

Poprawa dokładności pozycjonowania pacjenta napromienianego z powodu raka sutka poprzez zastosowanie opartego na podczerwieni systemu ExacTrac

Ákos Gulybán^{1,3}, Eszter Hortobágyi^{1,3}, Zsolt Sebestyén¹,
Péter Kovács¹, Gábor Liposits¹, Róbert Farkas¹,
Katalin Hideghéty^{1,2}, László Mangel¹, Olga Ésik^{1,3}

Artykuł przedstawia pilotażowe badanie dokładności pozycjonowania pacjenta typową metodą standardową (ST), w porównaniu z metodą standardową poszerzoną o zastosowanie systemu ExacTrac (ET) w radioterapii raka sutka. Będące obecnie w toku badanie pilotażowe objęło grupę czterech pacjentów: dwóch pozycjonowanych metodą ST oraz dwóch pozycjonowanych metodą ET. Wyniki uzyskane w oparciu o codzienne elektroniczne zdjęcia portalowe wykazały, iż zastosowanie ExacTrac może zwiększyć dokładność pozycjonowania o 50%, lecz przy jednoczesnym wydłużeniu całkowitego czasu zabiegu o około 2 minuty.

Improving patient positioning accuracy for breast cancer radiation therapy by using the infra red based ExacTrac system

We report on a pilot study to investigate for cancer of the breast, the accuracy of patient positioning with the normal standard method (ST) and with the standard method extended with the ExacTrac system (ET). Our work in progress pilot study population consisted of four patients: two positioned using ST and two positioned using ET. The results from the daily electronic portal images showed that with ExacTrac the positional accuracy could be improved by 50% but with a corresponding increase in overall treatment time of about 2 minutes.

Słowa kluczowe: pozycjonowanie pacjenta, błąd systematyczny, błąd przypadkowy, margines bezpieczeństwa, niepewność ustawień warunków napromieniania

Key words: patient positioning, systematic error, random error, safety margin, treatment set-up uncertainties

Wprowadzenie

W ciągu ostatnich kilku lat dokonał się ogromny postęp, odnośnie technicznych aspektów radioterapii, w tym w zakresie unieruchamiania pacjenta, wyznaczania objętości tarczowej, oprogramowania do planowania leczenia, techniki realizacji napromieniania oraz weryfikacji radioterapii. Niniejsza praca wiąże się z weryfikacją radioterapii oraz marginesami bezpieczeństwa określanymi w procesie planowania leczenia.

Standardową procedurą weryfikacji radioterapii w większości szpitali jest porównywanie cyfrowo zrekonstruowanych radiogramów DRR (*Digitally Reconstructed Radiograph*) na obrazach BEV (*Beam's Eye View*) pola napromieniania widzianego od strony źródła, z elektro-

nicznymi obrazami portalowymi EPI (*Electronic Portal Images*), w celu oceny dokładności pozycjonowania pacjenta od strony pola napromieniania. Różnice między zaplanowanymi i zrealizowanymi polami napromieniania powstają w wyniku dwóch różnych typów błędów: systematycznych i przypadkowych.

Błąd systematyczny (BS) nie zmienia się w trakcie realizacji radioterapii i jest praktycznie taki sam dla wszystkich pacjentów. Przykładem BS może być błąd powstający wówczas, gdy pole świetlne symulujące wiązkę powoduje błąd wytyczenia rzeczywistego pola napromieniania. Błąd przypadkowy (BP) jest związany z pacjentem i może codziennie się zmieniać. Oba typy błędów należy uwzględnić definiując margines bezpieczeństwa MB; praca van Herka i wsp. [1] definiuje MB jako $(2,5 \times BS + 0,7 \times BP)$.

W badaniu pilotażowym przedstawionym w niniejszej pracy porównano standardową procedurę weryfikacji (ST) z procedurą poszerzoną o zastosowanie wykorzystującej odbicie podczerwieni (IR) metody pozycjonowania ExacTrac (ET) (BrainLAB AG, Heimstetten, Niemcy). W badaniu wybrano radioterapię sutka, ponieważ zdaniem

¹ Department of Oncotherapy
University of Pecs

² Department of Oncotherapy
University of Szeged

³ Department of Radiation & Medical Oncology
Medcenter Ltd., at the Borsod County Hospital

autorów stanowi ona dobry przykład materiału porównawczego dla obu technik ze względu na to, iż różnic między radiogramami DRR i zdjęciami EPI w projekcji BEV nie można bezpośrednio przełożyć na tabelę poprawek, ani zdefiniować anatomicznie.

Materiały i metody

W okresie od stycznia 2007 r. do maja 2007 do badania włączono czterech pacjentów leczonych z powodu raka sutka. Wszyscy pacjenci byli unieruchamiani za pomocą systemu AIO (*All In One*) firmy ORFIT™ (Orfit Industries, Wijnegem, Belgia) w pozycji na plecach z uniesioną ręką ipsilateralną. W tej pozycji wykonano skany tomograficzne (CT) co 10 mm (HiSpeed Dual, Fairfield, Connecticut, USA) i przesłano do systemu planowania leczenia (Elekta, PrecisePLAN™ 2.02/2.03, Crawley, Wielka Brytania). Wszyscy pacjenci napromieniani byli wielosegmentowymi polami stycznymi [2]. Metodę ST zastosowano u dwóch pacjentów, podobnie jak metodę ET.

Pozycjonowanie standardowe

Procedura ST przebiegała w następujący sposób: (1) Pacjenta układano przy użyciu trzech kierunkowych wskaźników laserowych. (2) Następnie upewniano się, czy rzut pola świetlnego i granica tkanki sutka są do siebie równoległe. (3) Wreszcie, korzystając z oprogramowania iView (wersja 3.1, Elekta, Crawley, Wielka Brytania), sprawdzano i dokumentowano różnice między radiogramem DRR a zdjęciem EPI w projekcji BEV. Dla każdej wiązki codziennie dokumentowano przesunięcia pionowe i poziome.

Pozycjonowanie standardowe poszerzone o oparty na podczerwieni system ExacTrac

W przypadku procedury ET standardowe pozycjonowanie poszerzono o zastosowanie systemu ExacTrac. Po porównaniu zaplanowanych (idealnych) oraz terapeutycznych (rzeczywistych) radiografii DRR dla pierwszej frakcji napromieniania wszystkie różnice skorygowano tak, aby ustawić pacjenta w idealnej pozycji. Na skórze pacjenta ułożono pięć odbijających markerów IR według następujących wytycznych: (1) Żaden marker nie mógł

znajdować się w polu napromieniania. (2) Nie wszystkie pięć markerów umieszczono w tej samej płaszczyźnie. (3) Uznano za korzystne zastosowanie stosunkowo dużych odległości między markerami, aby markery nie zasłaniały sobie wzajemnie kamery. (4) Dla zwiększenia codziennej powtarzalności markery starano się umieszczać na strukturach kostnych.

Po ustawieniu markerów układ zapisywano jako referencyjny dla systemu ExacTrac. Podczas każdego dnia leczenia pozycja pacjenta opierała się na tychże markerach. Dokładność pozycji określana była przez system ET za pomocą trzech zdefiniowanych poziomów: >3 mm {niska dokładność}, <1-3 mm {obniżona dokładność}, <1 mm {OK}. Jeśli system sygnalizował poziom dokładności OK, pozycjonowanie pacjenta uznawano za zakończone, podczas napromieniania dokonywano porównania obrazów DRR i EPI, a różnice w osi pionowej i poziomej dokumentowano. Na podstawie przemieszczenia markerów system ET był w stanie rejestrować zmiany pozycji pacjenta w czasie. Dane te były również dokumentowane jako część poszerzonej procedury pozycjonowania.

Ocena różnic pionowych i poziomych

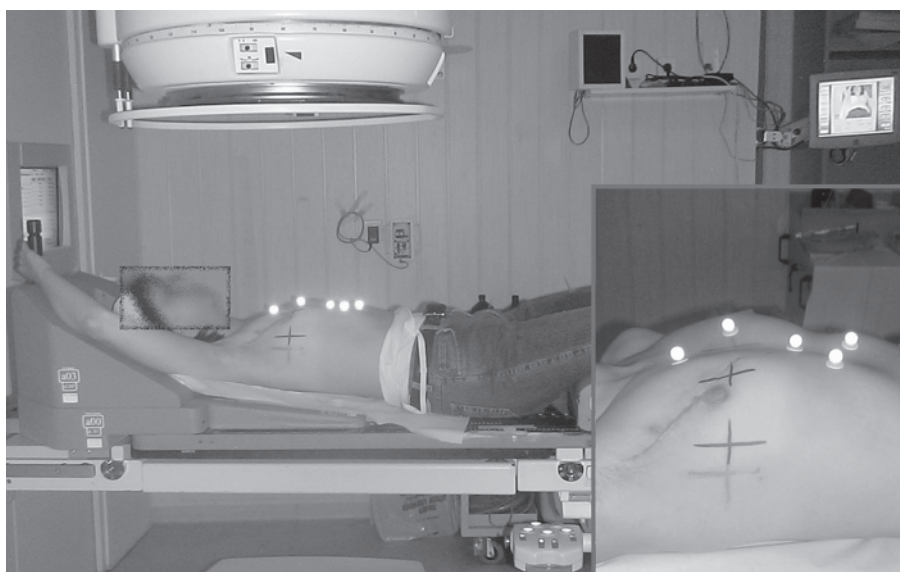
Wszyscy pacjenci napromieniani byli polami koplarnymi i dlatego też możliwe było przekształcenie różnic pionowych i poziomych na tabelę danych oraz wektory anatomiczne. Błąd pionowy mógł powstawać w skrajnych przypadkach jedynie w wyniku różnic w kierunkach przyśrodkowo-bocznym lub kranio-kaudalnym. Jednakże autorzy zdecydowali się oprzeć badanie na założeniu, że błąd pionowy jest zwykle błędem o największej wartości oraz, że stanowi on kombinację różnic w kierunkach przyśrodkowo-bocznym i kranio-kaudalnym w stosunku do kąta ramienia akceleratora (φ). Dla każdej stycznej przyśrodkowej i bocznej stosowano następujące definicje:

Pozioma = Kranio-kaudalna (CC – *Cranio-caudal*)

Pionowa · $|\sin \varphi|$ = Przyśrodkowo-boczna (ML – *Medio-lateral*)

Pionowa · $|\cos \varphi|$ = Brzuszo-grzbietowa (VD – *Ventro-dorsal*)

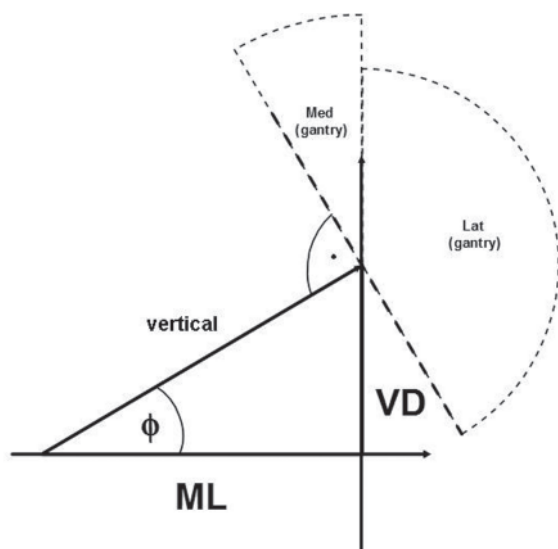
Z rozważań geometrycznych otrzymujemy zależność ($VD^2 + ML^2 = Pionowa^2$). Korzystając z tej zależności można łatwo określić błędy systematyczne i przypadkowe oraz marginesy bezpieczeństwa dla każdego kierunku oddzielnie. Dodatkowo



Ryc. 1. Pacjent z umieszczonymi na skórze markerami IR po osiągnięciu właściwego ułożenia

Tabela I. Błędy i minimalne marginesy bezpieczeństwa: porównanie procedury standardowej (ST) i procedury poszerzonej o zastosowanie systemu ExacTrac (ET). CC: kierunek kranio-kaudalny. ML: kierunek przyśrodkowo-boczny. VD: kierunek brzuszno-grzbietowy. Wszystkie pomiary w tabeli podano w milimetrach. Minimalny margines bezpieczeństwa obliczono zgodnie z definicją van Herka i wsp. [1]

Błąd lub margines	ST Różnica EPI-DRR			ET Różnica EPI-DRR			ET Zastosowanie systemu IR
	CC	VD	ML	CC	VD	ML	
Błąd systematyczny	-2,9	1,9	1,5	-0,7	0	0	2,1
Błąd przypadkowy	3,6	4,6	4,8	1,4	1,7	2,1	0,9
Margines bezpieczeństwa	9,8	8,0	7,1	2,7	1,2	1,5	5,7



Ryc. 2. Schemat ilustrujący zastosowaną teoretyczną zależność między błędami w kierunkach pionowym (vertical), brzuszno-grzbietowym (VD) i przyśrodkowo-bocznym (ML)

oceniono również dokładność bazującą na wykorzystaniu markerów IR. W przypadku metody ET na podstawie średnich maksymalnych i minimalnych wartości przemieszczenia, rzutowanych automatycznie przez system na wygenerowanej skali czasu, przeanalizowano także dokładność ustawienia izocentrum. Korzystając z błędów codziennego przesunięcia, obliczono i porównano dwa różne błędy BS i BP oraz margines MB.

Wyniki

Procedura pozycjonowania metodą ET pozwoliła na lepszą dokładność, niż jest możliwa do osiągnięcia metodą ST w każdym z badanych przypadków. Najważniejszym wynikiem, jaki udało się osiągnąć, była możliwość zmniejszenia do zera, przy użyciu systemu ET, błędu systematycznego w kierunkach brzuszno-grzbietowym i przyśrodkowo-bocznym. Stąd wszelkie niedokładności pionowe były wynikiem błędów przypadkowych. Minimalne marginesy bezpieczeństwa zostały zmniejszone średnio o 6,6-7,1 mm. Wyniki uzyskane dla obu metod pozycjonowania ST i ET przedstawiono w Tabeli I. Wyniki uzyskane na podstawie codziennych elektronicznych obrazów portalowych dowodzą, iż, stosując system ExacTrac, dokładność pozycjonowania można poprawić o 50%, lecz przy jednoczesnym wydłużeniu całkowitego czasu zabiegu o około 20%.

Wnioski

Niezależny od pól napromieniania system ET zwiększa dokładność codziennego pozycjonowania pacjenta i daje możliwość zmniejszenia koniecznego minimalnego marginesu bezpieczeństwa. Wydłużenie całkowitego czasu procedury napromieniania o około 2 minuty jest dopuszczalne. Należy podkreślić, iż niniejsza praca przedstawia będące w toku pilotażowe badanie, w którym wzięło udział jedynie czterech chorych, i, aby podnieść wartość jego wyników, badaniem należy objąć większą liczbę pacjentów.

Akos Gulyban MSc
 Department of Radiation & Medical Oncology
 Medcenter Ltd., at the Borsod County Hospital
 72-76 Szentpeteri kapu
 Miskolc
 H-3526, Hungary
 e-mail: akos.gulyban@gmail.com

Piśmiennictwo

- van Herk M, Remeijer P, Rasch C i wsp. The probability of correct target dosage: dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 47: 1121-35.
- Gulyban A, Kovacs P, Farkas R i wsp. Multisegmented radiation therapy as an alternative to 3D conformal radiation therapy, with special reference to breast cancer tangential fields. *Nowotwory J Oncol* 2007; 57: 125e-8e.

Otrzymano: 12 marca 2008 r.

Przyjęto do druku: 7 kwietnia 2008 r.