

© 2023 ФГБУ «НМИЦ ДГОИ
им. Дмитрия Рогачева»
Минздрава России
Поступила 03.08.2023
Принята к печати 01.09.2023

Контактная информация:

Гуз Илья Валерьевич,
врач-трансфузиолог отделения
трансфузиологии, заготовки и процессинга
гемопозитических стволовых клеток
ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева»
Минздрава России
Адрес: 117997, Москва,
ул. Саморы Машела, 1
E-mail: ilia.guz@fccho-moscow.ru

© 2023 by «D. Rogachev NMRCPHOI»

Received 03.08.2023

Accepted 01.09.2023

Correspondence:

Ilya V. Guz,
a transfusion medicine physician at the
Department of Transfusiology, Procurement
and Processing of Hematopoietic Stem Cells
of the Dmitry Rogachev National Medical
Research Center of Pediatric Hematology,
Oncology and Immunology, Ministry
of Healthcare of the Russian Federation
Address: 1 Samory Mashela St.,
Moscow 117997, Russia
E-mail: ilia.guz@fccho-moscow.ru

DOI: 10.24287/1726-1708-2023-22-4-170-176

Интраоперационная реинфузия эритроцитов в онкохирургии

И.В. Гуз, П.Е. Трахтман, В.В. Щукин, А.В. Мотовицкая

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва

Хирургическое вмешательство у онкологических пациентов иногда сопровождается значительной кровопотерей, и интраоперационная реинфузия эритроцитов – эффективная методика, позволяющая скорректировать послеоперационные осложнения. Аппаратная реинфузия аутологичных эритроцитов существенно снижает количество трансфузий донорских эритроцитов. Лейкоцитарный фильтр исключает возможность попадания опухолевых клеток в циркуляторное русло пациента. Данный метод прост в использовании при соответствующей подготовке медицинского персонала. Интраоперационная реинфузия эритроцитов может и должна использоваться в менеджменте сохранения аутологичных эритроцитов у пациентов при плановом или экстренном оперативном вмешательстве с предполагаемой кровопотерей более 500 мл.

Ключевые слова: интраоперационная реинфузия эритроцитов, отмые аутологичные эритроциты, лейкоцитарный фильтр, опухолевые клетки

Гуз И.В. и соавт. Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии 2023; 22 (4): 170–6.

DOI: 10.24287/1726-1708-2023-22-4-170-176

Intraoperative red blood cell salvage in cancer surgery

I.V. Guz, P.E. Trakhtman, V.V. Shchukin, A.V. Motovitskaya

Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow

Surgery in cancer patients may sometimes involve significant blood loss, and intraoperative red blood cell salvage is an effective technique that can reduce postoperative complications. Autologous reinfusion of red blood cells processed by a cell saver machine significantly reduces the number of red blood cell transfusions from donors. The use of leukocyte filters eliminates the possibility of tumor cell release into the patient's circulation. This method is easy to use, however medical staff should be appropriately trained in cell salvage. Intraoperative red blood cell salvage can and should be used in the management of patients undergoing planned or emergency surgeries with expected blood loss > 500 mL.

Key words: intraoperative red blood cell salvage, washed autologous red blood cells, leukocyte filter, tumor cells

Guz I.V., et al. Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology. 2023; 22 (4): 170–6.

DOI: 10.24287/1726-1708-2023-22-4-170-176

Интраоперационная реинфузия эритроцитов (ИРЭ) – метод сбережения потерянной в ходе хирургического вмешательства раневой крови с последующей обработкой и безопасной реинфузией во время операции готовых к переливанию эритроцитов, позволяющий если не полностью отказаться от трансфузии донорских компонентов крови, то существенно снизить трансфузионную нагрузку на пациента. В детской хирургии довольно остро стоит вопрос о применении аппаратной реинфузии аутокрови, так как частой причиной неблагоприятного исхода служит массивная интраоперационная кровопотеря. Невозможность компенсировать относительно небольшую по объему кровопотерю связана с физиологическими особенностями организма детского возраста. Быстрый прогресс грубых нарушений метаболизма и гемостаза приводит к неблагоприятному исходу, при этом использование значительных объемов донорских компонентов крови также представляет вполне реальную угрозу для жизни. В связи с этим современный подход в коррекции интраоперационной

кровопотери требует внедрения новых технологий и развития клинической трансфузиологии [1]. Аппаратная реинфузия аутокрови больного позволяет не только избежать ряда осложнений, но и увеличить шансы на благоприятный исход. Многолетний опыт подтверждает положительный клинический эффект от ИРЭ, не исключая возможных осложнений. Главное преимущество ИРЭ перед трансфузией аллогенных эритроцитов заключается в том, что в сосудистое русло возвращаются только собственные эритроциты пациента, это защищает иммунную систему организма больного и предупреждает ряд хорошо известных осложнений, связанных с использованием донорских эритроцитов [2]. Аутоэритроциты, полученные с применением аппаратной реинфузии, в отличие от донорских не депонируются, а с максимальной клинической эффективностью включаются в циркуляторное русло. Для достижения адекватного эффекта необходимо меньше аутоэритроцитов, чем аллогенных даже малых сроков хранения [3]. В исследованиях с эритроцитами, мечеными ^{51}Cr , доказано, что реинфу-

зируемые эритроциты обладают нормальной продолжительностью жизни и не происходит их значительной секвестрации в селезенке. Интраоперационная анемия клинически менее выражена, а восстановление показателей гемоглобина, эритроцитов, объема циркулирующей крови после ИРЭ происходит быстрее, чем при использовании аллогенных эритроцитов [4]. Проблему осложнений, связанных с попаданием в кровоток частиц разрушенных тканей и выделившихся из них биологически активных веществ, удалось решить путем сепарации раневой крови с последующим отмыванием эритроцитов достаточно большим объемом физиологического раствора, а моющая среда, плазма с антикоагулянтом и свободным гемоглобином, детрит, микроагрегаты, строма разрушенных клеток удаляются в мешок для отходов [5]. Таким путем удается достичь важнейшей из целей восполнения кровопотери – восстановления кислородотранспортной функции крови.

В настоящее время существуют различные кровесберегающие технологии, при использовании которых кровь пациента эксфузируется с последующим возвратом в интраоперационном или послеоперационном периоде. Это, прежде всего, предоперационное аутодонорство и острая изоволемическая гемодилюция. Эффективные методики с высокой клинической эффективностью не всегда осуществимы у детей из-за физиологически низкой массы тела, низкого уровня гемоглобина, клинического статуса пациента. Центрифугирование и отмывание аутоэритроцитов можно выполнить ручным способом, но использование Cell Saver значительно ускоряет процесс обработки, что жизненно важно в экстренных ситуациях с массивной или одномоментной острой кровопотерей, особенно у пациентов с фенотипически редкой группой крови [6–8]. Инфракрасные датчики аппаратов позволяют осуществлять контроль качества за процессом отмывания аутоэритроцитов с возможностью вмешаться на любом этапе, недоступном при обработке вручную [2].

Современные аппараты достигли такого уровня обработки эритроцитов, что данный метод стало возможным применять в ситуациях, ранее являвшихся противопоказанием для реинфузии, например при контаминации содержимого тонкого кишечника.

Длительное время применение аппаратной реинфузии в онкохирургии подвергалось сомнению, но благодаря использованию специальных фильтров, позволяющих избежать контаминации реинфузата опухолевыми клетками, считается решенной проблемой [8].

Интраоперационная кровопотеря по-прежнему остается серьезной проблемой в современной хирургии, а использование только донорских компонентов крови не является безопасным реше-

нием проблемы. Методы аппаратной реинфузии крови возникли много десятилетий назад, имеют длительный период развития и в настоящее время эффективно применяются на практике почти во всех отраслях хирургии. Интраоперационная кровопотеря при онкохирургических вмешательствах у детей может быть массивной и достигать 2–3 объемов циркулирующей крови, особенно когда опухоль имеет хорошее кровоснабжение или прорастает в магистральные сосуды, именно в таких ситуациях аппаратная реинфузия крови является методом выбора и повышает шансы на благоприятный исход.

Методика интраоперационной реинфузии эритроцитов

ИРЭ включает в себя 3 этапа: наполнение или сбор, отмывание и реинфузию эритроцитов пациенту [9].

Наполнение и стабилизация

Сохранение максимального количества жизнеспособных эритроцитов должно быть целью совместной работы хирурга, анестезиолога и трансфузиолога. Величина вакуумного давления является главной составляющей при аспирации интраоперационной крови и должна быть ниже, чем стационарная, главная задача которой не сохранение эритроцитов, а чистота операционного поля. Для того, чтобы начать процесс отмывания эритроцитов, необходимо собрать объем, в 2 раза превышающий объем чаши или колокола. Если собрано недостаточное количество, то качество отмываемых эритроцитов будет низким и приведет к более высокой концентрации свободного гемоглобина и повышенному содержанию лейкоцитов. Как только в резервуаре собирается достаточный объем, аппарат самостоятельно запускает фазу отмывания эритроцитов. Салфетки, пропитанные кровью, необходимо использовать (выжимать) в стерильный лоток с последующей аспирацией в кардиотомный резервуар с встроенным фильтром (120 мк), проходя через который стабилизированная раневая кровь очищается от наиболее крупных частиц (костных отломков, сгустков, частиц тканей) в условиях зоны чистого воздуха.

Отмывание

Этап отмывания включает в себя разделение на слои под действием центробежной силы с последующим удалением плазмы, тромбоцитов, лейкоцитов, ACD-A, NaCl 0,9%, использованного во время операции, с дальнейшим отмыванием концентрированных эритроцитов.

Центрифугирование

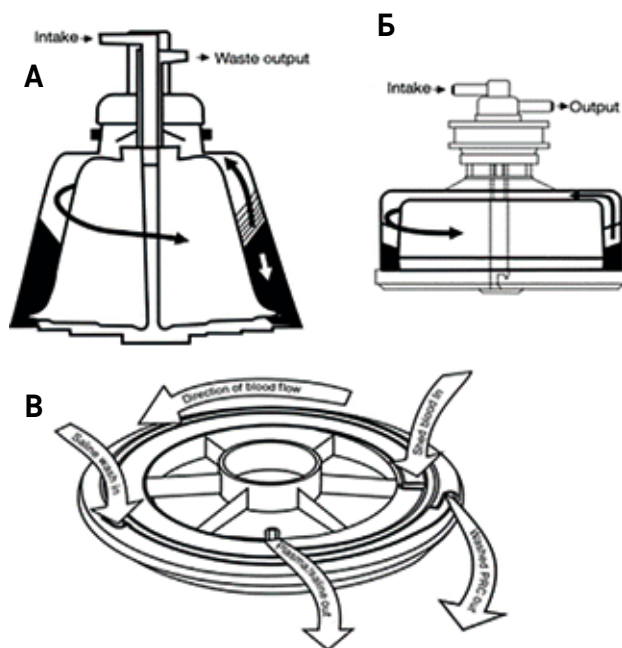
Существует 3 основные системы в форме чаши или диска для отмывания эритроцитов (рисунок).

Рисунок

А – чаша центрифуги Latham, имеет коническую форму; Б – чаша центрифуги Baylor, имеет цилиндрическую форму; В – система непрерывной аутоотрансфузии (CATS) с двойной спиральной конструкцией

Figure

A – the Latham centrifuge bowl that has a conical shape; Б – the Baylor centrifuge bowl that has a cylindrical shape; В – the continuous autotransfusion system (CATS) with the opposing double-spiral design



В конце 1990-х годов впервые было сообщено еще об одном аппарате для интраоперационной реинфузии эритроцитов – CATS (Fresenius Kabi, Bad Homburg, Германия) [10]. Вместо чаши и отделения крови методом центрифугирования применялся Cell Saver (Haemonetics) методом непрерывного отмывания эритроцитов. Разделительная камера представляет канал, имеющий форму диска (дисковая система переменного объема). Система переменного объема позволяет отмывать малый объем крови с фиксированным гематокритом.

Система фиксированной чаши, или чаша Lathama, имеет форму колокола. Кровь с помощью роликового насоса поступает в центрифужный колокол, где происходит отделение эритроцитов от плазмы, лейкоцитов и тромбоцитов. Процесс отделения основан на разной плотности клеток и жидкости обрабатываемой крови. Наиболее плотные клеточные элементы (эритроциты) из-за особого устройства колокола оседают при центрифугировании на его внешней стенке, тогда как клетки, имеющие меньшую плотность (тромбоциты, лейкоциты), вместе с плазмой удаляются в мешок для отходов. В колокол вместе с кровью поступает промывающий раствор – NaCl 0,9% [11]. Физиологический раствор омывает эритроциты и вытес-

няет плазму вместе с антикоагулянтом, свободным гемоглобином, клеточным детритом и другими примесями в мешок для отходов. Эта процедура может повторяться несколько раз в зависимости от хода операции и объемов кровопотери. После этапа отмывания эритроцитарная взвесь с помощью роликового насоса переносится в мешок для реинфузии.

Реинфузия

Реинфузия должна быть проведена в течение первых 6 ч после сбора отмывых эритроцитов, чтобы сохранить их функцию и оптимизировать объем циркулирующей крови. Мониторинг интраоперационной реинфузии эритроцитов аналогичен таковому при трансфузии донорских эритроцитов, за исключением совмещения на плоскости. Трансфузиолог совместно с анестезиологом должны уметь выявлять и лечить такое осложнение, как реинфузионная гипотензия. Мешок с готовыми эритроцитами обязательно должен быть маркирован с указанием сведений о пациенте (фамилия, имя, отчество, группа крови, резус-фактор). Трансфузию эритроцитов нельзя проводить под давлением пневматической манжеты, так как это может привести к воздушной эмболии у пациента и разрыву мешка с эритроцитами. Для увеличения скорости восполнения кровопотери необходим отдельный венозный доступ. Это может быть центральный или периферический венозный катетер. Важно промывать физиологическим раствором катетер до и после трансфузии для предотвращения тромбообразования и агглютинации.

Аппараты для интраоперационной реинфузии эритроцитов

Современный аппарат для интраоперационной реинфузии Cell Saver включает в себя двухпросветную аспирационную трубку с пластиковым накопником, обеспечивающую непрерывный поток антикоагулянта (ACD-A или гепарин) для предотвращения свертывания крови во время сбора. Стабилизированная кровь по линии аспирации поступает в кардиотомный резервуар с фильтром 150 мк до достижения необходимого количества для начала работы [12]. Это автоматизированный или полуавтоматизированный процесс. Важнейшей технической составляющей комплекта для обработки крови является центрифужная камера (чаша или колокол) конической или цилиндрической формы [13]. Под действием центробежной силы (5000–6000 об./мин) плазма более низкой плотности находится наверху и удаляется в мешок для отходов вместе с тромбоцитами, лейкоцитами, остается только концентрат эритроцитов (с гематокритом 55–65%) вдоль внешних стенок колокола [14]. Центрифужная камера впервые была описана J. Latham, который в 1971 г. основал

компанию Haemonetics. Другой вариант центрифужной камеры, используемый для разделения клеток, – чаша Baylor [14]. Этот вариант конструкции имеет скорее цилиндрическую, чем коническую форму, и считается, что такая конструкция обеспечивает более быстрое отмывание эритроцитов, но с потерей их качества. Типичный размер используемой чаши или колокола составляет 225–250 мл, что требует 500–700 мл цельной крови для начала отмывания эритроцитов [15, 16]. Оптимально использование колокола 125 мл, для заполнения которого требуется 250–400 мл цельной крови. Также существует колокол или чаша 55–70 мл, используемые в педиатрической практике у пациентов менее 30 кг.

Эритроциты могут быть повреждены в различных точках на пути сбора до этапа реинфузии пациенту. При аспирации крови для снижения риска механического повреждения эритроцитов диапазон вакуумного давления необходимо соблюдать от 100 до 150 мм рт. ст. [17]. При одномоментной массивной кровопотере возможно повышение давления до 250–300 мм рт. ст. Аутологичные отмывые эритроциты в сравнении с аллогенными эритроцитами лучше сохраняют способность к деформации, имеют повышенную концентрацию 2,3-дифосфоглицерата и аденозинтрифосфата, в результате доставка кислорода к тканям происходит быстрее [18]. Трансфузия эритроцитарного концентрата должна быть выполнена в течение 6 ч после этапа отмывания. Кроме того, отмывые аутоэритроциты не вызывают трансфузионную реакцию «трансплантат против хозяина». Концентрация свободного гемоглобина значительно ниже, чем в донорских эритроцитах [19].

Во время реинфузии аутоэритроцитов обязательно использование лейкоцитарного фильтра (например, RS1VAE-фильтр для удаления лейкоцитов). Фильтр способен удалять опухолевые клетки, лейкоциты, жир и микроагрегаты. Низкие потери в фильтре (31 мл – остаточный объем фильтра) и вентилируемая игла типа Spike с клапаном сброса воздуха позволяют выполнять реинфузию быстро и безопасно. После трансфузии 450 мл эритроцитов необходима замена фильтра.

Преимущества интраоперационной реинфузии эритроцитов

Преимущества ИРЭ связаны с уменьшением потребности в переливании донорской крови, рестриктивных триггерах переливания, связанных с принципами менеджмента крови, лучшей доставкой кислорода, по сравнению с донорской кровью и отсутствием неблагоприятных эффектов. Аллогенное переливание донорских компонентов крови сопряжено с риском острой трансфузионной реакции либо человеческой ошибки, приводящей к трансфузии не

той эритроцитарной взвеси пациенту. Переливание донорских компонентов крови может вызвать сенсibilизацию к антигенам, таким как Келл, Даффи или Лютеран. Это может усложнять в будущем индивидуальный подбор эритроцитов, однако концентрация антител может со временем снижаться, что приводит к отрицательному результату скрининга на антигена у потенциального реципиента. Последующее повторное воздействие антигена при переливании аллогенных эритроцитов может вызывать отсроченную гемолитическую реакцию. Антиген Келл – один из ряда антигенов, сенсibilизация которых у пациенток с детородным потенциалом приводит к повышенному риску гемолитической болезни плода и новорожденного [20]. Это может привести к повышенному риску развития послеоперационной инфекции и возможному повышенному риску роста опухоли или метастазов и может объяснить наблюдаемый отрицательный результат переливания крови у пациентов, перенесших оперативное вмешательство [21, 22]. В дополнение к продукту ИРЭ, обеспечивающему превосходную доставку кислорода, он предлагает анестезиологу средство увеличения объема, которое является одновременно вязким и онкотически активным.

Принципы менеджмента крови пациента поддерживают рассмотрение ограничительной стратегии переливания (и, следовательно, разрешительной анемии) [23]. При использовании ИРЭ такие триггеры переливания становятся менее значимыми, поскольку реинфузия интраоперационно собранных и отмывых эритроцитов часто приводит к послеоперационным концентрациям гемоглобина выше допустимого порога переливания, но без всякого риска аллогенного переливания. ИРЭ также предлагает приемлемый с моральной точки зрения вариант для некоторых культурных групп, которые возражают против переливания донорской крови. Собранные эритроциты можно считать приемлемой альтернативой, которая не ставит под угрозу духовные убеждения и может облегчить хирургическое вмешательство с высоким риском интраоперационного кровотечения. Это должно быть изучено на индивидуальной основе, и для таких обстоятельств имеется обширное руководство [24]. Необходимо учитывать расходы на оборудование и персонал. Тем не менее ИРЭ предлагает много финансовых и медицинских преимуществ, особенно при использовании с другими аспектами менеджмента крови пациента. Поскольку ИРЭ уменьшает послеоперационную анемию и уменьшает дозу аллогенной трансфузии, снижается риск послеоперационной заболеваемости в результате снижения доставки кислорода и инфекцией, связанной с TRIM. Поэтому возможен более ранний перевод из отделения реанимации и интен-

сивной терапии в отделение хирургии с последующей выпиской [25]. Сокращение количества переливаний донорских компонентов в отделении также снижает нагрузку на персонал.

Недостатки интраоперационной реинфузии эритроцитов

ИРЭ может быть неприемлема для всех ситуаций операционной кровопотери и грамотный отбор пациентов чрезвычайно важен. Для безопасной и эффективной ИРЭ требуются обученный персонал, организация коллективной работы всей операционной бригады (хирург, анестезиолог, трансфузиолог, операционные сестры). Это более трудоемко, чем при рассмотрении альтернативы использования донорских компонентов крови. Безопасный и эффективный сбор крови требует большого труда от всей операционной бригады. Необходимы финансовые вложения в обучение, оборудование и расходные материалы. Даже при грамотном отборе и правильном ведении пациента реинфузионная гипотензия является признанным, а иногда и очень выраженным осложнением. Неясно, почему это происходит, хотя предполагается, что из-за высвобождения брадикинина и острой гипокальциемии. Точная частота реинфузионной гипотензии неизвестна: с 2010 г. в рамках схемы серьезной опасности переливания крови (SHOT) в Великобритании было зарегистрировано 27 случаев (20 из 27 случаев были связаны с использованием лейкоцитарного фильтра) [26]. Гипотензия может быть достаточно значительной, чтобы остановить реинфузию и потребовать вазопрессорной или инотропной поддержки. Гипотензия во время реинфузии может иметь другую этиологию, при этом следует исключить гиповолемию и другие причины интраоперационной гипотензии. Следует отметить, что при инфузии аллогенной крови может наблюдаться артериальная гипотензия, что может указывать на острую трансфузионную реакцию. Обработка собранной крови занимает несколько минут, когда переливание является критичным по времени (при одномоментном остром кровотечении), современные аппараты предлагают «экстренные режимы» для увеличения скорости заготовки эритроцитов за счет их большей потери, вызванной более высокими скоростями вращения роликов насоса и сокращения циклов отмывания. Аутологичная эритроцитарная взвесь может быть недоступна сразу, а ограниченное использование аллогенных эритроцитов может облегчить проблемы с гиповолемией в течение этого времени. Аутологичная эритроцитарная взвесь содержит клинически незначимые концентрации факторов свертывания крови и тромбоцитов и при обработке больших объемов потребуются использование криопреципитата, тромбоцитов и кальция.

Осложнения могут быть связаны с перегрузкой по объему (трансфузии компонентов крови), введением избыточного антикоагулянта и гемолизом, а также с повышением уровня свободного гемоглобина, гемоглобинурией, гематурией, воздушной эмболией, цитратной токсичностью, депрессией сывороточного кальция, септициемией и легочными осложнениями [25].

Показания к проведению интраоперационной реинфузии эритроцитов

К показаниям для применения ИРЭ относят:

- предполагаемую кровопотерю > 500 мл или > 10% расчетного объема циркулирующей крови;
- низкий уровень гемоглобина или повышенные факторы риска кровотечения;
- множественные антиэритроцитарные антитела или фенотипически редкую группу крови;
- массивное кровотечение после хирургического вмешательства.

ИРЭ следует проводить с осторожностью у пациентов с серповидноклеточной анемией и гемоглобинопатиями в связи с возможным лизисом эритроцитов [27].

Вещества, не рекомендованные к аспирации или требующие ее возобновления после обильной ирригации NaCl 0,9% во время ИРЭ:

- антибиотики, нелицензированные для внутривенного применения (бацитрацин, неомицин, полимиксин);
- бетадин, хлоргексидин, этиловый спирт;
- гипертонический раствор (NaCl 3%, NaCl 7%, растворы декстрозы);
- гипотонический раствор (стерильная вода, глицин);
- раствор Рингер-лактат (в присутствии цитратного антикоагулянта);
- микрофибриллярные препараты, губчатые/тканевые материалы, костный цемент.

Эти препараты могут спровоцировать сердечно-сосудистый коллапс, лизис эритроцитов и инициировать системный ответ при внутривенном введении. Следует избегать аспирации биологических жидкостей, таких как моча и кровь, загрязненная фекалиями [28].

Опухолевые клетки

Были опасения по поводу использования ИРЭ в хирургии злокачественных и доброкачественных новообразований, связанные с реинфузией опухолевых клеток в кровоток пациента, развитием метастазов и рецидивом опухоли. Исторически авторы не рекомендовали использование ИРЭ в онкологической хирургии и рекомендовали облучение эритроцитов перед реинфузией [25]. Тем не менее существует

множество источников литературы, поддерживающих использование ИРЭ в хирургии злокачественных новообразований [29]. Концентрация опухолевых клеток может быть значительно снижена за счет разумной оперативной аспирации и использования лейкоцитарного фильтра [30]. Пациенты с онкологическими заболеваниями часто имеют циркулирующие опухолевые клетки и лишь немногие из них способны к метастазированию. Кроме того, разумный отказ от переливания донорских компонентов крови может оказать клинически значимое влияние на местные рецидивы или отдаленные метастазы вследствие дозозависимого иммунодепрессивного эффекта аллогенных компонентов крови. Использование ИРЭ у пациентов, перенесших цистэктомию и радикальную простатэктомию, рекомендовано Национальным институтом здравоохранения и передового опыта (Великобритания) и широко применяется в хирургической практике [31].

Сепсис

Сепсис не является абсолютным противопоказанием к применению ИРЭ, но следует ограничить объем контаминированных эритроцитов и обязательно использовать лейкоцитарный фильтр, который значительно снизит концентрацию бактерий в реинфузируемом продукте. Кроме того, нет убедительных доказательств того, что ИРЭ ухудшает сепсис, прогноз и другие специфические осложнения. Профилактическое назначение антибиотиков широкого спектра действия способствует значительному снижению риска послеоперационного сепсиса при ИРЭ, поскольку из продуктов ИРЭ выделены значительные концентрации бактерий, не приведшие к бактериологическим осложнениям [32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИРЭ в детской хирургии является методом предотвращения потенциальных осложнений, связанных с использованием донорских компонентов крови, а именно иммунологических и инфекционных. ИРЭ – эффективный метод восполнения интраоперационной кровопотери, позволяющий если не избежать, то существенно снизить количество трансфузий донорских эритроцитов. Аппаратная реинфузия помогает с высокой скоростью скорректировать послеоперационную анемию, нивелируя риск послеоперационных осложнений в результате гипоксии и инфекции, опосредованной TRIM. Использование лейкоцитарного фильтра исключает возможность попадания опухолевых клеток в циркуляторное русло пациента. Стоимость расходного материала для ИРЭ приблизительно равна стоимости производства 1 л эритроцитарной взвеси, что особенно важно при фенотипически редких группах крови. Метод прост в использовании при соответствующей подготовке персонала. ИРЭ может и должна использоваться в менеджменте сохранения аутологических эритроцитов у пациентов при плановом или экстренном оперативном вмешательстве с предполагаемой кровопотерей > 500 мл.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Не указан.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

ORCID

Guz I.V. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3551-6026>

Trakhtman P.E. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0231-1617>

Литература

- Щербук В.Н., Кобзева Е.Н., Сахарова Е.А., Тимербаев В.Х., Джаграев К.Р., Шрамко Л.У. и др. Аппаратная реинфузия в неотложной хирургии. с. 45–46.
- Transfusion reaction. Ed. by M.A. Popovsky. AABB Pr. Bethesda. 2001.
- Горобец Е.С., Громова В.В., Буйденко Ю.В., Лубнин А.Ю. Интраоперационная аппаратная реинфузия эритроцитарной массы как метод кровесбережения. Российский журнал анестезиологии и интенсивной терапии 1999; (2): 71–81.
- Кобзева Е.Н., Хватов В.Б., Лемешев В.Л. Аппаратная реинфузия крови – эффективная компенсация острой кровопотери. Проблемы гематологии и переливания крови 1999; (2): 20–2.
- Bernstein H.H., Rosenblatt M.A., Gettes M., Lockwood C. The ability of the Haemonetics Cell Saver System to remove tissue factor from blood contaminated with amniotic fluid. Anesth Analg 1997; 85 (4): 831–3.
- Duffy C.M., Manninen P., Chung F., Fehlings M.G., Wright T.A., et al. Assessment of a new ultrafiltration blood processing system. Can J Anaesth 1997; 44 (11): 1204–7.
- The 25th Congress of International Society of Blood Transfusion. Oslo. June 27–July 2, 1998. Vox Sang 1998; 74 Suppl 1: 400 p preceding 203, 203–39.
- Лубнин А.Ю., Громова В.В., Ханзен Э. Реинфузия крови в хирургии. М.; Тверь: Триада; 2013. – 431 с.
- [Electronic resource] UK Cell Salvage Action Group (UKCSAG). Intraoperative cell salvage (ICS) competency assessment workbook. URL: <https://www.transfusinguidelines.org/transfusion-practice/uk-cell-salvage-action-group/cell-salvage-competency-workbooks> (accessed 29 June 20).
- Florio G., Valbonesi M., Lercari G., Frisoni R., Pollicardo N., Beraudo S. The Fresenius continuous auto-

- transfusion system (CATS): preliminary studies and application. *Int J Artif Organs* 1996; 19 (7): 431–4.
11. Bengtsson A., Avall A., Tylman M., Wilén G., Bengtson J.P. Effects on complement activation of a new continuous autotransfusion system. *Transfus Med* 1997; 7 (2): 107–13.
 12. Kuppurao L., Wee M. Perioperative cell salvage. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2010; 10: 104e8.
 13. Reeder G.D. Autotransfusion theory of operation: a review of the physics and hematology. *Transfusion* 2004; 44 (12 Suppl): 35S–9S.
 14. Rubens F.D., Boodhwani M., Lavalee G., Mesana T. Perioperative red blood cell salvage. *Can J Anaesth* 2003; 50 (6 Suppl): S31–40.
 15. Ashworth A., Klein A.A. Cell salvage as part of a blood conservation strategy in anaesthesia. *Brit J Anaesth* 2010; 105: 401–16.
 16. Szpisjak D.F. Debris elimination from partially – filled cell salvage bowls. *Anesth Analg* 2001; 92 (5): 1137–8.
 17. [Electronic resource] UK Cell Salvage Action Group. (UKCSAG). Intraoperative cell salvage education. Section 8: Practicalities – blood collection. URL: <http://www.transfusionguidelines.org/transfusion-practice/uk-cell-salvage-action-group> (accessed 29 June 2020).
 18. Scott A.V., Nagababu E., Johnson D.J., Kebaish K.M., Lipsitz J.A., Dwyer I.M., et al. 2,3-Diphosphoglycerate concentrations in autologous salvaged versus stored red blood cells and in surgical patients after transfusion. *Anesth Analg* 2016; 122 (3): 616–23.
 19. Ashworth A., Klein A.A. Cell salvage as part of a blood conservation strategy in anaesthesia. *Br J Anaesth* 2010; 105: 401–16.
 20. Horvath K.A., Acker M.A., Chang H., Bagiella E., Smith P.K., Iribarne A., et al. Blood transfusion and infection after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2013; 95 (6): 2194–201.
 21. Acheson A.G., Brookes M.J., Spahn D.R. Effects of allogeneic red blood cell transfusions on clinical outcomes in patients undergoing colorectal cancer surgery: a systematic review and metaanalysis. *Ann Surg* 2012; 256: 235–44.
 22. Goubran H., Sheridan D., Radosevic J., Burnouf T., Seghatchian J. Transfusion-related immunomodulation and cancer. *Transfus Apher Sci* 2017; 56: 336–40.
 23. Spahn D.R., Munoz M., Klein A.A., Levy J.H., Zacharowski K. Patient blood management effectiveness and future potential. *Anesthesiology* 2020; 133: 212–22.
 24. Klein A.A., Bailey C.R., Charlton A., Lawson C., Nimmo A.F., Payne S., et al. Association of Anaesthetists: anaesthesia and perioperative care for Jehovah's Witnesses and patients who refuse blood. *Anaesthesia* 2019; 74 (1): 74–82.
 25. Kotze A., Carter L.A., Scally A.J. Effect of a patient blood management programme on preoperative anaemia, transfusion rate, and outcome after primary hip or knee arthroplasty: a quality improvement cycle. *Br J Anaesth* 2012; 108 (6): 943–52.
 26. Narayan D.S., Bellamy M.C., Spinks C., Poles D., Mistry H., Carter-Graham S., et al. Annual shot report 2018. 2018. 210 p.
 27. Hulatt L.J., Fisher W. Intraoperative cell salvage and sickle cell carrier status. *Anaesthesia* 2010; 65 (6): 649.
 28. Reijngoud L.W.P., Pattyn C., De Haan R., De Somer F., Campbell P.A., Gill H.S., De Smet K.A. Does intraoperative cell salvage remove cobalt and chromium from reinfused blood? *J Arthroplasty* 2009; 24 (7): 1125–9.
 29. Elmalky M., Yasin N., Rodrigues-Pinto R., Stephenson J., Carroll C., Smurthwaite G., et al. The safety, efficacy, and cost-effectiveness of intraoperative cell salvage in metastatic spine tumor surgery. *Spine J* 2017; 17: 977–82.
 30. Waters J.H., Yazer M., Chen Y.-F., Kloke J. Blood salvage and cancer surgery: a meta-analysis of available studies. *Transfusion* 2012; 52: 2167–73.
 31. [Electronic resource] NICE guideline (NG24). Recommendations, Blood transfusion. Guidance. NICE; 2015. URL: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng24/chapter/Recommendations> (accessed 6 January 2021).
 32. Feltracco P., Michieletto E., Barbieri S., Serra E., Rizzi S., Salvaterra F., et al. Microbiologic contamination of intraoperative blood salvaged during liver transplantation. *Transplant Proc* 2007; 39: 1889–91.