

# Tomografia komputerowa w neuroradiologii

Obserwując historię tomografii komputerowej, można bez wahania stwierdzić, że to neuroradiologia była stymulatorem powstania i rozwoju TK. Zarówno pierwszy prototyp tomografu, jak i pierwsze komercyjnie dostępne skanery były przeznaczone do badań głowy. Dopiero w okresie późniejszym rozszerzono zakres możliwości aplikacyjnych tomografów na badania całego ciała.

Skanowanie głowy jest zadaniem prostym, patrząc od strony procedury badania. Badamy obiekt o niewielkich regularnych kształtach, łatwy do unieruchomienia (co w początkach TK miało kolosalne znaczenie ze względu na kilkuminutowe czasy pojedynczych skanów). Z drugiej jednak strony zadanie to było i jest trudne – ze względu na obecność w bezpośrednim sąsiedztwie tkanek o dużej różnicy gęstości, co sprawia wiele technicznych problemów przy uzyskiwaniu obrazów wysokiej jakości, w szczególności w tylnym dole czaszki.

Badania mózgowia, czaszki, kręgosłupa i kanału kręgowego stanowią ponad 40% wszystkich badań. Jest to nadal jedno z podstawowych badań diagnostycznych wykonywanych za pomocą TK.

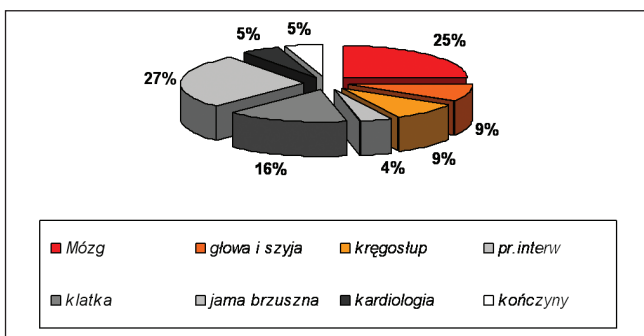
Dynamiczny rozwój tomografów sprawił, że znacznie poszerzyły się ich możliwości diagnostyczne, a badanie TK może dziś dostarczyć kompleksowej informacji o stanie pacjenta. W dalszej części artykułu skupimy się jednak na możliwościach diagnostycznych TK wykorzystywanych w neuroradiologii.

## Skany głowy

Badanie to, służące ocenie tkanki nerwowej, jest dziś masowo wykonywanym badaniem diagnostycznym. Nie zawsze jednak zdajemy sobie sprawę, jak trudne jest uzyskanie tych rutynowych obrazów. Wyzwaniem przy obrazowaniu głowy jest duża i gwałtowna zmiana poziomu gęstości tkanki, zwłaszcza blisko



Fot. 1 Somatom Siretom – pierwszy komercyjnie dostępny skaner tomograficzny



Rys. 1 Statystyka badań diagnostycznych w tomografii komputerowej wg raportu IMV 2002-2003

podstawy czaszki. Jest to przyczyna wielu zakłóceń i zniekształceń, mogących mieć wpływ na diagnostyczną wartość obrazu, szczególnie struktur tylnego dołu czaszki i pnia mózgu.

Algorytmy rekonstrukcyjne zawierają szereg korekcyjnych wpływających na wpływ tych artefaktów (np. filtr PFO Posteria fossa optimization redukujący efekt utwardzania się wiązki promieniowania, a co za tym idzie, redukujący artefakty liniowe na granicy tkanka-kość). Użytkownik ma wpływ na przydatność diagnostyczną obrazowania przez odpowiedni dobór filtrów (kerneli) rekonstrukcyjnych. Systemy rekonstrukcyjne dysponują szeregiem dostępnych filtrów, w zależności od naszego głównego obszaru zainteresowania. I tak dla tkanki kostnej będziemy stosowali filtry wyostrzające, dla badań naczyniowych – filtry wygładzające, a dla obrazowania tkanki mózgowej – filtry różnicujące istotę szarą od białej.

Skany głowy w przypadku badań mózgowia są wykonywane przeważnie w technice sekwencyjnej, dostarczającej znacznie większej ilości danych do rekonstrukcji, co pozwala na

uzyskiwanie lepszej jakości obrazu. Dopiero wprowadzenie technologii podwójnego próbkowania przez firmę Siemens pozwoliło na wykonywanie badań w technice spiralnej, skracając przez to znacznie czas badania bez utraty jakości diagnostycznej obrazów. W przypadku badań naczyniowych lub do oceny struktur kostnych z powodzeniem wykorzystuje się tryby akwizycji spiralnej.

Kolejnym krokiem w historii TK głowy było uzyskanie obrazu o rozdzielczości izotropowej nawet do 0,24 mm. Jest to niezwykle istotne przy badaniach okolic piramidy kości skroniowej oraz ucha środkowego i wewnętrznego. Taka rozdzielczość pozwala na ocenę tych struktur z rozdzielczością niemal identyczną jak w klasycznym zdjęciu RTG, jednak bez efektu nakładających się tkanek. Przewagą tej techniki nad zdjęciem klasycznym jest również możliwość oceny tych struktur w technice 3D.

## Badanie naczyń wewnątrzczaszkowych

Szybkie skanery wielowarstwowe pozwalają na dokładną analizę naczyń wewnątrzczaszkowych. Dla uwidocznienia naczyń stosuje się środki kontrastowe, charakteryzujące się zwiększoną absorpcją promieniowania X. Ważnym zagadnieniem jest odpowiednie dobranie protokołu podania kontrastowego (stężenie środka kontrastowego, jego ilość i szybkość podania) oraz akwizycji obrazów, tak by zobrazować wybrane naczynia.

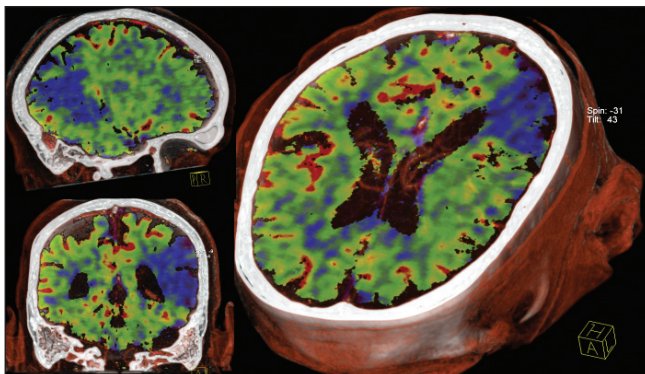
Trudności z dokładnym wyodrębnieniem naczyń ze struktur kostnych ograniczały tę metodę przez długi czas. Wynikało to z bardzo zbliżonej gęstości naczyń wypełnionego kontrastem oraz struktur kostnych czaszki.

Procedury wyodrębniania naczyń, opierające się na analizie różnic gęstości, były często pracochłonne i nadal obarczone błędami. Dopiero wprowadzenie przez firmę Siemens w roku 2006 metody opartej na zasadzie DSA, a więc usunięciu obrazu przed i po podaniu kontrastu, znacznie usprawniło proces oceny badań naczyniowych. Dziś aplikacja syngo Neuro DSA jest powszechnie używana, a sukces tej metody skłonił również inne firmy do wprowadzenia do swojej oferty aplikacji o zbliżonej funkcjonalności.

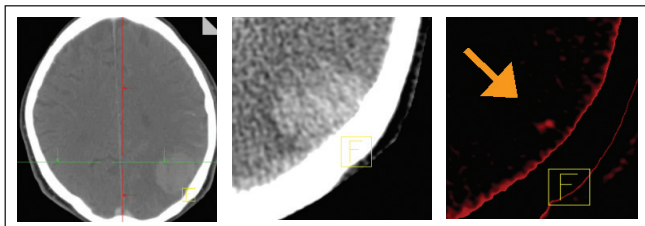
Kolejnego przełomu w badaniu naczyń wewnątrzczaszkowych dokonała firma Siemens, łącząc nowy tryb akwizycji spiralnej z ruchomym stołem Adaptive4Dspiral, uzyskując tym samym dynamiczny obraz naczyń całego mózgu. Pozwoliło to na ocenę anatomii i patologii naczyń, jak również funkcji naczyń, umożliwiając jednocześnie wykonywanie badań z rozdzieleniem faz tętniczych i żylnych przy jednokrotnym podaniu środka kontrastowego.

## Diagnostyka udarów mózgu

Tomografia komputerowa jest dziś metodą stosowaną w wyborze w diagnozowaniu pacjentów z udarem mózgu. Czas od rozpoczęcia procesu diagnostycznego do odpowiedzi na pytanie, czy



Fot. 2 Przykładowy obraz perfuzyjny mózgu uzyskany w wyniku skanowania spiralnego z pływającym stołem



Fot. 3 Identyfikacja świeżego krwawienia w metodzie dwuenergetycznej

i gdzie jest udar niedokrwienny, nie przekracza 15-20 min. Przez długi czas czułość metody ograniczona była szerokością warstwy pomiarowej w czasie wykonywania perfuzji (2-4 cm) i zdarzało się, że udar nie został wykryty lub jego zakres był nieoszacowany. Wprowadzenie, dynamicznych technik skanowania umożliwiło wykonywanie badań perfuzyjnych dla całego mózgu w trzech płaszczyznach dla wszystkich dostępnych map diagnostycznych (CBF, CBV, MTT, TTP...). Do takich badań można stosować już nie tylko dwuwymiarowy RoI (Region of Interest), ale również element objętościowy VoI (Volume of Interest).

## Diagnostyka guzów mózgu

Tomografia komputerowa jest pierwszym i najczęściej wystarczającym badaniem u chorych z podejrzeniem przerzutów do mózgu. Trzeba jednak powiedzieć, że obecnie metodą z wyboru w diagnostyce obrazowej w neuroonkologii jest rezonans magnetyczny.

W przypadku nowotworów mózgu TK umożliwia przede wszystkim wykrycie, ocenę lokalizacji i wielkości guza, a niekiedy także jego dokładniejszą charakterystykę.

Wykorzystując technikę dynamicznej akwizycji, można zobrazować unaczynienie zmiany nowotworowej oraz wykorzystując te same dane, dokonać oceny perfuzyjnej zmiany.

Jest to przydatne w ocenie stopnia złośliwości guza, jego odpowiedzi na radio czy chemioterapię.

## Metoda dwuenergetyczna w neuroradiologii

Zupełnie nową jakość oceny badań neuroradiologicznych wprowadza metoda dwuenergetyczna, czyli obrazowanie z wykorzystaniem dwóch różnych energii promieniowania. System składa się z dwóch płaszczyzn skanowania, z których każda może pracować, wykorzystując promieniowanie o innej charakterystyce. Zwykle używa się maksymalnego odstepu energetycznego, a więc 80 i 140 kV.

Dzięki zastosowaniu dwóch zupełnie niezależnych płaszczyzn do analizy można używać obrazów o pełnej jakości dla każdego rodzaju energii. Wykorzystanie charakterystyki tkankowej pozwoliło na wprowadzenie do diagnostyki nowych funkcjonalności.

Aplikacja DE (Dual Energy) Bone Removal pozwala na dokładne usunięcie obrazu kości przy pojedynczej akwizycji dwu-

energetycznej. Jest to dziś najbardziej niezawodna metoda oddzielenia obrazu naczyń od obrazu kości.

Kolejną aplikacją, wykorzystującą metodę dwuenergetyczną, jest wykrywanie świeżego krwawienia.

DE Brain Hemorrhage, wykorzystując badanie angiograficzne oraz obraz dystrybucji kontrastu, pozwala różnicować obszar świeżego krwawienia od krwawienia wcześniejszego.

Dodatkowo, używając metody dwuenergetycznej, można uzyskiwać obrazy o niedostępnej wcześniej jakości.

Aplikacja De Enhanced Contrast pozwala na uzyskanie obrazów wynikowych charakteryzujących się niską zawartością szumów typową dla obrazowania wysokoenergetycznego (140 kV) oraz kontrastem właściwym dla obrazowania niskoenergetycznego (80 kV). Obrazów o takiej ostrości i kontraście nie można uzyskać żadną inną metodą.

## Neuronawigacja

Tomografia komputerowa to dzisiaj nie tylko narzędzie do diagnostyki nieinwazyjnej.

Może być także wykorzystywana do wspomagania procedur chirurgicznych. Stosuje się wówczas systemy mogące współpracować ze standardowym stołem chirurgicznym (przezroczystym dla promieniowania X), natomiast system skanowania (Gantry) porusza się na specjalnie do tego przygotowanych szynach. Taka konstrukcja pozwala na szybkie wykonanie skanu bez konieczności zmiany pozycji pacjenta.

Zaraz po wykonaniu skanu gantry zostaje odsunięte, tak by nie ograniczać pola operacyjnego. Sprzęenie TK z systemem neuronawigacji pozwala na automatyczne wyznaczanie koordynat, niezbędnych do wykonywania zabiegów z systemem neuronawigacji.



Fot. 4 Instalacja TK na sali operacyjnej zintegrowana z systemem neuronawigacji

Tomograf może być również wyposażony w tryb interwencyjny, pozwalający na wykonywanie zabiegów pod kontrolą obrazów fluoroskopowych dostępnych online (biopsje, terapia bólu, vertebroplastyka). Wyzwalanie promieniowania oraz kontrola zespołu skanującego może być wykonywana przez osobę prowadzącą zabieg za pomocą pedału nożnego oraz panelu sterującego umieszczonego bezpośrednio przy stole.

## Podsumowanie

Neuroradiologia opiera się w dużej mierze na zaawansowanym sprzęcie diagnostycznym – diagnostyka chorób ośrodkowego układu nerwowego bez tomografów komputerowych, tomografów rezonansu magnetycznego czy aparatów angiograficznych byłoby dziś po prostu niemożliwe.

Ważnym aspektem diagnostyki na potrzeby neuroradiologii jest dostępność stosowanych systemów, co w przypadku tomografii komputerowej wypada całkiem nieźle. Jest to dziś metoda dobrze rozpowszechniona, aczkolwiek ilość TK w Polsce w przeliczeniu na jeden milion mieszkańców jest prawie dwukrotnie niższa niż średnia europejska. Oprócz ilości istotna jest również dystrybucja systemów na obszarze kraju, a ta jest jeszcze bardzo nierównomierna. ■

inż. Marek Witulski  
dr hab. n. med. Barbara Bobek-Billewicz