

## STRESZCZENIE

### DOZYMETRYCZNA OCENA REALIZACJI PLANU LECZENIA TECHNIKĄ DYNAMICZNĄ W RADIOTERAPII

Dynamiczna technika łukowa VMAT jest metodą napromieniania w radioterapii, umożliwiającą uzyskanie jednorodnego rozkładu dawki w planowanym obszarze leczenia, z jednoczesną redukcją dawek w organach krytycznych. W rezultacie narządy krytyczne uzyskują niższe dawki, w porównaniu ze standardowym leczeniem techniką konformalną 3DCRT. W technice VMAT wysoką jednorodność rozkładu dawki uzyskuje się dzięki ciągłemu ruchowi gantry, która porusza się ze zmienną szybkością w określonym zakresie kątowym, wraz ze zmienną mocą dawki promieniowania oraz z jednoczesną zmianą kształtu pola terapeutycznego w trakcie ekspozycji. Wstępna weryfikacja planu leczenia jest rekomendowana dla każdego planu VMAT w celu wykrycia ewentualnych różnic pomiędzy dawką zaplanowaną a otrzymaną. Powszechnie stosowaną metodą jest pomiar dawki w punkcie z użyciem komory jonizacyjnej. W ostatnim czasie do użytku klinicznego zaczęto wprowadzać liczne systemy oparte na matrycach komór jonizacyjnych. W związku z powyższym wiele metod weryfikacji z użyciem fantomów i systemów dozymetrycznych, używanych do sprawdzania planów leczenia, zostało poddanych ocenie w celu znalezienia optymalnego narzędzia kontrolnego.

**Cel:** Celem pracy jest wyznaczenie optymalnego narzędzia do dozymetrycznej weryfikacji planu leczenia teleradioterapeutycznego realizowanego w dynamicznej technice łukowej VMAT (*Volumetric Modulated Arc Therapy*) spośród trzech porównywanych metod:

- 1) analizy dozymetrycznej planu leczenia wykonanej w systemie Compass IBA Dosimetry,
- 2) oceny rozkładu dawki w systemie OmniPro,
- 3) pomiaru dawki w punkcie.

**Materiały i metody:** Ocenie zostały poddane cztery grupy pacjentów z rozpoznaniem nowotworu prostaty (25 pacjentów), łożą po prostatektomii (11 pacjentów), nowotworem trzonu macicy (15 pacjentek) oraz odbytnicy (16 pacjentów) leczonych techniką VMAT. Weryfikacja wstępna, polegająca na zmierzeniu rozkładu dawki za pomocą matrycy detektorów, została wykonana dla wszystkich planów leczenia. Wartość %GP dla metody gamma 2D i 3D oraz różnych kryteriów akceptacji: 3%/3 mm, 2%/2 mm, 1%/1 mm, została

wyznaczona w systemie OmniPro i Compass. Wartości %DE, zostały wyznaczone z histogramu dawka-objętość (DVH) wyliczonego w systemie planowania leczenia Monaco oraz w systemie Compass i na podstawie wyniku pomiaru dawki w punkcie. Analiza dawki została przeprowadzona dla parametrów PTV i narządów krytycznych zlokalizowanych w obszarze miednicy. Parametry  $D_{1\%}$ ,  $D_{98\%}$ ,  $D_{5r}$  dla objętości PTV oraz dawki tolerancji rekomendowane m.in. przez QUANTEC i ICRU zostały przeanalizowane. Statystyczne korelacje pomiędzy wartością %GP i %DE zostały poddane ocenie w oparciu o współczynnik Pearsona. Przydatność metody została oceniona na podstawie krzywej ROC i parametru AUC oraz oceny liczby błędnych klasyfikacji uzyskanych m.in. z metody gamma. Ponadto wszystkie plany zostały przeliczone niezależnym algorytmem Collapsed Cone Convolution (CCC) wbudowanym w system Compass i porównane z algorytmem Monte Carlo (MC) używanym w systemie Monaco.

**Wyniki:** Porównanie zaplanowanego DVH z rozkładem zrealizowanym na aparacie we wszystkich grupach pacjentów, w oparciu o parametry dozymetryczne, m.in. PTV, pęcherza, odbytnicy, głowy kości udowej, nie wykazało statystycznie istotnych różnic ( $p > 0,05$ ). Dla wszystkich grup chorych oraz zadanych kryteriów akceptacji: 3%/3 mm, 2%/2 mm oraz 1%/1 mm uzyskane wartości %GP wyznaczone metodą 2D i 3D były wyższe niż odpowiednio: 97,7%, 87,76% oraz 54,07%. Liczba korelacji była wyższa dla metody 3D w odniesieniu do 2D w grupie pacjentów z nowotworem prostaty oraz pacjentek z nowotworem trzonu macicy. Wartość współczynnika ( $r < 0,5$ ) wskazywała na słabą siłę związku. Parametr AUC wyznaczony z krzywej ROC przyjmował wartość poniżej 0,780. Największe wartości %DE wyznaczone z porównania algorytmu CCC z MC, uzyskano na granicy ośrodka tkanki miękkiej i kości, w obszarze głowy kości udowej oraz w obszarze charakteryzującym się wysokim gradientem dawki, m.in. w obszarze jelit. W obszarach PTV uzyskano wartości %DE poniżej 2,1% we wszystkich grupach pacjentów.

**Wnioski:** Przeprowadzone badania oraz wykonane analizy umożliwiły wyciągnięcie następujących wniosków:

- 1) ocena rozkładu dawki promieniowania w planach leczenia techniką dynamiczną potwierdziła uzyskanie dawek tolerancji dla większości narządów krytycznych oraz jednorodnego rozkładu dawki w obszarze nowotworu. Analiza rozkładu dawki w systemie Compass i OmniPro z wykorzystaniem metody gamma 2D umożliwiła ocenę zgodności dozymetrycznych parametrów zaplanowanych ze zrealizowanymi na

akceleratorze. Tylko system Compass umożliwił analizę gamma 3D wraz z oceną procentowego błędu dozymetrycznego %DE (*Percentage Dosimetric Error*), dzięki czemu możliwa była ocena wpływu dokładności realizacji leczenia na histogram DVH (*Dose Volume Histogram*). Dlatego metoda wykorzystywana w systemie Compass jest rekomendowana do weryfikacji technik dynamicznych, spośród pozostałych omawianych metod,

- 2) w związku z tym, że zastosowanie współczynnika korelacji Pearsona ( $r$ ) do oceny zależności pomiędzy wynikiem analizy gamma %GP (*Percentage Gamma Passing Rate*), a procentowym błędem dozymetrycznym %DE wyznaczonym z wykresu DVH (*Dose Volume Histogram*) oraz z pomiaru dawki w punkcie, wykazało słabe lub nikłe korelacje we wszystkich analizowanych grupach pacjentów, nie możemy opierać się tylko na jednym parametrze (%GP lub %DE) podczas weryfikacji planu, bez narażania się na utratę cennych informacji związanych z realizacją leczenia,
- 3) analiza krzywej ROC (*Receiver Operating Characteristic Curve*) pozwoliła na ocenę prawdziwie pozytywnych TP (*True Positive*) oraz fałszywie negatywnych FN (*False Negative*) przypadków dotyczących metody gamma oraz procentowego błędu dozymetrycznego. Wartość parametru AUC (*Area Under Curve*) potwierdziła niską przydatność diagnostyczną parametru %GP (*Percentage Gamma Passing Rate*) dla badanych lokalizacji,
- 4) porównanie algorytmu MC (*Monte Carlo*) z niezależnym algorytmem CCC (*Collapsed Cone Convolution*) wykazało wysoką zgodność wyników i pozwoliło na szybką oraz wiarygodną weryfikację poprawności działania systemu planowania leczenia.