

Serce oraz krążenie wieńcowe w ocenie wielorzędowej tomografii komputerowej



lek. med. Maciej Frankiewicz
prof. UM dr hab. n. med. Robert Juszkat

Dział Radiologii Klinicznej
Szpital Kliniczny Przemienienia Pańskiego UM Poznań

Rozwój TK serca



- 2000 r.
 - Tomograf 4-rzędowy
 - czas skanu: 40 sekund, rozdzielczość: 1mm



- 2002 r.
 - Tomograf 16-rzędowy
 - czas skanu: 15 sekund, rozdzielczość: <1mm

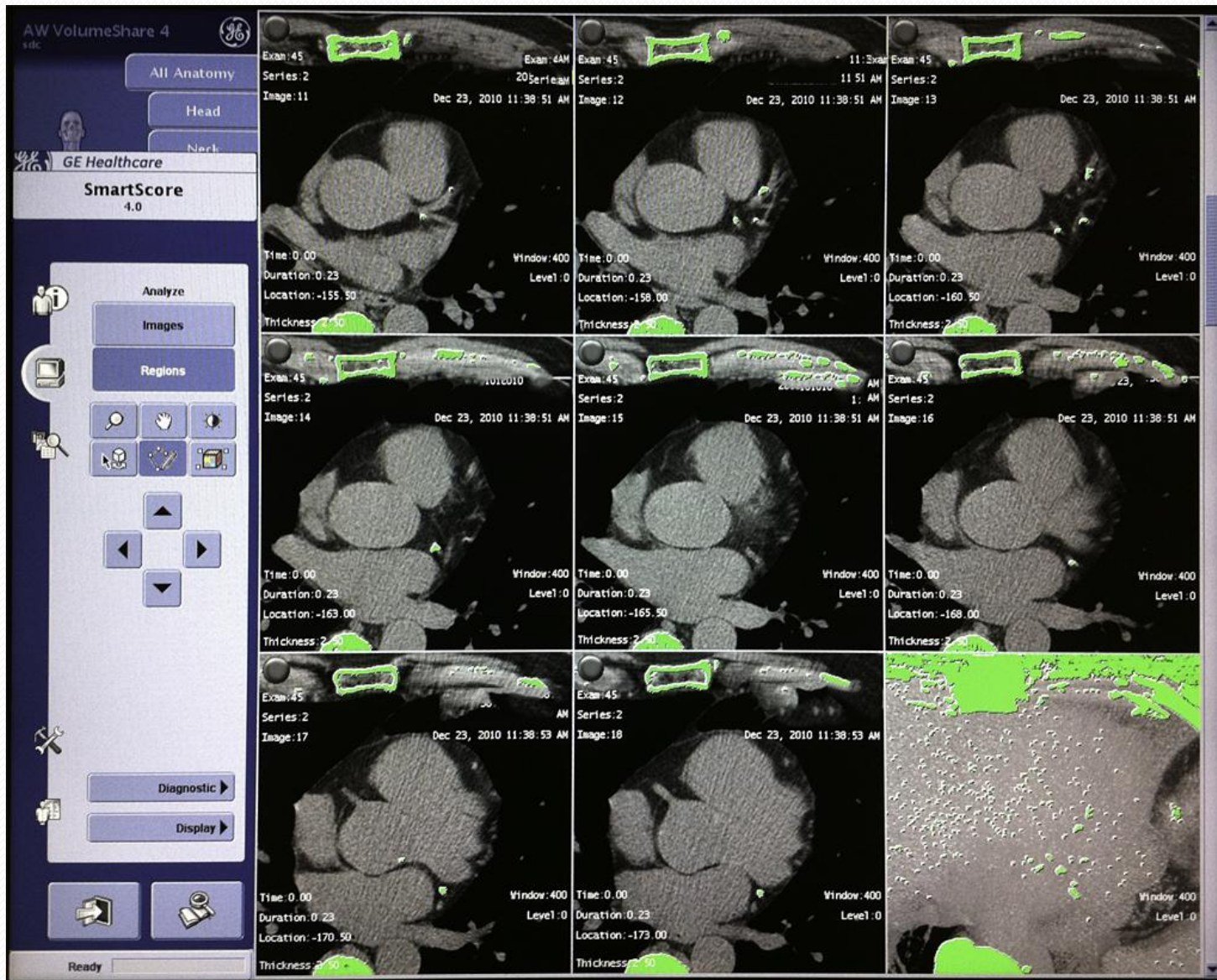


- >2005 r.
 - Tomograf 64-rzędowy
 - czas skanu: 5 sekund, rozdzielczość: 0.35mm

Ocena wskaźnika uwapnienia tętnic wieńcowych (calcium score)

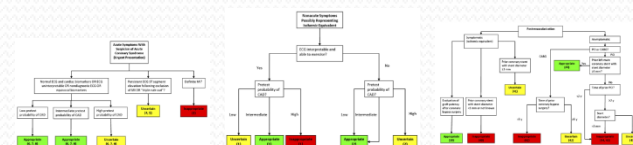
- Badanie bez kontrastu, niska dawka (0.5 – 1.5 mSv)
- Skala Agatstona – punktacja uzależniona od powierzchni pikseli o gęstości > 130 j.H. w rzucie tętnic wieńcowych.

Punktacja	Prawdopodobieństwo wystąpienia zwężeń tętnic wieńcowych
0	Bardzo małe (<5%)
1-10	Małe (<10%)
11-100	Możliwe niewielkie zwężenia
101-400	Możliwe istotne zwężenia
> 400	Bardzo duże (> 90%) – co najmniej jedno istotne zwężenie



Wskazania do TK serca i naczyń wieńcowych

ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCMR
2010 Appropriate Use Criteria for Cardiac Computed Tomography
J Am Coll Cardiol, 2010; 56:1864-1894, doi:10.1016/j.jacc.2010.07.005
(Published online 25 October 2010)

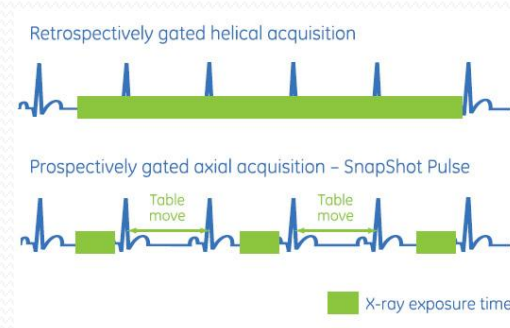


35 wskazań pewnych, 29 wskazań wątpliwych, 29 przeciwwskazań

- Pacjenci bezobjawowi z przedwczesną CAD w wywiadzie rodzinnym, ze średnim stopniem ryzyka rozwoju CAD.
- Objawowi pacjenci z niskim lub średnim prawdopodobieństwem wystąpienia istotnych hemodynamicznie zwężeń tętnic wieńcowych (prawidłowe lub niediagnostyczne EKG i prawidłowe lub niejednoznaczne biomarkery).
- Ocena pacjentów przed operacją kardiochirurgiczną (zabieg poza tętnicami wieńcowymi), niskie lub średnie ryzyko CAD.
- Pacjenci po CABG - ocena drożności bypassów.
- Pacjenci po PCI – ocena drożności stentów ≥ 3 mm śr.

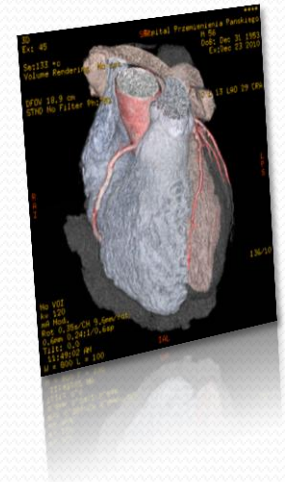
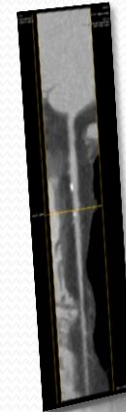
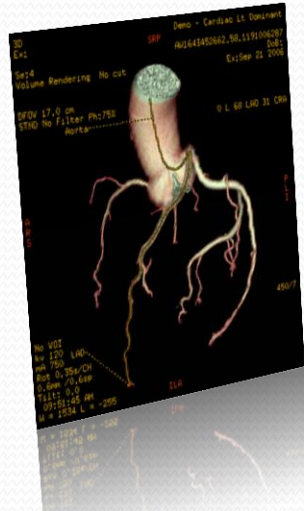
Technika badania

- Idealne tętno pacjenta: regularne, max. 60-65 BPM, jeśli większe -> beta-bloker (przy braku przeciwwskazań, na 45 min. przed badaniem metoprolol 50mg).
- Bramkowanie EKG:
 - Prospektywne – mniejsza dawka promieniowania (1-5 mSv), przy regularnej czynności serca.
 - Retrospektywne – dawka 8-18 mSv, lepiej sprawdza się przy arytmii, daje możliwość analizy funkcji serca.
- Kontrast – 3 fazy:
 - 60ml kontrastu (370mg/l) - 5 ml/sek.
 - 20ml kontrastu (370mg/l) - 3,5 ml/sek.
 - 50ml soli fizjologicznej - 5 ml/sek.
- Rekonstrukcje obrazów:
 - Ocena tętnic wieńcowych – rozkurcz – 75%.
 - Ocena funkcjonalna – 10 faz o – 90%, co 10%.



Stacja robocza

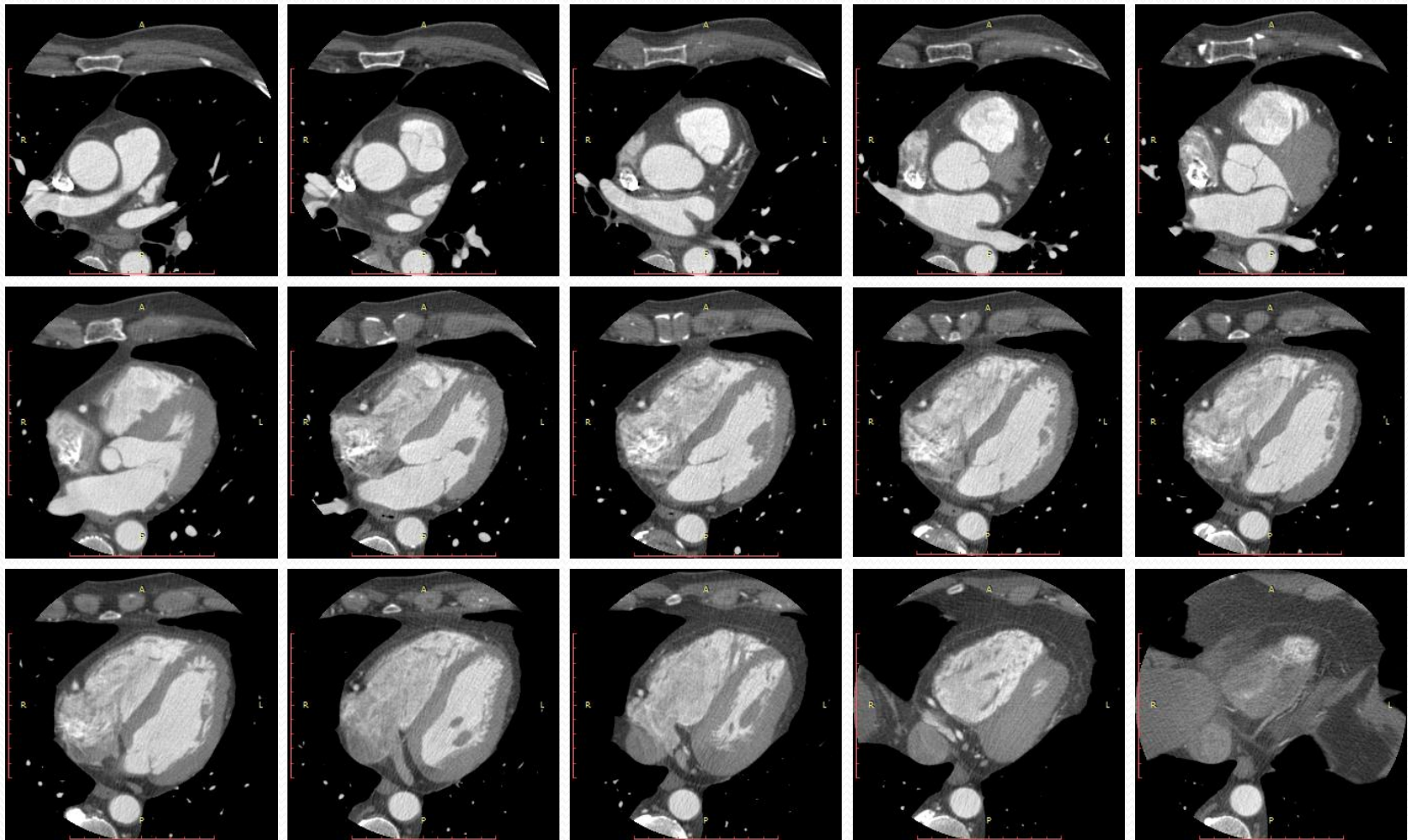




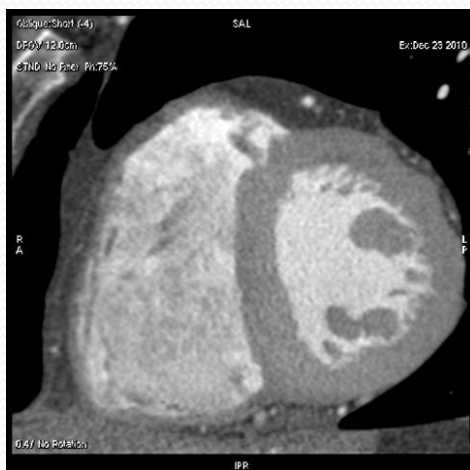
Chicago-Lung Axis
R: 45
Ca:120 kV
DECR:15.5mm
5.1MG NO FILTR. 70.70%
AI
Capitol Protonic/Protonic Technology
M 50
DOB: Dec. 31 1953
EXAM: 02 2010
24 L 120 14.0 70% GR
0.47 No Rotation
120
kV 15.5mm
5.1MG 0.250/0.19 9.0mm/kV
0.180 0.24/10.0mm
W: 0.0
1.1.402.022 J.M.



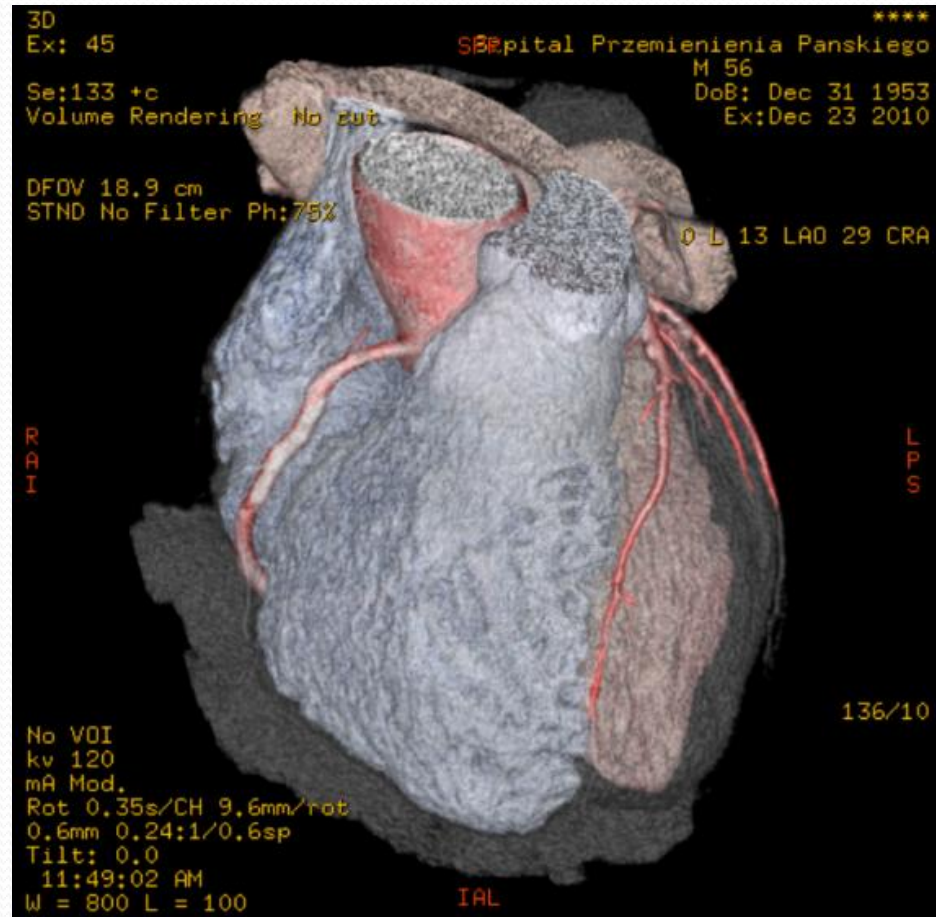
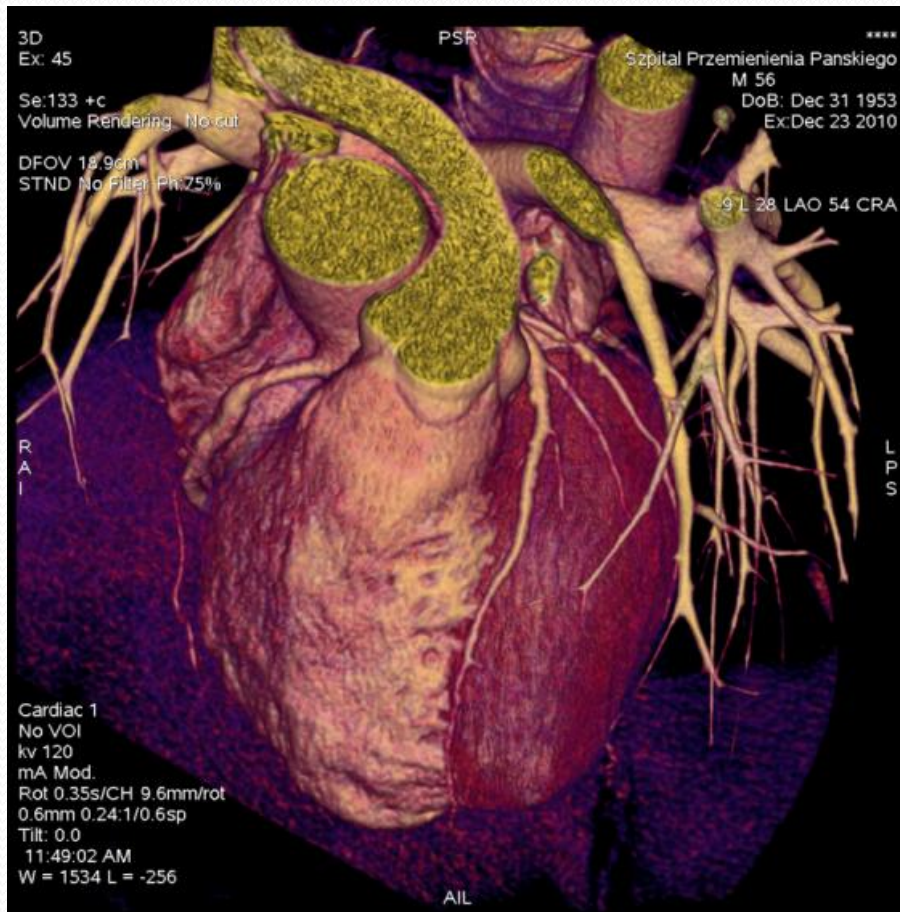
Przekroje osiowe



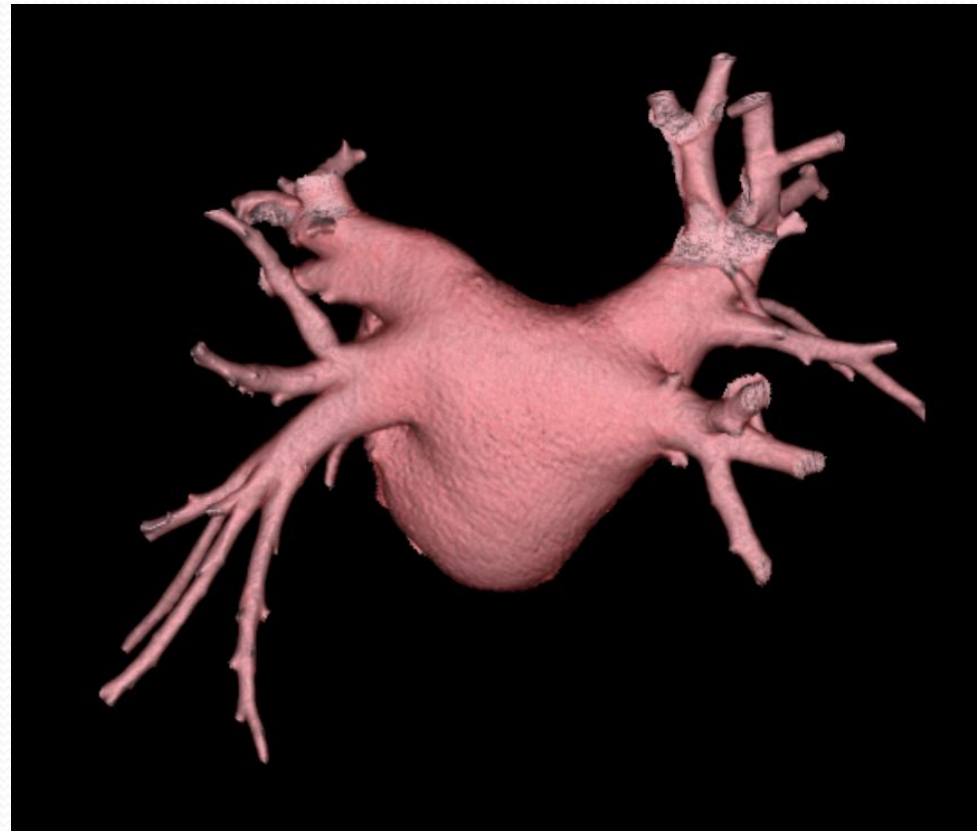
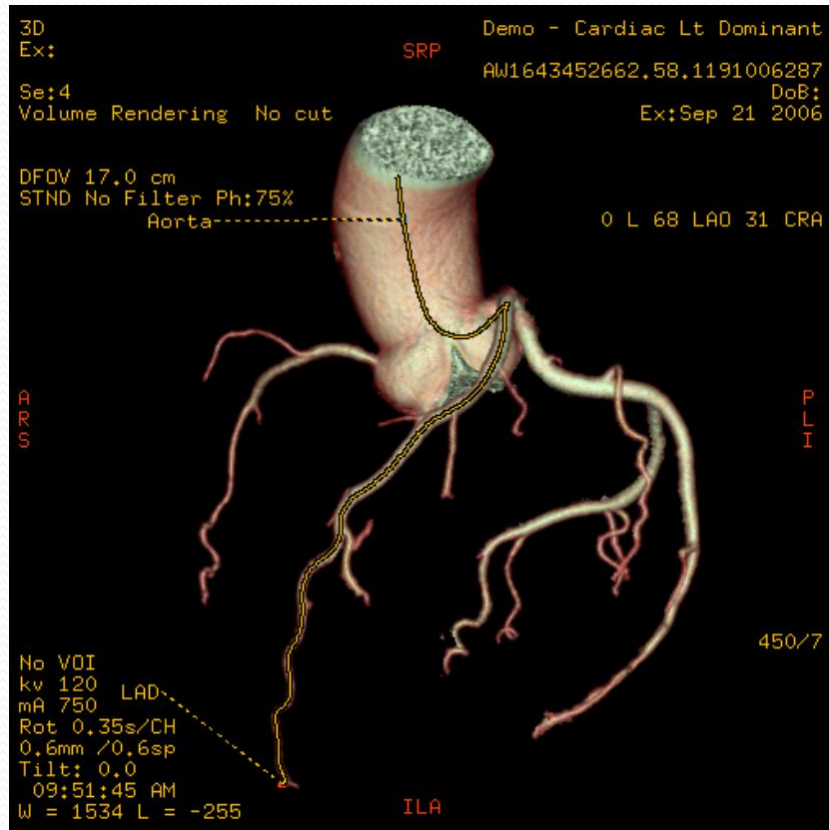
Rekonstrukcje MPR



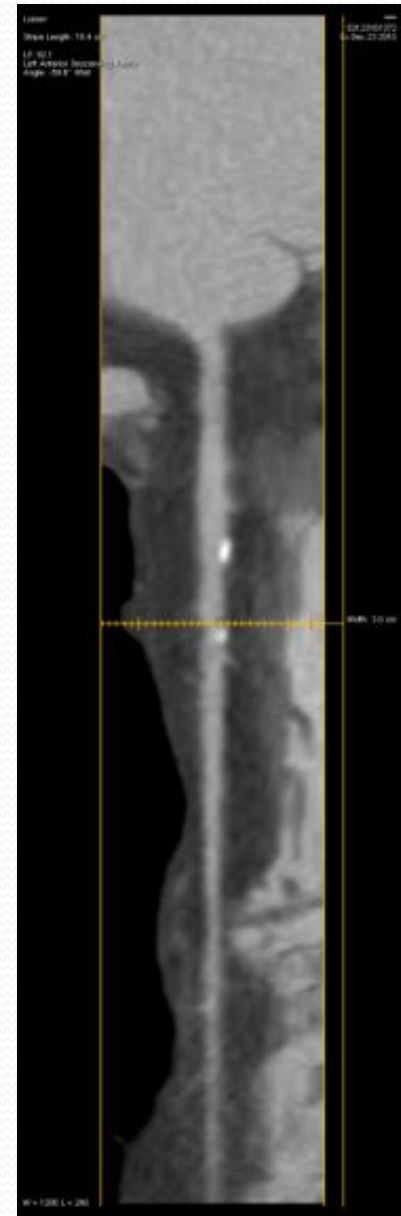
Volume Rendering



Volume Rendering



Curved MPR





Wyniki

Meta-Analysis of 40- and 64-MDCT Angiography for Assessing Coronary Artery Stenosis

Meijer B. et al. *AJR* 2008; 191:1667-1675

- Wykrywanie stenozy $\geq 50\%$ w porównaniu ze złotym standardem (ICA), metaanaliza 22 publikacji, 1331 pacjentów, 10561 segmentów.
- Na poziomie pacjenta czułość 97,7%, swoistość 91,0%
- Na poziomie segmentu naczynia czułość 90,8%, swoistość 95,7%
- Wnioski: 64-rzędowa tomografia jest znakomitą metodą wykrywania oraz wykluczania istotnej hemodynamicznie stenozy tętnic wieńcowych, z lepszymi wynikami w segmentach proksymalnych

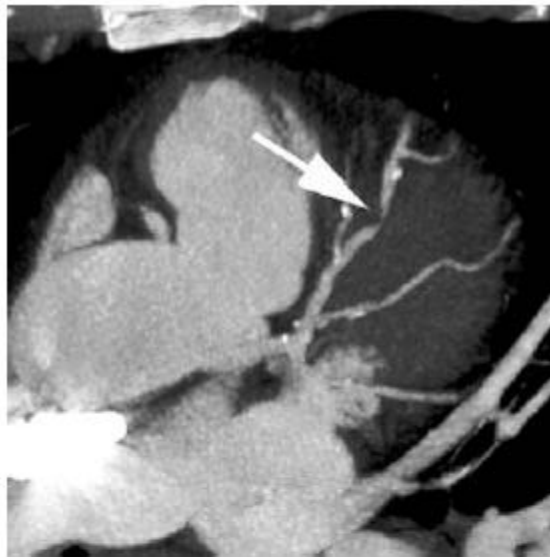
Wyniki

Diagnostic Performance of 64-Multidetector Row Coronary Computed Tomographic Angiography for Evaluation of Coronary Artery Stenosis in Individuals Without Known Coronary Artery Disease: Results From the Prospective Multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) Trial

Budoff M. et al. J Am Coll Cardiol, 2008; 52:1724-1732, doi:10.1016/j.jacc.2008.07.031 (Published online 22 August 2008).

- Wykrywanie stenozy $\geq 50\%$ i $\geq 70\%$ w porównaniu z ICA, 230 pacjentów.
 - Wysoka ujemna wartość predykcyjna – 98 i 99% oraz swoistość – 91 i 92%
 - Czułość 84 i 85%
 - Niska dodatnia wartość predykcyjna – 51 i 33%

Krytyczne zwężenie LAD



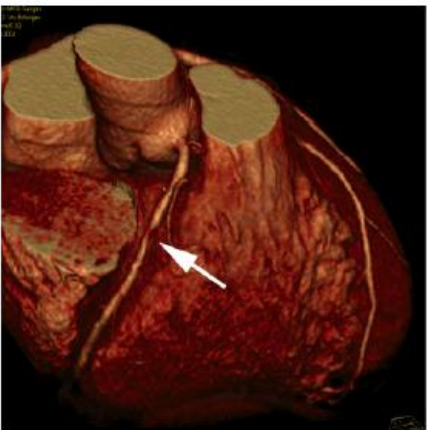
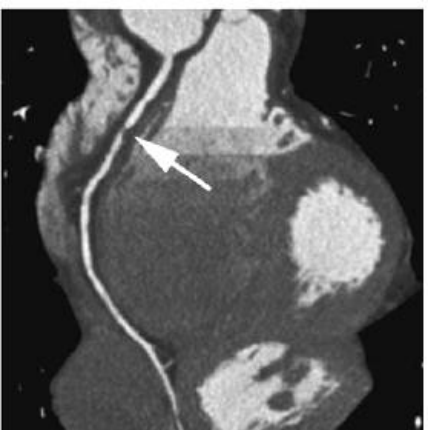
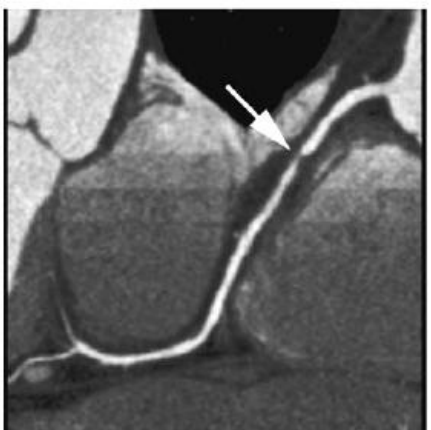
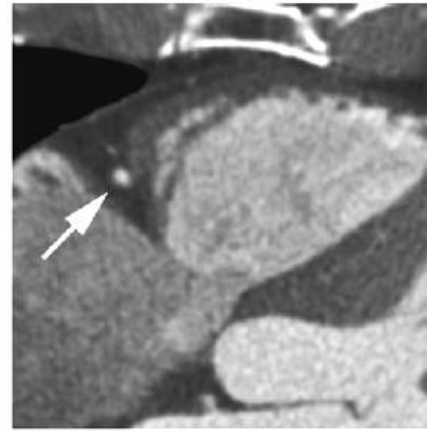
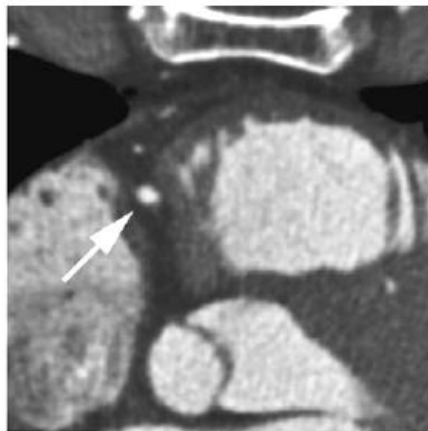
Zwężenie LAD w proksymalnym
odcinku >70%



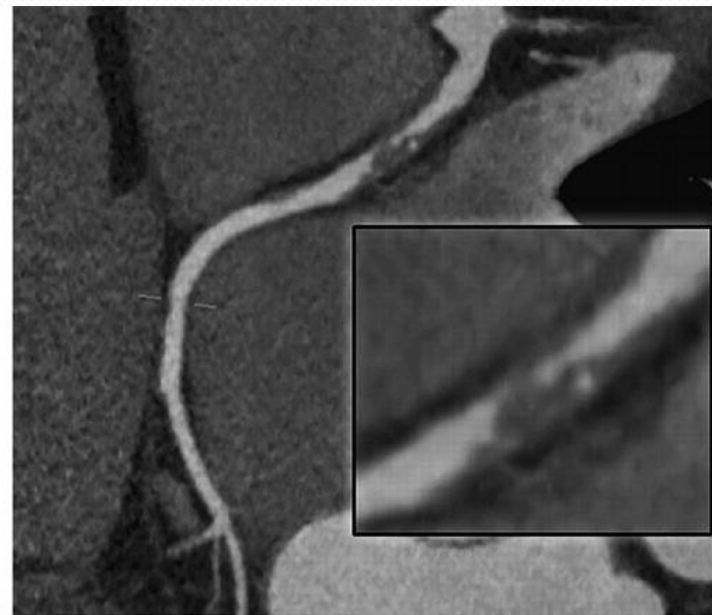
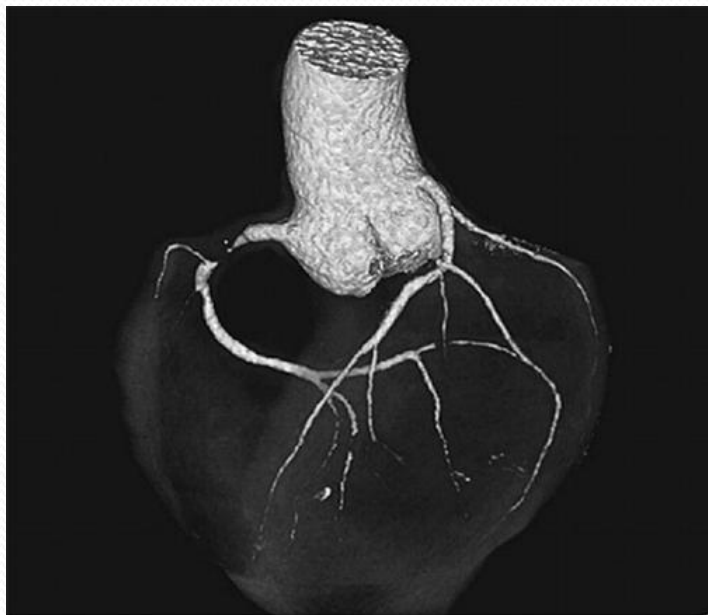
Zwężenie RCA w proksymalnym odcinku >70% (możliwa niedrożność)



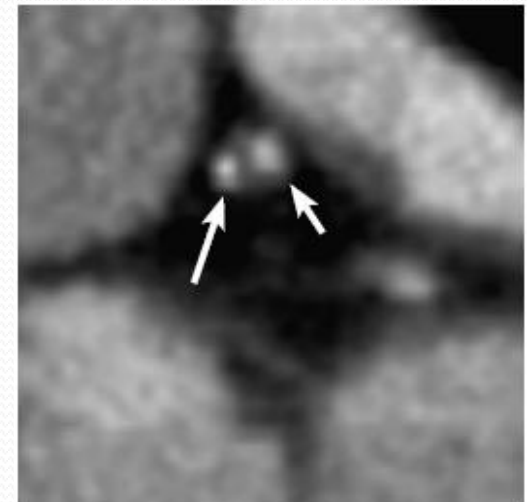
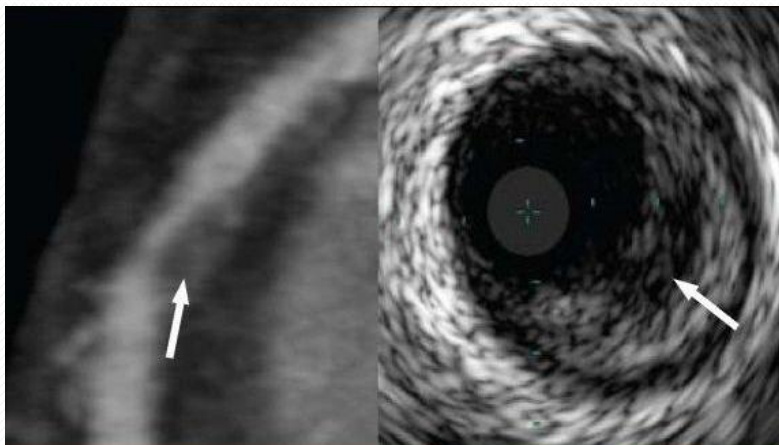
Krytyczne zwężenie RCA



Krytyczne zwężenie RCA



Morfologia blaszki miażdżycowej



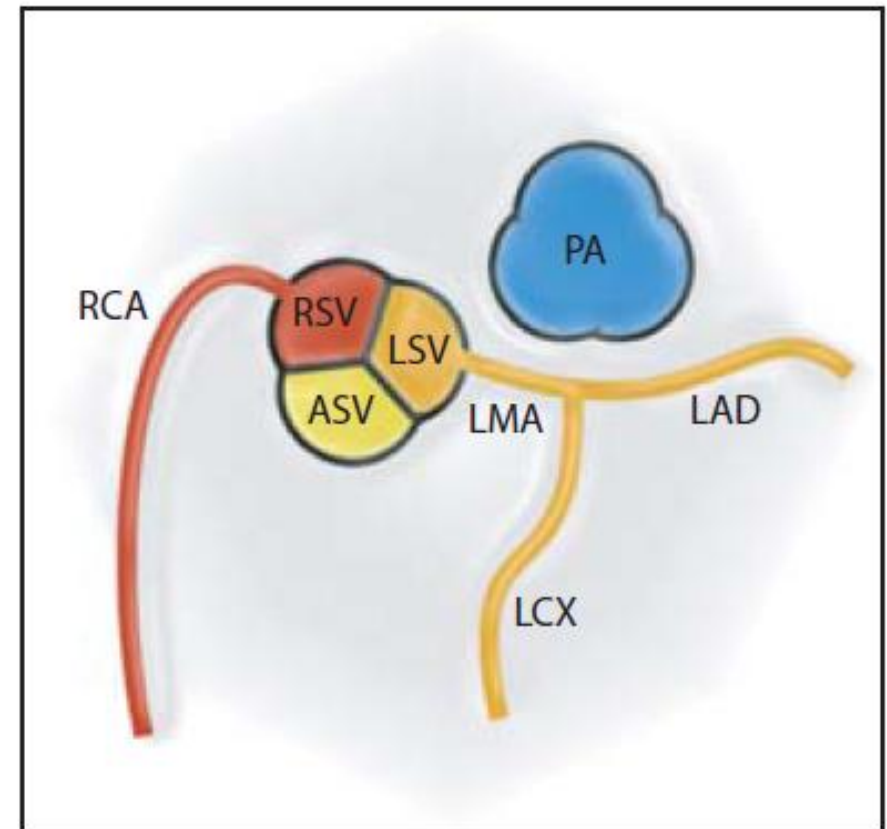
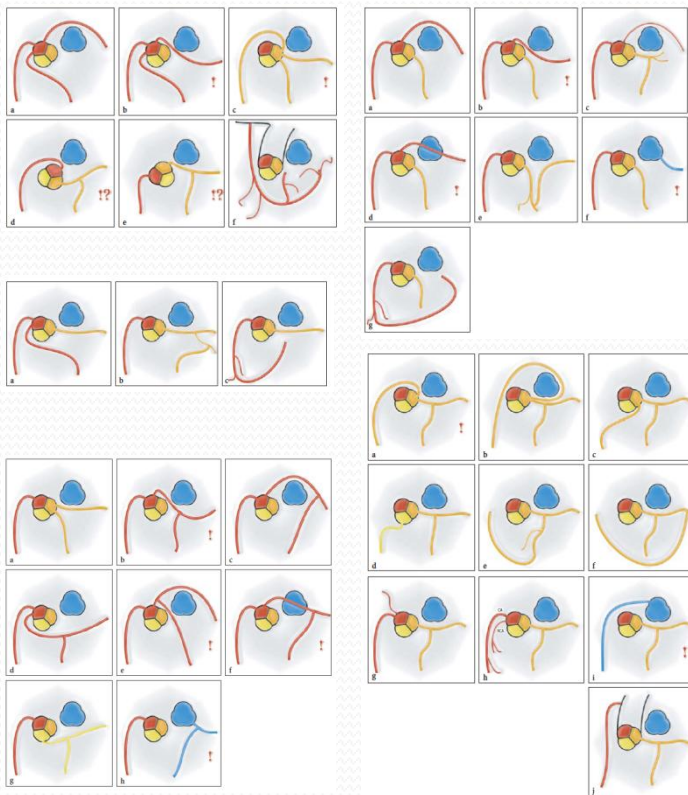
Mostki mięśniowe

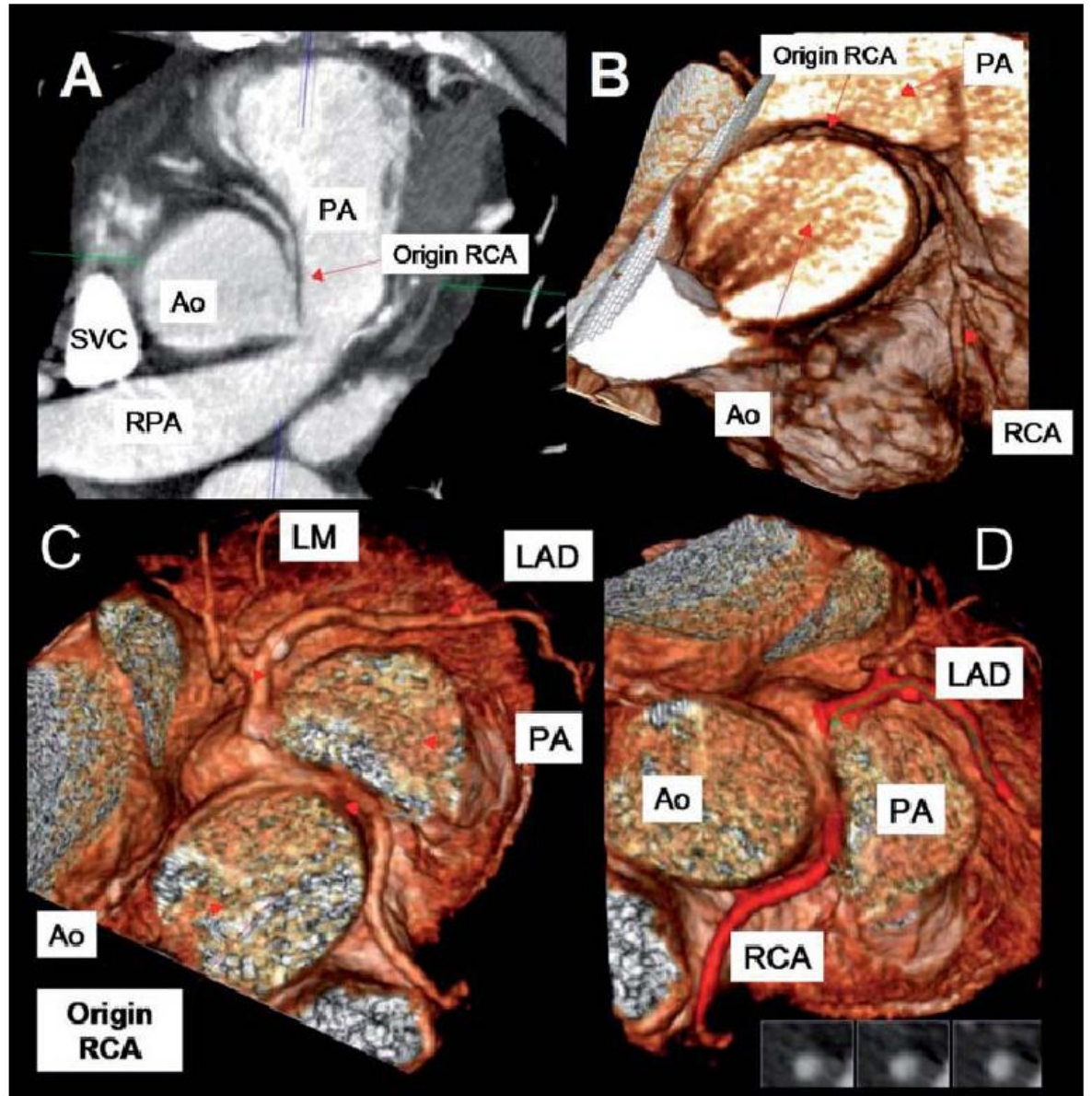
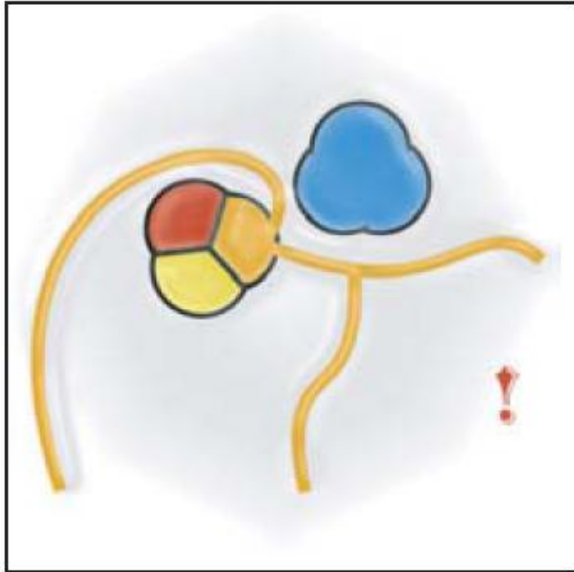
- Anomalia wrodzona – tętnica odcinkowo przebiega w obrębie myocardium.
- Najczęściej w środkowym segmencie LAD.
- Podczas skurczu mogą dawać istotne hemodynamiczne zwężenie.



Zmienności anatomiczne

- Anomalie występują w około 0.5-1% populacji.
- Ocena przebiegu tętnic w trzech wymiarach dzięki technice Volume Rendering
- Wykrycie anomalii potencjalnie objawowych (złośliwych).





Pacjenci po CABG

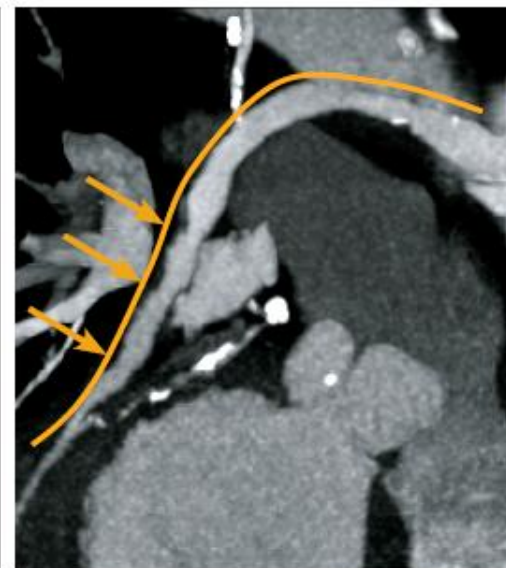
Diagnostic Performance of 16- and 64-Section Spiral CT for Coronary Artery Bypass Graft Assessment: Meta-Analysis

Hamon M. et al. *June 2008 Radiology, 247, 679-686.*

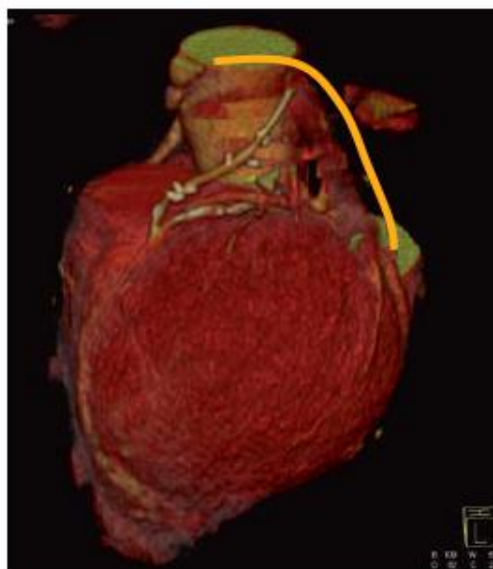
- 15 badań (723 pacjentów, 2023 pomostów)
- Czułość wykrywania niedrożności pomostów wynosiła 99,3%, natomiast wykrywania istotnej stenozы 94,4%.
- Ocena 7.6% badanych pomostów była niemożliwa.
- Wnioski: wielorzędowa tomografia może służyć jako nieinwazyjne narzędzie do oceny pomostów aortalno-wieńcowych z podejrzeniem lub istniejącą dysfunkcją pomostu.

Pomosty żyłne do RCA, LCX, D1 oraz IMA do LAD

Po zabiegu

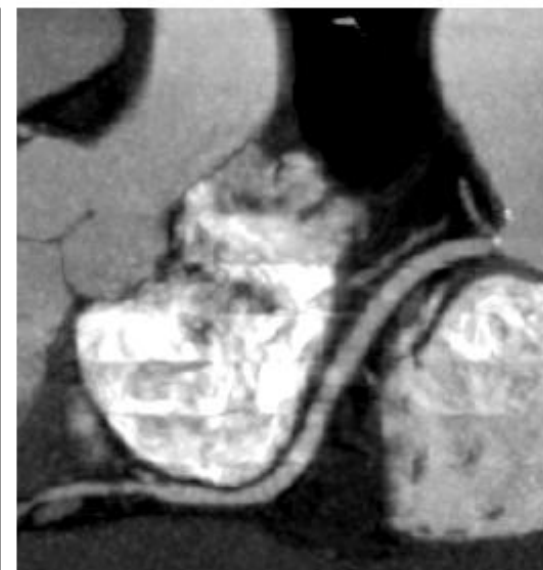
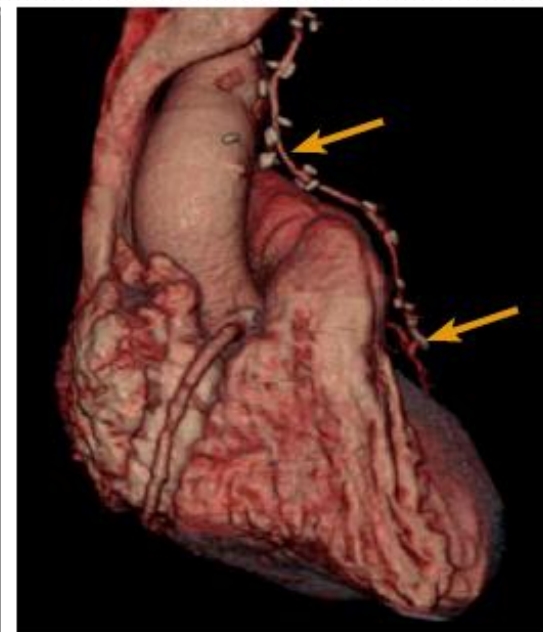
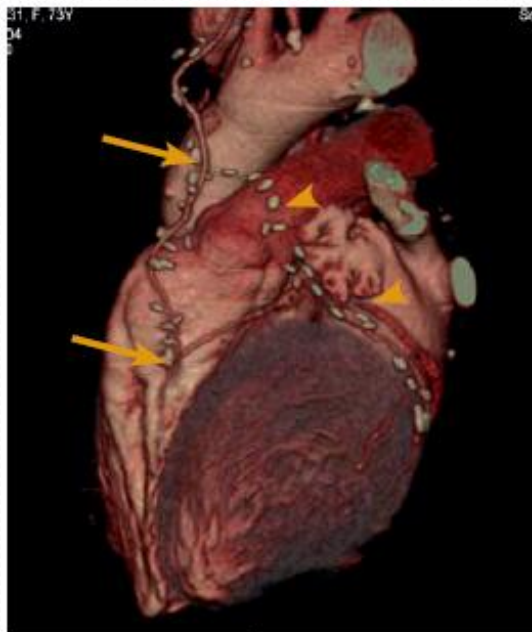


Po 1 roku



Ocena po 6 miesiącach od zabiegu

Pomost LIMA -> LAD
oraz
tętnica promieniowa -> CX

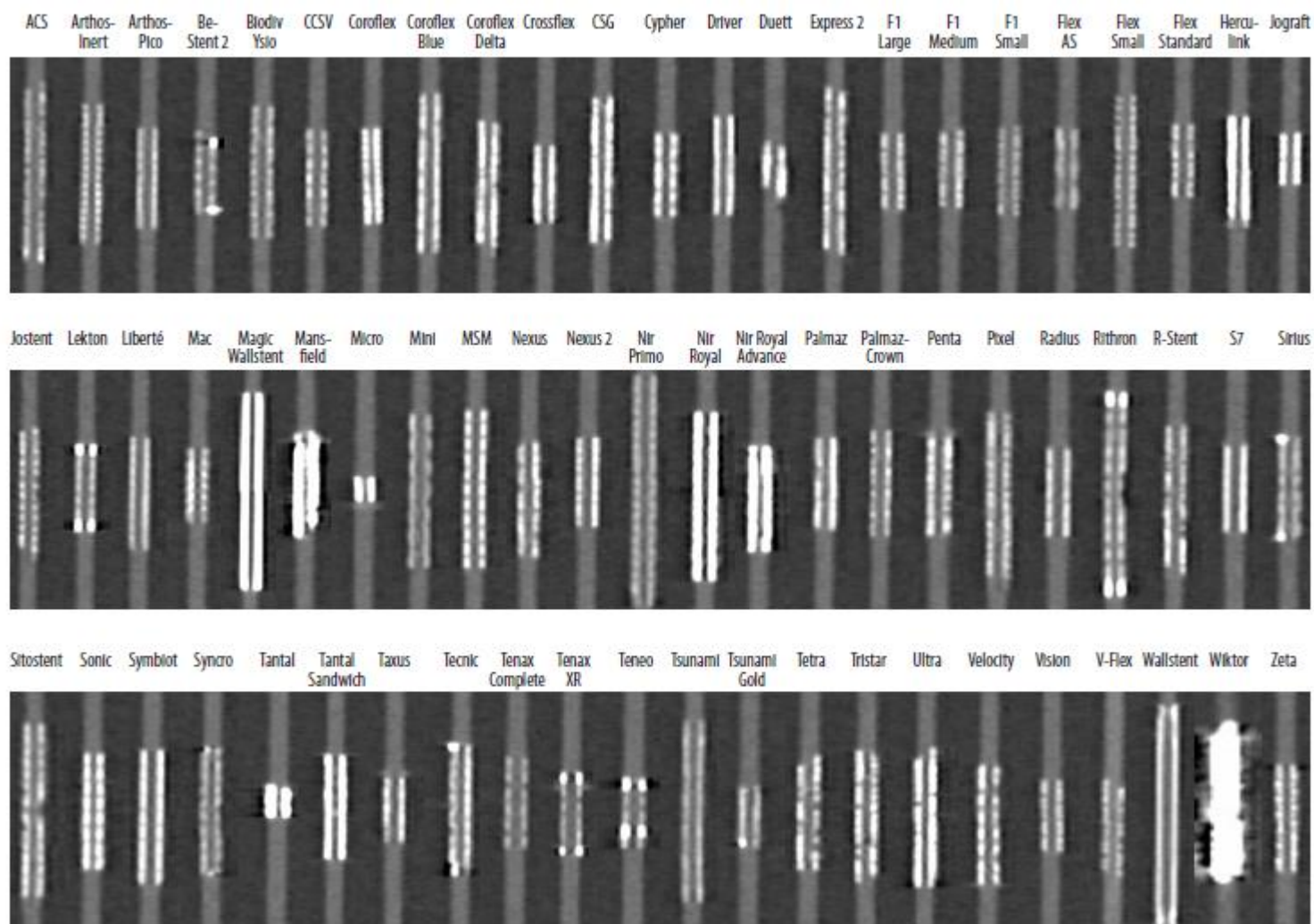


Obrazowanie stentów

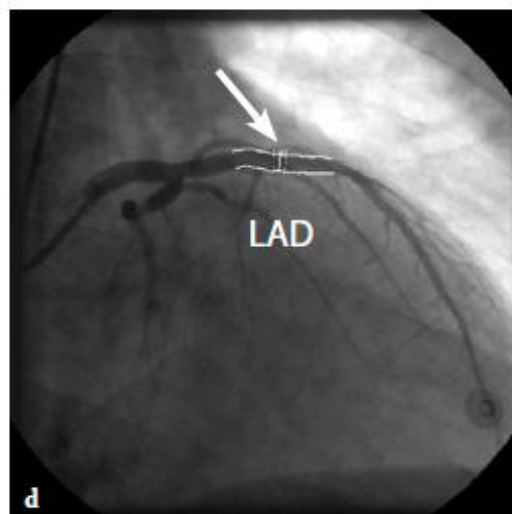
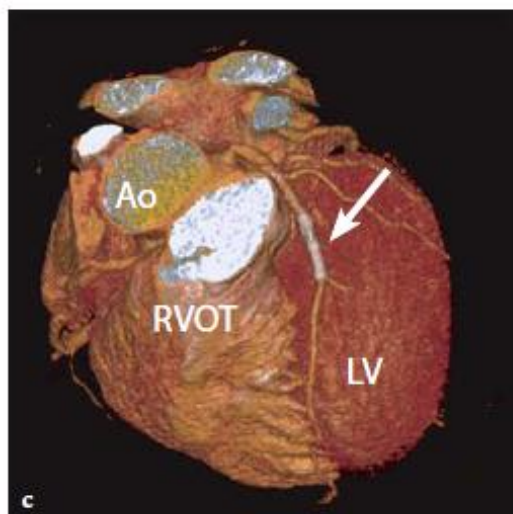
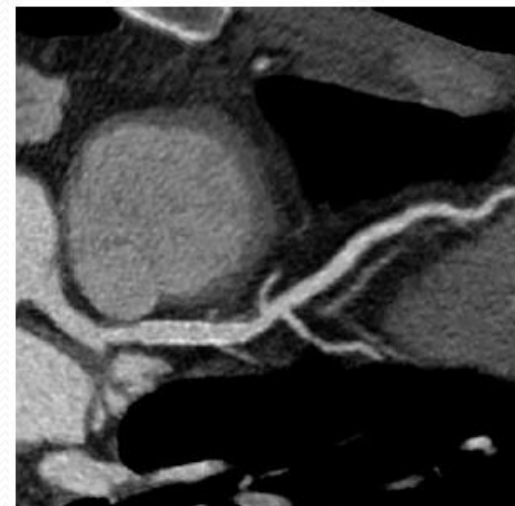
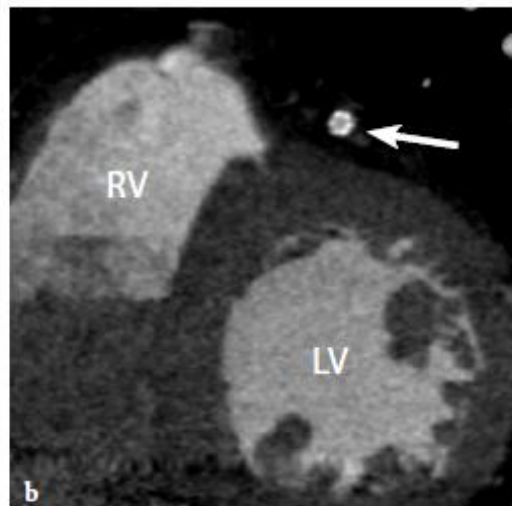
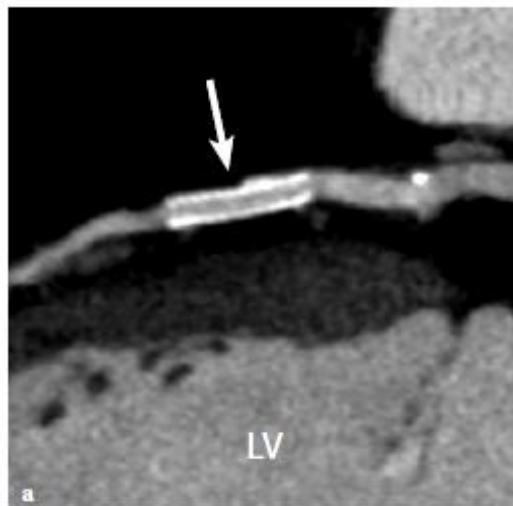
Assessment of In-Stent Restenosis Using 64-MDCT: Analysis of the CORE-64 Multicenter International Trial

Wykrzykowska JJ. et al. *AJR* 2010; 194:85-92

- 52 pacjentów z wszczepionymi 75 stentami (80% $\leq$ 3mm śr.)
- Wykrywanie stenozy $\geq$ 50% w porównaniu z ICA
- Czułość, swoistość, PPV, NPV: 33.3%, 91.7%, 57.1% i 80.5%
- Możliwa ocena: Bx Velocity (grube elementy) - w 50% przypadków; Cypher, 62.5%; Taxus (cienkie elementy), 75%.
- Wnioski: ocena stentów (szczególnie $<$ 3mm) problematyczna, zwłaszcza z towarzyszącymi mnogimi zwapnieniami.



Stenty 3mm, TK 64-rzędowy



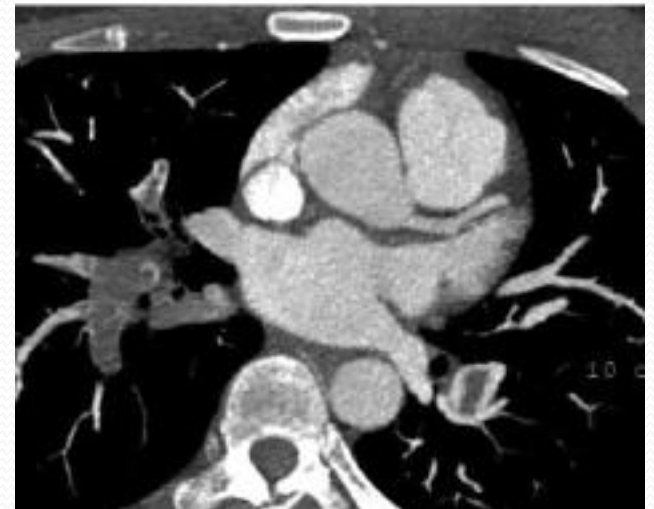
TK 64-rzędowy

Triple-rule-out

Evaluation of a “triple rule-out” coronary CT angiography protocol: use of 64-section CT in low-to moderate risk emergency department patients suspected of having acute coronary syndrome.

Takakuwa KM, Halpern EJ. Radiology 2008;248(2):438–446

- Ból w klatce piersiowej przy niskim lub średnim prawdopodobieństwie ostrego zespołu wieńcowego.
- Ocena tętnic wieńcowych – istotne zwężenie/niedrożność?
- Ocena tętnic płucnych – zatorowość?
- Ocena aorty piersiowej – rozwarstwienie?
- Wnioski: badanie TK angio serca pozwala na eliminację dalszej diagnostyki u 75% pacjentów.



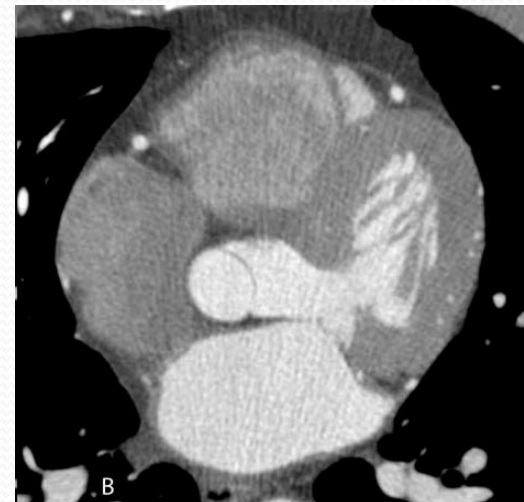
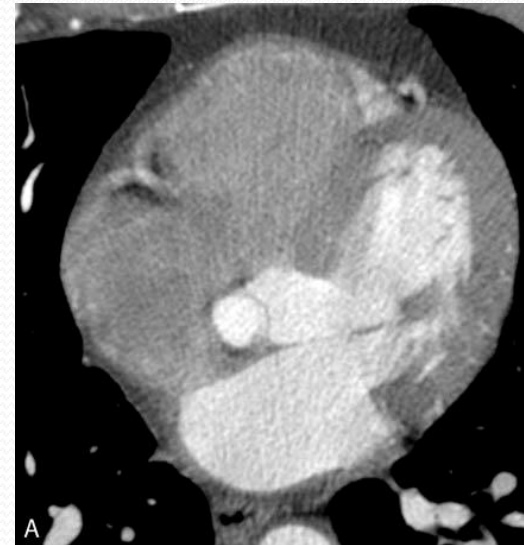
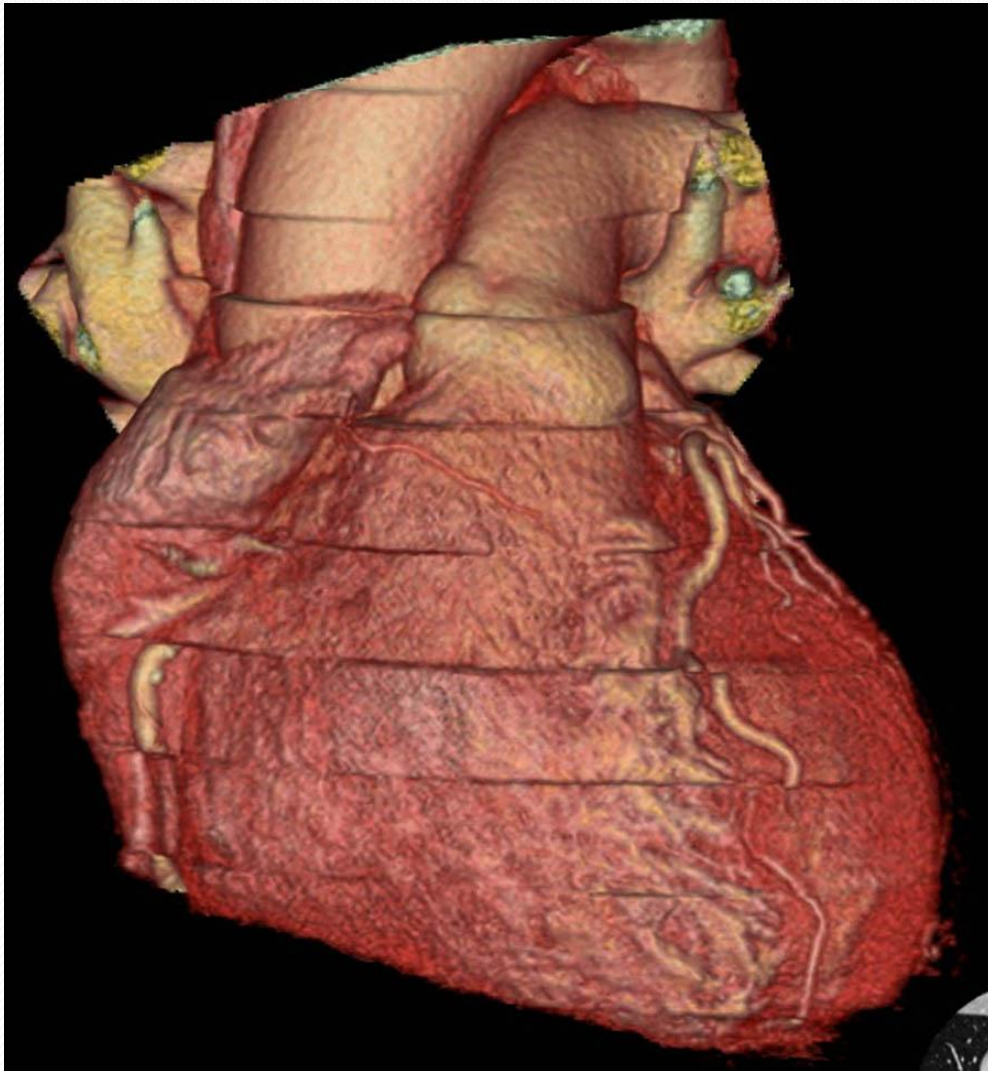
Zalety koronarografii TK

- Badanie nieinwazyjne.
- Brak powikłań występujących przy ICA: miejscowe w pachwinie (krwiak, tętniak rzekomy), krwawienie zaotrzewnowe, rozwarstwienie aorty, tętnic wieńcowych, zawał serca, udar mózgu.
- Mniejszy koszt, możliwość wykonania w trybie ambulatoryjnym.
- Ułatwiona ocena przy wariantach anatomicznych, pomostach aortalno-wieńcowych (rekonstrukcje trójwymiarowe VR).
- Różnicowanie blaszki miażdżycowej: miękka, włóknista, mieszana, uwapniona.
- Wykrywanie mostków mięśniowych.
- Możliwość dodatkowej oceny: funkcji serca, aorty piersiowej (rozwarstwienie), tętnic płucnych (zatorowość), miąższu płuc (zmiany ogniskowe), osierdzia, guzów i skrzeplin w sercu.

Ograniczenia

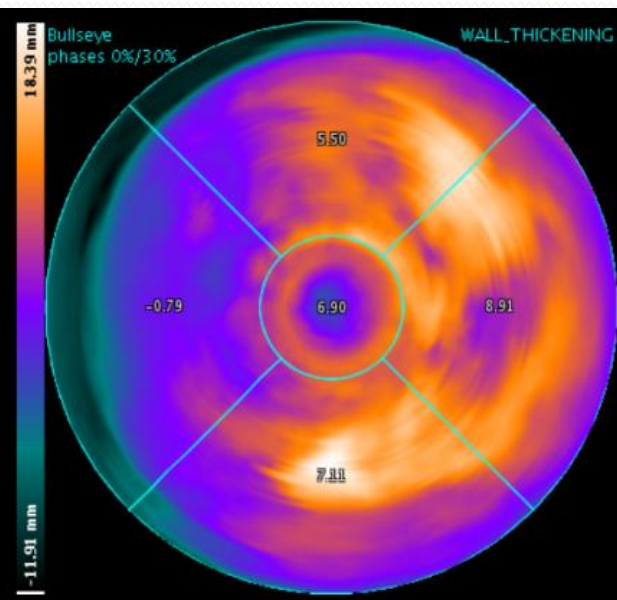
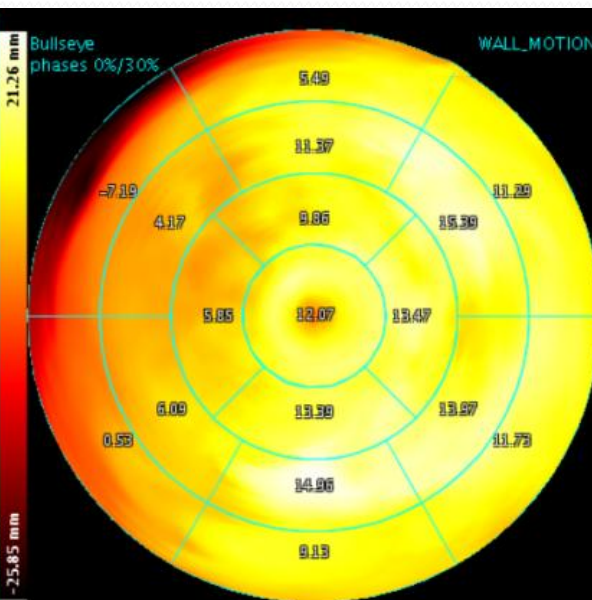
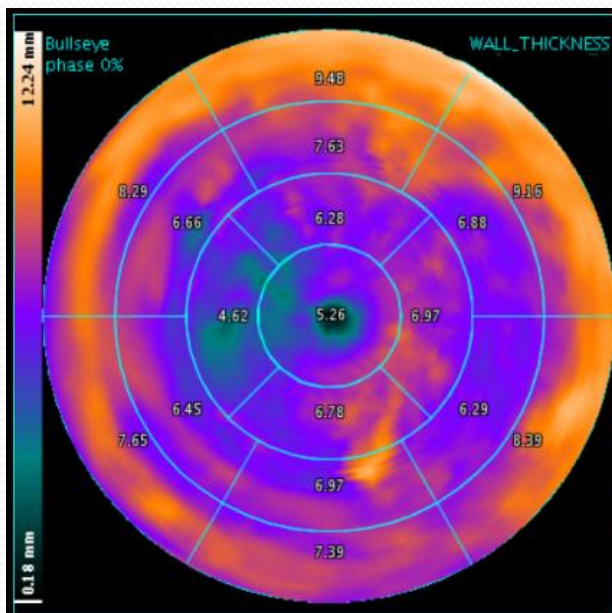
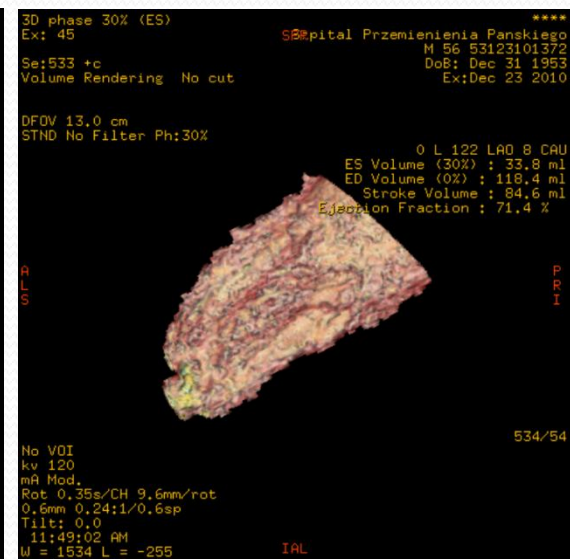
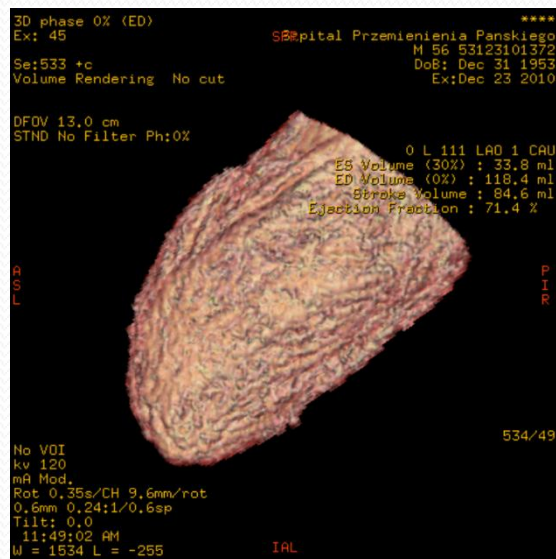
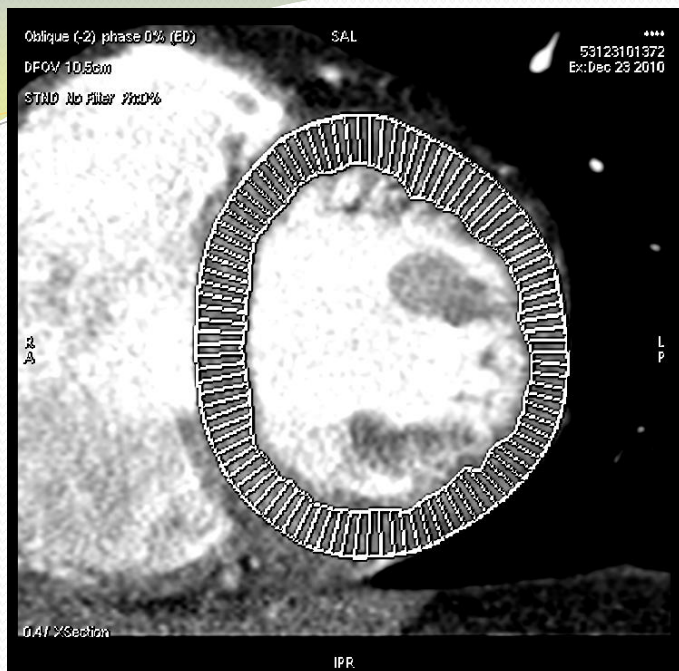
- Rozdzielczość przestrzenna:
 - Ciągłe mniejsza niż w klasycznej angiografii (0,35mm vs. 0,2-0,25mm).
 - Utrudniona ocena w dystalnych segmentach tętnic (mała średnica naczyń).
 - Utrudniona ocena przy dużej ilości zwapnień („calcium blooming”), zawyżanie stenozy.
- Rozdzielczość czasowa:
 - Gorsza niż w ICA (44ms vs. 8ms)
 - Trudności techniczne u pacjentów z przyspieszonym, nieregularnym rytmem serca

Artefakty – nieregularna, szybka czynność serca



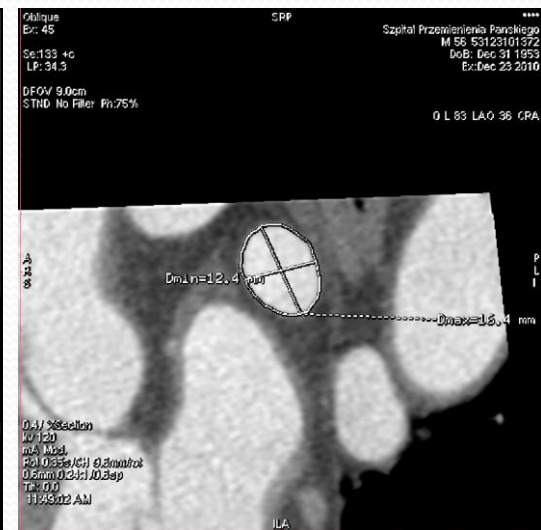
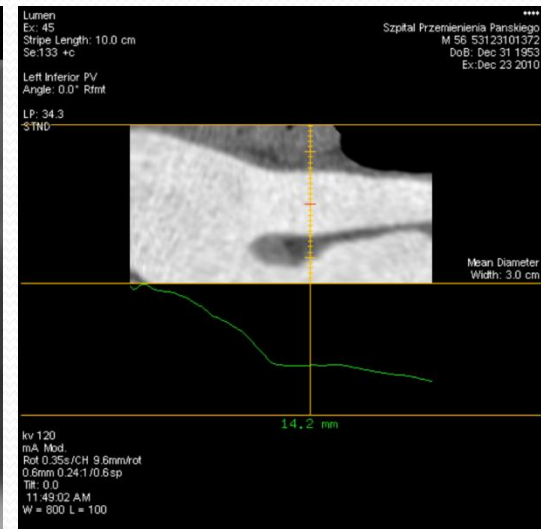
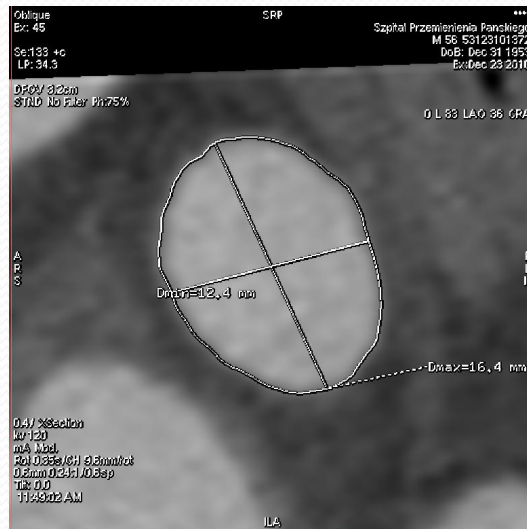
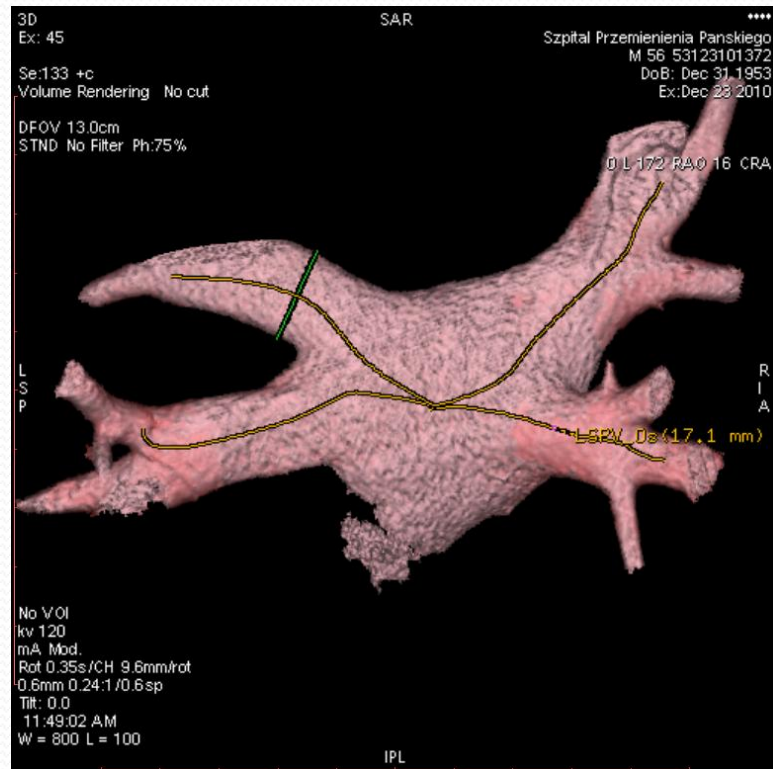
Analiza funkcji serca

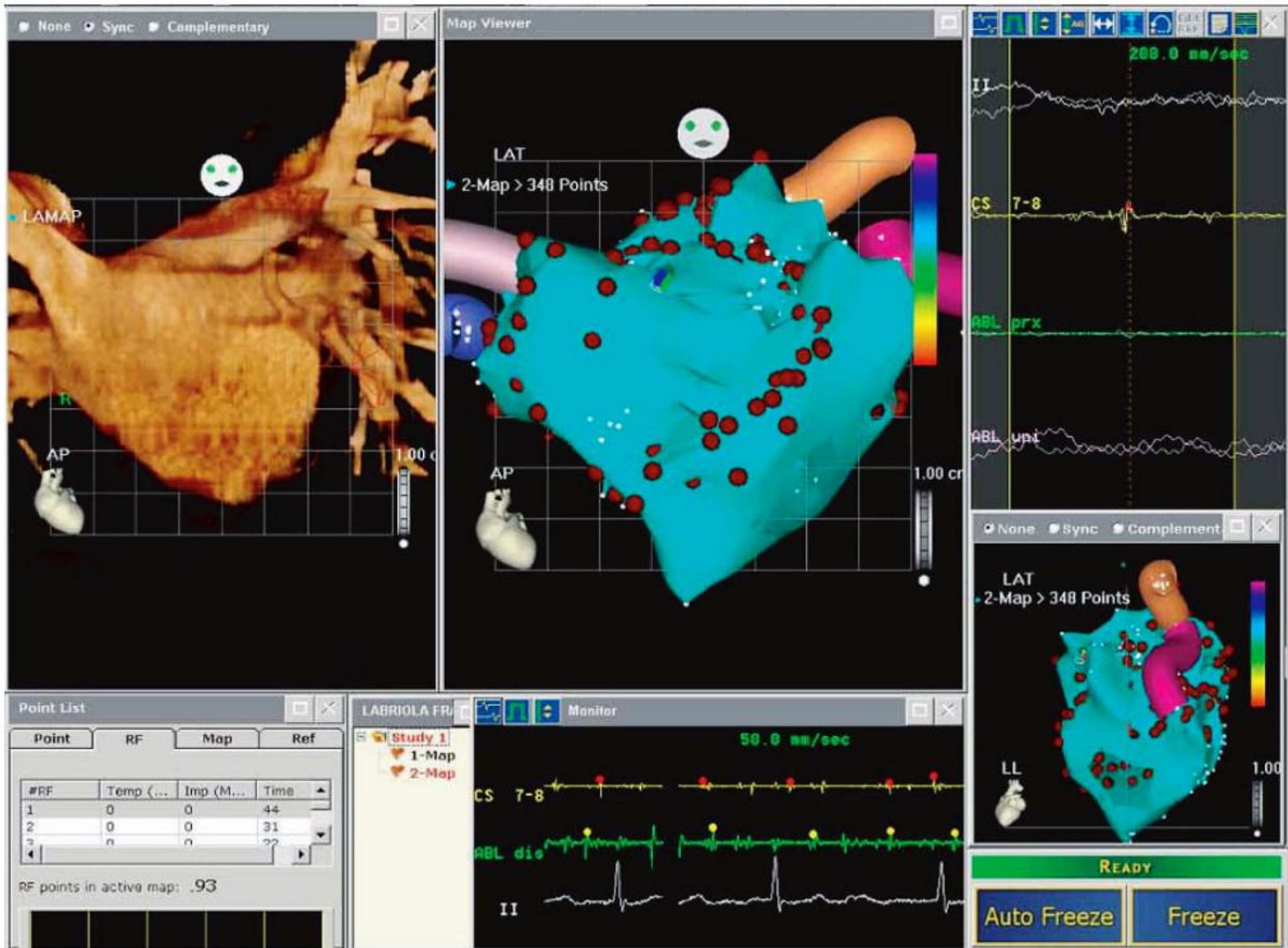
- Ocena wykonywana „przy okazji” koronarografii TK, jako główny cel badania w rzadkich przypadkach (przeciwwskazania do CMR, niediagnostyczne badanie ECHO)
- Objętość komór, frakcja wyrzutowa, masa LK.
- Grubość, kurczliwość, ruchomość ściany LK.
- (Pseudo)perfuzja.



Obrazowanie lewego przedsionka

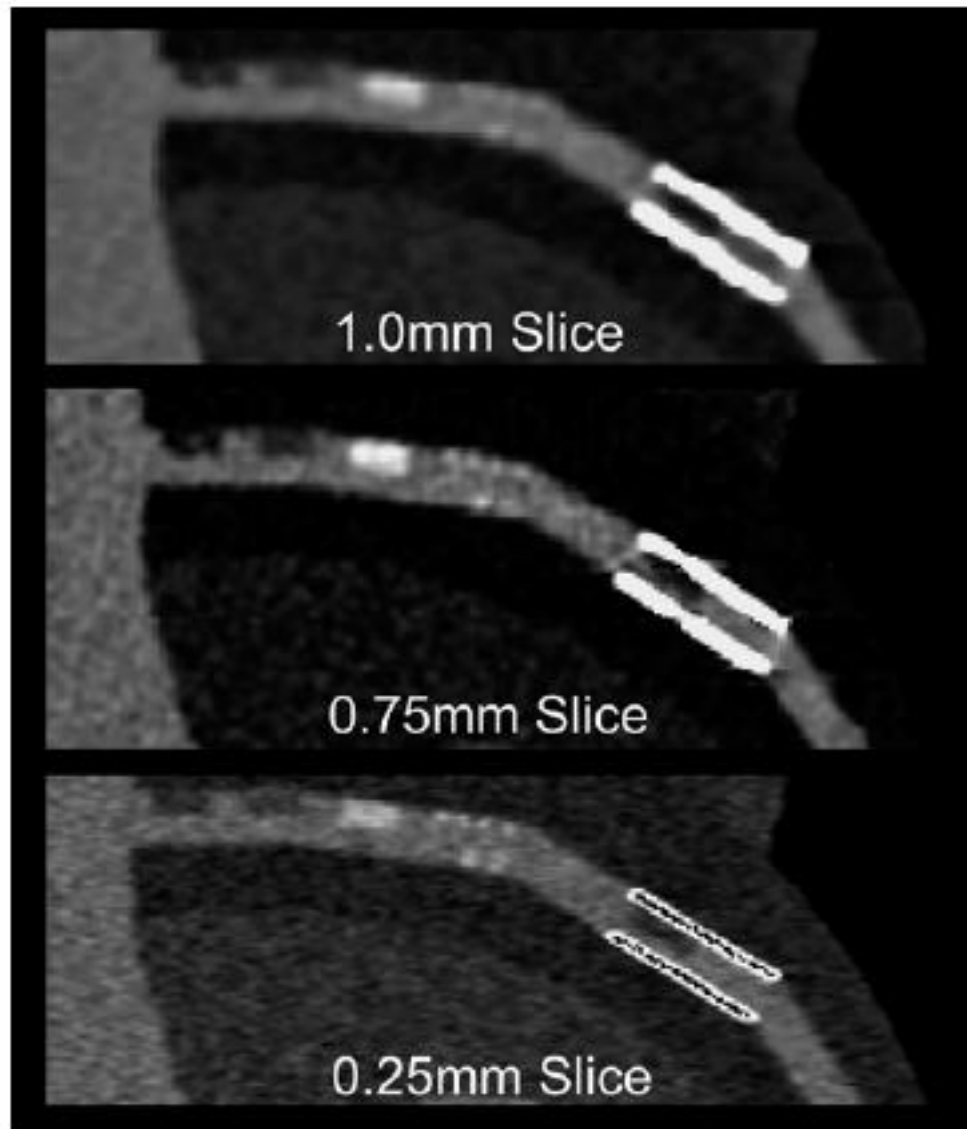
- Pacjenci z migotaniem przedsionków
- Ocena przed zabiegiem ablacji RF:
 - Warianty anatomiczne żył płucnych
 - Pomiar średnicy ujść żył płucnych – dobór cewnika
 - Ewentualne skrzepliny w prawym przedsionku, w uszku lewego przedsionka, guz lewego przedsionka
- Najnowsze aparaty pozwalają na wykonanie ablacji w oparciu o „prawdziwą” anatomię po uprzednim zaimportowaniu modelu lewego przedsionka otrzymanego w badaniu tomograficznym





Nowe rozwiązania

- Poprawa rozdzielczości przestrzennej:
 - Nowe materiały w detektorach skanerów.
 - Poprawa elektroniki skanerów (mniejsze zakłócenia).
 - Nowe iteracyjne algorytmy rekonstrukcyjne.
- Poprawa rozdzielczości czasowej:
 - Szybsza rotacja gantry ($< 0,2\text{sek.}$).
 - Zwielokrotnione lampy rentgenowskie.
 - Wielosegmentowe algorytmy rekonstrukcyjne.
- Zmniejszenie dawki promieniowania:
 - DSCT z trybem FLASH – 1-3mSv



Prototypowy skaner – FlatPanel 768 x 0.25mm

Dziękuję za uwagę!