

Tomografia komputerowa – co zmienia liczenie fotonów?

MAREK WITULSKI

Mówiąc krótko – zmienia wszystko! Fotony dostarczają informacji, które do tej pory były w tomografii komputerowej niedostępne.

Budowa ludzkiego ciała i wykorzystanie wiedzy o niej w medycynie fascynowały ludzkość od zarania dziejów. Już starożytni starali się poznać anatomię człowieka. Było to jednak możliwe tylko metodami inwazyjnymi, przede wszystkim poprzez mechaniczne wykonywane sekcje. Wiedza ta nierzadko ratowała ludzkie zdrowie i życie, jednak brak możliwości wglądu do wnętrza ludzkiego ciała zdecydowanie ograniczał lekarzy.

Rewolucja w medycynie – wgląd do ludzkiego ciała

Prawdziwą rewolucją stanowiącą początek diagnostyki obrazowej było odkrycie promieni X przez Wilhelma Roentgena w 1895 r. Umożliwiło to nieinwazyjne obrazowanie ludzkiego ciała, co było jednym z najważniejszych kroków w rozwoju medycyny i światowej nauki. Aż do 1972 r., kiedy firma Siemens wprowadziła pierwszy tomograf komputerowy, lekarze musieli się zadowolić obrazami planarnymi, czyli zwykłymi zdjęciami RTG.

Przełomem było opracowanie systemów tomografii komputerowej, która pozwalała na przeglądanie obrazów ciała pacjenta w „plasterkach”. Plaster, czyli obraz przekroju pacjenta, powstaje w wyniku prześwietlenia promieniami X ludzkiego ciała. System komputerowy na podstawie tych danych potrafi odtworzyć strukturę anatomiczną człowieka, a zestawiając ze sobą kolejne plastry, stworzyć model 3D ciała i dowolnie go przeglądać. Dzięki temu można uzyskać informacje na temat stanu zdrowia pacjenta. Im wyższa jakość zebranych danych (zależna od stopnia zaawansowania aparatury i oprogramowania przetwarzającego obrazy), tym bardziej precyzyjne

są informacje, na których lekarz opiera swoją diagnozę.

Kamienie milowe w rozwoju tomografii komputerowej

W ciągu ostatnich 50 lat jakość obrazowania opartego na promieniach X nieustannie się poprawiała. Miały na to wpływ kolejne przełomy technologiczne.

Pierwszym istotnym krokiem było wprowadzenie tomografii komputerowej trzeciej generacji, czyli takiej, w której system lampa-detektor wieloelementowy wiruje wokół pacjenta (lata 80.).

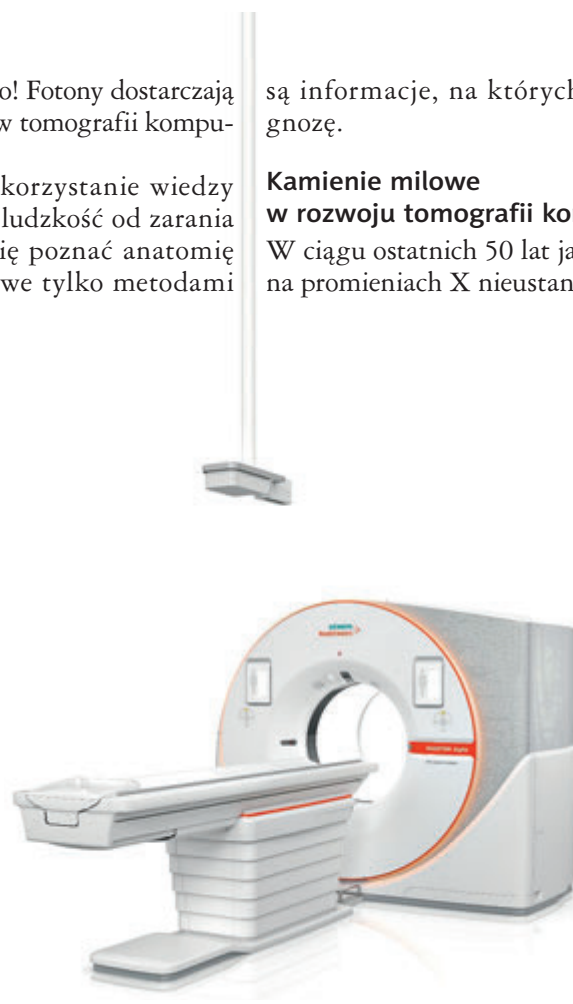
Drugi nastąpił w 1990 r., kiedy wprowadzono skanowanie „spiralne” – podczas obrotu układu lampa-detektor pacjent również się przemieszcza, przecinając płaszczyznę skanowania.

Trzecim przełomem było wprowadzenie detektorów wielowar-

stwowych w 2004 r. Skróciło to znacznie czas badania i pozwoliło na zmniejszenie artefaktów ruchowych. Umożliwiło również obrazowanie narządu ruchomego, jakim jest serce.

Kolejny, czwarty krok milowy w tomografii to wprowadzenie w 2005 r. systemów dwurzędowych, posiadających dwa układy lampa-detektor. Pozwoliło to na zastosowanie metod obrazowania dwuenergetycznego, w których każda z lamp pracuje w odmienny sposób, dając odmienny zestaw informacji diagnostycznych. W efekcie znacznie poprawiło się obrazowanie serca.

I rok 2013 – wprowadzenie aparatu z detektorem dwuwarstwowym, który mógł w sposób ciągły zbierać dane o dwóch energiach.



Fot. Archivum

Szósta, być może największa rewolucja w tomografii komputerowej

Dziś stoimy u progu kolejnego przełomu – tomografii komputerowej opartej na zliczaniu fotonów. Prace nad technologią photon-counting trwały ponad 15 lat. W tym czasie Siemens Healthineers zgłosił ponad 500 patentów, testowanych i udoskonalanych we współpracy z partnerami klinicznymi. Premiera pierwszego na świecie dopuszczonego do obrotu tomografu komputerowego zliczającego fotony odbyła się w październiku 2021 r.

Aby zobrazować technologię zliczania fotonów, warto porównać promieniowanie X, które składa się z fotonów, do padającego deszczu. Klasyczny tomograf potrafi na podstawie deszczu fotonów ustalić, ile wody zebrało się w wiaderkach (elementach detektora). Aparat zliczający fotony oprócz informacji o ilości wody może jeszcze określić, ile kropeł i jakiej wielkości wpadło do każdego z wiaderek.

Dzięki tym dodatkowym informacjom aparat typu PCCT (*photon-counting computed tomography*) łamię wiele dotychczasowych barier. Po pierwsze pokonuje barierę rozdzielczości. Po raz pierwszy aparat do tomografii komputerowej umożliwia rutynowe obrazowanie z rozdzielczością izotropową rzędu 0,2 mm (w porównaniu z aktualnie 0,4–0,5 mm). Ten poziom rozdzielczości pozwala na fotorealistyczne odtworzenie wnętrza pacjenta, tak ważne w obrazowaniu pediatrycznym czy kardiologicznym. Po drugie – barierę akceptowalnych dawek promieniowania. Dzięki rozpoznaniu „wielkości kropeł” deszczu fotonów aparat może odrzucić te najmniejsze, które są po prostu nieużytecznym szumem. Dzięki temu stosunek sygnału do szumu jest niespotykany wysoki – można znacznie zmniejszyć dawkę promieniowania, uzyskując wciąż wysokiej jakości obrazy.

Zastosowania kliniczne

Wyższa rozdzielczość obrazu i redukcja dawki promieniowania podczas badania powodują, że tomografia komputerowa może stać się główną metodą obrazowania w wielu obszarach klinicznych.

Zwiększenie ochrony pacjentów podczas rutynowych badań (lub z konieczności wykonywanych części) po-

zwala na powszechne stosowanie urządzenia w screeningu. Dla przykładu, podczas jednego niskodawkowego badania płuc za pomocą aparatu z technologią zliczania fotonów całkowita dawka promieniowania, na jaką narażony jest pacjent, może być niższa niż podczas wykonania pojedynczego zdjęcia RTG. To ważne w kontekście wczesnego wykrywania raka płuca, który jest jednym z największych zabójców.

Połączenie niskiej dawki, wysokiej rozdzielczości przestrzennej, rozdzielczości czasowej oraz wieloenergetyczności pozwala na wprowadzenie rutynowego screeningu kardiologicznego. Co więcej, za pomocą urządzenia PCCT badani mogą być pacjenci, u których wcześniej wykluczono wykonanie tomografii ze względu na dużą ilość zwapnień. Innymi słowy – technologia umożliwia znaczne rozszerzenie zasięgu wczesnego

wykrywania chorób serca przy jednoczesnym obniżeniu kosztów diagnostyki.

Dzięki obrazowaniu wieloenergetycznemu aparat PCCT jest w stanie dostarczyć lekarzom znacznie więcej informacji o funkcjonowaniu poszczególnych narządów, a nie tylko o ich wyglądzie. Analiza spektralna oraz możliwość zastosowania metod wielokontrastowych powinny w przyszłości pozwolić na badanie fizjologii narządów oraz na charakteryzowanie ich zmian. Sądzi się, że dane z aparatu PCCT pozwolą w przyszłości np. na różnicowanie zmian onkologicznych.

Niskodawkowe, wieloenergetyczne obrazowanie umożliwi precyzyjne monitorowanie terapii onkologicznych. Dzięki mapom perfuzyjnym można łatwo obserwować postęp terapii onkologicznej. Możliwość porównywania dokładnych map dystrybucji kontrastu na różnych etapach terapii

pozwała z kolei ocenić rezultaty wdrożonych metod.

Na rynku dostępny jest tylko jeden system typu photon-counting – NAEOTOM Alpha, opracowany i wdrożony do praktyki klinicznej przez Siemens Healthineers. System po raz pierwszy zaprezentowano podczas kongresu RSNA w 2021 r. Od tamtej pory aparat zainstalowano w kilkunastu ośrodkach na terenie Stanów Zjednoczonych i Europy, przebadano kilkadziesiąt tysięcy pacjentów. Trwają prace nad instalacją pierwszego urządzenia w Polsce.



Marek Witulski, dyrektor branż Diagnostic Imaging & Advanced Therapies, Siemens Healthineers

„Stoimy u progu kolejnego przełomu – tomografii komputerowej opartej na zliczaniu fotonów. Aparat typu PCCT (*photon-counting computed tomography*) łamię wiele dotychczasowych barier”