

FEATURES OF THE PATHOMORPHOSIS OF SEVERE GUNSHOT WOUNDS TO THE LIVER

E.M. Khoroshun^{1,2}, V.V. Makarov^{1,2}, V.V. Nehoduiko^{1,2}, S.V. Tertyshny^{3,4},
E.V. Titov^{1,2}, A.P. Ryzhenko⁵, O.A. Snitko¹

¹ Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Kharkiv, Ukraine

² Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

³ Military Medical Clinical Center of the Southern Region, Odesa, Ukraine

⁴ Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

⁵ Military Medical Clinical Center of the Central Region, Vinnytsia, Ukraine

The purpose was to determine the features of the pathomorphosis of gunshot wounds of the liver.

Materials and methods. The study material was liver slices after gunshot shrapnel wounds to the colon (12 studies) from 1 hour to 6 days after the injury. Histological preparations were taken during primary surgical interventions after gunshot wounds of the liver and during repeated interventions. All injured were male. The age of the injured ranged from 27 to 58 years. The average age was 42.5±3.8 years. For histological examination, liver tissue fragments were stained with hematoxylin and eosin.

Results. The most common were superficial cracks and subcapsular hemorrhages of various shapes and sizes, which had a variety of colors from light red to dark blue and were located mainly on the anterior part of the diaphragmatic surface and the anterior parts of the visceral surface of the liver. Almost all hemorrhages were multiple in nature with detachment of the Gleason capsule from the parenchyma. In case of liver ruptures, violations of the integrity of the liver parenchyma to different depths with the formation of a slit-like cavity were determined. The tissue crushing had different degrees of depth and volume - from superficial, with damage to small subcapsular layers of the parenchyma, to deep, with the transformation of entire liver lobes into a shapeless mass, consisting of crushed cells, partially interconnected by remnants of connective tissue. Upon microscopic examination, the cytoarchitectonics of the organ was completely destroyed and represented by homogeneous masses of necrosis, hemorrhages and vascular contours. Multiple ruptures and crushing of liver tissue were usually accompanied by vascular damage with subsequent formation of numerous hematomas, the size of which directly depended on the volume and nature of organ tissue destruction, the caliber and type (arterial or venous) of vascular damage. In cases where the injury was more than 2 days old, fibrin and signs of erythrocyte hemolysis appeared in the hematomas, leukocyte infiltration was pronounced, and the zone of necrosis spread due to ischemic infarctions, which surrounded the injured area in a ring-like shape, increasing the size of irreversible changes in the liver tissue. Vascular paresis, anemia with erythrocyte stasis, and thrombus formation processes in the lumen of the vessels were detected in the preserved liver parenchyma and portal tracts in the branches of the hepatic vein and artery.

Conclusions. Pathomorphological examination of liver injuries shows the following types of injuries: capsule cracks and subcapsular hemorrhages, liver parenchymal ruptures, crushing, hematomas. In traumatic necrosis of the liver parenchyma, the stromal component in the form of portal tracts remains preserved for the first few days. At the edges of hematomas, on the first day after the injury, perifocal areas of necrosis of the liver parenchyma appear, which are caused by the compressive factor of the hematoma itself. In wounds lasting more than 2 days, the zone of necrosis progresses around the hematomas due to ischemic infarctions, which can be explained by thrombus formation in the vessels and the phenomena of hypovolemic shock.

Keywords: gunshot wounds, liver, pathomorphosis.

ОСОБЛИВОСТІ ПАТОМОРФОЗУ ВАЖКИХ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПОРАНЕНЬ ПЕЧІНКИ

Е.М. Хорошун^{1,2}, В.В. Макаров^{1,2}, В.В. Негодуйко^{1,2}, С.В. Тертишний^{3,4},
Є.В. Тітов^{1,2}, А.П. Риженко⁵, О.А. Снітко¹

¹ Військово-медичний клінічний центр Північного регіону КМС ЗСУ, Харків, Україна

² Харківський національний медичний університет, Харків, Україна

³ Військово-медичний клінічний центр Південного регіону КМС ЗСУ, Одеса, Україна

⁴ Одеській національний медичний університет, Одеса, Україна

⁵ Військово-медичний клінічний центр Центрального регіону КМС ЗСУ, Вінниця, Україна

Мета – визначити особливості патоморфозу вогнепальних поранень печінки.

Матеріали та методи. Матеріалом дослідження були частки печінки після вогнепальних осколкових поранень товстої кишки (12 досліджень) в терміни від 1 години до 6 діб після отримання поранення. Гістологічні препарати були забрані при первинних хірургічних втручаннях після вогнепальних поранень печінки та при повторних втручаннях. Всі поранені були чоловічого пола. Вік поранених складав від 27 до

58 років. Середній вік був $42,5 \pm 3,8$ років. Для гістологічного дослідження тканинні фрагменти печінки, які забарвлювали гематоксилином і еозином.

Результати. Найчастіше зустрічалися поверхневі тріщини та субкапсулярні крововиливи різних форм та розмірів, які мали різноманітний колір від світло-червоного до темно-синього з розташуванням переважно на передньої частині діафрагмової поверхні і передніх відділах вісцеральної поверхні печінки. Практично всі крововиливи мали множинний характер з відшаруванням капсули Глісона від паренхіми. При розривах печінки визначалися порушення цілості паренхіми печінки на різну глибину з утворенням щилиноподібної порожнини. Розтрощення тканини мало різний ступінь глибини та об'єму – від поверхневого, з ураженням невеликих субкапсулярних шарів паренхіми, до глибокого, з перетворенням цілих часток печінки на безформну масу, що складається з розчавлених осередків, частково пов'язаних між собою залишками сполучної тканини. При мікроскопічному дослідженні цитоархітекtonіка органу була повністю зруйнована та представлена гомогенними масами некрозу, крововиливами та контурами судин. Множинні розриви та розтрощування тканини печінки зазвичай супроводжувалися ушкодженням судин з подальшим утворенням численних гематом, розміри яких напряму залежали від об'єму й характеру руйнування тканини органа, калібру та виду (артеріальне або венозне) судинного ушкодження. В випадках, коли пораненню було більше 2 діб, в гематомах з'являлися фібрин та ознаки гемолізу еритроцитів, виражена лейкоцитарна інфільтрація, поширювалася зона некрозу за рахунок ішемічних інфарктів, які кільцеподібно оточували травмовану зону, збільшуючи розміри незворотних змін у тканині печінки. У збереженій паренхімі печінки та порталних трактах в гілках печінкової вени та артерії було виявлено парез судин, малокрів'я зі стазом еритроцитів, процеси тромбоутворення в просвітах судин.

Висновки. При патоморфологічному дослідженні травм печінки спостерігаються наступні види ушкоджень: тріщини капсули та субкапсулярні крововиливи, розриви паренхіми печінки, розтрощення, гематоми. При травматичних некрозах паренхіми печінки стромальний компонент у вигляді порталних трактів перші дні залишається збереженим. В краях гематом, першої доби після травми, виникають перифокальні ділянки некрозу паренхіми печінки, які обумовлені стискаючим фактором самої гематоми. При пораненнях з терміном більше 2 діб навколо гематом прогресує зона некрозу за рахунок ішемічних інфарктів, які можна пояснити тромбоутворенням в судинах та явищами гіповолемічного шоку.

Ключові слова: вогнепальні поранення, печінка, патоморфоз.

Introduction. The frequency of gunshot wounds to the abdomen during World War II ranged from 2 to 5%, in modern military conflicts – 6.6 to 9%, and during the ATO/JFO in eastern Ukraine – 7%. A characteristic feature is that despite improvements in individual protective equipment for military personnel, the proportion of abdominal injuries has not decreased [1, 3, 7]. The frequency of liver damage among abdominal injuries ranges from 8.4% to 29.3% [5].

The American Association for the Advancement of Trauma Surgery (AAST) has developed a generally accepted injury classification scale for classifying the severity of liver injuries. It uses radiological, intraoperative, and pathomorphological criteria for assessment. Higher grades are more serious and associated with a higher likelihood of failure of conservative treatment, requiring surgical intervention. The degree of injury does not necessarily indicate whether surgical or non-surgical treatment should be performed, but provides a standardized systematic assessment. However, a higher degree of injury is associated with higher morbidity and mortality [12, 14].

Successful surgical treatment of liver injuries depends on the appropriateness of the surgical intervention for the involvement of certain organ structures. There are deep and

superficial wounds, localized on the periphery or in the central part of the organ, with moderate or massive bleeding. Basically, all liver injuries are divided into three groups: injuries that do not require surgery, or injuries that require surgery within one segment; injuries that require surgery involving two or more segments; any injuries combined with damage to the hepatic veins. In severe liver injuries, the problem is profuse bleeding, massive hemoperitoneum, pulpification of liver tissue, metabolic and hematological disorders [5, 10].

The aim was to determine the pathomorphological features of gunshot wounds to the liver.

Materials and methods. The study material consisted of liver fragments after gunshot shrapnel wounds of the colon (12 studies) within 1 hour to 6 days after the injury. Histological specimens were taken during primary surgical interventions after gunshot wounds to the liver and during repeat interventions. All patients were male. The age of the patients ranged from 27 to 58 years. The average age was 42.5 ± 3.8 years.

For histological examination, liver tissue fragments were fixed in 40% neutral formalin and subjected to paraffin embedding according to the method accepted in the work of pathological laboratories [2, 9, 13]. After paraffin embedding,

5-6 μm thick sections were prepared and stained with hematoxylin and eosin. A complex of pathomorphological studies was performed on a Primo Star (Carl Zeiss) microscope with $\times 40$ and $\times 100$ magnification. For image documentation, a high-resolution 8-bit AxioCam (ERc 5s) digital camera with a pixel size of 2.2 μm and Carl Zeiss AxioCam (ERc5s) Configuration Tool software was used.

Research results. According to our data, the frequency of gunshot wounds to the abdomen with liver damage is 14% of cases.

Pathomorphological examination revealed the following types of liver damage: capsule tears and subcapsular hemorrhages, liver parenchyma ruptures, crushing, and hematomas.

The most common were superficial cracks and subcapsular hemorrhages of various shapes and sizes, ranging in color from light red to dark blue, located mainly on the anterior part of the diaphragmatic surface and the anterior sections of the visceral surface of the liver. Almost all hemorrhages were multiple in nature with detachment of the Glisson capsule from the parenchyma (Fig. 1).

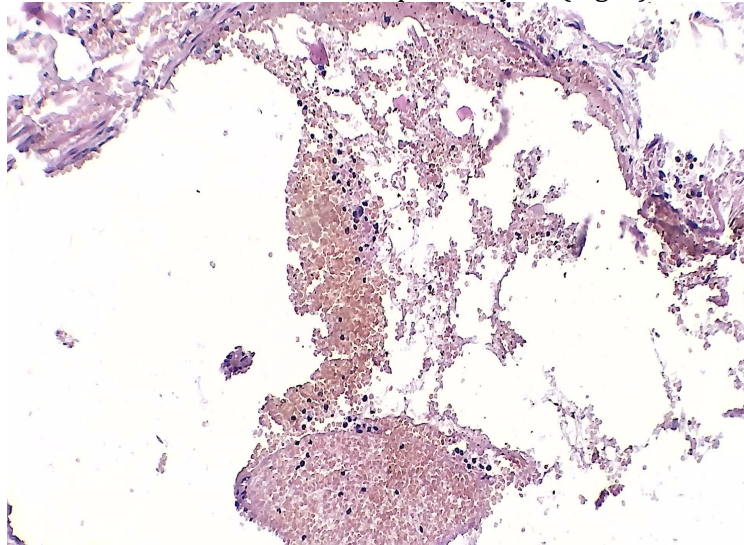


Figure 1. Subcapsular hemorrhages with detachment of the Glisson capsule from the parenchyma. Hematoxylin-eosin. $\times 40$

Liver ruptures were characterized by varying degrees of damage to the integrity of the liver parenchyma, with the formation of a slit-like cavity. Depending on the depth of the damage, the ruptures were superficial, deep, or through, with varying shapes and sizes. In the depth of the

ruptures, among the foci of necrosis, multiple small bridges were found, which, upon histological examination, were represented by connective tissue of the portal tracts, surrounded by a small layer of intact parenchyma, with preserved bile ducts and vessels (Fig. 2)..

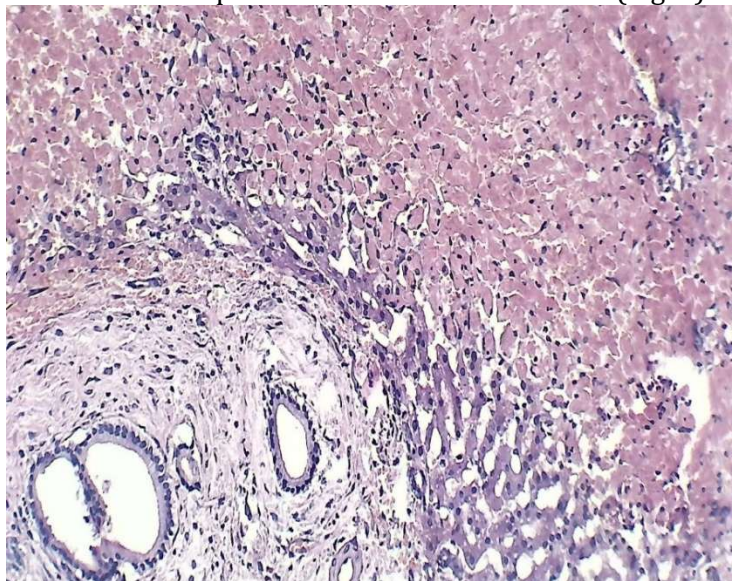


Figure 2. Portal tracts surrounded by a small layer of intact parenchyma with preserved bile ducts and vessels. Hematoxylin-eosin. $\times 100$

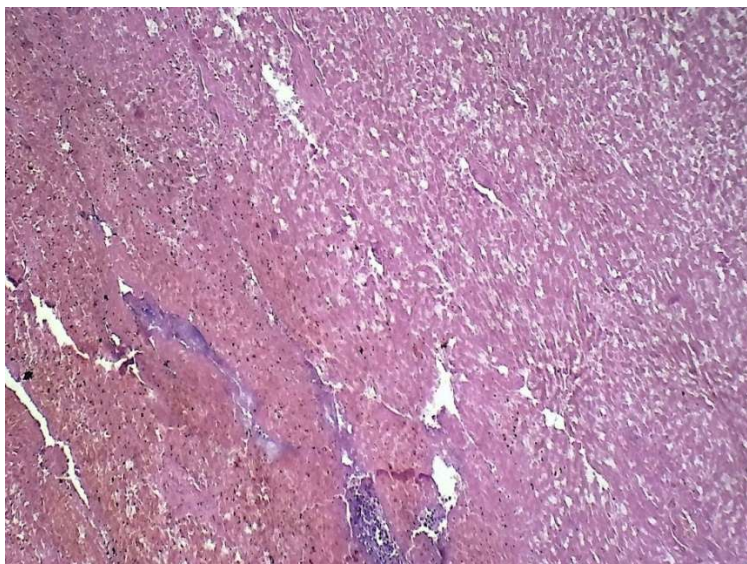


Figure 3. Homogeneous masses of necrosis and hemorrhage in crushed liver tissue. Hematoxylin-eosin. ×40

In cases where surgical treatment was performed within the first 24 hours after the injury, hematomas were identified in the form of cavities filled with clearly visible erythrocytes. Perifocal areas of necrosis were found at the edges of the hematomas in the liver. In preserved hepatocytes located at a distance from the hemorrhage focus, the nuclei were clearly distinguishable and the cytoplasm was stained (Fig. 4).

In cases where the injury was more than 2 days old, fibrin and signs of erythrocyte hemolysis

appeared in the hematomas, there was pronounced leukocyte infiltration, and the zone of necrosis spread due to ischemic infarcts that surrounded the injured area in a ring, increasing the size of irreversible changes in the liver tissue (Fig. 5).

In the preserved liver parenchyma and portal tracts in the branches of the hepatic vein and artery, vascular paresis, anemia with erythrocyte stasis, and thrombosis processes in the lumen of the vessels were detected (Fig. 6).

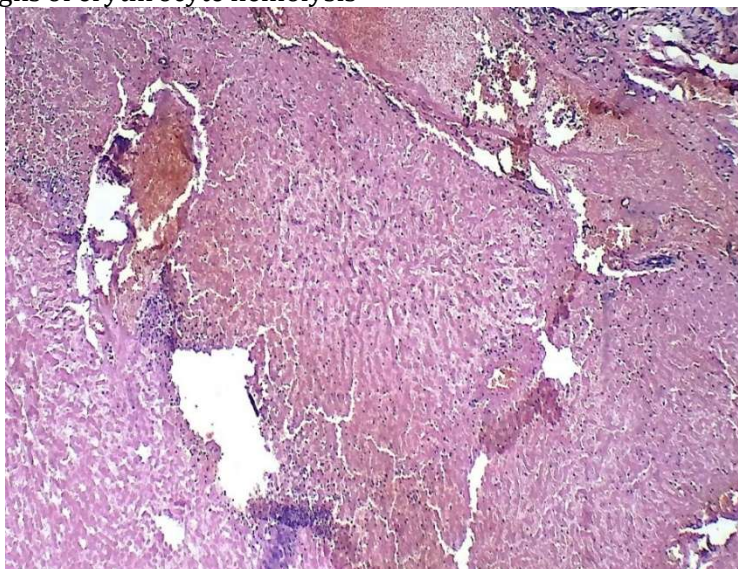


Figure 4. Hematomas in the form of cavities filled with clearly visible erythrocytes. Hematoxylin-eosin. ×40

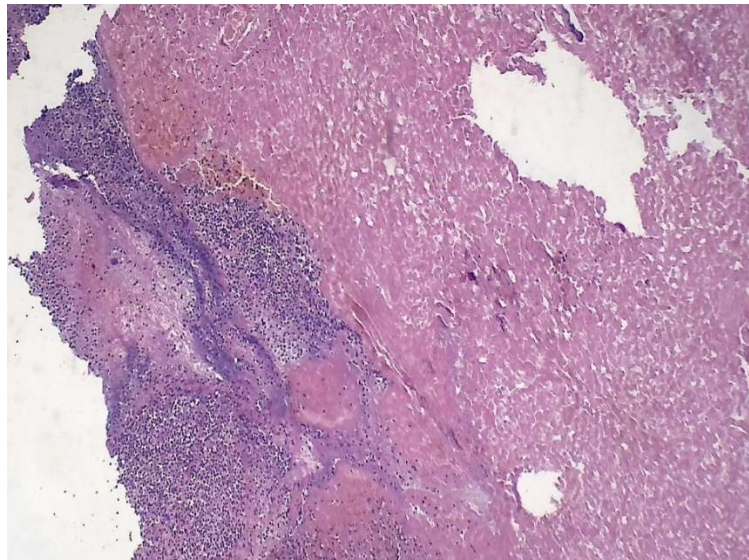


Figure 5. Ischemic infarcts of the liver parenchyma around the hematoma. Hematoxylin-eosin. ×40

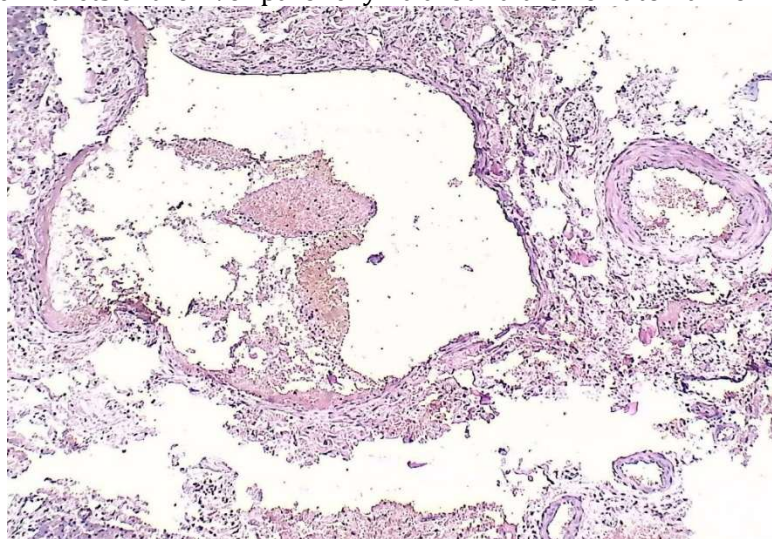


Figure 6. Vascular paresis, anemia with erythrocyte stasis, thrombosis processes in the branches of the hepatic vein and artery. Hematoxylin-eosin. ×40

Discussion

The pathomorphosis of gunshot wounds to the liver is diverse and depends on the extent of damage, the kinetic energy received by the organ, and damage to the structural units of the organ, which affects the body's response to trauma [4, 6, 9].

With an increase in the severity of liver damage and the presence of damage to two or more segments of the liver, areas of necrosis border on areas of hypoperfusion [5, 10], and the presence of an inflammatory process leads to an increase in the extent of damage, as determined by histological studies.

Understanding the pathomorphosis of gunshot wounds to the liver allows us to determine the diagnosis, treatment tactics, and prognosis [8, 11].

Conclusions

1. Pathomorphological examination of liver injuries reveals the following types of damage: capsule tears and subcapsular hemorrhages, liver parenchyma ruptures, crushing, and hematomas.

2. In traumatic necrosis of the liver parenchyma, the stromal component in the form of portal tracts remains intact during the first few days.

3. At the edges of hematomas, during the first day after trauma, perifocal areas of liver parenchyma necrosis occur, which are caused by the compressive factor of the hematoma itself.

4. In wounds older than 2 days, a zone of necrosis progresses around the hematomas due to ischemic infarcts, which can be explained by thrombus formation in the vessels and hypovolemic shock.

References

1. Tsymbaliuk, V. I. (2021). *Atlas boiovoi khirurhichnoi travmy (dosvid antyterorystychnoi operatsii : operatsii obiednanykh syl)*. Kharkiv: Kolehium, 385. [in Ukraine]
2. Avtandylov, H.H. (2002). *Osnovy kolychestvennoi patolohycheskoi anatomyy: uchebnoe posobyе*. M.: Medytsyna, 240. [in Ukraine]
3. Tsymbaliuk, V. I. (2024). *Atlas promenevoi diahnostyky vohnepalnykh poranen: atlas*. Vinnytsia: TVORY, 472. [in Ukraine]
4. Khvysiuk, O.M., Marchenko, V.H., Mykhailov, B.V. (2019). *Medychna dopomoha uchasykam boiovykh dii: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: DISA Plus. 576. [in Ukraine]
5. Tsymbaliuk, V.I. (2022). *Likuvannia poranenykh z boiovyu ushkodzhenniamy zhyvota (za dosvidom ATO/OOS): monohrafiia*. Kherson: Oldi+, 194. [in Ukraine]
6. Tsymbaliuk, V.I. (2022). *Modeliuvannia vohnepalnykh poranen*. Kharkiv, 322. [in Ukraine]
7. Humeniuk, K.V., Korol, S.O., Hybalo, R.V. (2024). *Nastanovy z voienno-polovoï khirurhii*. Kyiv: «Vydavnytstvo Liudmyla», 572. [in Ukraine]
8. Belenkyi, V.A., Borodai, V.A., Mykhailusov, R.N., Nehoduiko, V.V. (2016). Osobennosti okazania spetsyalyzovanoi khyrurhycheskoi pomoshchy pry torakoabdomynalnykh ohnestrelnykh ranenyakh. *Medytsyna neotlozhnykh sostoiany*. 5(76). 65-69. [in Rus.]
9. Tsymbaliuk, V.I. (2018). Patomorfoz vohnepalnykh ran miakykh tkanyn. Kharkiv: Kolehium, 176. [in Ukraine]
10. Khomenko, I.P., Herasymenko, O.S., Yenin, R.V., Halushka, A.M., Kazmirchuk, A.P. (2018). Osoblyvosti khirurhichnogo likuvannia vohnepalnykh poranen zhyvota. *Klinichna khirurhiia*. 85(9): 71-74. DOI: 10.26779/2522-1396.2018.09.71. [in Ukraine]
11. Lurin, Igor, Vorovskiy, Oleh, Makarov, Vitalii, Khoroshun, Eduard, Nehoduiko, Volodymyr, Ryzhenko, Andrii, Chobey, Stepan, Gorobeiko, Maksym and Dinets, Andrii. (2024). Management of thoracoabdominal gunshot injuries by using minimally invasive surgery at role 2 deployed field hospitals in Ukraine. *BMC Surgery* 24:183. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02475-3>.
12. Injury Scoring Scale – The American Association for the Surgery of Trauma [Internet]. [cited 2022 Apr 10]. <https://www.aast.org/resources-detail/injury-scoring-scale>.
13. Denton, J.S., Segovia, A., Filkins, J.A. (2006). Practical pathology of gunshot wounds. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 130(9). 1283–1289.
14. Trauma, 9e | AccessSurgery | McGraw Hill Medical [Internet]. [cited 2022 Mar 30]. <https://accesssurgery-mhmedical-com.ezp-prod1.hul.harvard.edu/book.aspx?bookid=2952>.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of Interest: authors have no conflict of interest to declare.

Відомості про авторів:

Хорошун Едуард Миколайович ^{A,E,F} – полковник медичної служби, кандидат медичних наук, начальник Військово-медичного клінічного центру Північного регіону, доцент кафедри хірургії №4 Харківського національного медичного університету, E-mail: ehoroshun@i.ua, ORCID: 0000-0003-1258-1319

Макаров Віталій Володимирович ^{A,E,F} – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри хірургії №4 Харківського національного медичного університету, лікар хірург хірургічного відділення хірургічної клініки Військово-медичний клінічний центр Північного регіону, E-mail: docvymakarov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4224-0294

Негодуйко Володимир Володимирович ^{A, B,C, E,F} – полковник медичної служби, доктор медичних наук, професор, начальник клініки невідкладної медичної допомоги (та прийому і евакуації) Військово-медичний клінічний центр Північного регіону, професор кафедри хірургії №4 Харківського національного медичного університету, E-mail: vol-ramzes13@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4540-5207

Тертишний Сергій Володимирович ^{B,C,D} – полковник медичної служби, доктор медичних наук, начальник відділення реконструктивної - відновлювальної хірургії Військово-медичного клінічного центру південного регіону, <https://orcid.org/0000-0002-4949-5409>

Титов Євген В'ячеславович ^{B,C,D} – кандидат медичних наук, лікар патологоанатом патологоанатомічної лабораторії Військово-медичний клінічний центр Північного регіону, асистент кафедри патологічної анатомії Харківського національного медичного університету, E-mail: titovevgeniy@ukr.net, ORCID:0000-0002-1999-3052

Риженко Андрій Петрович ^{B,C,D} – підполковник медичної служби, начальник відділення невідкладної хірургії клініки абдомінальної хірургії Військово-медичного клінічного центру Центрального регіону, E-mail: andr.surgeon@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2979-8231

Снітко Олександр Анатолійович ^{B,C,D} – підполковник медичної служби, начальник патоанатомічної лібораторії Військово-медичний клінічний центр Північного регіону Командування медичних сил Збройних сил України, E-mail: snitkosasha1979@gmail.com, ORCID: 0009-0002-9135-0403

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних;

D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті.

Information about the authors:

Khoroshun E.M. ^{A,E,F} – Colonel of the Medical Service, Candidate of Medical Sciences, Head of the Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Associate Professor of the Department of Surgery No. 4 of the Kharkiv National Medical University, E-mail: ehoroshun@i.ua, ORCID: 0000-0003-1258-1319

Makarov V.V. ^{A,E,F} - Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgery No. 4 of the Kharkiv National Medical University, Surgeon of the Surgical Department of the Surgical Clinic of the Military Medical Clinical Center of the Northern Region, E-mail: docvvmakarov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4224-0294

Nehoduiko V.V. ^{A,B,C,E,F} – Colonel of the Medical Service, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Emergency Medical Care Clinic (and Reception and Evacuation) of the Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Professor of the Department of Surgery No. 4 of the Kharkiv National Medical University, E-mail: vol-ramzes13@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4540-5207

Tertyshny S.V. ^{B,C,D} – Colonel of the Medical Service, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Reconstructive and Restorative Surgery of the Military Medical Clinical Center of the Southern Region, <https://orcid.org/0000-0002-4949-5409>

Titov E.V. ^{B,C,D} – Candidate of Medical Sciences, Pathologist of the Pathological Anatomical Laboratory of the Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Assistant Professor of the Department of Pathological Anatomy of the Kharkiv National Medical University, E-mail: titovevgeniy@ukr.net, ORCID:0000-0002-1999-3052

Ryzhenko A.P. ^{B,C,D} –Lieutenant Colonel of the Medical Service, Head of the Department of Emergency Surgery of the Abdominal Surgery Clinic Military Medical Clinical Center of the Central Region, E-mail: andr.surgeon@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2979-8231

Snitko O.A. ^{B,C,D} – Lieutenant Colonel of the Medical Service, Head of the Pathoanatomical Laboratory Military Medical Clinical Center of the Northern Region of the Medical Forces Command of the Armed Forces of Ukraine, E-mail: snitkosasha1979@gmail.com, ORCID: 0009-0002-9135-0403

*A – research concept and design; B – data collection; C – data analysis and interpretation;
D – writing an article; E – article editing; F – final approval of the article.*

Адреса для листування: вулиця Культури, 5, Харків, Харківська область, 61000

