

BOHDAN GORZKOWSKI, LECH SOBOCIŃSKI

OCENA RETENCJI RADIOCEZU W WYBRANYCH TKANKACH I NARZĄDACH WEWNĘTRZNYCH SZCZURA*

EVALUATION OF RADIOCESIUM RETENTION IN SELECTED TISSUES AND INTERNAL ORGANS OF THE RAT

Z Zakładu Ochrony Radiologicznej i Radiobiologii Państwowego Zakładu Higieny
Kierownik: prof. dr hab. med. *T. Majle*

Mierzono aktywność właściwą radiocezu w mięśniu udowym, sercu, wątrobie i mózgu szczura w czasie 14 dni od chwili skażenia. Oznaczano wpływ jonowymieniacza nieorganicznego na zmianę retencji radiocezu w poszczególnych narządach.

Awaria elektrowni atomowej w Czarnobylu w kwietniu 1986 r. uaktualniła problemy skażeń wewnętrznych radionuklidami – ludzi, zwierząt oraz produktów spożywczych [1, 2, 5, 12].

Cez należy do pierwszej grupy metali alkalicznych i jego metabolizm jest analogiczny do potasu. Związki cezu są dobrze rozpuszczalne w wodzie. Poprzez łańcuch pokarmowy rośliny – zwierzęta, pierwiastek ten dostaje się do produktów spożywczych. W ok. 50% cez magazynowany jest w tkance mięśniowej ssaków. Okres półtrwania radiocezu w organizmie ssaków jest dość długi np. u szczurów wynosi od 7–9 dni, a u ludzi od 50–150 dni [4]. Cez wydalany jest w przeważającej ilości z moczem. Około 10% cezu wydala się z kałem. Znaczne ilości cezu mogą wydalać się w okresie laktacji z mlekiem [13].

W detoksykacji skażonych radiocezem organizmów znaczną przydatność wykazują jonowymieniacze [6]. Szczególnie dużą zdolność wiązania radiocezu wykazują jonowymieniacze nieorganiczne [3, 7, 11]. Retencja cezu u ludzi jest zależna od płci, wieku i diety. Zawartość cezu (w imp./kg masy ciała) u dorosłych mężczyzn jest o około 50% wyższa niż u kobiet przy podaniu identycznych dawek izotopu [9, 10]. Tłumaczy się to różnymi ilościowymi proporcjami tkanek u obu płci. Kobiety posiadają więcej tkanki tłuszczowej, która wykazuje znacznie mniejsze powinowactwo do potasu i cezu, natomiast mężczyźni posiadają więcej tkanki mięśniowej, która ma większe powinowactwo do cezu. Zaobserwowano wpływ wieku zwierzęcia na poziom retencji cezu i stwierdzono, że wydalanie cezu jest szybsze u młodych ssaków [8].

W obecnej pracy określono powinowactwo cezu do wybranych narządów szczura w okresie 14 dni po skażeniu izotopem. Interwencję jonowymieniacza rozpoczynano z opóźnieniem dochodzącym do 4 dni od czasu skażenia. Określając ilościowo spadek retencji radiocezu pod wpływem jonowymieniacza oceniano trwałość wiązania jonu cezowego z białkami wybranych narządów.

* Praca wykonana w ramach CPRB 11.12

MATERIAŁY I METODYKA

Jonowymieniacz nieorganiczny – żelazocyjanek miedziowy pochodził z firmy Applied Research, Bruksela (Belgia). Roztwór $^{137}\text{CsCl}$ w 0,1M HNO_3 bez nośnika pochodził z IBJ (Polska). Radioaktywność tkanek mierzono licznikiem scyntylicyjnym *Packard 5260*.

Doświadczenia wykonywano na szczurach rasy Wistar o masie 180 (± 10 g), samcach. Zwierzęta karmiono w okresie adaptacji i doświadczeń *ad libitum*. Szczurom podawano dożołądkowo jednorazową dawkę $3,7 \times 10^4 \text{Bq } ^{137}\text{CsCl}$ w objętości 0,5 ml H_2O dest. Toksyczność cezu była nieistotna z powodu znikomego stężenia jego soli. Liczebność zwierząt we wszystkich grupach wynosiła 5 szczurów.

Jonowymieniacz zawieszony w wodzie podawano szczurom dożołądkowo w ilości 0,5 g o stałej porze (rano). Dodatkowo szczury otrzymywały wieczorem 1 g jonowymieniacza zmieszanego z paszą granulowaną (razem 1,5 g na dobę). Żelazocyjanek miedziowy stosowany był w poszczególnych grupach szczurów z opóźnieniem 1, 2 i 4 dobowym od chwili podania radiocezu. Jonowymieniacz jest nierozpuszczalny w wodzie oraz wodnych roztworach kwasów. Dodawany do pokarmu zwierząt nie resorbuje się z przewodu pokarmowego.

Szczury dekapitowano w narkozie eterowej. Wyreparowywano wycinek mięśnia udowego prawego, serce, wątrobę i mózg. Po oczyszczeniu od innych tkanek, usunięciu krwi przez wypłukanie w izotonicznym roztworze glukozy, osuszeniu bibułą, organy ważono i oznaczano aktywność właściwą radiocezu.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Największa aktywność właściwa cezu w mięśni udowym występowała po dwóch dobach od chwili jednorazowego podania radioizotopu (1.041 imp/g/min.) i utrzymywała się na zbliżonym poziomie przez dwie doby. Po czterech dobach następował powolny spadek aktywności i po 14 dniach obniżyła się ona do ok. 50% aktywności maksymalnej. Podawanie szczurom żelazocyjanku miedziowego powodowało znaczne zmniejszenie retencji radiocezu w mięśni udowym. Rozpoczęcie podawania jonowymieniacza po upływie jednej doby od podania cezu powodowało po 14 dniach obniżenie retencji do 10,7% w stosunku do maksymalnej zawartości cezu, która nastąpiła w drugim dniu eksperymentu. Rozpoczęcie podawania jonowymieniacza po 2 lub 4 dniach powodowało obniżenie retencji kolejno do 17,3% i 30,5% (tabela I). Wczesna interwencja jonowymieniacza znacznie zmniejszyła retencję cezu w mięśni. Mięśnie szkieletowe wykazują silne powinowactwo do cezu, ich udział w kumulacji tego izotopu u skażonych ssaków wynosi około 50% w stosunku do całego organizmu.

W mózgu szczyt aktywności cezu wystąpił, podobnie jak w mięśni udowym, po dwóch dobach od chwili podania tego pierwiastka (284 imp./g/min.) i stanowił prawie 4-krotnie mniejszą wartość w stosunku do mięśnia udowego. Spadek aktywności cezu w czasie przebiegał podobnie jak w mięśni udowym. Po 14 dniach aktywność cezu w mózgu obniżyła się do 41,5% aktywności maksymalnej. Stosowanie żelazocyjanku miedziowego po 1 dobie od podania cezu powodowało po 14 dniach obniżenie retencji do 11,6% wartości maksymalnej. Rozpoczęcie podawania jonowymieniacza po 2 lub 4 dniach powodowało obniżenie retencji kolejno do 13,0% i 32,4% (tabela II). Obniżenie retencji cezu w mózgu i mięśni udowym, pod wpływem jonowymieniacza, następowało podobnie w czasie 14 dni., co może świadczyć o podobnym powinowactwie i trwałości wiązania cezu do białek występujących w tych narządach. Duża zawartość lipidów w tkance mózgowej oraz niższa zawartość białek jest prawdopodobnie powodem ograniczonych możliwości wiązania cezu przez mózg.

Tabela I. Wpływ żelazocyjanku miedziowego na aktywność właściwą ^{137}Cs w mięśniu udowym
Jonowymieniacz stosowano z opóźnieniem 1, 2 i 4 dniowym po podaniu cezu.
Wyniki wyrażono w imp./g mokrej tkanki/min.
The effect of curpic ferrocyanide on specific activity of ^{137}Cs in the thigh muscle
Ion exchanger was administered 1, 2 and 4 days after contamination of ^{137}Cs .
The values of radioactivity in counts/g wet tissue /min.

Dni po podaniu ^{137}Cs	Kontrola	Opóźnienie podawania jonowymieniacza (dni)		
		1	2	4
1/2	998	998	998	998
1	1032	1032 *	1032	1032
2	1041	892	1041 *	1041
3	1028	816	942	1028
4	992	586	741	992 *
6	814	423	542	738
9	656	235	317	501
12	541	161	230	392
14	516	111	180	318

* – rozpoczęcie podawania jonowymieniacza

Tabela II. Wpływ żelazocyjanku miedziowego na aktywność właściwą ^{137}Cs w mózgu
Jonowymieniacz stosowano z opóźnieniem 1, 2 i 4 dniowym po podaniu cezu.
Wyniki wyrażono w imp./g mokrej tkanki/min.
The effect of curpic ferrocyanide on specific activity of ^{137}Cs in the brain
Ion exchanger was administered 1, 2 and 4 days after contamination of ^{137}Cs .
The values of radioactivity in counts/g wet tissue /min.

Dni po podaniu ^{137}Cs	Kontrola	Opóźnienie podawania jonowymieniacza (dni)		
		1	2	4
1/2	161	161	161	161
1	245	245 *	245	245
2	284	240	284 *	284
3	268	219	236	268
4	262	164	223	262 *
6	218	120	151	192
9	178	81	101	151
12	132	44	74	119
14	118	33	37	92

* – rozpoczęcie podawania jonowymieniacza

W sercu i wątrobie najwyższą aktywność właściwą cezu wykazano już po 3 godzinach od jego podania. W sercu wykazano w tym czasie aktywność 4.261 imp./g/min., a w wątrobie 3.385 imp./g/min. W następnych godzinach obserwowano znaczny spadek aktywności i po 1 dobie aktywność zmniejszyła się w sercu ok. 2,7-krotnie,

w wątrobie ok. 2,3-krotnie. Po 14 dniach serce zawierało tylko 3,5%, wątroba 4,6% aktywności maksymalnej występującej po 3 godzinach od chwili skażenia.

Podawanie szczurom żelazocyjanku miedziowego powoduje szybki spadek retencji cezu w sercu i wątrobie. Rozpoczęcie podawania jonowymieniacza po 1,2 i 4 dniach od skażenia powodowało obniżenie retencji cezu w sercu odpowiednio do 0,4%, 0,8% i 1,2% w stosunku do wartości maksymalnych (tabela III). W wątrobie obniżenie retencji w tym samym układzie doświadczeń wynosiło odpowiednio 1,1%, 1,5% i 2,7% w stosunku do wartości maksymalnych (tabela IV).

Tabela III. Wpływ żelazocyjanku miedziowego na aktywność właściwą ^{137}Cs w mięśniu sercowym. Jonowymieniacz stosowano z opóźnieniem 1, 2 i 4 dniowym po podaniu cezu. Wyniki wyrażono w imp./g mokrej tkanki/min.
The effect of curpic ferrocyanide on specific activity of ^{137}Cs in the heart muscle. Ion exchanger was administered 1, 2 and 4 days after contamination of ^{137}Cs . The values of radioactivity in counts/g wet tissue /min.

Dni po podaniu ^{137}Cs	Kontrola	Opóźnienie podawania jonowymieniacza (dni)		
		1	2	4
2 godz.	3416	3416	3416	3416
3 „	4261	4261	4261	4261
6 „	3271	3271	3271	3271
1 dzień	1555	1555*	1555	1555
2 dni	871	534	871*	871
3 „	560	252	309	560
4 „	507	131	191	507*
6 „	323	94	112	164
9 „	241	45	53	86
12 „	186	26	41	59
14 „	150	19	34	50

* – rozpoczęcie podawania jonowymieniacza

Wysoką aktywność właściwą cezu występującą w pierwszych godzinach po podaniu dożołądkowym $^{137}\text{CsCl}$ można wyjaśnić dużą podażą tego izotopu z krwią (głównie w osoczu) przepływającą przez serce i wątrobę. Po upływie 1 doby rozmieszczenie radiocezu we krwi zmienia się i wynosi 85% w krwinkach, 15% w osoczu. Szybki spadek aktywności cezu w wątrobie i sercu przy stosowaniu jonowymieniacza można wyjaśnić niską zawartością cezu w tym czasie w osoczu oraz nietrwałością wiązania występującego między jonem cezowym a białkami w tych narządach.

WNIOSKI

Stosowanie jonowymieniacza nieorganicznego – żelazocyjanku miedziowego, silnego kationitu mającego duże powinowactwo do cezu, może służyć do oceny trwałości wiązania jonu cezowego z białkami wybranych narządów lub tkanek.

Tabela IV. Wpływ żelazocyjanku miedziowego na aktywność właściwą ^{137}Cs w wątrobie Jonowymieniacz stosowano z opóźnieniem 1, 2 i 4 dniowym po podaniu cezu. Wyniki wyrażono w imp./g mokrej tkanki/min.
The effect of cupric ferrocyanide on specific activity of ^{137}Cs in the liver Ion exchanger was administered 1, 2 and 4 days after contamination of ^{137}Cs . The values of radioactivity in counts/g wet tissue /min.

Dni po podaniu ^{137}Cs	Kontrola	Opóźnienie podawania jonowymieniacza (dni)		
		1	2	4
2 godz.	2105	2105	2105	2105
3 „	3385	3385	3385	3385
6 „	2802	2802	2802	2802
1 dzień	1466	1466*	1466	1466
2 dni	838	381	838*	838
3 „	572	259	265	572
4 „	468	112	177	468*
6 „	324	83	112	187
9 „	227	55	73	109
12 „	170	49	58	92
14 „	157	36	51	90

* – rozpoczęcie podawania jonowymieniacza

B. Gorzkowski, L. Sobociński

EVALUATION OF RADIOCESIUM RETENTION IN SELECTED TISSUES AND INTERNAL ORGANS OF THE RAT

Summary

The specific activity of radiocesium in the liver, brain, heart and thigh muscle was measured during 14 days after a single intragastrical administration of $^{137}\text{CsCl}$. The highest concentrations of radiocesium in the heart and liver were obtained quickly – 3 hours after administration. Cupric ferrocyanide, an ion exchanger displaying strong affinity to the cesium ion, was used to reduce the concentration of this radionuclide in the above-mentioned organs. there was a substantial reduction of cesium retention in the heart and liver indicating that the bonds between the cesium ion and proteins in the heart and liver are weak. Concentrations of radiocesium in the high muscle and brain were highest after 2 days, the application of ion exchanger led to the higher retention of the investigated radionuclide, explainable by the presence of stronger bonds between cesium and proteins in the thigh muscle and brain.

PIŚMIENNICTWO

1. *Beentjes L.B., Buijs W.C., Corstens F.H., Duijsings J.H.*: Radioactive Contamination of Kiev Vacationers after the Czernobyl Accident. *Biological Half-life of Cs*. *Nucl. Med. Biol.* 1988, 15, 171.
- 2. *Geiger H.J.*: The accident at Chernobyl and medical response. *J. Am. Med. Assoc.* 1986, 256(5), 609.
- 3. *Gorzkowski B., Majle T.*: Elimination of Cs-137 from the gastrointestinal tract of the rat after administration of ammonium molybdophosphate. *Health Phys.*, 1980, 39, 971.
- 4. *Iinuma T.A., Nagai T., Ishibara T., Watari K., Izawa M.*: cesium turnover in man following single administration

of ^{137}Cs . J. Rad. Res. 1965, 6, 72. – 5. *Leggett R.W.*: Predicting the retention of Cs in individuals. Health Phys. 1986, 50, 6, 747. – 6. *Majle T., Gorzkowski B.*: The effect of strong cation exchangers on the enhancement of elimination of ^{137}Cs from rat. Health Phys. 1975, 28, 605. – 7. *Majle T., Gorzkowski B. Sobociński L.*: Wpływ jonowymieniaczy nieorganicznych z grupy żelazocyjanków na eliminację radiocezu z organizmu szczura. Roczn. PZH. 1985, 36, 327. – 8. *Matsusaka H., Inaba J., Tsai C.*: Whole-body retention of ^{137}Cs in the young and adult mice. Radioisotopes. 1967, 16, 25. – 9. *Onstead C.C., Oberhausen E., Koavy F.V.*: Cesium-137 in man. Science. 1962, 137, 507. – 10 *Richmond C.R., Furchner J.E.*: Cesium-137 body burden in man. Radiat. Res. 1967, 32, 538.

11. *Sobociński L., Gorzkowski B., Majle T.*: Powiniwactwo radiocezu do tkanek przewodu pokarmowego oraz białek krwi szczura. Roczn. PZH. 1981, 32, 379. – 12 USSR State Commite on the utilization of Atomic Energy "The Accident at Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequence". International Atomic Energy Agency (post accident review meeting). Vienna 1986, 8, 25. – 13 *Van den Hoek J.*: The influence of bentonite on cesium absorption and metabolism in the lacting cow. Z. Tierphysiol. Tierernährg. u Futtermittelkunde. 1980, 43, 101.

Dn. 1990.12.14

00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24