

Мониторинг микроэмболических сигналов в сосудах головного мозга в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных

В.А. Сандриков*, В.И. Садовников*, С.В. Федулова*, С.М. Алиев**

*Учреждение РАМН “Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского”, г. Москва

**ГОУ ВПО “Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова МЗ и СР РФ”

Проведен мониторинг мозгового кровотока и микроэмболических сигналов в сосудах головного мозга во время операции и в раннем послеоперационном периоде у 27 пациентов с ишемической болезнью сердца и 23 пациентов с аневризмой восходящей аорты, оперированных в условиях искусственного кровообращения. Представлены дифференциальные критерии газовых и материальных микроэмболических сигналов. Количество микроэмболических сигналов и их состав определяются длительностью операции и температурным режимом искусственного кровообращения. Микроэмболы газового происхождения регистрируются в течение 2 ч, в то время как материальные эмболы – до 4 ч послеоперационного периода. Регистрация микроэмболов в раннем послеоперационном периоде сопряжена с состоянием гомеостаза и сопровождается снижением скорости

агрегации эритроцитов. Концентрация глюкозы в крови свыше 9,0 ммоль/л является достоверным предиктором гиперагрегации эритроцитов.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, микроэмболические сигналы, транскраниальный доплер, головной мозг, агрегация, ишемическая болезнь сердца.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые признаки церебральных осложнений после операций на сердце в условиях искусственного кровообращения были описаны еще в 1952 г. [1]. В дальнейшем Fox H.M. et al. (1954) [2], Boshes V. et al. (1957) [3] доказали, что при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения возможны осложнения со стороны центральной нервной системы.

Несмотря на то что за последние десятилетия существенно снизилось количество

В.А. Сандриков – академик РАМН, д.м.н., профессор, руководитель отдела инструментальной диагностики, зам. директора РНЦХ им. академика Б.В. Петровского РАМН. В.И. Садовников – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории интраоперационной диагностики РНЦХ им. академика Б.В. Петровского РАМН. С.В. Федулова – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории интраоперационной диагностики РНЦХ им. академика Б.В. Петровского РАМН. С.М. Алиев – аспирант кафедры функциональной и ультразвуковой диагностики ГОУ ВПО ПМГМУ им. И.М. Сеченова МЗ и СР РФ.

Адрес для корреспонденции: 119991 г. Москва, Абрикосовский пер., д. 2, РНЦХ им. академика Б.В. Петровского РАМН, отдел инструментальной диагностики. Сандриков Валерий Александрович. Тел.: (499) 248-15-54. Факс: (499) 245-23-46.

церебральных осложнений при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения, степень нарушений когнитивных функций головного мозга остается достаточно высокой, достигая 4–6%. Причиной этого, по мнению большинства авторов, являются эмболия, гипоперфузия и неадекватная защита головного мозга [4–9]. Вместе с тем, рассматривая проблему оценки степени нарушения мозгового кровообращения в раннем послеоперационном периоде, возникают вопросы, связанные с выявлением предикторов церебральных осложнений.

До настоящего времени в доступной литературе практически нет исследований, посвященных мониторингованию микроэмболических сигналов (МЭС) после реконструктивных операций, не определены оптимальные сроки и продолжительность исследования, не определена степень микроэмболии в зависимости от реологического статуса и не доказаны критерии эффективности патогенетического лечения микроэмболического синдрома.

Цель исследования – разработать методику и диагностические критерии нарушения мозгового кровотока в раннем послеоперационном периоде и определить степень эмболии сосудов головного мозга в зависимости от показателей реологических свойств крови у больных, оперированных в условиях искусственного кровообращения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интраоперационно и в раннем послеоперационном периоде обследовано 50 пациентов. Средний возраст пациентов колебался от 38 до 73 лет. На первом этапе мониторинг мозгового кровотока и эмболодетекция выполнялись в условиях операционной у 27 (54%) пациентов с ишемической болезнью сердца и у 23 (46%) – с аневризмой восходящей аорты, которым в условиях искусственного кровообращения произведены реконструктивные операции. На втором этапе в отделении реанимации и интенсивной терапии у этих же пациентов выполнялась оценка мозгового кровотока с регистрацией кровотока вплоть до экстубации.

По данным ультразвукового исследования сопутствующие атеросклеротические

поражения брахиоцефальных артерий выявлены у 22 пациентов с ишемической болезнью сердца. Гемодинамически незначимые поражения брахиоцефальных артерий определялись у 14 пациентов с ишемической болезнью сердца и у 12 – с аневризмой восходящей аорты; гемодинамически значимые поражения брахиоцефальных артерий – у 5 пациентов с ишемической болезнью сердца (у 1 – изгиб внутренней сонной артерии слева, у 1 – окклюзия внутренней сонной артерии слева, у 3 – стенозы внутренней сонной артерии) и у 4 – с аневризмой восходящего отдела аорты.

Больным ишемической болезнью сердца была выполнена операция аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения и нормотермической перфузии с ректальной температурой 34,5°. В 1 случае выполнена операция маммарокоронарного и аортокоронарного шунтирования на работающем сердце.

Пациентам с аневризмой восходящей аорты в условиях глубокой гипотермии с ректальной температурой 25,0° были выполнены операции протезирования восходящей аорты (табл. 1). В 1 случае оперативное вмешательство дополнялась аортокоронарным шунтированием. У 50% пациентов были выполнены протезирование или пластика аортального клапана и в 30% случаев – реконструкции брахиоцефального ствола или сонных артерий.

Интраоперационный мониторинг проводили на специализированной ультразвуковой диагностической системе АНГИОДИН-2К (БИОСС, Россия) датчиками частотой 2 МГц с программным обеспечением в составе медицинской базы данных WinPatientExpert® и системы мониторинга Monitex®. Исследование интракраниальных артерий мозга выполняли через основные краниальные “окна”: орбитальные, височные и “окно” большого затылочного отверстия. Кровоток в средней мозговой артерии оценивали по качественным и количественным показателям. К качественной оценке относили форму доплерограммы и направление кровотока. Количественную оценку кровотока производили на основании определения максимальной систолической скорости кровотока (Vs), конечной диастолической скорости кровотока (Vd), средней (максимальной усредненной по времени)

Таблица 1. Типы реконструктивных операций на восходящем отделе аорты

Тип операции на аорте	Абсолютное количество больных	Относительное количество больных, %
Протезирование восходящей аорты и аортального клапана по методу Бенталла Де Боно	5	21,7
Протезирование восходящей аорты и дуги аорты	14	60,9
Протезирование восходящей аорты, пластика аортального клапана и дуги аорты, реплантация подключичной артерии в общую сонную артерию	2	8,7
Протезирование восходящей аорты и аортального клапана по методу Бенталла Де Боно + аортокоронарное шунтирование	1	4,3
Интимсохраняющее экзопротезирование восходящей аорты	1	4,3

скорости кровотока за один сердечный цикл (V_m), индекса резистентности (RI), пульсационного индекса (PI) и коэффициента асимметрии.

Установка шлема, а затем датчиков являлась наиболее важной процедурой. В целях предотвращения смещения датчиков шлем окончательно фиксировался после интубации больного и выполнения анестезиологом всех необходимых манипуляций. После фиксации шлема на поверхность датчиков наносили ультразвуковой гель и выполняли билатеральную инсонацию средних мозговых артерий. После достижения наилучшего соотношения «сигнал-шум» при локации средней мозговой артерии измерения считались правильными. Локация сегмента средней мозговой артерии проводилась на глубине 55–58 мм. До запуска программы мониторинга осуществляли обязательные приборные настройки согласно международным требованиям безопасного применения ультразвуковой диагностической аппаратуры. В режиме мониторинга выполнялись регистрация и запись на диск полученной информации (тренды параметров кровотока (V_s , V_d , V_m , PI , RI), аудиосигналы в стереоформате и спектрограммы по каждому каналу). У пациентов обеих групп подсчет микроэмболов и оценку мозгового кровотока производили в течение каждого часа от момента окончания операции до момента просыпания и экстубации пациента. В отделении реанимации параллельно с мониторингом мозгового кровотока осуществляли мониторинг среднего артериального давления, частоты сердечных сокращений, центрального венозного давления и температуры.

Для режима послеоперационного мониторинга и постобработки полученных результатов система автоматически формирует диаграмму распределения мощности зарегистрированных МЭС по каждому каналу, отображающую количество микроэмболов и их мощность в децибелах по отношению к мощности фонового кровотока. Для повышения корректности полученных результатов в системе были реализованы режимы: удаления пользователем псевдоэмбола с тренда, установки пользователем метки по результатам прослушивания аудиосигнала и просмотра спектрограммы кровотока в зоне МЭС. У пациентов обеих групп наряду с количественной оценкой параметров кровотока исследовали кислотно-основное состояние (KOC) и газовый состав артериальной крови. Для оценки агрегации эритроцитов использовали артериальную кровь и кровь, полученную из правой и левой лукович внутренних яремных вен. Процесс агрегации (степень и скорость агрегации) изучали на приборе Solar-2110 (Солар, Беларусь) по оригинальной методике.

Полученные результаты обработаны стандартными статистическими методами. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В последнее время транскраниальная доплерография заняла особое место в диагностике эмболических поражений головного мозга, поскольку она является практически единственным методом, позволяющим осуществить прямую детекцию церебральной эмболии. Однако возможность

Таблица 2. Дифференциальные критерии газовых и материальных МЭС

Критерии	Газовые МЭС	Материальные МЭС	
	ГЭС	МЭСБ	МЭСК
Частота, Гц	800–1200	>400	<400
Мощность, ДБ	7–45	>30	<30
Длительность, мс	15–100	10–50	20–80
Характеристики аудиосигнала	звонкий, высокий	глухой, низкий	глухой, низкий
Характеристики спектрограммы	выходит за пределы огибающей	в пределах огибающей	в пределах огибающей

Примечание: МЭСБ – МЭС “белых” тромбов, МЭСК – МЭС “красных” тромбов.

доплеровской дифференцировки газовой и материальной эмболии на сегодняшний день является предметом дискуссии и научно-технического поиска. Также остается открытым вопрос распознавания МЭС по их морфологическому составу и размерам эмболов.

Несмотря на все достижения, методика интраоперационного и особенно послеоперационного мониторинга мозгового кровотока при операциях на сердце во время искусственного кровообращения до конца не разработана. На сегодняшний день не определены предикторы неврологических осложнений, критерии адекватности церебральной перфузии.

В результате клинических исследований решена проблема идентификации газовых и материальных МЭС. Так, если частота отраженного ультразвукового сигнала от материальных эмболов лежит преимущественно в диапазоне от 150 до 600 Гц, то для воздушных МЭС она, как правило, составляет 800–1200 Гц. Выбор указанного критерия обеспечивает наилучшие показатели сепарации эмболии на воздушную и материальную, однако он не является единственным.

В табл. 2 представлены дифференциальные критерии газовых и материальных МЭС. Достаточно важно выполнять их дифференциальную диагностику с оценкой количественного значения.

При доплеровской идентификации МЭС мы пользовались базовыми критериями, принятыми *Consensus Committee of the Ninth International Cerebral Hemodynamic Symposium* (1995) [10]. Газовые и материальные микроэмболы обладают разным акустическим импедансом. Импеданс газовых микроэмболов значительно отличается

от импеданса форменных элементов крови, а импеданс материальных микроэмболов близок к импедансу окружающей их крови. В связи с этим газовые и материальные микроэмболы продуцируют доплеровские сигналы с различными характеристиками. В первую очередь это касается интенсивности сигналов.

Газовые микроэмболы отражают ультразвуковые сигналы с большей интенсивностью (рис. 1). Такие сигналы всегда имеют одинаковую форму (вертикальные полоски с разной длительностью сигнала, соответственно, тонкие и толстые). В случае массивного поступления большого числа газовых микроэмболов их количество прогрессивно увеличивается в дальнейшем, что, возможно, связано с фрагментацией микропузырьков воздуха. Материальные микроэмболы имеют другие визуальные и мощностные характеристики (рис. 2). Такие сигналы отличаются по форме (овальные, круглые, вытянутые и т.д.), они всегда находятся в центре или у основания огибающей и никогда не выходят за пределы спектра кровотока (см. табл. 2).

Динамика мозгового кровотока и МЭС на разных этапах искусственного кровообращения (начиная от канюляции аорты до восстановления самостоятельной сердечной деятельности) при реконструктивных операциях на сердце подробно рассмотрена Федуловой С.В. (2007) [6]. Был сформулирован крайне важный вывод: МЭС во время операций в условиях искусственного кровообращения регистрируются в 100% случаев. Мониторинг мозгового кровотока показал доминирующую роль эмболий как основного фактора риска в развитии неврологических осложнений по сравнению с гипоперфузией. Однако дальнейшая судьба и динамика

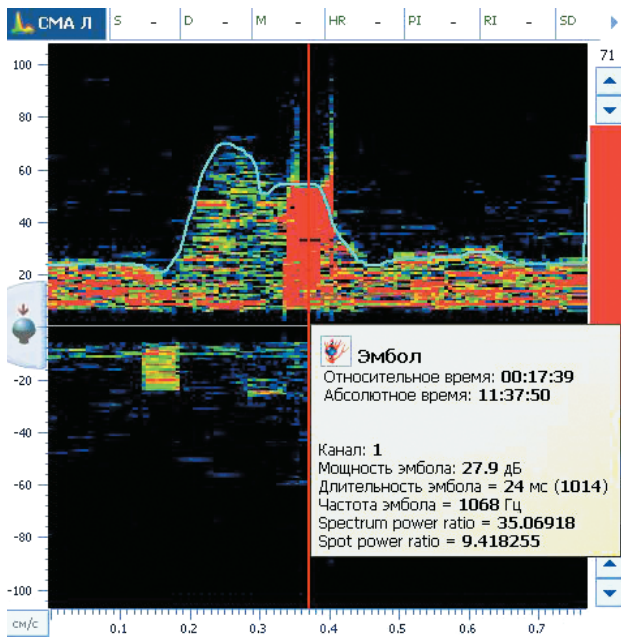


Рис. 1. Газовые эмболы в сосуды головного мозга.

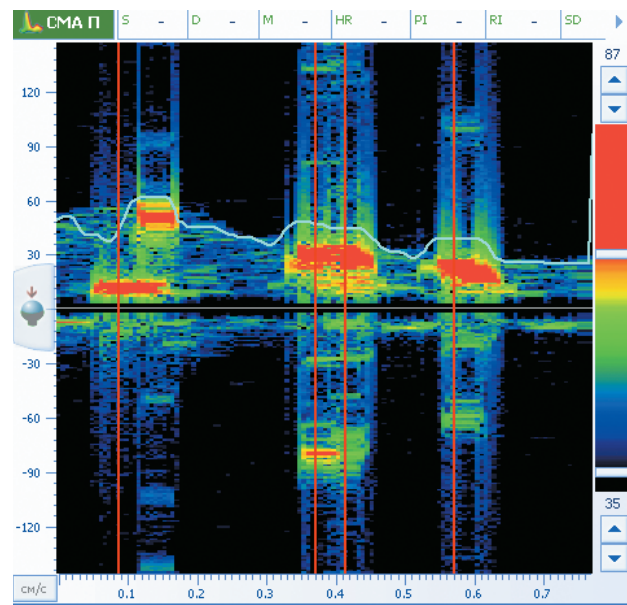


Рис. 2. Материальные эмболы в сосуды головного мозга.

регресса газовых и материальных эмболов в раннем послеоперационном периоде неизвестна. Более того, неясно их влияние на неврологический статус пациентов.

Мы проследили динамику мозгового кровотока и МЭС в раннем послеоперационном периоде в условиях реанимации. Было выявлено, что у больных, оперированных в условиях умеренной гипотермии, средняя линейная скорость кровотока снизилась на 20%, а пульсационный индекс оставался достоверно выше, чем у пациентов, оперированных при нормотермии. Показатели кровотока у пациентов с нормотермической перфузией в раннем послеоперационном периоде не изменялись.

Достоверной разницы средней линейной скорости кровотока по средним мозговым артериям между больными с разными температурными режимами перфузии мы не получили. Следует отметить, что снижение средней линейной скорости кровотока наблюдалось у всех пациентов в среднем на 10–12%, а показатели резистентности церебральных сосудов и качественные характеристики кровотока не изменялись по сравнению с интраоперационными показателями. При сравнении кровотоков в бассейнах левой и правой средних мозговых артерий у пациентов с ишемической болезнью

сердца после реваскуляризации миокарда в первые часы отмечалось снижение средней линейной скорости в правой средней мозговой артерии. Эта асимметрия объясняется тем, что у 21,7% пациентов с ишемической болезнью сердца наблюдалось атеросклеротическое поражение внутренних сонных артерий. По всем другим параметрам линейной скорости кровотока достоверных изменений не отмечалось.

Таким образом, мониторинг мозгового кровотока показал, что гипоперфузия головного мозга в условиях искусственного кровообращения не является ведущим фактором в неврологических осложнениях.

Мониторинг за кровотоком в бассейнах средних мозговых артерий показал, что в раннем послеоперационном периоде у всех пациентов регистрируются МЭС газового и материального происхождения. Однако количество и состав зарегистрированных МЭС в этих группах различный. Так, количество МЭС у пациентов с реконструктивными операциями на аорте более чем в 3 раза превышало количество МЭС у больных ишемической болезнью сердца. Причем количество МЭС газового происхождения у этих пациентов практически в 5 раз больше, чем у пациентов с ишемической болезнью сердца.

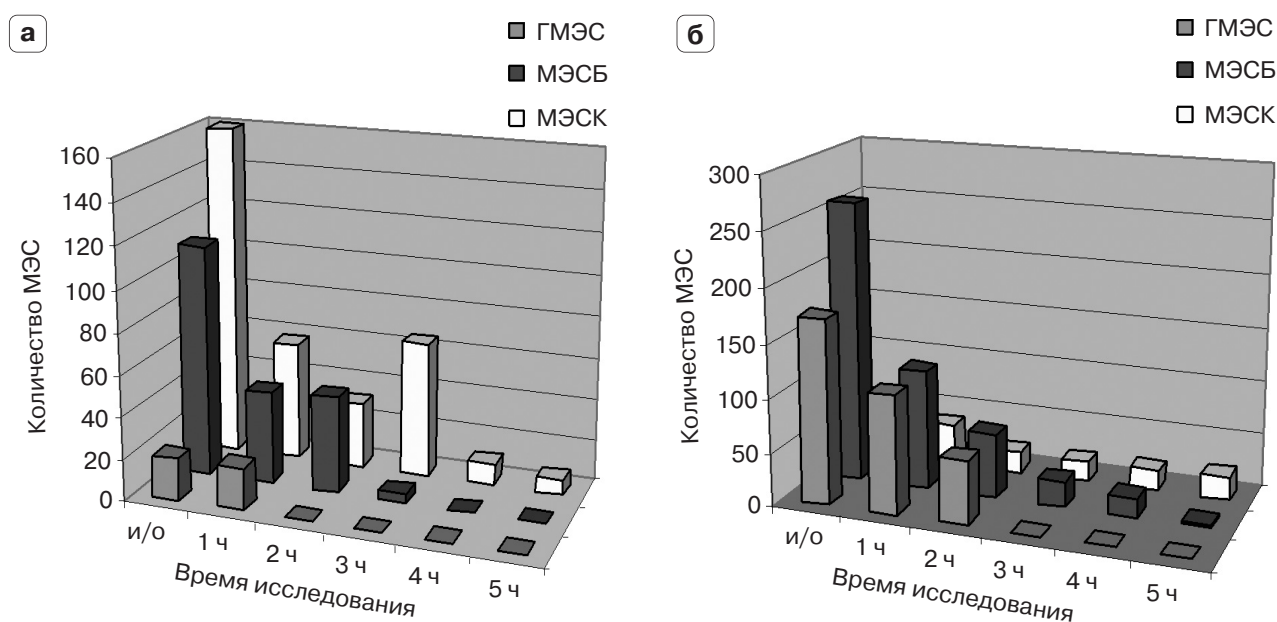


Рис. 3. Динамика МЭС газового и материального происхождения у больных ишемической болезнью сердца (а) и при реконструктивных операциях на аорте (б). ГМЭС – газовые МЭС, МЭСБ – МЭС “белых” тромбов, МЭСК – МЭС “красных” тромбов, и/о – интраоперационно.

На рис. 3 показано, что у пациентов с ишемической болезнью сердца МЭС газового происхождения исчезают в течение первого часа, в то время как у пациентов с реконструктивными операциями на аорте они регистрируются в течение 2 ч. Мы проанализировали зависимость МЭС газового происхождения от температуры тела и выявили, что при согревании больных до температуры $36,6^{\circ}$ МЭС газового происхождения исчезают.

МЭС материального происхождения, характерные для “белых” тромбов, у больных ишемической болезнью сердца прекращают регистрироваться с 3-го часа наблюдения, а у пациентов с реконструктивными операциями на аорте они регистрируются в течение 4 ч. МЭС, характерные для “красных” тромбов, хотя и имеют тенденцию к снижению, регистрировались на протяжении всего периода наблюдения. Материальные микроэмболы являются следствием биохимического дисбаланса в системе свертывания крови.

Несмотря на профилактические меры, хирургический стресс всегда сопровождается повышением концентрации адреналина в крови. Это приводит к усилению агрегации тромбоцитов и эритроцитов, повышению вязкости крови и увеличению концентрации глюкозы в крови.

Мы изучили роль агрегации эритроцитов в формировании микроэмболов в сосудах головного мозга при операциях на аорте в условиях глубокой гипотермии и циркуляторного ареста с использованием антеградной бигемисферальной перфузии головного мозга.

Для оценки эритроцитарной агрегации использовали артериальную кровь и кровь, полученную из правой и левой лукович внутренних яремных вен. Также оценивали количество и характеристики МЭС. Исследования выполняли на этапах вводного наркоза (1 этап), перед началом (2 этап), во время искусственного кровообращения (3 этап), во время антеградной бигемисферальной перфузии головного мозга (4 этап) и по окончании искусственного кровообращения (5 этап). Изменение степени и скорости эритроцитарной агрегации в крови, оттекающей от головного мозга, и количество МЭС представлены на рис. 4 и 5.

До начала искусственного кровообращения отмечалось достоверное снижение скорости ($p < 0,05$) адреналин-индуцированной эритроцитарной агрегации в крови, оттекающей от головного мозга. В то же время регистрировалось значимое увеличение этих показателей в артериальной крови, притекающей к головному мозгу

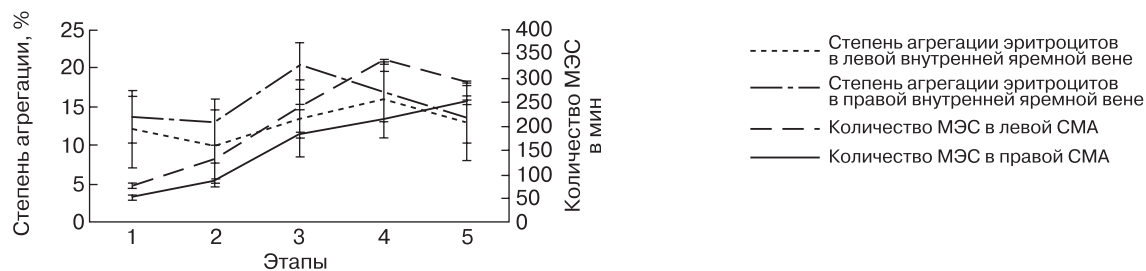


Рис. 4. Изменение степени агрегации эритроцитов и количество МЭС в крови головного мозга.

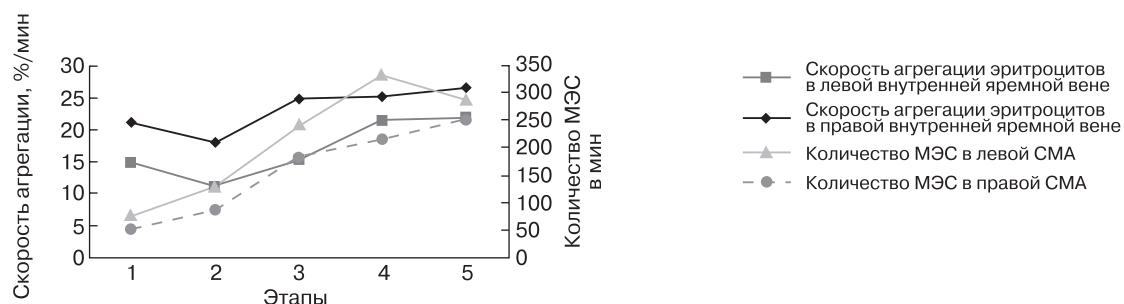


Рис. 5. Изменение скорости агрегации эритроцитов и количество МЭС в крови головного мозга.

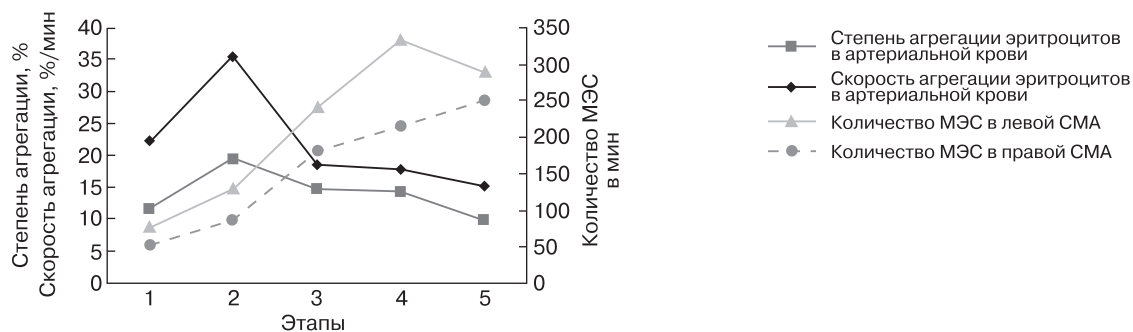


Рис. 6. Изменение степени и скорости агрегации эритроцитов и количество МЭС в крови, притекающей к головному мозгу.

(рис. 6). На этом фоне определялось и возрастание МЭС.

Во время искусственного кровообращения выявлялось увеличение степени и скорости эритроцитарной агрегации в правой и левой луковицах внутренних яремных вен по сравнению с предыдущим этапом ($p < 0,05$). При этом количество лоцируемых МЭС также достоверно возрастало. Агрегационные характеристики эритроцитов в крови, притекающей к головному мозгу, на этом этапе значительно снижались.

Детализация микроэмболов по их морфологическому составу в клинических условиях крайне затруднительна, а во многих

случаях и невозможна. И только одномоментная регистрация доплерографических сигналов с анализом физико-химических свойств и гомеостаза крови позволяет с определенной степенью достоверности предполагать структуру микроэмболов.

Hayes P.D. et al. (2001) [11] показали, что наиболее значимым фактором риска развития послеоперационных нарушений мозгового кровообращения являются не технические ошибки во время операции, а гиперфункция тромбоцитов. Многие исследователи считают, что функциональный статус тромбоцитов является предиктором послеоперационных тромбозов мозговых

сосудов. Гиперкатехоламинемия, существующая всегда в раннем послеоперационном периоде, способствует дальнейшему развитию гиперагрегации тромбоцитов и эритроцитов [11, 12].

Большинство авторов считает, что, если назначение антитромбоцитарных средств вызывает редукцию тромбоцитов, это агрегаты тромбоцитов (или так называемые белые тромбы). Если происходит процесс усиления активности агрегации эритроцитов, это так называемые красные тромбы [5, 8, 9].

При постпроцессорной обработке данных мониторинга, используя соответствующие опции прибора по детализации эмболических сигналов, нами было выявлено, что микроэмбол может иметь сложное строение и состоять либо из множества слипшихся материальных частиц, либо из материальных и газовых сигналов одновременно. Такие МЭС хорошо локализируются в спектре кровотока, ядро сигнала имеет четкий контур и вытянутую неправильную форму. Они имеют небольшое превышение мощности и распределение частотной характеристики от 190 до 600 Гц. Кривые аудиосигнала и мощности могут состоять из 2 и более частей, при прослушивании сигнал нечеткий, напоминающий мягкий дующий шум. Максимальная длительность таких МЭС составляет 100 мс. Регистрация таких сигналов характерна для так называемых свежих эмболов.

МЭС с продолжительностью от 15 до 35 мс и мощностью до 35–40 ДБ соответствовали микрокальцинатам. В этих случаях ядро эмболического сигнала локализуется в спектре кровотока, имеет четкий контур, а при прослушивании имеет четкий, невысокого тона, напоминающий хлопок аудиосигнал.

При ретроспективном анализе фазовой структуры кровотока нами отмечено, что местоположение МЭС несет полезную информацию. Чем дальше от систолической волны регистрируется МЭС, тем больше вероятность того, что по своей морфологической структуре микроэмбол состоит из нитей фибрина и тромбоцитов.

С физической точки зрения рассеяние упругой акустической волны в жидкой среде обуславливается неоднородностью этой среды. Рассеяние ультразвуковых волн, проявляющееся в виде спонтанного эхokon-

траста, имеет место вследствие появления в кровотоке микроагрегатов, размеры которых соизмеримы с длиной акустической волны. Образование в кровотоке микроагрегатов такого размера может вызываться как агрегацией клеточных компонентов крови (прежде всего тромбоцитов и эритроцитов), так и формированием супрамолекулярных фибриновых сетей. Вероятность как первого, так и второго тем выше, чем выше гиперкоагуляционный статус крови.

Микрокальцинаты, или “твердые” эмболы, регистрируются в одном сердечном цикле как множественные МЭС в различные фазы сердечного цикла. Для дифференциации необходимо обращать пристальное внимание на мощностные характеристики ультразвуковых осцилляций.

Известно, что основными факторами операций с искусственным кровообращением, влияющими на систему гемостаза, являются длительность и температурный режим перфузии, степень гемодилюции. Продолжительность перфузии влияет не только на генерацию тромбина, но и на всю реологию крови.

По данным транскраниальной доплерографии эпизоды эмболии во время операций были зарегистрированы во всех случаях у пациентов с искусственным кровообращением. В процессе исследования были выявлены признаки как газовой, так и материальной эмболии: чем больше длительность искусственного кровообращения и гипотермии, тем больше регистрировалось МЭС материального происхождения.

Другой причиной возникновения микроэмболов может быть изменение эритроцитарной агрегации с формированием сладжей, способствующих возникновению нарушений микроциркуляции. В своей работе мы показали роль агрегации эритроцитов в формировании микроэмболов в сосудах головного мозга. Исследование степени и скорости эритроцитарной агрегации в крови, оттекающей от головного мозга, и количества МЭС показало, что во время искусственного кровообращения наблюдается определенная стадийность в их изменениях на разных этапах хирургического вмешательства.

Хирургический стресс, сопровождаемый гиперкатехоламинемией, способствует росту эритроцитарной агрегации в артериаль-

ной крови, что отражается в нарастании МЭС уже до начала искусственного кровообращения.

Таким образом, интраоперационный и послеоперационный мониторинг кровотока в бассейнах средних мозговых артерий показал, что доминирующая роль в развитии неврологических осложнений принадлежит микроэмболическому синдрому. Становится очевидным, что различные патогенетические механизмы включаются в формирование микроэмбола. Поэтому в каждой конкретной клинической ситуации необходимо проводить многофакторный анализ для оценки их морфологической структуры. После искусственного кровообращения эмболический материал может состоять из “красных” (богатых эритроцитами), “белых” (агрегатов тромбоцитов) и смешанных “твердых” (состоящих из кальцификатов) эмболов. Гетерогенность эмболического материала обусловлена разнообразием механизмов его формирования во время и после искусственного кровообращения. Активация коагуляционных каскадов с нарушениями агрегационных свойств эритроцитов и функции тромбоцитов создает объективные предпосылки для формирования микроэмболов, различных по их морфологической структуре.

При реконструктивных операциях на аорте в условиях искусственного кровообращения и глубокой гипотермии само оперативное вмешательство оказывает в целом отрицательное воздействие на гемореологические свойства крови, вызывая повышение вязкости, усиление агрегационной активности ее форменных элементов, снижение деформируемости эритроцитов.

ВЫВОДЫ

1. Количество МЭС и их состав во многом определяются длительностью операции и температурным режимом искусственного кровообращения. Микроэмболы газового происхождения регистрируются в течение 2 ч, в то время как материальные эмболы – до 4 ч послеоперационного периода.

2. Регистрация микроэмболов в раннем послеоперационном периоде сопряжена

с состоянием гомеостаза и сопровождается снижением скорости агрегации эритроцитов. Концентрация глюкозы в крови свыше 9,0 ммоль/л является достоверным предиктором гиперагрегации эритроцитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith P.L. Cerebral dysfunction after cardiac surgery: closing address // *Ann. Thorac. Surg.* 1995. V. 59. № 5. P. 1359–1362.
2. Fox H.M., Rizzo N.D., Gifford S. Psychological observations of patients undergoing mitral surgery; a study of stress // *Psychosom. Med.* 1954. V. 16. № 3. P. 186–208.
3. Boshes B., Priest W.S., Yacorzynski G.K., Zaks M.S. The neurologic, psychiatric and psychologic aspects of cardiac surgery // *Med. Clin. North Am.* 1957. V. 41. № 1. P. 155–169.
4. Шевченко Ю.Л., Михайленко А.А., Кузнецов А.Н., Ерофеев А.А. Кардиохирургическая агрессия и головной мозг: церебральная гемодинамика и неврологические исходы операций на сердце. СПб.: Наука, 1997. 152 с.
5. Шевченко Ю.Л., Одинак М.М., Кузнецов А.Н., Ерофеев А.А. Кардиогенный и ангиогенный церебральный инсульт (физиологические механизмы и клинические проявления). М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. 272 с.
6. Федулова С.В. Мониторинг мозгового кровотока при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2007. 127 с.
7. Сандриков В.А., Дутикова Е.Ф., Федулова С.В. и др. Ультразвуковой транскраниальный мониторинг при аортокоронарном шунтировании в условиях искусственного кровообращения // *Анестезиология и реаниматология.* 2007. № 5. С. 58–61.
8. Дементьева И.И., Морозов Ю.А., Федулова С.В. и др. Роль агрегации эритроцитов в формировании микроэмболов в сосудах головного мозга при операциях на аорте // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2009. № 2. С. 66–69.
9. Дементьева И.И., Чарная М.А., Морозов Ю.А. Система гемостаза при операциях на сердце и магистральных сосудах. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 426 с.
10. Basic identification criteria of Doppler microembolic signals. Consensus Committee of the Ninth International Cerebral Hemodynamic Symposium // *Stroke.* 1995. V. 26. № 6. P. 1123.
11. Hayes P.D., Payne D.A., Lloyd A.J. et al. Patients' thromboembolic potential between bilateral carotid endarterectomies remains stable over time // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2001. V. 22. № 6. P. 496–498.
12. Ройтман Е.В. Гемореология при операциях на сердце и магистральных сосудах с применением искусственного кровообращения: Дис. ... докт. биол. наук. М., 2003. 326 с.

