



Tomografia
komputerowa

Raport

Aspekt ekonomiczny badań wykonywanych tomografem IQon u pacjentów z niewydolnością nerek

Tomografia komputerowa Biała księga

Don Norwood, lek. med., MBA, radiolog w centrum onkologicznym CARTI; **Isaac Filat**, MA, HSM, CNMT, ARRT (N), dyrektor pracowni obrazowania medycznego w centrum onkologicznym CARTI; **Fieke Snijders**, centrum doskonałości analizy danych opieki zdrowotnej, Philips Enterprise Information Management — Insights and Analytic; oraz **Ekta Dharaiya**, MS, CT naukowiec kliniczny, Philips Healthcare

Rozwój tomografii wielodetektorowej (MDCT) na przestrzeni minionej dekady uplasował ją na pozycji niekwestionowanego lidera w dziedzinie obrazowania medycznego. Tomografia MDCT wykorzystywana jest rutynowo w badaniach klatki piersiowej, jamy brzusznej, miednicy, mózgu, szyi oraz kręgosłupa. Około 50% badań przeprowadza się z użyciem jodowych środków kontrastowych, które wzmacniają obraz naczyń krwionośnych oraz struktur niektórych organów, na przykład wątroby, nerek, mózgu itp. Zastosowanie jodowych środków kontrastowych w przypadku pacjentów onkologicznych może również poprawić widoczność zmian patologicznych, ułatwiając ich wykrywanie i wyznaczanie granic.

Opieka zdrowotna w Stanach Zjednoczonych ewoluuje w kierunku modelu opartego na wartości, zgodnie z którym szpitale muszą dążyć zarówno do podnoszenia swojej skuteczności klinicznej, jak i ograniczenia zbędnych usług. Jego celem jest ułatwienie ludziom dostępu do opieki, której potrzebują. W modelach opartych na wartości lekarze i szpitale są odpowiedzialni za leczenie oraz poprawę stanu zdrowia pacjentów z przewlekłymi schorzeniami w sposób wydajny i oszczędny. Obecnie odpowiedzialne organizacje zdrowotne zmieniają oblicze opieki zdrowotnej, płacąc systemom zdrowotnym i lekarzom za podnoszenie jakości, obniżanie kosztów oraz zadowolenie pacjentów z przebiegu leczenia. Motywuje to lekarzy i szpitale do ciągłego poszukiwania narzędzi i technologii pozwalających im skutecznie leczyć w pacjentów przy zachowaniu jak najniższych kosztów.

Tomograf spektralny IQon

Dwuenergetyczne tomografy komputerowe znajdują zastosowanie w diagnostyce klinicznej już od kilku lat. Ponieważ wszystkie z nich są oparte na źródle (badanie wykonywane jest przez zmianę napięcia anodowego KVp lub z użyciem podwójnego źródła), lekarz musi z góry zdecydować, czy pacjent wymaga skanowania w trybie dwuenergetycznym.

Dwuenergetyczne tomografy oparte na źródle mają również ograniczone możliwości w zakresie modulacji dawki. W 2013 roku firma Philips zaprezentowała pierwszy na rynku tomograf spektralny (SDCT) IQon wyposażony w innowacyjną technologię dwudetektorową.

Tomograf posiada jedno źródło promieniowania oraz unikalny detektor o budowie warstwowej, w którym bezpośrednio nad sobą umieszczono dwa detektory jednocześnie rejestrujące promieniowanie o różnej energii. Górna warstwa odpowiada za odczyt promieniowania o niskiej energii, natomiast druga jest odpowiedzialna za rejestrację fotonów wysokoenergetycznych. Tym samym podczas jednego badania uzyskuje się dwa zestawy danych (dla wysokiej i niskiej energii)¹. Poza konwencjonalnymi obrazami uzyskiwanymi przez połączenie danych z detektorów w obu warstwach, tomograf oferuje również możliwość przeprowadzenia analizy spektralnej przez oddzielenie danych nisko- i wysokoenergetycznych. Kolejną fenomenalną właściwością oferowaną przez tę technologię jest brak konieczności prospektywnego doboru pacjentów do badań dwuenergetycznych. Badanie w tomografii IQon Spectral CT dostarcza bowiem danych spektralnych w przypadku wszystkich pacjentów, nawet tych, którzy wcześniej nie zostaliby zakwalifikowani do obrazowania dwuenergetycznego. Dzięki temu nie ma konieczności zmiany istniejącego protokołu klinicznego lub przebiegu badania. Inne korzyści, o jakich należy wspomnieć, to wyrównanie przestrzenno-czasowe, mniejsza liczba artefaktów, dostępność wszystkich narzędzi kontroli dawki oraz brak ograniczeń pola obrazowania lub efektów rozproszenia krzyżowego. Obrazowanie spektralne zapewnia informacje, które do tej pory były niewidoczne na tradycyjnych obrazach CT.

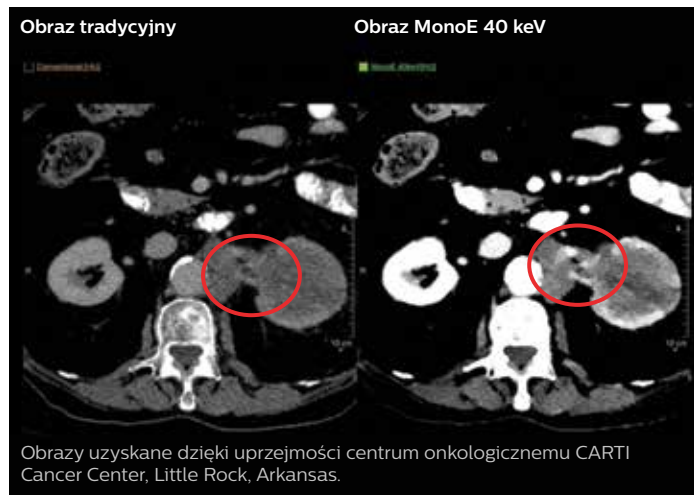
Nefropatia pokontrastowa (CIN)

Ilość podawanego pacjentowi środka kontrastowego jest jednym z najważniejszych wyzwań badania CT. Wynika to z możliwych powikłań, a zwłaszcza nefropatii pokontrastowej (CIN), którą określa się jako ostrą niewydolność nerek pojawiającą się w ciągu 48 godzin od ekspozycji na dożylny środek kontrastowy, która nie jest spowodowana innymi przyczynami. Nefropatia pokontrastowa jest trzecią najczęstszą przyczyną ostrej poszpitalnej niewydolności nerek. Zapobieganie CIN było przedmiotem wielu dyskusji, jednak w obliczu braku standaryzacji technik podawania kontrastu, jego powodzenie było ograniczone, przynosząc zróżnicowane wyniki w różnych placówkach. Powszechnie wiadomo, że jodowe środki kontrastowe poprawiają wzmocnienie struktur na obrazach CT. Technika jego wstrzyknięcia, w tym objętość, stężenie oraz częstotliwość podawania, zależą natomiast od masy ciała pacjenta oraz standardów obowiązujących w poszczególnych ośrodkach klinicznych. Ryzyko CIN rośnie wraz ze wzrostem objętości środka kontrastowego, tak więc jej ograniczenie w trakcie badania pacjenta może zmniejszyć ryzyko CIN, przyczyniając się zarówno do poprawy wyników klinicznych, jak i ekonomicznych placówki.

Obrazowanie spektralne

Wyniki uzyskane w obrazowaniu SDCT obejmują obrazy zawartości jodu lub kwasu moczowego, wirtualne obrazy badania bezkontrastowego, wirtualne obrazy badania monoenergetycznego (od 40 do 200 keV) oraz obrazy efektywnej liczby atomowej. Poniżej przedstawiono krótki opis każdego z nich:

- **Obrazy zawartości jodu** – obrazy gęstości materiałowej ukazujące materiały zachowujące się jak jod w odróżnieniu od wody. Przydatne przy wykrywaniu wychwytu jodu na obrazach oraz określania jego ilości w określonych obszarach.
- **Wirtualne obrazy badania bezkontrastowego** – obrazy, których wygląd przypomina obrazy niezakontrastowane, jednak z tłumieniem występującym w obecności jodu; przydatne w symulowaniu skanu niekontrastowego.
- **Obrazy monoenergetyczne (MonoE)** – obrazy ukazujące tłumienie odpowiadające użyciu podczas skanowania pojedynczej energii monochromatycznej (keV). Pozwala to na wzmocnienie sygnału od jodu, poprawia stosunek kontrastu do szumu przy niskich wartościach keV oraz ogranicza artefakty (od metalowych implantów oraz twardnienia wiązki) występujące przy wysokich wartościach keV.



Niskoenergetyczne badanie MonoE poprawiło widoczność naczyń na obrazie CT wykonanym z opóźnieniem akwizycji.

*<http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra072149>

- **Obrazy efektywnej liczby atomowej** – pozwalają ukazać efektywną liczbę atomową każdego piksela obrazu uzyskaną z wartości światła i rozproszenia obliczonych z sygnałów nisko- i wysokoenergetycznych, pomagając w różnicowaniu materiałów i tkanek.
- **Obrazy kwasu moczowego** – uzyskane przez obliczenie, a następnie wykrycie pikseli, w których obecny jest kwas moczowy; wartości HU są takie same jak przypadku badania MonoE 75 keV dla pikseli zawierających kwas moczowy. Pomagają w wykrywaniu złogów złożonych z kwasu moczowego, kryształów kwasu moczowego w przebiegu dna moczanej oraz uwidocznieniu ścięgien.

W niniejszym artykule skupiono się na niskoenergetycznym obrazowaniu MonoE, które wzmacnia sygnał od jodu na obrazie CT, pozwalając na ograniczenie ilości podawanego pacjentowi jodowego środka kontrastowego. Te wyniki są najistotniejsze dla badania przeprowadzonego przez centrum onkologiczne CARTI Cancer Center, w ramach którego u pacjentów z wysokim ryzykiem CIN (z powodu niskiego współczynnika eGFR) wykonano badanie głowy, szyi, klatki piersiowej oraz jamy brzusznej i miednicy z użyciem niewielkiej ilości jodowego środka kontrastowego. Pierwotnie pacjenci Ci nie kwalifikowali się do kontrastowych badań CT i w innych okolicznościach wykonano by u nich badanie kontrastowe, a następnie – zależnie od uzyskanych wyników – kolejne badania uzupełniające z wykorzystaniem innej techniki obrazowania, jak np. MR lub ultrasonografia. Możliwość wykonania u tych pacjentów badań kontrastowych z użyciem niewielkiej ilości środka kontrastowego pomaga w sformułowaniu diagnozy klinicznej i obniża ogólny koszt obrazowania w związku z ograniczeń liczby dodatkowych badań wykonywanych innymi technikami obrazowania.

Centrum onkologiczne CARTI Cancer Center jest wiodącym ośrodkiem diagnostyki obrazowej w Little Rock w stanie Arkansas. Większość pacjentów kierowanych jest tam na badania onkologiczne oraz kontrolne. Od sierpnia 2016 roku centrum dysponuje tomografem spektralnym IQon, który służy do wykonywania rutynowych badań kontrolnych. Pacjenci z wysokim ryzykiem CIN (obniżony współczynnik eGFR) kierowani byli zwykle na badania bezkontrastowe, ponieważ objętość środka kontrastowego używana w CARTI w onkologicznych badaniach kontrastowych, czyli od 80 do 130 cm³ byłaby dla tych pacjentów za wysoka. Po zainstalowaniu tomografu IQon i odkryciu korzyści płynących z obrazowania MonoE lekarze w centrum rozpoczęli skanowanie pacjentów z upośledzoną funkcją nerek (obniżony współczynnik eGFR) przy użyciu mniejszej objętości środka kontrastowego wynoszącej od 50 do 80 cm³. Pozwoliło im to uzyskać poprawę wzmocnienia kontrastowego na obrazie bez użycia pełnej objętości środka kontrastowego.



34%

Skrócenie czasu do postawienia rozpoznania



25%

Zmniejszenie liczby badań pomocniczych

Oszczędności



\$453

na badanie pomocnicze

Przebieg badania

W badaniu wzięło udział 60 pacjentów, których podzielono na dwie grupy. Grupa pierwsza składała się z 30 pacjentów z ograniczoną funkcją nerek (określoną na podstawie wartości eGFR). Pacjenci ci zostali poddani badaniu bezkontrastowemu tomografem iCT firmy Philips iCT z kolimacją równą 128°0,625, grubością warstwy równą 3 mm, przyrostem warstwy wynoszącym 3 mm, skokiem 0,984 oraz napięciem równym 120 KVp. Grupę drugą stanowili pacjenci z ograniczoną funkcją nerek, u których wykonano badanie kontrastowe z użyciem 50–80 cm³ kontrastu w tomografie spektralnym IQon firmy Philips. Protokół skanowania pacjentów w grupie drugiej był taki sam jak u pacjentów w grupie pierwszej. W obu grupach wykonano badanie głowy i szyi, lub klatki piersiowej, jamy brzusznej i miednicy, lub głowy i szyi oraz klatki piersiowej, jamy brzusznej i miednicy. U większości pacjentów przeprowadzono ocenę onkologiczną. Były to wstępne skany diagnostyczne lub kontrolne badania odpowiedzi na leczenie.

Przeprowadzono również retrospektywną analizę danych zawartych w systemach PACS oraz elektronicznej dokumentacji medycznej (EMR). Jej celem była ocena liczby kolejnych skanów uzupełniających wykonywanych u pacjentów z grupy pierwszej i drugiej w okresie trzech miesięcy od wykonania pierwszego badania CT bez użycia środka kontrastowego lub z użyciem niewielkiej objętości środka kontrastowego. Odnotowano wszystkie skany wykonane u każdego pacjenta z użyciem innych technik obrazowania, jak rezonans magnetyczny czy ultrasonografia. Na podstawie daty pierwszego badania CT oraz kolejnych badań wykonanych inną techniką obrazowania obliczono czas do postawienia rozpoznania.

Wyniki

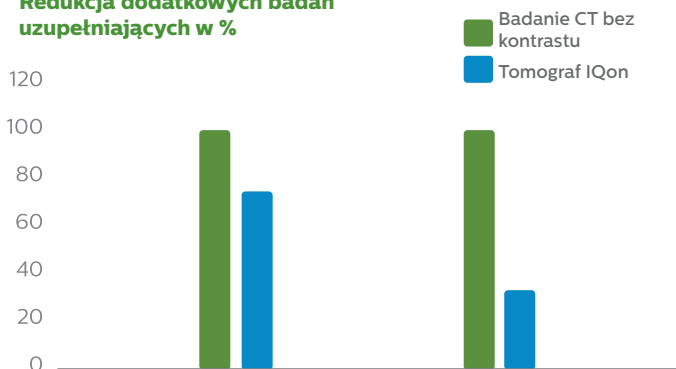
Przeprowadzona retrospektywna analiza danych 60 pacjentów w obu grupach ujawniła, że w przypadku 30 osób, u których wykonano badanie bezkontrastowe, wymagane było przeprowadzenie dodatkowych badań pomocniczych, zwykle jednego badania MR i dwóch badań ultrasonograficznych w okresie trzech miesięcy.

Wymagane badania pomocnicze przed postawieniem rozpoznania

	Badanie bezkontrastowe		IQon		Zmniejszenie liczby badań pomocniczych
	Nr	%	Nr	%	%
MR	4	13%	3	3%	25%
Ultrasonograficzne	3	10%	1	10%	67%

co przekłada się na redukcję kosztów diagnostyki średnio o 453 dolary na badanie dodatkowe (uwzględniając średni koszt badania MR wynoszący 1109,43 dolara oraz badania ultrasonograficznego, który wnosi 124,89 dolara oszacowany na podstawie danych refundacyjnych Medicare) u pacjentów, u których wykonano bezkontrastowe badanie CT w porównaniu z pacjentami przebadanymi tomografem IQon*. Konieczność wykonania dodatkowych badań uzupełniających to również dłuższy czas na postawienie rozpoznania. Możliwość przeprowadzenia badań kontrastowych w tomografie spektralnym IQon pozwoliła skrócić czas do uzyskania diagnozy ze 100 do 66 dni, czyli o 34%.

Redukcja dodatkowych badań uzupełniających w %



*Na podstawie CMS.gov, Coding and Revenue Resource Center, MediRegs.

Widząc ogromne korzyści – w sensie klinicznym i finansowym – zastosowania w ośrodku diagnostyki medycznej CARTI Cancer Center tomografii spektralnej, możemy poważnie zastanowić się nad wykorzystaniem jej zalet w większym systemie opieki zdrowotnej, w którym zwykle wykonuje się 400 000 skanów CT rocznie. Zakładając, że 5% z nich jest wykonywanych u pacjentów z upośledzoną funkcją nerek, daje to liczbę 20 000 skanów. Stosując wspomnianą wcześniej metodologię i zakładając, że **średni koszt jednego badania uzupełniającego wynosi 453 dolary**, na poziomie dużego systemu opieki zdrowotnej możemy osiągnąć znaczące korzyści ekonomiczne.

Wnioski

Tomograf spektralny IQon pozwala na badanie pacjentów z użyciem jodowych środków kontrastowych pomimo wysokiego ryzyka CIN. Dzięki oferowanej przez badania MonoE możliwości wzmocnienia sygnału od jodu przy niskich wartościach keV można uzyskać znakomity obraz struktur także przy niskich objętościach jodowych środków kontrastowych.

Pozwala to na przeprowadzenie badania kontrastowego także u tych pacjentów, którzy w innych okolicznościach do takiego badania by się nie zakwalifikowali. Dzięki zastosowaniu kontrastu lekarze mają większą możliwość wykrycia i wyznaczenia granic zmian i struktur w narządach litych, takich jak wątroba, nerki, trzustka, szyja, mózg itp., co ogranicza konieczność wykonywania u nich dodatkowych badań uzupełniających.

Reasumując, tomograf IQon pozwala na przebadanie szerszej populacji pacjentów oraz umożliwia przeprowadzenie badań kontrastowych u osób, u których zwykle byłyby one przeciwwskazane, skracając czas na sformułowanie rozpoznania do 34% oraz eliminując konieczność wykonania dodatkowych badań uzupełniających w tej podgrupie pacjentów,

Wyniki przedstawionych tu studiów przypadków nie pozwalają przewidzieć wyników w innych przypadkach. W innych przypadkach wyniki mogą być inne.

