

Maria Anna Staniszevska¹
 Tamara Kilian²
 Marzanna Obrzut³

NARAŻENIE PACJENTÓW JAKO JEDNO Z KRYTERIÓW UZASADNIENIA EKSPOZYCJI W BADANIACH RADIOIZOTOPOWYCH (*IN VIVO*)

EXPOSURE OF PATIENTS AS A CRITERION JUSTIFYING RADIOISOTOPE EXAMINATIONS (*IN VIVO*)

¹ Z Zakładu Ochrony Radiologicznej

Institutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

Kierownik zakładu: prof. dr hab. J. Jankowski

² Z Zakładu Medycyny Nuklearnej

Świętokrzyskiego Centrum Onkologii w Kielcach

Kierownik zakładu: dr n. przyr., lek. med. D. Kowalski

³ Z Zakładu Radiologii i Diagnostyki Obrazowej

Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Rzeszowie

Kierownik zakładu: lek. med. J. Homa

STRESZCZENIE Narażenie pacjentów jest nieuniknionym następstwem diagnostycznych i terapeutycznych zastosowań promieniowania jonizującego, czyli tzw. ekspozycji medycznych, której jednym z rodzajów są badania radioizotopowe *in vivo*. W niniejszej pracy przedstawiono ocenę diagnostycznych badań radioizotopowych *in vivo* jako źródła narażenia dla pacjentów w porównaniu z diagnostyką rentgenowską (rtg) jako najpowszechniejszym rodzajem ekspozycji medycznych oraz metodami diagnostycznymi wykorzystującymi inne niż promieniowanie jonizujące czynniki fizyczne (ultradźwięki, pole magnetyczne).

Zestawienie tych informacji ma dostarczyć argumentów do racjonalnych rozstrzygnięć o wyborze metody diagnostycznej, w sytuacji, gdy kilka metod jest dostępnych i wybór taki istnieje.

Na podstawie szczegółowych danych jakie zebrano w 21 pracowniach oszacowano częstość badań radioizotopowych w Polsce w latach 1998–2000 na ok. 3 badania w przeliczeniu na 1000 mieszkańców. Najczęściej wykonywane są badania tarczycy, kośćca i serca.

W oparciu o zgromadzone informacje i dane z piśmiennictwa obliczono średnią dawkę przypadającą na jednego mieszkańca Polski; wartości te wynoszą odpowiednio:

- średnia dawka efektywna na jedno badanie 9,6 mSv,
- średnia dawka efektywna na jednego mieszkańca 0,033 mSv.

Należy zaznaczyć, iż poza badaniami tarczycy przy użyciu ¹³¹I (16% w ogólnej liczbie badań) pozostałe badania powodują średnią dawkę efektywną równą zaledwie 2,2 mSv.

Na zakończenie pracy przedstawiono zestawienie danych o narażeniu pacjentów w badaniach radioizotopowych i innych metodach diagnostycznych, wskazując, iż wiele badań radioizotopowych dostarcza cennych informacji diagnostycznych, niemożliwych do uzyskania innymi metodami przy relatywnie niskim poziomie dawek efektywnych otrzymywanych przez pacjentów. Med. Pr. 2002, 53, 5, 381–386

SŁOWA KLUCZOWE: promieniowanie jonizujące, badania radioizotopowe, dawka średnia efektywna, diagnostyka rentgenowska

ABSTRACT Exposure of patients, known as medical exposure, is an inevitable consequence of the diagnostic and therapeutic application of ionizing radiation. This includes among others radioisotope examination *in vivo*. The authors evaluate diagnostic radioisotope examinations *in vivo*, as an artificial source of patients' exposure, in comparison with radiological diagnostics, the most common type of medical exposure, and diagnostic methods, employing physical agents other than ionizing radiation (ultrasound, magnetic field).

It is expected that the results of the evaluation will provide the justifying grounds for a sensible choice of a diagnostic method among those available.

On the basis of the precise data collected in 21 laboratories, the frequency of radioisotope examinations during the years 1998–2000 was estimated at about three per 1000 inhabitants.

It was found that the examination of the thyroid gland, skeleton and heart were performed most frequently. The information gathered and the literature data helped to calculate an average dose per one inhabitant of Poland. The values are as follows:

- average effective dose per one examination - 9.6 mSv;
- average effective dose per one inhabitant - 0.033 mSv.

It should be stressed that apart from the examinations of the thyroid gland performed with use of ¹³¹I (16% of the total number of examinations), the average effective dose received by patients during other examinations is equal to only 2.2 mSv.

Finally, the authors present the data on patients' exposure during radioisotope examinations and diagnostic examinations employing other methods. They indicate that many radioisotope examinations provide valuable diagnostic information that could not be obtained by means of other methods. Moreover, these examinations involve relatively low levels of effective doses received by patients. Med Pr 2002, 53, 5, 381–386

KEY WORDS: ionizing radiation, radioisotope examinations, average effective dose, radiological diagnostics

WSTĘP

Ograniczenie narażenia pacjentów na promieniowanie jonizujące jest od wielu lat celem działań podejmowanych przez specjalistów ochrony radiologicznej w krajach Wspólnoty Europejskiej i USA. Narażenie to jest nieuniknionym następstwem diagnostycznych i terapeutycznych zastosowań promieniowania jonizującego, czyli tzw. ekspozycji medycznych.

Niemówność – wręcz irracjonalność – limitowania dawek otrzymywanych przez pacjentów sprawia, iż szczególnego znaczenia nabiera konieczność uzasadnienia w przypadku tego rodzaju ekspozycji, choć jest to jedna z generalnych zasad ochrony radiologicznej odnosząca się do wszelkich działań związanych z wykorzystaniem promieniowania jonizującego. Uzasadnienie to oznacza przede wszystkim prze-

wagę korzyści wynikających z wykonania ekspozycji nad związanym z nią ryzykiem spowodowania uszczerbku zdrowia pacjenta.

Innymi słowy – metody diagnostyczne oparte na wykorzystaniu promieniowania jonizującego powinny być stosowane wyjątkowo rozważnie – tak, aby korzyść w postaci postępu w leczeniu pacjenta rekompensowała ryzyko negatywnych następstw zdrowotnych. (Problem radioterapii jest tu świadomie pomijany, ponieważ uzasadnieniem ekspozycji jest zagrożenie życia pacjenta.) Jeśli istnieje możliwość wyboru pomiędzy kilkoma metodami diagnostycznymi, to w pierwszej kolejności powinny być wykorzystywane te, które nie obciążają pacjenta ryzykiem następstw zdrowotnych, a gwarantują poprawną i użyteczną informację. Nie powinny to być zatem metody oparte na wykorzystaniu promieniowania jonizującego. Jeśli jednak ekspozycja na promieniowanie jonizujące jest konieczna, to wówczas jednym z kryteriów wyboru metody diagnostycznej powinien być poziom narażenia pacjenta, wyrażony wartością dawki efektywnej, możliwej do otrzymania w trakcie planowanego badania.

Diagnostyczne zastosowania promieniowania jonizującego, to przede wszystkim rentgenodiagnostyka i medycyna nuklearna, a ściślej – diagnostyczne badania radioizotopowe *in vivo*.

Rentgenodiagnostyka – jako metoda starsza, prostsza i tańsza jest o wiele popularniejsza i łatwiej dostępna, przynajmniej w swej najczęściej stosowanej, konwencjonalnej formie, tj. zdjęciach rentgenowskich (rtg) klatki piersiowej, kręgosłupa, kończyn, itd. Popularność i dostępność tych badań sprawia, iż są one bardzo często wykorzystywane bez rozważenia ich uzasadnienia. Przepisy prawne dotychczas obowiązujące w Polsce pozwalają je wykonywać także na zlecenie samego pacjenta (wówczas jest to odpłatne). Bardziej rozważnie wykonywane są specjalistyczne badania rtg, tj. angiografie i tomografia komputerowa, choć rozważa ta nie zawsze wynika z chęci ograniczenia narażenia pacjenta na promieniowanie rtg.

Obrazowanie przy użyciu promieniowania rtg pozwala na uwidocznienie przestrzennego rozkładu gęstości badanego obiektu, a dokładniej – rozmieszczenia w nim makroskopowych struktur absorbujących promieniowanie. Wiązka promieniowania przechodzi przez ciało pacjenta, czyli ma miejsce ekspozycja zewnętrzna. Uwidaczniany jest obraz badanego narządu na tle otaczających go struktur anatomicznych.

W odróżnieniu od metod rtg – medycyna nuklearna daje możliwość badania sprawności czynnościowej, czy przebiegu określonych procesów fizjologicznych, przebiegających w układach, narządach, czy wręcz komórkach organizmu pacjenta. Podczas diagnostycznych badań radioizotopowych *in vivo*, jako najczęściej stosowanych procedur medycyny nuklearnej, do organizmu pacjenta wprowadzony zostaje radiofarmaceutyk, tj. związek chemiczny znakowany izotopem promieniotwórczym, wykazujący powinowactwo do określonych struktur lub substancji, znajdujących się w organizmie pacjenta, dzięki czemu możliwe jest wprowadzenie izotopu

promieniotwórczego, do tych ośrodków. Umieszczenie detektora promieniowania jonizującego nad obszarem ciała pacjenta, do którego wprowadzony został izotop promieniotwórczy pozwala na wizualizację fizjologicznych struktur, do których wprowadzony został radiofarmaceutyk. Tym samym – w zależności od radiofarmaceutyku jaki został wprowadzony do ustroju – możliwe jest zbadanie określonego procesu, przy czym może to być jeden z wielu możliwych, zachodzących w analizowanym elemencie organizmu. Uwidocznione zostają przy tym zarysy narządu, lecz zazwyczaj bez otaczających go struktur anatomicznych, co uniemożliwia precyzyjne ustalenie położenia badanego elementu względem sąsiadujących z nim struktur.

Niezależnie od rodzaju zastosowanego radiofarmaceutyku pacjent poddany badaniu radioizotopowemu *in vivo* staje się źródłem promieniowania jonizującego zarówno dla siebie, jak i swego otoczenia od momentu podania kompleksu do czasu jego wydalenia z organizmu.

Wykonywanie badań radioizotopowych może odbywać się jedynie w ośrodkach wyposażonych w specjalistyczną, kosztowną aparaturę, zatrudniających odpowiednio wykwalifikowany personel oraz odpowiednio zabezpieczonych i nadzorowanych. W odróżnieniu od badań rentgenowskich (rtg) nie wykonuje się tego rodzaju badań bez skierowań, „na życzenie pacjenta”.

Można zaryzykować stwierdzenie, iż w zestawieniu z badaniami rtg (zwłaszcza konwencjonalnymi) badania radioizotopowe *in vivo* są metodą diagnostyczną o wyższym poziomie wybiórczości: aby wybrać właściwe badanie trzeba mieć dobre rozeznanie kliniczne, a wynik badania ma potwierdzić lub odrzucić konkretną diagnozę. Tym samym wybór metody badania radioizotopowego automatycznie niejako wymusza realizację zasady „uzasadnienia ekspozycji”.

Wymienione wyżej cechy badań radioizotopowych sprawiają, iż ich częstość nawet w krajach zamożnych jest wielokrotnie (blisko 100-krotnie) niższa od częstości badań rtg (1).

Zagadnienie narażenia spowodowanego badaniami rtg było wielokrotnie dyskutowane i wydaje się lepiej znane i rozumiane.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie diagnostycznych badań radioizotopowych *in vivo*, jako źródła narażenia pacjentów w porównaniu z diagnostyką rtg jako najpowszechniejszym rodzajem ekspozycji medycznych oraz metodami diagnostycznymi, wykorzystującymi inne niż promieniowanie jonizujące czynniki fizyczne (ultradźwięki, pole magnetyczne).

Zestawienie tych informacji ma dostarczyć argumentów dla racjonalnych rozstrzygnięć o wyborze metody diagnostycznej, w sytuacji, gdy kilka metod jest dostępnych i wybór taki istnieje.

MATERIAŁ I METODY

Dane dotyczące badań radioizotopowych zbierane były wg ustalonego schematu. Rejestrowane były wszystkie badania

wykonane w 1998 r. w danej pracowni medycyny nuklearnej, z uwzględnieniem:

- określenia badanego narządu (układu),
- rodzaju podanego radiofarmaceutyku,
- rodzaju i aktywności izotopu promieniotwórczego, którym radiofarmaceutyk był znakowany,
- wieku i płci badanego pacjenta.

Ponadto odnotowywane były ogólne liczby badań wykonanych w danej pracowni w ciągu 1999 r. oraz w roku 2000.

Zgromadzone dane były następnie archiwizowane i przetwarzane przy użyciu specjalnie do tego celu napisanego bloku oprogramowania.

Na podstawie uzyskanych w ten sposób rezultatów określono:

- a) odsetek poszczególnych rodzajów procedur diagnostycznych w ogólnej liczbie badań,
- b) rozkład wieku pacjentów oraz udział obu płci w ogólnej liczbie badań,

c) oszacowano dawki efektywne otrzymywane przez pacjentów podczas poszczególnych rodzajów procedur diagnostycznych,

d) oszacowano przeciętną dawkę efektywną w przeliczeniu na jedno badanie i porównano ją z wartościami analogicznego wskaźnika w innych krajach.

Dawki efektywne oszacowano na podstawie zaczerpniętych z piśmiennictwa danych o biodystrybucji i biokinetyce używanych w Polsce radiofarmaceutyków oraz zgromadzonych danych o aktywnościach aplikowanych w naszych pracowniach.

Wykorzystano w tym celu zestawienie wartości dawek efektywnych w przeliczeniu na jednostkę aktywności podawanej pacjentowi (w mSv/MBq), które podane zostały w Publ. No. 80 ICRP (2), a obliczone przy uwzględnieniu czynników wagowych podanych w Publ. No. 60 ICRP (3).

Tabela I. Struktura badań radioizotopowych w Polsce w latach 1998–2000

Table I. The structure of radioisotope examinations in Poland, 1998–2000

Rodzaj badania Type of examination	Izotop Isotope	Przeciętna aktywność Average activity MBq	% ogólnej liczby badań % total number of examinations
Scyntygrafia kośćca Skeleton scintigraphy	^{99m}Tc	560–740	19,79
Scyntyntygrafia nerek: Kidney scintigraphy:			
- statyczna - static	^{99m}Tc	300	1,28
- dynamiczna - dynamic	^{99m}Tc	370	10,02
Scyntygrafia wątroby: Liver scintigraphy:			
- statyczna - static	^{99m}Tc	190–220	1,72
- dynamiczna - dynamic	^{99m}Tc	190	3,49
Perfuzyjna scyntygrafia płuc Perfusion scintigraphy of lungs	^{99m}Tc	260–330	4,85
Scyntygrafia serca: Heart scintigraphy:			
- spoczynkowo-wysiłkowa - rest-exercise	^{99m}Tc	740	8,83
- bramka - gate	^{99m}Tc	740	0,90
- statyczna - static	^{201}Tl	40	0,40
Scyntygrafia mózgu Brain scintigraphy	^{99m}Tc	740–1000	1,81
Scyntygrafia tarczycy: Thyroid gland scintigraphy:			
NaI	^{131}I	4	15,71
TcO ₄ ⁻	^{99m}Tc	100	26,21
Scyntygrafia całego ciała Whole body scintigraphy	^{131}I	75	2,60
Wymienione badania łącznie Total	-	-	97,61

Tabela II. Wyniki oszacowania przeciętnej wartości dawki efektywnej
Table II. Estimated values of average effective dose

Rodzaj badania Type of examination	% ogólnej liczby zarejestrowanych badań % total number of registered examinations	Przeciętna aktywność podawana Average activity given MBq	Dawka efektywna w przeliczeniu na jednostkę aktywności podawanej Effective dose per activity unit mSv/MBq (2,6)	Oszacowana dawka efektywna Estimated effective dose mSv
Scyntygrafia kośćca Skeleton scintigraphy (MDP + ^{99m} Tc)	18	740	$5,7 \cdot 10^{-3}$	3
Dynamiczna scyntygrafia nerek Dynamic scintigraphy of kidneys (DTPA + ^{99m} Tc)	10	370	$4,9 \cdot 10^{-3}$	1,8
Spoczynkowo-wysiłkowa scyntygrafia serca Heart scintigraphy rest-exercise (MIBI + ^{99m} Tc)	9	740	$9 \cdot 10^{-3}$	4,9
Scyntygrafia tarczycy Thyroid gland scintigraphy (NaI + ¹³¹ I)	16	4	$1,5 \cdot 10^{+1}$	60
Scyntygrafia tarczycy Thyroid scintigraphy (TcO ₄ ⁻ + ^{99m} Tc)	26	110	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,5
Dynamiczna scyntygrafia wątroby i dróg żółciowych Dynamic scintigraphy of liver and bile ducts (HEPIDA + ^{99m} Tc)	3,5	190	$1,7 \cdot 10^{-2}$	3,2
Perfuzyjna scyntygrafia płuc Perfusion scintigraphy of lungs (MAA + ^{99m} Tc)	4,5	300	$1,1 \cdot 10^{-2}$	3,3

WYNIKI

Szczegółowy spis badań radioizotopowych przeprowadzono w 21 zakładach medycyny nuklearnej w Polsce. (Według raportu opublikowanego przez Krajowego Konsultanta ds. Medycyny Nuklearnej (4) zgromadzono w ten sposób informacje z blisko 50% zakładów działających w 2000 roku w Polsce). Dla oszacowania wskaźników narażenia populacji spowodowanego badaniami radioizotopowymi *in vivo* wyniki uzyskane dla 21 zakładów ekstrapolowano na ogólną ich liczbę (4). W ten sposób oszacowana liczba badań radioizotopowych wykonanych w 1998 r. wynosi ok. 133 tysiące, co odpowiada częstości 3,4 badania w przeliczeniu na 1000 mieszkańców (5).

Strukturę badań wykonanych w latach 1998–2000 przedstawiono w tabeli I.

Zgromadzone wyniki w połączeniu z danymi z piśmiennictwa (2,6) wykorzystano do oszacowania wskaźników narażenia polskiej populacji w następstwie badań radioizotopowych *in vivo*. W ocenie tej uwzględniono częściej wykonywane rodzaje badań, które łącznie stanowią 87% ogółu badań radioizotopowych wykonanych w 1998 r. w Polsce.

Rezultaty oszacowania przedstawiono w tabeli II.

Na podstawie przedstawionego wyżej oszacowania dokonano także oceny średniej dawki efektywnej w przeliczeniu na jedno badanie radioizotopowe *in vivo*, oraz obliczono

średnią dawkę przypadającą na jednego mieszkańca Polski; wartości te wynoszą odpowiednio:

- średnia dawka efektywna na jedno badanie 9,6 mSv,
- średnia dawka efektywna na jednego mieszkańca 0,033 mSv.

Należy zaznaczyć, iż poza badaniami tarczycy przy użyciu ¹³¹I (16% w ogólnej liczbie badań) pozostałe badania (spośród wymienionych w tabeli II) powodują średnią dawkę efektywną równą zaledwie 2,2 mSv.

Zestawienie danych o narażeniu pacjentów w badaniach radioizotopowych i innych metodach diagnostycznych przedstawiono w tabeli III.

WNIOSKI

1. Przedstawione rezultaty oceny badań radioizotopowych jako źródła narażenia polskiej populacji na promieniowanie jonizujące wskazują, iż jedynym badaniem powodującym otrzymanie wysokich dawek przez pacjentów jest scyntygrafia tarczycy wykonywana po podaniu NaI(¹³¹I). Inne badania – wykonywane po podaniu kompleksów z ^{99m}Tc – powodują dawki nie większe niż np. rentgenowskie zdjęcia kręgosłupa, natomiast wiele z nich dostarcza cennych informacji diagnostycznych, niemożliwych do uzyskania innymi metodami.

2. Szczególnie cenne zalety ma badanie radioizotopowe kośćca, dzięki któremu możliwe jest uwidocznienie patologii

Tabela III. Zestawienie najczęściej wykonywanych badań radioizotopowych z innymi metodami dającymi zbliżoną informację diagnostyczną
Table III. Comparison of most frequently performed radioisotope examinations with other methods providing similar diagnostic information

Badany narząd (układ) Organ/system examined	Wskazania Indications	Przeciętna dawka efektywna w badaniu radioizotopowym Average effective dose in radioisotope examination mSv	Inne metody dające zbliżoną informację diagnostyczną Other methods providing similar	Przeciętna dawka efektywna w badaniu inną metodą (7) Average effective dose information using other methods (7) mSv
Tarczycy Thyroid gland	Zaburzenia hormonalnej czynności tarczycy Disorders of hormonal activity of thyroid gland	60	≈ USG + badania hormonalne ≈ USG + hormonal examinations	0
	Zmiany morfologiczne (określenie rozmiaru i kształtu) gruczołu tarczowego Morphological changes (assessment of the size and shape) of thyroid gland	1,5	1) USG 2) CT szyi 2) CT of neck 3) NMR 3) MRI	0 1-2 0
Kości Bones	Patologiczne zmiany struktury kości: zmiany zapalne we wczesnych stadiach, nowotwory pierwotne i przerzuty z tkanek miękkich. Długotrwałe dolegliwości bólowe bez wyraźnych przyczyn. Pathology of bone structure: inflammation in early stages, primary neoplasms and metastases from soft tissues. Chronic pains without explicit causes	3	1) Zdjęcia rtg poszczególnych elementów kośćca: 1) X-ray of individual skeleton segments: - cały kręgosłup - spine - czaszka - skull - miednica - pelvis - nogi - legs - ręce - hands 2) 2-fazowe CT 2) Two-phase CT 3) NMR 3) MRI	8-11 0-1 1-2 0,5 <0,1 ≈ 15-20 0
			Koronarografia rtg Coronagraphy X-ray	2-10
Serce Heart	Badanie dynamiczne (angiokardiografia radioizotopowa): wady, uszkodzenia, tętniaki, uczulenie na kontrast rtg Dynamic examinations (radioisotope angiocardiology): defects, damages, aneurysm, allergy to X-ray contrast	5		
Wątroba Liver	1) Badanie statyczne : ocena wielkości, kształtu i położenia wątroby; podejrzenie zmian ogniskowych 1) Static examination: assessment of the size, shape and position of the liver, suspected focal lesion	1	1) USG - CT nadbrzusza 1-fazowe - CT of epigastrium one- phase - NMR - MRI	0 5-7 0
	2) Badanie dynamiczne: zaburzenia wydalania żółci, choroby metaboliczne przebiegające z uszkodzeniem wątroby, nowotwory, wady wrodzone 2) Dynamic examination: disorders of bile excretion metabolic diseases with liver damage, neoplasms, congenital malformations	3	2) ERCP rtg 2) ERCP X-ray - cholangiografia rtg - cholangiography X-ray - CT nadbrzusza 2-fazowe - CT of epigastrium two- phase	3-5 3-5 5-10 7-10
Nerki Kidneys	1) Badanie statyczne: ocena wielkości, kształtu i położenia nerek oraz poziomu tła pozanerkowego 1) Static examination: assessment of the size, shape and position of kidneys and the level of extrarenal background	2	1) USG - CT nerek 1-fazowe - kidney CT, one-phase - NMR - MRI	0 3 0
	2) Badanie dynamiczne: ocena sprawności wydzielniczej nerek 2) Dynamic examination: assessment of renal excretion efficiency	3	2) Urografia rtg 2) Urography X-ray - CT nerek 2-fazowe - kidney CT, two-phase	3-5 5-7

niedających się w pełni zobrazować innymi metodami diagnostycznymi.

3. Porównanie różnych metod obrazowania (rtg, USG, CT i NMR) ze względu na oszczędność dawki otrzywanej przez pacjenta dowodzi znacznej przewagi metod radioizotopowych.

4. Porównanie uzyskanych wyników z danymi dotyczącymi medycyny nuklearnej w innych krajach, które opublikowano w najnowszej edycji Raportu Komitetu Naukowego ONZ wskazuje na niską częstość tych badań w Polsce: 3,4 na 1000 mieszkańców wobec średniej na świecie 6 na 1000, a 19 na 1000 w krajach zaliczonych do I poziomu opieki zdrowotnej.

PIŚMIENNICTWO

1. UNSCEAR Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York 2000.

2. ICRP Publication 80: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP 53. Ann. ICRP 1998, 28, 3.
3. ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann. ICRP 1991, 21, 1-3.
4. Królicki L., Teresińska A.: Stan obecny i perspektywy rozwoju medycyny nuklearnej w Polsce. Probl. Med. Nukl. 2001, 15, 29, 5-12.
5. Rocznik Statystyczny Demografii. GUS, Warszawa 1999.
6. ICRP Publication 53: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. Ann. ICRP 1987, 18, 1-4.

Adres I autorki: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: mastan@imp.lodz.pl

Nadesłano: 30.09.2002

Zatwierdzono: 15.10.2002