

<https://doi.org/10.3176/biol.1971.3.04>

УДК 616.001.28

HELGI HARLAMOVA

ERÜTROTSÜÜTIDE JA VEREPLASMA K- JA Na-SISALDUSE VARAJASTEST MUUTUSTEST PÄRAST HIIRTE KIIRITAMIST γ-KIIRTEGA

Ioniseeriv kiirgus kutsub elektrolüütide ainevahetuses juba esimestel tundidel esile suuri muutusi, mis hiljem doosi suuruselt olenevalt kas süvenevad või taandarenevad. Neil muutustel on suur tähtsus kiiritustõve patogeneesis ja kliinilise pildi kujunemises.

Käesolevas uurimuses käsitletakse varajasi muutusi hiirte erütrotsüütide ja vereplasma K ja Na kontsentratsioonis pärast kiiritamist γ-kiirtega.

A. Sergazini ja P. Sokolova (Сергазин, Соколова, 1964) ning S. Balmuhhanovi ja A. Sergazini (Балмуханов, Сергазин, 1968) andmetel põhjustas meresigade kiiritamine doosiga 250 r juba 6. tunnil pärast kiiritamist Na kontsentratsiooni vähenemise vereseerumis; kontsentratsioon normaliseerus kolmandaks päevaks. Hiljem muutus Na kontsentratsioon faasiliselt, suurenedes 7., 10. ja 14. päeval. K kontsentratsioon seerumis suurenes 2., 4. ja 6. tunnil pärast kiiritamist, normaliseerumine toimus teisel päeval. Edaspidi täheldati K kontsentratsiooni vähenemist alates 7. päevast, normaliseerumist 10. päeval ja siis uut vähenemist. K eritumine neerude kaudu suurenes 7. ja 14. päeval. S. Balmuhhanov ja A. Sergazin seletavad K kontsentratsiooni suurenemist seerumis esimestel tundidel pärast kiiritamist K väljumisega rakkudest, mitte aga tema eritumise vähenemisega neerude kaudu. Ka valgetel rottidel suurenes K kontsentratsioon seerumis 2., 4. ja 6. ning normaliseerus 24. ja 72. tunnil pärast kiiritamist doosiga 450 r. K kontsentratsiooni vähenemine tehti kindlaks kiiritustõve 7. ja 14. päeval. Na kontsentratsioon vähenes seerumis 4. ja 24. tunnil. Edaspidised muutused olid faasilised, kusjuures Na kontsentratsiooni suurenemisele vastas alati K kontsentratsiooni vähenemine.

D. Grodzenski ja T. Ivanenko (Гродзенский, Иваненко, 1961) panid tähele, et valgete rottide kiiritamine doosiga 700 r kutsus esimesel ja kolmandal päeval esile Na peetuse ja K suurenenud eritumise neerude kaudu. Samal ajal aga ei muutunud K ja Na kontsentratsioon seerumis. Nad järeldasid, et esinenud nihked on seotud K väljumisega rakkudest. Manus-tanud katseloomadele radioaktiivset Na²² isotoopi, täheldasid ka M. Rakovitš ja V. Gregor (Ракович, Грегор, 1963) Na peetust organismis pärast loomade kiiritamist doosiga 600—1000 r. Ekraniseerinud enne valgete rottide kiiritamist (450 r) nende neerupealised, võisid S. Balmuhhanov ja A. Sergazin (Балмуханов, Сергазин, 1964) sedastada, et ekraniseering väldib esimestel tundidel ja päevadel pärast kiiritamist tekkivaid Na ja K kontsentratsiooni muutusi veres.

Histoloogiliste ja histokeemiliste (askorbiinhape, kolesteriin) uuringute alusel konstateerisid N. Litvinov (Литвинов, 1956), E. Betz (Бетц, 1961), R. W. Daughtery, A. White (1946), A. Труурõld (Труупылд, 1966) jt. kiiritustõve varajastel etappidel hüpofüüs-adrenaalsüsteemi stimulatsiooni, hiljem aga, kiiritustõve kulgedes, selle pärssumist.

Kortikosteroidide määramisel veres pärast loomade kiiritamist on täheldatud kortikosterooni kontsentratsiooni suurenemist kohe pärast rottide kiiritamist (1300 r), selle langust ning uut tõusu 48. ja 72. tunnil (Жебёк jt., 1967). Plasma kortikosterooni kontsentratsiooni suurenemise 2,5 tundi pärast rottide kiiritamist doosiga 650 r on kindlaks teinud ka J. M. Hameed ja T. J. Haley (1964). Kontsentratsioon normaliseerus 24. tunniks ja suurenes uuesti 48. tunnil. Need muutused puudusid hüpofüüsektomeeritud loomadel. 2—4 tundi pärast koerte kiiritamist doosidega 600—700 r suurenes 17-oksükortikosteroidide kogus nende veres. Seisund normaliseerus 24. tunniks (Сташков, 1965; Шхинек, 1966). Т. Ivanenko (Иваненко, 1965) konstateeris, et 3 tundi pärast rottide kiiritamist doosiga 700 r eraldatud neerupealistes suurenes *in vitro* aldosterooni biosüntees, mis normaliseerus 24. tunniks.

Seega tuleb elektrolüütide ainevahetuse selgitamisel pärast organismi kiiritamist γ -kiirtega arvestada ka neerupealiste mineraal- ja glükokortikoidide vahetut mõju.

Metoodika

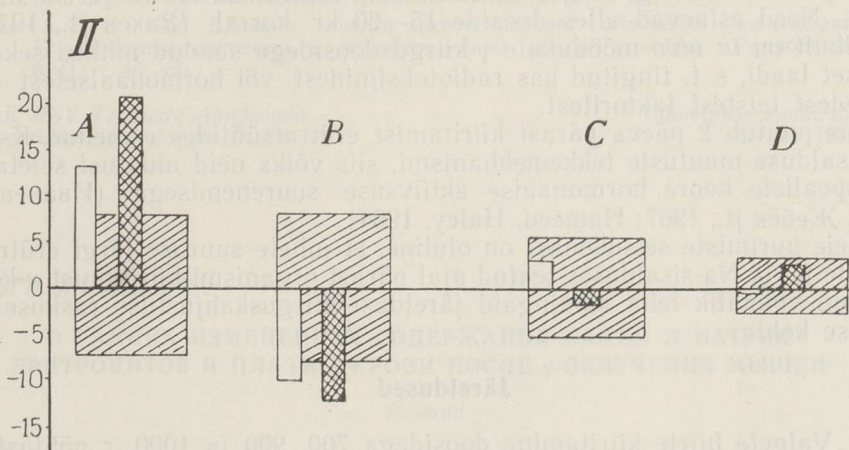
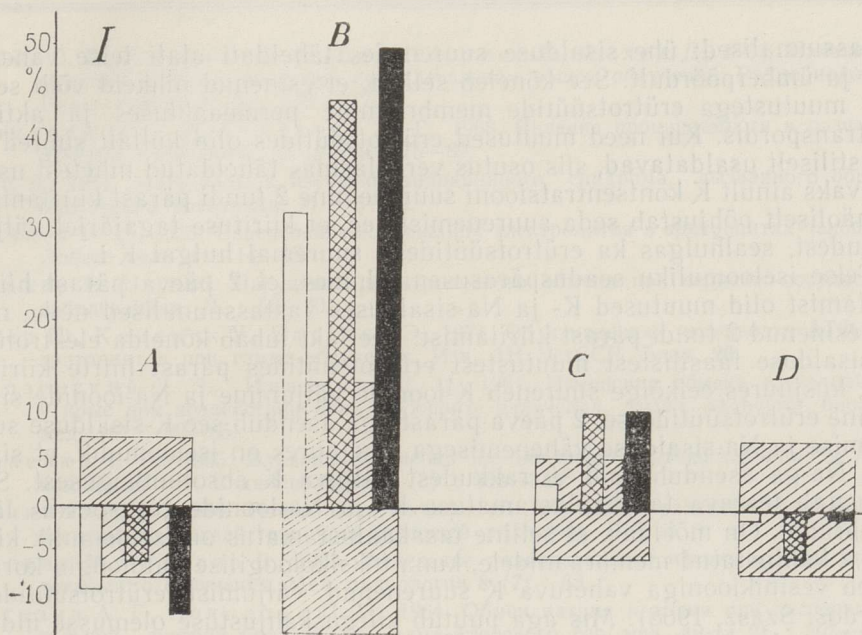
Katsed teostati 144 valge hiirega 1969. aasta mais-juunis. Hiiri kiiritati CO^{60} -ga, kusjuures dooside suurus oli 700, 900 ja 1000 r. Vere uurimiseks dekapiiteeriti osa loomi 2 tundi, osa 2 päeva pärast kiiritamist, kusjuures üheks uuringuks koondati 5—7 hiire hepariniseeritud veri. Plasma eraldati erütrotsüütide massist tsentrifuugimise teel ning K- ja Na-sisaldus temas ja erütrotsüütides määrati Zeissi leekfotomeetriga V. Brikkeri meetodil (Бриккер, 1963, 1965). Saadud andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati dispersioonanalüüsi.

Tulemused

Katseandmete kokkuvõte on esitatud joonisel, kus K ja Na kontsentratsiooni suurenemine ja vähenemine on esitatud tõusvate (+) ja langevate (—) tulpadena vastavalt nende protsendilisele erinevusele normi aritmeetilisest keskmisest. Katseandmed iga rühma kohta on paigutatud normi veapiiride raamile, mis iseloomustab nihke suuruse erinevuse statistilist usaldatavust.

Jooniselt näeme, et 2 tundi pärast hiirte kiiritamist doosiga 700 r on K kontsentratsioon erütrotsüütides vähenenud 9,3%, dooside 900 ja 1000 r puhul aga vastavalt 6 ja 11,66%. Samal ajal on Na kontsentratsioon suurenenud vastavalt 31, 45 ja 50%. Absoluuthulkades vähenes K kontsentratsioon erütrotsüütides vastavalt 7,4, 4,6 ja 9,1 mekv/l, Na kontsentratsioon aga suurenes 2,9, 3,5 ja 4 mekv/l võrra. Paralleelselt sellega suurenes vereplasma K kontsentratsioon 900 r puhul 7,4-lt mekv/l 8,2-le mekv/l ja 1000 r puhul aga 8,6-le mekv/l. Vereplasma Na kontsentratsiooni osas täheldati kõikides gruppides vaid statistiliselt mitteusaldatavat langust.

2 päeva pärast hiirte kiiritamist erütrotsüütides leitud K ja Na kontsentratsiooni muutused olid eelmistega võrreldes vastassuunalised. Erütrotsüütide K kontsentratsioon suurenes dooside 700 ja 900 r puhul vastavalt 13 ja 20,8%, Na kontsentratsioon aga vähenes samal ajal vastavalt 10,4 ja 12,4%. K- ja Na-sisalduse muutused plasmas 2 päeva pärast kiiritamist olid suhteliselt väikesed ning statistiliselt mitteusaldatavad.



Muutused erütrotsüütide ja vereplasma K- ja Na-sisalduses 2 tundi (I) ja 2 päeva (II) pärast hiirte kiirgamist γ -kiirtega. A — muutused (% kontrollist) erütrotsüütide K-sisalduses; B — muutused (% kontrollist) erütrotsüütide Na-sisalduses; C — muutused (% kontrollist) plasma K-sisalduses; D — muutused (% kontrollist) plasma Na-sisalduses.

Viirutatud ruuduna on esitatud katseviga. Normaalkväärtused I A ja II A — 82,1 mekv/l; I B ja II B — 9,1 mekv/l; I C ja II C — 7,4 mekv/l; I D ja II D — 143,4 mekv/l.

□ — 700 r; ☒ — 900 r; ■ — 1000 r.

Tulemuste arutelu

Katseandmetest nähtub, et hiirte üldine kiirgamine doosidega 700, 900 ja 1000 r põhjustab erütrotsüütide ja vereplasma K- ja Na-sisalduses märgatavaid nihkeid. Tavaliselt olid muutused K- ja Na-sisalduses omavahel

vastassuunalised: ühe sisalduse suurenedes täheldati alati teise vähene- mist ja ümberpöörduvalt. See kõneleb sellest, et esinenud nihkeid võib sele- tada muutustega erütrotsüütide membraanide permeaabluses ja aktiiv- ses transpordis. Kui need muutused erütrotsüütides olid küllalt suured ja statistiliselt usaldatavad, siis osutus vereplasmas täheldatud nihetest usal- datavaks ainult K kontsentratsiooni suurenemine 2 tundi pärast kiiritamist. Tõenäoliselt põhjustab seda suurenemist see, et kiirituse tagajärjel väljub rakkudest, sealhulgas ka erütrotsüütidest, suuremal hulgal K-i.

Teise iseloomuliku seaduspärasusena ilmnes, et 2 päeva pärast hiirte kiiritamist olid muutused K- ja Na-sisalduses vastassuunalised neile, mis olid esinenud 2 tundi pärast kiiritamist. See fakt lubab kõnelda elektrolüü- tidesisalduse faasilistest muutustest erütrotsüütides pärast hiirte kiirita- mist, kusjuures eelkõige suureneb K-ioonide väljumine ja Na-ioonide sise- nemine erütrotsüütidesse, 2 päeva pärast aga asendub see K-sisalduse suu- renemise ja Na-sisalduse vähenemisega. Seejuures on iseloomulik, et sise- neva Na-ga asendub vaid $\frac{2}{3}$ rakkudest välja juva K absoluutkogusest. See põhjustab teatava tasakaalustamatuse K- ja Na-ioonide transpordis läbi membraani. On mõeldav, et selline tasakaalustamatus on iseloomulik kiir- gusest kahjustatud membraanidele, kuna toksikoloogilise patoloogia korral esineb vesinikiooniga vahetuva K suurenenud väljumist erütrotsüütidest (Gardos, Szasz, 1968). Mis aga puutub kiirguskahjustuse olemusse üldse, siis kõnesolevates katsetes kasutatud dooside puhul ei saa pidada võima- likuks seletada täheldatud muutusi γ -kiirguse vahetu toimega erütrotsüüdi membraani funktsionaalsesse struktuuri, kuna niisugused doosid *in vitro* ei põhjustanud kunagi sellelaadseid nihkeid erütrotsüütide K- ja Na-sisal- duses. Need esinevad alles dooside 15—20 kr korral (Baxep jt., 1971). Järelikult on *in vivo* mõõdukate γ -kiirgusdoosidega saadud nihked sekun- daarset laadi, s. t. tingitud kas radiotoksiinidest või hormonaalsetest või mõnedest teistest faktoritest.

Mis puutub 2 päeva pärast kiiritamist erütrotsüütides esinenud K- ja Na-sisalduse muutuste tekkemehhanismi, siis võiks neid muutusi seletada neerupealiste koore hormonaalse aktiivsuse suurenemisega (Иваненко, 1965; Жебёк jt., 1967; Hameed, Haley, 1964).

Meie uurimiste seisukohast on oluline, et nihete suuruse järgi erütrot- süütide K- ja Na-sisalduses teatud ajal pärast organismi kiiritamist γ -kiir- tega on võimalik teha mõningaid järeldusi kiirguskahjustuse raskuse ja ulatuse kohta.

Järeldused

1. Valgete hiirte kiiritamine doosidega 700, 900 ja 1000 r põhjustab erütrotsüütides 2 tunni pärast K-sisalduse languse ja Na-sisalduse tõusu.

2. 2 päeva pärast kiiritamist on K-sisaldus erütrotsüütides tõusnud ning Na-sisaldus langenud.

3. Pärast kiiritamist K- ja Na-sisalduses esinevad muutused on eba- olulised.

KIRJANDUS

- Daughtery R. W., White A., 1946. Pituitary adrenal cortical of lymphocyte structure and function as revealed by experimental X-irradiation. *Endocrinol.* **39** (6) : 145—149.
- Gardos G., Szasz I., 1968. The mechanism of ion transport in human erythrocytes. *Acta Biochim. Biophys. Acad. scient. hung.* **3** (1) 13—27.
- Hameed J. M., Haley T. J., 1964. Plasma and adrenal gland corticosterone levels after X-ray exposure in rats. *Radiation Res.* **23** : 620—629.

- Жебёк З. Б., Петрани Г. И., Баумгартнер Е., Факет Д., 1967. Изменения функции надпочечников при супралетальном общем облучении. Радиобиология. Радиотерапия 2 (8) : 172—177.
- Балмуханов С. Б., Сергазин А. Г., 1968. Явление проницаемости в развитии лучевых поражений. Алма-Ата : 75—89.
- Бетц Э., 1961. Материалы к изучению эндокринного синдрома, вызванного общим облучением организма. М. : 5—94.
- Бриккер В. Н., 1963. Определение содержания электролитов в эритроцитах человека. Лабор. дело 1 : 14—15.
- Бриккер В. Н., 1965. Нарушение электролитного обмена при сердечно-сосудистых заболеваниях. Л. : 53—70.
- Вахер Ю., Канарик У., Варьенд Э., 1971. Об изменениях активности АТФ-азы эритроцитов при гамма-облучении. Изв. АН ЭстССР. Биол. 20.
- Гродзенский Д. Э., Иваненко Т. И., 1961. Изменения обмена электролитов у крыс при воздействии ионизирующего излучения. Бюлл. эксперим. биол. и мед. (6) : 62—65.
- Иваненко Т. И., 1965. Влияние облучения на биосинтез кортикостероидов в коре надпочечников. Радиобиология 5 (3) : 333—340.
- Литвинов Н. Н., 1956. Тезисы докл. конф. по изучению реакций эндокринной системы на воздействие ионизирующей радиации. Л. : 3.
- Ракович М., Грегор В., 1963. Выделение радиоактивного натрия у крыс после тотального облучения. Мед. радиология 8 (7) : 68.
- Сергазин А. Г., Соколова П. П., 1964. Обмен натрия и калия при экспериментальной лучевой болезни. Тр. Алма-Атинского гос. мед. ин-та 21 : 303—306.
- Сташков А. М., 1965. Рачняя реакция коры надпочечников у собак на облучение. Радиобиология 5 (6) : 913—915.
- Труупылд А. Ю., 1966. Гистохимические изменения в коре надпочечников крыс при острой лучевой болезни. Радиобиология 6 (2) : 254—257.
- Шхинек Э. К., 1966. Влияние общего рентгеновского облучения на содержание 17-оксикортикостероидов в периферической крови у собак. Радиобиология 6 (1) : 46—50.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Ekspérimentaalbioloogia Instituut

Toimetusse saabunud
2. III 1970

ХЕЛЬГИ ХАРЛАМОВА

О РАНИХ ИЗМЕНЕНИЯХ СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ И НАТРИЯ ЭРИТРОЦИТОВ И ПЛАЗМЫ КРОВИ ПОСЛЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ МЫШЕЙ

Резюме

Изучалось содержание калия и натрия эритроцитов и плазмы крови спустя 2 ч и 2 дня после гамма-облучения мышей дозами 700, 900 и 1000 р.

Электролиты определялись методом Бриккера на пламенном фотометре.

В эритроцитах через 2 ч после облучения было выявлено понижение содержания ионов калия на 9,3, 6 и 11,6% и повышение ионов натрия на 31, 45 и 50% соответственно дозам 700, 900 и 1000 р. В плазме крови обнаружено повышение содержания калия на 10,3 и 10,6% соответственно дозам 900 и 1000 р. Понижение содержания ионов натрия было статистически недостоверным. Через 2 дня после облучения мышей содержание калия в эритроцитах повышалось при дозе облучения 700 р на 13, при 900 р на 20,8%. Содержание натрия в эритроцитах уменьшалось на 10,4 и 12,4% соответственно дозам 700 и 900 р. Наблюдавшиеся при этом изменения содержания ионов калия и натрия в плазме были статистически недостоверными.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
2/III 1970

HELGI HARLAMOVA

STUDIES ON THE EARLY CHANGES OF K AND Na CONTENTS IN THE ERYTHROCYTES AND BLOOD PLASMA AFTER X-IRRADIATION OF MICE*Summary*

The contents of K and Na in the erythrocytes and blood plasma were determined at 2 hours and 2 days after X-irradiation of mice with doses of 700, 900 and 1000 r.

The method of V. Bricker for a determination of the electrolytes by flame photometer has been used.

Two hours after irradiation, in the erythrocytes, we stated a fall of the K concentration amounting to 9.3, 6 and 11.6 per cent and a rise of Na concentration amounting to 31, 45 and 50 per cent, respectively, corresponding to doses of 700, 900 and 1000 r. In the blood plasma there was a rise of K concentration amounting to 10.3 and 10.6 per cent, respectively, amounting to doses of 900 and 1000 r. The fall of Na concentration was statistically not significant.

Two days after irradiation of mice the K concentration in erythrocytes rose, amounting to 13 per cent at 700 r and 20.8 per cent at 900 r. The Na concentration in the erythrocytes fell 10.4 and 12.4 per cent, respectively, at doses of 700 and 900 r. It was suggested that in this case the changes of K and Na concentrations in the blood plasma were statistically not significant.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Experimental Biology*

Received
March 2, 1970