Sygnatura: Pol J Radiol, 2005; 70(4): 41-46

Polish Journal of Radiology
www.PolRadiol.com
ORIGINAL ARTICLE

Otrzymano: 2005.05.19
Zaakceptowano: 2005.06.13

Patient dose reduction in CT screening of nasal sinuses: results of clinical verification

Wyniki klinicznej weryfikacji redukcji dawek dla pacjentów w przeglądowej tomografii komputerowej zatok przynosowych

Marzanna Obrzut[1], Anna Maria Staniszewska[2]

[1] Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego, Rzeszów, Polska
[2] Zakład Ochrony Radiologicznej Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź, Polska

Adres autora: Marzanna Obrzut, Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, ul. Chopina 2, 35-057 Rzeszów, e-mail: m.obrzut@interia.pl

Summary

Background: Screening examinations of the nasal sinuses using computed tomography (CT) has become a more common diagnostic procedure. The aim of the study was clinical verification of the possibility of patient dose reduction in CT screening of nasal sinuses.

Material/Methods: A Siemens Somatom AR Star was used for the investigations. First, image quality indicators (contrast and spatial resolution) were analyzed in relation to the intensity of the scanning x-ray beam using a Catphan phantom. Dosimetric evaluation was also performed. The results showed no worsening in the visualization of low-contrast objects when the anode current was lowered from 105 mA to 63 mA; only the size of the smallest detectable object was slightly greater. Spatial resolution was also not changed. The clinical study involved examination of the sinuses of 100 patients. Five details of the image of diagnostic value were analyzed. The routine value of anode current was applied in 50 patients, while the other 50 had the reduced current. The diagnostic images were scored by two independent radiologists who did not know the parameters used during the examinations. To make the results objective, semiquantitative analysis was used.

Results: Diagnostic images obtained with the routinely used and at the reduced anode current did not show any differences in the visualization of the selected image details.

Conclusions: Screening CT examinations of nasal sinuses can be performed at a reduced anode current with no loss of diagnostic significance of the examination. The dose to the patient is reduced by 40% when the modified protocol is implemented.

Key words: **computed tomography • dose reduction • image quality**

PDF file: http://www.polradiol.com/pub/pjr/vol_70/nr_4/7507.pdf

Wstęp

Tomografia komputerowa jest metodą diagnostyczną znacznie przewyższającą klasyczne rentgenowskie techniki obrazowania. Pozwala ona uzyskać zdjęcia warstwowe charakteryzujące się wysoką rozdzielczością liniową i kontrastową. Zalety tomografii komputerowej wykorzystywane są w większości dziedzin medycyny. W laryngologii TK stosowana jest między innymi w diagnostyce stanów chorobowych nosa i zatok przynosowych, schorzeniach krtani oraz patologii narządu słuchu [1]. Tomografia komputerowa wysokiej rozdzielczości wykonywana w płaszczyźnie czołowej jest elementem procedury kwalifikacyjnej do laryngologicznych zabiegów

endoskopowych. Uzyskiwane obrazy TK anatomii topograficznej zatok doskonale korelują z polem operacyjnym, pozwalają na dokładną wizualizację drobnych detali kostnych, jak również uwidocznienie wariantów anatomicznych budowy.

Analizując zalety TK nie można przemilczeć potencjalnego niekorzystnego wpływu promieniowania X na inne struktury głowy, w tym szczególnie na narząd wzroku [2].

Celem niniejszego doniesienia było opracowanie sposobu redukcji narażenia pacjentów na promieniowanie X w badaniach przeglądowych TK zatok przynosowych.

Materiał i metoda

Badania przeprowadzono przy użyciu jednorzędowego tomografu komputerowego firmy Siemens Somatom AR Star, dla którego wartości dawki mierzonej w fantomie dozymetrycznym „HEAD" o średnicy 16cm wynoszą odpowiednio: 18,2 mGy/100 mAs w środku fantomu i 19,3 mGy/100 mAs przy powierzchni.

Punktem wyjścia dla działań zmierzających do redukcji narażenia były parametry ekspozycji stosowane w rutynowych protokołach badania zatok przynosowych (Tab. 1).

Całość postępowania podzielono na dwa etapy.

W części doświadczalnej na podstawie pomiarów w fantomie dozymetrycznym „HEAD" określono graniczne wartości natężenia prądu, przy których nie wystąpi istotne obniżenie jakości obrazu i przeprowadzono pomiary dozymetryczne.

Dla kontrolowanych zespołów parametrów ekspozycji analizowano jakość obrazu, używając do tego celu fantom CATPHAN 424 (The Phantom Laboratory Incorporated, Salem, NY) przystosowany do kontroli jakości tomografów jednorzędowych pracujących w opcji aksjalnej.

Podstawowym analizowanym wskaźnikiem jakości obrazu była rozdzielczość przestrzenna, którą określano jako minimalną odległość rozróżnialnych obiektów wysokokontrastowych przy zastosowaniu dwóch algorytmów rekonstrukcji obrazu (ang. kernel function) rutynowo wykorzystywanych w badaniach TK zatok, tj. miękkotkankowego i kostnego.

Table 1. The parameters of exposure to study nasal sinuses.
Tabela 1. Parametry ekspozycji podczas badania zatok przynosowych.

Parametry badania	Standard	Eksperyment
Liczba skanów	5	5
Grubość warstwy [mm]	5	5
Przesuw stołu [mm]	5	5
Natężenie prądu [mA]	105	63
Napięcie [kV]	110	110
Czas trwania pojedynczego skanu [s]	3	3

Szczegółowy opis metodyki zastosowanej w części doświadczalnej przedstawiono w poprzedniej pracy [3].

W części klinicznej podjęto próbę weryfikacji uzyskanych wcześniej wyników pomiarów fantomowych na przykładzie przeglądowych badań TK zatok przynosowych.

Badaniami klinicznymi objęto 100 osób, które kwalifikowano do diagnostyki TK według wskazań przedstawionych w tabeli 2.

Jako kryteria włączenia do grupy badanej przyjęto:

- wiek 30-50 lat,
- prawidłowy obraz lub minimalne zmiany chorobowe zatok w zdjęciu przeglądowym,
- zgoda pacjenta na udział w eksperymencie.

Osoby zakwalifikowane do badania podzielono losowo na 2 podgrupy (A i B), w których podczas tomografii komputerowej zastosowano różne wartości natężenia prądu. W podgrupie A było to nastawienie standardowe (105 mA). W podgrupie B na podstawie wyników pomiarów fantomowych zredukowano poziom natężenia prądu do wartości 63 mA.

Pozostałe parametry badania w obu podgrupach pozostały identyczne: napięcie -110 kV, czas trwania pojedynczego skanu – 3 sekundy.

Do badania zatok pacjenta układano w pozycji leżącej na brzuchu z głową odchyloną i ustabilizowaną na podgłówku poduszkami bocznymi. Pierwszą płaszczyznę badania wyznaczano na podstawie topogramu poprzez wykreślenie linii łączącej przedni zarys grzbietu siodła tureckiego z wewnętrznym zarysem kąta żuchwy. Całe badanie obejmowało 5 warstw o grubości 5 mm wykonanych w płaszczyźnie czołowej [1]. W rekonstrukcji stosowano okno miękkotkankowe i kostne.

Wszystkie tomogramy zostały ocenione niezależnie przez 2 specjalistów radiologów, którym nie podano do wiadomości zastosowanych parametrów badania. Dla obiektywizacji wyników posłużono się przyjętą w podobnych sytuacjach metodą analizy półilościowej [4]. W tym celu dokonano wyboru 5 istotnych z diagnostycznego punktu widzenia szczegółów obrazu:

Table 2. The clinical indications for CT scanning of the nasal sinuses.
Tabela 2. Wskazania do badania przeglądowego TK zatok przynosowych.

Wskazania	Liczba przypadków
Bóle głowy bez objawów neurologicznych	52
Podejrzenie patologii zatoki klinowej lub sitowia	37
Przygotowanie do zabiegu endoskopowego	11
Razem	100

1. przegroda zatok czołowych,

2. blaszka sitowa kości sitowej,

3. blaszka oczodołowa kości sitowej,

4. małżowina nosowa środkowa i dolna,

5. siodło tureckie.

Jakość wizualizacji w/w struktur określano w skali punktowej, zgodnie z zasadą:

0 punktów – obiekt niewidoczny

1 punkt – obiekt widoczny, ale niewyraźny

2 punkty – obiekt wyraźnie widoczny.

Każdą stronę oceniano oddzielnie. Maksymalnie możliwa wartość punktowa dla pojedynczego badania wynosiła 20. Wartość minimalna 0.

W obliczeniach statystycznych wykorzystano test t-Studenta.

Wyniki

W badaniach fantomowych, przy redukcji natężenia prądu anodowego z 105 do 63 mA nie zaobserwowano obniżenia rozdzielczości wysokokontrastowej (Ryc. 1 i 2).

Szczegółowe wyniki pomiarów odnoszących się do 2 różnych funkcji „kernel" (AH 41-medium i AH 90-ultra sharp) przedstawiono w tabeli 3.

Przeglądowe badania tomograficzne (TK) zatok wykonane przy różnych wartościach natężenia prądu, według



Figure 1. Image of high-contrast section of the phantom (CTP 446) at the standard tube current (105 mA).
Rycina 1. Obraz modułu wysokokontrastowego (CTP 446) przy standardowym natężeniu prądu anodowego (105 mA).

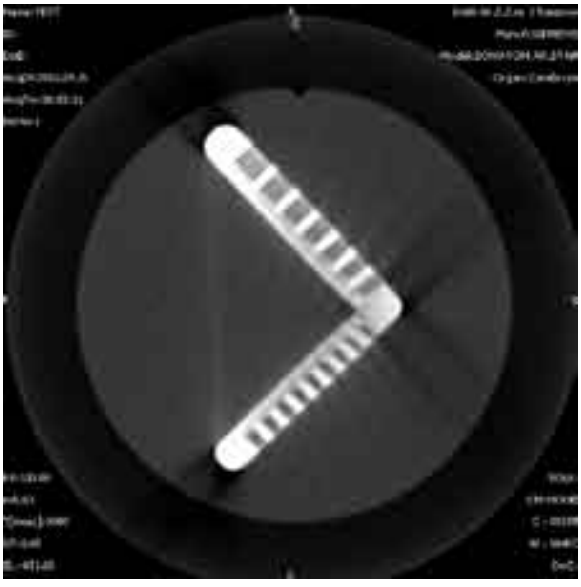


Figure 2. Image of high-contrast section of the phantom (CTP 446) at the reduced tube current (63 mA).
Rycina 2. Obraz modułu wysokokontrastowego (CTP 446) przy obniżonym natężeniu prądu anodowego (63 mA).

Table 3. The relationship between high-contrast resolution and tube current.
Tabela 3. Zależność rozdzielczości wysokokontrastowej od wartości natężenia prądu anodowego.

Parametry ekspozycji	Funkcja kernel	Minimalna odległość rozróżnialnych obiektów wysokokontrastowych
Napięcie 110 kV Natężenie prądu 105 mA Grubość warstwy 5 mm Przesuw stołu 5 mm Czas trwania pojedynczego skanu 3 s	AH41 (medium) AH90 (ultra sharp)	0,83 mm 0,56 mm
Napięcie 110 kV Natężenie prądu 63 mA Grubość warstwy 5 mm Przesuw stołu 5 mm Czas trwania pojedynczego skanu 3 s	AH41 (medium) AH90 (ultra sharp)	0,83 mm 0,56 mm

niezależnej oceny dwóch specjalistów radiologów nie wykazały żadnych różnic w zakresie jakości wizualizacji wybranych szczegółów obrazu (Ryc. 3a-d, 4a-d).

Wszystkie struktury anatomiczne ustalone w protokole badania zostały optymalnie uwidocznione dając w ocenie półilościowej maksymalną wartość punktową (Tab. 4).

Dyskusja

W ostatnich latach w piśmiennictwie światowym coraz częściej podnoszony jest problem konieczności ograniczenia dawki otrzymywanej przez pacjenta w trakcie badań tomografii komputerowej [4-7].

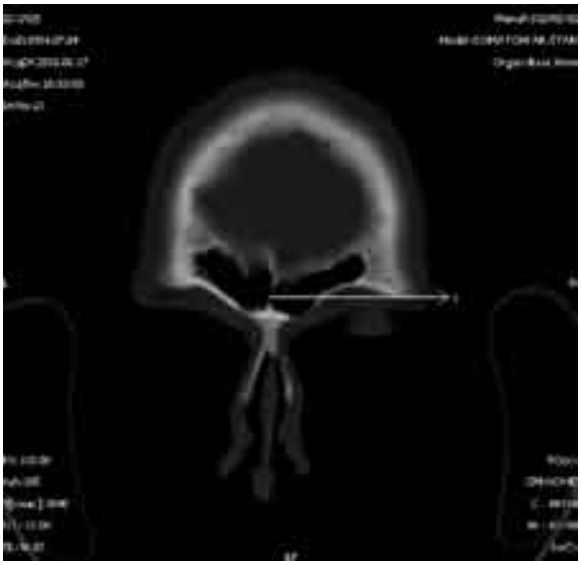


Figure 3 a. Scan of nasal sinuses at the standard tube current. 1: septum of the frontal sinuses.

Rycina 3 a. Skan zatok przynosowych wykonany przy standardowym natężeniu prądu anodowego: 1 – przegroda zatok czołowych.



Figure 3 b. Scan of nasal sinuses at the standard tube current. 2: cribriform plate of the ethmoid bone, 3: orbital lamina of the ethmoid labyrinth.

Rycina 3 b. Skan zatok przynosowych wykonany przy standardowym natężeniu prądu anodowego: 2 – blaszka sitowa kości sitowej, 3 – blaszka oczodołowa kości sitowej.

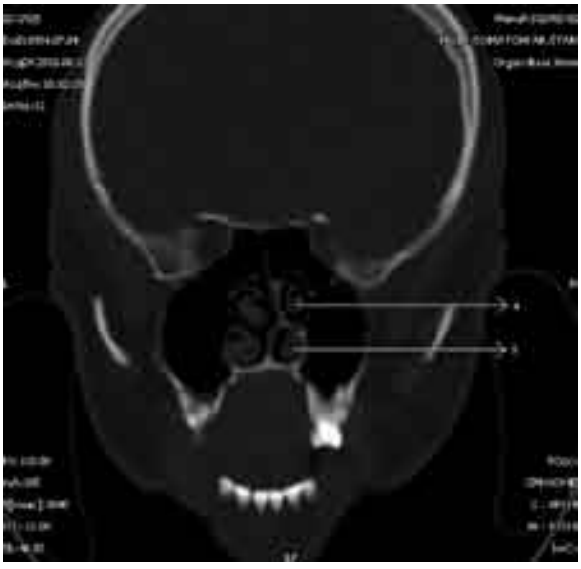


Figure 3 c. Scan of nasal sinuses at the standard tube current. 4: middle nasal concha, 5: inferior nasal concha.

Rycina 3 c. Skan zatok przynosowych wykonany przy standardowym natężeniu prądu anodowego: 4 – małżowina nosowa środkowa, 5 – małżowina nosowa dolna.



Figure 3 d. Scan of nasal sinuses at the standard tube current. 6: sella turcica.

Rycina 3 d. Skan zatok przynosowych wykonany przy standardowym natężeniu prądu anodowego: 6 – siodło tureckie.

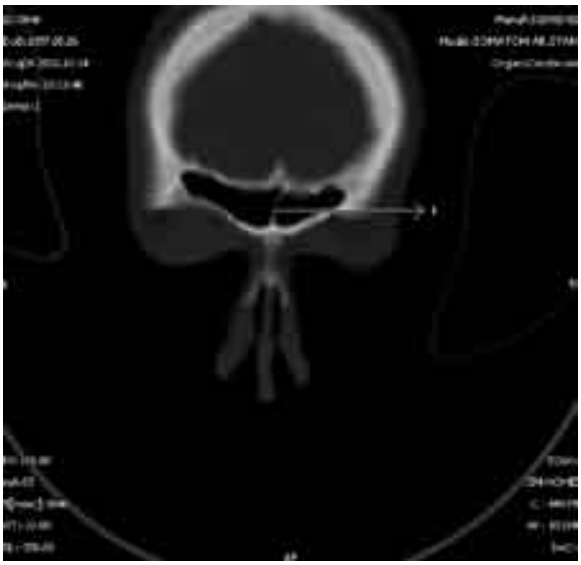


Figure 4 a. Scan of nasal sinuses at the reduced tube current. 1: septum of the frontal sinuses.

Rycina 4 a. Skan zatok przynosowych wykonany przy obniżonym natężeniu prądu anodowego: 1 – przegroda zatok czołowych.



Figure 4 b. Scan of nasal sinuses at the reduced tube current. 2: cribriform plate of the ethmoid bone, 3: orbital lamina of the ethmoid labyrinth.

Rycina 4 b. Skan zatok przynosowych wykonany przy obniżonym natężeniu prądu anodowego: 2 – blaszka sitowa kości sitowej, 3 – blaszka oczodołowa kości sitowej.



Figure 4 c. Scan of nasal sinuses at the reduced tube current. 4: middle nasal concha, 5: inferior nasal concha.

Rycina 4 c. Skan zatok przynosowych wykonany przy obniżonym natężeniu prądu anodowego: 4 – małżowina nosowa środkowa, 5 – małżowina nosowa dolna.



Figure 4 d. Scan of nasal sinuses at the reduced tube current. 6: sella turcica.

Rycina 4 d. Skan zatok przynosowych wykonany przy obniżonym natężeniu prądu anodowego: 6 – siodło tureckie.

Jednym ze sposobów redukcji dawki promieniowania pochłanianego jest udoskonalenie aparatury diagnostycznej, które powinno obejmować:

- zwiększenie poziomu prefiltracji,
- zmiany natężenia prądu zależnego od pochłaniania,
- opracowanie niskodawkowych protokołów badań,
- wprowadzenie automatycznej kontroli dawki w trakcie badania,
- opracowanie algorytmów rekonstrukcji obniżających poziom szumów,
- dalszy rozwój technik filtracji.

Istotne instrumenty obniżenia dawki promieniowania leżą również w gestii zespołów kwalifikujących i wykonujących badania. Polegają one na:

- kontroli wskazań i maksymalnym ograniczaniu obszaru badania,

Table 4. Results of the assessment of the scans at the standard and reduced tube current.
Tabela 4. Punktowa ocena jakości badania tomograficznego zatok w zależności od zastosowanych wartości natężenia prądu.

	Radiolog I		Radiolog II	
	105 mA	**63 mA**	**105 mA**	**63 mA**
Średnia wartość punktowa	20	20	20	20

- adaptacji warunków badania do średnicy przekroju pacjenta,

- właściwym doborze parametrów rekonstrukcji obrazu [8].

Po dokonaniu prawidłowej kwalifikacji i ustaleniu minimalnego, dostosowanego do warunków anatomicznych pacjenta obszaru badania, dodatkowe zmniejszenie ekspozycji może być osiągnięte poprzez zmniejszenie wartości iloczynu mAs. Przy stałej geometrii aparatu i filtracji dawka promieniowania jest liniową funkcją wartości natężenia prądu lampy (mA) i czasu badania (s). Zmniejszenie wartości iloczynu mAs spowoduje obniżenie dawki. Redukcja dawki doprowadza jednak do nasilenia szumów, zgodnie z zasadą:

szum ~ √1/dawka.

Nasilenie szumów (czego odbiciem jest zwiększenie ziarnistości na ekranie monitora) wpływa niekorzystnie na rozdzielczość niskokontrastową obrazu. Ziarnistości fałszują rzeczywisty obraz obiektu i powodują, że szczegóły o niskiej kontrastowości mogą pozostać w badaniu niezauważone. Oznacza to, że w sytuacjach klinicznych, w których poszukuje się obiektów o małej różnicy gęstości (drobnych szczegółów obrazu), nie można dowolnie zmniejszać wartości mAs (a tym samym dawki promieniowania), gdyż obniży to istotnie wartość diagnostyczną badania.

Występowanie szumów nie ma natomiast wpływu na rozdzielczość przestrzenną (wysokokontrastową). Należy przez to rozumieć, że struktury przestrzenne o dużej różnicy gęstości pozostaną wyraźnie odgraniczone, niezależnie od stopnia ziarnistości obrazu [5, 8].

Powyższa teza znalazła potwierdzenie w badaniach własnych przeprowadzonych na fantomie. Redukcja natężenia prądu anodowego ze 105 mA do 63 mA nie spowodowała zmiany minimalnych rozmiarów rozróżnialnych obiektów (Tab. 3). Należy przez to rozumieć, że rozdzielczość wysokokontrastowa nie uległa pogorszeniu.

Wyniki uzyskane w części klinicznej są zbieżne z doniesieniami innych autorów. W badaniach przeprowadzonych przez Kearney i wsp. oraz Sohaib i wsp. oceniano morfologię zatok przynosowych przed planowanym zabiegiem endoskopowym [4, 9]. Każda z grup badawczych dysponowała skanerem firmy General Electric tego samego typu (*Hi-Speed Advantage*). W pierwszej z cytowanych prac zredukowano wartość iloczynu mAs z 80 do 40, w drugiej – z 200 do 50. W obu przypadkach, podobnie jak w badaniach własnych, jakość obrazu TK uzyskanego po obniżeniu dawki promieniowania była zadowalająca.

Wnioski

1. Redukcja natężenia prądu anodowego z 105mA do 63mA w badaniu przeglądowym TK zatok przynosowych nie spowodowała subiektywnego, ani obiektywnego obniżenia jakości obrazów klinicznych.

2. Dzięki zmianie parametrów osiągnięto redukcję dawki dla pacjenta wynoszącą 40%.

Piśmiennictwo:

1. Bogusławska R: Badanie zatok przynosowych metodą tomografii komputerowej dla celów chirurgii endoskopowej nosa i zatok (monografia). Warszawa, 1995, pp. 63–64.
2. MacLennan AC. Radiation dose to the lens from coronal CT scanning of the sinusem. Clin Radiol 1955; 50: 265–7.
3. Rybka K, Staniszewska MA, Biegański T: Znaczenie parametrów ekspozycji dla jakości obrazów jednorzędowej tomografii komputerowej. Pol J Radiol 2004; 69(3): 100–107.
4. Kearney SE, Jones P, Meakin K et al: CT scanning of the paranasal sinuses-the effect of reducing mAs. Br J Radiol, 1997; 70: 1071–1074.
5. Schmidt Th: Bildqualität In der Computertomographie. In: Stender H-St, Stieve F-E (eds.): Bildqualität in der radiologischen Diagnostik. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2000, pp. 186-202.
6. Kamel IR, Hernandez RJ, Martin JE et al.: Radiation dose reduction in CT of the pediatric pelvis. Radiology, 1994; 190: 683–687.
7. Geleijns J, Broerse JJ, Zoetelief J et al.: Patient dose and image quality for computed tomography in several Dutch hospitals. Radiat Prot Dosim, 1995; 57: 129–133.
8. Kalender WA: Computed tomography. Publicis MCD Verlag, Munich, 2000, pp. 82–118.
9. Sohaib SA, Peppercorn PD, Horrocks JA et al: The effect of decreasing mAs on image quality and patient dose in sinus CT. Br J Radiol, 2001; 74: 157–161.