

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA

Jerzy Walecki, Andrzej Lewszuk

OGÓLNE WSKAZANIA DO STOSOWANIA METODY

Wprowadzenie tomografii komputerowej (TK) stało się przełomem w diagnostyce radiologicznej. Istotą badania jest możliwość otrzymania aktualnie – w dobie tomografii wielorzędowej – przekrojów ciała we wszystkich płaszczyznach anatomicznych, co znacznie poszerza zakres wskazań. Cyfrowy zapis danych umożliwia ich wtórne opracowanie i tworzenie różnych rodzajów rekonstrukcji, które stały się obecnie rutynowo stosowaną formą prezentacji obrazów. Tomografia komputerowa jest metodą służącą zarówno do diagnostyki, jak i monitorowania zmian patologicznych w płucach i śródpiersiu. Znalazła zastosowanie kliniczne w diagnostyce mięszu płuc, w ocenie stopnia zaawansowania guzów nowotworowych (staging), w ocenie wnęk, opłucnej i ścian klatki piersiowej. Jedną z technik tego badania, tomografia komputerowa wysokiej rozdzielczości

(TKWR), stała się metodą z wyboru w diagnostyce rozsiaanych, śródmiąższowych chorób płuc i w ocenie drobnych struktur mięszu płucnego.

Technika badania narządów klatki piersiowej jest zróżnicowana w zależności od badanej struktury anatomicznej (płuca, śródpiersie, elementy kostne). Tomografia komputerowa pozwala odzwierciedlić około 2000 stopni szarości: od -1000 jH. (współczynnik pochłaniania promieni X przez powietrze) do $+1000$ jH. (współczynnik pochłaniania promieni X przez kość zbitą); oko ludzkie odróżnia jedynie około 20 stopni szarości. Rozwiązaniem tego problemu jest taki wybór stosowanego w czasie badania poziomu i pasma (okno) przenoszenia kontrastów, aby optymalnie uwidocznili badane tkanki. Optymalną metodą badania płuc jest wielorzędowa tomografia komputerowa.

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA Z ZASTOSOWANIEM OKNA PŁUCNEGO

Tomografię komputerową z zastosowaniem okna płucnego stosuje się w celu uwidocznienia zmian ogniskowych w mięszu płucnym, oceny ich wzmocnienia kontrastowego oraz stosunku do oskrzeli. Standardowo chorego układa się na plecach z ramiionami uniesionymi do góry. Badanie wykonuje się na szczycie wdechu. W przypadku duszności lub jeśli chory nie może zatrzymać oddechu, wskazany jest płytki oddech. Aby uniknąć artefaktów, czas między komendą nabrania powietrza a początkiem skanowania powinien wynosić od 2 do 4 sekund. Przed badaniem można polecić pacjentowi, aby wykonał kilka głębokich wdechów.

Zakres skanowania obejmuje obszar od górnego otworu klatki piersiowej do tylnego zachyłku opłucnej. W razie podejrzenia raka płuca zakres badania należy rozszerzyć do poziomu żył nerkowych, obejmując nad-

nercza. Jeśli istnieje podejrzenie zmian ogniskowych, konieczne jest podanie środka cieniującego dożylnie w ilości 70–100 ml, który wstrzykuje się z szybkością 2–3 ml/s, a następnie wstrzyknięcie 50 ml roztworu fizjologicznego NaCl.

W spiralnej tomografii komputerowej z zastosowaniem okna płucnego kolimacja powinna wynosić 5 mm przy przesuwie stołu 10 mm (aparaty 1-rzędowe), dla aparatów 4-rzędowych 2–3 mm, a dla aparatów 8- lub 16- i o większej liczbie rzędów 1–1,5 mm. Przykładowe parametry okna płucnego wynoszą $-1500/-650$ (W/L – szerokość/poziom okna). Objętościowy tomograficzny wskaźnik dawki promieniowania (CTDIvol) powinien wynosić 5 mGy, jednak do oceny stopnia zaawansowania guza przy stosowaniu cienkich warstw CTDIvol należy zwiększyć do 10–25 mGy, w zależności od masy ciała pacjenta.

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA Z ZASTOSOWANIEM OKNA ŚRÓDPIERSIOWEGO

Przygotowanie i ułożenie pacjenta do wykonania tomografii komputerowej z zastosowaniem okna śródpiersiowego jest takie samo jak do wyżej opisanej metody. Badanie śródpiersia bez podania środka cieniującego wykonuje się w razie podejrzenia krwawienia, pogrubienia opłucnej oraz nieokreślonego guza śródpiersia. Dożylnie podanie rozpuszczalnego w wodzie, jodowego środka cieniującego służy do oceny węzłów chłonnych, struktur o gęstości tkanki miękkiej oraz do obrazowania naczyń. W celu wzmocnienia naczyń śródpiersia podaje się < 90 ml środka cieniującego z prędkością około 2 ml/s. Do oceny procesów zapal-

nych wymagane jest podanie około 120 ml środka cieniującego, a do oceny unaczynienia guza 100–150 ml, który wstrzykuje się z szybkością 3–5 ml/s. Doustne podanie środka cieniującego nie zawsze jest konieczne. Żeby poprawić ocenę światła przełyku, można ewentualnie podać 10–15 ml rozcieńczonej zawiesiny barytu.

Parametry okna śródpiersiowego bez wzmocnienia kontrastowego wynoszą W/L = 400/40, a po podaniu środka cieniującego W/L = 400/70. W spiralnej tomografii komputerowej kolimacja powinna wynosić 5 mm, przy przesuwie stołu 8 mm, w 4-rzędowej 2–3 mm, a w 16-rzędowej 1–1,5 mm.

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA WYSOKIEJ ROZDZIELCZOŚCI

Głównymi wskazaniami do badania za pomocą tomografii komputerowej wysokiej rozdzielczości (TKWR) są rozsiane choroby płuc, szczególnie typu śródmiąższowego, rozstrzenie oskrzeli i rozedma płuc.

Standardowo badanie wykonuje się w ułożeniu na plecach na szczycie wdechu. W niektórych sytuacjach stosuje się badanie na wydechu, np. w celu wykrycia obszarów pułapki powietrznej, czyli wczesnej fazy obturacji obwodowych dróg oddechowych, odróżnie-

nia tych zmian od stref mleczej szyby lub do oceny podatności płuc (włóknienie). Czasem badanie wykonywane jest w pozycji leżącej na brzuchu. Pomaga to odróżnić obrzęk od nacieku lub przekrwienie opadowe od włóknienia podopłucnowego. Pozycję tę stosuje się także u chorych w razie podejrzenia azbestozy. Grubość warstwy powinna wynosić 1–2 mm, a odstęp między warstwami 10–20 mm.

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA O OBNIŻONEJ DAWCE PROMIENI X

Zastosowanie tej techniki tomografii komputerowej wskazane jest do badań skriningowych przeprowadzanych w celu wykrycia raka płuca, kontroli procesów chorobowych o równomiernej dystrybucji, obrazowania naczyń płucnych.

W badaniu tym CTDI_{vol} może zostać zredukowana do około 2 mGy u większości chorych. Redukcję dawki można osiągnąć między innymi dzięki zwiększeniu odstępów między warstwami do 2 cm i więcej. Badanie o małej dawce promieniowania daje obrazy na granicy jakości możliwej do zaakceptowania.

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA NACZYŃ PŁUCNYCH

Wykonanie tomografii komputerowej naczyń płucnych (angio-TK) wskazane jest w zatorowości płucnej, nadciśnieniu płucnym, szczególnie niewiadomego pochodzenia, w przypadku przetok tętniczo-żylnych płuc, wad wrodzonych i odmian budowy tętnic płucnych, podejrzenia nacieku lub ucisku pnia płucnego i jego gałęzi.

Przygotowanie pacjenta do badania i jego ułożenie jest takie samo jak w czasie innych technik tomografii komputerowej klatki piersiowej. Zakres badania zależy od problemu klinicznego. Najczęściej obejmuje obszar od przepony do okolicy powyżej łuku aorty. W przypadku podejrzenia krwawienia lub krwiaka śródściennego wykonuje się badanie przed podaniem środka cieniującego. W innych przypadkach podawany jest środek cieniujący, najlepiej z prawego dostępu

łokciowego. Najważniejsze jest ustalenie ilości środka, prędkości jego podania, a także czasu opóźnienia rozpoczęcia badania. Aby określić czas opóźnienia, podaje się bolus próbny (10–20 ml środka cieniującego), chyba że dostępna jest w aparacie opcja wyzwalania bolusem (obrazy wykonywane są automatycznie w chwili pojawienia się środka cieniującego w naczyniu). W większości badań wystarczające jest jednofazowe wstrzyknięcie środka w ilości 60–120 ml z szybkością 3–4 ml/s. Aby osiągnąć bardziej jednorodnego wzmocnienia, stosuje się dwufazową technikę wstrzyknięcia.

Grubość warstwy zależy od rodzaju aparatu i waha się w granicach 1–3 mm. Parametry okna w angio-TK wynoszą W/L = 500/150, a dawka promieniowania CTDIvol – 5–6 mGy.

NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANE TECHNIKI REKONSTRUKCJI I PRZETWARZANIA OBRAZU

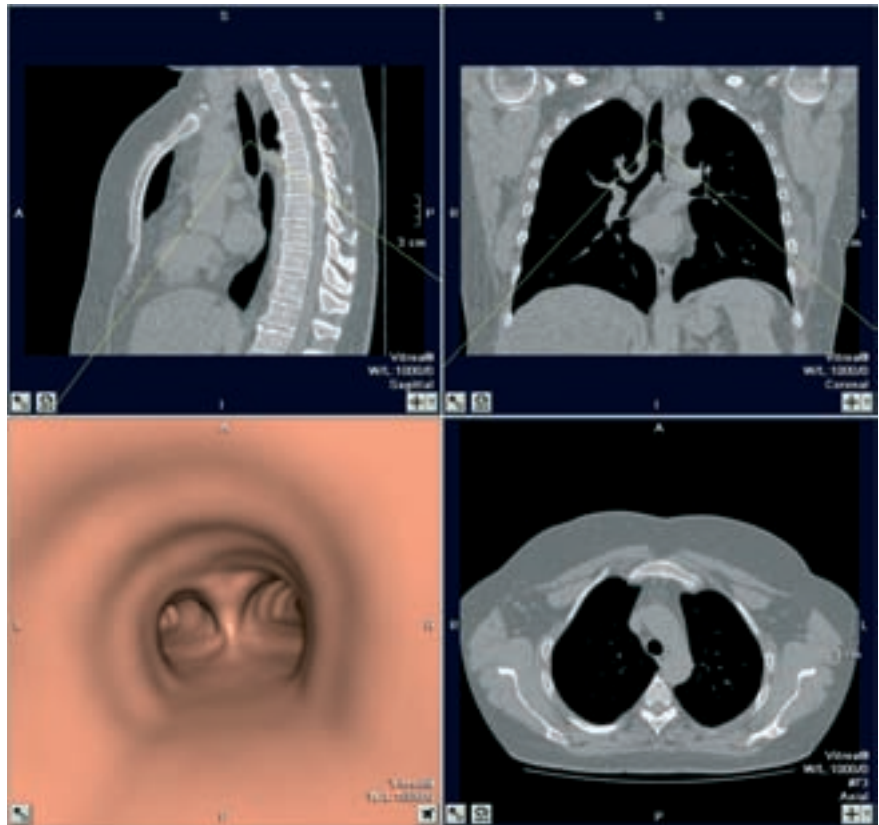
W tomografii komputerowej wielorzędowej badany obszar anatomiczny poddawany jest obróbce za pomocą różnych aplikacji. Dzięki istniejącym technikom rekonstrukcji można otrzymać dowolne przekroje, trójwymiarowy obraz powierzchni ciała, narządów mięsistych oraz naczyń. Uzyskany obraz trójwymiarowy można dowolnie przetwarzać na ekranie komputera, np. usuwać niektóre elementy, stosować kodowanie kolorem, zmieniać płaszczyzny i kąty widzenia.

Obecnie, w dobie postępu radiologii istnieje wiele technik rekonstrukcji obrazu:

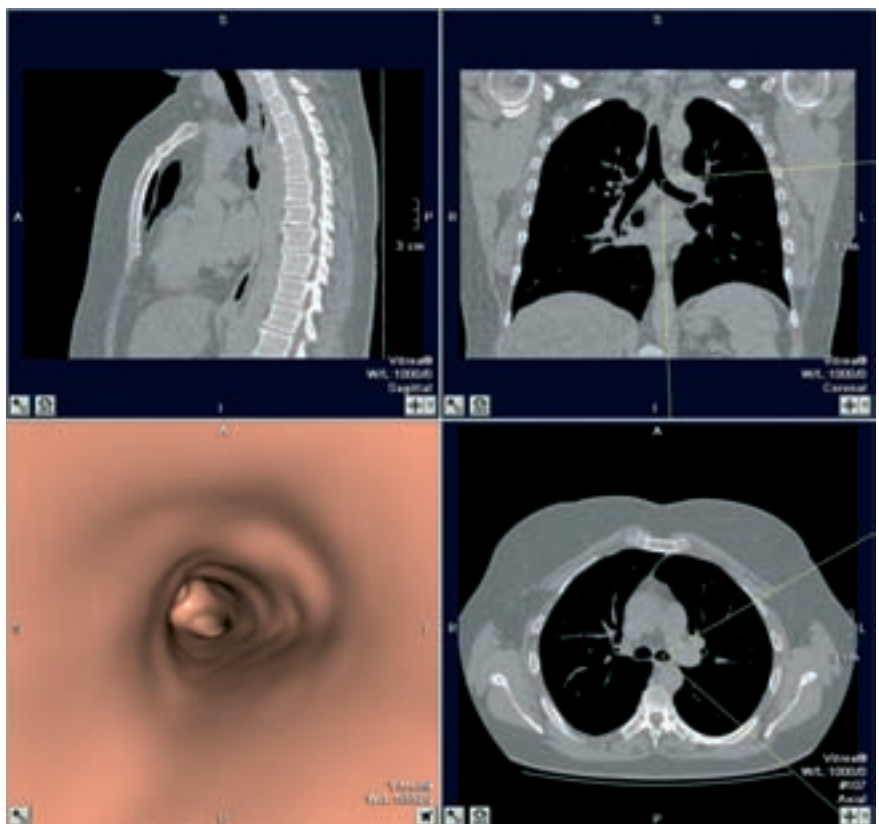
■ **VR** (volume rendering) – rekonstrukcje objętościowe służące do uzyskania trójwymiarowych obrazów, np. drzewa oskrzelowego, płuc czy naczyń płucnych,

- **wielopłaszczyznowe MPR** (multiplanar reformat reconstruction) – obrazy dwuwymiarowe tworzone w dowolnej płaszczyźnie, przydatne m.in. w określeniu położenia zmian ogniskowych w płucach lub do oceny węzłów chłonnych,
- **wirtualna endoskopia** (np. bronchoskopia) – umożliwia łatwiejsze wykrywanie małych zmian, nawet w drobnych oskrzelach, pozwala zaplanować najbezpieczniejsze miejsce biopsji,
- **MIP** (maximum intensity projection) – stosowana w badaniu naczyń,
- **CAD** (computer aided diagnosis) – program wyszukujący małe guzki w mięszu płuc i ułatwiający ocenę ich wymiarów.

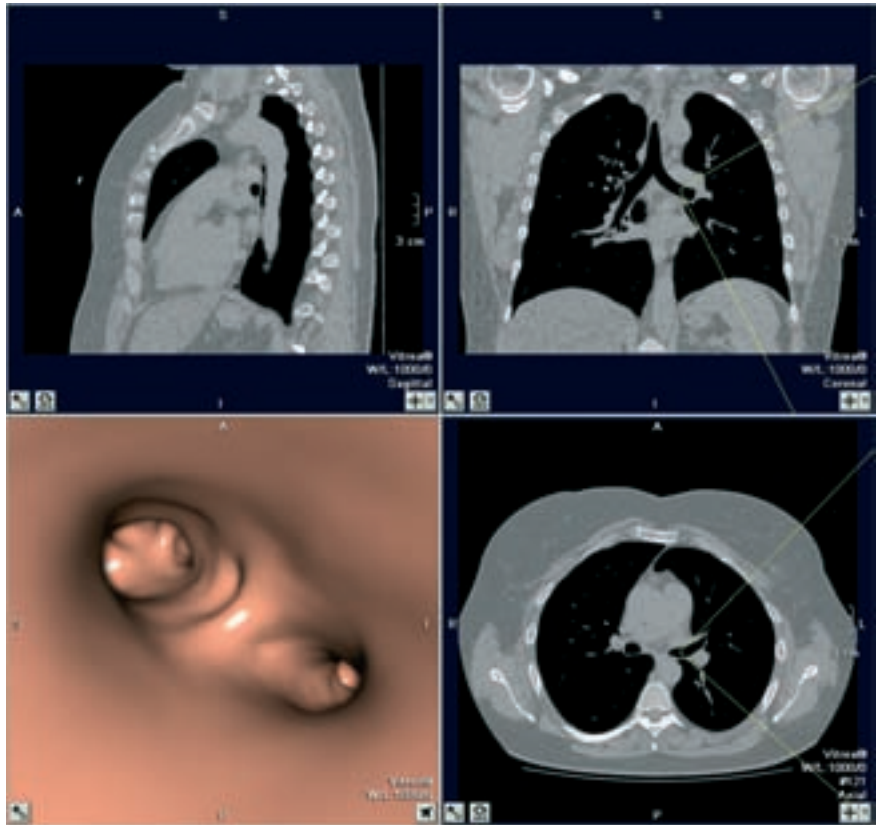
Wirtualna endoskopia oskrzeli z nawigacją



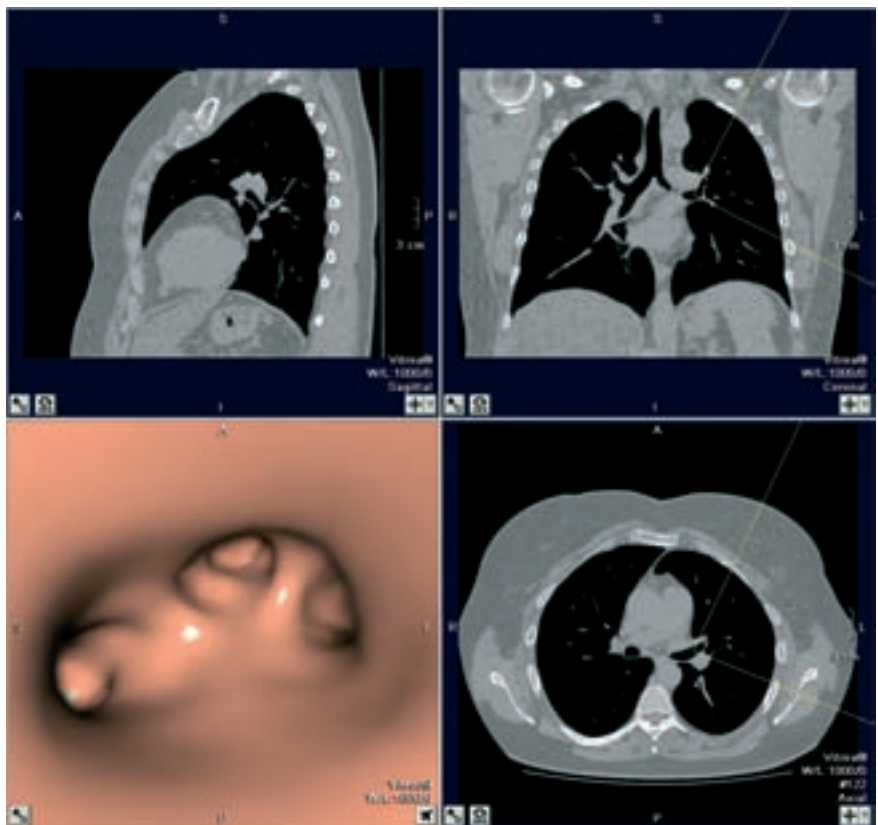
Rycina 2.1.
Tchawica z widocznym rozwidleniem na oskrzela główne.



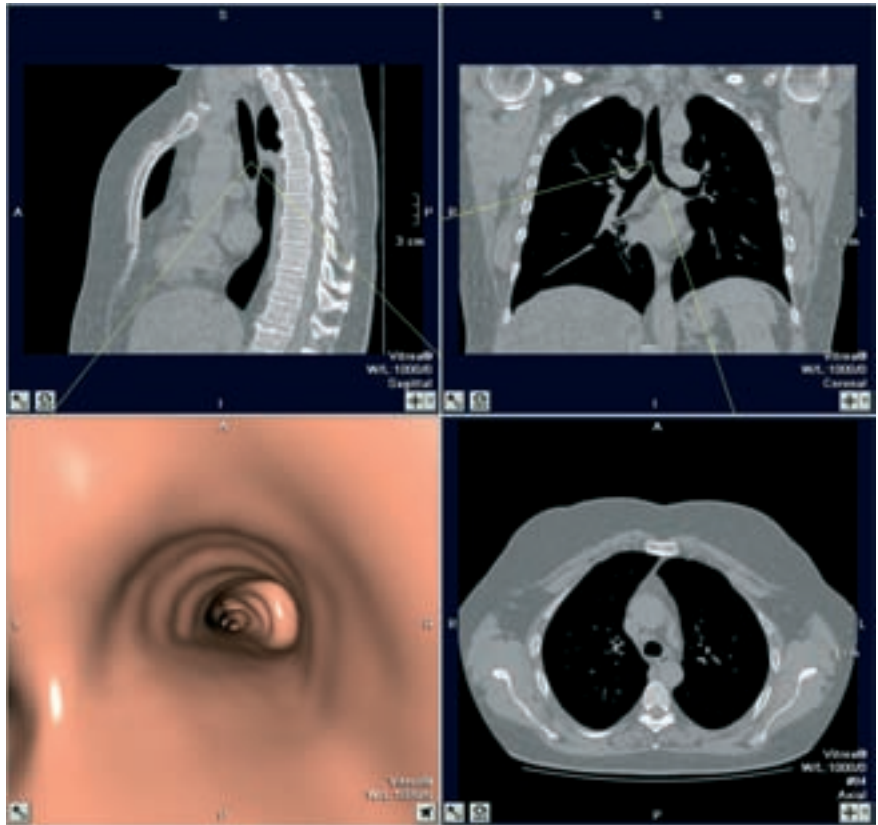
Rycina 2.2.
Oskrzelie główne lewe, odcinek proksymalny.



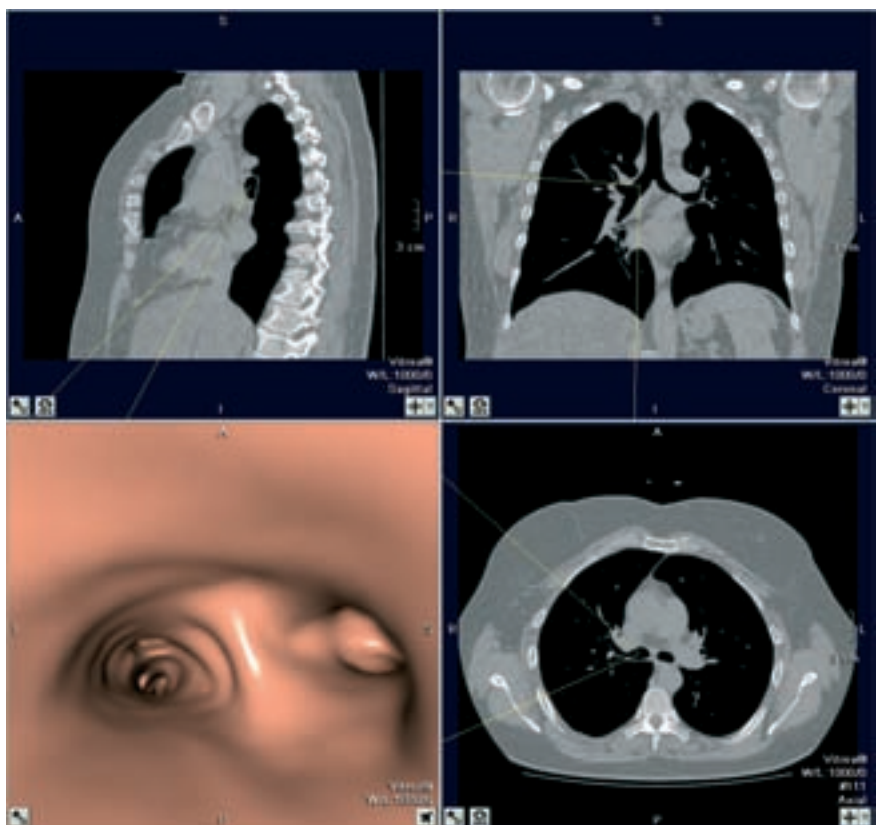
Rycina 2.3.
Oskrzele główne lewe, odcinek dystalny. Podział na oskrzele do jęczyczka i płata dolnego.



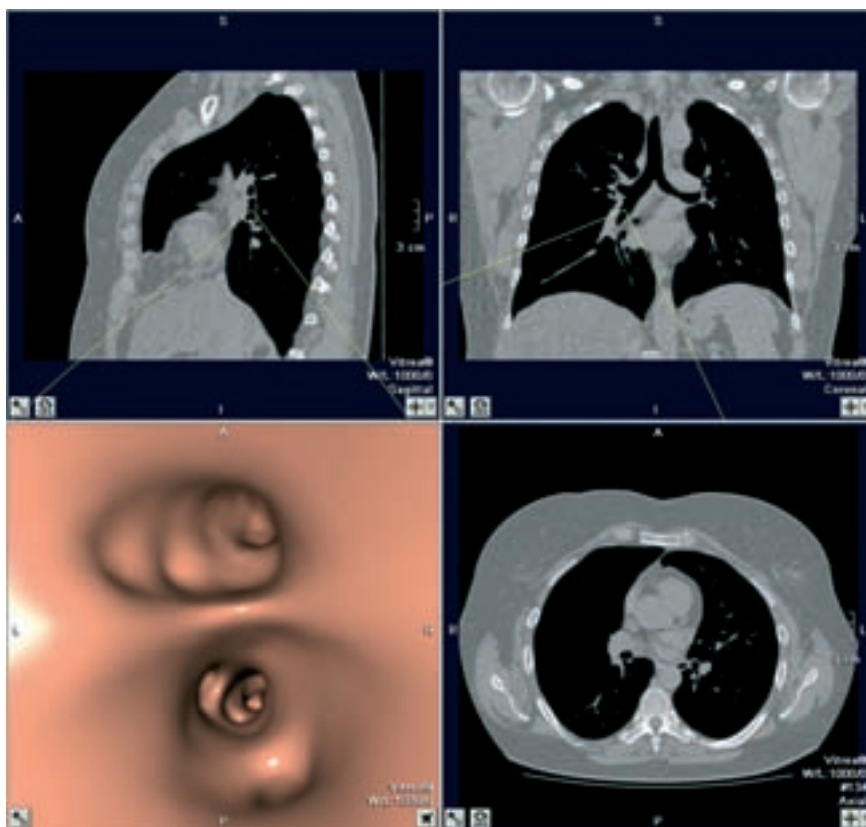
Rycina 2.4.
Oskrzele płątowe górne lewe z podziałem na oskrzele segmentowe.



Rycina 2.5.
Oskrzelę główne prawe, odcinek
proksymalny.



Rycina 2.6.
Oskrzelę główne prawe, odcinek
środkowy z widocznym podziałem
na oskrzelę płotowe górne.



Rycina 2.7.

Oskrzelę pośrednie z podziałem na oskrzelę do płata środkowego i dolnego.

ZALETY I OGRANICZENIA METODY

Główne zalety metody można sprowadzić do następujących punktów:

- badanie jest dobrze znoszone przez pacjentów nawet w ciężkim stanie ogólnym,
- trwa stosunkowo krótko (za pomocą nowoczesnych, wielorzędowych zestawów od kilku do kilkunastu sekund),
- pozwala w czasie jednego badania ocenić ścianę klatki piersiowej, mięsz płuca, naczynia płucne oraz tchawicę i oskrzela, a także narządy śródpiersia,
- ma dużą zdolność rozdzielczą (pozwala uwidocznć mikroguzki średnicy 2–3 mm),
- umożliwia wielopłaszczyznową prezentację obrazów, tworzenie rekonstrukcji trójwymiarowych oraz ocenę dużych oskrzeli w czasie endoskopii wirtualnej.

Ograniczenia badania to:

- stosunkowo duża dawka promieniowania jonizującego, jaką otrzymuje badany,
- ryzyko wystąpienia powikłań związanych z podaniem środków cieniujących,
- wysoki koszt badania,
- ograniczony dostęp do aparatury o najwyższych parametrach technicznych.