

Narażenie pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej na promieniowanie jonizujące zależy od wielu czynników, przede wszystkim od rodzaju i aktywności stosowanych izotopów promieniotwórczych, zakresu czynności wykonywanych z danym źródłem promieniowania, zastosowania odpowiednich metod pomiarowych i kontrolnych. Niemalże znaczenie ma również odpowiednie wyposażenie Zakładu w sprzęt dozymetryczny i ochronny oraz dobra organizacja pracy. W Zakładzie Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej Centrum Onkologii w Gliwicach przeprowadzono rozbudowę i modernizację, po której baza łóżkowa wzrosła 3-krotnie, a średnia aktywność I-131 aplikowana w ciągu tygodnia wynosi ok. 3 Ci.

Podjęto próbę odpowiedzi na następujące pytania:

– czy wzrost liczby pacjentów oraz stosowanej aktywności spowoduje proporcjonalny wzrost dawek pochłoniętych oraz wchłonięć,

– czy lepsze wyposażenie Zakładu (aparatura, sprzęt dozymetryczny i ochronny, pokoje dla chorych jedno- i dwuosobowe z własnym węzłem sanitarnym, podciśnieniowy system dekontaminacji ścieków radioaktywnych) zrównoważy wzrost aktywności i dawki pochłonięte pozostaną na tym samym poziomie?

Po wykonanych pomiarach i analizie wyników stwierdzono, że wystąpiło niewielkie zwiększenie dawek pochłoniętych oraz wchłonięć. Aczkolwiek zwiększenie to nie jest wprost proporcjonalne do wzrostu aktywności; jest mniejsze. Lepsze wyposażenie Zakładu zrównoważyło wzrost liczby pacjentów i stosowanej aktywności, a dawki pochłonięte przez personel pozostały praktycznie na tym samym poziomie.

Słowa kluczowe: promieniowanie jonizujące, dawka pochłonięta, dawka graniczna, ochrona radiologiczna.

Ocena wpływu warunków pracy na narażenie na promieniowanie jonizujące pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej

Evaluation of the influence of work conditions on the ionization radiation exposure in case of personnel of Department of Nuclear Medicine

Aleksandra Etmańska, Nikoła Lambrinow, Witold Głazewski

Zakład Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej,
Zakładowy Inspektor Ochrony Radiologicznej,
Centrum Onkologii – Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie w Gliwicach

WSTĘP

Narażenie pracowników ZMN na promieniowanie jonizujące zależy od:

- ▶ rodzaju oraz aktywności stosowanych izotopów promieniotwórczych,
- ▶ rodzajów zastosowanych osłon przed promieniowaniem jonizującym,
- ▶ stosowanych metod pomiarowych i kontrolnych,

- ▶ dobrej organizacji pracy i sumienności pracowników.

W pracy podjęto próbę odpowiedzi na następujące pytania:

- czy wzrost liczby pacjentów oraz aktywności spowoduje proporcjonalny wzrost dawek pochłoniętych oraz wchłonięć,
- czy lepsze wyposażenie Zakładu Medycyny Nuklearnej zrów-



Fot. 1. Część terapeutyczna ZMNIEO

The occupation exposure of the personnel of the Department of Nuclear Medicine depends on the type of isotopes used, their radioactivity, the equipment quality and the proper work organization, as well as on the appropriate measurement and control methods.

Due to the development and modernization of the Department of Nuclear Medicine and Endocrinology of the Institute of Oncology in Gliwice the bed resources increased threefold and the average activity applied per week raised up to ca. 3 Ci. The following question were answered here:

– will the larger number of patients and the activity used cause the proportional increase in the absorbed doses and uptakes,

– will the better equipment of the Department (the measurement, dosimetric and protective equipment, one- and two-person rooms with their own sanitary unit, under-pressure system of radioactive wastes decontamination) balance the increase in activity enabling the absorbed dose to stay at the same level.

The measurements and the results analysis revealed that, the absorbed doses and uptakes increased slightly, however their increase is less pronounced than that of the activity itself.

Owing to the improvement of department equipment the impact of the increased number of patients treated and the greater activity applied was balanced and the doses absorbed by the personnel remained at the same level.

Key words: ionization radiation, absorbed dose, dose limit, radiation protection.

noważy wzrost aktywności i liczby pacjentów i dawki pozostaną na tym samym poziomie.

Dobrym przykładem do powyższych rozważań jest Zakład Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej, Centrum Onkologii w Gliwicach, który na przełomie roku 2000 i 2001 przeszedł szereg zmian strukturalnych (w aspekcie budowlanym) i organizacyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Zakład Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej, Centrum Onkologii w Gliwicach stosuje w chwili obecnej szeroką gamę izotopów promieniotwórczych, zarówno w celach diagnostycznych (diagnostyka obrazowa oraz radioimmunologia), jak i terapeutycznych. Tab. 1. przedstawia wykaz stosowanych izotopów oraz aktywność aplikowanych porcji.

Jednak największe narażenie na promieniowanie jonizujące pochodzi od terapeutycznych dawek izotopu I-131. Do lipca 2000 r. w ZMNIEO wykonywano 6 leczeń tygodniowo, przy podawanym średnio 1 Ci I-131. Od lutego 2001 r. w ZMNIEO wykonuje się ok. 20 leczeń tygodniowo, przy podawanych średnio 3 Ci I-131.

Poza zmianą ilości oraz rodzaju stosowanych izotopów promieniotwórczych, ZMNIEO przeszedł w czasie przebudowy znaczące zmiany strukturalne. W chwili obecnej w Zakładzie zostały wyodrębnione dwie niezależne części: diagnostyczna oraz terapeutyczna (fot. 2.).

Część diagnostyczna zlokalizowana została na dwóch poziomach budowlanych. W przyziemiu znajduje się szereg pomieszczeń magazynowych. Są tam m.in.: magazyn izotopów promieniotwórczych, magazyn odpadów stałych i odpadów ciekłych. Na pierwszym piętrze rozmieszczono 2 pracow-

nie diagnostyczne, pracownię scyntygrafii oraz pracownię radioimmunologii. Na terenie pracowni scyntygrafii znajdują się 3 pomieszczenia gamma kamer (gamma kamera Multispect 2, E. CAM-duet, Nucline TH 45), laboratorium gorące wyposażone w komorę rękawicową (fot. 3.), pokój aplikacji (fot. 4.), WC podłączone do zbiorników retencyjnych oraz poczekalnie chorych, którym podano radiofarmaceutyk.

Część terapeutyczną (oddział terapii izotopowej) zlokalizowano na trzech poziomach budowlanych. W przyziemiu znajduje się szereg magazynów izotopowych, w tym również pomieszczenie sterownicze dla podciśnieniowego systemu dekontaminacji ścieków radioaktywnych firmy Roediger (fot. 5.).

Poziom wysokiego parteru zorganizowano jako punkt przyjęcia pacjenta. Są tam m.in.: rejestracje, gabinety lekarskie, laboratorium izotopowe oraz sala leczeń ambulatoryjnych.

Pierwsze piętro stanowi docelowy oddział terapeutyczny, w którym wystąpiły najistotniejsze zmiany, polegające na: zwiększeniu liczby sal chorych, zainstalowaniu najnowocześniejszego systemu dekontaminacji ścieków radioaktywnych oraz poprawieniu stanu ochrony radiologicznej za pomocą dodatkowych osłon. Najlepiej obrazuje to tab. 2.

Przy tak dużej ilości stosowanych izotopów oraz ich aktywności, bardzo ważną rolę odgrywa prowadzona w danym Zakładzie Medycyny Nuklearnej dozymetria indywidualna i środowiskowa.

W ZMNIEO stosowane są następujące metody kontroli skażeń:

- ▶ bramki dozymetryczne (fot. 6.),
- ▶ mierniki skażeń powierzchniowych (fot. 7.),

Tab. 1. Wykaz izotopów promieniotwórczych stosowanych w ZMNIEO

I-131	terapia (5–30; 30–200 mCi)	Tc-99m	diagnostyka (2–20 mCi)
	diagnostyka (0,054–3,2 mCi)	In-111m	diagnostyka (5–7 mCi)
I-125	terapia (40–60 mCi)	Ga-67	diagnostyka (2,5–10 mCi)
	radioimmunologia (1,2–500 µCi)	C-14	radioimmunologia (0,1–1,0 µCi)
Sm-153	terapia (1 mCi/kg)	P-32	radioimmunologia (5–50 µCi)
Y-90	terapia (50–100 mCi)	S-35	radioimmunologia (5–50 µCi)
Sr-89	terapia (3–4 mCi)	H-3	radioimmunologia (5–50 µCi)



Fot. 2. Struktura budowlana Zakładu Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej

Tab. 2. Oddział terapii izotopowej ZMNIEO przed i po modernizacji

	Przed modernizacją	Po modernizacji
sale chorych	4 jednoosobowe	7 jednoosobowych 4 dwuosobowe 4 trzyosobowe
zbiórka moczu	wspólna toaleta (zlewnia moczu)	każda sala wyposażona we własny węzeł sanitarny (WC, umywalka, prysznic)
ruch pacjenta	wyjście pacjenta na korytarz	zakaz opuszczania sal
laboratorium gorące	wyciąg chemiczny	komory do jodowania
kanalizacja	kanalizacja grawitacyjna połączona ze zbiornikami retencyjnymi	podciśnieniowy system dekontaminacji ścieków radioaktywnych firmy Roediger
zbiorniki retencyjne	4 zbiorniki po 1,5 m ³ (sumarycznie 6 m ³)	4 zbiorniki po 45 m ³ 2 zbiorniki po 15 m ³ (sumarycznie 210 m ³)
obsługa odstoinków	ręczna bezpośredni kontakt z aktywnością skumulowaną we wszystkich zbiornikach	automatyczna kontakt ze ściekami w trakcie przekazu do odstoinków umieszczonych na zewnątrz budynku

Tab. 3. Wykaz dawek pochłoniętych oraz wchłonięć

Metoda pomiarowa	Przed modernizacją		Po modernizacji	
	dawka	dawka/1Ci	dawka	dawka/1Ci
dozymetry fotometryczne	0,6 mSv/kw.	0,6 mSv/kw.	0,7 mSv/kw.	0,23 mSv/kw.
dozymetry termoluminescencyjne	6,0 mSv/kw.	6,0 mSv/kw.	9,0 mSv/kw.	3,0 mSv/kw.
wchłonięcie jodu	<0,4 μCi/kw.	<0,4 μCi/kw.	<0,6 μCi/kw.	<0,2 μCi/kw.

- ▀ mierniki mocy dawki (fot. 8.),
- ▀ licznik testów wymazowych,
- ▀ miernik skażeń powietrza,

Natomiast do kontroli indywidualnej stosowane są:

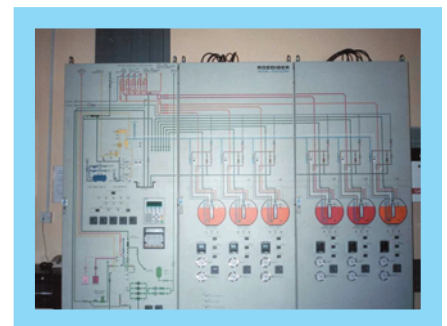
- ▀ dozymetry fotometryczne (błony dozymetryczne), fot. 9.,
- ▀ dozymetry termoluminescencyjne (dozymetry pierścienkowe), fot. 10.,
- ▀ pomiar jodochwytności nad tarczycą (fot. 11.).

WYNIKI

Otrzymane dawki pochłonięte określone metodą fotometryczną,

termoluminescencyjną oraz pomiarem jodochwytności dla najbardziej narażonej grupy pracowników (techników) w pierwszym półroczu bieżącego roku (po rozbudowie i modernizacji Zakładu) przedstawione w tab. 3. wykazują, iż mamy do czynienia z niewielkim wzrostem dawek pochłoniętych i wchłonięć. Natomiast dawki te w odniesieniu do stosowanej aktywności (dawka/Ci) są ok. 2 razy mniejsze.

Pomiary te wykazują wyraźną korelację pomiędzy dawkami otrzymanymi przez całe ciało, określanymi metodą fotometryczną,

**Fot. 3. Komora do jodowania****Fot. 4. Pokój aplikacji****Fot. 5. Szafa sterownicza systemu dekontaminacji firmy Roediger****Fot. 6. Bramka dozymetryczna**

a dawkami otrzymanymi przez ręce, określonymi metodą termoluminescencyjną.

Pozostali pracownicy Zakładu tylko w sporadycznych przypadkach przekraczają próg detekcji we wszystkich systemach pomiarowych.



Fot. 7. Miernik skażeń powierzchniowych



Fot. 9. Dozometr fotometryczny



Fot. 8. Miernik mocy dawki



Fot. 10. Dozometr termoluminescencyjny



Fot. 11. Zestaw do pomiaru jodochwytności

nie tematem oraz okazaną życzliwość. Kolegom fizykom za pomoc w przygotowaniu zaprezentowanych rycin.

PIŚMIENNICTWO

1. *Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna*. Państwowa Agencja Atomistyki, Warszawa 1990.
2. *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources*. IAEA, Wiena 1996.
3. Lambrinow N, Etmańska A, Orlef A. *Współczesna Onkologia* 2000; vol. 4; 6: 265-6.

ADRES DO KORESPONDENCJI

mgr Aleksandra Etmańska
Zakład Medycyny Nuklearnej
i Endokrynologii Onkologicznej
Centrum Onkologii – Instytut
im. M. Skłodowskiej-Curie
ul. Wybrzeże Armii Krajowej 15
44-101 Gliwice
tel. (032) 278 93 21, 278 93 30
faks (032) 278 93 25
e-mail: etmanska@io.gliwice.pl

OMÓWIENIE WNIOSKÓW

Po wykonanych pomiarach i analizie wyników stwierdzono, że wystąpiło niewielkie zwiększenie dawek pochłoniętych oraz wchłonięć, aczkolwiek zwiększenie to nie jest wprost proporcjonalne do wzrostu aktywności, ale jest mniejsze.

Podziękowania

Pragniemy w tym miejscu bardzo serdecznie podziękować kierownikowi Zakładu Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej Pani prof. dr hab. med. Barbarze Jarzab za zainteresowa-