

Agnieszka Namysł-Kaletka,
Jerzy Wydmański, Leszek Hawrylewicz,
Dawid Bodusz, Żaneta Kaniszewska-Dorsz

Zakład Radioterapii Centrum Onkologii
– Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie,
Oddział w Gliwicach
Kierownik Zakładu: Prof. dr hab. n. med.
Leszek Miszczyk

Address for correspondence/
Adres do korespondencji:
Agnieszka Namysł-Kaletka
Zakład Radioterapii Centrum Onkologii
– Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie,
Oddział w Gliwicach
ul. Wybrzeże Armii Krajowej 15,
44-101 Gliwice, Poland
tel. 603 537 324;
e-mail: aga.kaletka@wp.pl

Received: 17.01.2011
Accepted: 31.01.2011
Published: 30.03.2011

STATISTIC STATYSTYKA

Word count Liczba słów 1437/1196

Tables Tabele 2

Figures Ryciny 2

References Piśmiennictwo 12

Evaluation of errors in positioning patients with gastric cancer during postoperative radiotherapy

Ocena błędów ułożenia chorych na raka żołądka w trakcie pooperacyjnej radiochemioterapii

Original article/Artykuł oryginalny

Summary

The aim of the study was to evaluate set up verification using portal imaging in patients with gastric cancer. Ninety four set up errors of patients treated in Radiotherapy Department of M.Skłodowska-Curie Memorial Cancer Center in Gliwice were analysed. The measurements of crano - caudal (axis Y), latero - lateral (axis X) and anterior- posterior (axis Z) shifts on portal verifications images were performed. All measurements were divided into three groups according to the values of the shift (the first group include shifts below 5 mm, the second one 5-10 mm and the third one upper 10 mm).

Results: The mean crano - caudal shift was 5,8mm (SD±4,0), latero - lateral 2,6mm (SD±2,4), anterior – posterior 2,0mm (SD±2,6). The percentage of acceptable errors were the highest in Z axis (91%). Shifts upper 10 mm were observed in 15% in crano - caudal axis, in 2% in anterior - posterior axis and only in 1% in latero - lateral axis.

Conclusion: EPIDs is using for high accuracy of radiotherapy. Is easy and available method of reduce patient set up errors.

Key words: Portal imaging, set – up error, gastric cancer, shifts

Streszczenie

Celem pracy była ocena weryfikacji ułożenia za pomocą zdjęć portalowych u pacjentów z rozpoznany rakiem żołądka. Analizie poddano chorych, leczonych w Zakładzie Radioterapii Centrum Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach, u których wykonano 94 zdjęcia portalowe. Na podstawie wykonanych portali oceniano przesunięcia w osi craniocaudalnej (oś Y), osi bocznej (oś X) oraz osi przednio- tylnej (oś Z). Wszystkie wyniki podzielono na 3 grupy (pierwsza obejmowała przesunięcia poniżej 5mm, druga graniczne pomiędzy 5-10mm, trzecia powyżej 10 mm).

Wyniki: Średnia przesunięć w osi craniocaudalnej wyniosła 5,8 mm (SD±4,0), w osi bocznej 2,6mm (SD±2,4), w osi przednio-tylnej 2mm (SD ±2,6). Największy odsetek prawidłowych wyników odnotowano w osi Z (91%).

Przesunięcia powyżej 10 mm były obserwowano w 15% w osi craniocaudalnej, w 2% w płaszczyźnie przednio – tylnej a tylko w 1% w bocznej.

Wnioski: EPID może być stosowany w celu zwiększenia skuteczności zastosowanej radioterapii. Jest łatwą i dostępną metodą redukującą błędy ułożeniu na aparacie terapeutycznym.

Słowa kluczowe: Zdjęcia portalowe, błąd ułożenia, rak żołądka, przesunięcia.

INTRODUCTION

Postoperative radiotherapy is a standard method of combination therapy in patients with advanced gastric cancer (1). Modern techniques allow for precise administration of radiation doses in the Planning Target Volume (PTV), while sparing healthy tissue. Radiotherapy of the abdomen requires particular precision due to the location of healthy tissues: liver, spinal cord, kidney, intestines, pancreas; also heart (coronary arteries in particular) and lungs while the tumour is located near the entrance to the stomach. The efficacy of radiotherapy depends greatly on the precise positioning of patients on the therapeutic equipment. The use of immobilization systems improves the repeatability of positioning of patients during fractionated radiotherapy. In recent years patient positioning verification systems have been introduced into clinical practice, e.g.: EPID (Electronic Portal Imaging Devices), ultrasound methods (BAT-B-mode Acquisition and Targeting Ultrasound, SonArray, I - Beam, Clarity), kVCT (kilovoltage Computer Tomography), MVCT (megavoltage Computer Tomography), kV and MV Cone - beam CT (cone-beam Computer Tomography). These systems enable daily correction of patient positioning errors.

THE AIM OF THE STUDY

The objective of the study is evaluation of errors in positioning patients with gastric cancer during postoperative radiotherapy.

MATERIALS AND METHODS

The subject of the analysis are the results of measurements in 94 subsequent patients with gastric cancer which were performed during the post-operative radiotherapy. Patients in whom stage pT2-4N0M0 or pT1-4N1-3M0 was found during histopathological examination were qualified for combined treatment. The treatment regimen consisted of radiotherapy in the area of the site of the stomach along with the regional lymph nodes, fractional dose of 1.8 Gy to total dose of 45Gy (2,3). In the case of R1 resection the dose was increased to 50.4 Gy in the infiltrated margin. During radiotherapy, patients received 2 cycles of chemotherapy based on 5-Fluorouracil with Leukovorin (LV). Following completion of radiotherapy, chemotherapy was continued according to LF1 regimen up to 6 cycles. Each patient had a thermoplastic mask performed (by Orfit) in a supine position. Radiotherapy was planned in Eclipse system by Varian. 3 or 4 field-irradiation technique was used most frequently, and in some cases, if the dose given to the critical organs was not acceptable, Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) was used. Portal images were taken immediately before the first fraction of treatment using the EPID detector (aS500, Varian) in two projections (the angle of 0 and 90 degrees). Subsequently, fusion was performed for portal images from DRR (digital radiograph reconstruction) assessing the position of bony structures (spine, ribs, lower quadrant). Shifts were evaluated in the craniocau-

WSTĘP

Radioterapia pooperacyjna jest standardową metodą leczenia skojarzonego u chorych na zaawansowanego raka żołądka (1). Nowoczesne techniki radioterapii pozwalają na precyzyjne podanie dawki w planowanej objętości leczonej (PTV - Planning Target Volume) przy równoczesnym oszczędzeniu zdrowych tkanek. Radioterapia w obrębie jamy brzusznej wymaga szczególnej dokładności z powodu lokalizacji zdrowych tkanek: wątroby, rdzenia kręgowego, nerek, jelit, trzustki, przy lokalizacji guza we wpuście żołądka również serce (szczególnie naczynia wieńcowe) oraz płuca. Skuteczność radioterapii zależy w znacznym stopniu od precyzji ułożenia chorych na aparacie terapeutycznym. Zastosowanie systemów unieruchomienia wpływa na poprawę powtarzalności ułożenia chorych w trakcie frakcjonowanej radioterapii. W ostatnich latach wprowadzono do praktyki klinicznej również systemy weryfikacji ułożenia chorych jak: EPID (Electronic Portal Imaging Devices), metody ultrasonograficzne (BAT- B-mode Acquisition and Targeting Ultrasound, SonArray, I – Beam, Clarity), kVCT (kilovoltage Computer Tomography), MVCT (megavoltage Computer Tomography), kV i MV Cone - beam CT (cone- beam Computer Tomography). Powyższe systemy pozwalają na codzienną korekcję błędów ułożenia chorych.

CEL PRACY

Celem pracy jest ocena powtarzalności ułożenia chorych na raka żołądka w trakcie pooperacyjnej radioterapii.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem analizy są 94 wyniki pomiarów u kolejnych chorych na raka żołądka, które zostały wykonane w trakcie pooperacyjnej radiochemioterapii. Do leczenia skojarzonego kwalifikowano chorych, u których w badaniu histopatologicznym stwierdzono stopień zaawansowania pT2-4N0M0 lub pT1-4N1-3M0. Schemat leczenia obejmował radioterapię na obszar łoża po żołądku wraz z regionalnymi węzłami chłonnymi, dawką frakcyjną 1,8Gy do dawki całkowitej 45Gy (2,3). W przypadku resekcji R1 podwyższono dawkę do 50,4Gy w obszarze nacieczonego marginesu. W trakcie radioterapii chorzy otrzymali 2 cykle chemioterapii w oparciu o 5-Fluorouracyl z Leukovoriną (LV). Po zakończeniu radioterapii kontynuowano chemioterapię wg schematu LF1 do 6 cykli. U każdego pacjenta wykonano termoplastyczną maskę (firmy Orfit) w pozycji leżącej na plecach. Radioterapię planowano w systemie Eclipse firmy Varian. Najczęściej zastosowano 3 lub 4 połową technikę napromieniania a w niektórych przypadkach, jeżeli podana dawka na narządy krytyczne nie była akceptowalna to zastosowano technikę modulacji intensywności mocy dawki (Intensity Modulated Radiotherapy - IMRT). Zdjęcia portalowe wykonano bezpośrednio przed pierwszą frakcją leczenia przy użyciu detektora EPID (aS500, Varian) w dwóch projekcjach (kąt 0 i 90 stopni). W dalszej kolejności

dal plane (CC) - Y axis, lateral plane (LL) - X axis and anteroposterior plane (AP) - Z axis with an accuracy of up to 1 mm. In the case of shifts of more than 5 mm positioning of the patient on the table was corrected and a verification image was taken again. The portal images performed were archived in a database of Soma Vision system.

Standard deviations and average shifts in the AP, CC, and LL planes were evaluated.

Calculations were performed in Statistica 8.0 and Microsoft Excel 2007.

Superimposed verification image and DRR with marked positioning errors in the X (LL), Y (CC) and Z axis (AP) are shown in Figure 1.

RESULTS

The mean values of shifts and standard deviations were as follows: for X axis - 2.6 mm (SD \pm 2.4 mm), for Y axis - 5.8 mm (SD \pm 4.0 mm), and for Z - 2.0 mm (SD \pm 2.6). Detailed results are shown in Table No. 1.

Arbitrary division of the shifts into correct (up to 5mm), border (5 \div 10 mm) and abnormal, located above the normal 10 mm, was adopted. Table 2 presents the range of these shifts.

In the whole group the percentage of significant abnormal (i.e. exceeding 10 mm) shifts in the X axis was 1%, in the Y axis 15% and 2% in the Z axis.

Border shifts, i.e. within the range from 5 mm to 10 mm were found in 13% of measurements in the X axis, 22% in the Y axis and 6% in the Z axis.

wykonano fuzję obrazów portalowych z DRR (digital reconstruction radiograph) oceniając położenie struktur kostnych (kręgosłup, żebra, talerz biodrowy). Przesunięcia oceniano w płaszczyźnie craniocaudalnej (CC) - oś Y, bocznej (LL) - oś X oraz przednio- tylnej (AP) - oś Z z dokładnością do 1 mm. W przypadku stwierdzenia przesunięć powyżej 5 mm przeprowadzono korekcję ułożenia pacjenta na stole terapeutycznym i wykonywano powtórne zdjęcie weryfikacyjne. Wykonane obrazy portalowe archiwizowano w bazie danych systemu Soma Vision.

Ocenie poddano odchylenia standardowe oraz średnie przesunięcia w płaszczyźnie AP, CC oraz LL.

Obliczenia wykonano w programie Statistica 8.0 oraz Microsoft Excel 2007.

Nałożone na siebie obrazy weryfikacyjny i DRR wraz z zaznaczonymi błędami ułożenia w osi X(LL), Y(CC) i Z(AP) przedstawiono na Rycinie 1.

WYNIKI

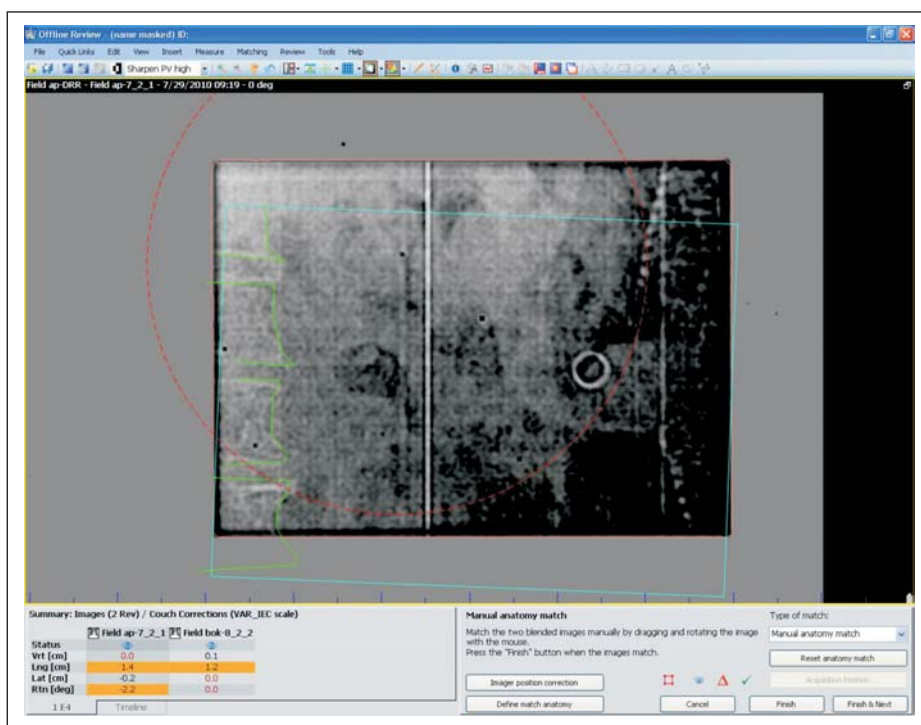
Średnie wartości przesunięć i odchylenia standardowe wyniosły odpowiednio: dla osi X - 2,6mm (SD \pm 2,4mm), dla osi Y - 5,8mm (SD \pm 4,0mm), oraz Z - 2,0mm (SD \pm 2,6). Szczegółowe wyniki przedstawiono w Tabeli nr 1.

Przyjęto arbitralny podział przesunięć na prawidłowe (do 5mm), graniczne (5 \div 10mm) i nieprawidłowe, mieszczące się w normie powyżej 10 mm. Tabela 2 prezentuje zakres powyższych przesunięć.

W całej grupie odsetek znacznych nieprawidłowych (tzn. przekraczających 10mm) przesunięć w osi X wyniósł 1%, w osi Y 15% oraz 2% w osi Z.

Fig. 1. Merger of DRR and portal images with visible shifts in the LL, CC and AP axis

Ryc. 1. Fuzja obrazów DRR oraz portalowego z uwidocznionymi przesunięciami w osi LL, CC oraz AP



Shifts within acceptable limits, i.e. up to 5 mm amounted to 86% in the lateral plane, 63% in the craniocaudal plane and 91% in the anteroposterior plane.

In 44 patients (47%) the shift was over 5mm in at least one plane. Most shifts (84%) was in the range up to 1 cm. However, in the craniocaudal plane (Y axis) shifts over 1 cm were present in as many as 15% of patients. For each of planes 95% of the shifts occurred at a distance from - 1.60 to 1.19 cm in the CC, from - 0.23 to 1.22 cm in the LL axis, and from - 0.45 to 0.88 cm in the AP plane.

Mean values and standard deviation in the X, Y and Z axis are shown in Figure 2.

DISCUSSION

Evaluation of portal images is a simple way to verify patient positioning in therapeutic equipment; it is particularly useful in patients treated for cancers of the abdominal cavity and pelvis. Standard deviation of the evaluated shifts in the abdominal cavity, pelvis and chest is significantly higher statistically than in other locations such as head and neck region (4). In retrospective studies, in the case of cancers located in the pelvic region, shifts over 10 mm were found in 23% of patients with no stabilization applied, and in 17.4% of immobilized patients (5). Woźniak gives in his analyses, the average of the measurements in tumours of the abdominal cavity of 4.06 mm and the largest shifts of up to 30.3 mm in the craniocaudal axis (6). In the presented analysis, the highest average value of shifts was 5.8 mm for the craniocaudal axis. Significant shifts (over 10 mm) were

Graniczne przesunięcia tj. w zakresie od 5mm do 10mm stwierdzono w 13% pomiarów w osi X, 22% w osi Y oraz 6% w osi Z.

Przesunięcia w granicach akceptowalnych tj. do 5mm wyniosły odpowiednio 86% w płaszczyźnie bocznej, 63% w płaszczyźnie craniocaudalnej oraz 91% w płaszczyźnie przednio- tylnej.

U 44 chorych (47%) stwierdzono przesunięcia powyżej 5mm w co najmniej jednej płaszczyźnie. Większość przesunięć (84%) mieściła się w zakresie do 1cm. Jednak w płaszczyźnie craniocaudalnej (oś Y) aż u 15% chorych stwierdzono przesunięcia powyżej 1cm. Dla poszczególnych płaszczyzn 95% przesunięć wystąpiło w odległości od - 1,60 do 1,19 cm w CC, od - 0,23 do 1,22 cm w osi LL oraz od - 0,45 do 0,88 cm w płaszczyźnie AP.

Wartości średnie, odchylenie standardowe w osi X, Y i Z przy przedstawia Rycina 2.

DYSKUSJA

Ocena zdjęć portalowych jest prostą metodą weryfikacji ułożenia chorego na aparacie terapeutycznym, szczególnie przydatną u chorych leczonych na nowotwory jamy brzusznej i miednicy. Odchylenie standardowe ocenianych przesunięć w jamie brzusznej i miednicy oraz klatki piersiowej jest znamienne statystycznie większe niż w przypadku innych lokalizacji takich jak region głowy i szyi (4). W retrospektywnych badaniach w przypadku nowotworów zlokalizowanych w regionie miednicy przesunięcia powyżej 10mm stwierdzono u 23% chorych, u których nie zastosowano stabilizacji oraz u 17,4% pa-

Tab. 1. Absolute values of maximum, minimum, average values and standard deviations of the shifts in the LL, CC and AP axis

| Plane | X (LL) | Y (CC) | Z (AP) |
|---------|--------|--------|--------|
| Min | 0 | 0 | 0 |
| Max | 10 | 18 | 13 |
| Average | 2,55 | 5,79 | 2,0 |
| SD | 2,42 | 4,01 | 2,6 |

Tab. 1. Wartości bezwzględne maksymalnych, minimalnych, wartości średnie przesunięć oraz odchylenia standardowe w osi LL, CC i AP

| Płaszczyzna | X (LL) | Y (CC) | Z (AP) |
|-------------|--------|--------|--------|
| Min | 0 | 0 | 0 |
| Max | 10 | 18 | 13 |
| Średnia | 2,55 | 5,79 | 2,0 |
| SD | 2,42 | 4,01 | 2,6 |

Tab. 2. The number and percentage of shifts ≤ 5 mm, 5-10mm and > 10 mm in the LL, CC and AP axis

| Wartości przesunięć | <5 mm | 5-10mm | >10 mm |
|---------------------|----------|----------|----------|
| X (LL) | 81 (86%) | 12 (13%) | 1 (1%) |
| Y(CC) | 59(63%) | 21 (22%) | 14 (15%) |
| Z(AP) | 86 (91%) | 6 (6%) | 2 (2%) |

Tab. 2. Liczba i odsetek przesunięć ≤ 5 mm, 5-10mm, oraz >10 mm w osiach LL, CC oraz AP

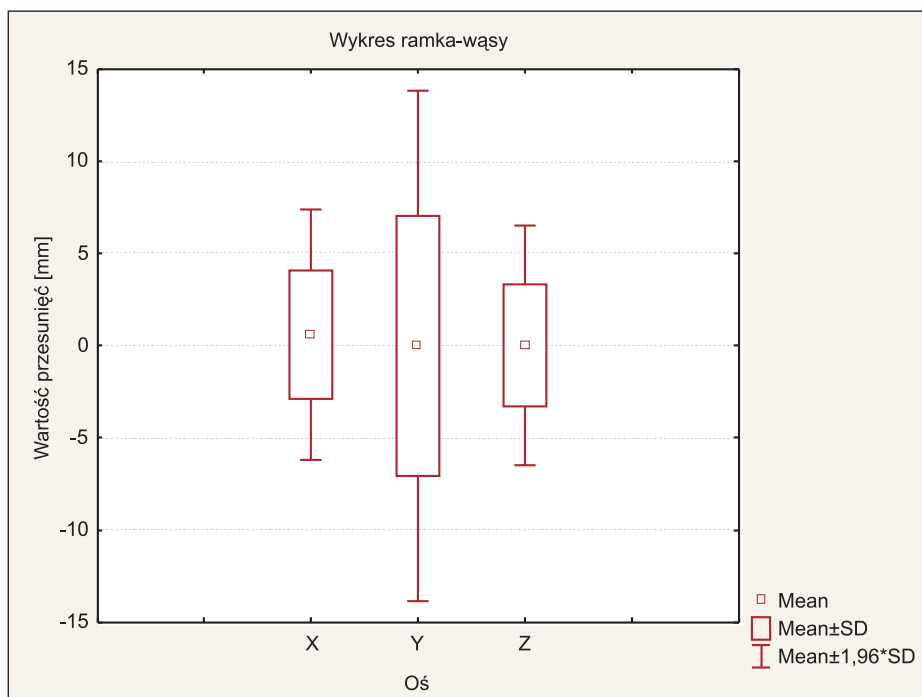
| Values of shifts | <5 mm | 5-10mm | >10 mm |
|------------------|----------|----------|----------|
| X (LL) | 81 (86%) | 12 (13%) | 1 (1%) |
| Y(CC) | 59(63%) | 21 (22%) | 14 (15%) |
| Z(AP) | 86 (91%) | 6 (6%) | 2 (2%) |

observed in only 1% in the lateral axis, in 2% in the anteroposterior axis and as many as 15% of patients in the craniocaudal axis. These errors may result from the imperfections of methods of stabilization of patients, which do not reproduce positioning of the patient adequately. This may particularly apply to overweight patients. Precise positioning of the patient on therapeutical equipment depends also on the skills and reliability of technicians, adequate alignment system and cooperation of the patient. Multicenter studies have shown that the shifts do not depend on the kind of accelerator used, but the medical and the technical capabilities of the centre and infrastructure. Studies conducted by Woźniak show that the percentage of wrong measurements (> 5 mm) was 16.5% for the lateral axis, and 32.9% for the craniocaudal axis. The presented measurements are 15.5% and 41.7%, respectively. In the pelvic area, Hunt et al noted SD of the shift in the Y axis of 5.3 mm, while the X axis SD of the shift was 5.4 mm (7). In a study by Mitine there were no significant (> 1 cm) shifts in the pelvic area, in patients immobilized with a thermoplastic mask (8), while in Woźniak's study they amounted to 11.8% in the Y axis in the abdominal cavity. In this analysis, the percentage was 1% for the X axis, 15% for the Y axis, 2% for the Z axis, respectively.

pacjentów z unieruchomieniem (5). Woźniak podaje w swoich analizach średnią z pomiarów w nowotworach jamy brzusznej wynoszącą 4,06mm oraz największe przesunięcia sięgające nawet 30,3 mm w osi craniocaudalnej (6). W prezentowanej analizie największe średnie wartości przesunięć wyniosły 5,8mm dla osi craniocaudalnej. Znaczące przesunięcia (powyżej 10 mm) obserwowano jedynie u 1% w osi bocznej, u 2% w osi przednio tylnej oraz aż u 15% chorych w osi cranio-caudalnej. Błędy te mogą wynikać z niedoskonałości metod stabilizacji chorych, które w niewystarczający sposób odtwarzają ułożenie chorego. Może to szczególnie dotyczyć pacjentów z nadwagą. Precyzyjne ułożenie chorego na aparacie terapeutycznym zależy również w znacznym stopniu od umiejętności i rzetelności techników, właściwego systemu centrowania oraz współpracy chorego. Wielośrodkowe badania pokazały, iż wartości przesunięć nie zależą od rodzaju używanego akceleratora, ale od medycznych i technicznych możliwości ośrodka oraz infrastruktury. Badania prowadzone przez Woźniaka ukazują, że odsetek błędnych pomiarów (>5 mm) wyniósł 16,5% dla osi bocznej oraz 32,9% dla osi craniocaudalnej. Przedstawione pomiary wynoszą odpowiednio 15,5% oraz 41,7%. W obszarze miednicy Hunt i wsp. odnotowali SD przesunięcia w osi Y 5,3mm, natomiast w osi X uzyskali oni SD przesunięcia wynoszące 5,4mm (7). W badaniu Mitine nie odnotowano znacznych (>1 cm) przesunięć w obszarze miednicy, u pacjentów unieruchomionych za pomocą maski termoplastycznej (8), natomiast w pracy Woźniaka w obrębie jamy brzusznej wyniosły one w osi Y 11,8%. W przeprowadzonej analizie odsetek ten wynosił odpowiednio dla osi X - 1%, dla osi Y - 15% dla osi Z - 2%.

Fig. 2. Mean values and standard deviations of the shifts in the X (LL), Y (CC) and Z (AP) axis

Ryc. 2. Wartości średnie oraz odchylenia standardowe przesunięć w osi X (LL), Y (CC) oraz Z (AP)



Such a large percentage of significant shifts in the Y axis results from weaknesses of the stabilization system, which does not sufficiently limit the mobility of the patient along the long axis of the mask, which leads to errors in the positioning of the patient in the craniocaudal axis. Positioning errors are also significantly influenced by changes in patients' body weight during radiotherapy (9). They significantly influence reduction in the effectiveness of the immobilizing system used. Studies by some authors suggest that in order to reduce positioning errors it is necessary to implement more than 10 portals in one patient throughout the treatment. Patients irradiated in such locations as the abdomen, in whom positioning errors are relatively significant, should consider other techniques of positioning verification, such as kVCT or MVCT before each fraction of radiotherapy.

Patient positioning errors lead to under-irradiation of PTV, which in turn leads to increased risk of local recurrence of cancer and reduces the chance of cure. However, based on the presented results it is not possible to estimate this risk.

In the INT 0116 study PTV was not established in the planning of radiotherapy, but only standard fields were introduced on the basis of the anatomical structures (1). Currently, the ICRU guidelines impose an obligation to determine PTV (10). A consensus was published on the individual determination of CTV based on anatomical structures. However, in the case of PTV margins for each plane are not clearly defined. Some authors (11,12) recommend addition of 1 cm to the CTV. The conducted analysis may be one of components in the determination of PTV.

Tak duży odsetek znacznych przesunięć w osi Y wynika ze słabości systemu stabilizacji, który w niewystarczający sposób ogranicza ruchomość pacjenta wzdłuż osi długiej maski a tym samym błędy w ułożeniu pacjenta w osi craniocaudalnej. Duży wpływ na błędy ułożenia mają również zmiany ciężaru ciała pacjentów w trakcie radioterapii (9). Wpływają one w znacznym stopniu na zmniejszenie skuteczności zastosowanego systemu unieruchomienia. Badanie niektórych autorów wskazują, że do zmniejszenia błędów ułożenia niezbędne jest wykonanie ponad 10 portali u jednego chorego w trakcie całego leczenia. U chorych napromienianych w lokalizacjach takich jak jama brzuszna, u których błędy ułożenia są stosunkowo duże należałoby rozważyć zastosowanie innych technik weryfikacji ułożenia jak kVCT lub MVCT przed każdą frakcją radioterapii.

Błędy ułożenia chorych prowadzą do niedopromienienia PTV, co w konsekwencji prowadzi do wzrostu ryzyka wznowy miejscowej nowotworu tym samym do obniżenia szansy na wyleczenie. Na podstawie prezentowanych wyników nie można jednak oszacować tego ryzyka.

W badaniu INT 0116 w planowaniu radioterapii nie wyznaczono PTV a jedynie wprowadzono standardowe pola na podstawie struktur anatomicznych (1). Obecnie wytyczne ICRU nakładają obowiązek wyznaczania PTV (10). Opublikowano konsensus dotyczący indywidualnego wyznaczania CTV w oparciu o struktury anatomiczne. Jednakże w przypadku PTV nie określono jednoznacznie wielkości marginesów dla poszczególnych płaszczyzn. Niektórzy autorzy (11,12) rekomendują dodanie 1 cm do CTV. Przeprowadzona analiza może być jedną ze składowych przy wyznaczeniu PTV.

References/Piśmiennictwo:

1. **MacDonald JS, Smalley SR, Benedetti J. i wsp.:** Chemoradiotherapy after surgery compared with surgery alone for adenocarcinoma of the stomach or gastroesophageal junction. *N Engl J Med* 2001;345:725.
2. **Wydmański J, Mohanti BK.:** An appraisal of radiation therapy techniques for adjuvant and neoadjuvant therapy in gastric cancer. *Journal of Radiotherapy in Practice* 2008;7;67:75.
3. **Wydmański J, Suwiński R, Miszczyk L. i wsp.:** Ocena tolerancji i skuteczności pooperacyjnej radiochemioterapii u chorych na zaawansowanego miejscowo raka żołądka. *Przegląd Lekarski* 2005 ; 62: 1431-1435.
4. **X. Allen Li, Ph.D., X. Sharon Qi, Ph.D., Marissa Pitterle, Kapila Kalakota. i wsp.:** Interfractional Variations in Patient Setup and Anatomic Change Assessed by Daily Computed Tomography. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2007 Jun 1;68(2):581-91.
5. **Bentel GC, Marks LB, Sherouse GW, Spencer BP, Anscher MS.** Effectiveness of immobilization during prostate irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;31:143-8.
6. **Woźniak G:** Ocena jakości radioterapii w oparciu o analizę obrazów portalowych. (rozprawa doktorancka). Zakład Radioterapii, Centrum Onkologii im Marii Skłodowskiej-Curie – Instytut, Oddział w Gliwicach. 2005.
7. **Hunt MA, Schultheiss TE, Desobry GE, Hakki M, Hanks GE.** An evaluation of setup uncertainties for patients treated to pelvic sites, *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1995 Apr 30;32(1):227-33.
8. **Mitine C, Hoornaert MT, Dutreix A, Beauvain M.** Radiotherapy of pelvic malignancies: impact of two types of rigid immobilisation devices on localisation errors. *Radiother Oncol.* 1999 Jul;52(1):19-27.
9. **Miszczyc L., Wydmański J.** Evaluation of delivered dose changes during radiation therapy. *Acta Oncol.* 1999;38(2):197-201.
10. **James A. Purdy.** Current ICRU Definitions of Volumes: Limitations and Future Directions. *Seminars in Radiation Oncology*, Vol 14, No 1, 2004:27-40.
11. **M T Milano, M C Garofalo, S J Chmura i wsp.** Intensity-modulated radiation therapy in the treatment of gastric cancer: early clinical outcome and dosimetric comparison with conventional techniques, *British Journal of Radiology* 2006;79, 497-503.
12. **Leong T, Willis D, Joon DL, Condrón S i wsp.** 3D conformal radiotherapy for gastric cancer – results of a comparative planning study, *Radiother Oncol.* 2005 Mar;74(3):301-6.