

Witold Skrzyński¹ Wioletta Ślusarczyk-Kacprzyk¹

Zespół konsultantów:

Paweł Kukołowicz¹, Dominika Oborska-Kumaszyńska^{2,3}, Andrzej Orlef⁴,
Sylwia Zielińska-Dąbrowska⁵

Testy specjalistyczne monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych

Zalecenia Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej

¹Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie,
W. K. Roentgena 5, 02-781 Warszawa

²Zakład Radiologii Ogólnej, Zabiegowej i Neuroradiologii, Akademicki Szpital Kliniczny
we Wrocławiu, Borowska 213, 50-556 Wrocław

³Wolverhampton Royal Hospitals, New Cross Hospital, MPCE Department, Wolverhampton, UK

⁴Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie,
Wybrzeże Armii Krajowej 15, 44-101 Gliwice

⁵Zakład Fizyki Medycznej, Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Artwińskiego 3, 25-734 Kielce

W opracowaniu przedstawiono zestaw testów, które zdaniem Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, powinny być wykonywane dla monitorów używanych do prezentowania obrazu zapisanego w postaci cyfrowej. Dokument ten powstał z inicjatywy Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, został opracowany na podstawie dostępnych publikacji przez fizyków z Zakładu Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie we współpracy z zespołem konsultantów powołanych przez Zarząd Główny PTFM.

Słowa kluczowe: testy specjalistyczne, monitory, obrazy medyczne

Przedmowa

Coraz powszechniej klisza rentgenowska jest wypierana przez detektory cyfrowe. Obraz zapisany w postaci cyfrowej jest następnie prezentowany z użyciem monitorów, zwykle diagnostycznych. W niniejszym dokumencie przedstawiono zestaw testów, które zdaniem Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, powinny być wykonywane dla monitorów używanych do prezentowania obrazu zapisanego w postaci cyfrowej. Dokument ten powstał z inicjatywy Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, został opracowany na podstawie dostępnych publikacji 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 niniejsza publikacja nie jest 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. Prowadzenie zalecanych testów pozwala na przeprowadzenie pełnej oceny działania monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych, a spełnienie warunków akceptacji dla wszystkich testów umożliwia uzyskanie właściwej jakości prezentacji tych obrazów.

Życzę pożytecznego korzystania z niniejszego dokumentu!

Prezes Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej

dr hab. n. med. Paweł Kukołowicz

Warszawa, 2013-01-14

Spis treści

I. Wstęp.....	18
II Wykaz sprzętu do wykonywania testów specjalistycznych monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych.....	19
III Definicje	19
IV Testy kontroli jakości.....	20
1. Warunki oceny obrazów	20
1.1. Widoczność odbić na ekranie.....	20
1.2. Oświetlenie powierzchni monitora.....	20
2. Poprawność geometryczna obrazu	21
2.1. Zniekształcenia geometryczne obrazu	22
2.2. Zgodność powiększenia między monitorami	23
3. Rozdzielczość	23
3.1. Wzrokowa ocena rozdzielczości	24
3.2. Porównanie luminancji poziomych i pionowych wzorów do oceny rozdzielczości	25
4. Jednorodność.....	26
5. Luminancja.....	27
5.1. Maksymalna luminancja	28
5.2. Zgodność maksymalnej luminancji między monitorami	28
5.3. Kontrast monitora.....	29
5.4. Krzywa skali szarości.....	29
V Literatura	31
VI Wykaz testów kontroli jakości i ich warunków akceptacji.....	32

I. Wstęp

Kontrola jakości w obrazowaniu medycznym powinna dotyczyć wszystkich elementów wpływających na jakość obrazu ocenianego przez lekarza. Elementami tymi są zarówno parametry aparatury rejestrującej obraz, jak i parametry urządzeń do prezentacji obrazu. W klasycznej radiografii nośnikiem obrazu jest błona rentgenowska, a kontroli podlegają między innymi wywoływarki i negatoskopy. W przypadku obrazowania cyfrowego kontroli powinny podlegać stacje z monitorami, używane do wyświetlania obrazów medycznych.

Prezentowane metody wykonywania testów i warunki akceptacji ich wyników są, oprócz doświadczeń własnych, oparte na opracowaniu AAPM [1] dotyczącym w całości kontroli monitorów. Dodatkowo wykorzystano między innymi informacje zawarte w zaleceniach dotyczących kontroli jakości w mammografii [4],[5].

Testy specjalistyczne wykonuje się dla monitorów klasy A i B, czyli opisowych i przeglądowych. Testów specjalistycznych nie wykonuje się dla monitorów klasy C. Przyjęty podział monitorów na klasy przedstawiono w rozdziale „III. Definicje”. Należy zauważyć, że monitory przy konsoli tomografu zakwalifikowano na potrzeby niniejszego opracowania do monitorów przeglądowych (klasy B).

Test „warunki oceny obrazów” należy wykonać dla monitora wyłączzonego, będącego w stanie uśpienia, lub wyświetlającego czarny obraz. Każdy testowany monitor powinien być włączony przed przystąpieniem do wykonania pozostałych testów przynajmniej na czas zalecany przez producenta.

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 dotyczących danego testu.

Testy specjalistyczne muszą być przeprowadzane przy użyciu przyrządów pomiarowych posiadających aktualne świadectwo wzorcowania.

Testy specjalistyczne muszą być wykonywane nie rzadziej niż raz na 12 miesięcy. Jeżeli wyniki testów lub informacje dostarczane przez oprogramowanie diagnostyczne wskazują na możliwość wcześniejszego pogorszenia się jakości obrazu, częstość wykonywania testów specjalistycznych powinno się zwiększyć.

II. Wykaz sprzętu do wykonywania testów specjalistycznych monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych

- a) Miernik do pomiaru luminancji o dokładności $\pm 10\%$.
- b) Miernik iluminancji o dokładności $\pm 10\%$.
- c) Jednorodne obrazy testowe TG18-UNL10 i TG18-UNL80.
- d) Obraz testowy TG18-QC.
- e) Obrazy testowe TG18-LPH10, TG18-LPH50, TG18-LPH89, TG18-LPV10, TG18-LPV50, TG18-LPV89.
- f) Obrazy testowe z serii TG18-LN12 (od TG18-LN12-01 do TG18-LN12-18).
- g) Przymiar liniowy (miarka lub linijka bez ostrych brzegów), o dokładności ± 1 mm.

Obrazy testowe z serii TG18 są opisane i zdefiniowane w raporcie AAPM [1]. Obrazy te w wersji cyfrowej można pozyskać m.in. ze stron internetowych podanych w bibliografii ([1],[6]).

III. Definicje

DICOM GSDF - funkcja zdefiniowana w standardzie *Digital Imaging and Communications in Medicine Part 14: Grayscale Standard Display Function* [2], stosowana podczas kalibracji monitorów medycznych

Dokładność przyrządu - (ang. *accuracy*), parametr charakteryzujący przyrząd pomiarowy określający dokładność pomiaru, podawany przez producenta danego przyrządu pomiarowego.

Iluminancja - natężenie oświetlenia powierzchni, stosunek strumienia świetlnego padającego na element powierzchni do pola tego elementu. Jednostką iluminancji jest lux.

Luminancja - jasność światła emitowanego z powierzchni, definiowana jako stosunek światłości w danym kierunku z małego wycinka źródła światła o pewnym polu powierzchni do rzutu tego pola na płaszczyznę prostopadłą do tego kierunku. Jednostką luminancji jest cd/m^2 .

Monitory klasy A (opisowe) - monitory służące do podejmowania decyzji diagnostycznych przez lekarza.

Monitory klasy B (przeglądowe) - monitory służące do prezentacji obrazu w celach innych niż podjęcie decyzji diagnostycznej. Takimi celami mogą być między innymi:

- prezentacja już opisanego obrazu na kominku radiologicznym,

- dostarczenie informacji niezbędnych do realizacji terapii, np. wyświetlenie obrazu na sali operacyjnej podczas zabiegu,
- określenie zakresu badania obrazowego, np. zakres skanowania w tomografii komputerowej określany na podstawie topogramu wyświetlanego na monitorze przy konsoli tomografu.

Monitory klasy C – monitory znajdujące się przy stacjach do akwizycji obrazu urządzeń radiologicznych, na których obrazy medyczne prezentowane są wyłącznie w celu weryfikacji poprawności wykonania badania.

Monitor LCD – monitor ciekłokrystaliczny (ang. *liquid crystal display*).

Monitor CRT – monitor kineskopowy (ang. *cathode ray tube*).

IV. Testy kontroli jakości

1. Warunki oceny obrazów

1.1. Widoczność odbić na ekranie

Obraz prezentowany na ekranie monitora nie powinien być zaburzony przez obecność odbić źródeł światła lub innych obiektów. Jeżeli na ekranie widoczne są odbicia jakiegoś źródła światła (okna, lampy, negatoskopu, innego monitora), należy wyeliminować to źródło bądź zmienić wzajemne położenie monitora i źródła światła. Jeżeli na monitorze widać odbicia przedmiotów jasnych lub skontrastowanych względem tła (plakietka/kasetka na jasnym fartuchu/koszuli, ramka na jasnej ścianie), należy obniżyć poziom oświetlenia w pomieszczeniu (zbyt wysokie światło rozproszone).

Wypożażenie:

- brak

Metodyka:

Dla monitora wyłączanego lub wyświetlającego czarny obraz wzrokowo ocenić widoczność odbić źródeł światła, osób i przedmiotów na ekranie.

Warunki akceptacji:

Na powierzchni ekranu nie mogą być widoczne odbicia źródeł światła ani innych obiektów ([1], [4],[5]).

1.2. Oświetlenie powierzchni monitora

Uwaga:

Test wykonuje się tylko dla monitorów opisowych (klasy A).

Poziom oświetlenia w pomieszczeniu wpływa na kontrast struktur obserwowanych na monitorze. Wpływ ten jest różny dla różnych monitorów i zależy m.in. od minimalnej

luminancji samego monitora oraz od współczynników odbicia światła od powierzchni monitora. W tym teście warunki oceny obrazów są oceniane zarówno poprzez bezpośredni pomiar poziomu oświetlenia (I), jak i poprzez ocenę jego wpływu na obraz widziany przez obserwatora (porównanie L_{amb} i $L_{min'}$).

Wyposażenie:

- Miernik iluminancji o dokładności $\pm 10\%$
- Miernik do pomiaru luminancji o dokładności $\pm 10\%$
- Obraz testowy TG18-LN-01

Metodyka:

Monitor wyłączyć lub przełączyć w stan uśpienia. Dostosować warunki oświetleniowe w pomieszczeniu do takich, w jakich monitory są stosowane do oglądania obrazów medycznych.

W centralnej części monitora przyłożyć miernik iluminancji, ustawiając detektor w kierunku na zewnątrz od monitora, prostopadle do jego powierzchni. Zmierzyć natężenie oświetlenia padającego na powierzchnię monitora (I).

Miernik luminancji ustawić tak, aby jego detektor znajdował się w odległości ok. 30 cm od powierzchni monitora i był skierowany prostopadle w kierunku środka powierzchni monitora. Bez włączania monitora zmierzyć luminancję tła (L_{amb}).

Włączyć monitor, wyświetlić obraz testowy TG18-LN12-01 (patrz Rycina 5.). Wykonać pomiar luminancji nie zmieniając ustawienia miernika. Mierzoną wartością jest minimalna luminancja monitora uwzględniająca także światło odbite od jego powierzchni ($L_{min'}$).

Warunki akceptacji:

W mammografii: $I \leq 10 \text{ lx}$ [4][5], $L_{amb} \leq 0,4 \cdot L_{min'}$ [4]

W pozostałych technikach obrazowania: $I \leq 15 \text{ lx}$, $L_{amb} \leq 0,8 \cdot L_{min'}$ [1]

2. Poprawność geometryczna obrazu

Zniekształcenia geometryczne obrazu mogą powodować błędy w jego interpretacji. Dla monitorów kineskopowych (CRT, *cathode ray tube*) regułą jest obecność niewielkich zniekształceń geometrycznych. Dla monitorów ciekłokrystalicznych (LCD, *liquid crystal devices*) zniekształcenia geometryczne są mało prawdopodobne ze względu na ich konstrukcję. Potencjalnie możliwe są zniekształcenia wynikające z niestandardowego ustawienia konfiguracji karty graficznej lub wyboru niestandardowego powiększenia.

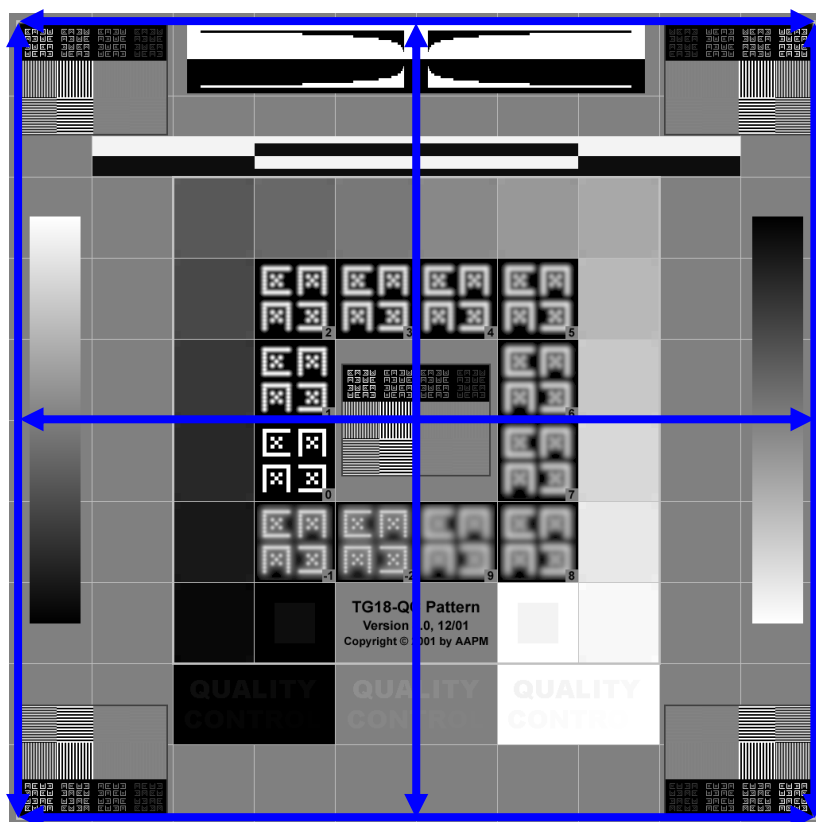
Jeśli przy opisywaniu lub przeglądaniu obrazów medycznych stosowane są dwa identyczne monitory, ten sam obraz wyświetlony na każdym z nich powinien mieć identyczne wymiary.

Wypożenie:

- Obraz testowy TG18-QC.
- Miarka lub linijka bez ostrych brzegów, o dokładności ± 1 mm.

Metodyka:

W obu testach dotyczących poprawności geometrycznej obrazu należy zmierzyć długości trzech linii poziomych i trzech pionowych (Rycina 1). Pomiary należy wykonać miarką lub linijką przyłożoną do powierzchni monitora zwracając uwagę na to, by go nie zabrudzić bądź nie uszkodzić.



Rycina 1. Pomiar odległości w obrazie testowym TG18-QC.

2.1. Zniekształcenia geometryczne obrazu**Metodyka:**

Na wyświetlonym obrazie testowym TG18-QC zmierzyć sześć odległości jak na rycinie 1. Obliczyć ΔD zgodnie ze wzorem:

$$\Delta D = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\min}} \cdot 100\%$$

gdzie:

$D_{\max}$ – największa spośród sześciu zmierzonych odległości,

$D_{\min}$ – najmniejsza spośród sześciu zmierzonych odległości.

Warunki akceptacji:

Dla monitorów opisowych (klasy A): $\Delta D \leq 2\%$ [1]

Dla monitorów przeglądowych (klasy B): $\Delta D \leq 5\%$ [1]

2.2. Zgodność powiększenia między monitorami

Uwaga:

Test należy wykonać dla stanowisk wyposażonych w dwa identyczne monitory przeznaczone do jednoczesnego wyświetlania obrazów medycznych.

Metodyka:

Na wyświetlonym obrazie testowym TG18-QC zmierzyć długość linii górnej poziomej (jak na rycinie 1) dla obu monitorów. Obliczyć ΔD_{zg} zgodnie ze wzorem:

$$\Delta D_{zg} = \frac{|D_1 - D_2|}{\min(D_1, D_2)} \cdot 100\%$$

gdzie:

D_1 – długość linii górnej poziomej dla monitora pierwszego,

D_2 – długość linii górnej poziomej dla monitora drugiego.

Powtórzyć pomiar i obliczenie kolejno dla każdej linii z pięciu pozostałych linii jak na Rycinie 1 (środkowej poziomej, dolnej poziomej itd.).

Przykład: Linia lewa pionowa na jednym z monitorów ma długość 303 mm, a na drugim 300 mm. Obliczona wartość ΔD_{zg} dla tej linii wynosi 1%.

Warunki akceptacji:

Oddzielnie dla każdej z sześciu linii:

Dla monitorów opisowych (klasy A): $\Delta D_{zg} \leq 2\%$ [1]

Dla monitorów przeglądowych (klasy B): $\Delta D_{zg} \leq 5\%$ [1]

3. Rozdzielczość

Współczesne monitory opisowe stosowane w radiologii ogólnej i mammografii umożliwiają wyświetlanie kilku milionów pikseli. Rzeczywista rozdzielczość obrazu nie zawsze jednak jest tak wysoka, jak wynikałoby to z liczby i wymiarów pikseli. Dla monitorów kineskopowych rozmiar piksela zależy od dokładności zogniskowania wiązki elektronów na ekranie, która zależy m.in. od odległości, jaką przebywa wiązka elektronów i kąta jej padania na ekran. W efekcie rozdzielczość w narożnikach obrazu jest zazwyczaj gorsza niż w środku obrazu. Dla monitorów ciekłokrystalicznych każdy piksel jest osobną strukturą, jednak wzory do oceny rozdzielczości mogą być nieczytelne na przykład na skutek błędnych ustawień trybu pracy karty graficznej. W przypadku każdego monitora rozdzielczość wyświetlanego obrazu może ulec pogorszeniu na skutek osłabienia lub zakłócenia sygnału przesyłanego z karty graficznej do monitora.

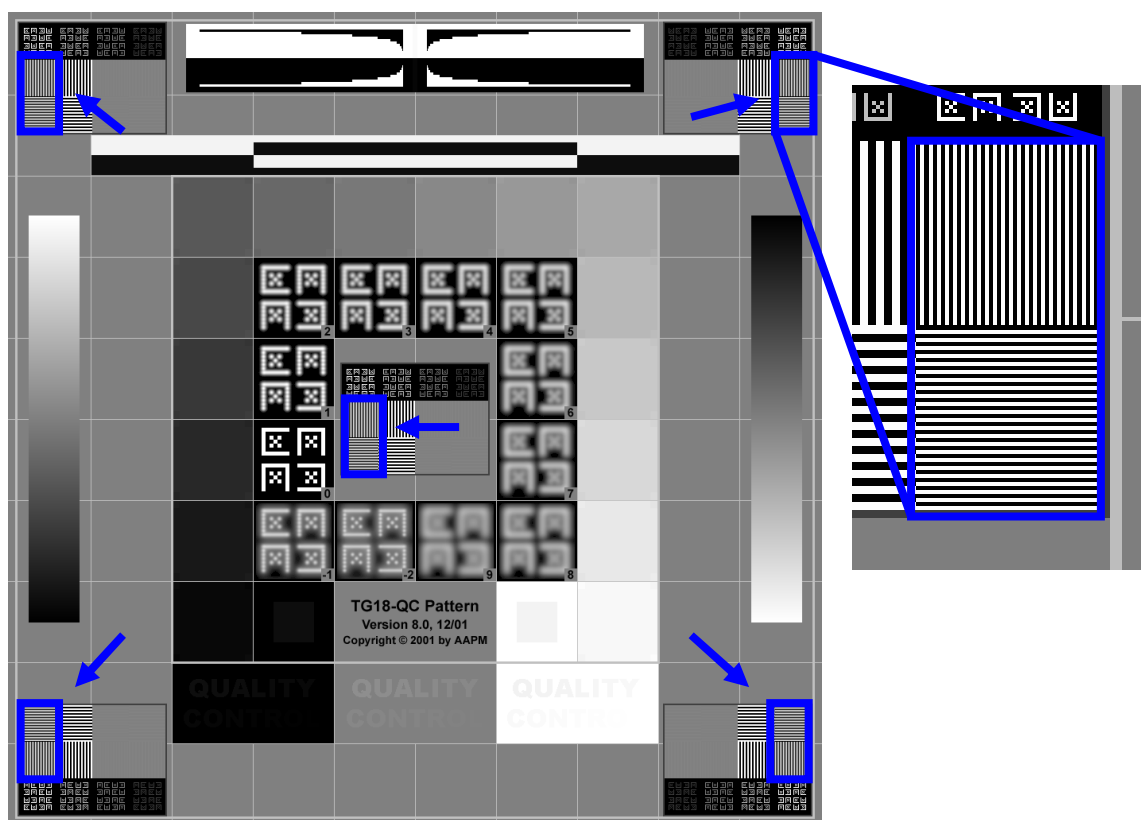
Wyposażenie:

- Obraz testowy TG18-QC.
- Obrazy testowe TG18-LPH10, TG18-LPH50, TG18-LPH89, TG18-LPV10, TG18-LPV50, TG18-LPV89.
- Miernik do pomiaru luminancji o dokładności $\pm 10\%$ (tylko w punkcie B).

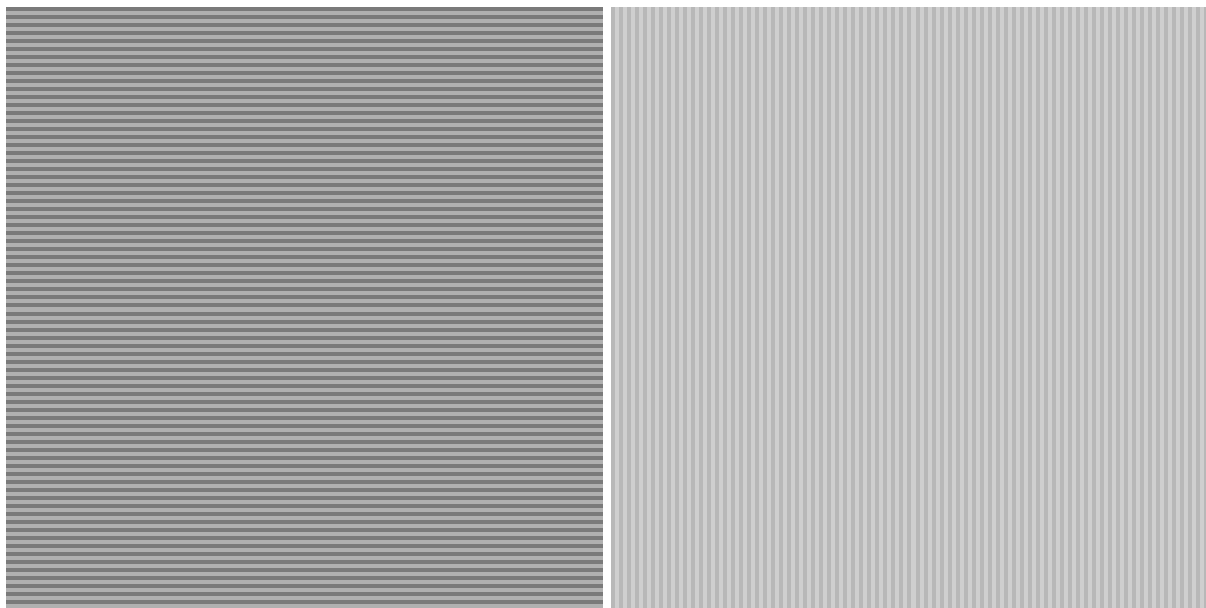
3.1. Wzrokowa ocena rozdzielczości**Metodyka:**

Na wyświetlonym obrazie testowym TG18-QC wzrokowo ocenić widoczność białych i czarnych linii we wzorach do oceny rozdzielczości (Rycina 2). Ocenę należy wykonać dla wszystkich wzorów, tj. linii poziomych i pionowych, w środkowym obszarze i w narożnikach obrazu.

Wzrokowo ocenić widoczność poziomych linii na całej powierzchni obrazów testowych TG18-LPH10, TG18-LPH50, TG18-LPH89 (Rycina 3). Ocenę powtórzyć dla pionowych linii na obrazach TG18-LPV10, TG18-LPV50, TG18-LPV89.



Rycina 2. Lokalizacja wzorów do oceny rozdzielczości w obrazie testowym TG18-QC



Rycina 3. Fragment obrazu testowego TG18-LPH50 (po lewej) i TG18-LPV89 (po prawej).

Warunki akceptacji:

Wyraźnie rozróżnialne białe i czarne linie we wszystkich wzorach do oceny rozdzielczości w obrazie TG18-QC [1][5].

Rozróżnialne linie poziome na całej powierzchni obrazów TG18-LPH10, TG18-LPH50 i TG18-LPH89 [1][5].

Rozróżnialne linie pionowe na całej powierzchni obrazów TG18-LPV10, TG18-LPV50 i TG18-LPV89 [1][5].

3.2. Porównanie luminancji poziomych i pionowych wzorów do oceny rozdzielczości

Uwaga:

Porównanie luminancji poziomych i pionowych wzorów do oceny rozdzielczości nie jest testem obligatoryjnym. Test ten można wykonać w przypadku, w którym podczas wzrokowej oceny rozdzielczości stwierdzono różnicę w widoczności linii poziomych i pionowych. Celem testu jest obiektywna ocena tej różnicy.

Metodyka:

Na wyświetlonym obrazie testowym TG18-QC zmierzyć luminancję wzoru do oceny rozdzielczości znajdującego się na środku obrazu (Rycina 2), osobno dla poziomych i dla pionowych linii. Obliczyć ΔL_{rozd} zgodnie ze wzorem:

$$\Delta L_{\text{rozd}} = \frac{|L_{\text{poz}} - L_{\text{pion}}|}{\min(L_{\text{poz}}, L_{\text{pion}})} \cdot 100\%$$

gdzie:

L_{poz} – luminancja poziomego wzoru do oceny rozdzielczości,

L_{pion} – luminancja pionowego wzoru do oceny rozdzielczości.

Ocenę powtórzyć kolejno dla wzorów do oceny rozdzielczości znajdujących się w narożnikach obrazu testowego.

Warunki akceptacji:

Oddzielnie dla każdej lokalizacji wzorów do oceny rozdzielczości:

Dla monitorów opisowych (klasy A): $\Delta L_{\text{rozd}} \leq 30\%$ [1]

Dla monitorów przeglądowych (klasy B): $\Delta L_{\text{rozd}} \leq 50\%$ [1]

4. Jednorodność

Dla monitorów kineskopowych zazwyczaj luminancja przyjmuje maksimum na środku ekranu, a maleje w rogach i przy krawędziach ze względu na dłuższą drogę wiązki elektronów. Dla monitorów ciekłokrystalicznych niejednorodności luminancji mogą być nieregularne. Ich możliwe przyczyny to niejednorodność podświetlenia, utajony obraz, niejednakowa grubość elementów ciekłokrystalicznych.

Wypożażenie:

- Obrazy testowe TG18-UNL10 i TG18-UNL80.
- Miernik do pomiaru luminancji o dokładności $\pm 10\%$.

Metodyka:

Na wyświetlonym obrazie TG18-UNL10 (Rycina 4) zmierzyć luminancję w środku i w każdym z narożników obrazu. Obliczyć ΔL_{jedn} zgodnie ze wzorem:

$$\Delta L_{\text{jedn}} = \frac{2 \cdot (L_{\text{max}} - L_{\text{min}})}{L_{\text{max}} + L_{\text{min}}} \cdot 100\%$$

gdzie:

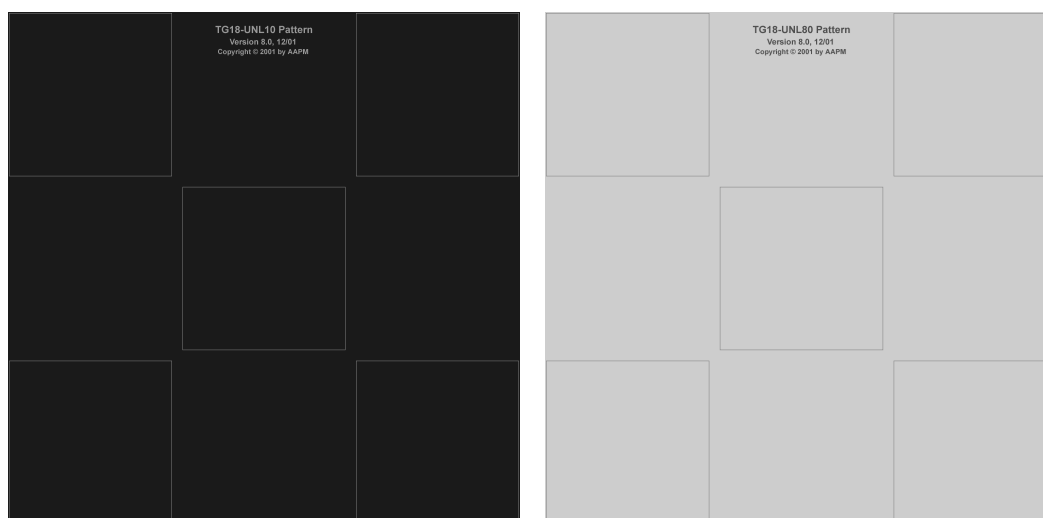
L_{max} – największa spośród pięciu zmierzonych wartości luminancji,

L_{min} – najmniejsza spośród pięciu zmierzonych wartości luminancji.

Ocenę powtórzyć dla obrazu testowego TG18-UNL80.

Warunki akceptacji:

Oddzielnie dla każdego z obrazów: $\Delta L_{\text{jedn}} \leq 30\%$ [1].



Rycina 4. Obrazy testowe TG18-UNL10 (z lewej strony) i TG18-UNL80 (z prawej strony) zawierające po pięć obszarów przeznaczonych do pomiaru luminancji

5. Luminancja

Niska jasność lub niska kontrastowość monitora ogranicza ilość informacji, jaka jest przekazywana przy wyświetlaniu obrazu medycznego. Kontrast wynoszący 250 (rozumiany jako stosunek luminancji maksymalnej do minimalnej) można porównać na przykład do zakresu gęstości optycznych $0,2 \div 2,6$ dla błony rentgenowskiej oglądanej na negatoskopie.

Kontrast niezbędny do zauważenia struktury znajdującej się w obrazie na jakimś tle jest zależny od luminancji tego tła. Dla struktur na ciemnym tle kontrast ten musi być większy (charakterystyka oka jest nieliniowa). Kalibracja monitorów zgodnie z funkcją DICOM GSDF (ang. *Digital Imaging and Communications in Medicine, Grayscale Standard Display Function*) pozwala uzyskać równie dobre wzrokowe wrażenie kontrastu zarówno w ciemnych, jak i w jasnych obszarach obrazu.

Jeśli przy opisywaniu lub przeglądaniu obrazów medycznych stosowane są dwa parowane monitory, ten sam obraz wyświetlony na każdym z nich powinien wyglądać tak samo, w tym także mieć taką samą jasność.

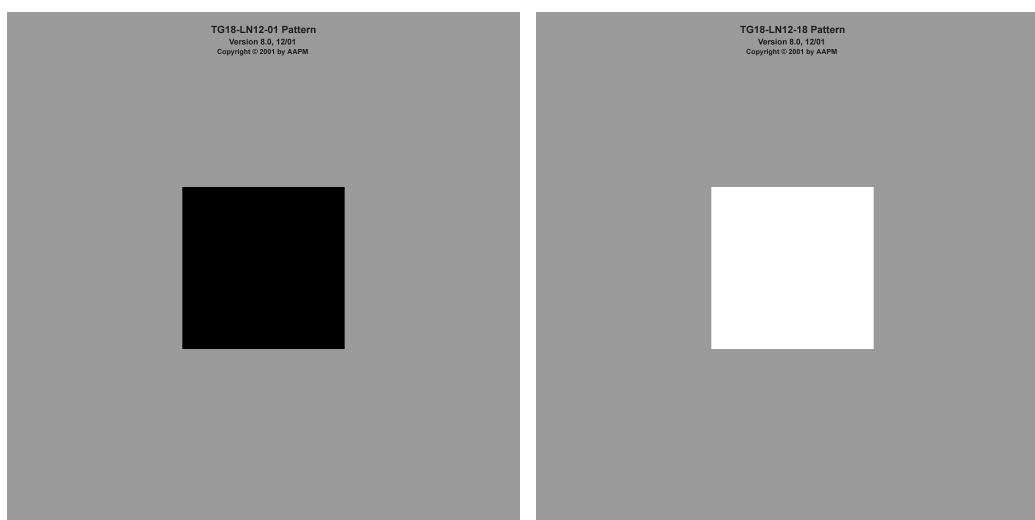
Uwaga:

Osoba pracująca z monitorem nie obserwuje luminancji samego monitora, a łączną luminancję $L' = L + L_{amb}$. Wartość L' wynika ze zsumowania światła emitowanego przez sam monitor (L) oraz odbitego od jego powierzchni światła z innych źródeł (L_{amb}). Wielkość L jest mierzona przyrządem przykładanym do powierzchni monitora, natomiast L' jest mierzona przyrządem umieszczanym w pewnej odległości od monitora. Cytowane w niniejszych zaleceniach publikacje dotyczące kontroli monitorów [1][4][5] mówią o ocenie kontrastu i krzywej skali szarości w oparciu o pomiary L' , a nie L . W praktyce

wielkości te są praktycznie tożsame pod warunkiem, że oświetlenie powierzchni monitorów jest wystarczająco słabe. Warunek ten jest niezależnie sprawdzany w teście 1.2 „oświetlenie powierzchni monitora”.

Wypożyczenie:

- Obrazy testowe serii TG18-LN12 (od TG18-LN12-01 do TG18-LN12-18).
- Miernik do pomiaru luminancji o dokładności $\pm 10\%$.



Rycina 5. Obrazy testowe TG18-LN12-01 (po lewej stronie) oraz TG18-LN12-18 (po prawej stronie)

5.1. Maksymalna luminancja**Metodyka:**

Zmierzyć luminancję monitora ($L_{\max}$) w środkowym obszarze wyświetlonego obrazu testowego TG18-LN12-18 (Rycina 5).

Warunki akceptacji:

Dla monitorów opisowych (klasy A) stosowanych w mammografii: $L_{\max} \geq 400 \text{ cd/m}^2$

Dla monitorów opisowych (klasy A) w innych technikach obrazowania: $L_{\max} \geq 200 \text{ cd/m}^2$

Dla monitorów przeglądowych (klasy B): $L_{\max} \geq 100 \text{ cd/m}^2$ [1]

5.2. Zgodność maksymalnej luminancji między monitorami**Uwaga:**

Test należy wykonać dla stanowisk wyposażonych w dwa parowane monitory przeznaczone do jednoczesnego wyświetlania obrazów medycznych.

Metodyka:

Dla każdego z monitorów zmierzyć luminancję w środkowym obszarze wyświetlonego obrazu testowego TG18-LN12-18. Obliczyć $\Delta L_{\max}$ zgodnie ze wzorem:

$$\Delta L_{\max} = \frac{|L_{\max,1} - L_{\max,2}|}{\min(L_{\max,1}, L_{\max,2})} \cdot 100\%$$

gdzie:

$L_{\max,1}$ – zmierzona luminancja pierwszego monitora,

$L_{\max,2}$ – zmierzona luminancja drugiego monitora.

Warunki akceptacji:

Dla monitorów opisowych stosowanych w mammografii: $\Delta L_{\max} \leq 5\%$ [4][5].

Dla pozostałych monitorów: $\Delta L_{\max} \leq 10\%$ [1].

5.3. Kontrast monitora

Metodyka:

Zmierzyć maksymalną luminancję monitora ($L_{\max}$) w środkowym obszarze wyświetlonego obrazu testowego TG18-LN12-18. Zmierzyć minimalną luminancję monitora ($L_{\min}$) w środkowym obszarze wyświetlonego obrazu testowego TG18-LN12-01. Obliczyć L_{kontrast} zgodnie ze wzorem:

$$L_{\text{kontrast}} = L_{\max} / L_{\min}$$

gdzie:

$L_{\max}$ – luminancja zmierzona dla obrazu testowego TG18-LN12-18.

$L_{\min}$ – luminancja zmierzona dla obrazu testowego TG18-LN12-01.

Warunki akceptacji:

Dla monitorów opisowych (klasy A): $L_{\text{kontrast}} \geq 250:1$ [1].

Dla monitorów przeglądowych (klasy B): $L_{\text{kontrast}} \geq 100:1$ [1].

5.4. Krzywa skali szarości

Metodyka:

Kolejno zmierzyć luminancję monitora ($L_{i=1...N}$, $N=18$) w środkowym obszarze wyświetlonego obrazu testowego od TG18-LN12-01 do TG18-LN12-18. Następnie wykonać następujące obliczenia:

1. Korzystając z zamieszczonych poniżej wzorów obliczyć wartości $J_{\min}$ i $J_{\max}$ odpowiadające minimalnej i maksymalnej zmierzonej luminancji (L_1 i L_{18}). Dzieląc przedział $J_{\min}...J_{\max}$ na $N-1$ równych odcinków przypisać do każdej wartości L_i odpowiadającą jej wartość J_i .

2. Dla każdego z punktów pomiarowych obliczyć kontrast:

$$\delta_i = 2 \cdot (L_i - L_{i-1}) / ((L_i + L_{i-1}) \cdot (J_i - J_{i-1}))$$

3. Dla każdego z punktów pomiarowych obliczyć kontrast wynikający z funkcji GSDF (Grayscale Standard Display Function):

$$\delta_i^d = 2 \cdot (L_i^d - L_{i-1}^d) / ((L_i^d + L_{i-1}^d) \cdot (J_i - J_{i-1}))$$

gdzie wartość L_i^d oznacza przewidywaną przez funkcję GSDF luminancję dla J_i .

4. Dla każdego z punktów pomiarowych wyrazić w procentach różnicę między kontrastem wyznaczonym dla obrazu a kontrastem wynikającym z funkcji GSDF:

$$\Delta\delta_i = 100\% \cdot (|\delta_i - \delta_i^d|) / \delta_i^d$$

Funkcja GSDF, zależność luminancji od wskaźnika JND:

$$\log_{10} L(j) = \frac{a + c \cdot \ln(j) + e \cdot (\ln(j))^2 + g \cdot (\ln(j))^3 + m \cdot (\ln(j))^4}{1 + b \cdot \ln(j) + d \cdot (\ln(j))^2 + f \cdot (\ln(j))^3 + h \cdot (\ln(j))^4 + k \cdot (\ln(j))^5}$$

Zależność odwrotna - wskaźnik JND w funkcji luminancji:

$$j(L) = A + B \cdot \log_{10}(L) + C \cdot (\log_{10}(L))^2 + D \cdot (\log_{10}(L))^3 + E \cdot (\log_{10}(L))^4 + F \cdot (\log_{10}(L))^5 + G \cdot (\log_{10}(L))^6 + H \cdot (\log_{10}(L))^7 + I \cdot (\log_{10}(L))^8$$

Tabela 1. Parametry funkcji DICOM GSDF [2]

a	-1,3011877	A	71,498068
b	$-2,5840191 \times 10^{-2}$	B	94,593053
c	$8,0242636 \times 10^{-2}$	C	41,912053
d	$-1,0320229 \times 10^{-1}$	D	9,8247004
e	$1,3646699 \times 10^{-1}$	E	0,28175407
f	$2,8745620 \times 10^{-2}$	F	-1,1878455
g	$-2,5468404 \times 10^{-2}$	G	-0,18014349
h	$-3,1978977 \times 10^{-3}$	H	0,14710899
k	$1,2992634 \times 10^{-4}$	I	-0,017046845
m	$1,3635334 \times 10^{-3}$		

Uwaga:

Opisane obliczenia można wykonać za pomocą arkusza kalkulacyjnego opublikowanego w Internecie przez EUREF (European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services) [6].

Warunki akceptacji:

Dla monitorów opisowych: $\Delta\delta_i \leq 10\%$ [1].

Dla monitorów przeglądowych: $\Delta\delta_i \leq 20\%$ [1].

V Literatura

- [1] American Association of Physicists in Medicine. *AAPM On-line Report No. 03. Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems*. 2005
(www: <http://deckard.mc.duke.edu/~samei/tg18>)
- [2] National Electrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Part 14: Grayscale Standard Display Function*. 2007
(www: <http://medical.nema.org/dicom/>)
- [3] Society of Motion Pictures and Television Engineers (SMPTE). *Recommended Practice RP 133-1999: Specifications for Medical Diagnostic Imaging Test Pattern for Television Monitors and Hard-Copy Recording Cameras*, 1999
- [4] NHS Cancer Screening Programmes, *Commissioning and Routine Testing of Full Field Digital Mammography Systems*, version 2, NHSBSP, 2006
(www: <http://www.cancerscreening.nhs.uk/breastscreen/publications/nhsbsp-equipment-report-0604.html>)
- [5] European Commission, *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis, Fourth edition*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2006
- [6] European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services, EUREF www: (<http://www.euref.org/downloads>)

VI Wykaz testów kontroli jakości i ich warunków akceptacji

Numer testu	Nazwa testu	Warunki akceptacji
1.	Warunki oceny obrazów	
1.1.	Widoczność odbić na ekranie	Na powierzchni ekranu nie może być widać odbić źródeł światła ani innych obiektów
1.2.	Oświetlenie powierzchni monitora	W mammografii: $I \leq 10 \text{ lx}$, $L_{\text{amb}} \leq 0,4 \times L_{\text{min}}'$ W pozostałych technikach obrazowania: $I \leq 15 \text{ lx}$, $L_{\text{amb}} \leq 2 \times L_{\text{min}}'$
2.	Poprawność geometryczna obrazu	
2.1.	Zniekształcenia geometryczne obrazu	Dla monitorów opisowych: $\Delta D \leq 2\%$ Dla monitorów przeglądowych: $\Delta D \leq 5\%$
2.2.	Zgodność powiększenia między monitorami	Oddzielnie dla każdej z sześciu linii: Dla monitorów opisowych: $\Delta D_{\text{zg}} \leq 2\%$ Dla monitorów przeglądowych: $\Delta D_{\text{zg}} \leq 5\%$
3.	Rozdzielczość	
3.1.	Wzrokowa ocena rozdzielczości	Wyraźnie rozróżnialne białe i czarne linie we wszystkich wzorach do oceny rozdzielczości w obrazie TG18-QC. Rozróżnialne linie poziome na całej powierzchni obrazów TG18-LPH10, TG18-LPH50 i TG18-LPH89. Rozróżnialne linie pionowe na całej powierzchni obrazów TG18-LPV10, TG18-LPV50 i TG18-LPV89
3.2.	Porównanie luminancji poziomych i pionowych wzorów do oceny rozdzielczości	Oddzielnie dla każdej lokalizacji wzorów do oceny rozdzielczości: Dla monitorów opisowych: $\Delta L_{\text{rozd}} \leq 30\%$ Dla monitorów przeglądowych: $\Delta L_{\text{rozd}} \leq 50\%$
4.	Jednorodność	Oddzielnie dla każdego z obrazów: $\Delta L_{\text{jedn}} \leq 30\%$
5.	Luminancja	
5.1.	Maksymalna luminancja	Dla monitorów opisowych stosowanych w mammografii: $L_{\text{max}} \geq 400 \text{ cd/m}^2$ Dla monitorów opisowych stosowanych w innych technikach obrazowania: $L_{\text{max}} \geq 200 \text{ cd/m}^2$ Dla monitorów przeglądowych: $L_{\text{max}} \geq 100 \text{ cd/m}^2$
5.2.	Zgodność maksymalnej luminancji między monitorami	Dla monitorów opisowych stosowanych w mammografii: $\Delta L_{\text{max}} \leq 5\%$ Dla pozostałych monitorów: $\Delta L_{\text{max}} \leq 10\%$
5.3.	Kontrast monitora	Dla monitorów opisowych: $L_{\text{kontrast}} \geq 250:1$ Dla monitorów przeglądowych: $L_{\text{kontrast}} \geq 100:1$
5.4.	Krzywa skali szarości	Dla monitorów opisowych: $\Delta \delta_i \leq 10\%$. Dla monitorów przeglądowych: $\Delta \delta_i \leq 20\%$

Test nr 3.2 nie jest obligatoryjny; test ten można wykonać w przypadku, w którym podczas wzrokowej oceny rozdzielczości stwierdzono różnicę w widoczności linii poziomych i pionowych. Wszystkie pozostałe testy specjalistyczne muszą być wykonywane nie rzadziej niż raz na 12 miesięcy.