

THE ANALYSIS AND PROSPECTS OF RESUSCITATION USING FRESH WHOLE BLOOD IN MODERN MEDICINE

V. V. Petrushenko, V.V. Chorna, V.V. Kolomiyets, V.M. Lipkan, M.V. Rybinsky,
A.V. Tomashevsky, V.M. Podolian, M.G. Syrota

Pirogov Vinnytsia National Medical University, Vinnytsia, Ukraine

Objective: to conduct a retrospective analysis of scientific sources on the experience of using whole blood in case of massive blood loss in servicemen with injuries and to assess the benefits of administering red blood cell, plasma, platelet components at different degrees of hypovolemic shock due to traumatic injuries during combat operations, to analyze the time of onset of resuscitation from injury at the II and III MES.

Purpose: to study the benefits of administration of red blood cells (RBCs), plasma (fresh frozen plasma (FFP)), platelet (PC) components; in different degrees of hypovolemic shock due to traumatic injuries during hostilities, taking into account the time from injury to the start of blood transfusion according to two surgical hospitals of the second level of MES and one military hospital of the third level.

Methods: the study was conducted on the basis of two surgical hospitals (level II MES) in the hottest combat zone and a military hospital (level III) in January 2024. Blood transfusion analysis was performed at level II - n=100, at level III - n=50 servicemen. A retrospective review of 85 domestic and foreign scientific papers was conducted using PubMed and Google Scholar databases. After reviewing the articles and reading their full texts, 22 sources were selected on the use of WB and CT at different degrees of severity of injury and hemorrhagic shock during military conflicts. The depth of the search was for the period 2014-2024. The study used bibliosemantic, system analysis, and statistical methods.

Results. In all wars and military conflicts, hemorrhagic shock is the main cause of 81.5% of military deaths. At the second MES, in critical bleeding due to combat injuries, 72.5% of red blood cells + plasma components and 27.5% of red blood cells were preferred in servicemen with 43.0% of limb injuries, 28.0% of abdominal injuries, 17.0% of thoraco-abdominal injuries, and 13.0% of pelvic injuries. The degree of hypovolemic shock in patients indicates the seriousness of their condition: 64.0% had grade II shock, 29.0% - grade III, 7.0% - grade IV. At the second stage of medical evacuation, 60.0% of patients received 1-2 doses of transfusion therapy, 17.0% - 3 and 23.0% - more than 4 doses. At the III stage of medical evacuation, preference was given to RBCC+PC - 50.0%; RBCC- 43.0%; platelet components - 7.0% in the amount of 1 dose - 28.0%, 2 doses - 40.0, 3 doses - 22.0% and 4 doses - 10.0. At the third MES, 4.0% of patients received an infusion within the first day, while the largest number of transfusions was performed on the ninth day - 40.0%, on the sixth day - 25.0%, and on the twelfth day - 21.0%. Hyperthermia was reported in 10.0% of patients, acute renal failure (ARF) in 4.0%, and Quincke's edema in another 4.0%.

Conclusions. Time to start infusion: Timely infusion therapy, particularly within 1-2 hours after injury (78.0% of cases), played a key role in achieving positive clinical outcomes.

The study shows that effective infusion therapy in the early stages (II MES) led to a significant reduction in the severity of hypovolemic shock at stage III and minimized the number of complications after resuscitation.

Key words: whole blood, erythrocyte, plasma, platelet components, resuscitation, massive bleeding, traumatic injuries associated with combat operations.

АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РЕСУСТИТАЦІЇ З ЗАСТОСУВАННЯМ СВІЖОЇ ЦІЛЬНОЇ КРОВІ В СУЧАСНІЙ МЕДИЦИНІ

В.В. Петрушенко, В.В. Чорна, В.В. Коломієць, В.М. Липкань, М.В. Рибінський,
В.М. Подолян, А.В. Томашевський, М.Г. Сирота

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

Мета: полягала у вивченні переваги введення еритроцитарних (ЕК), плазмових (плазма свіжезаморожена (ПСЗ)), тромбоцитарних (ТК) компонентів; при різних ступенях гіповолемічного шоку через травматичні ушкодження під час бойових дій з урахуванням часу від поранення до початку переливання крові за даними двох хірургічних госпіталей II рівня ЕМЕ та одного військового госпіталю III рівня.

Методи: дослідження проводили на базі двох хірургічних госпіталів (II рівень ЕМЕ) найгарячішому напрямку бойових дій та військовому госпіталі (III рівень) за січень 2024 р. Аналіз переливання крові проводили на II рівні – n=100, на III рівні n=50 військовослужбовців. Проведено ретроспективний огляд вітчизняних та зарубіжних 85 наукових праць з використанням баз даних PubMed і Google Scholar. Після

проведення огляду статей та ознайомлення з їхніми повними текстами, було відібрано 22 джерела щодо використання ЦК та КТ при різних ступенях тяжкості ураження, геморагічного шоку під час воєнних конфліктів. Глибина пошуку склала за період 2014-2024 рр. У роботі використано бібліосемантичний, системного аналізу, статистичний.

Результати. У всіх війнах та військових конфліктах геморагічний шок є основною причиною 81,5% смертельних випадків військовослужбовців. На II ЕМЕ при критичних кровотечах через бойові травми перевага надавалась у 72,5% еритроцитарним компонентам+плазмовим компонентам і 27,5% еритроцитарним компонентам у військовослужбовців з 43,0% ушкодженнями кінцівок, 28,0% абдомінальними, 17,0% торако-абдомінальними ушкодженнями, 13,0% ушкодженнями тазу. Ступінь гіповолемічного шоку у пацієнтів свідчить про серйозність їхнього стану: 64,0% мали II ступінь шоку, 29,0% – III ступінь, 7,0% - IV ступінь. На II ЕМЕ 60,0% пацієнтів отримали 1-2 дози трансфузівної терапії, 17,0% – 3 і 23,0% більше 4 доз. На III етапі медичної евакуації перевага надавалась ЕК+ПК – 50,0%; ЕК – 43,0%; тромбоцитарним компонентам – 7,0% у об'ємі 1 дози – 28,0%, 2 доз – 40,0, 3 доз – 22,0% і 4 доз – 10,0. На III ЕМЕ 4,0% пацієнтів отримали інфузію в межах першої доби, тоді як найбільша кількість переливань проводилася на дев'яту добу – 40,0%, на шосту добу – 25,0%, і на дванадцятую добу – 21,0%. У 10,0% пацієнтів була зареєстрована гіпертермія, 4,0% – гостра ниркова недостатність (ГНН), і ще у 4,0% – набряк Квінке.

Висновки. Час до початку інфузії: Своєчасна інфузійна терапія, зокрема в 1-2 години після поранення (78,0% випадків), відіграла ключову роль у досягненні позитивних клінічних результатів.

Дослідження показує, що ефективна інфузійна терапія на ранніх етапах (II ЕМЕ) призвела до суттєвого зниження тяжкості гіповолемічного шоку на III етапі та мінімізувала кількість ускладнень після ресуститації.

Ключові слова: цільна кров, еритроцитарні, плазмові, тромбоцитарні компоненти, ресуститація, масові кровотечі, травматичні ушкодження, які пов'язані з бойовими діями.

Вступ. Кровотеча є основною причиною смерті серед травмованих військовослужбовців, якій можна запобігти. Геморагічний шок є основною причиною загибелі 81,5% поранених у всіх війнах та військових конфліктах.

Доктор Robertson L.B. з медичної служби армії Канади для покращення виживання військовослужбовців після травми з масивними кровотечами запропонував переливання крові наближено до лінії фронту, щоб проводити швидко ресуститацію для запобігання важкого геморагічного шоку. Науковець продемонстрував переваги переливання крові і спростував користь ресуститації фізіологічного розчину як один із методів реанімації у військовій медицині під час Другої світової війни [1, 2].

Гемостатична реанімація в даний час вважається стандартом лікування кровотечі, що загрожує життю, але в деяких критичних ситуаціях доступ до великої кількості компонентів крові є проблематичним. Переливання цільної крові (ЦК) було запропоновано як альтернативний спосіб гемостатичної реанімації травматичної великої кровотечі. Військові конфлікти в Іраку та Афганістані відновили необхідність використання ресуститації ЦК при масових кровотечах в медичних госпіталях наближених до бойових дій. Віддаленість від бойових дій як в Ірані, так і в Афганістані до Сполучених Штатів ускладнювала постачання достатньої кількості тромбоцитів через їх відносно короткий термін зберігання порівняно з еритроцитами та плазмою. Зв'язку з чим, військові медики

госпіталів запропонували використовувати свіжу цільну кров з «Walking blood bank». Холодовий ланцюг багатьох госпіталів з низькими ресурсами недостатньо був спроможним забезпечувати зберігання цільної крові в достатньої кількості для військовослужбовців з критичними кровотечами, що призводив до високого ризику смерті від кровотечі та масових втрат військовослужбовців [3, 4].

Сучасна військова доктрина США рекомендувала використання ЦК, яку швидко перевіряли на сумісність групи, резус-фактора, наявність захворювання, які передаються через кров, через виникнення травматичної коагулопатії. За результатами наукових досліджень під час воєнних конфліктів Іраку та Афганістані було перелито понад 10 000 одиниць ЦК. Показники збалансованого переливання у лікарнях США для пацієнтів із травматичними ушкодження становили у 2016 році – 11%, 2019 році – 14,0%, 2020 році – 24,0% та 2021 році – 25,9%. Дані свідчили про перевагу ресуститації ЦК, порівняно з іншими еритроцитарними, тромбоцитарними, плазмовими компонентами надмірного використання кристалоїдів для профілактики ацидозу та гіпотермії [5-7].

Через наслідки повномасштабної війни в Україні потреба в донорській крові стала особливо актуальною через різке зростання кількості військовослужбовців із тяжкими травматичними ушкодженнями. Переливання крові є критично важливим для надання невідкладної допомоги, проведення операцій і стабілізації стану постраждалих. У цих умовах

система донорства має ключове значення для забезпечення медичних установ необхідними ресурсами, що робить проблему особливо нагальною в період війни [8, 9].

Мета: полягала у вивченні переваги введення еритроцитарних (ЕК), плазмових (плазма свіжезаморожена (ПСЗ)), тромбоцитарних (ТК) компонентів; при різних ступенях гіповолемічного шоку через травматичні ушкодження під час бойових дій з урахуванням часу від поранення до початку переливання крові за даними двох хірургічних госпіталей II рівня ЕМЕ та одного військового госпіталю III рівня.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили на базі двох хірургічних госпіталів (II рівень медичного забезпечення) та найгарячішому напрямку бойових дій та військовому госпіталю (III рівень медичного забезпечення) за січень 2024 р. Для аналізу переливання крові вивчали 150 виразків (на II рівні – n=100, на III рівні n=50).

Проведено ретроспективний огляд вітчизняних та зарубіжних 85 наукових праць з використанням баз даних PubMed і Google Scholar. Після проведення огляду статей та ознайомлення з їхніми повними текстами,

було відібрано 22 джерела щодо використання ЦК та КТ при різних ступенях тяжкості ураження, геморагічного шоку під час воєнних конфліктів. Глибина пошуку склала за період 2014-2024 рр. У роботі використано бібліосемантичний, системного аналізу, статистичний.

Результати дослідження та їх обговорення. Проведено аналіз переливання крові під час ресуситації на II етапі медичної евакуації (ЕМЕ), метою якого було оцінити перевагу введення еритроцитарних (ЕК), плазмових (плазма свіжезаморожена (ПСЗ)), тромбоцитарних (ТК) компонентів; при різних ступенях гіповолемічного шоку через травматичних ушкоджень під час бойових дій, час початку переливання крові під час ресуситації від поранення. II ЕМЕ є критично важливим у системі надання медичної допомоги, оскільки він передбачає комплексний підхід до лікування пацієнтів, які зазнали травматичних ушкоджень, і потребують невідкладних медичних втручань. На цьому етапі медичної евакуації перевага надавалась переливанню еритроцитарного компонента+плазмового компонента (ЕК+ПСЗ) – 72,5% і лише еритроцитарного компонента – 27,5% (рис.1).



Рисунок 1. Аналіз доз переливання крові під час ресуситації на II ЕМЕ при різних ступенях гіповолемічного шоку та часу ресуситації від поранення, %

Аналіз характеру бойових ушкоджень виявив, що найбільша частка травм 43,0% припадає на ушкодження кінцівок, що свідчить про їх високу уразливість та ймовірність виникнення значних крововтрат. Абдомінальні ушкодження становлять 28,0%, що є критично важливим, оскільки травми органів черевної порожнини часто асоціюються з важкими внутрішніми кровотечами. Торако-абдомінальні ушкодження складають 17,0%, тоді як ушкодження таза становлять 12,0%. Такий розподіл демонструє складний спектр травм, що вимагає мультидисциплінарного підходу

до лікування та своєчасного виявлення джерел геморагії та швидкого застосування відповідних хірургічних і реанімаційних заходів, що є критично важливим для виживання постраждалих.

Ступінь гіповолемічного шоку у пацієнтів свідчить про серйозність їхнього стану: 64,0% мали II ступінь шоку, 29,0% – III ступінь, 7,0% - IV ступінь. Високий відсоток пацієнтів з II і III ступенем гіповолемічного шоку вказує на те, що більшість з них зазнали істотних крововтрати, що вимагає термінового та адекватного лікування. У 7% пацієнтів встановлено IV ступінь шоку, що

свідчить про важкий ступень геморагічного шоку (декомпенсований).

Час, що минув від моменту поранення до початку переливання крові під час ресуситації є важливим показником, який безпосередньо впливає на прогноз лікування та профілактики смертельних випадків. За результатами дослідження 46,0% пацієнтам проведено переливання крові під час ресуситації протягом першої години, 32,0% – протягом другої години, 18% – протягом третьої години, і лише 4% отримали допомогу через чотири години після травми. Своєчасне переливання цільної крові, КТ є критично важливим для покращення виживаності пацієнтів на II ЕМЕ наближеною до бойових дій.

Аналіз доз переливання крові під час ресуситації вказав на те, що 60,0% пацієнтів отримали 1-2 дози, зокрема 26% отримали 1

дозу, а 34% — 2 дози. Це може свідчити про своєчасну та адекватну медичну інтервенцію, оскільки більшість пацієнтів потребували помірної кількості переливань крові для стабілізації стану. Водночас 17,0% пацієнтів, які отримали 3 і 23,0% більше 4 доз, можуть бути віднесені до групи високого ризику, що вимагає постійного моніторингу та корекції інфузійної терапії в процесі лікування.

Аналіз доз переливання крові під час ресуситації на III рівні ЕМЕ вказував на високу ефективність раннього переливання крові, яке було проведено на II рівні ЕМЕ, що призвело до суттєвого зниження кількості ускладнень у військовослужбовців на III ЕМЕ. На III етапі медичної евакуації перевага надавалась переливанню ЕК+ПСЗ – 50,0%; ЕК – 43,0%; тромбоцитарним компонентам (ТК) – 7,0% (рис.2).

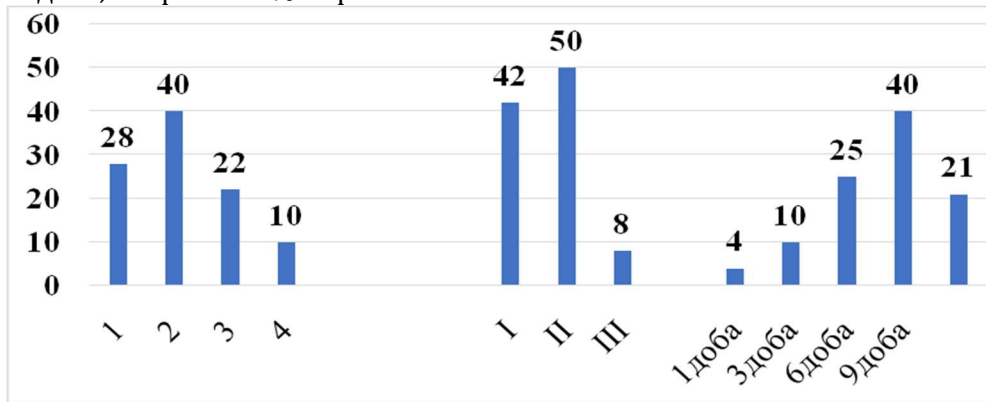


Рисунок 2. Аналіз доз переливання крові під час ресуситації на III ЕМЕ при різних ступенях гіповолемічного шоку та часу початку реанімації від поранення, %

Аналіз доз переливання крові під час ресуситації показав, що 28,0% пацієнтів на III ЕМЕ отримали 1 дозу, 40,0% – 2 дози, 22,0% – 3 дози, і 10,0% – 4 дози через комбінованість травми. Така структура розподілу свідчить про те, що у переважній більшості пацієнтів потреба в масивних переливаннях крові на III ЕМЕ зумовлено своєчасною корекцією крововтрати, яку проводили на II ЕМЕ. Раннє втручання з переливанням ЕК+ПК дозволило досягти гемодинамічної стабілізації, що зменшило ускладнення після трансфузії.

Ступінь гіповолемічного шоку серед пацієнтів на III рівні ЕМЕ розподілився наступним чином: 42,0% – I ступеня, 50,0% – II ступеня і 8,0% – III ступеня шоку.

Особливу увагу було приділено аналізу ускладнень після переливання крові під час ресуситації на III рівні ЕМЕ. У більшості пацієнтів 82,0% ускладнень після трансфузії не спостерігалось. Лише у 10,0% пацієнтів

була зареєстрована гіпертермія, 4,0% – гостра ниркова недостатність (ГНН), і ще у 4,0% – набряк Квінке. Такий низький рівень ускладнень вказує на ефективність проведення вчасного переливання крові під час ресуситації ЕК+ПСЗ на II рівні ЕМЕ, що сприяло стабілізації стану пацієнтів і мінімізувало ризик посттрансфузійних реакцій на III ЕМЕ.

Час, що минув від моменту поранення до початку переливання крові під час ресуситації на III рівні ЕМЕ, значно варіювався. Лише 4,0% пацієнтів отримали інфузію в межах першої доби, тоді як найбільша кількість переливань проводилася на дев'яту добу – 40,0%, на шосту добу – 25,0%, і на дванадцяту добу – 21,0%. Це пояснено тим, що найбільш критичні переливання крові під час ресуситації були здійснені ще на II рівні ЕМЕ, де було здійснено своєчасну реанімаційну допомогу.

Загальні результати дослідження свідчать про те, що завдяки своєчасного та адекватного переливання крові під час ресуситації ЕК+ПСЗ на II рівні ЕМЕ вдалося значно зменшити частоту важких ускладнень на III етапі ЕМЕ, що підтверджує ключову роль раннього гемотрансфузійного втручання у стабілізації гемодинаміки та зниженні ризику розвитку посттрансфузійних реакцій і тяжких наслідків у пацієнтів із бойовими травмами.

У проведеному дослідженні, що охоплювало II і III рівні ЕМЕ було здійснено аналіз переливання компонентів крові для трансфузійної терапії. Основними компонентами, що використовувалися, були еритроцитарні компоненти – 43,0%, що свідчить про пріоритетне завдання – корекцію кисневотранспортної функції у пацієнтів із значними крововтратами. У 50,0% випадків застосовувалася комбінація ЕК+ПСЗ, що вказує на необхідність комплексного підходу до лікування, спрямованого на одночасну корекцію гіповолемії та коагулопатії. ПК містить важливі фактори згортання, що дозволяло ефективно відновлювати гемостатичну функцію крові, знижуючи ризик розвитку дисемінованого внутрішньосудинного згортання (ДВЗ-синдрому) та інших коагуляційних ускладнень, які часто супроводжують масивні травми та крововтрати. ТК використовувались у 7,0% випадків, що

свідчить про контрольований гемостаз та ефективність ранніх етапів лікування.

Таким чином, переважне переливання ЕК та її комбінації ЕК+ПСЗ демонструє ефективність трансфузійної терапії, спрямованої на відновлення кисневотранспортної функції та коагуляційного статусу пацієнтів, що мінімізувало ризик виникнення ускладнень та сприяло стабілізації стану хворих з тяжкою травмою та крововтратою під час бойових дій.

Обговорення. За ретроспективним аналізом встановлено, що склад ЦК суттєво відрізняється від компонентної терапії (КТ), яка включає еритроцити, тромбоцити та свіжозаморожену плазму в співвідношенні 1:1:1. Це порівняння дозволяє глибше зрозуміти функціональні характеристики кожного з варіантів кровозамінних рідин та їх клінічне застосування. Аналіз показав, що ЦК забезпечує комплексні функціональні характеристики, необхідні для підтримки гомеостазу. У порівнянні з цим, КТ, хоч і дозволяє специфічно коригувати дефіцити окремих компонентів, демонструє зниження концентрації критично важливих складових, що може негативно позначатися на ефективності лікування у пацієнтів з геморагічними та іншими патологіями (табл.1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика цільної крові та компонентної терапії

Показник	Цільна кров	Компонентна терапія 1:1:1 (еритроцитарні, тромбоцитарні, плазмові компоненти)
Об'єм (мл)	500	680 = 10Д еритроцитів + 10Д тромбоцитів + 10Д плазма свіжозаморожена
Гематокрит, %	38-50	29
Коефіцієнт згортання (%)	100	65
Кількість тромбоцитів/тисяч	150-400	200·10 ⁹ в 1 дозі тромбоцитів
Фібриноген/мг	1500	70 МО для плазми
Вміст антикоагулянтів/мл	63	205
Температура °С	+37	+2 +6 / +20,+24 / -25°С
Термін/ умови зберігання	21-35 днів/ при 2-6 °С	-еритроцитарні компоненти - при 2-6°С термін зберігання 35 днів (з розчином CPDA-1) або 42 доби (з розчином SAGM) -плазмові компоненти при -18 °С термін зберігання 3 міс -плазмові компоненти при -25 °С термін зберігання 3 роки -тромбоцитарні компоненти при 20-24 °С термін зберігання 5 днів, циркуляція у крові 14 днів

Результати аналізу підкреслюють важливість стратегічного підходу до вибору між використанням ЦК та КТ, беручи до уваги індивідуальні клінічні потреби пацієнта та

ризиків, пов'язаних з трансфузійними процедурами.

Інтенсивна терапія (ІТ) є ключовим елементом у лікуванні пацієнтів з тяжкими травмами та геморагічним шоком. Вибір

трансфузійних рідин має вирішальне значення для стабілізації пацієнта та покращення клінічних результатів.

У цьому дослідженні ми проаналізували ефективність різних трансфузійних рідин – кристалоїдних і колоїдних розчинів, ЕК, ТК, ПСЗ та ЦК – за кількома ключовими цілями інтенсивної терапії. Основна увага приділяється їхній здатності підвищувати

тромбоутворення, відновлювати внутрішньосудинний об'єм, оптимізувати транспортування кисню та коригувати електролітний баланс, мінімізувати побічні ефекти. Наш аналіз дозволяє сформувати більш обґрунтовані рекомендації для клінічної практики сьогодення у сфері трансфузійної сучасної медицини (табл.2).

Таблиця 2

Порівняльний аналіз цілей інтенсивної терапії в контексті різних трансфузійних рідин

Ціль	Кристал оїдні р-ни	Колоїдні р-ни	ПСЗ	Еритроц . маса	Цільна кров
1. Підвищення здатності організму утворювати тромби у місцях активної кровотечі	-	-	+	-	+
2. Мінімізація несприятливих наслідків (набряки та розведення факторів згортання крові) внаслідок ятрогенного пошкодження від інтенсивної терапії	-	+	+	+	+
3. Відновлення адекватного внутрішньосудинного об'єму та перфузії органу після остаточної хірургічної зупинки кровотечі	-	+	+	+	+
4. Оптимізація можливості транспортування кисню до органів і тканин	-	-	-	+	+
5. Корекція електролітного балансу та кислотно-лужного стану	+	+	+	-	+

За даними нашого дослідження проведено аналіз переваг та недоліків використання ЦК.

Переваги:

1. Ефективність у корекції коагулопатії та шоку: У нашому дослідженні було встановлено, що ЕК, ПСЗ, ТК демонструє високу ефективність у лікуванні коагулопатій та шоківих станів, забезпечуючи швидкий і значущий терапевтичний ефект.

2. Мінімізація негативних наслідків: Використання ЕК, ПСЗ, ТК знижує ризик небажаних ефектів, пов'язаних із трансфузією еритроцитів тривалого терміну зберігання. Це важливо для підтримки стабільного стану пацієнта і запобігання ускладненням.

3. Фізіологічне співвідношення формених елементів: ЕК, ПСЗ, ТК забезпечує пацієнтів всіма форменими елементами в оптимальному фізіологічному співвідношенні, що дозволяє ефективно відшкодувати втрати під час кровотечі.

4. Комплексний склад: Дослідження показало, що ЕК, ПСЗ, ТК постачає всі необхідні елементи крові в одному продукті, для зберігання якого необхідні лише охолоджені умови, що є перевагою для використання в бойових умовах або надзвичайних ситуацій.

5. Покращення серцевого викиду та мікроциркуляції: Трансфузія ЕК, ПСЗ, ТК може підвищити серцевий викид, покращити

мікроциркуляцію та засвоєння кисню, що є критично важливим для пацієнтів у тяжких станах.

6. Висока концентрація факторів згортання: ЦК містить вищу концентрацію факторів згортання порівняно з компонентною терапією в співвідношенні 1:1:1 (ЕК : ПСЗ : ТК), що забезпечує більш ефективне згортання крові та зниження ризику продовження кровотечі.

7. Ефективність у лікуванні гострої травматичної коагулопатії: Трансфузія ЦК може більш ефективно коригувати цей стан у пацієнтів завдяки покращеній функції та концентрації тромбоцитів і плазми.

Недоліки:

1. Необхідність тестування безпеки: Проведення тестів на безпечність може подовжити час, необхідний для початку трансфузії.

2. Ризик реакції "трансплантат проти хазяїна": Було відзначено підвищений ризик виникнення реакцій "трансплантат проти хазяїна", що потребує особливої уваги під час трансфузій.

Таким чином, дослідження підтверджує, що ЦК є важливим інструментом в інтенсивній терапії, але її використання вимагає ретельної оцінки переваг і ризиків.

За даними науковців трансфузія цільної крові групи О резус-негативної з низьким титром аглютининів показала позитивну перевагу у військовослужбовців з геморагічним шоком II і III ступені через травматичні ушкодження, які пов'язані з бойовими діями. Геморагічний шок може бути компенсований та некомпенсований і різною ступеню важкості, як від легкого, такі до важкого ступеня, який впливає на дозу введення ресуситації. За результатами дослідження науковців у семи госпіталях США пацієнтам з геморагічним шоком різною ступеню важкості, яким проводили ресуситацію як ЦК, так і КТ (ЕК, ПСЗ) показало покращення 30-денного виживання саме ведення ЦК. Переливання ЦК є перспективною із збалансованою стратегією трансфузії протягом раннього реанімаційного періоду пацієнтів із травмами і покращує результати зменшення смертельних випадків [10].

Медичні госпіталі США, які знаходились поблизу бойових дій, були забезпечені достатньо ЦК для швидкої ресуситації військовослужбовців з геморагічним шоком важкого ступеню. У 2016 року Міністерство оборони США запропонувала програму переливання цільної крові О групи резус-негативну з низьким титром аглютиніна [11, 12].

Впровадження концепції **Damage control resuscitation (DCR)** у практику військової медицини дозволило значно поліпшити наслідки лікування поранених із політравмою та масивною крововтратою. Основним принципом DCR є відновлення гомеостазу, запобігання або пом'якшення розвитку тканинної гіпоксії, шоку, а також коагулопатії. Це означає запобігання «кров'яної недостатності», зокрема, з метою відновлення функціональних можливостей крові (покращення доставки кисню та перфузії тканин, зменшення ацидозу, запобігання фібринолізу, зменшення коагулопатії, захист ендотелію та зменшення дисфункції тромбоцитів). Найкраще це досягається за допомогою агресивної зупинки кровотечі та реанімації з використанням препаратів крові, яка відновлює оксигенацію тканин, дозволяє уникнути розведення тромбоцитів і коагуляційних факторів, а також відновлює втрачений гемостатичний потенціал. DCR є найбільш ефективною, коли реанімація заміщує втрачену кров ЦК, яка в ідеалі переливається у вигляді одиниць цільної крові (ОЦК), або компонентами препаратів крові, що переливаються у співвідношенні, наближеному до цільної крові [13, 14].

Досвід у всьому світі де є воєнні конфлікти відновив інтерес до переливання ЦК пацієнтам із

кровотечею, яка загрожує життю. Постійний аналіз Міністерства оборони США вказує на те, що переливання ЦК пов'язане з покращеною або подібною виживаністю пацієнтів з травматичними ушкодженнями, які пов'язані з масивними кровотечами порівняно з ресуситацією компонентів крові. Наукові дані доповнюють рандомізовані контрольовані дослідження, які показують, що продукти крові, що містять тромбоцити, які зберігаються при температурі +4°C, мають кращу гемостатичну функцію, засновану на зменшенні кровотечі та покращених функціональних показниках гемостазу, порівняно з продуктами крові.

Стрілянина в мирний час в США на сьогодні продовжує спонукати до масових жертв та потреби у переливанні крові, причому масивні кровотечі залишаються основною причиною геморагічного шоку важкої ступені та смертельних випадків при травмах. Реальність численних масових розстрілів у США призвела до потреби швидкої ресуситації ЦК та її компонентів під час цих подій [15].

Масові нещасні випадки в США продовжують зростати. В порівнянні 2019/2022 рр. масові стрілянини зросли на 25%. Станом на 2024 рік, країна зафіксувала понад 400 масових стрілянин, що на 38% менше, ніж у 2023 році, коли було зареєстровано близько 646 випадків. Враховуючи тенденції попередніх років, загальна кількість жертв постійно зростає в порівнянні з 2019/2023 рр. Критичні кровотечі через вогнепальні травми є головною причиною смерті, якій можна запобігти. Потреба в швидкому доступі до життєво необхідної ЦК та її компонентів є важливою для запобігання смертельних випадків внаслідок критичних кровотеч. Добре відомо, що більшість великих міст США недостатньо готові до таких викликів і до виконання вимог щодо переливання крові при виникненні масових нещасних випадків від вогнепальних поранень [16].

Геморагічний шок залишається основною причиною смерті як в мирний час, так і під час бойових дій, якій можна було б запобігти, незважаючи на значні досягнення в лікуванні травм. За даними науковців показано, що ранній початок збалансованої реанімації знижує смертельні випадки у пацієнтів із критичною кровотечею. Для усунення обмеження на переливання в небезпечних умовах або у випадку множинних втрат, принципи «walking blood bank» з великим успіхом використовувалися в країнах, в яких є військові конфлікти, як і в Україні, Ізраїлі [17].

Медичні сили армії оборони Ізраїлю з 2018 року запровадив використання ЦК групи O резус-негативної з низьким титром аглютининів як першокласної реанімаційної рідини в бойовому пошуково-рятувальному підрозділі при повітряній евакуації як військових, так і цивільних поранених пацієнтів з геморагічним шоком і при систолічному артеріальному тиску <90 мм рт. [18].

Реанімація з дистанційним контролем пошкоджень спрямована на застосування принципів реанімації з контролем пошкоджень на догоспітальному етапі, наголошуючи на ранньому контролі критичної кровотечі, реанімації збалансованим об'ємом, а також запобіганні або корекції коагулопатії, ацидозу, гіпотермії та гіпокальціємії [19].

Військові та догоспітальні медичні організації Ізраїлю вкладають значні ресурси для

вдосконалення лікування пацієнтів із травмами з метою зниження літальних випадків, якій можна запобігти. Основна увага зосереджена на контролі кровотечі та реанімації за допомогою компонентів крові, із застосуванням рекомендацій щодо дистанційної реанімації з контролем ушкоджень. Медичні сили армії оборони Ізраїлю уже більше десяти років використовує транексамову кислоту та ліофілізовану плазму як частину свого протоколу дистанційної реанімації з контролем ушкоджень. Ліофілізована плазма, є важливим медичним продуктом для лікування травм та контролю кровотеч, особливо в екстрених ситуаціях в Ізраїлі. Вона отримується шляхом видалення води з рідкої плазми, що дозволяє зберігати її при кімнатній температурі та швидко реорганізувати при необхідності (табл.3).

Таблиця 3

Порівняльна характеристика ліофілізованої плазми та транексамової кислоти

Критерій	Ліофілізована плазма	Транексамова кислота
Тип продукту	Гемотерапевтичний продукт (ліофілізована плазма)	Лікарський препарат (антифібринолітик)
Механізм дії	Збагачена факторами згортання, що підтримують гемостаз	Інгібує активність плазміногену, запобігаючи розчиненню тромбів, шляхом блокування плазміну, що призводить до збереження тромбоцитів та фібрину
Склад	Містить коагуляційні фактори, такі як фібриноген, фактори II, VII, VIII, IX та X, альбумін, антитіла та електроліти	Активна речовина – транексамова кислота, синтетичний аналог амінокапронової кислоти, що блокує фібриноліз
Показання для використання	Використовується в екстрених випадках для лікування пацієнтів з великими втратами крові, у хірургії, травматології та в акушерстві при затяжних кровотечах	Показана для профілактики та лікування кровотеч при травмах, хірургічних втручаннях, менорагіях та інших станах, пов'язаних із підвищеним ризиком кровотеч
Спосіб введення	Внутрішньовенно після відновлення в рідкий стан; використовують у критичних ситуаціях	Внутрішньовенно або перорально, залежно від клінічної ситуації
Час відновлення	Відновлюється за кілька хвилин до рідкого стану шляхом додавання фізіологічного розчину або води для ін'єкцій	Транексамова кислота швидко всмоктується, з піком концентрації в плазмі приблизно через 1-2 години після введення
Терміни зберігання	Може зберігатися до 24 місяців при температурі -20 °C до -80 °C, що спрощує транспортування та зберігання	Залежно від форми; таблетки можуть зберігатися до 24 місяців, розчин для ін'єкцій – 2-8°C
Безпека	Ризик передачі інфекційних агентів мінімальний завдяки строгим стандартам обробки донорської крові; можливість реакцій на трансфузію	Вважається безпечним, але може спричинити побічні ефекти, такі як нудота, діарея та головний біль
Переваги	Забезпечує миттєве відновлення гемостазу, підвищує виживаність пацієнтів з масивною кровотечею; ефективна в екстремальних умовах	Знижує потребу в переливанні крові, може бути використана в амбулаторних умовах
Недоліки	Необхідність дотримання умов зберігання, ризик серйозних реакцій на трансфузію; обмежена доступність в деяких регіонах	Може бути менш ефективною при тяжких геморагічних станах, якщо коагуляція вже порушена

В останні роки цільну кров групи О резус-негативної з низьким титром аглютининів було інтегровано в евакуаційні вертольоти армії оборони Ізраїлю і розширено до мобільних машин швидкої допомоги, доповнюючи використання ліофілізованої плазми для лікування пацієнтів із травмами у стані глибокого шоку [20].

Використання ЕК для лікування анемії, ПСЗ для заміни втрачених або витрачених факторів згортання крові, ТК при тромбоцитопенії та тромбоцитопатіях, а також кріопреципінату (Кріо) при гіперфібриногенемії. ЦК містить усі ці елементи в меншому об'ємі антикоагулянту і, таким чином, забезпечує більш концентрований продукт для лікування пацієнтів із кровотечею, яким потрібно замінити всі елементи крові.

Переливання ЦК може бути ефективнішим, ніж компонентна терапія у військових із критичними кровотечами.

Висновки

1. Загально визнані терапевтичні переваги цільної крові просунули цю терапію далеко вперед у догоспітальному лікуванні як у США, Ізраїлю, так і актуально сьогодні під час російсько-української війни на II та III ЕМЕ.

2. Ефективність інфузійної терапії: на II ЕМЕ 60,0% військовослужбовців отримували від 1-2 дози крові – що забезпечило стабілізацію стану 64,0% пацієнтів із II ступенем гіповолемічного шоку без розвитку ускладнень.

3. Зниження тяжкості шоку: на III ЕМЕ спостерігалось зниження тяжкості шоку, де 92,0% пацієнтів мали I-II ступінь шоку.

4. Мінімізація ускладнень: Кількість ускладнень після трансфузій була невеликою - 18%: гіпертемія – 10,0%, ГНН – 4,0%, набряк

Shivhare A. (2019) в своїх дослідженнях відмітив зниження здатності до деформації еритроцитів, зміну адгезивності та агрегації еритроцитів, а також зниження 2,3-дифосфогліцерату та АТФ при зберіганні і переливанні еритроцитів в КТ. Біоактивні сполуки з протизапальною дією також накопичуються в середовищі зберігання і знижують посттрансфузійну життєздатність еритроцитів [21]. У дослідженнях Hazelton J.P. (2022) встановлено, що під час початкової реанімації у пацієнтів з травмами, які отримували 73% одну дозу – ЦК проти 27%, мали на 9% менше шансів отримати ускладнення, пов'язані з кровотечею, і мали на 48% менше шансів померти, ніж ті, хто отримував тільки КТ. Збалансована реанімація з рівним співвідношенням одиниць ЕК, ПСЗ, ТК призводить до кращих результатів при масивній реанімації та запобігає гострої травматичної коагулопатії при DCR [22].

Квінке – 4,0%, що свідчить про адекватний підбір, ефективний моніторинг стану пацієнтів та вчасну ресусцитацію.

5. Час до початку інфузії: Своєчасна інфузійна терапія, зокрема в 1-2 години після поранення (78,0% випадків), відіграла ключову роль у досягненні позитивних клінічних результатів.

6. Дослідження показує, що ефективна інфузійна терапія на ранніх етапах (II ЕМЕ) призвела до суттєвого зниження тяжкості гіповолемічного шоку на III етапі та мінімізувала кількість ускладнень після ресусцитації.

Перспективи подальших досліджень.

Планується продовжити дослідження у даному напрямку.

References

1. Tien, A. Beckett, A., Pannell, D. (2017). The University of Toronto's lasting contribution to war surgery: how Maj. L. Bruce Robertson fundamentally transformed thinking toward blood transfusion during the First World War. *Can J Surg.* 60(3):152-154. doi: 10.1503/cjs.006317

2. Malkin, M., Nevo, A., Brundage, S.I., Schreiber M. (2021). Effectiveness and safety of whole blood compared to balanced blood components in resuscitation of hemorrhaging trauma patients - A systematic review. *Injury.* 52(2):182-188. doi: 10.1016/j.injury.2020.10.095.

3. Cruciani, M., Franchini, M., Mengoli, C., Marano, G. et al. (2021) The use of whole blood in traumatic bleeding:

a systematic review. *Intern Emerg Med.* 16(1):209-220. doi: 10.1007/s11739-020-02491-0.

4. Van der Horst, R.A., Rijnhout, T.W., Noorman, F. et al. (2023). Whole blood transfusion in the treatment of acute hemorrhage, a systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* 95(2):256-266. doi: 10.1097/TA.0000000000004000

5. Noorman, F., van Dongen, T.T., Plat, M.J., Badloe, J.F., Hess, J.R., Hoencamp, R. (2016). Transfusion: -80°C Frozen Blood Products Are Safe and Effective in Military Casualty Care. *PLoS One.* 11(12):e0168401. doi: 10.1371/journal.pone.0168401

6. Nasca, B., Reddy, S., Furmanchuk, A., Lundberg, A. et al. (2024). Hospital variation in adoption of

balanced transfusion practices among injured patients requiring blood transfusions. *Surgery*. 176(4):1273-1280. doi: 10.1016/j.surg.2024.06.037

7. Order of the Ministry of Health of Ukraine of 02.05.2023 № z1108-23 "Procedure for Maintaining the Safety and Quality of Donor Blood and Blood Components". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1108-23#Text> [in Ukrainian].

8. Chorna V.V. Analysis of the structure of combat trauma during the ATO/JFO and full-scale war, rights, guarantees of protection and provision of auxiliary means of rehabilitation for persons with disabilities in Ukraine. Medicine and psychology: modern problems, new technologies and ways of developing outdated theories : collective monograph / International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2024. C. 103-117. DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.MED.1.6.1 [in Ukrainian].

9. Features of injuries from different types of weapons, location of the person at the time of the explosion. (2024). Chorna VV, Zavodyak AY, Plahotniuk IM [et al.] / *Ukraine. Health of the nation*. 2 (76). C. 113-121. DOI <https://doi.org/10.32782/2077-6594/2024.2/19/> [in Ukrainian].

10. Lammers, D., Hu, P., Rokayak, O., Baird, E.W. et al. (2024). Preferential whole blood transfusion during the early resuscitation period is associated with decreased mortality and transfusion requirements in traumatically injured patients. *Trauma Surg Acute Care Open*. 9(1):e001358. doi: 10.1136/tsaco-2023-001358.

11. Program. USL: <https://www.health.mil/Military-Health-Topics/Health-Readiness/ASBP>

12. Gallaher, J.R., Dixon, A., Cockcroft, A., et al. (2020). Large volume transfusion with whole blood is safe compared with component therapy. *J Trauma Acute Care Surg*. 89(1):238-245. doi: 10.1097/TA.0000000000002687

13. Almog, O., Benov, A., Beer, Z., Sirotkin, T., Shental, O., Glassberg, E. (2024). Deploying whole blood to the battlefield-The Israel Defense Forces Medical Corps initial experience during the 2023 war. *Transfusion*. 64 Suppl 2:S14-S18. doi: 10.1111/trf.17718.

14. Duchesne, J.C., Pereira, B.M., Fraga, G.P. (2014). Damage Control Resuscitation. *Trauma Surgery*. 27-42. doi: 10.1007/978-88-470-5403-5_3.

15. Brigmon, E.P., Cirone, J., Harrell, K., Greebon, L. et al. (2024). Walking blood bank: a plan to ensure self-sufficiency in an era of blood shortage. *Trauma Surg Acute Care Open*. 9(Suppl 1):e001151. doi: 10.1136/tsaco-2023-001151

16. Harrell, K., Cirone, J., Hill, A., Johnson, A., McClary, C. et al. (2024). Emergency preparedness for mass casualty events: South Texas commentary on the development of a statewide emergency response system. *Trauma Surg Acute Care Open*. 9(Suppl 1):e001150. doi: 10.1136/tsaco-2023-001150

17. Braverman, M.A., Smith, A., Shahan, C.P., Axtman, B. et al. (2020). From battlefield to homefront: creation of a civilian walking blood bank. *Transfusion*. 60 Suppl 3:S167-S172. doi: 10.1111/trf.15694.

18. Levin, D., Zur, M., Shinar, E., Moshe, T. et al (2021). Low-Titer Group O Whole-Blood Resuscitation in the Prehospital Setting in Israel: Review of the First 2.5 Years' Experience. *Transfus Med Hemother*. 48(6):342-349. doi: 10.1159/000519623

19. Talmy, T., Mitchnik, I.Y., Malkin, M., Avital, G., Benov, A. et al. (2023). Adopting a culture of remote damage control resuscitation in the military: Insights from the Israel defense forces decade of experience. *Transfusion*. 63 Suppl 3:S83-S95. doi: 10.1111/trf.17357.

20. Almog, O., Benov, A., Beer, Z., Sirotkin, T., Shental, O., Glassberg, E. (2024). Deploying whole blood to the battlefield-The Israel Defense Forces Medical Corps initial experience during the 2023 war. *Transfusion*. 64 Suppl 2:S14-S18. doi: 10.1111/trf.17718.

21. Shivhare, A., Shastry, S., Murugesan, M., Doshi, K.A., Baliga, B.P. (2019). Impact of stored red cells on clinical outcome in critically ill. *Asian J Transfus Sci*. 13(1):17-22. doi: 10.4103/ajts.AJTS_76_18.

22. Hazelton, J.P., Ssentongo, A.E., Oh, J.S., Ssentongo, P., Seamon, M. J., Porter, J.M. (2022). Use of Cold-Stored Whole Blood is Associated With Improved Mortality in Hemostatic Resuscitation of Major Bleeding: A Multicenter Study. *Ann Surg*. 276(4):579-588. doi: 10.1097/SLA.0000000000005603.

Конфлікт інтересів відсутній.

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

Відомості про авторів:

Петрушенко В. В. ^{A,B,C,D,E,F} – д.мед.н., професор, ректор, кафедра ендоскопічної та серцево-судинної хірургії, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, E-mail: rector_vnmu@vnmu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9255-403X>

Чорна В.В. ^{A,B,C,D,E,F} – доктор.мед.наук, доцент кафедри медицини катастроф та військової медицини Вінницького національного медичного університету імені М.І.Пирогова, капітан медичної служби запасу Україна, м.Вінниця, Україна. E-mail: valentina.chorna65@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9525-0613>

Коломієць В.В. ^{A,D,C} - студентка, Вінницького національного медичного університету імені М.І.Пирогова, м. Вінниця, Україна. E-mail: vika1915qw@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-2991-6241>

Липкань В.М. ^{B,F} - аспірант кафедри ендоскопічної та серцево-судинної хірургії, Вінницького національного медичного університету імені М.І.Пирогова, м.Вінниця, Україна. Судинний хірург — I

категорії. Майор медичної служби. Начальник відділення лікарняного банку крові Військово-медичного клінічного центру Центрального регіону. E-mail: Lypkanvasya@gmail.com ; <https://orcid.org/0009-0007-9662-609X>

Рибінський М.В.^{C,E} - доцент кафедри травматології та ортопедії Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова, м. Вінниця. E-mail: restful88@gmail.com <https://orcid.org/0009-0002-1617-8332>

Подольян В.М.^{A,E,F} - доцент, канд.мед.наук, доцент кафедри організації медичного забезпечення української військово-медичної академії, підполковник медичної служби запасу. м.Київ, Україна. E-mail: v.podolyanvin@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-1130-4400>

Томашевський А.В.^{E,F} - доцент, кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургії медичного факультету №2, Вінницького національного медичного університету ім. М.І.Пирогова, м. Вінниця, Україна. e-mail: tolik196901@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-8519-0488>

Сирота М.Г.^{A,E,F} - студентка, Вінницького національного медичного університету імені М.І.Пирогова, м. Вінниця, Україна. E-mail: mariasurota@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-9501-9228>

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:

Petrushenko V. V.^{A,B,C,D,E,F} – DM, Prof., Rector, Department of Endoscopic and Cardiovascular Surgery, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, E-mail: rector_vnmu@vnmu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9255-403X>.

Chorna V.V.^{A,B,C,D,E,F} - Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Disaster Medicine and Military Medicine, National Pirogov Medical University Vinnytsya, Captain of the Reserve Medical Service. Vinnytsya, Ukraine. E-mail: valentina.chorna65@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9525-0613>,

Kolomiets V. V.^{A,D,C} – student of Medicine National Pirogov Medical University Vinnytsya, Vinnytsya, Ukraine. Email: yika1915qw@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-2991-6241>

Lipkan V.M.^{B,F} - postgraduate student at the Department of Endoscopic and Cardiovascular Surgery, Pirogov Vinnytsia National Medical University, Vinnytsya, Ukraine. Vascular surgeon of the first category. Major of the medical service. Head of the hospital blood bank department of the Military Medical Clinical Center of the Central Region. Lypkanvasya@gmail.com <https://orcid.org/0009-0007-9662-609X>

Rybinskyi M.V.^{C,E} - docent at the Department of Traumatology and Orthopaedics of National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Ukraine. E-mail: restful88@gmail.com <https://orcid.org/0009-0002-1617-8332>

Podolian V. M.^{A,E,F} - Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Lecturer of the Department of Medical Support of the Ukrainian Military Medical Academy, Lieutenant Colonel of the Reserve Medical Service. Kyiv, Ukraine. E-mail: v.podolyanvin@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-1130-4400>

Tomashevskiy A. V.^{E,F} - candidate of Medical Sciences, associate professor in the Department of Surgery of Medicine faculty №2, Medicine National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Ukraine. e-mail: tolik196901@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-8519-0488>, Scopus Autor ID:57218174713

Syrota Mariia^{A,E,F} - student of Medicine National Pirogov Medical University Vinnytsya, Captain of the Reserve Medical Service. Vinnytsya, Ukraine. E-mail: mariasurota@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-9501-9228>

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: вул. Пирогова, Вінниця, Україна, 5621018

