

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

*სადისერტაციო ნაშრომის შემოკლებული ვერსია
(აბსტრაქტი)
ხათუნა დონდოლაძე*

**The effect of low doses of non-ionizing and ionizing radiation generated in
the everyday household environment on anxiety and memory**

**Abridged version of the thesis
(Abstract)
Khatuna Dondoladze**

2021

შესავალი

საკვლევი თემის აქტუალობა:

სტრესი ორგანიზმის რეაქციაა გამლიზიანებელზე. როცა სტრესის მოქმედება ხანგრძლივდება, ძლიერია ან ორგანიზმის დამცველობითი რეაქციები შესუსტებული, სხვადასხვა ფსიქიური თუ სომატური დაავადებები ვითარდება (Eskildsen A., et al. 2015; Janowski K., et al. 2014).

სტრესის გამოწვევა ბევრ ფაქტორს შეუძლია, მათ შორისაა რადიაციაც. სტრესის ემოციური გამოხატულებაა შფოთვა. შფოთვის გარდა, სტრესის დროს ადგილი აქვს მეხსიერების სხვადასხვა სახის ცვლილებებს: მეხსიერების გაძლიერებიდან, მის დაკარგვამდე (Bos M., et al. 2014; Cheung J., et al. 2015; Trammell J., et al. 2014).

თანამედროვე გარემოში, ადამიანი უფრო და უფრო მეტ დროს ატარებს გამოსხივების ქვეშ, გარდა რადიაციის ბუნებრივი სახეებისა, საყოფაცხოვრებო გარემოშიც კი ჩვენს ორგანიზმზე მოქმედებს განსხვავებული სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები, მიკროტალღური თუ მაიონიზირებელი რადიაციის სხვადასხვა დოზები.

მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზები საარსებო გარემოში ყველგანაა: ჰაერში, ბუნებრივ თერმულ წყლებში, ქვის მასალებში და სხვა. ცნობილია ამ სახის რადიაციის მოქმედების უარყოფითი ეფექტები, თუმცა უნდა აღნიშნოს ისიც, რომ როგორც ყველა სამკურანალწამლო საშუალება, სწორი გამოყენების პირობებში, რადიაციაც შესაძლებელია დადებითი შედეგის მომტანი იყოს. ამისათვის საჭიროა კარგად შევისწავლოთ ის მექანიზმები, რომელთა მოქმედებითაც ორგანიზმი საპასუხო რეაქციით პასუხობს ამ ფიზიკური სტრეს-ფაქტორის მოქმედებას (Bonnet-Belfais M., et al. 2013).

არსებული მდგომარეობა: 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 (Mahdavi S., et al. 2014).

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. ამის მიზეზი კი მრავალია: სხვადასხვა სიხშირის რადიაციული ტალღები სხვადასხვაგვარად მოქმედებენ ორგანიზმზე, ორგანიზმიც თავისი დამცველობითი მექანიზმების მდგომარეობის გათვალისწინებით სხვადასხვადაგვარად და განსხვავებული რეაქციებით რეაგირებს ამ გამღიზიანებელზე (Kalafatakis F., et al. 2017, Wiholm C., et al. 2009).

პრობლემის ფორმულირება, მნიშვნელობა: მკვლევართა მრავალი ჯგუფი ერთმანეთისგან გამოუკიდებლად სწავლობს მაიონიზირებელი და არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებას ორგანიზმზე, ამის მიზეზი კი რამდენიმეა: თავიდან იქნას აცილებული ჯანმრთელობაზე მოქმედი პოტენციური საფრთხეები და დროულად მოხდეს მასთან დაკავშირებული რისკების პრევენცია, ჰომეოსტაზის დარღვევისას გამოვლენილი კლინიკური ნიშნების შესწავლა, რადიაციის უსაფრთხო გამოყენება მედიცინაში და სხვა. შესაბამისად, ჩვენი კვლევა სწორედ ამ მიზნებს ემსახურება, კერძოდ საყოფაცხოვრებო გარემოში არსებული სხვადასხვა სახის რადიაციის გავლენის შესწავლა ადამიანის ორგანიზმზე.

კვლევის მიზანი და ამოცანები, ჰიპოთეზა:

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა არამაიონიზირებელი რადიაციის სტრესული გენეზის დადგენა, 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.

კვლევის ჰიპოთეზა:

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

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

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

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

რადიაციული სტრესის ბიოლოგიის შესასწავლად ჩავატარეთ ნეიროჰორმონების ლაბორატორიული კვლევა.

შფოთვის დონის და მეხსიერების სხვადასხვა ფორმების შესასწავლად ჩავატარეთ ქცევის შესაბამისი ფიზიოლოგიური ტესტები, კერძოდ: შფოთვის დონე დადგინდა ჯვარედინი ლაბირინთის და ღია ველის სპეციალური ტესტებით, ყურადღება და კონცენტრაცია შესწავლილი იყო აპარატ 5-CSRTT-ის საშუალებით, ხოლო მეხსიერება ორი საკვებურის ტესტით და პასიური განრიდების რეაქციის შესწავლით და ცხოველის პლაზმაში ნეიროჰორმონ გრელინის კონცენტრაციის გაზომვით.

რაც შეეხება ორგანიზმის ანტიოქსიდაციური სისტემების მდგომარეობას, იგი შეფასდა ლაბორატორიული ტესტებით (გლუტათიონი, დაჟანგული გლუტათიონი, მთლიანი ოქსიდაციური სტატუსი, მთლიანი ანტიოქსიდაციური სტატუსი).

კვლევის შედეგები:

- **ორი საკვებურის ტესტის შედეგები:** 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 ± 0.73 , ხოლო საკონტროლო ჯგუფი შემთხვევაში 7.3 ± 1.05 -ია ($P < 0.05$).

საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები ემვ-ში მოთავსებიდან **30-ე დღეს** უკვე ნაკლები იმპულსურობით ხასიათდებოდნენ, ვიდრე მე-5 და მე-10 დღეს.

- **5 - CSRTT ტესტის შედეგები:**

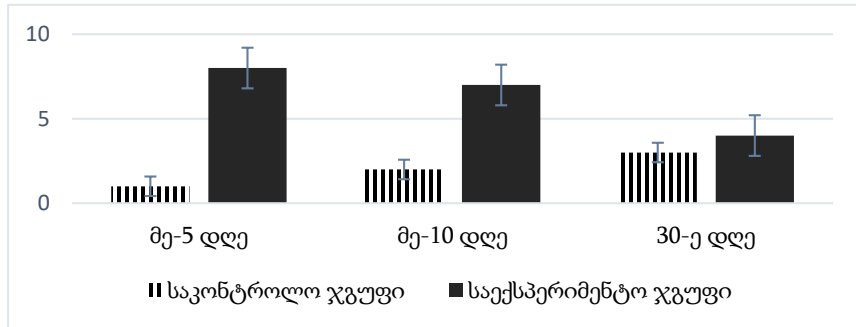
მე-10 დღეს ჩატარებული 5 – CSRTT დროს საექსპერიმენტო ჯგუფის ვირთაგვები სტიმულზე მყისიერად რეაგირებდნენ, რაც გამოიხატებოდა სტიმულის მიღებისთანავე სწორ ან არასწორ ხვრელში ცხვირის შეყოფით, მაშინ როცა მე-30 დღეს ვირთაგვები ნაკლებ შეცდომას უშვებდნენ, ვიდრე წინა პერიოდში ($P < 0.05$).

ცხრილი N 1. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე 5 – CSRTT დროს.

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

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 ± 2.3), მე-10 და 30-ე დღეს ჩატარებული ტესტის დროს ამ ჯგუფის ცხოველების იმპულსურობამ ოდნავ იკლო და შესაბამისად 3.9 ± 1.3 და 4.1 ± 2.1 გახდა.

დიაგრამა N 1. ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა იმპულსურობასა და ყურადღებაზე 5 – CSRTT დროს.



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 საწმუნო რაოდენობით აღემატება საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებს.

პასიური განრიდების ტესტის შედეგები:

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.

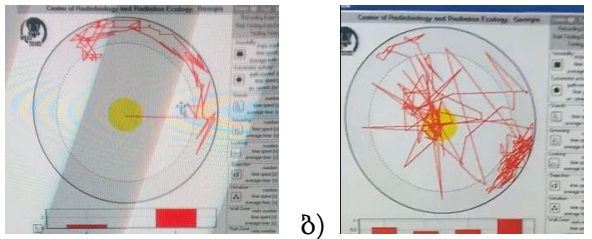
ემვ-ში მყოფი ვირთაგვების ჯგუფში, პასიური განრიდების ტესტიდან მე-5 დღეს, ვირთაგვების ნაწილი არ შედის კამერის ბნელ ნაწილში, ხოლო ნაწილი შედის და მალევე გამოდის უკან. 30-ე დღეს კი განსხვავება საექსპერიმენტო და საკონტროლო ჯგუფებს შორის ნაწილობრივ იქნა.

მეხსიერების, ყურადღებისა და კონცენტრაციის ცვლილებები მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისა და რადონის ინჰალაციის დროს: კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ მოკლე ან გრძელვადიან მეხსიერებაზე არც მიკროტალღურ და არც რადონის მცირე დოზებს სტატისტიკურად საწმუნო გავლენა არ მოუხდენია.

ქცევის ცვლილებები ღია ველში არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას:

ლოკომოტორული აქტივობა: კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ ემვ-ში მყოფი ჯგუფის ვირთაგვები საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით მეტ მანძილს გადიოდნენ ან პირიქით, ახასიათებდათ იმობილიზაცია.

სურათი N1. არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედება ლოკომოტორულ აქტივობაზე. ა) ემვ-ს მოქმედებისას ბ) მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისას.



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

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

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

ცხრილი N 2. არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ღია ველის ტესტის შედეგები:

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

- გრუმინგის რაოდენობების შედარებისას ჩანს, რომ საკონტროლო ჯგუფის ვირთაგვებში გრუმინგი სტატისტიკურად სანდროდაა მომატებული ემვ-ში მყოფ ვირთაგვების ჯგუფთან შედარებით (8.44 ± 2.92 და 4.0 ± 3.2 , $p < 0.05$). კვლევამ აჩვენა, რომ მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფის ცხოველებში გრუმინგის ხანგრძლივობა

ნაკლები იყო, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის შემთხვევაში 2.23 ± 3.42 და 6.78 ± 3.42 , შესაბამისად $p < 0.05$.

ქცევის ცვლილება ღია ველში მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას: 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 ± 1.36 წმ შეადგენს, ხოლო რადონის ინჰალაციის გავლენით ეს დრო იზრდება 9.5 ± 3.62 -მდე, $p < 0.05$.

მაიონიზირებელი რადიაციის მცირე დოზის ზემოქმედების შემდეგ შფოთვითი და არაშფოთვითი ჯგუფის ცხოველებიც ნაკლები ხანგრძლივობით ჩერდებიან ღია ველის მანქის პერიფერიულ ნაწილში, ვიდრე არარადონის ინჰალაციის შფოთვითი ჯგუფის ცხოველები ($p < 0.05$)

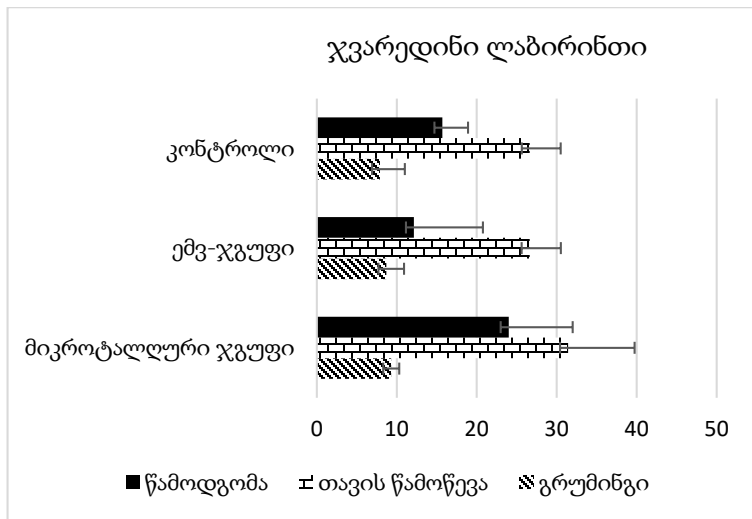
ცხრილი N3 რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის გავლენა ღია ველის მანქეში გადაადილების ალგორითმზე.

ღია ველის ტესტში პერიფერიულ და ცენტრალურ ნაწილში გატარებული დრო (წმ) N=10		
RI შფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ზონა	130.25 ± 19.76
	ცენტრალური ზონა	49.75 ± 11.76
SC შფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ზონა	172.125 ± 8.0
	ცენტრალური ზონა	7.875 ± 3.1
RI არაშფოთვით ჯგუფში	პერიფერიული ზონა	122.75 ± 12.39
	ცენტრალური ზონა	57.25 ± 12.37
კონტროლი	პერიფერიული ზონა	139 ± 15.98
	ცენტრალური ზონა	41 ± 17.1

ქცევა ჯვარედინ ლაბირინთში არამაიონიზირებელი რადიაციის ზემოქმედებისას:

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 გაიზარდა, ხოლო ემგ-ში მოთავსებულ ჯგუფში პირიქით, ადგილი აქვს თავის აწევათა რიცხვის შეცირებას. საკვლევი ცხოველების ამ ჯგუფში ცხოველების ნაწილი ფაქტიურად იმობილიზირებული იყო და რჩებოდან ლაბირინთის ბნელ ნაწილში. მსგავსი მონაცემები მივიღეთ წამოდგომათა რაოდენობის დათვლისას.

დიაგრამა N2. არამაიონიზირებელი რადიაციის გავლენა გრუმინგის, თავის აწევის და წამოდგომის რაოდენობაზე ჯვარედინი ლაბირინთის ტესტში

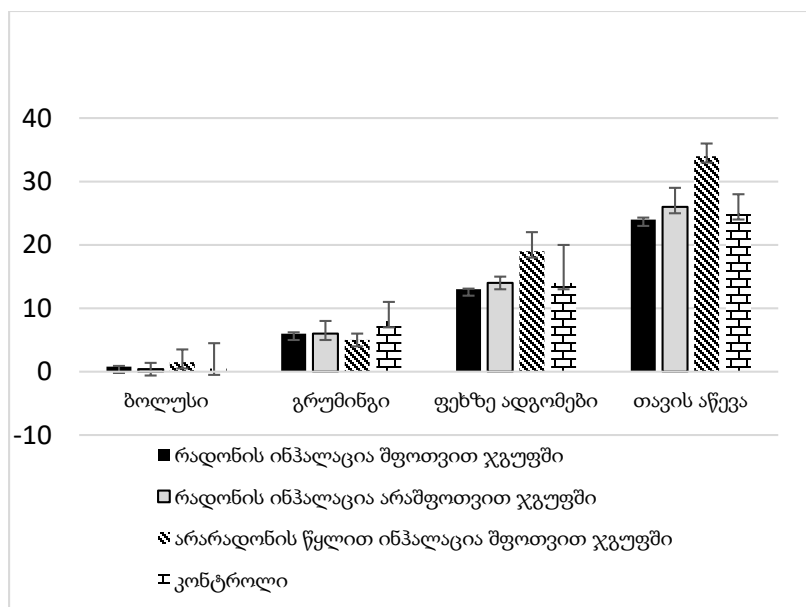


ქცევა ჯვარედინ ლაბირინთში რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციის შემდეგ: რადონის მცირე დოზებით ინჰალაციისას შფოთვითი ჯგუფის ვირთაგვები უფრო ნაკლები დროით რჩებიან პერიოფერიულ ნაწილში (115.25 ± 15.45), ვიდრე ჯგუფი, რომელსაც შფოთვის დროს მხოლოდ არარადონის წყლით ჩავუტარეთ ინჰალაცია (173.53 ± 13.78) $p < 0.05$.

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 ± 0.6), ვიდრე საკონტროლო და რადონის ინჰალაციის შფოთვით და არაშფოთვით ჯგუფებში $p < 0.05$.

სტატისტიკურად სანდრო იყო მაჩვენებელი ($p < 0.05$) თავის აწევების და ფეხზე დგომების რაოდენობაშიც მივიღეთ შფოთვის იმ ჯგუფის მონაცემების შედარებისას, რომელზეც არ გვიმოქმედია რადონით, რადონის მოქმედების შფოთვისა და არაშფოთვის ჯგუფთან შედარებით.

დიაგრამა 3: რადონის ინჰალაციის გავლენა შფოთვით რეაქციებზე



ცხრილი N 4. დოფამინის, ნორადრენალინის, ადრენალინის და სეროტონინის კონცენტრაციის ცვლილება არამიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას.

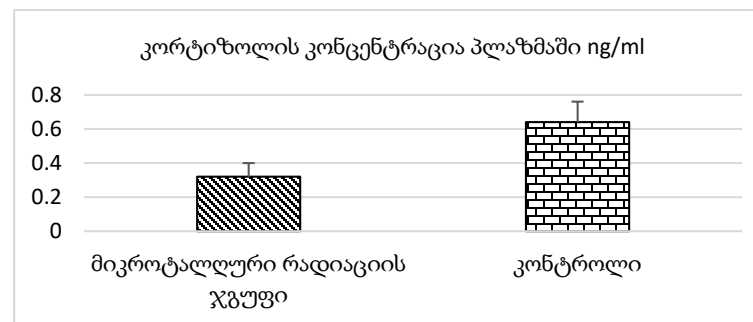
Nmol/l	კონტროლი	ემვ-ში მყოფი ჯგუფი	მიკროტალღური რადიაციის ჯგუფი
დოფამინი	0,126±0,011	0,1471±0,0*	0,1632±0,05**
ნორადრენალინი	0,021±0,0019	0,0112±0,002**	0,042±0,002***
ადრენალინი	0,07±0,0019	0,082±0,004*	0,107±0,003**
სეროტონინი	0,187±0,0011	0,0645±0,002*	0,230±0,001**

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

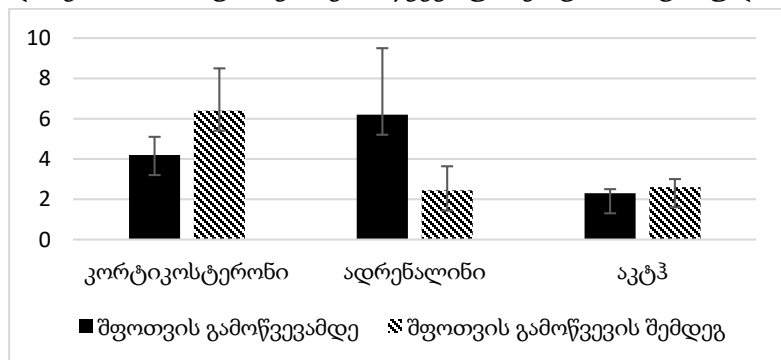
მიკროტალღური რადიაციის მოქმედებისას, კორტიზოლის კონცენტრაცია მოიმატა მიკროტალღური რადიაციის ექსპოზიციის ჯგუფში, კონტროლთან შედარებით.

ნეიროჰორმონების ანალიზი: რადონის მცირე დოზების მოქმედებისას შფოთვის გამოწვევის მცდელობის შემდეგ მოიტამატა სტრესის ბიოლოგიაში მონაწილე ნეიროჰორმონების კონცენტრაციამ, რითაც დასტურდება სტრესის გამოწვევა.

დიაგრამა N5. კორტიზოლის კონცენტრაციის ცვლილებები მიკროტალღური რადიაციის ზემოქმედებისას.



დიაგრამა N4. შფოთვის გამოწვევა უარყოფითი სტიმულით



გრელინის და დოფამინის კონცენტრაციის ცვლილებები არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას: 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.

ანტიოქსიდაციური რეაქციები რადონის მცირე დოზების მოქმედებისას: რადონის მცირე დოზების ინჰალაციის შემდეგ ცხოველების თავის ტვინის ქსოვილში GSH კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფების შემთხვევაში. შესაბამისად, თავის ტვინის ქსოვილში ანტიოქსიდაციური პროცესების შესაფასებლად დავიანგარიშეთ GSH/GSSG თანაფარდობა, რამაც შედეგად აჩვენა, რომ რადონის ინჰალაციის ჯგუფის შემთხვევაში თანაფარდობა სტატისტიკური სარწმუნოებით მაღალია რადონის ინჰალაციის ჯგუფის ვირთაგვების სხვა ჯგუფებთან შედარებით.

ცხრილი N5. ნაჩვენებია მცირე დოზის რადიაციით გამოწვეული ანტიოქსიდაციური რეაქციების ცვლილებები

	Total GSH (nmol/mg)	GSSG (nmol/mg)	GSH/GSSG ratio
რადონის ინჰალაციის ჯგუფი (RI)	32.5 ± 2.77	13.62 ± 3.29	2.46 ± 0.39
არარადონის ინჰალაციის ჯგუფი (SC)	26.25 ± 3.28	23.625 ± 3.73	1.13 ± 0.23
საკონტროლო (C)	27.87 ± 2.47	15.62 ± 3.29	1.86 ± 0.42

რაც შეეხება ოქსიდაციური სტატუსის გამოკვლევის შედეგებს, TOS-ის კონცენტრაცია სარწმუნოდ ნაკლებია რადონის ინჰალაციის ჯგუფში არარადონის ჯგუფთან შედარებით.

ცხრილი N6. მცირე დოზის რადიაციით გამოწვეული ანტიოქსიდაციური რეაქციების ცვლილებები

	TOS (U/ml)	TAS (U/ml)	OSI
RI ჯგუფი	15.12 ± 1.12	0.90 ± 0.24	18.35 ± 7.17
SC - ჯგუფი	16.5 ± 2	0.85 ± 0.26	21.15 ± 6.92
კონტროლი	15.25 ± 1.03	0.91 ± 0.24	18.23 ± 6.77

კვლევის შედეგების განხილვა:

მაიონიზირებელი და არამაიონიზირებელი რადიაცია სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე. რადიაციის, როგორც სტრესორის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა ნერვული სისტემა.

ჩვენი კვლევის შედეგებშიც ჩანს კავშირი ამ ფიზიკური ფაქტორით გამოწვეულ სტრესსა და კონგინტური პროცესების ცვლილებას შორის, კერძოდ: არამაიონიზირებელი რადიაციის შემთხვევაში, როცა განვსაზღვრეთ სტრესის ბიოლოგიაში ჩართული ნეიროჰორმონების კონცენტრაციების ცვლილებები, აღმოჩნდა, რომ საყოფაცხოვრებო სიხშირის ელექტომაგნიტური ველის 10 დღიანი ზემოქმედების შემდეგ მოიმატა დოფამინის, ნორადრენალინის, ადრენალინის და სერტოტონინის კონცენტრაციებმა, ხოლო დღეში 3 წუთით მიკროტალღური რადიაციის 10 დღიანი არაპირდაპირი (დუმელიდან გამოჟონილი) რადიაციის დასხვებისას აღნიშნული პარამეტრების სტატისტიკურად კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი

მომატება დაფიქსირდა. 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 ზემოქმედებამ ვირთაგვების 1/3-ში იმობილიზაცია, ხოლო 2/3-ში კი გამოხატულად გაძლიერებული მოტორული რეაქციები გამოიწვია.

ღია ველის ტესტებისგან განხვავებული რეაქციები მივიღეთ დადებითი გამლიზიანებლით გამოწვეული პირობითრეფლექსური ტესტების შეფასებისას. კერძოდ, ამ შემთხვევაში მოიმატა იმპულსურობამ, რამაც განაპირობა შესაბამისი ქცევები. სადაც ორი საკვებურის და 5-CSRTT ტესტებში, ემვ-ს მოქმედების საექსპერიმენტო ჯგუფის ცხოველებში შეინიშნება მოტივაციასთან ასოცირებული რეაქციები და ცხოველში იმატებს იმპულსურობა ისე, რომ იგი გავლენას ახდენს ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე და შედეგად ხელს უშლის საკვლევ ცხოველს სწორად შეასრულოს დაკისრებული დავალება.

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

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.

მეხსიერების პროცესებში ემოციურობის დასადგენად ჩატარებული ტესტების შედეგებშიც ჩანს, რომ არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას ადგილი აქვს ემოციურობის მომატებას, რაც ღია ველის ტესტში ბოლუსების რაოდენობით განისაზღვრება.

ემოციურობის და იმპულსურობის მომატება და ყურადღებისა და კონცენტრაციის დაქვეითება არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას დასტურდება შფოთვის დონის დასადგენი ქცევის ფიზიოლოგიური ტესტებით ღია ველსა და ჯვარედინ ლაბირინთში, სადაც მიღებული შედეგებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ორივე შემთხვევაში, მიკროტალღური რადიაციისა თუ ემვ-ს ზემოქმედებისას ადგილი აქვს შფოთვითი რეაქციების გაძლიერებას.

კვლევებით დგინდება, კავშირი შფოთვის მსგავსი რეაქციის შემთხვევისას და გრუმინგის რაოდენობას შორის. გრუმინგის დროს ხდება „ქმედების, რეაქციის დაგეგმვა“. მაშინ როცა გრუმინგი შემცირებულია, ცხოველი მოქმედებს იმპულსურად და გაუაზრებლად, რასაც ადგილი ჰქონდა ჩვენს შემთხვევაშიც არამაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას.

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 საფუძვლად შესაძლოა ყურადღების და კონცენტრაციის დაქვეითება ედოს.

კვლევის შედეგებში ჩანს, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის ძალიან მცირე დოზები იწვევენ ანქსიოლიზურ 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, რადონის 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 ანქსიოლოზური 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. ჩვენი კვლევის შედეგებიდან შეიძლება დავასვენათ, რომ GSH/GSSG თანაფარდობა სტრესთან და

შფოთვასთან ერთად მცირდება. ამის მიზეზი კი GSH დაჟანგვის ზრდაა, რაც ვლინდება GSSG კონცენტრაციის მატებით.

რადონის ზემოქმედებისას შფოთვის დროს ანქიოლიზური ეფექტის საფუძველს გაძლიერებული ანტიოქსიდაციური რეაქციები წარმოადგენს. ყოველივე ეს კი მიუთითებს რადონის ჰორმეზისზე: ანტიოქსიდანტური ჯგუფების აქტივაციით მიღებულ ანქსიოლოზურ ეფექტზე.

დასკვნები:

-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.

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

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

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

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

involved in stress management, causing reactions in all systems of the body (Mahdavi S., et al. 2014).

Although the negative effects of non-ionizing radiation, such as exposure to cell phones on children, exposure to radio transmitters on the body, etc., are often covered in the media, the problem is still relevant. There are many reasons for this: radiation waves of different frequencies have different effects on the body, and the body reacts differently and differently to this stimulus, depending on the state of its defense mechanisms.

A problem statement that means: many scientific groups study the effect of ionizing and non-ionizing radiation on the body independently and for several reasons: to avoid possible health hazards and to prevent the associated risks in a timely manner. Therefore, our other studies serve these purposes, namely the study of the effects of various types of radiation on the human body (Kalafatakis F., et al. 2017, Wiholm C., et al. 2009).

The purpose and objectives of the study, hypothesis.

The aim of our study was to determine the stress genesis of non-ionizing radiation, which occurs in living environment, and the effects of anxiety, memory, attention and concentration, arising under its influence in the presence of various stimuli.

To study the dose dependence of this radiation based on the analysis of changes in the concentration of neurohormones involved in the processes.

Research hypothesis:

Hypothesis 1: Non-ionizing radiation as a stressor can cause anxiety and memory changes.

Hypothesis 2: With a change in behavior during stress by non-ionizing radiation, there is a change in the concentration of neurohormones involved in the regulation of stress.

Introduction

Relevance of the research topic:

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 (Eskildsen A., et al. 2015; Janowski K., et al. 2014). Stress can be caused by many factors, including radiation. An emotional expression of stress is anxiety. In addition to anxiety, various memory changes occur during stress, from improved memory to memory loss.

People spend more and more time under radiation, in addition to natural forms of radiation, even at home, our body is exposed to electromagnetic fields of different frequencies, microwave or ionizing radiation (Bos M., et al. 2014; Cheung J., et al. 2015; Trammell J., et al. 2014).

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, but it should be noted that, like all drugs, if used correctly, radiation can have a positive effect. This requires a careful study of the mechanisms by which the body responds to this physical stressor (Bonnet-Belfais M., et al. 2013).

Current status:

Long-term exposure to non-ionizing radiation causes the same changes in the body as in chronic stress: it increases the concentration of hormones

Hypothesis 3: Hormesis and mobilization of the body's adaptive mechanisms, including anxiety, occur at low doses of radiation.

Research methodology:

The study was conducted in animal models. A GSM mobile phone was used to generate the electromagnetic field, and a household microwave oven was used to generate microwave radiation, from which microwave radiation leaked during work. 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 in thermal water used in the Tskhaltubo resort.

To study the biology of radiation stress, we conducted a laboratory study of neurohormones by the method of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA using appropriate kits).

To defined the level of anxiety and changes of various forms of memory, physiological behavioral tests were carried out, namely: the level of anxiety was determined by special tests of the Elevated plus maze and open field, attention and concentration were studied using 5-CSRTT, and memory using two food tests and passive avoidance test and by measuring concentration the neurohormone ghrelin in animal plasma.

As for the state of the body's antioxidant systems, it was assessed using laboratory tests of plasma taken from rats (glutathione, oxidized glutathione, total oxidative status, total antioxidant status)

Research results:

Change in memory caused by a positive stimulus during the action of an electromagnetic field.

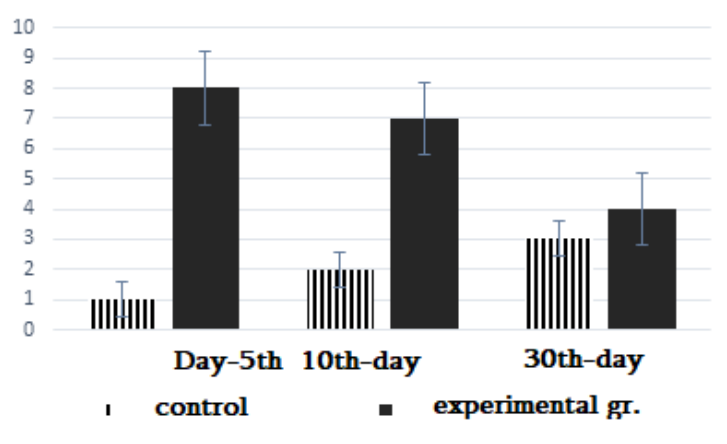
• Results of the two feed tests: On the 10th day of the test, the number of rats in the experimental group that arrived at the correct feed was greater than the number of rats in the control group that arrived at the correct feed. the case is 7.3 ± 1.05 ($P < 0.05$).

The rats of the experimental group were already less impulsive on the 30th day after being placed in the EMF than on the 5th and 10th days.

• 5 - CSRTT test results; on the 10th day, the rats of the experimental group immediately responded to the stimulus, which was manifested in the fact that after receiving the stimulus, the nose was inserted into the correct or wrong hole, while on the 30th day the rats made fewer mistakes than in in the previous period ($P < 0.05$). Comparison of 5 CSRTT data performed in the previous period on rats did not change. *Table N 1. Influence of the electromagnetic field on attention and concentration in 5 - CSRTT.*

5 -CSRTT-results	Experimental group	control
Number of unmistakable tests-Day 5	7.0 ± 1.3	9.11 ± 1.5
Number of unmistakable tests-Day 10	5.4 ± 1.6	7.24 ± 0.04
Number of unmistakable tests-Day 30	7.1 ± 0.3	7.4 ± 2.1

The rats in the experimental group were more impulsive and less concentrated than the rats in the control group. On the 5th day after training, the rats of the experimental group behaved more impulsively than 30th day in 5-CSRTT. The rats of the experimental group showed the maximum impulsivity and less attention on the 5th day (6.7 ± 2.3), during the test on the 10th and 30th days the impulsivity of the animals of this group decreased slightly and, respectively, 3.9 ± 1.3 and 4.1 ± 2.1 became. Diagram No. 1. Influence of the electromagnetic field on the impulse and attention at 5 - CSRTT.



Motor activity is increased by the influence of an electromagnetic field, and this is especially noticeable according to the results of the test carried out on the 5th day after training, in particular, the number of grooming and head lifts in rats of the experimental group is statistically higher than in rats of the control group.

Memory Changes Caused by Negative Stimuli During Exposure to an Electromagnetic Field - Passive avoidance Test Results:

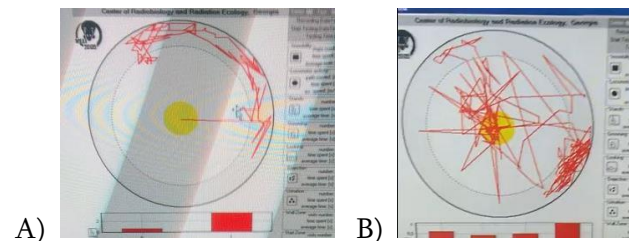
The results of our study show that when the test was repeated 20 minutes after the passive stimulus test, most of the animals in the experimental group exposed to the electromagnetic field were still in the dark part of the chamber, although 20 minutes ago they experienced pain annoyance in this part. In the group of rats in EMF, on the 5th day after the passive distraction test, part of the rat does not enter the dark part of the chamber, and part of it enters and soon exits. On the 30th day, there was no difference between the experimental and control groups.

Changes in memory, attention and concentration during microwave exposure and inhalation of radon: Studies have shown that neither

microwave radiation nor small doses of radon have a statistically significant effect on short-term or long-term exposure.

Changes in behavior when exposed to non-ionizing radiation in an open field: Locomotor activity: the results of the study showed that the rats in the EMF group covered greater distances than the control group, or, conversely, were characterized by immobilization.

Figure N1. Influence of non-ionizing radiation on locomotor activity. A) An example of immobilization under the influence of EMF. B) Hyperactivity under the influence of microwave radiation.



Anxiety level results in the open field test:

the results of the study show that the central squares are more freely controlled by animals in the control group than animals in the EMF group (4.88 ± 1.36 and 2.11 ± 2.62 , respectively, $P < 0.05$) and animals of the microwave radiation group, which, due to the distance traveled, avoid entering the central part of the open field arena.

As for the time spent in the central squares, in parallel with the value of the number of intersections of the central squares, the rats of the control group spent more time in the center (33 ± 8.9 s) than the experimental EME (8.44 ± 8.323). and rats of the microwave irradiation group 19.719 ($17.76 P < 0.05$).

Regarding immobilization, as can be seen from the assessment of locomotor activity, in this case, the rats in the EMF group were

immobilized much longer than the animals in the control group ($P < 0.05$) at 23 ± 15.91 and 5.56 ± 2.5 seconds respectively.

Table N 3. Results of tests in an open field under the influence of non-ionizing radiation:

N=10	Central squares entries (n)	Time spend in central zone (sec)	Immobilization (Sec)
EMF-group	2.11 ± 2.62	8.44 ± 8.323	23 ± 15.91
Microwave group	3.22 ± 1.56	17.76 ± 7.19	1.77 ± 1.85
Control	4.88 ± 1.36	33 ± 8.9	5.56 ± 2.5

Comparison of grooming numbers shows that grooming in control group rats was statistically significantly higher than in the group of rats in EMF (8.44 ± 2.92 and 4.0 ± 3.2 , $p < 0.05$). The study showed that the duration of grooming in the animals in the microwave radiation group was shorter than in the control group 2.23 ± 3.42 and 6.78 ± 3.42 , respectively $p < 0.05$.

Behavior change during exposure to ionizing radiation in the open field:

In the study of immobilization, the results showed that when inhaling radon, when the test animal had no anxiety before inhalation, the immobilization time was increased to 4.88 ± 1.36 s in the control group, and this time increased to 9.5 ± 3.62 under the influence of radon inhalation, $p < 0.05$.

After exposure to small doses of ionizing radiation, animals in the anxious and non-anxious groups also stay in the peripheral part of the open field mane for less time than animals in the anxious group of non-radon inhalation ($p < 0.05$)

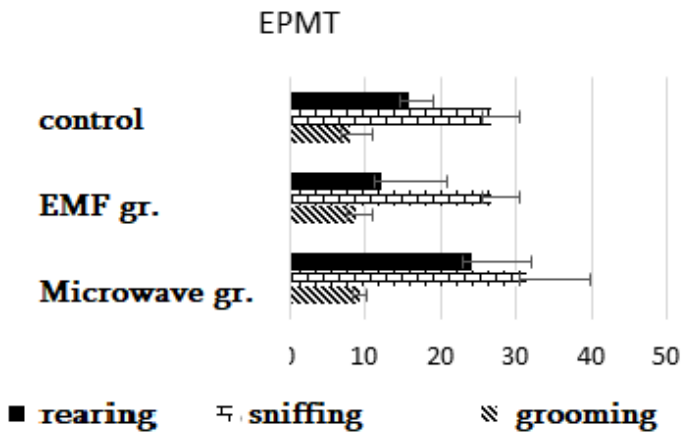
Table N4. Influence of small doses of radon inhalation on the open field maneuver algorithm.

Time spend in CZ and PZ in open field (sec) N=10		
RIS group	PZ	130.25 ± 19.76
	CZ	49.75 ± 11.76
SC	PZ	172.125 ± 8.0
	CZ	7.875 ± 3.1
RI	PZ	122.75 ± 12.39
	CZ	57.25 ± 12.37
control	PZ	139 ± 15.98
	CZ	41 ± 17.1

Behavior in the EPMT when exposed to non-ionizing radiation:

The results of the study show that after a period of 10 days of non-ionizing radiation, the behavior of the animal in the microwave radiation action group changed statistically significant, where the number of rearing increased, while in the group placed in the EMF, the number of ascents decreased. Part of the animals in this group of study animals were literally immobilized and left in the dark part of the maze. We obtained similar data when counting the number of rises.

Diagram N2. Influence of non-ionizing radiation on the number of grooming, head raise and rising in the EPM test



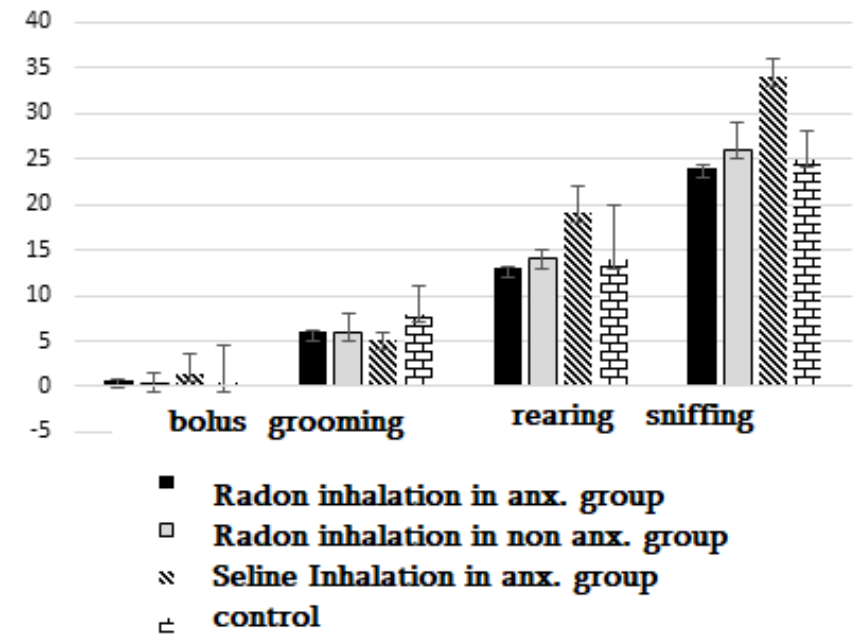
Behavior in a cross-maze after inhalation of small doses of radon.

When inhaled with small doses of radon, rats in the anxious group remained in the peripheral part for less time (115.25 ± 15.45) than in the group inhaled with non-radon water (173.53 ± 13.78) $p < 0.05$.

In the anxiety response results, we obtained a statistically significant result in terms of animal emotionality, namely: in the anxiety group that did not receive a small dose of radon, the number of boluses was relatively higher (1.5 ± 0.6) than in the control and radon inhalation anxiety and non-anxiety groups $p < 0.05$.

Statistically reliable ($p < 0.05$) was obtained in the number of head-ups and standing-ups when comparing the data of the anxiety group that was not affected by radon, compared with the anxiety and non-anxiety group of radon action.

Figure 3: Impact of radon inhalation on anxiety reactions in EPMT



Analysis of neurohormones:

The concentrations of neurohormones involved in the biology of stress were increased after attempts to induce anxiety by exposing small doses of radon, thereby confirming stress.

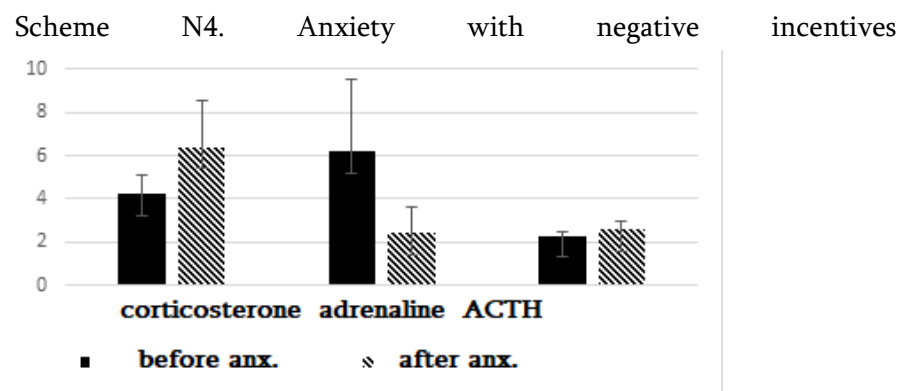


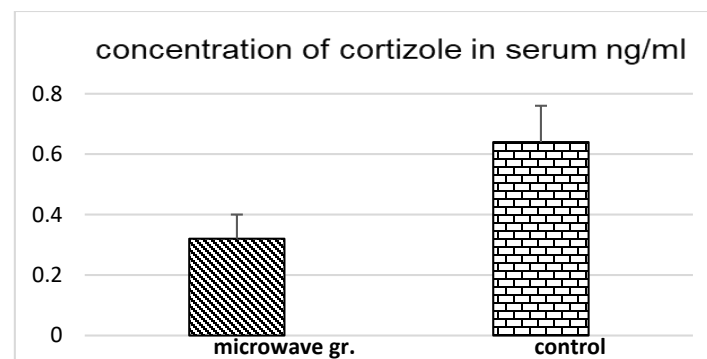
Table N 5. Changes in the concentrations of dopamine, noradrenaline, adrenaline and serotonin during the action of non-ionizing radiation.

Nmol/l	Control	EMF group	Microwave gr.
dopamine	0,126±0,011	0,1471±0,0*	0,1632±0,05*
noradrenaline	0,021±0,0019	0,0112±0,002**	0,042±0,002**
adrenaline	0,07±0,0019	0,082±0,004*	0,107±0,003*
serotonin	0,187±0,0011	0.0645±0,002*	0,230±0,001*

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

Under the action of microwave radiation, cortisol concentrations increased in the microwave radiation exposure group compared to controls.

Diagram N5. Changes in cortisol concentration when exposed to microwave radiation.



Changes in ghrelin and dopamine concentrations under the action of non-ionizing radiation: The results show that changes in ghrelin concentrations are statistically significant in microwave radiation group when the concentration rises from 3.5 ± 0.7 Nmol /l to (control) 5.4 ± 1.1 Nmol/l.

Antioxidant reactions at small doses of radon: After inhalation of small doses of radon, the GSH concentration in the brain tissue of animals is significantly higher than in the control groups. Therefore, to evaluate the antioxidant processes in brain tissue, we calculated the GSH / GSSG ratio, which showed that the ratio in the case of the radon inhalation group was statistically higher compared to other groups of rats in the radon inhalation group.

Table N 6. Changes in antioxidant reactions induced by low-dose radiation are shown

	Total GSH (nmol/mg)	GSSG (nmol/mg)	GSH/GSSG ratio
RI	32.5 ±2.77	13.62±3.29	2.46±0.39
SC	26.25±3.28	23.625±3.73	1.13±0.23
C	27.87±2.47	15.62±3.29	1.86±0.42

As for the results of the oxidative status study, the concentration of TOS is reliably lower in the radon inhalation group compared to the SC group. Table N7. Changes in antioxidant reactions induced by low-dose radiation

	TOS (U/ml)	TAS (U/ml)	OSI
RI	15.12±1.12	0.90±0.24	18.35±7.17
SC	16.5±2	0.85±0.26	21.15±6.92
C	15.25±1.03	0.91±0.24	18.23±6.77

Review of research results:

Ionizing and non-ionizing radiation act differently on the human body. The nervous system is particularly sensitive to radiation as a stressor.

The results of our study also show a link between stress induced by this physical factor and changes in conglomerate processes, namely: in the case of non-ionizing radiation, when we determined changes in concentrations of neurohormones involved in stress biology, it was found that Concentrations, while exposure to 10 days of indirect microwave radiation (emitted from the furnace) for 3 minutes per day, showed a statistically significant increase in these parameters. In our study, if during a 3-minute indirect 10-day exposure to microwave radiation, anxiety was detected by hyperactive motor movement, a 10-day intermittent exposure to an electromagnetic field of 800 MHz induced immobilization in 1/3 of the rats, while in 2/3 it showed pronounced reactivity.

Reactions different from open field tests were obtained when evaluating conditioned reflex tests induced by positive irritants. In

particular, in this case the impulsivity increased, which led to the corresponding behaviors. Where in two feeding and 5-CSRTT tests, motivation-related reactions are observed in animals in the experimental group of EMF action and impulsivity increases in the animal so that it affects attention and concentration and thus prevents the study animal from performing the assigned task correctly.

From all the above, it seems that during the action of EMF there is an impact on the mechanisms of excitation, which is manifested in an increase in excitation.

Disruption of consolidation processes of memory was detected during the action of EMF on memory, which allows us to conclude that the influence of EMF disrupts the transmission of information related to both the pituitary gland and structures outside it, which participate in the task of identifying a new object.

Increased emotionality and impulsivity and decreased attention and concentration during the action of non-ionizing radiation are confirmed by physiological tests of anxiety in open field and cross-labyrinth, where we can conclude that in both cases there is a strong effect of microwave radiation.

Studies have shown an association between the occurrence of an anxiety-like reaction and the amount of grooming. "Action, reaction planning" takes place during grooming. While grooming is reduced, the animal acts impulsively and unconsciously, which is what happened in our case with the action of non-ionizing radiation.

To assess the excitement and emotion of non-ionizing radiation, cross-labyrinth tests also show that animals become more fearless and spend significantly more time on the open side of the labyrinth than control group animals. Significantly more entrances to the center of

the cross-labyrinth are in the microwave action group. This indicates that there is less danger avoidance here as well, which may be based on a decrease in attention and concentration.

Research shows that very small doses of ionizing radiation cause anxiolytic action. When we studied the level of anxiety after inhaling Tskaltubo radon water, it was found to be impaired, as evidenced by open field and cross-labyrinth tests.

In our study, exposure to small doses of radon did not affect the locomotor activity and immobilization of the experimental animal, but behavioral analysis showed that exposure to small doses of ionizing radiation resulted in reduced anxiety responses, including In the open part for a longer delay.

In terms of emotionality as well, after inhaling radon, we counted fewer boluses in the group experiencing anxiety, and we obtained an anxiolytic effect by inhaling radon.

To determine what was the basis for reducing anxiety reactions, we evaluated antioxidant reactions and changes in oxidative status upon inhalation of small doses of radon.

To test the activation of the antioxidant system, we measured the GSH concentration involved in the body's oxidation-reduction reactions and its oxidation product GSSG. From the results of our study we can conclude that the GSH / GSSG ratio decreases with stress and anxiety. The reason for this is an increase in GSH oxidation, which is manifested by an increase in GSSG concentration.

Enhanced antioxidant reactions are the basis of the anxiolytic effect of anxiety when exposed to radon. All this points to the radon hormone: the anxiolytic effect obtained by activating antioxidant groups.

Conclusions:

Non-ionizing radiation in the living environment acts as a stressor in the mammals and causes the development of anxiety reactions, which is confirmed by behavioral tests and changes in the concentrations of neurohormones involved in stress biology.

-Anxiety developed during the action of non-ionizing radiation in the living environment in mammals is manifested by an increase in impulsivity, a decrease in attention and concentration.

-Anxiety reactions developed during the action of non-ionizing radiation in the living environment, which affect the impulsivity, with a decrease in attention and concentration gives a picture of memory impairment in mammals;

- the action of non-ionizing radiation in the living environment reduces the response to negative stimuli created by the positive emotion associated with learning in a state of anxiety, resulting in decreased attention and concentration caused by the action of non-ionizing radiation and increased impulsivity.

- The action of small doses of ionizing radiation reduces the level of anxiety. This anxiolytic effect is obtained by enhancing the antioxidant reactions in the nervous tissue.

გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

- 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
- 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
- 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.
- 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
- 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
- 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

- 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 .
- 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

მოხსენებები:

- ბიომედ 2021, მულტიდისციპლინარული კონფერენცია ბიომედიცინაში; ზეპირი მოხსენება: The effect of Tskalubo water on the behavioral changes; ბათუმი, 2021
- მე-4 საერთაშორისო მულტიდისციპლინური კონფერენცია რეოლოგიაში, ზეპირი მოხსენება თემაზე: ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ყურადღებასა და კონცენტრაციაზე, თბილისი, 2018
- საერთაშორისო კონფერენცია ბერიტაშვილის საუბრები, ნერიფიზიოლოგიური ფუნქციები და მათი დარღვევები, ინტერდისციპლინური კვლევები; ზეპირი მოხსენება: ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა პირობითრეფლექსურ მესხიერებაზე, თბილისი, 2018

- 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
- ბავშვთა დაცვა: ფსიქო-სოციალური მხარდაჭერა და უზუნველყოფა, მოხსენება: ემვ-სგავლენა მეხსიერებაზე, ჰაიფა, ისრაელი; 2015;
- ბიომედიცინის აქტუალური საკითხები: პროფილაქტიკური გამოკვლევები ჯანმრთელობის დაზღვევაში; ბათუმი, 2015.
- I საერთაშორისო კონფერენცია რეოლოგიაში. ზეპირი მოხსენება: ემვ-სგავლენა ფსიქოციტულ მდგომარეობაზე, ქუთაისი, 2015;