stosunku do bocznych krawędzi błony.

Wszystkie obrazy muszą być otrzymane podczas rutynowych ekspozycji. Każdy obraz musi być wykonany z użyciem innej kasety.

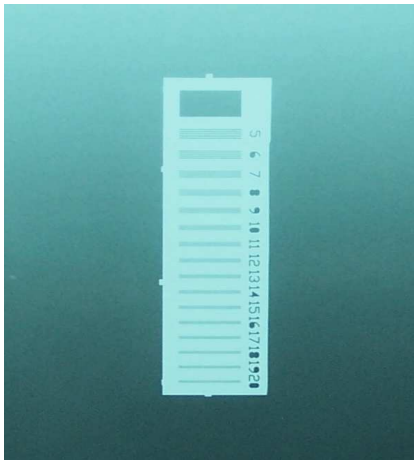
Ułożenie przykładowego fantomu do oceny rozdzielczości obrazu w kierunku równoległym do osi anoda – katoda na płytach z PMMA o grubości 4,5 cm przedstawia ryc. 20, a w kierunku prostopadłym do osi anoda – katoda przedstawia ryc. 22.

Oglądając przez szkło powiększające każdy obraz fantomu do oceny rozdzielczości przestrzennej należy odczytać dla każdego z nich największą rozróżnialną liczbę par linii na milimetr. Obrazy należy ocenić na negatoskopie o luminancji z zakresu, co najmniej 3000 cd/m^2 ÷ 6000 cd/m^2, przy natężeniu oświetlenia zewnętrznego negatoskopu nieprzekraczającym 50 lux.

Przykładowe obrazy fantomu do oceny rozdzielczości obrazu w kierunku równoległym i prostopadłym do osi anoda – katoda przedstawia ryc. 21 i ryc. 23.

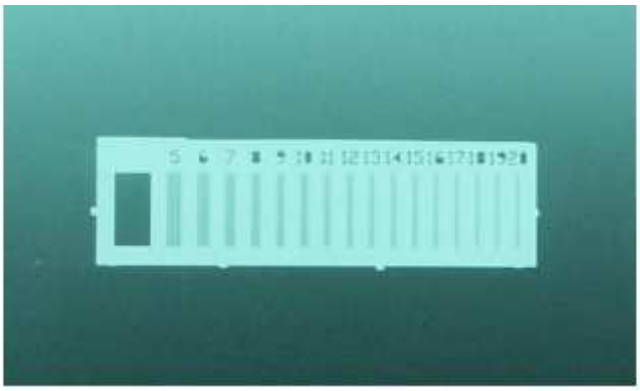


Rycina 20. Ułożenie fantomu do oceny rozdzielczości obrazu w kierunku równoległym do osi anoda – katoda na płytach z PMMA o grubości 4,5 cm. Widoczny przymiar metrowy wskazuje położenie środka fantomu do oceny rozdzielczości w odległości 60 mm od krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej.



Rycina 21. Obraz fantomu z ryc. 20.

Rycina 22. Ułożenie fantomu do oceny rozdzielczości obrazu w kierunku prostopadłym do osi anoda – katoda na płytach z PMMA o grubości 4,5 cm. Widoczny przymiar metrowy wskazuje położenie środka fantomu do oceny rozdzielczości w odległości 60 mm od krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej.



Rycina 23. Obraz fantomu z ryc. 22.

Warunki akceptacji:

Rozdzielczość w kierunku równoległym i prostopadłym do osi anoda - katoda dla każdego typu ogniska lampy rentgenowskiej oraz każdego materiału anody nie może być mniejsza niż 15 pl/mm.

15.2. Progowy kontrast

Metodyka:

Wyznaczanie progowego kontrastu jest nierozdzielnie związane z zastosowaniem określonego fantomu (ryc. 24), przy użyciu, którego progowy kontrast oceniany jest na podstawie widoczności obiektów znajdujących się w fantomie. Obiekty w tym fantomie są różnej średnicy (jednakowa średnica dla każdego rzędu obiektów) i różnej grubości (jednakowa grubość dla każdej kolumny obiektów).

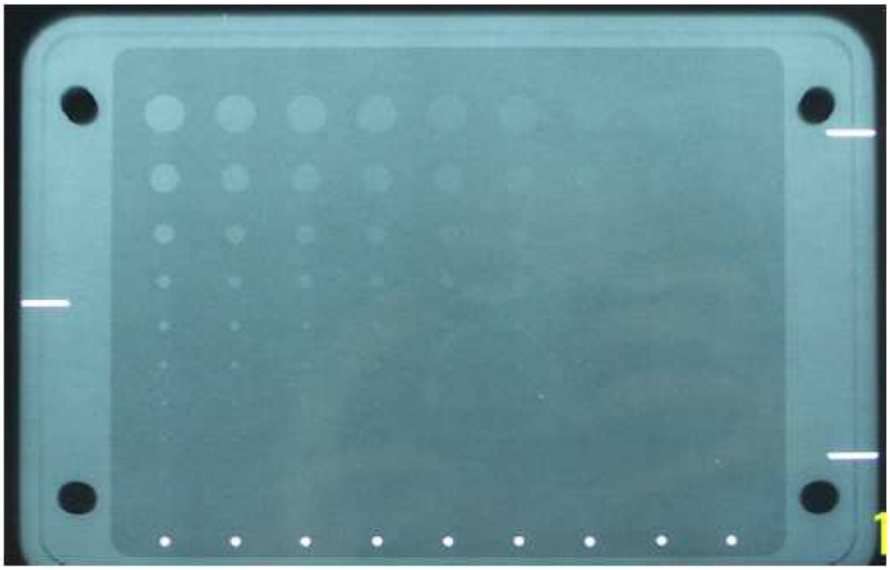
Rycina 24. Przykładowy fantom do oceny progowego kontrastu w mammografii.

Fantom do oceny progowego kontrastu w mammografii należy położyć na stoliku mammografu w środku między płytami z PMMA. Grubość płyt musi być taka, aby całkowita grubość płyt i fantomu wynosiła 4,5 cm.

Należy wykonać w warunkach rutynowych dwie ekspozycje fantomu do oceny progowego kontrastu w mammografii wraz z płytami z PMMA – każda ekspozycja z użyciem dwóch różnych kaset z błonami formatu 18 cm x 24 cm.

Otrzymane obrazy należy ocenić na negatoskopie o luminancji z zakresu co najmniej 3000 cd/m^2 ÷ 6000 cd/m^2 przy natężeniu oświetlenia zewnętrznego negatoskopu nieprzekraczającym 50 lux.

Na uzyskanych obrazach należy ocenić, jakiej grubości obiekt o średnicy nie większej niż 6,0 mm jest wyraźnie widoczny. Obraz przykładowego fantomu do oceny progowego kontrastu w mammografii przedstawia ryc. 25.



Rycina 25. Obraz fantomu z ryc. 24.

Warunki akceptacji:

Na obrazach musi być widoczny obiekt o średnicy nie większej niż 6,0 mm i grubości nie większej niż 0,3 mm PMMA, z uwzględnieniem rozproszenia promieniowania X od obiektu z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm.

15.3. Czas ekspozycji

Metodyka:

Należy wykonać ekspozycję rutynową płyt z z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm.

Miernik czasu ekspozycji należy umieścić na górnej powierzchni płytki uciskowej (tak, aby miernik nie zakrywał detektora systemu AEC położonego najbliżej krawędzi stolika mammografu od strony klatki piersiowej).

Warunki akceptacji:

Wyznaczona wartość czasu rutynowej ekspozycji nie może przekraczać 2,0 s.

Literatura:

1. European Communities, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*, Fourth edition, 2006
2. European Communities, *European guidelines for quality assurance in mammography screening*, Third edition, 1999

V. Wykaz parametrów aparatury mammograficznej z warunkami akceptacji

L.p.	Parametr	Warunki akceptacji
1.	Wielkość ogniska	Wyznaczone wymiary każdego z dostępnych ognisk lampy rentgenowskiej w kierunku prostopadłym oraz równoległym do osi anoda-katoda nie mogą przekraczać wartości podanych w tabeli 1.
2.	Odległość ognisko – rejestrator obrazu	Różnica pomiędzy wyznaczoną odległością ognisko – rejestrator obrazu a wartością nominalną nie może przekraczać ± 2% nominalnej odległości ognisko – rejestrator obrazu.
3. Geometria wiązki promieniowania X		
3.1.	Położenie pola promieniowania X względem błony	Dla każdego formatu błony stosowanego w pracowni: 1. różnica między krawędzią pola promieniowania X a krawędzią błony ze wszystkich stron nie może przekraczać 5 mm; 2. każda krawędź pola promieniowania X musi wykraczać poza odpowiadającą jej krawędź błony.
3.2.	Położenie krawędzi stolika mammografu względem krawędzi błony od strony klatki piersiowej	Dla każdego formatu błony stosowanego w pracowni różnica między krawędzią stolika mammografu a krawędzią błony od strony klatki piersiowej nie może przekraczać 5 mm.
4.	Wydajność lampy rentgenowskiej	Wartość wyznaczonej wydajności lampy rentgenowskiej w odległości 1,0 m od ogniska lampy nie może być mniejsza niż 30 μGy/mAs.
5. Wysokie napięcie		
5.1.	Zgodność ustawienia wartości wysokiego napięcia	Dla wszystkich zmierzonych wartości wysokiego napięcia różnica między nominalną i zmierzoną wartością wysokiego napięcia nie może przekraczać ± 1,0 kV.
5.2.	Powtarzalność wartości wysokiego napięcia	Różnica między średnią arytmetyczną wyznaczoną z pięciu zmierzonych wartości i poszczególną zmierzoną wartością wysokiego napięcia nie może przekraczać ± 0,5 kV.

L.p.	Parametr	Warunki akceptacji
6.	Warstwa półchłonna	Grubość warstwy półchłonnej dla wszystkich kombinacji materiału anody i dodatkowego filtru musi spełniać poniższą zależność: $kVp/100\ kV + 0{,}03 \leq HVL \leq kVp/100\ kV + C$ gdzie: C = 0,12 dla Mo/Mo; 0,19 dla Mo/Rh; 0,22 dla Rh/Rh; 0,30 dla W/Rh kVp – zmierzona wartość wysokiego napięcia podczas testu nr 5.1: „Zgodność ustawienia wartości wysokiego napięcia" przy wartości nominalnej wynoszącej 28 kV.
7. System automatycznej kontroli ekspozycji		
7.1.	Gęstość optyczna w punkcie referencyjnym	Gęstość optyczna zmierzona w punkcie referencyjnym obrazu płyt z PMMA musi zawierać się w przedziale 1,4 ÷ 1,9. Różnica gęstości optycznych zmierzonych w punkcie referencyjnym obrazów płyt z PMMA dla niezależnych systemów automatycznej kontroli ekspozycji nie może przekraczać ± 0,1.
7.2.	System automatycznej kontroli ekspozycji dla różnych poziomów zaczernienia	Zmiana wartości gęstości optycznej dla wszystkich poziomów zaczernienia przy zmianie poziomu zaczernienia o jeden stopień nie może przekraczać 0,20. Zakres wartości gęstości optycznej przy zmianie poziomów zaczernienia od najwyższego do najniższego nie może być mniejszy niż 1,00.
7.3.	Powtarzalność ekspozycji	Odchylenie kermy w powietrzu od wartości średniej nie może przekraczać 5%.
7.4.	Kompensacja zmian grubości fantomu i wartości wysokiego napięcia	Wartość bezwzględna różnicy między wartością minimalną a wartością odniesienia gęstości optycznej nie może przekraczać 0,15. Wartość bezwzględna różnicy między wartością maksymalną a wartością odniesienia gęstości optycznej nie może przekraczać 0,15.
7.5	Bezpiecznik czasowy	Uzyskana wartość obciążenia prądowo – czasowego nie może przekraczać 5% maksymalnej wartości obciążenia prądowo – czasowego dostępnej w mammografie.

L.p.	Parametr	Warunki akceptacji
8. Kompresja piersi		
8.1.	Wskazanie grubości obiektu	Różnice pomiędzy wskazywanymi a rzeczywistymi grubościami płyt z PMMA nie mogą przekraczać ± 0,5 cm.
8.2.	Siła kompresji	Zmierzona wartość siły kompresji musi zawierać się w granicach od 130 N do 200 N (od około 13 kg do około 20 kg). Różnica między nominalną i zmierzoną wartością siły kompresji nie może przekraczać ± 20 N (około 2 kg).
8.3.	Ustawienie płytki uciskowej	Różnice w położeniu płytki uciskowej nad stolikiem mammografu pomiędzy przodem i tyłem płytki oraz lewą i prawą stroną płytki nie mogą przekraczać ± 0,5 cm.
9. Kratka przeciwrozproszeniowa		
9.1.	Współczynnik pochłaniania	Współczynnik pochłaniania kratki przeciwrozproszeniowej nie może przekraczać 3,0.
9.2.	Obraz kratki przeciwrozproszeniowej	Na obrazach nie mogą być widoczne żadne artefakty świadczące o uszkodzeniu kratki przeciwrozproszeniowej.
10.	Ekrany wzmacniające	Odchylenie obciążenia prądowo - czasowego dla trzech ekspozycji z kasetą kontrolną od wartości średniej (O_k) nie może przekraczać 2%. Odchylenie standardowe gęstości optycznej dla trzech obrazów otrzymanych z użyciem kasety kontrolnej (σ) nie może przekraczać 0,05. Odchylenie obciążenia prądowo - czasowego dla ekspozycji z wszystkimi kasetami danego formatu od wartości średniej (O_w) nie może przekraczać 5%. Zakres gęstości optycznej wszystkich obrazów nie może przekraczać 0,20.
11. Pomieszczenie ciemni		
11.1.	Nieszczelności w ciemni	Dodatkowe tło od nieszczelności w ciemni przy wyłączonym oświetleniu roboczym w ciągu 2 minut nie może przekraczać 0,02.
11.2.	Oświetlenie robocze	Dodatkowe tło od oświetlenia roboczego w ciągu 2 minut nie może przekraczać 0,10.

L.p.	Parametr	Warunki akceptacji
12. Negatoskopy		
12.2.	Luminancja negatoskopu	Luminancja zmierzona na środku panelu każdego negatoskopu musi być regulowana w zakresie co najmniej: 3000 cd/m^2 ÷ 6000 cd/m^2. Różnica pomiędzy wartością luminancji zmierzonej na środku danego panelu negatoskopu i wartością średnią wyznaczoną spośród luminancji zmierzonych na środku wszystkich paneli negatoskopów nie może przekraczać ± 15%.
12.3.	Jednorodność negatoskopu	Dla każdego panelu negatoskopu maksymalne odchylenie luminancji od wartości zmierzonej w środku panelu negatoskopu nie może przekraczać 30%.
13.	Natężenie oświetlenia zewnętrznego w pokoju opisowym	Natężenie oświetlenia zewnętrznego każdego negatoskopu nie może przekraczać 50 lux.
14.	Dozymetria	Wartości średniej dawki gruczołowej (AGD) wyznaczone dla ekspozycji płyt z PMMA o grubościach 2,0 cm, 4,5 cm i 7,0 cm w warunkach klinicznych nie mogą przekraczać wartości przedstawionych w tabeli 5.
15. Jakość obrazu		
15.1.	Rozdzielczość przestrzenna	Rozdzielczość w kierunku równoległym i prostopadłym do osi anoda - katoda dla każdego typu ogniska lampy rentgenowskiej oraz każdego materiału anody nie może być mniejsza niż 15 pl/mm.
15.2.	Progowy kontrast	Na obrazach musi być widoczny obiekt o średnicy nie większej niż 6,0 mm i grubości nie większej niż 0,3 mm PMMA, z uwzględnieniem rozproszenia promieniowania X od obiektu z PMMA o całkowitej grubości 4,5 cm.
15.3.	Czas ekspozycji	Wyznaczona wartość czasu rutynowej ekspozycji nie może przekraczać 2,0 s.