

მაიონიზებული რადიაციის ზემოქმედებით გამოწვეული კოგნიტური პარამეტრების ცვლილებების ასტრობიოლოგიური ასპექტები

უჩანეიშვილი ს., კალმახელიძე ს., ავალიშვილი ა., ივანიშვილი ნ., გოგებაშვილი მ.

ივანე ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი, თბილისი, საქართველო

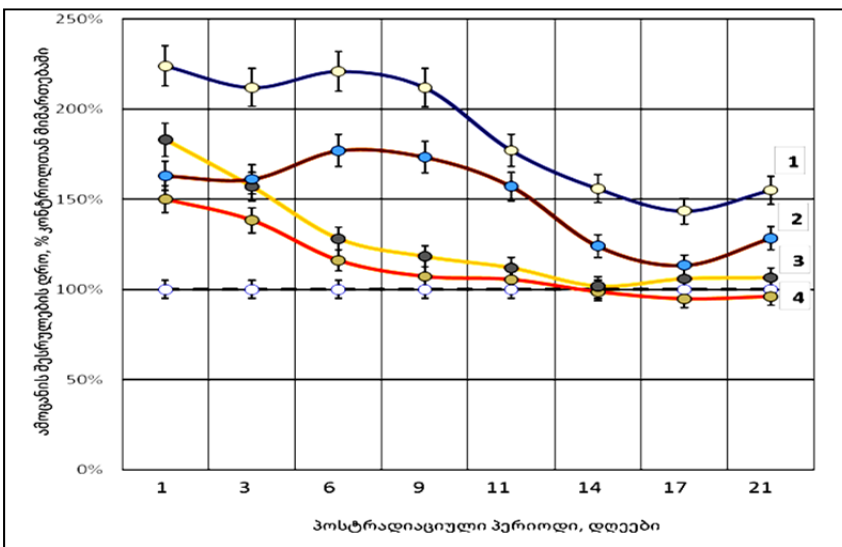
ანოტაცია: ნაშრომში განხილულია მაიონიზებული რადიაციის ზემოქმედებით გამოწვეული კოგნიტური პარამეტრების ცვლილებებთან დაკავშირებული რისკების მნიშვნელობა შორეულ კოსმოსში ასტრონავტიკის ხანგრძლივად ყოფნის პროექტების დაგეგმარებისთვის. მოდელის სახით გამოყენებული იყო გამა-რადიაციით დასხივებული ლაბორატორიული თეთრი თაგვები (დასხივების წყარო – ^{137}Cs). კოგნიტური პარამეტრების დადგენა ხორციელდებოდა „მორისის წყლის ავზის“ სტანდარტული მეთოდის გამოყენებით. გაკეთებულია დასკვნა, რომ სივრცითი მეხსიერების ფორმირება დოზა-დამოკიდებულ პროცესს წარმოადგენს, რომელიც განსხვავდება დატრენინგებულ და დაუტრენინგებელ თაგვებში. პოსტრადიაციულ პერიოდში ადრე მიღებული ინფორმაციის შენახვა უფრო სტაბილურ ხასიათს ატარებს (რადიორეზისტენტულია), ვიდრე ახალი ინფორმაციის მიღება. ეს ფენომენი აქტუალურს ხდის, რადიაციული ფონის პირობებში, ნეიროპროტექტორული ბუნების პრეპარატების გამოყენებას ასტრონავტიკებთან მიმართებაში.

საკვანძო სიტყვები: გამა-რადიაცია, ლაბორატორიული თაგვები, კოგნიტური უნარები, ასტრობიოლოგია

კოსმონავტიკის განვითარება განაპირობებს მრავალი ინოვაციური ტექნოლოგიის გამოვლენას მეცნიერების სხვადასხვა სფეროში [1,2]. აღნიშნულის პარალელურად, კოსმოსის ათვისების პროექტების განხორციელებისას, ჩნდება ახალი ამოცანების გადაწყვეტის აუცილებლობა. XXI საუკუნის ერთ-ერთ ამბიციურ პროექტად შეიძლება ჩაითვალოს შორეული კოსმოსის შესწავლის საკითხი, მათ შორის, მთვარისა და მარსის ათვისება-კოლონიზაცია [3,4]. ახალი თაობის საფრენი აპარატების შექმნის მნიშვნელოვანი ნარმატებების ფონზე, საყურადღებოა რადიაციული ზემოქმედებისგან ასტრონავტიკების დაცვის პრობლემა. კოსმოსში არსებობს მაიონიზებული გამოსხივების რამდენიმე წყარო; კერძოდ, მზე უწყვეტად ასხივებს სხვადასხვა სიგრძის ელექტრომაგნიტურ ტალღას. ზოგჯერ, მზის ზედაპირზე აფეთქებების შედეგად, გამა-რადიაციის დიდი რაოდენობა გამოიყოფა კოსმოსში. სწორედ ეს მოვლენა უქმნის საფრთხეს კოსმონავტიკებსა და კოსმოსური აპარატების აღჭურვილობას [5]. არანაკლებ საშიში რადიაცია შეიძლება მოხვდეს კოსმოსში მზის სისტემის ფარგლების გარედან, გალაქტიკური გამოსხივების წყაროს მუდმივად მოქმედი ფორმის სახით [6]; აპარატის ზონდირების განხორციელებისა და კოსმოსური ობიექტების შესწავლისათვის თუ საკმარისი იყო მხოლოდ ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტა, შორეულ კოსმოსში ადამიანის ხანგრძლივად ყოფნის პროექტების დაგეგმარებისას, რადიაციული ზემოქმედების საკითხის კვლევა პირველხარისხოვან მნიშვნელობას იძენს. სხვადასხვა მედიკო-ბიოლოგიურ პროცესებს შორის, რომელთა ცვლილებებმა შეიძლება გავლენა მოახდინონ ასტრონავტიკების ჯანმრთელობასა და შრომისუნარიანობაზე, განსაკუთრებული ადგილი მიეკუთვნება რადიაციულ ზემოქმედებას, მათ ფსიქოემოციურ მდგომარეობასა და კოგნიტურ უნარებზე. შორეულ კოსმოსში კოსმონავტიკების მიერ სხვადასხვა ამოცანის შესრულება დაკავშირებულია რადიაციული ზემოქმედების რისკებთან, საფრთხეს უქმნის მათ ცენტრალურ ნერვულ სისტემას შემეცნებითი ქმედებების, მოძრაობისა და ქცევითი ფუნქციების დარღვევების გზით, რაც, თავის მხრივ, აისახება ასტრონავტიკების ემოციურ მდგომარეობაზე [7,8]. ეს უკანასკნელი ფენომენი უარყოფით გავლენას ახდენს კოსმოსური მისიის ნარმატებასა და გადასაწყვეტი ამოცანების საბოლოო შედეგებზე.

კოსმოსური რადიაციის ასტრობიოლოგიური ეფექტების მოდელირების მიზნით, ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ლაბორატორიული თეთრი თაგვების მწვავე გამა-დასხივების შედეგად მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები. ცხოველების დასხივება ხორციელდებოდა გამა-დანადგარზე, სადაც დასხივების წყაროს წარმოადგენდა რადიოიზოტოპი – ^{137}Cs . დოზის სიმძლავრე შეადგენდა – 1,1 ზივერტი/წთ. დასხივებული საცდელი ცხოველების კოგნიტური და ქცევითი პარამეტრების შესწავლა ემყარებოდა „მორისის წყლის ავზის“ სტანდარტული მეთოდის გამოყენებას.

საცდელი ცხოველები დაიყო 5 ჯგუფად: 1-4 ზივერტი დოზით დასხივებული დაუტრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი; 2-4 ზივერტი დოზით დასხივებული დატრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი; 3-2 ზივერტი დოზით დასხივებული დაუტრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი; 4-4 ზივერტი დოზით დასხივებული დატრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი; 5- საკონტროლო ცხოველების ჯგუფი. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა მწვავე რადიაციის ზემოქმედების შესწავლა თეთრი თაგვების კოგნიტურ ფუნქციებზე, კერძოდ, სივრცითი მეხსიერების ფორმირების უნარზე სხვადასხვა პოსტრადიაციულ პერიოდში.



სურ. 1. მწვავე გამა-რადიაციის გავლენა სივრცული მეხსიერების ფორმირებაზე
 1-4 ზივერტი დოზით დასხივებული დაუტრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი; 2-4 ზივერტი დოზით დასხივებული დატრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი;
 3- 2 ზივერტი დოზით დასხივებული დაუტრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი; 4-4 ზივერტი დოზით დასხივებული დატრენინგებელი ცხოველების ჯგუფი,
 (საკონტროლო ვარიანტი აღნიშნულია პუნქტირით)

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები წარმოდგენილია 1-ელ სურათზე, საიდანაც ჩანს შესასწავლი ეფექტების მკვეთრი დოზური დამოკიდებულება. 4 ზივერტი დოზით დასხივებული საკვლევი ცხოველების ჯგუფი, ტრენინგის ფორმისგან დამოუკიდებლად, ხასიათდება კოგნიტური უნარების დაქვეითების უმაღლესი დონით. კვლევის შედეგების თანახმად, როგორც საკონტროლო, ასევე 2 ზივერტი დოზით დასხივებული ექსპერიმენტული ცხოველების ორივე ჯგუფი ბაქანის მოსაძებნად სარწმუნოდ მცირე დროს (წამები) ხარჯავს პოსტრადიაციული პერიოდის მე-14, მე-17 და 21-ე დღეს. რაც შეეხება 4 ზივერტი დოზით დასხივებული დატრენინგებული თაგვების ჯგუფს (მე-2 ჯგუფი), პოსტრადიაციული პერიოდის მე-17 დღეს უახლოვდება საკონტროლო ჯგუფის მონაცემს, მაგრამ 21-ე დღეს ბაქანის მოსაძებნად საჭირო დრო სტატისტიკურად სარწმუნოდ იზრდება, ხოლო 4 ზივერტი დოზით დასხივებული დაუტრენინგებული თაგვების ჯგუფში (I ჯგუფი), პოსტრადიაციული პერიოდის ყველა ვადაზე, ბაქანთან მისასვლელი დრო მკვეთრად განსხვავდება საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებლისგან. ლიტერატურული მონაცემები ცხადყოფენ, რომ ნეიროდეგენერაციული დაავადებებისა და კოგნიტური უნარების დაქვეითების მზარდი სტატისტიკის ერთ-ერთ მიზეზად შესაძლოა კოსმოსური წარმოშობის რადიაცია მოგვევლინოს. სიმულაციური კოსმოსური დასხივება საცდელ ცხოველებში იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებას, მათ შორის, ნეიროგენეზის დათრგუნვას, ნეირონების ელექტროფიზიოლოგიური პარამეტრების ცვლილებას და ქრონიკული ნეიროანთების განვითარებას [9]. შესაბამისად, ეს ცვლილებები განაპირობებენ ქცევის დარღვევასა და კოგნიტური უნარების დაქვეითებას [10].

კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები ცხადყოფენ, რომ სივრცითი მეხსიერების ფორმირება დოზა-დამოკიდებულ პროცესს წარმოადგენს, ასევე მაღალი დოზის შემთხვევაში ეს პროცესი განსხვავდება დატრენინგებულ და დაუტრენინგებელ თაგვებში, თუმცა ორივე ვარიანტში სტატისტიკურად სარწმუნოდ განსხვავდება საკონტროლო ჯგუფის მონაცემისგან: მწვავე დასხივება შემოქმედებას ახდენს სივრცითი მეხსიერების ფორმირების უნარზე, თუმცა დატრენინგებული თაგვების შემთხვევაში ეს ფენომენი ნაწილობრივ შენარჩუნებულია.

ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოსტრადიაციულ პერიოდში ადრე მიღებული ინფორმაციის შენახვა უფრო სტაბილურ ხასიათს ატარებს (რადიორეზისტენტულია), ვიდრე ახალი ინფორმაციის მიღება. ეს ფენომენი აქტუალურს ხდის, რადიაციული ფონის პირობებში, ნეიროპროტექტორული ბუნების პრეპარატების გამოყენებას ასტრონავტებთან მიმართებაში.

ლიტერატურა

- [1] Szajnfarber Z. Space science innovation: How mission sequencing interacts with technology policy. // Space Policy, Volume 30, Issue 2, 2014, Pp. 83-90.
- [2] Ong J., Waisberg E., Masalkhi M., Suh A., Kamran Sh.A, Paladugu P., Sarker P., Zaman N., Tavakkoli A., Lee A.G. Spaceflight-to-Eye Clinic: Terrestrial advances in ophthalmic healthcare delivery from space-based innovations. // Life Sciences in Space Research, Volume 41, 2024, pp. 100-109.
- [3] Szocik K., Wójtowicz T., Baran L. War or peace? The possible scenarios of colonising Mars. // Space Policy, Volume 42, 2017, Pages 31-36.
- [4] Lunan D. The Moon: Resources, Development and Colonization: Bonnie Cooper, David Schunk, Burton Sharpe and Madhu Thangavelu; John Wiley, New York, 1999. // Space Policy, Volume 17, Issue 4, November 2001, pp. 303-305.
- [5] Huff J.L. et al. Galactic cosmic ray simulation at the NASA space radiation laboratory – Progress, challenges and recommendations on mixed-field effects. // Life Sciences in Space Research, Volume 36, 2023, pp. 90-104.
- [6] Slack K.J., Williams T.J., Schneiderman J.S. et al. Evidence Report: Risk of Adverse Cognitive or Behavioral Conditions and Psychiatric Disorders. // NASA: Houston, 2016.
- [7] Nelson G.A., Simonsen L., Huff J.L. Evidence Report: Risk of Acute and Late Central Nervous System Effects from Radiation. Exposure. // NASA: Houston, 2016.
- [8] Cucinotta F.A. Review of NASA approach to space radiation risk assessments for Mars exploration. // Health Physics, Vol. 108. No 2, 2015, pp. 131–142.
- [9] Parihar V. K., Angulo M. C., Allen B. D., Syage A., Usmani M. T., Passerat de la Chapelle E., et al. Sex-specific cognitive deficits following space radiation exposure. // Front. Behav. Neurosci. 14, 2020, 535885.
- [10] Cekanaviciute E., Rosi S., Costes S. V. Central nervous system responses to simulated galactic cosmic rays. Int. J. Mol. Sci. 19, 2018, 3669

ASTROBIOLOGICAL ASPECTS OF IONIZING RADIATION-INDUCED COGNITIVE IMPAIRMENTS

Uchaneishvili S., Kalmakhelidze S., Avalishvili A., Ivanishvili N., Gogebashvili M.

Abstract. *The article discusses the significance of the risks associated with ionizing radiation-induced cognitive impairments for planning long-term astronaut stay projects in space. The study used a model of Gamma-irradiated laboratory white mice (irradiation source – ¹³⁷Cs). Cognitive parameters were evaluated using the standard method of the Morris Water Maze. Study results show that spatial learning and memory formation is a dose-dependent process and results vary in trained and nontrained animals. The post-radiation period showed that the storage of information is more stable (radioresistant) than the process of acquiring new information. This finding is crucial for developing neuroprotection measures for astronauts exposed to radiation.*

Key words: *gamma-irradiation, laboratory mice, cognitive performance, astrobiology.*