

УДК 616.314.13: 599.323.4

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.1.5>**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

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

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

ДИНАМІКА МАРКЕРІВ СИСТЕМНОГО ЗАПАЛЕННЯ, АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ ТА ДЕЯКИХ БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПОРАНЕННЯХ СЛИЗОВОЇ ОБОЛОНКИ РОТОВОЇ ПОРОЖНИНИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ (У ЩУРІВ)

Мета дослідження. Особливості перебігу вогнепальних уражень. В ході проведеного дослідження вирішували наступні завдання: в отриманій сироватці крові визначити вміст МДА та активність еластази (маркери системного запалення), активність каталази (маркеру антиоксидантного захисту) та провести загальний аналіз крові. В гомогенатах тканин визначити рівень біохімічних маркерів запалення: активність еластази та вміст малонового діальдегіда (МДА), а також активність уреазу (показник мікробного обсіменіння), активність каталази (антиоксидантний фермент), кислоти (КФ) фосфатази. В гомогенатах кісткової тканини пародонта визначили активність лужної (ЛФ) і кислоти (КФ) фосфатази, активність еластази. **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 модельованим переломом верхньої щелепи зліва; група тварин з модельованим вогнепальним пораненням верхньої щелепи зліва («Експериментальна модель вогнепальних пошкоджень щелеп у щурів» авторське право на твір № 119858). 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. **Результати досліджень.** Про-

цеси запалення (активність еластази, кислоти фосфатази), контамінації умовно-патогенними бактеріями (активність уреазу), активації перекисного окиснення ліпідів (вміст малонового діальдегіду) на тлі зниження антиоксидантного захисту (активність каталази) у слизовій оболонці порожнини рота щурів після вогнепальних поранень протікали більш інтенсивніші ніж після перелому щелепи. Нормалізація досліджуваних показників після невогнепального перелому здійснювалася на 21–28 добу, а після вогнепального поранення на останньому етапі через 28 днів активність еластази, уреазу і каталази у слизовій оболонці порожнини рота щурів не відповідали нормальному рівню, тобто збереглися ознаки запалення, бактеріальної контамінації та тлі зниження антиоксидантного захисту у порожнині рота щурів.

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

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

O.A. Makarenko,

Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher,
Department of Physiology, Human Health and Safety
and of Natural Science Education,
Odesa I.I. Mechnikov National University,
2 Dvoryanska street, Odesa, Ukraine, postal code 65082,
flavan.ua@gmail.com

DYNAMICS OF MARKERS OF SYSTEMIC INFLAMMATION, ANTIOXIDANT DEFENSE AND SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS IN GUNSHOT WOUNDS OF THE ORAL MUCOSA IN THE EXPERIMENT (IN RATS)

Purpose of the study. Features of the course of gunshot lesions. In the course of the study, the following tasks were solved: in the obtained blood serum, determine the content of MDA and elastase activity (markers of systemic inflammation), catalase activity (a marker of antioxidant protection), and conduct a general blood test. In tissue homogenates, determine the level of biochemical markers of inflammation: elastase activity and the content of Malonaldehyde (MDA), as well as urease activity (an indicator of microbial contamination), catalase activity

(an antioxidant enzyme), and acid (ACh) phosphatases. Alkaline (ALP) and acidic (ACP) phosphatase activity and elastase activity were determined in periodontal bone homogenates. **Materials and methods of research.** Experiments 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 non-hypnotic simulated fracture of the upper jaw on the left; a group of animals with a simulated gunshot wound to the upper jaw on the left (“experimental model of gunshot injuries to the jaws in rats” copyright No. 119858). The duration of the experiment was 28 days. 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. **Research results.** The processes of inflammation (activity of elastase, acid phosphatase), contamination with opportunistic bacteria (urease activity), activation of lipid peroxidation (malondialdehyde content) against the background of reduced antioxidant protection (catalase activity) in the oral mucosa of rats after gunshot wounds were more intense than after jaw fracture. Normalization of the studied parameters after a non-gunshot fracture was carried out on day 21–28, and after gunshot wounds at the last stage in 28 days the activity of elastase, urease and catalase in the oral mucosa of rats did not correspond to the normal level, i.e. signs of inflammation, bacterial contamination and a decrease in antioxidant protection in the oral cavity of rats remained.

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

Актуальність. В останні роки в зв’язку з широкомасштабними бойовими діями що ведуться на території України простежується чітка тенденція до збільшення кількості і обтяження вогнепальної травми обличчя [1, 2, 3]. В останні роки помітно зросла кількість постраждалих від вогнепальних поранень органів ротової порожнини, наслідки яких вимагають наполегливого вивчення в зв’язку з особливостями пошкодження та перебігу ранового процесу. Були проведені дослідження, спрямовані на виявлення особливостей вогнепальних поранень щелепно-лицевої ділянки, що вказують на специфіку їх діагностики та лікування, а також тактику хірурга під час надання першої та спеціалізованої допомоги таким постраждалим [4, 5, 6]. Вивчення окремих елементів перебігу ранового процесу вогнепального ураження слизової оболонки ротової порожнини відкриває можливість деталізації патологічних змін при вогнепальних ушкодженнях органів порожнини рота та з’ясувати закономірності розвитку ускладнень загоєння рани.

З метою дослідження особливостей перебігу вогнепальних уражень проводили забір крові, виділяли слизову оболонку ротової порожнини, верхню щелепу, пульпу та головний мозок для проведення біохімічних досліджень.

В ході проведеного дослідження вирішували наступні **завдання:**

1. В отриманій сироватці крові визначити вміст МДА та активність еластази (маркери системного запалення), активність каталази (маркеру антиоксидантного захисту) та провести загальний аналіз крові.

2. В гомогенатах тканин визначити рівень біохімічних маркерів запалення: активність еластази та вміст малонового діальдегіда (МДА), а також активність уреаз (показник мікробного обсіменіння), активність каталази (антиоксидантний фермент), активність кислої (КФ) фосфатази.

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 модельованим переломом верхньої щелепи зліва,
- група тварин з модельованим вогнепальним пораненням верхньої щелепи зліва («Експериментальна модель вогнепальних пошкоджень щелеп у щурів» авторське право на твір № 119858).

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.

Результати дослідження та їх обговорення.

В таблиці представлено результати аналізу деяких показників запалення, мікробного обсіменіння та стану антиоксидантно-прооксидантної системи в слизовій оболонці порожнини рота експериментальних тварин.

У слизовій оболонці порожнини рота щурів групи «Не вогнепальне ураження» на 7 та 14 дні травма призвела до збільшення активності еластази – одного з найважливіших маркерів запалення на 19 % та 17,2 % ($0,05 < p < 0,1$, табл.) що має, в основному, лейкоцитарне чи мікробне походження. Також і показники іншого маркеру запалення – активності кислої фосфатази (КФ) в даній групі збільшилися на 12,1 % та 5,3 % (хоча $p > 0,2–0,5$, табл.). Рівень активності уреаз у тварин цієї групи на цих етапах достовірно підвищився у 1,5 рази ($p < 0,01–0,001$, табл.) в порівнянні з інтактною групою, що може свідчити про ріст мікробного обсіменіння ясен та слизової оболонки порожнини рота (табл.). Аналіз слизової оболонки також показав високий рівень

МДА, а отже і наявність інтенсивних процесів ПОЛ і запалення. Вміст МДА достовірно перевищував рівень цього маркера у інтактних тварин у 3,2 та 2 рази ($p < 0,001$, табл.). Показники активності каталази (маркеру антиоксидантного захисту) на 7 та 14 дні досліджу в даній групі достовірно були нижчі за норму в 1,9 та 1,8 рази ($p < 0,001$, табл.).

Через 21 та 28 днів показники активності кислої фосфатази (КФ) та еластази в слизовій оболонці порожнини роту тварин з переломом верхньої щелепи прийшли до норми ($p > 0,25-0,5$, табл.). Активність уреазі була достовірно збільшеною на 21,4 % ($p < 0,05$, табл. 1) та на 19,8 % ($p < 0,02$, табл.) порівняно з рівнем в контрольній групі тварин. Також активність каталази в цій групі на цих етапах досліджу достовірно була нижчою за інтактних тварин на 27,8 % ($p < 0,01$, табл.) та на 13,1 % (хоча $p > 0,1$, табл.). Спостерігалася тенденція до збільшення рівню МДА на 29,1 % ($0,05 < p < 0,1$, табл. 1) та на 8,2 % (хоча $p > 0,3$, табл. 1).

Отримані результати свідчать про запалення, контамінацію умовно-патогенними бактеріями,

активацію перекисного окиснення ліпідів на тлі зниження антиоксидантного захисту у слизовій оболонці порожнини рота щурів після перелому щелепи. На 28 день після невогнепальної травми усі показники, за винятком активності уреазі, а значить і мікробного обсіменіння, відповідали нормальним значенням. Збереження активності уреазі у порожнині роту на високому рівні через 28 діб після невогнепального ураження диктує необхідність призначення антибактеріальної терапії.

Зміни цих показників у слизовій оболонці порожнини роту щурів після вогнепальних поранень також наведені у табл. Так, активність кислої фосфатази (КФ) через 7 та 14 днів після вогнепальної травми верхньої щелепи щурів достовірно збільшилась у 1,7 та 1,5 рази ($p < 0,01-0,001$) відносно інтактних тварин, що було достовірно вище цього показника у 1,6 та 1,4 рази у слизовій оболонці ротової порожнини групи «невогнепал» ($p_1 < 0,01-0,001$, табл.).

Активність еластази у слизовій оболонці порожнини роту щурів після вогнепальних поранень також достовірно перевищували показник

Таблиця 1

Показники стану слизової оболонці порожнини роту щурів на різних строках після перелому або вогнепалу у верхній щелепі

Строки	Групи	Активність КФ, мккат/кг	Активність еластази, мккат/кг	Активність уреазі, мккат/кг	Активність каталази, мкат/кг	Вміст МДА, ммоль/кг
Інтактна група		19,68±1,24	52,67±3,12	0,626±0,024	9,68±0,42	8,01±0,68
7 днів	Не вогнепальне ураження	22,06±1,10 $p > 0,2$	62,67±2,45 $0,05 < p < 0,1$	0,967±0,039 $p < 0,001$	5,05±0,23 $p < 0,001$	25,64±1,45 $p < 0,001$
	Вогнепальне ураження	34,29±1,27 $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$	80,89±4,23 $p < 0,01$ $p_1 < 0,02$	1,257±0,067 $p < 0,001$ $p_1 < 0,02$	4,12±0,24 $p < 0,001$ $p_1 < 0,05$	19,07±1,12 $p < 0,001$ $p_1 < 0,02$
14 днів	Не вогнепальне ураження	20,72±1,20 $p > 0,5$	61,73±3,12 $0,05 < p < 0,1$	0,910±0,045 $p < 0,01$	5,45±0,2 $p < 0,001$	15,87±0,93 $p < 0,001$
	Вогнепальне ураження	28,96±1,15 $p < 0,01$ $p_1 < 0,01$	72,34±3,12 $p < 0,01$ $0,05 < p_1 < 0,1$	1,080±0,056 $p < 0,001$ $0,05 < p_1 < 0,1$	4,10±0,32 $p < 0,001$ $p_1 < 0,02$	18,31±0,98 $p < 0,001$ $p_1 > 0,1$
21 днів	Не вогнепальне ураження	18,32±1,12 $p > 0,4$	57,17±1,87 $p > 0,25$	0,760±0,034 $p < 0,05$	6,99±0,24 $p < 0,01$	10,34±0,76 $0,05 < p < 0,1$
	Вогнепальне ураження	23,62±1,12 $0,05 < p < 0,1$ $p_1 < 0,01$	67,17±2,76 $p < 0,02$ $p_1 < 0,05$	0,880±0,038 $p < 0,01$ $0,05 < p_1 < 0,1$	5,69±0,28 $p < 0,01$ $p_1 < 0,02$	12,86±0,84 $p < 0,01$ $0,05 < p_1 < 0,1$
28 днів	Не вогнепальне ураження	17,26±1,32 $p > 0,2$	50,48±2,36 $p > 0,5$	0,750±0,028 $p < 0,02$	8,41±0,56 $p > 0,1$	8,97±0,63 $p > 0,3$
	Вогнепальне ураження	17,96±1,34 $p > 0,3$ $p_1 > 0,7$	64,13±3,10 $p < 0,05$ $p_1 < 0,02$	0,849±0,032 $p < 0,01$ $0,05 < p_1 < 0,1$	7,63±0,36 $p < 0,02$ $p_1 > 0,25$	9,63±0,67 $p > 0,1$ $p_1 > 0,5$

Примітка. p – вірогідність між показниками груп «Не вогнепальне ураження» і «Вогнепальне ураження» до інтактної групи; p_1 – вірогідність між показниками в групах «Не вогнепальне ураження» і «Вогнепальне ураження».

в інтактній групі на 53,6 % через 7 днів та 37,3 % ($p < 0,01$) через 14 днів, що було вище ніж у групі невогнепальної травми на 29,1 % та 17,4 % ($p_1 < 0,02$) на цих строках. Значення маркеру обмінення, активності уреаз, достовірно були у 2 та 1,7 рази ($p < 0,001$, табл.) вище за рівень у контрольній групі; та більш на 30 % та 18,7 % ($p_1 < 0,02$, табл.) ніж у слизовій оболонці порожнини рота тварин після невогнепальної травми щелепи на відповідних строках дослідження.

Активність каталази (маркеру антиоксидантного захисту) у слизовій оболонці порожнини рота на 7 та 14 дні після вогнепальної травми щелепи була достовірно нижчі за норму в 2,3 та 2,4 рази ($p < 0,001$), відповідно, а також одночасно – на 18,4 % і 24,8 % ($p_1 < 0,02-0,05$, табл.) нижчі ніж у слизовій оболонці порожнини рота групи невогнепальної травми, що свідчить про більш глибокі порушення антиоксидантного захисту в порожнині рота тварин після вогнепальних поранень.

Рівень МДА у слизовій оболонці порожнини рота щурів через 7 і 14 днів після вогнепальної травми щелепи достовірно перевищував контрольні значення у 2,4 та 2,3 рази ($p < 0,001$, табл.). Крім того, вміст МДА у порівнянні з групою «перелом» через 7 днів достовірно був вище на 25,6 % ($p_1 < 0,02$, табл. 4), а через 14 днів – на 15,4 % (хоча $p_1 > 0,1$, табл.). Це також підтверджує більш значні патологічні зміни в антиоксидантно-прооксидантній системі слизової оболонки порожнини рота після вогнепальних поранень.

На наступних етапах, через 21 та 28 днів, у слизовій оболонці порожнини рота групи з вогнепальним ураженням показники таких маркерів запалення як: активність еластази достовірно перевищували норму на 27,5 % та на 2,8 % ($p < 0,02-0,05$) відповідно, що на 17,5 % та 27 % ($p_1 < 0,02-0,05$) було вище ніж у слизовій оболонці порожнини рота щурів з переломом. Зберігалась тенденція до збільшення активності кислоти фосфатази (КФ) на 21 день на 20,0 % ($0,05 < p < 0,1$, табл.) порівняно з інтактними тваринами, що було достовірно вище на 28,9 % ($p_1 < 0,01$) порівняно з тваринами з невогнепальними ураженнями слизової оболонки. Нормалізація цього показника запалення у слизовій оболонці порожнини рота щурів відбулася на 28 день вогнепальної травми ($p > 0,3$; $p_1 > 0,7$ табл.).

Активність уреаз в слизовій оболонці порожнини рота групи «вогнепали» через 21 і 28 днів достовірно перевищувала показник контрольної групи на 40,6 % та 35,6 % ($p < 0,01$, табл.), відповідно. Спостерігалась тенденція до під-

вищення активності уреаз на 15,8 % та 13,2 % ($0,05 < p_1 < 0,1$, табл. 1) в порівнянні з рівнем цього показнику у групі невогнепальної травми.

Показники антиоксидантно-прооксидантної системи в слизовій оболонці порожнини рота щурів через 21 і 28 днів після вогнепального поранення такі, як активність каталази, зберігалися на достовірно низькому рівні на 41,2 % та 21,2 % ($p < 0,01-0,02$) в порівнянні зі значенням у інтактній групі, що було нижчі на 18,6 % ($p_1 < 0,02$) ніж в групі з переломом на 21 день. На останньому етапі через 28 днів активність каталази у слизовій оболонці порожнини рота щурів з вогнепальним пораненням була однаковою ($p_1 > 0,25$, табл.).

Вміст малонового діальдегіду (МДА) у слизовій оболонці порожнини рота щурів з «вогнепалом» на 21 добу достовірно перевищував на 60,5 % ($p < 0,01$) рівень у інтактних тварин і на 28 день – 20,2 % (хоча $p > 0,1$, табл.). Порівняно з групою «невогнепал» спостерігалась тенденція до збільшення показника МДА через 21 день досліду на 24,4 % ($0,05 < p_1 < 0,1$) та на 7,4 % (хоча $p_1 > 0,5$, табл.) через 28 днів.

Результати табл. свідчать, що запалення, контамінація умовно-патогенними бактеріями, активація перекисного окиснення ліпідів на тлі зниження антиоксидантного захисту у слизовій оболонці порожнини рота щурів після вогнепальних поранень протікали більш інтенсивніші ніж після невогнепального ураження. Нормалізація досліджуваних показників після невогнепального ураження здійснювалася на 21–28 добу, а після вогнепального поранення на останньому етапі через 28 днів активність еластази, уреаз і каталази у слизовій оболонці порожнини рота щурів не відповідали нормальному рівню, тобто зберігалися ознаки запалення, бактеріальної контамінації та тлі зниження антиоксидантного захисту у порожнині рота.

Таким чином, проведене дослідження встановило більш значні порушення у слизовій оболонці порожнини рота, у щурів після вогнепальних поранень верхньої щелепи в порівнянні з невогнепальною травмою щелепи.

Висновки. Процеси запалення (активність еластази, кислоти фосфатази), контамінації умовно-патогенними бактеріями (активність уреаз), активації перекисного окиснення ліпідів (вміст малонового діальдегіду) на тлі зниження антиоксидантного захисту (активність каталази) у слизовій оболонці порожнини рота щурів після вогнепальних поранень протікали більш інтенсивніші ніж після «невогнепалу». Нормалізація

досліджуваних показників після невогнепального перелому здійснювалася на 21–28 добу, а після вогнепального поранення на останньому етапі через 28 днів активність еластази, уреазу і каталази у слизовій оболонці порожнини рота шурів не відповідали нормальному рівню, тобто зберігалися ознаки запалення, бактеріальної контамінації та тлі зниження антиоксидантного захисту у порожнині рота шурів.

Література:

1. Судово-медична експертиза об'єктів при вогнепальній травмі: монографія (видання доповнене) / В. Д. Мішалов та ін. Київ ; 2019. 303 с.
2. Panagiotis K., Stefanopoulos, Georgios F., Hadjigeorgiou, Filippakis K., Gyftokostas D. Gunshot wounds: A review of ballistics related to penetrating trauma. *Journal of Acute Disease*. 2014. V. 3, Is. 3. P. 178-185 [https://doi.org/10.1016/S2221-6189\(14\)60041-X](https://doi.org/10.1016/S2221-6189(14)60041-X)
3. Hill P.F., Edwards D.P., Bowyer G.W. Small fragment wounds: Biophysics, pathophysiology and principles of management. *Army Med. Corps*. 2001. № 147(1). P. 41-51. doi: 10.1136/jramc-147-01-04
4. Beat P., Robin M., Rothschild, M. A., Thali M. Wound Ballistics: Basics and Applications. SpringerVerlag Berlin Heidelberg; 2011. P. 2-10.
5. Eduarda Helena Leandro Nascimento, Rocharles Cavalcante Fontenele, Priscila de Azeredo Lopes, Gustavo Machado Santaella, Karla Faria Vasconcelos, Deborah Queiroz de Freitas, Anne Caroline Oenning, Francisco Carlos Groppo. Development of a model of soft tissue simulation using ballistic gelatin for CBCT acquisitions related to dentomaxillofacial radiology research. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021. № 50(3). P. 20200191. doi: 10.1259/dmfr.20200191
6. Pinto A., Russo A., Reginelli A., Iacobellis F., Di Serafino M., Giovine S., Romano L. Gunshot Wounds:

Ballistics and Imaging Findings. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 2019. V. 40, I. 1, P. 25-35. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.018>

References:

1. Mishalov, V.D., Mykhailenko, O.V., Khokholieva, T.V., & Petroschak, O.Iu. (2019). *Sudovo-medychna ekspertyza ob'ektiv pry vognepal'nij travmi: monografija (vydannja dopovnene) [Forensic medical examination of objects in case of gunshot injury: monograph (expanded edition)]*. Kyiv. [in Ukrainian].
2. Panagiotis, K., Stefanopoulos, G., Hadjigeorgiou F., Filippakis K., & Gyftokostas D. (2014). Gunshot wounds: A review of ballistics related to penetrating trauma. *Journal of Acute Disease*, 3, 3, 178-185 [https://doi.org/10.1016/S2221-6189\(14\)60041-X](https://doi.org/10.1016/S2221-6189(14)60041-X)
3. Hill, P.F., Edwards, D.P., & Bowyer, G.W. (2001). Small fragment wounds: Biophysics, pathophysiology and principles of management. *Army Med. Corps.*, 147(1), 41-51. doi: 10.1136/jramc-147-01-04
4. Beat, P., Robin, M., Rothschild, M. A., & Thali, M. (2011). Wound Ballistics: Basics and Applications. SpringerVerlag Berlin Heidelberg.
5. Eduarda Helena Leandro Nascimento, Rocharles Cavalcante Fontenele, Priscila de Azeredo Lopes, Gustavo Machado Santaella, Karla Faria Vasconcelos, Deborah Queiroz de Freitas, Anne Caroline Oenning, & Francisco Carlos Groppo. (2021). Development of a model of soft tissue simulation using ballistic gelatin for CBCT acquisitions related to dentomaxillofacial radiology research. *Dentomaxillofac Radiol*, 50(3), 20200191. doi: 10.1259/dmfr.20200191
6. Pinto, A., Russo, A., Reginelli, A., Iacobellis, F., Di Serafino M., Giovine, S., & Romano, L. (2019). Gunshot Wounds: Ballistics and Imaging Findings. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI.*, 40, 1, 25-35. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.018>