

УДК: 614.876:616-055.6:577.122:616-092.4

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13820917>

ФІЗИЧНА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ОПРОМІНЕНИХ РІЗНИМИ ДОЗАМИ ТВАРИН ТА ЇХНІХ НАЩАДКІВ, ЯКІ ПІДДАНІ ОПРОМІНЕННЮ ДОЗОЮ 1,0 ГР

Степанов Г.Ф., Дубна Є.С., Терещенко Л.О., Бурячківський Е.С.

Одеський національний медичний університет

e-mail: medchem@ukr.net

PHYSICAL PERFORMANCE OF ANIMALS IRRADIATED WITH DIFFERENT DOSES AND THEIR DESCENDANTS IRRADIATED WITH A DOSE OF 1.0 GR

Stepanov H.F., Dubna Ye.S., Tereshchenko L.O., Buriachkivskyi E.S.

Odesa National Medical University

Summary/Резюме

The general condition of animals after ionizing radiation and the changes induced by this radiation largely determine the muscle tissue functioning. Taking into account the fact that irradiated animals descendants are exposed to physical stress, deeper biochemical changes in muscle tissue metabolism should be expected. During the experimental trials we were primarily interested in how the physical performance of irradiated descendants with a dose of 1.0 Gy, born from irradiated animals, would change during physical exercise and whether these changes would depend on the radiation dose of their parents. The purpose of the study was to investigate the impact of ionizing radiation on the physical performance of animals irradiated in different doses and their descendants irradiated with a dose of 1.0 Gy during exercise. In experiments on animals irradiated with a dose of 0.5 Gy, an increase in physical performance during exercise was established. At the same time, in animals irradiated with a dose of 1.0 Gy, a slight decrease in physical performance was observed. In 1-month-old descendants born from animals irradiated at a dose of 0.5 Gy, an increase in physical performance during exercise was proved. A decrease in physical performance has been proven in rat pups born from irradiated with a dose of 1.0 Gy and exposed to radiation at the same dose, which indicates the signs of exhaustion of adaptative mechanisms in young organism.

Key words: *ionizing radiation, muscles, physical performance, descendants of irradiated animals, mechanisms of adaptation, exhaustion*

Загальний стан тварин після іонізуючого опромінення та викликані цим опроміненням зміни багато в чому визначають функціонування м'язової тканини. Враховуючи те, що фізичному навантаженню піддаються нащадки опромінених тварин, то слід очікувати більш глибоких біохімічних змін у метаболізмі м'язової тканини. Під час проведення дослідів, у першу чергу нас цікавило, як змінюватиметься фізична працездатність опромінених дозою 1,0 Гр нащадків, народжених від опромінених тварин, під час фізичного навантаження і чи залежатимуть ці зміни від дози радіації їхніх батьків. Метою дослідження було з'ясування впливу іонізуючого випромінювання на фізичну працездатність опромінених у різних дозах тварин та їхніх нащадків, які підданні опроміненню дозою 1,0 Гр під час фізичного навантаження. В дослідях на опромінених дозою 0,5 Гр тваринах встановлено зростання фізичної працездатності під час навантаження. При цьому, у тварин, опромінених дозою 1,0 Гр, спосте-

рігалося незначне зниження фізичної працездатності. У 1-місячних нащадків, народжених від опромінених у дозі 0,5 Гр тварин, доведено збільшення фізичної працездатності під час навантаження. Доведено зниження фізичної працездатності у щурят, народжених від опромінених дозою 1,0 Гр та підданих опроміненню у тій же дозі, що вказує на появу ознак виснаження адаптаційних можливостей молодого організму.

Ключові слова: іонізуюче опромінення, м'язи, фізична працездатність, нащадки опромінених тварин, адаптаційні механізми, виснаження

Загальний стан тварин після іонізуючого опромінення та викликані цим опроміненням зміни багато в чому визначають функціонування м'язової тканини [10-13], яка відіграє важливу роль у забезпеченні життєдіяльності організму, а якщо враховувати, що фізичному навантаженню піддаються нащадки опромінених тварин, то слід очікувати більш глибоких біохімічних змін у метаболізмі м'язової тканини [14].

У результаті Чорнобильської катастрофи створилася безпрецедентна ситуація, коли сотні тисяч дітей зазнали не тільки гострого опромінення, але й продовжують жити, рости, розвиватися в умовах тривалого впливу малих доз іонізуючої радіації та інших несприятливих чинників післяаварійного періоду. Оцінка медичних наслідків вказує на те, що вплив факторів радіаційної і нерадіаційної природи зумовив стійкі негативні зміни в стані здоров'я постраждалого дитячого населення [2, 3, 7, 9].

Одним із загальних проявів адаптації є порушення рухової активності, що проявляється, зокрема, в зміні функції м'язів, м'язового скорочення, яке не тільки забезпечує переміщення тіла у просторі, а й «відображає всю різноманітність зовнішніх проявів діяльності мозку» (І.М. Сеченов). В опроміненому організмі різко знижуються динаміка і сила тетанічного скорочення, швидкість та ступінь відновлення функціональної активності м'язів.

Встановлено, що у ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС у віддаленому періоді знижений рівень фізіологічних резервів і толерантності до фізичних навантажень [5, 8, 17].

Під час проведення дослідів, у першу чергу нас цікавило, як змінюватиметься фізична працездатність опромінених дозою 1,0 Гр нащадків, народжених від опромінених тварин, під час фізичного навантаження і чи залежатимуть ці зміни від дози радіації їхніх батьків.

Метою дослідження було з'ясування впливу іонізуючого випромінювання на фізичну працездатність опромінених у різних дозах тварин та їхніх нащадків, які піддані опроміненню дозою 1,0 Гр під час фізичного навантаження.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження були проведені на статевозрілих щурах лінії Вістар масою 180–220 г та 1-місячних білих щурятах масою 30–32 г, що утримувалися на стандартній дієті віварію. Утримання, обробка та маніпуляції з тваринами проводились відповідно із «Загальними етичними принципами експериментів на тваринах», ухваленими П'ятим національним конгресом з біоетики (Київ, 2013), при цьому керувалися рекомендаціями Європейської конвенції про Захист хребетних тварин для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1985), методичним рекомендаціями ДФЦ МОЗ України «Доклінічні дослідження препаратів» (2001) та правилами гуманного поводження з піддослідними тваринами та умовами, затвердженими Комісією з біоетики Одеського національного медичного університету (протокол №32Д від 17.03.2016 р.).

Тварини були розподілені на групи таким чином: 1 група - інтактні статевозрілі тварини; 2 група - статевозрілі тварини, опромінені дозою 0,5 Гр; 3 група - статевозрілі тварини, опромінені

дозою 1,0 Гр; 4 група - 1-місячні щурята, отримані від інтактних тварин; 5 група - 1-місячні щурята, отримані від тварин, опромінених дозою 0,5 Гр, яких піддавали опроміненню дозою 1,0 Гр; 6 група - 1-місячні щурята, отримані від тварин, опромінених дозою 1,0 Гр, яких піддавали опроміненню у тій же дозі. У кожній групі було 7-10 тварин.

Для проведення експерименту статевозрілі тварини були піддані тотальному одноразовому гамма-опроміненню ^{60}Co вранці натщесерце на установці для телегамматерапії «Агат», відстань до джерела поглинання 75 см, потужність дози 0,54 Гр/хв, поглинута доза 0,5 Гр; 1,0 Гр. Для опромінення тварини були поміщені у спеціальну камеру з органічного скла розмірами 20х20х6 см, розділену перегородками відповідно до розмірів тварин.

Умови опромінення 1-місячних щурят, отриманих від тварин, опромінених дозами 0,5 та 1,0 Гр, такі ж, як і у статевозрілих тварин [11].

Моделювання фізичного навантаження здійснювалось шляхом плавання тварин при температурі води 25–26 °С у посудині з тягарем, маса якого становила 10 % від маси піддослідних тварин.

Отримані дані піддавалися статистичній обробці способом оцінки середньої за допомогою «таблиць Т» з використанням критерію χ^2 та комп'ютерних програм. Мінімальну статистичну вірогідність визначали при $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено, що в опромінених дозою 0,5 Гр тварин, під час навантаження

Фізична працездатність інтактних та опромінених тварин ($n = 9$)

Досліджуваний показник	Показник фізичної працездатності ($M \pm m$)		
	Інтактні щури	Тварини, опромінені різними дозами	
		0,5 Гр	1,0 Гр
Час плавання тварин, хв	25,74 $\pm$ 1,76	28,30 $\pm$ 1,82	22,80 $\pm$ 1,54

Таблиця 1

Фізична працездатність нащадків, народжених від інтактних та опромінених тварин ($n = 9$)

Досліджуваний показник	Інтактні щурята	Показник фізичної працездатності	
		Щурята, народжені від тварин, опромінених різними дозами	
		0,5 Гр	1,0 Гр
Час плавання тварин, хв	18,70 $\pm$ 1,46	20,30 $\pm$ 1,75	12,40 $\pm$ 1,44*

Таблиця 2

Примітка. * — $p < 0,05$ — вірогідні розбіжності досліджуваних показників порівняно з відповідними показниками у інтактних тварин

дещо збільшується фізична працездатність (майже на 10 % у порівнянні з інтактною групою), підвищення якої у цьому разі, можливо, зумовлене стимулювальним впливом іонізуючої радіації у такій дозі на функціонування м'язової тканини (Табл. 1).

Протилежні зміни у функціонуванні м'язової тканини відбувались у тварин, опромінених дозою 1,0 Гр. Спостерігалося незначне зниження фізичної працездатності на 11,4 % порівняно з інтактними тваринами.

Важливим аспектом проблеми віддалених пострадіаційних ефектів є стан репродуктивної функції та здоров'я нащадків опроміненого населення внаслідок властивих матері та дитині фізіологічних особливостей – висока чутливість до дії іонізуючого опромінення, наслідки якого можуть проявитися після тривалого періоду уявного благополуччя.

Тому особливої уваги потребує вивчення наслідків дії радіації на фізіологічну повноцінність нащадків.

Було виявлено, що у 1-місячних щурят, народжених від опромінених дозою 0,5 Гр тварин, під час навантаження дещо збільшується фізична працездатність (на 8,5 % у порівнянні з інтактною групою), підвищення якої у цьому випадку, можливо, зумовлене стимулювальним впливом іонізуючої радіації у

такій дозі на функціонування м'язової тканини (Табл. 2).

Протилежні зміни у функціонуванні м'язової тканини відбувались у щурят, народжених від опромінених дозою 1,0 Гр. Спостерігалось значне зниження фізичної працездатності, яка різко зменшувалась на 33,7 % порівняно з інтактними щурятами.

У дітей, які проживають в умовах дії малих доз іонізуючого випромінювання та інших несприятливих чинників, виявляються

зміни вегетативної регуляції серцевого ритму у вигляді невеликої участі центральних механізмів регуляції, недостатньої активації симпатично-адреналової системи при моделюванні тривалого функціонального навантаження та превалювання гуморально-метаболических впливів, що може бути патогенетичною основою розвитку реакцій дезадаптації, сприяти формуванню та ускладненому перебігу соматичної патології [4].

Тому було цікаво дослідити фізичну працездатність опромінених у малих дозах нащадків, народжених від опромінених у різних дозах батьків.

Встановлено, що у 1-місячних щурят, народжених від опромінених дозою 0,5 Гр тварин, підданих опроміненню дозою 1,0 Гр, під час навантаження зменшується фізична працездатність на 23 % у порівнянні з інтактною групою, а якщо порівнювати фізичну працездатність даної групи з неопроміненими щурятами, народженими від опромінених дозою 0,5 Гр тварин, то цей показник був менший на 30 %, що свідчить про зниження адаптаційних можливостей молодого організму до дії малих доз іонізуючого випромінювання (Табл. 3).

зму до дії малих доз іонізуючого випромінювання (Табл. 3).

Істотні зміни у функціонуванні м'язової тканини відбувались у щурят, народжених від опромінених дозою 1,0 Гр та підданих опроміненню у тій же дозі. Спостерігалось значне зниження фізичної працездатності цієї групи тварин більш ніж у 2 рази порівняно з інтактною групою та більш ніж на 30 % порівняно з неопроміненими щурятами, які народжені від опромінених дозою 1,0 Гр, що вказує на появу ознак виснаження адаптаційних можливостей молодого організму (Табл. 4).

Узагальнюючи отримані результати, можна констатувати значні зміни у функціонуванні м'язової тканини нащадків, народжених від опромінених батьків, в умовах дії малих доз іонізуючого випромінювання, причому зі збільшенням дози вони більш виражені.

Причинами, що призводять до погіршення функціонування м'язової тканини в опромінених дозою 1,0 Гр до нащадків, народжених від опромінених тварин може бути порушення біоенергетики, обміну креатину, метаболізму аміно-

Таблиця 3

Фізична працездатність нащадків, народжених від опромінених дозою 0,5 Гр тварин, підданих опроміненню дозою 1,0 Гр (n = 9)

Досліджуваний показник	Показник фізичної працездатності		
	Інтактні щурята	Неопромінені щурята, народжені від опромінених дозою 0,5 Гр тварин	Опромінені дозою 1,0 Гр щурята, народжені від опромінених дозою 0,5 Гр тварин
Час плавання тварин, хв	18,70 ± 1,46	20,30 ± 1,75	14,40 ± 1,46#

Примітка. # — $p < 0,05$ — вірогідні розбіжності досліджуваних показників порівняно з відповідними показниками у неопромінених щурят, народжених від опромінених дозою 0,5 Гр тварин.

Таблиця 4

Фізична працездатність нащадків, народжених від опромінених дозою 1,0 Гр тварин, підданих опроміненню дозою 1,0 Гр (n = 9)

Досліджуваний показник	Показник фізичної працездатності		
	Інтактні щурята	Неопромінені щурята, народжені від опромінених дозою 1,0 Гр тварин	Опромінені дозою 1,0 Гр щурята, народжені від опромінених дозою 1,0 Гр тварин
Час плавання тварин, хв	18,70 ± 1,46	12,40 ± 1,44*	8,64 ± 1,38*

Примітка. * — $p < 0,05$ — вірогідні розбіжності досліджуваних показників порівняно з відповідними показниками у інтактних тварин

кислот у цій тканині та зниження вмісту катехоламінів [1, 6, 15, 16].

Висновки

1. В опромінених дозою 0,5 Гр тварин, під час навантаження фізична працездатність дещо збільшується (майже на 10 % у порівнянні з інтактною групою).
2. У тварин, опромінених дозою 1,0 Гр, спостерігалось незначне зниження фізичної працездатності на 11,4 % порівняно з інтактними тваринами.
3. Встановлено збільшення фізичної працездатності у 1-місячних щурят, народжених від опромінених у дозі 0,5 Гр тварин, під час навантаження. Даний ефект ми пояснюємо стимулюючим впливом іонізуючої радіації у такій дозі на функціональну активність м'язової тканини.
4. Доведено зниження фізичної працездатності у щурят, народжених від опромінених дозою 1,0 Гр та підданих опроміненню у тій же дозі, більш ніж у 2 рази порівняно з інтактною групою та більш ніж на 30 % порівняно з неопроміненими щурятами, які народжені від опромінених у дозі 1,0 Гр, що вказує на появу ознак виснаження адаптаційних можливостей молодого організму.

References/Література

1. Budalenko OI. State of trans-deamination in tissues of irradiated animals. *Journal of marine medicine*. 2011; 3: 170-172. [In Ukrainian].
2. Volosovets OP, Kryvopustov SP, Mozyrska OV, Skvarska OO, Saltanova SD, Yemets OV, Karulina YuV. Dynamics of changes in the prevalence of diseases and morbidity in the country's child population by separate classes of diseases after the accident at the Chernobyl NPP. *World of medicine and biology*. 2018; 3(65): 33-42. [In Ukrainian].
3. Volosovets OP, Ivanov DD, Kryvopustov S, Borysova TP, Volosovets AO. Assessment of the impact of the consequences of the Chernobyl accident on the incidence and prevalence of diseases of the genitourinary system in children of Ukraine. *Kidneys*. 2020; 9(3): 144-151. [In Ukrainian].
4. Vozianov OF, Bebashko VG, Bazika DA.

Medical consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. Kyiv: DIA. 2007: 800. [In Ukrainian].

5. Kubashko AV, Ovsyannikova LM, Chumak AA, Nosach OV, Alyokhina SM, Ilchuk OS. Antioxidant enzymes in the mechanisms of radio-induced oxidative stress (early and long-term periods after irradiation). *Laboratory diagnostics*. 2011; 4(58): 64-71. [In Ukrainian].
6. Mardashko OO, Polonskyi OP. The state of the sympatho-adrenal system in rat pups born from irradiated animals. *Medicinal chemistry*. 2002; 4(4): 23-26. [In Ukrainian].
7. Marchenko VF, Rusak PS, Kilimnyk TM, Chaban OP, Rusak SO. Morbidity status of children in Zhytomyr region in 1986–2014. *Modern pediatrics*. 2016; 4(76): 25-35. [In Ukrainian].
8. Sushko VO, Tatarenko OM, Kolosynska OO, Hapeyenko DD. Examination of the causal relationship between the development of arterial hypertension and participation in works to eliminate the consequences of the accident at the Chornobyl NPP in the distant post-accident period. *Problems of radiation medicine and radiobiology*. 2020;25:543-557. [In Ukrainian].
9. Zhuravlov O, Shvaiko S, Dmytrotso O, Burban L. The peculiarities of cardiovascular system's reactions on the effects of ionizing radiation. *Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*. 2016;7(332):184-194. [In Ukrainian].
10. Moroz VM, Shandra OA, Vastyanov RS, Yoltukhivsky MV, Omelchenko OD. *Physiology*. Vinnytsia : Nova Knyha, 2016: 722.
11. Stepanov GF. Pathophysiological mechanisms of adaptation of muscle tissue of descendants of irradiated animals to altering influence of ionizing radiation. *Journal of Education, Health and Sport*. 2023; 48(1): 225-242.
12. Stepanov GF. Pathophysiological significance of creatinekinase and lactatedehydrogenase in the mechanisms of adaptation of muscle tissue of descendants. *Journal of Education, Health and Sport*. 2023; 50(1): 153-167.
13. Stepanov GF, Vastyanov RS. The peculiarities of low-dose ionizing radiation influence on muscles metabolism in experimental animals. *World of Medicine and Biology*. 2023; 2(84): 233-238.
14. Stepanov GF, Vastyanov RS. Involvement of intramuscular pathology at the level of the actomyosin junction into the pathogenetic mechanisms of muscle dysfunctions in the descendants of irradiated rats. *World of*

- Medicine and Biology. 2023; 3(85): 230-236.
15. Stepanov GF, Vastyanov RS, Kostina AA, Lazor NV. ATPase activity of actomyosin and myosin in different types of muscles of intact and irradiated animals. Journal of Education, Health and Sport. 2023; 42(1): 161-173.
 16. Stepanov GF, Vastyanov RS, Kostina AA, Mokriienko EM. Peculiarities of the relationship between the terminal site of glycolysis and the initial segment of gluconeogenesis in the myocardium and skeletal muscles of animals irradiated at different doses. Journal of Education, Health and Sport. 2023; 47(1): 165-179.
 17. Tang H, Cai L, He X, Niu Z, Huang H, Hu W. et al. Radiation-induced bystander effect and its clinical implications. Front Oncol. 2023; 13: 1124412.
- Вперше надійшла до редакції 23.06.2024 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування*

УДК 612.015.11: 616.15-02: 616.8: 615.28-02: 615.322: 582.471]-092.9

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13820923>

БАЛАНС ПРО- ТА АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ У СИРОВАТЦІ КРОВІ ТВАРИН ЗА УМОВ ВІДТВОРЕННЯ ПАКЛІТАКСЕЛ-ІНДУКОВАНОЇ НЕЙРОПАТІЇ ТА КОРЕКЦІЇ

Тихонович К.В.¹, Котвицька А.А.¹, Береговий С.М.², Непорада К.С.¹

¹Полтавський державний медичний університет

²Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

tikhonovich.kseniia@gmail.com

BALANCE OF PRO- AND ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE BLOOD SERUM OF ANIMALS UNDER THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT AND CORRECTION OF PACLITAXEL-INDUCED NEUROPATHY

Tykhonovych K.V.¹, Kotvytska A.A.¹, Beregovyi S.M.², Neporada K.S.¹

¹Poltava State Medical University

²Educational and Research Center "Institute of Biology and Medicine" of Taras Shevchenko National University of Kiev

Summary/Резюме

Neurotoxicity is one of the specific systemic complications of chemotherapy, which affect both the quality of life of cancer patients and the possibility of carrying out vital anticancer treatment. Paclitaxel is a highly effective chemotherapeutic agent used to treat breast, ovarian, and other cancers. At the same time, paclitaxel causes peripheral neuropathy as a side effect in 44-98 % of patients. The purpose of the study was to substantiate the effectiveness of a complex of neurotropic vitamins and ATP for correcting the development of oxidative stress in the blood serum of animals against the background of paclitaxel-induced neuropathy. The study was conducted on 38 rats of both sexes. Chemotoxic polyneuropathy was induced by injection of paclitaxel 2 mg/kg for 6 days. In order to correct the identified changes, rats were injected intramuscularly with Cocarnit (World Medicine) (1 mg/kg) for 9 days, which contains 50 mg cocarboxylase, 20 mg nicotinamide, 500 µg cyanocobalamin, 10 mg adenosintriphos dinatrium. The level of total, protein-bound and non-protein sulfhydryl groups, the content of diene conjugates, Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), Schiff bases, products of oxidative modification of proteins, reduced and oxidized glutathione, antioxidant enzymes activity were deter-