



(Brak) kontroli jakości urządzeń ultrasonograficznych

(Lack of) quality control of ultrasound devices

Monika Jędrzejewska¹, Bartosz Węcowski¹, Piotr Jankowski²

¹ ATS Analizy Testy Szkolenia Sp. z o.o., ul. Przemysłowa 7, 63-600 Kępno, tel. +48 602 303 517, e-mail: mjedrzejewska@icloud.com

² Katowickie Centrum Onkologii, ul. Raciborska 26, 40-074 Katowice

Wprowadzenie

O potrzebie kontroli urządzeń ultrasonograficznych wiadomo od dawna. Pierwsze doniesienia naukowe na ten temat sięgają 1980 roku. W Polsce nadal nie ma żadnej podstawy prawnej, aby przeprowadzać kontrolę jakości urządzeń ultrasonograficznych oraz poszczególnych sond (jedynie kontrola jakości urządzenia stosowanego w brachyterapii jest umocowana prawnie).

American College of Radiology (ACR) i American Association of Physicists in Medicine (AAPM) oraz IPEM wypracowały schematy kontroli jakości sond oraz samych urządzeń ultrasonograficznych. Do kontroli jakości urządzenia ultrasonograficznego stosowana jest jedna stała sonda, aby zachować stałość oceny.

Przygotowanie protokołu pomiarowego, który mógłby zobrazować stałość i stabilność systemu pomiarowego, jest bardzo czasochłonną pracą. Problemy stanowią różnice technologiczne w ultrasonografach, a co za tym idzie – wypracowanie jednego wzoru postępowania dla wszystkich modalności urządzeń i sond jest trudne do zrealizowania. Po analizie literatury oraz różnych systemów obrazowania ultrasonograficznego, wykonaniu pierwszych pomiarów dla protokołu stworzonego na podstawie wytycznych American Association of Physicists in Medicine AAPM oraz American Institute of Ultrasound in

Medicine AIUM i Institute of Physics and Engineering in Medicine IPEM, wypracowany został protokół, który zawierał:

A. Dane aparatury

1. Numer identyfikacyjny aparatu (do tego numeru jest przyporządkowana karta urządzenia).
2. Nazwa producenta.
3. Model ultrasonografu.
4. Data produkcji.
5. Data rozpoczęcia eksploatacji.
6. Data ostatniego przeglądu.
7. Czy jest serwisowany.
8. Zakres stosowania klinicznego.

B. Część pomiarową dla każdej z głowic

W zależności od ilości głowic ultrasonografu, następujące punkty są kopiowane do każdej głowicy:

pomiary:

1. Rodzaj głowicy.
2. Częstotliwość.
3. Pomiar długości znanego przedmiotu, pomiar niezależnym np. pryzmiarem wstęgowym, suwmiarką.
4. Pomiar długości znanego przedmiotu oprogramowaniem producenta USG.

70 ↩

Streszczenie

Kontrola jakości aparatury ultrasonograficznej budzi wiele kontrowersji. W Polsce opiera się ona na błędnym założeniu, że ultrasonografia jest nieszkodliwa, nie powinna zatem podlegać takiej kontroli jak metody diagnostyczne bazujące na promieniowaniu jonizującym. Powyższe nie eliminuje jednak potrzeby prowadzenia testów kontroli jakości. Kryterium braku szkodliwości nie zmienia faktu, że nieprawidłowe funkcjonowanie systemu obrazowania może stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia pacjentów ze względu na błędną diagnozę.

W artykule zaproponowano schemat postępowania w zakresie oceny ultrasonografów, sond, protokołu pomiarowego oraz uzyskanych wyników i weryfikacji poprawności rejestracji obrazu.

Słowa kluczowe: ultrasonografia, kontrola jakości

The quality control of the ultrasound equipment is controversial. In Poland, it is based on the erroneous assumption that ultrasonography is harmless, therefore it should not be subject to such control as diagnostic methods based on ionizing radiation. However, the above does not eliminate the need to conduct quality control tests. The non-harmfulness criterion does not change the fact that improper functioning of the imaging system may pose a threat to the health and life of patients due to incorrect diagnosis.

The article proposes a procedure for the assessment of ultrasound scanners, probes, measurement protocol, the obtained results and verification of the correctness of image registration.

Key words: ultrasonography, quality control

Abstract

otrzymano / received:

06.01.2021

poprawiono / corrected:

27.01.2021

zaakceptowano / accepted:

02.02.2021



5. Pomiar długości poziomych za pomocą fantomu o długości 10 mm.
 6. Pomiar długości poziomych za pomocą fantomu o długości 20 mm.
 7. Pomiar długości pionowych za pomocą fantomu o długości 10 mm.
 - 7a. Ocena wzrokowa skali szarości, liczba stopni skali szarości na monitorze.
 - 7b. Ocena wzrokowa skali szarości, liczba stopni skali szarości na kopii trwałej.
 8. Papier do kopii trwałej.
 - 9a. Ocena wzrokowa głębokości penetracji, liczba obiektów widocznych na monitorze.
 - 9b. Ocena wzrokowa głębokości penetracji, liczba obiektów widocznych na kopii trwałej.
 10. Ocena wzrokowa martwej strefy, oceniana tylko na monitorze liczba obiektów pola bliskiego na monitorze.
 - 11a. Ocena wzrokowa kontrastu dla różnych stopni tłumienia – pomiar na monitorze.
 - 11b. Ocena wzrokowa kontrastu dla różnych stopni tłumienia – pomiar na kopii trwałej.
 - 12a. Ocena wzrokowa rozdzielczości osiowej – pomiar na monitorze.
 - 12b. Ocena wzrokowa rozdzielczości osiowej – pomiar na kopii trwałej.
 - 13a. Ocena wzrokowa rozdzielczości bocznej – pomiar na monitorze.
 - 13b. Ocena wzrokowa rozdzielczości bocznej – pomiar na kopii trwałej.
- C. Ocena monitorów:
1. Ocena zgodności geometrycznej.
 2. Ocena rozdzielczości.
 3. Ocena poprawności odwzorowania skali szarości.
 4. Ocena elementów niskokontrastowych – napisy QUALITY CONTROL.
 5. Ocena krzywej DICOM.

Prace rozpoczęto od wykonania części bazowej. Do pomiarów wykonano ewaluację protokołu pomiarowego dla 156 sond (1 sonda dla każdego z ultrasonografów – sonda najczęściej stosowana).

Celem podstawowym pracy jest ujednoczenie systemu pomiarowego dla urządzeń ultrasonograficznych w oparciu o metody pomiarowe dostępne w normach ISO, raportach Międzynarodowych Towarzystw Naukowych:

1. American Institute of Ultrasound in Medicine AIUM
2. American Association of Physicists in Medicine AAPM
3. Institute of Physics and Engineering in Medicine IPEM
4. Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (IEC)
5. Cancer Care Manitoba
6. American College of Radiology ACR

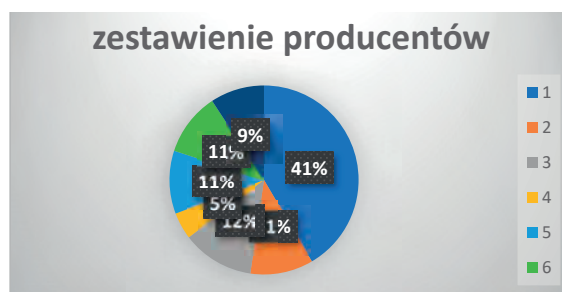
oraz wypracowanie odpowiednich metod pomiarowych/standardów, weryfikujących sprawność urządzenia ultrasonograficznego, które pozwolą na uzyskanie najwyższej jakości obrazów klinicznych.

Istotę prowadzenia kontroli jakości urządzeń ultrasonograficznych przedstawiliśmy już podczas Kongresu PTFM (Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej) w 2015 roku w sesji plakatowej. Przywołując jeszcze raz te wyniki, ukażemy, jak ewaluje nasza praca. Kontrola aparatów USG była wykonywana przez fizyków (doświadczenie w pomiarach długości oraz obsłudze różnych urządzeń zdobywali podczas spotkań z lekarzami, oraz wykonywać pod ich nadzorem pomiary). W przytoczonej publikacji podjęto próbę oceny ultrasonografów, sond, protokołu pomiarowego oraz uzyskanych wyników i weryfikacji poprawności rejestracji. Opracowana przez autorów metoda pomiarowa została wykorzystana do oceny 156 jednostek USG, które stanowiły część większego projektu. Pomiary wykonano w latach 2014-2015, które stanowią część projektu pomiarowego z lat 2012-2021.

Projekt ma na celu zobrazowanie potrzeby uregulowania sytuacji prawnej dotyczącej promieniowania niejonizującego zarówno urządzeń ultrasonograficznych, jak i rezonansu magnetycznego. Przedstawiono pomiary odległości pomiędzy dwoma obiektami testowymi znajdującymi się w fantomie CIRS 040GSE oraz fantomie niezależnym. Zostały one wykonane przez dwóch fizyków pod nadzorem lekarzy. Do oceny powyższego parametru wykorzystano kilka narzędzi programowych – oprogramowanie zainstalowane w aparacie USG, niezależne oprogramowanie ULTRAIQ (cyfrowy pomiar odległości) oraz oprogramowanie Image J (ostatnie dwa oprogramowania zastosowano dla ultrasonografów pracujących w standardzie DICOM). Wyniki zostały pogrupowane w zależności od typu sondy, częstotliwości, producenta aparatu ultrasonograficznego (nazwy producentów zostały zanonimizowane) oraz wieku aparatu USG. Wykonano pomiary dla 156 ultrasonografów, 12 producentów. Na rycinie 1 przedstawiono wyniki dla 90,76% wszystkich aparatów poddanych pomiarom.

Procentowy udział 6 głównych producentów aparatów USG poddanych pomiarom (Ryc. 1):

1. 41,54%
2. 10,77%
3. 12,30%
4. 4,61%
5. 10,77%
6. 10,77%



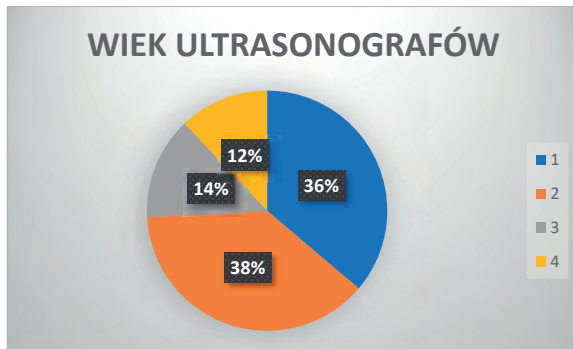
Ryc. 1 Procentowy udział 6 głównych producentów aparatów USG poddanych pomiarom, stanowiących 90,76% wszystkich badanych urządzeń
Źródło: Opracowanie własne.



7. Pozostałe 9,23% uwzględniło 6 kolejnych producentów, lecz nie były one brane pod uwagę ze względu na zbyt małą grupę reprezentatywną dla danego producenta.

Drugim parametrem charakteryzującym ultrasonografy była data produkcji danego urządzenia. Bazę pomiarową stanowiły ultrasonografy w wieku (Ryc. 2):

1. do 5 lat 36,21%
2. 6-10 lat 37,93 %
3. 11-15 lat 13,79%



Ryc. 2 Procentowy udział ultrasonografów objętych pomiarem uwzględniający datę produkcji aparatów

Źródło: Opracowanie własne.

4. Czwartą grupę stanowiły aparaty starsze niż 16 lat (najstarszy 19 lat).

W pomiarach fantomem niezależnym użyto od 3 do 4 głowic ultrasonografu. Wykonano pomiary w dwóch częstotliwościach.

Założenia:

1. Pomiar za pomocą fantomu niezależnego odległości poziomych; długość nominalna dla odległości poziomych: 15 mm. Odległości pionowych nie uwzględniono w badaniu.

2. Pomiar za pomocą fantomu CIRS odległości poziomych oraz pionowych; długość nominalna dla odległości poziomych: 10 mm oraz 20 mm, dla odległości pionowych: 10 mm. W publikacji przedstawiono tylko pomiar odległości poziomych dla 10 mm oraz pionowych dla 10 mm.
3. W związku z brakiem rozeznania działającej aparatury ultrasonograficznej na polskim rynku **założone zostało 10% odchylenia dla długości.**

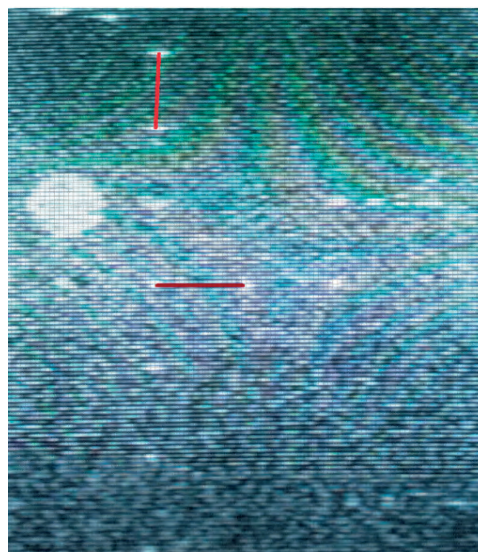
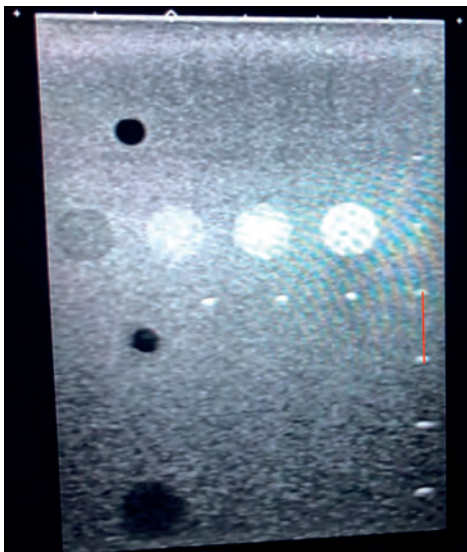
Pomiar odległości pionowych i poziomych:

1. Nominalna odległość pomiędzy obiektami [mm]
2. Odległość pomiędzy parą obiektów pionowych [mm] (ognisko położone na głębokości pierwszej grupy obiektów poziomych)
3. Odległość pomiędzy parą obiektów pionowych [mm] (ognisko położone na wysokości drugiej grupy obiektów poziomych)



Ryc. 3 Fantom CIRS

Źródło: Materiał własny.



Ryc. 4 Przykładowe zdjęcia z pomiarów dwóch różnych ultrasonografów dwóch różnych producentów

Źródło: Materiał własny.



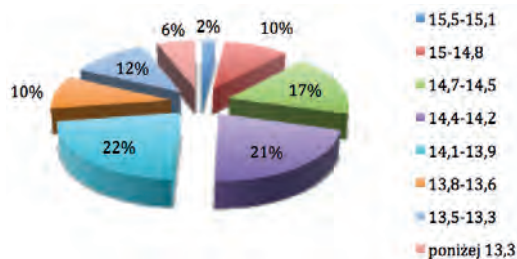
Wyniki pomiarów

W tabelach przedstawiono wyniki z zaznaczeniem kolorów: kolor czerwony – wyniki wykraczają poza dopuszczalne normy dla AAPM (*The American Association of Physicists in Medicine*), kolory żółte – przekroczenie dopuszczalnych dla IPEM norm (*Institute of Physics and Engineering in Medicine*). Jak wspomniano, w analizie badania uwzględniono 10% odchylenia dla długości.

Tabela 1 Wyniki pomiarów odległości poziomych (fantom niezależny) – obserwator/pomiarowiec nr 1

	długość	liczba ultrasonografów	procentowy udział ultrasonografów
	15,5-15,1	3	2,00%
pomiar 1 obserwator	15-14,8	15	10,00%
pomiary w [mm]	14,7-14,5	26	17,33%
	14,4-14,2	32	21,33%
	14,1-13,9	33	22,00%
	13,8-13,6	14	9,33%
	13,5-13,3	18	12,00%
	poniżej 13,3	9	6,00%

Źródło: Opracowanie własne.

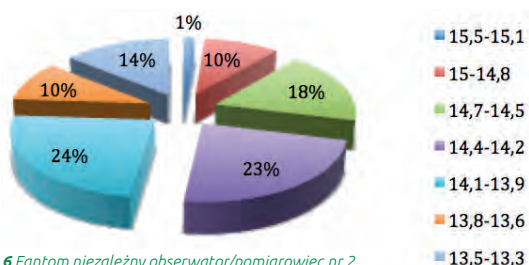


Ryc. 5 Fantom niezależny obserwator/pomiarowiec nr 1
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2 Wyniki pomiarów odległości poziomych (fantom niezależny) – obserwator/pomiarowiec nr 2

	długość	liczba ultrasonografów	procentowy udział ultrasonografów
	15,5-15,1	2	1,33%
pomiar 2 obserwator	15-14,8	14	9,33%
pomiary w [mm]	14,7-14,5	25	16,67%
	14,4-14,2	33	22,00%
	14,1-13,9	34	22,67%
	13,8-13,6	14	9,33%
	13,5-13,3	20	13,33%
	poniżej 13,3	8	5,33%

Źródło: Opracowanie własne.

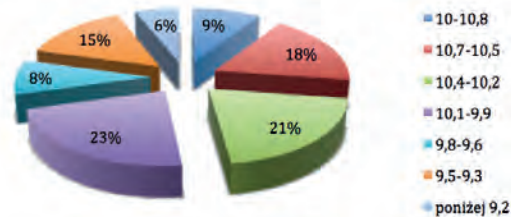


Ryc. 6 Fantom niezależny obserwator/pomiarowiec nr 2
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 3 Wyniki pomiarów odległości poziomych (fantom CIRS) – obserwator/pomiarowiec nr 1

Odległość pozioma 10 mm	długość	liczba ultrasonografów	procentowy udział ultrasonografów
pomiar 1 obserwator	11-10,8	14	9,33%
pomiary w [mm]	10,7-10,5	27	18,00%
	10,4-10,2	31	20,67%
	10,1-9,9	34	22,67%
	9,8-9,6	13	8,67%
	9,5-9,3	22	14,67%
	poniżej 9,2	9	6,00%

Źródło: Opracowanie własne.

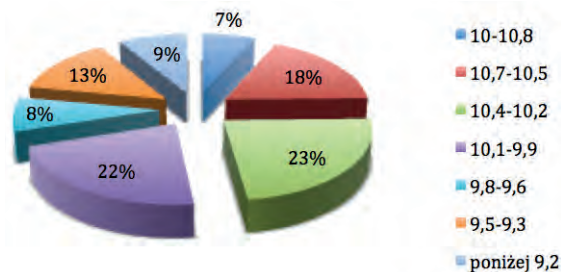


Ryc. 7 Fantom CIRS obserwator/pomiarowiec nr 1
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4 Wyniki pomiarów odległości poziomych (fantom CIRS) – obserwator/pomiarowiec nr 2

Odległość pozioma 10 mm	długość	liczba ultrasonografów	procentowy udział ultrasonografów
pomiar 2 obserwator	11-10,8	12	8,00%
pomiary w [mm]	10,7-10,5	25	16,67%
	10,4-10,2	35	23,33%
	10,1-9,9	36	24,00%
	9,8-9,6	10	6,67%
	9,5-9,3	20	13,33%
	poniżej 9,2	12	8,00%

Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 8 Fantom CIRS obserwator/pomiarowiec nr 2
Źródło: Opracowanie własne.

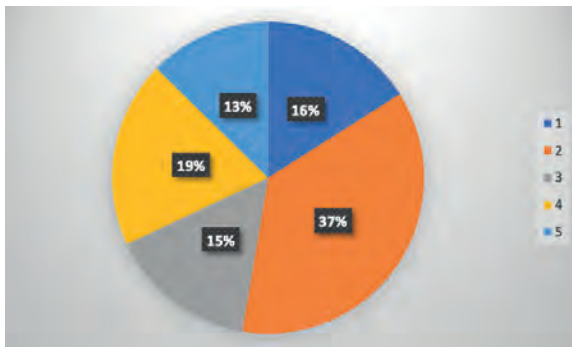
Tabela 5 Wyniki pomiarów odległości pionowych (fantom CIRS) – obserwator/pomiarowiec nr 1

odległość pionowa 10mm	długości	liczba ultrasonografów	procentowy udział ultrasonografów
pomiar 1 oberwator	11-10,5	24	16,00%
pomiary w mm	10,4-10,0	55	36,67%
	9,9-9,5	23	15,33%
	9,4-9,0	29	19,33%
	8,9-8,5	19	12,67%

Źródło: Opracowanie własne.



Artefakty

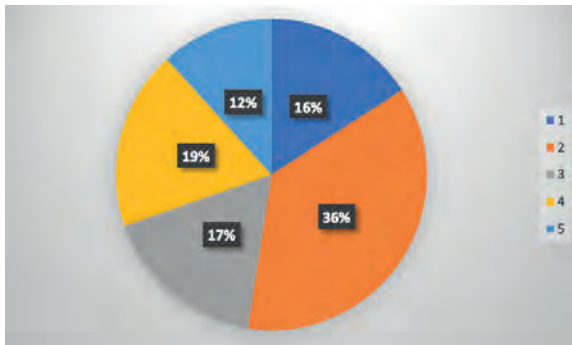


Ryc. 9 Fantom CIRS obserwator/pomiarowiec nr 1
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 6 Wyniki pomiarów odległości pionowych (fantom CIRS) – obserwator/pomiarowiec nr 2

odległość pionowa 10mm	długości	liczba ultrasonografów	procentowy udział ultrasonografów
pomiar 2 obserwator	11-10,5	23	15,33%
pomiar w mm	10,4-10,0	53	35,33%
	9,9-9,5	25	16,67%
	9,4-9,0	27	18,00%
	8,9-8,5	17	11,33%

Źródło: Opracowanie własne.

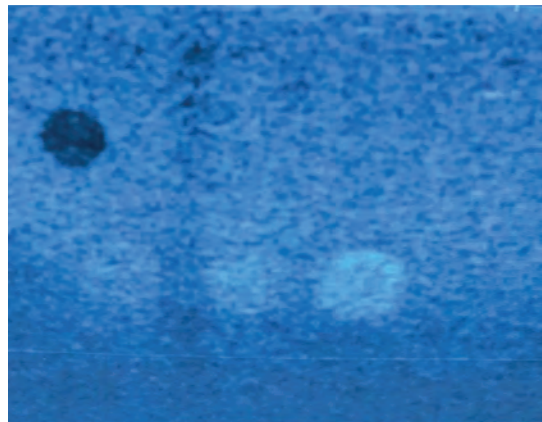
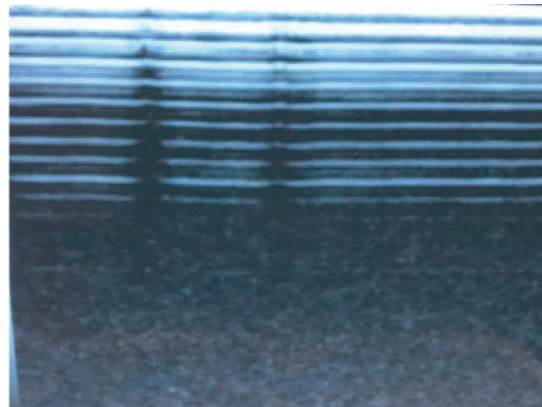
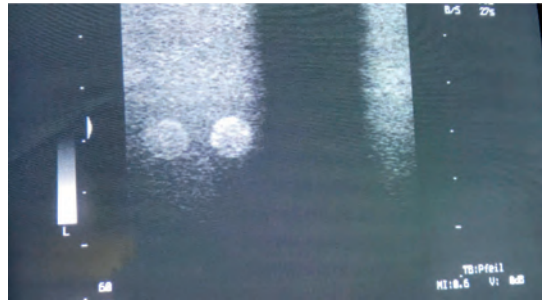


Ryc. 10 Fantom CIRS obserwator/pomiarowiec nr 2
Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

1. Długości pionowe – tylko 22% ultrasonografów spełnia wymagania 10% odchylenia długości od długości nominalnej.
2. Długości poziome – tylko 23% ultrasonografów spełnia wymagania 10% odchylenia długości od długości nominalnej.
3. Długości 15 mm – tylko 10% ultrasonografów spełnia wymagania 10% odchylenia długości od długości nominalnej.

Problemy z wykonywaniem pomiarów były także związane z jakością głowic. W trakcie pomiarów spotkaliśmy się z różnego rodzaju artefaktami, które utrudniały pomiary.



Ryc. 11 Przykłady artefaktów w ultrasonografii
Źródło: Archiwum własne.



Artefakty stanowią duży problem, dlatego zostały uwzględnione w naszym protokole pomiarowym, zgodnie z zaleceniami towarzystw naukowych.

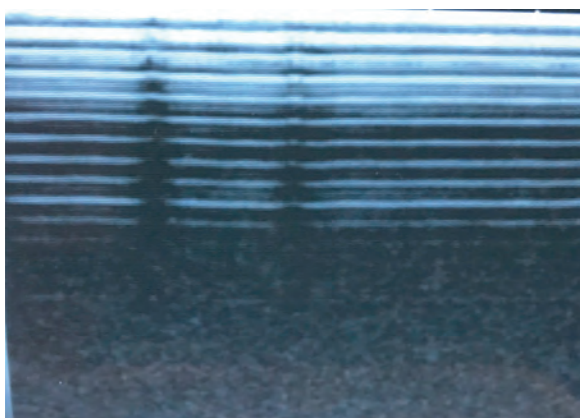
Testy powinny obejmować:

1. Kontrolę wzrokową



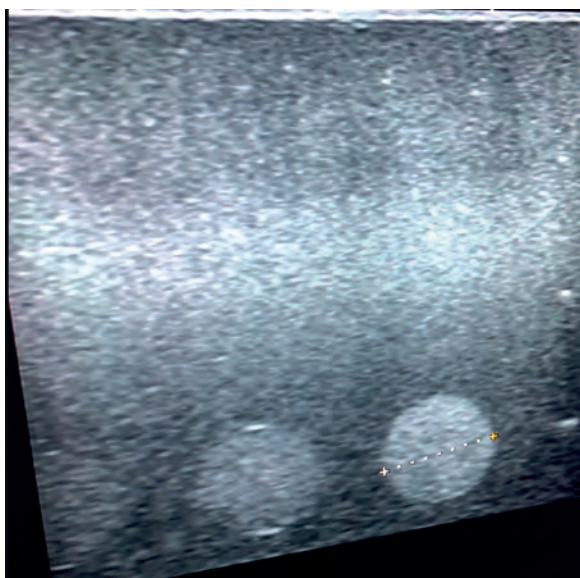
Ryc. 12 Kontrola wzrokowa głowicy USG
Źródło: Archiwum własne.

2. Badanie jednorodności obrazu/artefaktów



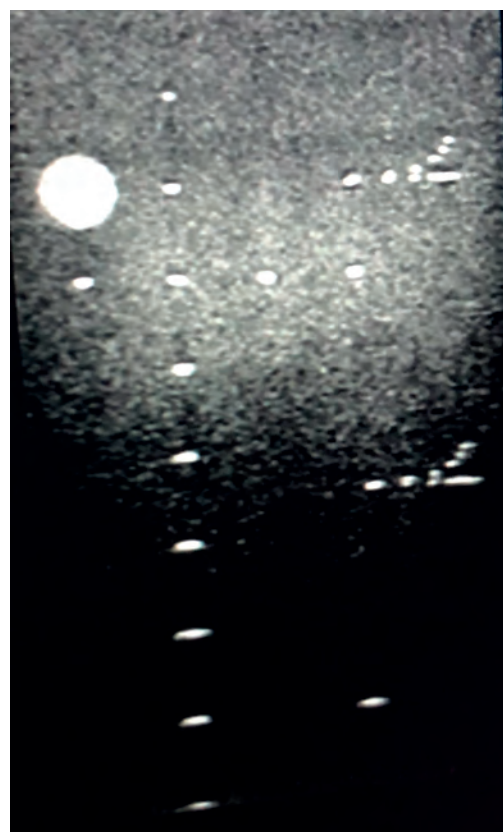
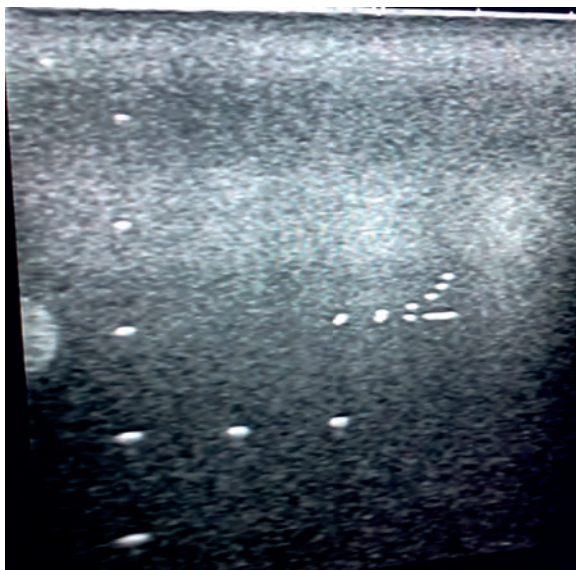
Ryc. 13 Kontrola jednorodności obrazu/artefaktów
Źródło: Archiwum własne.

3. Pomiar długości/poprawności geometrycznej



Ryc. 14 Pomiar długości/poprawności geometrycznej
Źródło: Archiwum własne.

4. Rozdzielczość przestrzenna



Ryc. 15 Pomiar rozdzielczości przestrzennej
Źródło: Archiwum własne.

Należy pamiętać, że poprawność systemu wykonuje się dla jednej stałej głowicy przez cały czas użytkowania aparatu ultrasonograficznego. Ponadto wykonuje się pomiary dla każdej sondy.

Ostateczną postać protokołu przyjmuje się po zakwalifikowaniu aparatu do wersji A/B/C.



Piśmiennictwo

Wersja A (tylko ultrasonografy bez możliwości wykonania pomiarów krzywej DICOM oraz bez możliwości pomiarów niezależnym oprogramowaniem).

Protokół zawiera:

- a. kontrolę wzrokową,
- b. badanie jednorodności obrazu/artefaktów,
- c. pomiar długości/poprawności geometrycznej,
- d. rozdzielczość przestrzenna,
- e. kontrast.

Wersja B (ultrasonografy bez możliwości wykonania pomiarów krzywej DICOM, z możliwością wykonania pomiarów niezależnym oprogramowaniem).

Protokół zawiera:

- a. kontrolę wzrokową,
- b. badanie jednorodności obrazu/artefaktów,
 - pomiar jednorodności za pomocą oprogramowania IMAGE J,
- c. pomiar długości/poprawności geometrycznej,
 - pomiar oprogramowaniem producenta,
 - pomiar oprogramowaniem IMAGE J,
- d. rozdzielczość przestrzenna,
- e. kontrast.

Wersja C (ultrasonografy z możliwością wykonania pomiarów krzywej DICOM, z możliwością wykonania pomiarów niezależnym oprogramowaniem).


Protokół zawiera:

- a. kontrolę wzrokową,
- b. badanie jednorodności obrazu/artefaktów,
 - pomiar jednorodności za pomocą oprogramowania IMAGE J,
- c. pomiar długości/poprawności geometrycznej,
 - pomiar oprogramowaniem producenta,
 - pomiar oprogramowaniem IMAGE J,
- d. rozdzielczość przestrzenna,
- e. kontrast,
- f. ocena monitora:
 - pomiar krzywej Dicom,
 - pomiar kontrastu,
 - pomiar jednorodności,
 - ocena rozdzielczości,
 - ocena poprawności odwzorowania skali szarości,
 - ocena elementów niskokontrastowych – napisy QUALITY CONTROL.

W każdej wersji w przypadku występowania kopii trwałej podjęta będzie próba jej oceny.

Ocena wzrokowa rozdzielczości osiowej – pomiar na kopii trwałej.

Ocena wzrokowa rozdzielczości bocznej – pomiar na kopii trwałej.

Obecnie, wykonując kolejne pomiary, pod uwagę brana jest ich częstotliwość raz na 6 miesięcy. 

1. Institute of Physics and Engineering in Medicine. Report 102 Quality Assurance of Ultrasound Imaging Systems.
2. Institute of Physics and Engineering in Medicine Report 99 Dicom Image and Data Management for Nuclear Medicine, Physiological Measurements, Radioteraphy and Ultrasaound.
3. Institute of Physics and Engineering in Medicine Report No 70. Testing of Doppler ultrasound equipment.
4. Institute of Physics and Engineering in Medicine. Report 84 Guidelines for the Testing and Calibration of Physiotherapy Ultrasound Machine.
5. Raport AAPM Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures... Report of AAPM Ultrasound Task Group No. 1. <http://www.cirsinc.com>, data dostępu: 1.05.2017.
7. Manual CIRS Phantom Model 040GSE Multi-Purpose.
8. M. Szewczyk, M. Weźgowiec, E. Pater, P. Kasprzak, A. Banaszak: *Program zapewnienia jakości w ultrasonografii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 1, 2012, 29-32.
9. D.J. Tradup, N.J. Hangiandreou, J.P. Taubel: *Comparison of ultrasound quality assurance phantom measurements from matched and mixed scanner – transducer combinations*, J Appl Clin Med Phys, 4(3), 2003, 239-247.
10. V. Mannila, O. Sipilä: *Phantom-based quality assurance measurements in B-mode ultrasound*, <https://doi.org/10.1177/2047981613511967>.
11. W. Skrzyński, W. Ślusarczyk-Kacprzyk: *Testy podstawowe monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych Zalecenia Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej*, Pol J Med Phys Eng, 19(1), 2013, 1-14.
12. W. Skrzyński, W. Ślusarczyk-Kacprzyk: *Testy specjalistyczne monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych Zalecenia Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej*, Pol J Med Phys Eng, 19(1), 2013, 15-33.
13. Programy NHS Cancer Screening, wersja 2, NHSBSP 2006 (<http://www.cancerscreening.nhs.uk/breastscreen/publications/nhsbsp-equipment-report-0604.html>), data dostępu: 1.05.2017.
14. Organizacja European Reference dla oceny jakości badań przesiewowych raka piersi i ustugi diagnostyczne, <http://www.euref.org/downloads>.
15. Rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 5 maja 2017 roku w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U 884 z 2017 r.).
16. V. Gibbs, D. Cole, A. Sassono: *Ultrasound Physics and Technology, How, Why and When*, Elsevier 2009.
17. A. Nowicki: *Terapeutyczne zastosowanie ultradźwięków*, Ultrasonografia, 34, 2008, 9-17.
18. B. Pruszyński (red.): *Diagnostyka obrazowa. Podstawy teoretyczne i metody badań*, wydanie 1, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000.
19. M. Feldman, S. Katyal, M. Blackwood: *US Artifacts*, RadioGraphics 29, 2009, 1179-1189.
20. H. Kremer, W. Drobinski: *Diagnostyka ultrasonograficzna*, 1996, Urban&Partner.
21. <http://www.slideshare.net/fergua/ultrasound-11592611>, data dostępu: 10.11.2015.
22. A. Nowicki: *Wstęp do ultrasonografii – podstawy fizyczne i instrumentacja*, Medipage, Warszawa 2003.
23. F. Jaroszczyk: *Biofizyka medyczna*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego, 1993.
24. M. Nałęcz (red.): *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna*, 9, 2000, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
25. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/US-Equip.pdf?la=en>, data dostępu: 26.01.2021.
26. M. Jędrzejewska, B. Węckowski, P. Jankowski: *Artefakty w ultrasonografii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 4, 2015, 348-352.
27. M. Jędrzejewska, B. Węckowski, A. Jodda, P. Jankowski: *Kontrola jakości w ultrasonografii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 7, 2018, 299-303.
28. M. Jędrzejewska, P. Jankowski, B. Węckowski: *Podstawy obrazowania USG – cz. 1*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 3, 2014, 59-65. <http://www.slideshare.net/fergua/ultrasound-11592611>, data dostępu: 10.11.2015.
30. M. Jędrzejewska, B. Węckowski, P. Jankowski: *Measurement of distance in ultrasonography: how accurate it is?*, Polish Society of Clinical Engineering, wystąpienie plakatu 4-6 września 2015, 50-lecie PTFM.
31. M. Jędrzejewska, P. Jankowski, B. Węckowski: *Rodzaje sond w ultrasonografii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 4, 2014, 106-108.
32. M. Jędrzejewska, P. Jankowski, B. Węckowski: *Podstawy obrazowania USG – cz. 1*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 3, 2014, 59-65. <http://www.przeгляд-urologiczny.pl/artykul.php?2665>, data dostępu: 1.02.2016.
34. A. Nowicki: *Ultradźwięki w medycynie – wprowadzenie do współczesnej ultrasonografii*, Roztoczańska Szkoła Ultrasonografii, 2010.
35. W. Jakubowski: *Diagnostyka ultradźwiękowa*, Wydawnictwo Lekarskie, PZWL, Warszawa 1989.