

<https://doi.org/10.29296/25877305-2018-12-18>

Ультразвуковая доплерография в диагностике объема кровопотери

М. Гасанов, кандидат медицинских наук
Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)
E-mail: kirki@inbox.ru

Изучение особенностей гемодинамики на уровне микроциркуляторного русла при кровопотере показало, что реакция организма на снижение объема циркулирующей крови универсальна независимо от источника кровотечения, но имеет определенную специфичность в зависимости от объема кровопотери.

Ключевые слова: хирургия, ультразвуковая доплерография, кровопотеря, микроциркуляторное русло.

Для цитирования: Гасанов М. Ультразвуковая доплерография в диагностике объема кровопотери // Врач. – 2018; 29 (12): 72–75. <https://doi.org/10.29296/25877305-2018-12-18>

Лечение кровопотери остается актуальной проблемой в хирургической практике. Кровопотеря сопряжена с уменьшением объема циркулирующей крови (ОЦК) – гиповолемией, которая, в свою очередь, сопровождается различными компенсаторными и патологическими реакциями. Эти изменения обуславливают выраженные нарушения обмена веществ на уровне микроциркуляторного русла (МЦР), изменения тонуса сосудов, скорости и реологических свойств крови. Потеря части эритроцитов приводит к анемии, развивается циркуляторная гипоксия. Приток в кровяное русло экстрацеллюлярной жидкости (за счет естественной гемодилюции) влечет за собой обезвоживание организма. Нарушение метаболизма вызывает изменение окислительных процессов, ацидоз разной степени выраженности на уровне МЦР [1–4].

Врач, определяя объем кровопотери по клинической картине и результатам лабораторных анализов, не может получить полного представления о степени кровопотери; для объективной оценки ситуации необходимо прямое определение состояния МЦР, так как именно оно первым реагирует на гиповолемию [4].

Целью данного исследования было изучение гемодинамики на уровне МЦР как ответ на кровопотерю различного объема. Работа проведена на клинических базах кафедры хирургии Медико-профилактического факультета и в Центре крови Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). В исследование были включены 66 доноров в возрасте от 21 года до 42 лет, у которых с помощью ультразвукового

(УЗ) высокочастотного доплерографа были измерены следующие показатели кровотока в МЦР:

- линейные скорости, мм/с:
 - V_s – максимальная систолическая скорость по кривой максимальной скорости;
 - V_{as} – максимальная систолическая скорость по кривой средней скорости;
 - V_m – средняя скорость по кривой максимальной скорости
 - V_{am} – средняя скорость по кривой средней скорости;
 - V_d – диастолическая скорость по кривой максимальной скорости;
 - V_{ad} – диастолическая скорость по кривой средней скорости;
 - V_{akd} – конечная диастолическая скорость;
- объемные скорости, мл/мин:
 - Q_s – систолическая скорость;
 - Q_{as} – систолическая скорость по кривой средней скорости;
 - Q_{am} – средняя скорость;
- индексы:
 - PI – индекс пульсации (индекс Гослинга);
 - RI – индекс периферического сопротивления (индекс Пурсело);
 - STI – индекс степени стеноза артерии (индекс Арбелли);
- распределение частиц по скоростям, %:
 - H – количество частиц в диапазоне от 0 до $\frac{1}{4} V_s$;
 - CH – количество частиц в диапазоне от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2} V_s$;
 - CV – количество частиц в диапазоне от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4} V_s$;
 - V – количество частиц в диапазоне от $\frac{3}{4}$ до V_s .

Кровь для исследования брали в отделении переливания крови в соответствии с нормативными документами. До взятия крови и во время самой процедуры проводили мониторинг МЦР в области ногтевого валика большого пальца кисти руки в положении пациента лежа с помощью УЗ-высокочастотного доплерографа «Минимакс–Допплер–К» с датчиком 20 МГц. Аппарат был протестирован и оснащен программным обеспечением в Институте медико-биологических проблем РАН и используется для исследования МЦР. При контакте датчика с кожей накладывали акустическую пасту с целью предотвращения искажения УЗ-сигнала. Точки измерения показателей кровотока в МЦР соответствовали объему кровопотери: 0 – фон; 1 – 100 мл; 2 – 200 мл; 3 – 300 мл; 4 – 400 мл; 5 – 500 мл.

До начала взятия крови и после сдачи 500 мл крови у доноров измеряли АД, частоту сердечных сокращений (ЧСС) и шоковый индекс (ШИ).

При статистическом анализе пользовались программой MS Excel и пакетом Statistica 6.0. Статистическую значимость оценивали по критерию Уилкоксона ($p < 0,05$).

Исходно систолическое АД у доноров составило $134,1 \pm 15,0$ мм рт. ст., ЧСС – $80,1 \pm 10,2$ в минуту, ШИ – $0,62 \pm 0,02$, при сдаче 500 мл крови – соответственно $128,1 \pm 14,7$ мм рт. ст., $89,3 \pm 9,3$ в минуту и $0,68 \pm 0,12$ (различия недостоверны, $p > 0,05$).

Затем проводили распределения значений, полученных с помощью доплерографа, у 66 доноров во всех 5 точках замера. Представили наиболее значимые показатели.

Линейная скорость кровотока (Vs). Средние значения показателя Vs менялись волнообразно, с тенденцией к увеличению; в точке взятия 400 мл крови отмечались максимальные значения данного показателя и наибольшая вариабельность по сравнению с фоновыми значениями.

Объемная скорость кровотока (Qs). Отмечена слабо-выраженная волнообразная динамика с тенденцией к повышению значений показателя Qs. Фоновые значения и значения при взятии 200 мл крови ($p < 0,05$) достоверно различались.

Индексы кровотока. Индекс пульсации (PI) – наблюдалась некоторая волнообразная динамика с тенденцией к снижению средних значений показателя. Локальный максимум отмечен в точке взятия 300 мл крови. Статистически значимыми были различия фонового показателя и показателя при взятии 500 мл крови ($p < 0,05$). Наиболее выраженные изменения наблюдались в точках взятия 300 и 500 мл крови.

Индекс периферического сопротивления (RI) – наблюдалась волнообразная динамика средних значений с тенденцией к снижению. Локальные минимумы отмечены в точках взятия 300 и 500 мл крови. Статистически значимыми были различия фонового показателя и показателя при взятии 500 мл крови ($p < 0,01$). Динамика индекса – четкая; можно говорить об определенной тенденции.

Динамика распределения клеток крови по диапазонам скоростей. Весь частотный спектр доплерограммы делится на 4 диапазона скоростей (низкие, средненизкие, средневысокие и высокие). Диапазоны рассчитывают, исходя из значений линейной скорости кровотока Vs.

Количество клеток крови, соответствующее каждому диапазону, представлено в процентах к общему количеству клеток, принятому за 100%; следовательно, можно проследить тенденцию изменения количества клеток крови в каждом диапазоне при взятии определенного количества крови. Частотный спектр распределения клеток крови аппарат вычисляет автоматически. Более подробно описаны изменения на уровне низких и высоких скоростей кровотока.

Диапазон низкой скорости (Н) – наблюдается тенденция к увеличению показателя Vs при увеличении объема взятой крови. Следовательно, количество клеток крови, двигающихся в МЦР с низкой скоростью, увеличивается с 21 до 23%. Отмечены статистически значимые различия фонового показателя и показателя

при взятии 500 мл, а также при взятии 200 и 500 мл крови ($p < 0,05$) (см. таблицу).

Диапазон высокой скорости (В). Имеется тенденция к снижению показателя Vs по мере увеличения объема взятой крови. Количество клеток крови уменьшается с 16,8 до 15,2%. Локальный пик соответствовал взятию 200 мл крови. Отмечены статистически достоверные различия между значениями фонового показателя и значениями при взятии 500 мл крови ($p < 0,01$), а также при взятии 100 и 500 мл крови ($p < 0,05$). Очевидна направленность изменения количества клеток крови – достоверное снижение по мере возрастания объема взятой крови (см. таблицу).

Таким образом, по мере взятия крови в пределах до 500 мл у доноров наблюдаются снижение общего периферического сопротивления и увеличение объемных скоростей кровотока на уровне МЦР. Возрастает также количество пристеночных «медленных» форменных элементов крови на фоне прогрессирующей потери переносчика кислорода – эритроцитов. Показано, что организм начинает задействовать компенсаторные механизмы при потере крови в объеме 300 мл; данная тенденция отчетливо выражена при увеличении объема взятой крови до 500 мл. Можно говорить, что механизм централизации при кровопотере до 500 мл еще не включается, нет спазма сосудов; более того, наблюдаются увеличение кровотока и оптимизация оксигенации тканей на уровне МЦР.

Повышенный интерес к проблеме кровопотери обусловлен значительной частотой данного осложнения в хирургии и его определяющей ролью для патогенетических факторов геморрагического шока с высокой летальностью [5, 6].

Острая кровопотеря приводит к быстрому уменьшению ОЦК, что сопровождается вегетативно-эндокринными нарушениями, которые трактуются как проявления неспецифического адаптационного синдрома, описанного канадским ученым Г. Селье еще в 1960 г. Все адаптационные системы направлены в первую очередь на поддержание центральной гемодинамики путем реализации 2 механизмов:

- уменьшения емкости сосудистого русла вследствие спазма сосудов;
- восполнения дефицита ОЦК за счет депонированной крови и межтканевой жидкости [7].

Динамика форменных элементов крови в диапазонах скоростей в зависимости от количества взятой крови ($p < 0,05$)

Количество взятой крови, в мл	Диапазоны скоростей			
	низкие	средненизкие	средневысокие	высокие
количество клеток крови, %				
0	21,1	35,6	26,5	16,8
500	23	36,8	25	15,2

В результате повышения активности симпатико-адреналовой системы первым на кровопотерю реагирует венозное русло, которое содержит 65–70% всей циркулирующей крови. Защитный механизм, основанный на изменении емкости венозного русла, легко компенсирует потерю до 10% ОЦК. Другими словами, потеря 500–600 мл крови здоровым взрослым человеком не приводит к снижению АД и увеличению ЧСС [8].

В Национальном руководстве по клинической хирургии (2013) для оценки степени кровопотери рекомендуется использовать таблицу, разработанную А.И. Горбашко (1982). В настоящее время актуальна клиническая характеристика кровопотери по уровню сознания, окраске кожных покровов, тону периферических вен, частоте пульса и дыхания. До сих пор широко используется шоковый индекс, разработанный Альговером и Бури (1967), принцип которого основан на отношении ЧСС и систолического АД. В норме индекс равен 0,5 [9].

Однако погрешность при определении объема кровопотери по А.И. Горбашко (1982) и с помощью индекса Альговера (1967) доходит до 1000 мл, что не позволяет считать данные методики соответствующими современным требованиям. Отсюда ясно, что необходим поиск новых, более точных методов определения тяжести кровопотери, и это позволит более обоснованно подходить к лечению подобных состояний.

Кровопотеря считается определяющим фактором развития шока, общим показателем которого является снижение эффективного кровотока [10]. Первым на кровопотерю реагирует МЦР. Система микроциркуляции представлена тонкими сосудами диаметром <100 мкм, которые являются самой резистентной частью сосудистого русла. МЦР формирует общее периферическое сопротивление (ОПС), 68% которого создает прекапиллярный отдел. При кровопотере до 10% на уровне микроциркуляции повышаются емкость и тонус емкостных и резистивных сосудов, улучшается венозный возврат. При кровопотере >10% развивается тотальный спазм сосудов, повышается ОПС. Во многих органах энергетическое снабжение переключается с углеводных источников на липидный, что повышает потребность в кислороде на фоне ограниченного кровотока и спазма сосудов и в конечном счете приводит к тканевой гипоксии, а также вне- и внутриклеточному ацидозу [11].

Важно, что все изменения, которые можно наблюдать с помощью УЗ-доплерографа, происходят во всех органах, нарушение ОЦК вызывает изменения буквально во всех системах организма. Изменения функционального состояния системы кровообращения приводят к нарушению микроциркуляции во всех органах и тканях [12].

На необходимость изучения гемодинамики на уровне МЦР при кровопотере указывают многие авто-

ры. У практического врача есть возможность оценить тяжесть кровопотери на основании клинических и лабораторных показателей (таких как гемоглобин и гематокрит, количество эритроцитов крови). Однако эти показатели, как и показатели АД и ЧСС, не могут дать полную картину состояния больного, особенно в ближайшее после кровотечения время. Для объективной оценки тяжести состояния пациента необходимы результаты прямого определения волевических показателей центральной гемодинамики и непосредственной оценки состояния микроциркуляции в разных органах [12–14].

Мы наблюдали достоверное увеличение объемного кровотока в МЦР и снижение ОПС при кровопотере 500 мл. Одновременно с увеличением объемных скоростей возрастали линейные скорости кровотока, что может говорить о специфических гемодинамических изменениях на уровне МЦР в зависимости от объема кровопотери.

Сегодня, когда нагрузка на практического врача возрастает и требует минимизации времени обследования больного без ущерба качеству, именно УЗ-доплерография с ее возможностями обследования сосудистого тонуса, объема кровотока, а также определения процентного количества клеток в сосудистом русле представляется важным инструментом, способным помочь сложить полную картину состояния больного с кровопотерей. Вместе с тем использование на данном этапе столь большого количества показателей и их значений, которые не систематизированы, на практике не представляется возможным. Дальнейшие исследования возможностей УЗ-доплерографа и систематизация данных при помощи специального программного обеспечения позволят более точно определить объемы кровопотери у каждого конкретного больного и тем самым разработать более обоснованные подходы к инфузионно-трансфузионной терапии.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Казымов И.Л., Мехдиев А.Г., Курбанов Ф.С. Кровотечения из рецидивных язв после резекции желудка и ваготомии // Хирургия. – 2008; 2: 37–41.
2. Млюк В.Г., Млюк С.Э. Основные принципы гемодинамики и ультразвукового исследования сосудов. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. Под ред. В.В. Митькова. Т. 4 / М.: Видар, 1997; 185–220.
3. Савельев В.С., Кириенко А.И. Клиническая хирургия. Национальное руководство / М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013; с. 317–40.
4. Гостищев В.К. Евсеев М.А. Острые гастродуоденальные кровотечения: от стратегических концепций к лечебной тактике / М., 2005.
5. Лебедев Н.В., Климов А.Е., Бархударов А.А. Гастродуоденальные язвенные кровотечения // Хирургия. – 2014; 5: 23–7.
6. Станулис А.И., Кузев Р.Е., Гольдеберг А.П. Хирургическая тактика и оперативное лечение при язвенной болезни двенадцатиперстной кишки, осложненной кровотечением / М.: Информедиа Паблишер, 2005; с. 140.

7. Курыгин А.А., Синенченко Г.И., Мусинов И.М. Причины рецидивов язвенного желудочно-кишечного кровотечения, их профилактика и лечение // Вестн. хирургии. – 2009; 168 (5): 24–7.

8. Шевченко Ю.Л., Корзинкова А.А., Стойко Ю.М. и др. Дифференцированное лечение язвенных гастродуоденальных кровотечений // Хирургия. – 2006; 11: 18–23.

9. Савельев В.С., Кириенко А.И. Клиническая хирургия: Национальное руководство / М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009; 317–40.

10. Афонин Н.И. Современные принципы инфузионно-трансфузионной терапии острой кровопотери. Тр. V Конгресса педиатров России, 2000; с. 13–6.

11. Власов Л.Е. Побочные эффекты и способы их коррекции при применении гемодинамических и дезинтоксикационных заменителей плазмы крови, полученных на основе декстрана и поливинилпирролидона / Минск, 1991; с. 22.

12. Бородулина Е.В. Вегетативная дисрегуляция при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Дис. ... д-ра мед. наук. Томск, 2003; с. 156.

13. Гостищев В.К., Евсеев М.А. Рецидив острых гастродуоденальных кровотечений // Хирургия. – 2003; 7: 42–3.

14. Ермолов А.С., Пахомова Г.В., Утешев Н.С. и др. Гастродуоденальные кровотечения язвенной этиологии как проблема современной хирургии. Организационные, диагностические и лечебные проблемы неотложных состояний. Т. 1 / М., Омск, 2000; с. 164–72.

DOPPLER ULTRASOUND IN THE DIAGNOSIS OF BLOOD LOSS VOLUME

M. Gasanov, *Candidate of Medical Sciences*

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

The study of hemodynamic features at the level of the microcirculatory bed during blood loss has shown that the body's reaction to a decrease in the circulating blood volume is universal regardless of the source of bleeding, but has certain specificity depending on the volume of blood loss.

Key words: *surgery; Doppler ultrasound, blood loss, microcirculatory bed.*

For citation: *Gasanov M. Doppler ultrasound in the diagnosis of blood loss volume // Vrach. – 2018; 29 (12): 72–75. <https://doi.org/10.29296/25877305-2018-12-18>*