



Procedury fizyczne przed wykonaniem terapii Gamma Knife

Physical procedures prior to Gamma Knife treatment

Katarzyna Antończyk-Szewczyk^{1,2}, Anna Mitek², Beata Kozłowska¹

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Instytut Fizyki, ul. 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów, tel. +48 607 054 118, e-mail: k.antonczyk-szewczyk@exira.pl

² Exira Gamma Knife w Katowicach, ul. Ceglana 35, 40-514 Katowice

Wprowadzenie

Ustawa Prawa Atomowego z dnia 17 września 2014 r. (Dz.U. 2014 poz. 1512) wymaga kontroli fizycznych parametrów urządzeń radiologicznych w jednostce ochrony zdrowia i obejmuje wykonywanie m.in. testów eksploatacyjnych w zakresie urządzeń radiologicznych stosowanych w radioterapii. Można wyróżnić testy dzienne, miesięczne, kwartalne oraz roczne.

Seria testów fizycznych

Przed przystąpieniem do leczenia z wykorzystaniem urządzenia Gamma Knife konieczne jest przeprowadzenie testów

aparatury. W skład serii testów fizycznych wchodzi: testy dzienne, miesięczne oraz roczne. System obsługujący urządzenie Gamma Knife ma funkcje, które umożliwiają zrealizowanie zadanych testów. Funkcja *Fizyka* pozwala na tworzenie serii testów fizycznych oraz ich realizację.

Pierwszym testem koniecznym do przeprowadzenia jest *test QA (Quality Assurance)*, który jest dostępny przy użyciu funkcji QA aparatu terapeutycznego. W skład testów QA wchodzi kontrola alarmu bezpieczeństwa oraz test precyzji ogniska. Dla każdego testu QA wyświetlane są następujące informacje: nazwa testu QA, data jego ostatniego wykonania, wynik testu, nazwa operatora przeprowadzającego test oraz data kolejnego wykonania

[352](#)

Streszczenie

Współczesna medycyna oraz wysokie wymagania pacjentów stawiają duże wyzwanie nie tylko przed lekarzami, ale również przed fizykami medycznymi, którzy odpowiedzialni są m.in. za sprawne działanie urządzeń terapeutycznych oraz diagnostycznych. W celu weryfikacji poprawności działania urządzeń terapeutycznych wykonywane są testy kontrolne.

W przypadku urządzenia Gamma Knife przeprowadza się testy dzienne, miesięczne oraz roczne. Istotnym testem jest test precyzji ogniska (geometryczny test QA oraz test Pin Point), a także dozymetria. Weryfikacja planów leczenia odbywa się przy użyciu niezależnego oprogramowania GammaKnifeCheck MuCheck v.9.2.0.

Słowa kluczowe: testy fizyczne, planowanie leczenia, weryfikacja planów

Modern medicine and high requirements of patients pose a big challenge not only for doctors but also for medical physicists, who are responsible for the efficient operation of therapeutic and diagnostic devices. In order to verify the correct functioning of the therapeutic devices, control tests are performed.

The Gamma Knife tests are the following: daily, monthly and yearly. An important test is the focus precision test (Geometric QA test and Pin Point test) and dosimetry. Verification of treatment plans is carried out using the independent software GammaKnifeCheck MuCheck v.9.2.0.

Key words: Physical Tests, Treatment Planning, Plan Verification

Abstract

otrzymano / received:

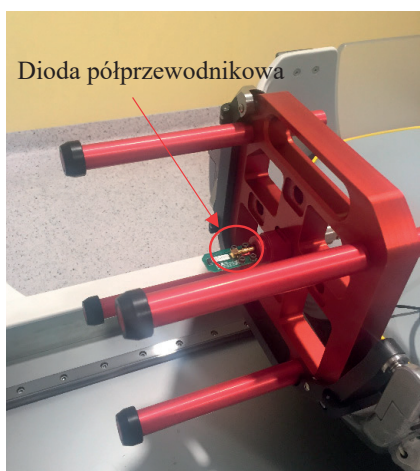
04.06.2018

poprawiono / corrected:

06.07.2018

zaakceptowano / accepted:

13.07.2018

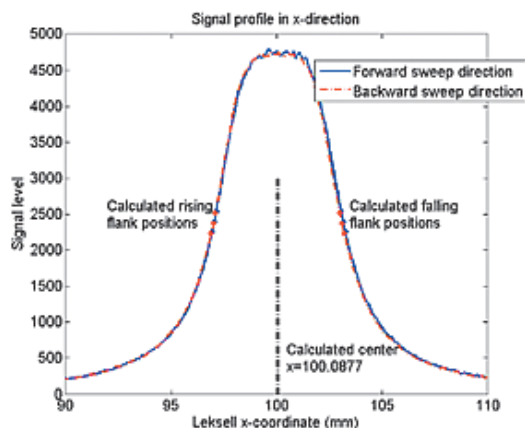


Rys. 1 Narzędzie QA wraz z oznaczeniem umieszczonej diody półprzewodnikowej
Źródło: Archiwum własne.

testu. Aby rozpocząć procedurę geometrycznego testu QA, konieczne jest zadokowanie narzędzia QA (Rys. 1) do łóżka terapeutycznego. Urządzenie to posiada wbudowaną diodę półprzewodnikową umieszczoną w środku urządzenia. Czas trwania testu wynosi 5 min. Pozycja kąta promieniowania gamma wynosi 90° . W trakcie wykonywania testu następuje rejestracja wartości poziomu sygnału z diody, uzyskanego przy jej „skanowaniu” jedną ekspozycją o kolimatorze 4 mm, względem osi x, y oraz z. Algorytm odnajduje pozycje 47%, 50% i 53% poziomów w stosunku do maksymalnej wartości sygnału na bocznych krawędziach obu profili, łącznie 12 punktów. Rysunek 2 przedstawia uzyskane profile sygnału diody w trakcie „skanowania” diody dwukrotnie w każdym z zadanych odcinków osi x. Dioda w czasie testu przyjmuje następujące pozycje: $x = 100$, $y = 100$ oraz $z = 100$ i kolejno wykonywane są dwukrotne przesuw w następujących pozycjach:

1. $x = 100-90-110-100$, $y = 100$, $z = 100$,
2. $x = 100$, $y = 100-90-110-100$, $z = 100$,
3. $x = 100$, $y = 100$, $z = 100-90-110-100$,

gdzie oś x nadaje kierunek prawa – lewa, oś y góra – dół, natomiast oś z biegnie wzdłuż ciała pacjenta.



Rys. 2 Profile sygnału diody podczas „skanowania” diody. Linia niebieska oznacza zebrany sygnał przewijania do przodu, a czerwona linia sygnał powrotny wzdłuż osi x
Źródło: [3].

Test dokładności ogniska służy do sprawdzenia bieżącego położenia ogniska radiologicznego w porównaniu z położeniem zapisanym w pamięci systemu podczas testów akceptacyjnych, przeprowadzonych w trakcie instalacji modułu Leksell Gamma Knife® Perfexion™. Wszelkie odchylenia od położenia muszą mieścić się w akceptowalnym zakresie. Zaleceniem producenta jest wykonanie tych testów raz w miesiącu lub w przypadku podejrzenia uszkodzenia adaptera ramy oraz narzędzia QA.

Do testów miesięcznych zalicza się również test alarmu stanu awaryjnego, który polega na audiowizualnej kontroli przebiegu alarmu stanu awaryjnego w obszarze sterowni. Po odpowiednim wybraniu polecenia alarmu stanu awaryjnego powinien się uaktywnić, co jest sygnalizowane przez dźwięk brzęczyka ostrzegawczego oraz migający wskaźnik „Alarm bezpieczeństwa” na panelu sterowania.

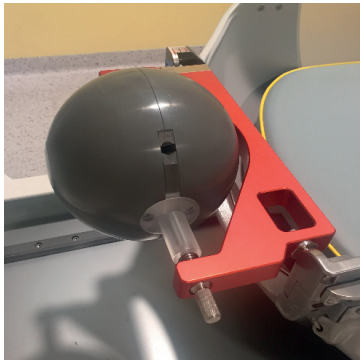
Do ręcznych testów QA zalicza się następujące testy: Test zatrzymania awaryjnego, który służy do sprawdzenia działania przycisku zatrzymania awaryjnego i sekwencji wysunięcia w stanie awaryjnym, Test czujników, Blokada ochrony bocznej oraz blokada drzwi pomieszczenia. Działanie większości czujników w systemie jest automatycznie kontrolowane przed rozpoczęciem terapii i w jej trakcie.



Rys. 3 Narzędzie do kontroli odstępów montowane do urządzenia Gamma Knife Perfexion®. Zieloną kreską oznaczono miejsce montowania urządzenia
Źródło: [4].

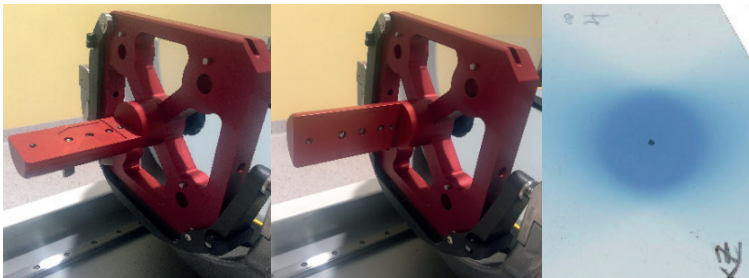
Do testów QA należy również test sprawdzający narzędzie kontroli odstępów, który ma na celu sprawdzenie dokładności narzędzia kontroli odstępów. Zaleca się przeprowadzenie go dwa razy do roku lub w razie podejrzenia uszkodzenia narzędzia kontroli odstępów.

Do testów miesięcznych zaliczamy także test dozymetryczny wykonywany przy użyciu fantomu sferycznego (Rys. 4) w celu kalibracji zaabsorbowanej dawki. Fantom podzielony jest na dwie półkolisty kule, między którymi można włożyć kasetę. Kasyety umożliwiają dozymetrię filmową, TLD i pomiar dawki za pomocą małej komory jonizacyjnej. Kasyety wykonane są z polistyrenu i mają grubość 10 mm.



Rys. 4 Fantom sferyczny ABS plastic $1,066\text{g}/\text{cm}^3$ firmy Electa
Źródło: Archiwum własne.

W ośrodku Exira Gamma Knife w Katowicach do pomiaru dawki punktowej (absolutnej) używa się cylindrycznej komory jonizacyjnej CC01 firmy IBA (komora Pin Point). Dlatego też w celu umieszczenia tego typu komory jonizacyjnej wykorzystuje się indywidualnie skonstruowaną kasetę z otworem. Umożliwia to precyzyjne umieszczenie komory tak, by objętość aktywna komory była w izocentrum dla jednej ekspozycji z użyciem kolimatora 16 mm dla wszystkich sektorów. Po wyznaczeniu średniej wartości odczytu z dawkomierza (średnia wartość ładunku zebranego w 10 powtórzeniach po 1 min) i uwzględnieniu poprawek na efekt rekombinacji k_s oraz efekt polaryzacji k_{pol} , a także współczynnika uwzględniającego temperaturę i ciśnienie $k_{p,T}$ oraz współczynnika kalibracyjnego komory w warunkach dawki pochłoniętej w wodzie $N_{d,w}$ wyznaczana jest wartość bezwzględnej mocy dawki zaabsorbowanej w wodzie. Uzyskany wynik jest porównywany z wartością wyznaczaną w SPL na dzień pomiaru. Znając wartość mocy dawki na dzień testów akceptacyjnych, można wyznaczyć wartość teoretyczną mocy dawki na dzień pomiarów.



Rys. 5 Film-holter do pomiaru precyzji ogniska w Gamma Knife. Rejestracja zaabsorbowanego promieniowania przy użyciu filmu dozymetrycznego w płaszczyźnie XZ (lewa strona) i YZ (środek) oraz wynik przeprowadzonego testu w płaszczyźnie yz (prawa strona)
Źródło: Archiwum własne.

Wśród testów półrocznych można wyróżnić *test Pin-Point* na zgodność izocentrum. Na rysunku 5 przedstawiono uchwyt ze specjalną wypustką w celu umieszczenia na niej filmu dozymetrycznego (np. Gafchromic RTQA) o odpowiednim kształcie i wymiarze. Po umieszczeniu filmu w zadanym miejscu konieczne jest wykonanie nakłucia przez igłę umieszczoną w środku obszaru przeznaczonego dla filmu. Tak przygotowany film zostaje zabezpieczony przez drugą część uchwytu i kolejno realizowany jest

plan z jedną ekspozycją, dla której wszystkie sektory mają przypisane kolimatory 4 mm, o współrzędnych $x = 100$, $y = 100$ oraz $z = 100$. Test wykonywany jest dla dwóch płaszczyzn: XZ i YZ.

Planowanie leczenia w Gamma Knife

Jednym z najważniejszych etapów leczenia jest proces przygotowania planu leczenia, który odbywa się przy użyciu systemu Leksell Gamma Plan 10.1.1 (LGP). System ten jest obsługiwany przez algorytm obliczeniowy TMR 10. Gamma Knife to urządzenie wykorzystujące technikę multiizocentryczną. Ideą planowania leczenia jest zastosowanie odpowiedniej liczby ekspozycji promieniowania, tzw. *shots* (strzałów), sterowanych układem ośmiosektorowym w celu zbudowania zadanej dawki promieniowania w obszarze leczonej zmiany, czyli targetu z jednoczesnym uwzględnieniem narzędzi krytycznych zlokalizowanych w sąsiedztwie targetu. W technice Gamma Knife targetem jest obszar GTV, a zadana dawka jest podana w jednej frakcji. Wartość izodozy marginalnej, czyli linii łączącej punkty o tej samej dawce, waha się od 45% do 70% w zależności od rodzaju leczonej zmiany nowotworowej. W większości przypadków stosowana jest izodoza 50% będąca odpowiednikiem izodozy 100% w przypadku konwencjonalnej radioterapii. Dawka terapeutyczna zależy także od rodzaju leczonej zmiany [1].

W sytuacji leczenia oponiaków oraz nerwiaków stosowana jest dawka 12 Gy w izodozie 50%. W przypadku oponiaków, w zależności od umiejscowienia, dawka marginalna może wynosić 13 Gy. Z kolei w planowaniu leczenia nerwiaków nerwu słuchowego (Acoustic Schwannoma) istotnym narzędziem krytycznym jest ślimak, gdzie maksymalna dawka nie powinna przekraczać 4,5 Gy dla słuchu o współczynniku GR (Garson Robert) równym 1. Ponadto istotnym OR jest pień mózgu, dla którego dawka maksymalna nie powinna przekraczać 13 Gy.

W leczeniu zmian przerzutowych dawki marginalne mieszczą się w zakresie 16-22 Gy w izodozie 55-70%. Wielkość dawki oraz izodozy marginalnej zależy od objętości leczonego guza. Im objętość jest większa, tym dawka marginalna oraz izodoza terapeutyczna jest mniejsza. Maksymalna liczba jednorazowo leczonych zmian przerzutowych wynosi 10.

Specyficznym przypadkiem nienowotworowym jest leczenie bólów neuralgicznych. Planowanie leczenia polega na wyznaczeniu punktu zlokalizowanego 7,5 mm od pnia mózgu w obszarze nerwu trójdzielnego. W przypadku leczenia neuralgii dawka terapeutyczna wynosi 80-90 Gy w izodozie 100%. Zwykle jest to leczenie monoizocentryczne, ale czasem istnieje konieczność zastosowania dwóch ekspozycji lub ekspozycji zblokowanej w celu zmniejszenia dawki maksymalnej w pniu mózgu. Rysunek 6 przedstawia rozkład dawki w czasie leczenia neuralgii dla pojedynczej, niezblokowanej ekspozycji, gdzie w każdym sektorze przypisano kolimator 4 mm.



reklama



OŚRODEK BADAŃ I ANALIZ „PP”

Marek Zając i Artur Zając s.c.

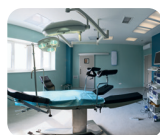
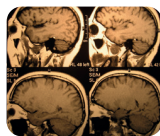
ul. prof. Michała Bobrzyńskiego 23A/U2, 30-348 KRAKÓW,

fax: +48 12 202 04 77, tel.: +48 603 18 77 88,

e-mail: ppmz@interia.pl

POSIADAMY AKREDYTACJĘ NR AB 286

POMIARY



WYKONUJEMY:

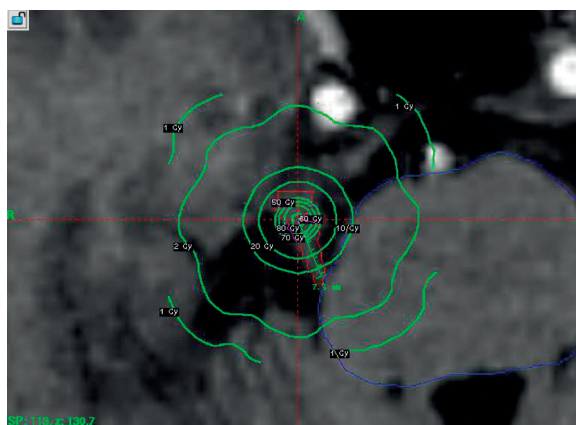
testy specjalistyczne aparatury rentgenowskiej (stomatologia, radiografia, fluoroskopia, mammografia, tomografia komputerowa) • pomiary dozymetryczne w środowisku pracy i w środowisku w otoczeniu aparatów rtg • projekty pracowni rtg wraz z obliczaniem osłon stałych • szkolenia z zakresu wykonywania testów podstawowych • opracowujemy dokumentację Systemu Jakości w pracowniach rtg.



PONADTO WYKONUJEMY POMIARY:



natężenia pola elektromagnetycznego (m.in. rezonans magnetyczny) • hałasu i drgań • natężenia i równomierności oświetlenia na stanowiskach pracy i oświetlenia awaryjnego • promieniowania optycznego nielaserowego (180–3000 nm): nadfioletowe, widzialne (w tym niebieskie), podczerwone • promieniowania laserowego • pobieranie prób powietrza oraz oznaczanie zawartości pyłu całkowitego i respirabilnego.

www.ppkrakow.pl

Rys. 6 Rozkład dawki w leczeniu neuralgii dla pojedynczej ekspozycji z 4 mm kolimatorami w każdym sektorze. Niebieską linią oznaczono obszar pnia mózgu, natomiast linią czerwoną określono obszar nerwu trójdzielnego
Źródło: Archiwum własne.

Weryfikacja planu leczenia

Do weryfikacji przygotowanych planów leczenia wykorzystywane jest oprogramowanie Gamma Knife Check MuCheck. Celem zastosowania modułu oprogramowania Gamma Knife Check jest niezależna weryfikacja dawki i/lub jednostek monitorowych (MU) dla pojedynczych lub wielu punktów, które zostały wcześniej wyznaczone w systemie planowania leczenia. Podobnie do systemu planowania leczenia Leksell Gamma Knife, Funkcja MuCheck Gamma Knife Check oblicza bezwzględną dawkę [Gy] dostarczoną przez jedną lub więcej ekspozycji do dowolnych punktów odniesienia w symulowanej geometrii czaszki. Punkty odniesienia są definiowane przez współrzędne XYZ pacjenta, a metody wykorzystywane do obliczeń są całkowicie niezależne od oprogramowania GammaPlan. Porównanie całkowitej dawki otrzymanej w systemie GammaPlan z odpowiednią dawką bezwzględną GammaKnifeCheck w określonym punkcie odniesienia pomaga zapewnić otrzymywanie przez pacjentów dawek promieniowania, zaplanowanych przez system planowania leczenia Leksell GammaPlan [2].

W ośrodku Exira Gamma Knife w Katowicach przyjęto następujące punkty pomiarowe: 95%, 90%, 80% oraz izodoza terapeutyczna. System MuCheck przyjmuje tolerancję różnicy do 5%.

Literatura

1. C.A. Goller, J.A. Fiedler, G.J. Gagnon, I. Paddick: *Radiosurgical Planning Gamma Trick and Cyber Pick*, Wiley-Blackwell, 2009, 12-15.
2. Gamma Knife Check User Manual Version 9.0.0, 1998-2016.
3. Geometric Quality Assurance for Leksell GammaKnife® Icon™, Art. No. 1518416601, 2015, Electa, 3.
4. Leksell Gamma Knife® Perfexion™ Instruction for Use, 1024015 Rev.01, 2012 Electa, 115.