

GAMA SPINDULIUOTE SUKELTŲ CHROMOSOMŲ ABERACIJŲ DOZĖS IR ATSAKO KREIVĖS SUDARYMAS BEI PANAUDOJIMAS BIOLOGINEI DOZIMETRIJAI

Birutė Gricienė^{1,2}, Gražina Slapšytė¹, Jūratė Mierauskienė¹

¹Vilniaus universitetas

²Radiacinės saugos centras

Santrauka

Tyrimo tikslas – sudaryti kalibracinę gama spinduliuotės dozės ir atsako kreivę naudojant nestabilių chromosomų aberacijų analizės metodą žmogaus periferinio kraujo limfocituose *in vitro*.

Medžiaga ir metodai. Gama spinduliuotės dozės ir atsako kreivei sudaryti 2 donorų periferinio kraujo mėginiai apšvitinti ⁶⁰Co gama spinduliais (9 dozės nuo 0,1 iki 4,0 Gy, dozės galia 0,256 Gy/min.). Periferinio kraujo limfocitai auginami RPMI 1640 mitybinėje terpėje, praturtintoje 12 proc. veršiukų serumu, su gentamicinu, fitohemaglutininu ir kolchicinu. Chromosomų aberacijos analizuotos šviesiniu mikroskopu, kiekvienai apšvitos dozei ištiriant po 200–1 000 kiekvieno donoro metafazių pirmo ciklo ląstelių.

Rezultatai. Gama spindulių poveikio dozinei priklausomybei nustatyti išanalizuota 14 700 metafazių. Rasta 1 636 dicentrinės chromosomos ir 76 žiedinės chromosomos. Gama spinduliuotės dozės ir chromosomų aberacijų dažnio priklausomybė atitinka tiesinį kvadratinį dozės ir atsako modelį $Y=c+\alpha D+\beta D^2$ (Y – dicentrinų + žiedinių chromosomų dažnis, D – sugertoji dozė, c – foninis dicentrinų + žiedinių chromosomų dažnis). Mūsų tyrimų metu nustatytos koeficientų α ir β reikšmės ir sudaryta kalibracinė gama spinduliuotės (⁶⁰Co) dozės ir atsako kreivė $Y=(0,00046\pm 0,00049)+(0,055\pm 0,006)D+(0,076\pm 0,004)D^2$.

Apibendrinimas. Sudarytoji dozės ir atsako kreivė gali būti panaudota biologiniam dozių įvertinimui, siekiant patvirtinti arba paneigti padidėjusias apšvitos dozes, kurias gyventojai gali gauti vykdydami profesinę veiklą arba radiologinių avarių metu. Kreivė pritaikyta patikslinant termoluminescenciniu dozimetru išmatuotą pramoninės radiografijos darbuotojo profesinės apšvitos dozę.

Raktažodžiai: biodozimetrija, jonizuojančioji spinduliuotė, chromosomų aberacijos, dicentrinės chromosomos, dozės ir atsako kreivė.

ĮVADAS

Jonizuojančioji spinduliuotė yra plačiai naudojama įvairiose medicinos, pramonės ir mokslo srityse. Todėl nenuostabu, kad didelis dėmesys skiriamas gyventojų ir darbuotojų radiacinei saugai, gaunamos apšvitos dozės yra matuojamos ir reglamentuojamos. Deja, kartais neišvengiama nelaimingų atsitikimų, kurių metu viršijamos leistinos dozių ribos. Įvykus radiacinėms ar branduolinėms avarijoms padidėjusias jonizuojančiosios spinduliuotės dozes gali gauti daugiau asmenų. Siekiant efektyviai suteikti medicinos pagalbą, labai svarbu greitai įvertinti gautas apšvitos dozes [1]. Nukentėję asmenys dažniausiai neturi dozimetru, ir fizikiniai dozių vertinimo metodai yra negalimi. Šiais atvejais biologinė dozimetrija yra geriausias gautų apšvitos dozių įvertinimo būdas [2, 3]. Antra vertus, žinoma, jog žmonių

skirtingas radiojautrumas – net ir vienodas kelių žmonių apšvitinimas gali sukelti skirtingų biologinių padarinių [4]. Todėl fizikinės dozimetrijos metodai, nors ir yra tikslesni, ne visada gali rodyti, kokio dydžio biologiniai pakitimai gali vykti apšvitinto žmogaus organizme.

Citogenetinėmis tyrimais įrodyta, kad vienoda apšvitos dozė indukuoja panašų chromosomų pažeidimų kiekį tiek *in vivo*, tiek *in vitro*. Turint *in vitro* sąlygomis sudarytą kalibracinę dozės ir atsako kreivę, avarinę apšvitos dozę galima įvertinti nustatčius chromosomų pažeidimų kiekį ją gavusių žmonių limfocituose [2, 3, 5]. Biologinė dozimetrija, paremta chromosomų pažeidimų analize, kartu su klinikiniais simptomais bei fizikine dozimetrija, jau yra tapusi neatsiejama avarinių apšvitos dozių įvertinimo dalimi [4, 5]. Tarp biologinėje dozimetrijoje naudojamų citogenetinių metodų (mikrobranduolių, išsantatinės chromosomų kondensacijos, translokacijų tyrimo fluorescencinės *in situ* hibridizacijos metodu ir kt.), nestabilių chromosomų aberacijų (dažniausiai dicentrinų chromosomų) analizė yra tinkamiausias ir dažniausiai naudojamas apšvitos dozių nustatymo būdas [2, 3].

Adresas susirašinėti: Birutė Gricienė,
Radiacinės saugos centras,
Kalvarijų g. 153, 08221 Vilnius.
El. p. Birute.griciene@gmail.com

Pasaulinė praktika rodo, kad dažniausiai didesnės apšvitos dozės yra gaunamos iš gama ir rentgeno spinduliuotės šaltinių, todėl daugelis biologinę dozimetriją atliekančių laboratorijų turi sudarę gama spinduliuotės dozės ir atsako kreives [1, 6]. Biologinis dozės įvertinimas, panaudojant kitose laboratorijose sudarytas dozės ir atsako kreives, gali sąlygoti žymias paklaidas, todėl rekomenduojama, kad kiekviena laboratorija, numatanti atlikti biologinę dozimetriją, sudarytų savo kalibracines dozės ir atsako kreives [3]. Šiuo metu Lietuvos asmens sveikatos priežiūros įstaigose yra naudojami aštuoni ^{60}Co įrenginiai, du linijiniai greitintuvai ir 2 019 rentgeno spinduliuotės šaltinių [7]. Pramoninėje radiografijoje dažniausiai yra dirbama su įrenginiais, turinčiais rentgeno spinduliuotės ar ^{192}Ir šaltinį. Ignalinos AE darbuotojų gaunamą apšvitą dažniausiai sąlygoja išorinė gama spinduliuotės apšvita. Vidinė apšvita dėl radionuklidų patekimo į organizmą ir neutronų apšvita pasitaiko retai ir sudaro nežymią bendrosios apšvitos dalį. Lietuvoje gama ir rentgeno spinduliuotės avarinės apšvitos tikimybė yra didžiausia.

Šio darbo tikslas – sudaryti kalibracinę gama spinduliuotės dozės ir atsako kreivę, analizuojant nestabilias chromosomų aberacijas žmogaus periferinio kraujo limfocituose *in vitro*.

TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

Gama spinduliuotės dozės ir atsako kreivei sudaryti 2 sveikų donorų (28 m. vyro ir 48 m. amžiaus moters) periferinio kraujo mėginiai buvo paimti į specialius vakuuminius heparinizuotus sterilius mėgintuvėlius (TERUMO, Belgija). Donorai nevartojo vaistų ir nedirbo jonizuojančiosios spinduliuotės aplinkoje, vienerius metus iki mėginių ėmimo jiems nebuvo atliekami medicininiai tyrimai, susiję su jonizuojančiosios spinduliuotės apšvita. Kraujo mėginiai apšvitinti ^{60}Co gama spinduliais VU Onkologijos institute, naudojant gamaterapijos aparatą AGAT-S. Kraujo mėginiai švitinti 9 dozėmis nuo 0,1 iki 4,0 Gy, dozės galia 0,256 Gy/min. Maksimalus mėginių švitinimo laikas – 16 min. Kraujo mėginiai švitinimo metu laikyti vandens vonioje 37 °C temperatūroje. Kraujo kultūros užsėtos VU Botanikos ir genetikos katedros Ekologinės genetikos laboratorijoje nuo apšvitinimo praėjus 14 val. Periferinio kraujo limfocitai auginti RPMI 1640 mitybinėje terpėje, praturtintoje 12 proc. veršiukų serumu, su gentamicinu (40 µg/ml) ir kolchicinu (0,25 µg/ml). Limfocitų dalijimasis stimuliuotas fitohemaglutininu (7,8 µg/ml). Visi reagentai gauti iš Sigma (JAV). Kultivuojant šiuo metodu, po

72 val. didžioji dalis metafazių būna pirmojo dalijimosi ciklo [8, 9, 10]. Metafazinių chromosomų preparatai paruošti hipotonizuojant ląsteles 0,075M KCl tirpalu, fiksuojant metanoliumi ir acto rūgštimi (3:1) ir lašinant ląstelių suspensiją ant objektinių stiklų. Chromosomų aberacijos analizuotos šviesiniu mikroskopu (*Nikon E200*), kiekvienai apšvitos dozei ištiriant po 200–1 000 kiekvieno donoro metafazinių pirmo dalijimosi ciklo ląstelių.

Tyrimai atlikti laikantis biologinės ir medicininės etikos reikalavimų. Biomedicininiais tyrimams atlikti gautas Lietuvos bioetikos komiteto leidimas.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

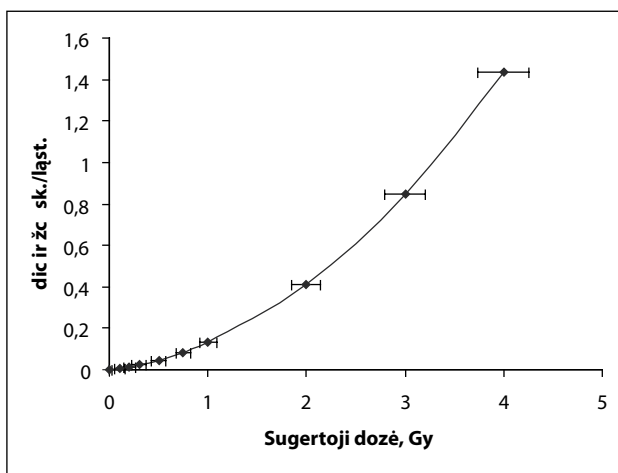
Gama spindulių poveikio dozinei priklausomybei nustatyti išanalizuota 14 700 metafazių. Rasta 1 636 dicentrinės chromosomos (kiekviena tricentrinė chromosoma atitiko dvi dicentrines chromosomas) ir 76 žiedinės chromosomos. Apibendrinti chromosomų aberacijų tyrimų rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Dicentrinių ir žiedinių chromosomų dažniai dviejų donorų periferinio kraujo limfocituose apšvitinus ląsteles ^{60}Co gama spinduliais *in vitro*

Chromosomų aberacijų skaičius				
Dozė, Gy	Ištirta ląstelių	Dicentrinės chromosomos (dic)	Žiedinės chromosomos (žc)	(dic + žc) / 100 ląst., ± m
0	1 800	1	0	0,05 ± 0,05
0,1	2 000	9	1	0,50 ± 0,16
0,2	2 000	34	0	1,70 ± 0,29
0,3	2 000	42	6	2,40 ± 0,34
0,5	2 000	77	2	3,95 ± 0,43
0,75	2 000	156	6	8,10 ± 0,61
1	1 500	209	5	14,27 ± 0,90
2	600	251	7	43,00 ± 2,02
3	400	376	20	99,00 ± 0,51
4	400	481	29	127,50 ± 2,96

Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės ir atsako kreivės dažniausiai sudaromos remiantis tik dicentrinių ir žiedinių chromosomų apskaitos analize, nes šio tipo pažeidimas galima tiksliai ir patikimai identifikuoti, be to, jų foninis dažnis mažas. Iš tūkstančio metafazinių plokštelių dažniausiai nustatoma

viena dicentrinė chromosoma nepriklausomai nuolyties, o žiedinių chromosomų dažnis yra dar mažesnis [4, 5]. Žinoma, kad jonizuojančiosios spinduliuotės dozės ir atsako priklausomybė atitinka tiesinį kvadratinį dozės ir atsako modelį: $Y = c + \alpha D + \beta D^2$ (Y – dicentrinų + žiedinių chromosomų dažnis, D – sugertoji dozė, α – tiesinės ir β – kvadratinės komponentės koeficientai, c – foninis dicentrinų + žiedinių chromosomų dažnis). Kalibracinės kreivės sudarymo tikslas yra nustatyti α ir β koeficientus. Koeficientams α ir β apskaičiuoti naudojome CABAS (*Chromosomal Aberration Calculation Software*) programą, kuri yra skirta biologinei dozimetrijai atlikti panaudojant nestabilių chromosomų aberacijų analizę [11]. Mūsų tyrimų metu buvo nustatytos kalibracinės dozės ir atsako kreivės koeficientų reikšmės: $\alpha = 0,055 \pm 0,006$ ir $\beta = 0,076 \pm 0,004$ (1 pav.).



1 pav. ^{60}Co gama spinduliais indukuotų dicentrinų (dic) ir žiedinių (žc) chromosomų dozės ir atsako kalibracinė kreivė (95 proc. pasikliautinųjų intervalų ribos): $Y = (0,00046 \pm 0,00049) + (0,055 \pm 0,006)D + (0,076 \pm 0,004)D^2$

2 lentelė. Jonizuojančiąja spinduliuote (^{60}Co) indukuotų dicentrinų chromosomų dozės ir atsako kreivių c , α ir β koeficientų reikšmių palyginimas

Autorius, metai	$c \pm SE$	$\alpha \pm SE$	$\beta \pm SE$
Bauchinger ir kt., 1983 [14], Vokietija	–	$0,011 \pm 0,004$	$0,056 \pm 0,003$
Lloyd ir kt., 1986 [15], Anglija	–	$0,014 \pm 0,004$	$0,076 \pm 0,003$
Ramalho ir kt., 1998 [16], Brazilija	–	$0,0034 \pm 0,0016$	$0,0052 \pm 0,0005$
Top ir kt., 2000 [17], Turkija	0,0005	$0,0034 \pm 0,0072$	$0,060 \pm 0,002$
Venkatachalam ir kt., 2001 [18], Indija	$0,0012 \pm 0,0004$	$0,059 \pm 0,009$	$0,061 \pm 0,004$
Senthamizhchelvan ir kt., 2007 [19], Indija	$0,0006 \pm 0,0007$	$0,0297 \pm 0,0083$	$0,050 \pm 0,004$

2 lentelėje pateiktos skirtingose laboratorijose nustatytų dozės ir atsako kreivių α ir β koeficientų reikšmės su standartinėmis paklaidomis (SE). Šio tyrimo metu apskaičiuotos α ir β koeficientų reikšmės yra artimiausios Venkatachalam ir kt. [18] nustatytoms reikšmėms. Nepaisant to, kad publikuotos standartinės metodikos, sukuriamos naujos duomenų apdorojimo statistinės programos, tarp atskirų laboratorijų rezultatų yra gaunami gana dideli skirtumai [3]. Tai lemia daugelis veiksnių: skirtingos kraujo ląstelių apšvitinimo, specifinės jų kultivavimo sąlygos ir kt. Netgi tomis pačiomis sąlygomis apšvitinus kraujo ląstelių kultūras, skirtingose laboratorijose gautos skirtingos α ir β koeficientų reikšmės: $\alpha \pm SE$ (Gy^{-1}) ($0,0187 \pm 0,0056$; $0,0128 \pm 0,0031$), $\beta \pm SE$ (Gy^{-2}) ($0,0527 \pm 0,0046$; $0,0640 \pm 0,0022$) [12]. Visa tai dar kartą patvirtina faktą, kad kiekviena laboratorija, norinti atlikti biologinę dozimetriją, turi turėti savo dozės ir atsako kreivę.

Mažų jonizuojančiosios spinduliuotės dozių įvertinimą riboja dicentrinų chromosomų foninio dažnio paklaida. Biologinės dozimetrijos būdu dozė laikoma nustatyta, kai dicentrinų chromosomų dažnis yra didesnis už foninį, o biologinis dozės įvertinimas gali būti laikomas matavimu, kai 95 proc. pasikliautinio intervalo žemutinė riba yra didesnė nei nulis [13]. Remiantis literatūros duomenimis, nestabilių chromosomų aberacijų tyrimo metodu paprastai galima patikimai įvertinti 100 mGy ir didesnes dozes [3]. Minimali nustatoma ir įvertinama dozė priklauso nuo dicentrinų chromosomų foninio dažnio, dozės ir atsako kreivės duomenų kiekio (pvz., tirtų apšvitosis dozių ir ištirtų ląstelių kiekio), tiriamojo asmens analizuotų ląstelių skaičiaus ir kt. Naudojant šio tyrimo metu sudarytą dozės ir atsako kreivę, minimali nustatoma ir minimali įvertinama dozė tiriant 500 ląstelių – 90 mGy (3 lentelė).

3 lentelė. Dicentrinų chromosomų skaičiaus ir vidutinės sugertosios dozės priklausomybė

Dicentrinų chromosomų 500 ląstelių	95 proc. pasikliautino intervalo apatinė riba, mGy	Vidutinė dozė, mGy	95 proc. pasikliautino intervalo viršutinė riba, mGy
0	0,0	0,0	109
1	0,0	27	159
2	0,0	59	199
3	14	90	234
4	30	118	266
5	48	144	295
6	66	170	323
7	84	194	348

Biologinė dozimetrija dažniausiai naudojama darbuotojų apšvitęs stebėsenai radiacinės saugos tikslais, t. y. siekiant nustatyti gautas padidėjusias apšvitęs dozes ar patvirtinti, jog neviršijamos darbuotojų gaudamos apšvitęs dozių ribos, bei epidemiologiniams tyrimams, kuriais siekiama nustatyti gautos apšvitęs dydį praėjus ilgam laikui po apšvitęs. D. Lloyd ir kt. autorių [13] atlikti *in vitro* tyrimai patvirtino, jog citogenetinėmis metodais galima greitai ir gana tiksliai įvertinti preliminarią gautos apšvitęs dozę. Vilniaus universitete sudaryta dozės ir atsako kreivė panaudota asmens, kuriam nustatyta padidėjusi profesinės apšvitęs dozė, biologiniam sugertosios dozės vertinimui. Radiacinės saugos centre pramoninės radiografijos darbuotojui termoluminescenciniu dozimetru buvo išmatuota 138 mSv dozė (individualiosios dozės ekvivalentas Hp(10)). Ištyrus 500 periferinio kraujo metafazių, nustatytas $0,40 \pm 0,28$ dicentrinų chromosomų 100 ląstelių dažnis. Panaudojant sudarytą dozės ir atsako kreivę ir programą CABAS, apskaičiuota biologinė dozė buvo 65 mSv (8–201 mSv, esant 95 proc. reikšmingumo lygmeniui). Nustatytas šansų santykis (*odds ratio*) – OR = 6,12. Jis rodo, kad tikimybė, jog tiriamasis asmuo negavo dozimetru išmatuotos 138 mSv apšvitęs, yra 6,12 karto didesnė nei ta, kad ją gavo. Nustatytoji biologinė dozė artima per visą darbo su jonizuojančiais šaltiniais laikotarpį fizikiniais metodais nustatyta dozei – 51 mSv.

Galima manyti, kad dozimetras buvo atsitiktinai apšvitintas, todėl registruota 138 mSv dozė nepriskirta darbuotojo profesinei apšvitai.

IŠVADOS

Šio darbo metu, naudojant nestabilių chromosomų aberacijų analizės metodą žmogaus periferinio kraujo limfocituose *in vitro*, sudaryta kalibracinė gama spinduliuotės (^{60}Co) dozės ir atsako kreivė $Y=(0,00046 \pm 0,00049)+(0,055 \pm 0,006)D+(0,076 \pm 0,004)D^2$. Kreivė buvo pritaikyta patikslinant termoluminescenciniu dozimetru išmatuotą profesinės apšvitęs dozę, kurią gavo pramoninės radiografijos darbuotojas. Autorių sudarytoji dozės ir atsako kreivė gali būti panaudota biologiniam dozių įvertinimui, siekiant patvirtinti arba paneigti didesnes apšvitęs dozes, kurias gyvenotojai gali gauti vykdydami profesinę veiklą arba radiologinių avarijų metu.

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkojame Vilniaus universiteto Onkologijos instituto administracijai ir Mokslinių tyrimų centro vadovui dr. Vydmantui Atkočiui už suteiktą galimybę ir pagalbą apšvitinant donorų kraujo mėginius. Šiuos tyrimus parėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas (Nr. T33/06).

Straipsnis gautas 2009-09-24, priimtas 2009-11-20

Literatūra

- IAEA. Emergency planning and preparedness for accidents involving radioactive materials used in medicine, industry, research and teaching. Safety series No 91. International Atomic Energy Agency, Viena, 1989.
- IAEA. Biological dosimetry: chromosomal aberration analysis for dose assessment. Technical Reports Series No 260. International Atomic Energy Agency, Viena, 1986.
- IAEA. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment, a Manual. Technical Reports Series No 405. International Atomic Energy Agency, Viena, 2001.
- Bender MA, Awa AA, Brooks LA, Evans HJ, Groer PE, Littlefield LG, Pereira C, Preston RJ, Wachholz BW. Current status of cytogenetic procedures to detect and quantify previous exposures to radiation. Mutation Research. 1988;196:103-159.

5. Voisin P, Barquinero F, Blakely B, Lindholm C, Lloyd D, Luccioni C, Miller S, Palitti F, Prasana P G, Stephan G, Thierens H, Turai I, Wilkinson D, Wojcik A. Towards a standardization of biological dosimetry by cytogenetics. *Cellular and Molecular Biology*. 2002;48:201-504.
6. Griffith RV. Retrospective dosimetry needs from an IAEA perspective. *Radiation Protection Dosimetry*. 1998;77(1/2):3-9.
7. Radiacinės saugos centro metinė ataskaita, Vilnius, 2008.
8. Chen DQ, Zhang CY. A simple and convenient method for gaining pure populations of lymphocytes at all first division in vitro. *Mutation Research*. 1992; 282:227-229.
9. Lazutka JR, Lekevičius R, Dedonytė V, Maciulevičiūtė-Gervers L, Mierauskienė J, Rudaitienė S, Slapšytė G. Chromosomal aberrations and sister-chromatid exchanges in Lithuanian populations: effects of occupational and environmental exposures. *Mutation Research. Genetic and Environmental mutagenesis*. 1999;445:225-239.
10. Slapšytė G, Jankauskienė A, Mierauskienė J, Lazutka JR. Cytogenetic analysis of children under long-term antibacterial therapy with nitroheterocyclic compound furagin. *Mutation Research*. 2001;491:25-30.
11. Deperas J, Szluinska M, Deperas-Kaminska M, Edwards A, Lloyd D, Lindholm C, Romm H, Roy L, Moss R, Morand J, Wojcik A. CABAS: a freely available PC program for fitting calibration curves in chromosome aberration dosimetry. *Radiation Protection Dosimetry*. 2007;124:115-123.
12. Voisin P, Roy L, Hone PA, Edwards AA, Lloyd DC, Stephan G, Romm H, Groer PG, Brame R. Criticality accident dosimetry by chromosomal analysis. *Radiation Protection Dosimetry*. 2004;110(1-4):443-447.
13. Lloyd DC, Edwards AA, Moquet JE, Guerrero-Carbajal YC. The role of cytogenetics in early triage of radiation casualties. *Applied Radiation and Isotopes*. 2000;52:1107-1112.
14. Bauchinger M, Schmid E, Streng S, Dresch J. Quantitative analysis of the chromosome damage at first division of human lymphocytes after ⁶⁰Co irradiation. *Radiation and Environmental Biophysics*. 1983;22:225-229.
15. Lloyd DC, Edwards AA, Prosser JS. Chromosome aberrations induced in human lymphocytes by in vitro acute X and gamma radiation. *Radiation Protection Dosimetry*. 1986;15:83-88.
16. Ramalho AT, Costa ML, Oliveira MS. Conventional radiation-biological dosimetry using frequencies of unstable chromosome aberrations. *Mutation Research*. 1998;404(1-2):97-100.
17. Top A, Copkun M, Orta T. Biological Dosimetry of Co-60 Gamma Irradiation. *Turkey Journal Haematology*. 2000;17(4):189-196.
18. Venkatachalam P, Paul SF, Prabhu BK, Mohankumar MN, Jeevanram RK. Comparison of chronic exposures received by radiation workers using different biological end-points with the doses recorded by TLD. *Australasian Radiology*. 2001;45(4):464-471.
19. Senthamizhchelvan S, Pant GS, Rath GK, Julka PK, Nair O, Joshi RC, Malhotra A, Pandey RM. Biodosimetry using chromosome aberrations in human lymphocytes. *Radiation Protection Dosimetry*. 2007;123(2):241-245.

Construction of a dose-response curve for γ -radiation-induced chromosome aberrations and its application for biodosimetry

Birutė Gričienė^{1,2}, Gražina Slapšytė¹, Jūratė Mierauskienė¹

¹ Vilnius University

² Radiation Protection Centre

Summary

The intensive use of ionizing radiation sources and development of radiation technology is related with increased exposure risk. It is important to identify first responders, who exceeded the professional dose limits and must be restricted from further work. In the case of nuclear or radiological event it is important to identify exposed individuals in order to determine whether the medical intervention is needed. In the absence of personal dosimeters, individual exposure to radiation can be estimated using detection of chromosome damage. Since *in vitro* and *in vivo* irradiation of lymphocytes induces similar yields of chromosome damage per unit dose, the absorbed dose to an individual can be estimated by comparing the individual aberration yield to an appropriate dose-response curve generated *in vitro*. Evaluation of dose using a calibration curve produced elsewhere may have a significant uncertainty. Therefore the aim of the present study was to perform the gamma (⁶⁰Co) dose-response curve for unstable chromosome aberrations (dicentric and ring chromosomes).

Experiment was designed as follows: blood samples from two donors were irradiated with Co-60 (0.256 Gy min⁻¹) to various doses (0.1-4 Gy). Samples were cultured according to the standard procedures. 200-1000 first cycle metap-

hases were analysed for the presence of unstable chromosome aberrations for each radiation dose per donor. For fitting a linear-quadratic dose-response relationship the CABAS software was used. The observed dose response data showed a linear-quadratic response ($Y=c+\alpha D+\beta D^2$, where Y is the frequency of dicentric and ring chromosomes, D is the dose, c is the background frequency). The linear coefficient α was determined to be 0.055 ± 0.006 , and the dose squared coefficient β 0.076 ± 0.004 . There is a good agreement between our dose-response curve with similar published studies. Curve was used for biological dose estimation of suspected overexposure of radiation worker.

Keywords: ionizing radiation, dicentric chromosomes, dose-response curve, biological dosimetry.

Correspondence to Birutė Gričienė
Radiation Protection Centre,
Kalvarijų 153, LT-08221 Vilnius, Lithuania.
E-mail: b.griciene@rsc.lt

Received 24 September 2009,
accepted 20 November 2009