

УДК 616-001-02:623.565]-089.5-039.72-089.8

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.21.1.2025.1836>Гриценко С.М.¹ , Гаврилук В.П.² , Брік Б.А.² ¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, м. Запоріжжя, Україна²КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР, м. Запоріжжя, Україна

Вибухова травма. Анестезія

For citation: Emergency Medicine (Ukraine). 2025;21(1):81-85. doi: 10.22141/2224-0586.21.1.2025.1836

Резюме. Актуальність. Бойові дії, що відбуваються в Україні, ставлять перед анестезіологами велику кількість питань щодо надання медичної допомоги постраждалим із вибуховою травмою. Вибухова травма є комбінованою за патогенезом і поєднаною за локалізацією. Вона виникає внаслідок сукупної ушкоджуючої дії на організм людини ударної хвилі, газових струменів, вогню, токсичних продуктів вибуху та горіння, уламків корпусу боєприпасів, вторинних снарядів. Цей вид травми часто поєднується із пошкодженням 2–4 анатомічних ділянок та подеколи більше. Причому більша частина госпітальної допомоги надається в умовах цивільних лікарень, що розташовані поруч із зонами проведення бойових дій. **Мета:** зниження летальності шляхом вибору технології анестезії та інтраопераційної інтенсивної терапії у потерпілих від вибухової травми залежно від тяжкості вибухової травми та їхнього стану. **Матеріали та методи.** Протягом січня — грудня 2023 року до операційних Запорізької обласної клінічної лікарні надійшло 1059 постраждалих від вибухової травми (1040 чоловіків, 19 жінок), які оцінені за шкалою ГКО (стандартизована система оцінки тяжкості травми та стану постраждалих). Виконано 1071 операцію. На 1 анатомічній ділянці виконано 593 операції; 2 — 292; 3 — 118; 4 — 49; 5 — 19. Під час оцінки стану пацієнтів за шкалою ГКО встановлено, що у 106 потерпілих було до 10 балів; 11–19 балів було у 201 потерпілого; 20–29 балів мали 402 пацієнти; понад 30 балів — 350 потерпілих. **Результати.** До операції мала місце нормотензія та помірні тахікардія. Однак у 202 постраждалих систолічний артеріальний тиск був меншим за 90 мм рт.ст., що потребувало застосування симпатоміметиків та інфузійної терапії кристалоїдами та колоїдами. Протягом операції у 202 пацієнтів продовжували застосовувати симпатоміметики та їх комбінації. Норадреналін був застосований у 148 пацієнтів у дозі від 0,1 до 0,4 мкг/кг/хв, допамін — у 39, адреналін — у 4, мезатон — у 11 постраждалих у болюсних дозах 20–100 мкг. Показники систолічного, діастолічного, пульсового, середнього артеріального тиску та частоти серцевих скорочень на етапі завершення операції вірогідно не відрізнялися від вихідних. До операції у постраждалих був субкомпенсований метаболічний та дихальний ацидоз, збільшення концентрації лактату ($3,6 \pm 0,1$ ммоль/л). На етапі операції явища метаболічного ацидозу наростали, зберігалися дихальний ацидоз та збільшення рСО₂ у крові. Концентрація лактату у крові вірогідно зростала, у середньому до $4,0 \pm 0,1$ ммоль/л ($p < 0,001$). **Висновки.** Оцінка тяжкості стану потерпілих за шкалою ГКО дозволяє вибрати технологію анестезії з урахуванням впливу препаратів для наркозу, що використовуються, на гемодинаміку. На етапах лікування постраждалих від вибухової травми вдалося зберегти нормотензію завдяки інфузійно-трансфузійній терапії та вазопресорній підтримці. Наприкінці операції змішаний декомпенсований ацидоз та підвищення лактату спонукають до подальшого лікування у відділенні інтенсивної терапії.

Ключові слова: вибухова травма; оцінка тяжкості стану постраждалих; анестезія

Вступ

Бойові дії, що відбуваються в Україні, ставлять перед анестезіологами велику кількість питань щодо надання медичної допомоги постраждалим із вибуховою травмою. Цей вид травми часто поєднується з пошкодженням 2–4 анатомічних ділянок та подеколи більше. Причому більша частина госпітальної допомоги надається в умовах цивіль-

них лікарень, що розташовані поруч із зонами проведення бойових дій.

Вибухові травми — це травми, спричинені множинним впливом вибухової зброї та надлишкового тиску, створеного ним. Сила цього тиску достатня, щоб спричинити травму, а також вона може призвести до утворення уламків, відкидати людей на предмети та спричинити



© 2025. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Гриценко Сергій Миколайович, доктор медичних наук, професор, кафедра анестезіології та інтенсивної терапії, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, просп. Маяковського, 26, м. Запоріжжя, 69035, Україна; e-mail: grytsenko45@gmail.com; tel.: +380 (50) 609-98-85

For correspondence: Sergiy Grytsenko, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Mayakovsky ave., 26, Zaporizhzhia, 69035, Ukraine; e-mail: grytsenko45@gmail.com; phone: +380 (50) 609-98-85

Full list of authors information is available at the end of the article.

руйнування будівель та інших споруд. Існує чотири типи вибухової травми. **Первинна** вибухова травма виникає в результаті надлишкового тиску, що ушкоджує тканини в результаті стиснення та розширення. Ці ушкодження вражають не тільки органи, такі як легені, а й тверді тканини, і навіть мозок. На початку вибуху на організм діє ударна хвиля. Фактично на людину насувається «стіна повітря» зі швидкістю 8000 м/с (для порівняння, швидкість людини становить 7 м/с, швидкість ураганного вітру 40 м/с) та тиском до 250 атм. Чим більша кількість вибухівки і чим ближче людина, тим тяжчою буде травма. Результатом дії можуть бути потужні травми внутрішніх органів, переломи кісток, травматичні ампутації, роздавлювання м'яких тканин. **Вторинна** вибухова травма виникає внаслідок утворення уламків. Вони можуть включати оболонку і шрапнель, а також ґрунт і уламки навколишніх предметів. Після вибуху формуються уламки, які на великій швидкості розлітаються в різні боки та завдають осколкових поранень. Слід пам'ятати, що під час вибуху прискорення також можуть зазнавати предмети, розташовані навколо, — частки розбитого скла, ґрунт чи каміння. Уламки, як правило, неправильної форми, тому рани мають рваний характер. Локалізація ран та їх тяжкість залежать від того, на якій відстані перебуває людина від епіцентру вибуху. **Третинна** вибухова травма пов'язана з тілесним переміщенням, коли сила вибуху може підкинути людей у повітря чи на інші об'єкти. Це призводить до низки травм на додачу до первинних і вторинних, зокрема, до тупих травм різних органів. Відбувається зіткнення людини з іншими предметами, падіння. Вибухова хвиля, яка формується під час вибуху, може збивати людей з ніг, відкидати їх на довколишні об'єкти, піднімати у повітря різні предмети з навколишнього середовища, які падають та травмують людину. При **четвертинній** травмі під час вибуху формується вогненна куля, температура якої може досягати 7000 °С та спричинити опіки, найчастіше на відкритих частинах тіла (обличчя, кисті рук), а на місцевості можуть виникнути пожежі. Також при вибуху утворюються шкідливі продукти горіння та токсичні гази, які негативно впливають на організм. Під час їхнього вдихання пошкоджуються верхні дихальні шляхи та легені. Вибухова травма — це бойове багатофакторне ураження, яке виникає внаслідок сукупної ушкоджуючої дії на організм людини ударної хвилі, газових струменів, вогню, токсичних продуктів вибуху та горіння, уламків корпусу боєприпасів, вторинних снарядів [1–4].

Мета дослідження: зниження летальності шляхом вибору технології анестезії та інтраопераційної інтенсивної терапії у потерпілих від вибухової травми залежно від тяжкості вибухової травми та їхнього стану.

Матеріали та методи

Дослідження ретроспективне. Використано дані з історій хвороб за період січня — грудня 2023 року. До операційних Запорізької обласної клінічної лікарні надійшло 1059 постраждалих від вибухової травми (1040 чоловіків, 19 жінок), які оцінені за шкалою ГКО (стандартизована система оцінки тяжкості травми та стану постраждалих). Виконано 1071 операцію. На 1 анатомічній ділянці виконано 593 операції; 2 — 292; 3 — 118; 4 — 49; 5 — 19. Під час оцінки стану пацієнтів за шкалою

ГКО встановлено, що у 106 потерпілих було до 10 балів; 11–19 балів було у 201 потерпілого; 20–29 балів мали 402 пацієнти; понад 30 балів — 350 потерпілих [5, 6]. Інтраопераційна летальність — 5 постраждалих. Причина — масивна крововтрата. Час доставки в середньому становить $4,28 \pm 1,42$ години.

Анатомічні ділянки ушкоджень: травми кінцівок — 841; органів черевної порожнини — 132; грудної порожнини — 141; головного, спинного мозку, периферичних нервів — 180; лицьового черепа — 198; опікові травми — 45; травми вух — 18.

Середній вік чоловіків становить $37,6 \pm 0,4$ року, жінок — $60,8 \pm 0,6$ року.

Самостійне дихання спостерігалось у 804 пацієнтів, на ШВЛ доставлено 236 пацієнтів. Концентрації гемоглобіну та загального білка в крові та сироватці становили $112,4 \pm 1,6$ г/л та $55,5 \pm 1,4$ г/л відповідно.

Наявність гемопневмотораксу на час надходження діагностовано у 139 постраждалих, причому в 77 випадках дренажі не функціонували. До початку оперативних втручань встановлено та перевстановлено плевральні дренажі 109 пацієнтам. Насичення гемоглобіну киснем (SpO_2) у більшості пацієнтів було $\geq 95\%$, а у 25 пацієнтів — $< 92\%$.

Пацієнтам проводили такі методики анестезії:

а) регіонарні та нейроаксіальні методики 0,5% розчином бупівакаїну;

б) внутрішньовенна анестезія без ШВЛ: пропофол 1–2 мг/кг або дексмедетомідин 1 мг/кг (підтримуюча доза 0,5 мг/годину) + фентаніл 1–3 мкг/кг/год;

в) інгаляційна анестезія з ШВЛ: індукція внутрішньовенно пропофолом (2,0 мг/кг) або тіопенталом натрію (6–8 мг/кг); підтримка севофлюраном (0,8–1,0) мінімальної альвеолярної концентрації (1,6–2,0 об. %); аналгезія фентанілом 10 мкг/кг — перша година, 5 мкг/кг — друга година, 3 мкг/кг — наступні години; міоплегія атракуріумом 0,3–0,6 мг/кг або есмероном 0,6–1,0 мг/кг;

г) тотальна внутрішньовенна анестезія-1 (ТВА1): індукція внутрішньовенно пропофолом 2 мг/кг (або тіопенталом натрію 6–8 мг/кг); підтримка пропофолом 1,5–4,0 мг/кг/год; аналгезія фентанілом 10 мкг/кг — перша година, 5 мкг/кг — друга година, 3 мкг/кг — наступні години; міоплегія атракуріумом 0,3–0,6 мг/кг (або есмероном 0,6–1,0 мг/кг). Підтримка міорелаксації: атракуріум 0,1–0,2 мг/кг кожні 25–30 хвилин або есмерон 0,3–0,4 мг/кг/год;

г) тотальна внутрішньовенна анестезія-2 (ТВА2). Індукція внутрішньовенно тіопенталом натрію 3,0 мг/кг (+ натрію оксибутират 56 мг/кг/30 хв); підтримка натрію оксибутиратом 0,5 мг/кг/хв; аналгезія фентанілом 10 мкг/кг — перша година, 5 мкг/кг — друга година, 3 мкг/кг — наступні години. Міоплегія атракуріумом 0,3–0,6 мг/кг або есмероном 0,6–1,0 мг/кг. Підтримка міорелаксації: атракуріум 0,1–0,2 мг/кг кожні 25–30 хвилин або есмерон 0,3–0,4 мг/кг/год;

д) тотальна внутрішньовенна анестезія-3 (ТВА3). Індукція внутрішньовенно кетаміном 2,0 мг/кг (+ натрію оксибутират 70 мг/кг/30 хв); підтримка натрію оксибутиратом 0,6 мг/кг/хв; аналгезія кетаміном 0,04 мг/кг/хв. Міоплегія атракуріумом 0,3–0,6 мг/кг або есмероном 0,6–1,0 мг/кг. Підтримка міорелаксації: атракуріум 0,1–0,2 мг/кг кожні 25–30 хвилин або есмерон 0,3–0,4 мг/кг/год.

Вибір технології анестезії залежав від суми балів за шкалою ГКО [6]. При оцінці до 10 балів застосовували методику, описані в пунктах (а) та (б) без ШВЛ; 11–19 балів — технології (в) та (г) з ШВЛ; 20–29 балів — методику анестезії, описану в пункті (г); понад 30 балів — методику анестезії, описану у пункті (д).

Методика застосування тотальної внутрішньовенної анестезії натрієм оксибутиратом з фентанілом або кетаміном дозволяє керувати глибиною та тривалістю загальної анестезії з урахуванням ймовірності підтримки мінімальної наркотичної концентрації натрію оксибутирату у крові та рівня анестезії, що забезпечує антиноцицептивний захист [7, 8].

Виконано операції: на кінцівках — 776; головному мозку — 79; спинному мозку — 11; лапаротомія — 117; торакотомія — 88. Тривалість операцій у середньому становила $172,0 \pm 8,7$ хв.

У 988 постраждалих об'єм крововтрати в операційній був до 1 л та у середньому становив 638 ± 132 мл, у 48 постраждалих крововтрата перевищувала 1 л, у 23 — більше 2 л. Об'єм інфузійно-трансфузійної терапії в операційній в середньому становив 3687 ± 328 мл. 98 потерпілим переливали препарати крові. Діурез у середньому становив 372 ± 96 мл, у 25 пацієнтів мала місце анурія.

Стандартний моніторинг при надходженні та на етапах анестезії включав неінвазивний моніторинг артеріального тиску (АТ систолічний, діастолічний, пульсовий, середній), сатурації крові (SpO_2), ЕКГ, апаратом ABL 835 вимірювали параметри кислотно-лужного балансу, лактату, парціальний тиск кисню та вуглекислого газу [9].

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили за допомогою програми Statistica 10, дані представлені у вигляді середнього арифметичного (М) та стандартного відхилення ($\pm SD$) з урахуванням оцінки за t-критерієм Стьюдента. При проведенні аналізу у всіх випадках критичний рівень значимості прийнятий рівним менше 0,05.

Результати

У табл. 1 наведені показники артеріального тиску та частоти серцевих скорочень на етапах лікування потерпілих.

До операції мала місце нормотензія та помірна тахікардія. Однак у 202 постраждалих систолічний артеріальний

тиск був меншим за 90 мм рт.ст., що вимагало застосування симпатоміметиків та інфузійної терапії кристалоїдами, колоїдами та препаратами крові. Протягом операції у 202 пацієнтів продовжували застосовувати симпатоміметики та їх комбінації. Норадреналін був застосований у 148 хворих у дозі від 0,1 до 0,4 мкг/кг/хв, допамін — у 39, адреналін — у 4, мезатон — у 11 постраждалих у болюсних дозах 20–100 мкг.

Показники систолічного, діастолічного, пульсового, середнього артеріального тиску та частоти серцевих скорочень на етапі завершення операції вірогідно не відрізнялися від вихідних.

У 365 пацієнтів вивчено окремі показники кислотно-лужного балансу, лактату, парціального тиску вуглекислого газу та кисню в крові. При оцінці за шкалою ГКО 20–29 балів застосовували методику ТВА2 з використанням оксибутирату натрію з фентанілом, при оцінці вище 30 балів анестезію проводили за методикою ТВА3 натрієм оксибутиратом з кетаміном.

У табл. 2 наведено окремі показники кислотно-лужного балансу, лактату та парціального тиску вуглекислого газу та кисню у крові на етапах лікування.

До операції у постраждалих був субкомпенсований метаболічний і дихальний ацидоз, парціальний тиск кисню мав нормальні значення, а також відзначалося підвищення концентрації лактату.

На етапі операції явища субкомпенсованого метаболічного та дихального ацидозу зберігалися. Парціальний тиск кисню перевищував нормальні значення. Концентрація лактату у крові вірогідно збільшилася у середньому на 14 % та становила $4,1 \pm 0,1$ ммоль/л.

На етапі закінчення операції зберігалися декомпенсований метаболічний і дихальний ацидоз. Концентрація лактату була високою та вірогідно не відрізнялася від доопераційного значення. Парціальний тиск кисню в артеріальній крові перевищував нормальні значення.

Обговорення

Отримані дані дозволяють стверджувати, що час доставки постраждалих в середньому становить $4,28 \pm 1,42$ години. Серед постраждалих переважають чоловіки молодого віку. Аналіз отриманих результатів вказує

Таблиця 1. Показники артеріального тиску (систолічного, діастолічного, пульсового, середнього), частоти серцевих скорочень на етапах лікування ($M \pm SD$), $n = 1059$

Показник	При надходженні	Травматичний етап операції	Кінець операції
АТ сист., мм рт.ст.	$128,1 \pm 3,4$	$111,8 \pm 12,4$ ($P > 0,05$)	$124,9 \pm 12,9$ ($P_1 > 0,05$)
АТ діаст., мм рт.ст.	$73,7 \pm 1,8$	$63,9 \pm 8,6$ ($P > 0,05$)	$75,7 \pm 8,7$ ($P_1 > 0,05$)
ПТ, мм рт.ст.	$52,1 \pm 0,9$	$47,8 \pm 6,1$ ($P > 0,05$)	$49,2 \pm 6,5$ ($P_1 > 0,05$)
СрАТ, мм рт.ст.	$90,3 \pm 1,7$	$82,9 \pm 7,2$ ($P > 0,05$)	$92,1 \pm 8,6$ ($P_1 > 0,05$)
ЧСС, хв ⁻¹	$89,6 \pm 0,8$	$90,5 \pm 3,4$ ($P > 0,05$)	$89,6 \pm 4,8$ ($P_1 > 0,05$)

Примітки: P — різниця невірогідна ($> 0,05$) порівняно з етапом надходження; P_1 — різниця невірогідна порівняно з етапом надходження ($> 0,05$).

Таблиця 2. Окремі показники кислотно-лужного балансу, лактату та парціального тиску вуглекислого газу та кисню у крові на етапах лікування ($M \pm SD$), $n = 130$

Показник	Вихідний показник на операційному столі	Травматичний етап операції	Кінець операції
pH	7,315 \pm 0,003	7,288 \pm 0,004***	7,150 \pm 0,005***
HCO ₃ ⁻ , ммоль/л	22,6 \pm 0,4	25,0 \pm 0,3***	24,6 \pm 0,3***
BE, ммоль/л	-6,1 \pm 0,1	-6,2 \pm 0,1	-6,9 \pm 0,1***
Лактат, ммоль/л	3,6 \pm 0,2	4,1 \pm 0,1*	3,9 \pm 0,3
PaCO ₂ , мм рт.ст.	45,7 \pm 1,5	55,4 \pm 1,2***	47,0 \pm 2,0
PaO ₂ , мм рт.ст.	94,6 \pm 8,2	117,5 \pm 7,9*	135,8 \pm 10,2***

Примітки: * — різниця вірогідна ($P < 0,05$); ** — різниця вірогідна ($P < 0,01$); *** — різниця вірогідна ($P < 0,001$). Етапи операції та закінчення операції порівнювали за відповідним вихідним показником кислотно-лужного балансу, лактату та парціального тиску вуглекислого газу та кисню в крові на етапах лікування.

на наявність тяжких ушкоджень у 71 % постраждалих з оцінкою тяжкості ушкоджень за шкалою ГКО понад 20 балів. У 19 % постраждалих від вибухової травми були різні види шоку, що узгоджується з даними С.О. Гур'єва із співавт., отриманими у 2015 році (18,81 %) [5].

Вибір методу знеболювання у постраждалих від вибухової травми на ранньому госпітальному етапі недостатньо обґрунтований. Враховуючи тяжкість постраждалих, проведено спробу пов'язати технологію анестезії з бальною оцінкою за ГКО. Розроблено 6 варіантів методик анестезії. Особливу увагу привертають методи анестезії у постраждалих з оцінкою ГКО понад 20 і 30 балів. Вибір зупинився на препаратах натрію оксибутирату, фентанілу та кетаміну. Вважається, що анестезія натрієм оксибутиратом погано керована. Раніше було розроблено початкове та підтримуюче дозування натрію оксибутирату для підтримки у крові мінімальної наркотичної концентрації з урахуванням обсягу крововтрати. Важливе значення має гемодинамічна дія натрію оксибутирату, зумовлена збільшенням ударного об'єму серця та об'єму циркулюючої крові [8]. Стимуляція ГАМКергічної системи мозку відіграє роль основного антиноцицептивного механізму. Антистресовий ефект натрію оксибутирату як основного гальмівного медіатора мозку реалізується на рівні вищих вегетативних центрів, що запобігає активації стрес-реалізаційних систем, у тому числі катехоламінергічної. Отже, натрію оксибутират, зменшуючи активність гіпофізарно-наднирникової та симпатoadреналової систем, підвищує активність ГАМКергічних соматичних рецепторних систем і здатний суттєво обмежити пошкодження внутрішніх органів при циркуляторно-ішемічних порушеннях, що викликаються під час вибухової травми. Натрію оксибутират у дозах, що використовуються, не має анальгетичної активності. У зв'язку з цим у дослідженні використовували фентаніл або кетамін [7].

Кетамін — антагоніст NMDA-рецепторів, який продемонстрував відмінну анальгетичну активність навіть у субанестетичних дозах [11]. При введенні в низьких дозах кетамін також запобігає розвитку центральної сенситизації, гіпералгезії та резистентності до опіоїдів [12].

Єдиною клінічною причиною підвищення парціального тиску кисню в артеріальній крові слід, ймовірно, вважати високу фракцію кисню у вдихуваній суміші [10].

Це дослідження відкриває шлях для проведення подібних досліджень у постраждалих від вибухової травми на ранньому шпитальному етапі.

Висновки

1. Оцінка тяжкості стану потерпілих за шкалою ГКО дозволяє вибрати технологію анестезії з урахуванням впливу препаратів для наркозу, що використовувалися, на гемодинаміку.

2. На етапах лікування постраждалих від вибухової травми вдалося зберегти нормотензію завдяки інфузійно-трансфузійній терапії та вазопресорній підтримці.

3. Наприкінці операції змішаний декомпенсований ацидоз та підвищення лактату спонукають до подальшого лікування у відділенні інтенсивної терапії.

4. Інтраопераційна летальність — 5 постраждалих.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

Внесок авторів. Гриценко С.М. — концептуалізація, формальний аналіз, написання оригінального тексту; Гаврилюк В.П., Брік Б.А. — збір та аналіз інформації.

Етичні норми. Усі процедури, які виконувалися, відповідали етичним стандартам закладу щодо клінічної практики, Гельсінської декларації 1964 р. з поправками і Загальної декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО) та затверджені місцевим комітетом з етики досліджень (витяг з протоколу № 198 засідання лікарської етичної комісії КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР від 15 листопада 2024 р.).

References

1. Champion HR, Holcomb JB, Young LA. Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus. *J Trauma*. 2009 May;66(5):1468-1477; discussion 1477. doi: 10.1097/TA.0b013e3181a27e7f.
2. Wolf SJ, Beberta VS, Bonnett CJ, Pons PT, Cantrill SV. Blast injuries. *Lancet*. 2009 Aug 1;374(9687):405-415. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60257-9.

3. Plurad DS. Blast injury. *Mil Med.* 2011 Mar;176(3):276-282. doi: 10.7205/milmed-d-10-00147.
4. Scott TE, Kirkman E, Haque M, Gibb IE, Mahoney P, Hardman JG. Primary blast lung injury - a review. *Br J Anaesth.* 2017 Mar 1;118(3):311-316. doi: 10.1093/bja/aew385.
5. Guriev SO, Kravtsov DI, Kazachkov VYe, Ordatsiy AV. Mine-blast trauma as a result of nowadays combat: evidence from the counter terrorist operation in the Eastern Ukraine. Report 1. Clinical and epidemiological characteristics of the victims with mine-blast trauma on the early hospital stage. *Travma.* 2015;16(6):5-8. doi: 10.22141/1608-1706.6.16.2015.79667.
6. Guriev SO, Kravtsov DI, Ordatsiy AV. Standardized assessment of the severity of gunshot and mine-blast injuries due to current combat operations. *Travma.* 2016;17(3):65-68. doi: 10.22141.1608-1706.3.17.2016.75777.
7. Usenko LV, Shifrin GA. *The concept of antinociceptive pain relief: a monograph.* Kyiv: Zdorov'ja; 1993. 192 p. Russian.
8. Khizhniak AA. Concentration of sodium oxybutyrate during anesthesia in conditions of surgical blood loss. PhD diss. Kharkiv; 1979. 123 p. Russian.
9. Klein AA, Meek T, Allcock E, et al. Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia.* 2021 Sep;76(9):1212-1223. doi: 10.1111/anae.15501.
10. Malley WJ. *Clinical blood gases: assessment and intervention.* 2nd ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2004. 544 p.
11. De Kock M, Lavand'homme P, Waterloos H. 'Balanced analgesia' in the perioperative period: is there a place for ketamine? *Pain.* 2001 Jun;92(3):373-380. doi: 10.1016/S0304-3959(01)00278-0.
12. Wu L, Huang X, Sun L. The efficacy of N-methyl-D-aspartate receptor antagonists on improving the postoperative pain intensity and satisfaction after remifentanyl-based anesthesia in adults: a meta-analysis. *J Clin Anesth.* 2015 Jun;27(4):311-324. doi: 10.1016/j.jclinane.2015.03.020.

Отримано/Received 04.01.2025

Рецензовано/Revised 15.01.2025

Прийнято до друку/Accepted 23.01.2025

Information about authors

Sergiy Grytsenko, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia, Ukraine; e-mail: grytsenko45@gmail.com; phone: +380 (50) 609-98-85; <https://orcid.org/0000-0001-6391-8300>

Valentyna Gavrylyuk, Anesthesiologist, Head of the Anesthesiology Department, Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital, Zaporizhzhia, Ukraine; e-mail: anest.zokb@gmail.com; phone: +380 (50) 732-22-12; <https://orcid.org/0009-0008-5527-4208>

Bohdan Brik, Anesthesiologist, Anesthesiology Department, Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital, Zaporizhzhia, Ukraine; e-mail: limp12@i.ua; phone: +380 (66) 775-46-65; <https://orcid.org/0009-0003-1974-5256>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The research has no external sources of funding.

Authors' contribution. S.M. Grytsenko — conceptualization, formal analysis, writing an original text; V.P. Gavrylyuk, B.A. Brik — collection and analysis of information.

Ethical norms. All the procedures that were performed met the ethical standards of the institution regarding clinical practice, the Helsinki Declaration of 1964 as amended and the General Declaration on Bioethics and Human Rights (UNESCO) and were approved by the local research ethics committee (Excerpt from the minutes of the meeting of the medical ethics commission KNP "Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital" ZOR № 198 from 15.11.2024).

S.M. Grytsenko¹, V.P. Gavrylyuk², B.A. Brik²

¹Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia, Ukraine

²Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital, Zaporizhzhia, Ukraine

Explosive injury. Anesthesia

Abstract. Background. The combat operations taking place in Ukraine present many questions to anesthesiologists regarding the medical assistance to the injured with blast injury. Explosive trauma is combined in pathogenesis and localization. It occurs as a result of the combined damaging effect on the human body of shock wave, gas jets, fire, toxic explosion and combustion products, ammunition casing fragments, secondary projectiles. This type of trauma is often combined with damage to 2–4 anatomical areas and sometimes more. Moreover, the hospital care is mostly provided in civilian hospitals located next to the combat operation zone. Aim: reduction of mortality by choosing the anesthetic technology and intraoperative intensive care in victims of explosive trauma, depending on its severity and their condition. **Materials and methods.** During January-December 2023, 1059 (1040 men, 19 women) victims of explosive injuries who were examined according to the GKO scale (a standardized system for assessing the severity of injuries and the patient condition) were admitted to the operating rooms of the Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital. 1071 surgeries were performed: in 1 anatomical area — 593 operations; in 2 — 292; in 3 — 118; in 4 — 49; in 5 — 19. When assessing the patient condition on the GKO scale, 106 patients had up to 10 points; 201 had 11–19 points; 402 had 20–29 points; 350 had more than 30 points. **Results.** Before the operation, there was normotension and moderate tachycardia. However, 202 victims had a sys-

tolic blood pressure of less than 90 mm Hg, which required the use of sympathomimetics and infusion therapy with crystalloids and colloids. Sympathomimetics and their combinations continued to be used during the surgery in 202 patients. Norepinephrine was used in 148 patients in a dose of 0.1–0.4 µg/kg/min, dopamine — in 39, adrenaline — in 4, mezaton — in 11 victims in bolus doses of 20–100 µg. The indicators of systolic, diastolic, pulse, mean arterial pressure and heart rate at the completion operative stage did not differ significantly from the baseline. Before the surgery, the victims had subcompensated metabolic and respiratory acidosis, increased lactate concentration (3.6 ± 0.1 mmol/l). During the operation, the metabolic acidosis phenomena increased, respiratory acidosis and an increase in pCO₂ in the blood persisted. The blood lactate concentration increased significantly, on average up to 4.0 ± 0.1 mmol/l (p < 0.001). **Conclusions.** Assessment of the victim severity according to the GKO scale allows choosing the anesthesia technology taking into account the hemodynamic effect of anesthetics. During treatment of blast injury victims, it was possible to maintain normotension thanks to infusion-transfusion therapy and vasopressor support. At the end of the operation, mixed decompensated acidosis and increased lactate required further treatment in the intensive care unit.

Keywords: explosive injury; assessment of injuries severity; anesthesia