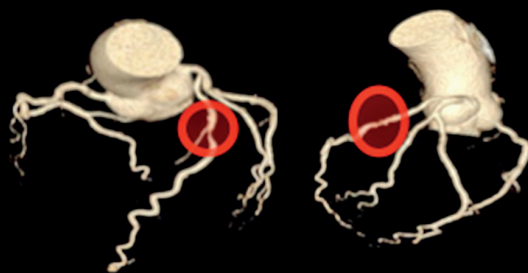
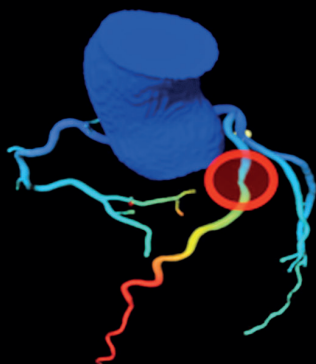


Badanie TK, w którym rozpoznano graniczne zwężenie w gałęzi przedniej zstępującej (zaznaczenie). Poniżej widoczna ocena wirtualnej rezerwy przepływu wieńcowego (TK-FFR) z zaburzeniami przepływu w obwodowym odcinku naczynia (kolor czerwony) oraz ocena perfuzji w warunkach maksymalnego przepływu z widocznymi zaburzeniami ukrwienia ściany przedniej (kolory inne niż czerwony)

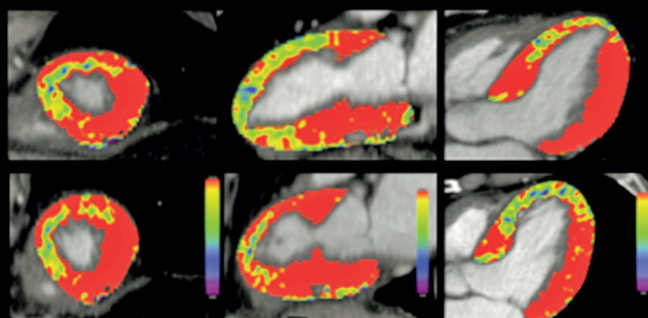
Rutynowe badanie TK



Ocena TK-FFR



Ocena perfuzji



**dr hab. n. med.
Cezary Kępka,
prof. Narodowego
Instytutu Kardiologii**

Jest specjalistą chorób wewnętrznych, kardiologiem i kardiologiem interwencyjnym. Od kilkunastu lat łączy pracę w pracowni hemodynamiki z wykonywaniem i interpretacją badań tomografii komputerowej serca. Od początku swojej kariery jest związany z Narodowym Instytutem Kardiologii w Warszawie. ckepka@ikard.pl

OBRAZY WARTO

Tomografia komputerowa otwiera nowe możliwości w diagnostyce choroby wieńcowej. Rutynowe korzystanie z tej metody w przyszłości jako przesiewowej może wykrywać bardzo wczesne stadia choroby.

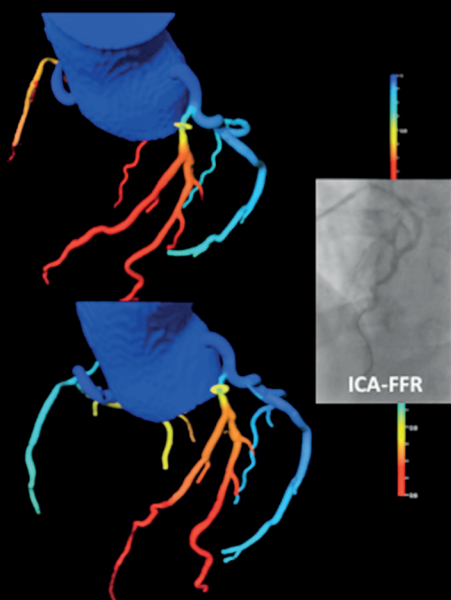
Cezary Kępka

Narodowy Instytut Kardiologii
im. Stefana Kardynała Wyszyńskiego w Warszawie

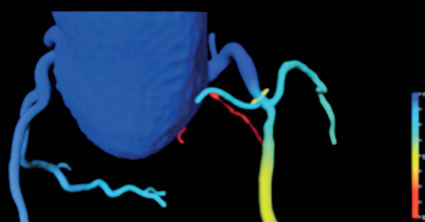
Tomografia komputerowa (TK), stosowana w medycynie od lat 70., przez pierwszych kilkadziesiąt lat praktycznie nie była używana do obrazowania choroby wieńcowej. Pokolenie starszych kardiologów w większości uznaje inwazyjną koronarografię jako referencyjną metodę diagnostyczną. Tymczasem postęp technologiczny kilkanaście lat te-

mu umożliwił obrazowanie tętnic wieńcowych przy użyciu zaawansowanych technicznie skanerów tomografii komputerowej. W ostatnich kilku latach dzięki nowym generacjom skanerów stało się możliwe badanie coraz większej grupy pacjentów, wcześniej nie mogących korzystać z tej metody. Jako że medycyna wymaga sprawdzonych metod, oczywiste jest, że zastosowanie TK do obrazowania tętnic wieńcowych musiało zająć trochę czasu, ale ten etap również już nastąpił. Dziś nie ma podstaw do twierdzenia, że referencyjną metodą oceny tętnic wieńcowych jest inwazyjna koronarografia, wręcz przeciwnie – wskazania do jej używania zostały istotnie ograniczone. Najpowszechniejszą metodą pierwszego wyboru w ocenie tętnic wieńcowych jest dziś TK. Dodatkowo metoda

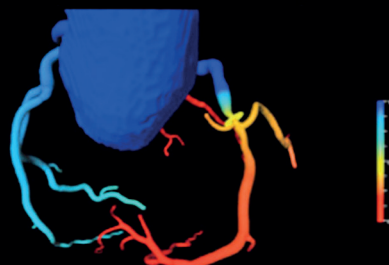
TK-FFR (LAD <0,8 – niedokrwienie)



TK-FFR (RCA >0,8 – bez niedokrwienie)



TK-FFR (RCA <0,8 – niedokrwienie)



Ocena wirtualnej rezerwy przepływu wieńcowego wykorzystująca rutynowe badanie TK oparte na zaawansowanym modelowaniu matematycznym (TK-FFR). Po lewej stronie najczęściej spotykana w praktyce klinicznej lokalizacja zwężenia (w początkowym odcinku gałęzi przedniej zstępującej), obok korespondujący obraz z inwazyjnego analogicznego pomiaru. Po prawej stronie kalkule dla prawej tętnicy wieńcowej, na górze zmiana niepowodująca zaburzeń przepływu (kwalifikowana do leczenia zachowawczego), na dole – dla kontrastu – zmiana powodująca zaburzenia przepływu (istotna czynnościowo) w dużym obszarze mięśnia sercowego.

TYSIĄCA SŁÓW

ta proponuje nam pewną wartość dodaną pod postacią oceny jakościowej i ilościowej miażdżycy, oceny stopnia ukrwienia mięśnia sercowego czy oceny zaburzeń przepływu w tętnicach wieńcowych opartej na zaawansowanych symulacjach matematycznych.

Teraz zmieniamy historię

Określenia „złoty standard” i „metoda referencyjna” w ocenie tętnic wieńcowych (czyli diagnostyce choroby wieńcowej) przez wiele lat były używane wyłącznie w odniesieniu do inwazyjnej koronarografii. Dominacja tej metody była tak znacząca, że przez niektórych kardiologów została ona uznana jako ostateczna. Z dużym zdziwieniem przyjęto opublikowane w 2019 roku zalecenia Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego dotyczące postępowania w przewlekłych zespołach wieńcowych, które po raz pierwszy umiejscowiły TK jako metodę pierwszego wyboru u chorych z podejrzeniem choroby wieńcowej (najwyższa klasa IA). Zalecenia te otworzyły nową erę w obrazowaniu kardiologicznym. Zaczęto używać TK nie tylko do diagnostyki ostrych zespołów aortalnych, zatorowości płucnej, lecz także do identyfikacji

zmian miażdżycowych. W ślad za wspomnianymi zaleceniami poszły kolejne, w tym niezmiernie istotne zalecenia American College of Cardiology i American Heart Association dotyczące postępowania z bólami w klatce piersiowej u chorych. Zalecenia te w stosunku do wcześniej wspomnianych w jeszcze większym stopniu rozszerzyły wskazania do diagnostyki za pomocą TK. Wraz ze zmianą paradygmatu diagnostycznego zmieniła się definicja choroby wieńcowej. W poprzednich edycjach zaleceń do rozpoznania choroby wieńcowej było konieczne stwierdzenie zwężenia co najmniej 50-proc. w co najmniej jednej tętnicy nasierdziejowej. Obecnie do rozpoznania choroby wystarczy potwierdzenie obecności jakiegokolwiek blaszki miażdżycowej. Można domniemywać, że jednym z powodów zmiany definicji było powszechne wprowadzenie TK do spektrum metod diagnostycznych.

Warto w tym miejscu przypomnieć jedną z kluczowych różnic między inwazyjną koronarografią a TK. Jedyne, co nam pokazuje metoda inwazyjna, to wypełnione środkiem kontrastowym światło naczynia bez żadnych informacji o możliwych patologich ściany naczyniowej. Stosując TK, możemy ocenić nie tylko światło naczynia, lecz także strukturę ściany

naczyniowej. Ta różnica ma kluczowe znaczenie dla optymalnego postępowania z pacjentem, dopiero TK pozwala nam na jednoznaczne wykluczenie miażdżycy i bezpieczne odstąpienie od niepotrzebnego leczenia. Na drugim biegunie są stabilni chorzy najbardziej zagrożeni wystąpieniem ostrego zespołu wieńcowego. Od lat wiadomo, że substratem dla ostrych zespołów wieńcowych są tzw. ranliwe blaszki miażdżycowe. Takie blaszki najczęściej nie zwężają istotnie światła naczynia, stąd mogą nie powodować istotnych dolegliwości. Inwazyjna koronarografia jest zupełnie nieprzydatna w diagnostyce zmian o takiej morfologii. Tylko użycie TK dokumentuje tego typu zmiany chorobowe.

Współczesna kardiologia umożliwia skuteczne leczenie chorych z ostrymi zespołami wieńcowymi, co nie zmienia faktu, że kilka procent z tych osób umiera, a u istotnego odsetka rozwijają się później powikłania. Zdecydowanie słabiej przez lata radziliśmy sobie z identyfikacją osób zagrożonych wystąpieniem ostrych stanów zapalnych. Wydaje się, że jakościowa zmiana głównej metody obrazowej – z inwazyjnej koronarografii na TK – daje większe szanse trafnej identyfikacji osób zagrożonych i umożliwi wcześnie wdrożenie działań prewencyjnych. Dodatkowo są obecnie prowadzone zaawansowane badania nad rozpoznawaniem miażdżycy w badaniach bezkontrastowych. A możliwość identyfikacji potencjalnie groźnych zmian miażdżycowych jedynie na podstawie skanu TK otwiera drogę do użycia w przyszłości TK jako metody przesiewowej w chorobie wieńcowej, dziś jeszcze niestety niedostępnej.

Nowe możliwości

Najnowsze skanery TK najszybciej trafiają do dużych ośrodków klinicznych i naukowych. Dostępność tej technologii dla naukowców w ciągu raptem kilku lat

zaowocowała zupełnie nowymi, nietypowymi zastosowaniami dla kardiologicznej TK. Warto tu wspomnieć choćby o możliwości oceny perfuzji, czyli tzw. wirtualnym FFR. Oba zastosowania, wykraczające poza tradycyjną ocenę anatomii, wydają się mieć potencjał do szerszego użycia u chorych diagnozowanych w celach klinicznych.

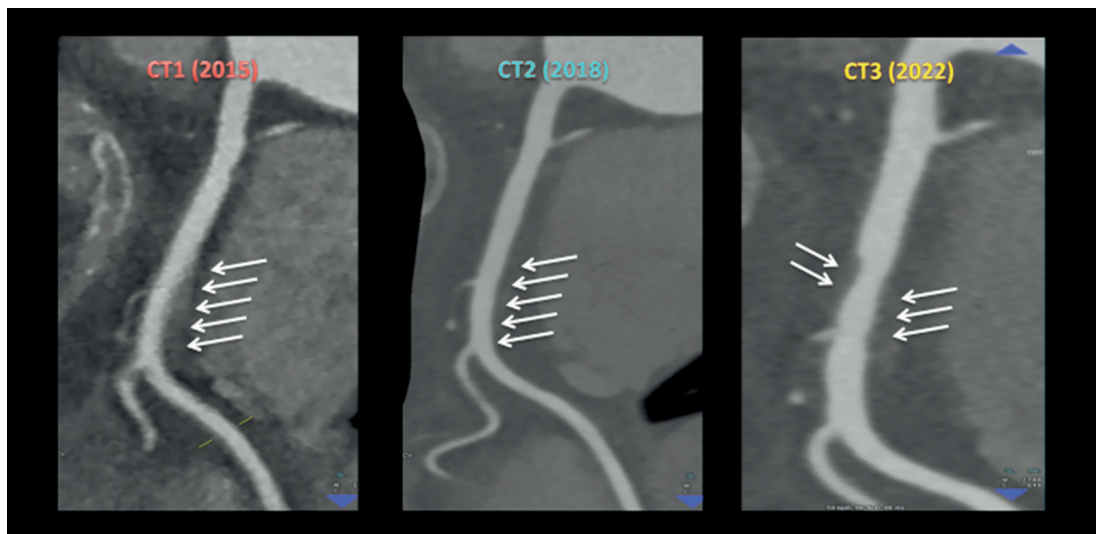
Ocena perfuzji za pomocą TK jeszcze kilka lat temu wydawała się niewykonalna. Poprawa szybkości zbierania danych w TK wraz ze zwiększeniem zasięgu detektora umożliwiły po raz pierwszy ocenę objętości przepływu krwi przez poszczególne rejony mięśnia sercowego w czasie. Metoda ta bardzo szybko pokazała swoją przydatność w identyfikacji obszarów niedokrwionych porównywalną z innymi „tradycyjnymi” metodami, w tym z badaniami izotopowymi.

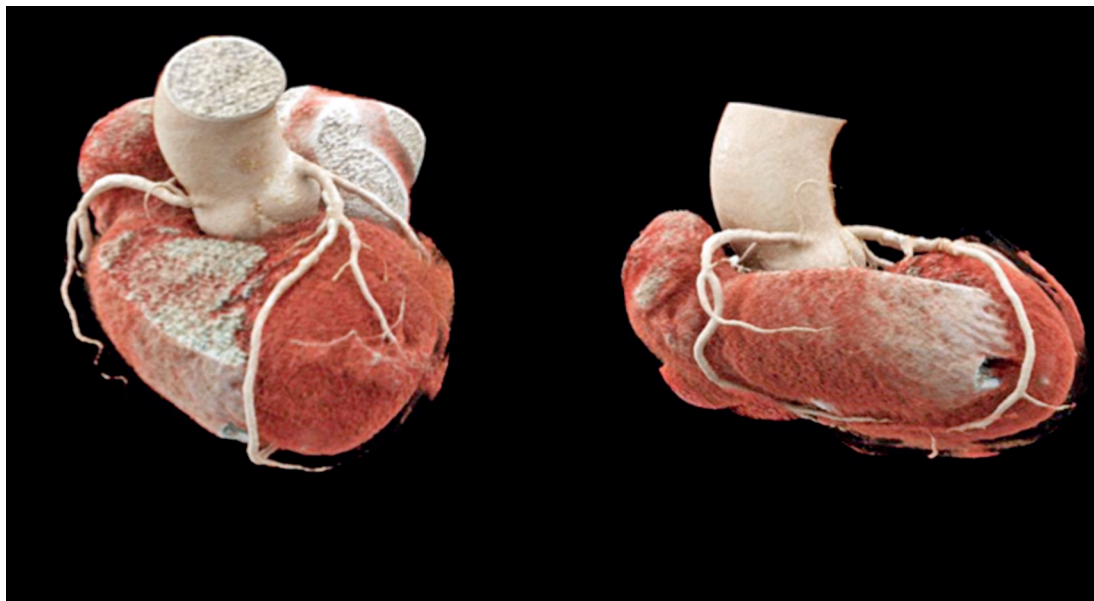
Niezmierznie ciekawą funkcjonalnością opartą na TK jest ocena zaburzeń przepływu zwężeń tętnic wieńcowych za pomocą zaawansowanego modelowania matematycznego, czyli tzw. wirtualny pomiar cząstkowej rezerwy przepływu (wirtualny FFR, TK-FFR). Metoda ta bazuje na analizie danych pozyskanych z typowego badania TK tętnic wieńcowych, takich jak podział naczyń i lewej komory na segmenty, wyznaczenie osi i światła naczynia, dzięki czemu stosując algorytmy sztucznej inteligencji, uzyskujemy następnie model przepływu wraz z rozkładem ciśnień w każdej z dużych tętnic wieńcowych. Cały model jest wizualizowany w wygodnej formie w postaci obrazu kodowanego kolorem. Wszystkie te kroki odbywają się bez obecności pacjenta i bez konieczności wykonywania dodatkowych akwizycji.

Ciemne strony

Obrazowanie tętnic wieńcowych za pomocą TK nie jest łatwe. Abyśmy mogli oceniać blaszkę miażdżycową, ukrwienie mięśnia sercowego i symulo-

Badanie TK pokazujące różnice w jakości obrazowania (przy użyciu skanerów coraz nowszych generacji) u tego samego pacjenta na przykładzie prawej tętnicy wieńcowej (CT1 – skaner wcześniejszej generacji, ograniczone możliwości wiarygodnej oceny stopnia zaawansowania zmian miażdżycowych; CT2, CT3 – skaner o lepszych parametrach technicznych – badanie wyraźnie lepszej jakości, możliwe wiarygodne wykluczenie obecności zmian miażdżycowych w badaniu CT2 oraz identyfikację nowych zmian w badaniu CT3)





Rutynowe badanie TK pokazujące rekonstrukcje trójwymiarowe (VRT). Jakość danych uzyskiwanych za pomocą nowoczesnych urządzeń pozwala nie tylko na ocenę tętnic wieńcowych, lecz także na precyzyjną ocenę wszystkich pozostałych struktur serca

wać istotność zwężeń, niezbędne jest uzyskiwanie powtarzalnych obrazów wysokiej jakości. Aby otrzymać wysoką trafność diagnostyczną, konieczne jest spełnienie kilku warunków, z których najważniejsze to wystarczająco zaawansowany skaner oraz doświadczony zespół techniczno-lekarski. Z tych dwóch czynników wynikają faktyczne ograniczenia metody. Przy użyciu 64-rzędowego skanera TK (najślabszego z dopuszczalnych urządzeń) najczęściej nie zbadamy pacjentów z migotaniem przedsionków i innymi arytmiami ani osób z szybką spoczynkową czynnością serca. Próba wykonania badania u takich chorych zaowocuje licznymi artefaktami istotnie zmniejszającymi wartość wyniku, a ocena jakości miażdżycy będzie niemożliwa. Ograniczenia te w większości nie dotyczą bardziej zaawansowanych urządzeń, które lepiej nadają się do takiego obrazowania. Główne zalety zaawansowanych skanerów to jednoznacznie lepsza jakość uzyskanych obrazów oraz możliwość badania również „trudniejszych” chorych. Nie wolno nam również nie doceniać roli zespołu wykonującego badanie. Istnieje wiele publikacji potwierdzających, iż doświadczenie w wykonywaniu tego typu badań jednoznacznie przekłada się na jakość uzyskiwanych danych.

W początkowym okresie stosowania TK do oceny stanu tętnic wieńcowych metoda była krytykowana za narażanie pacjentów na stosunkowo wysoką dawkę promieniowania jonizującego i dużą objętość środka kontrastowego. W ostatnich latach ograniczenia te zdają się mieć zdecydowanie mniejsze znaczenie. W doświadczonych pracowniach badanie TK tętnic wieńcowych naraża pacjenta na dawkę promieniowania porównywalną z koronarografią (a nierzadko niższą) oraz wymaga podania jedynie 40–50 ml środka kontrastowego. Zarzuty formułowane przez scepty-

ków dotyczące słabej trafności diagnostycznej dotyczą głównie jakości badań wykonanych w miejscach w niewystarczający sposób przygotowanych.

Czy to już czas?

W ostatnich latach kardiolodzy otrzymali do dyspozycji nowoczesną, zaawansowaną technicznie metodę do kompleksowej oceny miażdżycy tętnic wieńcowych, którą jest tomografia komputerowa. W porównaniu do tradycyjnej metody – inwazyjnej koronarografii – niewątpliwą jej zaletą jest nieinwazyjność, co przekłada się na bezpieczeństwo czy większy komfort badanego pacjenta oraz poprawę logistyki i ograniczenie kosztów diagnostyki. Uwzględniając fakt, że choroby serca i naczyń są w Polsce główną przyczyną zgonów, powszechne zastosowanie tej metody może pozwolić w krótkim czasie na opracowanie nowych ścieżek diagnostycznych dla osób z bólami w klatce piersiowej i podejrzeniem choroby wieńcowej.

Stały postęp technologiczny wraz z zaawansowanymi narzędziami informatycznymi może wkrótce pozwolić na obrazowanie (czyli potwierdzanie lub wykluczanie) zmian miażdżycowych w badaniach bezkontrastowych, a od tego momentu już tylko krok dzieli nas od używania TK jako metody przesiewowej dla choroby wieńcowej.

Dodatkowe możliwości TK, takie jak wiarygodna ocena zaburzeń ukrwienia miokardium oraz symulacje zaburzeń przepływu, dają nadzieję, że w niedługiej przyszłości TK tętnic wieńcowych stanie się nie tylko metodą pierwszego wyboru, lecz także jedyną metodą obrazową w kompleksowej diagnostyce choroby wieńcowej. Nie należy również zapominać, że TK to jedyna dostępna nieinwazyjna metoda pozwalająca na wykluczenie miażdżycy. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Bucciarelli-Ducci C., Ajmone-Marsan N., Di Carli M., Nicol E., *The year in cardiovascular medicine 2021: imaging*, „European Heart Journal” 2022, DOI: 10.1093/eurheartj/ehac033.

Gulati M., Levy P.D., Mukherjee D. et al., *2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines*, „Journal of the American College of Cardiology” 2021, DOI: 10.1016/j.jacc.2021.07.053.

Knuuti J., Wijns W., Saraste A. et al., *2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes*, „European Heart Journal” 2020, DOI: 10.1093/eurheartj/ehz425.