

OCENA DAWEK PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DLA OSÓB NARAŻONYCH ZAWODOWO W DIAGNOSTYCE RADIOLOGICZNEJ

THE EVALUATION OF IONIZING RADIATION DOSES FOR PEOPLE OCCUPATIONALLY EXPOSED TO RADIOLOGICAL DIAGNOSTICS

Lucyna Kasprzyk^{1,2}, Mieczysława U. Jurczyk¹

¹ Zakład Praktycznej Nauki Położnictwa, Katedra Zdrowia Matki i Dziecka, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

² Katedra i Zakład Elektrodziagnostyki, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

STRESZCZENIE

Diagnostyka radiologiczna rozwija się od ponad stu lat, od momentu odkrycia przez Wilhelma Roentgena promieniowania X. Zagrożenia związane z jej zastosowaniem przez cały czas podlegają badaniom, a wnioski z nich wynikające wnoszą ciągle nowe rozwiązania dla pracy w kontakcie z promieniowaniem jonizującym. W niniejszym opracowaniu przedstawiono krótką charakterystykę wielkości fizycznych stosowanych w dozymetrii. Służą one określeniu wielkości przyjętej dawki (porcji) promieniowania w narażeniu zawodowym dla zatrudnionego personelu medycznego. Przedstawiono rodzaje dawek promieniowania jonizującego oraz omówiono sposoby ich określania. Przedstawiono dwie kategorie narażenia pracowników: A i B. Zaszeregowanie pracownika do określonej kategorii narażenia uzależnione jest od wielkości przeliczonej dawki promieniowania na organizm pracownika.

Wprowadzenie pojęcia dawki granicznej pozwoliło uregulować prawnie sposób postępowania z pracownikiem w sytuacji, gdy przekroczy ustaloną dawkę graniczną. Dalej omówiono wpływ promieniowania jonizującego na żywy organizm w kontrolowanej działalności zawodowej. Istnienie dwóch różnych teorii opisujących wpływ promieni jonizujących na zdrowie powoduje, że wnioski wynikające z obserwacji i badań nie są jednoznaczne. Omówiono prawdopodobieństwo wystąpienia chorób zawodowych w zależności od wielkości przyjętej dawki promieniowania, co może mieć związek z pracą w promieniach jonizujących. Przedstawiono także częstość pojawiania się chorób zawodowych w ostatnich latach, dla osób pracujących w diagnostyce radiologicznej. Podstawową zasadą stosowaną w ochronie radiologicznej jest zasada ALARA, zgodnie z którą należy przestrzegać zasad prawnych, które regulują pracę w warunkach mogących mieć szkodliwy wpływ na zdrowie. W przeciwnym wypadku ich nieprzestrzeganie może doprowadzić do uszczerbku na zdrowiu pracownika. Sprzęt używany w diagnostyce radiologicznej jest coraz wyższej jakości. Wynikiem stosowania sprzętu wyższej generacji jest podniesienie bezpieczeństwa pracownika zatrudnionego w narażeniu na promieniowanie jonizujące. Nadal należy dążyć do skutecznej poprawy jakości dokonywanych pomiarów dozymetrycznych. Badania te dotyczą zarówno środowiska pracy, jak i indywidualnych pracowników.

Słowa kluczowe: narażenie zawodowe, dawki promieniowania, diagnostyka radiologiczna, ekspozycja zawodowa na promieniowanie.

ABSTRACT

Since the discovery of X radiation by Wilhelm Roentgen, development in the field of radiological diagnostics has been observed over the last one hundred years. The danger connected with its application is constantly subjected to testing, and the results from it lead to new solutions, which are being introduced in work environment in contact with ionizing radiation. In the below manuscript, a short characteristic of physical quantities used in dosimetry is presented. They serve for determination of the absorbed dose (portion) of radiation, for people occupationally exposed in the medical environment. Types of ionizing radiation doses and the methods for their determination are described. Two categories of occupational exposure are presented: A and B. Classification of the worker to one of the groups is dependent on the amount of calculated dose of radiation on the human body.

Introduction of the definition of dose limit, enabled legal regulation of procedures in case when the upper limit of the dose was exceeded. Moreover the influence of the ionizing radiation on human body in a controlled working environment is discussed. Existence of two different theories on the radiation's influence on human health, lead to that results gained from the observations and research are ambiguous. The probability of occupational disease occurrence depending on the amount of absorbed radiation dose, which may be related to work in ionizing radiation, is demonstrated. The frequency of occupational disease in the last decade, working in diagnostic radiology is shown. The basic rule applied in radiation protection is ALARA rule, according to which the legal guidelines must be obeyed, which regulate work in environment potentially having harmful effect on health. Otherwise non-compliance may lead to body injury. The equipment used in diagnostic radiology is being rapidly modernized and is of higher quality with time. Therefore the application of equipment of new generation provides safety to personnel exposed to ionizing radiation. However improvement in the quality of performed dosimetric parameters is still the aim, as well as in work environments and concerning individual workers.

Keywords: occupational exposure, the dose of radiation, diagnostic radiology, occupational exposure to radiation.

Wstęp

Radiologiczne badania diagnostyczne od ponad wieku odgrywają ważną rolę w diagnostyce pacjentów. Od momentu odkrycia promieniowania X przez Wilhelma Roentgena, w 1895 roku, diagnostyka rentgenowska rozwijała się bardzo szybko i posługiwała się coraz dokładniejszymi metodami obrazowania ciała ludzkiego.

Podczas stosowania każdej z procedur radiologicznych pacjent oraz personel medyczny wykonujący badanie narażony jest na otrzymywanie dawek promieniowania jonizującego. Narażenie na promieniowanie jonizujące zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia skutków deterministycznych i stochastycznych. Prawdopodobieństwo

ich wystąpienia uzależnione jest od wielkości przyjętej dawki promieniowania.

Podstawową zasadą stosowaną w ochronie radiologicznej jest zasada ALARA (As Low As Reasonably Achievable – tak nisko jak to rozsądnie możliwe). Według niej należy optymalizować postępowanie związane z badaniami radiologicznymi w taki sposób, aby rozsądnie minimalizować narażenie zarówno pacjentów, jak i osób narażonych zawodowo na promieniowanie.

Na początku, po odkryciu promieniotwórczości nie dokonywano pomiaru wielkości otrzymywanych dawek. Zaobserwowano po pewnym czasie zwiększenie wystąpienia powikłań popromiennych, szczególnie wśród personelu wykonującego te badania. Współcześnie ekspozycja człowieka narażonego na promieniowanie jonizujące ze źródeł sztucznych jest regulowana przez przepisy prawne. Przepisy określają wielkość dopuszczalnych dawek promieniowania, jakie może otrzymać pacjent i określają dawki graniczne dla osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące podczas obsługi aparatury diagnostycznej.

Kategorie pracowników w kontrolowanej działalności zawodowej

Aby określić wielkość otrzymanej dawki, dokonuje się pomiarów dozymetrycznych, które mogą dotyczyć zarówno pomiarów w środowisku pracy, jak i pomiarów osobistych, dotyczących określonego pracownika, pracującego w narażeniu na promieniowanie. Na podstawie dokonanych pomiarów, w zależności od wielkości narażenia, kierownik jednostki organizacyjnej może przydzielić pracownika do kategorii narażenia A lub B.

Kategoria A obejmuje pracowników, którzy mogą być narażeni na dawkę skuteczną, przekraczającą 6 mSv w ciągu roku lub na dawkę równoważną, przekraczającą trzy dziesiąte wartości dawek granicznych dla soczewek oczu, skóry i kończyn, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 25 pkt 1 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. z 2005 r. Nr 20 poz. 168).

Kategoria B obejmuje pracowników, którzy mogą być narażeni na dawkę skuteczną, przekraczającą 1 mSv w ciągu roku lub na dawkę równoważną, przekraczającą jedną dziesiątą wartości dawek granicznych dla soczewek oczu, skóry i kończyn, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 25 pkt 1, ustawy Prawo Atomowe, Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. z 2005 r. Nr 20 poz. 168) i którzy nie zostali zaliczeni do kategorii A.

Pracownicy kategorii A podlegają ocenie narażenia na podstawie systematycznie prowadzonych pomiarów dawek indywidualnych. Pracownicy kategorii B podlegają ocenie narażenia na podstawie pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy, w sposób pozwalający stwierdzić prawidłowość zaliczenia pracowników do tej kategorii. Kierownik jednostki organizacyjnej może zdecydować o objęciu tych pracowników systematycznymi pomiarami dawek indywidualnych.

Wielkości fizyczne stosowane w dozymetrii

Najliczniejsza grupa zawodowo narażona na promieniowanie ze sztucznych źródeł to osoby narażone na promieniowanie X. Dla osób narażonych zawodowo określono limity dawek, tzw. dawki graniczne. W dozymetrii wprowadzono wielkości fizyczne, określone przez Międzynarodową Komisję Ochrony Radiologicznej (ICRP) i Międzynarodową Komisję ds. Jednostek Promieniowania i Pomiarów (ICRU), pozwalające wyznaczyć wielkość narażenia na promieniowanie. Aby określić wielkość dawki promieniowania oraz jej wpływ na materiał biologiczny, należy wykorzystać pojęcia dawki równoważnej i dawki efektywnej, podawane odpowiednio w siwertach (Sv) oraz w grejach (Gy).

Podstawowymi pojęciami stosowanymi podczas pomiarów dawek są:

- kerma – wyrażona w Gy, to suma początkowych energii kinetycznych cząstek naładowanych jednego znaku, które uwolnione zostały przez cząstki pozbawione ładunku elektrycznego w masie jednostkowej;
- dawka pochłonięta – wyrażona w Gy, to średnia energia promieniowania przekazana ośrodkowi o masie jednostkowej;
- fluencja – wyrażona w m^{-2} , to liczba cząstek przechodząca przez mierzoną powierzchnię czynną.

Wprowadzone pojęcia pozwalają opisać ilościowo działanie promieniowania jonizującego na materię. Aby określić w opisie narażenia odpowiedź różnych tkanek i narządów, wprowadzono także pojęcie dawki równoważnej, a do opisu narażenia całego ciała pojęcie dawki efektywnej.

Niemożliwe jest bardzo dokładne oszacowanie dawki dla pracownika w rzeczywistych warunkach narażenia, ponieważ konieczne byłoby mierzenie dawek w poszczególnych tkankach i narządach na zewnątrz oraz wewnątrz ciała osoby ekspozowanej. W związku z tym, aby określić narażenie zawodowe pracowników, bierze się pod uwagę dozymetryczne wielkości operacyjne, takie jak kierunkowy i przestrzenny równoważnik dawki. Kierunkowy równoważnik dawki określa równoważnik dawki w punkcie

rzeczywistego pola promieniowania na danej głębokości na promieniu w określonym kierunku, a przestrzeny równoważnik dawki określa równoważnik w punkcie rzeczywistego pola promieniowania na danej głębokości w przestrzeni (kuli). Wymienione wielkości fizyczne stosowane są w dozymetrii środowiskowej. Pomiarów można dokonywać zarówno w środowisku pracy, jak i określać dla personelu indywidualnie [1].

Dla promieniowanie przenikliwe, np. neutronów, stosuje się przestrzeny i indywidualny równoważnik dawki dla 10 mm głębokości pod powierzchnią ciała. Dla promieniowania mniej przenikliwe, np. α , β o energiach poniżej 2 MeV i fotonów o energiach poniżej 15 keV, stosuje się równoważnik dawki kierunkowy i indywidualny na głębokości 0,07 mm i 3 mm, w zależności czy narażenie dotyczy skóry, czy soczewek oczu.

Skutki działania promieniowania jonizującego i sposoby ich określania

Pomiary dawek w narażeniu zawodowym mają ograniczyć możliwość wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych dla organizmu. Skutki związane z oddziaływaniem promieniowania jonizującego dzielą się na stochastyczne i deterministyczne. Dawki efektywne uwzględniają poziom promieniowania, który wyklucza pojawienie się skutków stochastycznych dla danego narządu. Natomiast efektów deterministycznych należy spodziewać się na małych powierzchniach podlegających narażeniu na promieniowanie, np. jako wartość średnią dla napromienianej części skóry przyjmuje się powierzchnię 1 cm^2 . Indywidualną kontrolę dawek otrzymywanych przez skórę rąk określa rozporządzenie w sprawie bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.

Coraz większym problemem staje się oszacowanie wpływu niskich dawek otrzymywanych przez personel pracujący w tzw. niskim narażeniu na promieniowanie. W celu dokładnego określenia wartości ochronnej dla takich osób szacuje się dawkę efektywną i równoważną na podstawie badań z fantomami antropomorficznymi oraz stosuje się matematyczne fantomy komputerowe osób dorosłych obu płci.

Pomiarów dozymetrycznych dokonuje się z wykorzystaniem detektorów środowiskowych i indywidualnych: filmowych, termoluminescencyjnych, luminescencyjnych stymulowanych światłem lasera oraz szklanych. Dla kontroli środowiskowej detektory pasywne są kalibrowane dla kermy w powietrzu (Gy) i zamienia się tę wielkość przy użyciu współczynników konwersji na Sv, dla kontroli indywidualnej z wykorzystaniem fantomów dozymetrycznych. Aby określić dawkę efektywną na

całe ciało, dozymetr noszony jest na klatce piersiowej, a na skórę określa się dzięki dozymetrowi noszonemu na palcu lub nadgarstku [1].

Pomiar dawek indywidualnych pozwala na bieżący monitoring narażenia pracownika i umożliwia ewentualne odwołanie go od pracy lub zastosowanie innych rozwiązań, jeśli przekroczy on określoną przepisami dawkę graniczną. Dawka graniczna to dawka bezpieczna, poniżej której nie występują żadne skutki uboczne związane z kontaktem z promieniowaniem jonizującym.

Do osobistych pomiarów dozymetrycznych często wykorzystuje się metodę fotograficzną poprzez błony dozymetryczne lub metodę termoluminescencyjną (TLD) poprzez umieszczenie na palcu jednej z rąk detektora pierścinkowego. Detektory pierścinkowe termoluminescencyjne cechuje szeroki zakres dawek – od $30 \mu\text{Sv}$ do kilku mSv, z możliwością wielokrotnego użycia, szybkością i dokładnością odczytu, zakresem energii fotonów od 15 keV do 3,0 MeV oraz dobrą tkankopodobnością. Pomiar przeprowadzone przez Pracownię Oceny Narażenia Zawodowego Zakładu Ochrony Radiologicznej Instytutu Medycyny Pracy im. Prof. Nofera w Łodzi wykazały, że dozymetry pierścinkowe charakteryzują się bardzo dobrą liniowością w zakresie pomiaru indywidualnego równoważnika dawki od 0,5 mSv do 100 mSv [2].

Instytut Medycyny Pracy w Łodzi prowadzi pomiary indywidualne równoważnika dawki Hp(10) metodą fotometryczną oraz pomiary dawek równoważnych na dłonie Hp(0,07) dawkomierzami termoluminescencyjnymi [3]. Metoda TLD opiera się na możliwości przechowywania informacji o zaabsorbowanej energii przez materiał. Informacja ta może zostać odczytana dzięki wygrzewaniu materiału w warunkach laboratoryjnych.

Najpowszechniejszymi urządzeniami wykorzystywanymi do ilościowej oceny zagrożenia są detektory pasywne. Stosowane w dozymetrii środowiskowej oraz indywidualnej. Dzięki informacjom z nich uzyskanych, określa się średni indywidualny równoważnik dawki w skali rocznej. W dozymetrii materiał detektora powinien charakteryzować się liczbą atomową o wartości liczby masowej Z jak najbardziej zbliżonej do 7,42, która odpowiada żywej tkance. Najlepszym odpowiednikiem tkanek są luminofory typu $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ oraz LiF. Pomiary powinny być wykonywane w cyklu kwartalnym, po czym należy dokonywać wymiany dawkomierzy. Zaleca się jednocześnie mierzyć promieniowanie tła, aby posiadać punkt odniesienia do miejsca, w którym dawkomierze są przechowywane [4].

Dawki efektywnej nie da się wykorzystać do przewidzenia ryzyka kancerogenezy indywidualnie, pozwala ona jedynie oszacować całkowite ryzyko kancerogenezy i ułatwia porównanie tego ryzyka dla poszczególnych narządów. Oszacowanie ryzyka umożliwia jedynie określenie dawki pochłoniętej dla danego narządu lub tkanki [5].

Podczas badań diagnostycznych pacjent narażony jest na otrzymywanie różnych wielkości dawek promieniowania w zależności od zastosowanej metody badania. Aby uchronić się od nadmiaru promieniowania stosuje się trzy podstawowe zasady ochrony radiologicznej:

- stosuje się osłony podczas kontaktu z promieniowaniem na narządy nie podlegające badaniu,
- należy przebywać jak najdalej od źródła promieniowania w miarę możliwości oraz
- należy ograniczyć czas przebywania przy źródle promieniowania do niezbędnego minimum.

Główną stosowaną regułą jest zasada ALARA, według której zmniejszamy narażenie pacjenta na promieniowanie jonizujące, przy jednoczesnym uzyskaniu maksymalnie największych ilości informacji diagnostycznych [6]. Można też wpływać na redukcję dawek poprzez zastąpienie badania z użyciem promieniowania innym badaniem, niezwiązanym z promieniowaniem jonizującym lub użyciem innej techniki obrazowania [7]. Dawka, którą otrzymuje pacjent uzależniona jest od wielu czynników – między innymi od budowy pacjenta, grubości badanej części ciała, wieku, płci, współpracy z pacjentem i rodzaju stosowanych urządzeń [8]. W związku z koniecznością stosowania zasady ALARA wprowadzono poziomy referencyjne, aby móc porównać narażenie różnych pacjentów (z uwagi na różną budowę ciała) podczas wykonywania tych samych metod diagnostycznych [9]. Warunki wykonywania badań w diagnostyce rentgenowskiej można optymalizować w zależności od wielkości dawki powierzchniowej otrzymywanej przez pacjenta, dzięki czemu dawkę całkowitą można znacznie obniżyć [10].

Określono, iż maksymalna dawka roczna bezpieczna dla zdrowia człowieka to 20 mSv. Przekroczenie dopuszczalnych dawek skutkuje wystąpieniem skutków deterministycznych i stochastycznych. Dlatego też osoby narażone zawodowo na promieniowanie jonizujące muszą podlegać stałej kontroli w celu określenia poziomu otrzymywanych dawek. Minimalizacją ryzyka zajmują się organizacje: Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej (ICRP), Międzynarodowa Komisja ds. Jednostek Promieniowania i Pomiarów (ICRU) oraz Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (IAEA) [1].

Wpływ promieniowania na organizm żywy

Istnieją dwie różne teorie określające wpływ promieniowania w określonej dawce na organizm żywy. Jedną z teorii zakłada, że każda nawet najmniejsza dawka promieniowania ma działanie kancerogenne (1959 – (ICRP) – Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej), o charakterze liniowym. Każda nawet najmniejsza dawka promieniowania może zwiększyć prawdopodobieństwo zachorowania na nowotwór, dzięki uszkodzeniom DNA oraz chromosomów. Jako otrzymanie niskiej dawki promieniowania określa się poziom pomiędzy promieniowaniem tła a dawką 0,01 mSv/dzień. Jako otrzymanie dawki wysokiej określa się dawkę powyżej 150 mSv/dzień. Dowiedziono, że dawki powyżej 100 mGy powodują wzrost zachorowalności na nowotwory. Badania wykonywane w ostatnim okresie, wskazują, że już dawki wielkości 50–60 mGy mogą zwiększać ryzyko wystąpienia białaczek i raka mózgu [11].

Drugą, z teorii określającą wpływ promieniowania na organizm żywy, to przeciwstawna hipoteza określana jako hormeza radiacyjna (1994 r. – Komitet Naukowy Narodów Zjednoczonych ds. Skutków Promieniowania Atomowego – UNSCEAR). Wykazano w pracach doświadczalnych, że małe dawki promieniowania zmniejszają zapadalność na białaczkę [12]. Stwierdza się, że promieniowanie otrzymywane w małych dawkach jest bezpieczne, a nawet przynosi pozytywne skutki dla organizmów żywych [13].

Choroby związane z działaniem promieniowania jonizującego dotyczą narządu wzroku, skóry, układu krwiotwórczego i obejmują różnego rodzaju zespoły popromienne oraz nowotwory złośliwe, takie jak białaczki, nowotwory tarczycy, piersi, płuc, skóry, żołądka, przełyku, wątroby, okrężnicy i jajnika. Trudna do określenia jest zależność pomiędzy wystąpieniem choroby zawodowej związanej z promieniowaniem a wystąpieniem nowotworu z innych przyczyn. Podczas badania częstości występowania chorób zawodowych, związanych z narażeniem na promieniowanie jonizujące, w latach 1971–2006 stwierdzono, że w kolejnych latach wzrastał odsetek osób, u których stwierdzono nowotwór złośliwy jako chorobę zawodową, jak również odnotowano pojawienie się chorób nienowotworowych, takich jak zaćma popromienna.

Nie ma niestety danych stwierdzających wpływ wielkości przyjętej dawki promieniowania przez pracowników na stan ich zdrowia, a jedynie brano pod uwagę długość pracy w narażeniu. Choroby zawodowe, w których przyczynę powstania określono promieniowanie jonizujące występują bardzo rzadko. Można jedynie stwierdzić,

że odsetek chorób nowotworowych wzrastał w kolejnych obserwowanych okresach [14].

Podsumowanie

Określenie skutków dla zdrowia, związanych z przewlekłym działaniem promieniowania w małych dawkach, jest nadal trudne do określenia. Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej (ICRP) zwraca uwagę na konieczność dokładniejszego obserwowania skutków wywołanych przez promieniowanie w soczewce oka oraz w układzie sercowo-naczyniowym. Zauważono bowiem, iż znacznie niższe dawki, niż dotąd uważano, powodują wystąpienie negatywnych skutków dla zdrowia. Skutkiem działania promieniowania na mózg jest wystąpienie efektów stochastycznych, takich jak rak czy zmiany nienowotworowe, np. zmiany neuro-naczyniowe. Występuje zaś cma oczu, obserwowana przy znacznie niższym poziomie promieniowania, niż dotąd sądzono. Szczególne zagrożenie występuje dla lekarzy wykonujących zabiegi w radiologii kardiologicznej interwencyjnej, z uwagi na ciągłą pracę w bezpośrednim narażeniu. Zagrożenie istnieje zwłaszcza dla mózgu lekarza wykonującego badanie, przez promieniowanie rozproszone ze strony pacjenta.

Prawdopodobieństwo wystąpienia efektów stochastycznych zależy od rodzaju tkanki i rodzaju użytego promieniowania. Zauważono, że wzrasta ryzyko zachorowania na raka mózgu wśród lekarzy radiologów, w porównaniu z lekarzami innych specjalności. Z uwagi na zauważalny wpływ promieniowania w mniejszych dawkach, zmniejszono progową dawkę dla soczewek oczu z 5 Gy dawki frakcyjnej, do 2 Gy w pojedynczej dawce, zauważono, że zwiększyła się częstość występowania zmętnienia soczewki oka, już przy dawce poniżej 0,5 Gy. ICRP w 2011 r. obniżyło limit dawki dla soczewek oczu ze 150 mSv na 20 mSv, z możliwością otrzymania dawki do nie większej w ciągu roku niż 50 mSv [15].

Pomiary dozymetryczne, dokonywane dzięki dozymetrom pierścinkowym w latach 2003–2006, wskazały zmniejszenie się wartości średniej dawki równoważnej na dłoń. Średnie dawki efektywne otrzymywane przez osoby pracujące w narażeniu na promieniowanie X są porównywalne w kolejnych latach 2004–2006, co świadczy o stabilizacji sytuacji związanej z narażeniem [16]. Podczas dokonywania pomiarów dozymetrycznych zauważono, że dawka otrzymywana przez personel nie zwiększyła się, ani nie zmalała w obserwowanych latach 2008–2010. W roku 2010 nie odnotowano nawet żadnego przypadku przekroczenia dawek granicznych [3].

Należy dokonywać bieżących pomiarów dawek indywidualnych dla osób pracujących w narażeniu, pomimo

pracy z coraz lepszym jakościowo sprzętem diagnostycznym. Należy obserwować dokładnie wpływ małych dawek promieniowania na stan zdrowia pracowników.

Oświadczenia

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów w autorstwie oraz publikacji pracy.

Źródła finansowania

Autorzy deklarują brak źródeł finansowania.

Piśmiennictwo

1. Brodecki M, Domienik J, Zmysłony M. System wielkości dozymetrycznych do oceny poziomu dawek otrzymywanych przez personel zawodowo narażony na zewnętrzne źródła promieniowania jonizującego. *Medycyna Pracy*. 2012; 63(5):607–617.
2. Adamowicz M, Papierz S, Kacprzyk J, Kamiński Z, Zmysłony M. Pomiar indywidualnego równoważnika dawki promieniowania X i gamma za pomocą dozymetru pierścinkowego – wyniki porównań międzylaboratoryjnych. *Medycyna Pracy*. 2013;64(5):631–637.
3. Papierz S, Kacprzyk J, Kamiński Z, Adamowicz M, Zmysłony M. Ocena narażenia zawodowego na promieniowanie rentgenowskie i gamma w Polsce w roku 2010. *Medycyna Pracy*. 2011;62(6):579–582.
4. Urban P, Skubacz K. Nowy system dozymetryczny do pomiaru dawek promieniowania jonizującego absorbowanego przez personel placówek służby zdrowia wykorzystujący metodę termoluminescencji. *Wiadomości Lekarskie*. 2015;68(1):71–78.
5. Linet MS, Slovis TL, Miller DL, Kleinerman R, Lee C, Rajaraman P, Berrington de Gonzalez A. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2012;62:75–100. doi: 10.3322/caac.21132.
6. Kowski R. System zapewnienia jakości w zakładzie radiologii, *Współczesna onkologia*. 2000;6(4):246–255.
7. Lesiak P (tłum.). Ryzyko napromieniowania związane z badaniami obrazowymi w medycynie. *Radiologia*. *Mayo Clin Proc*. 2010;85(12):1142–1146.
8. Mazrani W, McHugh K, Marsden PJ. The radiation burden of radiological investigations. *Arch Dis Child*. 2007 Dec;92(12): 1127–1131.
9. Shannoun F, Blettner NM, Schmidberger H, Zeeb H. Radiation Protection in Diagnostic Radiology. *Dtsch Arztebl Int*. 2008 Jan;105(3):41–46.
10. Dorobanow M, Wrona K, Kałmuk A. Optymalizacja warunków wykonywania badań radiologicznych w zależności od wartości dawki powierzchniowej. *Pol J Radiolo*. 2006;71(4): 55–61.
11. Masuda S, Hisamatsu T, Seko D, Urata Y, Goto S, Li TS, Ono Y. Time and dose dependent effects of total body ionizing radiation on muscle stem cells. *Physiological Reports* Published. 13 April 2015 Vol. 3 np. E12377 DOI: 10.14814/phy.2.12377.
12. Styczyński J, Pogorzała M. Ryzyko związane z napromienieniem podczas diagnostycznych badań radiologicznych. *Pediatrics po Dyplomie*. 2008;12(5):112–118.
13. Kraska A, Bilski B. Narażenie pracowników ochrony zdrowia na promieniowanie jonizujące a hipoteza hormezy radiacyjnej. *Medycyna Pracy*. 2012;63(3):371–376.
14. Wilczyńska U, Szeszenia-Dąbrowska N. Choroby zawodowe spowodowane działaniem promieniowania jonizujące-

- go w Polsce w latach 1971–2006. *Medycyna Pracy*. 2008; 59(1): 1–8.
15. Picano E, Vano E, Domenici L, Bottai M, Thierry-Chef I. Cancer and non-cancer brain and eye effects of chronic low-dose ionizing radiation exposure. *BMC Cancer*. 2012;12:157.
 16. Jankowski J, Kacprzyk J, Tybor-Czerwińska M, Kamiński Z. Ocena narażenia zawodowego na promieniowanie fotonowe w Polsce w roku 2006; *Medycyna Pracy* 2007;58(4): 287–290.

Zaakceptowano do edycji: 2015-02-10
Zaakceptowano do publikacji: 2015-03-30

Adres do korespondencji:

Paulina Durka
ul. Fabryczna 32/25, 05-500 Piaseczno
e-mail: paulinalaskus@gmail.com