

DOI: 10.26693/jmbs07.03.043

УДК 616-005.1-085+616-036.1

Ярошенко Р. А., Панасенко С. І.,

Чорна І. О., Лігоненко О. В.

ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ КРОВОВТРАТИ

Полтавський державний медичний університет,
Полтава, Україна

Достовірне визначення об'єму крововтрати дуже важливе для клінічної практики та відіграє вирішальну роль при визначенні анестезіологічної, трансфузійної тактики і ведення післяопераційного періоду хворого в цілому. В експериментальній і військово-польовій хірургії з цією метою історично і до теперішнього використовують велику кількість різних методів, які розглянуті в огляді наукових джерел.

Мета дослідження. Розглянути і проаналізувати ефективність існуючих методів визначення крововтрати.

Матеріал та методи. У дослідженні використано аналітичний та бібліосемантичний методи. Пошук наукової інформації щодо інтересуючої наукової медичної інформації проводився з використанням баз даних PubMed та Web of Science.

Результати. Існуючі методи визначення об'єму крововтрати розділяють на прямі та непрямі. Прямі методи поділяються на: колориметричні, вагові, об'ємні. Колориметричні методи дають можливість вимірювання в реальному часі та мають високий ступінь кореляції. Вагові методи: гравіметричний метод, а також об'ємні методи (пряме вимірювання об'єму втраченої крові).

Непрямі методи представлені такими групами: клінічні; лабораторні; апаратні; променеві (ізотоп йоду ^{131}I ізотоп хрому Cr-хлорид хрому $\text{Cr}^{51}\text{Cl}_3$; метод флюорометрії плазми; радіонуклідний спосіб дослідження об'єму циркулюючої крові (ОЦК)); математичні (розрахункові); індикаторні (за допомогою синього Еванса (синя азофарба T-1824), метод розведення індоціановим зеленим, розчин декстрину, поліглюкіну).

Висновки. На сьогодні немає швидкого досить точного та дешевого методу визначення величини ОЦК, незважаючи на ріст технічної оснащеності медицини. Життєво необхідно для практичної медицини мати точний, швидкий, дешевий та доступний метод визначення величини крововтрати, що дозволить вчасно і точно розрахувати об'єм та якість замісної терапії при крововтраті. При наданні допомоги у зонах масового травматизму та в ургентній хірургії сучасна медицина гостро потребує специфічної системи для об'єктивної оцінки тяжкості стану постраждалих із крововтратою, що задовольнить високі вимоги практичної охорони здоров'я.

Ключові слова: крововтрата, методи визначення ОЦК, величина крововтрати.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконане в рамках НДР «Розробка сучасних науково обґрунтованих принципів стратифікації, моніторингу і прогнозування перебігу хірургічних захворювань та травм», № держ. реєстрації 0120U101176.

Вступ. Крововтрата - це певна кількість крові, що вийшла за межі судинного русла внаслідок кровотечі при порушенні цілісності судинної стінки (серця) або порушенні загортальної здатності крові, яка характеризується розвитком складного комплексу патофізіологічних адаптаційних процесів направлених на ліквідацію виникаючого дефіциту об'єму циркулюючої крові (ОЦК).

Найбільша небезпека крововтрати пов'язана з розвитком геморагічного шоку (ГШ). Тяжкість ГШ визначається інтенсивністю і тривалістю кровотечі, ступенем дефіциту ОЦК та часовими характеристиками його тривалості. Клініко-тактичні питання кровотечі, стосуються в першу чергу хірургів, і полягають у з'ясуванні причини, локалізації джерела та її ліквідації. В клінічну практику впроваджено масу ефективних методів і способів ліквідації кровотечі. На відміну від кровотечі, клініко-тактичні питання крововтрати (дефіциту ОЦК) відносяться до категорії міждисциплінарних, що стосуються як хірургів, так і лікарів інтенсивної терапії (анестезіологів, лікарів невідкладних станів). Більшість клінічних питань визначення об'єму крововтрати та ефективних методів її ліквідації залишаються відкритими і дискусійними, а тому їх слід вважати пріоритетними для невідкладної хірургії мирного і воєнного часу. Достовірне визначення об'єму крововтрати дуже важливе для клінічної практики та відіграють вирішальну роль при визначенні анестезіологічної, трансфузійної тактики і ведення післяопераційного періоду в цілому [1, 2].

Визначення величини крововтрати в невідкладних ситуаціях являє собою певні труднощі, оскільки немає достатнього інформативного і швидкого методу для її точного вимірювання, і лікарю доводиться керуватися сукупністю клінічних ознак і даних лабораторних досліджень. В експериментальній і військово-польовій хірургії з цією метою використовують чотири групи методів:

1. За локалізацією травми і показником обсягів пошкоджених тканин. 2. За оцінюванням гемодинамічних показників шокowego індексу, рівня систолічного артеріального тиску. 3. За оцінюванням концентраційних показників крові (гематокриту, гемоглобіну). 4. За зміною ОЦК [3].

Але в цілому існуючі методи визначення об'єму крововтрати розділяють на прямі та непрямі [4].

Прямі методи поділяються на: колориметричні, вагові, об'ємні. Цими методами часто оцінюють об'єм крововтрати в інтраопераційному періоді [5, 6].

Непрямі методи представлені такими групами: клінічні; лабораторні; апаратні; променеві; математичні (розрахункові); індикаторні [1, 3, 4, 7, 8, 9, 10].

Мета дослідження – розглянути і проаналізувати ефективність існуючих методів визначення крововтрати. У дослідженні використано бібліосемантичний та аналітичний методи.

Матеріал та методи дослідження. У дослідженні використано аналітичний та бібліосемантичний методи. Пошук наукової інформації щодо інтересуючої наукової медичної інформації проводився з використанням баз даних PubMed та Web of Science.

Результати дослідження та їх обговорення.

Розглянемо **прямі методи** визначення крововтрати:

Колориметричні методи. Колориметричний метод заснований на вилученні крові з операційного матеріалу з наступним визначенням концентрації складових частин крові і перерахунком на обсяг крові, що вилілась [11].

Для визначення об'єму крововтрати в ургентній хірургії досить відомий метод (проба) визначення відносної щільності крові і плазми, запропонований Філіпсом в 1945 році [12, 13], з використанням розчину сульфату міді з відносною щільністю від 1,034 до 1,075. Він заснований на здатності протеїнату міді утворювати оболонку навколо краплі крові або плазми, яка зберігає свою відносну щільність протягом 10-15 секунд. Краплю цитратної крові, взятої з вени, опускають з висоти 1 см в пробірку в розчин мідного купоросу. Якщо щільність крові нижче щільності даного розчину, то крапля відразу ж спливає, а якщо вище – крапля тоне. Дослідження проводять до тих пір, поки крапля залишається підваженою в рідині протягом 3-4 секунд, що вказує на відповідність їх щільності [4, 14].

Г. А. Барашков в 1956 році модифікував метод Філіпса, додавши дані гематокриту. По таблиці можна визначити відносну крововтрату [3, 4, 15] (табл. 1).

Таблиця 1 – Визначення крововтрати за щільністю крові і гематокриту за Г. А. Барашковим

Щільність крові, кг/мл	Гематокрит	Об'єм крововтрати, мл
1057-1054	44-40	До 500
1053-1050	38-32	1000
1049-1044	30-22	1500
Менше 1044	Менше 22	Більше 1500

Колориметричні методи дають можливість вимірювання в реальному часі та мають високий ступінь кореляції [16]. До недоліків колориметричного методу слід віднести труднощі вилучення всього обсягу крові з марлевих тампонів і серветок, потреба в стандартних розчинах гемоглобіну і калібрувальних кривих.

Інтраопераційно часто використовують вагові методи. Так **гравіметричний метод** – зважування забрудненого кров'ю операційного матеріалу є добре відомим методом визначення крововтрати. Однією з головних умов забезпечення валідності результату буде точне визначення ваги сухої (не забрудненої кров'ю) білизни (серветок, простирал) для наступних розрахунків. Це, в свою чергу, потребує стандартизації ваги вологовбираючого матеріалу під час його виготовлення. Якщо вага сухих серветок буде різною, це може негативно вплинути на точність вимірів. Як і для прямого вимірювання, потрапляння додаткової рідини (сеча, гній, каловий вміст тощо) може істотно знижувати точність гравіметричного методу. Крім того, зважування просоченої кров'ю білизни слід проводити якомога швидше оскільки випаровування рідини може занижувати результат. Метод зважування операційного матеріалу досить простий. Об'єму крововтрати визначається за різницею ваги сухих і змочених кров'ю з урахуванням того, що 1 мл крові важить близько 1 г. Враховуючи суттєві недоліки (до уваги береться випаровування плазми при високій температурі в операційній і т.д.), це змушує хірургів збільшувати отримане число на 25-30% [11].

Таким чином, гравіметричний метод може бути точним за певних умов, але потребує часу для виконання та навчання персоналу [16].

Історично найпершими методами визначення крововтрати вважаються **об'ємні**, тобто пряме вимірювання об'єму. Метод потребує наявності контейнера для збирання крові та градуйованого посуду для вимірювання об'єму. Це супроводжується певними технічними складнощами під час збирання крові та втратами частини крові, яка залишається не врахованою. Крім того не завжди вдається уникнути потрапляння додаткової рідини (сеча, кров), яка неодмінно зробить результат вимірювання неточним. Разом з цим, за умови ретельного

збирання усієї крові, метод демонструє високу точність, є простим та швидким. В клінічній практиці частіше за все застосовується візуальний метод визначення величини крововтрати, проте навіть у найдосвідченіших фахівців помилка складає до 30% [4, 17].

Враховуючи вищесказане для визначення об'єму крововтрати використовуються непрямі методи, які дозволяють оцінити стан пацієнта, особливо в післяопераційному періоді.

Непрямі методи

В першу чергу в практиці використовуються **клінічні методи**.

Орієнтовно ступінь дефіциту ОЦК відображає шоківий індекс Альговера і Бурі (1967) (відношення частоти серцевих скорочень до величини систолічного АТ) (**табл. 2**) [18]. В нормі індекс Альговера менше 1, при індексі більше 1,5 дефіцит ОЦК складає більше 40 %, що становить пряму загрозу для життя хворого. Проте, індекс Альговера може бути неінформативним у хворих з гіпертензивним синдромом [4, 18].

Таблиця 2 – Визначення крововтрати при травмі за показниками гемодинаміки

Шоківий індекс	АТ систолічний мм рт.ст.	Крововтрата			
		ОЦК %	літрів при масі тіла (кг)		
			60	70	80
3,0	0	55	2,3	2,7	3,1
2,5	0	50	2,1	2,5	2,8
2,0	60	40	1,9	2,2	2,5
1,5	75	30	1,6	1,9	2,1
1,0	90	18	0,8	1,0	1,1

До **візуальних методів** визначення об'єму крововтрати у постраждалих з відкритими і закритими переломами кісток і поранених з вогнепальними ушкодженнями відносяться методи, запропоновані Clark (1955). Це визначення крововтрати при закритих і відкритих переломах: голілка – 0,5–1 літр; стегно – 0,5–2,5 літра; таз, заднє півкільце – до 2–3 літрів; таз, переднє півкільце – до 0,8 літра [19].

Також у поранених для визначення об'єму крововтрати запропоновано враховувати розмір рани, вимірюючи її відкритою кистю. Вважається, що площа рани розміром з кисть відповідає втраті 500 мл крові. Стопа, колінний суглоб і передпліччя приблизно рівні за об'єму і представляють 2–3 кратний обсяг кисті кожен, а стегно – в 10–12 разів більше кисті.

Визначення крововтрати за розміром рани запропонували Grant та Reeve (1951), який вони вивчали при вивченні бойових втрат під час війни 1939–1945 рр. [19, 20]: за одиницю об'єму

приймається кисть пацієнта – стиснений кулак для глибоких ран, відкрита долоня для поверхневих ран. Об'єми крововтрати приблизно такі: одна кисть – 10% ОЦК; дві кисті – 20% ОЦК; три кисті – 30% ОЦК; чотири кисті – 40% ОЦК. Даний метод абсолютно не інформативний при пошкодженнях і пораненнях грудей і живота.

При гіповолемії, геморагічному шоці широко використовується інвазивний моніторинг центральної гемодинаміки. Найпростішим методом інвазивної оцінки ступеня гіповолемії є вимірювання величини центрального венозного тиску (ЦВТ). ЦВТ відображає взаємодію між венозним поверненням та насосною функцією правого шлуночка. Вказуючи на адекватність заповнення порожнин правого серця, ЦВТ побічно відображає волемію організму. Слід брати до уваги те, що на величину ЦВТ впливають не тільки ОЦК, але й венозний тонус, скоротливість шлуночків, функція передсердно-шлуночкових клапанів, об'єм інфузії, що проводиться. Саме тому показник ЦВТ не рівнозначний показнику венозного повернення, але здебільшого корелює з ним.

Тим не менш, за величиною ЦВТ все таки можна отримати орієнтовне уявлення про крововтрату: при зменшенні ОЦК на 10% ЦВТ (у нормі 2 – 12 мм водн. ст.) може не змінитися; крововтрата понад 20% ОЦК супроводжується зниженням ЦВТ на 7 мм водн. ст. Для виявлення прихованої гіповолемії за нормального ЦВТ використовують вимірювання при вертикальному положенні пацієнта; зниження ЦВТ на 4 – 6 мм водн. ст. свідчить про факт гіповолемії [8].

Для оцінки капілярної перфузії можна використовувати тест наповнюваності капілярів. При натисканні на шкіру мочки вуха в нормі колір повертається через 2 сек. Тест вважається позитивним при перевищенні цього показника більше 3 с [3, 21].

Звичайно в клінічній практиці обов'язковими є **лабораторні методи** дослідження, які допомагають оцінити крововтрату. Вміст еритроцитів, гемоглобіну (Hb), гематокриту (Ht) необхідно визначати відразу під час госпіталізації хворого і повторювати надалі. Ці показники в перші години при важкій кровотечі не відображають об'єктивно величину крововтрати, оскільки аутогемодилуція настає пізніше (максимально вона виражена через 1,5–2 доби). Найціннішими показниками є Ht і відносна густина крові, які відображають співвідношення між форменими елементами крові і плазмою. За Барашковим, при відносній густині 1,057–1,054, Hb 65–62 г/л, Ht 40–44 крововтрата складає до 500 мл, при відносній густині 1,049–1,044, Hb 53–38 г/л, Ht 30–23 – більш 1000 мл. [3, 4]. Теоретично розраховані належні показники ОЦК, об'єму

циркулюючої плазми та еритроцитів, створені номограми для визначення волеїї з гематокриту та маси тіла (Жизневський Я. А., 1994) [4, 22, 23].

На допомогу лікарям широко використовуються **апаратні методи**. Шестаковим Н. М. (1977) була запропонована методика визначення ОЦК за інтегральним опором тіла за допомогою реографа. Було встановлено, що між інтегральним опором тіла і ОЦК є обернено пропорційна залежність. Дана методика визначення ОЦК проста, для її проведення не потрібно багато часу, вона може бути використана для безперервного контролю основних показників в динаміці [24, 25, 26].

Взагалі кондуктометричні методи визначення ОЦК розроблялися та удосконалювалися разом з удосконаленням апаратури для імпедансної реоплетизмографії.

Шифрин Г. А. запропонував метод, який базується на реєстрації електричного опору тіла, який реєструється при виконанні біполярної інтегральної реографії.

$$\text{ОЦК} = K \cdot \frac{L^2}{R}$$

де K – коефіцієнт, який складає 44,2 для чоловіків та 47,9 для жінок; L – зріст пацієнта в сантиметрах; R – інтегральний електричний опір тіла, який реєструється при виконанні біполярної інтегральної реографії [4, 26].

Кількісний висновок про величину гемотораксу та гемоперитонеуму дає застосування рентгенологічного та ультразвукового дослідження. Більшість авторів віддають перевагу ультразвуковій діагностиці, вказуючи на високу її інформативність (до 97%), нешкідливість та швидкість отримання висновку. В окремих випадках при травмі живота, ускладненій гемоперитонеумом більше 1500 мл, ультразвукова діагностика інформативна лише у 36,3% випадків [1, 27, 28].

Традиційно високоточними вважаються **променеви методи**. Одним з індикаторів, який легко вступає в з'єднання з альбуміном плазми і слугує показником величини ОЦК, є радіоактивний ізотоп йоду I^{131} . Також для визначення ОЦК використовують ізотоп хрому Сг-хлорид хрому $Cr^{51}Cl_3$ [4].

Помилки даних методик не перевищують 5-10% по відношенню до дійсного ОЦК; в той же час в повсякденній роботі, особливо в умовах ургентної хірургії, можливості даних методів обмежені, що пов'язано з тривалістю проведення дослідження, відсутністю необхідних реактивів, апаратури.

Чутливою є **методика флюорометрії плазми**. Це метод визначення ОЦК, оснований на вимірюванні вторинної флюоресценції плазми після уведення флюорената, який використовується в

якості флюоресцентної мітки. Він базується на люмінесцентному методі. Важливою особливістю його є можливість спостереження свічення при дуже низькій концентрації ($<10^{-4}$ кг/м³) і малій кількості ($\sim 10^{-13}$ кг) речовини (Orth V. H., Rehm M., 1998 [29]; Thomas A., 2013 [30]). Тобто метод надзвичайно чутливий [4, 30, 31].

Проте найоб'єктивнішим у даний час слід вважати радіонуклідний спосіб дослідження ОЦК, помилка якого коливається в межах 3–5%.

Математичні (розрахункові) методи передбачають застосування математичних формул для визначення ступеня гіповолеїї [23, 32, 33].

Одним із методів визначення величини крововтрати є гематокритний метод. F. D. Moore (1956) [4, 23, 32], величину крововтрати визначають за формулою:

$$\text{КВ} = \text{ОЦКН} (\text{ГТН} - \text{ГТФ}) / \text{ГТН},$$

де КВ – величина крововтрати; ОЦКН – належний ОЦК; ГТН – належна величина гематокриту (чоловіки – 45, жінки – 42); ГТФ – фактична величина гематокриту, визначена після зупинки кровотечі і стабілізації гемодинаміки.

Для визначення об'єму крововтрати, при наявності даних вихідного Hb, доцільно використовувати модифіковану Белоусовим А. М. (2017) формулу Moore [34]:

$$V_{\text{кр}} (\text{мл}) = \text{ОЦК}_{\text{ф}} \times (\text{Hb}_{\text{вих}} - \text{Hb}_{\text{п/о}}) / \text{Hb}_{\text{вих}}$$

де $V_{\text{кр}}$ – об'єм крововтрати; $\text{ОЦК}_{\text{ф}}$ – фактичний об'єм циркулюючої крові; $\text{Hb}_{\text{вих}}$ – Hb вихідний; $\text{Hb}_{\text{п/о}}$ – Hb після операції, визначений під час або після зупинки кровотечі та стабілізації гемодинаміки.

Широко відома Формула Нельсона [35] заснована на показнику гематокритного числа. Вона достовірна в 96% випадків, але інформативна тільки через 24 години. Необхідно знати початковий гематокрит.

Процентне співвідношення загального об'єму крововтрати розраховується наступним чином:

$$0,036 \times \text{вихідний об'єм крові} / \text{маса тіла} \times \text{гематокрит}$$

$$\text{Вихідний об'єм крові (мл/кг)} = 24/0,86 \times \text{вихідний гематокрит} \times 100$$

В 1983 році Сидора В. Д. [14, 36] запропонував математично-розрахунковий метод, який базується на знанні ОЦК та гематокриту при кожній масі тіла у жінок та чоловіків (табл. 3). Інформативний на наступну добу після кровотечі. Не інформативний у гематологічних хворих.

$$\text{Фактичний ОЦК (ОЦКф)} / \text{ОЦК} = \text{маса тіла (кг)} / \text{вагову частину Ht}$$

Таблиця 3 – Визначення вагової частини ОЦК по гематокриту за методом Сидори В. Д.

Визначення вагової частини ОЦК по гематокриту											
Гемато-крит	Вагова частина ОЦК	Гемато-крит	Вагова частина ОЦК	Гемато-крит	Вагова частина ОЦК	Гемато-крит	Вагова частина ОЦК	Гемато-крит	Вагова частина ОЦК	Гемато-крит	Вагова частина ОЦК
0,15	19,3	0,28	16,7	0,41	14,1	0,54	13,1	0,67	10,0	0,80	8,7
0,16	19,1	0,29	16,5	0,42	13,9	0,55	13,0	0,68	9,9	0,81	8,6
0,17	18,9	0,30	16,3	0,43	13,8	0,56	12,7	0,69	9,8	0,82	8,5
0,18	18,7	0,31	16,1	0,44	13,8	0,57	12,4	0,70	9,7	0,83	8,4
0,19	18,5	0,32	15,9	0,45	13,8	0,58	12,1	0,71	9,7	0,84	8,3
0,20	18,3	0,33	15,7	0,46	13,7	0,59	11,8	0,72	9,6	0,85	8,2
0,21	18,1	0,34	15,5	0,47	13,7	0,60	11,5	0,73	9,5	0,86	8,1
0,22	17,9	0,35	15,3	0,48	13,6	0,61	11,2	0,74	9,4	0,87	8,0
0,23	17,7	0,36	15,1	0,49	13,5	0,62	10,9	0,75	9,3	0,88	7,9
0,24	17,5	0,37	14,9	0,50	13,4	0,63	10,7	0,76	9,2	0,89	7,9
0,25	17,3	0,38	14,7	0,51	13,3	0,64	10,5	0,77	9,1	0,90	7,8
0,26	17,1	0,39	14,5	0,52	13,3	0,65	10,3	0,78	9,0		
0,27	16,9	0,40	14,3	0,53	13,2	0,66	10,1	0,79	8,9		

Примітка: Розрахунок дефіциту ОЦК. Показник дефіциту ОЦК – різниця між належним і фактичним ОЦК: $ОЦК_{деф} = ОЦК_{д} - ОЦК_{ф}$.

М. М. Абакумовим з співавт. (2002) запропоновано рівняння лінійної регресії, що складається з 16 кількісних ознак, із встановленим кореляційним взаємозв'язком між цими параметрами та об'ємом врахованої крововтрати по глобулярному об'єму (ГО), які в абсолютній більшості є показниками кислотно-основного складу капілярної крові, що дозволяють визначати об'єм крововтрати у потерпілих з травмами грудної клітини та живота. Розрахункова величина при використанні формули збігається з обсягом врахованої крововтрати в 78-85% спостережень [27].

Величину крововтрати можна розрахувати за формулою П. Г. Брюсова (1997): для чоловіків – $V_{кп}, л = 0,02625 ЧМЧ (ЧСС/АТсист-0,5)$; для жінок – $V_{кп}, л = 0,02475 ЧМЧ (ЧСС/АТсист-0,5)$ де: М - маса тіла, кг; ЧСС - число серцевих скорочень, хв; АТ-сист - систолічний артеріальний тиск, мм рт.ст. [1].

Проте слід мати на увазі, що концентраційні методи визначення величини крововтрати, що ґрунтуються на показнику гематокриту і вмісті гемоглобіну, можуть бути рекомендовані для розрахунків тільки при повільній крововтраті, оскільки їх істинні значення стають реальними лише по досягненні повного розведення крові, яке відбувається в організмі протягом 2–3 діб.

Лібов М. А. (1962) запропонував формулу визначення об'єму крововтрати шляхом зважування серветок, які просочені кров'ю таким чином:

1) **Об'єм крововтрати = $V/2 \times 15\%$ (при крововтраті менше 1000 мл);**

2) **Об'єм крововтрати = $V/2 \times 30\%$ (при крововтраті більше 1000 мл),**

де V – вага серветок, 15% і 30% – величина поправки на дезрозчини [37].

Одними з найінформативніших методів встановлення величини крововтрати є визначення дефіциту ОЦК і його компонентів: об'єму циркулюючої плазми, об'єму формених елементів – глобулярного об'єму. Методика дослідження глобулярного об'єму заснована на введенні в судинне русло певної кількості індикаторів – **індикаторний метод**. При цьому барвники, які використовуються, повинні бути нетоксичними, швидко покидати кров'яне русло, їх концентрація повинна легко визначатися в крові та плазмі.

В якості індикаторів використовувались різноманітні барвники: синій Еванса, індигокармін, бенгальський рожевий, кардіогрін, вофавердин тощо, а також гіпертонічний розчин натрію хлориду, де холін, радіоактивний альбумін і еритроцити, радіоактивний хром та інші [7, 30].

Досить точний метод визначення ОЦК за допомогою синього Еванса (синя азофарба Т-1824), який вступає в тісний контакт з альбуміном і тривало циркулює в крові разом з ним. Концентрація барвника в крові хворого визначається за допомогою спектрофотометрії [38, 39].

За концентрацією розведеного в крові індикатора визначають об'єм циркулюючої плазми; враховуючи гематокрит, за допомогою таблиць обчислюють ОЦК і глобулярний об'єм. Належні показники ОЦК і його компонентів знаходять за таблицями, в яких вказана маса тіла і стать хворого. За різницею між належними і фактичними показниками визначають дефіцит ОЦК, глобулярний об'єм, об'єм циркулюючої плазми, тобто величину крововтрати.

Серед різних методів вимірювання об'єму плазми метод розведення індоціановим зеленим

є відносно менш інвазивним методом. Однак метод індоціанового зеленого є досить громіздким, оскільки необхідно отримати 10 зразків крові протягом короткого часу після введення індикатора. Індоціановий зелений вимірюють за допомогою пульс-спектрофотометрії у зразках крові. Зменшення частоти забору крові при збереженні точності полегшить вимірювання об'єму плазми в клінічних ситуаціях. Інтегрована система моніторингу пульс-спектрофотометрії пропонує менш інвазивний і корисний інструмент для приліжкової оцінки об'єму крові [20, 31].

Досить безпечним вважається метод визначення ОЦК за допомогою розчину декстарна (поліглюкіна). ОЦК за допомогою 6% розчину поліглюкіну визначають за формулою:

$$\text{ОЦК} = M \times 1000 / C$$

де M – кількість сухої речовини поліглюкіна в міліграмах, C-концентрація поліглюкіна в плазмі крові в мг/л [4, 40].

Для визначення об'єму ОЦК використовувався як індикатор гідроксиетильований крохмаль або молекули декстрану з молекулярною масою 2-4 млн. дальтон [41].

В. Ф. Пожарський (1972) [42] спростив методу R.A. Phillips з співавт. (1946) [13,14] визначення величини ОЦК за ступенем розрідження крові у відповідь на введення в судинне русло певної кількості поліглюкіну, де ОЦК - об'єм циркулюючої крові, V - об'єм поліглюкіну, Ht - величина гематокриту до переливання поліглюкіну, Ht - величина гематокриту через 30 хвилин після переливання поліглюкіну [42].

Ступінь зменшення ОЦК під час крововтрати є визначальним фактором у розвитку всіх порушень в організмі, які відбуваються в разі крововтрати. Але який би з перерахованих способів

визначення ОЦК і тяжкості крововтрати не був би у розпорядженні лікаря, який надає допомогу пацієнту з ознаками післягеморагічної гіповолемії, він завжди повинен оцінювати в першу чергу клінічні дані і комплексно результати лабораторних та інструментальних досліджень, з дослідженням тяжкості гіповолемії.

Існуючі технології, які застосовуються в практиці охорони здоров'я використовуються в ургентній хірургії в мирний час, але не у випадках великої кількості постраждалих. Реалії сьогодення, в першу чергу війна актуалізує розробку простого та доступного методу визначення крововтрати

Висновки

1. На сьогодні немає швидкого досить точного та дешевого методу визначення величини ОЦК, незважаючи на ріст технічної оснащеності медицини.
2. Враховуючи реалії сучасності, життєво необхідно для практичної медицини мати точний, швидкий, дешевий та доступний метод визначення величини крововтрати, що дозволить вчасно і точно розрахувати об'єм та якість замісної терапії при крововтраті.
3. При наданні допомоги у зонах масового травматизму та в ургентній хірургії сучасна медицина гостро потребує специфічної системи для об'єктивної оцінки тяжкості стану постраждалих із крововтратою, що задовольнить високі вимоги практичної охорони здоров'я.

Перспективи подальших досліджень. У світлі вищевикладеного на сьогодні актуальним залишається розробка простого та доступного методу визначення крововтрати для об'єктивної оцінки тяжкості стану постраждалих із крововтратою, що задовольнить вимоги практичної охорони здоров'я.

References

1. Bryusov PG. Ostraya krvopoterya: klassifikatsiya, opredelenie velichiny i tyazhesti [Acute blood loss: classification, determination of magnitude and severity]. *Voенно-медицинский журнал*. 1997;1:46-52. [Russian]
2. Phillips R, Friberg M, Lantz Cronqvist M, Jonson CO, Prytz E. Visual estimates of blood loss by medical laypeople: Effects of blood loss volume, victim gender, and perspective. *PLoS One*. 2020 Nov 12;15(11):e0242096. PMID: 33180812. PMCID: PMC7660581. doi: 10.1371/journal.pone.0242096
3. Potapov OO, Rubanets MM, Kmyta OP. *Klinichni aspekty transfuziologii* [Clinical aspects of transfusiology]. Navch posib. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet; 2019. 397 s. [Ukrainian]
4. Kursov SV, Nikonov VV, Skoroplet NN. Krovopoterya (lektsiya) [Blood loss (lecture)]. *Meditsina nevidkladnikh staniv*. 2019;1(96):7-21. [Russian]
5. Ashburn JC, Harrison T, Ham JJ, Strote J. Emergency physician estimation of blood loss. *West J Emerg Med*. 2012;13(4):376-379. PMID: 22942938. PMCID: PMC3421978. doi: 10.5811/westjem.2011.9.6669
6. Budair B, Ahmed U, Hodson J, David M, Ashraf M, McBride T. Are we all guilty of under-estimating intra-operative blood loss during hip fracture surgery? *J Orthop*. 2017;14(1):81-84. PMID: 27829730. PMCID: PMC5094288. doi: 10.1016/j.jor.2016.10.019

7. Kochanov DA. *Metodika flyuorimetrii plazmy dlya izmereniya obema tsirkuliruyushchey krovi* [Plasma fluorimetry technique for measuring the volume of circulating blood]. Abstr. PhDr. (Med.). M; 2008. 130 s. [Russian]
8. Kligulenko EN, Kravets OV. *Intensivnaya terapiya krovopoteri* [Intensive care of blood loss]. M: MEDpress-inform; 2005. 112 s. [Russian]
9. Mutschler M, Nienaber U, Münzberg M, Wöfl C, Schoechl H, Paffrath T, et al. The Shock Index revisited - a fast guide to transfusion requirement? A retrospective analysis on 21,853 patients derived from the Trauma Register DGU. *Critical Care*. 2013;17(4):172. PMID: 23938104. PMCID: PMC4057268. doi: 10.1186/cc12851
10. Usenko LV, Znoskova IA. *Metody opredeleniya krovopoteri* [Methods for determining blood loss]. *Bil, zneboluvannya i intensivna terapiya*. 1998;(4):8-17. [Russian]
11. Bogdan NV, Gain YuM. Problema ostroy krovopoteri v khirurgii. Sposoby opredeleniya obema i stepeni tyazhesti krovopoteri [The problem of acute blood loss in surgery. Methods for determining the volume and severity of blood loss]. *Voennaya meditsina*. 2007;2:46-50. [Russian]
12. Struthers David. *Blood and plasma specific gravities and plasma formol reactions in general medical conditions*. Thesis submitted to the University of Glasgow; 1949 Dec. ProQuest LLC; 2019. 256 p.
13. Phillips RA, Van Slyke LA, Dole VP, Emerson K Jr, Hamilton PB, Archibald RM. Copper sulphate method for measuring specific gravities of blood and plasma. *Army Medical Bulletin*. 1943 Dec;71:66-83. (OCoLC) 01778648
14. *Osnovi intensivnoi terapiyi* [Basics of intensive care]. Navchalniy posibnik. Za red LV Usenko. Ternopil: Ukrmedkniha; 2002 332 s. [Ukrainian]
15. Barashkov GA. Diagnostika vnutrennikh krovotacheniy s pomoshchyu opredeleniya nekotorykh fizicheskikh pokazateley krovi [Diagnosis of internal bleeding by determining some physical indicators of blood]. *Vestnik khirurgii*. 1956;3:48-53. [Russian]
16. Gerdessen L, Meybohm P, Choorapoikayil S, Herrmann E, Taeuber I, Neef V, et al. Comparison of common perioperative blood loss estimation techniques: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput*. 2021;35(2):245-258. PMID: 32815042. PMCID: PMC7943515. doi: 10.1007/s10877-020-00579-8
17. Chernov AM. *Optimizatsiya protsesu viznachennya ta otsinki ob'yemu krovovtrati v poslidovomu ta pislyapohovomu periodakh* [Optimization of the process of determining and estimating the amount of blood loss in the consecutive and postpartum periods]. Abstr. PhDr. (Med.). K; 2016. 167 s. [Ukrainian]
18. Allgöwer M, Burri C. [Schock index]. *Dtsch Med Wochenschr*. 1967 Oct 27;92(43):1947-50. [German]. PMID: 5299769. doi: 10.1055/s-0028-1106070
19. Davies WL. Methods of assessment of blood loss in the shocked and injured patient. *Br J Anaesth*. 1966 Apr;38(4):250-4. PMID: 5939807. doi: 10.1093/bja/38.4.250
20. He YL, Tanigami H, Ueyama H, Mashimo T, Yoshiya I. Measurement of blood volume using indocyanine green measured with pulsespectrophotometry: The reproductivity and reliability. *Crit Care Med*. 1998 Aug;26(8):1446-51. PMID: 9710108. doi: 10.1097/00003246-199808000-00036
21. Usenko LV, Shifrin GA. *Intensivnaya terapiya pri krovopotere*. [Intensive care for blood loss]. 3-e izd, kontseptualnoe i innovatsionnoe. Dnepropetrovsk: Izd-vo «Novaya ideologiya»; 2007. 290 s. [Russian]
22. Zhiznevskiy YaA. *Osnovy infuzionnoy terapii* [Fundamentals of infusion therapy]. Mn: Vyssh shk; 1994. 288 s. [Russian]
23. Moore FD. *Metabolic care of surgical patients*. Philadelphia-London: W.B. Sanders Company; 1959. 1247 p.
24. Tishhenko M.I. *Biofizicheskie i metrologicheskie osnovy integral'nykh metodov opredeleniya udarnogo ob'ema krovi cheloveka* [Biophysical and metrological bases of integrated methods for determining the stroke volume of human blood]. Abstr. PhDr. (Med.). M; 1971. 144 p. [Russian]
25. Tkachenko AE. *Dyferentsiyne khirurhichne likuvannya postrazhdaluykh z poyednanoyu kranio-abdominalnoyu travmoyu* [Differential surgical treatment of victims with combined cranio-abdominal trauma]. Abstr. PhDr. (Med.). K; 2016. 168 s. [Ukrainian]
26. Grant RT, Reeve EB. Observations on the general effects of injury in man, with special reference to wound shock. *Spec Rep Ser Med Res Counc (G B)*. 1951;277:1-313. PMID: 14881915
27. Abakumov MM, Lozhkin AV, Khvatov VB. Otsenka obema i stepeni krovopoteri pri travme grudi i zhivota [Assessment of the volume and degree of blood loss in chest and abdominal injuries]. *Khirurgiya*. 2002;11:4-7. [Russian]
28. Bisenkov LN. *Khirurgiya ognestrelnykh raneniy grudi* [Surgery of gunshot wounds to the chest]. SPb: Gippokrat; 2000. 312 s. [Russian]
29. Orth VH, Rehm M, Thiel M, Kreimeier U, Haller M, Brechtelsbauer H, et al. First clinical implications of perioperative red cell volume measurement with a nonradioactive marker (sodium fluorescein). *Anesth Analg*. 1998;93:82-87. doi: 10.1213/00000539-199812000-00003
30. Robertson TA, Bunel F, Roberts MS. Fluorescein Derivatives in Intravital Fluorescence Imaging. *Cells*. 2013 Aug 2;2(3):591-606. PMID: 24709799. PMCID: PMC3972669. doi: 10.3390/cells2030591

31. Kim KM, Park DY, Kang EH, Kim M, Choi BM, Noh GJ, et al. A modified method of measuring plasma volume with indocyanine green: reducing the frequency of blood sampling while maintaining accuracy. *J Clin Monit Comput.* 2021 Aug;35(4):779-785. PMID: 32472337. doi: 10.1007/s10877-020-00536-5
32. Brecher M, Monk T, Goodnough L, A Standardized method for calculating blood loss. *Transfusion.* 1997 Oct;37(10):1070-4. PMID: 9354828. doi: 10.1046/j.1537-2995.1997.371098016448.x
33. Kocsis L, Herman P, Eke A. Mathematical model for the estimation of hemodynamic and oxygenation variables by tissue spectroscopy. *J Theor Biol.* 2006 Jul 21;241(2):262-75. PMID: 16413035. doi: 10.1016/j.jtbi.2005.11.033
34. Belousov A, Malygon E, Yavorskiy V. Calculating the True Volume of Blood Loss. *J Anesth Clin Res.* 2017;8(11):1000787. doi: 10.4172/2155-6148.1000787
35. Nelson GH. Consideration of blood loss at delivery as percentage of estimated blood volume. *Am J Obstet Gynecol.* 1980 Dec 15;138(8):1117-9. PMID: 6969544. doi: 10.1016/S0002-9378(16)32776-4
36. Sidora VD. *Ekspress metod opredeleniya defitsita ili izbytko ob'ema tsirkuliruyushchey krovi i ego komponentov* [Express method for determining the deficit or excess of circulating blood volume and its components]. Metodicheskie rekomendatsii dlya studentov lechebnogo fakulteta. Poltava; 1983. 20 s. [Russian]
37. Libov MA. *Etapnoe opredelenie krvopoteri i tempa ee zameshcheniya pri operatsiyakh na serdtse i magistralnykh sosudakh* [Staged determination of blood loss and the rate of its replacement in operations on the heart and main vessels]. Abstr. PhD. (Med.). Novosibirsk; 1962. 14 s. [Russian]
38. Gibson JG, Evans WA. Clinical studies of the blood volume. I. Clinical application of a method employing the azo dye "Evans Blue" and the spectrophotometer. *J Clin Invest.* 1937 May;16(3):301-16. PMID: 16694480. PMCID: PMC424872. doi: 10.1172/JCI100859
39. Heilmeyer L, Schoen R, de Rudder B, Red. *Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde: Neue Folge.* Berlin-Göttingen-Heidelberg; 1960. 650 p.
40. Kwartovkin KK. K metodike opredeleniya obema tsirkuliruyushchey krovi s pomoshchyu poliglyukina [To the method of determining the volume of circulating blood using polyglucin]. *Lab delo.* 1976;6:377-378. [Russian]
41. Lekmanov AU, Goldina OA. Opredelenie obema tsirkuliruyushchey krovi s ispolzovaniem preparatov gidroksietilirovannogo krakhmala [Determination of circulating blood volume using hydroxyethylated starch preparations]. *Vestnik intensivnoy terapii.* 2001;3:13-16. [Russian]
42. Pozharskiy VF. *Politravmy oporno-dvigatel'noy sistemy i ikh lechenie na etapakh meditsinskoj evakuatsii* [Polytraumas of the musculoskeletal system and their treatment at the stages of medical evacuation]. M: Meditsina; 1989. 256 s. [Russian]

UDC 616-005.1-085+616-036.1

Evolution of Blood Loss Assessment Methods (Review of Scientific Sources of Information)

Yaroshenko R. A., Panasenko S. I., Chorna I. O., Ligonenko O. V.

Abstract. Accurate determination of the amount of blood loss is very important for clinical practice and plays a crucial role in the determination of anesthesia, transfusion tactics and postoperative management period of the patient as a whole. In experimental and military field surgery for this purpose historically and to this day a large number of various methods that are considered in the review of scientific sources is used.

The purpose of the study is to consider and analyze the effectiveness of existing methods of determination blood loss.

Results. Existing methods for determining the amount of blood loss are divided into direct and indirect. Direct methods are divided into: colorimetric, weight, and volume. Colorimetric method is the Phillips method (1945), based on the ability of copper protein to form a shell around a drop of blood or plasma, which retains its relative density for 10-15 seconds. In 1956 G. A. Barashkov modified the Phillips method by adding hematocrit data. Colorimetric methods make it possible to measure in real time and have a high degree of correlation.

Weighing method is gravimetric method, weighing blood-stained surgical material. Historically, the first methods of determining blood loss are considered to be volumetric (direct measurement of the volume of blood lost).

Indirect methods are represented by the following groups: clinical, laboratory, hardware, radial, mathematical (calculated), and indicator.

Among the clinical methods, the first is the Algovver shock index and Buri (1967) (the ratio of heart rate to magnitude systolic blood pressure); visual methods – determination of blood loss by wound size proposed by Grant and Reeve (1951). In shock states monitoring the central hemodynamics on definition of the central venous pressure is applied. To assess capillary perfusion a test of capillary filling is used. Mandatory in clinical practice are laboratory research methods: the content of erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, definition of relative blood density. Barashkov's method is based on these indicators. Hardware method is N. M. Shestakov

method (1977), a method of determining the circulating blood volume for integral body resistance by using a rheograph. G. A. Shifrin proposed a method based on the registration of the electrical resistance of the body, which is registered when performing bipolar integral rheography.

Radiation methods are iodine isotope I^{131} isotope of chromium Cr-chloride of chromium $Cr^{51}Cl^3$, which is used to determine circulating blood volume; plasma fluorometry method; radionuclide method of circulating blood volume research.

Mathematical (calculation) methods involve the use of mathematical formulas to determine the degree of hypovolemia. It is a hematocrit method. F. D. Moore (1956), Nelson's formula is based on hematocrit. In 1983, V. D. Sidora proposed a mathematical calculation method based on the knowledge of circulating blood volume and hematocrit at each body weight in women and men. M. M. Abakumov et al. (2002) proposed a linear regression equation. The amount of blood loss can be calculated by the P. G. Bryusovs formula (1997). M. A. Libov (1962) proposed a formula for determining the amount of blood loss by weighing napkins that are soaked in blood.

Indicator method, using Evans blue (blue azo dye T-1824), method of dilution with indocyanine green, as well as the method of determining circulating blood volume using dextran solution (polyglucin).

Conclusion. Today, there is no quick enough accurate and cheap method of determining the value of circulating blood volume, despite the growth of technical equipment in medicine. It is vital for practical medicine to have an accurate, fast, cheap and affordable method of determining the amount of blood loss, which will allow timely and accurate calculation of the volume and quality of replacement therapy for blood loss. When providing assistance in areas of mass trauma and emergency surgery, modern medicine is in dire need of a specific system for objective assessment of the severity of victims with blood loss, which will meet the high requirements of practical health care.

Keywords: blood loss, methods of determining circulating blood volume, the amount of blood loss.

ORCID and contributionship:

Roman A. Yaroshenko : ^{A, D}

Sergij I. Panasenko : 0000-0003-2952-1670 ^F

Irina O. Chorna : 0000-0002-0371-8072 ^{B, C}

Oleksij V. Ligonenko : 0000-0002-6700-2882 ^E

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article

CORRESPONDING AUTHOR

Irina O. Chorna

Poltava State Medical University,

General Surgery Department

23, Shevchenko St., Poltava 36032, Ukraine

tel: +380992888407, e-mail: irinach1702@gmail.com

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 03.04.2022 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування