

УДК 616.314.13: 599.323.4

DOI <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-51-1.22>**Д.М. Педченко,**

лікар стоматолог-хірург, очний аспірант кафедри  
хірургічної стоматології,  
Одеський національний медичний університет,  
пров. Валіховський, 2, м. Одеса, Україна, індекс 65082,  
[odarkalex@gmail.com](mailto:odarkalex@gmail.com)

**А.Г. Гулюк,**

доктор медичних наук, професор,  
ДУ «Інститут стоматології та щелепно-лицевої  
хірургії Національної академії медичних наук України»,  
вул. Рішельєвська, 11, м. Одеса, Україна, індекс 65026,  
[agulyuk53@gmail.com](mailto:agulyuk53@gmail.com)

**О.А. Макаренко,**

доктор біологічних наук,  
старший науковий співробітник,  
завідувачка кафедри фізіології людини та тварин,  
Одеський національний університет імені І.І. Мечнікова,  
вул. Дворянська, 2, м. Одеса, Україна, індекс 65082,  
[flavan.ua@gmail.com](mailto:flavan.ua@gmail.com)

## ПОРУШЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПУЛЬПИ ЗУБІВ У ЩУРІВ ПРИ СПОЛУЧЕНИХ ВОГНЕПАЛЬНИХ ТА НЕВОГНЕПАЛЬНИХ ПОШКОДЖЕННЯХ ВЕРХНЬОЇ ЩЕЛЕПИ

**Матеріали та методи дослідження.** З метою вивчення порушень процесів мінералізації пульпи зубів у щурів при сполучених вогнепальних та невогнепальних пошкодженнях верхньої щелепи були проведені експериментальні дослідження на білих щурах лінії Вістар (самці, 7 місяців, маса 400 – 450 г) яких поділили на групи: інтактні – контроль, група тварин з невогнепальним переломом верхньої щелепи, група тварин з модельованим вогнепальним пораненням верхньої щелепи. Тривалість експерименту склала 28 днів. Виділяли верхню щелепу, пульпу зубів, що знаходились поза зоною ушкодження верхньої щелепи для проведення біохімічних досліджень. В ході проведеного дослідження вирішували наступні завдання: Виділяли верхню щелепу, пульпу зубів (різців), що знаходились поза зоною ушкодження верхньої щелепи для проведення біохімічних досліджень. В пульпі зубів визначали активність лужної (ЛФ) і кислої (КФ) фосфатази. Виміри показників у дослідних груп проводили у 4 етапи по 5 тварин з групи: через 7 днів експерименту; через 14 днів; через 21 день; через 28 днів. Виділяли верхню щелепу, пульпу зубів, що знаходились поза зоною ушкодження верхньої щелепи для проведення біохімічних досліджень. **Результати дослідження.** Встановлені порушення процесів мінералізації пульпи у щурів з різними видами травми щелеп. Більш суттєві патологічні зміни зареєстровані після вогнепальних поранень щелепи: якщо на останньому етапі

спостережень показники пульпи різців у щурів після перелому щелепи відповідали нормальним значенням, то після вогнепальних поранень щелепи активність деструктивної кислої фосфатази в 1,5 рази перевищувала норму і показник після невогнепального ураження. Активність лужної фосфатази та індекс мінералізації пульпи були нижчі нормальних значень і рівня відповідних показників у щурів після невогнепального перелому щелепи. **Висновки.** Встановлені порушення процесів мінералізації пульпи у щурів з різними видами травми щелеп. Більш суттєві патологічні зміни зареєстровані після вогнепальних поранень щелепи: якщо на останньому етапі спостережень показники пульпи різців у щурів після невогнепального перелому щелепи відповідали нормальним значенням, то після вогнепальних поранень щелепи активність деструктивної кислої фосфатази в 1,5 рази перевищувала норму і показник після невогнепального перелому. Активність лужної фосфатази та індекс мінералізації пульпи були нижчі нормальних значень і рівня відповідних показників у щурів після невогнепального перелому щелепи.

**Ключові слова:** вогнепальні поранення, щелепно-лицева ділянка, експериментальне дослідження, біохімічні показники.

**D.M. Pedchenko,**

Dentist-Surgeon, Postgraduate PhD student,  
Odessa National Medical University,  
2 Valikhovsky Lane, Odesa, Ukraine, postal code 65082,  
[odarkalex@gmail.com](mailto:odarkalex@gmail.com)

**A.G. Guljuk,**

Doctor of Medical Sciences, Professor,  
State Establishment "The Institute of Stomatology  
and Maxillo-Facial Surgery National Academy  
of Medical Science of Ukraine",  
11 Risheliyevska street, Odesa, Ukraine, postal code 65026,  
[agulyuk53@gmail.com](mailto:agulyuk53@gmail.com)

**O.A. Makarenko,**

Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher  
of the Department of Physiology, Human Health and Safety  
and of Natural Science Education,  
Odesa I.I. Mechnikov National University,  
2 Dvorianska street, Odesa, Ukraine, postal code 65082,  
[flavan.ua@gmail.com](mailto:flavan.ua@gmail.com)

## DISTURBANCE OF THE PROCESSES OF MINERALIZATION OF TOOTH PULP IN RATS WITH COMBINED GUNSHOT AND NON-GUNSHOT INJURIES OF THE UPPER JAW

**Materials and methods of research.** In order to study violations of the processes of mineralization of dental pulp in rats with combined gunshot and neognepal injuries of the upper jaw, experimental studies were conducted on White Rats of The Wistar line (males, 7 months, weight 400-450 g), which were divided into groups: intact control, a group of animals with a neognepal fracture of the

upper jaw, a group of animals with a simulated gunshot wound of the upper jaw. The duration of the experiment was 28 days. The upper jaw and the pulp of teeth located outside the area of damage to the upper jaw were isolated for biochemical studies. In the course of the study, the following tasks were solved: The upper jaw and the pulp of teeth (incisors) that were outside the area of damage to the upper jaw were isolated for biochemical studies. The activity of alkaline (ALP) and acid (ACP) phosphatase was determined in the tooth pulp. Measurements of indicators in the experimental groups were carried out in 4 stages of 5 animals from the group: after 7 days of the experiment; after 14 days; after 21 days; after 28 days. The upper jaw and pulp of teeth located outside the area of damage to the upper jaw were isolated for biochemical studies.

**Research results.** Violations of pulp mineralization processes in rats with various types of jaw injuries were established. More significant pathological changes were registered after gunshot wounds of the jaw: if at the last stage of observations, the indicators of the incisor pulp in rats after a jaw fracture corresponded to normal values, then after gunshot wounds of the jaw, the activity of destructive acid phosphatase was 1.5 times higher than the norm and the indicator after a neognepal lesion. Alkaline phosphatase activity and pulp mineralization index were lower than normal values and the level of corresponding indicators in rats after a neognepal jaw fracture. **Conclusions.** Violations of pulp mineralization processes in rats with various types of jaw injuries were established. More significant pathological changes were registered after gunshot wounds of the jaw: if at the last stage of observations, the indicators of incisor pulp in rats after a neognepal jaw fracture corresponded to normal values, then after gunshot wounds of the jaw, the activity of destructive acid phosphatase was 1.5 times higher than the norm and the indicator after a neognepal fracture. Alkaline phosphatase activity and pulp mineralization index were lower than normal values and the level of corresponding indicators in rats after a neognepal jaw fracture.

**Key words:** gunshot wounds, maxillofacial area, experimental study, biochemical parameters.

**Актуальність теми.** Сучасні принципи та основи лікування вогнепальних щелепно-лицевих травм в основному є результатом вичерпного експериментального підходу. [1,2]. Однак у той час як медичні працівники нескінченно прагнуть революціонізувати систему охорони здоров'я у сфері бойових травм, одночасно докладають зусиль, спрямованих на створення нової та ще більш смертоносною зброї та боєприпасів. Отже, ці доктрини продовжують зазнавати значних трансформацій із сучасним розумінням травм у війні, а також з появою нових хірургічних матеріалів і сучасних інструментів. Раніше прийняті принципи, такі як зовнішня фіксація штифтами без адекватного оголення кісткових уламків, мінімальна увага до первинного закриття м'яких тканин і затримка в остаточному лікуванні були здебільшого відведені на другий план. З іншого

боку, розвинулися нові принципи, які включають адекватне оголення фрагментів переломів і точну анатомічну жорстку фіксацію, негайну кісткову пластику, остаточне лікування м'яких тканин і раннє остаточне відновлення, що дозволяє краще повернути пацієнтів до їхнього дотравматичного вигляду [3, 4]. Поряд з тим, актуальним для надання адекватної спеціалізованої стоматологічної допомоги при балістичних ураженнях зубів є експериментальне обґрунтування вибору методів лікування та попередження розвитку ускладнень в залежності від стану пульпи зубів, що знаходяться в зоні контузії тканин, поза зоною вогнепального дефекту щелепи [5, 6].

**Матеріали та методи дослідження.** Досліди були проведено на білих щурах лінії Вістар (самці, 7 місяців, маса 400-450 г), яких поділили на групи: інтактні – контроль, група тварин з невогнепальним переломом верхньої щелепи, група тварин з модельованим вогнепальним пораненням верхньої щелепи. Тривалість експерименту склала 28 днів.

Виміри показників у дослідних груп проводили у 4 етапи по 5 тварин з групи: через 7 днів експерименту; через 14 днів; через 21 день; через 28 днів.

Виділяли верхню щелепу, пульпу зубів, що знаходились поза зоною ушкодження верхньої щелепи для проведення біохімічних досліджень.

**Результати дослідження.** В таблиці представлені результати дослідження деяких показників стану пульпи різців щурів на різних строках після невогнепальних переломів та вогнепальних уражень верхньої щелепи.

У пульпі різців щурів після перелому щелепи достовірно збільшувалась активність кислотної фосфатази (КФ) на 33,2 % ( $p < 0,05$ ) через 7 днів та 24,6 % (хоча  $p > 0,1$ , табл.) через 14 днів відповідно контрольної групи тварин, що свідчить про активацію одонтокластів, оскільки цей фермент є для них маркером. На 21 та 28 дні спостерігалась нормалізація даного показника ( $p > 0,5-0,6$ ). Водночас активність лужної фосфатази (ЛФ) у пульпі різців щурів після перелому щелепи достовірно знизилась на 46,2 % на 7 день ( $p < 0,001$ ) та 22 % на 14 день ( $p < 0,001$ ) порівняно з інтактною групою, що говорить про пригнічення активації одонтобластів в пульпі зубів щурів після перелому щелепи. Відбулось нормалізація цього показника на 21 та 28 дні дослідження ( $p > 0,1$  і  $p > 0,3$ , відповідно; табл.). Індекс мінералізації пульпи, як відношення ЛФ/КФ пульпи різців, був достовірно нижче значень у інтактній

групі через 7 днів у 2,5 рази ( $p < 0,001$ , табл.), через 14 днів – у 1,6 рази ( $p < 0,001$ , табл.). На 21 день спостерігали нормалізацію індексу мінералізації пульпи різців щурів після перелому щелепи ( $p > 0,1$ ), через 28 днів цей показник також відповідав нормальним значенням ( $p > 0,4$ , табл.).

У пульпі різців експериментальних тварин з простріляною верхньою щелепою на перших етапах досліду через 7 та 14 днів відбувалося достовірне збільшення активності кислоти фосфатази (КФ) у 1,8 рази і 1,7 рази ( $p < 0,01$ ), що було більш ніж у пульпі щурів після перелому щелепи на 37,4 % на 7 добу та на 33,7 % на 14 добу після відповідної травми. Також достовірно знижувалась активність лужної фосфатази (ЛФ) у 4,9 та 3,6 рази ( $p < 0,001$ ). Зменшення активності ЛФ в пульпі різців тварин після вогнепального поранення було більш виражено ніж після перелому щелепи – у 2,6 і 2,8 рази, відповідно через 7 і 14 днів.

Індекс мінералізації пульпи ЛФ/КФ через 7 і 14 днів достовірно зменшився у порівнянні з інтактною групою у 8,7 та 5,9 разів ( $p < 0,001$ ), що було більш значніше (у 3,5 і 3,7 разів) ніж після невогнепальних переломів щелепи. Ці дані

свідчать про більш активні процеси порушення резорбції та ремоделювання в тканинах пульпи щелеп цих щурів, ніж у групі з вогнепальним переломом.

Через 21 та 28 днів експерименту у пульпі різців щурів групи з вогнепальним пораненням зберігалось достовірне підвищення рівня активності кислоти фосфатази (КФ) у 1,6 рази ( $p < 0,05$ ) та у 1,5 рази ( $p < 0,02$ , табл.) в порівнянні з контрольною групою. Водночас цей показник був збільшений на 45,4 % ( $0,05 < p_1 < 0,1$ ) через 21 день та на 44,2 % ( $p_1 < 0,05$ ) через 28 днів експерименту порівняно з відповідним показником у групі «невогнепальний перелом».

Активність лужної фосфатази (ЛФ) пульпи зубів щурів після вогнепальних поранень на 21 день була достовірно зниженою на 34,4 % та 23,7 % ( $p < 0,02 - 0,001$ , табл.) на 28 день порівняно з показником в інтактній групі. А в порівнянні з тваринами після невогнепального перелому щелепи даний показник був менший на 26,9 % ( $p_1 < 0,02$ ) та на 18,4 % ( $p_1 < 0,05$ , табл.), відповідно на 21 і 28 день травми. Відповідно і індекс мінералізації пульпи щурів як відношення ЛФ/КФ мав тенденцію до зниження від-

Таблиця 1

**Показники стану пульпи щурів на різних строках після невогнепального або вогнепального перелому верхньої щелепи**

Строки	Групи	Активність КФ, мк-кат/кг	Активність ЛФ, нкат/кг	Індекс мінералізації ЛФ/КФ
Інтактна група		14,17±0,59	1,86±0,09	0,130±0,009
7 днів	Невогнепальний перелом	18,87±1,44 $p < 0,05$	1,00±0,06 $p < 0,001$	0,052±0,004 $p < 0,001$
	Вогнепальний перелом	25,92±2,40 $p < 0,01$ $0,05 < p_1 < 0,1$	0,38±0,02 $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$	0,015±0,002 $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$
14 днів	Невогнепальний перелом	17,65±1,72 $p > 0,1$	1,45±0,06 $p < 0,02$	0,082±0,006 $p < 0,01$
	Вогнепальний перелом	23,63±2,20 $p < 0,01$ $0,05 < p_1 < 0,1$	0,51±0,03 $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$	0,022±0,002 $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$
21 днів	Невогнепальний перелом	15,41±1,62 $p > 0,5$	1,67±0,08 $p > 0,1$	0,108±0,008 $p > 0,1$
	Вогнепальний перелом	22,40±2,65 $p < 0,05$ $0,05 < p_1 < 0,1$	1,22±0,08 $p < 0,01$ $p_1 < 0,02$	0,054±0,03 $0,05 < p < 0,1$ $p_1 < 0,05$
28 днів	Невогнепальний перелом	14,79±1,16 $p > 0,6$	1,74±0,09 $p > 0,3$	0,118±0,010 $p > 0,4$
	Вогнепальний перелом	21,33±1,75 $p < 0,02$ $p_1 < 0,05$	1,42±0,08 $p < 0,02$ $p_1 < 0,05$	0,067±0,005 $p < 0,002$ $p_1 < 0,01$

Примітка.  $p$  – вірогідність між показниками груп «Невогнепальний перелом» і «Вогнепальний перелом» до інтактної групи;  $p_1$  – вірогідність між показниками в групах «Невогнепальний перелом» і «Вогнепальний перелом».

носно контрольної групи через 21 день у 2,4 рази ( $0,05 < p < 0,1$ ), через 28 днів – у 1,9 рази ( $p < 0,002$ , табл.). Відносно групи «невогнепальний перелом» індекс мінералізації пульпи через 7 днів був достовірно зниженим у 3,5 рази ( $p < 0,001$ ), через 14 днів – у 3,7 рази ( $p < 0,001$ ), на 21 день – у 2 рази ( $p < 0,05$ ), на 28 день експерименту – достовірне зниження у 1,8 разів ( $p < 0,01$ , табл.).

Результати таблиці свідчать про порушення процесів мінералізації пульпи у щурів з різними видами травми щелеп. Більш суттєві патологічні зміни зареєстровані після вогнепальних поранень щелепи: якщо на останньому етапі спостережень показники пульпи різців у щурів після невогнепального перелому щелепи відповідали нормальним значенням у інтактній групі, то після вогнепальних поранень щелепи активність деструктивної КФ в 1,5 рази перевищувала норму і показник після перелому, а активність ЛФ та індекс мінералізації пульпи були нижчі нормальних значень і рівня відповідних показників у щурів після невогнепального перелому щелепи.

**Висновки.** Встановлені порушення процесів мінералізації пульпи у щурів з різними видами травми щелеп. Більш суттєві патологічні зміни зареєстровані після вогнепальних поранень щелепи: якщо на останньому етапі спостережень показники пульпи різців у щурів після невогнепального перелому щелепи відповідали нормальним значенням, то після вогнепальних поранень щелепи активність деструктивної кислоти фосфа-

тази в 1,5 рази перевищувала норму і показник після невогнепального перелому. Активність лужної фосфатази та індекс мінералізації пульпи були нижчі нормальних значень і рівня відповідних показників у щурів після невогнепального перелому щелепи.

#### Література:

1. McLean, J.N., Moore, C.E., & Yellin S.A. (2005). Gunshot wounds to the face-acute management. *Facial Plast. Surg.*, 21, 191-198. DOI: 10.1055/s-2005-922859
2. Muñoz, V., Martinez, C., Echevarria, B., Fernández, M.I., Pino, A., & Anitua, E. (2018). Biological Approach for Managing Severe Gunshot Wounds: A Case Report. *J Wound Ostomy Continence Nurs.*, 45(4), 359-363. doi: 10.1097/WON.0000000000000451.
3. Stefanopoulos, P.K., Piniadis, D.E., Hadjigeorgiou, G.F., & Filippakis, K.N. (2017). Wound ballistics 101: the mechanisms of soft tissue wounding by bullets. *Eur J Trauma Emerg Surg.*, 43(5), 579-586. doi: 10.1007/s00068-015-0581-1.
4. Pinto, A., Russo, A., Reginelli, A., Iacobellis, F., Di Serafino, M., Giovine, S., & Romano, L. (2019). Gunshot Wounds: Ballistics and Imaging Findings. *Semin Ultrasound CT MR.*, 40(1), 25-35. doi: 10.1053/j.sult.2018.10.018.
5. Denton, J.S., Segovia, A., & Filkins, J.A. (2006). Practical pathology of gunshot wounds. *Arch Pathol Lab Med.*, 130(9), 1283-9. doi: 10.5858/2006-130-1283-PPOGW
6. Thelin, E.P., Bellander, B.M., & Nekludov, M. (2015). Biochemical response to hyperbaric oxygen treatment of a transhemispheric penetrating cerebral gunshot injury. *Front Neurol.*, 6(62) doi: 10.3389/fneur.2015.00062