



# Rola audytów zewnętrznych w zapewnianiu jakości procedur wysokospecjalistycznych w radioterapii

## The role of external audits in ensuring the quality of high-precision radiotherapy

Marta Stefańczyk, Tomasz Kostecki, Kinga Polaczek-Grelak

NU-MED Centrum Diagnostyki i Terapii Onkologicznej Katowice, ul. Ceglana 35, 40-514 Katowice, tel. +48 32 420 63 38, e-mail: marta.stefanczyk@nu-med.pl

### Test *end-to-end*

Testy *end-to-end* (e2e) przeprowadzane są w celu potwierdzenia geometrycznej i dozymetrycznej precyzji w dostarczaniu dawki. Zalecane są przede wszystkim w zakładach radioterapii stosujących techniki stereotaktyczne (SRT) wiązkami zewnętrznymi, bądź inne wysokospecjalistyczne modalności, związane

z wysoką dawką frakcyjną. Mogą to być zarówno testy akceptacyjne całego systemu radioterapeutycznego, jak i okresowej kontroli jakości (QA). Wykonuje się je na dedykowanych fantomach, przeprowadzając je przez cały łańcuch terapeutyczny, tak jak w przypadku terapii pacjenta. Obejmuje on wszystkie etapy procesu radioterapii: od tomografii w pozycji terapeutycznej, poprzez etap konturowania i rejestracji obrazów z różnych

186

### Streszczenie

Artykuł ma na celu przybliżenie roli audytów zewnętrznych na przykładzie procesu weryfikacji ścieżki terapeutycznej w ośrodku radioterapii. W artykule prezentujemy wykonanie testu *end-to-end* pozwalającego na uzyskanie akredytacji przez MD Anderson Cancer Center w zakresie procesu radioterapii. W styczniu 2019 r. Uniwersyteckie Centrum Kliniczne im. prof. K. Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach przeszło pomyślnie przez tego typu proces akredytacji i otrzymało certyfikat jakości.

Opis poszczególnych etapów tego auditu zewnętrznego być może przekona czytelników, że testy takie są istotne dla całościowego sprawdzenia procesu radioterapii oraz umożliwiają udział w międzynarodowych badaniach klinicznych.

Ośrodek audytujący IROC Houston Quality Assurance Center należący do University of Texas MD Anderson Cancer Center oferuje całościową usługę dostarczenia dedykowanych fantomów wraz z instrukcjami przeprowadzenia testów, a także opracowuje ich wyniki w postaci skonsolidowanego raportu.

**Słowa kluczowe:** testy *end-to-end*, kontrola jakości, radioterapia 4D, akredytacja

### Abstract

The scope of this article is the discussion of the role of external audits in the verification process of therapeutic chain, in a radiotherapy department. In this article an *end-to-end* test is presented, which allows for the accreditation by MD Anderson Cancer Center in the field of radiotherapy. In January 2019 Uniwersyteckie Centrum Kliniczne im. prof. K. Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach passed successfully the accreditation process and received a quality certificate.

The description of particular stages of this external audit may convince the readers that such tests are essential for a comprehensive control of the radiotherapy process and enable the participation in international clinical trials.

The IROC Houston Quality Assurance Center of the University of Texas MD Anderson Cancer Center provides a comprehensive service of delivering dedicated phantoms with test instructions, and also compiles the results in the form of a consolidated report.

**Key words:** *end-to-end* tests, quality assurance, 4D radiotherapy, accreditation

otrzymano / received:

17.04.2019

poprawiono / corrected:

15.05.2019

zaakceptowano / accepted:

17.05.2019



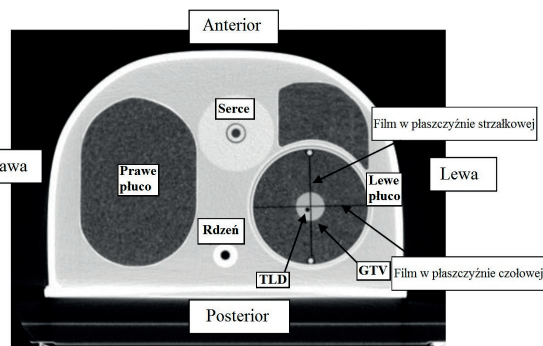
modalności, przygotowania planu leczenia, transferu danych przez systemy weryfikacji i zarządzania aż do weryfikacji ułożenia na aparacie do radioterapii i samego napromieniania. Testy tego typu pozwalają na identyfikację potencjalnych problemów lub niezgodności w protokole terapeutycznym. W razie ich zauważenia należy przeprowadzić szczegółową analizę łańcucha terapeutycznego celem usunięcia błędów. Ich pozytywny wynik stanowi natomiast potwierdzenie możliwości podania zaplanowanej dawki w obszar wyznaczony do napromieniania. Tym samym testy te zwiększają bezpieczeństwo pacjenta poddawane radioterapii.

Istnieje możliwość przeprowadzania takiego testu wewnątrz zakładu, z wykorzystaniem posiadanych fantomów i urządzeń dozymetrycznych oraz samodzielnego opracowania i analizy otrzymanych danych. Alternatywą jest skorzystanie z zewnętrznych instytucji audytujących, posiadających dedykowane fantomy i/lub dawkomierze, umożliwiające realizację testów zarówno geometrycznych, jak i dozymetrycznych.

Jednym z przykładów takiego zewnętrznego audytu jest test e2e proponowany przez IROC Houston Quality Assurance Center, będący częścią University of Texas MD Anderson Cancer Center (MDA). W ofercie proponowanych przez nich fantomów znajduje się „Thorax-lung phantom” – antropomorficzny fantom klatki piersiowej z różnymi gęstościami tkankowymi, który dodatkowo można umieścić na ruchomej platformie symulującej ruchy oddechowe pacjenta, dzięki czemu uwzględniany jest także czwarty wymiar – czas (4D QA). Fantom ten jest wyposażony przez MDA w dozymetry filmowe oraz TLD, umożliwiające weryfikację dawek przez instytucję audytującą. Po zakończeniu testu i odesłaniu fantomu wraz z napromienionymi detektorami, MDA opracowuje raport, a w przypadku, kiedy wynik audytu zostaje uznany przez tę instytucję za pozytywny – przyznaje certyfikat akredytacji. Legitymowanie się takim dokumentem, stwierdzającym dozymetryczną oraz geometryczną poprawność radioterapii zapewnianą przez cały łańcuch terapeutyczny funkcjonujący w danym Zakładzie Radioterapii, umożliwia przystąpienie do wielu badań klinicznych z ramienia RTOG.

## Budowa fantomu

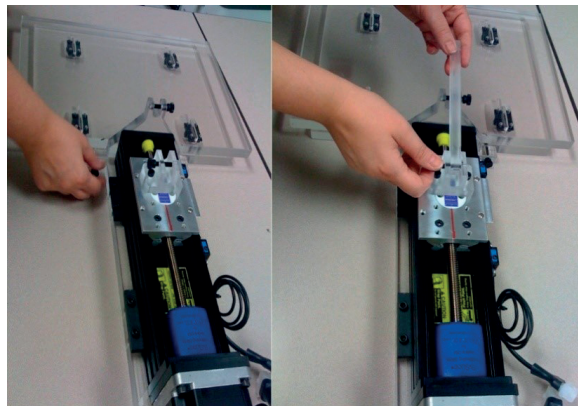
Fantom został skonstruowany w IROC Houston. „Thorax-lung Phantom” się z plastikowego korpusu napętnianego wodą, celem uzyskania gęstości równoważnej tkance miękkiej. Zawiera on także wymiowy cylinder o gęstości tkanki płucnej, będący surogatem lewego płuca. W jego wnętrzu znajduje się centralnie położony obszar Gross Tumor Volume (GTV) o wymiarach 3 cm x 5 cm. Dodatkowo we wnętrzu fantomu znajdują się również substytuty struktur rdzenia kręgowego, serca oraz prawego płuca. Do ośrodka audytowanego fantomu jest dostarczany z umieszczonymi wewnątrz dozymetrami: w GTV znajdują się trzy prostopadłe do siebie arkusze filmu dozymetrycznego oraz dwa detektory TLD rozmieszczone symetrycznie w odległości 0,5 cm od środka tego obszaru. Wewnątrz struktury serca



Rys. 1 Przekrój poprzeczny fantomu „Thorax-lung Phantom”  
Źródło: Instrukcja przeprowadzenia testu MD Anderson.

i rdzenia kręgowego, na wysokości GTV, znajduje się po jednym dawkomierzu TLD.

Fantom może być dodatkowo wprawiany w ruch dzięki platformie do symulowania toru oddechowego pacjenta (Fot. 1). Składa się ona z podstawki, na której umieszczany jest fantom oraz silnika umożliwiającego ruch posuwisto-zwrotny. Dzięki programowalnemu kontrolerowi fantom porusza się w kierunku superior – inferior oraz anterior – posterior zgodnie z powtarzalnym cyklem pracy. Trwa on ok. 12 s i składa się z dwóch cykli oddechowych: dwóch wdechów i wydechów, z czego jeden jest zdecydowanie głębszy.



Fot. 1 Platforma do symulowania ruchów oddechowych  
Źródło: Instrukcja przeprowadzenia testu MD Anderson.

## Planowanie rozkładu dawki

Do wykonania planu leczenia dopuszczalne jest stosowanie wyłącznie wiązek fotonowych z zakresu od 4 do 10 MV. Jednocześnie możliwe jest zastosowanie wiązek tylko o jednej energii. Wytyczne IROC nakazują w przypadku pól statycznych wykorzystanie co najmniej siedmiu wiązek nieprzeciwstawnych. W technikach obrotowych należy zastosować długość tuku wynoszącą co najmniej 340 stopni. Pozostałe wymagania są następujące:

- dawka dla obszaru tarczowego wynosi 6 Gy i musi być dostarczona podczas 1 frakcji, z następującymi ograniczeniami:
  - przepisana dawka (6 Gy) ma pokrywać co najmniej 95% objętości stworzonego (patrz: Przebieg Testu) PTV,



- o minimalna dawka – 5,4 Gy ma pokrywać co najmniej 99% objętości PTV,
- o obszary zwiększonej kumulacji dawki (tzw. punkty gorące – ang. *Hotspots*) dopuszczalne są jedynie w obrębie PTV,
- ograniczenia dotyczące organów krytycznych określone zostały w tabeli 1,

**Tabela 1** Kryteria dotyczące planowanego rozkładu dawki dla narządów krytycznych

Struktura	Objętość	Dawka
Rdzeń kręgowy	W dowolnym punkcie	≤ 5,0 Gy
Serce	< 33% objętości	≤ 6,0 Gy
	< 66% objętości	≤ 4,5 Gy
	< 100% objętości	≤ 4,0 Gy
Płuca razem	< 37% objętości	< 2,0 Gy

Źródło: Instrukcja przeprowadzenia testu MD Anderson.

- zewnętrzny kontur pacjenta – fantomu.  
Jeżeli w celu przeprowadzenia testu wykorzystywana jest platforma do symulowania ruchów oddechowych, to należy uwzględnić ją jako element obrysu pacjenta podczas procesu konturowania i planowania radioterapii.

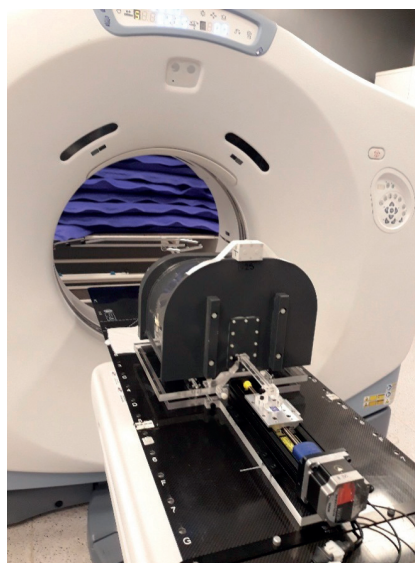
## Przebieg Testu

Antropomorficzny fantom klatki piersiowej, realizujący ruchy oddechowe, umieszczono w pozycji leżącej na plecach (HFS) w skanerze Optima CT 580RT (GE) (Fot. 2). Zaznaczono punkty referencyjne celem wirtualnej symulacji. Wykonano obrazowanie typu *cine* zgodnie z protokołem 4DCT Advantage4D (GE Medical Systems), gdzie dany zakres (odcinek długości obiektu) jest wielokrotnie skanowany, a następnie realizowany jest ruch stołu do nowego zakresu i cykl rozpoczyna się od nowa. Czas cyklu obrazowania ustalono na 13 s (*Cine duration time*). Czas ten obejmował dwa cykle oddechowe fantomu.

Systemy rekonstrukcji danych tomograficznych z sortowaniem retrospektywnym wtórnie dzielą obrazy na poszczególne fazy oddechowe, najczęściej na podstawie informacji uzyskanych z zewnętrznego urządzenia monitorującego ruch klatki piersiowej. Jako surogat rejestrujący krzywą oddechową wykorzystano Real-time Position Management™ (RPM Varian) składający się z kamery podczerwieni i znacznika umieszczonego na powierzchni obrazowanego obiektu (tu: fantomu). Otrzymane obrazy posortowano na 10 faz oddechowych, z których uzyskano uśredniony obraz faz oddechowych (*Average*) oraz obraz będący złożeniem poszczególnych pozycji guza w całym torze oddechowym (*Maximum Intensity Projection* – MIP).

W celu dokładnego uwidocznienia ruchu obszaru tarczowego (PTV) wykonano rekonstrukcję 4DCT warstwą 1,25 mm. Ze względu na systemowe ograniczenie aparatury GE pozwalającej na akwizycję lub rekonstrukcję serii nie większej niż 3000 obrazów, ograniczono rekonstrukcję do zakresu ruchu targetu (ok. 6 cm).

Zgodnie z zaleceniami IROC wykonano konturowanie obszarów: skóry – zewnętrznej powłoki fantomu, obu płuc, serca oraz rdzenia kręgowego. W przypadku radioterapeutycznego leczenia pacjenta, w naszym zakładzie dla struktur krytycznych stosowane



**Fot. 2** Ułożenie fantomu z platformą na tomografie komputerowym. Widoczny jest również biały znacznik systemu RPM umożliwiający wykonanie 4DCT  
Źródło: Fotografia własna.

są marginesy bezpieczeństwa – Planning organ at Risk Volume (PRV). Według instrukcji obrysowano Planning Target Volume (PTV) jako GTV +0,5 cm w płaszczyznach poprzecznych (kierunki A-P i L-R) oraz +1 cm w płaszczyźnie wzdłużnej (kierunek I-S). Na obrazie TK powinny być widoczne kapsułki TLD. Za zgodą MDA

reklama

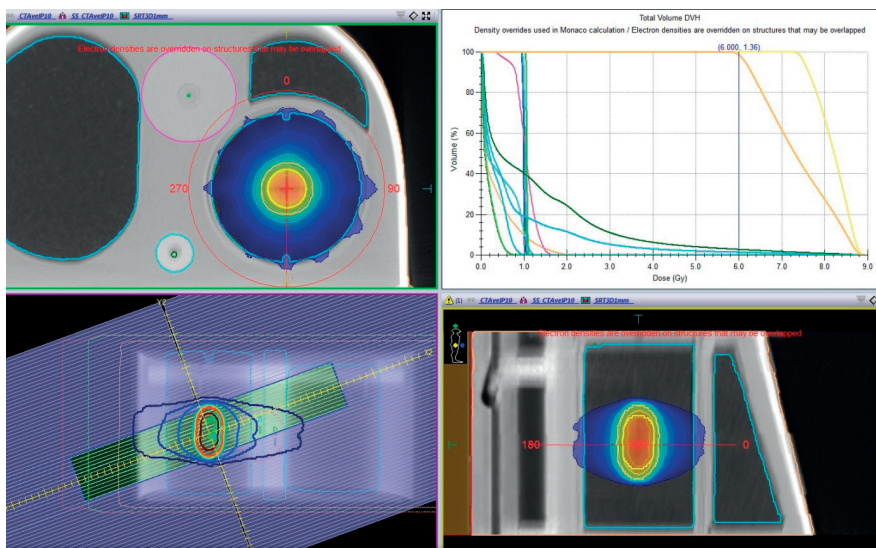
# KOSS

**Aparaty RTG**  
analogowe  
cyfrowe

**TELERRADIOLOGIA**  
już od 9,00 zł za badanie

**Radiografia cyfrowa**  
DR i CR

**RENTGEN-SERWIS**  
Zygmunt Koss Rafał Koss  
ul. Kasjopei 8 • 80-299 Gdańsk  
tel. 58 511 09 03 • tel. kom. 603 270 482  
e-mail: rentgenserwis@gmail.com  
www.koss.net.pl



**Rys. 2** Rozkład dawki w systemie planowania leczenia Monaco  
Źródło: Fotografia własna.

wykonano skanowanie statycznego fantomu warstwą grubości 1,25 mm w celu prawidłowego odwzorowania ich pozycji w Systemie Planowania Leczenia (SPL). Zostały one oznaczone jako: PTV\_TLD\_sup i PTV\_TLD\_inf dla najwyższej i najniższej pozycji dawkomierza TLD w obszarze tarczowym, HEART\_TLD dla pozycji dawkomierza TLD w sercu oraz CORD\_TLD dla pozycji dawkomierza TLD w rdzeniu kręgowym. Wymiary detektorów TLD wynoszą około 10 mm długości i 2 mm średnicy. Zewnętrzne wymiary kapsułek TLD mają długość 15 mm i średnicę 4 mm. Oś każdego detektora jest równoległa do osi długiej fantomu.

W systemie planowania leczenia Monaco v.5.11.02 (Elekta) przygotowano plan napromieniania w technice VMAT. Zgodnie z wytycznymi MDA wykorzystano algorytm Monte Carlo Photon. Rozkład dawki (Rys. 2) obliczano na siatce o gęstości 0,10 cm z niepewnością statystyczną 0,5% na plan. Zastosowano pojedynczy łuk o długości 360 st, a kolimator ustawiono pod kątem 20 stopni. Wykorzystano wiązkę fotonową o nominalnym potencjale przyspieszającym 6 MV. Dawka przepisana (PD) obejmowała 98,86%, a dawka 5,4 Gy – 100% objętości wyznaczonego PTV. Dawka  $D_{98\%}$  wynosiła 6,034 Gy, a  $D_{2\%} = 8,743$  Gy. Maksymalna dawka w PTV wynosiła 149% PD, co równie jest 8,947 Gy. Dawki maksymalne w objętościach rdzenia kręgowego i serca wynosiły odpowiednio 1,246 Gy i 1,714 Gy. Dawkę powyżej 2 Gy otrzymywało 11,41% objętości sumarycznej płuc.

Skany z tomografii do planowania, pliki RTstructure, RTdose oraz RTplan zawierające okonturowane narządy, dawkę z planu oraz sam plan należało przesać na serwer MD Anderson, chroniony loginem i hasłem, które dostarczane są użytkownikowi drogą mailową.

Plan zrealizowano na akceleratorze Elekta Synergy wyposażonym w 160-listkowy kolimator MLC – Elekta Agility. Fantom pozycjonowano, korzystając z punktów referencyjnych oraz systemu laserów i uruchomiono silnik imitujący ruchy oddechowe. Z pomocą funkcji *Couch Move Assistant* w systemie weryfikacji i zarządzania

MOSAIQ (Elekta) przesunięto stół z fantomem z punktu referencyjnego, określonego w wirtualnej symulacji na CT, do izocentrum planu. W celu weryfikacji pozycji terapeutycznej wykonano obrazowanie wiązką stożkową (CBCT). Uzyskany obraz zarejestrowano z tomografią do planowania. W celu obliczenia korekcji ułożenia, realizowanej poprzez przesuw stołu terapeutycznego, zastosowano dwustopniowe porównanie obrazów. W pierwszym kroku wykorzystano algorytm analizujący prostopadłościenny wycinek obrazu (Clipbox) pod wzglę-

dem translacji z rotacją (dopuszczalna rotacja < 3°). W drugim kroku użyto wyłącznie translacji. Wstępnie wykorzystywane jest porównanie automatyczne, które w razie potrzeby osoba dokonująca oceny (technik lub lekarz radioterapeuta) koryguje zgodnie ze swoim osądem. Obliczone w systemie wartości przesyłane są do konsoli akceleratora, z której automatycznie dokonywany jest przesuw ustawień stołu terapeutycznego. Jeżeli obliczone wartości przekraczają 1 cm, cała procedura pozycjonowania zostaje powtórzona. Według procedury stosowanej w naszym zakładzie, następnym krokiem jest wykonanie kolejnego CBCT w celu potwierdzenia prawidłowości przesuwów oraz pozycji pacjenta. W przypadku obszarów, na których pozycję wpływ mają ruchy oddechowe, jest to czterowymiarowa tomografia komputerowa wiązką stożkową 4D CBCT (Symetry™ w systemie Elekta), rekonstruowana na podstawie pozycji przepony. Uzyskane w 4D CBCT obrazy przedstawiają 10 faz oddechowych, maksymalny wydech oraz obraz *Average*. Obraz ten jest analizowany w trybie podwójnej rejestracji: na *clipbox* oraz stosując tzw. maskę. Maską podobnie jak *clipbox* jest analizą wycinka obrazu, przy czym wycinek ten jest ograniczony do objętości wybranej struktury (np. PTV) wraz z wybranym marginesem. Dodatkowo możliwe jest przesłedzenie ruchu obszaru tarczowego na poszczególnych fazach oddechowych.

Ze względu na wysokie gradienty dawki stosowane w planie leczenia, guz i jego maska pozostają priorytetem dopasowania. Pamiętać jednak należy, że położenie poszczególnych narządów względem siebie może się nieco zmieniać pomiędzy tomografią do planowania a CBCT na aparacie terapeutycznym czy pomiędzy poszczególnymi frakcjami napromieniania. Zatem dostosowywanie przesunięć tylko do samego obszaru PTV spowodować może zmniejszenie dopasowania pozostałych struktur, w tym narządów krytycznych. Mając na uwadze tego rodzaju efekt, na etapie tworzenia planu leczenia dodawane są marginesy bezpieczeństwa dla narządów szeregowych (zwykle 1 cm) – tzw. Planning Organ at Risk Volume (PRV), wewnątrz których narząd może być przesuwany bez ryzyka, że znajdzie się



w obszarze wysokiej dawki. Z tego względu obłudze akceleratora pozostawiono możliwość wskazania, które z uzyskanych wartości przesunąć: z clipboxa czy z maski są istotniejsze, o ile są one różne.

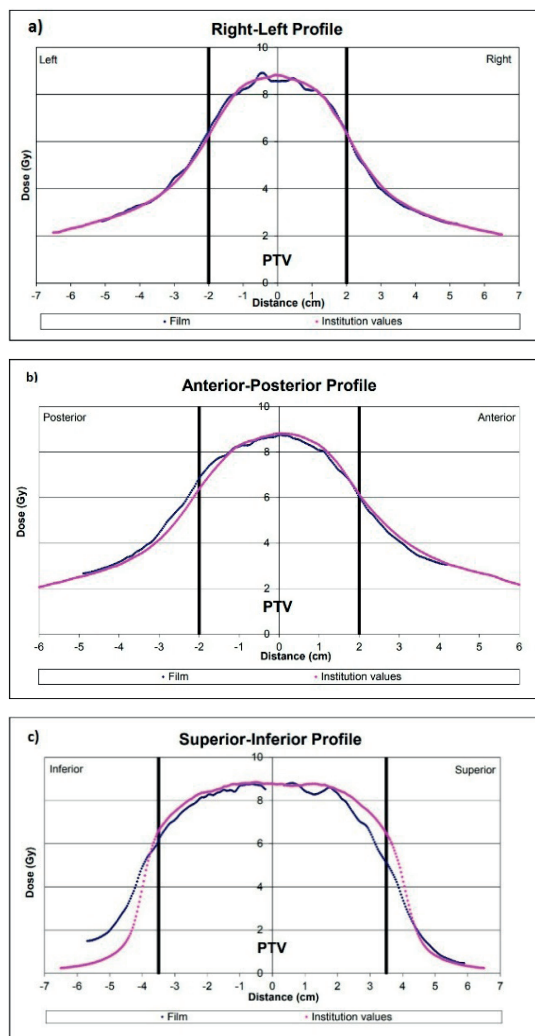
## Report

Report sporządzony przez MDA, jako instytucję audytującą, zawiera szczegółowe wyniki porównania rzeczywistych dawek uzyskanych w detektorach TLD i filmach dozymetrycznych z dawkami obliczonymi w systemie planowania leczenia (z uwzględnieniem niejednorodności tkankowych). Oceniane są one na podstawie przesłanych plików: RTdose, RTplan i RTstructure oraz odczytów z SPL wykonanych przez użytkownika dla poszczególnych okonturowanych detektorów. Należy zatem zauważyć, że taki audyt, oprócz weryfikacji procesu napromieniania, zawiera w sobie również sprawdzenie systemu planowania leczenia.

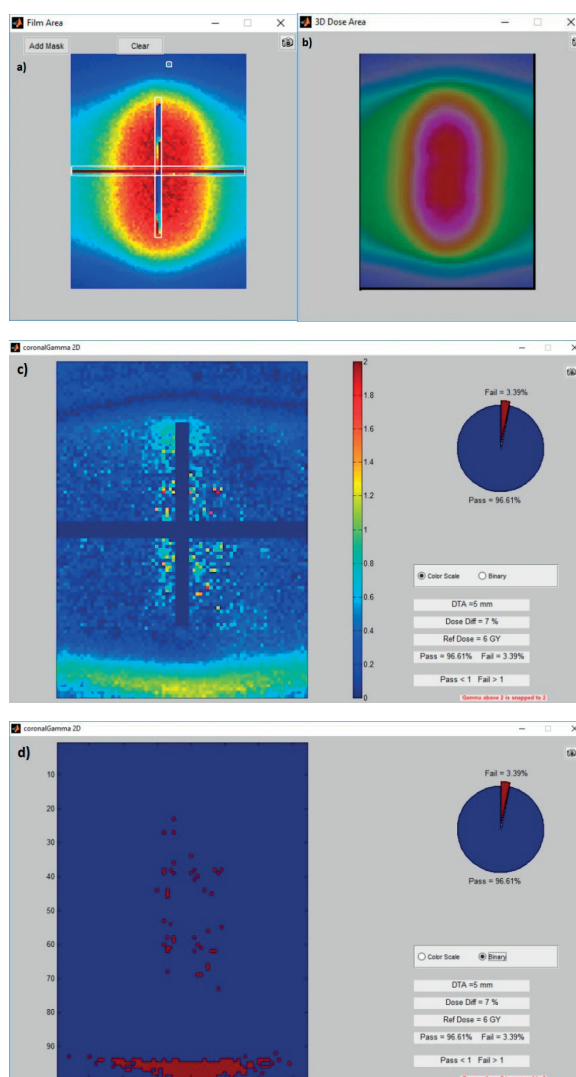
Deklarowana przez MDA precyzja dozymetryczna TLD wynosi 3%, a precyzja przestrzenna dozymetrii filmowej 1 mm. Detektory

TLD umieszczone wewnątrz obszaru tarczowego dostarczają informacji o dawce punktowej, natomiast trzy arkusze filmów dozymetrycznych GAFChromic™ analizowane są pod kątem rozkładu dawki w płaszczyznach osiowej, czołowej i strzałkowej. Dozymetry TLD umieszczone w strukturach serca i rdzenia kręgowego niosą informację o dawkach otrzymanych przez te narządy.

Kalibracja filmów dozymetrycznych została przeprowadzona w MDA na podstawie odczytu dawek detektorami TLD. Analizę zgodności rozkładu dawek z zastosowaniem indeksu gamma (przy kryteriach  $\Delta D = 7\%$  i  $DTA = 5\text{ mm}$ ) przeprowadzono w ustalonym obszarze zainteresowania (ROI) zatwierdzonym przez RTOG. Wyniki przedstawiono na wykresach (Rys. 3 i 4) wraz z informacjami uzyskanymi z SPL. Wynik testu uznawany jest za pozytywny, jeśli co najmniej 80% pikseli w ROI na każdym z filmów spełnia przyjęte kryteria indeksu gamma, a średni (z trzech filmów) procent pikseli spełniających powyższe kryteria wynosi



**Rys. 3** Analiza profili dawki w środku GTV przy użyciu dozymetrii filmowej: a) w kierunku prawo-lewo, b) w kierunku superior-inferior, c) w kierunku anterior-posterior  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie raportu MD Anderson.



**Rys. 4** Przykładowy wynik analizy gamma dla płaszczyzny czołowej: a) obszar wykorzystany do analizy gamma (ROI), b) ten sam obszar w systemie planowania leczenia, c) rezultat analizy gamma (w skali koloru), d) rezultat analizy gamma (binarny). Na czerwono zaznaczono obszary niespełniające kryteriów  
Źródło: Raport MD Anderson.

**Tabela 2** Wyniki audytu dawek bezwzględnych z wykorzystaniem detektorów TLD

Lokalizacja	Dawka odczytana w SPL [cGy]	Dawka zmierzona TLD [cGy]	D <sub>TLD</sub> vs. D <sub>SPL</sub>	Kryteria zgodności	Akceptacja
PTV_TLD_sup	855	860	1,01	0,92-1,05	Tak
PTV_TLD_inf	859	873	1,02	0,92-1,05	Tak
HEART_TLD	106	109	-	48-170	Tak
CORD_TLD	98	89	-	28-149	Tak

Źródło: Opracowanie własne na podstawie raportu MD Anderson.

**Tabela 3** Wyniki audytu rozkładu przestrzennego dawek z wykorzystaniem dozymetrów filmowych

Płaszczyzna	Index Gamma (wartość zmierzona)	Kryterium zgodności	Akceptacja
Poprzeczna	99%	≥ 80%	Tak
Czołowa	97%	≥ 80%	Tak
Strzałkowa	93%	≥ 80%	Tak
Średnia z trzech płaszczyzn	96%	≥ 85%	Tak

Źródło: Opracowanie własne na podstawie raportu MD Anderson.


co najmniej 85%. Wyniki analizy dla naszego ośrodka przedstawiono w tabelach 2 i 3 wraz z przyjętymi przez MDA kryteriami.

## Podsumowanie

Testy *end-to-end* niewątpliwie pełnią bardzo ważną rolę w zapewnianiu jakości realizacji procedur wysokospecjalistycznych.

Przed wszystkim pozwalają one na weryfikację prawidłowości wykonywania poszczególnych procedur składających się na całość procesu radioterapii oferowanego w danym ośrodku. Należy pamiętać, że kontroli oprócz procedur wysokospecjalistycznych, pośrednio podlegają również procesy standardowej radioterapii, ponieważ na wielu etapach składają się z tych samych procesów i wykorzystują ten sam sprzęt.

Przeprowadzenie testów przez firmę zewnętrzną ma niewątpliwie wiele zalet, gdyż instytucje takie mają zwykle bogate doświadczenie w projektowaniu i przeprowadzaniu audytów, a także ustalone standardy pomiaru i analizy dawki. Ponadto posiadają rozległą wiedzę oraz możliwości w zakresie doboru metod pomiarowych czy samych detektorów.

Bardzo ważnym aspektem audytu przeprowadzonego przez IROC MDA jest przyznanie certyfikatu akredytacji, który jest wymagany w wielu badaniach klinicznych RTOG prowadzonych na całym świecie. Doświadczenie i zaufanie, jakim cieszy się ta instytucja, pozwalają na ustandaryzowanie metod prowadzenia radioterapii w danym badaniu klinicznym, a co za tym idzie, na wiarygodną analizę rezultatów uwzględniających zwykle wiele zmiennych. Natomiast samo uczestnictwo w badaniach klinicznych jest istotne z punktu widzenia postępu w terapii onkologicznej. 

reklama



## Promieniowanie ujarzmione

Polski producent wysokiej klasy, certyfikowanych zabezpieczeń przed promieniowaniem jonizującym.

**NOWOŚĆ**

Lekki dwuwarstwowy bezołowiowy materiał ochronny, spełniający najnowsze wymogi zawarte w normie EN 61331-3: 2014 oraz rozporządzeniu PPE 2016/425



Biuro Handlowo-Usługowe „BETA” s.c.  
03-676 Warszawa, ul. Bukowiecka 25  
tel./fax 22 675 44 01 / 22 675 01 45  
kom. 602 632 746  
e-mail: beta@antix.com.pl



[www.antix.com.pl](http://www.antix.com.pl)