

Tomograf komputerowy

Jak wybrać odpowiednią konfigurację CT do potrzeb placówki medycznej

W ostatnim dziesięcioleciu dokonał się ogromny postęp w dziedzinie tomografii komputerowej. Producenci prześcigają się w nowych technologiach i specjalistycznych oprogramowaniach do tomografów komputerowych mających na celu coraz dokładniejszą diagnostykę ludzkiego ciała i jego narządów. Każdy z kluczowych producentów tomografów komputerowych ma w swojej ofercie rodzinę aparatów różniących się między sobą ilością tzw warstw akwizycji : 2,4,6,8,10,16,24,40,64,256,320 , budową gantry, konstrukcją lamp (jedno lampowe lub dwu lampowe) detektorów i ich układu jak również programami diagnostycznymi tzw. CAD-ami.

Aktualnie na rynku mamy już tomografy komputerowe 256 lub nawet 320 rzędowe lub rozwiązania dualne z zastosowaniem dwóch lamp i dwóch rzędów detektorów. Wszystkie nowoczesne rozwiązania mają na celu w zakresie jednego pełnego obrotu gantry :

- skrócić czas skanu a zatem trwającego badania
- dokonać skanu jak największego obszaru badanego narządu (najlepiej całego)
- dokonać jak najdokładniejszego skanu wykorzystując technologię wielu warstw jak najcieńszych
- zmniejszyć do minimum dawkę promieniowania jakie otrzymuje pacjent podczas badania

Nowe technologie prowadzą do coraz dokładniejszej diagnostyki, poprzez akwizycję coraz większej ilości danych (skanów płaszczyznowych) badanego narządu. W nowoczesnych tomografach dąży się do minimalizacji dawki promieniowania jaką otrzymuje pacjent podczas badania. Wykorzystując technologię wielorzędowości skracamy czas procedury i zwiększamy komfort pacjenta podczas badania. Nowe technologie mają szczególne znaczenie w przypadku badań dynamicznych, takich jak np. skan serca w badaniach kardiologicznych, badanie przepływów i drożności naczyń w badaniach angio TK, lub wykrywania zmian tkankowo-nowotworowych w badaniach perfuzyjnych mózgu, itp.

Kierunki rozwoju TK umożliwiają w ciągu kilkunastu sekund zbadanie narządów wewnętrznych pacjenta. Dzięki nowoczesnym tomografom możemy wykonywać np. :

- tomografię głowy, mózgu i przysadki mózgowej
- perfuzję TK mającą na celu ocenę zmian gęstości tkankowej, ukrwienia mózgowia i wykrywania udarów i innych zmian
- tomografię twarzoczek, zatok, szczęki, żuchwy itp.
- tomografię szyi i narządów znajdujących się w jej obrębie
- tomografię układu kostno-szkieletowego człowieka wraz z diagnostyką stawów
- tomografię płuc i śródpiersia
- badanie dynamiczne trzustki, wątroby
- tomografię układu nerwowego
- badania naczyniowe tzw. angio TK
- badania kardiologiczne serca i układu krwionośnego
- badania układu pokarmowego człowieka - wirtualna kolonoskopia

Czy jednak zawsze Klienci powinni wybierać tomografy komputerowe o jak największej ilości rzędów / kanałów ? Jakie czynniki powinniśmy rozważyć przy wyborze tomografu ?

- W pierwszej kolejności, Klient powinien dokonać wyboru pomiędzy ilością rzędów w tomografie a specjalistycznym oprogramowaniem, które jest opcjonalne w menu tomografu a służy do dokonywania : rekonstrukcji obrazów TK, analizy zebranych danych w wyniku badania, optymalizacji własnych protokołów badań, sposobów rekonstrukcji obrazów z surowych danych, optymalizacji obrazu, rekonstrukcji trójwymiarowych, rekonstrukcji MPR, rekonstrukcji MIP, eksportu obrazów w systemie DICOM. Dokonanie odpowiedniego wyboru ma na celu znalezienie tzw. „ złotego środka ” pomiędzy szybkością działania tomografu, zdolnościami diagnostyczno-badawczymi aplikacji w które jest wyposażony , bezpieczeństwem pacjenta pod kątem otrzymywanej dawki promieniowania a kosztami inwestycyjnymi. W tym celu Klient powinien poddać rozważce wielkość placówki medycznej, jej profile działania oraz referencyjność. Powinien rozważyć jakie oddziały medyczne placówki będą wykorzystywały diagnostykę TK. Jakiego typu będą zlecane badania. W jakim typie wg wymogów NFZ będzie działała pracownia TK.
- Czy w placówce jest lub będzie planowany oddział kardiologii i na jakim poziomie referencyjności. Zwyczajowo przyjęto że dla oddziałów kardiologicznych powinno stosować się tomografy min 16 do 64 rzędów. Tylko pośrednio chodzi o ilość rzędów. Głównym parametrem, wymaganym dla tomografu jest możliwość wykonania pełnego skanu serca w jednej z faz jego pracy przy jak największej rozdzielczości. W ten sposób tomograf wygeneruje dane najbardziej wiarygodne pozwalające na dokonanie dokładnej rekonstrukcji obrazów przestrzennych serca bez tzw aproksymacji danych z pełnym odzwierciedleniem faktycznego stanu serca. Można zatem zastosować dla prostych badań nawet tomograf 16 rzędowy pod warunkiem, iż będzie on wystarczająco szybki i będzie generował obrazy z odpowiednią szybkością i rozdzielczością. W bardziej zaawansowanych procedurach badań kardiologicznych stosuje się tomografy 64 rzędowe.
- Uwzględnić kierunki rozwoju szpitala i nowych oddziałów wraz z wymaganym poziomem diagnostyki. W dużej mierze personel medyczny przy współpracy z technikami radiologami powinni wspólnie decydować o wyborze tomografu.

Pamiętajmy, iż technik radiolog jest osobą obsługującą tomograf. W bezpośredniej współpracy z lekarzem radiologiem decydują o jakości badania, odpowiednich projekcjach, o podawaniu, itp.

- Dopasować szybkość diagnostyczną tomografu i jego aplikacji (rekonstrukcji, itp.) do ilości badań i ich profilu.
- Uwzględnić dodatkowe wyposażenie jakie powinno być stosowane w ramach pracowni TK mając na uwadze konieczność stosowania środków cieniujących w tomografii komputerowej, synchronizacji czasu i szybkości ich podawania w stosunku do wybranego protokołu badania, drukowania zdjęć, archiwizacji wyników badań wraz z obrazami cyfrowymi TK. Przykładowe wyposażenie pracowni TK to zatem : tomograf, dodatkowa konsola, automatyczny wstrzykiwacz kontrastu (pojedynczy lub podwójny) zsynchronizowany z CT, drukarka cyfrowa zdjęć CT, system rejestracji i archiwizacji RIS/PACS, system kontroli jakości dla CT.
- Uwzględnić koszty remontu i adaptacji pracowni TK pod kątem istniejących przepisów i standardów. Dla każdego nowego tomografu, Klient potrzebuje wykonać adaptację pomieszczeń, zweryfikować wytrzymałość stropu w sali badań, wykonać nowy projekt osłon radiologicznych uwzględniając parametry techniczne nowego tomografu. Ważnym jest dobrze skomunikować pracownię tomografii z oddziałem SOR lub izbą przyjęć jak również zapewnić sprawną komunikację pacjentów ambulatoryjnych i szpitalnych z pracownią TK. Projektując pracownię TK powinniśmy pamiętać o pokoju przygotowania pacjenta, poczekalni dla pacjentów ambulatoryjnych osobnego wjazdu dla pacjentów szpitalnych i SOR.

Na jakie parametry techniczne Klient powinien zwrócić uwagę przy wyborze tomografu komputerowego



Wykorzystując wieloletnie doświadczenia oraz najnowsze zdobycze techniki producenci opracowali serie skanerów tomografii komputerowej. Składają się na nie urządzenia konwencjonalne (16, 32, 64, 128 i 256, 320 warstwowe). Tomografy 16 warstwowe najczęściej występują w wersjach prostszych (ekonomicznych) i w wersjach mocniejszych najczęściej z mocniejszymi generatorami i lampami w porównaniu z wersjami ekonomicznymi.

Analizując całą gamę produktową możemy zauważyć dużą rozpiętość produktową (nie wspominając o tomografach 2 i 4 warstwowych, które również są w ofertach niektórych koncernów).

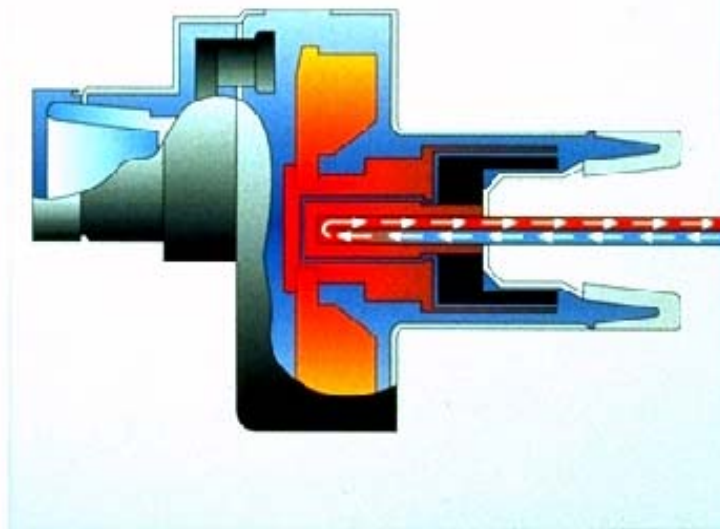
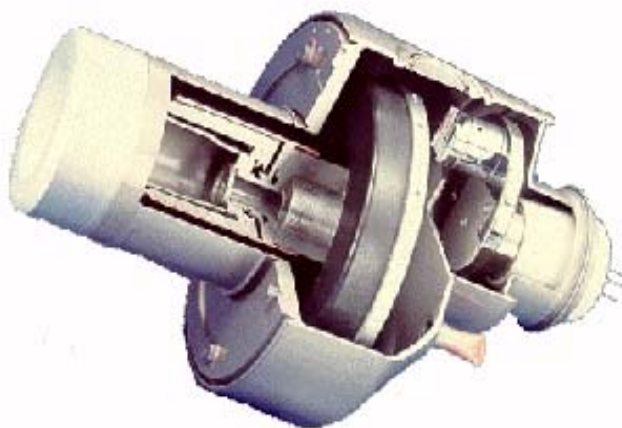
Kolejnymi parametrami technicznymi na które powinien zwrócić uwagę Klient są :

Generator tomografu który powinien mieć odpowiednią moc w stosunku do stosowanej lampy RTG. Moc generatora powinna być tak dostosowana do reszty elementów tomografu, by zapewnić optymalną moc na ogniskach lampy co zapewni możliwość wykonania wszelkich potrzebnych projekcji w jak najkrótszym

czasie skanu. W przypadku CT generatory posiadają moc od około 40 - 120 kW , zakres napięć: od 80 - 140 kV ; zakres prądowy lamp : od około 20 -600 (do 64 warstw) i nawet 10 - 1000 mA (dla warstw powyżej 128).

Najkrótszy czas skanu dla pełnego obrotu : występuje już od poniżej 0,3 s. Bardzo istotny parametr określający szybkość pracy tomografu i jego zdolność diagnostyczną, głównie dla badań dynamicznych (np. kardiologicznych). Średnie czasy skanów dla różnych tomografów są w zakresach min 0,3 0,4; 0,5; 0,6 0,8; 1,0; 1,5; 2 sekundy przy skanach o pełnym obrocie o 360°. Czasy te zależą od danej konstrukcji tomografu i ilości warstw. Zasada jest taka że im niższy czas dla pełnego obrotu tym lepiej.

Lampa RTG to bardzo istotny element tomografu, wpływający na koszty eksploatacji. Im bardziej zaawansowana konstrukcja lampy o dużej mocy i pojemności cieplnej tym większa gwarancja dłuższej jej pracy w tomografie. Są oferowane lampy RTG o pojemności cieplnej nawet do 8,0 MHU, z dużą wydajnością chłodzenia pow. 1600 KHU/min, o stosunkowo małych ogniskach około 0,5x1,0 i 1,0x1,0 mm². Dobrym rozwiązaniem (w stosunku do łożysk kulkowych) są łożyska ślizgowe anody z systemem nacięć (tzw. bieżnikiem), podobnym do opon samochodowych. Olej smarujący i zarazem odbierający ciepło jest dzięki temu wtłaczany pod dużym ciśnieniem pomiędzy powierzchnię dwóch pierścieni łożyska. Wykorzystując zjawisko poduszki olejowej (wytwarzanie aquaplaningu) olej wraz z poduszką powietrzna zastępuje klasyczne kulki łożyskowe. Mamy znacznie mniejsze siły tarcia i bardziej efektywny system chłodzenia anody i całej lampy. Przekłada się to na dłuższą żywotność lampy RTG. Dodatkową korzyścią jest bardzo wysoka powierzchnia wymiany ciepła pomiędzy anodą a korpusem lampy. Podwójne zawieszenie na łożyskach ślizgowych umożliwia stosowanie lampy RTG w ekstremalnych warunkach, czyli dla większych obciążeń. Jest to bardzo istotny warunek przy wyborze tomografu komputerowego i jego lampy RTG.



Konstrukcja lampy zapewnia wysoką trwałość, bezszumową pracę, wysoką obciążalność dla procedur klinicznych. W placówkach o dużej ilości badań i dla ośrodków gdzie wykonuje się dużo badań kardiologicznych, wybór mocnej lampy jest najbardziej istotnym czynnikiem do rozważań.

Detektor i obróbka danych obrazowych.

Układ rzędów detektorów, ich konstrukcja, wielkość, możliwość kolimacji są niezmiernie ważne dla szybkości pracy tomografu i jego zdolności diagnostycznych. Producenci w różny sposób konstruują układy detektorów i ich sposoby kolimacji. Np. tomografy 16 warstwowe mogą być np. 24, 28 lub 40 rzędowe. Tomografy 64 warstwowe mają najczęściej 64 rzędy detektorów. Tomografy 128, 256 lub 320 warstwowe posiadają np. 64, 128 lub 320 rzędów detektorów. Wszystko zależy od technologii jaką stosuje dany producent.

Na przykładzie 64 warstwowych CT (jednego z producentów) mamy zespół 64 rzędów detektorów, gdzie mamy możliwość zastosowania grubości pojedynczej warstwy np. dla skanu np. 0,55 – 7,5 mm i dla skanu aksjalnego np. 0,5 – 12 mm. Ilość wariantów kolimacji warstw (czyli ilość stosowanych warstw i ich grubości) daje tzw. łączną szerokość akwizycji warstw w [mm] w czasie jednego skanu / obrotu :

Obrazując to przykładowo mamy np. dostępne warianty kolimacji (dla tomografów 64 rzędowych) do zastosowania w układzie 64, 40, 32, 16, lub 2 warstw o grubościach 0,625, 1,25, 2,5 mm.

- 64 warstwy x 0.625 mm = 40 [mm]
- 40 x 0,625 mm = 25 [mm]
- 32 x 1.25 mm = 40 [mm]
- 16 x 2.5 mm = 40 [mm]
- 2 x 0.5 mm (skan aksjalny) = 1 [mm]

Ilość możliwych warstw do stosowania w protokołach klinicznych jak i optymalne określenie ich grubości wpływa na jakość, szybkość i dokładność badania. Im większa sumaryczna grubość warstw akwizycji (np. 40 mm) dla jednego obrotu układu lampa-detektory tym większy zakres wykonanego skanu dla długości lub grubości anatomicznej pacjenta i szybsze, bardziej dokładne badanie. Jest to bardzo istotne dla różnych profili badań.

Ale grubość pojedynczych warstw też ma znaczenie dla dawki promieniowania jaka otrzymuje pacjent. Im cieńsze warstwy w protokołach badań tym większa dawka promieniowania dla pacjenta podczas badania. Rozsądnym jest zatem by znaleźć optymalny kompromis pomiędzy ilością warstw i ich grubością diagnostyczną warstw, tak by osiągnąć dobre jakościowo zdjęcia tomograficzne ale przy jak najmniejszych dawkach promieniowania jakie otrzymuje pacjent podczas trwania badania.

Rekonstrukcja obrazów powinna odbywać się z szybkością min 5 obr/s w matrycy 512x512 (do 16 warstw) i około min 16 - 40 obr/s w matrycy 512x512 (dla tomografów 64 warstwy i powyżej).

Powinny być możliwe rekonstrukcje w matrycy min 256x256 w czasie rzeczywistym (CT fluoroskopia)

W nowoczesnych CT występują najczęściej matryce 1024². W niektórych rozwiązaniach producentów można spotkać rozwiązania dające możliwość stosowania różnych formatów matryc : np. 256², 512², 768², 1024², co powoduje iż w przypadku badań gdzie nie trzeba stosować dużych rozdzielczości matryc, skraca się proces badania i rekonstrukcji dzięki zastosowaniu niższego formatu matrycy. W takiej sytuacji wygenerowane zdjęcia dicom są mniejsze i szybciej podlegają rekonstrukcjom. Szybciej też można dokonać diagnostyki pacjenta z krótszym czasem napromieniowania i czasem badania.

Rozdzielczość wysokokontrastowa tomografów powinna być w przedziale od min 15 pl/cm @2%MTF z uwzględnieniem standardowego odchylenia. Są na rynku tomografy o znacznie większej rozdzielczości nawet 23 pl/cm @2%MTF.

Kontrola dawki

W badaniach tomograficznych i w prowadzeniu systemu kontroli jakości dla pracowni TK, bardzo istotną procedurą jest kontrola dawki promieniowania jaką otrzymuje pacjent podczas badania. Tomografy komputerowe wyposażone są w zaawansowane algorytmy służące do kontroli dawki promieniowania. Z jednej strony zapewniają maksymalną ochronę pacjenta przy jednoczesnym zachowaniu najwyższej jakości obrazów, z drugiej zaś wydłużają żywotność lampy RTG i wpływają korzystnie na powtarzalność wyników przeprowadzanych badań. W trosce o najmłodszych pacjentów stworzone zostały specjalistyczne, dedykowane protokoły pediatryczne.

Konsole (operatorska technika CT i dodatkowa dla radiologa)

Dla zwiększenia przepustowości pracowni TK i sprawnej pracy zespołu techników i lekarzy, Klient powinien zaopatrzyć tomograf zarówno w konsolę operatorską technika jak i dodatkową dla lekarzy radiologów. Ilość dostępnych w tomografii komputerowej aplikacji, zakres prowadzonych badań oraz tysiące obrazów generowanych z jednego badania stawiają przed konsolami tomografów nowe wyzwania. Do niedawna opis badania odbywał się na podstawie przeglądania poszczególnych skanów. W tej chwili ze względu na rozwój tomografii wielorzędowej byłaby to metoda nieefektywna. Potrzebne są coraz wydajniejsze narzędzia umożliwiające rekonstrukcje trójwymiarowe lub wskazujące miejsca, na które radiolog powinien zwrócić szczególną uwagę (CAD).

Oprócz podstawowych wymienionych powyżej założeń ogromną uwagę przywiązuje również do ergonomii pracy. W celu zapewnienia maksymalnego komfortu obsługi tomografów, płynnego przepływu danych i możliwości wykorzystania wiedzy i raz zdobytych doświadczeń wszystkie konsole (technika CT i radiologa) tomografów zbudowane są w oparciu o tę samą platformę programową lub bardzo podobną.

Konsole technika oraz dodatkowe najczęściej dwumonitorowe konsole lekarskie standardowo wyposażone są w następujące aplikacje: MIP, MPR, 3D SSD, 3D SVA, Q-CTA, VRT, Volume IP. Jako opcja dostępne są specjalizowane pakiety oprogramowania : badania naczyniowe, perfuzję mózgu i narządów, badania kardiologiczne, pulmonologiczne, dozymetrię kości itd.

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI



Firmy aktualnie posiadają w ofertach nowe tomografy w technologii **64x2, 128, 256 lub 320 warstw. Są tomografy jednoźródłowe i dwuźródłowe.**

Nowoopracowane gantry tomografów pozwalają na pełny obrót w czasie poniżej 0,3 sekundy, a oferowane generatory mają moc nawet do 120 kW. Są to imponujące parametry, niemniej główną siłę napędową tomografów stanowią nowoczesne technologie, łączące w sobie nowatorskie rozwiązania kluczowych elementów tomografu: lampy RTG, detektora i rekonstruktora.

Lampy RTG z metalowo-ceramicznymi konstrukcjami z płynnym łożyskiem ślizgowym to wysoki standard określający klasę i wartość lamp RTG.

Detektory oparte na nowoczesnych konstrukcjach o polu obrazowania w osi Z wynoszącym min 4 cm.

Osiąganie bardzo dobrych wyników zapewniając czasy rekonstrukcji dla wszystkich wykonywanych badań poniżej minuty. Dostępne są różne matryce rekonstrukcyjne, począwszy od najbardziej powszechnej 512x512 do unikalnych wysokorozdzielczych matryc 768x768 i 1024x1024

Hasło reklamujące tomografy komputerowe jednego z producentów brzmi: **„Tomograf dostosowujący się do rytmu każdego serca”**. Ten z pozoru prosty slogan w pełni oddaje filozofię konstruowania dzisiejszych nowoczesnych tomografów. Każde serce bije w innym rytmie, zaś arytmia serca sprawia, że jego obrazowanie staje się jeszcze trudniejsze. Nie szybkość tomografu, ale jego zdolność dostosowania się do rytmu serca, jest najbardziej pożądaną cechą. Taka unikalna zaleta tomografów sprawia, że badania wykonywane są nie tylko z bardzo wysoką jakością, ale co niezwykle istotne, ze znacznym ograniczeniem dawki promieniowania rentgenowskiego. Dzisiejsze tomografy są w stanie zaspokoić potrzeby najbardziej wymagających badań i najbardziej zaawansowanych użytkowników.

Marcin Surman

Wiceprezes Zarządu

Panamed Sp. z o.o.

tel. 604 209 209 i /22/ 678 51 19; 678 61 90