



Wyniki odtwarzalności ułożenia pacjentów napromienianych wiązkami zewnętrznymi w Centrum Onkologii – Instytucie w Warszawie w roku 2017

Results of set-up control for patients treated with external beams in 2017 in the Maria Skłodowska-Curie Memorial Cancer Center in Warsaw

Paweł Kukotowicz¹, Piotr Czuchraniuk², Agnieszka Kmita², Monika Mazur², Katarzyna Jancewicz², Daria Niebytowska², Waldemar Mazur², Alicja Przybyś³

¹Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytutu im. Marii Skłodowskiej-Curie, ul. Roentgena 5, 02-798 Warszawa, tel. +48 22 546 27 75, e-mail: p.kukotowicz@zfm.coi.pl

²Zakład Radioterapii, Pracownia Przygotowania Pacjentów i Kontroli Jakości, Centrum Onkologii – Instytutu im. Marii Skłodowskiej-Curie, ul. Roentgena 5, 02-798 Warszawa

³Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Wprowadzenie

Kontrola ułożenia odgrywa niezwykle istotną rolę w bezpiecznej realizacji pacjentów napromienianych wiązkami zewnętrznymi. Błędy dozymetryczne, wychwycone na wczesnym etapie napromieniania, zwykle mogą być skorygowane poprzez zmianę dawki frakcyjnej lub dawki catkowitzej. Korekta błędów

geometrycznych, wynikających z nieprawidłowego ułożenia pacjenta, zwykle nie jest możliwa. Istotny postęp w zapewnieniu bezpieczeństwa radioterapii, jaki nastąpił po roku 2000, dotyczy między innymi wyposażenia przyspieszaczy liniowych w systemy obrazowe, które umożliwiają wykonanie zdjęcia portalowego lub tomografii wiązką stożkową bezpośrednio przed napromienianiem lub – w przypadku tej pierwszej opcji – nawet w czasie

128

Streszczenie

Kontrola odtwarzalności ułożenia jest istotnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa radioterapii. Wykonywana u każdego leczonego pacjenta umożliwia zmniejszenie rozbieżności pomiędzy planem i jego realizacją. Analiza wyników kontroli ułożenia przeprowadzonych w dłuższym czasie umożliwia ogólną ocenę jakości napromieniania. W tej pracy przedstawiono, zgromadzone w 2017 roku, wyniki kontroli ułożenia w 5 jednorodnych grupach pacjentów leczonych z powodu nowotworów głowy i szyi, nowotworów piersi, nowotworów tkanek miękkich, przewodu pokarmowego górnego i nowotworów ginekologicznych napromienianych w Centrum Onkologii – Instytucie w Warszawie na Ursynowie. Kontrolę przeprowadzano w pierwszych trzech sesjach terapeutycznych. Wyniki są zaprezentowane w kategoriach błędów przypadkowych i systematycznych.

Słowa kluczowe: odtwarzalność ułożenia, wiązki zewnętrzne, zmiany dawki frakcyjnej

The setup control is an important part of the quality assurance of the external radiotherapy. It enables diminishing the observed discrepancies between the treatment plan and its actualization. The analysis of the data of setup control collected in the radiotherapy department for the longer period of time enables the evaluation of the quality of the irradiation. In this article the results of setup control for the patients irradiated in the Memorial Maria Skłodowska-Curie Cancer Center Institute of Oncology, collected for the 5 locations (head&neck, breast, sarcomas, the upper digestive tract and gynecology) in 2017 year are presented. The setup control was performed in the first free treatment sessions. The results are presented in terms of random and systematic setup errors.

Key words: set-up control, external beams, inter fraction changes

Abstract

otrzymano / received:

01.04.2019

poprawiono / corrected:

03.04.2019

zaakceptowano / accepted:

08.04.2019



trwania seansu terapeutycznego [1]. Porównanie obrazów referencyjnych, przygotowanych na etapie planowania leczenia, z obrazami uzyskanymi bezpośrednio przed napromienianiem pozwala na określenie błędu ułożenia. Z punktu widzenia jakości leczenia szczególnie istotna jest minimalizacja błędów systematycznych. W Centrum Onkologii w Warszawie na Ursynowie poza bieżącą kontrolą ułożenia, wykonywaną według opracowanego protokołu, raz w roku podsumowywane są wyniki kontroli ułożenia w poszczególnych grupach jednorodnych pacjentów. W skład każdej jednorodnej grupy pacjentów wchodzi osoba napromieniana w tej samej lokalizacji, tą samą techniką. W tym opracowaniu przedstawione zostaną wyniki dla 5 jednorodnych grup pacjentów leczonych z powodu nowotworów głowy i szyi, nowotworów piersi, nowotworów tkanek miękkich, przewodu pokarmowego górnego i nowotworów ginekologicznych.

Materiał i metody

Kontrola ułożenia

Kontrola ułożenia była realizowana poprzez wykonanie dwóch prostokątnych zdjęć portalowych, które były porównywane z wytworzonymi metodami cyfrowymi wzorcami tych dwóch zdjęć portalowych (tzw. rekonstrukcje radiograficzne – DRR). W szczególnych przypadkach wykonywano również badanie z zastosowaniem tomografii wiązki stożkowej. Wszyscy pacjenci byli napromieniani na akceleratorach firmy Varian. Na każdym obrazie DRR przed rozpoczęciem leczenia wrysowywane były kontury dobrze widocznych i stabilnych struktur anatomicznych, zgodnie z zaleceniami Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej. Obrazy były analizowane w czasie rzeczywistym na urządzeniu terapeutycznym bezpośrednio po wykonaniu zdjęć portalowych. Jeżeli wynik kontroli ułożenia określony dla dowolnego kierunku przód – tył, głowa – nogi i lewo – prawo przekraczał przyjęty drugi poziom reagowania, to pacjent był układany ponownie. Jeżeli wynik zawierał się w przedziale pomiędzy pierwszym i drugim poziomem reagowania poprzez odpowiednie ruchy stołu terapeutycznego, korygowano istniejącą rozbieżność. W tym przypadku po wykonaniu przesunięcia stołu terapeutycznego ponownie wykonywano dwa zdjęcia portalowe, aby upewnić się, że uzyskane zostało właściwe położenie ciała pacjenta względem źródła promieniowania. Jeżeli wynik nie przekraczał pierwszego progu reagowania, pacjenta napromieniano bez

jakichkolwiek zmian położenia stołu terapeutycznego. W tabeli 1 zamieszczono progi reagowania dla lokalizacji, których wyniki są analizowane w tej pracy.

Po zakończeniu napromieniania obrazy portalowe były analizowane przez elektroradiologów specjalizujących się w określaniu błędów ułożenia. Wyniki te są przedstawione w niniejszej pracy. Od czwartej sesji terapeutycznej postępowano zgodnie z zasadami określonymi przez protokół Bez Progu Reagowania. Jeżeli błąd systematyczny ułożenia (wzór 1) przekraczał 2 mm (3 mm i więcej) po ułożeniu pacjenta w pozycji terapeutycznej, korygowano położenie stołu o wartość przeciwną do wyznaczonego błędu. Jeżeli wartość średnia przekraczała drugi poziom reagowania, wdrażano procedurę wyjaśniającą i rozpoczynano procedurę kontroli ułożenia od początku.

Analiza wyników

Dane z kontroli ułożenia były analizowane według propozycji podanych przez Marcela van Herka [1]. Dla każdego pacjenta z użyciem wyników uzyskanych w pierwszych 3 sesjach terapeutycznych obliczany był błąd systematyczny i błąd przypadkowy. Błąd systematyczny dla k-tego pacjenta ($X_{syst,k}$) był obliczany jako wartość średnia z błędów określonych w 3 pierwszych sesjach terapeutycznych.

$$(X_{syst})_k = \frac{\sum_{i=1}^3 X_i}{3} \quad (1)$$

X_i to błąd w i-tej frakcji dla kierunku x. Dla pozostałych kierunków stosowane były analogiczne wzory.

Błąd przypadkowy s_k dla k-tego pacjenta dla kierunku x był obliczany ze wzoru:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (X_i - (X_{syst})_k)^2}{2}} \quad (2)$$

W grupie liczącej co najmniej 20 losowo wybranych pacjentów dla każdej lokalizacji wyznaczano wartość populacyjnego błędu systematycznego i populacyjnego błędu przypadkowego oraz miarę rozproszenia błędów systematycznych. Populacyjny błąd systematyczny dla kierunku x był obliczany ze wzoru:

$$(X_{syst})_{pop}^k = \frac{\sum_{k=1}^K (X_{syst})_k}{K} \quad (3)$$

K to liczba pacjentów.

Miarę rozproszenia błędów systematycznych obliczano ze wzoru:

$$\Sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 ((X_{syst})_k - (X_{syst})_{pop}^k)^2}{K-1}} \quad (4)$$

Tabela 1 Progi reagowania stosowane w COI w Warszawie

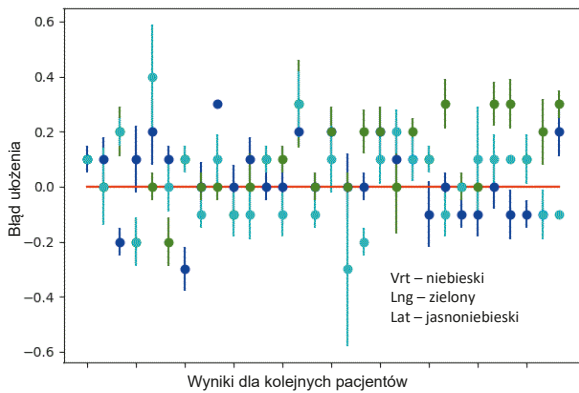
Lokalizacja	Pierwszy próg reagowania (cm)	Drugi próg reagowania (cm)
Głowa i szyja	0,3	0,5
Ginekologia	0,4	0,7
Tkanki miękkie	0,4	0,7
Przewód pokarmowy górny	0,4	0,7
Pierś	0,6	0,6

Źródło: Opracowanie własne.

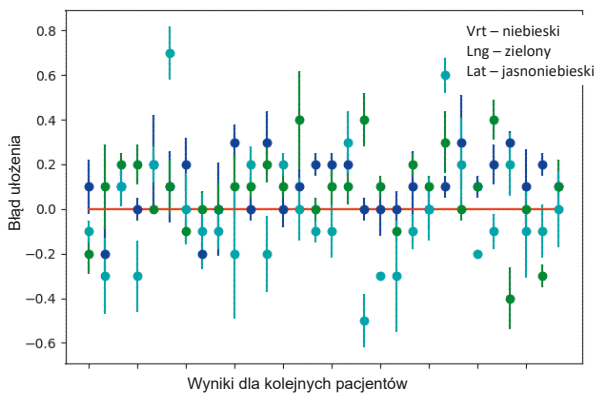


Wyniki

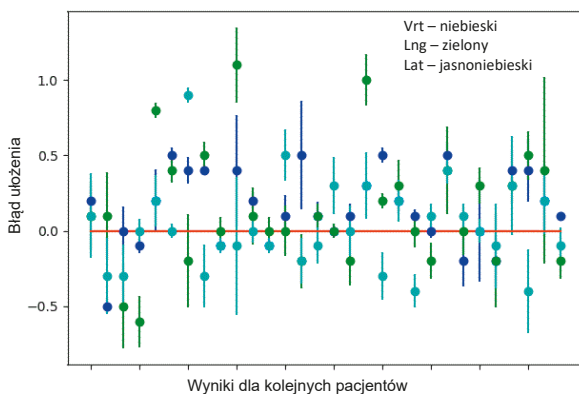
Na rysunkach 1-5 przedstawiono wyniki odpowiednio dla pacjentów z nowotworami głowy i szyi, ginekologicznymi, tkanek miękkich, a także zlokalizowanymi w przewodzie pokarmowym górnym i piersi.



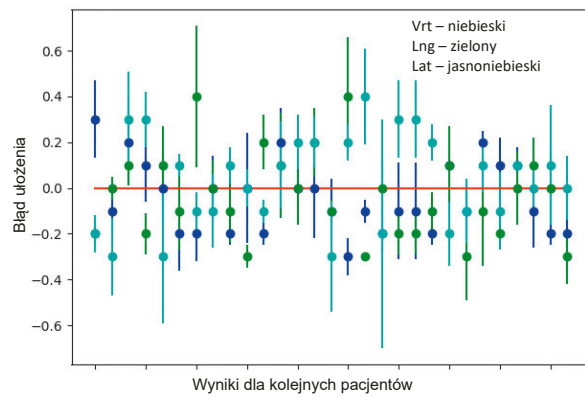
Rys. 1 Wyniki dla pacjentów napromienianych w rejonie głowy i szyi. Vrt – kierunek przód – tył, Lng – kierunek głowa – nogi, Lat – kierunek lewo – prawo
Źródło: Opracowanie własne.



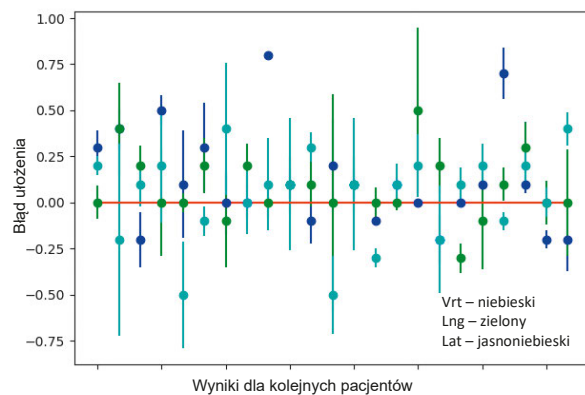
Rys. 2 Wyniki dla pacjentów ginekologicznych. Vrt – kierunek przód – tył, Lng – kierunek głowa – nogi, Lat – kierunek lewo – prawo
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 3 Wyniki dla pacjentów napromienianych w rejonie górnego odcinka przewodu pokarmowego. Vrt – kierunek przód – tył, Lng – kierunek głowa – nogi, Lat – kierunek lewo – prawo. Pionowa kreska określa rozproszenie wyników wyrażone jako odchylenie standardowe
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 4 Wyniki dla pacjentów napromienianych z nowotworem piersi. Vrt – kierunek przód – tył, Lng – kierunek głowa – nogi, Lat – kierunek lewo – prawo. Pionowa kreska określa rozproszenie wyników wyrażone jako odchylenie standardowe
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5 Wyniki dla pacjentów napromienianych z nowotworami tkanek miękkich. Vrt – kierunek przód – tył, Lng – kierunek głowa – nogi, Lat – kierunek lewo – prawo. Pionowa kreska określa rozproszenie wyników wyrażone jako odchylenie standardowe
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2 Błędy systematyczne i przypadkowe dla 5 grup pacjentów

	Vrt (cm)	Lat (cm)	Lng (cm)	
Głowa i szyja	błąd systematyczny*	0,00±0,13	0,0±0,14	0,0±0,15
	błąd przypadkowy	0,1	0,07	0,08
Ginekologia	błąd systematyczny*	0,1±0,13	0,1±0,18	0,0±0,26
	błąd przypadkowy	0,1	0,08	0,12
Tkanki miękkie	błąd systematyczny*	0,1±0,27	0,1±0,17	0,0±0,24
	błąd przypadkowy	0,10	0,18	0,19
Przewód pokarmowy górny	błąd systematyczny*	0,20±0,24	0,10±0,38	0,0±0,28
	błąd przypadkowy	0,11	0,18	0,16
Pierś	błąd systematyczny*	0,0±0,15	0,0±0,19	0,0±0,20
	błąd przypadkowy	0,12	0,13	0,15

*Błąd systematyczny w populacji ± odchylenie standardowe błędów systematycznych
Źródło: Opracowanie własne.

W Tabeli 2 zamieszczono błędy systematyczne i przypadkowe dla każdej grupy pacjentów.

Wszystkie wyniki odtwarzalności ułożenia zostały określone za pomocą programu napisanego przez Alicję Przybyś. To oprogramowanie powstało w ramach pracy inżynierskiej na Politechnice Warszawskiej. Przygotowane narzędzie w sposób znaczący przyspieszyło opracowanie wyników.



Omówienie wyników

Kontrola ułożenia pacjenta odgrywa niezwykle ważną rolę w przeprowadzeniu bezpiecznej radioterapii, zapewniającej podanie pełnej zleconej dawki w objętość tarczową. Na odtwarzalność ułożenia wpływa bardzo wiele czynników. Najważniejsze z nich to: właściwe przygotowanie napromieniania, w szczególności zapewnienie wygodnej powtarzalnej pozycji ciała, dobra współpraca z pacjentem w całym czasie leczenia, uważna praca techników elektroradiologii układających pacjenta do terapii. Istotny wpływ na odtwarzalność ułożenia może mieć wykonanie tomografii komputerowej w pozycji ciała, różniącej się od średniej pozycji, jaką będzie przyjmował pacjent w trakcie trwania napromieniania. Taka sytuacja prowadzi do powstania błędu systematycznego.

Bez względu na to, jak duży zostanie podjęty wysiłek w zapewnieniu pozycji z planowania leczenia, nie można uniknąć niewielkich błędów ułożenia. Szczególnie istotne jest, aby zminimalizować błędy systematyczne, czyli stałą różnicę pomiędzy pozycją, w której wykonywana była tomografia do planowania leczenia i pozycja terapeutyczna. Znaczące zmniejszenie błędów systematycznych może być osiągnięte poprzez wdrożenie odpowiedniego protokołu korekcyjnego. Jednym z najbardziej efektywnych protokołów jest protokół Bez Progu Reagowania (BPR), którego istotą jest oszacowanie błędu systematycznego na podstawie przeprowadzonej kontroli ułożenia w kilku pierwszych sesjach terapeutycznych (najczęściej 3). Taki protokół jest stosowany w COI w Warszawie na Ursynowie. W tej pracy prezentujemy, uzyskane w 2017 roku, wyniki kontroli ułożenia dla pięciu grup pacjentów, tj. dla pacjentów z nowotworami głowy i szyi, ginekologicznymi, tkanek miękkich, zlokalizowanymi w przewodzie pokarmowym górnym i piersi. Uzyskane wyniki wskazują na wysoką jakość przygotowania i realizacji leczenia. Jedynie w grupie pacjentów z nowotworami górnego odcinka układu pokarmowego, dla kierunku przód–tył (Vrt) stwierdzono istnienie niewielkiego populacyjnego błędu systematycznego. Większość tych chorych to chorzy z nowotworem przełyku, zwykle w złym stanie ogólnym, szybko tracący wagę. Tutaj można się dopatrywać źródła istnienia populacyjnego błędu systematycznego. W tej grupie pacjentów dla kierunku Vrt u niektórych pacjentów stwierdzono występowanie bardzo dużych błędów systematycznych (1 cm). W tej grupie, podobnie jak w innych, nie stwierdzono występowania dużych błędów przypadkowych, co pozwoliło na właściwą korekcję ułożenia na wczesnym etapie leczenia. Zwraca uwagę bardzo dobra odtwarzalność i powtarzalność ułożenia w grupie pacjentów z nowotworami głowy i szyi. To wynik, który nie dziwi. Stabilizacja położenia głowy za pomocą maski termoplastycznej, jeżeli została wykonana prawidłowo, zwykle pozwala na uzyskanie bardzo dobrej odtwarzalności ułożenia. Warto jednak zauważyć, że u dwóch pacjentów

na kierunku Lat stwierdzono występowanie dużego błędu przypadkowego.

Obecnie coraz częściej zamiast protokołu BPR kontrola ułożenia jest wykonywana w każdej sesji terapeutycznej. Czy takie postępowanie znajduje uzasadnienie? To prawda, że korekcja według protokołu BPR umożliwia jedynie zmniejszenie błędów systematycznych. Zmniejszenie błędów przypadkowych wymaga codziennej kontroli ułożenia. Taką kontrolę warto prowadzić w grupie pacjentów, w której obserwowane są duże błędy przypadkowe oraz u tych pacjentów, u których spodziewamy się systematycznych zmian anatomii w trakcie leczenia. O ile można pokusić się o wskazanie pacjentów, u których istnieje wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia dużych błędów przypadkowych – to zwykle pacjenci zestresowani, którzy źle współpracują z zespołem terapeutycznym – o tyle trudno przewidzieć występowanie trendów czasowych. Pewnym rozwiązaniem może być wykonanie dodatkowej kontroli w pewnym odstępie czasu po rozpoczęciu napromieniania, np. w 10 sesji terapeutycznej. Warto jednak zdawać sobie sprawę, że wykonanie pomiaru w jednej sesji jest obciążone wysokim prawdopodobieństwem uzyskania wyniku fałszywie pozytywnego (nie ma trendu, gdy tymczasem on występuje). Podjęcie właściwej ścieżki postępowania wymaga przeprowadzenia codziennej kontroli u odpowiednio licznej grupy pacjentów leczonych w danej lokalizacji.

Wyniki podsumowujące kontrolę ułożenia z dłuższego okresu napromieniania są w COI co roku prezentowane wszystkim zaangażowanym w radioterapię wiązkami zewnętrznymi. Uważamy to za bardzo ważny element budowania wysokiej kultury i jakości pracy. Zdaniem autorów, nawet w szpitalach, w których prowadzona jest kontrola ułożenia w każdej sesji terapeutycznej, takie podsumowanie powinno być przeprowadzane.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki kontroli ułożenia w 5 jednorodnych grupach pacjentów wykazały wysoką jakość leczenia prowadzonego w Centrum Onkologii – Instytucie na Ursynowie. Uzyskane wyniki wskazują, że najtrudniej jest zapewnić powtarzalne ułożenie w grupie pacjentów leczonych z powodu nowotworów górnego odcinka przewodu pokarmowego. Bardzo dobrą odtwarzalność ułożenia uzyskano dla pacjentów napromienianych w rejonie głowy i szyi.

Literatura

1. P. Kukołowicz: *Zalecenia PTFM dotyczące prowadzenia kontroli ułożenia pacjentów leczonych wiązkami zewnętrznymi. Część II – Metody*, Polish Journal of Medical Physics and Engineering, 21(1), 2015, 3-26.