

Jerzy Olszewski¹
Małgorzata Wrzesień²

OCENA RENTGENOWSKICH APARATÓW STOMATOLOGICZNYCH POD KĄTEM NARAŻENIA PACJENTÓW NA PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

EVALUATION OF DENTAL X-RAY APPARATUS IN TERMS OF PATIENT EXPOSURE TO IONIZING RADIATION

¹ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera / Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland
Zakład Ochrony Radiologicznej / Department of Radiological Protection

² Uniwersytet Łódzki / University of Lodz, Łódź, Poland
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Katedra Fizyki Jądrowej i Bezpieczeństwa Radiacyjnego / Faculty of Physics
and Applied Informatics, Department of Nuclear Physics and Radiation Safety

STRESZCZENIE

Wstęp: Stosowanie w procedurach stomatologicznych promieniowania rentgenowskiego (rtg.) powoduje narażenie pacjenta na promieniowanie jonizujące. Wielkość tego narażenia zależy przede wszystkim od parametrów stosowanych przy prześwietleniu zęba. Celem badań było określenie wielkości dawek, na jakie narażeni są pacjenci, oraz ocena stanu technicznego aparatów rtg. **Materiał i metody:** Badaniami ankietowymi objęto 1700 gabinetów stomatologicznych. Ankiety odesłało 740 jednostek. Pomiarów bezpośrednich wykonano w 100 gabinetach. Pomiarów wykonano za pomocą detektorów termoluminescencyjnych i klisz rtg. **Wyniki:** W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że najczęściej stosowany czas ekspozycji wynosi $0,22 \pm 0,16$ s. Średnia dawka wejściowa dla parametrów najczęściej stosowanych przez stomatologów to $1,7 \pm 1,4$ mGy. Średnia wydajność lampy rtg. oszacowana na podstawie wykonanych ekspozycji wynosi $46,5 \pm 23,7$ $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$. **Wnioski:** Jak wynika z przeprowadzonych badań, znakomita większość aparatów rtg. punktowych spełnia wymagania określone w przepisach. Med. Pr. 2017;68(4)

Słowa kluczowe: pacjent, promieniowanie rentgenowskie, radiologia stomatologiczna, wejściowa dawka powierzchniowa (ESD), ankieta, detektory termoluminescencyjne

ABSTRACT

Background: The use of X-ray in dental procedures causes exposure of the patient to ionizing radiation. This exposure depends primarily on the parameters used in tooth examination. The aim of the study was to determine the patients exposure and to assess the technical condition of X-ray tubes. **Material and Methods:** Seventeen hundred dental offices were covered by the questionnaire survey and 740 questionnaires were sent back. Direct measurements were performed in 100 units by using the thermoluminescent detectors and X-ray films. **Results:** The results showed that the most commonly used exposure time is 0.22 ± 0.16 s. The average entrance dose for the parameters used most commonly by dentists is 1.7 ± 1.4 mGy. The average efficiency of X-ray tube estimated on the basis of exposures is 46.5 ± 23.7 $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$. **Conclusions:** The study results indicate that the vast majority of X-ray tubes meet the requirements specified in the binding regulations. Med Pr 2017;67(4)

Key words: patient, X-ray, dental radiology, entrance surface dose (ESD), questionnaire, thermoluminescent dosimeter

Autor do korespondencji / Corresponding author: Jerzy Olszewski, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Zakład Ochrony Radiologicznej, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: jerzy.olszewski@imp.lodz.pl
Nadesłano: 29 kwietnia 2016, zatwierdzono: 6 października 2016

WSTĘP

Jednym z głównych czynników obciążających populację promieniowaniem jonizującym jest jego wykorzystanie do celów medycznych. Narażenie statystycznego mieszkańca Polski w 2015 r. od źródeł promieniowania stosowanych w celach medycznych, głównie w diagnostyce medycznej obejmującej badania rentgenowskie (rtg.) oraz badania *in vivo* (tj. podawanie pacjentom

preparatów promieniotwórczych), oceniono – w jednostkach dawki skutecznej – na 0,86 mSv. Na tę dawkę składały się przede wszystkim dawki otrzymywane podczas badań, w których stosowano tomografię komputerową (0,33 mSv) oraz radiografię konwencjonalną i fluoroskopię (0,38 mSv).

Dawki otrzymane przez pacjentów podczas innych badań diagnostycznych są znacznie mniejsze. W badaniach mammograficznych średnia roczna dawka sku-

teczna, przypadająca na statystycznego mieszkańca naszego kraju, wynosi 0,02 mSv, w kardiologicznych procedurach zabiegowych – 0,08 mSv, natomiast w medycynie nuklearnej – 0,05 mSv. Średnia dawka skuteczna przypadająca na 1 badanie rtg. wynosi 1,2 mSv, a dla najczęściej wykonywanych badań wartości te kształtują się następująco: zdjęcia klatki piersiowej – ok. 0,11 mSv, zdjęcia kręgosłupa i prześwietlenia płuc, odpowiednio, od 3 mSv do 4,3 mSv. Zakres zmienności ww. wartości w odniesieniu do pojedynczych badań osiąga nawet 2 rzędy wielkości i wynika zarówno z jakości aparatury, jak i bardzo zróżnicowanych warunków badania [1].

Pierwsze zdjęcie rtg. zębów wykonano prawdopodobnie pod koniec stycznia 1897 r., wkrótce po pierwszej publikacji Roentgena [2] na temat jego badań nad nowym rodzajem promieniowania. Stosowano wówczas czas naświetlania rzędu 25 min. Znaczący rozwój diagnostyki rtg. zębów nastąpił dopiero ok. roku 1933, wraz ze skonstruowaniem zintegrowanego urządzenia bezpiecznego dla pacjentów i personelu.

Obecnie zdjęcia rtg. wewnątrzustne obciążają pacjenta znacznie mniejszymi dawkami skutecznymi niż wymienione wyżej. I tak w Zjednoczonym Królestwie Wielkiej Brytanii i Irlandii Północnej dawka ta wynosi średnio 3 μ Sv, natomiast we Francji – 5 μ Sv [3,4]. W Brazylii najwyższa wartość dawki skutecznej, jaką otrzymuje pacjent w wyniku ekspozycji wewnątrzustnej (tzw. punktowej), wynosi 5,2 μ Sv [5].

Dość szybko po odkryciu promieniowania rtg. przekonano się o jego szkodliwości, co zaowocowało stosowaniem osłon i wprowadzeniem przepisów limitujących narażenie. Jednym z najstarszych dokumentów prawnych regulujących sprawę ochrony radiologicznej w Polsce było rozporządzenie Ministrów Pracy oraz Zdrowia i Opieki Społecznej z 1952 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w przemysłowych laboratoriach radiologicznych [6]. Obecnie obowiązujący w tym zakresie stan prawny w Polsce to:

- Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe [7],
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej [8],
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 listopada 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej [9].

Celem przeprowadzonych badań były:

- aktualizacja wybranych danych o aparatach rtg. służących do wykonywania zdjęć punktowych;
- sprawdzenie, jak na przestrzeni lat zmieniły się parametry zdjęć rtg., na podstawie badań prowadzonych w latach ubiegłych przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi (IMP);
- porównanie wyników badań z obowiązującymi wytycznymi;
- oszacowanie poziomu dawek skutecznych, na jakie narażone jest społeczeństwo w wyniku wykonywania zdjęć punktowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania stanu aparatów rtg. stosowanych do wykonywania zdjęć punktowych (wewnątrzustnych) przeprowadzono 2-etapowo. W 1. etapie analizowano dane ankietowe, w 2. etapie dokonywano pomiaru średnicy pola promieniowania rtg. na wyjściu tubusu lampy rtg. i dawki wejściowej rozumianej jako kerma w powietrzu mierzona na końcu tubusu [8]. Prawidłowa wartość tych parametrów ma znaczący wpływ na bezpieczeństwo pacjentów.

Ankieta wysyłana do stomatologów została podzielona na 3 części. W 1. części respondenci umieszczali dane dotyczące producenta zainstalowanego aparatu rtg. W części 2. – wybrane dane pochodzące z wykonanych testów specjalistycznych (akceptacyjnych). Trzecia, ostatnia, część koncentrowała się na danych własnych gabinetu stomatologicznego, dotyczących m.in. struktury badań (liczby ekspozycji wykonywanych w tygodniu) oraz parametrów ekspozycji (najczęściej stosowane napięcia oraz czasy ekspozycji).

Z 1700 ankiet wysłanych do losowo wybranych gabinetów stomatologicznych mieszczących się na terenie Polski wróciło 740.

Pomiaru dawki wejściowej oraz średnicy pola dokonano, wysyłając do gabinetów zestaw pomiarowy składający się z kliszy rtg. o wymiarach 15×15 cm i 9 detektorów termoluminescencyjnych (TL) umieszczonych w 3 grupach. Klisze rtg. z umieszczonymi na nich detektorami TL zamykano w specjalnych czarnych kopertach zabezpieczających przed naświetleniem przez światło widzialne. Tak zabezpieczone detektory umieszczano w następnych kopertach i po zaznaczeniu miejsc do naświetlania wysyłano do stomatologów. Poproszono stomatologów o wykonanie 3 ekspozycji przy różnych ustawieniach parametrów aparatu rtg., jeśli pozwalała na to jego konstrukcja. Parametrami tymi

były: napięcie podawane na lampę rtg., czas ekspozycji i natężenie prądu anodowego (maksymalne, minimalne i najczęściej stosowane w danym gabinecie). Ekspozycje wykonywano, przykładając koniec tubusu do miejsc zaznaczonych na kopertach. Detektory TL umieszczane były w centralnej części naświetlanej powierzchni.

Do pomiaru dawek zastosowano wysokoczułe detektory termoluminescencyjne (thermoluminescent dosimeter – TLD) wykonane z fluorku litu (LiF: Mg, Cu, P – typ MCP-N, prod. RADCARD TLD Dosimeters, Polska). Detektory TL mają niewielkie wymiary (średnica: 4,5 mm, grubość: 0,9 mm) i mogą być wielokrotnie stosowane. Własności absorpcyjne promieniowania jonizującego detektorów są zbliżone do własności tkanki miękkiej. Zastosowane detektory pozwalają na pomiar dawek z zakresu 2 μ Sv – 10 Sv [10,11].

Detektory odczytywano przy użyciu czytnika materiałów termoluminescencyjnych (prod. Fimel, Francja). Odczyt polega na podgrzaniu detektora i pomiarze ilości światła wyemitowanego przez detektor. Przed rozpoczęciem badań przeprowadzono wzorcowanie detektorów termoluminescencyjnych w warunkach maksymalnie zbliżonych do ekspozycji w gabinetach stomatologicznych. Detektory TL wzorcowano, wykorzystując wąską wiązkę promieniowania rtg. zgodną z normą PN-EN 61267 w Laboratorium Wzorców Wtórnych (akredytacja AP 075) [12]. Wartość mocy dawki mierzono komorą jonizacyjną miernika referencyjnego UNIDOS. Uwzględniono korektę temperatury i ciśnienia atmosferycznego. Wartości współczynników kalibracyjnych określono dla zakresu napięć podawanych na lampę rtg. aparatów do zdjęć wewnątrzustnych. Detektor TL wykalibrowano w jednostkach dawki wejściowej. Tak jak w przypadku zdjęć wewnątrzustnych, nie używano kaset dozymetrycznych w trakcie ekspozycji TLD.

Wspomniane wyżej zestawy pomiarowe zostały poddane ekspozycji w 100 gabinetach dentystycznych położonych na terenie całego kraju.

WYNIKI

Dane ankietowe

Z analizy danych zawartych w ankietach wynika, że w Polsce jest stosowanych kilkanaście różnego typu aparatów rtg. przeznaczonych do wykonywania zdjęć wewnątrzustnych (punktowych). Najliczniejszą grupę stanowią aparaty typu Kodak (15,5%), następnie Planmeca Intra (11,6%) i X-Mind DC (10,4%). Aparaty te

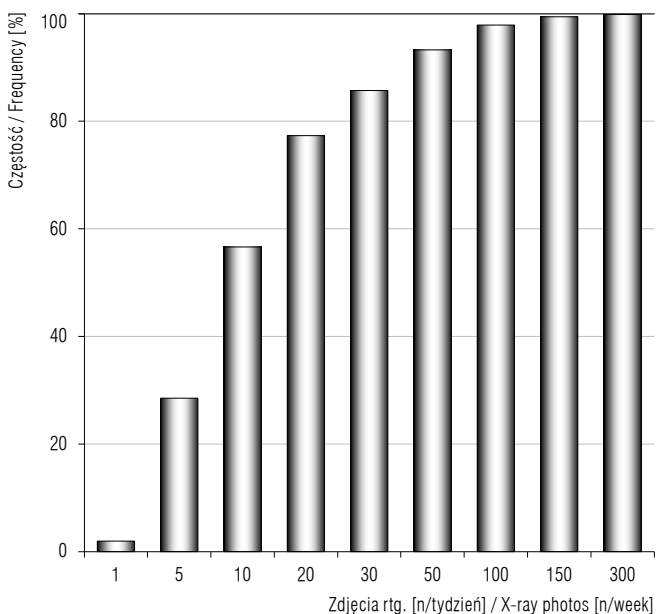
charakteryzują się następującymi parametrami pracy: napięcie podawane na lampę rtg. wynosi 60–80 kV, natężenie prądu to zazwyczaj 7–8 mA. Czas ekspozycji, jaki można ustawić podczas wykonywania zdjęcia, mieści się w przedziale 0,01–3,2 s. Długość tubusu (odległość ogniska lampy od skóry pacjenta) wynosi 10 cm, 20 cm lub 30 cm, przy czym, jak wynika z przeprowadzonej ankiety, ok. 57% aparatów jest wyposażonych w tubus o długości 20 cm.

Najczęściej ustawiane napięcie to 70 kV, co jest bezpośrednią konsekwencją budowy aparatów rtg. Według danych zawartych w ankietach średnia liczba wykonywanych w tygodniu zdjęć wynosi 20. Rozkład liczby zdjęć wykonywanych w tygodniu przedstawiono na rycinie 1.

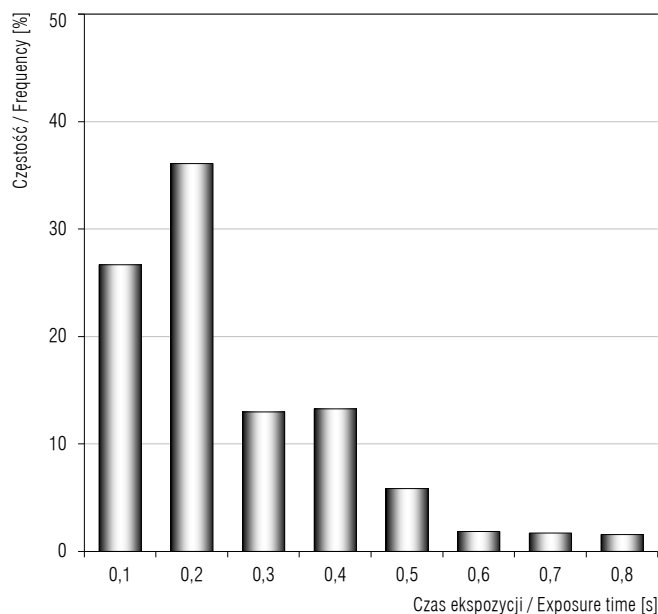
Ponad 77% całkowitej liczby zdjęć w tygodniu jest wykonywanych w niewielkich gabinetach stomatologicznych, najczęściej prywatnych. Najwięcej zdjęć w tygodniu, 200 i więcej, wykonują kliniki uniwersyteckie oraz duże przychodnie.

Czas wykonywania zdjęcia to średnio $0,22 \pm 0,16$ s (maksymalny podany najczęściej stosowany czas to 0,8 s), czas ekspozycji do 0,2 s stosuje 62,8% ankietowanych gabinetów. Rozkład stosowanych czasów ekspozycji pokazano na rycinie 2.

Następna część ankiety dotyczyła wyników testów specjalistycznych wykonywanych przez akredytowane laboratoria. Od kilku lat coroczne wykonywanie

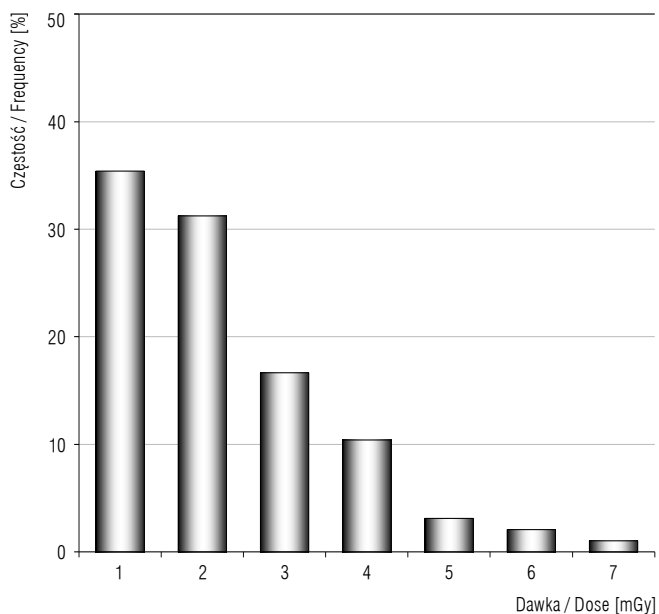


Ryc. 1. Częstość wykonywania zdjęć rentgenowskich (rtg.) zębów w gabinetach stomatologicznych w Polsce w 2011 r. według danych ankietowych
Fig. 1. Frequency of dental X-ray photos taken in dental clinics, Poland, 2011, according to the questionnaire data



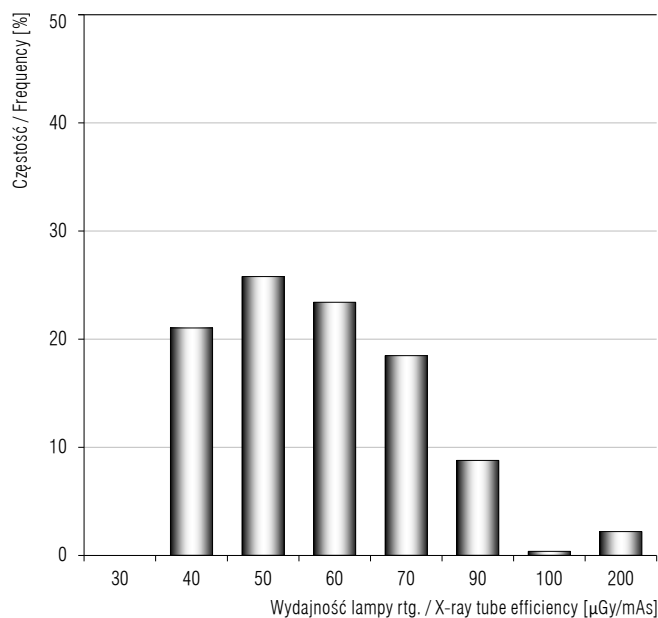
Ryc. 2. Czas ekspozycji na promieniowanie X podczas wykonywania zdjęć rentgenowskich zębów w gabinetach stomatologicznych w Polsce w 2011 r. według danych ankietowych

Fig. 2. X-ray exposure time during taking dental X-ray photos in dental clinics, Poland, 2011, according to the questionnaire data



Ryc. 4. Dawki wejściowe promieniowania X zarejestrowane przez detektory termoluminescencyjne dla najczęściej stosowanych parametrów ekspozycji w gabinetach stomatologicznych w Polsce w 2011 r. według danych pomiarowych

Fig. 4. Entrance doses of X-ray recorded by thermoluminescent detectors for the most commonly used exposure parameters in dental clinics, Poland, 2011, according to the measurement data



Ryc. 3. Wydajność lampy rentgenowskiej (rtg.) w gabinetach stomatologicznych w Polsce w 2011 r. mierzona w testach specjalistycznych według danych ankietowych

Fig. 3. X-ray tube efficiency in dental clinics, Poland, 2011, measured in specialist tests according to questionnaire data

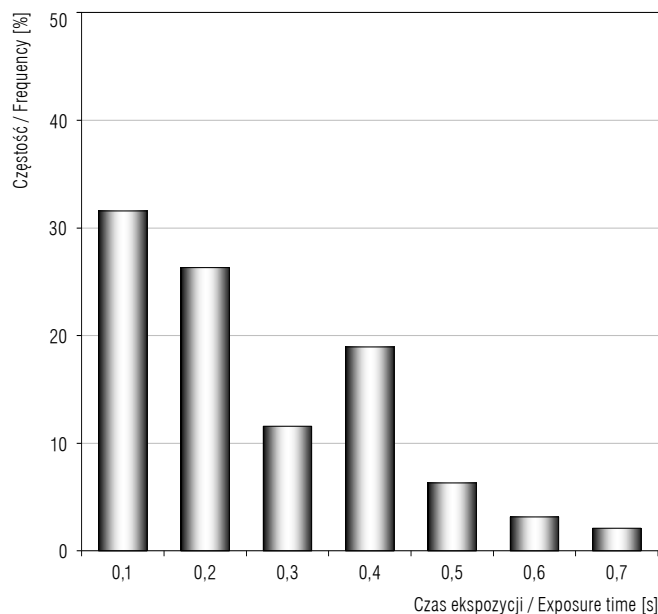
tego testu jest usankcjonowane prawnie. Z wielu badań zalecanych przy wykonywaniu testu najistotniejszymi wydają się wydajność lampy rtg. oraz średnica pola wiązki promieniowania. Wydajność lampy

odpowiada pośrednio za wielkość dawki, na jaką narażony jest pacjent, a średnica pola informuje o obszarze ekspozowanej skóry.

Według ankiet średnia wydajność lampy rtg. (dawka w odległości 1 m przy znanym napięciu i czasie ekspozycji) to $54,3 \pm 19,9$ $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$. Rozkład danych dotyczących wydajności lampy przedstawiono na rycinie 3. Podana przez ankietowanych średnica końca tubusu, określona w miejscu zetknięcia ze skórą pacjenta, wynosiła 40–70 mm (w 88,9% była mniejsza niż 60 mm).

Dane pomiarowe

Wykonane przez 100 gabinetów stomatologicznych ekspozycje przyniosły następujące wyniki. Średnica wiązki na końcu tubusu wyniosła $57,5 \pm 3,1$ mm, 13,1% wyników przekraczało nieznacznie 60 mm. Zarejestrowane średnie dawki wejściowe zawierały się w granicach od 13,2 mGy dla najdłuższego czasu ekspozycji do 0,6 mGy dla czasu najkrótszego. Średnia dawka dla parametrów najczęściej stosowanych przez stomatologów to $1,7 \pm 1,4$ mGy. Rozkład dawek dla najczęściej stosowanego przez stomatologów czasu ekspozycji ilustruje rycina 4. Na rycinie 5. pokazano natomiast rozkład rutynowo stosowanego czasu ekspozycji według danych załączonych do 100 zestawów pomiaro-



Ryc. 5. Czas ekspozycji na promieniowanie X podczas wykonywania zdjęć rentgenowskich zębów w gabinetach stomatologicznych w Polsce w 2011 r według danych pomiarowych **Fig. 5.** X-ray exposure time during taking dental X-ray photos in dental clinics, Poland, 2011, according to the measurement data

wych. Średnia wydajność oszacowana na podstawie wykonanych ekspozycji wynosi $46,5 \pm 23,7$ $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ i nie różni się istotnie statystycznie od średniej wydajności ($54,3 \pm 19,9$ $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$) obliczonej na podstawie testów specjalistycznych (przy $\alpha = 0,05$, test dla 2 średnich) (Statistica v. 10.0 MR1).

OMÓWIENIE

Badania przeprowadzono dla stomatologicznych aparatów rtg., ponieważ jest to najliczniejsza grupa aparatów rtg. i od lat ich liczba systematycznie rośnie. Kolejnym, nie mniej istotnym, powodem jest to, że zdjęcia stomatologiczne wewnątrzustne są wykonywane bez skierowania [8]. Z punktu widzenia ochrony radiologicznej pacjenta interesujący jest wpływ nowych generacji aparatów rtg. na dawkę wejściową. Podobne badania były przeprowadzone w XX w. w Instytucie Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi 2-krotnie, w roku 1976 [13] i 1990 [14].

Wykazały one, że dawka wejściowa wynosiła 7,9–307 mGy w roku 1976, a 0,9–87,7 mGy w roku 1990. Średnia dawka to, odpowiednio, $48,2 \pm 36$ mGy i $14 \pm 9,6$ mGy. Dawki zmierzone w roku 2011 zawierały się w granicach od 0,1 mGy do 4,8 mGy, a średnia wyniosła $1,7 \pm 1,4$ mGy. Oznacza to znaczny spadek dawek wejściowych – prawie 30-krotny w stosun-

ku do roku 1976 i ponad 8-krotny w stosunku do roku 1990.

Według obecnie obowiązujących przepisów wydajność lampy dla wysokiego napięcia w zakresie wartości 50–70 kV powinna w odległości 1 m od ogniska lampy wynosić 30–80 $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$, a dawka wejściowa nie powinna przekroczyć 4 mGy (poziom referencyjny) [8].

Jak wynika z przeprowadzonych badań, większość aparatów rtg. punktowych spełnia wymagania określone w przepisach. Na ten stan wpływają zapewne 2 elementy. Pierwszy to znaczny postęp technologiczny aparatów rtg. zapewniający akceptowalną jakość zdjęć przy możliwie minimalnej ekspozycji. Jest on szczególnie widoczny w stosowanych czasach ekspozycji, których długość zmniejszyła się od ok. 1,5 s w roku 1976 do 0,2 s w roku 2011. Drugi element to wprowadzony system kontroli aparatów rtg.

Należy przy tym zapytać, czy ostatnie zmiany w przepisach nie pogorszą bezpieczeństwa pacjentów związanego z wykonywaniem zdjęć rtg. zębów. Szczególnie istotna wydaje się zmiana dotycząca testów specjalistycznych, polegająca na wprowadzeniu 2-letniego okresu ważności wykonanego testu w przypadku aparatów rtg. wewnątrzustnych. W tym przypadku bez specjalistycznej kontroli pozostaną aparaty rtg., które w ciągu tych 2 lat wykonają zarówno 2000 zdjęć (gabinety prywatne), jak i 40 000 ekspozycji (duże kliniki stomatologiczne).

Obecnie w Polsce prawdopodobnie pracuje prawie 10 000 aparatów rtg. wykonujących zdjęcia wewnątrzustne (wg informacji Głównego Inspektoratu Sanitarnego (GIS) w 2011 r. było ich 6500).

Na podstawie danych zawartych w ankietach oszacowano, że przy średnim, najczęściej stosowanym, czasie ekspozycji i średniej wydajności dawka wejściowa wyniesie $2,2 \pm 1,8$ mGy. Do obliczeń zastosowano proporcję matematyczną. Biorąc to pod uwagę, można oszacować, że średnia dawka skuteczna wyniesie ok. 2,2 μSv w przeliczeniu na 1 badanie rtg. Przyjmując, że średnio za pomocą aparatu rtg. wykonuje się 20 zdjęć w tygodniu i że aparatów jest ok. 10 000, skumulowana dawka skuteczna wyniesie ok. 22 Sv [15,16].

WNIOSKI

- Większość aparatów rtg. punktowych spełnia wymagania określone w przepisach.
- Wpływ na to miały ogromny postęp technologiczny oraz wprowadzenie obowiązkowej kontroli stanu technicznego aparatury rtg.

3. Wprowadzenie wydłużonego do 2 lat okresu ważności testów specjalistycznych dla aparatów rtg. punktowych w wielu przypadkach może pogorszyć bezpieczeństwo personelu i pacjentów.

PIŚMIENNICTWO

1. Państwowa Agencja Atomistyki: Raport roczny. Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2015 r. Agencja, Warszawa 2016
2. Forrai J.: History of X-ray in dentistry. *Rev. Clin. Pesq. Odontol.* 2007;3(3):205–211
3. Hart D., Wall B.F., Hillier M.C., Shrimpton P.C.: Frequency and collective dose for medical and dental X-ray examinations in the UK. Health Protection Agency, Oxfordshire 2010
4. Scnaff P., Donadieu J., Pirard P., Aubert B.: Population exposure to ionizing radiation from medical examination in France. *Br. J. Radiol.* 2008;81(963):204–213, <https://doi.org/10.1259/bjr/24344062>
5. Garcia Silva M.A., Wolf U., Heinicke F., Grundler K., Visser H., Hirsch E.: Effective dosages for recording Veraviewepocs dental panoramic images: Analog film, digital and panoramic scout for CBCT. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2008;106(4):571–577, <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.03.031>
6. Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 6 sierpnia 1952 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w przemysłowych laboratoriach radiologicznych. DzU z 1952 r. nr 39, poz. 274
7. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 10 marca 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo atomowe. DzU z 2017 r., poz. 576
8. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej. DzU z 2011 r. nr 51, poz. 265 z późn. zm.
9. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 listopada 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej. DzU z 2015 r., poz. 2040
10. Niewiadomski T., Bilski P., Budzanowski M., Olko P., Ryba E.: Progress in thermoluminescent dosimetry for radiation protection and medicine. *Nukleonika* 1996; 41(2):93–104
11. Waligórski M.P.R., Lesiak J., Babula E., Byrski E., Ryba E., Olko P. i wsp.: Application of individually calibrated solid LiF, Ti (MTS-N) detectors in clinical dosimetry. *Radiat. Prot. Dosim.* 1999;85(1–4):377–380, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032875>
12. BS EN 61267:2006. Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in the determination of characteristics. British Standards Institution, London 2006
13. Jankowski J., Głowacka A., Krych-Nowak B.: Ocena rentgenowskich aparatów stomatologicznych pod względem narażenia pacjentów na promieniowanie jonizujące. *Czas. Stoma.* 1976;XXIX:12
14. Jankowski J., Mikołajewska H.: Kontrola jakości obrazu w stomatologicznych aparatach rentgenowskich pod kątem zmniejszenia narażenia pacjentów na promieniowanie rentgenowskie. *Pol. Przegl. Radiol.* 1990;54:180–183
15. International Commission on Radiological Protection: The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann. ICRP* 2007;37:2–4
16. Bekas M., Pachocki K.: The dose received by patients during dental X-ray examination and the technical condition of radiological equipment. *Med. Pr.* 2013;64(6):755–759, <https://doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0074>