SGRT w procedurach stereotaktycznych

Karol Szymerkowski

tel. +48 781 629 665, e-mail: kszymerkowski@visionrt.com

Wprowadzenie

Rozwój medycyny jest ściśle powiązany z rozwojem technologii, której postęp w ostatnich latach zupełnie odmienił oblicze radioterapii. Obecnie stosowane aparaty terapeutyczne oraz systemy planowania leczenia pozwalają na bardzo precyzyjne podawanie coraz to wyższych dawek w zaplanowane miejsce, jednocześnie ograniczając dawkę, jaką otrzymują tkanki zdrowe. Rozwój ten bezpośrednio przełożył się na wzrost popularności radioterapii stereotaktycznej (SRT z ang. *Stereotactic Radiotherapy*) [1].

SRS i SBRT

SRT zakłada stosowanie wysokich dawek frakcyjnych w celu uzyskania wysokiej dawki w objętości tarczowej. Ponieważ dawki frakcyjne stosowane w tym rodzaju leczenia są znacznie wyższe od tych stosowanych w konwencjonalnej radioterapii, promieniowanie jest dostarczane zazwyczaj wieloma wiązkami, często niekomplanarnymi. Taki sposób napromieniania pozwala uzyskać konformalny rozkład dawki z dużym gradientem na granicy leczonego obszaru [2]. SRT zakłada napromienianie wysoką dawką w kilku, zazwyczaj 3-5 frakcjach. Z kolei radiochirurgia stereotaktyczna (SRS z ang. *Stereotactic Radiosurgery*) to metoda napromieniania wysoką dawką w pojedynczej frakcji zmian położonych wewnątrzczaszkowo. Jednym z głównych czynników wpływających na wybór metody napromieniania jest inna skuteczność biologiczna obu metod [3]. Obecnie coraz większą popularność zdobywa realizacja procedury SRS łukami dynamicznymi. Najczęstsze wskazania do śródczaszkowej radiochirurgii to: nieoperacyjne przerzuty do mózgu, mikrogruczolaki przysadki, oponiaki, malformacje tętniczo-żylne, nerwiaki nerwu VIII i neuralgie nerwu trójdzielnego. Zmiany, które są położone w innych lokalizacjach, również można napromieniać stereotaktycznie, ten rodzaj leczenia to SBRT (z ang. *Stereotactic Body Radiation Therapy*) [4].

Procedury stereotaktyczne charakteryzują się napromienianiem bardzo niewielkich obszarów tarczowych, z dużym gradientem dawki na granicy i bardzo małymi marginesami PTV. To stwarza konieczność bardzo starannego przygotowania zarówno pacjenta, jak i planu terapeutycznego w tym bardzo dokładnym wyznaczeniu objętości GTV, CTV i narządów krytycznych w oparciu o tomografię komputerową. Sposób wykonania tomografii powinien być uzależniony od położenia zmiany i jej ruchomości np. oddechowej. Wszędzie tam, gdzie taka ruchomość musi być uwzględniona, zastosowanie znajdzie tomografia 4D, która wykonywana jest albo w jednej zdefiniowanej fazie (skanowanie prospektywne), albo w całym cyklu oddechowym, co pozwala retrospektywnie zrekonstruować obraz z konkretnej fazy. W odróżnieniu od tomografii 3D, na której planowanie odbywa się na fazie uśrednionej, a realizacja leczenia na swobodnym oddechu, w przypadku tomografii 4D zarówno planowanie, jak i napromienianie odbywa się w jednej fazie oddechowej (Ryc. 1).

Ryc. 1 *Przykład systemu optycznego do tomografii 4D (gatect, VisionRt, London)*
Źródło: Archiwum własne.

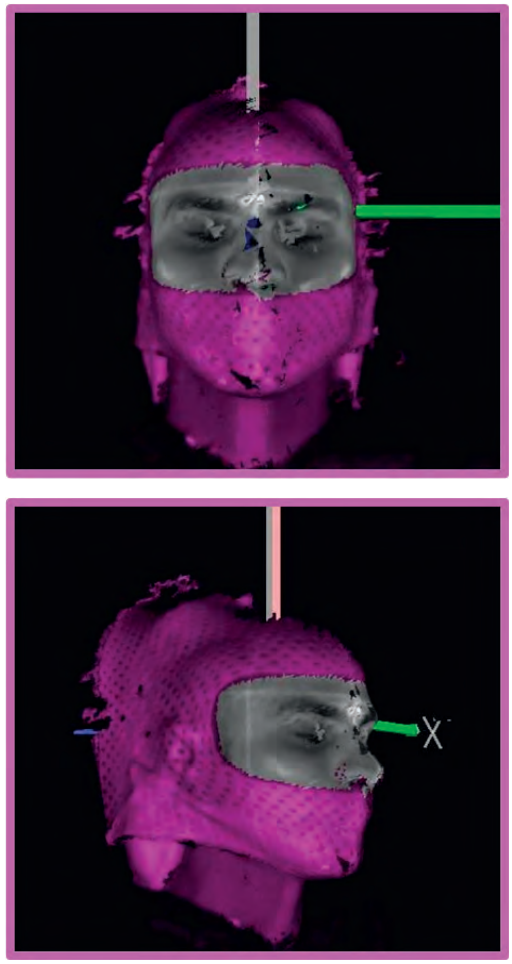
Przygotowanie pacjenta

Przed wykonaniem tomografii komputerowej należy zadbać o odpowiednie unieruchomienie pacjenta na stole tomograficznym. Pozycja, w której będzie skanowany pacjent, musi być stabilna i wygodna. Przygotowując pacjenta do procedury, należy wziąć pod uwagę dość wysokie ryzyko utraty celu w przypadku mimowolnego ruchu śródfrakcyjnego, ale również komfort pacjenta. W przypadku SRS popularnymi metodami unieruchamiania są ramy stereotaktyczne lub specjalnie wzmacniane maski termoplastyczne. Obie metody pozwalają precyzyjnie dostarczyć dawkę w zaplanowane miejsce, na co wskazuje wiele publikacji [5].

Metody te, choć zapewniają stabilną pozycję, są dość inwazyjne i stanowią poważny problem dla pacjentów, którzy cierpią z powodu klaustrofobii. Nie dają one również gwarancji wychwycenia mimowolnych ruchów śródfrakcyjnych. Wykazano, że pacjenci z klaustrofobią odczuwają mniejszy lęk przed procedurą, kiedy maska termoplastyczna nie zasłania twarzy (Ryc. 2) [6].

Ryc. 2 *System otwartych masek do śledzenia ciała pacjenta, dodatkowy fantom do kalibracji izocentrum AlignRT, funkcja 3D photo do dokładnego definiowania ROI oraz Head Ajuster do korekty rotacji*
Źródło: Archiwum własne.

Wraz ze wzrostem popularności i klinicznych zastosowań systemów optycznych, które monitorują pozycję pacjenta w sposób ciągły, zapewniając zatrzymanie dawki terapeutycznej w przypadku ruchu pacjenta, coraz więcej klinik decyduje się na stosowanie otwartych masek (Ryc. 3), w szczególnych przypadkach zupełnie z nich rezygnuje [7]. W 2012 roku Cervinio et al. w swojej pracy dokonali analizy wartości przesunięć oraz czasu, jaki poświęcono na realizację procedury SRS u 23 pacjentów napromienianych bez unieruchomienia w postaci ramy stereotaktycznej czy maski termoplastycznej. Do odtworzenia pozycji pacjenta z tomografii komputerowej użyto systemu SGRT (z ang. *Surface Guided Radiation Therapy*) AlignRt (VisionRt, London), który w sposób ciągły monitorował pozycję pacjenta. Autorzy stwierdzili, że realizacja procedury SRS z kontrolą w postaci systemu SGRT bez użycia ram i maski unieruchamiającej jest bezpieczna i szybka w realizacji. O problemie, jakim dla wielu pacjentów jest unieruchomienie w postaci pełnej maski termoplastycznej, pisali w 2013 roku Guang Li et al. [8].



Ryc. 3 *Przykład maski termoplastycznej z wycięciem na twarz. Zdjęcie zostało wykonane przy użyciu funkcji „3D photo" systemem AlignRt (VisionRt, London)*
Źródło: Archiwum własne.

Autorzy opisali swoje doświadczenia związane z odstąpieniem od stosowania zamkniętych masek na rzecz otwartych z wykorzystaniem systemu SGRT. We wnioskach napisano, że nowy sposób unieruchamiania nie wpłynął na zmniejszenie stabilności pozycji, a co ważne, jest dobrze tolerowany przez pacjentów z klaustrofobią.

Obrazowanie w SRS

Aktualnie obowiązujące wytyczne jasno mówią o konieczności wykonywania procedur stereotaktycznych pod kontrolą obrazowania [2]. Codzienne obrazowanie pozwala eliminować błędy wynikające z nieprawidłowego ułożenia pacjenta oraz umożliwia wczesne wykrycie zmian anatomicznych, które mogę mieć istotny wpływ na rozkład dawki. Te same wytyczne mówią, że czas leczenia powinien być możliwie krótki, ponieważ wraz z wydłużeniem się czasu procedury zwiększa się ryzyko zmiany początkowej pozycji. Powtarzanie procedury obrazowania, czy to z powodu konieczności korekty pozycji pacjenta, czy z powodu przekroczenia tolerancji przesunięcia, niesie ze sobą konsekwencje wydłużenia procedury i dostarczenie dodatkowej dawki promieniowania jonizującego [9].

Tradycyjne systemy IGRT (z ang. *Image Guided Radiation Therapy*) nie umożliwiają wykrycia ruchów śródfrakcyjnych, które w przypadku procedur SRS czy SBRT mogą mieć istotny wpływ na wynik leczenia. Te, które to umożliwiają, często wymagają umieszczenia w ciele pacjenta odpowiednich znaczników, co zwiększa inwazyjność procedury [10].

Temat ruchów śródfrakcyjnych oraz redukcji dawki pochodzącej z codziennego obrazowania bardzo dokładnie przedstawił w swojej pracy John H. Heinzerling wraz ze współautorami [11]. Dokonali oni analizy 34 frakcji SBRT 25 pacjentów napromienianych z użyciem technologii SGRT. Każdy pacjent był pozycjonowany w oparciu o dane pochodzące z systemu optycznego, a następnie miał wykonywaną weryfikację obrazową stożkową wiązką kv. Autorzy nie znaleźli statystycznie istotnych różnic między obiema metodami weryfikacji. Okazało się jednak, że system SGRT wykrył ruchy śródfrakcyjne na poziomie przynajmniej 2 mm w 73% wszystkich frakcji. We wnioskach podano, że system SGRT (AlignRT, VisionRT, London) wykrywa ruchy śródfrakcyjne z submilimetrową dokładnością oraz że pozwala wyeliminować wykonywanie weryfikacji kv-kv przed zrobieniem CBCT.

Również autorzy innej pracy wskazują na porównywalną dokładność systemu optycznego co ortogonalne obrazowanie wiązką kv w procedurach SRS [12].

Wnioski

Rozwój technologii umożliwił podawanie coraz to większych dawek frakcyjnych w krótkim czasie. Procedury SRS i SBRT są powszechnie stosowane, jednak ich realizacja często związana jest ze stosowaniem inwazyjnych i często niewygodnych metod unieruchamiania, które są trudno akceptowalne przez pacjentów cierpiących z powodu klaustrofobii. Popularyzacja systemów SGRT przekłada się na poprawę komfortu pacjenta i bezpieczeństwa realizacji procedur stereotaktycznych. Wiele niezależnych publikacji wskazuje, że technologia SGRT nie tylko usprawnia proces realizacji wspomnianych procedur, ale również poprawia ich dokładność, co ma przełożenie na efekt terapeutyczny [13].

Piśmiennictwo

1. M. Spych, J. Fijuth, M. Klonowicz, M. Radek: *Techniki stereotaktyczne w radioterapii guzów ośrodkowego układu nerwowego*, Onkol. Prakt. Klin., 3, 2007, 135-139.
2. CRU: *Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams*, Journal of the International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU Report 91, 14(2), 2014.
3. J.C.T. Chen, M.R. Girvigian: *Stereotactic Radiosurgery: Instrumentation and Theoretical Aspects – Part 1*, The Permanente Journal, 9(4), 2005.
4. AAPM: *Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101*, Med. Phys., 37(8), 2010.
5. L. Ma, C. Chuang, M. Descovich, P. Petti, V. Smith, L. Verhey: *Whole-procedure clinical accuracy of GammaKnife treatments of large lesions*, Med. Phys., 35, 2008, 5110-5114.
6. L. Sharp, F. Lewin, H. Johansson, D. Payne, A. Gerhardsson, L.E. Rufgvist: *Randomized trial on two types of thermoplastic masks for patient immobilization during radiation therapy for head-and-neck cancer*, Int J Radiat Oncol Biol Phys., 61(1), 2005, 250-256.
7. J. Paravati et al.: *Initial clinical experience with surface image guided (SIG) radiosurgery for trigeminal neuralgia*, Translational Cancer Research, 3(4), 2014, 333-337.
8. G. Li et al.: *Migration from full-head mask to "open-face" mask for immobilization of patients with head and neck cancer*, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 14(5), 2013, 4400.
9. Report of the AAPM Therapy Physics Committee Task Group 180: *Image guidance doses delivered during radiotherapy: Quantification, management, and reduction*, Med. Phys., 45(5), 2018.
10. A.P. Shah, P.A. Kupelian, B.J. Waghorn et al.: *Real-time tumor trackingin the lung using an electromagnetic tracking system*, Int J Radiat Oncol Biol Phys., 86, 2013, 477-483.
11. J.H. Heinzerling et al.: *Use of surface-guided radiation therapy in combination withIGRT for setup and intrafraction motion monitoring duringstereotactic body radiation therapy treatments of the lungand abdomen*, Appl Clin Med Phys, 21(5), 2020, 48-55.
12. D. Wiant et al.: *Direct comparison between surface imaging and orthogonal radiographic imaging for SRS localization in phantom*, J Appl Clin Med Phys, 20(1), 2019, 137-144.
13. S. Lau et al.: *Clinical efficacy and safety of surface imaging guided radiosurgery (SIG-RS) in the treatment of benign skull base tumors*, J Neurooncol, 132, 2017, 307-312.