



Czy aparaty USG należy testować? Doświadczenia własne

Should carry out quality assurance on ultrasound imaging devices? Own experiences

Tomasz Kraśnicki, Elżbieta Pater, Roksana Pływaczyk, Katarzyna Gatecka, Wojciech Witkiewicz

Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, Zespół Fizyków Medycznych, ul. Kamieńskiego 73a, 50-442 Wrocław,
tel. +48 697 23 76 82, +48 600 35 81 63, +48 609 93 44 25, e-mail: epater@wp.pl

Wprowadzenie

Każde działanie medyczne, od którego zależy zdrowia i życie pacjenta wymaga użycia sprawnego, sprawdzonego wyposażenia. Obrazowanie medyczne, od prawidłowości wykonania którego zależy trafność diagnozy (radiologia diagnostyczna) lub efekt terapeutyczny działania nadzorowanego obrazem (radiologia zabiegowa), jest dziedziną, która w sposób szczególny wykorzystuje środki techniczne.

Procedurę obrazowania można podzielić na cztery wyraźne etapy: akwizycja obrazu, przesyłanie, prezentacja oraz jego archiwizacja. Na ostateczny efekt znaczący wpływ ma każdy z tych

etapów, a skutków działania najstabszego ogniwa nie da się w żaden sposób nadrobić czy poprawić.

Obraz medyczny musi zawierać wystarczającą ilość informacji klinicznych oraz być powtarzalny, porównywalny i prawidłowo interpretowany, ponadto musi być przekazywany, archiwizowany i prezentowany bez utraty informacji. Aby to osiągnąć, wyposażenie używane na każdym ze wspomnianych etapów musi być właściwie dobrane i sprawne. I tu rola fizyka i inżyniera medycznego jest nie do podważenia.

Dobór i nadzór nad wyposażeniem powinien opierać się na jednolitych zasadach, niezależnie od nośnika informacji. Czy będzie to fala dźwiękowa (USG), czy elektromagnetyczna od

346

Streszczenie

Pierwsze próby wprowadzenia kontroli jakości w ultrasonografii zostały podjęte na początku lat 90. Od tego czasu wiele krajów (USA, Unia Europejska) wdraża przepisy i zalecenia dotyczące przeprowadzania kontroli jakości w tej dziedzinie. Do tej pory bardzo niewiele państw nie prowadzi kontroli jakości obrazowania w ultrasonografii. Jednym z nich jest Polska.

W artykule opisano propozycję testów kontroli jakości obrazowania USG, które powinny zostać wdrożone w Polsce. Podczas opracowania protokołów testowych posłkowaliśmy się wytycznymi AAPM oraz zaleceniami europejskimi. Testy kontroli jakości USG bazują na doświadczeniu własnym w przeprowadzeniu kontroli jakości obrazowania 53 urządzeń USG. Pomiary przeprowadzono za pomocą dwóch fantomów: CIRS 054GS oraz IBA (Gammex 403 GS LE). Tolerancję pomiarów zaczerpnięto z instrukcji i opisów fantomów oraz zaleceń europejskich i AAPM.

Słowa kluczowe: testy kontroli jakości, obrazowanie ultradźwiękowe, fantomy ultradźwiękowe, ocena jakości obrazowania, sprawdzanie obrazu, aparaty USG

First attempt at quality assurance in ultrasound imaging was introduced in the early 90's. From then many countries (US, EU) implement regulations and recommendations for conducting quality assurance control tests in this field. Currently there are very few countries which have not established QA in ultrasound imaging. One of these countries is Poland.

This article describes a proposal of quality control tests of ultrasound imaging that should be implemented in Poland. In the development of the test protocol, we followed AAPM and European recommendations. The quality control tests are based on our own experience in testing 53 ultrasound devices. Measurements were conducted using two different Ultrasound QA phantoms: CIRS 054GS and IBA (Gammex 403 GS LE). Tolerances for measurement parameters were taken from phantom instructions and descriptions and from the AAPM and EU recommendations.

Key words: quality assurance (testing), ultrasound imaging, ultrasound phantoms, image quality assessment, image check, ultrasound device

Abstract

otrzymano / received:

06.10.2020

poprawiono / corrected:

19.10.2020

zaakceptowano / accepted:

30.10.2020



radiowej (MRI), poprzez mikrofale, światło (podczerwień – termografia, widzialne endoskopia, nadfiolet – bioluminescencja, a w całym zakresie lasery) po jonizujące, czy jakkolwiek inny sygnał obrazowy – wykorzystywany sprzęt musi być adekwatny do potrzeb klinicznych i sprawdzany dwutorowo.

Fizycy i inżynierowie powinni wykonywać zaawansowane testy dające obiektywne wyniki, a bezpośredni użytkownicy powinni na bieżąco kontrolować stabilność i powtarzalność pracy wyposażenia. W przepisach z delegacji ustawy Prawo Atomowe testy dzielą się na specjalistyczne i podstawowe. To ogólny podział stosowany na całym świecie przy kontroli funkcjonowania urządzeń technicznych. Podstawowe, regulowane międzynarodowymi normami, nazywane są „constancy check”, czyli właśnie sprawdzanie stabilności pracy. W narzędziach do obrazowania polegają one na podstawowej zasadzie: ten sam obiekt, w tym samym ustawieniu i w tych samych warunkach ma dać taki sam obraz. Takie działania, bardzo proste, acz skuteczne, powinni wykonywać bezpośredni użytkownicy, bo nikt, jak oni nie jest w stanie dostrzec zmian w uzyskiwanych obrazach.

Zrozumienie i stosowanie wspomnianych powyżej zasad postępowania jest dość powszechne w większości cywilizowanego świata. Należy bowiem do tak zwanej dobrej praktyki. Wszelkie działania zmierzające do wprowadzenia tych zwyczajów do naszej codziennej rzeczywistości są niezwykle cenne. Pokazywanie korzyści dla pacjenta, właściciela aparatury do obrazowania oraz personelu wykonującego procedury, płynących z właściwego nadzoru nad wyposażeniem przybliża czas, gdy takie praktyki staną się codziennością.

Ten wstęp w całej rozciągłości dotyczy również ultrasonografii, o której mówi niniejszy artykuł, ukazujący ewidentną potrzebę wdrożenia nadzoru nad wyposażeniem diagnostycznym.

mgr inż. Ryszard Kowski, Przewodniczący Sekcji ds. Techniki i Legislacji PLTR, wykładowca CMKP

Wstęp

Urządzenia diagnostyczne wykorzystujące promieniowanie jonizujące są poddawane okresowym testom kontroli jakości. Niestety w Polsce w przypadku aparatów takich jak rezonans magnetyczny czy ultrasonograf podejście do kontroli jakości obrazowania nie jest ugruntowane prawnie. Stąd też panuje powszechne przekonanie, że nie ma potrzeby przeprowadzania testów kontroli jakości QC (z ang. *quality assurance*) dla tych urządzeń diagnostycznych. Co ciekawe, kontrola jakości aparatury USG rozpoczęła się w Stanach Zjednoczonych Ameryki już w latach 90., do zachodniej Europy trafiła nieco później – po 2000 r. Obecnie w Polsce są to nieśmiałe początki i bardzo często spotykamy się z pytaniami o konieczność takich działań.

Za brakiem potrzeby kontroli ultrasonografów przemawia przede wszystkim przeświadczenie o ich niezawodności oraz niskiej awaryjności. Do innych argumentów wysuwanych przez pracowników kontroli jakości obrazowania w USG należą 3 kwestie:

- aparaty te przechodzą okresowe kontrole serwisowe, tzw. przeglądy i ewentualne niezgodności są wtedy eliminowane;

- lekarz pracujący na aparacie przeważnie szybko orientuje się w jakości obrazu i łatwo może zauważyć ewentualne nieprawidłowości;
- nie ma umocowania prawnego dla takich działań, np. rozporządzenia.

Pierwsze dwa argumenty łatwo można obalić, analizując sytuację w przykładowej jednostce medycznej. Bez względu na to, czy urządzenie diagnostyczne jest objęte gwarancją, czy umową serwisową, powinno być okresowo sprawdzane niezależnie od serwisu lub firmy zewnętrznej powiązanej z producentem aparatury. Jednak to właśnie testy kontroli jakości obrazowania, przeprowadzone przez osoby niezwiązane ze stroną producenta, a jedynie z użytkownikiem mogą pozwolić zweryfikować, czy aparat USG działa poprawnie oraz czy działania serwisowe, tj. naprawy/przeglądy, są wykonywane prawidłowo.

Użytkownik-lekarz faktycznie jest w stanie wykryć nieprawidłowości w obrazowaniu podczas swojej pracy. Jednakże w rzeczywistości zgłaszanie awarii USG następuje dopiero w momencie wykrycia **znacznych** artefaktów, widocznych na obrazie, kiedy istniejące od jakiegoś czasu artefakty pogłębiają się i uniemożliwiają prawidłową ocenę diagnostyczną lub co gorsza, w przypadku niemożności pracy na urządzeniu np. z powodu trwałego uszkodzenia głowicy. To z kolei naraża jednostkę medyczną na niepotrzebne koszty serwisowe, jak również czasowe wyłączenie urządzenia z pracy.

Na ultrasonografach nie zawsze pracują osoby, które znają dogłębnie użytkowanie aparatu od podstaw. Zdarza się, że szkolenie personelu w zakresie obsługi nie jest przeprowadzane regularnie, co przekłada się na brak wiedzy o tym, co może stanowić artefakt na oglądanym obrazie, a co nie. W niniejszym artykule zostaną przytoczone również przypadki uszkodzeń mechanicznych ultrasonografów, które nie zostały zgłoszone jako awaria, choć mogły mieć wpływ na diagnostyczność badań pacjentów.

Kolejnym powodem przemawiającym na korzyść przeprowadzania okresowych testów QC w ultrasonografii jest możliwość wykrycia nieprawidłowości w otrzymywanym obrazie zanim wpłyną one na badanie konkretnego pacjenta, np. gdy artefakty będą zastaniały 1/3 obrazu. Ponadto, gdy występuje podejrzenie wady w działaniu sprzętu, testy mogą pomóc w **lokalizacji źródła** nieprawidłowości.

Zarys testów

QA (ang. *quality assurance*) – czyli program zapewnienia jakości obejmuje między innymi: testy kontroli jakości, konserwację i kalibrację sprzętu, kształcenie personelu z zakresu obsługi aparatu, pisanie specyfikacji ofertowych, testy akceptacyjne i odbiorcze nowego urządzenia.

O ile za kalibrację i konserwację sprzętu odpowiada zespół inżynierów ds. aparatury, to testy kontroli jakości aparatów ultrasonograficznych mogą być wykonywane przez fizyka medycznego lub pod nadzorem specjalisty fizyka medycznego.



Testy kontroli jakości wykonywane są przy pomocy odpowiednich fantomów. Na świecie produkuje się wiele rodzajów fantomów do testowania aparatury USG. Rozróżniamy:

- fantomy przeznaczenia ogólnego, tzw. B-mode
 - służą do testowania aparatów wykorzystywanych do ogólnych badań ultrasonograficznych;
- specjalistyczne fantomy dedykowane wykorzystywane do oceny jakości w:
 - brachyterapii prostaty;
 - badaniach piersi;
 - badaniach trójwymiarowych;
 - radioterapii;
 - badaniach dopplerowskich;
 - elastometrii;
- fantomy treningowe i demonstracyjne służące do:
 - treningu koordynacji oko-ręka;
 - nauki podstawowych technik skanowania;
 - demonstracji działania poszczególnych podzespołów aparatu;
 - nauki podstawowego działania USG.

Wyżej wymienione fantomy są produkowane przez wiele firm, głównie na zachodzie Europy oraz w Ameryce Północnej. Do głównych firm w tej branży możemy zaliczyć CIRS, Gammex, iBA, Pure Imaging Phantoms, ATS oraz Erlar Zimmer.

Metodyka pomiarowa

W niniejszym artykule zaprezentowano testy wykonane dla 53 aparatów USG, przeprowadzone na podstawie norm i wytycznych europejskich oraz amerykańskich. Poruszony zostanie

temat uszkodzeń mechanicznych aparatu i jego komponentów, a także temat artefaktów występujących w samym obrazie. Dyskusji zostaną poddane również warunki pomiarowe, mogące mieć wpływ na otrzymywany wynik testów podstawowych.

Podczas wykonywania testów podstawowych aparatów ultrasonograficznych korzystano z dwóch fantomów: fantom iBA Gammex 403GS [4] oraz fantom CIRS 040GSE [5]. Testy wykonywano na podstawowych nastawach (tzw. presetach) każdej z głowic stosowanych przez użytkownika do badań w danej pracowni.

Jedynymi parametrami, które zmieniano w celu przeprowadzenia wybranych testów były:

- **głębokość (depth)** – funkcja, która służy do dopasowania pola widzenia aparatu do położenia obszaru zainteresowania,
- **powiększenie obrazu (zoom)** – funkcja umożliwiająca wybranie konkretnego obszaru i jego powiększenie,
- **wzmocnienie (gain)** – funkcja pozwala na wzmocnienie sygnału dla całego badanego obszaru obrazu ultrasonograficznego [6],
- **ognisko (focus)** – funkcja umożliwiająca zogniskowanie fal akustycznych na wybranej głębokości.

Po wykonaniu całości testów na konkretnym ultrasonografie, wszystkie wprowadzone zmiany w presetach (ustawieniach użytkownika) były resetowane i przywracane do stanu sprzed rozpoczęcia pomiarów. Aparat oddawano do rąk użytkownika po wcześniejszym zgłoszeniu ewentualnych wykrytych problemów czy nieprawidłowości.

Testy wykonywano na dwóch typach głowic: liniowych (linear) oraz konweksowych (convex). Fantomy, na których wykonywano testy, były zaprojektowane do właśnie takich typów głowic.

Tabela 1 Tabela zawierająca wyniki pomiarów aparatów USG, wykonanych za pomocą fantomu IBA

Fantom IBA

Lp.	Badany parametr	Wartość dopuszczalna	Oddział/Zakład	Pracownia USG, DOŁ	Pracownia USG Piersi.	Pracownia Endosk.	Oddział Urologiczny
			Data Badania	2018-10-26	2018-01-08	2018-11-28	2018-11-30
			Numer badania	1	2	3	4
			Aparat (firma)	Firma 7	Firma 7	Firma 5	Firma 4
			Aparat (model)	Aparat 16	Aparat 17	Aparat 18	Aparat 7
			Data produkcji	2017	2009	2011	2013
			SONDA	14L5	PLT505AT		
			Data produkcji głowicy	2017			
3.	Ocena wzrokowa i funkcjonalna aparatu ultrasonograficznego	Prawidłowe i nieszkodzone komponenty zestawu. Aparat i głowice czyste i schludne, monitor(y) niezabrudzone.			uszkodzenie obudowy wokół piezoelektryka (2 pęknięcia), brudne przełączniki, kurz i wypalcowania	Przesunięcie czasu względem czasu rzeczywistego (o 1h)	Przesunięcie czasu o 48 minut
4.	Pomiar odległości pionowych	Pomiar referencyjny, nominalnie 20 mm	Liczba widocznych obiektów pionowych	4	4	8	8
			Głębokość penetracji (monitor)	88	80	160	160
			odległość 1-2	20,2	19,7	21	20,7
			odległość 2-3	20,1	19,7	19	19,3
			odległość 3-4	20,7	20,3	19	19,7
			odległość 4-5	19,7		21	19,8
			odległość 5-6			20	19,7
			odległość 6-7			20	19,4
odległość 7-8			20	20,8			
5.	Martwa strefa	Pomiar referencyjny	Liczba obiektów	4	4	4	3
			Głębokość martwej strefy	1	1	1	2
6.	Rozdzielczość osiowa	Pomiar referencyjny (głębokość 30mm) [mm]	1	1	1	1	
		Pomiar referencyjny (głębokość 80mm) [mm]	1		1	2	
		Pomiar referencyjny (głębokość 100mm) [mm]			2		

Źródło: Opracowanie własne. Cała tabela dostępna na: https://www.inzynier-medyczny.pl/wp-content/uploads/2020/11/Fantom_IBA.jpg



Tabela 2 Tabela zawierająca wyniki pomiarów aparatów USG, wykonanych za pomocą fantomu CIRS

Fantom CIRS

Lp.	Test	Badany element	Wartość dopuszczalna / tolerancja	Oddział:		Oddział Nefrologiczny		Oddział Nefrologiczny				
				Data badania		2019-12-11		2019-11-15		2019-11-15		
				Numer badania		1		2		3		
				Aparat (firma)		Firma 1		Firma 2		Firma 2		
				Aparat (model)		Aparat 1		Aparat 2		Aparat 3		
				Data produkcji		2012		2000		2006		
				SONDA - typ		liniowa	convex	Convex		Convex	Płaska krótka	Płaska długa
				Numery sondy (numery seryjne / typ)		L12-3	C5-1			CH6-2	VF7-3	VFX-13-5
Data produkcji głowicy												
1	Ocena wzrokowa i funkcjonalna aparatu ultrasonograficznego					Uszkodzenia obudowy, pęknięcia, brudny pulpit, uszkodzony układ jezdny	Uszkodzone kable, wytarte uchwyty, uszkodzona pokrętło "M",					
1a	Ocena wzrokowa i funkcjonalna głowic ultrasonograficznych					Uszkodzony kabel przy głowicy, odbarwienia gumy przy głowicy	Wytarta głowica VF7-3					
2	Martwa strefa	Ilość elementów przy martwej strefie	6	6	6	6	6	6	6			
3	Pomiar odległości pionowych 20mm	liczba widocznych elementów		5	8	8	8	7	3			
		Głębokość penetracji		16	15	16	17	16	6			
		odległość 1-2	2	18,9	18,9	19,6	18,9	19,3	19,3			
		odległość 2-3	2	19,4	19,7	20,2	19,2	19,7	19,5			
		odległość 3-4	2		20	20,5	20,1	20				
		odległość 4-5	2		20,8	20,5	20,1	20,6				
		odległość 5-6	2		19,7	20,5	20,4	20				
		odległość 6-7	2		20,8	18,8	19,8	20,5				
odległość 7-8	2		19,6	20	20,7							

Źródło: Opracowanie własne. Cała tabela dostępna na: https://www.inzynier-medyczny.pl/wp-content/uploads/2020/11/Fantom_CIRS-scaled.jpg

Tabela 3 Podsumowanie wyników pomiarów wykonanych za pomocą fantomów CIRS i IBA

	Ilość aparatów	Ilość głowic	IBA CIRS Łącznie			Procentowo Ilość niezgodności
			15	18	33	
1						53
1a						24
2	5	5	5	5	5	10
3						0
4			6	6	6	12
5			4	4	4	8
6			10	10	10	20
7			7	14	21	41
8			16	16	16	31

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie tabeli

Jak można zauważyć w powyższej tabeli, ponad połowa aparatów badanych w jednostce wykazywała niezgodności podczas oceny wzrokowej i funkcjonalnej ultrasonografu. Niemal ¼ badanych głowic ultrasonograficznych, zarówno liniowych, jak i konweksowych posiadała nieprawidłowości mogące mieć znaczny wpływ na jakość otrzymywanego obrazu.

Większość aparatów ultrasonograficznych poddanych testom wykazywała nieprawidłowości wymienione poniżej:

- uszkodzenie obudowy aparatu,
- uszkodzenie obudowy głowicy,
- zarysowania powierzchni detekcyjnej głowicy,
- zabrudzenia aparatu: warstwa kurzu, zaschnięty żel do USG, zaschnięte płyny nieznanego pochodzenia, tłuste zacieki na monitorze i panelu sterowania,
- ślady po odciskach palców na monitorze oraz dotykowym panelu sterowania.

Nieprawidłowości wynikające z zarysowań lub wystąpienia nieciągłości w obudowie głowicy czy też powierzchni detekcyjnej (przez producentów nazywanej soczewką detekcyjną) mogą narażać personel oraz pacjenta na wystąpienie tzw. zakażeń krzyżowych. Zgodnie z ostrzeżeniami producentów, głowice posiadające pęknięcia, otarcia lub rozdarcia mogą stanowić siedlisko zanieczyszczeń, jak również prowadzić do uszkodzenia stosowanych wraz z nimi osłon zabezpieczających [7, 8].

Niektóre z badanych urządzeń USG utrudniały pracę użytkownika, ponieważ częściowo lub całkowicie pozbawione były oznaczeń opisujących rolę przycisków i pokręteł sterujących. To oznacza, że w przypadku nowego użytkownika nie byłoby możliwości pracy bez wcześniejszego przeszkolenia lub znajomości lokalizacji poszczególnych przycisków i pokręteł.



Rys. 1 Uszkodzenie mechanizmu jezdnego aparatu USG
Źródło: Archiwum własne.



Rys. 2 Zabrudzenia i przetarcia panelu sterowania
Źródło: Archiwum własne.

Podczas pomiarów zaobserwowano, że niektóre z ultrasonografów, zwłaszcza te zakupione przed rokiem 2015, nie uruchamiały się od razu, a ich rozruch mógł trwać wręcz kilka minut. Z informacji uzyskanych od użytkowników, w związku z powolnym rozruchem, aparaty te były uruchomione cały czas lub były przetaczane do trybu tzw. „uśpienia”, ze względu na długi proces włączania, uciążliwy dla użytkownika w codziennej pracy. „Uśpienie” aparatu faktycznie przyspiesza przywrócenie gotowości do ponownego użycia, jednak może powodować w dłuższej perspektywie negatywne skutki, jak np. skrócenie przydatności/żywołności aparatu ze względu na nagrzewanie się elementów elektronicznych.



Rys. 3 Uszkodzenie przewodu głowicy USG
Źródło: Archiwum własne.

Podczas testów zauważono też, że niektóre aparaty pracowały, wydobywając z siebie uciążliwe dla użytkownika dźwięki. Urządzenia te były głośne, wydawały monotony szum, buczenie oraz piski. Może to znacząco utrudniać skupienie lekarza i innych osób pracujących z urządzeniem oraz powodować dyskomfort pacjenta.

W jednym z aparatów wykazano uszkodzenie drukarki, które natychmiast zgłoszono do odpowiednich organów szpitalnych. Personel nie zgłaszał wcześniej problemów z drukowaniem, ponieważ drukarka była nieużywana. Lekarzom wystarczył jedynie obraz na monitorze poglądowym.

W kilku przypadkach z badanych 53 aparatów wykazano niezgodność wyświetlanej godziny na monitorze poglądowym z czasem rzeczywistym.



Rys. 4 Pęknięcia obudowy głowicy. Pęknięcia mogą doprowadzić do zasychania żelu w szczelinach, co prowadzi do dalszego rozsądzania plastikowej obudowy i w rezultacie zniszczenia głowicy
Źródło: Archiwum własne.

Praktycznie każdy aparat posiadał ślady użytkowania w postaci rys, przetarć lub przebarwień. W niektórych przypadkach ślady te były znaczne. Na głowicach, na których wykazano mechaniczne uszkodzenia powierzchni, zaobserwowano obecność artefaktów na obrazie. Poniżej opisano kilka przykładów wspomnianych artefaktów:

- a) W przypadku aparatu nr 7, testowanego na fantomie CIRS, zaobserwowano cień widoczny na każdym z obserwowanych obrazów. Testom poddana była głowica typu convex. Artefakty widoczne na obrazie pochodziły najprawdopodobniej od uszkodzonego kryształu piezoelektrycznego.
- b) Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku aparatu nr 3, testowanego również na fantomie CIRS. Podczas testów obu głowic płaskich zaobserwowano artefakty w postaci cieni, które mogą sugerować uszkodzenia kryształów piezoelektrycznych. Takie artefakty powiązane są z mechanicznymi uszkodzeniami kryształu np. w wyniku upadku.
- c) Głowice płaskie w aparacie nr 8 oraz 13 testowane na fantomie CIRS wykazywały znaczne echo utrudniające pomiar wzrokowy. Ponadto w przypadku aparatu nr 13 wystąpiła martwa strefa o bardzo dużej powierzchni w stosunku do rejestrowanego obszaru. Niestety, miało to bardzo negatywny wpływ na wyniki pomiarów testowych.

Artefakty w ultrasonografii opisano w kilku publikacjach angielskich [9-12], również w języku polskim [13, 14]. Jak zauważono w artykułach: „Artefakty w ultrasonografii” [13] oraz „Błędy i pomyłki w diagnostyce ultrasonograficznej układu mięśniowo-szkieletowego – przyczyny i sposoby ich unikania” [14], artefakty w ultrasonografii klinicznej niekoniecznie mogą świadczyć o nieprawidłowościach związanych z działaniem aparatu. W publikacjach tych cienie akustyczne oraz echa należą do tzw. grupy artefaktów korzystnych, pozwalających pewniej postawić diagnozę.

Należy jednak pamiętać, że fantom nie jest tak złożoną strukturą jak ciało człowieka. Ponadto artefakty, które wystąpiły podczas testów opisanych w publikacji, znacznie utrudniały lub nawet uniemożliwiały odczytanie obrazu na monitorze poglądowym. Zaciemnione pola w postaci pionowych, ciemnych pasów widocznych na całej długości obrazu wynikały z uszkodzenia kryształów piezoelektrycznych. Te z kolei powstają jako efekt uszkodzenia mechanicznego kryształów. Jest to najczęstsza przyczyna wezwania serwisu do ultrasonografów.

Podobnie jak wszystkie aparaty i podzespoły urządzeń medycznych, również głowice do USG powinny być użytkowane oraz przechowywane w odpowiedni sposób. Zwykle większość algorytmów postępowania związanego z działaniem głowic oraz ich właściwym składowaniem opisana jest w instrukcji obsługi ultrasonografu dołączonej podczas jego dostarczenia przez producenta. Bardzo często zalecenia można znaleźć również na stronie internetowej [7, 8].

Większość firm dostarczających aparaty ultrasonograficzne odradza użytkowanie głowic ultrasonograficznych posiadających jakiegokolwiek nieprawidłowości. Mogą one wynikać nie tylko z wystąpienia artefaktów na widocznym obrazie na monitorze poglądowym, ale również pochodzą od uszkodzeń, pęknięć obudowy lub tzw. soczewki akustycznej. Głowica posiadająca wyraźne pęknięcia może być narażona na wniknięcie do jej wnętrza zanieczyszczeń lub płynów, np. żelu do USG, który wysychając, powoduje w konsekwencji uszkodzenie głowicy lub porażenie elektryczne użytkownika [8].



Rys. 5 Przetarcia na rogach soczewki głowicy USG
Źródło: Archiwum własne.

Warunki pomiarowe

Podczas testów wykonywanych w jednostce sprawdzano również warunki pracy każdego z ultrasonografów. W większości przypadków urządzenia te przechowywano w trybie uśpienia w jasnych pomieszczeniach. Aparaty USG ulokowane były najczęściej naprzeciwko lub obok okna. Tylko w niektórych przypadkach ultrasonograf znajdował się w pomieszczeniu z ciemnymi ścianami, odpowiednio wygłuszonym oraz z dostępem do klimatyzacji.

Producenci wyraźnie nie zalecają podczas pracy z aparatem USG, aby długotrwale był narażony na działanie promieni słonecznych lub silne promieniowanie UV oraz wysokie temperatury [7, 8].

W przypadku kilku ultrasonografów głowice przetrzymywane były w sposób nieprawidłowy – rzucone w szufladzie aparatu, bez zabezpieczenia powierzchni detekcyjnej czy kabli. Większość głowic posiadała mniejsze zarysowania na obudowie. Tylko w kilku przypadkach na kablach głowic umieszczona była folia ochronna.

Podsumowanie i wnioski

Testy fantomowe aparatów USG są znane i wykonywane na całym świecie. Opisane są one w dokumentach AAPM w latach 90. ubiegłego stulecia. Należy się spodziewać, że w niedalekiej przyszłości i w Polsce takie zalecenia się ukażą, bo zbliża się wielkimi krokami kontrola obrazowania nie tylko związanego z promieniowaniem jonizującym.

Należałoby się zastanowić, z jaką częstotliwością wykonywać sprawdzenie ogólne aparatu – brak pęknięć głowic, uszkodzeń klawiatury, trackballa, uszkodzeń przycisków i pokręteł, braku oporów przy pokręcaniu gałkami, wytarte napisy na pulpicie, uszkodzenia kabli i wtyczek, brak oporu podczas przesuwu urządzenia, wymiana filtrów przeciwpyłowych.

Potrzebne jest również ustalenie częstotliwości testów fantomowych, takich jak: martwa strefa, odległości pionowe




i poziome rozdzielczości pionowa i pozioma, głębokości penetracji, ale również sprawdzenie krzywej DICOM monitora, jak również sprawdzenie stałości OD na wydrukach.

W raporcie Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures Report of AAPM Ultrasound Task Group No. 1 AAPM z 1998 [12] Amerykanie proponowali termin 3-miesięczny dla sprawdzeń ogólnych aparatu i termin 6-miesięczny dla pomiarów fantomowych. Z kolei w publikacji: Routine Quality Assurance for Diagnostic Ultrasound Equipment, AIUM, 2008 [16] sugerowano obowiązkowe roczne testy jakości obrazowania oraz codzienną kontrolę stanu aparatury (pokręta, sprawdzanie mechanicznych uszkodzeń, sprawdzanie wydruków, kontrolę jasności, kontrastu etc.).

Należałoby się też zastanowić nad przyjęciem odpowiednich tolerancji dla wyników poszczególnych testów. Można to zrobić na podstawie publikacji europejskich, jak i amerykańskich. Wypadałoby jeszcze rozważyć testy wstępne (odbiorcze) po instalacji nowego aparatu, które traktowane byłyby jako testy sprawdzające i referencyjne dla aparatu (w historii swoich pomiarów mieliśmy przypadki uszkodzonych głowic w całkowicie nowych aparatach, były one widoczne na fantomie, natomiast słabo widoczne w badaniu). Testy takie są ważne, można bowiem odnosząc się do ich wyników, ocenić degradację obrazu, jego jakości i stałości w czasie. Otwiera się jeszcze jedno pole działań w diagnostyce dla fizyków i inżynierów medycznych, biorąc pod uwagę aparaturę związaną z promieniowaniem jonizującym.

Zastanawiamy się nad propozycją dyskusji między zespołami fizyków i lekarzy dotyczącej wprowadzenia tolerancji adekwatnych do aktualnych zasobów sprzętowych jednostek medycznych.

Proponujemy, aby w ramach zakupu aparatu USG rozważyć włączenie do przetargu (zakupu) odpowiedniego fantomu, który zawiera funkcje takie jak: możliwość pomiaru głębokości, powiększenia obrazu, wzmocnienia i ogniska. 

Literatura

1. <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=64>.
2. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1118/1.598404>.
3. <https://www.aapm.org/meetings/amos2/pdf/49-14379-35435-483.pdf>.
4. https://biomedequip.com/index.php?route=product/product&product_id=133.
5. <https://www.cirsinc.com/products/ultrasound/zerdine-hydrogel/multi-purpose-multi-tisse-ultrasound-phantom/>.
6. A. Lewicki, W. Jakubowski: *Aparaturowe podstawy badania ultrasonograficznego w skali szarości*, Przegląd Urologiczny, 6, 2016, <http://www.przegląd-urologiczny.pl/artykul.php?2727>.
7. <https://www.philips.com/c-dam/b2bhc/master/whitepapers/ultrasound-care-and-cleaning/care-and-cleaning-manuals/CC-PL.pdf>.
8. http://www3.gehealthcare.pl/en/produkty/kategorie/ultrasonografia/glowice_ultrasonograficzne.

9. F.W. Kremkau, K.J.W. Taylor: *Artifacts in Ultrasound Imaging*, J. Ultrasound Med., 1986, 227-237, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.7863/jum.1986.5.4.227>.
10. <https://radiopaedia.org/articles/ultrasound-artifacts-3>.
11. M.K. Feldman, S. Katyal, M.S. Blackwood: *US Artifacts*, RadioGraphics, 2009, 1179-1189, https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.294085199?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3A-crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed&.
12. M. Baad, Z. Feng Lu, I. Reiser, D. Paushter: *Clinical Significance of US Artifacts*, RadioGraphics, 2011, str. 1408-1423, https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.2011160175?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed.
13. M. Jędrzejewska, B. Węckowski, P. Jankowski: *Artefakty w ultrasonografii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 4(6), 2015, 46-50, <http://inzynier-medyczny.pl/iim/6.2015/files/assets/basic-html/index.html#47>.
14. M. Serafin-Król, A. Maliborski: *Błędy i pomyłki w diagnostyce ultrasonograficznej układu mięśniowo-szkieletowego – przyczyny i sposoby ich unikania*, J Ultrason, 2017, 188-196, http://julterson.pl/uploads/dm_artykuly/ultrasonography_70_serafin_v2.pdf.
15. M.M. Goodsitt, P.L. Carson, S. Witt, D.L. Hykes, J.M. Kofler: *Real Time B-mode ultrasound quality control test procedures Report of AAPM Ultrasound Task Group No. 1 AAPM z 1998*.
16. E.J. Boote, F. Forsberg, B.S. Garra, K.J. Ophir, J. Zagzebski: *Routine Quality Assurance for Diagnostic Ultrasound Equipment*, AIUM, 2008.

reklama

SZKOLENIA SPECJALISTYCZNE IOR, ORP, OA



Inspektor Ochrony Radiologicznej

w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie
w celach medycznych, szkolenia typu: R, S

Ochrona Radiologiczna Pacjenta LR, LMN, LRZ, LIX, LST, FT, PMN, LRT

Operator Akceleratora typu A-A i S-A

Copyright © LADIS

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. H. Niewodniczańskiego PAN

ul. Radzikowskiego 152 tel.: 12 662 84 57
31-342 Kraków 12 662 83 32
e-mail: szkolenia@ifj.edu.pl fax: 12 662 81 58

