

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic991>

Обзорная статья



Интраоперационные методы оценки кровопотери. Обзор литературы

В.М. Межевикина, В.В. Лазарев, Ю.В. Жиркова

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Аннотация

Массивная кровопотеря, развивающаяся на фоне хирургического вмешательства, становится частой причиной развития жизнеугрожающих состояний и летальных исходов у пациентов любого возраста.

Цель исследования — проанализировать отечественные и зарубежные публикации, в которых представлены методики определения объема интраоперационной кровопотери.

Проведен поиск литературных источников в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, MEDLINE, eLibrary, РИНЦ. Поиск проводили на русском и английском языках, по ключевым словам: интраоперационная кровопотеря, степень тяжести кровопотери, методы оценки кровопотери, прямые методы, непрямые методы. В обзор литературы были включены 5 статей из PubMed, 9 — из Scopus, 6 — из Web of Science, 2 — из MEDLINE, 6 — из eLibrary, и 4 статьи — из РИНЦ.

Под массивной кровопотерей понимают одномоментную потерю, по данным одних авторов, более 30 %, а по данным других, более 50 % объема циркулирующей крови, или кровопотерю равную по объему 2–3 мл/(кг · мин). Факторами риска развития интраоперационных осложнений в виде массивной кровопотери являются, помимо оперативных вмешательств, особенности хирургического вмешательства — величина разреза, длительность операции, анестезиологическое обеспечение, которое может стать причиной увеличения объема потери крови. Интенсивность и степень оценки кровопотери очень важна для определения показаний к переливанию компонентов крови, для восполнения объема циркулирующей крови и определения показаний к проведению интраоперационного гемостаза, как медикаментозного, так и хирургического. У пациентов неонатального и раннего детского возраста риск опасной интраоперационной кровопотери связан с анатомо-физиологическими особенностями — малым объемом циркулирующей крови и недостаточно зрелыми компенсаторными механизмами. У детей старшего возраста высокий риск массивной кровопотери связан с сопутствующими заболеваниями, особенностями гемостаза и приемом лекарственных препаратов, замедляющих процесс коагуляции крови.

На сегодняшний день существует большое количество различных методов для оценки интраоперационной кровопотери, однако в рутинной клинической практике применяют всего несколько из них. Каждый из методов помимо преимуществ имеет и недостатки. Один из главных недостатков — сложность механизмов проведения оценки кровопотери, например, взвешивание хирургических материалов или пациента до и после операции, определение гемоглобина в жидкости после замачивания использованных операционных материалов, расчет индексов по формулам. Чаще всего оценка кровопотери проводится по клинической картине (бледность кожи и слизистых оболочек, слабый пульс, понижение артериального давления и т. д.).

Результаты анализа источников литературы показали, что вопрос определения объема интраоперационной кровопотери в детской практике изучен недостаточно, о чем свидетельствует малое количество опубликованных научных работ и полное отсутствие рандомизированных исследований, что делает необходимым дальнейшее изучение данной проблемы.

Ключевые слова: трансфузиология; кровопотеря; массивная кровопотеря; объем циркулирующей крови; методы определения объема кровопотери; дети; интенсивная терапия.

Как цитировать

Межевикина В.М., Лазарев В.В., Жиркова Ю.В. Интраоперационные методы оценки кровопотери. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 12, № 3. С. 371–381. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic991>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic991>

Review Article

Intraoperative methods for assessing blood loss: A review

Valentina M. Mezhevnikina, Vladivir V. Lazarev, Yulia V. Zhirkova

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract

Massive blood loss that develops during surgery is a common cause of life-threatening conditions and deaths in patients of any age.

This study aimed to analyze domestic and foreign publications that present methods for determining the volume of intraoperative blood loss.

The literature sources were searched in PubMed, Scopus, Web of Science, MEDLINE, eLibrary, and Russian Science Citation Index databases. The search was conducted in Russian and English using the following keywords: intraoperative blood loss, severity of blood loss, methods for assessing blood loss, direct methods, and indirect methods. The literature review included five articles from PubMed, nine from Scopus, six from Web of Science, two from MEDLINE, six from eLibrary, and four from Russian Science Citation Index.

Massive blood loss is understood as a one-time loss according to some authors of >30% and according to others of >50% of the volume of the circulating blood or blood loss equal in volume to 2–3 mL/kg/min. Risk factors for the development of intraoperative complications such as massive blood loss are, in addition to surgical interventions, the features of surgical intervention, i.e., size of the incision, surgical duration, and anesthesia, which can increase blood loss. The intensity and degree of blood loss are very important in determining the indications for transfusion of blood components, replenishing the volume of circulating blood, and determining indications for intraoperative hemostasis, both medical and surgical. In neonates and young children, the risk of dangerous intraoperative blood loss is associated with anatomical and physiological features, i.e., a small volume of circulating blood and insufficiently mature compensatory mechanisms. In older children, a high risk of massive blood loss is associated with comorbidities, features of hemostasis, and use of drugs that slow down the blood coagulation process.

To date, several methods are available for assessing intraoperative blood loss, but only a few are used in routine clinical practice. Each method has advantages and disadvantages. One of the main disadvantages is the complexity of the mechanisms for assessing blood loss, for example, weighing surgical materials or the patient before and after surgery, determining hemoglobin in the liquid after soaking the used surgical materials, and calculating indices using formulas. Most often, the assessment of blood loss is conducted according to the clinical picture (pallor of the skin and mucous membranes, weak pulse, lowering blood pressure, etc.).

The results of the literature analysis showed insufficient research on determining the volume of intraoperative blood loss in pediatric practice, as evidenced by the small number of published scientific papers and the complete absence of randomized trials. Thus, further study of this problem is necessary.

Keywords: transfusiology; intensive care; blood loss; massive blood loss; circulating blood volume; methods for determining the volume of blood loss; children.

To cite this article:

Mezhevnikina VM, Lazarev VV, Zhirkova YuV. Intraoperative methods for assessing blood loss: A review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2022;12(3):371–381. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic991>

Received: 09.08.2021

Accepted: 17.09.2022

Published: 29.09.2022

Хирургические операции у пациентов в любом возрасте сопровождаются кровопотерей. Поэтому интенсивность и степень оценки кровопотери очень важны для определения показаний к переливанию компонентов крови, для восполнения объема циркулирующей крови и интраоперационного гемостаза, как медикаментозного, так и хирургического. Однако на сегодня нет четкого стандартизированного метода оценки кровопотери во время операции, применение которого позволит избежать развития жизнеугрожающих осложнений.

Цель исследования — проанализировать отечественные и зарубежные публикации, в которых представлены методики определения объема интраоперационной кровопотери.

Поиск литературных источников проведен в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, MEDLINE, eLibrary, РИНЦ, по ключевым словам на русском и английском языках: интраоперационная кровопотеря, методы оценки кровопотери, прямые методы, непрямые методы, степень тяжести кровопотери. В обзор литературы были включены 5 статей из PubMed, 9 — из Scopus, 6 — из eLibrary, 3 — из Web of Science, 2 — из MEDLINE, и 1 статья — из РИНЦ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССИВНОЙ КРОВОПОТЕРИ

Наиболее полный обзор этой темы дан К.В. Пшенисновым и Ю.С. Александровичем в работе «Массивная кровопотеря в педиатрической практике», обобщившей 103 источника [1]. Авторы отмечают, что массивная кровопотеря становится наиболее частой причиной развития жизнеугрожающих операций у пациентов при проведении обширных хирургических операций и при сочетанных травмах. В литературе нет единого мнения в определении массивной кровопотери. Так, В.А. Мазурок и соавт. [2], определили, что единовременная потеря более 30 % объема циркулирующей крови (ОЦК) или поэтапная утрата от 60 до 70 % ОЦК считается массивной кровопотерей. В этой же работе упомянуто определение, данное К. Olman [3], который считал, что потерю крови в процессе хирургического вмешательства в размере 2–3 мл/(кг·мин) или утрата 50 % ОЦК в течение 3 ч после операции можно расценивать как массивную кровопотерю. Замещение полного объема циркулирующей крови менее чем за сутки или кровопотеря со скоростью 1 мл/(кг·мин) определяет массивную потерю крови [3, 4]. Согласно R.C. Vercovit и соавт. [5] массивной кровопотерей при кардиохирургических операциях у детей считается потеря ≥ 7 мл/(кг·ч) в течение ≥ 2 ч на протяжении первых 12 ч после операционного вмешательства и/или 84 мл/кг в течение суток в послеоперационном периоде.

Факторами риска развития интраоперационных кровотечений при хирургическом вмешательстве являются

операции на сердце, головном мозге и позвоночнике, коррекция врожденных аномалий черепа, особенно краниостеноз. Все эти манипуляции имеют высокий риск массивной кровопотери. К причинам возникновения осложнений также можно отнести особенности хирургического вмешательства, такие как величина разреза, длительность операции, анестезиологическое обеспечение, которые могут стать причиной увеличения объема потери крови. В работе «Кровопотеря в хирургии опухолей головного мозга у детей грудного возраста» К.Б. Матуева и соавт. [6] к группе высокого риска относили пациентов с объемом кровопотери 200 % и больше ОЦК, у которых диагностировали большие (>4 см) опухоли супратенториальной локализации — карциномы сосудистого сплетения, глиобластомы, злокачественные тератомы, анапластические эпендимомы и астроцитомы.

У пациентов неонатального и раннего детского возраста риск опасной интраоперационной кровопотери связан с анатомо-физиологическими особенностями — малым объемом циркулирующей крови и недостаточно зрелыми компенсаторными механизмами. В период новорожденности это связано с дефицитом факторов свертывания крови, особенно К-зависимых факторов. Дефицит может быть обусловлен наследственной недостаточностью протеина S либо низким уровнем активности протеинов C и S, около 35 %, в связи с формированием системы гемостаза только к 6 мес. [1].

У детей старшего возраста высокий риск интраоперационной кровопотери связан с сопутствующими заболеваниями, особенностями гемостаза и приемом лекарственных препаратов, замедляющих процесс коагуляции крови.

Классификации степени тяжести кровопотери

В отечественных и зарубежных источниках литературы приведены следующие классификации кровопотери соответственно степеням тяжести [7–9]:

1. Классификация А.Г. Барашкова (1952) — небольшая кровопотеря, средняя кровопотеря, массивная кровопотеря [9].
2. Классификация Американской коллегии хирургов (1998) — степень тяжести определяется по следующим параметрам: объему, проценту потери от объема ОЦК, систолическому артериальному давлению (САД), пульсовому артериальному давлению, частоте сердечных сокращений (ЧСС), частоте дыхательных движений, темпу диуреза, состоянию ментальности [8].
3. Классификация Н.А. Яицкого (2002) — легкая, средняя, тяжелая степень в зависимости от показателей САД и ЧСС [9].
4. Классификация И.А. Воробьева (2001) — I–IV степени тяжести соответственно показателям пульса, АД, пульсовому артериальному давлению, частоте дыхательных движений, почасовому диурезу, состоянию центральной нервной системы (ЦНС), объему кровопотери [9].

5. Классификация П.Г. Брюсова (1986) — по виду, скорости, объему и степени гиповолемии [7].

Согласно этиопатогенезу кровопотери П.Г. Брюсов выделяет травматические кровопотери (раневые, послеоперационные), патологические (в связи с заболеваниями), искусственные (эксфузия, лечебные кровопускания) [7].

В зависимости от скорости развития можно отметить острую кровопотерю, эквивалентную более 7 % потери ОЦК за час, подострую — 5–7 % и хроническую с потерей менее 5 % ОЦК за час.

По объему П.Г. Брюсов отмечает малую, среднюю, большую, массивную и смертельную кровопотерю. Малому объему соответствует потеря 0,5–10 % ОЦК (0,5 л), среднему объему — 10–20 % ОЦК (до 1 л), большому объему — 21–40 % ОЦК (1,0–2,0 л). Массивная кровопотеря эквивалентна 41–70 % ОЦК (2,1–3,5 л). К смертельной степени относится потеря более 70 % ОЦК, что равняется потере >3,5 л крови у взрослого человека [7].

По степени тяжести гиповолемии и возможности развития шока выделяют легкую, которую отличает дефицит ОЦК в размере 10 – 20%, дефицит глобулярного объема (ГО) менее 20 %, отсутствие шока; умеренную степень, соответствующую потере ОЦК 21–30 %, с дефицитом глобулярного объема в пределах 30–45 % и развитием шока при длительном уменьшении ОЦК; тяжелую степень, которая соответствует фактической потере 31–40 % ОЦК, дефицит ГО от 46 до 60 % и развитие шока у пациента. К крайне тяжелой степени кровопотери относится потеря свыше 40 % ОЦК, выраженный дефицит ГО — свыше 60 %, развитие шока, терминальное состояние.

Большинство классификаций не учитывает влияния многих факторов, а основная идея в них заключается в попытке поиска клиничко-количественных параллелей на основе потери ОЦК, что приводит к ограничению их использования в клинической практике [1].

Критерии оценки тяжести кровопотери

В 10-м издании Advanced Trauma Life Support (2018) предложены критерии системного ответа для оценки тяжести кровопотери у детей. У детей к критериям тяжести относятся только клинические признаки [11].

Легкая степень тяжести, соответствующая потере менее 30 % ОЦК, характеризуется со стороны сердечно-сосудистой системы увеличением ЧСС, слабым, нитевидным пульсом на периферических артериях, нормальным САД и пульсовым АД. Со стороны ЦНС отмечаются признаки беспокойства, возбуждения, дезориентации. Кожные покровы холодные на ощупь, наблюдается увеличение времени наполнения капилляров. Со стороны мочеполовой системы — низкий диурез.

Согласно данной классификации отличительными признаками средней степени тяжести, соответствующей потере 30–45 % ОЦК, считается значительное увеличение ЧСС, слабый, нитевидный пульс на периферических артериях, нормальное САД и пульсовое АД. Со стороны

ЦНС отмечаются признаки летаргии и отсроченного ответа на боль. Кожные покровы имеют цианотичный окрас, наблюдается увеличение времени наполнения капилляров. Характерно также расстройство мочеиспускания по типу олигурии.

Критериями оценки тяжелой степени тяжести кровопотери, более 45 % ОЦК, являются тахикардия с переходом в брадикардию, слабый, нитевидный пульс на магистральных артериях, полное отсутствие пульса на периферических артериях, резкое снижение САД и пульсового АД. Диастолическое АД не определяется. Кожные покровы холодные и бледные, отсутствие сознания и реакций на внешние раздражители. Анурия.

Массивная кровопотеря — частая причина развития жизнеугрожающих состояний и летальных исходов у пациентов всех возрастов, особенно при сочетанных травмах и при обширных хирургических вмешательствах.

Оценка интраоперационной кровопотери представляется важной задачей как для хирургов, так и для анестезиологов при хирургических вмешательствах у пациентов всех возрастов. Массивная кровопотеря приводит к развитию гиповолемического шока, который влечет за собой циркуляторную гипоксию и может стать причиной летального исхода. В связи с этим определение объема и восполнение кровопотери с сохранением гемостаза остается основной задачей при оказании медицинской помощи больным, так как данными параметрами определяется программа инфузионно-трансфузионной терапии, выбор метода временного и окончательного гемостаза [12].

Исход интраоперационной кровопотери зависит от скорости и объема кровотечения, нарушения реологических свойств крови, длительности периода гипоперфузии органов и тканей, выраженности гиповолемии, развитием водно-электролитных и обменных нарушений.

Методы определения объема интраоперационной кровопотери

Согласно работам многочисленных авторов, выделяют прямые, непрямые и косвенные методы определения объема кровопотери [12, 13].

К прямым методам оценки кровопотери относятся гравиметрический, колориметрический и объемный.

Гравиметрический метод — простой и доступный метод поэтапного определения объема кровопотери. Метод не требует применения специального оборудования. Его цель состоит в оценке объема кровопотери путем расчета разницы массы взвешенных хирургических материалов — салфеток, тампонов, шариков, простыней, халатов — до и после их использования. В этом случае объем кровопотери определяется как разность массы пропитанного кровью и сухого материала. При этом за константу принимается условие, что 1 мл крови равен 1 г.

Другим вариантом является взвешивание пациента до и после хирургического вмешательства, учитывая

при этом выделяющуюся во время операции жидкость и объем перелитой крови.

Однако данная методика имеет погрешность 10–12 % [14]. Неточность полученных результатов объема кровопотери во многом связана с быстрым испарением жидкой части крови, постоянным увлажнением исследуемого материала биологическими жидкостями человека и физиологическими растворами (например, ирригационной жидкостью при работе бора или 0,9 % раствором натрия хлорида при операциях на органах брюшной полости и др.) [15].

Для минимизации возможной погрешности при определении объема кровопотери были предложены поправочные коэффициенты: при кровопотере менее 1000 мл — 15 %, при кровопотере более 1000 мл — 30 % [16, 17].

По данным литературы, уменьшение вдвое полученного значения веса перевязочного материала, пропитанного кровью, позволит предупредить завышение степени интраоперационной кровопотери [18].

К сожалению, гравиметрический метод даже в усовершенствованном варианте недостаточно точен. В работе R.S. Johar и R.P. Smith [19] проанализирована точность гравиметрической оценки объема интраоперационной кровопотери с помощью колориметрического метода у 40 пациентов после лапаратомии. Исследователи не обнаружили статистически значимой корреляции между объемом кровопотери, оцененной гравиметрическим методом, и истинной кровопотерей по данным колориметрического метода. Авторы пришли к заключению, что гравиметрический метод оценки кровопотери в ходе операции не точный [19]. Схожие результаты получены в исследовании E. Saceres и G. Whittembury, они отметили, что истинный объем потери крови во время мастэктомии на 25 % выше оцененного гравиметрическим методом [15].

Таким образом, несмотря на простоту и доступность гравиметрического метода, его нельзя считать точным вследствие достаточно большой погрешности [20].

К более точным способам расчета интраоперационной кровопотери относят *колориметрический метод*, в основе которого находится извлечение крови из операционного материала и определение количественных показателей клеток крови с дальнейшим его пересчетом на величину утраченного объема.

В ходе операции в специальную емкость собирается весь хирургический материал, пропитанный кровью, в последствии пересчитывают его на фактический объем. В дальнейшем производится извлечение крови из материалов, путем замачивания в растворе, раствор колориметрируется и высчитывается объем кровопотери. Для более полной оценки интраоперационного кровотечения колориметрический метод был усовершенствован. В дополнение к крови, извлеченной из операционного материала, стали суммировать кровь, поступившую в операционную полость. В процессе операции из полученного таким образом раствора может быть взята проба

для определения количества гемоглобина, по которому производится расчет кровопотери с использованием калибровочных кривых.

Недостатками данного метода является невозможность полностью извлечь всю кровь из операционного материала и необходимость строить калибровочные кривые.

В *объемном методе* величину кровопотери оценивают по объему крови, собранному в ходе выполнения оперативного вмешательства в мерные емкости со шкалой. Для этого используют понятие учтенной кровопотери, включающей в себя полостную, дренажную, раневую кровь, кровь в сгустках, кровь из хирургического материала, в больших гематомах и удаленных органах. Величину учтенной кровопотери оценивают в миллилитрах, дефиците ГО у пациента от должного (%) или в стандартных дозах эритроцитов.

Необходимость в проведении лабораторных измерений и использовании калибровочных таблиц приводит к увеличению времени для расчетов определения объема кровопотери. К неблагоприятным сторонам данных методов также можно отнести их трудоемкость в связи с необходимостью учета количества введенных трансфузионных средств.

Прямые методы оценки объема кровопотери позволяют определить только приблизительные данные, так как происходит быстрое испарение жидкости части крови. К недостаткам колориметрического метода относится необходимость использования стандартных растворов разведения и калибровочных кривых. Данные методы также не учитывают изменения состояния микроциркуляторного русла (МЦР), которое первое реагирует в ответ на кровопотерю, компенсируя потерю до 10 % ОЦК.

Непрямые методы оценки объема интраоперационной кровопотери основаны на клинической интерпретации изменения состояния организма пациента при различной степени кровопотери или его лабораторных показателях [21–24].

Основу не прямых методов составляют [12, 13, 25, 26]:

- 1) показатели гемоконцентрации (содержание гемоглобина в крови, гематокрит, плотность крови);
- 2) гемодинамические показатели и шоковый индекс;
- 3) использование индикаторных методов оценки ОЦК (красители, радиоактивные изотопы, плазмозаменители);
- 4) показатель биологического сопротивления тела или определение импеданса самой крови.

Непрямые методы оценки кровопотери могут быть объединены в следующие группы: клинические, лабораторные, аппаратные, лучевые, математические (расчетные), индикаторные.

К *клиническому методу* относится комплексное изменение показателей частоты пульса, дыхания, АД, центрального венозного давления, изменения со стороны ЦНС и пульсового давления.

Простым методом оценки объема кровопотери является шоковый индекс (ШИ), предложенный в 1967 г.

Альговером и Бури, представляющий собой соотношение ЧСС к САД. Значение шокового индекса выше при большей потери крови, что является плохим прогностическим признаком. В норме данный индекс равен 0,5. При шоке первой степени (кровопотеря 10–20 % ОЦК) шоковый индекс равен 0,8–0,9. При второй степени — 20–40 % ОЦК — ШИ будет находиться в диапазоне 0,9–1,2. При потере более 40 % ОЦК ШИ Альговера будет >1,3. Данный параметр используется для оценки кровопотери у взрослых пациентов. В педиатрии ШИ выдавал очень большую погрешность в результатах, в связи с чем он был скорректирован с поправкой на возраст.

$$\text{ШИ} = \text{ЧСС}_{\text{max}} / \text{САД}_{\text{min}}$$

где ЧСС_{max} — максимально нормальная частота сердечных сокращений; САД_{min} — минимально нормальное систолическое артериальное давление.

В связи с особенностями детского организма симптомы геморрагического шока у детей и взрослых имеют отличия. В детском возрасте даже при потере до 20–30 % объема циркулирующей крови организм способен поддерживать нормальное АД, при этом достоверным признаком кровопотери будет изменение ЧСС. В клинической картине геморрагического шока важными симптомами будут акроцианоз, бледность, симптом «белого пятна» более 3 с, нарастающая тахикардия. Артериальная гипотония — поздний признак шока, когда кровопотеря может достигать 30–40 % ОЦК. Нижней допустимой

границей среднего АД в мм рт. ст. принято считать гестационный возраст в неделях [27]. Однако нижняя граница АД не должна опускаться ниже 30 мм рт. ст. В зарубежной практике проводятся исследования с целью применения данного индекса в педиатрии, с поправкой на возраст пациентов и особенности гемодинамических показателей у детей. В зарубежных источниках он носит название шоковый индекс Альговера у детей (шоковый индекс педиатрического шока — shock index pediatric-adjusted, SIPA) [28].

Возрастные диапазоны показателей представлены в табл. 1.

К.Н. Huang и соавт. в 2021 г. провели многоцентровое ретроспективное исследование, в которое были включены 1732 пациента с нетравматическими заболеваниями в возрасте от 1 до 17 лет. Целью их исследования была возможность использования SIPA в качестве раннего показателя прогноза течения болезни для нетравматических заболеваний у детей, поступивших в педиатрическое отделение неотложной помощи и в отделение интенсивной терапии (ОИТ). Результат работы показал, что у детей с нетравматическими заболеваниями, поступивших в ОИТ из отделения неотложной помощи, повышение значений SIPA через 24 ч после поступления в ОИТ предсказывал высокую смертность и неблагоприятные исходы. Мониторинг тенденций в SIPA может помочь в прогнозировании и оптимизации раннего лечения [29].

С помощью лабораторных методов определяют уровень гемоглобина, эритроцитов, тромбоцитов,

Таблица 1. Возрастные диапазоны гемодинамики и SIPA в зависимости от возраста [29]

Table 1. Age ranges of hemodynamics and SIPA depending on age [29]

Возраст	Частота сердечных сокращений в минуту	Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	SIPA (индекс шока с поправкой на возраст детей)
1–3 года	70–110	90–110	1,2
4–6 лет	65–110	90–110	1,2
7–12 лет	60–100	100–120	1,0
>12 лет	55–90	100–135	0,9

Таблица 2. Норма гематокрита в зависимости от возраста [30]

Table 2. Norm of hematocrit depending on age [30]

Возраст	Норма гематокрита, %	
	для девочек	для мальчиков
Новорожденный	42–60	42–60
1–3 дня	45–67	45–67
7 дней	42–66	42–66
1 месяц	31–55	31–55
6 месяцев	29–41	29–41
1–2 года	32,5–41,0	27,5–41,0
3–6 лет	31,0–40,5	31,0–39,5
7–12 лет	32,5–41,5	32,5–41,5
Подростки	33,0–43,5	34,5–47,5

гематокрита, удельного веса крови. Расчет гематокрита — процентное содержание форменных элементов крови к единице объема крови. Нормальные показатели гематокрита у детей разного возраста отличаются (табл. 2) [30].

Наиболее распространенный метод оценки объема кровопотери, предложенный R.C. Moore в 1965 г. [32], основан на расчете объема кровопотери с учетом гематокрита. Для расчета используется следующая формула [30, 31]:

$$V_k = OЦК_d (Ht_d - Ht_ф) / Ht_d,$$

где V_k — объем кровопотери, мл; $OЦК_d$ — должный объем циркулирующей крови, мл; Ht_d — должный гематокрит; $Ht_ф$ — фактический гематокрит (определяется после остановки кровотечения и стабилизации гемодинамики).

Существует упрощенная формула Moore, в которой вместо показателей гематокрита используют значения гемоглобина или содержание эритроцитов [30, 31].

К непрямым методам оценки объема кровопотери также можно отнести способы, базирующиеся на основе различных *биофизических методов*. К ним относятся термодилуция, магнитная флоуметрия, ультразвуковая доплерография, эхокардиография, интегральная реография и др. В работе А.У. Лекманова и соав. [31] цитируется, что автором термодилуции является George Fegler. В 1953 г. он представил результаты эксперимента на собаках, в котором в качестве индикатора использовал раствор Рингера. В центральную вену вводили холодный раствор, а затем измеряли его количество в полученной крови из бедренной вены. В дальнейшем данный метод начали применять для клинической оценки показателей центральной гемодинамики у пациентов, находящихся в критическом состоянии. В 1970 г. H.J.C. Swan и W. Ganz [33] впервые применили катетеризацию легочной артерии, что в последующем послужило основой для транспульмональной термодилуции. Катетер Свана – Ганца состоит из четырех трубок, на конце одной из которых находится баллон. Путем установки катетера в легочной артерии можно измерить центральное венозное давление, давление в правом предсердии и правом желудочке, легочное артериальное давление, сердечный выброс и его показатели. Данные параметры дают возможность определить величину $OЦК$ [30, 31].

В педиатрической практике данный метод использовать затруднительно, особенно у детей с массой тела до 10 кг и у пациентов с измененной сердечно-легочной анатомией. Еще одна отрицательная особенность катетера — возникновение ранних и поздних осложнений в следствие его установки, таких как гематомы в месте пункции, гемоторакс, легочное кровотечение, кратковременные нарушения сердечного ритма.

М. Гасанов [24] провел исследование, измеряя показатели кровотока в МЦР у 66 доноров крови, с помощью ультразвукового высокочастотного доплерографа «Минимакс-Допплер-К» с датчиком 20 МГц. Целью его

изучений был анализ изменений гемодинамики МЦР в ответ на кровопотерю различного объема. Показателями кровотока были линейная скорость (мм/с), объемная скорость (мл/мин), индекс пульсации (Гослинга), индекс периферического сопротивления (индекс Пурсело), распределение частиц по скоростям (%). Всем пациентам проводили мониторинг МЦР в области ногтевого валика большого пальца кисти руки до взятия крови и во время процедуры сдачи. Измерения проводили в 5 точках во время сдачи крови. Нулевая точка была фоном, и замер производился до сдачи крови. Первая точка была равна сдаче крови в объеме 100 мл крови, вторая точка — 200 мл, третья точка — 300 мл, четвертая — 400 мл, пятая — 500 мл. До начала исследования и после окончания сдачи крови всем пациентам измеряли АД, ЧСС и ШИ. В последующем проводилось сопоставление полученных измерений в пяти точках у всех пациентов. Автор пришел к выводу, что механизмы компенсации кровопотери активируются при потере крови в размере 300 мл, но централизация компенсаторных реакций не наступает даже при потере в объеме 500 мл, в связи с отсутствием спазма сосудов. Автор отметил снижение общего периферического сопротивления и увеличение кровотока на уровне МЦР по мере взятия крови. Увеличение диапазона низкой скорости распределения клеток крови приводит к увеличению количества пристеночных «медленных» форменных элементов крови на фоне потери эритроцитов [24, 34]. Данный метод требует более детального изучения, так как при проведении ультразвукового исследования с доплерографией необходимо измерить очень большое количество показателей и их значения, которые не систематизированы, а на практике это почти невозможно [24].

Интегральная реография тела оценивает кровенаполнение сосудистого русла с помощью реографического метода регистрации изменения сопротивления (импеданса) тканей току высокой частоты. С помощью реографии измеряют минутный объем кровообращения, сердечный индекс, пиковую скорость кровотока, коэффициент резерва и коэффициент интегральной точности, который отражает долю времени, приходящуюся на диастолический участок в продолжительности всего кардиоцикла [35].

Еще одним методом оценки объема кровопотери является электроплетизмография. Это метод исследования кровенаполнения органов и тканей тела, основанный на регистрации биоимпеданса тела, в его основе лежит обратная пропорциональная зависимость $OЦК$ и базисного интегрального сопротивления тела. $OЦК$ определяется по формуле:

$$OЦК (л) = 770/R,$$

где R — импеданс тела, Ом.

Другим вариантом оценки объема кровопотери может быть расчет $OЦК$ и его компонентов с помощью статистических уравнений и номограмм с использованием компьютерных программ (математические методы). В их основе

лежит установление корреляционной зависимости между показателями глобулярного объема или ОЦК, показателями гематокрита, уровнем гемоглобина в сыворотке крови и массы тела пациента. В работе А.Т. Староверова и соавт. [29] представлено уравнение регрессии, в котором определяется глобулярный объем с учетом гематокрита и уровня гемоглобина, а также массы тела пациента [36].

$$ГО = (11,08 + 0,615 Ht + 0,0354 Hb) - 0,254 - N,$$

где ГО — глобулярный объем, мл/кг; Ht — гематокрит, %; Hb — гемоглобин, г/л; N — масса тела, кг.

В.В. Подкаменев и И.А. Пикало [10] построили номограмму для оценки степени кровопотери у детей с травмами селезенки, используя массу тела, возраст ребенка, ОЦК, должный возраст и должную массу тела.

Но несмотря на это нет единой концепции в столь актуальном вопросе.

К непрямым методам изучения степени кровопотери относят индикаторные методы оценки ОЦК на основе разведения различных маркировочных препаратов. В качестве индикатора выступают краситель Эванса голубой, альбумин, меченый радиоактивным йодом (плазменно-гематокритный метод), эритроциты, меченые радиоактивным хромом (клеточно-гематокритный метод) [11, 37]. Однако существенный недостаток подобных методов состоит в возможности элиминирования, кумуляции в тканях и выходе из сосудистого русла индикаторных молекул, что приводит к ошибкам в расчетах в диапазоне 10–15 %. Возможное решение данной проблемы — применение гидроксипропилированного крахмала или молекул декстрана с молекулярной массой 2–4 млн Да в качестве индикатора [38, 39].

А.П. Барабаш и соавт. [40] запатентовали способ определения объема кровопотери, сутью которого в определении плотности крови пациента до операции и определение плотности жидкости, выделяемой по дренажу в течение суток после оперативного вмешательства, и количества крови в ней. На основании результатов измерений строится таблица сопоставления относительной плотности дренажной жидкости и количества содержания крови в ней в процентах. В последующем определяют объем послеоперационной кровопотери в дренажном отделяемом по формуле:

$$V_k = (V_d / 100)C,$$

где V_k — объем кровопотери по дренажу, мл/сут; V_d — объем дренажной жидкости, мл/сут; C — процентное содержание крови в дренажном отделяемом по показателям ее относительной плотности [40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодня существует большое количество различных методов для оценки интраоперационной кровопотери, однако в рутинной клинической практике применяется всего

несколько из них. Каждый из указанных методов имеет свои преимущества и недостатки. Главным недостатком является сложность проведения оценки кровопотери, например, взвешивание хирургических материалов или пациента до и после операции, определение гемоглобина в жидкости после замачивания использованных операционных материалов, расчет индексов по формулам. Чаще всего оценка кровопотери проводится по клинической картине (бледность кожи и слизистых оболочек, слабый пульс, понижение АД и т. д.).

При ряде операций у детей раннего возраста трудности определения кровопотери связаны с тем, что во время операции происходит обильное пропитывание операционного белья кровью, смешанной с промывными растворами; в вакуумном аспираторе не всегда возможно измерить точное количество выделенной крови, в виду небольшого ОЦК, даже небольшое ее количество (около 10 мл) может значительно влиять на показатели гемодинамики и общее состояние ребенка. Ввиду своей инвазивности часть методик невозможно применить у новорожденных, особенно недоношенных детей.

Оценка источников литературы показала, что вопрос определения объема интраоперационной кровопотери в детской практике изучен недостаточно, о чем свидетельствует малое количество опубликованных научных работ и полное отсутствие рандомизированных мультицентровых исследований, что делает необходимым дальнейшее исследование данной проблемы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. В.М. Межевкина — сбор данных, написание текста; В.В. Лазарев — концепция исследования; Ю.В. Жиркова — обработка и анализ собранных данных.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study. V.M. Mezhevikina — collection of materials, writing the text; V.V. Lazarev — study concept; Yu.V. Zhirkova — processing and analysis of materials.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пшениснoв, К.В. Александрoвич Ю.С. Массивная кровoпoтeря в пeдиатричeской пpактикe // Гeмaтoлoгия и тpансфузиoлoгия. 2020. Т. 65, № 1. 70–86. DOI: 10.35754/0234-5730-2020-65-1-70-86
2. Крoвoбpащeниe и aнeстeзия / пoд peд. К.М. Лeбeдинcкoгo. 2-e изд-e. Сaнкт-Пeтepбург: Чeлoвeк, 2015. 1076 c.
3. Oлмaн К. Нeoтлoжныe cocтoяния в aнeстeзиoлoгии. Мoсквa: БИНОМ-Пpecc, 2013, 367 c.
4. Phillips G.R., Kauder D.R., Schwab C.W. Massive blood loss in trauma patients. The benefits and dangers of transfusion therapy // *Postgrad Med.* 1994. Vol. 95, No. 4. P. 61–62, 67–72.
5. Bercovitz R.S., Shewmake A.C., Newman D.K., et al. Validation of a definition of excessive postoperative bleeding in infants undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass // *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018. Vol. 155, No. 5. P. 2112–2124.e2. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.12.038.
6. Мaтуeв К.Б., Гopелышeв С.К., Лубнин A.Ю., и др. Крoвoпoтeря в хиpургии oпуxoлeй гoлoвнoгo мoзгa у дeтeй гpyднoгo вoзpacтa // *Журнал «Вoпpocы нeйpoхиpургии» имeни Н.Н. Бурдeнкo.* 2013. Т. 77, № 4. С. 3–15.
7. Бpюcов П.Г. Экстрeннoe oпpeдeлeниe вeличины крoвoпoтeри пo нoмoгpaммaм // *Boeннo-мeдицинский журнaл.* 1986. № 9. С. 61–62.
8. Cheerranichanunth P., Poolnoi P. Using blood loss pictogram for visual blood loss estimation in cesarean section // *J Med Assoc Thai.* 2012. Vol. 95, No. 4. P. 550–556.
9. Курcов С.В., Никoнoв В.В., Скoрoплeт С.Н. Крoвoпoтeря // *Мeдицинa нeoтлoжных cocтoяний.* 2019. № 1(96). С. 7–21. DOI: 10.22141/2224-0586.1.96.2019.158741
10. Пoдкaмeнeв В.В., Пикaлo И.А. Нoмoгpaммa для pacчeтa cтeпeни крoвoпoтeри пpи тpaвмe ceлeзeнки у дeтeй // *В пoмoщь пpактичecкoму вpачу. Poccийский пeдиатричecкий журнaл.* 2015. Т. 18, № 1. С. 54–58.
11. ATLS. Student Manual. 10th Edition. Chicago, IL: American College of Surgeons, 2018. 391 p.
12. Тимeрбулaтoв Ш.В., Фaязoв P.Р., Смыp P.А., и др. Oпpeдeлeниe oбъeмa и cтeпeни oстрoй крoвoпoтeри // *Мeдицинский вecтник Бaшкoртocтaнa.* 2012. Т. 7, № 2. С. 69–72.
13. Бoгдaн В.Г., Гaин Ю.М. Пpоблeмa oстрoй крoвoпoтeри в хиpургии. Сoобщeниe 2. Спocобы oпpeдeлeния oбъeмa и cтeпeни тяжeсти крoвoпoтeри // *Boeннaя мeдицинa.* 2007. №1(2). С. 46–50.
14. Schiller M.A., Howard J.T., Convertino V.A. The physiology of blood loss and shock: New insights from a human laboratory model of hemorrhage // *Exp Biol Med (Maywood).* 2017. Vol. 242, No. 8. P. 874–883. DOI: 10.1177/1535370217694099
15. Saceres E., Whittembury G. Evaluation of blood losses during surgical operations—comparison of the gravimetric method with the blood volume determination // *Surgery.* 1959. Vol. 45, No. 4. P. 681–687.
16. Jansen H., Berseus O., Johansson J.E. A simple photometric method for determination of blood loss during transurethral surgery // *Scand J Urol Nephrol.* 1977. Vol. 12, No. 1. P. 1–5.
17. Chua S., Ho L.M., Vanaja K., et al. Validation of a laboratory method of measuring postpartum blood loss // *Gynecol Obstet Invest.* 1998. Vol. 46, No. 1. P. 31–33. DOI: 10.1159/000009992
18. Gupta A., Wrench I.J., Feast M.J., Alderson J.D. Use of the HemoCue near patient testing device to measure the concentration of haemoglobin in suction fluid at elective Caesarean section // *Anaesthesia.* 2008. Vol. 63, No. 5. P. 531–534. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2007.05400.x
19. Johar R.S., Smith R.P. Assessing gravimetric estimation of intraoperative blood loss // *J Gynecol Surg.* 1993. Vol. 9, No. 3. P. 151–154. DOI: 10.1089/gyn.1993.9.151
20. Киpющeнкoв П.А., Шмaкoв P.Г., Aдaмoвa E.В., Тaмбoвцeвa М.А. Aлгoритм клиникo-гeмoстaзиoлoгичecкoгo oбcлeдoвaния в акушepcкo-гинeкoлoгичecкoй пpактикe // *Акушepcтвo и гинeкoлoгия.* 2013. № 1. С. 101–106.
21. Piekarski F., Wunderer F., Raimann F.J., et al. Erfassung von intraoperativen Blutverlusten. Ergebnisse einer multizentrischen Erhebung und Überblick aktueller Methoden zur Quantifizierung von Blutverlusten // *Anästh Intensivmed.* 2020. Vol. 61. P. 110–116. DOI: 10.19224/ai2020.110 (In Deutsch.)
22. Schiller M.A., Howard J.T., Convertino V.A. The physiology of blood loss and shock: New insights from a human laboratory model of hemorrhage // *Exp Biol Med (Maywood).* 2017. Vol. 242, No. 8. P. 874–883. DOI: 10.1177/1535370217694099
23. Кузнецoв Н.А. Сoвpeмeнныe тeхнoлoгии лeчeния oстрoй крoвoпoтeри // *Consilium Medicum.* 2003. Т. 5, № 6. С. 347–357.
24. Гaсaнoв М. Ультpaзвукoвaя дoплepoгpaфия в диaгнoстикe oбъeмa крoвoпoтeри // *Вpач.* 2018. Т. 29, № 12. С.72–75. DOI: 10.29296/25877305-2018-12-18
25. Сaхaрoв З.Ф., Хaкимoв Д.П., Aхмaтaлиeвa М.А., Aлимoв A.А. Диaгнoстикeскaя знaчимoсть индeкca Aльгoвepи для раннeгo pacпoзнaвaния шoкa у дeтeй // *Пpоблeмы cовpeмeннoй нaуки и oбpaзoвaния.* 2019. №5(138). С. 78–84.
26. Lemmer J.H., Despotis G.J. Antithrombin concentrate to treat heparin resistance in patients undergoing cardiac surgery // *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002. Vol. 123. P. 213–217. DOI: 10.1067/mtc.2002.119060
27. Fanaroff J.M., Fanaroff AA. Blood pressure disorders in the neonate: hypotension and hypertension // *Semin Fetal Neonatal Med.* 2006. Vol. 11, No. 3. P. 174–181. DOI: 10.1016/j.siny.2006.01.002. Epub 2006 Mar 3. PMID: 16516569.
28. Загpaничнoв, Ю.А., Рoмaнoвa Л.Л. Пpимeнeниe шoкoвoгo индeкca Aльгoвepи в диaгнoстикe гeмoрpaгичecкoгo шoкa у дeтeй // *Актуaльнe вoпpocы cовpeмeннoй мeдицинcкoй нaуки и здрaвooхpaнeния: cбopник стaтeй V Мeждунaрoднoй нaучнo-пpактичecкoй кoнфepeнции мoлoдых учeных и cтудeнтoв, пoсвящeннoй 75-лeтию Пoбeды в Вeликoй Oтчeствeннoй вoйнe, 90-лeтию УГМУ и 100-лeтию мeдицинcкoгo oбpaзoвaния нa Урaлe. Т 2; aпpeль 09–10, 2020; Eкaтepинбург. 2020. № 2. С. 750–754.*
29. Huang K.C., Yang Y., Li C.J., et al. Shock Index, Pediatric Age-Adjusted Predicts Morbidity and Mortality in Children Admitted to the Intensive Care Unit // *Front Pediatr.* 2021. No. 9. P. 727466. DOI: 10.3389/fped.2021.727466
30. Кильдияpовa P.Р., Лoбaнoв Ю.Ф., Лeгoнькoвa Т.И. Физикaльнoe oбcлeдoвaниe peбeнкa: учeбнoe пoсoбиe. Мoсквa: ГЭOТАP-Мeдиa, 2015. 256 c.
31. Лeкмaнoв A.У., Aзoвcкий Д.К., Пoнoмaрeвa Н.А. Мифы и peальнoсть тpaнcпyльмoнaльнoй тeрмoдилyции у дeтeй // *Анeстeзиoлoгия и peанимaтoлoгия.* 2021 No. 1. P. 60–64. DOI: 10.17116/anaesthesiology202101160
32. Moore R.C., Canizaro P.C., Sawyer R.B., et al. An evaluation of methods for measuring operative blood loss // *Anesth Analg.* 1965. Vol. 44, No. 1. P. 130–134.

33. Swan H.J., Ganz W., Forrester J., et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter // *N Engl J Med*. 1970. Vol. 283, No. 9. P. 447–451. DOI: 10.1056/NEJM197008272830902.
34. Toledo P., McCarthy R.J. The accuracy of blood loss estimation after simulated vaginal delivery // *Anesth Analg*. 2007. Vol. 105, No. 6. P. 1736–1740. DOI: 10.1213/01.ane.0000286233.48111.d8
35. Симутис И.С., Бояринов Г.А., Мухин А.С., и др. Способ прогнозирования рецидива желудочно-кишечных кровотечений // *Казанский медицинский журнал*. 2014. Т. 95, № 3. С. 446–449.
36. Староверов О.Т., Капралова А.И., Куликов Л.В. Номограмма для определения глобулярного объема крови // *Анестезиология и Реаниматология* 1979. № 1. С. 22–25.
37. Verma A.K., Xu D., Garg A., et al. Non-linear Heart Rate and Blood Pressure Interaction in Response to Lower-Body Negative Pressure. *Front Physiol*. 2017. Vol. 8. P. 767. DOI: 10.3389/fphys.2017.00767
38. Nowak-Göttl U., Limperger V., Kenet G., et al. Developmental hemostasis: A lifespan from neonates and pregnancy to the young and elderly adult in a European white population // *Blood Cells Mol Dis*. 2017. Vol. 67. P. 2–13. DOI: 10.1016/j.bcmd.2016.11.012
39. Лекманов А.У., Зольдина О.А. Определение объема циркулирующей крови с использованием препаратов гидроксипропилированного крахмала // *Вестник интенсивной терапии*. 2001. № 3. С. 13–15.
40. Патент № 2191383/ 20.10.2000. Бюл. № 29. Барабаш А.П., Родионова Л.В., Барабаш И.В. Способ определения послеоперационной кровопотери. Режим доступа: <https://patent.ru/patent/RU2191383C2>.
41. Mooney J.F., Barfield W.R. Validity of estimates of intraoperative blood loss in pediatric spinal deformity surgery // *Spine Deformity*. 2013. Vol. 1. P. 21–24. DOI: 10.1016/j.jspd.2012.10.005

REFERENCES

1. Pshenishnov KV, Aleksandrovich YuS. Massive blood loss in pediatric practice. *Russian Journal of Hematology and Transfusiology*. 2020;65(1):70–86. (In Russ.) DOI: 10.35754/0234-5730-2020-65-1-70-86
2. Blood circulation and anesthesia. Lebedinskii K.M., ed. 2nd edition. Saint Petersburg: Chelovek, 2015. 1076 s.
3. Olman K. Neotlozhnye sostoyaniya v anesteziologii. Moscow: Binom-Press, 2013. 367 s.
4. Phillips GR, Kauder DR, Schwab CW. Massive blood loss in trauma patients. The benefits and dangers of transfusion therapy. *Postgrad Med*. 199;95(4):61–62,67–72.
5. Bercovitz RS, Shewmake AC, Newman DK, et al. Validation of a definition of excessive postoperative bleeding in infants undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;155(5):2112–2124.e2. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.12.038
6. Matuev KB, Gorelyshev SK, Lubnin AY, et al. Blood loss in surgery of brain tumors in infants. *Zhurnal Voprosy Neirokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2013;77(4):3–15. (In Russ.)
7. Bryusov PG. Emergency determination of the amount of blood loss by nomograms. *Voенно-Медицинский Журнал*. 1986;(9):61–62. (In Russ.)
8. Cheerranichanunth P, Poolnoi P. Using blood loss pictogram for visual blood loss estimation in cesarean section. *J Med Assoc Thai*. 2012;95(4):550–556.
9. Coursov SV, Nikonov VV, Skoroplet SN. Blood loss. *Emergency Medicine*. 2019;1(96):7–21. (In Russ.)
10. Podkamenev VV, Pikalo IA. Nomogram for calculating the degree of blood loss in spleen injury in children. *Vpomoshch' prakticheskomu vrachu. Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*. 2015;18(1):54–58. (In Russ.)
11. ATLS Student Manual. 10th Edition. Chicago, IL: American College of Surgeons; 2018. 391 p.
12. Timerbulatov ShV, Fayazov RR, Smyr RA. Determination of acute blood loss volume and severity. *Bashkortostan Medical Journal*. 2012;7(2):69–72. (In Russ.)
13. Bogdan VG, Gain YuM. Problema ostroi krovopoteri v khirurgii. Soobshchenie 2. Sposoby opredeleniya ob'ema i stepeni tyazhesti krovopoteri. *Military medicine*. 2007;(1(2)):46–50.
14. Schiller MA, Howard JT, Convertino VA. The physiology of blood loss and shock: New insights from a human laboratory model of hemorrhage. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2017;242(8):874–883. DOI: 10.1177/1535370217694099
15. Caceres E, Whittembury G. Evaluation of blood losses during surgical operations-comparison of the gravimetric method with the blood volume determination. *Surgery*. 1959;45(4):681–687.
16. Jansen H, Berseus O, Johansson JE. A simple photometric method for determination of blood loss during transurethral surgery. *Scand J Urol Nephrol*. 1977;12(1):1–5.
17. Chua S, Ho LM, Vanaja K, et al. Validation of a laboratory method of measuring postpartum blood loss. *Gynecol Obstet Invest*. 1998;46(1):31–33. DOI: 10.1159/000009992
18. Gupta A, Wrench IJ, Feast MJ, Alderson J.D. Use of the HemoCue near patient testing device to measure the concentration of haemoglobin in suction fluid at elective Caesarean section. *Anaesthesia*. 2008;63(5):531–534. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2007.05400.x
19. Johar RS, Smith RP. Assessing gravimetric estimation of intraoperative blood loss. *J Gynecol Surg*. 1993;9(3):151–154. DOI: 10.1089/gyn.1993.9.151
20. Kiryushchenkov PA, Shmakov RG, Adamova EV, Tambovtseva MA. An algorithm for clinical and hemostasiological investigation in obstetric and gynecological care. *Akusherstvo i ginekologiya*. 2013;1:101–106. (In Russ.)
21. Piekarski F, Wunderer F, Raimann FJ, et al. Erfassung von intraoperativen Blutverlusten. Ergebnisse einer multizentrischen Erhebung und Überblick aktueller Methoden zur Quantifizierung von Blutverlusten. *Anästh Intensivmed*. 2020;61:110–116. DOI: 10.19224/ai2020.110 (In Deutsch.)
22. Schiller MA, Howard JT, Convertino VA. The physiology of blood loss and shock: New insights from a human laboratory model of hemorrhage. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2017;242(8):874–883. DOI: 10.1177/1535370217694099
23. Kuznetsov NA. Sovremennye tekhnologii lecheniya ostroi krovopoteri. *Consilium Medicum*. 2003;5(6):347–357. (In Russ.)
24. Gasanov M. Doppler ultrasound in the diagnosis of blood loss volume. *Vrach*. 2018;29(12):72–75. (In Russ.) DOI: 10.29296/25877305-2018-12-18
25. Saharov ZF, Hakimov DP, Akhmatalieva MA, Alimov AA. Diagnostic significance of the algover index for early shock recognition in children. *Problemy Sovremennoi Nauki i Obrazovaniya*. 2019;5(138):78–84. (In Russ.)

26. Lemmer JH, Despotis GJ. Antithrombin concentrate to treat heparin resistance in patients undergoing cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123:213–217. DOI: 10.1067/mtc.2002.119060
27. Fanaroff JM, Fanaroff AA. Blood pressure disorders in the neonate: hypotension and hypertension. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2006;11(3):174–181. DOI: 10.1016/j.siny.2006.01.002. Epub 2006 Mar 3. PMID: 16516569.
28. Zagranichnov YuA, Romanova LL. Hemorrhagic shock in pediatrics. Unique aspects, diagnostic markers. In: *Aktual'nye voprosy sovremennoj medicinskoj nauki i zdravoohraneniya: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference of Young scientists and students dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, the 90th anniversary of UGMU and the 100th anniversary of medical education in the Urals.* 2020;2:750–754. (In Russ.)
29. Huang KC, Yang Y, Li CJ, et al. Shock Index, Pediatric Age-Adjusted Predicts Morbidity and Mortality in Children Admitted to the Intensive Care Unit. *Front Pediatr.* 2021;28(9):727466. DOI: 10.3389/fped.2021.727466
30. Kildiyarova RR, Lobanov YuF, Legon'kova TI. Fizikal'noe obsledovanie rebenka: uchebnoe posobie: a textbook. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. 256 p. (In Russ.)
31. Lekmanov AU, Azovskij DK, Ponomareva N.A. Myths and realities of transpulmonary thermodilution in children. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology.* 2021;(1):60–64. (In Russ.) DOI: 10.17116/anaesthesiology202101160
32. Moore RC, Canizaro PC, Sawyer RB, et al. An evaluation of methods for measuring operative blood loss. *Anesth Analg.* 1965;44:130–134.
33. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med.* 1970;283(9):447–451. DOI: 10.1056/NEJM197008272830902.
34. Toledo P, McCarthy RJ. The accuracy of blood loss estimation after simulated vaginal delivery. *Anesth Analg.* 2007;105(6):1736–1740. DOI: 10.1213/01.ane.0000286233.48111.d8
35. Simutis IS, Boyarinov GA, Mukhin AS, et al. Method for recurrent gastrointestinal bleeding prognosis. *Kazan Medical Journal.* 2014;95(3):446–449. (In Russ.)
36. Staroverov AT, Kapralova AI, Kulikov LVI. Nomography in determination of the globular volume. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology.* 1979;(1):22–25. (In Russ.)
37. Verma AK, Xu D, Garg A, et al. Non-linear Heart Rate and Blood Pressure Interaction in Response to Lower-Body Negative Pressure. *Front Physiol.* 2017;8:767. DOI: 10.3389/fphys.2017.00767
38. Nowak-Göttl U, Limperger V, Kenet G, et al. Developmental hemostasis: A lifespan from neonates and pregnancy to the young and elderly adult in a European white population. *Blood Cells Mol Dis.* 2017;67:2–13. DOI: 10.1016/j.bcmd.2016.11.012
39. Lekmanov AU, Zol'dina OA. Opreделение ob'ema tsirkuliruyushchei krovi s ispol'zovaniem preparatov gidroksietilirovannogo krakhmala. *Vestnik Intensivnoi Terapii.* 2001;(3):13–15. (In Russ.)
40. Patent RU 2191383/ 20.10.2000. Bul. No. 29. Barabash AP, Rodionova LV, Barabash IV. Method of determination of postoperative blood loss. Available from: <https://patent.ru/patent/RU2191383C2> (In Russ.)
41. Mooney JF, Barfield WR. Validity of estimates of intraoperative blood loss in pediatric spinal deformity surgery. *Spine Deformity.* 2013;1:21–24. DOI: 10.1016/j.jpsd.2012.10.005

ОБ АВТОРАХ

***Валентина Михайловна Межевикина**, аспирант, врач – анестезиолог-реаниматолог; адрес: Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5217-4641>; eLibrary SPIN: 4965-6597; e-mail: mezhevikina.valentina@gmail.com

Владимир Викторович Лазарев, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой детской анестезиологии и интенсивной терапии, врач – анестезиолог-реаниматолог; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8417-3555>; eLibrary SPIN: 4414-0677; e-mail: 1dca@mail.ru

Юлия Викторовна Жиркова, д-р мед. наук, профессор кафедры детской анестезиологии и интенсивной терапии, врач – анестезиолог-реаниматолог; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7861-6778>; eLibrary SPIN: 5560-6679; e-mail: zhirkova@mail.ru

AUTHORS INFO

***Valentina M. Mezhevikina**, Postgraduate Student, anesthesiologist-resuscitator; address: 1, Ostrovityznova st., Moscow, 117997, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5217-4641>; eLibrary SPIN: 4965-6597; e-mail: mezhevikina.valentina@gmail.com

Vladimir V. Lazarev, Dr. Sci. (Med), Professor, Head of the Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Therapy; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8417-3555>; eLibrary SPIN: 4414-0677; e-mail: 1dca@mail.ru

Yulia V. Zhirkova, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Care, anesthesiologist-resuscitator; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7861-6778>; eLibrary SPIN: 5560-6679; e-mail: zhirkova@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author