

Praca poglądowa/Review paper

# Porównanie rozkładów dawek dla nowotworu odbytnicy dla dwóch pozycji pacjenta w trakcie procesu napromieniania: pozycja na plecach i na brzuchu

## Comparison of Dose Distributions for Rectal Cancer Radiotherapy in Two Patient Treatment Positions: Supine and Prone

Justyna Kosmowska<sup>1</sup>, Maria Radomiak<sup>1</sup>, Weronika Kijewska<sup>1</sup>, Agnieszka Skrobała<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Zakład Fizyki Medycznej, Wielkopolskie Centrum Onkologii, Poznań

<sup>2</sup> Katedra i Zakład Elektroradiologii, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu

### Streszczenie

Celem pracy było porównanie rozkładów dawek planów wykonanych techniką obrotową z modulacją intensywności dawki VMAT (ang. Volumetric Modulated Arc Therapy) dla nowotworu odbytnicy dla dwóch pozycji pacjenta: pozycji na plecach i na brzuchu. Wybrano retrospektywnie pacjentów do dwóch grup, każda składała się z 10 pacjentów. Dla każdego pacjenta wykonano plan leczenia w technice VMAT z zastosowaniem dwóch lub trzech łuków o energii 6 MV, z wykorzystaniem akceleratora liniowego TrueBeam. Dawka zadana wynosiła 25 Gy w 5 frakcjach. W planach przeanalizowano następujące parametry: wartości dawki zdeponowanej w 98% i 2% objętości PTV oraz wartość dawek jakie otrzymały narządy krytyczne. W grupie pacjentów leczonych w pozycji na brzuchu wykazano redukcję dawki w jelitach poprzez zmniejszenie objętości jelita w polu napromieniowania w porównaniu do ułożenia pacjenta w pozycji na plecach. Różnica dawek w innych narządach krytycznych jest nieznaczna.

### Abstract

The aim of this study was to compare dose distributions using the Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) rotational technique for rectal cancer for two patient positions during the irradiation process: supine and abdominal positions. Patients were retrospectively selected into two groups, each group consisting of 10 patients with rectal cancer. For each patient, a VMAT treatment plan was carried out using two or three arcs of 6 MV energy, a TrueBeam linear accelerator, and a set dose of 25 Gy in 5 fractions. The following parameters were analyzed in the plans for the PTV volume: the dose values deposited in 98% and 2% of the PTV volume and the doses received by the critical organs according to the tolerance doses used in the treatment plans. In a group of patients treated for rectal cancer, the VMAT technique in the abdominal position has been shown to reduce intestinal dose by reducing the intestine volume in the irradiation field compared to placing the patient in the supine position. The difference in doses in other critical organs, even the bladder, is insignificant.

**Słowa kluczowe:** nowotwór odbytnicy, radioterapia, VMAT, unieruchomienie

**Keywords:** rectal cancer, radiotherapy, VMAT, bellyboard

Adres do korespondencji  
Justyna Kosmowska  
Zakład Fizyki Medycznej,  
Wielkopolskie Centrum Onkologii  
justyna.kosmowska@wco.pl

## **Wstęp**

W Polsce wśród najczęściej wykrywanych nowotworów jest rak odbytnicy. Występuje zarówno u mężczyzn jak i kobiet, a 95% przypadków są to osoby po 50 roku życia. Czynniki ryzyka zachorowania na raka odbytnicy są zróżnicowane i można je podzielić na sporadyczne (występujące u 90%-95% pacjentów) i rodzinne (występują u 5%-10% pacjentów) [1,2]. Podstawową metodą leczenia nowotworu odbytnicy jest chirurgia, lecz zastosowanie znajduje również radioterapia przed i pooperacyjna. W przypadku nowotworu odbytnicy najczęściej stosuje się radioterapię już w zaawansowanym stadium. Napromieniowanie uzupełniające pooperacyjne występuje rzadko najczęściej w przypadkach, gdy guz nacieka na narządy sąsiadujące [3]. Radiochemioterapię przedoperacyjną stosuje się wraz z 6-8 tygodniową przerwą przed operacją chirurgiczną, co ma na celu zmniejszenie guza. Najczęściej stosowane schematy napromieniowania to 25 lub 28 frakcji do dawki całkowitej 50 Gy lub 50,4 Gy w dawce frakcyjnej po odpowiednio 2 Gy lub 1,8 Gy. To tak zwana „długa ścieżka leczenia” pacjenta z rakiem odbytnicy. W przypadku pacjentów, u których uniemożliwione jest podanie chemioterapii stosowana jest tzw. „krótka ścieżka”, gdzie dawka całkowita wynosi 25 Gy w 5 frakcjach [4].

Pomimo dużego rozwoju technologicznego, umożliwiającego redukcję dawki w tkankach zdrowych, radioterapia w obrębie jamy brzusznej czy miednicy, wiąże się ze skutkami ubocznymi. U większość pacjentów leczonych w tej okolicach obserwuje się objawy zapalenia jelit, takie jak ból brzucha, biegunka, wzdęcia, nudności czy też krwawienie z odbytu, które wpływają na jakość życia pacjenta [5]. Dlatego ważne jest, aby podczas przygotowania planu leczenia radioterapią zminimalizować dawkę w jelitach, a jedną z możliwości jest wykorzystywanie unieruchomienia, które pozwala na zmniejszenie objętości jelita cienkiego w polu napromieniowania.

## **Cel**

Celem pracy było porównanie dawek w narządach krytycznych w leczeniu nowotworu odbytnicy techniką obrotową z modulacją intensywności dawki dla dwóch grup pacjentów różniących się pozycją ułożenia w trakcie procesu napromieniania: pozycja na plecach i na brzuchu.

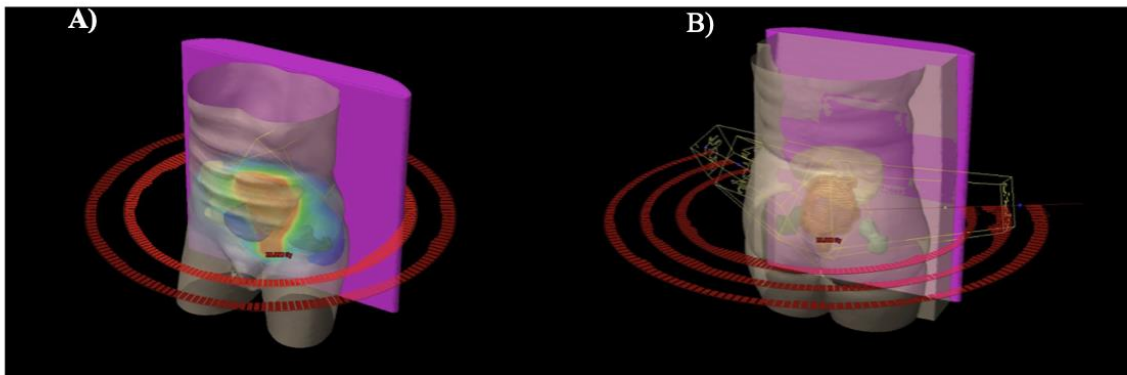
## **Materiał i metoda**

Wybrano retrospektywnie pacjentów do dwóch grup, każda grupa składała się z 10 pacjentów z nowotworem odbytnicy. Grupy różniły się pozycją ułożenia w trakcie procesu napromieniania: pozycja na plecach i na brzuchu. W przypadku obu pozycji ułożenia pacjenta wykorzystano dwa różne unieruchomienia pozwalające na zachowanie powtarzalnej pozycji podczas procesu radioterapii. W grupie pacjentów napromienianych w pozycji na plecach zastosowano klin pod nogi, a w grupie pacjentów leczonych w pozycji na brzuchu pacjenci układani byli na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard). Podstawa brzuszna (Bellyboard) wykonana jest z włókna węglowego, dzięki czemu jest lekka i sztywna. Celem zastosowania podstawki brzusznej jest zmniejszenie objętości jelita cienkiego znajdującego się w polu napromieniowania w okolicy miednicy [6]. Przykładową podstawkę brzuszną (Bellyboard) przedstawiono na rycinie 1.



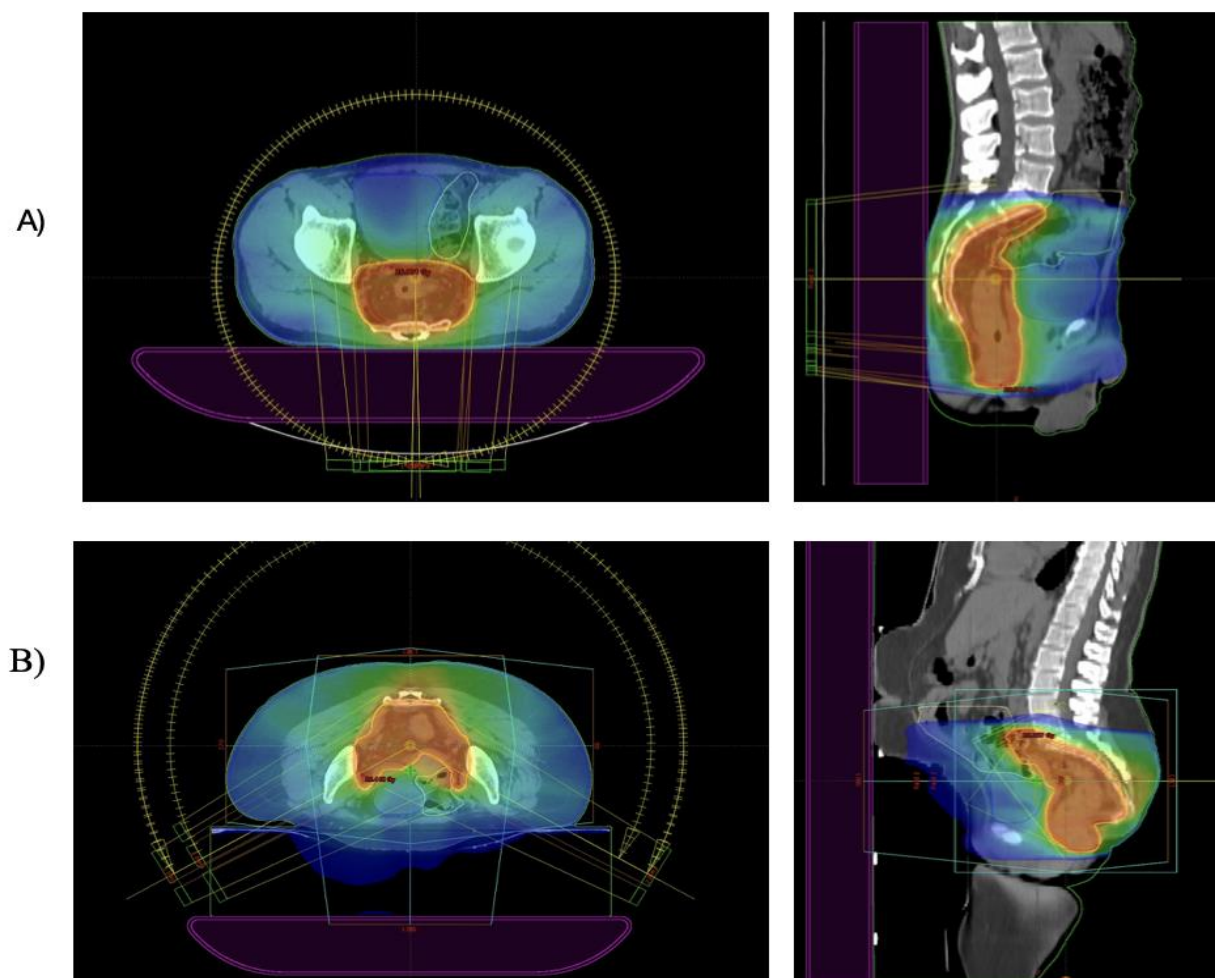
Rycina 1. Przykładowa podstawka brzuszna (Bellyboard) dla pacjenta z nowotworem odbytnicy [6].

Dla każdego pacjenta wykonano plan leczenia w technice VMAT z zastosowaniem łuków o energii 6 MV z wykorzystaniem akceleratora liniowego TrueBeam (Varian, Palo Alto, USA). Dla pacjentów leczonych w pozycji na plecach plan leczenia składał się z dwóch lub trzech pełnych łuków w zakresie kątów głowy  $180.1^\circ - 179^\circ$  oraz  $179^\circ - 180.1^\circ$ , gdzie wartości kąta kolimatora wynosiły odpowiednio  $330^\circ$  i  $30^\circ$ . Dla drugiej grupy pacjentów, pacjentów leczonych w pozycji na brzuchu, w planie leczenia wykorzystano dwa niepełne łuki o wartości kąta głowy  $120^\circ - 240^\circ$  oraz  $240^\circ - 120^\circ$  o wartości kąta kolimatora  $330^\circ$  i  $30^\circ$ . Na rycinie 2 przedstawiono układ wiązek dla przykładowego pacjenta: A) dla pacjenta leczonego w pozycji na plecach oraz B) w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard).



Rycina 2. Układ wiązek dla przykładowego pacjenta z nowotworem odbytnicy dla planów leczenia w technice VMAT dla dwóch pozycji pacjenta podczas leczenia: A) pacjenta leczonego w pozycji na plecach oraz B) w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard). [Źródło materiał własny]

Bazą do planowania leczenia była tomografia komputerowa, badaniem dodatkowym było badanie rezonansu magnetycznego. Wykorzystano zaimplementowany w systemie planowania leczenia algorytm rejestracji obrazów za pomocą, którego przygotowywano fuzję obrazów. Na bazie fuzji obrazów, każdemu pacjentowi przygotowywano kontury następujących narządów krytycznych: pęcherz, jelito cienkie oraz prawa i lewa główka kości udowej. Lekarz konturował również objętości tarczowe: kliniczną objętość leżącą CTV (ang. Clinical Target Volume), którą stanowiła objętość zawierająca makroskopowa objętość guza GTV (ang. Gross Target Volumen) powiększoną o miejsce prawdopodobnego występowania komórek nowotworowych. Po dodaniu do CTV 5 mm izotropowego marginesu generowano planowaną objętość leżącą PTV (ang. Planning Target Volume), na którą zadano dawkę 25 Gy w 5 frakcjach. Plan leczenia wykonano w systemie planowania leczenia Eclipse ver. 16.1 (Varian, Palo Alto, USA) z wykorzystaniem anizotropowego algorytmu analitycznego (AAA, ang. Anisotropic Analytical Algorithm). Na rycinie 3 przedstawiono rozkład dawki dla przykładowego pacjenta na poprzecznym i strzałkowym przekroju tomograficznym wraz okonturowanymi narządami krytycznymi oraz objętością PTV dla dwóch planów leczenia w technice VMAT dla: A) pacjenta w pozycji na plecach oraz B) ułożonego w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard).



Rycina 3. Rozkład dawki dla przykładowego pacjenta na przekroju poprzecznym i strzałkowym wraz okonturowanymi narządami krytycznymi oraz objętością PTV dla dwóch planów leczenia w technice VMAT dla: A) pacjenta w pozycji ułożonego na plecach oraz B) dla pacjenta w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard). [Źródło materiał własny]

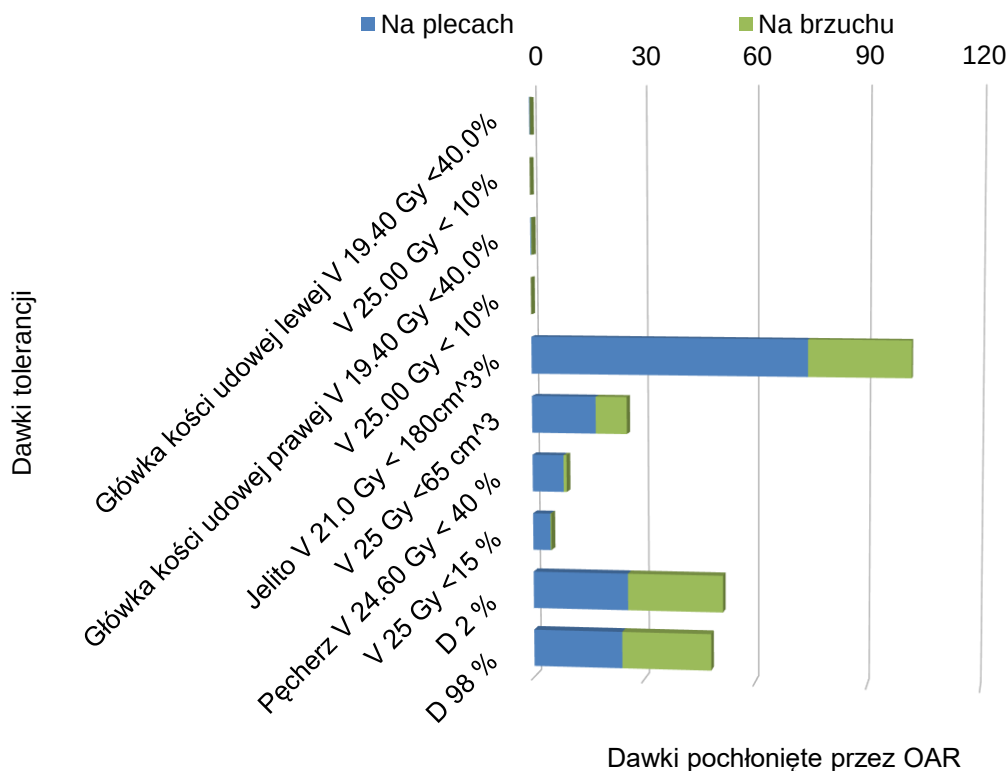
W planach przeanalizowano następujące parametry: wartości dawki zdeponowanej w 98% i 2% objętości PTV oraz wartość dawek jakie otrzymały narządy krytyczne zgodnie z zastosowanymi w planach leczenia dawkami tolerancji opisanymi w raporcie QUANTEC (ang. Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic) przedstawionymi w tabeli 1 [7]. Dla każdego parametru wykonano test t- studenta dla prób niezależnych.

| Narząd krytyczne    | Dawki tolerancji               |
|---------------------|--------------------------------|
| Pęcherz             | V24,6 Gy < 40%                 |
|                     | V25 Gy < 15%                   |
| Jelito cienkie      | V25Gy < 65 cm <sup>3</sup>     |
|                     | V21,9 Gy < 180 cm <sup>3</sup> |
| Główka kości udowej | V19,4 Gy < 40 %                |
|                     | V25 Gy < 10 %                  |

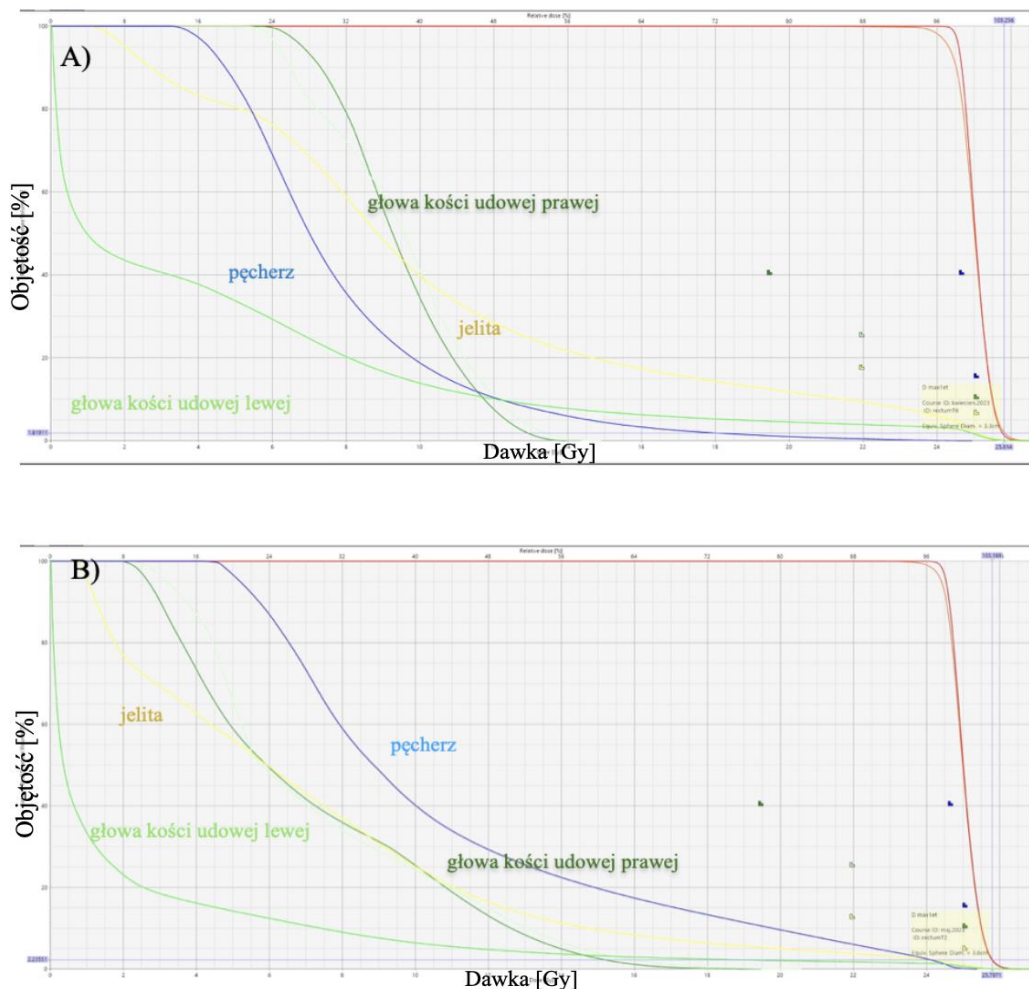
Tabela 1. Dawki tolerancji dla narządów krytycznych w radioterapii nowotworu odbytnicy dla dawki zadanej 25Gy w 5 frakcjach [7].

V – objętość [%] lub [cm<sup>3</sup>] analizowanego narządu krytycznego np. V24,6Gy < 40% oznacza, że objętość pęcherza, która otrzymuje dawkę 24,6 Gy powinna być mniejsza niż 40% objętości całego narządu.

Do porównania planów leczenia wykonanych dla dwóch grup pacjentów wykorzystano odczytane na histogramie dawka objętość (DVH, ang. Dose Volume Histogram) wartości, które przedstawiono na wykresie porównawczym na rycinie 4. Histogram dla przykładowych pacjentów leczonego z powodu nowotworu odbytnicy A) pacjenta w pozycji ułożonego na plecach oraz B) dla pacjenta w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard), został przedstawiony na rycinie 5.



Rycina 4. Wykres porównawczy dla przykładowych pacjentów leczonych z powodu nowotworu odbytnicy w technice VMAT pacjenta w pozycji ułożonego na plecach (niebieski) oraz dla pacjenta w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard) (zielony). [Źródło materiał własny]



Rycina 5. Histogram dawka objętość dla przykładowych pacjentów leczonych z powodu nowotworu odbytnicy w technice VMAT: A) pacjenta w pozycji na plecach oraz B) dla pacjenta w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard). [Źródło materiał własny]

## Wyniki

W planach przeanalizowano następujące parametry: wartości dawki zdeponowanej w 98% i 2% objętości PTV oraz wartość dawek jakie otrzymały narządy krytyczne. Dane otrzymane podczas analizowania planów leczenia wykonanych dla dwóch pozycji ułożenia pacjenta leczonych przedstawiono w tabeli 2.

| Narząd krytyczny/PTV       | Parametr                     | Na plecach [%] | Na brzuchu [%] | t-student |
|----------------------------|------------------------------|----------------|----------------|-----------|
| Główka kości udowej lewej  | V 19,40 Gy <40.0%            | 0,162          | 0,01           | p=0,34    |
|                            | V 25 Gy < 10%                | 0              | 0              | 0         |
| Główka kości udowej prawej | V 19,40 Gy <40.0%            | 0,226          | 0,142          | p=0,68    |
|                            | V 25 Gy < 10%                | 0              | 0,002          | p=0,34    |
| Jelito                     | V 21 Gy < 180cm <sup>3</sup> | 74,136         | 27,314         | p=0,02    |
|                            | V 25 Gy <65 cm <sup>3</sup>  | 17,276         | 8,408          | p=0,07    |
| Pęcherz                    | V 24,60 Gy < 40 %            | 8,434          | 0,832          | p=0,32    |
|                            | V 25 Gy <15 %                | 4,738          | 0,24           | p=0,31    |
|                            |                              |                |                |           |
| PTV                        | D 98%                        | 24,105         | 24,17          | p=0,34    |
| PTV                        | D 2%                         | 25,757         | 25,73          | p=0,52    |

Tabela 2. Wartość dawek dla PTV i narządów krytycznych oraz wynik t- studenta dla dwóch pozycji ułożenia pacjentów leczonych z powodu nowotworu odbytnicy. [Źródło materiał własny]

Nie zaobserwowano statystycznie znaczącej różnicy dla wartości dawki w 98% oraz 2% objętości PTV w planach leczenia przygotowanych dla dwóch pozycji napromieniania. W każdym przeanalizowanym planie spełnione zostały dawki tolerancji dla narządów krytycznych. Dla pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard) wykazano zredukowanie dawki w jelitach w porównaniu do ułożenia pacjenta w pozycji na plecach. Porównując dawki w lewej i prawej głowce kości udowej pomiędzy analizowanymi planami różnice w dawkach są nieznacznie mniejsze dla ułożenia pacjenta w pozycji na brzuchu.

## Dyskusja

W niniejszej pracy porównano plany leczenia wykonane dla dwóch pozycji ułożenia pacjenta leczonych z powodu nowotworu odbytnicy. W planach przeanalizowano następujące parametry: wartości dawki zdeponowanej w 98% i 2% objętości PTV oraz wartość dawek jakie otrzymały narządy krytyczne. Dawki dla wartości D98% i D2% objętości PTV dla planów leczenia wykonanych dla obydwóch ułożeń pacjenta są podobne, a różnica średnich dawek zdeponowanych wynosi odpowiednio 0,07 Gy i 0,03 Gy. Odnosząc się do pracy Koelble nie zauważono znaczącej różnicy w dawka zdeponowanych w objętości PTV [8].

W pracy wykonano porównanie dawek w narządach krytycznych w leczeniu nowotworu odbytnicy techniką obrotową z modulacją intensywności dawki VMAT dla dwóch grup pacjentów różniących się pozycją ułożenia w trakcie procesu napromieniania: pozycja na plecach i na brzuchu.

Można zauważyć niższe dawki w narządach krytycznych w ułożeniu pacjenta w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem unieruchomienia podstawki brzusznej (Bellyboard). Z porównania dawek pochłoniętych dla jelita cienkiego zauważono wyraźną różnicę na korzyść leczenia w pozycji na brzuchu, gdzie średnia różnica dla dawki 21,9 Gy jest równą 46,82 cm<sup>3</sup> i dla dawki zadanej 25 Gy 8,87 cm<sup>3</sup>. Również mniejszą dawkę otrzymywał pęcherz, gdzie średnia różnica wynosiła dla dawki 24,6 Gy 7,6% a dla dawki całkowitej 25 Gy 4,49%. W artykule przedstawionym przez Kim i współautorów zauważono, że w przypadku wykorzystania ułożenia pacjenta w pozycji na brzuchu z unieruchomienia podstawki brzusznej (Bellyboard) zostaje napromieniona mniejsza objętość jelita cienkiego niż w ułożeniu pacjenta w pozycji na plecach [9]. Różnica średnich objętości w jelicie cienkim dawką 21,9 Gy wynosiła 18,6 cm<sup>3</sup>, a dawką 25 Gy - 11,2 cm<sup>3</sup>.

## **Wnioski**

W pracy porównano dawki w narządach krytycznych w leczeniu nowotworu odbytnicy techniką VMAT dla dwóch grup pacjentów różniących się pozycją ułożenia w trakcie procesu napromieniania: pozycja na plecach i na brzuchu. Wykazano, że w przypadku ułożenia pacjenta w pozycji na brzuchu z wykorzystaniem podstawki brzusznej (Bellyboard) można zminimalizować dawki pochłonięte w jelitach, co może poprawić komfort życia pacjenta. Różnica dawek w pozostałych narządach krytycznych choćby pęcherzu jest nieznaczna dla obu pozycji ułożenia pacjenta.

## **Referencje**

- [1] <https://alivia.org.pl/wiedza-o-raku/rak-odbytnicy/> [dostęp 30.10.2023]
- [2] <https://onkologia.org.pl/pl/nowotwor-jelita-grubego-czym-jest#page-main-image> [dostęp 30.10.2023]
- [3] Bujko K. Radioterapia u chorych na raka jelita grubego. *Via Medica, Gastroenterologia Kliniczna* 2013;5:162–167.
- [4] Bujko K. Czy przedoperacyjna radioterapia powinna stanowić standard postępowania u chorych na miejscowo zaawansowanego raka odbytnicy? *Głos na tak. Nowotwory Journal of Oncology* 2014;64:84–89.
- [5] Badian M., Dzierżanowski T. Popromienne zapalenie jelit. *Medycyna Paliatywna* 2019;11:9–12.
- [6] <https://civcort.com/ro/hip-pelvic-positioning/bellyboards/bellyboards-HP1.htm> [dostęp 30.10.2023]
- [7] Benzen S., Constine L.S., Deasy J.O. and et al. Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinical, *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2010;76:3-9.
- [8] Koelbl O., Richter S., Flentje M. Influence of patient positioning on dose-volume histogram and normal tissue complication probability for small bowel and bladder in patients receiving pelvic irradiation: A prospective study using a 3d planning system and a radiobiological model. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1999;45(5):1193-1198.
- [9] Kim T. H., Chie E.K., Kim D.Y. and et al. Comparison of the belly board device method and the distended bladder method for reducing irradiated small bowel volumes in preoperative radiotherapy of rectal cancer patients. *Int J Colorectal Dis.* 2007;22:373-379.