



Nowa metoda wykonywania bolusa u pacjentów napromienianych w rejonie głowy i szyi

Piotr Czuchraniuk¹, Paweł Kukołowicz²

¹ Centrum Onkologii-Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Zakład Radioterapii I, ul. Roentgena 5, 02-798 Warszawa, e-mail: piotr.rtp@gmail.com

² Centrum Onkologii-Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Zakład Fizyki Medycznej, ul. Roentgena 5, 02-798 Warszawa, e-mail: pk@zfm.coi.pl

Wprowadzenie

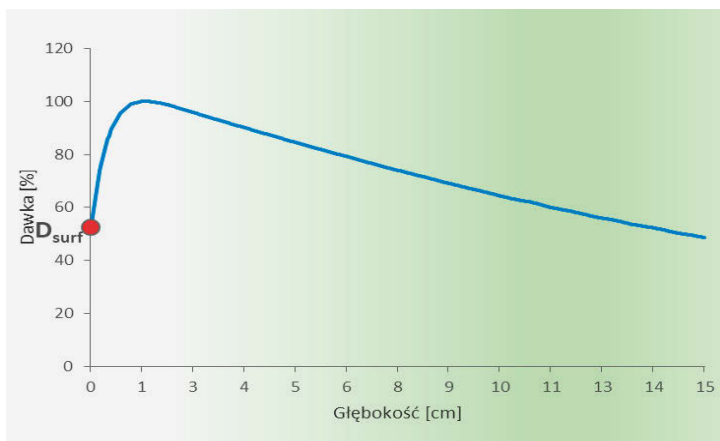
Ze względu na charakterystykę rozkładu dawki od wiązek fotonowych o energiach megawoltowych, tj. występowanie obszaru narastania dawki, w przypadku napromieniania zmian nowotworowych położonych płytko pod skórą szczególnie trudno jest uzyskać jednorodny rozkład dawki w zaplanowanym obszarze do napromieniania (Rys. 1) [1].

W takim przypadku uzyskanie jednorodnego rozkładu dawki w objętości tarczowej często wymaga zastosowania bolusa [2]. Bolus to dodatkowa warstwa absorbenta, w której deponowane są dawki z obszaru narastania dawki. Bolus jest najczęściej wykonany z materiału tkankopodobnego o gęstości zbliżonej do gęstości wody. Jest umieszczany na ciele pacjenta w obszarze napromienianym (Rys. 2).

Dobre przygotowanie bolusa jest trudne i dość czasochłonne ze względu na:

- krzywizny fizjologiczne i/lub deformacje pooperacyjne ciała,
- ograniczenia związane z lokalizacją i pozycją terapeutyczną, która może utrudniać założenie bolusa,
- stan kliniczny chorego
- obrzęki, utratę wagi,
- rozmiar bolusa
- im większy, tym trudniej go precyzyjnie ułożyć.

W celu zapewnienia odtwarzalności ułożenia pacjentów napromienianych w rejonie głowy i szyi powszechnie stosowane są maski termoplastyczne. W tym przypadku, gdy zachodzi konieczność użycia bolusa, producenci zalecają użycie bolusa termoplastycznego mocowanego na powierzchni maski termoplastycznej. Takie umieszczanie nie gwarantuje niestety dobrego przylegania bolusa do maski i tym samym do skóry pacjenta. Dodatkowo twarde bolusy termoplastyczne są niewygodne dla



Rys. 1 Wykres procentowej dawki głębokiej. Kolor czerwony – dawka powierzchniowa, kolor zielony – maksimum dawki

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 2 Przekrój poprzeczny przez obszar PTV (kolor czerwony) i bolus żelowy o grubości 1 cm

Źródło: Archiwum własne.



chorych, a niewielkie zmiany objętości tkanek pogarszają odtwarzalność ułożenia w masce.

Celem pracy jest zaproponowanie nowej metody wykonywania bolusów, które u pacjentów napromienianych w rejonie głowy i szyi zapewniają znacznie lepsze przyleganie do ciała pacjenta. Polega ona na wykonywaniu bolusów żelowych pod maską termoplastyczną. Taka metoda została zaproponowana i wprowadzona do praktyki klinicznej w Zakładzie Radioterapii I w Warszawie w Centrum Onkologii-Instytucie.

W pracy przedstawiona zostanie technologia przygotowywania bolusów umieszczanych pod maską. Zostaną omówione zalety i ograniczenia takiego bolusa oraz przedstawione wyniki kliniczne jego stosowania.

Wykonanie maski z bolusem w modelarni

Wykonanie maski termoplastycznej z bolusem można podzielić na cztery etapy. Pierwszy to wyznaczenie pozycji terapeutycznej i obszaru dla bolusa. Drugi to wykonanie formy dla bolusa. Etap trzeci to zamocowanie bolusa w formie. Etap czwarty to przymocowanie bolusa do maski (Rys. 3). W naszym ośrodku do zapewnienia odtwarzalności ułożenia pacjentów z nowotworami głowy i szyi niemal zawsze stosowane są tzw. maski pięciopunktowe. Do przeprowadzenia całej procedury konieczne są dwie osoby.

Po zapoznaniu się z zaleceniami od lekarza technik elektroradiologii ocenia stan kliniczny chorego pod kątem doboru właściwego rodzaju unieruchomienia i podejmuje decyzję o rodzaju zastosowanego bolusa i metodzie jego wykonania. Następnie zaznacza markerem obszar zmiany na skórze z odpowiednim marginesem, który powinien być objęty bolusem o określonej grubości. W przypadku planowania pełnej dawki terapeutycznej na obszar blizn pooperacyjnych stosowano bolus na bliznę z marginesem ok. 2,5 cm wokół blizny. Dużym utrudnieniem w prawidłowym wykonaniu maski z bolusem jest duży obszar zmiany do pokrycia bolusem w połączeniu z krzywiznami ciała.

Chory był układany w pozycji terapeutycznej. Dobierano odpowiednie podpórki pod głowę i szyję. Odpowiedni dobór podpórek pod głowę i szyję zapewniał wygodną pozycję chorego, bez zbytnej deformacji tkanek miękkich w rejonie szyi. Ustalając pozycję terapeutyczną, należy dążyć, o ile to możliwe, do takiego ułożenia chorego, aby krzywizny fizjologiczne ciała w obszarze bolusa były jak najłagodniejsze. Im bardziej płaska powierzchnia skóry, tym łatwiejsze wykonanie i lepsze przyleganie bolusa.

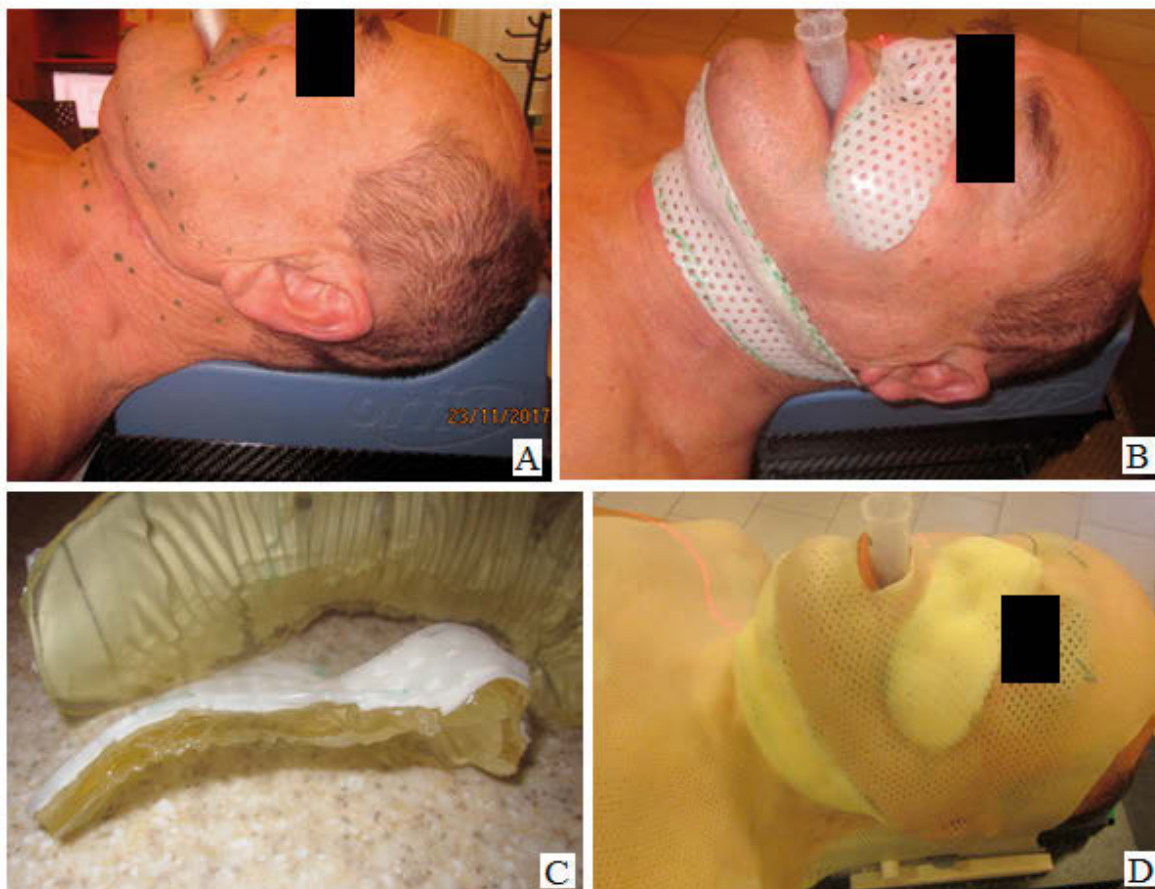
Po wyznaczeniu pozycji terapeutycznej i wielkości bolusa (Rys. 3A), wykonywano odcisk kształtu anatomicznego ciała w obszarze objętym bolusem (Rys. 3B). W tym celu arkusz materiału termoplastycznego o wielkości odpowiadającej wielkości zaplanowanego bolusa i grubości 2 mm rozgrzewano w wodzie o temperaturze 65°C. Proces modelowania – odwzorowania odpowiedniego kształtu jest identyczny jak dla wykonania maski

termoplastycznej, tj. po wyjęciu z wody, osuszeniu i położeniu na skórze w obszarze planowanego bolusa arkusza materiału termoplastycznego przystępowano do jego modelowania, starając się jak najwierniej odtworzyć kształt ciała w tym obszarze. Nadmiar materiału termoplastycznego przycinano, aby odpowiadał obszarowi zaplanowanego bolusa. W powstałą w ten sposób sztywną formę wklejano bolus przy użyciu taśmy dwustronnie klejącej (Rys. 3C). Aby bolus precyzyjnie przylegał do formy, w przypadku dużych krzywizn, należało go naciąć i odpowiednio dopasować. Materiał bolusa żelowego jest bardzo lepki, co znakomicie ułatwia jego formowanie, należy jednak pamiętać o zabezpieczeniu plastrem lub cienką przezroczystą folią spożywczą cięć i brzegów bolusa przed ich przyklejeniem się do maski. Tak wykonany i zamocowany w sztywnej formie bolus przymierzano na chorym i dokonywano odpowiednich korekt, dążąc do jak najlepszego przylegania bolusa do skóry.

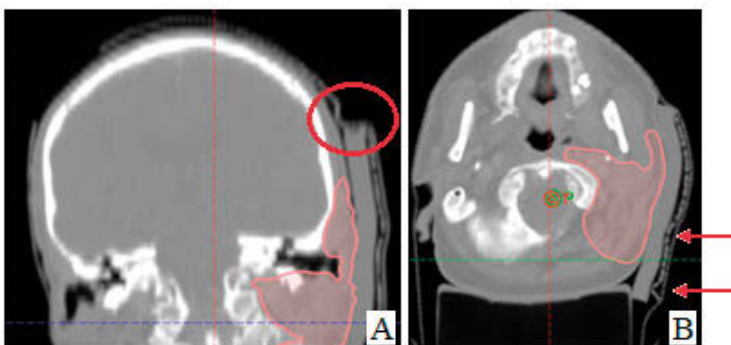
Proces wykonania maski termoplastycznej (Rys. 3D) z bolusem różni się jedynie modelowaniem maski w okolicy bolusa, poza nie odbiega od przygotowania maski bez bolusa. Przed wykonaniem maski należy ustalić położenie formy z bolusem na chorym, zgodnie z zaplanowanym obszarem dla bolusa. Należy zwrócić szczególną uwagę, aby forma z bolusem nie uległa przesunięciu podczas wykonywania maski.

Do wykonania masek z bolusem używano masek termoplastycznych pięciopunktowych z mikroperforacją o grubości 2 mm. Rozgrzaną w temperaturze 65°C maskę termoplastyczną wyjmowano z wody, osuszano i układano na chorym wg instrukcji producenta. Podczas układania maski na chorym zwracano szczególną uwagę na to, aby bolus nie zmienił swojego położenia. Równocześnie modelowano maskę w okolicy nasady nosa, czoła, uszu i brody oraz w okolicy bolusa. Modelowanie maski w okolicy bolusa polegało na odtworzeniu formy z bolusem na masce. W ten sposób powstawała w masce wnęka odwzorowująca kształt formy z bolusem, która zabezpieczała przed przesunięciem się bolusa i ułatwiała odtworzenie położenia bolusa w masce w przypadku odklejenia. Należało zwracać szczególną uwagę, aby tak powstała wnęka nie była głębsza niż wymiar grubości bolusa i formy. Wnęka głębsza niż grubość bolusa spowodowałaby opieranie się maski o powierzchnię skóry i w konsekwencji odstawanie bolusa od skóry (Rys. 4A). Zalecana głębokość wnęki maski na bolus to 50% łącznego wymiaru formy i grubości bolusa. W celu lepszego przylegania bolusa poza maską na krzywiznach ciała formę modelowano tak, aby dociskała bolus do skóry (Rys. 4B).

Po wystygnięciu maski, tj. po ok. 10 minutach, zdejmowano maskę i bolus, a następnie wklejano formę z bolusem do wnęki maski przy użyciu taśmy dwustronnie klejącej. Z równym skutkiem stosowano naklejenie taśmy na formę z bolusem przed wykonaniem maski i modelowaniem maski. W ten sposób powstawała maska zintegrowana z bolusem, która ustalała położenie bolusa zawsze w tym samym miejscu. Taka metoda wykonania i mocowania bolusa ułatwia jego zakładanie, gdyż bolus jest na stałe połączony z maską.



Rys. 3 Etapy wykonania maski z bolusem żelowym zamocowanym pod maską: A – wyznaczenie pozycji terapeutycznej z zaznaczeniem obszaru bolusa, B – wykonanie formy odwzorowującej kształt ciała, C – nadanie kształtu bolusowi, D – zamocowanie formy z bolusem pod maską unieruchamiającą
Źródło: Archiwum własne.



Rys. 4 A – zbyt głęboka wnęka na bolus powoduje jego odsunięcie od skóry, B – formowanie docisku bolusa
Źródło: Archiwum własne.

Po wykonaniu unieruchomienia z bolusem przymierzano maskę z bolusem na chorym. W tym celu zdejmowano chorego ze stołu i ponownie układano, odtwarzając wyznaczoną pozycję terapeutyczną. Następnie zakładano maskę choremu tak, aby jak najbardziej przylegała do powierzchni głowy i szyi chorego. W tym celu chory wykonywał delikatne ruchy głową, a technik starał się dopasować maskę, aby jej zagłębienia pokryły się z fizjologicznymi zagłębieniami ciała. Zasadniczym celem

ponownego ułożenia chorego w pozycji terapeutycznej było nauczenie chorego współpracy, tj. w jaki sposób ma się układać oraz jak się zachować podczas zakładania maski. Po zakończeniu pracy opisywano ułożenie i użyte akcesoria w systemie linii terapeutycznej i na masce.

Wykonany bolus, jego przyleganie do ciała pacjenta było oceniane po wykonaniu tomografii komputerowej do planowania leczenia. W tabeli 1 przedstawiono wymagania obowiązujące w COI, jakie powinien spełniać bolus indywidualny.

Tabela 1 Parametry graniczne w odstawianiu bolusów o różnej grubości

Grubość bolusa	Tolerancja przylegania
1,0 cm	0-0,5 cm
0,5 cm	0-1,0 cm

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku przekroczenia parametrów granicznych na jednym z przekrojów dokonywano korekty położenia bolusa w masce.

**Tabela 2** Wyniki przylegania bolusa żelowego (nowa metoda). Na czerwono zaznaczono przekroczenia przyjętych tolerancji

Nr. chorego	Lokalizacja	Przyleganie bolusa w TK w obszarze PTV. Min.- Max (cm).	Odstawianie bolusa powyżej wartości Min.-Max. z kolumny 3 Wartość (cm.)/ilość skanów.	Przyleganie bolusa w 1 frakcji w obszarze PTV. Min.- Max (cm). W obrazowaniu CBCT	Odstawianie bolusa powyżej wartości Min.-Max. z kolumny 5 Wartość (cm.)/ilość skanów.	Całkowita długość PTV w pasie	Grubość bolusa (cm.)	Ilość frakcji
1	ślinianka	0,0-0,2	0,0/0	0,0-0,2	0,4/8 0,5/15	11 cm.	0,5	5
2	ślinianka	0,0-0,0	0,0/0	0,0-0,3	0,4/4	9,0 cm	0,5	5
3	oczodoł	0,0-0,3	0,4/4	0,0-0,3	0,4/1	11 cm.	0,5	22
4	kratki	0,0-0,0	0,0/0	0,0-0,0	0,4/2	13 cm.	0,5	18
5	szyja	0,0-0,1	0,0/0	0,0-0,3	0/0	16 cm	1	22
6	ucho	0,0-0,0	0,3/3	0,0-0,0	0,3/4 0,4/8	19 cm	1	
7	gardło	0,0-0,0	0,2/2	0,0-0,0	0,3/2 0,4/2 0,5/2	12 cm	1	4
8	policzek	0,0-0,0	0,3/8 0,5/9	0,0-0,2	0,3/8 0,4/3	8,5	1	33
9	ucho	0,0-0,4	0,6/3	0,0-0,4	0/0	11,5	1	20

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 3 Wyniki przylegania bolusa żelowego (stara metoda)

Nr. Chorego	Lokalizacja	Przyleganie bolusa w TK w obszarze PTV. Min.- Max (cm).	Odstawianie bolusa powyżej wartości Min.-Max. z kolumny 3 Wartość (cm.)/ilość skanów.	Przyleganie bolusa w 1 frakcji w obszarze PTV. Min.- Max (cm). W obrazowaniu CBCT	Odstawianie bolusa powyżej wartości Min.-Max. z kolumny 5 Wartość (cm.)/ilość	Całkowita długość PTV w pasie	Grubość bolusa (cm.)	Ilość frakcji
1	policzek	0,1-0,3/8 skanów	0,4/11 0,5/13 0,6/3 0,7/3 0,8/2	0,2	0/0	8 cm	0,5	5
2	nos	0,3-0,8	0,3/2 0,4/3 0,5/11 0,6/7 0,7/4 0,8/10	0,3-0,8	0,3/2 0,4/3 0,5/11 0,6/7 0,7/4 0,8/10	5cm	1 cm	31
3	język	0,0-0,2/5 skanów	0,3- 1,1 / 30	0,4-1,6	0,4/5 1,0/9 1,2/4 1,4/10 1,6/7	7 cm	1 cm	30
4	ucho	0,3-1,0	0,3/20 0,4/8 0,6/10 0,7/4 0,8/21 1,0/4	0,2-0,7	0,2/37 0,3/6 0,4/5 0,5/10 0,6/9	16 cm	1 cm	30
5	szyja	0,0-0,3	0,0-0,3	0,0-0,3	0,0-0,3	5 cm	1 cm	5
6	krtań	0,3-0,5	0,3-0,5	0,2-0,3	0,2-0,3	4,5 cm	0,5 cm	28
7	zatoki	0,1-0,5	0,5/13	0,1-0,2	0,1-0,2	6,5 cm	0,5 cm	33
8	skóra nosa	0,3-0,6	0,3/9 0,4/5 0,5/3 0,6/5	0,3/9 0,4/6 0,5/4 0,6/4	0,3/9 0,4/6 0,5/4 0,6/4	4cm	0,5 cm	5
9	nos	0,4-0,9	0,4/2 0,5/5 0,6/11 0,7/12 0,8/4 0,9/8	0,6/12 0,7/3 0,8/9 0,9/6	0,4/9 0,5/4 0,6/12 0,7/3 0,8/9 0,9/6	7,5 cm	1 cm	27

Źródło: Opracowanie własne.



Uzyskane wyniki

Wykonywanie bolusów nową metodą nie jest bardziej czasochłonne od przygotowania bolusa termoplastycznego. Wymaga od zespołu modelarni nabycia nowych umiejętności, które jednakże nie wykraczają znacząco poza posiadane kompetencje. Koszt wykonania nowego bolusa jest podobny jak bolusów termoplastycznych. Pacjenci leczeni z zastosowaniem nowych bolusów nie wnosili jakichkolwiek zastrzeżeń co do komfortu leczenia. Znaczącą przewagą nowych bolusów jest ich lepsze przyleganie do ciała pacjenta. W tabelach 2 i 3 zamieszczone zostały wyniki odstawiania bolusów od ciała dla chorych z bolusem żelowym (nowa metoda) i z bolusem termoplastycznym (metoda używana dotychczas). W wynikach umieszczono informacje o odstawianiu bolusa bezpośrednio po wykonaniu oraz wyznaczone w pierwszej sesji terapeutycznej z użyciem obrazów uzyskanych metodą tomografii wiązką stożkową.

Na etapie wykonywania TK nie przekroczono przyjętych poziomów w przyleganiu dla bolusa o grubości 1 cm i 0,5 cm poza jednym przypadkiem, gdzie w trzech przekrojach przekroczenie wynosiło 1 mm.

Podczas napromieniania w kontroli CBCT, wykonanej w pierwszej sesji terapeutycznej, u żadnego chorego nie przekroczono przyjętych poziomów w przyleganiu dla bolusa o grubości 1 cm i 0,5 cm. Nie zaobserwowano przestrzeni powietrza (*air gaps*) w bolusie.

W przypadku bolusa termoplastycznego mocowanego na masce na etapie wykonywania tomografii komputerowej do planowania leczenia przyjęte poziomy przylegania dla bolusa o grubości 1 cm były przekroczone u 4 na 10 chorych, maksymalne przekroczenie wynosiło 0,6 cm ponad przyjęte normy (wynik 1,1 cm). Nie stwierdzono przekroczenia poziomów w przyleganiu bolusa 0,5 cm.

W pierwszej sesji terapeutycznej poziomy przylegania dla bolusa 1 cm były przekroczone 4 na 10 chorych, maksymalne przekroczenie wynosiło 1,1 cm ponad przyjęte normy (wynik 1,6 cm). Nie stwierdzono przekroczenia poziomów w przyleganiu bolusa 0,5 cm.


Bolusy mocowane na masce nie przylegają dobrze w miejscach zagłębienia ciała z powodu maski, na której są mocowane. Maski separuje bolus od skóry o ok. 1,5 mm i nie odwzorowuje dobrze ostrych krzywizn ciała. Zaobserwowano również przestrzenie powietrzne w samym bolusie.

Podsumowanie

Metoda wykonywania bolusów żelowych pod maską unieruchamiającą poprawia ich przyleganie do skóry, w szczególności, gdy konieczne jest zastosowanie bolusa o grubości 1 cm, przez co możliwe jest uzyskanie optymalnego rozkładu dawki na powierzchni skóry/zmiany. W przypadku bolusa o grubości 0,5 cm dobre przyleganie do skóry uzyskano również dla bolusa żelowo wykonywanego według starej metody.

Technika wykonania bolusa żelowego pod maską umożliwia jego adaptację, tj. daje możliwość skorygowania przylegania bolusa w przypadku zmian objętości tkanek miękkich. Adaptacja bolusa do zmienionych warunków anatomicznych jest szczególnie istotna pod koniec leczenia, gdzie chorzy często chudną i przerwa w leczeniu na wykonanie nowego planu wpływa niekorzystnie na wyniki leczenia.

Wyniki odtwarzalności ułożenia są porównywalne dla obu technik wykonywania bolusa. Zbyt duże marginesy w planowaniu bolusa – duży obszar do pokrycia bolusem – utrudniają wykonanie bolusa. Łatwiej wykonać bolus mniejszy, dlatego precyzyjne zaplanowanie bolusa jest ważne z punktu widzenia techniki wykonania, a co za tym – jego przylegania.

Autorzy publikacji chętnie prześlą swoje doświadczenia wszystkim zainteresowanym. 

Literatura

1. P. Kukołowicz: *Charakterystyka wiązek terapeutycznych fotonów i elektronów*, Warszawa 2017.
2. M. Gruda, E. Dąbrowska, E. Jakubowska, P. Czuchraniuk, D. Bodzak: *Bolus w radioterapii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 3, 2017, 143-151.

reklama

SZKOLENIA SPECJALISTYCZNE IOR, ORP, OA



SZKOLENIA
<http://szkolenia.ifj.edu.pl>



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

