



Nowości w tomografii komputerowej

Piotr Skup

Timko Sp. z o.o.

Wszystko obraca się wokół postępu

W ciągu ostatnich dziesięcioleci postęp technologiczny w medycynie znacznie przyspieszył - w tomografii komputerowej obserwujemy to na co dzień od pierwszego badania tomografem, które zostało przeprowadzone 1 października 1971 roku w Atkinson Morley Hospital w Londynie.

Przez następane lata pokonywano kolejne bariery technologiczne, pojawiały się nowe funkcje i możliwości tomografów. II generację tomografów opracowano w 1975 roku, a rok później kolejną – III. Owoce tego procesu są także znane nam dzisiaj tomografy IV generacji, które nie weszły do szerszego użycia.

Warstwy i rzędy

Od czasów pierwszego, jednorzędowego tomografu Hounsfiel- da musiało minąć ponad ćwierć wieku do tomografu 4-warstwowego, który zadebiutował w 1998 roku.

Od tej chwili nastąpiło przyspieszenie postępu i pierwsze tomografy 8-warstwowe są na rynku od 2002 roku, a niemal jednocześnie zaczęto produkować 16-warstwowe.

Kolejnym etapem były aparaty o 32 i 64 warstwach, będące obecnie w powszechnym użyciu.

Największe dostępne na rynku aparaty posiadają detektory 256-rzędowe i 320-rzędowe, zdolne do uzyskania odpowiednio 512 i 640 warstw. Takie systemy są stosowane od 2012 roku, a więc stosunkowo dawno. Do dnia dzisiejszego nie zanotowano żadnych zapowiedzi dotyczących przekroczenia tych wartości.

Czas obrotu – czas badania

W 1976 roku czas jednego obrotu wynosił aż 5 s, co było daleko niezadowolającym wynikiem i udało się go poprawić w 1981 roku, uzyskując obrót w czasie 3 s oraz w 1985 skracając go do

1 s. 20 lat temu czas obrotu lampy wynoszący 0,5 s był przełomowym osiągnięciem, a dziś standardem stają się trzy obroty na sekundę, a najszybszy na rynku tomograf **NeuViz Glory** potrafi wykonać pełny obrót w czasie **0,259 s**, czyli aż cztery obroty w ciągu jednej sekundy.

Detektor, czyli zapis danych

Dla większej dokładności badania stosuje się coraz nowocześniejsze detektory. Standardem rynkowym są detektory z warstwą scyntylicyjną z tlenosiarczku gadolinu (GOS). Dają one wyższą jakość niż te z jodkiem cezu (CSI), pozwalając jednocześnie na obniżenie dawki promieniowania. Warstwa scyntylicyjna jest niezbędna, aby zamienić promieniowanie na rozbityski światła, które trafiają następnie na matrycę, skąd są zbierane przez komputer.

Rozmiar detektora przekłada się na szybkość badania – obecnie stosowane wieloelementowe detektory o długości od 19 mm do 16 cm najprawdopodobniej nie będą już większe. Postęp w tym obszarze osiągnął swoje granice, a systemy IV generacji, posiadające detektory na całym obwodzie gantry, które nie miały żadnych przewag jakościowych nad III generacją, były zbyt drogie, by zostać dobrze przyjęte przez rynek.

Co, jeśli nie rzędy i warstwy?

Dotychczas stosowane przez wszystkie firmy detektory EID (*energy-integrating detectors*) zapisywały całkowitą wartość energii padającą na dany obszar w zadanym czasie, często łącznie z szumem, co utrudnia identyfikację istotnych danych spośród uzyskanych skanów.

W odpowiedzi na rosnące potrzeby rynku, w opracowaniu w kilku firmach są innowacyjne detektory PCD (*photon-counting detector*) umożliwiające rejestrację interakcji pomiędzy

fotonami, a także poziomem/spektrum energii fotonów w czasie. Pozwolą one na poprawienie współczynnika sygnał/szum, podniesienie kontrastu, a także zwiększenie rozdzielczości przestrzennej i usprawnienie badań z kontrastem. Nastąpi obniżenie dawki poprzez eliminację skanu referencyjnego.

Detektory GOS ustąpią niebawem niewymagającym chłodzenia cienkim detektorom półprzewodnikowym opartym o tellurek kadmowo-cynkowy (CZT) lub nieco grubszym niż obecne, detektorom krzemowym. Badania nad tymi technologiami jeszcze trwają, a na ich rezultaty trzeba poczekać.

Matryca

Obecnie większość producentów stosuje nadal matryce 512 × 512, które pojawiły się w 1978 roku, w miejsce stosowanych od 1973 roku matryc 312 × 312.

Znacznie wyższą jakość można uzyskać przy wykorzystaniu matrycy 1024 × 1024 stosowanej od 1987 roku. Są na rynku producenci, jak **Neusoft**, których nawet podstawowe tomografy 16-warstwowe posiadają taki rodzaj matrycy. W innych firmach tylko największe, co najmniej 128-rzędowe tomografy, oparte są o tak dokładną matrycę. Daje ona personelowi szansę uzyskania obrazów o zdecydowanie wyższej rozdzielczości, przez co jest możliwe lepsze obrazowanie niewielkich struktur.

Dokładny i szybki detektor w połączeniu z **matrycą rekonstrukcyjną 1024 × 1024** może dostarczyć badanie o rozdzielczości przekraczającej 30 pl/cm w badaniach klinicznych, jak to się dzieje w najnowszych tomografach komputerowych firmy **Neusoft**.

Hardware to nie wszystko

Jak wiadomo, tomograf komputerowy to bardzo skomplikowane urządzenie, które ma wiele elementów mechanicznych oraz mnóstwo elektroniki, ale to słowo „komputerowy” w nazwie tomografu oddaje istotę jego działania.

Po wykonaniu akwizycji tomograf musi dokonać obróbki danych. Tutaj najważniejsze jest oprogramowanie zainstalowane

na komputerze o wysokiej mocy obliczeniowej. Z jednej strony pomaga ono obniżyć dawkę promieniowania dzięki iteracyjnym metodom rekonstrukcji – w najnowszych systemach **Neusoft** – 128-warstwowym **NeuViz Prime** i 256-warstwowym **NeuViz Glory** można **obniżyć dawkę nawet do 90%** względem **FBP** – przy jednoczesnym zachowaniu doskonałej jakości obrazu, a z drugiej umożliwia uzyskanie większej dokładności obrazowania, przy nieobniżonej dawce.

Moc obliczeniowa komputerów rekonstrukcyjnych systematycznie rośnie, aby sprostać rosnącej ilości danych, które wytwarza skaner, a także by przyspieszyć pracę i zwiększyć wydajność pracowni. Wpływa to również na czas uruchomienia tomografów – obecnie czas od włączenia do pełnej gotowości tomografu do badania (wraz z wygrzaniem lampy) wynosi **poniżej 6 minut**.

W dobie wszechobecnej automatyzacji do tomografii komputerowej wstępuje sztuczna inteligencja (AI). Specjalne algorytmy umożliwiają automatyczne wykrycie patologii oraz dokonanie szybkich obliczeń i przygotowanie tabel i histogramów. Czas wykonania analizy i przygotowania opisu może dzięki temu ulec istotnemu skróceniu, a dokładność wzrosnąć.

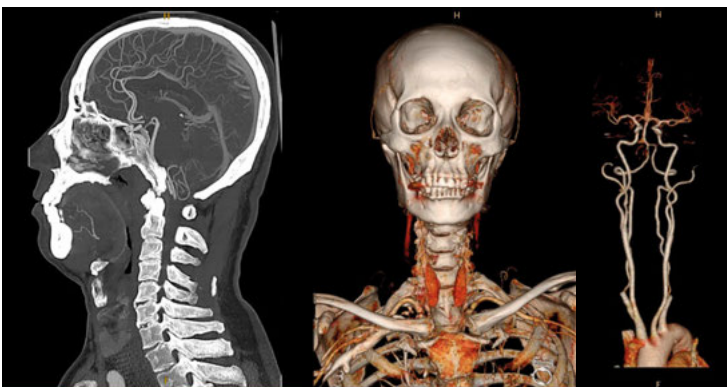
Oprogramowanie umożliwia także doskonałą redukcję artefaktów, co w dobie stentów i implantów jest niezbędne, ale jest również użyteczne przy artefaktach pochodzących z ruchu pacjenta, bądź powstających przy sklejananiu obrazów z kolejnych przebiegów aparatu.

Kto produkuje w Azji

Większość czołowych producentów tomografów komputerowych ma fabryki zlokalizowane w Azji – przede wszystkim w Chinach, ale także w Indiach. Są także firmy, które mają fabryki tomografów komputerowych w Rosji czy w Iranie(!), ze względu na specyficzne uwarunkowania tamtejszych rynków. Nie ma to wpływu na jakość, ale pomaga koncernom wytrzymać presję cenową. W Azji światowe marki produkują komponenty do swoich systemów lub nawet całe urządzenia.

Kraje azjatyckie stanowią także lokalizację centrów badawczo-rozwojowych, chociaż najczęściej firmy się tym nie chwala. Podobnie jak produkcją w Chinach czy Indiach. W dokumentacji próżno szukać wzmianek o tym, bo finalny montaż sprzętu odbywa się w Europie lub Ameryce. Dla Klienta końcowego ma to stanowić gwarancję jakości i niezawodności, chociaż w dzisiejszych czasach nie ma ona nic wspólnego z krajem produkcji – wystarczy wspomnieć, że takie firmy jak Apple, Sony, Microsoft czy BMW produkują elementy lub całe swe flagowe produkty w Chinach i osiągają bardzo dobre rezultaty.

Medycyna i rynek oczekują dalszego rozwoju technologicznego, kolejnych funkcji, usprawnień, nieustannego ulepszania sprzętu. Nowoczesna diagnostyka jest potrzebna w dobie starzejących się społeczeństw, wydłużającej się średniej długości życia oraz coraz częstszych chorób cywilizacyjnych i nowotworów. Muszą temu sprostać także producenci tomografów.



Źródło: Materiał własny.

Azjatyckie Tygrysy

Serce jest najważniejsze – po to ten postęp

Obok czołowych producentów na rynku pojawiają się firmy pochodzące z Azji, które stanowią dla nich poważną konkurencję.

Jedną z nich jest wspomniana już wcześniej firma **Neusoft**, która posiada trzy fabryki tomografów komputerowych, a w ofercie ma pełne spektrum urządzeń – tomografy, w tym także mobilne, systemy PET, rezonanse magnetyczne, systemy rentgenowskie, mobilne i stacjonarne, mammografy i densytometri oraz ultrasonografy.

Do niedawna firma ta produkowała sprzęt dla światowej marki. Aktualnie **Neusoft** rozwija się samodzielnie w imponującym tempie, dokonując kolejnych usprawnień i skoków technologicznych. **Neusoft** – firma informatyczna z trzydziestoletnią historią, która zatrudnia prawie 30 tys. pracowników i współpracuje z takimi markami jak Apple czy Microsoft, od ponad 20 lat zajmuje się produkcją tomografów komputerowych i innych urządzeń do diagnostyki obrazowej. Zebrane przez dwie dekady doświadczenie pozwala na rozwijanie innowacyjnych technologii oraz wyznaczanie kierunków rozwoju tomografii komputerowej na świecie.

Owoce postępu technologicznego jest najnowszy produkt firmy **Neusoft** – najnowocześniejszy obecnie tomograf na rynku – **NeuViz Glory**, który miał premierę na ostatnim kongresie **RSNA w Chicago** i wysoko podnosi poprzeczkę dla konkurentów.

To **256-wartowy tomograf komputerowy** o bardzo bogatej konfiguracji – umożliwia wykonywanie badań dwuenergetycznych i jako jedyny na rynku ma specjalne protokoły oparte o **napięcie 60 kV**, dedykowane najmłodszym pacjentom.

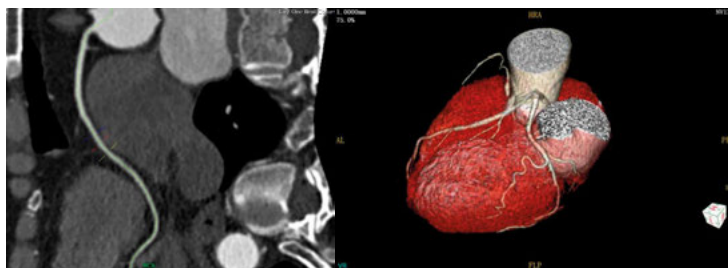
Z NeuViz Glory uzyskamy najlepszą na rynku **rozdzielczość czasową – 25 ms**. Dzięki jej połączeniu z najkrótszym na rynku **czasem obrotu lampy (0,259 s)** aparaty **NeuViz Glory** pozwalają obrazować serce w czasie jednego uderzenia.

Krótki czas obrotu znacznie zmniejsza ilość artefaktów, a także umożliwia bardzo dokładne zobrazowanie tętnic wieńcowych zarówno po lewej, jak i prawej stronie. I wystarczy do tego detektor 8-centymetrowy, poprzez zastosowanie funkcji cardiac-booster-pitch.

Poniżej fragment listu referencyjnego wystawionego przez szpital na zakończenie szkolenia poinstalacyjnego, które odbyło się w marcu 2019:



Źródło: Materiał własny.



Źródło: Materiał własny.



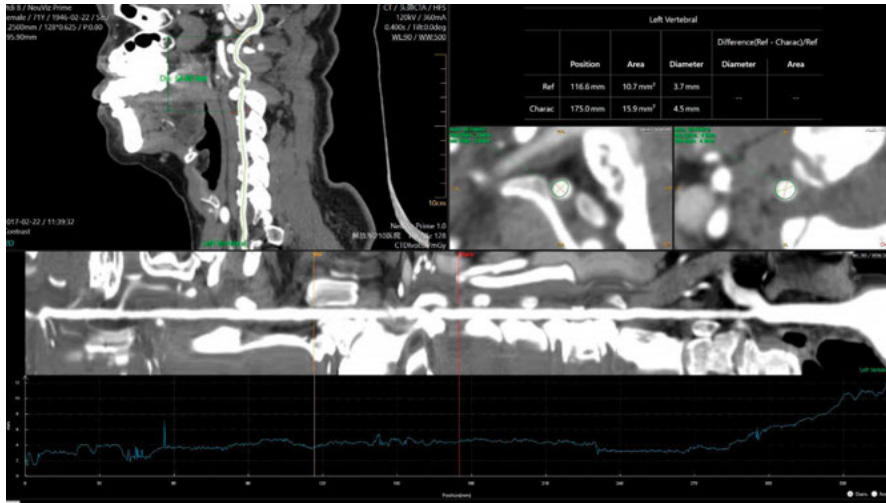
Źródło: Materiał własny.

„Wypróbowaliśmy wszystkie typy angiogramów włączając Coronary CTA, Aorta CTA, Upper Limbs i Lower Limbs CTA. Jesteśmy pod ogromnym wrażeniem płynnej pracy i możliwości skanowania. Przebadałiśmy nawet pacjentkę w stanie nagłym, wykonując Coronary CTA, przy ponad 100 uderzeniach, która nie mogła odchylić ramion ani wstrzymać oddechu. Niewiarygodne, ale udało nam się! A rezultat był w pełni diagnostyczny”.

Czy więcej warstw to zawsze lepiej?

Podstawowy skaner wykonuje wiele różnorodnych badań w swoim cyklu pracy, a większość z nich to badania niewymagające wcale więcej niż 16 warstw. Mówi się nawet, że w niektórych zastosowaniach aparaty o mniejszej liczbie warstw dają wyższą jakość.

Im bardziej rozbudowany tomograf komputerowy, tym więcej zużywa energii i tym wyższe są koszty jego przeglądów oraz części zamiennych. Nie można również zapominać o odpłatności za badanie, która wcale się nie zmienia – za badanie właściciel otrzyma od NFZ zawsze tyle samo. Tymczasem pacjenci komercyjni oczekują przede wszystkim jak najkrótszego terminu wykonania badania i opisu – przecież płacą z własnej kieszeni.



Źródło: Materiał własny.

Warto więc przeprowadzić analizę opłacalności przed podjęciem decyzji o zakupie lub wymianie tomografu. Ważne, aby dawał on jak najwięcej możliwości diagnostycznych, ale jednocześnie był optymalnie wykorzystywany.

Właściwa eksploatacja to długa eksploatacja

W najszybszych tomografach komputerowych, jak **NeuViz Glory**, ważyący kilkaset kilogramów zespół lampy i detektora obraca się w gantry nawet 4 razy na sekundę – takie urządzenie

musi być wykonane z najwyższą precyzją, fachowo zainstalowane, a także regularnie i dokładnie kontrolowane przez wykwalifikowanych i doświadczonych inżynierów serwisowych. Ważne jest zatem, aby tomograf był objęty umową serwisową.

Obok opieki serwisowej istotnym czynnikiem wpływającym na stabilność pracy tomografu jest właściwa obsługa – personel powinien postępować zgodnie z zaleceniami instrukcji i być przeszkolony przez dostawcę, a szkolenia powinny być cyklicznie powtarzane. Procedury uruchomienia, wygrzewania i kalibracji tomografu muszą być przestrzegane, a dzięki temu urządzenie będzie działało mniej awaryjnie.

Właściwa dbałość o prawidłową eksploatację, w połączeniu z dobrą obsługą serwisową i prewencyjnymi wymianami zużytych lub uszkodzonych podzespołów, pozwalają na zachowanie ciągłości pracy urządzenia przez cały okres eksploatacji, który wciąż jeszcze wynosi w Polsce nawet 15 lat.

Co przyniesie przyszłość?

Jeszcze kilka-kilkanaście lat temu tomograf komputerowy był luksusem, na który stać było niewiele szpitali, a dziś jest podstawowym urządzeniem diagnostycznym, bez którego trudno

sobie wyobrazić sprawnie funkcjonujący szpital.

W najbliższej dającej się przewidzieć przyszłości będziemy świadkami znacznych postępów we wprowadzaniu sztucznej inteligencji i automatyzacji do oprogramowania tomografów oraz nowych rodzajów detektorów. Ułatwi to zdecydowanie pracę ze skanerni i stacjami lekarskimi i podniesie jakość badań oraz obniży dawki otrzymane przez pacjentów i personel.

Tomografia bez limitu

Wiele słyszymy ostatnio na temat nielimitowanych świadczeń, między innymi w zakresie tomografii komputerowej. Czas pokaże, kto na tych nielimitowanych świadczeniach skorzysta, a kto straci. Naturalnie nie da się wykonać badań bez sprzętu i personelu, a wykonane skany ktoś musi ocenić i opisać. I to są prawdziwe limity – wydajności ludzkiej i dostępności personelu.

Sama tomografia komputerowa od początku swego istnienia nie ma granic i limitów – rozwija się dobrze i bez przeszkód. I jestem przekonany, że długo jeszcze tak pozostanie. *B*