

Wpływ parametrów skanowania w badaniach tomografii komputerowej na jakość otrzymywanych obrazów i ekspozycję na promieniowanie rentgenowskie

Streszczenie

Wstęp

W ostatnich dwóch dekadach obserwuje się duże zainteresowanie obniżaniem dawki promieniowania w tomografii komputerowej (TK). Jednym z elementów procesu redukcji dawki jest odpowiednie dopasowanie protokołu badania do problemu klinicznego. Nowy protokół badania wymaga dalszej oceny w kontekście użyteczności diagnostycznej i dawek promieniowania.

Rozprawa doktorska została oparta o spójny tematycznie cykl publikacji dotyczących redukcji dawki promieniowania w badaniach TK dla wybranych problemów klinicznych:

1. diagnostyka kolki nerkowej
2. badanie głowy
3. rutynowe badanie jamy brzusznej i miednicy.

Cel pracy

C1: Ocena indywidualnej dawki pacjenta z uwzględnieniem wielkości ciała metodą SSDE (*size-specific dose estimates*) w badaniu TK w protokole kolki nerkowej wraz z oceną jakości otrzymanych obrazów.

C2: Ocena protokołu badania TK głowy z zastosowaniem iteracyjnego algorytmu rekonstrukcji obrazu (ASIR) wdrożonego w celu poprawy widoczności struktur tylnego dołu czaszki z jednoczesnym zmniejszeniem dawki promieniowania.

C3: Ocena przydatności obrazów uzyskanych z trzykrotnie zmniejszoną dawką promieniowania w fazie bez kontrastu trójfazowego badania jamy brzusznej i miednicy do pomiarów wartości współczynnika osłabienia promieniowania (AV).

Materiał i metody

M1: Grupę badaną stanowiło 82 kolejnych pacjentów z kolką nerkową, u których wykonano badanie TK jamy brzusznej i miednicy bez kontrastu ze zredukowaną dawką promieniowania. Grupę kontrolną stanowiło 82 kolejnych pacjentów, u których wykonano badanie TK jamy brzusznej i miednicy standardowym protokołem — analizie poddano

serię badania przed podaniem środka kontrastowego. Porównano dawkę *SSDE*, parametry obiektywnej jakości obrazu, współczynniki sygnału do szumu (SNR) i kontrastu do szumu (CNR). W subiektywnej ocenie obrazu określono widoczność moczowodów na całym odcinku od miedniczek nerkowych do ujść pęcherzowych.

M2: Grupę badaną stanowiło 55 pacjentów, u których wykonano ostrodyżurowe badanie TK głowy bez ASIR, a następnie klinicznie uzasadnione badanie kontrolne z ASIR. Oba badania były wykonywane w trybie sekwencyjnym, z różnymi ustawieniami podczas skanowania przestrzeni nadnamiotowej i tylnego dołu czaszki. W obiektywnej ocenie jakości obrazu porównano wielkości SNR i CNR. W subiektywnej ocenie obrazu określono widoczność struktur tylnego dołu czaszki i występowanie artefaktów.

M3: Grupę badaną stanowiło 52 pacjentów. W rutynowym trzyfazowym badaniu brzucha i miednicy zmniejszono trzykrotnie dawkę promieniowania w fazie badania bez podania środka kontrastowego. Faza tętnicza i wrotna badania pozostały niezmienione. Porównano wartości współczynnika osłabienia (AV) dla sześciu wybranych lokalizacji, w mięśni biodrowo-łędźwiowym, wątrobie, śledzionie, tkance tłuszczowej, aorcie i pęcherzu moczowym.

Wyniki

W1: W grupie pacjentów z kolką nerkową dawka promieniowania w badaniu TK została zredukowana 2,7 razy. Zaobserwowano liniową zależność między wielkością ciała pacjenta a dawką promieniowania. W grupie badanej współczynniki skalowania dla najmniejszego i największego pacjenta miały wartości odpowiednio 1,65 i 0,73. Jakość obrazów była lepsza w grupie kontrolnej, gdzie stwierdzono niższe wartości SNR, lecz nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między grupami w ocenie widoczności moczowodów.

W2: W badaniu głowy z ASIR otrzymano zmniejszenie całkowitej wartości dawki DLP o 19%. W obrazowaniu struktur tylnego dołu czaszki uzyskano statystycznie istotnie wyższe wartości SNR, CNR i lepszą subiektywną ocenę jakości obrazu. W obrazowaniu przestrzeni nadnamiotowej uzyskano zmniejszenie wartości dawki *DLP* o 30% przy zachowanej jakości obrazu.

W3: Nie stwierdzono istotnie statystycznych różnic wartości AV w żadnym z rozpatrywanych obszarów. Wzrost szumu w obrazach ze zredukowaną dawką promieniowania nie wpłynął na średnie wartości AV. Sumaryczna dawka *DLP* w trójfazowym badaniu jamy brzusznej i miednicy została zmniejszona o 22%.

Wnioski

1. W badaniu TK jamy brzusznej i miednicy, przy szacowaniu indywidualnej dawki pacjenta, osoby o małym obwodzie ciała wymagają większych niż inni współczynników korekcji. Nieuwzględnienie wielkości ciała pacjenta podczas porównywania dawek prowadzi do zaniżenia otrzymanych wartości u mniejszych pacjentów i zawyżenie wartości w grupie większych pacjentów.

Model *SSDE* pozwala na szacowanie dawki z uwzględnieniem objętości ciała. Wskaźnik dawki efektywnej (*effective dose*) został stworzony do celów regulacyjnych, do porównania różnych źródeł promieniowania i jest nieodpowiedni do oceny dawki pojedynczego pacjenta.

2. Dzięki zastosowaniu ASIR i redukcji szumu obrazu istnieje możliwość modyfikacji protokołu badania w kierunku poprawy jakości obrazu lub redukcji dawki promieniowania. Przykładowo, w badaniach TK głowy, zastosowanie ASIR umożliwia poprawę jakości obrazu struktur tylnego dołu czaszki przy dotychczasowej dawce promieniowania oraz umożliwia obrazowanie przestrzeni nadnamiotowej z mniejszą niż dotychczas dawką promieniowania, przy zachowaniu jakości obrazu.

3. W wielofazowym badaniu TK jamy brzusznej i miednicy faza przed podaniem kontrastu stanowi potencjał do redukcji dawki promieniowania. Większy szum obrazu w fazie przed podaniem kontrastu nie stanowi przeszkody w pomiarach współczynnika osłabienia i może być rekompensowany przez wysoką jakość obrazów wykonanych w fazie tętnicznej i wrotnej.

Abstract

Introduction

There is strong focus by many researchers and work groups to introduce and maintain optimal standards of CT examination. One of the ways of reducing radiation dose is to define exact CT protocols for particular clinical purpose. Well-defined and clinically evaluated CT protocol allows reduction of the radiation dose without compromising diagnostic accuracy.

The presented Ph.D. thesis is based on the three published papers related to the topic of CT-protocols optimisation in the following diagnostic issues:

1. renal colic
2. head examination
3. routine abdomen and pelvis examination.

Purpose

P1: Size-Specific Dose Estimates (SSDE) of the renal-colic CT protocol with assessment of the quality and diagnostic value of obtained images.

P2: To evaluate head CT protocol with Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) developed to improve visibility of brainstem and cerebellum, to lower bone-related artefacts in the posterior fossa and to reduce radiation dose.

P3: To assess if attenuation value measurements (AV) may be obtained from unenhanced images acquired with 3-times reduced radiation dose.

Methods

M1: The study population included 82 consecutive adult patients with acute renal colic undergoing CT with a reduced radiation dose. The control group included 82 consecutive patients who underwent clinically indicated CT examination of the abdomen and pelvis with a routine-dose CT protocol – in the control group only the pre-contrast phase was assessed. The size-specific dose estimate was calculated with $CTDI_{vol}$ and patient effective diameter. Objective image quality was based on the signal-to-noise ratio (SNR) and the contrast-to-noise ratio (CNR). Subjective image quality was based on visibility of the ureter.

M2: A paired comparison of head CT performed without ASIR and a clinically indicated follow-up with ASIR was acquired in one group of 55 patients. Both examinations were performed in the axial mode with different scanner setting for the supratentorial space and the posterior fossa. Objective image analysis was performed with SNR and CNR. Subjective image quality analysis was based on the supratentorial and posterior fossa structures visibility and evaluation of the artefacts.

M3: In the standard triple-phase abdomen and pelvis CT protocol (unenhanced, late arterial, and portal venous phase), we decreased tube current time product only in the unenhanced phase. Arterial and venous phases were performed with standard scanner settings used in our Institution for routine abdomen and pelvis CT. The measurements of AV was performed for the six locations: the psoas muscle, the liver, the spleen, the fat tissue, the aorta, and the bladder.

Results

R1: The SSDE in the renal-colic group were 2.7 times lower than those in the control group. A linear relationship between patient size and size-specific dose estimate was noted. The conversion factor for the SSDE was 1.65 in the smallest patient, and 0.73 in the largest patient. Overall image quality was better for the control group, but there was no statistically significant difference in ureter visibility. The SNR was higher for the control group, whereas no difference in CNR was found.

R2: We achieved 19% reduction of total dose-length product (DLP) and significantly better image quality of posterior fossa structures. The SNR and CNR as well as subjective analysis were better for images with ASIR. In the supratentorial space imaging with ASIR, the DLP was reduced by 30%, while the image quality was maintained.

R3: The unenhanced images performed with radiation dose reduced by three-times enable reliable AV measurements. More noise did not alter the mean AV. Total DLP in the triple-phase abdomen and pelvis examination was reduced by 22%.

Conclusions

1. Small patients need bigger correction for body size and require special attention in radiation dose estimation. When the patient size is not taken into account in the dose assessment – it could lead to underestimating the dose in small patients, and to overestimating the dose in the large patients.

The SSDE model allows the estimation of the patient radiation dose and takes into ac-

count the size of the patient. The effective dose was developed for regulatory purposes to compare different radiation sources. Thus the effective dose should not be applied on an individual patient basis.

2. With ASIR and the noise reduction there is a potential for the modification of scanning protocol in order to improve the image quality or to reduce radiation dose. As presented in this work, in the head examination with ASIR it is possible to improve imaging of posterior fossa structure with maintained radiation dose, and in the supratentorial space imaging to reduce radiation dose while maintaining the image quality.

3. In the multiphase CT examination of abdomen and pelvis, there is potential for a dose reduction in the unenhanced phase. The increase in the image noise in the unenhanced phase does not compromise the AV measurements and may be compensated by the high quality of images obtained in the arterial and venous phase.