



ExacTrac Dynamic[®]

Nowy wymiar pozycjonowania
i monitorowania pacjenta



Źródło: materiały własne.

ExacTrac Dynamic – nowy wymiar pozycjonowania i monitorowania pacjenta

Adam Spyra

Brainlab Sales GmbH, Monachium, Niemcy

Tworzenie topografii 4D pacjenta

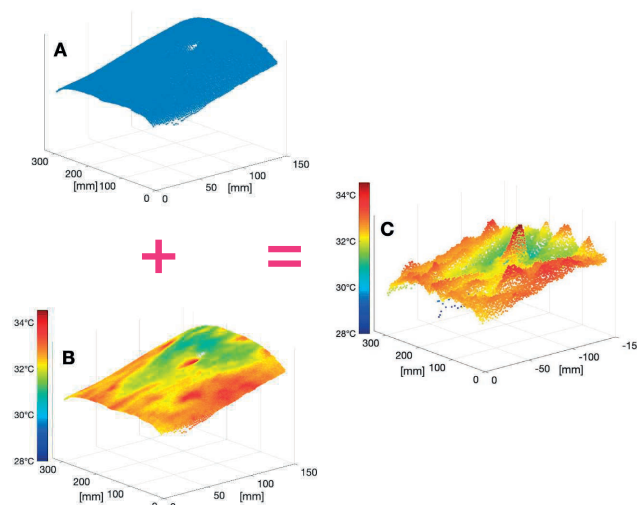
W dobie coraz częściej stosowanych technik stereotaktycznych w radioterapii zapewnienie jak największej precyzji jest kluczowe dla skuteczności i bezpieczeństwa leczenia. Systemy IGRT stały się standardowym wyposażeniem akceleratorów dedykowanych temu rodzajowi terapii.

Brainlab ExacTrac Dynamic łączy moc i precyzję najnowocześniejszych technologii śledzenia pozycji pacjenta. Nowa, rewolucyjna kamera 4D, rejestrująca powierzchnię pacjenta wzbogaconą o informację termowizyjną, współpracuje z systemem opartym na promieniowaniu rentgenowskim w czasie rzeczywistym, zapewniając submilimetrową dokładność.

Kamera termowizyjna 4D tworzy hybrydowy obraz powierzchni pacjenta, korelując informację termiczną pacjenta z jego zrekonstruowaną strukturą powierzchni 3D. Aby to osiągnąć, kamera rejestruje 300 000 punktów powierzchniowych 3D i dopasowuje je do sygnału cieplnego generowanego przez kamerę termowizyjną, tworząc kolejny wymiar umożliwiający śledzenie położenia monitorowanego obszaru.

Integracja z akceleratorem medycznym

Powierzchniowe detektory promieniowania X zastosowane w systemie pozwalają na uzyskanie obrazu o wymiarach 18 × 18 cm

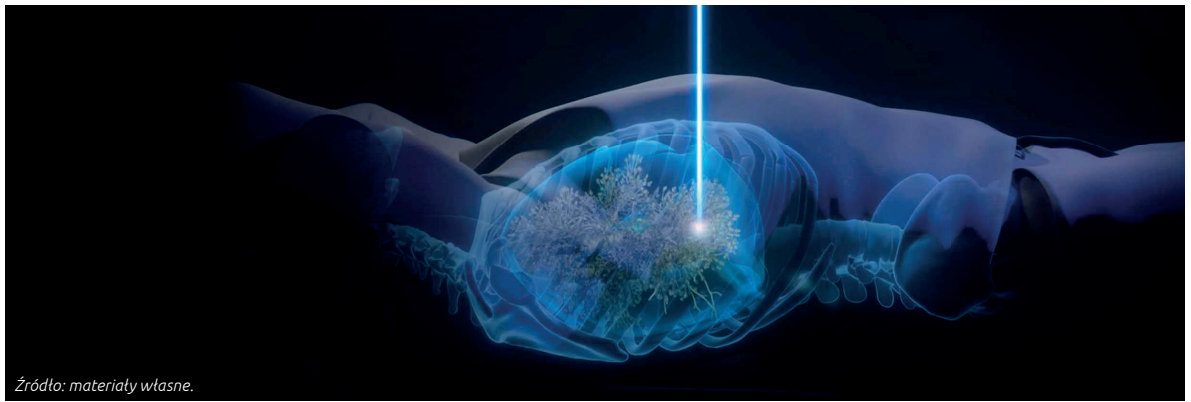


Tworzenie topografii pacjenta wzbogaconej o informację termiczną.

Źródło: materiały własne.

w izocentrum, umożliwiając weryfikację anatomii wewnętrznej pacjenta, co ułatwia orientację i interpretację zdjęć rentgenowskich. Jednocześnie lepszy kontrast tkanek miękkich i zwiększona prędkość odczytu zapobiegają rozmyciu obrazów. Dzięki dużej pojemności cieplnej lampy rentgenowskiej, ExacTrac Dynamic umożliwia zautomatyzowane obrazowanie o wysokiej częstotliwości.

Integracja z akceleratorami Elekta Versa HD™ w połączeniu ze stołem HexaPOD™ oraz Varian Edge™ lub TrueBeam™ ze stołem



Źródło: materiały własne.



Źródło: materiały własne.

PerfectPitch™ umożliwia automatyczne zatrzymywanie wiązki, korektę ułożenia i wznowienie leczenia – bezpośrednio z konsoli akceleratora. W zależności od wskazania, protokołu lub pacjenta, weryfikacja z użyciem promieniowania X może być wykonywana automatycznie lub ręcznie, co zapewnia większą swobodę.

Systemy SGRT dostarczają informację o pozycji pacjenta względem izocentrum na podstawie obrazu jego powierzchni. Takie rozwiązania narażone są na ryzyko niedokładnego odwzorowania położenia targetu, zwłaszcza w kontekście określenia rotacji. Wielkość tego błędu wzrasta wraz z odległością od obrazowanego fragmentu powierzchni.

Dla zmian zlokalizowanych w części potylicznej mózgowia oraz w kręgosłupie, które często leczone są z użyciem hipofrakcjonowania z pacjentem leżącym na plecach, niewielkie rotacje w rejestrowanej przez kamery przedniej części ciała, które mieszczą się w zadanych tolerancjach, doprowadzić mogą do sporych przesunięć w okolicy targetu. Monitorowanie w rejonach klatki piersiowej lub jamy brzusznej, gdzie ruchy oddechowe znacząco utrudniają użycie wyłącznie systemów SGRT, często powoduje konieczność powiększenia marginesów tolerancji, wpływając tym samym na precyzję uzyskanych rezultatów.

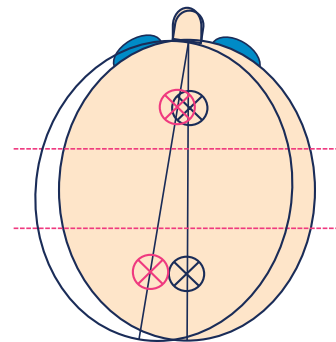
W nowoczesnych metodach napromieniania wielu zmian przy użyciu jednego izocentrum, jego pozycja, ustalona zazwyczaj w środku ciężkości wszystkich targetów, umiejscowiona jest w pewnej odległości od każdego z nich. Skracając w ten sposób czas terapii, zwiększamy zależność jej dokładności od prawidłowego określenia rotacji.

Aby uniknąć nieprawidłowej depozycji dawki wywołanej nieskorygowaną rotacją pacjenta, niezbędny jest system pozycjonowania oparty na wewnętrznej anatomii. ExacTrac Dynamic w połączeniu z systemem unieruchomienia pacjenta Cranial 4Pi Immobilization zapewnia dokładność odtworzenia pozycji izocentrum na poziomie poniżej 1 mm*.



Nakładka z włókna węglowego na stół terapeutyczny akceleratora systemu Cranial 4Pi Immobilization z zamontowaną maską termoplastyczną Cranial 4Pi Stereotactic Mask. Dostępne są również maski typu Basic, Open Face oraz Extended (obejmująca również ramioną).

Źródło: materiały własne.



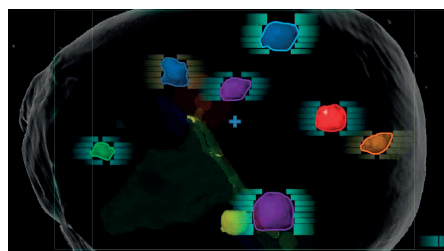
Niewielkie zmiany w obrębie obszaru rejestrowanego przez systemy SGRT mogą skutkować dużymi przesunięciami w rejonie guza.

Źródło: Schöpe, M., Sahlmann, J., Jaschik, S. et al. Comparison of patient setup accuracy for optical surface-guided and X-ray-guided imaging with respect to the impact on intracranial stereotactic radiotherapy. *Strahlenther Onkol* (2023). <https://doi.org/10.1007/s00066-023-02170-x>

* Akcelerator wyposażony w stół 6D, pola koplanarne oraz niekoplanarne. Dokładność na poziomie poniżej 1 mm lub połowy grubości warstwy na tomografii komputerowej – którakolwiek z wartości jest większa.



Źródło: materiały własne.



Wpływ nieskorygowanej rotacji na pokrycie targetów podczas terapii mnogich przerzutów z zastosowaniem jednego izocentrum.

Źródło: Nzhde Agazaryan, University of California Medical Center, Los Angeles, USA. Sagawa, T. et al. Dosimetric effect of rotational setup errors in stereotactic radio-surgery with HyperArc for single and multiple brain metastases. *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 20, 84–91 (2019).

Dostępne modalności

ExacTrac Dynamic oferuje 7 modalności dostosowanych do monitorowania pozycji pacjenta podczas napromieniania dowolnej

lokalizacji. System umożliwia pozycjonowanie z użyciem własnego układu detektorów promieniowania X, jak również, dzięki integracji z akceleratorem, wykorzystanie technologii CBCT. Każda frakcja poprzedzona jest automatycznym prepozycjonowaniem na podstawie obrazu z kamery 4D.

Monitorowanie z użyciem systemowych detektorów promieniowania X może odbywać się dla każdego ustawienia kąta stołu terapeutycznego, nie tylko dla pozycji koplarnarnej. System automatycznie generuje obrazy DRR dla pozostałych kątów stołu i wykonuje fuzję z obrazem ze zdjęć rentgenowskich. Pozwala to na korekcję ułożenia pacjenta po zmianie pozycji stołu, która jest jedną z głównych przyczyn przesunięcia pacjenta względem izocentrum.

Możliwość kalibracji systemu ExacTrac Dynamic do izocentrum promieniowania z wykorzystaniem fantomu typu Winston-Lutz dodatkowo zwiększa precyzję napromieniania, zwłaszcza z użyciem małych pól, często wykorzystywanych w technikach stereotaktycznych.

Oprócz standardowych modalności, możliwe jest również śledzenie wszczepionych znaczników śródtkankowych (Implanted Markers) oraz bramkowanie terapii na podstawie odczytywania ruchów oddechowych pacjenta (Breath Hold) przy leczeniu zmian w piersi i płucach.

Wszystkie te funkcje sprawiają, że ExacTrac Dynamic daje możliwość poprawy precyzji leczenia każdego pacjenta, niezależnie od leczonej lokalizacji. Dzięki stale rozwijanemu oprogramowaniu i zaprojektowaniu systemu w sposób umożliwiający jego aktualizowanie, regularnie rozszerza się zakres możliwości, które oferuje.

Modalność	Prepozycjonowanie	Pozycjonowanie	Monitoring	Repozycjonowanie
Standard X-Ray & Surface	Tak	Promieniowanie X systemu ExacTrac	Kamera 4D + Promieniowanie X systemu ExacTrac	Promieniowanie X systemu ExacTrac
External Positioning with X-Ray & Surface Monitoring	Tak	Zewnętrzne obrazowanie (np. CBCT)	Kamera 4D + Promieniowanie X systemu ExacTrac	Promieniowanie X systemu ExacTrac
Implanted Marker X-Ray & Surface	Tak	Promieniowanie X systemu ExacTrac (Detekcja znaczników)	Kamera 4D + Promieniowanie X systemu ExacTrac	Promieniowanie X systemu ExacTrac
Implanted Marker External Positioning with X-Ray & Surface Monitoring	Tak	Zewnętrzne obrazowanie (np. CBCT)	Kamera 4D + Promieniowanie X systemu ExacTrac	Promieniowanie X systemu ExacTrac
Breath-hold X-Ray Positioning with Surface Monitoring	Tak	Promieniowanie X systemu ExacTrac	Kamera 4D + Promieniowanie X systemu ExacTrac	Powtórzenie pozycjonowania
Breath-hold External Positioning with Surface Monitoring	Tak	Zewnętrzne obrazowanie (np. CBCT)	Kamera 4D	Powtórzenie pozycjonowania
External Positioning with Surface Monitoring	Tak	Zewnętrzne obrazowanie (np. CBCT)	Kamera 4D	Zewnętrzne obrazowanie (np. CBCT)