

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
მედიცინის ფაკულტეტი

სადოქტორო პროგრამა - „კლინიკური და ტრანსლაციური მედიცინა“

ხათუნა დონდოლაძე

ყოველდღიურ საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული არამაიონიზირებელი და  
მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზების მოქმედება შფოთვისა და  
მეხსიერებაზე

მედიცინის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი  
დისერტაცია

თბილისი  
2021 წელი

## აბსტრაქტი

**შესავალი:** სტრესი ორგანიზმის რეაქციაა გამლიზიანებელზე. როცა სტრესის მოქმედება ხანგრძლივდება, ძლიერია ან ორგანიზმის დამცველობითი რეაქციები შესუსტებული, სხვადასხვა ფსიქიური თუ სომატური დაავადებები ვითარდება.

სტრესის გამოწვევა ბევრ ფაქტორს შეუძლია, მათ შორისაა რადიაციაც.

დღევანდელი ყოფა წარმოუდგენელია არამაიონიზირებელი რადიაციის, კერძოდ ელექტროხელსაწყოების, მობილური ტელეფონების, უკაბელო ინტერნეტკავშირების, მიკროტალღური ღუმელების, მრავალი სახის სამედიცინო სადიაგნოსტიკო თუ სამკურანლო ხელსაწყო-აპარატურის გარეშე.

არამაიონიზირებელი რადიაციის ხანგრძლივი ზემოქმედებისას ორგანიზმში ადგილი აქვს ისეთივე ცვლილებებს, რასაც ვხვდებით ქრონიკული სტრესის დრო: იმატებს სტრესის რეგულაციაში მონაწილე ჰორმონების კონცენტრაცია, რასაც ორგანიზმის ყველა სისტემის რეაქცია მოჰყვება.

სტრესის ემოციური გამოხატულებაა შფოთვა. შფოთვის გარდა, სტრესის დროს ადგილი აქვს მეხსიერების სხვადასხვა სახის ცვლილებებს: მეხსიერების გაძლიერებიდან, მის დაკარგვამდე.

მიუხედავად იმისა, რომ მედია სივრცეებში ხშირად შუქდება არამაიონიზირებელი რადიაციის უარყოფითი ეფექტები, როგორცაა მობილური ტელეფონის გავლენა ბავშვებზე, რადიო-გადამცემების მოქმედება ორგანიზმზე და სხვა, საკითხი მაინც აქტუალურ პრობლემად რჩება და ბოლომდე არ არის შესწავლილი ის ცვლილებები, რომელსაც ადგილი აქვს აღნიშნული ფიზიკური ფაქტორის მოქმედებისას (Dondoladze K. et al. 2015).

მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზები საარსებო გარემოში ყველგანაა: ჰაერში, ბუნებრივ თერმულ წყლებში, ქვის მასალებში და სხვა. ცნობილია ამ სახის რადიაციის მოქმედების უარყოფითი ეფექტები, თუმცა როგორც ყველა სამკურანალწამლო საშუალება, სწორი გამოყენების და ცოდნის პირობებში, რადიაციაც შესაძლებელია დადებითი შედეგის მომტანი იყოს.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საყოფაცხოვრებო პირობებში არსებული სტრესორის - რადიაციის, გავლენის შესწავლა შფოთვაზე და მეხსიერებაზე, შესაბამისად, დასახულ იქნა შემდეგი ამოცანები:

1. ფიზიკური სტრესორის - არამაინიზირებელი რადიაციის სხვადასხვა სახის: მიკროტალღური ღუმელის ირგვლის არსებული მიკროტალღური გამოსხივების და მობილური ტელეფონის მუშაობისას წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებით გამოწვეული შფოთვითი რეაქციების, მეხსიერების, ყურადღებისა და კონცენტრაციის ფორმების ცვლილებების შესწავლა.

2. არამაინიზირებელი რადიაციის ზემოქმედებისას ქცევითი, კერძოდ შფოთვითი რეაქციების, მეხსიერების სხვადასხვა ფორმების ცვლილებებსა და პროცესებში მონაწილე ნეიროპრედიქტორების კონცენტრაციების ცვლილებებს შორის კავშირის დადგენა.

3. რადიაციის ჰორმეზისის ალგორითმის განსაზღვრა, ბუნებრივ თერმულ წყლებში შემავალი რადონის მცირე დოზების მოქმედებით გამოწვეული ორგანიზმის რეატიულობის მაგალითზე, ოქსიდაციურ და ანტიოქსიდაციურ სისტემების შესწავლით შფოთვითი რეაქციების გამოწვევისას.

**კვლევის მეთოდოლოგია:** კვლევა ტარდებოდა ცხოველურ მოდელებში. ელექტრომაგნიტური ველის გენერაციისთვის გამოვიყენეთ GSM სისტემის მობილური ტელეფონი, მიკროტალღური რადიაციის გენერაციისთვის კი - საყოფაცხოვრებო მიკროტალღური ღუმელი, რომლიდანაც, მუშაობის დროს ადგილი ჰქონდა მიკროტალღური რადიაციის გაჟონვას. გარემოში არსებული მაინიზირებელი რადიაციის მცირე დოზების ეფექტების შესასწავლად კვლევა ჩატარდა კურორტ წყალტუბოს სპაში გამოყენებულ თერმულ წყალში შემავალი რადიაქტიური ელემენტის - რადონის მცირე დოზების გამოყენებით.

რადიაციული სტრესის ბიოლოგიის შესასწავლად ჩავატარეთ ნეიროჰორმონების ლაბორატორიული კვლევა, ხოლო შფოთვის დონის და მეხსიერების სხვადასხვა ფორმების შესასწავლად ქცევის შესაბამისი ფიზიოლოგიური ტესტები.

**კვლევის შედეგები:** ჩვენი კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ არამაიონიზირებელი რადიაცია წარმოადგენს სტრესორს, რომელსაც ძალუძს იმოქმედოს ცოცხალ ორგანიზმზე და გამოიწვიოს ქცევის ცვლილებები, კერძოდ შფოთვა, რაც დასტურდება როგორც სტრესის ნეიროჰორმონების კონცენტრაციის ცვლილებებით, ასევე ქცევის ფიზიოლოგიური ტესტების შედეგებითაც.

საცდელ ცხოველებში ჩატარებული კვლევით მიღებული იქნა მეხსიერების ცვლილებებიც, კერძოდ კი მომატებული შფოთვის პირობებში დადებით და უარყოფით სტიმულთან დაკავშირებული მეხსიერება, რომელიც დასწავლის, მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მეხსიერების ტესტებით ფასდება, კლინიკურად დაქვეითების სურათს იძლევა, თუმცა დეტალური ანალიზისას ჩანს, რომ ამის მიზეზი არამაიონიზირებელი რადიაციით გამოწვეული იმპულსურობის მომატება და ყურადღებისა და კონცენტრაციის დაქვეითებაა.

რაც შეეხება მაიონიზირებელ რადიაციას, ჰორმონის ეფექტი მიღებულ იქნა 37 Bq/m<sup>3</sup> რადონშემცველი წყლის ინჰალაციისას და გამოიხატა ანქსიოლიზური მოქმედებით, რომელსაც საფუძვლად გაძლიერებული ანტიოქსიდაციური რეაქციები უდევს, აღნიშნული დოზის რადიაციას მეხსიერებაზე გავლენა არ მოუხდენია.

**დასკვნა:** არამაიონიზირებელი რადიაცია მოქმედებს ფიზიოლოგიურ პროცესებზე, რაც არასწორი მართვის და გამოყენების პირობებში შესაძლოა საფრთხეს წარმოადგენდეს როგორც ფსიქიური, ასევე ფიზიკური ჯანმრთელობისთვის. რაც შეეხება მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზებს, ის შესაძლოა გამოყენებული იქნას შფოთვითი რეაქციების მართვაში.

## **Abstract**

**Introduction:** stress is the body's response to a stimulus. With prolonged, strong exposure to stress or weakening of the body's defenses, various mental or somatic diseases develop.

Stress can be caused by many factors, including radiation. Today`s life is unthinkable without non-ionizing radiation, in particular without electrical appliances, cell phones, wireless Internet connections, microwave ovens, and many other medical diagnostic or therapeutic devices. Long-term exposure to non-ionizing radiation causes the same changes in the body that we experience during chronic stress: the concentration of hormones involved in the regulation of stress increases, which is accompanied by the reaction of all body systems.

An emotional expression of stress is anxiety. In addition to anxiety, various memory changes occur during stress, from improved memory to memory loss.

Small doses of ionizing radiation are everywhere in the living environment: in the air, in natural thermal waters, in stone materials, etc. The negative effects of this type of radiation are known, however, like all drugs, if used and learned correctly, radiation can also have positive effect.

**The aim of our study** was to study the effect of stressors from the household environment – radiation on anxiety and memory, therefore, the following tasks were set:

1. Study changes in the memory, attention and concentration effected by non-ionizing radiation: microwaves and the electromagnetic field.

2. To establish a connection between behavioral, in particular anxiety reactions, memory changes and in concentrations of neurotransmitters involved in processes when exposed to non-ionizing radiation.

3. Determination of the radiation hormesis algorithm using the example of the body's reactivity caused by the action of low doses of radon from natural thermal waters, by studying the oxidative and antioxidant systems.

**Research methodology:** the research was carried out in animal models. A mobile phone was used to generate the electromagnetic field, and a household microwave oven was used to

generate microwave radiation. To study the impact of low doses of ionizing radiation on the environment, a study was carried out using low doses of radon, a radioactive element from Tskhaltubo resort thermal water.

To study the biology of radiation stress, we conducted laboratory studies of neurohormones and behavioral physiological tests to examine levels of anxiety and changes in various forms of memory.

**Research results:** The results of our research show that non-ionizing radiation is a stressor that can affect a living organism and cause behavioral changes, namely anxiety, as evidenced by changes in the concentration of stress neurohormones, changes in memory, although detailed analysis showed a decrease in attention and concentration.

As for ionizing radiation, the effect of hormesis was obtained upon inhalation of 37 Bq / m<sup>3</sup> of radon-containing water and manifested itself as an anxiolytic effect based on an increase in antioxidant reactions;

**Conclusion:** Radiation affects physiological processes that, if not properly managed and used, can pose a threat to both mental and physical health. With regard to small doses of ionizing radiation, it can be used to stop anxiety reactions.

## სარჩევი

თავფურცელი	
აბსტრაქტი	I
სარჩევი/ შინაარსი	VI
ცხრილების, გრაფიკებისა და სხვა ილუსტრაციების ჩამონათვალი	IX
აბრევიატურების ჩამონათვალი	XVI
I. შესავალი	1
1. საკვლევი თემის აქტუალობა	1
2. პრობლემის ფორმულირება, მნიშვნელობა	14
3. კვლევის მიზანი და ამოცანები, ჰიპოთეზა	16
II. ლიტერატურის მიმოხილვა	18
1. სტრესის ბიოლოგია და მისი გამომწვევი ფაქტორები	18
2. მეხსიერების ნეიროანატომია	22
3. მეხსიერებაზე, ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე მოქმედი სტრესი და სხვა ფაქტორები	26
4. არამიონიზირებელი რადიაციის გავლენა კოგნიტურ პროცესებზე	33
III. კვლევის მეთოდოლოგია	38
1. კვლევის ობიექტის შერჩევა	38
2. ლაბორატორიულ პირობებში საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის გენერაცია	39
3. არამიონიზირებელი რადიაციის - მიკროტალღური გამოსხივების მიღება	40
4. ჰორმონების ეფექტის მიღება	40
5. შფოთვის გამოწვევა	41
6. მაიონიზირებელი და არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილებების შესწავლა	42
6.1. დადებითი სტიმულთან დაკავშირებული მეხსიერების შესწავლა	42
6.1.1. ორი საკვებურის ტესტი:	42

6.1.2. მეხსიერების, ყურადღების და კონცენტრაციის 5 - CSRTT ტესტი	45
6.2. უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების შესწავლა	48
6.2.1. პასიური განრიდების ტესტი	49
7. ემოციური-მოტივაციური ქცევის შესწავლა ღია ველის მეთოდის გამოყენებით	50
8. ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტის საშუალებით შფოთვის დონის დადგენა	51
9. არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას სტრესის დონის დადგენა ლაბორატორიული ანალიზით	51
10. მეხსიერების პროცესებში მონაწილე ჰორმონ გრელინის კონცენტრაციის განსაზღვრა	52
11. რადონის ჰორმეზისის გავლენა ორგანიზმის ანტიოქსიდაციურ პროცესებზე:	53
11.1. ოქსიდაციური სტატუსის შესწავლა	53
11.2. ოქსიდაციური სტრესის დონის დადგენა	53
12. სპეციფიური შთანთქმის სიჩქარის დაანგარიშება	53
13. კვლევის დიზაინი	54
14. რაოდენობრივი მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი	55
IV. კვლევის შედეგები	56
1. დადებითი გამღიზიანებლით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილება ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებისას	56
1.1. ორი საკვებურის ტესტი	56
1.2. 5 - CSRTT ტესტის შედეგები	60
2. უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილებები ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების დროს - პასიური განრიდების ტესტის შედეგები:	70



3. მეხსიერების, ყურადღებისა და კონცენტრაციის ცვლილებები მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისა და რადონის ინჰალაციის დროს:	72
4. ქცევის ცვლილებები ღია ველში არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას	75
4.1. ლოკომოტორული აქტივობა	76
4.2. შფოთვის დონის შედეგები ღია ველის ტესტში	77
4.3.ემოციურობა	79
4.4. თავისუფალი კვლევითი აქტივობა	79
5. ქცევის ცვლილება ღია ველში მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას	84
6.ქცევა ჯვარედინ ლაბირინთში არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედებისას	88
7.ქცევა ჯვარედინ ლაბირინთში რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის შემდეგ	92
8. შფოთვის ნეიროჰორმონების ანალიზი	95
9.გრელინის და დოფამინის კონცენტრაციის ცვლილებები არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას	97
10. ანტიოქსიდაციური რეაქციები რადონის მცირე დოზების მოქმედებისას	98
V. კვლევის შედეგების განხილვა	101
VI. დასკვნები და რეკომენდაციები	113
VII. ბიბლიოგრაფია	116
VIII გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:	141
IX მოხსენებები ნაშრომის თემაზე	143

## **ცხრილების, გრაფიკებისა და სხვა ილუსტრაციების ჩამონათვალი:**

**სურათი N 1.** ორი საკვებურის ტესტის აპარატი (1). ყუთის ერთ მხარეს მოთავსებული ორი საკვებურიდან ერთ-ერთის თავზე ინთება ნათურა (1-ა). ვირთაგვას მოთავსება ხდება გამჭვირვალე ყუთში (1-ბ), რომელიც იწვევს პულტის საშუალებით. ორის საკვებურის აპარატის მეთოდის სქემატური გამოსახულება (2). გამჭვირვალე ყუთი, სადაც ხდება ვირთაგვას მოთავსება (2-ა). საკვებური, რომლის თავზეც მოთავსებულია ნათურა (2-ბ), პულტი, რომლის საშუალებითაც ხდება გამჭვირვალე ყუთის აწევა (2-გ).

**სურათი N 2.** 5 – CSRTT აპარატის სქემატური გამოსახულება. ზედხედი (1) და ხედი ფრონტალურ ჭრილში (2): ხვრელი, სადაც შუქის ანთების დროს (2-ა) ვირთაგვა ყოფს ცხვირს (1-ა, 2-ბ) და ბრუნდება საკვებურთან (1-ბ);

**სურათი N 3.** კვლევის დიზაინის სქემატური გამოსახულება

**სურათი N 4.** არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედება ლოკომოტორულ აქტივობაზე. წარმოდგენილია ემგ-ში მოთავსებიდან 10 დღიანი პერიოდის შემდგომი შედეგი, კერძოდ ა) იმობილიზაციის მაგალითი ემგ-ს მოქმედებისას, ბ) ჰიპერაქტიული მოძრაობა ემგ-ს მოქმედებისას გ) ჰიპერაქტიულობა მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისას და დ) საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების მოძრაობა ღია ველში

**ცხრილი N 1.** ორი საკვებურის ტესტში 800 MHz სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას დადებითი გამლიზიანების მიმართ გამომუშავებული მოკლევადიანი მეხსიერების შედეგები მამრ ზრდასრულ ვირთაგვებში.

**ცხრილი N 2.** ორი საკვებურის ტესტში 800 MHz სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას დადებითი გამლიზიანების მიმართ გამომუშავებული გრძელვადიანი მეხსიერების შედეგები მამრ ზრდასრულ ვირთაგვებში. წარმოდგენილია დავალების სწორად შესრულებათა რაოდენობა ( $n=10$ ), ტრიგერის მოქმედებიდან რეაქციის დაწყებამდე დრო ე.წ. ყუთის დატოვების დრო და შესრულებული სამუშაოს დრო (შესრულებული სამუშაოს დრო არის დავალების

შესასრულებლად საჭირო მთლიანი დროისა და ტრიგერის მოქმედებიდან რეაქციის დაწყებამდე საჭირო დროის სხვაობა). საექსპერიმენტი ჯგუფში კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ზემოქმედების 10 დღიანი კურსის დასრულებიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს, რაც ორივე ჯგუფის შემთხვევაში შეესაბამება დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეებს.

**ცხრილი N 3.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მეხსიერების ჩამოყალიბებაზე. დასწავლა საექსპერიმენტო ჯგუფის შემთხვევაში დაწყებულია ემგ-ში მოთავსებიდან მე-5 დღეს. წარმოდგენილია დასწავლის დაწყებიდან დასწავლის კრიტერიუმის მიღწევის პერიოდი, ანუ დღეების რაოდენობა, როცა საცდელმა ცხოველმა 10 ცდიდან 80%-ის სიზუსტით შეასრულა დავალება, გრძელვადიანი მეხსიერებისას სწორად შესრულებულ დავალებათა რიცხვი და შეცდომების რაოდენობა დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

**ცხრილი N 4.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე 5 – CSRTT დროს. ყურადღებისა და კონცენტრაციის შესაფასებლად ვითვლიდით შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფის და ამ დავალების შესრულებისას დაშვებული შეცდომების რაოდენობას. შეცდომად ითვლებოდა შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფა. წარმოდგენილია სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

**ცხრილი N 5.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა 5 – CSRTT დავალების სწორად შესრულების ვირთავას მოტორული აქტიურობის სტატუსზე. ტესტირების შედეგები დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს. მოტორული აქტიურობის სტატუსის შესაფასებლად დავითვალეთ გრუმინგი, ორ თათზე ადგომისა და თავის აწევის რაოდენობა.

**ცხრილი N 6.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა პასიური განრიდების პირობითი რეფლექსის ჩამოყალიბებაზე და შენახვაზე: მოკლე და გრძელვადიანი

მეხსიერება. საცდელი ცხოველების რაოდენობა ჯგუფში 10, ტესტი გრძელდება 60 წმ-ის მანძილზე.

**ცხრილი N 7.** არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ღია ველის ტესტში ცენტრალურ კვადრატში შესვლების რაოდენობა, ასევე ცენტრალურ კვადრატებში გატარებული დრო და იმობილიზაციის ხანგრძლივობა. საკვლევი ცხოველების რაოდენობა  $n=10$  თითო ჯგუფში, ტესტის ჩატარების ხანგრძლივობა 180 წმ. ტესტი ჩატარებულია ემგ-ში და მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფში რადიაციის 10 დღიანი ექსპოზიის მომდევნო დღეს.

**ცხრილი N 8.** საკვლევი ჯგუფების დაყოფა

**ცხრილი N 9.** რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის გავლენა ლოკომოტორულ აქტივობაზე და იმობილიზაციაზე შფოთვის დროს.

**ცხრილი N 10.** რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის გავლენა ღია ველის მანქაში გადაადგილების ალგორითმზე. კვლევა ჩატარდა ინჰალაციის 10 დღიანი პროცედურების დასრულებისას.

**ცხრილი N 11.** არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ჯვარედინი ლაბირინთის ღია და დახურულ მხრებში გატარებული დრო (წმ).

**ცხრილი N 12.** ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში ლაბირინთის ცენტრალურ ნაწილში შესვლების რაოდენობა ( $n$ ).

**ცხრილი N 13.** ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტით შფოთვაზე რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის გავლენის შედეგები. წარმოდგენილია ლაბირინთის ცენტრალურ და პერიფერიულ ნაწილებში გატარებული დრო (წმ).

**ცხრილი N 14.** ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში ცენტრში შესვლათა რაოდენობა და დაყოვნების დრო რადონის ინჰალაციის გავლენისას.

**ცხრილი N 15.** დოფამინის, ნორადრენალინის, ადრენალინის და სერტოტონინის კონცენტრაციის ცვლილება არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას.

**ცხრილი N 16.** მეხსიერების ფიზიოლოგიაში მონაწილე ნეიროჰორმონების კონცენტრაციის ცვლილება არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

**ცხრილი N 17.** ნაჩვენებია მცირე დოზის რადიაციით გამოწვეული ანტიოქსიდაციური რეაქციების ცვლილებები, კერძოდ GSH, GSSG კონცენტრაცია და GSH/GSSG თანაფარდობა (radio).

**ცხრილი N 18.** მცირე დოზის რადიაციით გამოწვეული ანტიოქსიდაციური რეაქციების ცვლილებები, TOS და TAS კონცენტრაცია, Oxidative stress index (OSI), რომელიც დაანგარიშებულია ფორმულით:  $OSI = TOS/TAS$

**დიაგრამა N 1.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე 5 – CSRTT დროს. ყურადღებისა და კონცენტრაციის შესაფასებლად ვითვლიდით შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფის და ამ დავალების შესრულებისას დაშვებული შეცდომების რაოდენობას. შეცდომად ითვლებოდა შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფა. წარმოდგენილია სწორად და არასწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა დასწავლის, დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.  $n=10$ .

(1) შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელთან მისვლა და შემდეგ საკვებურთან მისვლის რაოდენობა

(2) შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელთან მისვლა და შემდეგ არასწორ ხვრელთან მისვლის შემდეგ საკვებურთან დაბრუნების რაოდენობა

**დიაგრამა N 2.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა დავალების შესრულების დროზე 5 – CSRTT დროს. ყურადღებისა და კონცენტრაციის შესაფასებლად ვითვლიდით სტიმულიდან დავალების სწორად შესრულებამდე დახარჯულ დროს (წმ) დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

**დიაგრამა N 3.** ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა იმპულსურობასა და ყურადღებაზე 5 – CSRTT დროს. იმპულსურობისა და ყურადღების შესაფასებლად

ვითვლიდით შუქის ანთების გარეშე ვირთაგვას მიერ საკვებურში ანდა ხვრელში ცხვირის შეყოფის რაოდენობას. წარმოდგენილია არასწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

**დიაგრამა N 4** - ნაჩვენებია მოკლე და გრძლვადიანი მეხსიერების ტექსტის შედეგები: რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს პასიური განრიდების ტესტში -კამერის ბნელ ნაწილში შესვლათა რაოდენობა

**დიაგრამა N 5** - ნაჩვენებია მოკლე და გრძლვადიანი მეხსიერების ტექსტის შედეგები დადებით სტიმულთან დაკავშირებული ორი საკვებურის ტექსტში დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო, რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.

**დიაგრამა N 6** - ნაჩვენებია მოკლე და გრძლვადიანი მეხსიერების ტექსტის შედეგები დადებით სტიმულთან დაკავშირებული ორი საკვებურის ტექსტში სწორად შესრულებულ დავალებათ რაოდენობა, რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.

**დიაგრამა N 7** - ნაჩვენებია ყურადღების და კონცენტრაციის შესაფასებელ 5-CSRTT-ში სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.

**დიაგრამა N 8** - დასწავლისთვის საჭირო დრო 5-CSRTT-ში რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.

**დიაგრამა N 9** არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა ვირთაგვების ემოციურობაზე ღია ველში.  $n=10$ , ტესტი ჩატარებულია რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის შემდეგ დღეს.

**დიაგრამა N10.** წამოდგომათა რიცხვი ღია ველის ტესტში. ნაჩვენებია არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა თავისუფალ ძიებითი აქტივობის წამოდგომათა კომპონენტზე. N=10, კვლევის ხანგრძლივობა 180 წმ.

**დიაგრამა N11.** არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა თავისუფალ ძიებით აქტივობაზე ღია ველის მანქაში. კვლევა გრძელდებოდა 180 წამის განმავლობაში. წარმოდგენილია თავის აწევათა რაოდენობა ემგ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

**დიაგრამა N 12.** არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის რაოდენობაზე ღია ველში. წარმოდგენილია გრუმინგის რაოდენობა 180 წამის განმავლობაში ემგ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

**დიაგრამა N 13.** არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის ხანგრძლივობაზე. კვლევა გრძელდებოდა 180 წამის განმავლობაში. წარმოდგენილია ემგ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

**დიაგრამა N 14.** არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა თავისუფალ ძიებით აქტივობაზე ღია ველის მანქაში. კვლევა გრძელდებოდა 180 წამის განმავლობაში. წარმოდგენილია თავის ღია ველის მანქის ფსკერზე არსებულ ხვრელებში საცდელი ცხოველების მიერ ცხვირის ჩაყოფათა რაოდენობა ემგ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

**დიაგრამა N 15.** რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის გავლენა შფოთვითი რეაქციების დროს საკვლევი ცხოველების ემოციაზე. დათვლილია ბოლუსების

რაოდენობა n. კვლევა ჩატარებულია რადონის ინჰალაციის 10 დღიანი პროცედურების დასრულებისას.

**დიაგრამა N 16.** არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის, თავის აწევის და წამოდგომის რაოდენობაზე ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში

**დიაგრამა N 17.** გრუმინგის ხანგრძლივობა ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში; ტესტი ჩატარებულია არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

**დიაგრამა N 18** ჯვარედინი ლაბირინთის ღია და დახურულ ნაწილებში გატარებული დროის წილი (%).

**დიაგრამა N 19.** ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტით შფოთვაზე რადონის მცირე დოზის ინჰალაციის გავლენის შედეგები.

**დიაგრამა N 20.** შფოთვის გამოწვევა უარყოფითი სტიმულით

**დიაგრამა N 21.** უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული სტრესის ემოციური გამოვლინების - შფოთვის დადასტურება ღია ველის ტესტში. დათვლილია ბოლუსების და ურინაციის ოდენობა.

**დიაგრამა N 22.** კორტიზოლის კონცენტრაციის ცვლილებები მიკროტალღური რადიაციის ზემოქმედებისას.



**აბრევიატურების ჩამონათვალი:**

ACTH - ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონი

APA - ამერიკის ფსიქოლოგთა ასოციაცია

Bq - ბეკერელი

CRH - კორტიკოტროპინ რილიზინგ ჰორმონი

CSTEE - ევროკომისიის ტოქსიკოლოგიის, ეკოტოქსიკოლოგიისა და გარემოს  
სამეცნიერო კომიტეტი

EPT- ჯვარედინი ლაბორინტის ტესტი

HPA - ჰიპოთალამურ-ჰიპოფიზ-თირკმელზედა ღერძი

Hz - ჰერცი

GSH - გლუტათიონი

GSSG - დაანგული გლუტათიონი

OFT - ღია ველის ტესტი

OS - ოქსიდაციური სტრესი

OSI- ოქსიდაციური სტრესის ინდექსი

SAR - სპეციფიკური შთანთქმის სიჩქარე

TAS – მთლიანი ოქსიდაციური სტატუსი

TOS - ანტიოქსიდაციური სტატუსი

5 – CSRTT - 5 არჩევანის სერიული რეაქციის დროის ტესტი

ემვ - ელექტრომაგნიტური ველი

ჯანმო - ჯანდაცვის მხოვლიო ორგანიზაცია

საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული სტრესორით - არამაიონიზირებელი რადიაციით გამოწვეული სტრესი, შფოთვა და მეხსიერების ცვლილებები

## I. შესავალი.

### 1. საკვლევი თემის აქტუალობა

თანამედროვე საარსებო გარემო წარმოუდგენელია სტრესის გარეშე. სტრესის მართვაში ორგანიზმის ყველა სისტემაა ჩართული. სტრესის გამომწვევი ფიზიკური ფაქტორების გარდა, როგორცაა ტემპერატურა, სინათლე, იმობილიზაცია, ტკივილი, ხმაური თუ ჰიპოგლიკემია, მნიშვნელოვანია ფსიქოლოგიური და ნერვულ-ფსიქიკური ფაქტორებიც: შიში, შფოთვა, კოგნიტური დისონანსი, ემოციური აქტივობა თუ მიღებული დიდი მოცულობის ინფორმაცია, ინფორმაციის დამუშავების სიჩქარე და სხვა.

გამომწვევი მიზეზის მიუხედავად, ორგანიზმი სპეციფიური და არასპეციფიური პასუხით ახდენს სტრესზე რეაგირებას (Pacalk K., et al. 2001). იმ შემთხვევაში, როცა სტრესორი მეტისმეტად ძლიერია ან მისი მოქმედება გრძელდება ხანგრძლივად, ორგანიზმი ვერ ახერხებს სტრესთან გამკლავებას, რის გამოც ირყევა ადამიანის ჯანმრთელობა და მძიმე სომატური თუ ფსიქიკური დაავადებები ვითარდება (Cramer, 2003).

ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის ექსპერტთა მონაცემებით, საშუალო და დაბალი შემოსავლის ქვეყნებში, დაავადებათა ტვირთის მხრივ სტრესთან დაკავშირებული დაავადებები ლიდერობს. არაგადამდებ დაავადებათა დიდი ნაწილის პათოგენეზში სტრესი საკმაოდ ხშირად მონაწილეობს (Eskildsen A., et al. 2015; Janowski K., et al. 2014). ინფორმაციული, ფიზიკური და ემოციური გადაღლის ფონზე განვითარებული დაავადებები განსაკუთრებით მაღალი სიკვდილობის მაჩვენებლებით გამოირჩევა, მათ შორის გულსისხლძარღვთა სისტემის დაავადებები, კიბო და დიაბეტი. შესაბამისად, სტრესის მართვა, მისი პრევენცია 21-ე საუკუნეში ჯანმრთელობის დაცვის ორგანიზაციების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

მაპროვოცირებელი ფაქტორის მიუხედავად ცენტრალურ ნერვულ სისტემას წამყვანი როლი ენიჭება სტრესული რეაქციის მართვაში. სტრესორის ზეგავლენით აქტიურდება თავის ტვინის შესაბამისი უბანი (Dayas C., et al. 2001), ხდება ნეიროჰორმონების გამოყოფა - ორგანიზმი ახდენს რეაგირებას. განსაკუთრებული ადგილი სტრესის ბიოლოგიაში ჰიპოფიზ-ჰიპოთალამო-ადრენერგულ ღერძს უჭირავს (Baes C., et al. 2014; Gianferante D., 2014).

ფართოდაა შესწავლილი სტრესის რეგულაციის კასკადურ პროცესში ჩართული ნეიროჰორმონების მარეგულირებელი მექანიზმები (Babb J., et al. 2013). სტრესული ფაქტორის გავლენით მთელი ორგანიზმი ექსტრემალურ რეჟიმში იწყებს მუშაობას, ხდება ორგანიზმის ადაპტაციური შეზღუდული მექანიზმების მობილიზება: ყურადღების და კონცენტრაციის გაძლიერება, ორგანიზმი სწაფად ლებულობს გადაწყვეტილებას, ხდება შიშის დათრგუნვა, მეხსიერების მობილიზაცია (Bos M., et al. 2014; Cheung J., et al. 2015; Trammell J., et al. 2014).

ქრონიკული სტრესი მოქმედებს ქცევაზე და იზრდება ქცევითი დაავადებების განვითარების რისკიც. შესაძლოა განვითარდეს დეპრესია (Kessler & Bromet, 2013), აგრესია (Haller J., et al. 2014), იზრდება ალკოჰოლის და ნიკოტინის მოხმარება (Steptoe A., et al. 1996), იცვლება მეხსიერება (ქვეითდება ან პირიქით ძლიერდება დამახსოვრება), იცვლება (აჩქარებული ან დაქვეითებულია) გადაწყვეტილების მიღების პროცესები, ხდება შიშის დათრგუნვა ან გაძლიერება, იზრდება ან ქვეითდება შრომისუნარიანობა და სხვა.

ქცევაზე მოქმედი გარე ფაქტორებიდან, ბოლო წლებში მეცნიერების ყურადღება ფოკუსირდება არამაიონიზირებელ რადიაციაზე. სადღეისოდ არსებული მონაცემები გვარწმუნებენ, რომ ნებისმიერი, მათ შორის არამაიონიზირებელი რადიაცია გავლენას ახდენს ცოცხალ ორგანიზმზე. განსაკუთრებით დიდი ყურადღება ეთმობა არამაიონიზირებელ რადიაციასთან დაკავშირებულ ბავშვთა ლეიკემიებს (Schüz J., et al. 2001), გულის დაავადებებს (Lewczuk B., et al. 2014), ნეიროდეგენერაციულ დაავადებებს (Poulsen A., et al. 2013), დეპრესიას (Ahlbom IC., et al. 2001), ლიმფობლასტურ ლეიკემიას (Malagoli C., et al. 2010), ცენტრალური ნერვული სისტემის სიმსივნურ დაავადებებს (Kroll M., et al. 2010) და ქცევის ცვლილებებს, რაც ასევე ჩვენი კვლევის ინტერესს წარმოადგენს.

2001 წელს ევროკომისიის ტოქსიკოლოგიის, ეკოტოქსიკოლოგიისა და გარემოს სამეცნიერო კომიტეტმა (CSTEE) გამოსცა დოკუმენტი „ელექტრომაგნიტური ველის (ემვ), რადიოსიხშირის და მიკროტალღური რადიაციის ადამიანის ჯანმრთელობაზე შესაძლო ეფექტები“. დოკუმენტში აღნიშნულია, რომ კვლევების მონაცემთა სიმწირის გამო, ჯერ-ჯერობით არ დასტურდება ადამიანის ორგანიზმზე არამაიონიზირებელი რადიაციის, მათ შორის ელექტრომაგნიტური ველის უარყოფითი მოქმედება, რამაც უზიდავს მეცნიერებს გაეძლიერებიათ მუშაობა, პოტენციური საფრთხეების თავიდან აცილების მიზნით, საწინააღმდეგოს დასამტკიცებლად.

რადიაცია - ეს არის გარემოში ენერჯიის გამოყოფა ან გადაცემა ტალღის ან ნაწილაკების სახით. გამოხსივებული ნაწილაკების ან ტალღის ენერჯიის მოცულობის მიხედვით განასხვავებენ მაინიზირებელ და არამაინიზირებელ რადიაციას. მაინიზირებელ რადიაციას შესწევს უნარი შეცვალოს ატომის ან მოლეკულის მუხტი და იმოქმედოს ქიმიურ ბმაზე, შესაბამისად ის მეტად სახიფათოა ორგანიზმისთვის. არამაინიზირებელ რადიაციას ასეთი უნარი არ აქვს, მაგრამ მიუხედავად ამისა, დაბალი ენერჯიის მქონე რადიაციის ეს სახე მაინც წარმოადგენს ჯანმრთელობის რისკს. არამაინიზირებელი რადიაციის სახეებია ულტრაიისფერი გამოსხივება, ხილული სინათლე, მიკროტალღები, ინფრაწითელი გამოსხივება და სხვა (Bernhardt JH, 1991).

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, ყველა ქვეყნის მიერ კონტროლდება რადიაციის ყველა სახე, რომელიც საფრთხეს უქმნის ჯანმრთელობას ან წარმოადგენს პოტენციურ რისკს. მიუხედავად იმისა, რომ საყოფაცხოვრებო პირობებში არ უნდა ხდებოდეს ისეთი მასალების, ნივთიერებების, მეთოდების გამოყენება, რომელიც პირდაპირ ან ირიბად დაკავშირებულია ადამიანის ორგანიზმისთვის საშიშ და პოტენციური საფრთხის მქონე რადიაციასთან, კვლევებით დგინდება, რომ არამაინიზირებელი რადიაციის ასეთი სახეები მაინც ხშირად გვხვდება ჩვენს ყოველდღიურობაში და მოქმედებს ჩვენს ჯანმრთელობაზე.

სხვადასხვა სახის ელექტროაპარატურა, მობილური ტელეფონები, სილამაზის სალონებში გამოყენებული სოლარიუმები, რადიო-ტელეგადამცემი სისტემები, რადარები, ანტენები, ინტერნეტის უკაბელო მიმწოდებლები, რადიოსიხშირის ტალღის მქონე კოსმეტოლოგიური თუ სამედიცინო აპარატები, სამზარეულოში

გამოყენებული მიკროტალღური ღუმელები და მრავალი სხვა თითქოს ერთი შეხედვით არასაფრთხო ხელსაწყოები, მუშაობისას წარმოქმნიან სხვადასხვა სახის რადიაციას (Wilkening GM & Sutton CH, 1990) - გამოსხივებას, რომელსაც შესწევს უნარი იმოქმედოს ცოცხალ ორგანიზმზე და შეცვალოს მასში მიმდინარე პროცესები (Li D., et al. 2017).

კლინიკურ კვლევებში მიღებულმა შედეგებმა სამეცნიერო საზოგადოება ორ ნაწილად გაყო. ერთნი თვლიან, რომ არ არის დაზუსტებული მაიონიზირებელი რადიაციის ზოგიერთი სახის, მაგ. ელექტრომაგნიტური ველის უარყოფითი ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმზე, ხოლო მეორენი ამტკიცებენ, რომ ადამიანებში მომატებული სტრესი, ნერვული დაავადებები (van Wijngaarden E., et al. 2000, Ohayon M., et al. 2019) რეპროდუქციული სისტემის დარღვევები, გაღიზიანება, უძილობა და სიმსივნური დაავადებების ხშირი შემთხვევები, განსაკუთრებით ლეიკემიები ბავშვთა ასაკში, პირდაპირ და არაპირდაპირ დაკავშირებულია ორგანიზმზე საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედებასთან (Bonnet-Belfais M., et al. 2013).

სხვადასხვა ავტორის დამოკიდებულება ამ ფაქტორის მიმართ ატარებს არაერთგვაროვან ხასიათს ქცევის ცვლილებების თვალსაზრისითაც, კერძოდ ზოგიერი მკვლევარი აღნიშნავს, რომ გარკვეული სახის არამაიონიზირებელი რადიაცია სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ქცევაზე, კერძოდ ზოგიერთი ორგანიზმი მაგალითად ემგ-ზე რეაგირებს არა ლოკომოტორული აქტივობით, არამედ დეპრესიით. ეს დამოკიდებულია ემგ-ს სიხშირეზე. თუ 1 Hz სიხშირის ემგ ვირთაგვაში იწვევდა ანორექსიას, 5Hz სიხშირის ემგ-ში მოთავსებისას იზრდებოდა დოფამინის გამომუშავება და შეინიშნებოდა ლოკომოტორული აქტივობის მომატება (Mahdavi S., et al. 2014). ასევე ყურადღება უნდა მიექცეს ორგანიზმის ინდივიდუალურ თავისებურებას, რადგან ერთიდაიმავე სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი განსხვავებულ ეფექტებს და ქცევის ცვლილებებს იწვევს აგზნების მომატებიდან დაქვეითებამდე. მაგალითად, რიგ კვლევებში დასტურდება, რომ საყოფაცხოვრებო სიხშირის ემგ, რომელსაც გამოიმუშავებს მობილური ტელეფონი იწვევს მეხსიერების დაქვეითებას (Kalafatakis F., et al. 2017), მაშინ როცა სხვა კვლევები ადასტურებენ, რომ იმავე სიხშირის ემგ იწვევს მეხსიერების გაუმჯობესებას (Wiholm C., et al. 2009), თუმცა

მეხსიერების შეფასებისას სხვადასხვა ტესტები გამოიყენებოდა. აღსანიშნავია ისიც, რომ ემგ-ს მოქმედებით არ ხდება მეხსიერების ყველა ფორმის ერთნაერად დარღვევა. ემგ-ს მიმართ განსაკუთრებით მგრძნობიარეა სივრცითი, მოკლევადიანი და ფსიქო-ემოციური გრძლევადიანი მეხსიერება.

რაც შეეხება მიკროტალღურ გამოსხივებას, აღმოჩნდა, რომ სამზარეულოში ხშირად მოხმარებადი მიკროტალღური ღუმელიდან, რომელიც ისეა შექმნილი, რომ მუშაობის დროს მიკროტალღები რჩება ღუმელში, ადგილი აქვს რადიაციის გაჟონვას (Dondoladze K., et al. 2020). აღნიშნული სახის არამაიონიზირებელი რადიაცია, ისევე როგორც სხვა ელექტრომაგნიტური გამოსხივებაც, ისიც იწვევს უჯრედებში სხვადასხვა მექანიზმის ჟანგვითი სტრესს, კერძოდ, მის მოქმედებაში ხდება თავისუფალი ჟანგბადის რადიკალების წარმოქმნა, რაც თავის მხრივ იწვევს ნეირონების გადაგვარების პროცესების დაჩქარებას, უჯრედული ლიპიდის პეროქსიდირებას. რეაქტიული ჟანგბადის სახეობები (ROS), რომლებიც წარმოიქმნება მიკროტალღური გამოსხივების ზემოქმედებისას, მოქმედებენ რეაქტიული აზოტის სახეობებთან (RNS) და იწვევს უჯრედების დაზიანებას. კვლევებში აღმოჩნდა, რომ 900 MHz 2W/kg გამოსხივების 24-საათიანმა მოქმედებამ გამოიწვია ნეირონული აპოპტოზი ვირთაგვში ე.წ. მიტოქონდრიული გზის გააქტიურებით (Joubert et al. 2008).

ტვინის ქსოვილის უჯრედების მიტოქონდრიული დაზიანება ბევრად უფრო ადრე ხდება, ვიდრე სხვა ორგანოების უჯრედებში (Hao et al. 2015). შესაბამისად, მიკროტალღური გამოსხივება ახდენს გავლენას ტვინის ამ ნაწილებზე და ცვლის ქცევას. მაგალითად: ორსული ვირთხების მიკროტალღური რადიაციით დასხივების შემდეგ, მათ შთამომავლებში აღინიშნა შფოთვასთან დაკავშირებული ქცევა (Zhang et al. 2015).

აქვე უნდა აღინიშნოს რადიაციის თვისება - ჰორმესიზი, ანუ მცირე დოზის რადიაციის დადებითი ეფექტი, კერძოდ კი იმუნური სისტემის გააქტიურება. იმუნურ სისტემაზე საუბარი ოქსიდაციური სტრესის და ანტიოქსიდაციური, დამცველობითი სისტემის შეფასებითაც შეიძლება.

შფოთვის ფიზიოლოგიის კვლევასა და პრედიქტორების დადგენაში, მრავალი მკვლევარი ყურადღებას სწორედ ოქსიდაციურ სტრესსა (OS) და ანტიოქსიდაციურ დამცველობით სისტემებს შორის დისბალანსზე ამახვილებს. ანტიოქსიდაციური

სისტემები დაზიანებისგან იცავენ სხვადასხვა უჯრედებს, მათ შორის ნერვული უჯრედებსაც (Nikolaishvili M. et al. 2020). ოქსიდაციური სტრესით გამოწვეული ნერვული უჯრედების დაზიანება კლინიკურად შესაძლებელია სხვადასხვა ნევროლოგიური სიმპტომით ან ქცევითი აშლილობით გამოვლინდეს, მათ შორის შფოთვითაც (Cingi et al., 2016, Guney et al., 2014). შფოთვის დროს, გარდა ზემოთთქმულისა, ადგილი აქვს იმუნური ფაქტორების დისრეგულაციასაც, რაზეც მეტყველებს ც-რეაქტიული ცილის ან ანთების სხვა მედიატორების კონცენტრაციის მომატებაც (Copeland W., et al. 2012).

თავის ტვინი ძირითადად ცხიმოვანი ქსოვილისგან შედგება და მოიხმარს ბაზალური ჟანგბადის დაახლოებით 20%-ს. ამიტომ იგი მგრძნობიარეა ოქსიდაციური პროცესების მიმართ, სადაც ოქსიდაციური მექანიზმები ლიპიდების პეროქსიდაციის გზით მიმდინარეობს და ამ რეაქციების შედეგად სხვადასხვა თავისუფალი რადიკალი წარმოიქმნება (Sies et al., 2017). თავის ტვინში ოქსიდაციისას წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალები მონაწილეობას იღებენ უჯრედთა სიგნალის პროცესებში (Finkel T. 2003), იმუნური მექანიზმების გააქტიურებაში და სხვა ტოქსიური ნივთიერებების გაუვნებელყოფაშიც, მაგრამ ამის გარდა, მათ ასევე შეუძლიათ მემბრანის მთლიანობის დარღვევა ან ნეირონების დისფუნქციის გამოწვევაც (Sawada et al., 1992). შესაბამისად, ოქსიდაციური პროცესების დროს წარმოქმნილ თავისუფალი რადიკალებით გამოწვეულ დაზიანებას, თან ახლავს ახალი ოქსიდაციური პროცესები და ამ დაზიანების კიდევ უფრო განვრცობა, რაც ამწვავებს კლინიკურ სურათსაც.

შფოთვითი რეაქციის განვითარების ერთ-ერთ მიზეზად ოქსიდაციური სტრესი ითვლება. თუმცა, უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ორგანიზმი სხვადასხვა ანტიოქსიდაციური რეაქციით ცდილობს საზიანო ოქსიდაციური პროცესების ჩახშობას (Guney et al., 2014). სულფჰიდრილ ჯგუფები (SH), ანტიოქსიდანტების მსგავსად, ცდილობენ გაწყვიტონ ჟანგბადთან დაკავშირებული თავისუფალი რადიკალების ჯგუფები.

ზოგადად SH, იგივე თიოლის ჯგუფები, ოქსიდაციური სტრესის მარკერია და იცავს თავის ტვინს პეროქსიდაციური რეაქციებისგან (Di Simplicio et al., 1998). შესაბამისად, ორგანიზმის ანტიოქსიდაციური სტატუსის შემოწმება შესაძლებელია ორგანიზმში თიოლის (სულფჰიდრილ ჯგუფის) კონცენტრაციის შეფასებით.

SH ჯგუფიდან, ჟანგვა-აღდგენით ჰომეოსტაზში მონაწილე ყველაზე მეტად აქტიური გლუტათიონია (GSH). თავისუფალი რადიკალების დეტოქსიფიკაცია საჭიროებს აღდგენილი GSH-ს (Zitka et al., 2012). ოქსიდაციის დონის შესაფასებლად გამოიყენება აღდგენილ GSH-სა და დაჟანგულ GSSG-ს შორის ფარდობის შეფასება. ანუ, თუ GSSG კონცენტრაცია იმატებს ან GSH იკლებს, ეს ნიშნავს, რომ უჯრედში ადგილი აქვს ოქსიდაციურ სტრესს.

ოქსიდაციური სტრესის დონის შესაფასებლად უფრო ზუსტი ბიომარკერი - ოქსიდაციური სტრესის ინდექსი გამოიყენება (OSI). ეს არის ფარდობა მთლიან ოქსიდაციურ სტატუსისა (TOS) მთლიან ანტიოქსიდაციურ სტატუსთან (TAS) (Erel 2005).

კვლევებით დასტურდება, რომ რადიაციის მოქმედებისას ადგილი აქვს ოქსიდაციური პროცესებისა და ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების ცვლილებას (Tseng et al., 2014, Sisakht et al., 2020).

უკანასკნელ წლებში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ სტრესის დროს იზრდება ჰორმონ გრელინის კონცენტრაცია პლაზმაში, რომელიც გავლენას ახდენს მეხსიერების პროცესებზე (Dondoladze K. et al. 2016), კერძოდ კი მონაწილეობს ნეიროგენეზში. გრელინი ჰორმონია, რომელიც ათიოდე წლის წინ აღმოაჩინეს მეცნიერებმა. გრელინის გამომუშავება ხდება კუჭში, ხოლო რეცეპტორები მდებარეობს ჰიპოთალამუსში, ჰიპოკამპში, ამიგდალაში. ამავდროულად იგი მოქმედებს მადის დარეგულირების მექანიზმზეც და მონაწილეობს ისეთი დაავადებების განვითარებაში, როგორცაა ნეიროგენული ანორექსია (Maria Monteleone A. et al. 2015). ამასთან ერთად, გრელინი მოქმედებს დასწავლის და მეხსიერების სფეროზე (Zhao Z. et al. 2014). იგი აუმჯობესებს შემეცნებისა და დამახსოვრების პროცესებს.

გრელინის კონცენტრაცია მომატებულია ქრონიკული სტრესის დროს (Dondoladze K. et al. 2016). გრელინის კონცენტრაციის მომატებისას უმჯობესდება დასწავლის პროცესი და მეხსიერება. არსებობს ჰიპოთეზა, რომ სტრესის დროს გრელინის კონცენტრაციის ხანგრძლივი მომატება ხელს უწყობს პოსტტრავმული სტრესული აშლილობების სიმპტომების მდგრადობას (Meyer R. et al. 2013).



დღესდღეობით, პოსტტრავმული სტრესული აშლილობის ნეირობიოლოგიური კვლევა მონომინურ ნეიროგადამცემებზე და ჰიპოთალამურ-ჰიპოფიზ-თირკმელზედა (HPA) ღერძზეა ფოკუსირებული (ორივე მათგანი სტრესული მოვლენების დაცვითი რეაქციების მედიატორია). გარდა ამისა, გამოკვლევებმა აჩვენა ცვლილებები ჰიპოკამპში და ამიგდალაში, აღნიშნული სტრუქტები კი მონაწილეობს არაცნობიერი ემოციური სტიმულების გადამუშავებაში. ეს ფაქტები იმაზე მეტყველებს, რომ ჰიპოკამპური დისფუნქცია ხელს უშლის მეხსიერების ჩამოყალიბების პროცესს, ხოლო ამიგდალაში ნორადრენერგული აქტივაცია იწვევს ზესიფხიზლეს და ხელს უწყობს ტრავმული მოვლენების ავტომატურ კოდირებას და გახსენებას.

ვირთავებში ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა დასწავლის და მეხსიერების პროცესების დაქვეითებისა და ანორექსიის შემთხვევები გარკვეული სიხშირის ემგ-ს მოქმედების ქვეშ (Mahdavi S. Et al. 2014), მაშინ როცა გრელინის კონცენტრაცია მომატებული უნდა იყოს ანორექსიის შემთხვევაში და შესაბამისად, გრელინის კონცენტრაციის მომატება უნდა ასტიმულირებდეს დასწავლის პროცესებს.

თუ ელექტრომაგნიტური ველი ძუძუმწოვარის ორგანიზმე მოქმედებს როგორც სტრესორი (Consales, C., et al. 2012), უნდა მოხდეს დასწავლის გაუმჯობესება, რაც გრელინის მომატებული კონცენტრაციის გავლენით იქნება ახსნილი. თუმცა ვირთავებში ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას გამოვლენილი ანორექსიის და ამავდროულად მეხსიერების და დასწავლის ფუნქციის დეპრესიის შემთხვევები გვაფიქრებინებს ემგ-ს განსხვავებული მექანიზმით გავლენას გრელინის მონაწილეობით მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებზე. აღნიშნული შედეგების მიზეზების კვლევა ჯერ-ჯერობით ჩატარებული არ არის.

დამტკიცებულია და ეჭვს არ იწვევს არამაიონიზირებელი რადიაციის ზოგიერთი სახის, მაგალითად ელექტრომაგნიტური ველის (ემგ) უარყოფითი მოქმედება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. ფსიქოემოციური, აღქმის, კოგნიტური, მეხსიერების და დასწავლის პროცესების პათოლოგიები ხშირ შემთხვევაში თან ახლავს ემგ-ს ხანგრძლივ ზემოქმედებას, შესაბამისად იცვლება ქცევაც.

ყოველივე ზემოთთქმულიდან გამომდინარე, ცალსახად იმის მტკიცება, რომ არამაიონიზირებელი რადიაცია საფრთხეს უქმნის ჯანმრთლობას, ძნელია.

მტკიცებულებებში გათვალისწინებული უნდა იყოს როგორც ორგანიზმის წინააღმდეგობრივი ძალების და დამცავი მექანიზმების მდგომარეობა, ასევე მოქმედი რადიაციის სხვადასხვა მახასიათებელი: დოზა, ექსპოზიციის ხანგრძლივობა, რადიაციული ტალღების სიგრძე, სიხშირე, გამოსხივების სახე და მრავალი სხვა.

მიუხედავად იმისა, რომ რადიაცია მე-19 საუკუნეში აღმოაჩინეს, მისი შესწავლა სახელმწიფოების ინტერესი მხოლოდ მეორე მსოფლიო ომის პერიოდში გახდა, მას შემდეგ რაც ის ომის იარაღად გამოიყენეს. მეცნიერები, რომლებიც რადიაციის ორგანიზმზე გავლენას სწავლობდნენ, მიღებულ შედეგებს საბჭოთა პერიოდში გრიფით საიდუმლო დოკუმენტებში აღწერდნენ. ეს სფერო ფართო საზოგადოებისთვის ე.წ. „დახურულ თემებს“ წარმოადგენდა. სად და როგორ ტარდებოდა ცდები, დღემდე ცნობილი არ არის, თუმცა წინა თაობის მრავალი მეცნიერი, მათ შორის ქართველი აკადემიკოსებიც სწავლობდნენ ამ ფიზიკური ფაქტორის მოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე, ქცევაზე, კოგნიტურ პროცესებზე.

რადიაციის მაიონიზირებელი სახის შესწავლასთან ერთად, „უვნებელი“ არამაიონიზირებელი რადიაციით დაინტერესება ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად აუცილებელი შეიქმნა. განსაკუთრებით ბოლო პერიოდში, მედია საშუალებებში ხშირად გვხვდება კვლევები სხვადასხვა სახის არამაიონიზირებელი რადიაციის არასასურველ შედეგებზე. განსაკუთრებული ყურადღება ბავშვებში მობილური ტელეფონების მოხმარებასთან დაკავშირებულ კოგნიტური პროცესების ცვლილებებზე (Markov M. & Grigoriev Y. 2015), ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითებაზე, მომატებულ აგრესიაზე და შფოთვაზე კეთდება.

მსოფლიო ბანკის მონაცემებით, დედამიწის მოსახლეობის 85%-ზე მეტს მიეწოდება ელექტროენერგია. იმის გათვალისწინებით, გარდა ხელსაწყოებისა, ელექტროგადამცემების ირგვლივაც წარმოიქმნება ელექტრომაგნიტური ველი, არ იქნება ძნელი წარმოსადგენი, თუ რაოდენ დიდი მასშტაბის ფიზიკურ ფაქტორთან გვაქვს საქმე, თუ რაოდენ დიდი მნიშვნელობა აქვს ამ ფაქტორის ცოცხალ ორგანიზმზე გავლენის სიღრმისეულ შესწავლას რათა დროულად იქნას გამოვლენილი რისკები და თავიდან იქნას აცილებული საფრთხეები, რომელიც პოტენციურად საშიშს წარმოადგენს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

დღევანდელ სამეცნიერო საზოგადოებში, სწორედ არამაიონიზირებელი რადიაცია - ელექტრომაგნიტური ველი სახელდება აუტისტური სპექტრის დაავადებების გახშირებული შემთხვევებისა თუ მომატებული აგრესიის ძირითად მიზეზად, რასაც საფუძვლად უდევს ემგ-ს მოქმედება მელატონინის ცვლაზე (Zetner D., et al. 2016). ბავშვებში და მოზარდებში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ემგ-ში 24 საათით მოთავსების შემდეგ ბავშვების 7%-ს და მოზარდების 5%-ს აღენიშნებათ „არანორმალური მენტალური ქცევები“ (Thomas S. et al. 2010). ვირთაგვებში ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა (Mahdavi S. Et al. 2014) ემგ-ს მოქმედებისას პლაზმაში სტრესის ჰორმონების ნორადრენალინისა და ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონის კონცენტრაციის მომატება და შედეგად შეიცვალა ვირთაგვების ქცევა: მოიმატა ლოკომოტორულმა აქტივობამ და საცდელი ობიექტის ქცევა მსგავსი იყო სტრესით ინიცირებულ ქცევისა.

სტრესის სხვადასხვა ემოციური გამოხატულების ცვლილებები შეინიშნება ძალიან დაბალი სიხშირის არამაიონიზირებელი რადიაციის - ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას. როცა შესწავლილ იქნა (Bagheri Hosseinabadi et al. 2019) ელექტროსადგურში მომუშავე ადამიანთა ჯგუფი, სადაც გამოვლინდა ძილის ციკლის დარღვევების, შფოთვის, სტრესის და დეპრესიის მნიშვნელოვანი მატება.

ძილის დარღვევები, უძილობა, შიში, თავის ტკივილი, დეპრესია და დეპრესიის სხვადასხვა სიმპტომები, დაღლილობა, კონცენტრაციის დაქვეითება, მეხსიერების ცვლილებები, ძილიანობა, გაღიზიანებულობა, მადის დაკარგვა და წონაში კლება, შფოთვა, გულისრევა - ეს იმ სიმპტომების მოკლე ჩამონათვალია, რომელსაც აღწერენ არამაიონიზირებელი რადიაციის გარემოში ხშირად მყოფი პირები. საფუძველი ამ ჩივილებისა ნერვული სისტემის დაზიანებაა. ცენტრალური და პერიფერიული ნერვული სისტემა მეტად მოწყვლადია რადიაციის მიმართ და რადიაციული სტრესის პირველი ნიშნებიც სწორედ აღნიშნული სიმპტომებით შეიძლება გამოვლინდეს, თუმცა ელექტროენცეფალოგრამაზე შედარებით უფრო ადრე შეიმჩნევა ცვლილებები (Danker-Hopfe et al. 2019).

ბოლო წლებში იმატა ადამიანების რიცხვმა, რომლებსაც არასპეციფიური სიმპტომები შეენიშნებათ ელექტრომაგნიტურ ველში მოხვედრისას. ჯანმოს რეკომენდაციით, აღნიშნული სიმპტომებიდან ზოგიერთი დაემატა დაავადებათა

საერთაშორისო კლასიფიკაციის კოდებში (ICD-10), კერძოდ ელექტრომაგნიტური სენსიტიურობა საჭიროებდა ორ და მეტ კოდში ცვლილების შეტანას, თუმცა საბოლოოდ ელექტროსენსიურობა როგორც ასეთი დამატებული არ იქნა, მაგრამ გათვალისწინებული იყო დაავადების გამომწვევ მიზეზებში კოდის W90 - სხვა არამაიონიზებელი რადიაციის ზემოქმედება - სახით და მისი გამოყენება/მისადაგება შეიძლება სხვადასხვა დაავადებების მიზეზების აღწერისას, როგორცაა შაკიკი (ICD - 10-ის G43 კოდი), თავბრუსხვევა და მდგრადობის დარღვევის (ICD-10-ის კოდი G43), შუილი ყურებში (სუბიექტური) (ICD-10-ის კოდი H93.1) და სხვა.

ჯანმო-ს მიერ შემუშავებული ფუნქციონირების, შესაძლებლობის შეზღუდვისა და ჯანმრთელობის საერთაშორისო კლასიფიკაციის ფორმაში, ელექტრომაგნიტური სენსიტიურობის მქონე პირის სიმპტომების გათვალისწინებით, აუცილებელია ჩაიწეროს ელექტრომაგნიტური ველისგან თავის არიდების რეკომენდაციები.

ამასთან, რამდენიმე ქვეყანაში ელექტროსენსიტიურობა ფუნქციონალურ შეზღუდულ შესაძლებლობად იქნა აღიარებული, მაგალითად შვედეთის მიერ 2002 წელს, კანადის ადამიანის უფლებათა კომისიის მიერ 2007 წელს, 2009 წელს ევროპარლამენტმაც ხმა მისცა ამ სიმტომის მქონე პირების შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირებად აღიარებას.

მიუხედავად სიმპტომების სიმრავლისა, ზუსტი მიზეზი, თუ რა მექანიზმებით ხდება აღნიშნული სიმპტომების ჩამოყალიბება, ბოლომდე შესწავლილი არ არის (Averbeck D., et al. 2020).

ამის მიზეზი კი მრავალია: რადიაციის სხვადასხვა სიხშირე სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ორგანიზმზე, მაგალითად: განსხვავებულია 5 Hz და 10 Hz ტალღის მოქმედება, განსხვავებულია კლინიკური სურათი რადიაციის მოქმედების ხანგრძობის, დოზის, ველის წყვეტილი და უწყვეტი ზემოქმედების დროს.

რადიაციის ბიოლოგიური ეფექტები დამოკიდებულია ველის ტალღის სიხშირეზე, ამპლიტუდაზე და პოლარიზაციის უნარზე და ცოცხალი ქსოვილის მიერ რადიაციული ტალღის აბსორბციის უნარზე (სპეციფიური აბსორბციის კოეფიციენტი - SAR). ასევე მანძილზე ველის წყაროსა და ორგანიზმს შორის, რადიაციულ გარემოში ყოფნის დროზე. ცნობილია, რომ ევოლუციის სხვადასხვა საფეხურზე მყოფი ცხოველები და ცოცხალი ორგანიზმის სხვადასხვა ქსოვილები რადიაციის აბსორბციის

განსხვავებული კოეფიციენტით ხასიათდებიან, ამიტომ ორგანიზმის ინდივიდუალური და სახეობის პოპულაციური მექანიზმების გარკვევა თანამედროვე ბიოლოგიის ერთერთი ცენტრალური პრობლემაა და შესაბამისად, სიმპტომებიც მრავალფეროვანია: ძილიანობიდან უძილობამდე, დაღლილობიდან აგრესიულობამდე, დეპრესიულობიდან შფოთვამდე და სხვა (Wakeford R. & Tawn EJ. 2010).

ლიტერატურაში აღწერილია შემთხვევები, როცა ერთი და იგივე სახის რადიაციის ზემოქმედებისას, ორგანიზმი სხვადასხვაგვარად რეაგირებს გამლიზიანებელზე (Kaszuba-Zwoińska J., et al. 2015), მაგალითად: თუ საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი იწვევს შფოთვისთვის დამახასიათებელ ცვლილებებს, უფრო დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი იმავე ორგანიზმში იწვევს დეპრესიას. შესაბამისად დგინდება, რომ ორგანიზმის რეაქტიულობასაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სტრესის მართვაში (Belyaev I., et al 2016).

სხვადასხვაგვარი შედეგები იქნა მიღებული ასევე მეხსიერების შესწავლისას, კერძოდ არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ზოგიერთ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა მეხსიერების გაძლიერებას, ხოლო მეცნიერთა სხვა ჯგუფის მიერ ჩატარებულ კვლევებში ჩანს, რომ დაქვეითებულია მეხსიერება. ძალიან დაბალი (0 - დან 300 Hz - მდე) სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას, მამრ ვირთაგვებში რადიაციის ექსპოზიციის 22-ე დღეს ჩატარებულ მეხსიერების ტესტებში შეიმჩნეოდა დასწავლისა და მეხსიერების გაუმჯობესება საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით (Schoeni A., et al. 2015)., რაც ავტორების მიერ ახსნილია ნეიროგენეზის გააქტიურებით და ჰიპოკამპის ნეიროგენულ ფენაში ღეროვანი უჯრედებიდან ახალი ნეირონების წარმოქმნით და გამრავლებით (Sakhaie et al. 2017).

რადიაციის ორგანიზმზე მოქმედების თემები მრავალმხივია და აქტიურად მიმდინარეობს კვლევები მისი არსებული თუ შორეული ეფექტების დასადგენას. ამჟამინდელი მდგომარეობით, წამყვანი ლაბორატორიები იაპონიიდან, აშშ-დან, კანადიდან, ირანიდან და თითქმის ყველა იმ ქვეყნიდან, სადაც გაზრდილია რადიაციული უსაფრთხოება, ცდილობენ შეისწავლონ როგორც მაიონიზირებელი, ასევე არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედება.

მგრძობელობის მიხედვით ორგანიზმები ძალიან განსვავდებიან. ზოგიერთი ვერ შეიგრძნობს ძლიერ ემვ-ს, მაშინ როცა მოსახლეობის ნაწილი მძაფრად შეიგრძნობს მის მოქმედებას, რის გამოც არ შეუძლიათ დიდ ურბანულ ადგილებში ცხოვრება (Britel M., et al. 2018). განსკუთრებით ხშირია ემვ სენსიტიურობის შემთხვევები ჩრდილოეთის ქვეყნებში, რაც აიხსნება დედამიწის ემვ-ს ზემოქმედებით, რომელის მოქმედება პოლუსებისკენ უფრო ძლიერია. მოსახლეობას ხშირად უწევს მის სიმპტომებთან გამკლავება და ცნობილია ისიც, რომ ამ ქვეყნებში, გეოგრაფიული მდებარეობის და ბუნებრივი პირობების გამოც მოსახლეობაში ხშირია დეპრესია, განწყობის ცვლილებები და სხვა კოგნიტური დარღვევები, შესაბამისად, რადიაციული სტრესი არა მარტო საყოფაცხოვრებო გარემოს: ელექტრონული ხელსაწყოების, მობილური ტელეფონების ან მიკროტალღური ლუმელების მოხმარების გამოა შეიძლება განვითარდეს, არამედ იგი ბუნებრივ გარემოშიც გვხვდება.

რადიაციის ერთ-ერთი მახასიათებელია ჰორმეზისი - ეს არის არამაიონიზირებელი რადიაციის ან მცირე დოზის მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებით გამოწვეული დადებითი და მასტიმულირებელი ეფექტები. მედიცინაში ჰორმეზის ეფექტი ახსნილია ორგანიზმის გარეგან სტრესზე ადაპტაციური პასუხის განვითარებით (Mattson 2008). ამ დროს ადგილი აქვს სასიცოცხლო ფუნქციების გააქტიურებას, მაგრამ თუ რადიაციის მოქმედება დიდია, ორგანიზმი ვეღარ უმკლავდება სტრესორს და მისი ფუნქციებიც ქვეითდება.

რადიაციის ეს თვისება ზრდის მისი სწორად და ეფექტურად გამოყენების შანსს, შესაბამისად, როცა ვსწავლობთ რადიაციას, მის დუალურ მოქმედებას, უნდა გავითვალისწინოთ მისი ჰორმეზისის თვისებაც, მაგალითად თუ რადიაციის მოქმედებისას ადგილი აქვს კონკრეტული ფუნქციის გაუმჯობესებას, უნდა გვახსოვდეს, რომ ხანგრძლივი ექსპოზიციის შემთხვევაში, შესაძლებელია უკუეფექტის მიღება. ისეთი ქვეყნები, როგორცაა გერმანია, ჩეხეთი, ავსტრია, აშშ და სხვა მკაცრად არეგულირებენ და იცავენ რადიაციულ უსაფრთხოებას, თუმცა ამავე დროს ამ ქვეყნებში მიღებულია რადიაციის მცირე დოზების ჰორმეზისი, კერძოდ - აქვთ რადონის თერაპიის ცენტრები.

შესაბამისად, რადიაციაზე საუბრისას აუცილებელია ხაზგასმული იყოს არა მარტო უარყოფითი, არამედ მისი დადებითი თვისებებიც, რაც ჩვენი კვლევის საგანსაც წარმოადგენს.

## 2. პრობლემის ფორმულირება, მნიშვნელობა

არამიონიზირებელი რადიაციული სტრესის დროს, მთავარ პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ აღნიშნული სტრესორის მოქმედებისას მალევე არ იჩენს თავს სტრესის მწვავე სიმპტომები (გარდა ელექტრომაგნიტური სენსიტიურობის შემთხვევებისა). ქრონიკული სტრესისთვის დამახასიათებელი სიმპტომები ვითარდება შედარებით ნელა, შეუმჩნევლად და ხშირ შემთხვევაში მისი დაკავშირება რაიმე კონკრეტულ მიზეზთან ვერ ხერხდება.

მიუხედავად მრავალი კვლევებისა, ზუსტად ვერ ხდება იმის დადასტურება, რა შემთხვევაში იწვევს აღნიშნული რადიაციული სტრესის ფუნქციურ ცვლილებებს და რა შემთხვევაში არა. ჯერ-ჯერობით არ არის შექმნილი ის ალგორითმი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებლობა იქნებოდა, ადამიანის ორგანიზმის ინდივიდუალური მახასიათებლების გათვალისწინებით წინასწარ განგვესაზღვრა არამიონიზირებელი რადიაციული სტრესის ზუსტი პათოლოგიური მექანიზმები ან ეფექტები.

გაზრდილი რისკი არ ნიშნავს იმას, რომ არამიონიზირებელი რადიაცია აუცილებლად გამოიწვევს ცვლილებებს, თუმცა ლაბორატორიულ მოდელებში გვაქვს ამ რისკების გაზრდის საშუალება, მაგალითად: შეგვიძლია ვარეგულიროთ ექსპოზიციის დრო, მოქმედების ხანრძლივობა, უწყვეტობა ან პირიქი, ველში ე.წ. შესვლა - გამოსვლათა რაოდენობა, სიხშირე და სხვა პარამეტრები.

გაღრმავებული კვლევები საშუალებას მოგვცემს უკეთ განვსაზღვროთ ის საფრთხეები, რასაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ამ „უხილავი“ ფიზიკური სტრესის მოქმედებისას. სწორედ ასეთი კვლევის შედეგია ის, რომ ახალგაზრდა პაციენტებში ან ბავშვებში ექიმების მიერ სხვადასხვა ჩივილების არსებობისას, ანამნეზის შეკრებისას ხშირად სვამენ კითხვას ელექტომოწყობილობებთან, ტელეკრანთან, კომპიუტერთან და მობილურ ტელეფონთან გატარებულ დროზე. ეს კითხვები შემთხვევითი არ არის და შესაძლოა მისი დაკავშირება პაციენტის თავის ტკივილთან, თავბუსთან,

უძილობასთან და სხვა. მიზეზად, რა თქმა უნდა სხვა სომატური ან ფსიქიური პათოლოგიის გამორიცხვის შემდეგ, რადიაციული სტრესი სახელდება.

ამერიკის ფსიქოლოგთა ასოციაციის (APA) მონაცემებით, 2020 წელი მენტალური ჯანმრთელობის კრიზისით გამოირჩეოდა. რა თქმა უნდა, ამაში წამყვანი როლი კოვიდ-19-ის პანდემიას მიუძღვის, მაგრამ უნდა აღიშნოს ისიც, რომ მსიფლიო მოსახლეობა უფრო მოწყვლადი გახდა სტრესის მიმართ.

კანადაში ჩატარებული კვლევებიდან ჩანს, რომ პანდემიამდე რამდენიმე თვით ადრეც მოსახლეობის 50% ხშირად, 17% რეგულარულად, ხოლო 4% მუდმივად განიცდიდა სტრესს, რაც საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია. მიზეზები სხვადასხვაა, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ყოველივე ამის ორგანიზმის სტრესთან გამკლავების დაქვეითებული უნარია. ის თუ რის გამო ქვეითდება სტრესმედეგობა, რა ფაქტორები იწვევენ მას, ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს.

არამაიონიზირებელი რადიაციული სტრესით გამოწვეული ცვლილებების შესწავლა დღეს, როგორც არასდროს ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან არსებული საკითხების ღრმად დამუშავება და დეტალების გარკვევა საშუალებას მოგვცემს მიღებული შედეგები გავითვალისწინოთ პანდემიის, პოსტპანდემიური პერიოდის და ახალ რეალობაში ცხოვრების დროს, როცა ბავშვებს უფრო მეტად უწევთ კომპიუტერებთან და მობილურ ტელეფონებთან მუშაობა, როცა სახელმწიფო რეგულაციების გამო ხშირად გვიწევს სხვა სახის სტრესის ქვეშ ყოფნა, როგორცაა იძულებითი იმობილიზაცია, ასოციალური გარემო და ოჯახის ყველა წევრი, განურჩევლად ასაკისა იძულებულიცაა მეტი დრო გაატაროს არამაიონიზირებელი რადიაციის გარემოში. კვლევები, რომელთა მიზანია დაავადებების განვითარების მექანიზმების შესწავლა, ადამიანის ჯანმრთელობის პრევენცია და რისკების თავიდან აცილება, მნიშვნელოვან ღირებულებებს იძენს, განსაკუთრებით კი სტრესის ეპოქაში, სადაც აშშ-ში APA-ს ბოლო მონაცემებით (STRESS IN AMERICA™ 2020 Stress in the Time of COVID-19 VOLUME THREE JULY 2020) სტრესს, შფოთვის და სხვა ფსიქიურ მდგომარეობებს მოსახლეობის 70%-ზე მეტი უჩივის.

მაიონიზირებელი რადიაცია ჩვენს საარსებო გარემოშია. ჩვენი სახლის კედლები, იატაკი თუ სასმელი წყალი, საკვები, გარკვეული დოზის რადიაციას ასხივებს. ბუნებაში ყველაზე მეტად გავრცელებული რადიაქტიული ელემენტის



რადონის (222 და 220 იზოტოპის) მაღალი კონცენტრაცია გვხვდება თერმულ წყლებში, მღვიმეებში, ნიადაგში და შესაბამისად ბუნებრივი წიაღისეულის გამოყენებისას, ჩვენი ორგანიზმზე მოქმედებს ამ წიაღისეულში არსებული რადიაცია, მაგ. გრანიტის, ქვის ან მარმარილოს იატაკი და სხვა. შესაბამისად, რადონის გამოსხივების ორგანიზმზე მოქმედების შესწავლა დაგვეხმარება უკეთ შევიცნოთ მისი ეფექტები.

### **3. კვლევის მიზანი და ამოცანები, ჰიპოთეზა**

#### ***კვლევის მიზანი:***

ჩვენი კვლევის მიზანია დადგინდეს არამაიონიზირებელი რადიაციის სტრესული გენეზი, რომელსაც ადგილი აქვს საყოფაცხოვრებო გარემოში და მისი ზემოქმედებით ინიცირებული შფოთვა, მეხსიერების, ყურადღებისა და კონცენტრაციის ცვლილებები სხვადასხვა სტიმულის არსებობისას. შევისწავლოთ აღნიშნული რადიაციის დოზა-დამოკიდებულება პროცესებში მონაწილე ნეიროჰორმონების კონცენტრაციული ცვლილებების ანალიზის საფუძველზე.

#### ***ჰიპოთეზა:***

ჰიპოთეზა 1: არამაიონიზირებელი რადიაციის, როგორც სტრეს-ფაქტორის შესწევს უნარი გამოიწვიოს შფოთვა და მეხსიერების სხვადასხვაგვარი ცვლილებები.

ჰიპოთეზა 2: არამაიონიზირებელი რადიაციული სტრესის დროს ქცევის ცვლილებასთან ერთად ადგილი აქვს სტრესის რეგულაციაში მონაწილე ნეიროჰორმონების კონცენტრაციის ცვლილებას.

ჰიპოთეზა 3: მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზებით მოქმედებისას ადგილი აქვს ჰორმონის და ორგანიზმის ადაპტაციური მექანიზმების მობილიზაციას, მათ შორის შფოთვის შემთხვევაშიც.

#### ***მიზნის მისაღწევად გადასაჭრელი ამოცანები:***

- შესწავლილ იქნას ფიზიკური სტრესორის - არამაინიზირებელი რადიაციის სხვადასხვა სახის: მიკროტალღური ღუმელის ირგვლის არსებული მიკროტალღური რადიაციის და GSM სისტემის მობილური ტელეფონის მუშაობისას წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებით გამოწვეული შფოთვითი რეაქციების, მეხსიერების, ყურადღებისა და კონცენტრაციის ფორმების ცვლილებები.
- დადგინდეს კავშირი არამაინიზირებელი რადიაციის ზემოქმედებისას ქცევითი, კერძოდ შფოთვითი რეაქციების, მეხსიერების სხვადასხვა ფორმების ცვლილებებსა და პროცესებში მონაწილე ნეიროპრედიქტორების კონცენტრაციების ცვლილებებს შორის.
- განისაზღვროს რადიაციის ჰორმეზისის ალგორითმი, ბუნებრივ თერმულ წყლებში შემავალი რადონის (რადიაქტიული გაზი, რომელიც მოიპოვება გარემოში) არამაინიზირებელი დოზების მოქმედებით გამოწვეული ორგანიზმის რეატიულობის და ადაპტაციური მექანიზმების ამუშავების მაგალითზე, ოქსიდაციურ და ანტიოქსიდაციურ სისტემების ცვლილებების შესწავლით.

## II. ლიტერატურის მიმოხილვა:

### 1. სტრესის ბიოლოგია და მისი გამომწვევი ფაქტორები:

სტრესი გამლიზიანებლით - ე.წ. სტრესორით გამოწვეული ბიოლოგიური რეაქციაა (Yaribeygi H., et al. 2017). მისი დამცველობითი ფუნქცია დამცველობით ფუნქცია ეხმარება ორგანიზმს მოახდინოს რეაგირება ცვლილებებზე. ჯანმრთელი ორგანიზმი სხვადასხვაგვარი რეაქციით რეაგირებს ძლიერ ფიზიკურ თუ ფსიქოლოგიურ გამლიზიანებელზე. სტრესის მართვის ფიზიოლოგიურ პროცესში ჩართულია ორგანიზმის ყველა სისტემა. იმ შემთხვევაში, როცა სტრესორი მეტისმეტად ძლიერია ან მისი მოქმედება გრძელდება ხანგრძლივად, ორგანიზმი ვერ ახერხებს მოცემულ პროცესებთან გამკლავებას, რის გამოც ირყევა ადამიანის ფიზიკური თუ ფსიქიური ჯანმრთელობა და მძიმე დაავადებები ვითარდება.

სტრესის გამოწვევა მრავალ ფაქტორს შეუძლია (Al Abdi RM., et al. 2018). სტრესორის ბუნებაზე დამოკიდებულებით, განასხვავებენ "სოციალურ" და "ფიზიკურ" სტრესს (von Dawans B., et al, 2018). ფიზიკური ფაქტორებიდან სტრესორად გვევლინება მექანიკური, ფიზიკური, ქიმიური ფაქტორები, რომლებსაც სძალუმთ ორგანიზმის დაზიანება. ყველაზე ხშირად სტრესი მენტალურ მიზეზებთან ასოცირდება, როგორცაა მოლოდინი, დამოკიდებულებები, გრძნობები, შფოთვა, შიში, ხასიათის დარღვევები, ფუნქციური დაავადებები, შფოთვის ტიპის რეაქციები, ბიპოლარულ დარღვევები, უძილობა, პოსტ-ტრავმული სტრესით გამოწვეულ ალტერაციები, პერსონალობის დეფიციტი, დეპრესია, ორგანიზმის გამოფიტვა, ქრონიკული დაღლის სინდრომი, ალკოჰოლიზმი და სხვა (Schneiderma, Neil et al. 2005).

ნებისმიერი ფაქტორი, რომელსაც შეუძლია ორგანიზმის ჰომეოსტაზის დარღვევა განიხილება როგორც სტრესორი.

გამომწვევი მიზეზის მიუხედავად სტრესის მართვაში წამყვანი როლი ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, კერძოდ ჰიპოფიზ-ჰიპოთალამო-ადრენერგულ ღერძს უჭირავს.

სტრესორის მოქმედებით თავის ტვინში შემავალი იმპულსები იწვევენ ჰიპოთალამო-ჰიპოფიზ-ადრენალური (ლიმბო - ჰიპოთალამო - ჰიპოფიზ -

ადრენალური ღერძი / ჰიპოთალამო - ჰიპოფიზ - ადრენალ - გონადოტროპული ღერძი) - სტრეს ღერძის ნეიროჰორმონული პროცესების გააქტიურებას. აღნიშნული ღერძის ფუნქცია მასში ჩართული სტრუქტურების უკუკავშირებით და პირდაპირი გავლენებით ვლინდება (Dunlavy C. J. 2018). ამ უკუკავშირებით სტრესის რეგულაციის პროცესში ჩართულია ორგანიზმის ყველა სისტემა: სუნთქვის, გულ-სისხლძარღვთა, საჭმლის მონელების, იმუნური, ფსიქიური და ფსიქოლოგიური, განწყობის, ემოციების, სექსუალობის, ენერჯის შენახვის და მისი ხარჯვის ჩათვლით.

შფოთვა სტრესის ემოციური გამოხატულებაა (Robinson L. 1990), რომელიც ხასიათდება შიშით და სხვადასხვა ემოციის ერთობლიობას წარმოადგენს: მომატებული სიფრთხილე, სირცხვილი, დაძაბულობა, რომელიც ძლიერდება უმნიშვნელო გამღიზიანებლის მიერ.

ობიექტური შფოთვის დროს, გარე გამღიზიანებელი არსებობს, მაგრამ მასზე, როგორც სახიფათო წყაროს მიმართ არსებობს შესაბამისი რეაქცია: დაძაბულობა და შიში, ხოლო ნევროტული შფოთვის დროს საფრთხის წყარო ე.წ. შინაგან სამყაროშია (McEwen B. S. 2017).

შფოთვას, ისევე როგორც სტრესს დამცველობითი ფუნქცია გააჩნია. სწორედ ის აიძულებს ორგანიზმს მოახდინოს სიტუაციის ანალიზი და რეაგირება გაქცევით, ბრძოლით ან სრული უმოქმედობით - სტუპორით (Goligorsky MS. 2001).

სტრეს-ფაქტორის გავლენით ხდება სტრეს-ღერძის მთავარი აქტივატორის - კორტიკოტროპინის გამომყოფი ჰორმონის, ასევე არგინინ ვაზოპრესინის სინთეზირება (Imaki et al. 1996; Chrousos 2009). აღნიშნული ჰორმონები პორტალური სისხლის ნაკადით აღწევენ წინა ჰიპოფიზის კორტიკოტროპებთან მდებარე კორტიკოტროპინის გამომყოფი ჰორმონის და არგინინ ვაზოპრესინის რეცეპტორებამდე. აღნიშნული რეცეპტორების გააქტიურებით ხდება ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონის (კორტიკოტროპინის) სინთეზი. სისხლის ცირკულაციაში მოხვედრილი კორტიკოტროპინი აღწევს ადრენალური ქერქის უჯრედებს და ააქტიურებს ამ უჯრედებში გლუკოკორტიკოიდების ბიოსინთეზს და სეკრეციას. მღრღნელებში ასეთი გლუკოკორტიკოსტეროიდი კორტიკოსტერონია, პრიმატებში - კორტიზოლი. კორტიზოლის/კორტიკოსტერონის მოქმედებით ადრენალურ მედულაში გამომუშავდება ეპინეფრინი და ნორეპინეფრინი -

მონომინები, რომლებიც სისხლის ნაკადით მიეწოდება ყველა ორგანოს (Shao Y & Sutin J. 1992).

სტეროიდებს გააჩნია ფართო მოქმედება. მინერალოკორტიკოიდური და გლუკოკორტიკოიდული რეცეპტორების საშუალებით სხეულის სხვადასხვა ნაწილებში ექსპრესირდება და რეგულირდება შესაბამისი გენები (Meijsing S. H. 2015), რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზმს მოახდინოს სტრესორზე რეაქცია, ხდება ენერჯის მობილიზაცია და მეტაბოლური ადაპტაცია. ჰიპოთალამუსსა და ჰიპოფიზზე მოქმედებით გლუკოკორტიკოიდები ნეგატიური უკუკავშირის ციკლის მეშვეობით, თრგუნავენ კორტიკოტროპინის გამომყოფი ჰორმონის და კორტიკოტროპინის პროდუქციას (Alle, M. J., & Sharma, S. 2020). კორტიკოტროპინის სეკრეცია კავშირშია სხვა ჰორმონების: არგინინ ვაზოპრესინის, ოქსიტოცინის, ვაზოაქტიური ინტესტინალური პეპტიდი, ანგიოტენზინი II, ქოლცესტოკინინი, კორტისტატინის, ვაზოაქტიური კატექოლამინების აქტივობასთან (Mavani G., et al. 2015).

სტესორის მოქმედებისას კორტიკოსტერონის პროდუქციის ზრდა თავდაპირველად იწვევს განგაშის ტიპის რეაქციებს: ხდება იმუნური სისტემის სუპრესია, რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზმს სტრესორის მიმართ მწვავედ გამოხატოს რეაქცია. შემდგომ ეტაპზე ხდება საერთო ადაპტაციური სინდრომის ადაპტაციური ფაზის ჩამოყალიბება (Cunanan A., et al. 2018).

ადამიანის და ცხოველების შემთხვევაში, სხვადასხვა ბუნების სტრესორი განსხვავებული გზით ახდენს სტრეს-ღერძის აქტივაციას. სტრესორები, რომლებიც იწვევენ ორგანიზმის ფიზიკურ დაზიანებას არაკონტროლირებადი სტრესორებია. ასეთი სტრესორების ზემოქმედებით ხდება ორგანიზმში კორტიზოლის/კორტიკოსტერონის გამომუშავება და მისი მაღალი კონცენტრაცია შენარჩუნებულია მთელი დღის განმავლობაში, მაშინ როცა სხვა მიზეზებით გამოწვეულ კორტიზოლის/კორტიკოსტერონის დონის ცვლილებას ცირკადული ხასიათი აქვს (Kunz-Ebrecht S., et al. 2003). კონტროლირებადი სტრესორების შემთხვევაში, სტრეს-ჰორმონების გამოყოფა, სტრესის განვითარებიდან გარკვეული დროის გავლის შემდეგ, საფეხურებრივად მცირდება.

სტრესორის მოქმედებით სისხლის ნაკადში სტრესის ჰორმონები გადადის და ამ პროცესის შედეგად გამომუშავებული ადრენალინი პასუხისმგებელია „ბრძოლა ან

გაქცევის“ პასუხზე, რომელიც სიმპათიკური ნერვული სისტემის აგზნების შედეგია და ამზადებს სხეულს სტრესზე რეაგირებისთვის: ხშირდება გულისცემა და სუნთქვა, არტერიული წნევა იმატებს, ხდება გლუკოზას მობილიზაცია, სისხლის მიწოდების გაძლიერება თავის ტვინისკენ და კუნთებისკენ.

სტრესის რეგულაციაში მონაწილეობს ჰორმონი გრელინი (Bali, A., & Jaggi, A. S. 2016). კვლევებმა დაადასტურეს, რომ გრელინი მოქმედებს ნეიროენდოკრინულ პარამეტრებზე (Reichenbach A., et al. 2012), განსაზღვრავს ქცევას და განწყობას. გრელინს აქვს ანქსიოლიტური და ანქსიოგენური როლი შფოთვისთან დაკავშირებული ქცევის მოდულაციაში (Chuang J.C. & Zigman J.M. 2010).. შესაბამისად სტრესის დროს მომატებულ გრელინს სტრესის დაძლევაში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება. კლინიკურ კვლევებში გამოვლინდა გრელინის კონცენტრაციის კორელაცია ანტიდეპრესიულ ეფექტთან. სტრესის ნეიროფიზიოლოგიაში გრელინის როლი ჰიპოფიზ-ჰიპოთალამური ღერძის ცვლილებასთან იყო დაკავშირებული, ძირითადად სიმპათიკური ნერვული სისტემის და სეროტონინის ნეიროგაცემასთან. ასევე დადგენილი კავშირი გრელინსა და კორტიკოტროპინ რილიზინგ ჰორმონთან (CRH), რამდენადაც გრელინი აძლიერებს CRH, ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონის (ACTH) და კორტიკოსტეროიდების გამოყოფას, მაშინ როცა CRH ამცირებს გრელინის სეკრეციას. გრელინი ძლიერებს სეროტონინის ცვლას და თავის მხრივ სეროტონინი აკონტოლებს გრელინის სიგნალების გადაცემას ქცევის მოდულაციისთვის, დაკავშირებულს შფოთვისასთან.

გარდა ამისა, გრელინი გავლენას ახდენს მეხსიერებაზე, კერძოდ კვლევებმა ცხადყო, რომ ის მონაწილეობს მეხსიერების შემონახვის პროცესებში, მოქმედებს ჰიპოთალამუსსა და ჰიპოკამპში მდებარე მეხსიერებაში მონაწილე სტრუქტურების დონეზე. ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ როცა ორსული ძუძუმწოვარი მალაკალორიულ კვებაზეა, ნაშიერს აღენიშნებოდა დასწავლის, მეხსიერების და სივრცეში ადაპტაციის უნარის დაქვეითება.

გრელინის მოქმედებით ხდება ჰიპოკამპში მდებარე ზრდასრული წინამორბედი უჯრედების პროლიფერაცია და დიფერენციაცია - ნეიროგენეზი, ანუ გრელინი მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, სადაც ერთვება ნერვული ფუნქციის მიერ განხორციელებულ სხვადასხვა სახის რეგულაციაში. ნეიროენდოკრინული

მოქმედების გარდა, იგი აძლიერებს კოგნიტურ ფუნქციებს, ამცირებს შფოთვისა და დეპრესიას, ონაწილეობს დაჯილდოების, მოტივაციის პროცესებში და აკონტროლებს ნეირონების ფუნქციებს (Bali, A., & Jaggi, A. S. 2016).

კვლევებმა ცხადყო, რომ გრელინი ახდენს მეხსიერების კონსოლიდაციას, ჰიპოკამპის რეცეპტორების ექსპრესიას, მისი ხელოვნურად შეყვანა იწვევს დასწავლის და მეხსიერების პროცესების გაძლიერებას, ზრდის უჯრედების სიცოცხლისუნარიანობას, ამცირებს იშემიით გამოწვეულ უჯრედების სიკვდილს.

## 2. მეხსიერების ნეიროანატომია

მეხსიერება ინფორმაციის მიღების, შენახვის, დამუშავების და აღდგენის უნარია. თითოეული ამ უნარის არსებობა აუცილებელია მეხსიერების ნორმალური მოქმედებისათვის, რომელიმე ეტაპზე შეფერხება იწვევს მეხსიერების ფუნქციის მოშლას. მეხსიერება რთული და მოცულობითი ბიოლოგიური და კოგნიტური პროცესია. მისი ფუნქცია გამოცდილების შექმნა, წარსულში მიღებული ინფორმაციის, აღქმულის და განცდილის შენახვა და მომავალ ქცევაში მისი გათვალისწინებაა. იგი მჭიდრო კავშირშია სხვა მენტალურ ფუნქციებთან, როგორცაა ფიქრი და ემოციები (Fietta P., et al. 2011).

მეხსიერების ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით შესწავლა 1885 წელს დაიწყო Hermann Ebbinghaus-მა. ის იკვლევდა ვერბალურ სტიმულთან დაკავშირებულ მეხსიერებას, კავშირს სტიმულის მოცულობასა და დასწავლის კოეფიციენტს შორის, გამეორების მნიშვნური ღირებულებას და მიღებულ ფაქტებზე დაყრდნობით რამდენიმე თეორია ჩამოაყალიბა. მას მერე მკვლევარები უფრო ღრმად დაინტერესდნენ მეხსიერების ფენომენით, მრავალი თეორია და კონცეფცია ჩამოყალიბდა, რომლებიც აღწერდნენ და ხსნიდნენ მეხსიერებაში მიმდინარე პროცესებს.

ცნობილია ივანე პავლოვისა და ედგარ თორნდაიკის მიერ ცხოველებზე ჩატარებულმა კვლევებმა სტიმულსა და პასუხს შორის კავშირის დადგენის შესახებ საფუძველი ჩაუყარა ქცევის ფიზიოლოგიის ახალი დარგის - ბიჰევიორიზმის განვითარებას. უფრო გაღმავებული კვლევები და ახალი თეორიები შემოგვთავაზა ივანე ბერიტაშვილმა, რომელმაც პირობით რეფლექსებთან ერთად

ინდივიდუალურად შექმნილი ქცევის ფსიქონერვული კონცეფცია დანერგა, რომლის მიხედვითაც ქცევის ამ სახეს საფუძვლად დაედო ინდივიდის მიერ ერთიანი გარემოს „წარმოდგენები“ (ხატის შენახვა), რომელშიც აისახება გარემოში არსებული ყველა ის ობიექტი, რომელსაც კავშირი აქვს ქცევის რეალიზაციასთან (Бериташвили, 1967). დასავლეთში აღნიშნული კონცეფცია ცნობილია Tolman-ის ანტიბიჰევიორისტული კონცეფციის სახით (ბერიტაშვილის თეორიისგან განსხვავებით Tolman-ი ყურადღებას გარემოს სივრცითი მახასიათებლების ასახვას აქცევს („შემეცნებითი რუკა“), ხოლო ბერიტაშვილის თეორიის მიხედვით ამ სივრცეში თვით ობიექტის ასახვას ასახვას მეტი ყურადღება ეთმობა).

უფრო მოგვიანებით 1960-იანი წლებიდან ყურადღება ექცევა სენსორული ინფორმაციის როლს მეხსიერების პროცესებში, რამაც საფუძველი ჩაუყარა კოგნიტური ფიზიოლოგიის და მისი ორი მიმართულების - ფიზიოლოგიისა და ნეირობიოლოგიის განვითარებას და შესაბამისად მეხსიერება განიხილება პერცეფციასთან, მოქმედებასთან, მეტყველებასა და შემეცნებასთან დაკავშირებული პროცესი. (Miller, et al., 1998). O'keef-მა და Nadel-მა (1978) დასწავლის პროცესებთან (Theory of taxon and locale learning) დააკავშირეს 17 სისტემა, რომლებიც მონაწილეობდნენ ასოციაციური ტიპის დასწავლის პროცესებში (O'Keefe, Dostrovsky, 1971). სხვადასხვა სახის მეხსიერებას თავის ტვინის სხვადასხვა ცენტრები აკონტროლებენ.

მეხსიერება შეიძლება იყოს ხანმოკლე და ხანგრძლივი. ხანმოკლე ანუ ოპერატიული მეხსიერება ეხმარება მუშა მეხსიერებას და მასში ყურადღების კონცენტრაციის შედეგად მიღებული მონაცემის გადასვლა ხდება (მაგ., უცნობი ტელეფონის ნომრის დამახსოვრება). ძირითადად ხანმოკლე მეხსიერებაში შემონახვის დრო, ანუ აღქმასა და აღდგენას შორის ინტერვალი (ლატენტური პერიოდი) 20-30 წამია. განმეორების შემთხვევაში ის შეიძლება გადავიდეს ხანგრძლივ მეხსიერებაში. ასეთი მეხსიერების მოცულობა დიდი არ არის და მისი სრული ან ნაწილობრივი აღდგენა შესაძლებელია.

ხანგრძლივი მეხსიერების მოცულობა და შემონახვის დრო განუსაზღვრელია: იგი შეიძლება სიცოცხლის ბოლომდე გაგრძელდეს და გამოირჩევა სტაბილურობით. მისთვის დამახასიათებელია რეპროდუქციულობა და გენერაციულობა, ანუ შინაარსის



აღდგენა და გასახსენებელის კონსტრუირება აწმყოს აქტუალური მოთხოვნების, სიტუაციის თავისებურებებისა თუ გასახსენებელი ინფორმაციის კონტექსტის გათვალისწინებით. მასზე გავლენას ახდენს როგორც ემოციური სფეროს ჩართულობა, ასევე განწყობა, მოლოდინი, გაგება (რაც უფრო გააზრებულია მიღებული ინფორმაცია, მით უფრო იოლად ექვემდებარება იგი აღდგენას), აღქმასა და აღდგენას შორის არსებული პერიოდი (ლატენტური პერიოდი). ლატენტური პერიოდის განმავლობაში აღქმული შინაარსი ინახება მეხსიერებაში. იგი ცნობიერებაში არ არის, მაგრამ საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია მისი გახსენება - რეპროდუქცია.

გარდა მეხსიერების ზემოთნახსენები ფორმებისა, განასხვავებენ ვერბალურ (სმენითი, აკუსტიკური), სივრცით (ოპტიკურ, ვიზუალურ), მოტორული და სენსორული ტიპის მეხსიერებასაც, რომლიც განსხვავდება ვიზუალური გადასინჯვის ფენომენისგან და მას შეუძლია გამართოს დიდი რაოდენობის ინფორმაცია. მეხსიერების აღნიშნული ტიპები შესაბამისი ქვესისტემებით რეგულირდება.

კლინიკური, ნეიროფსიქოლოგიური და ნეიროვიზუალური კვლევებით დასტურდება, რომ თავის ტვინში მეხსიერების სხვადასხვა უბანი არსებობს. მის რეგულაციაში ჩართულია თავის ტვინის როგორც ქერქული, ასევე ქერქქვეშა სტრუქტურები: ჰიპოკამპი, ამიგდალა, სარტყლისებური ხვეულა, მამილარული სხეულები, თალი და ფრონტობაზალური კორტექსი. თავის ტვინის აღნიშნული სტრუქტურები მეხსიერების მექანიზმებთან ერთად ემოციურ რეაქციებში მონაწილეობენ.

კვლევები ადასტურებენ, რომ ერთ-ერთი ჰემისფეროს მხარეს ჰიპოკამპის დაზიანებისას მეხსიერება შეიძლება შენარჩუნებული იყოს, მაშინ როცა თუ ორივე მხარეს ზიანდება ჰიპოკამპი, მეხსიერების ახალი მეხსიერების ფორმირება და გახსენება ვერ ხდება, თუმცა ასეთ პაციენტებს შეიძლება დარღვეული არ ქონდეთ ძალიან დიდი ხნის წინ მომხდარი ფაქტების მიმართ მეხსიერება. აღნიშნულზე დაყრდნობით მკვლევარები ვარაუდობენ, რომ რადგან რეტროგრადული მეხსიერება შენარჩუნებულია, კონსოლიდაციის პროცესში ხდება ინფორმაციის შენახვა არა უშუალოდ ჰიპოკამპში, არამედ მეხსიერებაში მონაწილე თავის ტვინის სხვადასხვა უბნებში. პრიმატებში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ჰიპოკამპი მონაწილეობს დასწავლის და ინფორმაციის აღდგენის პროცესებში, მაგრამ იქ არ ხდება ყველა სახის

მეხსიერების შემონახვა, თუმცა ჰიპოკამპის დაზიანება არ მოქმედებს ყველა ტიპის მეხსიერებაზე (Rolls 2018), მაგ. ადამიანს, რომელსაც დაუზანდა ჰიპოკამპი ორივე ნახევარსფეროში, შეძლება მუსიკალურ საკრავზე დაკვრას ან გარკვეული სახის თავსატეხების ამოხსნას, რაც იმას ნიშნავს, რომ ასეთი სახის უნარები დამოკიდებულია განსხვავებული ტიპის მეხსიერებაზე (პროცედურული მეხსიერება), რომელიც თავის ტვინის სხვადასხვა უბნების მიერ კონტროლირდება.

ჰიპოკამპის როლი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი დავალების შესრულებაში, რომელსაც საფუძვლად უდევს ინდივიდის მიერ მიღებული გადაწყვეტილება, კერძოდ ასეთ მოქმედებას შედეგად მოყვება დაჯილდოება ან დასჯა და რომლის გადაწყვეტის მიღებაში განგამის ტიპი რეაქცია ერთვება. ასეთი ტიპის დავალების (გრძელვადიანი დეკლარაციული მეხსიერება) განხორციელების გადაწყვეტილება ჰიპოკამპის ჩართულობით ხდება და პროცესში მონაწილე ქერქვეშა ბირთვების ფართო ქსელიც იმართება ჰიპოკამპის მიერ. ვირთაგვებში ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ ჰიპოკამპი მონაწილეობს სტიმულთან დაკავშირებული პასუხის მეხსიერების ჩამოყალიბებაში, როცა საქმე ეხება დაჯილდოებას ან დასჯას, მაგ. ღია ველის ტესტი, ნათელი/ბნელი ყუთის ტესტები და სხვა, როცა ცხოველს უწევს გადაწყვეტილების მიღება პოტენციურად საშიშ ან პირიქით სასიამოვნო შედეგის მომტან გარემოში.

ჰიპოკამპი და მედიალური ტემპორალური ქერქი დეკლარაციული მეხსიერების ანატომიურ სუბსტრატად განიხილება (Bunsey, Eichenbaum, 1996), ხოლო სტიმულზე მოტორული პასუხის დასწავლა და მასთან დაკავშირებული ჩვევების ფორმირება (იმპლიციტური მეხსიერება) კუდიანი ბირთვის მიერ ხდება. ვირთაგვებზე ჩატარებული ექსპერიმენტებით ნათლად არის გამოვლენილი ჰიპოკამპისა და კუდიანი ბირთვის მნიშვნელოვანი ფუნქციების ორმაგი დისოციაცია (Packard, et al., 1989).

ვირთაგვებისგან განსხვავებით, ადამიანებში სივრცითი მუშა მეხსიერების ანატომიურ სუბსტრატად ფრონტალური ქერქის წინა ღარის მიდამო განიხილება (Courtney, et al., 1998), რომლის ორი განსხვავებული უბანი სივრცითი მუშა მეხსიერების ორ განსხვავებულ ასპექტს ემსახურება (Owen, et al., 1996). პრიმატებსა და ადამიანებში მუშა მეხსიერების ფუნქცია კორელაციაშია პრეფრონტალური ქერქის

(Fuster, 1973), ხოლო სივრცითი მუშა მეხსიერების ფუნქცია დორსოლატერალური პრეფრონტალური ქერქის აქტივობასთან (Нанейшвили, и др, 1986).

მეხსიერების რეგულაციაში მიმდინარე პროცესებს ადგილი აქვს თავის ტვინის პრეფრონტალური ქერქიც, რომელიც დაყოვნებული რეაქციის სწორ შესრულებასთანაა დაკავშირებული, პარაჰიპოკამპალური ქერქული მიდამო, მხედველობით-სივრცითი ამოცნობის მეხსიერებაზეა პასუხიმგებელი.

სემანტიკური მეხსიერება დამოუკიდებელი ქსელით რეგულირდება, რომელიც მეტყველების უბნებს მოიცავს, ანუ ვერბალური მეხსიერება მარცხენა (დომინანტურ) ნახევარსფეროსთან, ხოლო არავერბალური – მარჯვენა ნახევარსფეროსთანაა დაკავშირებული.

რაც შეეხება მეხსიერებასთან დაკავშირებულ ნეიროგენეზს, თავის ტვინის გარკვეულ სტრუქტურებში მაგ. როგორცაა ჰიპოკამპის დაკბილული ბირთვში მდებარე წინამორბედი უჯრედებში, მუდმივად მიმდინარე მიტოზით ხდება ახალი უჯრედების წარმოქმნა, რომლებიც მონაწილეობენ მეხსიერების პროცესებში (Dondoladze K. et al. 2018). ნეიროგენეზის პროცესების რეგულაციაზე მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას, რომლებიც მოქმედებენ პროლიფერაციაზე, მომწიფებაზე, ფუნქციური ნიშნით ჩამოყალიბებასა (დეტერმინაციის) თუ ახალწარმოქმნილი უჯრედების გადარჩენაზე. ჩატარებული კვლევები ცხადყოფს, რომ ახალწარმოქმნილი ნეირონები მომწიფებამდე მონაწილეობენ თავის ტვინის სისტემური ინტეგრაციაში და მცირე დროში ერთვებიან მეხსიერების კოდირების პროცესებში.

### **3. მეხსიერებაზე, ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე მოქმედი სტრესი და სხვა ფაქტორები**

სტრესის დროს გამომუშავებული ნეიროჰორმონების მოქმედების შედეგად იცვლილება მეხსიერება (Nikolaishvili M. et al. 2020). ყველაზე ხშირად სტრესის ჰორმონების მოქმედების გავლენით ადგილი აქვს მეხსიერების დაქვეითებას, თუმცა რიგ შემთხვევაში ადგილი აქვს გაუმჯობესებასაც. მეხსიერების ასეთი ცვლილების

მექანიზმი ჯერ-ჯერობით საბოლოოდ დადგენილი არ არის, თუმცა არსებობს ამ მიზეზების რამდენიმე მოსაზრება. სტრესის ნეიროჰორმონები გავლენას ახდენენ ჰიპოკამპზე, შუბლის წილზე და ამიდგალაზე. სტრესის დროს გამომუშავებული გლუკოკორტიკოიდები უარყოფითად მოქმედებენ მეხსიერებაზე, განსაკუთრებით აღსანიშნავია კორტიზოლის უარყოფითი ზემოქმედება მეხსიერებაზე. გლუკოკორტიკოიდების მოქმედებით მეხსიერების დაქვეითებას დამცველობითი როლი აქვთ სტრესის რეგულაციის დროს, რადგან მათი მოქმედებით მსუბუქდება სტრესის უარყოფითი გავლენით გამოწვეული ეფექტები. კორტიზოლი სტრესის ბიომარკერია. ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ჰიპოკამპი, სადაც მდებარეობს სტრესის ჰორმონების მრავალი რეცეპტორი, კორტიზოლის ოდენობას უარყოფითი უკუკავშირით არეგულირებს. თუმცა, კორტიზოლის დიდმა რაოდენობამ შეიძლება შეცვალოს ჰიპოკამპის მიერ მეხსიერების კოდირების და აღდგენის პროცესები.

სტრესის ჰორმონები ასევე აფერხებენ ჰიპოკამპუსის საკმარისი ენერჯის უზრუნველყოფას კუნთებში გლუკოზის მიწოდების გამო. სტრესის სხვადასხვა ეფექტი შრომისუნარიანობასა და დასწავლაზე, მეხსიერების პლასტიკურობაზე ახდენს გავლენას და ცვლის როგორც მეხსიერების სტრუქტურას, ასევე კოგნოტურ პროცესებს.

დადასტურებულია რომ სტრესი მოქმედებს მეხსიერების ფუნქციაზე, კერძოდ დასწავლის, კოდირების და აღდგენის პროცესზე. რაც შეეხება შინაგან დამაბულობას, იგი აიოლებს მეხსიერების კონსოლიდაციას.

ქრონიკული სტრესის დროს, ორგანიზმი მუდმივად იმყოფება დარღვეული ჰომეოსტაზის მდგომარეობაში. იგი მუდამ მზადაა გაქცევა-შეტაკების რეაქციისთვის. ქრონიკული სტრესის ფიზიოლოგიური ეფექტი გავლენას ახდენს მეხსიერებასა და დასწავლის პროცესებზე. რაც შეეხება მწვავე სტრესს, ასეთი სტრესის დროს ადგილი აქვს როგორც მეხსიერების გაუმჯობესებას, ასევე დაქვეითებას. მრავალი კვლევით დასტურდება რომ სტრესი და გლუკოკორტიკოიდები ასტიმულირებენ მეხსიერების ჩამოყალიბებას და ამავე დროს არღვევენ შემონახული ინფორმაციის მოძიების პროცესებს. მწვავე სტრესის დროს გარკვეულ შემთხვევებში ხდება მეხსიერების გაუმჯობესება, თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ კონტესტი, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ამ პროცესს, უნდა შეესაბამებოდეს ამ პროცესის კონტექსტის

ინფორმაციას და თავის ტვინის უბნები, რომლების მონაწილეობენ ამ პროცესში მგრძნობიარე უნდა იყოს გლუკოკოტიკოსტრეოიდების მიმართ.

არსებობს სხვადასხვა სახის ინფორმაცია, რომელიც მეხსიერებაში კოდირება ან აღდგენა გამწვანებულია ძლიერი სტრესის დროს: ზოგიერთ შემთხვევაში როგორც წესი შემოინახება ნეიტრალური იმპულსები მაშინ როცა ემოციური იმპულსების შეკავება ხდება. სხვა შემთხვევაში პირიქით.

რა სახის იმპულსების კოდირება ან უგულვებლყოფა უნდა მოხდეს მეხსიერების მიერ დამოკიდებულია სტრესორის მოქმედების და ალქმის ხანგრძლივობაზე. იმისათვის რომ მოხდეს ემოციურად მნიშვნელოვანი ინფორმაციის დამახსოვრება, ალქმის პროცესი წინ უნდა უსწრებდეს კოდირებას და ინფორმაციის მოძიება (აღდგენა) უნდა მოხდეს მას და პირიქით, იმისათვის რომ მოხდეს ემოციურად გამწვანებული სტიმულების დავიწყება, სტრესორის მოქმედება კოდირების შემდეგ უნდა მოხდეს და მოძიება (აღდგენა) უნდა მოხდეს შეკავებიდან გარკვეული, ხანგრძლივი დიდი დროის შემდეგ.

ოპერატიული მეხსიერება უფრო მოწყვლადია სტრესის მიმართ ვიდრე სხვა გრძელვადიანი მეხსიერება. სტრესს შეუძლია გააძლიეროს ან შეასუსტოს მუშა მეხსიერება. სტრესის დადებით ეფექტად შეიძლება შევავასოთ რეაქციის დროის შემცირება, მაშინ როცა უარყოფითი ეფექტია სტრესის დროს ცრუ განგაშის და შეცდომების შედარებით დიდი რიცხვი (ვიდრე ნორმალური მდგომარეობის შემთხვევაში). საფრთხეზე რეაქციისთვის სტრესის დროს ინფორმაციის სწრაფ გადამუშავება სიკეთის მომტანია. ასევე ცნობილია, განგაში უარყოფით გავლენას ახდენს მუშა მეხსიერების ზოგიერთ კომპონენტზე: ფონოლოგიურ კვანძებზე, სივრცითი ვიზუალის ჩანაწერებსა და ცენტრალურ შემსრულებელ ორგანოებზე. ფონოლოგიური კვანძი გამოიყენება სმენითი მოკლევადიანი მეხსიერებისთვის, ვიზუალური ვიზუალური მოკლე მეხსიერებისთვის და ცენტრალური შემსრულებელი არხი კი აკავშირებს და აკონტროლებს ამ სისტემებს. ამ კომპონენტების მუშაობის დარღვევა აუარესებს ინფორმაციის გადაცემას ოპერატიული მეხსიერებიდან გრძელვადიანი მეხსიერებაში, რაც მოქმედებს დასწავლის პროცესებზე. მაგ: კვლევებით დადასტურებულია, რომ მწვავე სტრესს შეუძლია ოპერატიული

მეხსიერების გაუარესება, აქვეითებს რა შუბლის წილის ნეირონების აქტივობას როგორც ადამიანში ისე პრიმატებში.

გრძელვადიანი მეხსიერებაზე სტრესის გავლენა ნაკლებადაა შესწავლილი, თუმცა ცნობილია, რომ სტრესის დროს უმჯობესდება მეხსიერების კონსოლიდაცია, მაშინ როცა ამავდროულად ადგილი აქვს მეხსიერების აღდგენის გაუარესებას. ანუ ყველას შეუძლია გაიხსენოს ინფორმაცია, მიღებული სტრესის დროს, მაგრამ სტრესულ სიტუაციაში კონკრეტული ინფორმაციის გახსენება გაძნეებულია.

ვირთაგვებში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ დარტყმითმა დაძაბულობამ გამოიწვია ვირთაგვებში იმ ინფორმაციის დავიწყება, რაც მიიღო უშუალოდ შოკის ფაზამდე, მაგრამ კარგად იყო შენარჩუნებული მეხსიერება სად მიიღო შოკი. სტრესით გამოწვეული ეს უარყოფითი ეფექტი შეიძლება დაკავშირებული იყოს კორტიზოლთან. სხვა კვლევებით დასტურდება, რომ სტრესი აძლიერებს ინფორმაციის აღდგენას.

სტრესის ჰორმონები მოქმედებენ ემოციურ რეაქციებთან დაკავშირებულ მეხსიერებაზე, რაც ჰიპოკამპის და ამიგდალას ჩართულობით ხდება: სტრესის მოქმედებისას ემოციური მეხსიერება ძლიერდება.

დადგენილია, რომ მეხსიერების ფუნქციონირება დამოკიდებულია დღის პერიოდზე. ექსპლიციტული მეხსიერება ძლიერდება სტრესით, როცა მისი გახსენება ხდება დღის მეორე ნახევარში, მაგრამ უარესდება როცა მისი შეფასება ხდება დილით. ბაზალური კორტიზოლის დონე შედარებით დაბალია დღის მეორე ნახევარში და შედარებით მომატებულია დილის საათებში, რას შესაძლოა გავლენას ახდენდეს სტრესის ჰორმონების ეფექტებსა და ურთიერთქმედებაზე.

ავტობიოგრაფიული, ეპიზოდური და სემანტიური მეხსიერება ირღვევა სტრესული რეაქციის პასუხით, რაც გამოიხატება აღდგენის ფაზის ნაკლების სიზუსტით, კერძოდ გაძნეებულია ინფორმაციის აღდგენა (პირველ მცდელობაზე აღდგენილი ინფორმაცია უფრო ზუსტია, ვიდრე მომდევნო მცდელობის დროს აღდგენილი ინფორმაცია), რის გამოც მეხსიერების პროცესებში ერთვება ცნობიერება და აღდგენილი ინფორმაცია გაცნობიერებული ხდება, რაც შეიძლება განსვავდებოდეს რეალურად არსებული ინფორმაციისგან (იყოს არაზუსტი), რადგან იგი უფრო

მგრძობიარეა სხვა ფაქტორების მიმართ (მაგ. სხვა ინდივიდის ემოციების გადმოტანა).

რაც შეეხება ყურადღებაზე სტრესის გავლენას, თეორიულად სტიმულზე ყურადღება ზრდის ინფორმაციის დამახსოვრების უნარს და შედეგად ძლიერდება მეხსიერება. როცა სტიმული საფრთხის შემცველია და იწვევს შფოთვას, ძნელია ყურადღების მოდუნება ამ ნეგატიური სიგნალისგან. მაღალი დამახსოვლობის დროს მეხსიერებაში ადგილი აქვს სტიმულის კონცეპტუალური შეცდომას. ამიტომ ძნელია მიმართო ყურადღება ნეგატიური, განგაშური სიგნალის არსებობისას. არსებული მაღალი დამახსოვლობის პირობებში აქტიურდება მხოლოდ ამ სტიმულთან დაკავშირებული მეხსიერების აღდგენის გზები, თუმცა აღნიშნულის საწინააღმდეგოდ, როცა ყურადღება დიდი ხნითაა მიმართული გამლიზიანებლისკენ უშუალოდ მოქმედების ეტაპზე ყურადღების მოკრება შეიძლება ვერ მოხერხდეს და რეაგირება წარუმატებელი შედეგით მთავრდება („შესრულება პრესის პირობებში“).

შფოთვის მდგომარეობაში დასწავლისას იქმნება სტიმულთან დაკავშირებული უარყოფითი ემოცია, რაც აძლიერებს სტიმულზე პასუხის მეხსიერებას. საფრთხის გავლის შემდეგ მოვლენის შესახებ ინფორმაცია არ ქრება და შესაბამისად ეს მიგვანიშნებს იმაზე, რომ დასწავლის მეხსიერება, განსაკუთრებით შიშის დასწავლის მეხსიერება გაზრდილია შფოთვის დროს.

ვისტარის ხაზის სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფის ვირთაგვებში ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ მორისის ავზის ტესტის ჩატარებისას სტრესის დონის კავშირი მეხსიერებასთან და შესაბამისად დავალების შესრულებასთან დამოკიდებული იყო ასაკზე, უფრო ზუსტად კი წინა სტრესი გამოცდილებაზე, რაც უფრო მეტად ახასიათებდათ შედარებით ასაკოვან ვირთაგვებს. სტრესის დროს მეხსიერების იოლი აღდგენა უფრო ახასიათებდათ ახალგაზრდა, გამოუცდელ ვირთაგვებს, გლიუკოკორტიკოიდული რეცეპტორების ანტაგონისტების შეყვანის შემდეგ კი მეხსიერების გაძლიერებას ქონდა ადგილი და პირიქით, გლიუკოკორტიკოიდური რეცეპტორების აქტივაცია არა მხოლოდ იწვევდა მეხსიერების დარღვევას, არამედ უფრო იოლად ხდებოდა სტრესის დაძლევა.

ხანგრძლივი დროით გლიუკოკორტიკოიდების სიჭარბეს მნიშვნელოვანი დარღვევების გამოწვევა შეუძლიათ, მათ შორის ჰიპოკამპის ატროფია, რაც თავის

მხრივ მეხსიერების რესურსების რედუქციით ვლინდება და ხელს უშლის სტრესზე საპასუხოდ სწორი რეაქციის ფორმირებას (Chrousos, Harris 1998 a,b, Chrousos 2009, Chrousos et al. 2012).

ყურადღება რაიმე საგანზე ფოკუსირების უნარია, ხოლო კონცენტრაცია ფოკუსის შენარჩუნების უნარს ნიშნავს. ყურადღება თავის ტვინის ფუნქციაა, რომელსაც არ სჭირდება სწავლა, მაშინ როცა კონცენტრაცია დამოკიდებულია ინდივიდის ნებაზე და არ არის ავტომატური პროცესი. კონცენტრაცია თვისებაა, რომელიც ექვემდებარება სწავლებას (მისი დასწავლა შესაძლებელია) და მას მნიშვნელოვანი როლი აქვს მიღებული ინფორმაციის მეხსიერებაში ასახვის პროცესებში. თავის ტვინამდე მისულ ინფორმაციაზე ან მის ნაწილზე ფოკუსირების უნარი ძალიან მნიშვნელოვანია ყოველდღიურ ცხოვრებაში. ამასთან, იგი ინფორმაციის რამდენიმე წყაროს ერთროულად მართვის საშუალებას იძლევა (მაგ. მანქანის ტარების დროს საუბარი).

მრავალი კვლევით დასტურდება, რომ თუ ყურადღების და კონცენტრაციის მობილიზაცია ვერ ხდება ინფორმაციის თავდაპირველი კოდირების დროს, მეხსიერების ეფექტურობა, კერძოდ მეხსიერებაში ინფორმაციის აღდგენა ან ამოცნობა შემცირებულია (Cowan 1993).

მეხსიერებაზე მოქმედი ფაქტორებიდან შეიძლება გამოიყოს რამდენიმე, რომლებიც აძლიერებენ ან აქვეითებენ მას.

მეხსიერებაში ერთნაერი ინტენსივობის და შინაარსის გამლიზიანებლის შესახებ ინფორმაციის შენარჩუნების ანუ მნემონური ათვისებადობის მხრივ, ინდივიდები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან. მეხსიერება, კერძოდ დამახსოვრების უნარი ასაკის მატებასთან ერთად იცვლება როგორც ხარისხობრივად, ასევე თვისებრივად. ახალგაზრდა ინდივიდებს უფრო კარგი მეხსიერება აქვთ, ვიდრე ასაკოვნებს (Mattay et al. 2006).

მეხსიერებაზე დიდ გავლენას ახდენს ყურადღება და კონცენტრაცია. იმ შემთხვევაში, როცა ყურადღება და კონცენტრაციის მობილიზების მიზნით წამართული ნებისყოფა და ინდივიდის მიერ ფსიქიური ძალიხმევა დაქვეითებულია, მეხსიერებაში ინფორმაციის აღბეჭდვისა და შემონახვის ხანგრძლივობა დაქვეითებულია, ხოლო ყურადღებისა და კონცენტრაციის მობილიზაციის შემთხვევაში, ინფორმაციის დამახსოვრება უფრო მოკლე დროში ხდება.



ცნობილია, რომ ინფორმაციის დამახსოვრება გაძნელებულია, თუ მისი ნაწილის გაგება ვერ ხდება გაძნელებულია. ინტელექტუალური ფაქტორის (გაგება), ისევე როგორც ინდივიდის უნარი მოახდინოს ინფორმაციის სტრუქტურირება და ორგანიზება მოქმედებს დამახსოვრების პროცესებზე. როცა ინდივიდი მიღებულ ინფორმაციას გარკვეული კანონზომიერებით ასახავს სტრუქტურულად და ახდენს ამ ინფორმაციის ორგანიზებას, ახენს კლასიფიკაციას, დაპირისპირებას, დაჯგუფებას, შედარებას, მიმსგავსებას იოლად დასამახსოვრებელი ხდება, ხოლო ქაოტური და ერთმანეთთან დაუკავშირებელი ფაქტების ან მოვლენების დამახსოვრება გაძნელებულია.

ფორმალური, მექანიკური განმეორებისგან განხვავებულია გამოცდილება, რაც გულისხმობს ინფორმაციის შესახებ უკვე არსებული ცოდნის გამოყენებას. ინფორმაციის რაც უფრო მეტი დეტალია ცნობილი მისი მეხსიერებაში ასახვა გაიოლებულია.

თუ მიღებული ინფორმაცია გავლენას ახდენს ემოციურს სფეროზე, მისი დამახსოვრება გაიოლებულია. ინტერესის განცდა, ძალიან სასიამოვნო ან პირიქით არასასიამოვნო ინფორმაცია ადვილად გადადის მეხსიერებაში. ჯერ კიდევ 1900-იან წელს ებინგაუსის მიერ გამოქვეყნებულ ნაშრომებში გაიჟღერა კონცეფციამ, რომლის მიხედვითაც დადებითი ფაქტები უფრო იოლად გადადიოდა მეხსიერებაში, ვიდრე უარყოფითი (Murre and Dros, 2015). ამ კონცეფციამ დიდი აღიარება ჰპოვა და ფროიდის მიერ შემოთავაზებულმა თეორიამ, რომლის მიხედვითაც მეხსიერებიდან ხდება არასასურველი ინფორმაციის განდევნა, გაამყარა ებინგაუსის თეორიის პოპულარიზაცია, თუმცა ამ თეორიის საწინააღმდეგოდ, ბლონკის მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ უარყოფითი ფაქტებიც მეხსიერებაში აღიბეჭდება და მისი აზრით, ევოლუციის პროცესზე სწორედ უარყოფითი ფაქტების მეხსიერებაში გადასვლა ახდენდა გავლენას.

მრავალი კვლევა ჩატარდა იმის გასარკვევად, თუ რომელი სახის სტიმულზე (სტრესორი, დისტრესი) რეაქცია გადადიოდა მეხსიერებაში და რომელი სახის მეხსიერება კურირებდა აღნიშნულ პროცესებს. აღმოჩნდა, რომ დადებითი და უარყოფითი სტიმულის მიმართ მეხსიერების ცენრები თავის ტვინის სხვადასხვა უბანში მდებარეობდა, რაც შეესაბამებოდა აღნიშნული სახის სტიმულზე შესაბამის

დადებითი ან უარყოფითი ემოციის მარეგულირებელ ცენტრებს, კერძოდ უარყოფით ემოციასთან დაკავშირებული მეხსიერება დაკავშირებულია მარჯვენა ამიგდალასთან, ხოლო დადებით ემოციასთან დაკავშირებულ მეხსიერებაში ერთვებოდა თავის ტვინის რუხი ნივთიერება (Tyng et al. 2017).

გადაღლა, ძილის სურვილი აქვეითებს ინფორმაციის მეხსიერებაში აღბეჭდვის პროცესს. ცნობილია ფარმაკოლოგიური პრეპარატების, ალკოჰოლის, ბრომის შემცველი ნივთიერებებისა თუ ნარკოტიკულ საშუალებების გავლენა როგორც მეხსიერების, ასევე ყურადღების პროცესებზე.

ამრიგად, მხოლოდ ერთი კონკრეტული ფაქტორის გამოყოფა, რამაც შესაძლოა იმოქმედოს მეხსიერებაზე ძალიან რთულია, რადგან მეხსიერება რთული ფიზიოლოგიური პროცესია, რომელშიც ორგანიზმის მარეგულირებელი სხვადასხვა სისტემა და სტრუქტურაა ჩართული და მისი მუშაობის ეფექტურობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული.

მეხსიერების პათოლოგიაში შეიძლება გამოვყოთ მეხსიერების დაქვეითებით და დამახინჯებით მიმდინარე დაავადებები. აღნიშნული დაავადებები გაერთიანებულია როგორც ფსიქიური, ასევე ნევროლოგიური თუ სხვა დაავადებების ჯგუფში, რადგან მეხსიერების ცვლილება მრავალი დაავადების სიმპტომს წარმოადგენს.

#### **4. არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა კოგნიტურ პროცესებზე**

არამაიონიზირებელ რადიაციას არ შესწევს უნარი შეცვალოს ატომების ან მოლეკულების მუხტი, შესაბამისად ითვლება, რომ გავლენას არ ახდენს ქიმიურ რეაქციებზე.

ტალღის სიგრძის მიხედვით ელექტრომაგნიტური გამოსხივება კლასიფიცირდება მაღალი და დაბალი სიხშირის ველებად, რომლებიც იყოფა რადიო, მიკროტალღოვან და სხვა სახის გამოსხივებად. 300 GHz სიხშირემდე ელექტრომაგნიტური ველი არ არის მაიონიზირებელი. სხვადასხვა ხელსაწყოების ელექტრომაგნიტური ველები სხვადასხვა სიხშირის ელექტრომაგნიტურ რადიაციას წარმოქმნიან.

მოუხედავად იმისა, კონკრეტული ელექტრომაგნიტური ველი წარმოქმნის თუ არა მაიონიზირებელ რადიაციას, იგი გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმის ბიოლოგიურ პროცესებზე. საუკუნეზე მეტია, რაც ადამიანი ცხოვრობს ხელოვნურ ელექტრომაგნიტურ გარემოში, რომელსაც გამოიმუშავენ როგორც ინდუსტრიული, ასევე საყოფაცხოვრებო ელექტონული აპარატები.

როგორც ცნობილია, არამაიონიზირებელი რადიაციის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა ცენტრალური ნერვული სისტემა: ნერვული და გლიური უჯრედების პროლიფერაცია-დიფერენციაციის პროცესებიდან დაწყებული, დამთავრებული ფსიქო-ემოციური და კოგნიტიური სფეროებზე ზემოქმედებით.

თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურის დაზიანება რამდენიმე მექანიზმით ხდება, რომელთაგან მნიშვნელოვანია აღნიშნული სახის რადიაციით ცენტრალური ნერვული სისტემის პირდაპირი დაზიანება (მაგ. სითბური ეფექტი), მელატონინის ცვლაზე ზემოქმედების, კალციუმის არსებსა და ნეიროგადამცემებზე ზემოქმედება. გარდა პირდაპირი დაზიანებისა, არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებით იზრდება ჰემატოენცეფალური ბარიერის გამტარიანობა, რის გამოც თავის ტვინი უფრო იოლად ზიანდება ენდო- თუ ეგზოგენური ტოქსინებით.

გარდა ამისა, იცვლება ჰიპოთალამუსის მიერ ნეიროჰორმონების გამოყოფა, კერძოდ ზრდის ჰორმონების სეკრეცია, ხდება ფოლიკულის მასტიმულირებელი ჰორმონის სეკრეციის შემცირება, ლუთეოტროპული ჰორმონის კონცენტრაციის გაზრდა, მელატონინის სეკრეციის შემცირება, იცვლება ნერვული უჯრედების კალციუმის არხების გამავლობა, ვითარდება თავის ტვინის ნერვული უჯრედების აპოპტოზი და ნეკროზი.

კლინიკურად არამაიონიზირებელი რადიაციის ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე მოქმედება ყველაზე ხშირად გამოვლინდება ძილის დარღვევებით, თავის ტვინის აქტივობის ცვლილებებით, დემენციით, ალცჰეიმერის დაავადებითა და სიმსივნური პროცესებით.

ელექტრომაგნიტურ სტრესად შეფასებულია ელექტრომაგნიტური ველის ორგანიზმზე ზემოქმედებით გამოწვეული გამოხატული ანდა ფარული ეფექტები. თანამედროვე გარემოში ეს სტრესორი წარმოადგენს სტრესის ძირითად მიზეზს, განსაკუთრებით ზოგიერთი პროფესიის ადამიანისთვის, მაგალითად მათთვის ვისაც

უწევს მუშაობა კომპიუტერულ მოწყობილობებთან, სერვერებთან, ტელევიზორებთან, ელექტრონული დენის გენერატორებთან.

სხვადასხვა სახის არამაიონიზირებელი რადიაცია ორგანიზმზე ზემოქმედების განსხვავებულ ეფექტებს იძლევა, თუმცა უმრავლეს შემთხვევაში ფიქსირდება ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონის და ადრენალინის დონის მომატება. კვლევებით დასტურდება, რომ ემვ-ს მოქმედებისას იცვლება უჯრედის შიგნით და გარეთ არსებული ცილების აქტივობა, რასაც საფუძვლად უდევს რადიაციის მოქმედებით გამოწვეული ბიოლოგიური სისტემის მოლეკულების სტრუქტურული ცვლილებები. როცა აღნიშნული ცვლილებები მნიშვნელოვანია, ირღვევა ორგანიზმის ჰომეოსტაზი (Mahdavi S. et al. 2015).

არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენით იცვლება ნერვული უჯრედების ზრდა, დიფერენციაცია და ნერვულ უჯრედებში იმპულსების გადაცემა. 50 ჰერცი სიხშირის ემვ-ს მოქმედებისას ხდება ვირთაგვას ჰიპოფიზის წინა წილის მიერ ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონის და კოტრიკოსრეტონის გამომუშავების ზრდა. ემბრიონულ უჯრედებში იზრდება ჟანგვითი (ოქსიდაციური) სტრესი, რაც თავის მხრივ აზიანებს დნმ-ს, ხდება ლიპიდების ჟანგვა, რასაც მივყავართ უჯრედის დაღუპვამდე (Fedorowski and Steciwko 1998).

არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებაზე განსაკუთრებით მგრძობიარეა ჰიპოთალამუსი, კერძოდ აღმოჩნდა, რომ დაბალი სიხშირის ემვ-ს მოქმედებისას ვითარდებოდა შფოთვითი რეაქციები და განგაშის მსგავსი ქცევა რეაქციები ვირთაგვებში რასაც საფუძვლად ედო ჰიპოთალამუსში მიმდინარე ჟანგვითი პროცესების (ოქსიდაციური სტრესი) და NO-ს ცვლილებები (იზრდება ჟანგბადის სუპეროქსიდაზას ანიონის (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), ნიტრიტის (NO) კონცენტრაცია), რასაც კლინიკურად მივყავართ სტრესის მსგავსი ქცევის ჩამოყალიბებაზე.

რაც შეეხება მეხსიერების ცვლილებას, მკვლევარების აზრი ორად იყოფა: ერთნი აღნიშნავენ, რომ ემვ-ს მოქმედებით ხდება მეხსიერების გაუმჯობესება, ხოლო მეორენი აღნიშნავენ, რომ ემვ აქვეითებს მეხსიერებას, თუმცა უფრო ჩაღრმავებულ კვლევებში აღნიშნულია, რომ მეხსიერებაზე ემვ-ს მოქმედებისას უნდა დაკონკრეტდეს თუ რა სიხშირის ემვ მოქმედებს ორგანიზმზე და რა ხანგრძლივობით. შედეგად, აღმოჩნდა, რომ ძალიან დაბალი სიხშირის ემვ-ს მოქმედებისას (3 Hz და 60 Hz

ELF/EMF) პასიური განრიდების ტესტით არ იქნა მიღებული მოქმედების ეფექტურობა, თუმცა ამავე კვლევებში დადასტურდა ემვ-ს ცილებზე მოქმედებაც, რაც აღიარებულია სხვა მკვლევარების მიერაც, ანუ დაბალი სიხშირის ემვ-ს შეუძლია ვირთაგვების მოკლევადიანი მეხსიერების გაუმჯობესება (Sakhaie et al. 2017).

ასევე იცვლება თავის ტვინის ჰემისფეროების ამინომჟავებს შორის თანაფარდობა, კერძოდ ასპარაგინის მჟავას, სერინის, გლიცინის, ალანინის, შარდოვანას, თიროზინის, გამა-ამინო-ერბოსმჟავას, ფენილალანინისა და ჰისტიდინის შემცველობები რაც თავის ასახვას ჰპოვებს ცხოველთა ფსიქონერვული ხასიათის მეხსიერებაზე. კერძოდ, იცვლება აგზნების და შეკავების პროცესები და დამთრგუნველი გავლენა გამოიწვია ვირთაგვებში პასიური განრიდების რეაქციის გამომუშავებაზე, მოიმატა ცხოველების დაძაბულობამ, დაბნეულობამ და გავლენა იქონია ამოცანის შესრულებისათვის სწორი გადაწყვეტილების მიღების უნარზე (Nikolaishvili M et al. 2020).

ემვ-სგან განსხვავებით, მიკროტალღურ რადიაციას უფრო იშვიათად ვხვდებით. მიკროტალღური რადიაცია ელექტრომაგნიტური არამაიონიზირებელი რადიაციის სახეა, სადაც ტალღის სიხშირე 300 MHz-დან 300 GHz-მდეა, ან ტალღის სიგრძე, 0.1 სმ-დან 100 სმ-მდეა. მიკროტალღური რადიაცია გამოიყენება რადარების, ოპტიკურ ბოჭკოვანი გადამცემების, უკაბელო ინტერნეტის და სანავიგაციო სისტემების მუშაობაში. საყოფაცხოვრებო გარემოში ძირითადად უკაბელო ინტერნეტის ე.წ. ჰაბის და მიკროტალღური ლუმელის მიერ ხდება მიკროტალღების გამომუშავება. მიკროტალღებს შესწევთ უნარი გამოყოფილი ენერგიით მოახდინონ ატომების ვიბრაცია, რომლის დროსაც წარმოიქმნება სითბო. ანუ მაიონიზირებელი რადიაციისგან განსხვავებით, მიკროტალღურ რადიაციას არ სძალუძს ატომის მუხტის შეცვლა და შესაბამისად მოლეკულური კავშირების შეცვლა. ბოლოდროინდელი კვლევებით დგონდება, რომ სითბო, რომელიც წარმოიქმნება მიკროტალღური რადიაციის სახით განსხვავებულია სხვა, ე.წ. ჩვეულებრივი სითბოს გენერაციისგან და ასევე განსხვავებულად მოქმედებს ორგანიზმზეც (Hinrikus et al. 2018) ეს არამაიონიზირებელი რადიაცია ორგანიზმზე მოქმედებს სტრესორის მსგავსად (Dondoladze K. et al. 2020), იწვევს თავის ტვინის ფუნქციის ცვლილებას და კოტრიზოლის გამოთავისუფლებას, რომელიც თავის მხრივ მოქმედებს

ჰიპოთალამუსზე, სადაც ძალიან დაბალი სიხშირის მიკროტალღური რადიაციის გავლენისას მის დორსომედიალურ ნაწილში გამოხატული ცვლილებები იქნა ნანახი ელექტროენცეფალოგრამაზე (Vorobyov et al. 2010).

განსხვავებული შედეგი იქნა მიღებული არამაიონიზირებელი რადიაციის ხანგრძლივი და მცირე დოზით მოქმედების დროს, როცა ხდებოდა იმუნური სისტემის გააქტიურება და შესაბამისად ქვეითდება აკტ3 და კოტრიზოლის კონცენტრაცია პლაზმაში - ე.წ. ჰორმეზისის ეფექტი (Berry R., 3rd, & López-Martínez G. 2020). მას საფუძვლად უდევს ორგანიზმის დამცველობითი ძალების მობილიზაცია და გააქტიურება. ჰორმეზისის ეფექტის მიღება ორგანიზმზე მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზით მოქმედებითაც მიიღება. ბუნებაში გავრცელებული რადიაციაქტიული ნივთიერება რადონი, საყოფაცხოვრებო გარემოშიც ძალიან ხშირად გვხვდება. რადონი რადიოქტიული აირია, რომელიც წარმოქმნის  $\alpha$  გამოსხივებას. ურანის დაშლის შედეგად წარმოქმნილი რადონის მაღალი კონცენტრაციითა ნიადაგში და წარმოადგენს შენობების ჰაერის დაბინძურების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან წყაროს. მიუხედავად იმისა, რომ 1987 წლიდან კიბოს კვლევის საერთაშორისო სააგენტოს მიერ რადონი ფილტვის კიბოს განვითარების დადასტურებული კარცნოგენია (მიეკუთვნება I ჯგუფს), მას არც თუ ხშირად ერიდებიან. ცნობილია რადონის თერაპიული ეფექტები სხვადასხვა დაავადებების დროს. აშშ-ში, გერმანიაში, პოლონეთსა და ჩეხეთში, რადონის სპა გამოიყენება რევმატოიდული ართრიტების, ატოპიური ბრონქული ასთმის, ალკოჰოლით გამოწვეული ღვიძლის დაავადების და სხვადასხვა პათოლოგიების სამკურნალოდ. რადონის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი თვისება მისი ანალგეზიური, ალდგენა-რეგენერაციული და იმუნომოდულაციური მოქმედებაა. რადონის მოქმედებით ხდება იმუნური სისტემის გააქტიურება, მემბრანის გამავლობის და უჯრედის მემბრანის ლიპიდების ჟანგვითი ხარისხის ცვლილებები, ოქსიდაციურ სტრესთან დაკავშირებული აზოტის ოქსიდის (NO) აქტივაცია (Shibamoto et al., 2018).

### III. კვლევის მეთოდოლოგია

#### 1. კვლევის ობიექტის შერჩევა

ყველა სახის კვლევა ტარდებოდა ვისტარის ხაზის მამრ ვირთაგვებში. ვისტარის ხაზის ვირთაგვები ლაბორატორიული ვირთაგვების წმინდა ხაზია და აღნიშნული ხაზის ვირთაგვებში ფიზიოლოგიური ცდების დროს ნაკლებადა აქვს ადგილი ნივთიერებათა ცვლის ინდივიდუალური ვარიაბელობას, რასაც ქცევის ტესტებში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა.

ჩვენი კვლევისთვის შევარჩიეთ მამრი ვირთაგვები, რადგან სტრესის რეაქციები განსხვავებულია მდედრი და მამრ ინდივიდებში, შესაბამისად, კვლევის შედეგების სარწმუნოებისთვის შევარჩიეთ მამრი 90-95 დღის ვირთაგვები წონით 250-280 გრ, გარდა კვლევისა, რომელიც დაგეგმილი იყო მიკროტალღური რადიაციის ზეგავლენის შესასწავლად. აღნიშნული კვლევა ტარდებოდა 4 კვირის მამრ ვირთაგვებზე, რომლთა წონა გავზომეთ  $\pm 0.1$  გ. სიზუსტით. აღნიშნული ვირთაგვების წონა იყო  $36 \cdot 4 \pm 3 \cdot 175$  გრ.

ვირთაგვების შერჩევა მოხდა ი. ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის ბაზაზე არსებულ ვივარიუმის ვირთაგვებიდან.

კვლევის დაწყებამდე 1 კვირით ადრე ვირთაგვები მოვათავსეთ სპეციალურ ოთახში, 12-12 საათიანი ნათელი და ბნელი პერიოდით. საკვების მიწოდება ხდებოდა დღეში 2-ჯერ დილით 10:00-ზე და საღამოს 18:00-ზე, გარდა იმ შემთხვევისა, როცა კვლევის ფარგლებში დაგეგმილი გვქონდა ჰორმონ გრელინის კონცენტრაციის განსაზღვრა უზმოდ. ყველა ვირთაგვას საკვების სახით ვაძლევდით ერთნაერი ოდენობის სპეციალურ საკვებს, რომლის შემადგენლობაში შედიოდა სიმინდი, შვრია, მხესუმზირა, სტაფილო და ვაშლი. წყალი ვირთაგვებს მიეწოდებოდათ თავისუფლად.

ადაპტაციური პერიოდი (1 კვირის) გასვლის შემდეგ ვირთაგვები დავეყენეთ საცდელ და საკონტროლო ჯგუფად. ყოველ ექსპერიმენტულ და საკონტროლო ჯგუფში შესწავლილი იყო 10-10 ცხოველი.

*ცხოველთა შენახვის და ექსპერიმენტული კვლევის პირობები შეთანხმებული იყო ი. ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის ლაბორატორიულ ცხოველებზე მუშაობის კომიტეტთან, რომელსაც საფუძვლად უდევს საერთაშორისო სტანდარტები.*

## **2. ლაბორატორიულ პირობებში საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის გენერაცია**

ვინაიდან ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საყოფაცხოვრებო სიხშირის არამაიონიზირებელი რადიაციის, კერძოდ ემვ-ს ეფექტების შესწავლა, კვლევისათვის საჭირო ელექტრომაგნიტური ველის გენერაცია ხდებოდა ლაბორატორიაში GSM სისტემის მობილური აპარატის გამოყენებით. კომპიუტერში ჩავწერეთ სპეციალური პროგრამა (აპლიკაცია): autodiling, რომლის საშუალებით ვახორციელებდით ზარს საცდელი ცხოველების გალიის ზემოთ 5 სმ სიმაღლეზე დაკიდულ მობილურ ტელეფონზე. მობილური ტელეფონს ხმა და ვიბრაცია გამოვურთეთ (სხვა ფიზიკური ფაქტორის - ხმაურის, სითბური ეფექტის, ვიბრაციის მოქმედების გამოსარიცხად). ტელეფონში ჩაწერილი პროგრამის საშუალებით ყოველ 10 წუთში ვახორციელებდით ზარს დღის მონაკვეთში 10:00-დან 20:00-მდე, ზარი გრძელდებოდა 10 წამი.

ზარის განხორციელების დროს მობილური ტელეფონი წარმოქმნიდა საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველს. აღნიშნული ველის სიხშირე გავზომეთ სპეციალური ხელსაწყოთი - Cornet microsystem, electosmog meter და იგი იყო 800 MHz სიხშირის.

რადგან ელექტრომაგნიტური ველი წარმოიქმნებოდა მხოლოდ ზარის განხორციელების მომენტში, საცდელი ცხოველი მუდმივად არ იმყოფებოდა ველში. ზარის არამუდომოვობით შევქმენით ადამიანის ემვ-ში არამუდმივად ყოფნის მოდელი, როცა სხვადასხვა ნივთისა თუ ხელსაწყოს მიერ ხდება ემვ-ს წარმოქმნა, მაგრამ მასში მუდმივად არ იმყოფება ორგანიზმი, ანუ ადგილი აქვს „ემვ-ში შესვლას“ და ველიდან „გასვლას“.

ემვ-ში ექსპოზიციის ხანგრძლივობა გრძელდებოდა 10 დღეს.



### 3. არამიონიზირებელი რადიაციის - მიკროტალღური გამოსხივების მიღება:

იმისათვის, რომ შეგვესწავლა მიკროტალღური რადიაციის გავლენა ქცევის სხვადასხვა პარამეტრზე, მიკროტალღური რადიაციის გენერაციისათვის გამოვიყენეთ საყოფაცხოვრებო მიკროტალღური ღუმელი.

ქარხნულ ანოტაციაში მითითებულია, რომ მიკროტალღური ღუმელი ისეა დამზადებული, მუშა მდგომარეობაში, როცა ღუმელის კარი დახურულია, მიკროტალღური რადიაცია რჩება ღუმელში, თუმცა ჩვენს შემთხვევაში, დახურული კარიდან ადგილი ჰქონდა არამიონიზირებელი რადიაციის გაჟონვას. სპეციალური ხელსაწყოთი გაზომვის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მუშა მდგომარეობაში, მიკროტალღური ღუმელიდან ჟონავდა  $727 \cdot 24 \pm 84 \cdot 55 \text{ Mw} / \text{m}^2$  სიმძლავრის რადიაცია.

მიკროტალღური ღუმელიდან გამოჟონილი რადიაციის ორგანზმზე ზემოქმედების შესასწავლად, საკვლევი ცხოველების გალია მოვათავსეთ დახურული ღუმელის კართან. დღეში ორჯერ, დილით 10:00-ზე და 18:00-ზე ვრთავდით ღუმელს 3-3 წუთის განმავლობაში „მიკრო“ სახეობაზე. ჩართულ მიკროტალღურ ღუმელში ვატავებდით ჭიქა კვლევის მიმდინარეობისას ვზომავდით ტემპერატურას გალიაში, რათა თავიდან აგვეცილება მიკროტალღური რადიაციის სითბური ეფექტის მოქმედება. კვლევის დროს შენარჩუნებული იყო ჰაერის ტემპერატურა სტაბილურად 260 C-ზე. ექსპოზიცია გრძელდებოდა 10 დღის განმავლობაში.

### 4. ჰორმეზისის ეფექტის მიღება:

ჰორმეზისის ეფექტის შესწავლა შფოთვის მოდელზე ჩავატარეთ, ამისათვის ლაბორატორიულ პირობებში გამოვიწვიეთ შფოთვა (იხ. შფოთვის გამოწვევა), რის შემდეგაც გავზომეთ რადონის ჰორმეზისის ეფექტი, კერძოდ რადონის წყაროდ გამოვიყენეთ საქართველოში, კურორტ წყალტუბოში არსებული სანატორიუმის სპაცენტრის რადონშემცველი წყლის ორთქლი. საცხელი ცხოველების ვირთაგვებს ინჰალაციის საშუალებით მივაწოდეთ წყალტუბოს სპაცენტრის საუნაში არსებული

რადონი. ვინაიდან რადონი მძიმე გაზია და მაღალი კონცენტრაციით ილექება იატაკზე, გალიები მოვათავსეთ საუნის იატაკზე. ინჰალაციისთვის არ გამოვიყენეთ ნებულაიზერი (ინჰალატორი), რადგან თავიდან აგვეცილებია ხმაურით გამოწვეული სტრესი.

საუნაში ტენიანობა და ჰაერის ტემპერატურა გავზომეთ და მონაცემები იყო შემდეგი: ტენიანობა 90%, ჰაერის ტემპერატურა 36 C<sup>0</sup> . საცდელი ცხოველების საკონტროლო (არარადონით ინჰალაციის შფოთვის ჯგუფი) ჯგუფისთვის შევქმენით იგივე პირობები, მაგრამ მათთვის ინჰალაციის სახით ხდებოდა არარადონშემველი წლის ორთქლის მიწოდება იგივე ტენიანობის და იგივე ტემპერატურის პირობებში.

ინჰალაციის პროცედურები გრძელდებოდა 10 წუთი დილის 11:00-ზე 10 დღის განმავლობაში.

## 5. შფოთვის გამოწვევა:

საცხელ ცხოველებში შფოთვის გამოწვევა შეიძლება კონფლიქტური მდგომარეობის შექმნით. ეს შეიძლება მიღებულ იქნას მაშინ, როცა ცხოველი სამოტივაციო რეაქციის გამოიმუშავებს გაძლიერებული საფრთხის მოლოდინში ან საფრთხის დროს. ჩვენს შემთხვევაში, გამოვიყენეთ უკვე აპრობირებული მეთოდი ტკივილის უარყოფითი გამღიზიანებლით, კერძოდ ვიმოქმედეთ ცხოველის ემოციურ-მოტივაციურ დონეზე. ამისათვის ერისმანის კამერის ბნელ ნაწილში მყოფ ვირთავას ვაყენებდით ტკივილს დენის დარტყმის გამოყენებით, რაც აიძულებდა ცხოველს დაეტოვებინა კამერის ბნელი მხარე და გადასულიყო ნათელში. ამის შემდეგ ცხოველს ჩამოუყალიბდა მისი საარსებო გარემოს ხატის - ბნელი ხვრელის სურათის მიმართ უარყოფითი დამოკიდებულება და შიში. აღნიშნული მეთოდის გამოყენების შემდეგ, საცდელი ცხოველი აღარ შედიოდა კამერის ბნელ ნაწილში.

გამოწვეული შფოთვის შესაფასებლად ჩავატარეთ ქვემოაღწერილი შფოთვის ტესტები, რითაც დადასტურდა შფოთვითი რეაქციების განვითარება.

## **6. მაინიზირებელი და არამაინიზირებელი რადიაციის მოქმედებით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილებების შესწავლა**

მეხსიერებაზე რადიაციის გავლენის შესასწავლად ჩავატარეთ დასწავლის ტესტები, კერძოდ დასწავლისას ადგილი აქვს სტიმულთან დაკავშირებულ ემოციას - უარყოფითს ან დადებითს. ორივე სახის ემოცია აძლიერებს სტიმულზე პასუხის მეხსიერებას. სტიმულის მოქმედების შემდეგ ემოციისა და მოვლენის შესახებ ინფორმაციის შენახვა და საჭირო დროს აღდგენა ხდება. განსხვავებული თეორიები არსებობს დადებითი და უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების შემონახვის შესახებ. თუ უარყოფით სტიმულს საფუძვლად შფოთვა და შიში უდევს, დადებითი გამლიზიანებელთან დაკავშირებული მეხსიერება ფსიქო-ემოციური სახის მეხსიერება უფროა. რადგან დასწავლის პროცესებში სხვადასხვა გამლიზიანებელთან დაკავშირებული თავის ტვინის სხვადასხვა ცენტრები აქტიურდება, შესაბამისად პროცესები განსხვავებულად მიმდინარეობს დადებითი და უარყოფითი გამლიზიანებლის შემთხვევაში. იმის გასარკვევად, თუ რომელი სახის მეხსიერებაზე ახდენდა გავლენას საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი, მიკროტალღური რადიაცია ან მაინიზირებელი რადიაციის მცირე დოზა, შევისწავლეთ ორივე სახის სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილებები.

### **6.1. დადებითი სტიმულთან დაკავშირებული მეხსიერების შესწავლა**

დადებითი სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილების შესასწავლად საკვევ ჯგუფებში ჩავატარეთ ორი საკვებურის ტესტი და 5 ხვრელის ტესტი (5 არჩევანის სერიული რეაქციის დროის ტესტი 5 – CSRTT). შედეგებში შევაფასეთ დასწავლა, მოკლევადიანი მეხსიერება (დასწავლის ბოლო დღე), გრძელვადიანი მეხსიერება (დასწავლის დასრულებიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღე).

#### **6.1.1. ორი საკვებურის ტესტი:**

ელექტრომაგნიტური სტრესის ზემოქმედებისას დადებით სტიმულთან დაკავშირებული პირობითრეფლექსური მეხსიერება შევისწავლეთ ორი საკვებურის

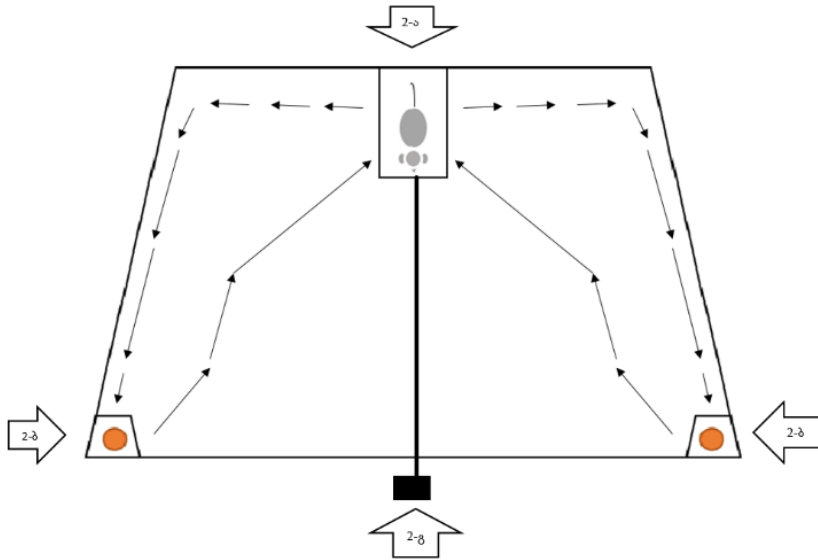
ტესტით. აღნიშნული ტესტის ფარგლებში დადებით გამდიზიანებლად (სტიმული) მიჩნეულია საკვები და მასთან დაკავშირებული ნეიტრალური გამდიზიანებელი - შუქი.

ორი საკვებურის ტესტისთვის გამოვიყენეთ სპეციალური აპარატი, რომელიც მოგვაწოდა ივანე ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრმა.

აღნიშნული აპარატი წარმოადგენს ტრაპეციის ფორმის ყუთს ზომის: 130X90X40 სმ. ყუთის ერთ მხარეს (130 სმ-იანი გვერდი) ორივე კუთხეში დამონაჭებული იყო ნათურა ფსკერიდან 10-სმ სიმაღლეზე. ნათურები ინთებოდა სპეციალური ჩამრთველის გამოყენებით ერთ-ერთ მხარეს. ამავე კუთხეში გაკეთებული იყო 25მმX25მმ ზომის ხვრელი, რომელზეც მიმაგრებული იყო საკვებური, საიდანაც ვაწვდიდით საკვებს აპატარში მოთავსებულ ვირთაგვებს. შუქის ანთების მიმდევრობისთვის გამოვიყენეთ კომპიუტერული პროგრამის ალგორითმი, რათა თავიდან ყოფილიყო აცილებული შუქის ანთების ლოგიკური მიმდევრობა (Dondoladze K. et al.2018).

საკვებურის საპირისპირო მხარეს იყო გამჭვირვალე ყუთი ზომით 15სმX30სმ და 20 სმ სიმაღლით. ამ გამჭვირვალე ყუთში ვათავსებდით ვირთაგვას და სპეციალური პულტით ყუთის აწევის შემდეგ ვირთაგვა გამოდიოდა საკვებურში.

სურათი N 1. ორი საკვებურის ტესტის აპარატის სქემატური გამოსახულება. ყუთის ერთ მხარეს მოთავსებული ორი საკვებურიდან ერთ-ერთის თავზე ინთება ნათურა. გამჭვირვალე ყუთი, სადაც ხდება ვირთაგვას მოთავსება (2-ა). საკვებური, რომლის თავზეც მოთავსებულია ნათურა (2-ბ), პულტი, რომლის საშუალებითაც ხდება გამჭვირვალე ყუთის აწევა (2-გ).



ორი საკვებურის ტესტის აპარატში შუქს ვანთებდით ზემოთაღწერილი ალგორითმის მიერ შემოთავაზებული მიმდევრობით ხან ერთ, ხან მეორე მხარეს.

გაწვრთნა ხდებოდა 5 დღის განავლობაში შემდეგი პროტოკოლის გათვალისწინებით (მოდულიზებული ვერსია, რომელიც გამოიყენება ივ. ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის სხვადასხვა ლაბორატორების მიერ ჩატარებულ კვლევებში):

ტესტისთვის ვირთაგვას არ ვაძლევდით საკვებს წინა დღეს. გაწვრთნისა და ტესტირების დღეს საკვების მიწოდება ხდებოდა მხოლოდ წვრთნის/ტესტირების პერიოდში.

დღე 1: ვირთაგვას ვათავსებდით საკვებურში, ვანთებდით შუქს ერთ-ერთ მხარეს და ამავე მხარეს ვდებდით მზესუმზირის 5 მარცვალს. ვირთაგვა ჭამდა მზესუმზირის მარცვალს. შუქს ვაქრობდით მაშინ, როცა ვირთაგვა შეჭამდა 5-ვე მარცვალს. 1 წუთის შემდეგ მეორე მხარეს ვანთებდით შუქს და ამავე მხარეს ვდებდით მზესუმზირის 4 მარცვალს. როცა ვირთაგვა შეჭამდა მზესუმზირას, ვაქრობდით შუქს. 1 წუთის შემდეგ, მეორე მხარეს ვდებდით მზესუმზირის 3 მარცვალს და ვანთებდით შუქს ამავე მხარეს. როცა ვირთაგვა შეჭამდა მზესუმზირას, ისევ ვაქრობდით შუქს. 1 წუთის შემდეგ ისევ ვდებდით 2 მზესუმზირას უკვე არა საკვებურის ფსკერზე, არამედ სპეციალურ ხვრელში და მის თავზე ვანთებდით შუქს. ვირთაგვას მზესუმზირის შეჭმისთვის უწევდა ცხვირის შეყოფა საკვებურში და იქედან მზესუმზირას აღება. მზესუმზირას აღების შემდეგ ვაქრობდით შუქს.

ამის შემდეგ ვირთაგვას ვათავსებდით საკვებურში არსებულ გამჭვირვალე ყუთში. ყუთში მოთავსებიდან 1 წუთის შემდეგ ვანთებდით შუქს საკვებურის ერთ-ერთ მხარეს და ამავე მხარეს არსებულ ხვრელში ვათავსებდით მზესუმზირას. 25 წამის შემდეგ პულტით ვწევდით ყუთს. ვირთაგვა გამოდიოდა ყუთიდან და როცა საკვებურიდან აიღებდა მზესუმზირას, ვაქრობდით შუქს. პირველ დღეს დასწავლა გრძელდებოდა 40 წთ.

დღე 2-5: ვირთაგვას ვათავსებდით საკვებურში არსებულ გამჭვირვალე ყუთში. ყუთში მოთავსებიდან 1 წუთის შემდეგ ვანთებდით შუქს საკვებურის ერთ-ერთ მხარეს და ამავე მხარეს არსებულ ხვრელში ვათავსებდით მზესუმზირას. 25 წამის შემდეგ პულტით ვწევდით ყუთს. ვირთაგვა გამოდიოდა ყუთიდან და როცა საკვებურიდან აიღებდა მზესუმზირას, ვაქრობდით შუქს. ამის შემდეგ ვირთაგვა შეგვყავდა საკვებურში არსებულ გამჭვირვალე ყუთში და ვაგრძელებდით დასწავლას 40 წთ-ის განმავლობაში.

მე-6 დღეს ჩავიწერეთ მიღებული მონაცემები ვიდეოკამერის საშუალებით. გავანალიზეთ ვირთაგვას მიერ საკვებურის სწორ და არასწორ მხარეს მისვლის ოდენობა, გამჭვირვალე ყუთის აწევიდან საკვებურთან მისვლის დრო, საკვებურთან მისვლის ტრაექტორია, საკვებურთან მისვლამდე დაყოვნებების რაოდენობა.

საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში ორი საკვებურის ტესტირების ვირთაგვების დასწავლა დავიწყეთ ემვ-ში მოთავსებიდან მე-5 დღეს. შესაბამისად ტესტირების პასუხები ჩავიწერეთ ემვ-ში მოთავსებიდან მე-11 დღეს.

გრძელვადიანი მეხსიერების შესასწავლად ორი საკვებურის ტესტი გავიმეორეთ პირველი ტესტირებიდან მე-10 და 30-ე დღეს, რაც საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებისთვის იყო ემვ-ში მოთავსებიდან მე-21 და 37-ე დღე.

### **6.1.2. მეხსიერების, ყურადღების და კონცენტრაციის 5 - CSRTT ტესტი**

საკვლევ ჯგუფებში პირობითრეფლექსური მეხსიერების, ყურადღების და კონცენტრაციის ცვლილებების შესასწავლად გამოვიყენეთ 5 – CSRTT ტესტი. აღნიშნული მიეკუთვნება დადებით სტიმულთან დაკავშირებულ ტესტს. 5 – CSRTT (5 choice serial reaction time test) წარმოადგენს აპარატს, რომლითაც ხდება ვირთაგვებისა

და თავგების ყურადღების და კონცენტრაციის, ასევე მეხსიერების და იმპულსურობის შეფასება. აღნიშნული ტესტის ფარგლებში დადებით სტიმულს წარმოადგენდა საკვები და მასთან დაკავშირებული ნეიტრალური გამლიზიანებელი შუქი.

5 – CSRTT აპარატი წარმოადგენს ყუთს ზომით 25სმX25სმ, სიმაღლით 30სმ. ყუთის ერთ მხარეს ფსკერიდან 2 სმ სიმაღლეზე 5 ცალი ხვრელია ზომით 2,5სმX2,5სმ X2,5სმ, ხოლო თითოეული ხვრელის თავზე 2 სმ სიმაღლეზე დამაგრებულია ნათურა.

ხვრელზე მიმაგრებულია ყუთი. ხვრელზე არსებული კარის გაღება ვირთაგვას შეუძლია ცხვირით. მის მოპირდაპირე მხარეს მოთავსებულია ერთი ხვრელი ზომით 2,5სმX2,5სმ X2,5სმ და მიმაგრებულია საკვებური. საკვებურიდან საკვების ასაღებად საჭიროა ვირთაგვამ ცხვირით გააღოს საკვებურის კარი. საკვებურში საკვების მოთავსება ხდებოდა მოპირდაპირე მხარეს მოთავსებული ერთ-ერთი ხვრელის თავზე არსებული შუქის ანთების შემდეგ, მაგრამ საკვების მისაღებად ვირთაგვას ცხვირით უნდა გაეღო იმ ხვრელის კარი, რომლის თავზეც აინთებოდა შუქი.

გაწვრთნა ხდებოდა 5 დღის განავლობაში შემდეგი პროტოკოლის გათვალისწინებით: ტესტისთვის ვირთაგვას არ ვამლევდით საკვებს წინა დღეს. გაწვრთნისა და ტესტირების დღეს საკვების მიწოდება ხდებოდა მხოლოდ ტესტირების/წვრთნის პერიოდში.

პირველ დღეს: ვირთაგვას 10 წუთით ადაპტაციისთვის ვათავსებდით 5 – CSRTT ყუთში. ამის შემდეგ ერთ-ერთი ხვრელის თავზე ვანთებდით შუქს. როცა ვირთაგვა ცხვირით გააღებდა ხვრელთან არსებულ კარს, საკვებურში ვათავსებდით მზესუმზირას. ვირთაგვა მობრუნდებოდა საკვების მისაღებად. 2 წთ-ის შემდეგ ისევ რომელიმე ხვრელის თავზე ვანთებდით შუქს და ცხვირით ხვრელთან არსებული კარის გაღების შემდეგ საკვებურში ვათავსებდით მზესუმზირას. დასწავლის 20 წთ-ის შემდეგ ვამცირებდით დროს და ყოველ 20 წმ-ში ვანთებდით შუქს. პირველ დღეს დასწავლად ჩავთვალეთ ზედიზედ 8-ჯერ სწორად შესრულებული დავალება.

მეორე დღეს გავიმეორეთ ტესტი: ადაპტაციისთვის 10 წთ-ით მოვათავსეთ ვირთაგვა 5 – CSRTT ყუთში. მეორე დღიდან შუქის ანთებებს შორის შუალედი 20 წმ-დან 1 წუთამდე მერყეობდა. როცა ვირთაგვამ ზედიზედ 8-ჯერ სწორად შეასრულა დავალება, ჩავთვალეთ, რომ მოხდა დასწავლა.

მესამე და მეოთხე დღეს გავიმეორეთ დასწავლის ამოცანა, ხოლო მეხუთე დღეს ჩავიწერეთ მიღებული შედეგები ვიდეოკამერის საშუალებით.

საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში 5 – CSRTT ტესტისთვის ვირთაგვების დასწავლა დავიწყეთ რადიაციის დღიანი მოქმედებიდან მე-5 დღეს. შესაბამისად ტესტირების პასუხები ჩავიწერეთ მე-11 დღეს (5 დღე რადიაციის მოქმედება, 5 დასწავლა, მე-11 დღეს ტესტირება).

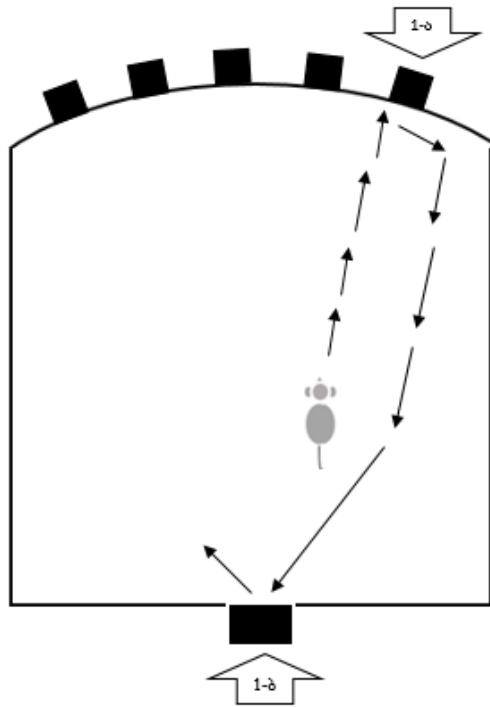
გრძელვადიანი მეხსიერების შესასწავლად 5 – CSRTT ტესტი გავიმეორეთ პირველი ტესტირებიდან მე-10 და 30-ე დღეს, რაც საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებისთვის იყო რადიაციის მოქმედებიდან მე-21 და 37-ე დღე.

მიღებული მონაცემების გაანალიზებისას ყურადღებას ვაქცევდით ვირთაგვას მიერ სწორად და არასწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობას, სტიმულიდან პასუხამდე არსებულ დროის შუალედს, არასწორად შესრულებული დავალების შემდეგ ვირთაგვას ქცევას, კერძოდ ზედიზედ დაშვებული შეცდომების რაოდენობას, სტიმულიდან დავალების შესრულებამდე ვირთაგვას მოძრაობის ტრაექტორიას, სხვა სტერეოტიპული აქტივობების: გრუმინგის, ორ თათზე დადგომის, თავის აწევის რაოდენობას.

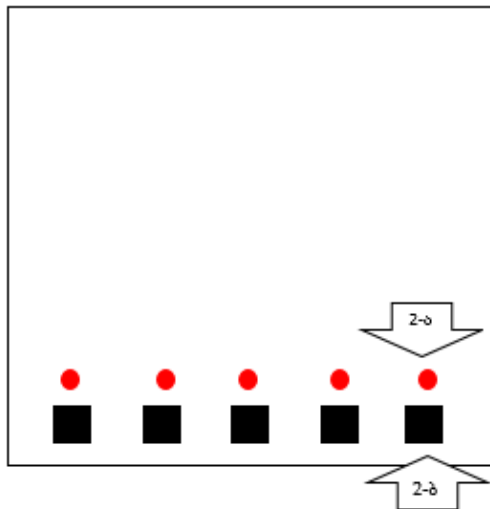
სურათი N 2. 5 – CSRTT აპარატის სქემატური გამოსახულება. ზედხედი (1) და ხედი ფრონტალურ ჭრილში (2): ხვრელი, სადაც შუქის ანთების დროს (2-ა) ვირთაგვა ყოფს ცხვირს (1-ა, 2-ბ) და ბრუნდება საკვებურთან (1-ბ);

1.





2.



## 6.2. უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების შესწავლა

უარყოფითი გამლიზიანებლით (სტიმული) გამოწვეული მეხსიერების ცვლილების შესაფასებლად ჩავატარეთ პასიური და აქტიური განრიდების გამომუშავების ტესტი.

## 6.2. პასიური განრიდების ტესტი

პასიური განრიდების ტესტი წარმოადგენს მეხსიერების ტესტს უარყოფით გამდიზიანებელზე. უარყოფით სტიმულს წარმოადგენს მტკივნეული დარტყმა. აღნიშნული ტესტით შევისწავლეთ ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით გამოწვეული ფსიქო-ემოციური სახის მეხსიერების ცვლილებები, უარყოფით სტიმულთან დაკავშირებული მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მეხსიერება.

პასიური განრიდების რეაქციის ტესტისთვის ვიყენებდით ესმანის კამერას, რომელიც წარმოადგენს ორ განყოფილებიან სპეციალურ მოწყობილობას. შედარებით დიდი ზომის განყოფილება ზომით 20X20X20 სმ გამჭვირვალე, ორგანული მინისგან იყო დამზადებული და კარგად იყო განათებული 100 ვტ-იანი ნათურით. ეს განყოფილება მცირე ზომის ხვრელით (3X3X3 სმ) ცხოველი გადადიოდა შედარებით მცირე ზომის ბნელ განყოფილებაში ზომით 10X5X10 სმ. ვირთაგვასთვის დამახასიათებელი თავდაცვითი თვისების გამო განერიდოს განათებულ სივრცეს, ის გადადიოდა ესმანის კამერის ბნელ განყოფილებაში, სადაც თავს უფრო დაცულად გრძნობდა. ბნელი განყოფილების იატაკი წარმოადგენდა ლითონის ცხაურს, რომელიც მიერთებული იყო ელექტრული დენის წყაროსთან და ღილაკის საშუალებით შეგვეძლო იატაკში ელექტრული დენის გატარება, რითაც ვირთაგვებს ვაყენებდით მტკივნეულ გაღიზიანებას (უარყოფითი სტიმული). ვირთაგვებს ვათავსებდით ესმანის კამერის ნათელ განყოფილებაში. აღვრიცხავდით დროის შუალედს, როცა ვირთაგვას ნათელი განყოფილებიდან ბნელში გადასვლისთვის იყო საჭირო. ბნელ განყოფილებაში გადასვლის შემდეგ 5 წამში ვირთაგვა თათებზე იღებდა მტკივნეულ ელექტრულ გაღიზიანებას, რის შემდეგაც ვირთაგვა ესმანის კამერის ბნელი განყოფილებიდან გადმოდიოდა ნათელ განყოფილებაში. ვირთაგვას 15 წუთით ვტოვებდით დაკვირვების ქვეშ და შემდეგ გადაგვყავდა გალიაში.

აღნიშნული ტესტით ვითვლიდით დროს, როცა ვირთაგვა ერთჯერადი მტკივნეული გაღიზიანების შემდეგ ესმანის კამერის ნათელი განყოფილებიდან ისევ გადავიდოდა ბნელ განყოფილებაში. თუ ცხოველი ტესტირებისას 10 წთ-ის განმავლობაში არ შედიოდა ბნელ განყოფილებაში, ითვლებოდა, რომ ვირთაგვას

ახსოვდა მტკივნეული გაღიზიანება და შესაბამისად, პასიური განრიდების ტესტი დამახსოვრებულად ითვლებოდა.

გრძელვადიანი მეხსიერების შესასწავლად ვირთაგვას პირველი ტესტიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს ისევ ვათავსებდით ესმანის კამერის ნათელ განყოფილებაში და ვითვლით კამერის ნათელი განყოფილებიდან ბნელ განყოფილებაში გადასვლის დაყოვნების დროს.

## 7. ემოციური-მოტივაციური ქცევის შესწავლა ღია ველის მეთოდის გამოყენებით

ღია ველის ტესტი შემუშავებული Calvin S. Hall-ის მიერ (1932). აღნიშნული ტესტის საშუალებით შესაძლებელია შეფასდეს მღრღნელების ქცევა, კერძოდ ფასდება ცხოველის ლოკომოტორული აქტივობა, შფოთვის და ემოციურობის დონე, თავისუფალი კვლევითი აქტივობა - ახალი ობიექტისადმი სწრაფვა.

ტესტის ჩასატარებლად საექსპერიმენტო ცხოველი არ საჭიროებს სპეციალურ მომზადებას.

ჩვენს კვლევებში არამიონიზირებელი რადიაციის ელექტრომაგნიტური ველის და ასევე მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებით გამოწვეული ქცევისა და ემოციურობის ცვლილებები შევისწავლეთ ღია ველის აღნიშნული ტესტის გამოყენებით.

„ღია ველი“ წარმოადგენდა მეტალის ცილინდრის ფორმის მოწყობილობას დიამეტრით 100 სმ, სიმაღლით 40 სმ. იატაკი დაყოფილია სეგმენტებად. პერიფერიისკენ არსებულ სეგმენტებთან გაკეთებულია ხვრელები, რომელშიც ვირთაგვას შეეძლო ცხვირის ჩაყოფა.

ტესტი ტარდებოდა ბნელ ოთახში. ღია ველის თავზე 120 სმ სიმაღლეზე დამაგრებული იყო 100 ვტ-იანი ნათურა და კამერა.

ვირთაგვებს ვათავსებდით ღია ველის შუაში და 3 წთ-ის განმავლობაში კამერის საშუალებით კომპიუტერში ვიწერდით მონაცემებს, რის მიხედვითაც ვმსჯელობდით ემოციური დაძაბულობის, ლოკომოტორული და კვლევითი აქტივობის მაჩვენებლებზე: ვითვლიდით ცენტრიდან გასვლის დროს, გადაკვეთილი

სეგმენტების რაოდენობას, თავის აწევის და გრუმინგის რაოდენობას, ვერტიკალური დგომებს, ცენტრში შესვლისა და ბოლუსების რაოდენობა, ცელის ცენტრალურ და პერიფერიულ კვადრატებში გატარებულ დროს.

აღნიშნული მეთოდით შევაფასეთ ვირთაგვების ქცევისა და ემოციურობა საკონტროლო და საექსპერიმენტო ჯგუფში.

საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებს ტესტი ჩავუტარეთ ელექტრომაგნიტურ ველში მოთავსებიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს, ხოლო მიკროტალღური რადიაციის გავლენის შესასწავლად, მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან მე-10 დღეს.

#### **8. ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტის საშუალებით შფოთვის დონის დადგენა:**

ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტის საშუალებით, შესაძლებელია შეფასდეს მღრღნელის სტრესის და შფოთვის დონე.

ტესტისათვის გამოიყენება იატაკიდან 1 მ სიმაღლეზე მოთავსებული ჯვარედინი ფორმის ლაბირინთი, რომლის ორი მკლავი ღიაა, ხოლო ორი დახურული.

საკვლევი ცხოველი თავსდება ლაბირინთის ცენტრში და ხდება დაკვირვება. ტესტის ხანგრძლივობაა 3 წთ. ტესტი ტარდება ბნელ ოთახში. ლაბირინთის თავზე მოთავსებული კამერის საშუალებით ხდება მონაცემების ჩაწერა შემდგომი ანალიზის მიზნით.

ჯვარედინი ლაბირინთი ტესტის ანალიზისას ფასდება ლაბირინთის ღია და დახურულ ნაწილებში გატარებული დრო, ლაბირინთის დახურული ნაწილებიდან ღია ნაწილებში გამოსვლათა რაოდენობა, ფეხზე ადგომების რიცხვი.

#### **9. არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას სტრესის დონის დადგენა ლაბორატორიული ანალიზით**

იმისათვის, რომ დეგვედგინა წარმოადგენდა თუ არა არამაიონიზირებელი, საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი და მიკროტალღური რადიაცია სტრესორს, ემვ და მიკროტალღური რადიაციის წყაროსთან ცხოველის

ზემოთაღწერილი მეთოდებით მოთავსების შემდეგ ჩავატარეთ ლაბორატორიული კვლევები, კერძოდ კი იმუნოფერმენტული ანალიზით განვსაზღვრეთ კვლევაში მონაწილე სტრესის ბიოლოგიაში ჩართული ნეიროჰორმონების: ნორადრენალინის, სეროტონინისა და დოფამინის კონცენტრაცია ელექტრომაგნიტურ ველში მოთავსებულ ცხოველებში, ხოლო მიკროლალური რადიაციის ექსპოზიციის შემთხვევაში კორტიზოლის კონცენტრაცია. ამისათვის საკვლევი ცხოველების კუდის ვენიდან აღებული დამუშავების შემდეგ, პლაზმის ლაბორატორიული ანალიზით, კერძოდ იმუნოფერმენტული ანალიზის მეთოდით და სპეციალური კიტების საშუალებით ELISA-ს აპარატით განვსაზღვრეთ აღნიშნული ნეიროჰორმონების კონცენტრაცია.

#### **10. მეხსიერების პროცესებში მონაწილე ჰორმონ გრელინის კონცენტრაციის განსაზღვრა**

ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით გამოწვეული გრელინის კონცენტრაციის ცვლილება შევისწავლეთ იმუნოფერმენტული ანალიზით. საკვლევი ობიექტიდან სისხლის აღება (ისევე როგორც მეხსიერების ფიზიოლოგიური ტესტების ჩატარება) მოხდა უზომოდ.

სპეციალური კიტების საშუალებით ELISA-ს აპარატით განვსაზღვრეთ აღნიშნული ნეიროჰორმონის კონცენტრაცია.

საექპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებს კუდის ვენიდან სისხლი ავუღეთ ელექტრომაგნიტურ ველში მოთავსებიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს საკვების მიცემამდე, ხოლო საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებს მეორე დღეს საკვების მიცემამდე. აღებული სისხლი დავაცენტრიფუგეთ, გამოვყეთ პლაზმა და შევინახეთ ანალიზისთვის.

## 11. რადონის ჰორმეზისის გავლენა ორგანიზმის ანტიოქსიდაციურ პროცესებზე:

რადონის ჰორმეზისის შფოთვის რეაქციებზე გავლენის შესასწავლად, ჩვენი კვლევის სპეციფიკიდან გამომდინარე, შფოთვის რეაქციებზე რადონის ჰორმეზისის დადებითი ეფექტის მიღების შემდეგ დამატებით განვსაზღვრეთ საკვლევის ცხოველების ოქსიდაციური სტატუსი და ოქსიდაციური სტრესის დონე:

### 11.1. ოქსიდაციური სტატუსის შესწავლა:

შევისწავლეთ საცდელი ცხოველების ორგანიზმში მიმდინარე ოქსიდაციური პროცესები, კერძოდ გავსაზღვრეთ თიოლის ჯგუფში შემავალი GSH და GSSG კონცენტრაცია თავის ტვინის სუპერნატანტში. მასალები აღებული იყო სტანდარტული მეთოდით, კვლევა ჩატარდა იმუნოფერმენტული ანალიზით (ELISA) kits: Rat Glutathione ELISA Kit #MBS265966 and Rat Oxidized Glutathione ELISA Kit #MBS752665 გამოყენებით.

### 11.2. ოქსიდაციური სტრესის დონის დადგენა:

ოქსიდაციური სტრესის დონის დასადგენად საკვლევი ცხოველების პლაზმაში განვსაზღვრეთ TOS და იმუნოფერმენტული ანალიზით, კერძოდ: ELISA kits: Rat Total Oxidant Status ELISA MBS1600508 and TAS -Rat Total antioxidant status (TAC) ELISA Kit MBS1600693 გამოყენებით.

## 12. სპეციფიური შთანთქმის სიჩქარის დაანგარიშება:

SAR - ეს არის ენერგია, რომელიც იგი განისაზღვრება, როგორც ენერგია, რომელიც შეიწოვება/შთანთქმდება ქსოვილის მასის მიერ და მისი ერთეულია ვატი/კილოგრამზე (W / კგ).

დაანგარიშება მოხდა სტანდარტული ფორმულით:

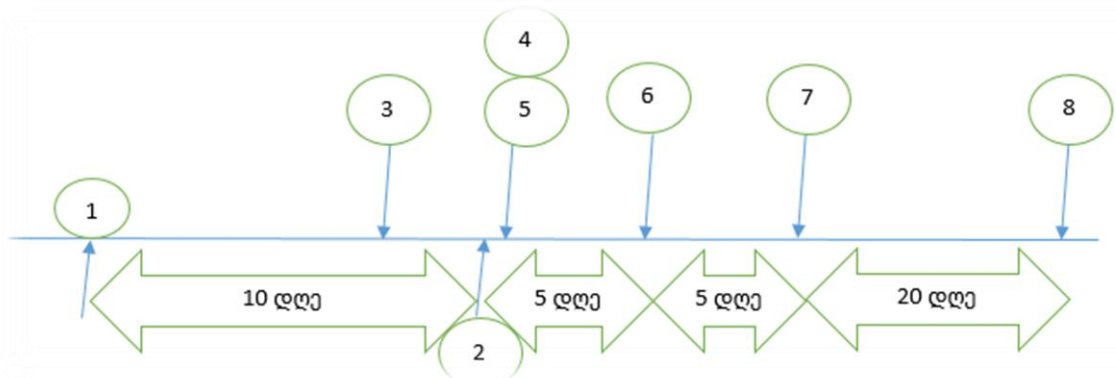
$$SAR = \frac{1}{V} \int_{\text{sample}} \frac{\sigma(\mathbf{r})|\mathbf{E}(\mathbf{r})|^2}{\rho(\mathbf{r})} d\mathbf{r}$$

ჩვენს კვლევაში ვირთავგას შემთხვევაში ემგ-ს დროს იყო იყო 0.08 W/kg, ხოლო მიკროტალღური რადიაციისას 0,1 W/m<sup>2</sup>. მაიონიზირებელი რადიაციის - რადონის მოქმედების დროს SAR დაანგარიშებული არ ყოფილა, რადგან ამ გაზის მიწოდება ხდებოდა ინჰალაციის გზით, რაც ხელს უშლის სპეციფიური შთანთქმის სიჩქარის დაანგარიშებას და ზუსტი მონაცემის მიღებას.

### 13. კვლევის დიზაინი:

რადგან კვლევა ეხება არამაიონიზირებელი რადიაციის სხვადასხვა სახის (ელექტრომაგნიტური, მიკროტალღური) და მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზის (რადონის გაზის) ეფექტების გამოვლენას, დოზა-დამოკიდებულების სურათის სწორად აღქმის მიზნით და ასევე ქცევის ტესტების სპეციფიკიდან გამომდინარე შევიმუშავეთ კვლევის შემდეგი დიზაინი:

სურათი N 3. კვლევის დიზაინის სქემატური გამოსახულება:



ნაჩვენებია შემდეგი ეტაპები:

1-დაწყება:

საექსპერიმენტო ჯგუფების არამაიონიზირებელი რადიაციის გარემოში მოთავსება

რადონის ინჰალაციის დაწყებამდე შფოთვის გამოწვევა

რადონის ინჰალაციის დაწყება

2- რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის დასრულება

3 - დასწავლის დაწყება (მეხსიერების ტესტები)

4 - დასწავლის -მეხსიერების კოდირების შემოწმება, შფოთვის დონის დადგენა

5 - ნეიროჰორმონების ანალიზი

- 6- რადიაციის მოქმედებიდან მე-5 დღე: მოკლევადიანი მეხსიერების შემოწმება
- 7- რადიაციის მოქმედებიდან მე-10 დღე: მეხსიერების შემონახვის შემოწმება
- 8 - რადიაციის მოქმედებიდან 30-ე დღე: გრძელვადიანი მეხსიერების შემოწმება

#### **14. რადიაციის მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი**

საკონტროლო და ექსპერიმენტულ ცხოველებზე მიღებული რიცხობრივი მონაცემების სტატისტიკური ანალიზისთვის დავამუშავეთ ერთფაქტორიანი ცვლადთა სტატისტიკური ანალიზის მეთოდით (ANOVA). ანალიზის შედეგებში წარმოდგენილია, საშუალო +/- სტანდარტული შეცდომა - SE (mean +/- standard error (SE)). სტატისტიკურად სარწმუნოდ ჩავთვალეთ განსხვავება:  $p < 0.05$ . სარწმუნო ეფექტის შემთხვევაში, t-ტესტის (t-test) საშუალებით, მოვახდინეთ ჯგუფებს შორის შესაძლო განსხვავების გამოვლენა. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია თავში „მიღებული შედეგები“.



#### IV. კვლევის შედეგები:

### 1. დადებითი გამლიზიანებლით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილება ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებისას

#### 1.1. ორი საკვებურის ტესტი

აღნიშნული ტესტისთვის საკვლევი ჯგუფის ვირთაგვებში დასწავლა დავიწყეთ ერთდროულად: საექსპერიმენტო ჯგუფში ელექტრომაგნიტურ ველში მოთავსებიდან მე-5, და სატესტო (ჯგუფში ელექტრომაგნიტური ველის გარეთ მოთავსებული ვირთაგვების ჯგუფი) ჯგუფში იმავე დღეს. ორივე ჯგუფის ვირთაგვებში დასწავლისთვის ჩავატარეთ ჯამში 120 სერია თითო ვირთაგვაზე (დღეში 24 შეუღლება). დასწავლა გრძელდოდა 5 დღის განმავლობაში.

**დასწავლის ეტაპის შედეგები:** ორი საკვებურის ტესტის ჩატარებისას გამოვლინდა დასწავლის გამძლეობა საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებთან შედარებით, კერძოდ პირველივე დღეს საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები შედარებით მეტი მოტორული აქტივობით გამოირჩეოდნენ, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები. საკვებურის გამჭვირვალე ყუთის აწევის შემდეგ, ყუთში საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების დაყოვნება მნიშვნელოვნად აღემატებოდა საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვების დაყოვნებას. ასევე განსხვავდებოდა ყუთიდან გამოსვლის დროს ქცევაც, კერძოდ: საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები უფრო სწრაფად გამოდიოდნენ ყუთიდან და მიემართებოდნენ საკვებურისკენ, იქცეოდნენ უფრო უშიშრად და სწრაფად რეაგირებდნენ შუქის ანთებაზე, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები სწრაფად არ გამოდიოდნენ, რამდენიმე წამი ჩერდებოდნენ ყუთში (5-დან 40 წამამდე), საკვებურთან მისვლამდე ყოვნდებოდნენ რამდენიმე ადგილას და მოძრაობდნენ ძალიან ფრხილად.

მოკლევადიანი მეხსიერების, კერძოდ დასწავლის შესაფასებლად გავაანალიზეთ დასწავლის ეფექტურობა, კერძოდ: სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა, ყუთის დატოვების და დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო (ცხრილი N 1). კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ სარწმუნო განსხვავება საკვლევი ჯგუფებს შორის მხოლოდ მოტორული აქტივობაშია, კერძოდ ყუთის საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველებში შეინიშნება ყუთის დატოვების შემცირებული დრო, რაც იმას ნიშნავს,

რომ ამ ჯგუფის ცხოველები უფრო სწრაფად ტოვებენ ყუთს და ახორციელებენ ძიებით აქტივობას. დანარჩენ პარამეტრებში სტატისტიკურად სანდო ცვლილებები ნანახი ვერ იქნა.

ცხრილი N 1: ორი საკვებურის ტესტში 800 MHz სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას დადებითი გამლიზიანების მიმართ გამომუშავებული მოკლევადიანი მეხსიერების შედეგები მამრ ზრდასრულ ვირთაგვებში:

მოკლევადიანი მეხსიერების ტესტის შედეგები:	საექსპერიმენტო ჯგუფი n=10	საკონტროლო ჯგუფი N=10
სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა n	9.6 ± 1.1	9.8 ± 0.42
ყუთის დატოვების დრო (წმ)*	1.4±0.51	2.1±0.56
დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო (წმ)	5.6±1.49	5.7±1.47

*p value 0.039*

**გრძელვადიანი მეხსიერების კვლევის შედეგები:** დასწავლის დასრულებიდან (120 სერია - შეუღლება) მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს ჩავატარეთ მეხსიერების შესაფასებელი იგივე ტესტები ორივე ჯგუფის ვირთაგვებში.

**მე-5 დღეს ჩატარებული ტესტის შედეგებში,** სადაც მნიშვნელოვან განსხვავებას მეხსიერების მხრივ ადგილი არ ქონდა, რაც გულისხმობს იმას, რომ ორივე ჯგუფის ცხოველები ერთნაერი რაოდენობის შეცდომას უშვებდნენ (20%), მაგრამ განსხვავებული შედეგები მივიღეთ სტიმულის მოქმედების შემდეგ გამჭვირვალე ყუთიდან გამოსვლის დროის შედარებისას, კერძოდ საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები ამ შემთხვევაშიც უფრო სწრაფად ტოვებდნენ ყუთს, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები (2.1±0.87 და 7.5±2.87 წმ. შესაბამისად) , რაც ასევე აისახა

დავალების შესრულების, კერძოდ ყუთის აწევის შემდეგ საკვებურთან მისვლის დროზე, რომელიც საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში უფრო მცირე იყო საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებთან შედარებით. თუმცა, თუ დავალების შესრულების დროდ ჩავთვლით ყუთის დატოვებიდან საკვებურთან მისვლის დროს, აქ დავალების შესრულების დროში სტატისტიკურად სანდო ცვლილებები ნანახი არ იქნა, ანუ ყუთის დატოვების შემდეგ ორივე ჯგუფის ვირთაგვებს მსგავსი დრო სჭირდებოდათ საკვებურთან მისვლამდე.

**მე-10 დღეს ჩატარებული ტესტის დროს** საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვების სწორ საკვებურთან მისვლის ოდენობა აღემატებოდა საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების მიერ სწორ საკვებურთან მისვლის ოდენობებს, ანუ სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება სწორად შესრულებული დავალების სიზუსტეში გამოიხატა, რამაც საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვების შემთხვევაში შეადგინა  $8.1 \pm 0.73$ , ხოლო საკონტროლო ჯგუფი შემთხვევაში  $7.3 \pm 1.05$ -ია ( $P < 0.05$ ).

რაც შეეხება დავალების შესრულების დეტალებს, ამ შემთხვევაშიც საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები უფრო იმპულსურად იქცეოდნენ, სწრაფად ტოვებდნენ ყუთს აწევის შემდეგ ( $2.1 \pm 0.87$  წმ-ში საექსპერიმენტო და  $7.5 \pm 2.87$  წმ-ში საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში) და სწრაფად მიემართებოდნენ საკვებურისკენ, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები ყუთის აწევისას ყოვნდებოდნენ, აღენიშნებოდათ გრუმინგი და ყუთის დატოვების შემდეგ ნელა მიიწევდნენ საკვებურისკენ. საკონტროლო ჯგუფის ზოგიერთი ვირთაგვა ახორციელებდა სტერეოტიპულ მოძრაობას, ანუ ერთი გზით მიემართებოდნენ საკვებურისკენ, მაგალითად თუ მარცხენა საკვებურის თავზე აინთებოდა შუქი, მიემართებოდნენ ჯერ მარჯვენა საკვებურისკენ ისე, რომ არ ყოვნდებოდნენ ამ საკვებურთან, ჩაუვლიდნენ და აგრძელებდნენ გზას სწორი საკვებურისკენ, ხოლო როცა მარჯვენა საკვებურის თავზე აინთებოდა შუქი, მიდიოდნენ მარჯვენა საკვებურისკენ. შესაბამისად, სტიმულის მოქმედებიდან ყუთის დატოვებამდე დრო და ასევე დავალების შესრულების დრო მეტი იყო ( $P < 0.05$ ) საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში, საექსპერიმენტოსთან შედარებით, რამაც შეადგინა  $10.1 \pm 3.44$  წმ. საექსპერიმენტო და  $5.0 \pm 1.05$  წმ. საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში (ცხრილი N2).

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ თუ შუქს ავანთებდით მაშინ, როცა ვირთაგვა ყუთში შუქიდან (სტიმული) ზურგით იმყოფებოდა ანდა ყუთის აწევისას ვირთაგვა საკვებურიდან ზურგით იდგა, ორივე ჯგუფის ვირთაგვა რეაგირებდა ნელა, ანუ ყუთის აწევის შემდეგ მყისიერად არ გამოდიოდა ყუთიდან, რაც იმის მიმანიშნებელია, რომ ყუთის დატოვება სტიმულის ზემოქმედებით ხდებოდა.

**30-ე დღეს ჩატარებული ტესტირების** დროს ორივე ჯგუფი ვირთაგვების გრძელვადიანი მეხსიერება ერთნაერად იყო შემონახული. საექსპერიმენტო და საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებს ახსოვდათ და სწორად ასრულებდნენ დავალებას (სწორად შესრულებულ დავალებათა რაოდენობა 10 ცდიდან იყო  $9.6 \pm 0.69$  და  $9.7 \pm 0.487$  ჯგუფების შესაბამისად). საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები ემგ-ში მოთავსებიდან 30-ე დღეს უკვე ნაკლები იმპულსურობით ხასიათდებოდნენ, ვიდრე მე-5 და მე-10 დღეს. გამჭვირვალე ყუთის აწევის შემდეგ აღნიშნული ჯგუფის ვირთაგვები მყისიერად არ რეაგირებდნენ სტიმულზე, ყუთს სტოვებდნენ გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ, თუმცა შეცდომების მხრივ, ორივე ჯგუფის ვირთაგვები ერთნაერი რაოდენობის შეცდომას უშვებდნენ და დავალების შესრულებაზე დახარჯული დროც მსგავსი იყო ორივე ჯგუფში. საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში შენარჩუნებული იყო სტერეოტიპული მოძრაობა გარკვეული საკვებურის მხარეს (ცხრილი N2).

ცხრილი N2. ორი საკვებურის ტესტში 800 MHz სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას დადებითი გამლიზიანებლის მიმართ გამომუშავებული გრძელვადიანი მეხსიერების შედეგები მამრ ზრდასრულ ვირთაგვებში. წარმოდგენილია დავალების სწორად შესრულებათა რაოდენობა ( $n=10$ ), ტრიგერის მოქმედებიდან რეაქციის დაწყებამდე დრო ე.წ. ყუთის დატოვების დრო და შესრულებული სამუშაოს დრო (შესრულებული სამუშაოს დრო არის დავალების შესასრულებლად საჭირო მთლიანი დროისა და ტრიგერის მოქმედებიდან რეაქციის დაწყებამდე საჭირო დროის სხვაობა). საექსპერიმენტი ჯგუფში კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ზემოქმედების 10 დღიანი კურსის დასრულებიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს, რაც ორივე ჯგუფის შემთხვევაში შეესაბამება დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეებს.

გრძელვადიანი მეხსიერება	საექსპერიმენტო ჯგუფი n=10	საკონტროლო ჯგუფი n=10
-------------------------	---------------------------	-----------------------

დღე 5	სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა	8.2 ± 0.63	8.4 ± 0.69
	ყუთის დატოვების დრო	1.8±0.78	6.2±2.97
	ყუთის დატოვებიდან დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო	5.6±1.42	11.6±3.86
დღე 10	სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა	8.1 ± 0.73	7.3 ± 1.05
	ყუთის დატოვების დრო	2.1±0.87	7.5±2.87
	ყუთის დატოვებიდან დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო	10.1±3.44	5.0±1.05
დღე 30	სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა	9.6±0.69	9.7±0.487
	ყუთის დატოვების დრო	4.7±1.05	4.8±1.47
	ყუთის დატოვებიდან დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო	9.6±0.69	9.7±0.487

### 1.2. 5 - CSRTT ტესტის შედეგები;

5 – CSRTT საშუალებით შევაფასეთ ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ვირთაგვას მოკლევადიან და გრძელვადიან პირობითრეფლექსურ მეხსიერებაზე, ყურადღებაზე, კონცენტრაციაზე და იმპულსურობაზე. ზემოთთქმულიდან გამომდინარე, აღნიშნული ტესტი მიეკუთვნება დადებითი სტიმულით (საკვები) გამოწვეულ ქცევის ცვლილების და მეხსიერების კოდირების შესასწავლ ტესტს.

სტანდარტული პროტოკოლის მიხედვით, 5 – CSRTT ტესტი მოიაზრებს დასწავლის პერიოდზე დაკვირვებასაც. იმისათვის, რომ შეგვესწავლა, თუ რა გავლენას ახდენს ელექტრომაგნიტური ველი მეხსიერების სხვადასხვა კომპონენტზე, მათ შორის მოკლევადიან მეხსიერებაზეც, მეხსიერების კოდირებზე, პირობითი რეფლექსის ჩამოყალიბებაზე, რაც დასწავლის შეფასებით არის შესაძლებელი.

აღნიშნული ტესტისთვის საკვლევი ჯგუფის ვირთაგვებში დასწავლა დავიწყეთ ერთდროულად: საექსპერიმენტო ჯგუფში ელექტრომაგნიტურ ველში მოთავსებიდან

მე-5, ასევე სატესტო (ჯგუფში ელექტრომაგნიტური ველის გარეთ მოთავსებული ვირთაგვების ჯგუფი) ჯგუფშიც იმავე დღეს. ორივე ჯგუფის ვირთაგვებში დასწავლის კრიტერიუმად ჩაითვალა 10 ცდიდან სწორად შესრულებულ დავალებათა 80%, ანუ მინიმუმ 8 ცდა.

რადგან დასწავლის ეფექტურობა განსხვავებული იყო ჯგუფების შემთხვევაში, გრძელვადიანი მეხსიერების შესასწავლად ტესტი ჩატარდა დასწავლის კრიტერიუმის მიღწევიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

შედეგებში წარმოდგენილია მოკლევადიანი მეხსიერების ჩამოყალიბების დრო ანუ კოდირება - დასწავლა, რაც როგორც აღვნიშნეთ ნიშნავს იმას, რომ საცდელმა ცხოველმა მინიმუმ 80%-ის სიზუსტით შეასრულა დავალება (ცხრილი N 3).

რაც შეეხება გრძელვადიან მეხსიერებას, ისიც შეფასდა ტესტის ჩატარების სიზუსტის მიხედვით და წარმოდგენილია სწორად შესრულებულ დავალებების რაოდენობა ორივე ჯგუფში, ანუ როცა ვირთაგვა ანთებული ნათურის ქვემოთ მდებარე ხვრელში ყოფდა ცხვირს და ბრუნდებოდა საკვებურისკენ საკვების მისაღებად.

დაშვებულ შეცდომათა რაოდენობა გულიხსნობს ნათურის ანთებისას პირდაპირ საკვებურთან მისვლას, სხვა ნათურის ქვეშ არსებულ ხვრელში ცხვირის შეყოფას და ჯამში ყველა იმ შეცდომას, რასაც ადგილი ჰქონდა დავალების არასწორად შესრულებისას.

ემგ-ს მოქმედებისას დადებით გამლიზიანებელთან დაკავშირებული პირობითრეფლექსური მეხსიერების კოდირების პროცესებზე გავლენის შესასწავლად, გავანალიზეთ დასწავლის კრიტერიუმის მისაღწევად საჭირო ცდების რაოდენობა. კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ დასაწავლად, ანუ პირობითი რეფლექსის ჩამოსაყალიბებლად საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებს სჭირდებოდა ნაკლები ცდა (სესია, შეუღლება), ვიდრე ემგ-ს ქვეშ მყოფი ჯგუფის ცხოველებს ( $92.9 \pm 2.084$  და  $101.8 \pm 2.764$ , შესაბამისად.  $n=10$ ;  $p < 0.05$ ).

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე ჩანს, რომ 5 – CSRTT ჩატარების მე-5 დღეს საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში შეინიშნება მეხსიერების ოდნავი დაქვეითება, რაც გამოიხატება არასწორად შესრულებული დავალებების მეტი რაოდენობით

საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებთან შედარებით. საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები დავალების შესრულებისას უშვებდნენ სხვადასხვა სახის შეცდომას: მიდიოდნენ არასწორ საკვებურთან, ცხვირს ყოფდნენ ხვრელში შუქის ანთების გარეშე, ხშირად ცხვირს ყოფდნენ ცარიელ საკვებურში, მაშინ როცა აღნიშნულ შეცდომებს უფრო ნაკლებად უშვებდნენ საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები. მე-10 დღეს ჩატარებული ტესტის შედეგების მიხედვითაც საგრძნობი განსხვავებაა საექსპერიმენტო და საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების შეცდომების რაოდენობის მხრივ, სადაც საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები მეტ შეცდომას უშვებდნენ როგორც ტესტირების მე-5 დღეს, ასევე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებთან შედარებით.

რაც შეეხება 30-ე დღეს ჩატარებულ 5 – CSRTT შედეგებს, პირსონის კორელაციის კოეფიციენტის გამოთვლის შედეგად ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებასა და 30-ე დღეს მეხსიერების შემონახვას შორის კავშირი ნანახი არ იქნა ( $r=0.11$ ;  $p=0.22$ ).

ამ შემთხვევაში საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები იმავე რაოდენობის შეცდომას უშვებდნენ, რასაც საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები. საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების მიერ დაშვებული შეცდომები თითქმის იგივე რაოდენობის იყო წინა პერიოდში ჩატარებული ტესტთან შედარებით.

ცხრილი N 3. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მეხსიერების ჩამოყალიბებაზე. დასწავლა საექსპერიმენტო ჯგუფის შემთხვევაში დაწყებულია ემვ-ში მოთავსებიდან მე-5 დღეს. წარმოდგენილია დასწავლის დაწყებიდან დასწავლის კრიტერიუმის მიღწევის პერიოდი, ანუ დღეების რაოდენობა, როცა საცდელმა ცხოველმა 10 ცდიდან 80%-ის სიზუსტით შეასრულა დავალება, გრძელვადიანი მეხსიერებისას სწორად შესრულებულ დავალებათა რიცხვი და შეცდომების რაოდენობა დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

		საექსპერიმენტო ჯგუფი (n=10)	საკონტროლო ჯგუფი (n=10)
--	--	--------------------------------	----------------------------

მოკლევადიანი მეხსიერება	დასწავლისთვის საჭირო ცდები რაოდენობა (n)	92·9 ± 2·084	101·8 ± 2·764
	დასწავლის დღე	8.1 ± 0.43	4.2±1.17
გრძელვადიანი მეხსიერება	უშეცდომო ცდების რაოდენობა დღე 5 (n)	7.14 ± 1.66	9.6 ± 0.69
	უშეცდომო ცდების რაოდენობა დღე 10 (n)	5.6 ± 1.89	7.4 ± 1.07
	უშეცდომო ცდების რაოდენობა დღე 30 (n)	7.2 ± 1.13	7.3 ± 1.25

ქცევის მხრივ აღსანიშნავია, რომ საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში 30-ე დღეს ჩატარებული 5 – CSRTT დროს, პირველ ცდაზე შუქის ანთების დროს ვირთაგვების 20% რეაგირებდა სტიმულზე, იწყებდა აქტიურ მოძრაობას, ბრუნდებოდა საკვებურისკენ, ყნოსავდა სხვადასხვა ნათურას და მხოლოდ რამდენიმე წამის შემდეგ იწყებდა რეაგირებას.

**ყურადღებისა და კონცენტრაციის** მხრივ მნიშვნელოვანი განსხვავება მივიღეთ საექსპერიმენტო და საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში ჩატარებული 5 – CSRTT დროს ტესტირების მე-5 და მე-10 დღეს.

საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები შუქის ანთების შემდეგ ხშირად არასწორ ხვრელში ყოფდნენ ცხვირს და ბრუნდებოდნენ საკვებურისკენ, ხოლო საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები უფრო ნაკლებად უშვებდნენ აღნიშნულ შეცდომას. საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებისთვის, საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებისგან განსხვავებით უფრო მეტად იყო დამახასიათებელი არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფის შემდეგ სხვა არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფა. ადგილი ქონდა ასევე სწორ ხვრელში შეყოფის შემდეგ არა საკვებურისკენ მობრუნებას, არამედ სხვა ხვრელში



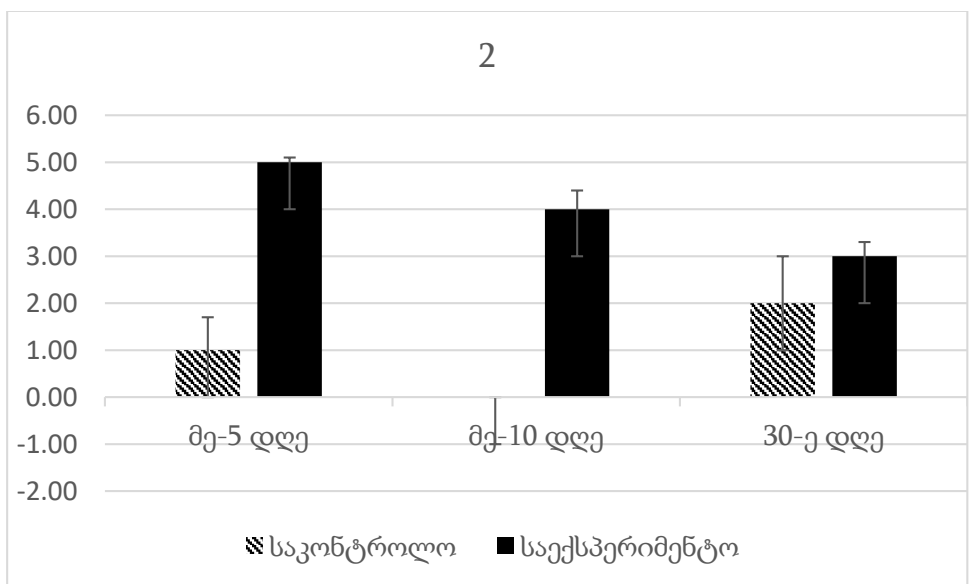
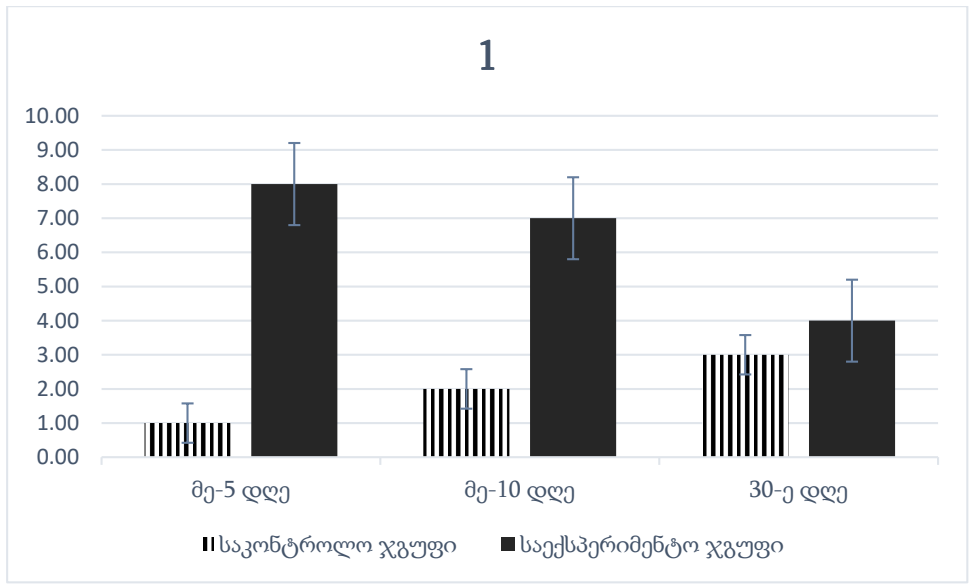
ცხვირის შეყოფას. ამის შემდეგ საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვა გარკვეული დროით ყოვნდებოდა და შემდეგ მიემართებოდა სწორ ხვრელისკენ. საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები კი სტიმულის მიღების შემდეგ უფრო იშვიათად ყოვნდებოდნენ.

მე-10 დღეს ჩატარებული 5 – CSRTT დროს საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები სტიმულზე მყისიერად რეაგირებდნენ, რაც გამოიხატებოდა სტიმულის მიღებისთანავე სწორ ან არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფით, მაშინ როცა მე-30 დღეს ვირთაგვები ნაკლებ შეცდომას უშვებდნენ, ვიდრე წინა პერიოდში ( $P<0.05$ ), ხოლო საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში წინა პერიოდში ჩატარებულ 5 – CSRTT შედეგებით მონაცემები არ შეცვლილა.

დიაგრამა N 1. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე 5 – CSRTT დროს. ყურადღებისა და კონცენტრაციის შესაფასებლად ვითვლიდით შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფის და ამ დავალების შესრულებისას დაშვებული შეცდომების რაოდენობას. შეცდომად ითვლებოდა შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფა. წარმოდგენილია სწორად და არასწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა დასწავლის, დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.  $n=10$ .

1-შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელთან მისვლა და შემდეგ საკვებურთან მისვლის რაოდენობა

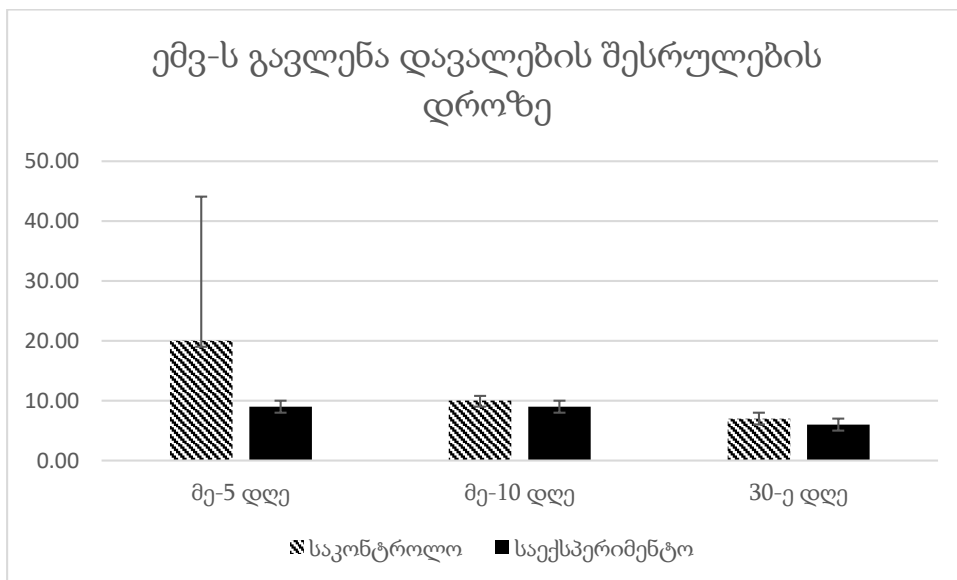
2-შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელთან მისვლა და შემდეგ არასწორ ხვრელთან მისვლის შემდეგ საკვებურთან დაბრუნების რაოდენობა



5 – CSRTT დავალების შესრულებაზე დახარჯული დროის მიხედვით საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებს მე-5 დღეს შედარებით მეტი დრო დასჭირდათ, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებს ( $20.1 \pm 24.1$  და  $9.2 \pm 0.8$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 10$ ). საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები ხშირად დაშვებული შეცდომის გამო ანდომებდნენ დავალების შესრულებას უფრო მეტ დროს. მონაცემები ოდნავ შეიცვალა მე-10 და 30-ე დღეს ჩატარებული ტესტის დროს საექსპერიმენტო ჯგუფის

ვირთაგვებში. საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში დავალების სწორად შესრულებაზე დახარჯული დრო მხოლოდ 30-ე დღეს ჩამორჩებოდა მე-5 და მე-10 დღეს მიღებულ შედეგებს და  $9.2 \pm 0.8$ -დან შემცირდა  $9.14 \pm 0.9$ -მდე მე-10 დღეს და  $5.8 \pm 1.3$  - მდე კვლევის 30-ე დღეს.

დიაგრამა N 2. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა დავალების შესრულების დროზე 5 – CSRTT დროს. ყურადღებისა და კონცენტრაციის შესაფასებლად ვითვლიდით სტიმულიდან დავალების სწორად შესრულებამდე დახარჯულ დროს (წმ) დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.



ელექტრომაგნიტური ველის ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე გავლენის მიზნით, დავითვალეთ ხვრელის თავზე შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელან მისვლის რაოდენობა როგორც საექსპერიმენტო, ასევე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში (ცხრილი N 4). სწორ პასუხად ჩავთვალეთ ანთებული შუქის ქცეშ მდებარე საკვებურში ცხვირის შეყოფა, ანუ თუ ვირთაგვა შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელთან მივიდოდა, ჩათვლილი გვაქვს შეცდომად. აღნიშნული შედეგები მსგავსია დიაგრამა N1-ში მოყვანილი მონაცემებისა, თუმცა ამ დიაგრამისგან გასხვავებით, წარმოდგენილი შემთხვევები მოიცავს ასევე შუქის ანთების გარეშე ხვრელში ცხვირის შეყოფის შემთხვევებსაც და შემთხვევებს, როცა დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო ლიმიტირებულია 5 წამამდე, რაც ნიშნავს, რომ თუ

ვირთაგვა 5 წმ-ზე მეტ ხანს მოანდომებდა დავალების სწორად შესრულებას, ჩათვლილი იყო შეცდომად. ამ დავალების შესასრულებლად საჭიროა ყურადღების და კონცენტრაციის მობილიზება, რომ ცხოველმა სწორად და რაც მთავარია ზუსტად შეასრულოს დავალება. თუ შუქის ანთებამდე ან ანთების შემდეგ პირველივე ცდაზე ვირთაგვა დაუშვებდა შეცდომას, გავითვალისწინეთ აღნიშნულ მონაცემებში და ჩავთვალეთ შეცდომად.

ცხრილი N 4. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე 5 – CSRTT დროს. ყურადღებისა და კონცენტრაციის შესაფასებლად ვითვლიდით შუქის ანთების შემდეგ სწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფის და ამ დავალების შესრულებისას დაშვებული შეცდომების რაოდენობას. შეცდომად ითვლებოდა შუქის ანთების შემდეგ არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფა. წარმოდგენილია სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა დასწავლიდა მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.

5 –CSRTT-ის შედეგები	საექსპერიმენტო ჯგუფი	საკონტროლო ჯგუფი
უშეცდომო ცდების რაოდენობა დღე 5	7.0 ± 1.3	9.11 ± 1.5
უშეცდომო ცდების რაოდენობა დღე 10	5.4 ± 1.6	7.24 ± 0.04
უშეცდომო ცდების რაოდენობა დღე 30	7.1 ± 0.3	7.4 ± 2.1

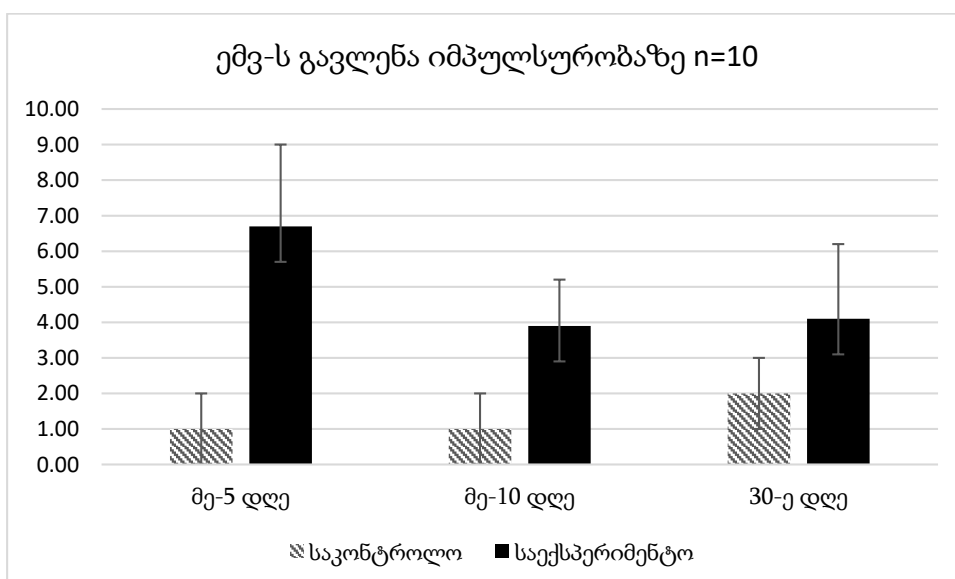
კვლევის შედეგებიდან ჩანს და რომ სტატისტიკური ანალიზით სარწმუნო სხვაობა ( $P < 0.05$ ) იქნა მიღებული საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებისა და საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვების შემთხვევაში.

5 – CSRTT-ის შედეგებში, კერძოდ ამ ტესტის დავალების უშეცდომოდ შესრულების პარამეტრში ტესტირებიდან მე-5 დღეს, სადაც მონაცემები იყო  $7.0 \pm 1.3$  და  $9.11 \pm 1.5$ ,  $P < 0.05$ , შესაბამისად. შემდეგ დღეებში მონაცემებში განსხვავება მცირდება და კვლევის

30-ე დღეს, სტატისტიკურად განსხვავებული მონაცემი უკვე ნანახი ვერ იქნა: საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები უშვებდნენ  $7.1 \pm 0.3$  და საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები  $7.4 \pm 2.1$  შეცდომას.

კონცენტრაციის და იმპულსურობის შესწავლის მიზნით 5 – CSRTT მონაცემების დათვლისას გავითვალისწინეთ შუქის ანთების გარეშე ვირთაგვას მიერ ნებისმიერ ხვრელში ანდა საკვებურში ცხვირის შეყოფის რაოდენობა. აღნიშნული მონაცემები განსხვავებულია საკონტროლო და საექსპერიმენტო ცხოველების მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს ჩატარებული 5 – CSRTT დროს. საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები მეტი იმპულსურობითა და ნაკლები კონცენტრაციით გამოირჩევიან, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები. დასწავლიდან მე-5 დღეს საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები მეტად იმპულსურად იქცეოდნენ, ვიდრე 30-ე დღეს ჩატარებული 5 – CSRTT დროს. მაქსიმალური იმპულსურობითა და ნაკლები ყურადღებით საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები მე-5 დღეს გამოირჩეოდნენ ( $6.7 \pm 2.3$ ), მე-10 და 30-ე დღეს ჩატარებული ტესტის დროს ამ ჯგუფის ცხოველების იმპულსურობამ ოდნავ იკლო და შესაბამისად  $3.9 \pm 1.3$  და  $4.1 \pm 2.1$  გახდა.

დიაგრამა N 3. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა იმპულსურობასა და ყურადღებაზე 5 – CSRTT დროს. იმპულსურობისა და ყურადღების შესაფასებლად ვითვლიდით შუქის ანთების გარეშე ვირთაგვას მიერ საკვებურში ანდა ხვრელში ცხვირის შეყოფის რაოდენობას. წარმოდგენილია არასწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს.



ცხოველებზე ელექტრომაგნიტური სტრესის გავლენის შესასწავლად შევაფასეთ მოტორული აქტივობა 5 – CSRTT დროს. ჩაწერილ მონაცემებში შევაფასეთ მოტორული აქტიურობის სტატუსი, კერძოდ დავთვალეთ ტესტირების დროს გრუმინგის, ორ თათზე დადგომის და თავის აწევის რაოდენობა.

მიღებული შედეგები წარმოდგენილი ცხრილი N 5-ის სახით, სადაც პირსონის კორელაციის კოეფიციენტის გამოთვლის საფუძველზე ჩანს, რომ ელექტრომაგნიტური ველის გავლენით გააქტიურებულია მოტორული აქტივობა და ეს განსაკუთრებით დასწავლიდან მე-5 დღეს ჩატარებული ტესტის შედეგებში ჩანს კერძოდ გრუმინგისა და თავის აწევების რიცხვი საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვების შემთხვევაში რაოდენობრივად სტატისტიკურად სარწმუნო რაოდენობით აღემატება საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებს, შესაბამისად თუ საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში, გრუმინგის რაოდენობა  $3.7 \pm 1.33$ -ია, საექსპერიმენტო ჯგუფის შემთხვევაში  $5.1 \pm 0.73$ -ზე აღის, ხოლო თავის აწევების რიცხვიც მნიშვნელოვნად აღემატება საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველებში:  $16 \pm 1.33$  და  $9.1 \pm 1.10$  შესაბამისად.

თავის აწევების მნიშვნელოვანი მეტობა ნარჩუნდება დასწავლიდან მე-10 და 30-ე დღესაც და შეადგენს  $15.2 \pm 1.47$  და  $8.4 \pm 2.11$  საექსპერიმენტო ჯგუფში, ხოლო საკონტროლოში ცვლილებები არ შეინიშნება და შეადგენს  $7.4 \pm 1.07$  და  $6.9 \pm 1.59$ , დასწავლიდან მე-10 და 30-ე დღეს.

ცხრილი N 5: ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა 5 – CSRTT დავალების სწორად შესრულების ვირთაგვას მოტორული აქტიურობის სტატუსზე. ტესტირების შედეგები დასწავლიდან მე-5, მე-10 და 30-ე დღეს. მოტორული აქტიურობის სტატუსის შესაფასებლად დავითვალეთ გრუმინგი, ორ თათზე ადგომისა და თავის აწევის რაოდენობა.

n=10		საკონტროლო ჯგუფი	საექსპერიმენტო ჯგუფი	*p<0.05
დღე 5	გრუმინგი n*	$3.7 \pm 1.33$	$5.1 \pm 0.73$	
	ფეხზე ადგომა n	$6.6 \pm 2.7$	$7.1 \pm 1.66$	

	თავის აწევა n*	9.1± 1.10	16± 1.33	*p<0.05
დღე 10	გრუმინგი n	3.1± 1.19	2.6± 0.69	
	ფეხზე ადგომა n	6.9± 1.28	6.5± 2.54	
	თავის აწევა n*	7.4± 1.07	15.2± 1.47	*p<0.05
დღე 30	გრუმინგი n	2.9± 0.99	2.8± 1.03	
	ფეხზე ადგომა n	7.3± 1.25	7.2± 1.13	
	თავის აწევა n*	6.9± 1.59	8.4± 2.11	*p<0.05

## 2. უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული მეხსიერების ცვლილებები ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების დროს - პასიური განრიდების ტესტის შედეგები:

პასიური განრიდების ტესტი საშუალებას გვამლევს შევამოწმოთ როგორც პირობითი რეფლექსის ჩამოყალიბების და მეხსიერების კოდირების ცვლილებები, ასევე ეს ტესტი წარმოადგენს ფსიქო-ემოციური სახის მეხსიერების შესასწავლ ტესტს. აღნიშნულ მეხსიერებას საფუძვლად უდევს საარსებო ბუნებრივ გარემოსთან დაკავშირებული მეხსიერების დადებითი ემოციის ჩანაცვლება უარყოფითით.

საექსპერიმენტო ჯგუფში ტესტი ჩატარდა ემვ-ს მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის მომდევნო დღეს.

ჩვენი კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ პასიური სტიმულის ტესტის განხორციელებიდან 20 წუთის შემდეგ ტესტის ხელახალი გამეორებისას, ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების ქვეშ მყოფი საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველების დიდი ნაწილი მაინც შედის კამერის ბნელ ნაწილში, მიუხედავად იმისა, რომ 20 წუთის წინ ამ ნაწილში მიიღეს მტკივნეული გაღიზიანება, მაშინ როცა სატესტო ჯგუფის ცხოველები თავს არიდებენ კამერის ბნელ ნაწილში გადასვლას (ცხრილი N 6).

ცხრილი N 6. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა პასიური განრიდების პირობითი რეფლექსის ჩამოყალიბებაზე და შენახვაზე: მოკლე და გრძელვადიანი

მეხსიერება. საცდელი ცხოველების რაოდენობა ჯგუფში 10, ტესტი გრძელდება 60 წმ-ის მანძილზე.

n=10		საკონტროლო ჯგუფი	საექსპერიმენტო ჯგუფი
20 წუთის შემდეგ	შესვლის რაოდენობა n	0.2± 0.42	0.6± 0.51
	შესვლის დრო წმ.	45.4± 17.4	12.8± 7.62
მე-5დღე	შესვლის რაოდენობა n	0.3± 0.48	0.6± 0.4
	შესვლის დრო წმ.	39.5± 14.19	11.5± 6.31
მე-20 დღე	შესვლის რაოდენობა n	2.9± 0.99	0.4± 0.51
	შესვლის დრო წმ.	30.4± 9.89	10.2± 5.26

ქცევის კუთხით ეს სურათი ასე გამოიყურება: საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვა, მტკივნეული გამღიზიანებლის მიღებიდან 20 წუთში, ერისმანის ყუთის ნათელ ნაწილში მოთავსებისთანავე შედის კამერის ბნელ ნაწილში, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფის ცხოველი თითქოს ყოყმანობს, ყოფს თავს, ჩერდება და მხოლოდ იშვიათ შემთხვევაში შედის კამერის ბნელ ნაწილში ბოლომდე.

განმეორებითი მტკივნეული გამღიზიანებლის მიღება ხდება კამერაში შესვლიდან 3 წამის შემდეგ. ტკივილის პირველი მიღებიდან 20 წუთის შემდეგ ჩატარებული ტესტის დროს, საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები ტკივილის მეორე მიღებამდე, ანუ კამერის ბნელ ნაწილში შესვლიდან 3 წამის შუალედში ისევ უკან გამოდიან კამერის ნათელ ნაწილში.

ემგ-ში მყოფი ვირთაგვების ჯგუფში, პასიური განრიდების ტესტიდან მე-5 დღეს, ვირთაგვების ნაწილი არ შედის კამერის ბნელ ნაწილში, ხოლო ნაწილი შედის და



მაღვე გამოდის უკან. 30-ე დღეს კი განსხვავება საექსპერიმენტო და საკონტროლო ჯგუფებს შორის ნანახი ვერ იქნა.

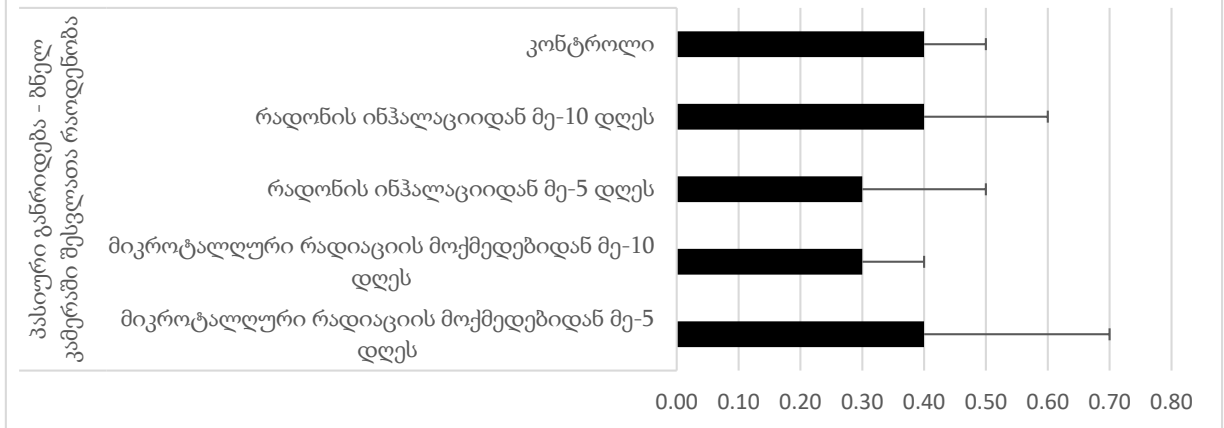
**3. მეხსიერების, ყურადღებისა და კონცენტრაციის ცვლილებები მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისა და რადონის ინჰალაციის დროს:**

დადებით და უარყოფით სტიმულთან დაკავშირებული მეხსიერების ცვლილებებზე მიკროტალღური რადიაციის გავლენის შესასწავლად მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან 5 და 10 დღის შემდეგ, ხოლო რადონის ინჰალაციის გავლენის შესასწავლად ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს დავიწყეთ დასწავლა. დასწავლის კრიტერიუმად ჩათვალა ცდების 80%-ის სწორად შესრულება. ტექტი ჩატარდა დასწავლის კრიტერიუმის მიღწევის მომდევნო დღეს.

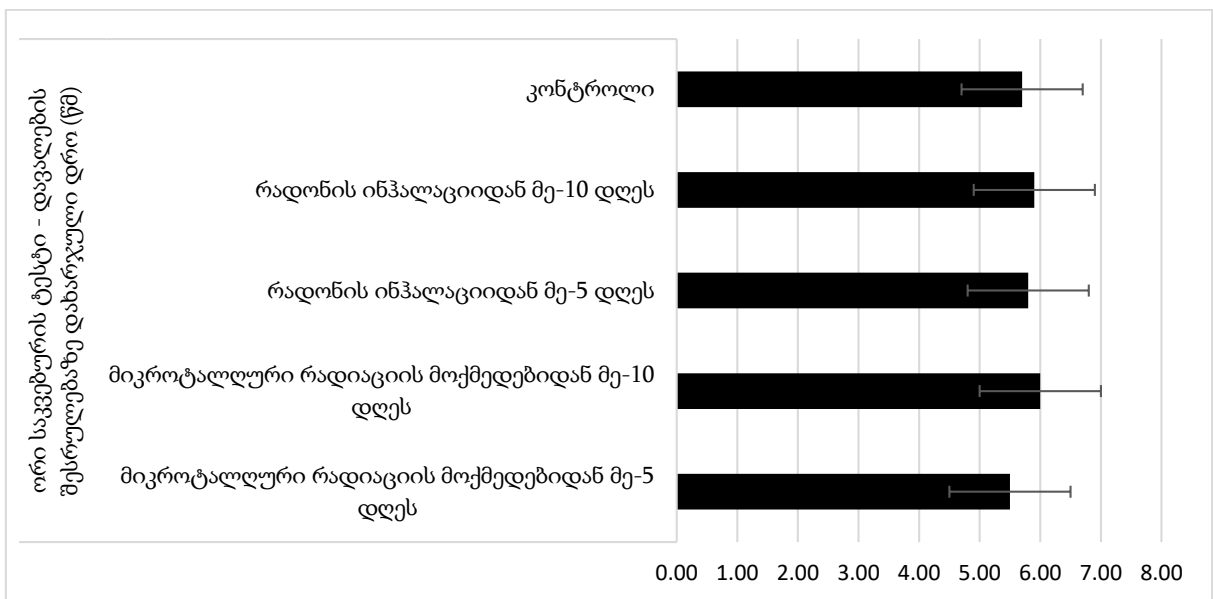
კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ მოკლე ან გრძელვადიან მეხსიერებაზე არც მიკროტალღურ და არც რადონის მცირე დოზებს სტატისტიკურად საწმუნო გავლენა არ მოუხდენია (დიაგრამა 4, 5, 6)

დიაგრამა N4 – ნაჩვენებია მოკლე და გრძელვადიანი მეხსიერების ტექსტის შედეგები: რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს პასიური განრიდების ტესტში -კამერის ბნელ ნაწილში შესვლათა რაოდენობა

### A -პასიური განრიდება - ბნელ კამერაში შესვლათა რაოდენობა

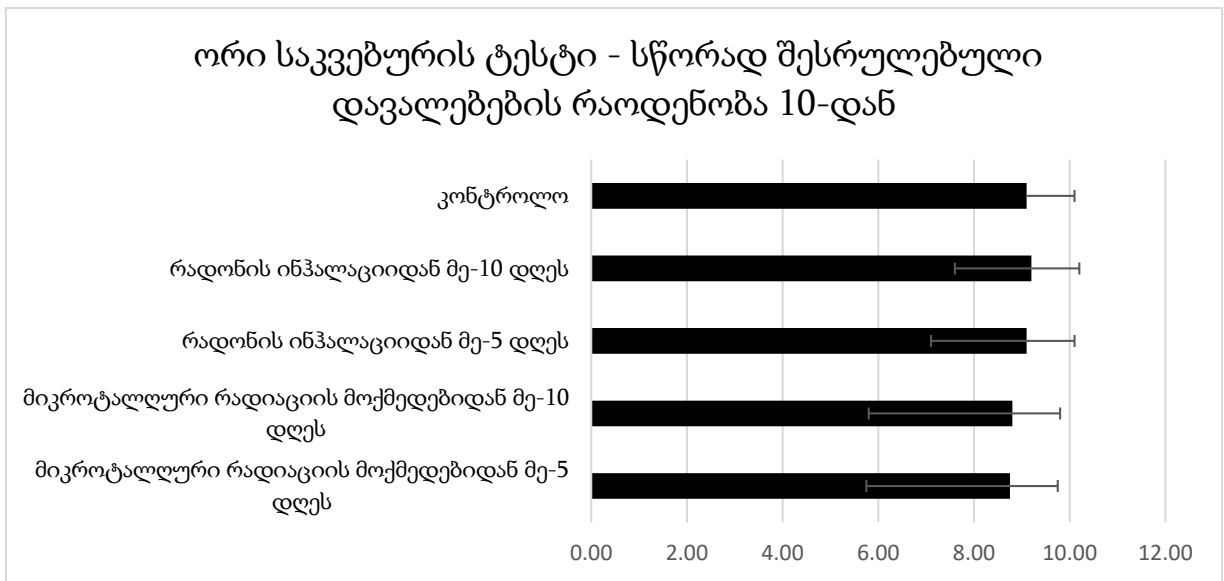


დიაგრამა N 5 – ნაჩვენებია მოკლე და გრძელვადიანი მეხსიერების ტექსტის შედეგები დადებით სტიმულთან დაკავშირებული ორი საკვებურის ტექსტში დავალების შესრულებაზე დახარჯული დრო, რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.

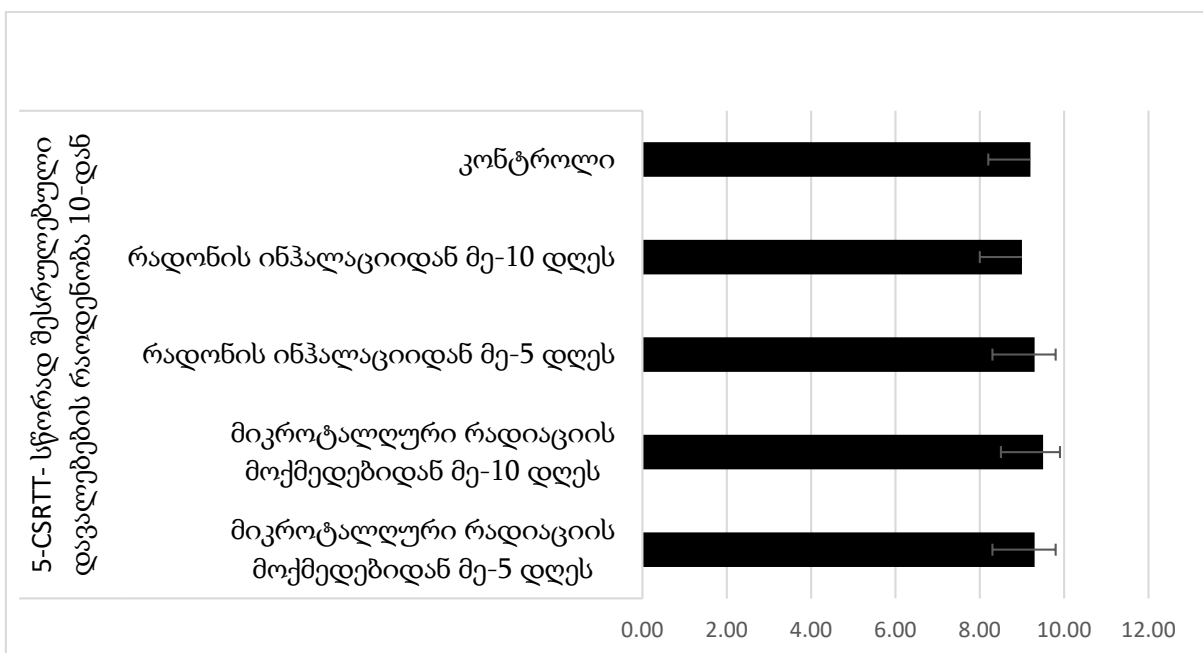


დიაგრამა N6 – ნაჩვენებია მოკლე და გრძელვადიანი მეხსიერების ტექსტის შედეგები დადებით სტიმულთან დაკავშირებული ორი საკვებურის ტექსტში სწორად შესრულებულ დავალებათ რაოდენობა, რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს

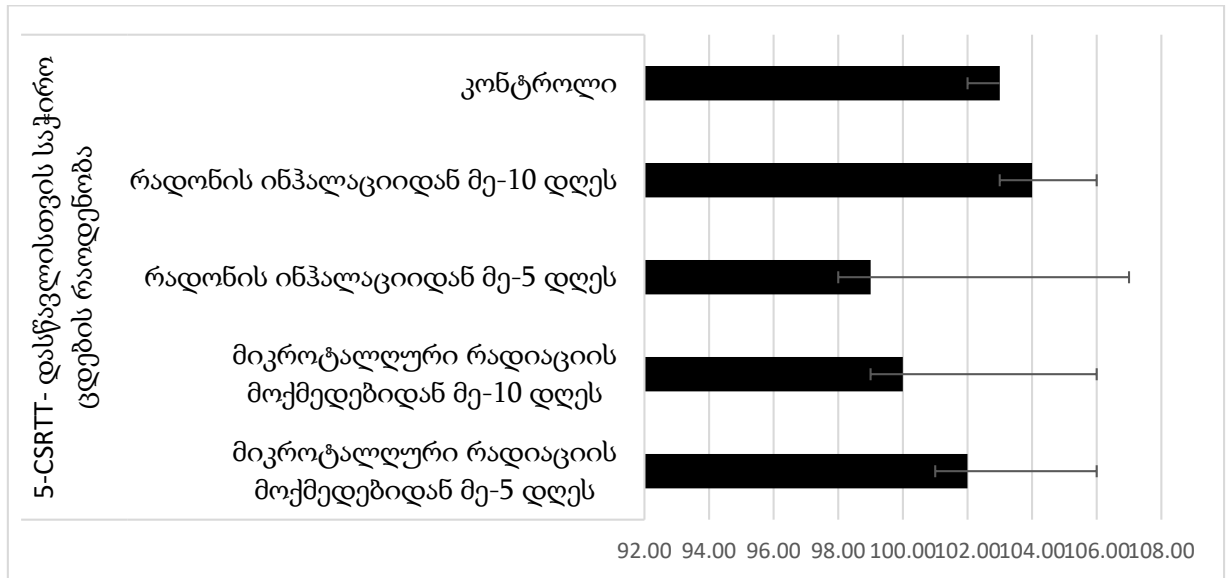
და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.



დიაგრამა N7 – ნაჩვენებია ყურადღების და კონცენტრაციის შესაფასებელ 5-CSRTT-ში სწორად შესრულებული დავალებების რაოდენობა რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.



დიაგრამა 8 – დასწავლისთვის საჭირო დრო 5-CSRTT-ში რადონის ინჰალაციიდან მე-5 და მე-10 დღეს და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან (10 დღიანი მოქმედება) მე-5 და მე-10 დღეს.



იგივე შედეგები იქნა მიღებული ყურადღების და კონცენტრაციის შეფასებისას (დიაგრამა 4-D, E), სადაც ჩვენი კვლევის შედეგებში

#### 4. ქცევის ცვლილებები ღია ველში არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას:

არამაიონიზირებელი რადიაციის ქცევაზე და ემოციურობაზე გავლენის მიზნით ღია ველის ტესტის ჩავატარეთ ელექტრომაგნიტური ველის და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ქვეშ მყოფ საცდელ ცხოველებზე.

ქცევის აღნიშნული ტესტები ჩატარდა არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის დასრულების მომდევნო დღეს. აღნიშნული ტესტით შევაფასეთ საკვლევი ცხოველების ლოკომოტორული აქტივობა, შფოთვის და ემოციურობის დონე, თავისუფალი კვლევითი აქტივობა - ახალი ობიექტისადმი სწრაფვა.

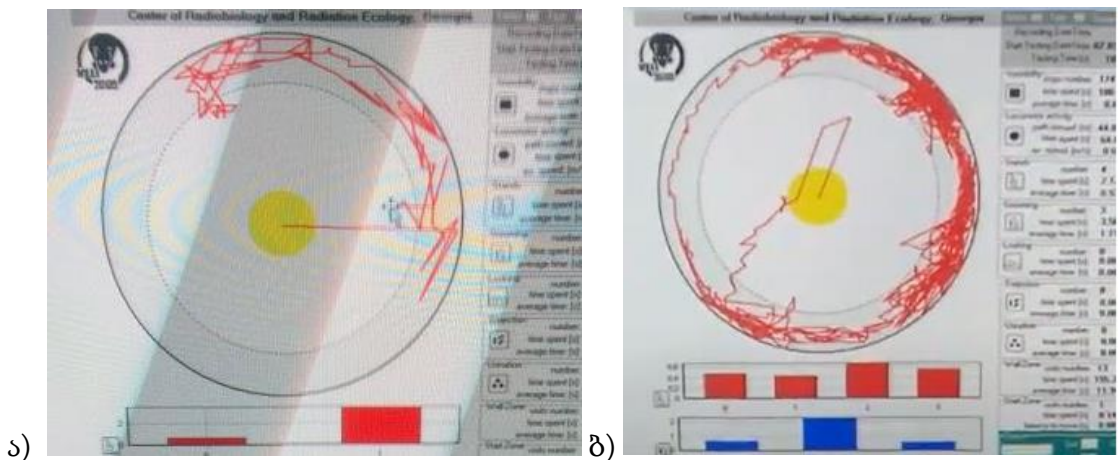
#### 4.1. ლოკომოტორული აქტივობა:

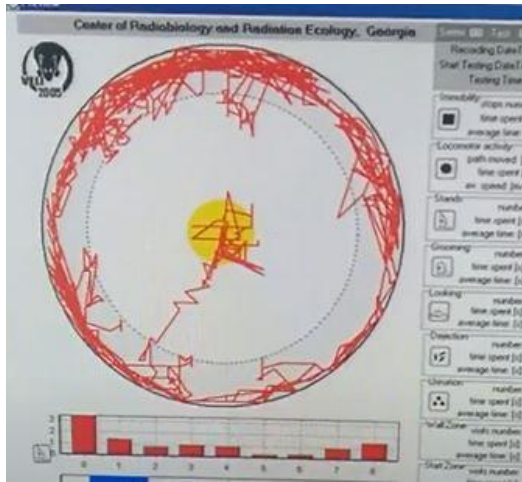
ლოკომოტორული აქტივობის შესაფასებლად გავანალიზეთ ღია ველში მოთავსებიდან 180 წამში გავლილი მანძილი როგორც ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების, ასევე მიკროტალღური რადიაციის ზემოქმედების ქვეშ მყოფ ჯგუფში და საკონტროლო ჯგუფში.

კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ ემვ-ში მყოფი ჯგუფის ვირთაგვები საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით მეტ მანძილს გადიოდნენ ან პირიქით, ახასიათებდათ იმობილიზაცია, შესაბამისად სტატისტიკურად სანდო მაჩვენებლის მისაღებად, ასევე სტანდარტული გადახრის თუ სხვა სტატისტიკური მონაცემების დასამუშავებლად აღნიშნული ჯგუფი (ემვ) გაყეთ პირობითად ორად.

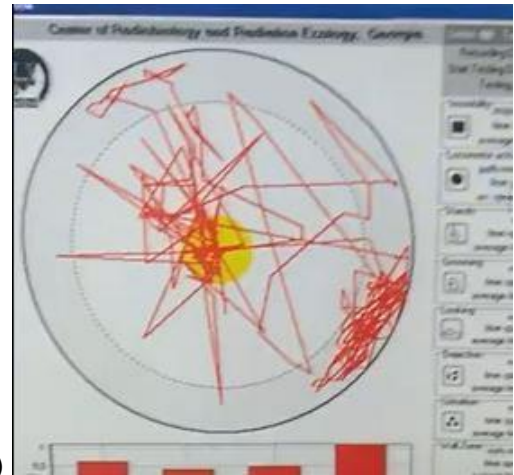
შედარებისთვის წარმოდგენილი სურათი N 4, სადაც ნაჩვენებია ღია ველის ტესტში იმობილიზაციის და ჰიპერაქტიულობის მაგალითი. ანუ ემვ-ში მოთავსებული ვირთაგვების ერთი ჯგუფი საშუალოდ მეტ მანძილს გადიოდა საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, ხოლო მეორე ნაწილი ნაკლებ მანძილს, მაგრამ მიუხედავად საშუალოდ გავლილ მანძილებს შორის განსხვავებისა, იგი პირსონის კორელაციის მიხედვით სტატისტიკურად სანდოდ არ იქნა მიჩნეული.

სურათი N 4. არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედება ლოკომოტორულ აქტივობაზე. წარმოდგენილია ემვ-ში მოთავსებიდან 10 დღიანი პერიოდის შემდგომი შედეგი, კერძოდ ა) იმობილიზაციის მაგალითი ემვ-ს მოქმედებისას, ბ) ჰიპერაქტიული მოძრაობა ემვ-ს მოქმედებისას გ) ჰიპერაქტიულობა მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისას და დ) საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების მოძრაობა ღია ველში





გ)



დ)

რაც შეეხება მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მყოფ ცხოველებს, შედეგებში ჩანს, რომ ამ შემთხვევაში ისინი მეტ მანძილს გადიოდნენ, ვიდრე ელექტრომაგნიტურ ჯგუფში ან საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები, თუმცა ამ შემთხვევაშიც დეტალური ანალიზით, შედეგები სტატისტიკურად სანდოდ არ იქნა მიჩნეული ( $P=0.07$ ).

#### 4.2. შფოთვის დონის შედეგები ღია ველის ტესტში:

არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას შფოთვის დონის დასადგენად ღია ველის ტესტში შევისწავლეთ ცენტრალურ კვადრატში შესვლების რაოდენობა, ასევე ცენტრალურ და პერიფერიულ კვადრატებში გატარებული დრო და იმობილიზაციის ხანგრძლივობა როგორც ემვ-ში, ასევე მიკროტალღური რადიაციის საექსპერიმენტო ჯგუფში.

კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ ცენტრალურ კვადრატებში თავისუფლად შედიან საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები, ვიდრე ემვ-ს მოქმედების ჯგუფისა ( $4.88 \pm 1.36$  და  $2.11 \pm 2.62$  შესვლა შესაბამისად,  $P < 0.05$ ) და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფის ცხოველები, რომლებიც მიუხედავად გავლილი მანძილის სიდიდისა, ერიდებიან ღია ველის მანუქის ცენტრალურ ნაწილში შესვლას.

რაც შეეხება ცენტრალურ კვადრატებში გატარებულ დროს, ცენტრალური კვადრატების კვეთის რაოდენობის სიდიდის პარალელურად, საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები უფრო მეტ დროს ატარებენ ცენტრში ( $33 \pm 8.9$  წმ), ვიდრე საექსპერიმენტო ემვ-სა ( $8.44 \pm 8.323$ ) და მიკროტალღური ჯგუფის ვირთაგვები ( $17.76 \pm 7.19$ ) ( $P < 0.05$ ).

იმობილიზაციის მხრივაც, როგორც ლოკომოტორული აქტივობის შეფასებისასაც ჩანს, ამ შემთხვევაშიც ემგ-ში მოთავსებული ჯგუფის ვირთაგვები გაცილებით მეტი დროით იყვნენ იმობილიზირებულნი, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები ( $P<0.05$ )  $23\pm 15.91$  და  $5.56\pm 2.5$  წამი შესაბამისად.

ცხრილი N 7. არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ღია ველის ტესტში ცენტრალურ კვადრატში შესვლების რაოდენობა, ასევე ცენტრალურ კვადრატებში გატარებული დრო და იმობილიზაციის ხანგრძლივობა. საკვლევი ცხოველების რაოდენობა  $n=10$  თითო ჯგუფში, ტესტის ჩატარების ხანგრძლივობა 180 წმ. ტესტი ჩატარებულია ემგ-ში და მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფში რადიაციის 10 დღიანი ექსპოზიის მომდევნო დღეს.

N=10	ცენტრალურ კვადრატებში შესვლები (n)	ცენტრალურ კვადრატებში გატარებული დრო (წმ)	იმობილიზაციის ხანგრძლივობა (წმ)
ემგ-ს მოქმედების ჯგუფი	$2.11\pm 2.62$	$8.44\pm 8.323$	$23\pm 15.91$
მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფი	$3.22 \pm 1.56$	$17.76\pm 7.19$	$1.77\pm 1.85$
კონტროლი	$4.88\pm 1.36$	$33\pm 8.9$	$5.56\pm 2.5$

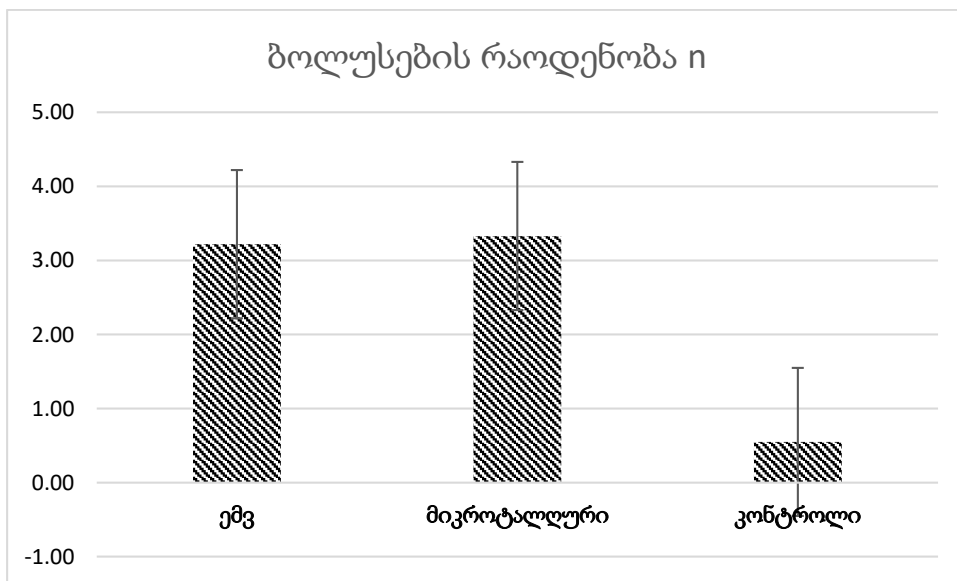
რაც შეეხება ქცევას, უფრო ღრმა ანალიზით და ქცევაზე დაკვირვებით ჩანს, რომ საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები სხვადასხვა კვადრატებში მოძრაობენ, მაშინ როცა მიკროტალღური ჯგუფის ცხოველები ძირითადად მანუჟის პერიფერიის კვადრატში მოძრაობს ძირითადად წრიული მიმართულებით, ბრუნდება უკან და რამდენჯერმე გადის ერთსადაიმე მოძრაობას. ემგ-ს ჯგუფის ვირთაგვები კი, როგორც აღვნიშნეთ მეტ დროს ატარებენ იმობილიზაციაში, ამასთან ამჯობინებენ დარჩენას მანუჟის პერიფერიულ კვადრატებში.

### 4.3.ემოციურობა:

ემოციურობის შესასწავლად, რაც ცხოველში ფასდება ბოლუსების და ურინაციის რაოდენობით, შესაბამისად, იმისათვის რომ შეგვესწავლა არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა ემოციურ რეაქციებზე, ღია ველის ტესტში დავთვალეთ ბოლუსების რაოდენობა.

შედეგებში ჩანს, რომ საკონტროლო ჯგუფიც ცხოველებში ნაკლებია ბოლუსების რაოდენობა, ვიდრე საექსპერიმენტო ჯგუფის შემთხვევაში, კერძოდ ემგ-ს მოქმედების ჯგუფში ბოლუსების რაოდენობა იყო  $3.22 \pm 1.85$ , მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფში  $3.33 \pm 1.41$ , ხოლო საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში კი  $0.55 \pm 0.72$ , შესაბამისად,  $P < 0.05$ .

დიაგრამა N 9. არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა ვირთაგვების ემოციურობაზე ღია ველში.  $n=10$ , ტესტი ჩატარებულია რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის შემდეგ დღეს.



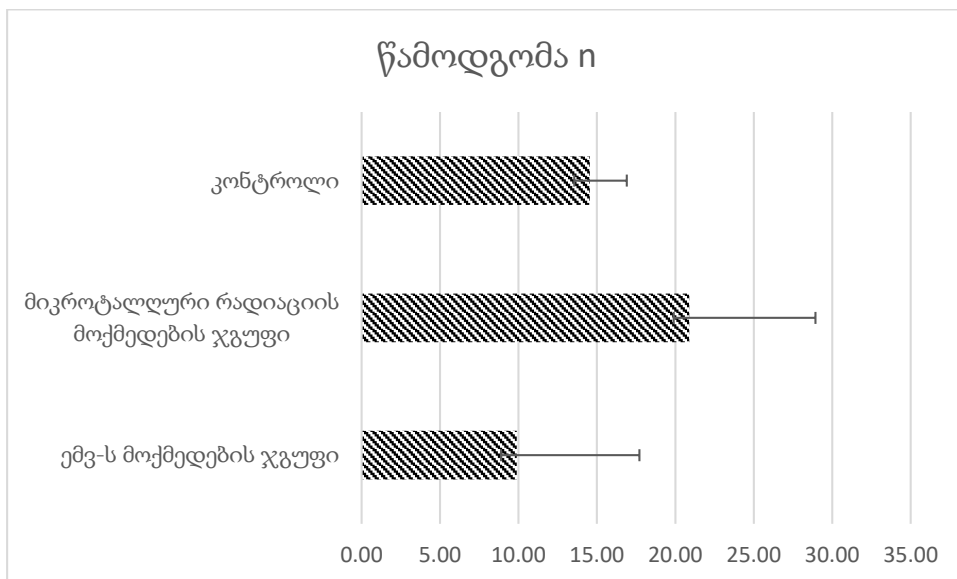
### 4.4. თავისუფალი კვლევითი აქტივობა:

აღნიშნული პარამეტრის შესაფასებლად, ღია ველში საკვლევო ცხოველების ჯგუფებში დავითვალეთ წამოდგომათა რაოდენობა, თავის აწევების რიცხვი და გრუმინგი.



როგორც კვლევის შედეგებში ჩანს, წამოდგომათა რიცხვი ღია ველის ტესტის შესრულებისას მეტია მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფის შემთხვევაში  $20.88 \pm 8.0$ , ვიდრე ემვ-ში მყოფი ჯგუფის ცხოველის შემთხვევაში  $9.89 \pm 7.81$  ( $P < 0.05$ ), თუმცა ემვ-ს ჯგუფსა და საკონტროლო ჯგუფს შორის სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება ნანახი ვერ იქნა, შესაბამისად ემვ-სა და საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები ერთნაერი რაოდენობით წარმოდგომას ახორციელებდნენ, რაც შედეგია იმისა, რომ ემვ-ს ჯგუფის ცხოველების ნაწილი ტესტის დროს იმობილიზირებული იყო - ეს კი აისახა სტატისტიკურ მაჩვენებელზე, სადაც SD ემვ-ს ჯგუფის შემთხვევაში საგრძნობლად მაღალია საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით (დიაგრამა N10).

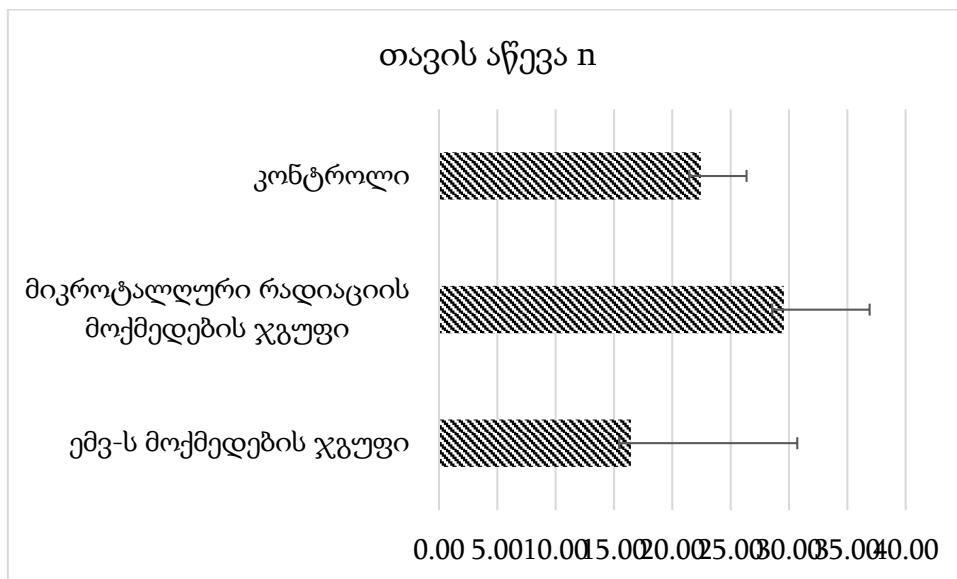
დიაგრამა N 10. წამოდგომათა რიცხვი ღია ველის ტესტში. ნაჩვენებია არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა თავისუფალ ძიებითი აქტივობის წამოდგომათა კომპონენტზე. N=10, კვლევის ხანგრძლივობა 180 წმ.



წამოდგომათა რაოდენობასთან ერთად დავთვალეთ თავის აწევათა რაოდენობა. თავის აწევის შემთხვევაში, წამოდგომისგან განსხვავები ცხოველი ოთხივე კიდურს ეყრდნობა და მხოლოდ თავს წევს ზემოთ. შედეგებში (დიაგრამა N6), ჩანს, რომ მიკროტალღური რადიაციის ზემოქმედებით იცვლება ქცევა ( $P < 0.05$ ) ემვ-ის რადიაციის მოქმედებასთან შედარებით და ცხოველი გაცილებით მეტად ამჟღავნებს საძიებო აქტივობას. თუმცა სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება მიკროტალღური

რადიაციის ჯგუფსა და საკონტროლო ჯგუფს შორის ნანახი ვერ იქნა, მაგრამ დაკვირვების შედეგად ჩანდა, რომ მიკროტალღურ რადიაციაში მყოფი ვირთაგვების შემთხვევაში თავის აწევას იმპულსური ხასიათი ჰქონდა, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები ჩერდებოდნენ აწეული თავით, აბრუნებდნენ თავს, ათვალერებდნენ მანუში არსებულ გარემოს.

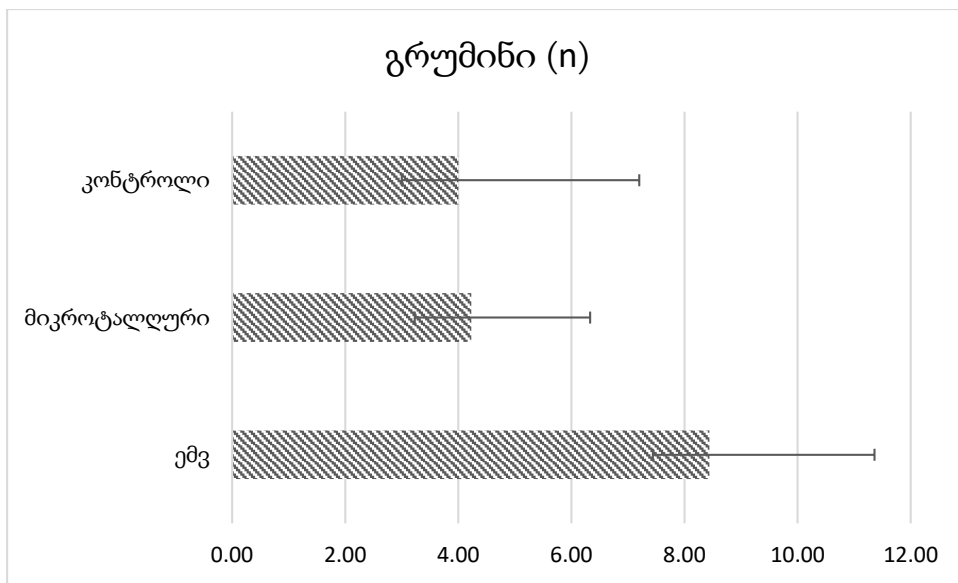
დიაგრამა N11. არამინიზირებელი რადიაციის გავლენა თავისუფალ ძიებით აქტივობაზე ღია ველის მანუში. კვლევა გრძელდებოდა 180 წამის განმავლობაში. წარმოდგენილია თავის აწევათა რაოდენობა ემვ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.



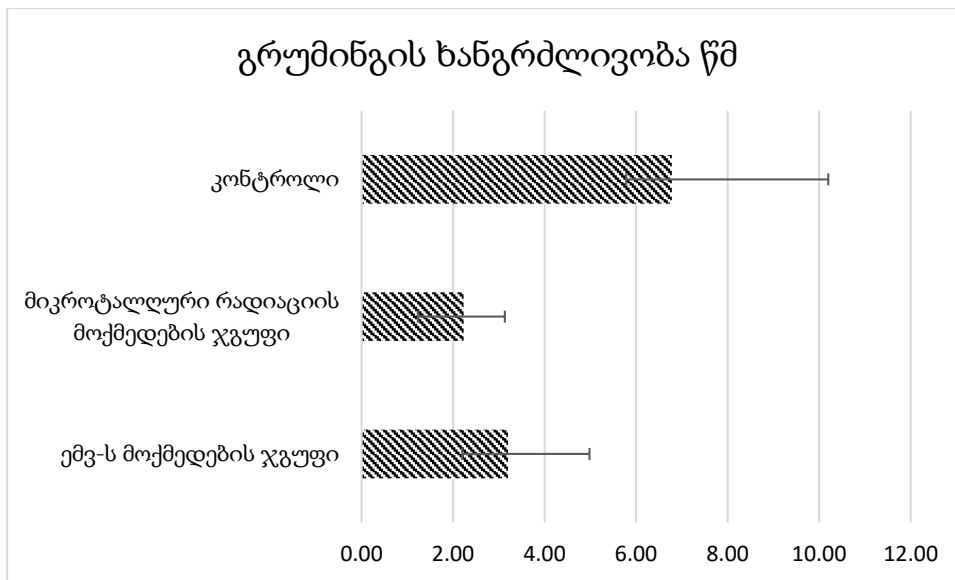
გრუმინგის რაოდენობების შედარებისას ჩანს (დიაგრამა N12), რომ საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში გრუმინგი სტატისტიკურად სანდოდაა მომატებული ემვ-ში მყოფ ვირთაგვების ჯგუფთან შედარებით ( $8.44 \pm 2.92$  და  $4.0 \pm 3.2$ ,  $p < 0.05$ ). მიუხედავად იმისა, რომ სტატისტიკურად სანდო განსხვავება მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფსა და საკონტროლო ჯგუფს შორის ნანახი ვერ იქნა, კვლევამ აჩვენა, რომ მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფის ცხოველებში გრუმინგის ხანგრძლივობა

ნაკლები იყო, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში (დიაგრამა N13)  $2.23 \pm 1.1$ , შესაბამისად  $p < 0.05$ .

დიაგრამა N12. არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის რაოდენობაზე ღია ველში. წარმოდგენილია გრუმინგის რაოდენობა 180 წამის განმავლობაში ემვ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

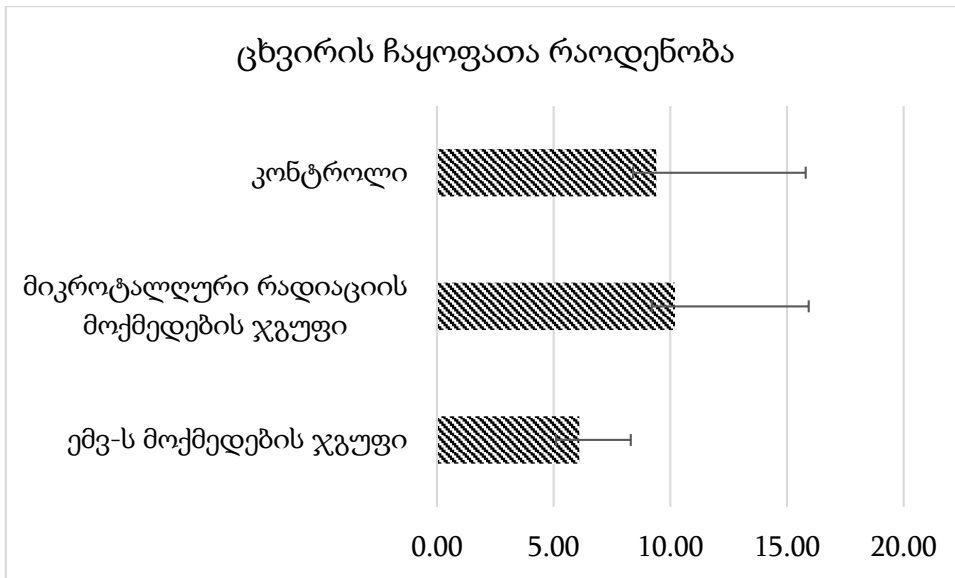


დიაგრამა N13. არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის ხანგრძლივობაზე. კვლევა გრძელდებოდა 180 წამის განმავლობაში. წარმოდგენილია ემვ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.



თავისუფალ ძიებითი აქტივობა ყველაზე ნათლად აღიქმება საცდელი ცხოველის მიერ ღია ველის მანუში ტესტის შესრულებისას მანუის ფსკერზე არსებულ ხვრელში ცხვირის ჩაყოფით. შედეგები წარმოდგენილია დიაგრამა N14-ს სახით. დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მიკროტალღური და საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები მეტჯერ ყოფენ ცხვირს ხვრელში, ვიდრე ემვ-ში მოთავსებული ვირთაგვები ( $p < 0.05$ ), შესაბამისად მონაცემები ასე გამოიყურება: მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფისა და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში  $10.2 \pm 5.73$  და  $9.4 \pm 6.4$ , ხოლო ემვ-ს მოქმედების ჯგუფის დროს  $6.1 \pm 2.2$

დიაგრამა N14. არამინიზირებელი რადიაციის გავლენა თავისუფალ ძიებით აქტივობაზე ღია ველის მანუში. კვლევა გრძელდებოდა 180 წამის განმავლობაში. წარმოდგენილია თავის ღია ველის მანუის ფსკერზე არსებულ ხვრელებში საცდელი ცხოველების მიერ ცხვირის ჩაყოფათა რაოდენობა ემვ-ში მოთავსებული, მიკროტალღური რადიაციის ქვეშ მოთავსებული და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.



**5. ქცევის ცვლილება ღია ველში მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას:**  
 მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზებით მოქმედების, კერძოდ რადონის ჰორმეზისის შფოთვით რეაქციებზე გავლენა შესწავლილ იქნა ცხრილი N 8-ში წარმოდგენილ საკვლევ ჯგუფებში:

ცხრილი N 8. საკვლევ ჯგუფების დაყოფა:

	ჯგუფი	მახასიათებელი
1	რადონის ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფი	შფოთვა გამოწვეული იყო ფსიქო-ემოციური სახის გამლიზიანებით, კერძოდ მტკივნეული სტიმულით ერისმანის ყუთის ბნელ ნაწილში. შფოთვის დადასტურების (იხ. შფოთვითი რეაქციების გამოწვევა) შემდეგ, აღნიშნული ჯგუფის ვირთაგვებში რადონის მიწოდება ხდებოდა ინჰალაციით გზით.
2	რადონის ინჰალაცია არაშფოთვითი ჯგუფი	რადონის მიწოდება ინჰალაციის გზით ხდებოდა იმ საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველებში, სადაც არ გამოგვივწვევია შფოთვა.

3	ინჰალაცია არარადონშემცველი წყლით შფოთვით ჯგუფში	შფოთვა გამოწვეული იყო ფსიქო-ემოციური სახის გამღიზიანებლით, კერძოდ მტკივნეული სტიმულით ერისმანის ყუთის ბნელ ნაწილში. შფოთვის დადასტურების (იხ. შფოთვითი რეაქციების გამოწვევა) შემდეგ, აღნიშნული ჯგუფის ვირთაგვებში ხდებოდა არარადონშემცველი წყლის ინჰალაციის გზით მიწოდება.
4	საკონტროლო ჯგუფი	არ ხდებოდა არც შფოთვის გამოწვევა და არც წყლის მიწოდება ინჰალაციის გზით.

იმისათვის, რომ შეგვესწავლა რადონის ინჰალაციის გავლენა შფოთვის დროს საკვლევის ცხოველების ჯგუფში ლოკომოტორულ აქტივობაზე, დავითვალეთ ღია ველის მანქაში გავლილი მანძილი. კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ გავლილ მანძილზე და შესაბამისად, ლოკომოტორულ აქტივობაზე რადონის ჰორმეზისის გავლენა ან კავშირი არ დადასტურდა (ცხრილი N 9). კვლევა ჩატარებულია ინჰალაციის 10 დღიანი პროცედურის დასრულებისას.

იმობილიზაციის შესწავლისას კი მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ რადონის ინჰალაციისას, როცა საცდელი ცხოველს ინჰალაციამდე არ ჰქონდა შფოთვა, გაზრდილი ჰქონდა იმობილიზაციის დრო, რაც საკონტროლო ჯგუფის ცხოველების შემთხვევაში  $4.88 \pm 1.36$  წმ შეადგენს, ხოლო რადონის ინჰალაციის გავლენით ეს დრო იზრდება  $9.5 \pm 3.62$ -მდე,  $p < 0.05$ . რაც შეეხება შფოთვის ჯგუფის ცხოველებში რადონის მცირე დოზების ინჰალაციას, იმობილიზაციაზე, ისევე როგორც მანქაში გავლილ მანძილზე სტატისტიკურად სარწმუნო გავლენა არ მოუხდენია.

ცხრილი N 9. რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის გავლენა ლოკომოტორულ აქტივობაზე და იმობილიზაციაზე შფოთვის დროს.

	გავლილი მანძილი (სმ)	იმობილიზაცია (წმ)
რადონის ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	$348.12 \pm 36.28$	$4.5 \pm 2.45$

რადონის ინჰალაცია არაშფოთვით ჯგუფში	334.37±53.79	9.5±3.62
არარადონის წყლით ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	243.25±86.19	3.25±1.98
კონტროლი	346.875±41.62	4.88±1.36

რადონის მცირე დოზების შფოთვით რეაქციებზე გავლენის შესწავლის მიზნით, ღია ველის მანქაში კვლევისას დავითვალეთ საკვლევი ცხოველების პერიფერიულ და ცენტრალურ ზონებში გატარებული დრო. როგორც კვლევის შედეგებიდან ჩანს, მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზის ზემოქმედების შემდეგ შფოთვითი და არაშფოთვითი ჯგუფის ცხოველებიც ნაკლები ხანგრძლივობით ( $130.25\pm 19.76$  და  $122.75\pm 12.39$ ) ჩერდებიან ღია ველის მანქის პერიფერიულ ნაწილში, ვიდრე არარადონის ინჰალაციის შფოთვითი ჯგუფის ცხოველები ( $p < 0.05$ ), შესაბამისად ქცევაზე დაკვირვებისას ვლინდება, რომ მათ უმცირდებათ შფოთვითი რეაქციები და ისინი იოლად გადალახავენ იმ წინააღმდეგობას, რაც დაკავშირებული ცენტრალურ კვადრატებში შესვლასთან. აღნიშნული რეაქცია, კერძოდ ცენტრალური ნაწილში შესვლათა რაოდენობა, ისევე როგორც ცენტრალურ კვადრატთა გადაკვეთების რიცხვი მეტია საკონტროლო ჯგუფში  $41\pm 17.1$ , არარადონის წყლით ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფთან შედარებით  $7.875\pm 3.1$ ,  $p < 0.05$ .

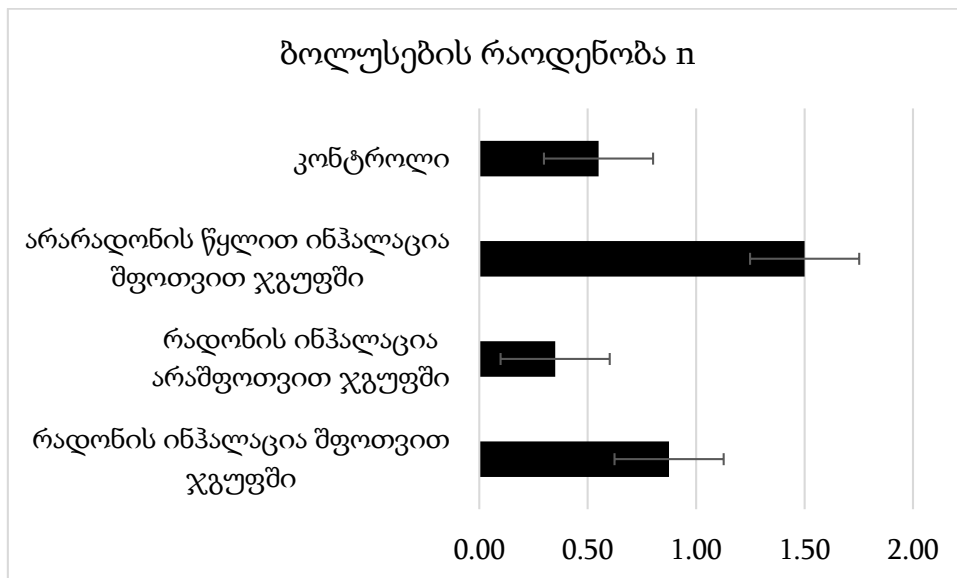
ცხრილი N 10. რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის გავლენა ღია ველის მანქაში გადაადგილების ალგორითმზე. კვლევა ჩატარდა ინჰალაციის 10 დღიანი პროცედურების დასრულებისას.

ღია ველის ტესტში პერიფერიულ და ცენტრალურ ნაწილში გატარებული დრო (წმ) N=10		
რადონის ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ზონა	130.25±19.76
	ცენტრალური ზონა	49.75±11.76
არარადონის წყლით ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ზონა	172.125±8.0
	ცენტრალური ზონა	7.875±3.1
	პერიფერიული ზონა	122.75±12.39

რადონის წყლით ინჰალაცია არაშფოთვით ჯგუფში	ცენტრალური ზონა	57.25±12.37
კონტროლი	პერიფერიული ზონა	139±15.98
	ცენტრალური ზონა	41±17.1

რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის შფოთვითი რეაქციებზე გავლენის შესწავლის მიზნით, შევაფასეთ საკვლევის ცხოველების ემოციურობა, რაც მდრღნელების შემთხვევაში ფასდება ბოლუსების რაოდენობით. კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციამ შეამცირა ემოციურობა (დათვლილი ბოლუსების რაოდენობით)  $0.87 \pm 0.7$ -მდე, მაშინ როცა არარადონის წყლით ინჰალაციისას შფოთვით ჯგუფში მისი რაოდენობა  $1.15 \pm 0.9$ -მდეა წარმოდგენილი (დიაგრამა N 15)  $p < 0.05$ .

დიაგრამა N 15. რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის გავლენა შფოთვითი რეაქციების დროს საკვლევი ცხოველების ემოციაზე. დათვლილია ბოლუსების რაოდენობა n. კვლევა ჩატარებულია რადონის ინჰალაციის 10 დღიანი პროცედურების დასრულებისას.





## 6. ქცევა ჯვარედინ ლაბირინთში არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედებისას:

იმისათვის, რომ შეგვესწავლა არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა შფოთვაზე, შევისწავლეთ ქცევის ცვლილებები ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში. აღნიშნული კვლევა ჩატარდა არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედების 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისთანავე. ტესტის ხანგრძლივობა 180 წმ.

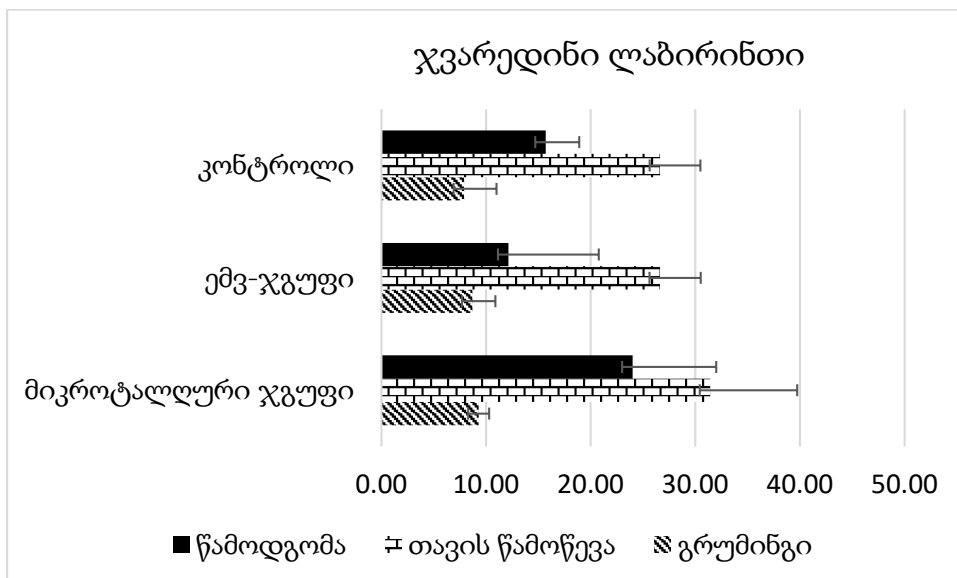
ჯვარედინი ლაბირინთის კვლევის შედეგებით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ საცდელი ცხოველების შფოთვის დონეზე. აღნიშნული ტესტი საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ცხოველის შფოთვითი და ემოციური ქცევა, ამისათვის ვადარებთ ლაბირინთის ბნელ და ნათელ განყოფილებებში ცხოველის დაყოვნების დროს, ცენტრში გამოსვლათა რაოდენობას, ცენტრში პირველი გამოსვლის დროს, ასევე ბოლუსებს, თავის აწევებს და გრუმინგს.

კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის შემდეგ, სტატისტიკურად სარწმუნო მნიშვნელობით შეიცვალა ცხოველის ქცევა მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფში, სადაც თავის აწევათა რიცხვი  $31.42 \pm 8.32$  - მდე გაიზარდა (დიაგრამა N 16), მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფში მისი რაოდენობა  $26.62 \pm 3.86$ -ია, ხოლო ემვ-ში მოთავსებულ ჯგუფში პირიქით, ადგილი აქვს თავის აწევათა რიცხვის შეცირებას  $17.92 \pm 14.21$ -მდე. საკვლევი ცხოველების ამ ჯგუფში სტანდარტული გადახრის მაღალი მაჩვენებელი მიუთითებს იმაზე, რომ ცხოველების ნაწილი ფაქტიურად იმობილიზირებული იყო და რჩებოდან ლაბირინთის ბნელ ნაწილში.

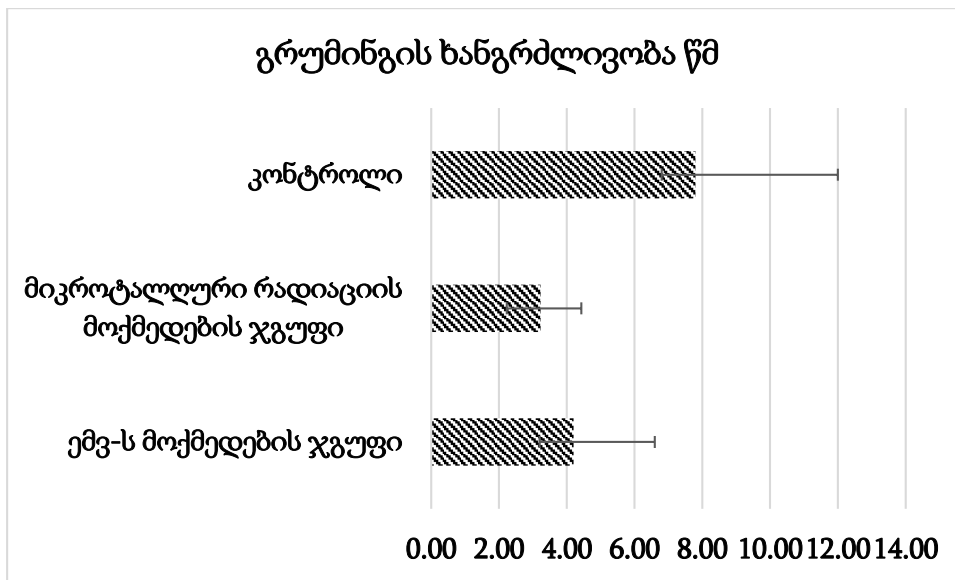
რაც შეეხება წამოდგომებს, აქაც მსგავსი მონაცემები მივიღეთ, კერძოდ: მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფის ვირთაგვები უფრო ხშირად დგებოდნენ ორ თათზე, ვიდრე საკონტროლო და ემვ-ში მოთავსებული ჯგუფიც საკვლევი ცხოველები (დიაგრამა N16), შესაბამისად, მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფში ეს მონაცემი იყო  $23.89 \pm 8.03$ , ემვ-ს ჯგუფის შემთხვევაში  $12.14 \pm 8.64$  და საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში კი  $15.70 \pm 3.21$ , რაც იძლევა სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავებას.

ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში გრუმინგის რაოდენობის დათვლისას მნიშვნელოვანი განსხვავება ჯგუფებს შორის ნანახი ვერ იქნა, თუმცა ქცევაზე დაკვირვებით ჩანდა, რომ მიკროტალღური რადიაციის საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვებში გრუმინგის ხანგრძლივობა შედარებით მოკლე იყო, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვების შემთხვევაში (დიაგრამა N17) და რამაც შეადგინა მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფის შემთხვევაში  $3.23 \pm 1.2$ , ხოლო საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში  $7.8 \pm 4.2$  წმ, შესაბამისად,  $p < 0.05$ .

დიაგრამა N16. არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის, თავის აწევის და წამოდგომის რაოდენობაზე ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში



დიაგრამა N 17. გრუმინგის ხანგრძლივობა ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში; ტესტი ჩატარებულია არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედების 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

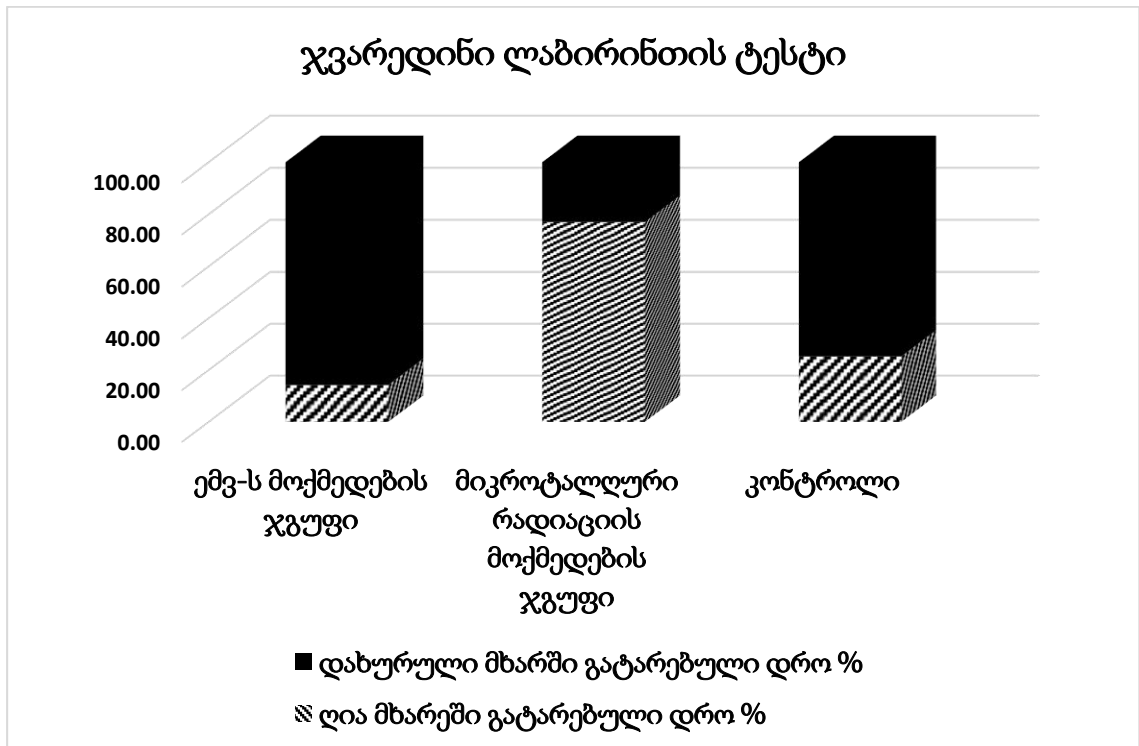


შფოთვის და ემოციურობის დასადგენად დავითვალეთ საკვლევი ცხოველების ჯვარედინი ლაბირინთის ღია და დახურულ მკლავებში გატარებული დრო, რაც წარმოდგენილია ცხრილი N11-ის სახით სადაც ჩანს, რომ მიკროტალლური რადიაციის ჯგუფის საექსპერიმენტო ცხოველები მნიშვნელოვნად მეტ დროს ატარებდნენ ლაბირინთის ღია მხარეს ( $138.8 \pm 9.32$  წმ), ვიდრე საკონტროლო ( $45.6 \pm 3.88$ ) და ემგ-ს მოქმედების ჯგუფის ცხოველები ( $25.76 \pm 15.01$  წმ)  $p < 0.05$  (დიაგრამა N 18).

ცხრილი N11. არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ჯვარედინი ლაბირინთის ღია და დახურულ მხრებში გატარებული დრო (წმ).

ჯვარედინი ლაბირინთის მხარეებში გატარებული დრო (წმ)		
ემგ-ს მოქმედების ჯგუფი	ღია მხარე	$25.76 \pm 15.01$
	დახურული მხარე	$154.24 \pm 14.21$
მიკროტალლური რადიაციის მოქმედების ჯგუფი	ღია მხარე	$138.8 \pm 9.32$
	დახურული მხარე	$41.2 \pm 9.05$
კონტროლი	ღია მხარე	$45.6 \pm 3.88$
	დახურული მხარე	$134.4 \pm 4.64$

დიაგრამა N18. ჯვარედინი ლაბირინთის ღია და დახურულ ნაწილებში გატარებული დროის წილი (%).



ჯვარედინი ლაბირინთის ცენტრში შესვლათა მნიშვნელოვნად ( $p < 0.05$ ) მეტი რაოდენობით ( $21.9 \pm 4.5$ ) ხასიათდება მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფი ვიდრე საკონტროლო ( $14.3 \pm 4.3$ ) და ემგ-ში მყოფი საექსპერიმენტო ცხოველების ჯგუფი ( $4.3 \pm 1.4$ ). ქცევაზე დაკვირვებით კი ჩანდა, რომ მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფის ცხოველები გარდა იმის, რომ ხშირად შედიან ლაბირინთის ცენტრალურ ნაწილში, რჩებიან იქ უდრო დიდხანს, ტრიალებენ, გადადიან ლაბირინთის ერთი ფრთიდან მეორეში.

ცხრილი N12. ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში ლაბირინთის ცენტრალურ ნაწილში შესვლების რაოდენობა (n).

ცენტრალურ ნაწილში შესვლათა რაოდენობა	ემგ-ს მოქმედების ჯგუფი	4.3±1.4
	მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფი	21.9±4.5
	კონტროლი	14.3±4.3

**7. ქცევა ჯვარედინ ლაბირინთში რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის შემდეგ.**

იმისათვის, რომ შეგვესწავლა რადონის მცირე დოზების გავლენა შფოთვაზე, საკვლევი ცხოველების ცხრილი N9-ში წარმოდგენილი ლოგიკით დავყეთ ჯგუფებად. ამ ჯგუფებში შევიწავლეთ შფოთვითი და ემოციური ქცევები. აღნიშნული კვლევა ჩატარდა რადონის ინჰალაციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისთანავე. ტესტის ხანგრძლივობა 180 წმ. ვირთაგვების რაოდენობა თითო ჯგუფში 10-10.

ჯვარედინი ლაბირინთის კვლევით ცხოველის შფოთვითი და ემოციური ქცევის შესაფასებლად აღვრიცხეთ შემდეგი პარამეტრები: ლაბირინთის ბნელ და ნათელ განყოფილებში ცხოველის დაყოვნების დრო, ცენტრში გამოსვლათა რაოდენობა, ბოლუსების, თავის აწევების და გრუმინგების რაოდენობა.

კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციისას შფოთვითი ჯგუფის ვირთაგვები უფრო ნაკლები დროით რჩებიან პერიოფერიულ ნაწილში ( $115.25 \pm 15.45$ ), ვიდრე ჯგუფი, რომელსაც შფოთვის დროს მხოლოდ არარადონის წყლით ჩავუტარეთ ინჰალაცია ( $173.53 \pm 13.78$ )  $p < 0.05$ , მაშინ როცა სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება რადონის ინჰალაციის შემდეგ ამ ჯგუფის ცხოველებისა საკონტროლო ჯგუფის ცხოველების აღნიშნულ ქცევასთან ( $129.1 \pm 16.36$ ) ნანახი ვერ იქნა (ცხრილი N13).

ცხრილი N 13. ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტით შფოთვაზე რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის გავლენის შედეგები. წარმოდგენილია ლაბირინთის ცენტრალურ და პერიფერიულ ნაწილებში გატარებული დრო (წმ).

ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში პერიფერიულ და ცენტრალურ ნაწილში გატარებული დრო (წმ). ტესტის ხანგრძლივობა 180 წმ.		
რადონის ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ნაწილი	$115.25 \pm 15.45$
	ცენტრალური ნაწილი	$64.75 \pm 14.66$
არარადონის წყლით ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ნაწილი	$173.53 \pm 13.78$
	ცენტრალური ნაწილი	$6.47 \pm 5.24$
	პერიფერიული ნაწილი	$125.43 \pm 13.55$

რადონის წყლით ინჰალაცია არაშფოთვით ჯგუფში	ცენტრალური ნაწილი	54.57±15.64
კონტროლი	პერიფერიული ნაწილი	129.1±16.36
	ცენტრალური ნაწილი	50.9±17.74

ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტის შედეგებში ჩანს და პირსონის კორელაციის კოეფიციენტის გამოთვლით დადასტურდა, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზის ზემოქმედების ფაქტორი, შფოთვითი რეაქციის კომპონენტზე, რომელიც ფასდება ლაბირინთის ცენტრალურ ნაწილში შესვლით და დაყოვნების ხანგრძლივობით, სტატისტიკურად მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს (ცხრილი N 14)  $p < 0.1$ .

ცხრილი N 14. ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში ცენტრში შესვლათა რაოდენობა და დაყოვნების დრო რადონის ინჰალაციის გავლენისას.

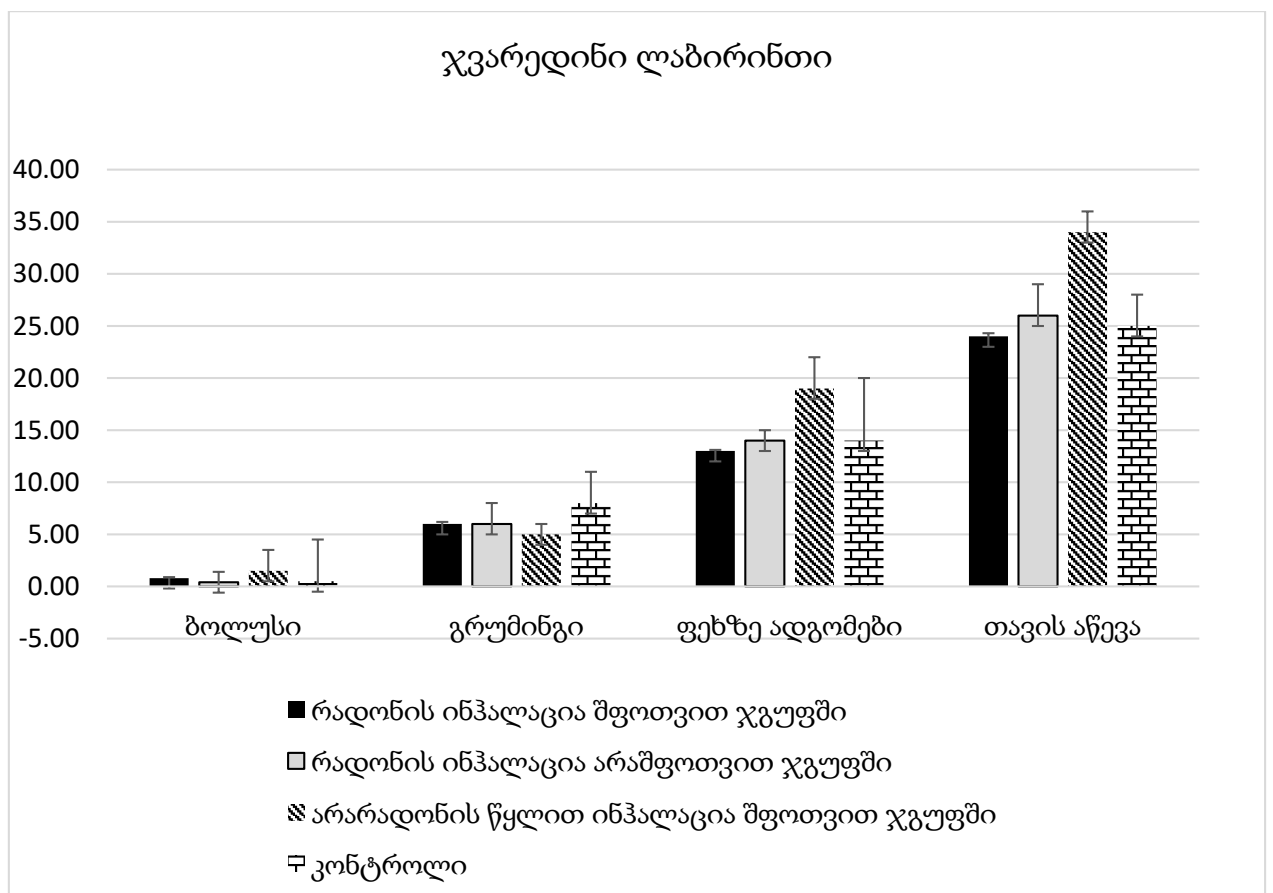
	ცენტრში შესვლათა რაოდენობა	ცენტრში დაყოვნების დრო (წმ)
რადონის ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	26.52±5.39	5.5±2.56
რადონის ინჰალაცია არაშფოთვით ჯგუფში	24.37±6.34	7.15±2.5
არარადონის წყლით ინჰალაცია შფოთვით ჯგუფში	30.25±9.45	3.25±0.6
კონტროლი	26.12±4.69	4.88±1.45

შფოთვითი რეაქციის შედეგებში, სტატისტიკურად სარწმუნო შედეგი მივიღეთ ცხოველთა ემოციურობის კუთხით, კერძოდ: შფოთვის იმ ჯგუფში, რომელსაც არ მიეწოდებოდან რადონის მცირე დოზა, ბოლუსების რაოდენობა შედარებით მეტი იყო ( $1.5 \pm 0.6$ ), ვიდრე საკონტროლო და რადონის ინჰალაციის შფოთვით და არაშფოთვით ჯგუფებში  $p < 0.05$ .

გრუმინგის რაოდენობის შედარებისას, საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებში ( $8.01 \pm 2.1$ ) გრუმინგის მეტი ეპიზოდი დაფიქსირდა,  $p < 0.05$ ) შფოთვის იმ ჯგუფთან შედარებით, რომელსაც არ მიეწოდა რადონის მცირე დოზა ( $5.1 \pm 2.12$ ). გრუმინგის რაოდენობის მხრივ სხვა თვალსაჩინო შედეგები მიღებული არ იქნა.

სტატისტიკურად სანდო იყო მაჩვენებელი ( $p < 0.05$ ) თავის აწევების და ფეხზე ადგომების რაოდენობაშიც მივიღეთ შფოთვის იმ ჯგუფის მონაცემების შედარებისას, რომელზეც არ გვიმოქმედია რადონით, რადონის მოქმედების შფოთვისა და არაშფოთვის ჯგუფთან, კერძოდ რადონის ზემოქმედების შემთხვევაში ფეხზე ადგომების და თავის აწევების რაოდენობა ნაკლებია, ვიდრე შფოთვის დროს არარადონის წყლით ინჰალაციის შემთხვევაში (დიაგრამა N 19).

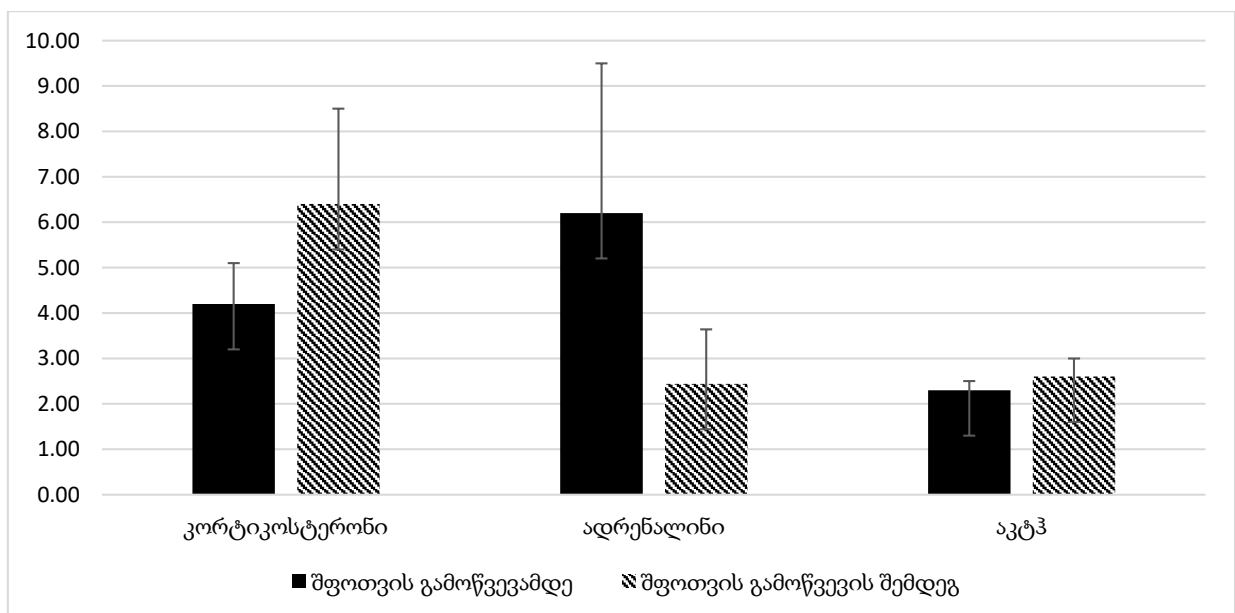
დიაგრამა N 19. ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტით შფოთვაზე რადონის მცირე დოზის ინჰალაციის გავლენის შედეგები.



## 8. შფოთვის ჰორმონების ანალიზი:

იმისათვის, რომ შეგვესწავლა შფოთვით რეაქციებზე რადონის მცირე დოზების მოქმედება და შფოთვის დონის ცვლილებები, ჩვენ მიერ გამოწვეული შფოთვის დამადატურებლად, როცა გამლიზიანებლად გამოვიყენეთ უარყოფითი სტიმულის - ტკივილის შეუღლება ფსიქო-ემოციური სახის დადებით გამლიზიანებელთან (ბნელი გარემო), გავზომეთ სტრესა და შფოთვაში მონაწილე ნეიროჰორმონები: კორტიკოსტერონი, ადრენალინი და აკტჰ. როგორც დიაგრამა N 20-ში ჩანს, შფოთვის გამოწვევის მცდელობის შემდეგ მოიმატა სტრესის ბიოლოგიაში მონაწილე ნეიროჰორმონების კონცენტრაციამ, რითაც დასტურდება სტრესის გამოწვევა, კერძოდ საგრძნობლადაა მომატებული კორტიკოსტერონის კონცენტრაცია, ხოლო ადრენალინის კონცენტრაცია პირიქით, შემცირდა საექსპერიმენტო ცხოველის სისხლის პლაზმაში უარყოფი პირობით გამლიზიანებლის მოქმედების შემდეგ.

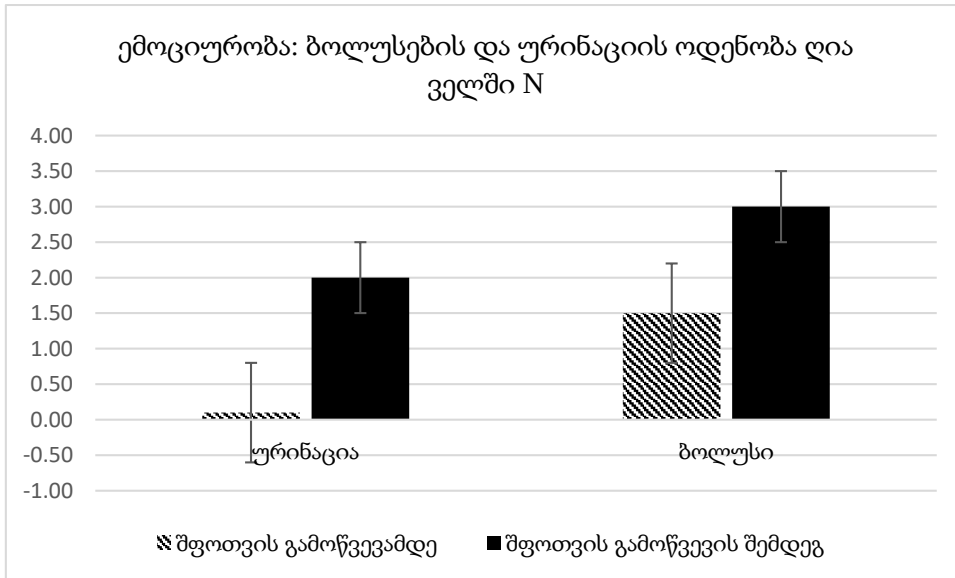
დიაგრამა N 20. შფოთვის გამოწვევა უარყოფითი სტიმულით



სტრესის ლაბორატორიულად დადასტურების შემდეგ ღია ველში შევსწავლეთ ემოციურობა. შედეგად, შფოთვის ჯგუფში ბოლუსების და ურინაციის რაოდენობა სტატისტიკურად სანდო ( $p < 0.01$ ) მნიშვნელობით აღემატება საკონტროლო ჯგუფის ე.წ. შფოთვამდე ჯგუფის მაჩვენებლებს (დიაგრამა N21).



დიაგრამა N 21. უარყოფითი სტიმულით გამოწვეული სტრესის ემოციური გამოვლინების - შფოთვის დადასტურება ღია ველის ტესტში. დათვლილია ბოლუსების და ურინაციის ოდენობა.



იმუნოფერმენტული ანალიზით ჩატარებული კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ ემვ-ში მოთავსებიდან მე-10 დღეს საექსპერიმენტო ჯგუფი ვირთაგვებში იმატებს დოფამინის, ნორადრენალინის, ადრენალინის და სეროტონინის კონცენტრაციები (ცხრილი N15). აღნიშნული პარამეტრების სტატისტიკურად კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი მომატება შეინიშნება მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებიდან მე-10 დღეს.

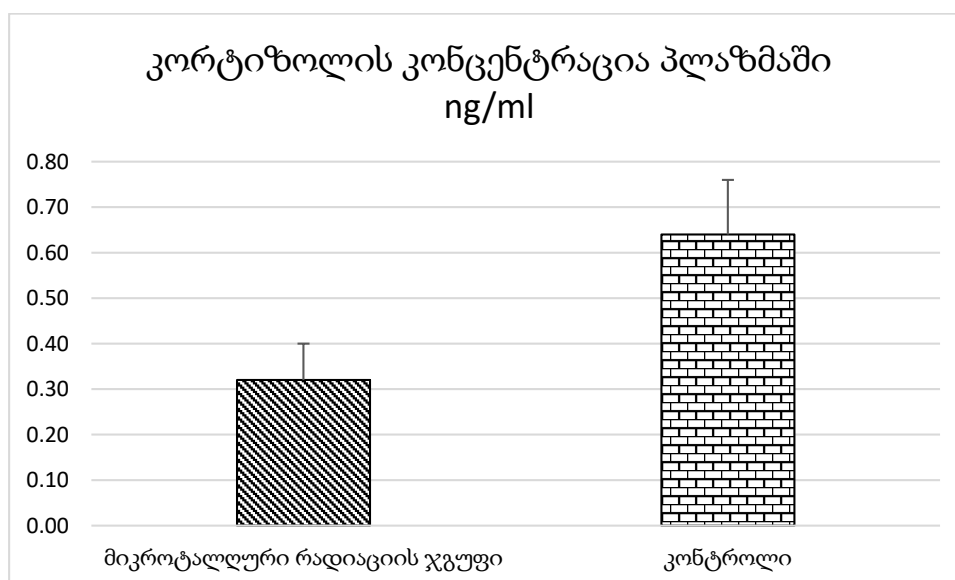
ცხრილი N 15. ნორადრენალინის, ადრენალინის და სეროტონინის კონცენტრაციის ცვლილება არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას.

Nmol/l	კონტროლი	ემვ-ში მყოფი ჯგუფი	მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფი
ნორადრენალინი	0,021±0,0019	0,0112±0,002**	0,042±0,002***
ადრენალინი	0,07±0,0019	0,082±0,004*	0,107±0,003**
სეროტონინი	0,187±0,0011	0.0645±0,002*	0,230±0,001**

\*P<0,01; \*\*P<0,05; \*\*\*P<0,001

ამასთან, მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისას, დამატებით განვსაზღვრეთ კორტიზოლის კონცენტრაცია პლაზმაში (დიაგრამა N 22). მონაცემებში ჩანს, რომ კორტიზოლის კონცენტრაცია მომატებია მიკროტალღური რადიაციის ექსპოზიციის ჯგუფში, კონტროლთან შედარებით  $0.32 \pm 0.08$  და  $0.64 \pm 0.12$  ng/ml შესაბამისად  $n=10$ .  $p < 0.05$ .

დიაგრამა N 22. კორტიზოლის კონცენტრაციის ცვლილებები მიკროტალღური რადიაციის ზემოქმედებისას.



**9. გრელინის და დოფამინის კონცენტრაციის ცვლილებები არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას:**

იმისათვის, რომ შეგვესწავლა მეხსიერების ფსიქოფიზიოლოგიურ პროცესებზე არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა, შევისწავლეთ ემვ-ში და მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისას საკვლევო ცხოველების ორგანიზმში მეხსიერებაში მონაწილე ნეიროჰორმონების გრელინისა და დოფამინის კონცენტრაციის ცვლილებები (ცხრილი N16).

ცხრილი N 16. მეხსიერების ფიზიოლოგიაში მონაწილე ნეიროჰორმონების კონცენტრაციის ცვლილება არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას. კვლევა ჩატარებულია რადიაციის ექსპოზიციის 10 დღიანი პერიოდის დასრულებისას.

Nmol/l	კონტროლი	ემგ-ში მყოფი ჯგუფი	მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფი	
დოფამინი	0,126±0,011	0,1471±0,0*	0,1632±0,05**	*P<0.01; **P<0.05; ***P<0.001
გრელინი	3.5±0.7	3.9±0.95	5.4±1.1**	

კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ გრელინის კონცენტრაციის ცვლილებები სტატისტიკურად სარწმუნოდ მიიჩნევა მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების შემთხვევაში, როცა კონცენტრაცია იმატებს 3.5±0.7 Nmol/l-დან (საკონტროლო ჯგუფი) 5.4±1.1 Nmol/l-მდე.

#### 10. ანტიოქსიდაციური რეაქციები რადონის მცირე დოზების მოქმედებისას:

თიოლის ჯგუფები და ოქსიდაციური სტრესის შეფასება:

ELISA-ს საშუალებით ჩატარებული ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგად მივიღეთ შემდეგი ცვლილებები: RI ჯგუფის ცხოველების თავის ტვინის ქსოვილში GSH კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე SC და C ჯგუფების შემთხვევაში. ამავე ჯგუფში GSSG-ის კონცენტრაცია სარწმუნოდ ნაკლებია, ვიდრე SC ჯგუფის ვირთაგვების თავის ტვინში. შესაბამისად, თავის ტვინის ქსოვილში ანტიოქსიდაციური პროცესების შესაფასებლად დავიანგარიშეთ GSH/GSSG თანაფარდობა, რამაც შედეგად აჩვენა, რომ RI-ს შემთხვევაში თანაფარდობა სტატისტიკური სარწმუნოებით მაღალია რადონის ინჰალაციის (RI) ჯგუფის ვირთაგვების სხვა ჯგუფებთან შედარებით (ცხრილი N 17).

ცხრილი N 17. ნაჩვენებია მცირე დოზის რადიაციით გამოწვეული ანტიოქსიდაციური რეაქციების ცვლილებები, კერძოდ GSH, GSSG კონცენტრაცია და GSH/GSSG თანაფარდობა (radio).

	Total GSH (nmol/mg)	GSSG (nmol/mg)	GSH/GSSG ratio
რადონის ინჰალაციის ჯგუფი (RI) n=10	32.5 ±2.77	13.62±3.29	2.46±0.39
არარადონის ინჰალაციის ჯგუფი(SC) n=10	26.25±3.28	23.625±3.73	1.13±0.23
საკონტროლო (C) n=10	27.87±2.47	15.62±3.29	1.86±0.42
P value* (RI-სა და SC-ს ჯგუფს შორის)	0.0056	0.0014	0.0002
p value ** ( RI -სა და C ჯგუფს შორის)	0.0111	0.1137	0.0116
P value *** (SC-სა და C ჯგუფს შორის)	0.0208	0.0049	0.0026

რაც შეეხება ოქსიდაციური სტატუსის გამოკვლევის შედეგებს, TOS-ის კონცენტრაცია სარწმუნოდ ნაკლებია RI ჯგუფში SC ჯგუფთან შედარებით ( 15.12±1.12 და 16.5±2 U/ml შესაბამისად). თუმცა TAS-ის და OSI-ს შემთხვევაში ჯგუფებს შორის სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილება ნანახი არ იქნა. (ცხრილი N 18).

ცხრილი N 18. მცირე დოზის რადიაციით გამოწვეული ანტიოქსიდაციური რეაქციების ცვლილებები, TOS და TAS კონცენტრაცია, Oxidative stress index (OSI), რომელიც დაანგარიშებულია ფორმულით:  $OSI = TOS/TAS$

	TOS (U/ml)	TAS (U/ml)	OSI
რადონის ინჰალაციის ჯგუფი (RI) (SC) n=10	15.12±1.12	0.90±0.24	18.35±7.17
არარადონის ინჰალაციის ჯგუფი (SC) n=10	16.5±2	0.85±0.26	21.15±6.92
საკონტროლო (C) n=10	15.25±1.03	0.91±0.24	18.23±6.77
<i>P value*</i> (RI-სა და SC- ს ჯგუფს შორის)	<i>0.0779</i>	<i>0.1753</i>	<i>0.0922</i>
<i>p value **</i> (RI -სა და C ჯგუფს შორის)	<i>0.3924</i>	<i>0.1753</i>	<i>0.4003</i>
<i>P value ***</i> (SC-სა და C ჯგუფს შორის)	<i>0.0532</i>	<i>0.1248</i>	<i>0.059</i>

## V. კვლევის შედეგების განხილვა

უდავოა და ეჭვს არ იწვევს ის ფაქტი, რომ რადიაცია, იქნება ეს მაინიზირებული თუ არამაინიზირებული, მოქმედებს ცოცხალს ორგანიზმზე. ჩვენი კვლევის შედეგებშიც ჩანს ის ცვლილებები, რაც დაკავშირებულია ყოველდღიურობაში, საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებულ არამაინიზირებელ რადიაციასთან, ერთი შეხედვით თითქოს „უწყინარ“, მაგრამ პოტენციურად საფრთხის შემცველ ფიზიკურ ფაქტორთან, და მეორეს მხრივ, ასევე ჩვენს საარსებო გარემოში არსებულ ბუნებრივი, მაინიზირებელი რადიაციის მცირე დოზების ზემოქმედებასთან.

მაინიზირებელი და არამაინიზირებელი რადიაცია სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე. ამ ფიზიკური ფაქტორის ზემოქმედებისას, გასათვალისწინებელია როგორც მისი ფიზიკური მახასიათებლები: დოზა, ტალღის სიხშირე, ინტენსივობა, მოქმედების ხანგრძლივობა - ანუ ყველა იმ თვლადი მონაცემის სიდიდე, რომელიც მას ახასიათებს, ასევე იმ ცოცხალის ორგანიზმის რეაქტიულობაც, რომელზეც მოქმედებს რადიაცია. რეატიულობაშიც არსებობს თვლადი მონაცემი, მაგ. SAR, მაგრამ გარდა ამისა, განსაკუთრებით რადიაციის მცირე დოზებით მოქმედებისას, როცა სასიცოცხლო სისტემის მთლიანი ან ნაწილობრივი ორგანული დაზიანება ჯერ კიდევ ხილული არ არის, მცირე ცვლილებების, კლინიკური ნიშნების გაჩენით, შესაძლებელია უჯრედული დონის დაზიანებაზე ეჭვის მიტანა.

რადიაციის, როგორც სტრესორის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა ნერვული სისტემა. შესაბამისად მაინიზირებელი და არამაინიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ორგანიზმის პირველი რეაქციაც შესაძლებელია კოგნიკური პროცესების ცვლილებით გამოიხატოს.

ჩვენი კვლევის შედეგებშიც ჩანს კავშირი ამ ფიზიკური ფაქტორით გამოწვეულ სტრესსა და კონგინტური პროცესების ცვლილებას შორის, კერძოდ: არამაინიზირებელი რადიაციის შემთხვევაში, როცა განვსაზღვრეთ სტრესის ბიოლოგიაში ჩართული ნეიროჰორმონების კონცენტრაციების ცვლილებები, აღმოჩნდა და ეს მოულოდნელიც არ იყო, რომ საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტომაგნიტური ველის 10 დღიანი ზემოქმედების შემდეგ მოიმატა დოფამინის,

ნორადრენალინის, ადრენალინის და სერტონინის კონცენტრაციებმა, ხოლო დღეში 3 წუთით მიკროტალღური რადიაციის 10 დღიანი არაპირდაპირი (ღუმელიდან გამოჟონილი) რადიაციის დასხვებისას აღნიშნული პარამეტრების სტატისტიკურად კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი მომატება დაფიქსირდა. მიკროტალღური რადიაციის შემთხვევაში, დამატებით შვეისწავლეთ კორტიზოლის კონცენტრაციის ცვლილებები და ქცევის ის ცვლილები, რას კასკადური რეაქციაა სტრესის ნეიროჰორმონების ზემოთაღწერილი ცვლილებების შესაბამისად, გამოიხატა შფოთვის განსხვავებული რეაქციებით, კერძოდ: ჩვენს კვლევაში, თუ მიკროტალღური რადიაციის 3 წუთიანი არაპირდაპირი 10 დღიანი მოქმედების დროს შფოთვა ჰიპერაქტიული მოტორული მოძრაობით გამოვლინდა, 800 MHz სიხშირის ელექტომაგნიტური ველის 10 დღიანმა წყვეტილმა (დღეში 10 საათი, 10 წუთში ერთხელ 10 წამიანი ზემოქმედება) ზემოქმედებამ ვირთაგვების 1/3-ში იმობილიზაცია, ხოლო 2/3-ში კი გამოხატულად გაძლიერებული მოტორული რეაქციები გამოიწვია, რაზეც შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ქცევის ტესტების შეფასებისას გავლილი მანძილით და იმობილიზაციაში არსებული დროით.

ჩვენი ყურადღება მიიქცია იმ ფაქტმა, რომ ღია ველის ტექსტის მონაცემებში, გავლილი მანძილი ემგ-ს მოქმედების ჯგუფი ვირთაგვებში მაღალი სტანდარტული გადახრით (SD) ფასდებოდა, რაც სტატისტიკურად არამყარ შედეგს გვაძლევდა, ამიტომ ტესტის შეფასებისას, აღნიშნული ჯგუფი გავყეთ ორად და მონაცემები ჯგუფის გაყოფის შემდეგ დავამუშავეთ.

ღია ველის ტესტებისგან განხვავებული რეაქციები მივიღეთ დადებითი გამღიზიანებლით გამოწვეული პირობითრეფლექსური ტესტების შეფასებისას. კერძოდ, ამ შემთხვევაში მოიმატა იმპულსურობამ, რამაც განაპირობა შესაბამისი ქცევები. სადაც ორი საკვებურის და 5-CSRTT ტესტებში, ემგ-ს მოქმედების საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველებში შეინიშნება ყუთის დატოვების შემცირებული დრო, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ ჯგუფის ცხოველები უფრო სწრაფად ტოვებენ ყუთს და ახორციელებენ ძიებით აქტივობას. ეს კი მიგვითითებს იმაზე, რომ ემგ-ს მოქმედებისას იცვლება მოტივაციასთან ასოცირებული რეაქციები და ცხოველში იმატებს

იმპულსურობა. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს ის, რომ რთული ამოცანების შესრულების ეფექტურობა დამოკიდებულია როგორც მოტივაციაზე, ასევე აგზნების დონეზეც, კერძოდ დავალების შესრულების ეფექტურობა აგზნების დონის უკუპროპორციულია ანუ მცირდება აგზნების მატებასთან ერთად. რაც შეეხება უფრო მარტივ დავალებებს, აქ ამოცანის შესრულების ეფექტურობა აგზნების მატების პროპორციულია (იერკს-დოდსონის კანონი), შესაბამისად, დადებით გამღიზიანებელთან დაკავშირებულ ტესტებში, სადაც საჭირო იყო ყურადღების და კონცენტრაციის მობილიზება რთული ალგორითმების დასასწავლად, საექსპერიმენტო ცხოველები ემგ-ს მოქმედებისას ძნელად ახერხებდნენ დასწავლა-დამახსოვრებას საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით.

ჩვენს კვლევაშიც ჩანს, რომ ემგ-ს მოქმედებისას ადგილი აქვს იმპულსურობის მომატებას, კერძოდ დადებით გამღიზიანებელთან დაკავშირებული ქცევისას, 5-CSRTT-ში და ორი საკვებურის ტესტის შედეგებში მნიშვნელოვნადაა მომატებული იმპულსურობა ისე, რომ იგი გავლენას ახდენს ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე და შედეგად ხელს უშლის საკვლევ ცხოველს სწორად შეასრულოს დაკისრებული დავალება. 5-CSRTT-ში იმპულსურობის გამოვლინებაა ტრიგერის მოქმედებამდე დაწყებული რექციები, კერძოდ სანამ ტრიგერი იმოქმედებს, ვირთაგვა რამდენჯერმე მიდის ნათურასთან, საკვებურთან და არ ელოდება სიგნალს.

ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითება 5-CSRTT-ში გამოიხატება არასწორ ნათურასთან მისვლების რაოდენობის მომატებაში, არასწორი დავალების შესრულებაში, მაგ. როცა ვირთაგვა მიდის ჯერ საკვებურთან და მერე ნათურასთან ან არ რეაგირებს ტრიგერზე, ვერ ამჩევს მას, ეს კი მოქმედებს დავალების შესრულების სიზუსტეზე.

ორი საკვებურის ტესტშიც მსგავსი მონაცემები მივიღეთ, კერძოდ ემგ-ს მოქმედებისას ადგილი აქვს დასწავლის გაძნელებას, საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები უფრო სწრაფად გამოდიოდნენ ყუთიდან და მიემართებოდნენ საკვებურისკენ, იქცეოდნენ უფრო უშიშრად და სწრაფად რეაგირებდნენ ტრიგერზე.

ყოველივე ზემოთმთხულიდან გამომდინარე, ჩანს რომ ემგ-ს მოქმედებისას ადგილი აქვს აგზნების მექანიზმებზე ზემოქმედებას, რაც აგზნების მატებაში გამოვლინდება.



თუ მოვახდენთ აღნიშნული შედეგების ექსტრაპოლაციას ადამიანებში, ყოველდღიურ ცხოვრებაში, ამის მაგალითია დაქვეითებული ყურადღება და კონცენტრაცია, განსაკუთრებით ბავშვებში, როცა ისინი დიდი ხნის განმავლობაში იმყოფებიან მობილური ტელეფონის მიერ გამომუშავებული ემვ-ს ქვეშ, შესაბამისად ვერ ახდენენ სწრაფ რეაგირებას, უქვეითდებათ ყურადღება, ვერ ახდენენ ყურადღების ფოკუსირებას ანუ დაქვეითებული აქვთ კონცენტრაციის უნარი, ტრიგერზე რეაგირება ან პირიქით, მომატებული აგზნებისას ადგილი აქვს გადამეტებულ რეაქციებს, მაგ. აგრესიულ ქცევას.

მეხსიერებაზე ემვ-ს მოქმედებისას გამოვლინდა მეხსიერების კონსილიდაციური პროცესების დარღვევები, რაც საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ემვ-ს გავლენით ირღვევა ინფორმაციის გადაცემის გზა, რომელიც დაკავშირებულია როგორც ჰიპოფიზთან, ასევე მის გარეთ მდებარე სტრუქტურებთან და რომლებიც მონაწილეობენ ახალი ობიექტის ამოცნობის დავალებაში. ერთი შეხედვით, ღია ველის ტესტში ახალი ობიექტისადმი ინტერესის კუთხით ემვ-სა და საკონტოლო ჯგუფი ვირთაგვებს შორის სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება ნანახი არ იქნა, თუმცა ზემოთთქმნილიდან გამომდინარე, მომატებული იმპულსურობა, დაქვეითებული ყურადღება და კონცენტრაცია ხელს უშლის ახალ ობიექტისა თუ მოვლენის ამოცნობას, მათ შორის ტრიგერისაც.

მობილური ტელეფონით მიღებული ემვ-ს მოქმედებისას ვირთაგვებში მცირდება სივრცითი მეხსიერება და დასწავლა, თუმცა კვლევების მე-10 დღეს, ორი საკვებურის ტესტის შედეგებში, ემვ-ს მოქმედებისას მეხსიერების დაქვეითება არ გამოვლენილა, ამ შემთხვევაში მხოლოდ დავალების შესრულებისას ქცევის ცვლილებები იქცევდა ყურადღებას, რაც გამოიხატა სტიმულზე სწრაფ რეაქციებში. აღნიშნულის მიზეზი შესაძლებელია იყოს ქსოვილების, მათ შორის ტვინის ქსოვილის მიერ ემვ-ს აბსორბციის ხარისხთან დაკავშირებული ქცევის ცვლილებების მიმართულებით. მაგალითად: თავში და ვირთაგვაში ჩატარებულ კვლევებში გამოვლინდა, რომ ერთიდაიმავე სიხშირის ემვ-ს მოქმედებისას გამოვლინდა სივრცითი მეხსიერების დარღვევები, თუმცა იმავე ექსპერიმენტის მიხედვით, როცა ემვ-ს ექსპოზიცია შეწყდა, ვირთაგვები 3-ჯერ სწრაფად ასრულებდნენ მორისის ავზის

ტექსტს (სივრცითი მეხსიერების შესაფასებლად), ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვები (Li Y., et al 2019).

რაც შეეხება უარყოფით გამლიზიანებელთან დაკავშირებულ მეხსიერების ცვლილებებს, ემგ-ს მოქმედებისას პასიური განრიდების ტესტში ჩანს რომ მტკივნეული გამლიზიანებლის მიღებიდან 20 წუთის შემდეგ ტესტის ხელახალი გამეორებისას, ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების ქვეშ მყოფი საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველების დიდი ნაწილი მაინც შედის კამერის ბნელ ნაწილში საკონტროლო ჯგუფისგან განსხვავებით. კვლევის მე-5მდღეს, ისინი კვლავ შედიან და მალევე გამოდიან, ხოლო 30-ე დღეს აღარ შედიან კამერის ბნელ ნაწილში.

ეს ქცევა იმაზე მეტყველებს, რომ აქაც წამყვანია იმპულსურობა და მასთან დაკავშირებული მეხსიერების კოდირების შეფერხება. ეს ტესტი ფსიქოემოციური სახის მეხსიერების შესწავლაში გვეხმარება. კამერის ბნელი ნაწილი ვირთაგვას საცხოვრებელ ადგილთან, დადებით ემოციასთან და სიმშვიდესთან ასოცირდება, მაშინ როცა მტკივნეული იმპულსი ცხოველმა იმ გარემო მიიღო, რომელიც დადებით ემოციასთან იყო დაკავშირებული, წარმოიქმნა ე.წ. კონფლიქტი, ეს კი ძლიერ ემოციას წარმოადგენს, რამაც კიდევ უფრო იმოქმედა იმპულსურობაზე, რადგან რთული დავალების შესრულებისას, გამლიერებული აგზნება ხელს უშლის დავალების სწორად შესრულებას.

ძლიერ ემოცია, ჩვენს შემთხვევაში კონფლიქტური: დადებითი - სიმშვიდე, სახლის ხატი და უარყოფითი - ტკივილი, უკვე წარმოადგენს სტრეს ფაქტორს. მიუხედავად იმისა, რომ ავტონომიური ნერვული სისტემა სიმპატიკური და პარასიმპატიკური ნაწილების ამოქმედებით სხეულს ემოციური რეაქციებისათვის ამზადებს, ასეთი კონფლიქტური ემოციისთვის ცხოველი მზად არ არის, მით უმეტეს ემგ-ს მოქმედებით გამოწვეული იმპულსურობის პირობებში: სუსტი, უსიამოვნო სტიმულაციის შემთხვევაში უფრო აქტიურია სიმპატიკური ნაწილი. სუსტი, სასიამოვნო სტიმულაციის დროს - პარასიმპატიკური ნაწილი. ნებისმიერი ტიპის უფრო ძლიერი სტიმულაციის შემთხვევაში ორივე ნაწილი უფრო ძლიერად არის ჩართული და ხელს უშლის დავალების სწორად შესრულებას.

ინფორმაციის შინაარსს, ისევე როგორც განწყობას, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მეხსიერების პროცესებში. თუ ინფორმაციის შინაარსი საინტერესოა ინდივიდისთვის,

მისი დამახსოვრება უფრო იოლად ხდება, ვიდრე ინდივიდისთვის არასაინტერესო შინაარსის მქონე ინფორმაციისა. ასევე თუ ინტერესი პერიფერიულია, ნუ ინფორმაციის შინაარსი არ იწვევს ინტერესს, ყურადღების და კონცენტრაციის მობილიზებით შესაძლებელია მისი მეხსიერებაში აღბეჭდვა, თუმცა არსებობს მისი დეტალურად აღდგენა შეუძლებელია ვერ მოხდეს, მაშინ როცა თუ ინდივიდს პირდაპირი ინტერესი გააჩნია გარკვეული ინფორმაციის მიმართ, ის იოლად ინახება მეხსიერებაში და ამ ინფორმაციის დეტალების აღდგენაც იოლად არის შესაძლებელი, შესაბამისად, ჩვენი კვლევის შედეგებში მიღებული მონაცემები განსხვავებულია დადებით და უარყოფით სტიმულთან დაკავშირებული მეხსიერების დროს.

იმისათვის რომ მოხდეს ემოციურად მნიშვნელოვანი ინფორმაციის დამახსოვრება, იქნება ეს დადებითი (სახლის გარემო, თუ უარყოფითი - ტკივილის სტიმული), აღქმის პროცესი წინ უნდა უსწრებდეს კოდირებას და ინფორმაციის მოძიება (აღდგენა) უნდა მოსდევდეს მას, ჩვენს შემთხვევაში, დადებითი სტიმულის-სახლის ხატის გაანალიზება ანუ აღქმა წინ უძღვის კოდირებას, მაგრამ როგორ აღქმა, ისევე აღდგენა შეფერხებულია ტესტის პირველ დღეს (20 წუთის შემდეგ) და შედარებით ნაკლებად პირველი ტესტირებიდან მე-5 დღეს.

ჩვენი ორგანიზმი ისეა მოწყობილი, რომ ფიზიოლოგიურად ძლიერი ემოციები აიძულებს სხეულს მოემზადოს საფრთხისთვის. სიმპათიკური ნერვული სისტემის აგზნებით ადგილი აქვს ადრენალინის გამომუშავებას, შესაბამისად იცვლება შაქრის დონე სისხლში, იმატებს წნევა, ნერწყვდენა, ოფლის გამოყოფა, პარასიმპათიკური ნაწილის აგზნებისას პირიქით, დამამშვიდებელი მოქმედება გააჩნიათ. ჩვენს შემთხვევაში ხდება ორივე სისტემის ერთდროული გააქტიურება, რაც მოქმედებს ქცევაზე, აზნევს ცხოველს, რომელსაც უჭირს გადაწყვეტილების მიღება და დავალების სწორად შესასრულებლად მეხსიერების, ყურადღების და კონცენტრაციის მობილიზებაა საჭირო. სწორედ ამით აიხსნება ის განსხვავებული შედეგები, რომელიც მივიღეთ დადებითი და უარყოფითი გამღიზიანებლის არსებობას მეხსიერების ტესტების შედეგებში. ანუ მიუხედავად იმისა, რომ საქმე მეხსიერების კოდირებას ეხება, ემგ-ს დროს, განსაკუთრებით ირღვევა ფსიქომოციური სახის მეხსიერების პროცესები და ეს გამოხატულია ემგ-ს მოქმედებიდან პირველი 5 დღის შუალედში, მე-5 და 30-ე დღეს, როცა ემგ-ს მოქმედების უკვე შორეული ეფექტები შესუსტებულია,

საცდელი ცხოველის ქცევა აღარ განსხვავდება ემვ-ს გარეთ მყოფი ცხოველის ქცევისგან.

ორგანიზმი ემოციურ სიტუაციებზე ფიზიოლოგიური აგზნებით პასუხობს. ზედმეტად სუსტი ფიზიოლოგიური სტიმულაცია, ჩვენს შემთხვევაში დადებითი გამღიზიანებელი ორი საკვებურის ტესტის დროს, შესაძლოა, არ იყოს საკმარისი იმისთვის, რომ ცხოველმა შეძლოს ქცევის ეფექტურად ორგანიზება და დავალების სწორად შესრულება და პირიქით ზედმეტად ძლიერი სტიმულაციის დროსაც ვერ სრულდება დავალება სწორად და ამის მიზეზის კოგნიციის ემოციით გადაფარვაა. შედეგად კი ორივე შემთხვევაში ვერ ხერხდება დავალების შესრულება: ერთდროულად უარყოფითი და დადებითი გამღიზიანებლის მიერ შექმნილი კონფლიქტი ხელს უშლის მეხსიერების კოდირებასაც და როცა ემვ-ის მიერ ხდება ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითება, ცხოველი, რომელმაც უნდა დაიმახსოვროს მოვლენა ან სურათი, ვერ ახერხებს სწორად დაიმახსოვროს იგი. როცა ყურადღება და კონცენტრაცია მოიმატებს და დაიკლებს იმპულსურობა, ცხოველი შეძლებს დავალება სწორად შეასრულოს. ეს კი ჩვენს შემთხვევაში ასე გამოვლინდა: ემვ-ში მოთავსებიდან 10 დღიანი პერიოდის შემდეგ, როცა პასიური განრიდების ტესტი ჩავატარეთ, გაღიზიანების მიღებიდან 20 წუთში, ცხოველმა (საკონტროლო ჯგუფისგან განსხვავებით) ვერ შეძლო დავალების დამახსოვრება შევიდა კამერის ბნელ ნაწილში, სადაც 20 წუთით ადრე მიიღო მტკივნეული გაღიზიანება. ამის შემდეგ, მე-5 დღეს, იგივე ცხოველი შედის კამერის ბნელ ნაწილში, მაგრამ მალევე გამოდის უკან, ანუ ფაქტია, რომ ცხოველს შემონახული აქვს მეხსიერება ან მისი ნაწილი მაინც, მაგრამ ვერ ახერხებს სწორად შეასრულოს დავალება, ხოლო 30-ე დღეს, უკვე სწორად ასრულებს დავალებას და განსხვავება საკონტროლო ჯგუფის ცხოველის ქცევასთან აღარ არის. ამის მიზეზი კი გარდა ზემოთთქმნილისა ისიც არის, რომ ხანგრძლივი მეხსიერების მოცულობა თუ შემონახვის დრო განუსაზღვრელია და გამოირჩევა სტაბილურობით. მასზე გავლენას ახდენს როგორც ემოციური სფეროს ჩართულობა, ასევე განწყობა, მოლოდინი, გაგება, აღმასა და აღდგენას შორის არსებული პერიოდი (ლატენტური პერიოდი). ამ დროს გახსნება ანუ რეპროდუქცია ხდება სიტუაციის თავისებურებებისა თუ გასახსენებელი ინფორმაციის კონტექსტის გათვალისწინებით. შესაბამისად, ჩვენს შემთხვევაში არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედების 10

დღიანი ციკლიდან 30-ე დღეს ვირთაგვას შეეძლო მიღებული ინფორმაციის სრულად დამუშავება და მეხსიერების ციკლის უშეცდომოდ რეპროდუქცია.

თუკი აღნიშნულ ინფორმაციას გადმოვიტანთ ადამიანის მოდელზე, ემგ-ს მოქმედებისას საფრთხის ქვეშაა დავალების შესრულების სისწორე, განსაკუთრებით ძლიერი სტიმულის არსებობისას, როცა პირიქით, ამ დროს არის საჭირო ყურადღების, კონცენტრაციის და მეხსიერების მობილიზაცია. შესაბამისად, ძნელდება დამახსოვრება, გაძნელებულია აღდგენაც, რაც მოქმედებს დასწავლის და დასწავლილის გახსენების (აღდგენა) პროცესებზე.

მეხსიერების პროცესებში ემოციურობის დასადგენად ჩატარებული ტესტების შედეგებშიც ჩანს, რომ არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ადგილი აქვს ემოციურობის მომატებას, რაც ღია ველის ტესტში ბოლუსების რაოდენობით განისაზღვრება. ცნობილია, რომ ცხოველში ემოციურობა კავშირშია (Hall C. 1934) დეფეკაციასთან და მომატებული ემოციურობის დროს მომატებულია ბოლუსების რაოდენობაც. ჩვენ კვლევაშიც ბოლუსების მეტი რაოდენობა გამოვლინდა არამაიონიზირებელი რადიაციის (ემგ-სა და მიკროტალღური რადიაციის) ჯგუფებში, საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით.

იმისა დასადგენად, თუ რა ედო საფუძვლად ემოციურობის და იმპულსურობის მომატებას და ყურადღებისა და კონცენტრაციის დაქვეითებას არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას, ჩავატარეთ შფოთვის დონის დასადგენი ქცევის ფიზიოლოგიური ტესტები ღია ველსა და ჯვარედინ ლაბირინთში, სადაც მიღებული შედეგებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ორივე შემთხვევაში, მიკროტალღური რადიაციისა თუ ემგ-ს ზემოქმედებისას ადგილი აქვს შფოთვითი რეაქციების გაძლიერებას, კერძოდ: ღია ველის ტესტში ცხოველებში გამოხატულია ლოკომოტორული აქტივობის ცვლილება (ემგ-ს დროს ცხოველების 1/3-ში იმობლიზაციით, დანარჩენს ჯგუფებში ლოკომოტორული აქტივობის მომატებით) და მასთან დაკავშირებული ქცევა, მაგალითად: არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედების მოქმედების ჯგუფის ცხოველები, მიუხედავად გავლილი მანძილის სიდიდისა, ერიდებიან ღია ველის მანქის ცენტრალურ ნაწილში შესვლას, რაც არ ახასიათებს საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებს, ნაკლებად კვეთენ ცენტრალურ კვადრატებს და რჩებიან მანქის პერიფერიაზე, აქვთ თავის აწევების და ფეხზე

დგომათა რიცხვი, რაც განსაკუთრებით მეტია მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფში, ემგ-სთან შედარებით, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ მიკროტალღურ რადიაციას უფრო მეტად იწვევს ქცევის გამოხატულ ცვლილებას, ვიდრე ემგ, ანუ ე.წ. დოზა-დამოკიდებულ ცვლილებებს.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ჩვენი კვლევის ტესტებში გრუმინგის რაოდენობაც ნაკლები იყო არამაიონიზირებელი რადიაციის ჯგუფში, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ პროცესებთან დაკავშირებული აღქმის პროცესები, ის რაც მეხიერების სხვადასხვა ეტაპის კონსოლიდაციისთვის არის საჭირო - გაუაზრებლად და იმპულსურად ხდება. კერძოდ, გრუმინგის დროს ცხოველი ასრულებს სტრეოტიპულ ქმედებას, რომელიც თანმიმდევრული ჯაჭვებისგან შედგება (Kalueff A., et al. 2016). კვლევებით დგინდება, კავშირი შფოთვის მსგავსი რეაქციის შემთხვევისას და გრუმინგის რაოდენობას შორის, კერძოდ შფოთვის მსგავსი რეაქციებისას ამიგდალას მიერ დოფამინის გამოყოფას და ეს სწორედ ეს პროცესები არიან ასოცირებულნი სტრესის დროს გაქცევა-შეტევა რეაქციებში (Rooszendaal B., et al. 2009), რაც იმას ნიშნავს, რომ გრუმინგის დროს ხდება „ქმედების, რეაქციის დაგეგმვა“. მაშინ როცა გრუმინგი შემცირებულია, ცხოველი მოქმედებს იმპულსურად და გაუაზრებლად, რასაც ადგილი ჰქონდა ჩვენს შემთხვევაშიც არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას. აღნიშნულის გარდა დადასტურებულია ემგ-ს პირდაპირი მოქმედება თავის ტვინის დოფამინურ სისტემაზე, რასაც საფუძვლად უდევს ემგ-ს პირდაპირი მოქმედება კოტრიკოსტრონის და D1-დოფამინის რეცეპტორებზე. ემგ-ს მოქმედებით გამოწვეული დოფამინის კონცენტრაციასა და მასთან დაკავშირებული ლოკომოტორული აქტივობაში თუ რა ფაქტორს ენიჭება მნიშვნელოვანი როლი შესწავლილი არ არის.

ჩვენი კვლევის შედეგებში, მოუხედავად იმისა, რომ გრუმინგის რაოდენობაში განსხვავება საკვლევ და საკონტროლო ჯგუფს შორის ნანახი არ იქნა, უფრო გაღრმავებული კვლევით, შევადარეთ გრუმინგის ხანგრძლივობა და აღმოჩნდა, რომ არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ადგილი ჰქონდა გრუმინგის ეპიზოდებს, მაგრამ არა სრულ ციკლებს, კერძოდ მისი ხანგრძლივობა ძალიან იყო შემცირებული, საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ცხოველი არ მოქმედებს გააზრებულად, რაც შემდეგ უკვე გავლენას ახდენს მეხსიერების მთელ ციკლზე.

ის რომ არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას მეხსიერების პროცესების პარალელურად ნეიროგენეზზე მოქმედი ფაქტორი - ჰორმონი გრელინის კონცენტრაცია არ იცვლება, მიგვანიშნებს იმაზე, რომ მორფოლოგიურად, არ არსებობს საფუძველი იმისა, რომ ვივარაუდოთ გაძლიერებული ნეიროგენეზი დაქვეითებული მეხსიერების მხარდასაჭერად.

არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას შფოთვის და ემოციურობის შესაფასებლად, ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტებშიც ჩანს რომ ცხოველები უფრო უშიშრები ხდებიან და მნიშვნელოვნად მეტ დროს ატარებდნენ ლაბირინთის ღია მხარეს, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები. ჯვარედინი ლაბირინთის ცენტრში შესვლათა მნიშვნელოვნად მეტი რაოდენობა მიკროტალღური რადიაციის მოქმედების ჯგუფშია. ეს კი იმაზე მეტყველებს, რომ აქაც საფრხის არიდება ნაკლებად ხდება, რასაც საფუძველად შესაძლოა ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითება ედოს.

ზემოთაღწერილ ცვლილებებს ადგილი ჰქონდა არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას, თუმცა მაინიზირებელი რადიაციის მცირე დოზების ქცევაზე გავლენის შესწავლისას განსხვავებული შედეგები იქნა მიღებული, კერძოდ კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის ძალიან მცირე დოზები იწვევენ ანქსიოლოგიურ მოქმედებას. როცა წყალტუბოს რადონშემველი წყლით ინჰალაციის შემდეგ შევსწავლეთ შფოთვის დონე, აღმოჩნდა, რომ იგი დაქვეითებული იყო, რაც დასტურდება ღია ველის და ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტებით.

ჩვენს კვლევაში, როდონის მცირე დოზებით მოქმედებას საცდელი ცხოველის ლოკომოტორულ აქტივობასა და იმობილიზაციაზე გავლენა არ მოუხდენია, მაგრამ ქცევის ანალიზისას ჩანს, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზის ზემოქმედებისას ადგილი აქვს შფოთვითი რეაქციების შემცირებას, რაც გამოიხატა ცენტრალურ კვადრატებში შესვლასთან დაკავშირებული წინააღმდეგობის გადალახვაში, კვადრატების გადაკვეთის რიცხვის შემცირებაში, ჯვარედინი ლაბირინთის ღია ნაწილში მეტ ხანს დაყოვნებაში.

ემოციურობის კუთხითაც, რადონის ინჰალაციის შემდეგ, ბოლუსების ნაკლები რაოდენობა დავითვალეთ იმ ჯგუფში, რომელსაც აღენიშნებოდა შფოთვა და ანქსიოლოგიური ეფექტი რადონის ინჰალაციით მივიღეთ.

იმის დასადგენად, თუ რა ედო საფუძვლად შფოთვის რეაქციების დაქვეითებას, შევაფასეთ ანტიოქსიდაციური რეაქციები და ოქსიდაციური სტატუსის ცვლილება რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციისას.

ანტიოქსიდანტური სისტემის აქტივაციის შესამოწმებლად გავზომეთ GSH კონცენტრაცია, რომელიც ჩართულია ორგანიზმის ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში და მისი დაჟანგვის პროდუქტი GSSG. GSH-სა და GSSG-ს შორის თანაფარდობა წარმოადგენს ოქსიდაციური სტრესის მარკერს. GSH-ს გააჩნია ანტიოქსიდაციური ფუნქცია, რომელიც მოქმედებს ROS-სე (Tseng et al., 2014). GSH-ის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება GSSG-ის მოცულობა და შემდეგ მათი თანაფარდობის GSH / GSSG განსაზღვრა, საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ჟანგვითი პროცესების ინტენსივობა ნერვულ უჯრედში (Owen & Butterfield 2010), მაგალითად ამ მაჩვენებლის შემცირებას ადგილი აქვს ალცჰეიმერის დაავადების, ჰენტიტის ქორეა და სხვა ნევროლოგიური პათოლოგიისას (Aoyama & Nakaki 2013).

ჩვენს შემთხვევაში, რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის დროს ადგილი ჰქონდა GSH / GSSG თანაფარდობის გაზრდას, რაც დაკავშირებული იყო GSH -ის კონცენტრაციის მნიშვნელოვნად მომატებასთან.

თავის ტვინში ოქსიდაციური პროცესები განსაკუთრებული სიმწვავეით მიმდინარეობს. ამის მიზეზი კი არამარტო თავის ტვინის ცხიმოვან ქსოვილში და უჯრედის მემბრანაშიც მიმდინარე ლიპოლიზის პროცესები, არამედ ანტიოქსიდაციური ფერმენტების შედარებით ნაკლები ოდენობაა სხვა ქსოვილებთან შედარებით (Ho et al., 1997).

ზემოხსენებული ანტიოქსიდანტური რეაქციები, ოქსიდაციური სტრესის მახასიათებლებთან ერთად, გვხვდება მთლიანი სურათის დანახვაში.

ჩვენი კვლევის შედეგებიდან შეიძლება დავასუნათ, რომ GSH / GSSG თანაფარდობა სტრესთან და შფოთვასთან ერთად მცირდება. ამის მიზეზი კი GSH დაჟანგვის ზრდაა, რაც ვლინდება GSSG კონცენტრაციის მატებით.

ოქსიდაციურ სტრესს ადგილი აქვს მაშინ, როცა ირღვევა ანტიოქსიდანტების თანაფარდობა ოქსიდანტებთან (Dondoladze K. et al, 2021). ოქსიდანტების რაოდენობის შესაფასებლად გავზომეთ ოქსიდაციური სტრესის ბიომარკერები, კერძოდ ოქსიდაციური სტრესის ყველაზე ზუსტი ბიომარკერი - ოქსიდაციური სტრესის



ინდექსი ანუ თაფარდობა TOS-ისა TAS-თან. ოქსიდაციური სისტემის ჰომეოსტაზის დარღვევა კლინიკურად ვლინდება სხვადასხვა ნევროლოგიური დაავადების სახით (Büyükaslan et al., 2016).

ჩვენს კვლევაში გამოვლინდა, რომ რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციისას ადგილი აქვს TOS-ის რაოდენობის ოდნავ შემცირებას და TAS-ს გაზრდას, თუმცა მონაცემები სტატისტიკური სანდოობით არ გამოირჩევა. მაგრამ სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი მაჩვენებლები მივიღეთ ანტიოქსიდანტური სისტემების ცვლილებების კუთხით, როცა რადონის ზემოქმედებით, ანტიოქსიდანტური სისტემების გააქტიურება მოხდა. კლინიკურადაც, ქცევის ტესტებით დადასტურდა აღნიშნული ცვლილებები, რაც შფოთვითი რეაქციების დაქვეითებაში გამოიხატა. ანუ რადონის ზემოქმედებისას შფოთვის დროს ანჰიოლიზური ეფექტის საფუძველს გაძლიერებული ანტიოქსიდაციური რეაქციები წარმოადგენს. ყოველივე ეს კი მიუთითებს რადონის ჰორმეზისზე: ანტიოქსიდანტური ჯგუფების აქტივაციით მიღებულ ანჰსიოლოზურ ეფექტზე.

## VI. დასკვნები და რეკომენდაციები

თანამედროვე საარსებო გარემოში არსებული მაინიზირებელი და არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე ფართო განხილვის საგანია.

ცვლებები, რომელსაც ადგილი ასეთი სახის რადიაციის მოქმედებასთან, გავლენას ახდენს ყველა ორგანოსა თუ სისტემის მუშაობაზე. ამის მიზეზი კი ისაა, რომ რადიაცია - ეს არის ფიზიკური ფაქტორი, რომელსაც შეუძლია სტრესის გამოწვევა. სტრესის რეგულაციაში კი მთელი ორგანიზმია ჩართული.

ის რომ რადიაცია, თუნდაც მცირე დოზებით წარმოადგენს სტრესის გამომწვევ ფიზიკურ ფაქტორს, დგინდება სტრესის რეაქციების შესწავლით: ნეიროჰორმონული ცვლილებებით თუ კლინიკურად გამოვლენილი სიმტომებით.

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია სამი სახის გამოხსივების: ელექტრომაგნიტური ველის, მიკროტალღური რადიაციის და რადონის საყოფაცხოვრებო პირობებში არსებული დოზის მოქმედებისას მიღებული შფოთვისა და მეხსიერების სხვადასხვა ფორმების (მოკლე, გრძელვადიანი, დადებითი და უარყოფითი სტიმულის არსებობა) ცვლილებები.

ჩვენი კვლევისთვის გამოვიყენეთ და ლაბორატორიულ პირობებში შევქმენით საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული მაინიზირებელი და არამაინიზირებელი რადიაციის მოდელები.

მაინიზირებელი და არამაინიზირებელი რადიაცია სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ორგანიზმზე. ჩვენი კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ მდრღნელებში, საყოფაცხოვრებო სიხშირის არამაინიზირებელი რადიაციის გავლენით ხდება შფოთვითი რეაქციების გამომუშავება და იგი გამოვლინდება ქცევის სხვადასხვა ასპექტის ცვლილებით: ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითებით, იმპულსურობის მომტებით, იმობილიზაციით ან პირიქით, ლოკომოტორული აქტივობით. ყოველივე ეს კი მოქმედებს მეხსიერების პროცესების სწორად მიმდინარეობაზე და გამოვლინდა მეხსიერების დაქვეითების სახით.

რაც შეეხება საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებულ მაინიზირებელი რადიაციის მცირე დოზებით გამოწვეულ ცვლილებებს, ჩვენი კვლევის შემთხვევაში ადგილი

ჰქონდა ანტიოქსიდაციური სისტემების გააქტიურებას და ოქსიდაციური პროცესების დაქვეითებას, გამოწვეულს ბუნებრივ თერმულ წყლებში შემავალი რადონის მცირე დოზის ინჰალაციით. ეს რეაქციები კლინიკურად გამოვლინდა შფოთვის დონის შემცირებით. აღნიშნულ ცვლილებას კი საფუძვლად ედო რადონის ჰორმონის ანტიოქსიდაციური მექანიზმების გააქტიურების გზით.

დასკვნები:

1. საარსებო გარემოში არსებული არამაიონიზირებელი რადიაცია ძუძუმწოვარზე მოქმედებს როგორც სტრესორი და იწვევს შფოთვითი რეაქციების განვითარებას, რომელიც დასტურდება ქცევითი ტესტებით და სტრესის ბიოლოგიაში ჩართული ნეიროჰორმონების კონცენტრაციების ცვლილებებით.

2. საარსებო გარემოში არსებული არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას განვითარებული შფოთვა ძუძუმწოვარში გამოვლინდება იმპულსურობის მომატებით, ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითებით.

3. საარსებო გარემოში არსებული არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას განვითარებული შფოთვითი რეაქციები, რომლებიც გავლენას ახდენენ იმპულსურობაზე, ყურადღებისა და კონცენტრაციის დაქვეითებით იძლევა მეხსიერების დაქვეითების სურათს ძუძუმწოვარში;

4. ძუძუმწოვარში, საარსებო გარემოში არსებული არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებით ხდება შფოთვის მდგომარეობაში დასწავლისას შექმნილ დადებით სტიმულთან დაკავშირებული უარყოფითი ემოციის მიერ ამ სტიმულებზე პასუხის შემცირება, რისი საფუძველიც არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებით გამოწვეული ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითება და მომატებული იმპულსურობაა.

5. საარსებო გარემოში არსებული მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებით ხდება შფოთვის დონის შემცირება. აღნიშნული ანქსიოლიზური ეფექტის მიღება ხდება ნერვულ ქსოვილში ანტიოქსიდაციური რეაქციების გაძლიერებით.

რეკომენდაციები:

ჩვენს კვლევას საფუძვლად უდევს საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული არამიონიზირებელი და მაიონიზირებელი რადიაციით გამოწვეული ცვლილებები. უდავოა და ეჭვს არ იწვევს ფაქტი, რომ რადიაცია გავლენას ახდენს ორგანიზმზე. უარყოფით თვისებებთან ერთად, შესაძლებელია რადიაციის დადებით თვისებებზე საუბარიც.

პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს ის, რომ საჭიროა შეფასდეს ის საფრთხეები, რომელსაც შეუძლია დაარღვიოს ჰომეოსტაზი და საფრთხე შეუქმნას ჯანმრთელობას. ჩვენს შემთხვევაში, ვსაუბრობთ რადიაციაზე, როგორც ფიზიკურს ფაქტორზე, რომელსაც შესწევს უნარი შეცვალოს ორგანიზმში მიმდინარე ბუნებრივი პროცესები.

საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული რადიაციით გამოწვეული ჯანმრთელობის შორეული ცვლილებები სრულად შესწავლილი არ არის, შესაბამისად, მნიშვნელოვანია გაგრძელდეს კვლევა არა მხოლოდ არამაიონიზირებელი რადიაციის მავნე ზემოქმედების, ასევე მაიონიზირებელი რადიაციის დადებითი ეფექტების სრულფასოვანი შეფასებისთვის, ასევე დოზა-დამოკიდებული ალგორითმის დაზუსტებისთვის.

მიზანშეწონილია გაგრძელდეს რადიაციული სტრესის მექანიზმების შემდგომი შესწავლა, რათა თავიდან იქნას აცილებული ყველა ის რისკი, რომელიც უარყოფითად მოქმედებს ჯანმრთელობაზე.

მომზადდეს რეკომენდაცია, ბავშვებში ელექტრონული აპარატების გამოყენების დროის შეზღუდვასთან დაკავშირებით.

კვლევის შედეგები გაეგზავნოს მიკროტალღური ღუმელების მწარმოებელ კომპანიებს, რათა მოხდეს პროდუქციის ხელახალი შემოწმება.

გაღრმავდეს კვლევა რადონის ჰორმეზის შესასწავლად და გაღრმავებული კვლევის შემდგომ კურორტოლოგიის მეთოდი, რომელიც გულისხმობს ინჰალაციის გზით რადონის მცირე დოზებით მიწოდებას, აღიარებულ იქნას შფოთვის სამკურანალო არაინვაზიურ საშუალებად.

## VII. ბიბლიოგრაფია

1. Adelman, J. S., & Estes, Z. (2013). Emotion and memory: a recognition advantage for positive and negative words independent of arousal. *Cognition*, 129(3), 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.08.014>
2. Ahlbom IC, Cardis E, Green A, Linet M, Savitz D, Swerdlow A; ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) Standing Committee on Epidemiology. Review of the epidemiologic literature on EMF and Health. *Environ Health Perspect*. 2001 Dec;109 Suppl 6(Suppl 6):911-33. doi: 10.1289/ehp.109-1240626. PMID: 11744509; PMCID: PMC1240626.
3. Al Abdi RM, Alhitary AE, Abdul Hay EW, Al-Bashir AK. Objective detection of chronic stress using physiological parameters. *Med Biol Eng Comput*. 2018 Dec;56(12):2273-2286. doi: 10.1007/s11517-018-1854-8. Epub 2018 Jun 18. PMID: 29911251.
4. Alhola, P., & Polo-Kantola, P. (2007). Sleep deprivation: Impact on cognitive performance. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 3(5), 553–567.
5. Allen, M. J., & Sharma, S. (2020). Physiology, Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH). In StatPearls. StatPearls Publishing.
6. Almaraz-Espinoza, A., & Grider, M. H. (2020). Physiology, Long Term Memory. In StatPearls. StatPearls Publishing.
7. APA- STRESS IN AMERICATM 2020 Stress in the Time of COVID-19 VOLUME THREE JULY 2020
8. Aulich, D., & Vossen, J. M. (1978). Behavioural conflict in two strains of rat: Home cage preference versus dark preference. *Behavioural processes*, 3(4), 325–334. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(78\)90005-0](https://doi.org/10.1016/0376-6357(78)90005-0)
9. Averbeck, D., Candéias, S., Chandna, S., Foray, N., Friedl, A. A., Haghdoost, S., Jeggo, P. A., Lumniczky, K., Paris, F., Quintens, R., & Sabatier, L. (2020). Establishing mechanisms affecting the individual response to ionizing radiation. *International journal of radiation biology*, 96(3), 297–323. <https://doi.org/10.1080/09553002.2019.1704908>

10. Babb, J. A., Masini, C. V., Day, H. E., & Campeau, S. (2013). Stressor-specific effects of sex on HPA axis hormones and activation of stress-related neurocircuitry. *Stress* (Amsterdam, Netherlands), 16(6), 664–677. <https://doi.org/10.3109/10253890.2013.840282>
11. Baddeley A. (1992). Working memory. *Science* (New York, N.Y.), 255(5044), 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
12. Baes, C. v., Martins, C. M., Tofoli, S. M., & Juruena, M. F. (2014). Early Life Stress in Depressive Patients: HPA Axis Response to GR and MR Agonist. *Frontiers in psychiatry*, 5, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2014.00002>
13. Bagheri Hosseinabadi, M., Ebrahimi, M. H., Khanjani, N., Biganeh, J., Mohammadi, S., & Abdolahfard, M. (2019). The effects of amplitude and stability of circadian rhythm and occupational stress on burnout syndrome and job dissatisfaction among irregular shift working nurses. *Journal of clinical nursing*, 28(9-10), 1868–1878. <https://doi.org/10.1111/jocn.14778>
14. Bagheri Hosseinabadi, M., Khanjani, N., Ebrahimi, M. H., Haji, B., & Abdolahfard, M. (2019). The effect of chronic exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on sleep quality, stress, depression and anxiety. *Electromagnetic biology and medicine*, 38(1), 96–101. <https://doi.org/10.1080/15368378.2018.1545665>
15. Bali, A., & Jaggi, A. S. (2016). An Integrative Review on Role and Mechanisms of Ghrelin in Stress, Anxiety and Depression. *Current drug targets*, 17(5), 495–507. <https://doi.org/10.2174/1389450116666150518095650>
16. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshhammer H, Lercher P, Müller K, Oberfeld G, Ohnsorge P, Pelzmann P, Scheingraber C, Thill R. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health*. 2016 Sep 1;31(3):363-97. doi: 10.1515/reveh-2016-0011. PMID: 27454111.

17. Bernhardt JH. Nichtionisierende Strahlen und energietechnische Felder , Nonionizing radiation and electromagnetic fields. *Offentl Gesundheitswes.* 1991 Aug-Sep;53(8-9):409-14. German. PMID: 1837859.
18. Berry, R., 3rd, & López-Martínez, G. (2020). A dose of experimental hormesis: When mild stress protects and improves animal performance. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 242, 110658. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110658>
19. Blank M. (2008). Protein and DNA reactions stimulated by electromagnetic fields. *Electromagnetic biology and medicine*, 27(1), 3–23. <https://doi.org/10.1080/15368370701878820>
20. Bonnet-Belfais, M., Lambrozo, J., & Aurengo, A. (2013). Comment: childhood leukaemia and power lines--the Geocap study: is proximity an appropriate MF exposure surrogate?. *British journal of cancer*, 109(5), 1382–1383. <https://doi.org/10.1038/bjc.2013.423>
21. Bower G. H. (1981). Mood and memory. *The American psychologist*, 36(2), 129–148. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.36.2.129>
22. Brill, A. B., Becker, D. V., Donahoe, K., Goldsmith, S. J., Greenspan, B., Kase, K., Royal, H., Silberstein, E. B., & Webster, E. W. (1994). Radon update: facts concerning environmental radon: levels, mitigation strategies, dosimetry, effects and guidelines. SNM Committee on Radiobiological Effects of Ionizing Radiation. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine*, 35(2), 368–385.
23. Britel, M., Bourguignon, M., & Foray, N. (2018). The use of the term 'radiosensitivity' through history of radiation: from clarity to confusion. *International journal of radiation biology*, 94(5), 503–512. <https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1450535>
24. Bunsey, M., & Eichenbaum, H. (1996). Conservation of hippocampal memory function in rats and humans. *Nature*, 379(6562), 255–257. <https://doi.org/10.1038/379255a0>

25. Buntwal, L., Sassi, M., Morgan, A. H., Andrews, Z. B., & Davies, J. S. (2019). Ghrelin-Mediated Hippocampal Neurogenesis: Implications for Health and Disease. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 30(11), 844–859. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2019.07.001>
26. Burgio, E., Piscitelli, P., & Migliore, L. (2018). Ionizing Radiation and Human Health: Reviewing Models of Exposure and Mechanisms of Cellular Damage. An Epigenetic Perspective. *International journal of environmental research and public health*, 15(9), 1971. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091971>
27. Büyükaşlan H, Kandemir SB, Asoğlu M, Kaya H, Gökdemir MT, Karababa İF, Güngörmez F, Kılıçaslan F, Şavik E. Evaluation of oxidant, antioxidant and S100B levels in patients with conversion disorder. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2016 Jul 13;12:1725-9. doi: 10.2147/NDT.S109174. PMID: 27471386; PMCID: PMC4948713.
28. Campbell, J., & Ehlert, U. (2012). Acute psychosocial stress: does the emotional stress response correspond with physiological responses?. *Psychoneuroendocrinology*, 37(8), 1111–1134. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.12.010>
29. Cheung, T., & Yip, P. S. (2015). Depression, Anxiety and Symptoms of Stress among Hong Kong Nurses: A Cross-sectional Study. *International journal of environmental research and public health*, 12(9), 11072–11100. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911072>
30. Chrousos G. P. (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature reviews. Endocrinology*, 5(7), 374–381. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106>
31. Chrousos, G. P., & Harris, A. G. (1998). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis suppression and inhaled corticosteroid therapy. 2. Review of the literature. *Neuroimmunomodulation*, 5(6), 288–308. <https://doi.org/10.1159/000026349>
32. Chuang, J. C., & Zigman, J. M. (2010). Ghrelin's Roles in Stress, Mood, and Anxiety Regulation. *International journal of peptides*, 2010, 460549. <https://doi.org/10.1155/2010/460549>



33. Cingi Yirün, M., Ünal, K., Altunsoy Şen, N., Yirün, O., Aydemir, Ç., & Göka, E. (2016). Evaluation of Oxidative Stress in Bipolar Disorder in terms of Total Oxidant Status, Total Antioxidant Status, and Oxidative Stress Index. *Noro psikiyatri arsivi*, 53(3), 194–198. <https://doi.org/10.5152/npa.2015.10123>
34. Consales, C., Merla, C., Marino, C., & Benassi, B. (2012). Electromagnetic fields, oxidative stress, and neurodegeneration. *International journal of cell biology*, 2012, 683897. <https://doi.org/10.1155/2012/683897>
35. Copeland, W. E., Shanahan, L., Worthman, C., Angold, A., & Costello, E. J. (2012). Generalized anxiety and C-reactive protein levels: a prospective, longitudinal analysis. *Psychological medicine*, 42(12), 2641–2650. <https://doi.org/10.1017/S0033291712000554>
36. Cordner ZA, Khambadkone SG, Boersma GJ, Song L, Summers TN, Moran TH, Tamashiro KKK. Maternal high-fat diet results in cognitive impairment and hippocampal gene expression changes in rat offspring. *Exp Neurol*. 2019 Aug;318:92-100. doi: 10.1016/j.expneurol.2019.04.018. Epub 2019 Apr 30. PMID: 31051155; PMCID: PMC6588424.
37. Courtney, S. M., Petit, L., Maisog, J. M., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1998). An area specialized for spatial working memory in human frontal cortex. *Science (New York, N.Y.)*, 279(5355), 1347–1351. <https://doi.org/10.1126/science.279.5355.1347>
38. Cowan N. Activation, attention, and short-term memory. *Mem Cognit*. 1993 Mar;21(2):162-7. doi: 10.3758/bf03202728. PMID: 8469124.
39. Cramer P. (2003). Defense mechanisms and physiological reactivity to stress. *Journal of personality*, 71(2), 221–244. <https://doi.org/10.1111/1467-6494.7102001>
40. Crasson M. (2003). 50–60 Hz electric and magnetic field effects on cognitive function in humans: a review. *Radiation protection dosimetry*, 106(4), 333–340. [doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006369](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006369)

41. Creem-Regehr, S. H., & Kunz, B. R. (2010). Perception and action. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 1(6), 800–810. <https://doi.org/10.1002/wcs.82>
42. Crowther, J. E., Hanten, G., Li, X., Dennis, M., Chapman, S. B., & Levin, H. S. (2011). Impairments in learning, memory, and metamemory following childhood head injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 26(3), 192–201. <https://doi.org/10.1097/HTR.0b013e318218dd22>
43. Cunanan, A. J., DeWeese, B. H., Wagle, J. P., Carroll, K. M., Sausaman, R., Hornsby, W. G., 3rd, Haff, G. G., Triplett, N. T., Pierce, K. C., & Stone, M. H. (2018). The General Adaptation Syndrome: A Foundation for the Concept of Periodization. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 787–797. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0855-3>
44. Curtin LL. The Yerkes-Dodson law. *Nurs Manage*. 1984 May;15(5):7-8. PMID: 6562440.
45. Danker-Hopfe, H., Eggert, T., Dorn, H., & Sauter, C. (2019). Effects of RF-EMF on the Human Resting-State EEG-the Inconsistencies in the Consistency. Part 1: Non-Exposure-Related Limitations of Comparability Between Studies. *Bioelectromagnetics*, 40(5), 291–318. <https://doi.org/10.1002/bem.22194>
46. Dayas, C. V., Buller, K. M., Crane, J. W., Xu, Y., & Day, T. A. (2001). Stressor categorization: acute physical and psychological stressors elicit distinctive recruitment patterns in the amygdala and in medullary noradrenergic cell groups. *The European journal of neuroscience*, 14(7), 1143–1152. <https://doi.org/10.1046/j.0953-816x.2001.01733.x>
47. Di Simplicio P, Cacace MG, Lusini L, Giannerini F, Giustarini D, Rossi R. Role of protein -SH groups in redox homeostasis--the erythrocyte as a model system. *Arch Biochem Biophys*. 1998 Jul 15;355(2):145-52. doi: 10.1006/abbi.1998.0694. PMID: 9675020.
48. [Dieudonné M. \(2020\). Electromagnetic hypersensitivity: a critical review of explanatory hypotheses. \*Environmental health: a global access science source\*, 19\(1\), 48. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00602-0>](https://doi.org/10.1186/s12940-020-00602-0)

49. Dobbins, I. G., Kroll, N. E., Tulving, E., Knight, R. T., & Gazzaniga, M. S. (1998). Unilateral medial temporal lobe memory impairment: type deficit, function deficit, or both?. *Neuropsychologia*, 36(2), 115–127. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(97\)00094-8](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(97)00094-8)
50. Dolan R. J. (2002). Emotion, cognition, and behavior. *Science* (New York, N.Y.), 298(5596), 1191–1194. <https://doi.org/10.1126/science.1076358>
51. Dondoladze K, Buliskeria L, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. STUDY ON THE EFFECT OF GHRELIN ON MEMORY AND CONCENTRATION OF PEOPLE WORKING IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD Center for mental health and prevention of drug addiction, Tbilisi, Georgia J. Experimental and Clinical Medicine, 2016, 1, pp.89-91
52. Dondoladze K, Nikolaishvili M, Jikia G, Museliani T. Changes of Memory for Aggressive and Non-aggressive Rats under Electromagnetic Stress 2020, N3 p.33, ISSN 2587-4810
53. Dondoladze, K., Nikolaishvili, M., Museliani, T., Jikia, G., Zurabashvili, D. (2020). IMPACT OF HOUSEHOLD MICROWAVE OVEN NON-IONIZING RADIATION ON BLOOD PLASMA CORTISOL LEVELS IN RATS AND THEIR BEHAVIOR. *Georgian Med News*. 2020 Sep;(306):132-137. PMID: 33130660.
54. Dondoladze K, Nikolaishvili M, Museliani T, jikia G, Nadareishvili D. THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON AGGRESSIVE AND NON-AGGRESSIVE RATS' MEMORY, book: Systemic, Cellular and Molecular Mechanisms of Physiological Functions and Their Disorders (Publisher: NOVAPUBLISHER) ISBN: 978-1-53614-395-9, Chapter – 06, 2018
55. Dondoladze K, Nikolaishvili M, Museliani T, Gikia G, Zurabashvili D. The Impact of Electromagnetic Field on Conditioned Reflex Memory, *Neuroquantology*, Volume 16, No 11 (2018), DOI: 10.14704/nq.2018.16.11.1777
56. Dondoladze K, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. Effects of High-Frequency Electromagnetic Field on Ghrelin`S Quantitative Changes and Animal Memory, *European Scientific Journal*, Vol 12 No 33 (2016): ESJ NOVEMBER EDITION

57. Dondoladze K, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. The effect of balneotherapy on the oxidative system and changes in anxiety behavior, enhanced by low doses of radon, *International Journal of Radiation Biology*, 2021 (7); DOI: 10.1080/09553002.2021.1956009 .
58. Dondoladze K, Zurabashvili D, Nikolaishvili M, Zenaishvili S. ELECTROMAGNETIC FIELD, AS A STRESS FACTOR OFFICES WORKING FEMALE'S PSYCHO-EMOTIONAL STATE. Center for Mental Health and Prevention of Addiction, Tbilisi, Georgia; *J. Experimental and Clinical Medicine*, 2015, 4, pp.54-60
59. Dunlavy C. J. (2018). Introduction to the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis: Healthy and Dysregulated Stress Responses, *Developmental Stress and Neurodegeneration*. *Journal of undergraduate neuroscience education* : JUNE : a publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience, 16(2), R59–R60.
60. Erel O. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clin Biochem*. 2005 Dec;38(12):1103-11. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2005.08.008. Epub 2005 Oct 7. PMID: 16214125.
61. Eskildsen, A., Andersen, L. P., Pedersen, A. D., Vandborg, S. K., & Andersen, J. H. (2015). Work-related stress is associated with impaired neuropsychological test performance: a clinical cross-sectional study. *Stress (Amsterdam, Netherlands)*, 18(2), 198–207. <https://doi.org/10.3109/10253890.2015.1004629>
62. Fedorowski, A., & Steciwko, A. (1998). Biologiczne oddziaływanie niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego Biological effects of non-ionizing electromagnetic radiation. *Medycyna pracy*, 49(1), 93–105.
63. Fietta, P., & Fietta, P. (2011). The neurobiology of the human memory. *Theoretical biology forum*, 104(1), 69–87.
64. Finkel T. Oxidant signals and oxidative stress. *Curr Opin Cell Biol*. 2003 Apr;15(2):247-54. doi: 10.1016/s0955-0674(03)00002-4. PMID: 12648682.
65. Foster T. C. (2012). Dissecting the age-related decline on spatial learning and memory tasks in rodent models: N-methyl-D-aspartate receptors and voltage-dependent Ca<sup>2+</sup>

- channels in senescent synaptic plasticity. *Progress in neurobiology*, 96(3), 283–303.  
<https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2012.01.007>
66. Garcia-Rodriguez J. A. (2018). Radon gas-the hidden killer: What is the role of family doctors?. *Canadian family physician Medecin de famille canadien*, 64(7), 496–501.
67. Gianferante D, Thoma MV, Hanlin L, Chen X, Breines JG, Zoccola PM, Rohleder N. Post-stress rumination predicts HPA axis responses to repeated acute stress. *Psychoneuroendocrinology*. 2014;49:244–252.
68. Gold, S. M., Dziobek, I., Sweat, V., Tirsi, A., Rogers, K., Bruehl, H., Tsui, W., Richardson, S., Javier, E., & Convit, A. (2007). Hippocampal damage and memory impairments as possible early brain complications of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 50(4), 711–719.  
<https://doi.org/10.1007/s00125-007-0602-7>
69. Goligorsky MS. The concept of cellular "fight-or-flight" reaction to stress. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2001 Apr;280(4):F551-61. doi: 10.1152/ajprenal.2001.280.4.F551. PMID: 11249846.
70. Goodman, E. M., Greenebaum, B., & Marron, M. T. (1995). Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. *International review of cytology*, 158, 279–338.  
[https://doi.org/10.1016/s0074-7696\(08\)62489-4](https://doi.org/10.1016/s0074-7696(08)62489-4)
71. Guney, E., Fatih Ceylan, M., Tektas, A., Alisik, M., Ergin, M., Goker, Z., Senses Dinc, G., Ozturk, O., Korkmaz, A., Eker, S., Kizilgun, M., & Erel, O. (2014). Oxidative stress in children and adolescents with anxiety disorders. *Journal of affective disorders*, 156, 62–66. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2013.11.016>
72. Guo, Y. L., Chakraborty, S., Rajan, S. S., Wang, R., & Huang, F. (2010). Effects of oxidative stress on mouse embryonic stem cell proliferation, apoptosis, senescence, and self-renewal. *Stem cells and development*, 19(9), 1321–1331.  
<https://doi.org/10.1089/scd.2009.0313>

73. Hall C, Ballachey EL. A study of the rat's behavior in a field: a contribution to method in comparative psychology. *University of California Publications in Psychology* 1932;6:1–12.
74. Hall CS. Emotional behavior in the rat: defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *J. Comp. Psychol.* 1934;18:385–403
75. Haller J, Harold G, Sandi C, Neumann ID. Effects of adverse early-life events on aggression and anti-social behaviours in animals and humans. *J Neuroendocrinol.* 2014 Oct;26(10):724–38. doi: 10.1111/jne.12182. PMID: 25059307.
76. Han QQ, Huang HJ, Wang YL, Yang L, Pilot A, Zhu XC, Yu R, Wang J, Chen XR, Liu Q, Li B, Wu GC, Yu J. Ghrelin exhibited antidepressant and anxiolytic effect via the p38-MAPK signaling pathway in hippocampus. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2019 Jul 13;93:11–20. doi: 10.1016/j.pnpbp.2019.02.013. Epub 2019 Mar 8. PMID: 30853341.
77. Hao, Y. H., Zhao, L., & Peng, R. Y. (2015). Effects of microwave radiation on brain energy metabolism and related mechanisms. *Military Medical Research*, 2, 4. <https://doi.org/10.1186/s40779-015-0033-6>
78. Hietanen M. (2006). Health risks of exposure to non-ionizing radiation--myths or science-based evidence. *La Medicina del lavoro*, 97(2), 184–188.
79. Hinrikus, H., Bachmann, M., & Lass, J. (2018). Understanding physical mechanism of low-level microwave radiation effect. *International journal of radiation biology*, 94(10), 877–882. <https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1478158>
80. Ho YS, Magnenat JL, Bronson RT, Cao J, Gargano M, Sugawara M, Funk CD. Mice deficient in cellular glutathione peroxidase develop normally and show no increased sensitivity to hyperoxia. *J Biol Chem.* 1997 Jun 27;272(26):16644–51. doi: 10.1074/jbc.272.26.16644. PMID: 9195979.

81. Hölscher, C., Jacob, W., & Mallot, H. A. (2003). Reward modulates neuronal activity in the hippocampus of the rat. *Behavioural brain research*, 142(1-2), 181–191. [https://doi.org/10.1016/s0166-4328\(02\)00422-9](https://doi.org/10.1016/s0166-4328(02)00422-9)
82. ICRP- Internationally recognized system of radiological protection 2012
83. Imaki, T., Naruse, M., Harada, S., Chikada, N., Imaki, J., Onodera, H., Demura, H., & Vale, W. (1996). Corticotropin-releasing factor up-regulates its own receptor mRNA in the paraventricular nucleus of the hypothalamus. *Brain research. Molecular brain research*, 38(1), 166–170. [https://doi.org/10.1016/0169-328x\(96\)00011-3](https://doi.org/10.1016/0169-328x(96)00011-3)
84. Janowski, K., Kurpas, D., Kusz, J., Mroczek, B., & Jedynak, T. (2014). Emotional control, styles of coping with stress and acceptance of illness among patients suffering from chronic somatic diseases. *Stress and health : journal of the International Society for the Investigation of Stress*, 30(1), 34–42. <https://doi.org/10.1002/smi.2493>
85. Jeong, Y. J., Son, Y., Han, N. K., Choi, H. D., Pack, J. K., Kim, N., Lee, Y. S., & Lee, H. J. (2018). Impact of Long-Term RF-EMF on Oxidative Stress and Neuroinflammation in Aging Brains of C57BL/6 Mice. *International journal of molecular sciences*, 19(7), 2103. <https://doi.org/10.3390/ijms19072103>
86. Joëls, M., Karst, H., & Sarabdjitsingh, R. A. (2018). The stressed brain of humans and rodents. *Acta physiologica (Oxford, England)*, 223(2), e13066. <https://doi.org/10.1111/apha.13066>
87. Joubert, V., Bourthoumieu, S., Leveque, P., & Yardin, C. (2008). Apoptosis is induced by radiofrequency fields through the caspase-independent mitochondrial pathway in cortical neurons. *Radiation research*, 169(1), 38–45. <https://doi.org/10.1667/RR1077.1>
88. Kalafatakis, F., Bekiaridis-Moschou, D., Gkioka, E., & Tsolaki, M. (2017). Mobile phone use for 5 minutes can cause significant memory impairment in humans. *Hellenic journal of nuclear medicine*, 20 Suppl, 146–154.
89. Kalueff, A. V., Stewart, A. M., Song, C., Berridge, K. C., Graybiel, A. M., & Fentress, J. C. (2016). Neurobiology of rodent self-grooming and its value for translational

- neuroscience. *Nature reviews. Neuroscience*, 17(1), 45–59.  
<https://doi.org/10.1038/nrn.2015.8>
90. Kalueff, A. V., Stewart, A. M., Song, C., Berridge, K. C., Graybiel, A. M., & Fentress, J. C. (2016). Neurobiology of rodent self-grooming and its value for translational neuroscience. *Nature reviews. Neuroscience*, 17(1), 45–59.  
<https://doi.org/10.1038/nrn.2015.8>
91. Kaszuba-Zwoińska J, Gremba J, Gałdzińska-Calik B, Wójcik-Piotrowicz K, Thor PJ. Electromagnetic field induced biological effects in humans. *Przegl Lek.* 2015;72(11):636-41. PMID: 27012122.
92. Kessler, R. C., & Bromet, E. J. (2013). The epidemiology of depression across cultures. *Annual review of public health*, 34, 119–138. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031912-114409>
93. Kim, C., Kim, S., & Park, S. (2017). Neurogenic Effects of Ghrelin on the Hippocampus. *International journal of molecular sciences*, 18(3), 588.  
<https://doi.org/10.3390/ijms18030588>
94. Kim, J. H., Lee, J. K., Kim, H. G., Kim, K. B., & Kim, H. R. (2019). Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. *Biomolecules & therapeutics*, 27(3), 265–275. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2018.152>
95. Kroll, M. E., Swanson, J., Vincent, T. J., & Draper, G. J. (2010). Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *British journal of cancer*, 103(7), 1122–1127.  
<https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6605795>
96. Kunz-Ebrecht, S. R., Mohamed-Ali, V., Feldman, P. J., Kirschbaum, C., & Steptoe, A. (2003). Cortisol responses to mild psychological stress are inversely associated with proinflammatory cytokines. *Brain, behavior, and immunity*, 17(5), 373–383.  
[https://doi.org/10.1016/s0889-1591\(03\)00029-1](https://doi.org/10.1016/s0889-1591(03)00029-1)



97. LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2006). Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature reviews. Neuroscience*, 7(1), 54–64. <https://doi.org/10.1038/nrn1825>
98. Levens, S. M., & Gotlib, I. H. (2010). Updating positive and negative stimuli in working memory in depression. *Journal of experimental psychology. General*, 139(4), 654–664. <https://doi.org/10.1037/a0020283>
99. Lewczuk, B., Redlarski, G., Zak, A., Ziółkowska, N., Przybylska-Gornowicz, B., & Krawczuk, M. (2014). Influence of electric, magnetic, and electromagnetic fields on the circadian system: current stage of knowledge. *BioMed research international*, 2014, 169459. <https://doi.org/10.1155/2014/169459>
100. Li Y, Zhang Y, Wang W, Zhang Y, Yu Y, Cheing GL, Pan W. Effects of pulsed electromagnetic fields on learning and memory abilities of STZ-induced dementia rats. *Electromagn Biol Med*. 2019;38(2):123-130. doi: 10.1080/15368378.2019.1591437. Epub 2019 Mar 17. PMID: 30880541.
101. Li, D. K., Chen, H., Ferber, J. R., Odouli, R., & Quesenberry, C. (2017). Exposure to Magnetic Field Non-Ionizing Radiation and the Risk of Miscarriage: A Prospective Cohort Study. *Scientific reports*, 7(1), 17541. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16623-8>
102. Li, E., Chung, H., Kim, Y., Kim, D. H., Ryu, J. H., Sato, T., Kojima, M., & Park, S. (2013). Ghrelin directly stimulates adult hippocampal neurogenesis: implications for learning and memory. *Endocrine journal*, 60(6), 781–789. <https://doi.org/10.1507/endocrj.ej13-0008>
103. Liu, X., Zuo, H., Wang, D., Peng, R., Song, T., Wang, S., Xu, X., Gao, Y., Li, Y., Wang, S., Wang, L., & Zhao, L. (2015). Improvement of spatial memory disorder and hippocampal damage by exposure to electromagnetic fields in an Alzheimer's disease rat model. *PloS one*, 10(5), e0126963. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126963>
104. Mahdavi, S. M., Sahraei, H., Yaghmaei, P., & Tavakoli, H. (2014). Effects of electromagnetic radiation exposure on stress-related behaviors and stress hormones in

- male wistar rats. *Biomolecules & therapeutics*, 22(6), 570–576.  
<https://doi.org/10.4062/biomolther.2014.054>
105. Maria Monteleone, A., Monteleone, P., Dalle Grave, R., Nigro, M., El Ghoch, M., Calugi, S., Cimino, M., & Maj, M. (2016). Ghrelin response to hedonic eating in underweight and short-term weight restored patients with anorexia nervosa. *Psychiatry research*, 235, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.12.001>
106. Mariotti A. (2015). The effects of chronic stress on health: new insights into the molecular mechanisms of brain-body communication. *Future science OA*, 1(3), FSO23. <https://doi.org/10.4155/fso.15.21>
107. Markov M, Grigoriev Y. Protect children from EMF. *Electromagn Biol Med*. 2015 Sep;34(3):251-6. doi: 10.3109/15368378.2015.1077339. PMID: 26444201.
108. Mattay VS, Fera F, Tessitore A, Hariri AR, Berman KF, Das S, Meyer-Lindenberg A, Goldberg TE, Callicott JH, Weinberger DR. Neurophysiological correlates of age-related changes in working memory capacity. *Neurosci Lett*. 2006 Jan 9;392(1-2):32-7. doi: 10.1016/j.neulet.2005.09.025. Epub 2005 Oct 5. PMID: 16213083.
109. Mattson M. P. (2008). Hormesis defined. *Ageing research reviews*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2007.08.007>
110. Mattson MP. Hormesis defined. *Ageing Res Rev*. 2008 Jan;7(1):1-7. doi: 10.1016/j.arr.2007.08.007. Epub 2007 Dec 5. PMID: 18162444; PMCID: PMC2248601.
111. Mavani, G. P., DeVita, M. V., & Michelis, M. F. (2015). A review of the nonpressor and nonantidiuretic actions of the hormone vasopressin. *Frontiers in medicine*, 2, 19. <https://doi.org/10.3389/fmed.2015.00019>
112. McCorry LK. Physiology of the autonomic nervous system. *Am J Pharm Educ*. 2007 Aug 15;71(4):78.
113. McEwen B. S. (2017). Neurobiological and Systemic Effects of Chronic Stress. *Chronic stress* (Thousand Oaks, Calif.), 1, 2470547017692328. <https://doi.org/10.1177/2470547017692328>

114. Meijsing S. H. (2015). Mechanisms of Glucocorticoid-Regulated Gene Transcription. *Advances in experimental medicine and biology*, 872, 59–81. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8_3)
115. Meyer, R. M., Burgos-Robles, A., Liu, E., Correia, S. S., & Goosens, K. A. (2014). A ghrelin-growth hormone axis drives stress-induced vulnerability to enhanced fear. *Molecular psychiatry*, 19(12), 1284–1294. <https://doi.org/10.1038/mp.2013.135>
116. Miljić D, Polovina S, Doknić M, Pekić S, Stojanović M, Petakov M, Micić D, Popović V. Combined Administration of Ghrelin and Corticotropin-Releasing Hormone in the Diagnosis of Cushing's Disease. *Neuroendocrinology*. 2017;104(1):33-39. doi: 10.1159/000444281. Epub 2016 Feb 2. PMID: 26836811.
117. Miller, S. M., Piasecki, C. C., & Lonstein, J. S. (2011). Use of the light-dark box to compare the anxiety-related behavior of virgin and postpartum female rats. *Pharmacology, biochemistry, and behavior*, 100(1), 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2011.08.002>
118. Müller, N. C., Genzel, L., Konrad, B. N., Pawlowski, M., Neville, D., Fernández, G., Steiger, A., & Dresler, M. (2016). Motor Skills Enhance Procedural Memory Formation and Protect against Age-Related Decline. *PloS one*, 11(6), e0157770. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157770>
119. Mumby, D. G., Gaskin, S., Glenn, M. J., Schramek, T. E., & Lehmann, H. (2002). Hippocampal damage and exploratory preferences in rats: memory for objects, places, and contexts. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 9(2), 49–57. <https://doi.org/10.1101/lm.41302>
120. Murre, J. M., & Dros, J. (2015). Replication and Analysis of Ebbinghaus' Forgetting Curve. *PloS one*, 10(7), e0120644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120644>
121. Radiation effect and neurochemical correlates of white and black rats

122. Nikolaishvili M, Iordanishvili G, Museliani T, Dondoladze K, Jikia G, Radiation effect and neurochemical correlates of white and black rats. Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences 46 (5-6), 295-303, 2020.
123. Nikolaishvili M, Nanobashvili Z, Bilanishvili I, Davlianidze L, Gumberidze L, Sikharulidze N, Devdariani M, Nebieridze M, Kvachakidze I, Museliani T, Jikia G, Dondoladze K, Mitagvaria N. The role of radon in changing the concentration of oxidative stress predictors involved in the pathogenesis of epilepsy. Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences 46 (5-6), 305-316, 2020.
124. Ohayon, M. M., Stolc, V., Freund, F. T., Milesi, C., & Sullivan, S. S. (2019). The potential for impact of man-made super low and extremely low frequency electromagnetic fields on sleep. *Sleep medicine reviews*, 47, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2019.06.001>
125. O'Keefe, J., & Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain research*, 34(1), 171–175. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(71\)90358-1](https://doi.org/10.1016/0006-8993(71)90358-1)
126. Olson, I. R., Moore, K. S., Stark, M., & Chatterjee, A. (2006). Visual working memory is impaired when the medial temporal lobe is damaged. *Journal of cognitive neuroscience*, 18(7), 1087–1097. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.7.1087>
127. Owen JB, Butterfield DA. Measurement of oxidized/reduced glutathione ratio. *Methods Mol Biol*. 2010;648:269-77. doi: 10.1007/978-1-60761-756-3\_18. PMID: 20700719.
128. Pacák, K., & Palkovits, M. (2001). Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. *Endocrine reviews*, 22(4), 502–548. <https://doi.org/10.1210/edrv.22.4.0436>
129. Packard, M. G., Hirsh, R., & White, N. M. (1989). Differential effects of fornix and caudate nucleus lesions on two radial maze tasks: evidence for multiple memory systems. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 9(5), 1465–1472. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.09-05-01465.1989>

130. Pashut, T., Wolfus, S., Friedman, A., Lavidor, M., Bar-Gad, I., Yeshurun, Y., & Korngreen, A. (2011). Mechanisms of magnetic stimulation of central nervous system neurons. *PLoS computational biology*, 7(3), e1002022. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002022>
131. Payne, J. D., Jackson, E. D., Ryan, L., Hoscheidt, S., Jacobs, J. W., & Nadel, L. (2006). The impact of stress on neutral and emotional aspects of episodic memory. *Memory* (Hove, England), 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/09658210500139176>
132. Pinker S. (2013). George A. Miller (1920-2012). *The American psychologist*, 68(6), 467–468. <https://doi.org/10.1037/a0032874>
133. Poldrack, R. A., & Gabrieli, J. D. (1997). Functional anatomy of long-term memory. *Journal of clinical neurophysiology : official publication of the American Electroencephalographic Society*, 14(4), 294–310. <https://doi.org/10.1097/00004691-199707000-00003>
134. Postman L. (1968). Hermann Ebbinghaus. *The American psychologist*, 23(3), 149–157. <https://doi.org/10.1037/h0025659>
135. Postman L. Hermann Ebbinghaus. *Am Psychol*. 1968 Mar;23(3):149-157. doi: 10.1037/h0025659. PMID: 4868396.
136. Poulsen, A. H., Friis, S., Johansen, C., Jensen, A., Frei, P., Kjaear, S. K., Dalton, S. O., & Schüz, J. (2013). Mobile phone use and the risk of skin cancer: a nationwide cohort study in Denmark. *American journal of epidemiology*, 178(2), 190–197. <https://doi.org/10.1093/aje/kws426>
137. Powell K. (2006). Hungry for better memory. *The Journal of Cell Biology*, 172(6), 787. <https://doi.org/10.1083/jcb.1726rr5NLM> Powell K. Hungry for better memory. *J Cell Biol*. 2006 Mar 13;172(6):787. doi: 10.1083/jcb.1726rr5. PMID: PMC2063745.

138. Prado, C. E., & Crowe, S. F. (2019). Corticosteroids and Cognition: A Meta-Analysis. *Neuropsychology review*, 29(3), 288–312. <https://doi.org/10.1007/s11065-019-09405-8>
139. Radford E. P. (1985). Potential health effects of indoor radon exposure. *Environmental health perspectives*, 62, 281–287. <https://doi.org/10.1289/ehp.8562281>
140. Rajendra, P., Sujatha, H., Devendranath, D., Gunasekaran, B., Sashidhar, R., Subramanyam, C., & Channakeshava (2004). Biological effects of power frequency magnetic fields: Neurochemical and toxicological changes in developing chick embryos. *Biomagnetic research and technology*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1477-044X-2-1>
141. Reichenbach, A., Geenen, B., Kozicz, T., & Andrews, Z. B. (2012). Ghrelin regulates the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and restricts anxiety after acute stress. *Biological psychiatry*, 72(6), 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2012.03.010>
142. Rempel-Clower, N. L., Zola, S. M., Squire, L. R., & Amaral, D. G. (1996). Three cases of enduring memory impairment after bilateral damage limited to the hippocampal formation. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 16(16), 5233–5255. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.16-16-05233.1996>
143. Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139(1), 5–21. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.12.061>
144. Robinson L. Stress and anxiety. *Nurs Clin North Am*. 1990 Dec;25(4):935-43. PMID: 2235645.
145. Robinson, J. P., Burwinkle, T., & Turk, D. C. (2007). Perceived and actual memory, concentration, and attention problems after whiplash-associated disorders

- (grades I and II): prevalence and predictors. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(6), 774–779. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.03.004>
146. Rolls E. T. (2018). The storage and recall of memories in the hippocampo-cortical system. *Cell and tissue research*, 373(3), 577–604. <https://doi.org/10.1007/s00441-017-2744-3>
147. Roozendaal B, McEwen BS, Chattarji S. Stress, memory and the amygdala. *Nat Rev Neurosci*. 2009 Jun;10(6):423-33. doi: 10.1038/nrn2651. PMID: 19469026.
- 148.
149. Sakhaie, M. H., Soleimani, M., Pourheydar, B., Majd, Z., Atefimanesh, P., Asl, S. S., & Mehdizadeh, M. (2017). Effects of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields on Neurogenesis and Cognitive Behavior in an Experimental Model of Hippocampal Injury. *Behavioural neurology*, 2017, 9194261. <https://doi.org/10.1155/2017/9194261>
150. Saliev T, Begimbetova D, Masoud AR, Matkarimov B. Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin. *Prog Biophys Mol Biol*. 2019 Jan;141:25-36. doi: 10.1016/j.pbiomolbio.2018.07.009. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30030071.
151. Sandi, C., & Pinelo-Nava, M. T. (2007). Stress and memory: behavioral effects and neurobiological mechanisms. *Neural plasticity*, 2007, 78970. <https://doi.org/10.1155/2007/78970>
152. Sanger, J., Bechtold, L., Schoofs, D., Blaszkewicz, M., & Wascher, E. (2014). The influence of acute stress on attention mechanisms and its electrophysiological correlates. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 8, 353. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00353>
153. Sawada, M., Sester, U., & Carlson, J. C. (1992). Superoxide radical formation and associated biochemical alterations in the plasma membrane of brain, heart, and liver

- during the lifetime of the rat. *Journal of cellular biochemistry*, 48(3), 296–304.  
<https://doi.org/10.1002/jcb.240480310>
154. Schneiderman, N., Ironson, G., & Siegel, S. D. (2005). Stress and health: psychological, behavioral, and biological determinants. *Annual review of clinical psychology*, 1, 607–628. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.144141>
155. Schneiderman, N., Ironson, G., & Siegel, S. D. (2005). Stress and health: psychological, behavioral, and biological determinants. *Annual review of clinical psychology*, 1, 607–628. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.144141>
156. Schoeni A, Roser K, Rösli M. Memory performance, wireless communication and exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A prospective cohort study in adolescents. *Environ Int*. 2015 Dec;85:343-51. doi: 10.1016/j.envint.2015.09.025. Epub 2015 Oct 30. PMID: 26474271.
157. Schüz J, Grigat JP, Brinkmann K, Michaelis J. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: results from a German population-based case-control study. *Int J Cancer*. 2001 Mar 1;91(5):728-35. doi: 10.1002/1097-0215(200002)9999:9999<::aid-ijc1097>3.0.co;2-d. PMID: 11267988.
158. Seminara, R. S., Jeet, C., Biswas, S., Kanwal, B., Iftikhar, W., Sakibuzzaman, M., & Rutkofsky, I. H. (2018). The Neurocognitive Effects of Ghrelin-induced Signaling on the Hippocampus: A Promising Approach to Alzheimer's Disease. *Cureus*, 10(9), e3285. <https://doi.org/10.7759/cureus.3285>
159. Shahabi, S., Hassanzadeh Taji, I., Hoseinnezhaddarzi, M., Mousavi, F., Shirchi, S., Nazari, A., Zarei, H., & Pourabdolhossein, F. (2018). Exposure to cell phone radiofrequency changes corticotrophin hormone levels and histology of the brain and adrenal glands in male Wistar rat. *Iranian journal of basic medical sciences*, 21(12), 1269–1274. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2018.29567.7133>
160. Shandala, M. G., Dumanskiĭ, U. D., Rudnev, M. I., Ershova, L. K., & Los, I. P. (1979). Study of nonionizing microwave radiation effects upon the central nervous



- system and behavior reactions. *Environmental health perspectives*, 30, 115–121.  
<https://doi.org/10.1289/ehp.7930115>
161. Shao Y, Sutin J. Expression of adrenergic receptors in individual astrocytes and motor neurons isolated from the adult rat brain. *Glia*. 1992;6(2):108-17. doi: 10.1002/glia.440060205. PMID: 1328049.
162. Shibamoto Y, Nakamura H. Overview of Biological, Epidemiological and Clinical Evidence of Radiation Hormesis. *Int J Mol Sci*. 2018 Aug 13;19(8):2387. doi: 10.3390/ijms19082387. PMID: 30104556; PMCID: PMC6121451.
163. Shiota, M. N., Neufeld, S. L., Yeung, W. H., Moser, S. E., & Perea, E. F. (2011). Feeling good: autonomic nervous system responding in five positive emotions. *Emotion (Washington, D.C.)*, 11(6), 1368–1378. <https://doi.org/10.1037/a0024278>
164. Sies, H., Berndt, C., & Jones, D. P. (2017). Oxidative Stress. *Annual review of biochemistry*, 86, 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>
165. Sisakht M, Darabian M, Mahmoodzadeh A, Bazi A, Shafiee SM, Mokarram P, Khoshdel Z. The role of radiation induced oxidative stress as a regulator of radio-adaptive responses. *Int J Radiat Biol*. 2020 May;96(5):561-576. doi: 10.1080/09553002.2020.1721597. Epub 2020 Feb 7. PMID: 31976798.
166. Small, S. A., Nava, A. S., Perera, G. M., DeLaPaz, R., Mayeux, R., & Stern, Y. (2001). Circuit mechanisms underlying memory encoding and retrieval in the long axis of the hippocampal formation. *Nature neuroscience*, 4(4), 442–449. <https://doi.org/10.1038/86115>
167. Steptoe, A., Wardle, J., Pollard, T. M., Cnaan, L., & Davies, G. J. (1996). Stress, social support and health-related behavior: a study of smoking, alcohol consumption and physical exercise. *Journal of psychosomatic research*, 41(2), 171–180. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(96\)00095-5](https://doi.org/10.1016/0022-3999(96)00095-5)

168. Suhhova, A., Bachmann, M., Karai, D., Lass, J., & Hinrikus, H. (2013). Effect of microwave radiation on human EEG at two different levels of exposure. *Bioelectromagnetics*, 34(4), 264–274. <https://doi.org/10.1002/bem.21772>
169. Thomas, S., Heinrich, S., von Kries, R., & Radon, K. (2010). Exposure to radio-frequency electromagnetic fields and behavioural problems in Bavarian children and adolescents. *European journal of epidemiology*, 25(2), 135–141. <https://doi.org/10.1007/s10654-009-9408-x>
170. Touitou, Y., & Selmaoui, B. (2012). The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system. *Dialogues in clinical neuroscience*, 14(4), 381–399. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2012.14.4/ytouitou>
171. Trammell, J. P., & Clore, G. L. (2014). Does stress enhance or impair memory consolidation?. *Cognition & emotion*, 28(2), 361–374. <https://doi.org/10.1080/02699931.2013.822346>
172. Tsagareli M. G. (2007). Ivane Beritashvili: founder of physiology and neuroscience in Georgia. *Journal of the history of the neurosciences*, 16(3), 288–306. <https://doi.org/10.1080/09647040600600148>
173. Tseng BP, Giedzinski E, Izadi A, Suarez T, Lan ML, Tran KK, Acharya MM, Nelson GA, Raber J, Parihar VK, Limoli CL. Functional consequences of radiation-induced oxidative stress in cultured neural stem cells and the brain exposed to charged particle irradiation. *Antioxid Redox Signal*. 2014 Mar 20;20(9):1410-22. doi: 10.1089/ars.2012.5134. Epub 2013 Aug 12. PMID: 23802883; PMCID: PMC3936501.
174. Tseng BP, Giedzinski E, Izadi A, Suarez T, Lan ML, Tran KK, Acharya MM, Nelson GA, Raber J, Parihar VK, Limoli CL. Functional consequences of radiation-induced oxidative stress in cultured neural stem cells and the brain exposed to charged particle irradiation. *Antioxid Redox Signal*. 2014 Mar 20;20(9):1410-22. doi: 10.1089/ars.2012.5134. Epub 2013 Aug 12. PMID: 23802883; PMCID: PMC3936501.

175. Tyng, C. M., Amin, H. U., Saad, M., & Malik, A. S. (2017). The Influences of Emotion on Learning and Memory. *Frontiers in psychology*, *8*, 1454. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454>
176. van den Bos, R., & Flik, G. (2015). Editorial: Decision-making under stress: the importance of cortico-limbic circuits. *Frontiers in behavioral neuroscience*, *9*, 203. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00203>
177. van Wijngaarden E, Savitz DA, Kleckner RC, Cai J, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study. *Occup Environ Med*. 2000 Apr;57(4):258-63. doi: 10.1136/oem.57.4.258. PMID: 10810112; PMCID: PMC1739931.
178. Vetere, G., Tran, L. M., Moberg, S., Steadman, P. E., Restivo, L., Morrison, F. G., Ressler, K. J., Josselyn, S. A., & Frankland, P. W. (2019). Memory formation in the absence of experience. *Nature neuroscience*, *22*(6), 933–940. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0389-0>
179. Vogel, S., & Schwabe, L. (2016). Learning and memory under stress: implications for the classroom. *NPJ science of learning*, *1*, 16011. <https://doi.org/10.1038/npjscilearn.2016.11>
180. von Dawans, B., Trueg, A., Kirschbaum, C., Fischbacher, U., & Heinrichs, M. (2018). Acute social and physical stress interact to influence social behavior: The role of social anxiety. *PloS one*, *13*(10), e0204665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204665>
181. Vorobyov, V. V., Galchenko, A. A., Kukushkin, N. I., & Akoev, I. G. (1997). Effects of weak microwave fields amplitude modulated at ELF on EEG of symmetric brain areas in rats. *Bioelectromagnetics*, *18*(4), 293–298. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1521-186x\(1997\)18:4<293::aid-bem1>3.0.co;2-y](https://doi.org/10.1002/(sici)1521-186x(1997)18:4<293::aid-bem1>3.0.co;2-y)
182. Wakeford R, Tawn EJ. The meaning of low dose and low dose-rate. *J Radiol Prot*. 2010 Mar;30(1):1-3. doi: 10.1088/0952-4746/30/1/E02. Epub 2010 Mar 10. PMID: 20234068.

183. Watson D, Tellegen A. Toward a consensual structure of mood. *Psychol Bull.* 1985 Sep;98(2):219-35. doi: 10.1037//0033-2909.98.2.219. PMID: 3901060.
184. WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. Geneva: World Health Organization; 2009. 1, Health effects of radon. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143219/>
185. Wiedemann, P. M., Schütz, H., Sachse, K., & Jungermann, H. (2006). SAR-Werte von Mobiltelefonen. Sicherheitsbewertung und Risikowahrnehmung , SAR values of mobile phones. Safety evaluation and risk perception]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 49(2), 211–216. <https://doi.org/10.1007/s00103-005-1211-6>
186. Wiholm, C., Lowden, A., Kuster, N., Hillert, L., Arnetz, B. B., Akerstedt, T., & Moffat, S. D. (2009). Mobile phone exposure and spatial memory. *Bioelectromagnetics*, 30(1), 59–65. <https://doi.org/10.1002/bem.20443>
187. Wilkening GM, Sutton CH. Health effects of nonionizing radiation. *Med Clin North Am.* 1990 Mar;74(2):489-507. doi: 10.1016/s0025-7125(16)30575-2. PMID: 2181214.
188. Yaribeygi, H., Panahi, Y., Sahraei, H., Johnston, T. P., & Sahebkar, A. (2017). The impact of stress on body function: A review. *EXCLI journal*, 16, 1057–1072. <https://doi.org/10.17179/excli2017-480>
189. Zetner, D., Andersen, L. P., & Rosenberg, J. (2016). Melatonin as Protection Against Radiation Injury: A Systematic Review. *Drug research*, 66(6), 281–296. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1569358>
190. Zhang, J., Sumich, A., & Wang, G. Y. (2017). Acute effects of radiofrequency electromagnetic field emitted by mobile phone on brain function. *Bioelectromagnetics*, 38(5), 329–338. <https://doi.org/10.1002/bem.22052>

191. Zhang, Y., Li, Z., Gao, Y., & Zhang, C. (2015). Effects of fetal microwave radiation exposure on offspring behavior in mice. *Journal of radiation research*, 56(2), 261–268. <https://doi.org/10.1093/jrr/rru097>
192. Zhao, H., Bucci, D. J., Weltzin, M., & Drew, K. L. (2004). Effects of aversive stimuli on learning and memory in Arctic ground squirrels. *Behavioural brain research*, 151(1-2), 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2003.08.017>
193. Zhao, Z., Liu, H., Xiao, K., Yu, M., Cui, L., Zhu, Q., Zhao, R., Li, G. D., & Zhou, Y. (2014). Ghrelin administration enhances neurogenesis but impairs spatial learning and memory in adult mice. *Neuroscience*, 257, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.10.063>
194. Zhi, W. J., Wang, L. F., & Hu, X. J. (2017). Recent advances in the effects of microwave radiation on brains. *Military Medical Research*, 4(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40779-017-0139-0>
195. Zillmann, D., & Bryant, J. (1974). Effect of residual excitation on the emotional response to provocation and delayed aggressive behavior. *Journal of personality and social psychology*, 30(6), 782–791. <https://doi.org/10.1037/h0037541>

## VIII გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. **Dondoladze K**, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. The effect of balneotherapy on the oxidative system and changes in anxiety behavior, enhanced by low doses of radon, International Journal of Radiation Biology, 2021 (7); DOI: 10.1080/09553002.2021.1956009 - მიღებულია დასაბეჭდად ივლისი 2021.
2. **Dondoladze K**, Nikolaishvili M, Museliani T, Gikia G, Zurabashvili D. IMPACT OF HOUSEHOLD MICROWAVE OVEN NON-IONIZING RADIATION ON BLOOD PLASMA CORTISOL LEVELS IN RATS AND THEIR BEHAVIOR. Georgian Med News. 2020 Sep;(306):132-137. PMID: 33130660.
3. **Dondoladze K**, Nikolaishvili M, Museliani T, Gikia G, Zurabashvili D. The Impact of Electromagnetic Field on Conditioned Reflex Memory, Neuroquantology, Volume 16, No 11 (2018), DOI: 10.14704/nq.2018.16.11.1777
4. **Dondoladze K**, Nikolaishvili M, Museliani T, Gikia G, Nadareishvili D. THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON AGGRESSIVE AND NON-AGGRESSIVE RATS' MEMORY, book: Systemic, Cellular and Molecular Mechanisms of Physiological Functions and Their Disorders (Publisher: NOVAPUBLISHER) ISBN: 978-1-53614-395-9, Chapter – 06, 2018
5. **Dondoladze K**, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. Effects of High-Frequency Electromagnetic Field on Ghrelin`S Quantitative Changes and Animal Memory, European Scientific Journal, Vol 12 No 33 (2016): ESJ NOVEMBER EDITION
6. Nikolaishvili M, Iordanishvili G, Museliani T, **Dondoladze K**, Jikia G, Radiation effect and neurochemical correlates of white and black rats. Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences 46 (5-6), 295-303, 2020.
7. Nikolaishvili M, Nanobashvili Z, Bilanishvili I, Davlianidze L, Gumberidze L, Sikharulidze N, Devdariani M, Nebieridze M, Kvachakidze I, Museliani T, Jikia G, **Dondoladze K**, Mitagvaria N. The role of radon in changing the concentration of oxidative stress predictors involved in the pathogenesis of epilepsy. Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences 46 (5-6), 305-316, 2020.
8. **Dondoladze K**, Zurabashvili D, Nikolaishvili M, Zenaishvili S. ELECTROMAGNETIC FIELD, AS A STRESS FACTOR OFFICES WORKING FEMALE'S PSYCHO-

EMOTIONAL STATE. Center for Mental Health and Prevention of Addiction, Tbilisi, Georgia; J. Experimental and Clinical Medicine, 2015, 4, pp.54-60

9. **Dondoladze** K, Buliskeria L, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. STUDY ON THE EFFECT OF GHRELIN ON MEMORY AND CONCENTRATION OF PEOPLE WORKING IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD Center for mental health and prevention of drug addiction, Tbilisi, Georgia J. Experimental and Clinical Medicine, 2016, 1, pp.89-91
10. **Dondoladze** K, Nikolaishvili M, Jikia G, Museliani T. Changes of Memory for Aggressive and Non-aggressive Rats under Electromagnetic Stress 2020, N3 p.33, ISSN 2587-4810

## IX მოხსენებები ნაშრომის თემაზე

1. ბიომედ 2021, მულტიდისციპლინარული კონფერენცია ბიომედიცინაში; ზეპირი მოხსენება: The effect of Tskalubo water on the behavioral changes; ბათუმი, 2021
2. მე-4 საერთაშორისო მულტიდისციპლინური კონფერენცია რეოლოგიაში, ზეპირი მოხსენება თემაზე: ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე, თბილისი, 2018
3. საერთაშორისო კონფერენცია ბერიტაშვილის საუბრები, ნერიფიზიოლოგიური ფუნქციები და მათი დარღვევები, ინტერდისციპლინური კვლევები; ზეპირი მოხსენება: ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა პირობითრეფლექსურ მეხსიერებაზე, თბილისი, 2018
4. Dondoladze K, Nikolaishvili M, Museliani T, Gikia G. The effect of Radon inhalation in aggressive rats Neurophysiological functions and their disorders - interdisciplinary studies, November 2019, The 1st Beritashvili Talks, Tbilisi
5. ბავშვთა დაცვა: ფსიქო-სოციალური მხარდაჭერა და უზუნველყოფა, მოხსენება: ემგ-სგავლენა მეხსიერებაზე, ჰაიფა, ისრაელი; 2015;
6. ბიომედიცინის აქტუალური საკითხები: პროფილაქტიკური გამოკვლევები ჯანმრთელობის დაზღვევაში; ბათუმი, 2015.
7. I საერთაშორისო კონფერენცია რეოლოგიაში. ზეპირი მოხსენება: ემგ-სგავლენა ფსიქოციალურ მდგომარეობაზე, ქუთაისი, 2015;