

Open Access

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

Conflict of interest: None declared. Received: 15.06.2013. Revised: 25.08.2013. Accepted: 18.09.2013.

Radiation protection in medicine. Doses in radiology

Ochrona radiologiczna w medycynie. Dawki w radiologii

**Magdalena Daroszevska¹, Sylwia Ferenc¹, Remigiusz Sokółowski¹,
Martyna Sysakiewicz¹, Kamil Buda¹, Walery Zukow²**

¹**Department and Clinic of Geriatrics, Nicolaus Copernicus University Collegium
Medicum, Bydgoszcz, Poland**

²**Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland**

Keywords: radiation protection, radiation dose, medical exposure.

Słowa kluczowe: ochrona radiologiczna, dawka promieniowania, ekspozycja medyczna.

Abstract

Radiation protection is a complex of issues related to the safe use of ionizing radiation. Medical exposure is one of the essential sources of ionizing radiation. Radiological Protection System includes a set of legal provisions, control system, training and prevention. In order to assess the quantitative ionising radiation introduced the concept of dose. It allows for the introduction of a systematic evaluation and control of risks.

Streszczenie

Ochrona radiologiczna to całokształt zagadnień związanych z bezpiecznym stosowaniem promieniowania jonizującego. Ekspozycja

medyczna jest jednym z istotnych źródeł promieniowania jonizującego. System ochrony radiologicznej obejmuje zbiór przepisów prawnych, system kontroli, szkoleń i działań profilaktycznych. W celu ilościowej oceny promieniowania jonizującego wprowadzono pojęcie dawki. Pozwala ono na wprowadzenie systematycznej oceny i kontroli zagrożenia.

Introduction

Atomic Law (Act of 29 November 2000) is defined as the radiation protection "Prevention of human exposure and environmental contamination, and in case of inability to prevent such situations - to limit their consequences to a level as low as soon as is reasonably achievable, taking into account economic factors, social and health". The main objective of protection is prevention of the consequences of deterministic and stochastic minimization of the consequences. Medical exposure to ionizing radiation with patients, medical staff, students, trainees and members of the public, such as visitors, family. There are types of exposure to the said factor: professional, medical and general population [1]. The radiation exposure occurs during diagnostic tests (rentgenodiagnosics, computed tomography, nuclear medicine, computed tomography), interventional radiology, radiotherapy. X-rays used for medical purposes constitutes about 90% of the annual dose of ionizing radiation received human PRZE artificial sources. 78% comes from medical imaging [2]. The tasks of the radiation protection standards should include determination of doses for occupationally exposed persons and the general public.

Radiation protection in medicine

Radiological protection deal with such organizations as the World Health Organization (WHO), the Central Laboratory for Radiological Protection

(CLRP), Institute of Occupational Medicine (IMP). In Poland also protection against ionizing radiation in addition to dealing with the Ministry of Health: National Atomic Energy Agency, National Center for Radiological Health, Chief Sanitary Inspectorate, National Institute of Hygiene, Military Institute of Hygiene and Epidemiology, Association of Radiation Protection Supervisors. National Atomic Energy Agency (PAA) issue a permit to launch and use of radiation sources. Approval to launch X-ray machine seems to National Provincial Sanitary Inspector, Commander of the Military Centre of Preventive Medicine and the National Sanitary Inspectorate of the Ministry of Internal Affairs and Administration. State Sanitary Inspectorate in the field of radiation safety is a diagnostic X-ray machine, the protection of workers, patients and the public. October 6, 2005 an agreement was reached between the Chief Sanitary Inspector and President of the National Atomic Energy Agency on cooperation in the implementation of activities in the field of radiation protection - measurements of radioactive contamination, the use of sources of ionizing radiation, radiation emergency situations [3].

Laws defining principles of radiation protection are contained in the Atomic Energy Law of 29 November 2000 International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources (BSS) Directive of the European Union and the laws of most countries are based on the recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) [4].

International Commission on Radiological Protection was established by the International Congress on X-ray. Today's poster at the International Society for X-ray. It consists of a Main Commission and four expert committees: for the biological effects of radiation on the secondary standards and criteria in radiological protection, for radiation protection in medicine and for the practical application of the basic points of the Main Commission [5]. ICRP sets out the basic principles of radiation protection: justification, optimization and limitation. Any use of sources, conduct a radiological or nuclear technology must be justified by the social benefits that outweigh the potential harm resulting from the radiological risk. Optimization means that the radiation dose from activities related to exposure to radiation should be small as much as possible under the conditions socio-economic - the principle

of ALARA (as low as reasonably achievable). Notwithstanding the application of optimization is introduced limits on doses above the dose are considered unacceptable. The limits do not apply to medical exposure [2, 4].

In radiation protection it is important to keep a safe distance from the radiation, the use of screens and the time of exposure to a minimum [6].

Units which may occur exposure require permission for the provision of health services. The business unit's compliance with the principles of radiation protection corresponds to the manager of an organization. Internal supervised by the inspector '. Employees must be trained and have the appropriate qualifications [3, 6]. Each unit in which there is exposure to radiation must have a quality management system. Physical parameters are controlled radiological equipment, shall be carried out internal audits are [3].

Patient radiation protection involves the use of covers, screens, overalls, rubber lead. The same is true with the staff. The work is separated into specific places of work [6].

As a result of the procedures performed incorrectly can lead to medical radiological accident [6]. Radiation Protection also covers rules of conduct during accidents and prevent their occurrence.

Doses in radiology

Exposure to radiation can be quantified. The tasks of radiation protection personnel to monitor exposure and contamination of the work environment. In normal operation shall be specified dose of radiation. Contemporary radiation protection is based, in addition to licensing and supervision system, to reduce doses.

The dose received by the patient during medical procedures is not limited. You can not prevent access to the patient for the treatment or diagnosis unless the risk of adverse effects of ionizing radiation is greater than the expected benefits. You should not exceed the reference doses specified in the regulations. It is important to justify the use of ionizing radiation protection and optimization of this factor. Use the latest technology so as to minimize the adverse effects of radiation on the patient [2, 7].

Protection of workers includes, among others. control of radiation doses. Shall be measured individual doses and environmental ind. With a registration doses manager is responsible organizational unit [2].

The dosimetry is used to determine: the absorbed dose, exposure, equivalent to an effective, border. ICRP defines both radiation dose and dose equivalents, including tables for conversion [8].

Absorbed dose is defined by the Act as a nuclear "energy radiation imparted to matter in a volume element divided by the weight of the item." This is the basic size used in dosimetry [3, 8, 9]. The effective dose is the total dose equivalent resulting from external and internal exposure, taking into account the respective weighting factors organs or tissues. The exposure is the sum of the absolute value of goods ions of one sign produced by the rays of a unit mass of air. The absorbed dose in tissue or organ demonstrated, taking into account the type and energy of ionizing radiation equivalent dose is determined. When considering different stochastic effects of different types of harmful radiation causes the sum of the doses received by different types of radiation misrepresents the health risks. [3, 8].

Table 1 Dose limits in force in Poland (mSv / year) based on the Act of 29 November 2007 Atomic Law ([Journal.Laws of 2012,No._0, pos. 264](#)) and the Council of Ministers of 18 January 2005 on the dose limits of ionizing radiation ([OJ.Laws of 2005,No._20, item. 168](#) of 3 February 2005).

	Professionally exposed persons, apprentices and students aged over 18 years	Apprentices and students aged 16-18 years of age (Average value for any area of 1 cm ² irradiated parts of the skin)	People of the total population, apprentices, students under 16 years of age
The effective dose -The whole body (mSv / year)	20		
	pregnant women - from 1 to 50, provided that the total dose over the next five years will not exceed 100 mSv	6	1
Equivalent dose-eyes (mSv / year)	150	50	15
Equivalent dose-leather (mSv / year)	500	150	15
Equivalent dose-hands, forearms, feet, lower leg (mSv / year)	500	150	15

The dose is the dose limit, which, except in the cases mentioned in the volumes of Law and can not be exceeded. It is expressed as the effective dose or the equivalent. Associated with occupational exposures and members of the public [3]. The medical exposure is not applicable dose limits. The dose limit includes the sum of doses derived from internal and external sources, and does not include exposure to natural radiation, if it was not increased as a result of human activity. It does not include exposure, among others. from radon in residential natural radionuclides included in the human body, cosmic radiation. The dose may be exceeded for category A workers, after obtaining the consent of the President of the National Atomic Energy Agency. It can not be pregnant women, students, apprentices [3, 9]. The dose limits should be measured individually [2].

Summarization and Conclusions

It is hard to imagine modern medicine without testing and treatment using ionizing radiation smokers. N and the dose of radiation during medical procedures is influenced by the technical condition of equipment, quality management and regulatory legislation. This work is a description of the most important elements of protection against ionizing radiation in medicine. Precisionist information are contained in the regulations updated in accordance with the recommendations of international organizations dealing with radiation protection, the recommendations of the European Commission and the Council of the European Union. In connection with the modernization of equipment that are sources of radiation, exposure to ionizing radiation during medical procedures is getting smaller and smaller.

References

1. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources, National Atomic Energy Agency, Warsaw, 1997.
2. Cepiga A., R. Kopec, Budzanowski M., Obryk B. Tests X-ray doses of ionizing radiation and modern control doses of ionizing radiation in the quality management system in medicine. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica* 1/2010, vol 16, 69-72.
3. The Act of 29 November 2007 Atomic Law ([Journal.Laws of 2012,No.0, pos.264](#))
4. Gostkowska B. Radiation Protection System under the relevant legislation. *Contemporary Oncology* (2000) vol 4, 6 (244-245).
5. ICRP Activities [online]. [Accessed 08/31/2013] Available online <http://www.icrp.org/page.asp?id=3>.
6. Regulation of the Minister of Health of 18 February 2011 on the conditions for the safe use of ionizing radiation for all types of medical exposure (OJLaw of 9 March 2011).

7. Council of Ministers of 18 January 2005 on the dose limits of ionizing radiation ([OJ.Laws of 2005, No. 20, item. 168](#) of 3 February 2005).
8. ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Elsevier, 1991.
9. Budzanowski M., *radiological protection in the office with the camera to X-rays*. Dental Tribune, 18

Wstęp

Prawo atomowe (ustawa z dnia 29 listopada 2000 r.) definiuje ochronę radiologiczną jako „zapobieganie narażeniu ludzi i skażeniu środowiska, a w przypadku braku możliwości zapobieżenia takim sytuacjom – ograniczenie ich skutków do poziomu tak niskiego, jak tylko jest to rozsądnie osiągalne, przy uwzględnieniu czynników ekonomicznych, społecznych i zdrowotnych”. Zasadniczym celem ochrony jest zapobieganie wystąpieniu następstw deterministycznych i minimalizowanie wystąpienia następstw stochastycznych. Ekspozycja medyczna na promieniowanie jonizujące dotyczy pacjentów, personelu medycznego, studentów, praktykantów oraz osób postronnych, np. odwiedzający, rodzina. Wyróżnia się kategorie ekspozycji na wspomniany czynnik: zawodową, medyczną oraz ogółu ludności [1]. Do narażenia na promieniowanie dochodzi w czasie badań diagnostycznych (rentgenodiagnostyka, tomografia komputerowa, medycyna nuklearna, komputerowa tomografia emisyjna), radiologii zabiegowej, radioterapii. Promieniowanie rentgenowskie stosowane w celach medycznych stanowi ok. 90 % rocznej dawki promieniowania jonizującego otrzymanej przez człowieka ze źródeł sztucznych. 78% pochodzi z diagnostyki obrazowej [2]. Do zadań ochrony radiologicznej należy m.in. ustalenie norm dawek, dla osób narażonych zawodowo i ogółu ludności.

Ochrona radiologiczna w medycynie

Ochroną radiologiczną zajmują się takie organizacje jak Światowa Organizacja Zdrowia (WHO), Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR), Instytut Medycyny Pracy (IMP). W Polsce ponadto ochroną przed promieniowaniem jonizującym prócz Ministerstwa Zdrowia zajmują się: Państwowa Agencja Atomistyki, Krajowe Centrum Ochrony

Radiologicznej, Główny Inspektorat Sanitarny, Państwowy Zakład Higieny, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, Stowarzyszenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej. Państwowa Agencja Atomistyki (PAA) wydaje zezwolenie na uruchomienie i stosowanie źródeł promieniowania. Zgodę na uruchomienie aparatu RTG wydaje Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny, Komendant Wojskowego Ośrodka Medycyny Prewencyjnej oraz Państwowy Inspektor Sanitarny Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji. Państwowa Inspekcja Sanitarna w dziedzinie higieny radiacyjnej zajmuje się diagnostyką aparatu RTG, ochroną pracowników, pacjentów i osób postronnych. 6 października 2005 r. doszło do porozumienia między Głównym Inspektorem Sanitarnym a Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki w sprawie współdziałania w realizacji działań z zakresu ochrony radiologicznej – pomiarów skażeń promieniotwórczych, stosowania źródeł promieniowania jonizującego, sytuacji zdarzeń radiacyjnych [3].

Przepisy prawne określające zasady ochrony radiologicznej zawarte są w ustawie Prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000 r. Międzynarodowe podstawowe normy ochrony przed promieniowaniem jonizującym i bezpieczeństwa źródeł promieniowania (BSS), Dyrektywy Unii Europejskiej oraz przepisy prawne większości państw oparte są na zaleceniach Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP) [4].

Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej została powołana przez Międzynarodowy Kongres Radiologiczny. Obecnie jest afiszowana przy Międzynarodowym Towarzystwie Radiologicznym. Składa się z Komisji Głównej oraz czterech komitetów fachowych: do spraw biologicznego działania promieniowania, ds. wtórnych standardów i kryteriów w ochronie radiologicznej, ds. ochrony radiologicznej w medycynie oraz ds. praktycznego stosowania podstawowych zaleceń Komisji Głównej [5]. ICRP określa podstawowe zasady ochrony radiologicznej : uzasadnienie, optymalizacja oraz limitowanie. Każde zastosowanie źródła, postępowania radiologicznego lub technologii jądrowej musi być uzasadnione korzyściami społecznymi, które przewyższają potencjalne szkody wynikające z ryzyka radiologicznego. Optymalizacja oznacza, iż dawka promieniowania z działalności związanej narażeniem na promieniowanie powinna być mała jak tylko jest możliwe w danych warunkach społeczno-ekonomicznych - zasada ALARA (as low as reasonably achievable). Niezależnie od stosowania optymalizacji wprowadza się limity dawek powyżej których dawki uznawane są za niedopuszczalne. Limitów nie stosuje się w ekspozycji medycznej [2, 4].

W ochronie radiologicznej ważne jest zachowanie bezpiecznej odległości od miejsca promieniowania, stosowanie osłon oraz skrócenie czasu narażenia do minimum [6].

Jednostki w których może dochodzić do narażenia na promieniowanie wymagają zgody na udzielanie świadczeń zdrowotnych. W jednostce organizacyjnej za przestrzeganie zasad ochrony radiologicznej odpowiada kierownik jednostki organizacyjnej. Wewnętrzny nadzór sprawuje Inspektor

Ochrony Radiologicznej. Pracownicy muszą przechodzić szkolenia i mieć odpowiednie kwalifikacje [3, 6]. Każda jednostka w której dochodzi do narażenia na promieniowanie musi posiadać system zarządzania jakością. Kontrolowane są fizyczne parametry urządzeń radiologicznych, przeprowadzane są wewnętrzne audyty [3].

Ochrona radiologiczna pacjenta obejmuje stosowanie osłon, parawanów, fartuchów z gumy ołowiowej. Podobnie jest z personelem. W miejscu pracy wydziela się określone miejsca do pracy [6].

W wyniku błędnie wykonanej procedury może dojść do medycznego wypadku radiologicznego [6]. Ochrona radiologiczna obejmuje również zasady postępowania w trakcie wypadków oraz zapobieganie ich wystąpieniu.

Dawki w radiologii

Narażenie na promieniowanie można określić ilościowo. Do zadań ochrony radiologicznej należy monitorowanie narażenia personelu oraz skażeń środowiska pracy. W warunkach normalnej pracy otrzymuje się określoną dawkę promieniowania. Współczesna ochrona radiologiczna oparta jest, prócz na systemie licencjonowania i nadzoru, na ograniczeniu dawek.

Dawki otrzymane przez pacjenta w trakcie procedur medycznych nie są limitowane. Nie można uniemożliwić pacjentowi dostęp do leczenia bądź diagnostyki, chyba że ryzyko działań niepożądanych promieniowania jonizującego jest większe niż spodziewane korzyści. Nie powinno się przekraczać dawek referencyjnych określonych w rozporządzeniach. Ważne jest uzasadnienie stosowania promieniowania jonizującego oraz optymalizacja ochrony przed tym czynnikiem. Należy stosować najnowsze technologie tak, by zminimalizować niekorzystny wpływ promieniowania na pacjenta [2, 7].

Ochrona pracowników obejmuje m. in. kontrolę dawek promieniowania. Dokonuje się pomiarów dawek indywidualnych i środowiskowych. Za rejestrację dawek odpowiedzialny jest kierownik jednostki organizacyjnej [2]. W dozymetrii stosuje się określenia: dawki pochłoniętej, ekspozycyjnej, równoważnej, skutecznej, granicznej. ICRP definiuje zarówno dawki promieniowania jak i równoważniki dawki, wraz z tabelami do przeliczeń [8]. Dawka pochłonięta jest definiowana przez ustawę Prawo atomowe jako „energia promieniowania jonizującego przekazana materii w elemencie objętości podzielona przez masę tego elementu”. Jest to podstawowa wielkość stosowana w dozymetrii [3, 8, 9]. Dawka skuteczna jest sumą dawek równoważnych pochodzących od zewnętrznego i wewnętrznego narażenia, z uwzględnieniem odpowiednich współczynników wagowych narządów lub tkanek. Dawka ekspozycyjna to wartość bezwzględna sumy ładunków jonów jednego znaku wytwarzanych przez promienie w jednostce masy powietrza. Dawka pochłonięta w tkance lub narządzie wykazana z uwzględnieniem rodzaju i energii promieniowania jonizującego jest określana dawką

równoważną. Przy rozpatrywaniu skutków stochastycznych różna szkodliwość różnych rodzajów promieniowania powoduje, że suma dawek pochłoniętych różnych rodzajów promieniowania nie oddaje właściwie ryzyka zdrowotnego. [3, 8].

Dawka graniczna jest to dawka, której, poza przypadkami wymienionymi w ustawie Prawo atomowe nie można przekroczyć. Wyrażona jest jako dawka skuteczna lub równoważna. Wiąże się z ekspozycją zawodową i osób z ogółu ludności [3]. W ekspozycji medycznej nie stosuje się dawek granicznych. Dawka graniczna obejmuje sumy dawek pochodzących ze źródła zewnętrznego i wewnętrznego, natomiast nie obejmuje narażenia na promieniowanie naturalne, jeżeli nie zostało ono zwiększone w wyniku działalności człowieka. Nie obejmuje narażenia m. in. od radonu w budynkach mieszkalnych, naturalnych nuklidów promieniotwórczych wchodzących w skład ciała ludzkiego, promieniowania kosmicznego. Dawka może być przekroczona przez pracowników kategorii A, po uzyskaniu zgody Prezesa Agencji Atomistyki. Nie mogą to być kobiety w ciąży, studenci, praktykanci [3, 9]. Dawki graniczne powinny być mierzone indywidualnie [2].

Tabela 1. Dawki graniczne obowiązujące w Polsce (mSv/rok) na podstawie Ustawa z dnia 29 listopada 2007 r. Prawo atomowe (Dz. U. z 2012 r. Nr 0, poz. 264) i Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. Nr 20, poz. 168 z 3 lutego 2005).

	Osoby narażone zawodowo, praktykanci i studenci w wieku powyżej 18 r.ż.	Praktykanci i studenci w wieku 16-18 r.ż. (wartość średnia dla dowolnej powierzchni 1 cm ² napromienionej części skóry)	Osoby z ogółu ludności, praktykanci, uczniowie poniżej 16 r.ż.
Dawka skuteczna -całe ciało (mSv/rok)	20	6	1
	kobiety w ciąży – 1 do 50 pod warunkiem że suma dawek w ciągu najbliższych 5 lat nie przekroczy 100 mSv		
Dawka równoważna-oczy (mSv/rok)	150	50	15
Dawka równoważna-skóra (mSv/rok)	500	150	15
Dawka równoważna-dłonie, przedramiona, stopy, podudzia (mSv/rok)	500	150	15

Podsumowanie i wnioski

Trudno wyobrazić sobie współczesną medycynę bez badań i zabiegów wykorzystujących promieniowanie jonizujące. Na dawkę promieniowania w czasie procedur medycznych wpływ mają stan techniczny urządzeń, system zarządzania jakością oraz regulacje przepisów prawnych. Praca stanowi opis najważniejszych elementów ochrony przed promieniowaniem jonizującym w medycynie. Dokładniejsze informacje zawarte są w regulacjach prawnych aktualizowanych zgodnie z zaleceniami organizacji międzynarodowych zajmujących się ochroną radiologiczną, zaleceniami Komisji Europejskiej i Rady Unii Europejskiej. W związku z unowocześnianiem urządzeń będących źródłem promieniowania, narażenie na promieniowanie jonizujące w trakcie procedur medycznych jest coraz mniejsze.

Bibliografia

1. Międzynarodowe podstawowe normy ochrony przed promieniowaniem jonizującym i bezpieczeństwa źródeł promieniowania, Państwowa Agencja Atomistyki, Warszawa, 1997.
2. Cepiga A., Kopeć R., Budzanowski M., Obryk B. Testy aparatury rentgenowskiej dawek promieniowania jonizującego oraz nowoczesna kontrola dawek promieniowania jonizującego w systemie zarządzania jakością w medycynie. *Acta-Bio Optica et Informatica Medica* 1/2010, vol. 16, 69-72.
3. Ustawa z dnia 29 listopada 2007 r. Prawo atomowe (Dz. U. z 2012 r. Nr 0, poz. 264)
4. Gostkowska B., System Ochrony radiologicznej w świetle obowiązujących przepisów. *Współczesna Onkologia* (2000) vol. 4; 6 (244–245).
5. ICRP Activities [online]. [dostęp: 31.08.2013] Dostępny w Internecie <http://www.icrp.org/page.asp?id=3>.
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z dnia 9 marca 2011 r.).
7. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. Nr 20, poz. 168 z 3 lutego 2005).
8. ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Elsevier 1991.

9. Budzanowski M., *Ochrona radiologiczna w gabinecie z aparatem do zdjęć RTG*. Dental Tribune, 18.