

ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА И ОСОБЕННОСТИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ

Каменская О. В., Караськов А. М., Чернявский А. М., Клиноква А. С.

Цель. Оценить состояние периферического микроциркуляторного кровотока (МЦК) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) в зависимости от возраста до реваскуляризации и на различных этапах оперативного лечения.

Материал и методы. В исследование включены 40 больных ИБС. Выделены 2 группы: 1–24 человека в возрасте до 60 лет включительно, 2–16 человек старше 60 лет. Исследовалось состояние МЦК нижних конечностей методом лазерно-доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с использованием окклюзионной пробы до реваскуляризации и уровень периферического МЦК на различных этапах хирургического лечения.

Результаты. У больных старше 60 лет выявлен более низкий уровень МЦК и сниженная реактивность микроциркуляторного русла. Снижение резерва капиллярного кровотока (РКК) было отмечено у пациентов обеих групп. Наибольшее снижение периферического МЦК в обеих группах отмечалось на этапе 30 мин искусственного кровообращения (ИК), в конце операции не происходило восстановления МЦК до исходных значений с наиболее низким кровотоком в группе старше 60 лет.

Заключение. У больных ИБС пожилого возраста выявлен исходно наиболее низкий уровень и резервные возможности периферического МЦК по сравнению с пациентами до 60 лет. На фоне ИК происходит снижение периферического МЦК в обеих группах, на этапе реперфузии полного восстановления МЦК до исходных значений не отмечено с более низким уровнем микроциркуляции у пациентов старше 60 лет.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, периферический микроциркуляторный кровоток.

ФГБУ Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения имени акад. Е. Н. Мешалкина МЗ РФ, Новосибирск, Россия.

Каменская О. В. — д.м.н., зав. лабораторией клинической физиологии, Караськов А. М. — академик РАМН, директор, Чернявский А. М. — д.м.н., проф., руководитель Центра хирургии аорты, коронарных и периферических артерий, Клиноква А. С.* — к.м.н., н.с., лаборатории клинической физиологии.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
klinkova2010@ngs.ru

ИБС — ишемическая болезнь сердца, КШ — коронарное шунтирование, ИК — искусственное кровообращение, МЦК — микроциркуляторный кровоток, МЦКфон — исходная величина микроциркуляторного кровотока, МЦКмакс — максимальное значение микроциркуляторного кровотока, ЛДФ — лазерно-доплеровская флоуметрия, СКО — среднее квадратичное отклонение, РКК — резерв капиллярного кровотока.

Рукопись получена 01.11.2013

Рецензия получена 13.11.2013

Принята к публикации 20.11.2013

Российский кардиологический журнал 2014, 8 (112): 78–83

ISCHEMIC HEART DISEASE AND SPECIFICS OF PERIPHERAL MICROCIRCULATION IN VARIOUS AGE GROUPS

Kamenskaya O. V., Karas'kov A. M., Chernyavsky A. M., Klinkova A. S.

Aim. To assess the condition of peripheral microcirculatory circulation (MCC) in patients with coronary heart disease (CHD) depending on the age, before and after revascularization during different stages of operation treatment.

Material and methods. Totally 40 patients with CHD included. Two groups completed: 1–24 patients with the age up to 60 and 2–16 patients older than 60. The condition of MCC in lower limbs studied by laser-doppler flowmetry (LDF) using the occlusion test, before revascularization and level of peripheral MCC at different stages of surgical intervention.

Results. In those older than 60 we found lower level of MCC and lowered reactivity of microcirculatory bed. Lowering of the capillary reserve (CR) was found in two patients of both groups. The lowest level of peripheral MCC in both groups was detected at 30th min. of artificial circulation; at the end of operation there was increase of MCC to the values at start with the lowest level of circulation in the group older than 60.

Conclusion. In older CHD patients the lowest level and lowest reserve of MCC were found comparing to those younger than 60. At the background of artificial circulation there is lowering of peripheral MCC in both circulatory circles; once blood circulation has returned there is no complete restore of MCC because of low circulation in patients older than 60.

Russ J Cardiol 2014, 8 (112): 78–83

Key words: ischemic heart disease, peripheral microcirculatory circulation.

FSBI Novosibirsk Scientific-Investigative Institute for Circulation Pathology n.a. acad. Meshalkin E. N. of the Ministry of Health, Novosibirsk, Russia.

Известно, что с возрастом, происходит ряд изменений сердечно-сосудистой системы, которые могут предрасполагать к развитию сердечно-сосудистых заболеваний и увеличивать темп их прогрессирования. По данным Европейского кардиологического общества, смертность от ишемической болезни сердца лиц в возрасте от 35 до 64 лет в нашей стране оказалась самой высокой в Европе, составив у мужчин более 350, а в популяции в целом — 100 на 100 тыс. человек в год [1]. Пожилые люди составляют большинство больных ишемической болезнью сердца (ИБС), почти 75% смер-

тей от данного заболевания приходится на лиц старше 65 лет [2].

В течение последнего десятилетия отмечается значительный рост числа операций коронарного шунтирования (КШ) в условиях искусственного кровообращения (ИК), выполненных пациентам старше 60 и, особенно, 70 лет [3]. Однако старение, как известно, сопровождается снижением всех функциональных способностей организма, в том числе и системы микроциркуляции. Соответственно, представляется весьма актуальным изучение периферической микроциркуляции у больных

ИБС пожилого возраста при операциях КШ с использованием ИК.

Целью работы явилась оценка состояния периферического микроциркуляторного кровотока (МЦК) у пациентов с ИБС в зависимости от возраста до реваскуляризации и на различных этапах оперативного лечения.

Материал и методы

На базе ННИИПК им. акад. Е. Н. Мешалкина Минздрава РФ обследовано 40 пациентов с ИБС, стенокардией напряжения II–III функционального класса (ФК) по Канадской классификации, хронической сердечной недостаточностью II–IV ФК по Нью-Йоркской классификации у которых, по данным коронарографии, регистрировались хирургически значимые стенозы двух и более магистральных ветвей коронарной артерии. Средний возраст пациентов составил 54 (41–73) года, из них мужчин 30 (75%), женщин — 10 (25%). Из исследования были исключены больные с наличием хирургически значимого облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей и пациенты с сахарным диабетом.

Всем пациентам выполнено КШ в условиях непальсирующего режима ИК. Условия проведения ИК были стандартны у всех пациентов: нормотермия, объемная скорость перфузии — 2,5 л/мин/м² площади поверхности тела.

Периферический МЦК определялся с помощью метода лазерно-доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на аппарате BLF–21 “Transonic System Inc” (США) в комплексе с персональным компьютером. Записи МЦК производились поверхностным датчиком типа “R” (rite angle) на тыльной поверхности большого пальца стопы с последующим расчетом средней величины МЦК в мл на 100 г ткани в мин. Рассчитывали σ — среднее квадратичное отклонение (СКО) амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения. Параметр σ , или СКО, также измеряется в мл на 100 г ткани в мин. Он характеризует величину временной изменчивости микроциркуляции, именуемую в микрососудистой семантике как флакс (“flux”). Величина СКО существенна для оценки состояния микроциркуляции и сохранности механизмов ее регуляции. Чем выше флакс, тем лучше функционируют механизмы модуляции тканевого кровотока. Снижение величины флакса обычно свидетельствует об угнетении активных вазомоторных механизмов модуляции тканевого кровотока или преобладании в регуляции тонических симпатических влияний [4].

Для оценки состояния микроциркуляции до оперативного лечения применялась окклюзионная проба, позволяющая оценить функциональные резервы капиллярного русла, реактивность гладкомышечных клеток прекапиллярного звена [5]. Для проведения

данной пробы на область голени накладывалась манжетка от аппарата для измерения артериального давления, в течение одной минуты осуществлялась регистрация исходного уровня МЦК, затем создавалась окклюзия путем нагнетания давления в манжете до уровня 200 мм рт.ст. в течение трех минут. После прекращения окклюзии запись ЛДФ продолжалась до полного восстановления микроциркуляции до исходного уровня. С помощью окклюзионной пробы оценивался резерв капиллярного кровотока (РКК). Резерв капиллярного кровотока показывает, во сколько раз может увеличиваться объемная скорость кровотока в микрососудах после воздействия сильного раздражителя, которым является окклюзия. Данный показатель рассчитывался по формуле: $(\text{МЦК макс} - \text{МЦК фон}) * 100\% / \text{МЦК фон}$, где МЦК фон — исходная величина микроциркуляторного кровотока; МЦК макс — максимальное значение микроциркуляторного кровотока, зарегистрированное в период постокклюзионной гиперемии. У здоровых лиц величина РКК составляет около 300% [5]. Также рассчитывали время достижения МЦК макс (сек) с момента снятия окклюзии. Данный параметр характеризует реактивность микрососудов прекапиллярного звена. Согласно литературным данным, значения МЦК макс у здоровых лиц достигаются в первые 25–40 сек после снятия окклюзии [6].

На втором этапе проводили регистрацию периферического МЦК интраоперационно (тыльная поверхность большого пальца стопы) на фоне стандартного анестезиологического обеспечения, соответствующего ходу операции. Исходный уровень микроциркуляции регистрировали в предперфузионный период на фоне искусственной вентиляции легких. На следующем этапе регистрировали изменение МЦК во время ИК, затем кровоток измеряли в постперфузионный период на фоне стабильной гемодинамики. Одновременно с измерением МЦК регистрировали основные показатели гемодинамики — систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), а также показатели газового состава артериальной и смешанной венозной крови.

Лабораторные исследования включали: клинический анализ крови, биохимический анализ сыворотки крови, анализ липидного спектра.

Протокол исследования был одобрен этическими комитетами всех участвующих клинических центров. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Статистический анализ проводился с помощью программы Statistica 7.0. Распределение всех изучаемых признаков не соответствовало закону нормального распределения, поэтому для сравнения групп применяли методы непараметрической статистики. Данные представлены в виде медианы (25%–75%), Ме

Таблица 1

Биохимические показатели крови у больных ишемической болезнью сердца различных возрастных групп Me (Q₂₅-Q₇₅)

	Общий холестерин, ммоль/л	Лipoproteиды высокой плотности, ммоль/л	Триглицериды, ммоль/л	Лipoproteиды очень низкой плотности, ммоль/л	Лipoproteиды низкой плотности, ммоль/л
1-я группа (до 60 лет)	5,1 (3,9–5,6)	1,1 (0,8–1,2)	1,7 (1,3–2,0)	0,9 (0,6–1,2)	3,5 (2,7–4,9)
2-я группа (старше 60 лет)	5,4 (4,3–6,2)*	0,9 (0,6–1,1)	2,1 (1,6–2,3)*	1,0 (0,6–1,3)	3,3 (2,5–4,2)

Примечание: * — статистически значимые различия между группами (p<0,05).

Таблица 2

Показатели периферического МЦК при проведении окклюзионной пробы у больных ишемической болезнью сердца Me (Q₂₅-Q₇₅)

	МЦКфон (мл/100г/мин)	СКО (мл/100г/мин)	МЦКмакс (мл/100г/мин)	Время достижения МЦКмакс (сек)	РКК, %
1-я группа (до 60 лет)	14,8 (8,2–18,4)	2,0 (0,7–2,7)	16,9 (13,7–31,0)	48,0 13,2–51,0	173 (135,4–273,4)
2-я группа (старше 60 лет)	3,9* 2,3–6,9	0,8* (0,4–1,7)	18,1 (9,1–23,4)	70,0* 58,1–101,6	192 (157,9–364,2)

Примечание: * — статистически значимые различия между 1-й группой (p<0,05).

Сокращения: МЦКфон — величина микроциркуляторного кровотока в покое, МЦКмакс — максимальное значение МЦК в период постокклюзионной гиперемии, РКК — резерв капиллярного кровотока (МЦК макс — МЦК фон) *100% / МЦК фон, СКО — среднее квадратическое отклонение.

(Q₂₅-Q₇₅). Сравнение двух и более зависимых групп проводили с помощью критерия Вилкоксона. Для проведения корреляционного анализа использовали коэффициент Спирмена. Уровень отклонения нулевой гипотезы об отсутствии различий между группами (p) принимали равным 0,05.

Результаты

Больные ИБС были разделены на 2 группы: 1 группу — 24 человека (60%) составили пациенты в возрасте до 60 лет включительно, 2 группу — 16 человек (40%) пациенты старше 60 лет. Средний возраст больных 1-й группы составил 52 (45–58) года, 2-й — 67 (61–73) лет. Показатели липидного спектра у пациентов представлены в таблице (табл. 1).

Анализ липидного спектра крови показал наличие дислипидемии у пациентов обеих групп, но более значимые изменения содержания атерогенных липопротеидов отмечены у больных ИБС старшей возрастной категории. По данным клинического анализа крови, биохимического анализа сыворотки крови, достоверных отличий не было выявлено.

Исходный уровень МЦК у пациентов 1 и 2 групп до операции имел статистически значимые отличия, с более низкой объемной скоростью и вариабельностью кровотока у пациентов старшей возрастной группы (p<0,05) (табл. 2).

При проведении окклюзионной пробы во 2 группе пациентов достижение МЦК макс после снятия окклюзии регистрировалось на 2-й минуте восстановления кровотока, в то время как в 1-й группе МЦК достигал максимальных значений на первой минуте (p<0,05). При этом в обеих группах время

достижения максимальной перфузии было ниже нормальных значений, что характеризует сниженную реактивность сосудов микроциркуляторного русла у пациентов с ИБС. По резервным возможностям микроциркуляторного русла данные группы не отличались между собой (p>0,05). Резерв капиллярного кровотока в обеих группах был снижен и составил менее 200%.

Таким образом, у больных ИБС старше 60 лет отмечается более низкий исходный уровень периферического МЦК и более сниженная реактивность микроциркуляторного русла. Снижение РКК отмечено у пациентов обеих групп.

На рисунке 1 представлена динамика изменения уровня периферического МЦК больных ИБС обеих групп на этапах хирургического лечения.

На начальном этапе ИК в 1-й группе пациентов выявлено статистически значимое снижение уровня МЦК, что составило 42,6% от исходных значений (этап вводного наркоза, p<0,05). В дальнейшем, при продолжительности перфузии в течение 30 мин, объемная скорость МЦК составила 26,7% от исходного уровня. Показатель вариабельности кровотока — СКО также значительно снизился с 1,9 мл/100г/мин на этапе вводного наркоза до 0,7 мл/100г/мин во время 30 мин ИК, в результате чего ЛДФ-грамма представляла собой монотонную кривую без ритмических колебаний кровотока. В восстановительный период в конце оперативного лечения объемная скорость микроциркуляции не достигала исходных значений и составила 51%. Вариабельность кровотока увеличилась до 1,7 мл/100г/мин (89% от исходных показателей). Уровень периферической микроциркуляции у пациентов 2-й группы на этапе вводного

Таблица 3

**Лабораторные данные артериальной крови
на различных этапах операции у больных ишемической болезнью сердца
(1 группа — пациенты до 60 лет, 2 группа — пациенты старше 60 лет); Me (Q₂₅-Q₇₅)**

Показатели, ед. измерения	Вводный наркоз		30 мин искусственного кровообращения		Окончание операции	
	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа
PCO ₂ (mmHg)	34,1 (30,4–43,9)	32,8 (28,4–35,5)	30,9 (30,6–32,0)	32,9 (27,8–33,5)	33,6 (32,3–40,4)	32,4 (29,9–33,8)
PO ₂ (mmHg)	239,8 (148,3–260,4)	244,7 (189,5–305,5)	260,6 (247,5–290,9)	282,0 (187,6–321,4)	85,1* (73,0–145,8)	118,4* (84,2–184,0)
tHb (г/л)	148,0 (130,0–158,0)	138,0 (129,0–151,0)	84,0* (75,0–90,0)	82,0* (77,0–90,0)	110,5* (108,0–117,0)	104,0* (98,0–113,0)
Hct (%)	44,0 (38,0–46,0)	42,0 (37,0–45,0)	25,0* (22,0–26,0)	24,0* (23,0–26,0)	32,5 (32,0–34,5)	31,0 (29,0–33,0)
O ₂ SAT (%)	99,6 (98,9–99,7)	99,6 (99,4–99,8)	99,7 (99,6–99,7)	99,7 (99,4–99,8)	96,6 (93,9–98,8)	98,4 (97,0–99,4)

Примечание: * — статистически значимые различия с показателями на этапе вводного наркоза (p<0,05).

Сокращения: pCO₂ — парциальное давление углекислого газа в крови, pO₂ — парциальное давление кислорода в крови, tHb — концентрация общего гемоглобина в крови, Hct — гематокрит, O₂SAT — насыщение кислородом крови.

наркоза был статистически значимо ниже, чем в 1-й (p<0,05). Наибольшее снижение МЦК у больных старшей возрастной категории регистрировалось так же, как и в 1-й группе, на этапе 30 мин ИК, что составило только 19,6% от исходных значений. Вариабельность МЦК снизилась с 1,5 (этап вводного наркоза) до 0,5 мл/100г/мин на этапе 30 мин ИК. В конце операции уровень периферического МЦК у больных 2-й группы составил 33,9% от исходных показателей и достоверно отличался от показателей кровотока в 1-й группе (p<0,05).

Таким образом, наибольшее снижение объемной скорости и вариабельности периферической микроциркуляции у больных ИБС обеих групп регистрировалось на этапе 30 мин ИК, при этом в конце операции не происходило полного восстановления МЦК до исходных значений с наиболее низким уровнем МЦК в группе пациентов старше 60 лет.

На различных этапах оперативного лечения среднее АД в обеих группах поддерживалось от 70 до 80 мм рт.ст. Продолжительность ИК в 1-й и 2-й группах не имела отличий и составила 94,5 (70,0–134,5) мин и 82 (65–124) мин, соответственно, (p>0,05).

В таблице 3 представлены лабораторные данные артериальной крови на различных этапах оперативного лечения у больных ИБС.

Как видно из таблицы, на этапе ИК в результате гемодилюции регистрировалось статистически значимое снижение концентрации общего гемоглобина в артериальной крови и гематокрита у пациентов обеих групп (p<0,05). На этапе окончания операции после отключения ИК в обеих группах регистрировалось статистически значимое снижение парциального давления кислорода в артериальной крови. Известно, что величина объемной скорости МЦК пропорциональна скорости движения эритроцитов, величине гематокрита и количеству функционирующих сосудов в зондируемом объеме ткани, поэтому изменения показателей гемоглобина в артериальной крови и гематокрита на различных этапах операции

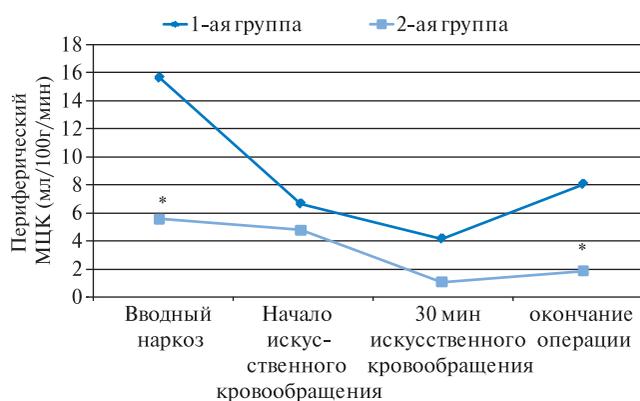


Рис. 1. Динамика периферического микроциркуляторного кровотока больных ИБС обеих групп на этапах хирургического лечения.

в результате инфузионной терапии, будут нести за собой и изменения уровня микроциркуляции, что показано в данном исследовании (рис. 1).

Обсуждение

В процессе старения изменяется структурно-функциональное состояние микроциркуляторного русла. Авторами было отмечено, что у лиц старческого возраста с ИБС уменьшается плотность капиллярных петель с утончением и увеличением извилистости. На фоне снижения количества функционирующих капилляров, появляются зоны полной облитерации капилляров — “поля плешивости”, отмечается неравномерность калибра микрососудов, то есть имеет место значительное изменение структуры капиллярного русла, в результате чего капиллярный кровоток существенно замедляется и появляются стазы [7]. По данным нашего исследования, состояние периферической микроциркуляции в покое у больных ИБС старше 60 лет характеризуется более низкой объемной скоростью (менее 4 мл/100г/мин) и вариабельностью МЦК, по сравнению с больными возрастной группы до 60 лет.

Изменения функционального состояния эндотелия наступают в возрасте старше 40 лет и с увеличе-

нием возраста прогрессируют. Авторами было установлено, что развитие с возрастом дисфункции эндотелия отрицательно сказывается на клеточном составе крови, повышается агрегация эритроцитов и снижается их деформируемость, повышается агрегационная активность тромбоцитов и их адгезивные свойства [8]. Ухудшение сосудодвигательной функции развивается на фоне постепенного снижения с возрастом количества нервных образований, осуществляющих центральную регуляцию сосудистого тонуса на уровне прекапиллярных сфинктеров и артериол. Атеросклеротические изменения и утрата постоянного притока эфферентных тонус-регулирующих импульсов приводит к так называемому старческому параличу микроциркуляторного русла [9, 10]. В нашем исследовании результаты проведения окклюзионной пробы для выявления функциональной состоятельности эндотелия показали, что как у пожилых больных ИБС, так и у больных ИБС возрастом до 60 лет выявлен сниженный прирост объемной скорости периферического МЦК при создании реактивной гиперемии, что выражается в сниженном РКК. Несмотря на то, что достоверной разницы в показателях РКК между группами не было выявлено, следует учитывать тот факт, что в результате изучения индивидуально-типологических особенностей микроциркуляции изначально низкий уровень перфузии у здоровых лиц (гипоэмический тип микроциркуляции) в норме характеризуется наиболее высоким РКК (более 300%) по результатам окклюзионной пробы, в отличие от других типов микроциркуляции (мезоэмический и гиперэмический) [11]. Высокие показатели РКК при данном типе кровотока объясняются включением в фазу реактивной гиперемии значительного количества ранее нефункционирующих капилляров. В нашем исследовании у больных ИБС старшей возрастной категории изначально сниженный уровень МЦК в результате морфо-функциональных изменений микроциркуляторного русла соответственно не приводит к его значительному приросту в фазу реактивной гиперемии. В этой же группе показатель реактивности микрососудов — время достижения МЦК макс (сек) с момента снятия окклюзии был наиболее снижен (МЦК макс регистрировался на 2-й минуте постокклюзионной гиперемии) по сравнению с пациентами возрастом до 60 лет. Данный показатель определяется количеством сосудистых блоков в результате нарушения с возрастом способности эндотелия к выработке эндотелиальных вазодилататоров, а также о повышенной реакции эндотелия на воздействие гуморальных вазоконстрикторов [5]. У пациентов с ИБС до 60 лет средний уровень МЦК был значительно выше (около 14 мл/100г/мин), что, возможно, связано с артериоловенозным шунтированием крови, обусловленное

спазмом прекапиллярных сфинктеров на фоне системного атеросклероза.

Технология ИК применяется в кардиохирургии уже около 60 лет, но, несмотря на очевидный прогресс конструкции аппарата ИК, оксигенаторов и магистралей, проблемы нефизиологичности экстракорпоральной перфузии по-прежнему актуальны. Очень часто ИК ассоциируется с активацией системного воспалительного ответа при контакте крови с полимерными стенками аппарата ИК, нарушениями свертывающей системы и разрушением форменных элементов в процессе работы роликовых насосов. Существуют и другие мнения [12], предполагающие, что особенности этой технологии, а именно ламинарный кровоток и отток значительной части объема циркулирующей крови в кардиотомный резервуар гораздо более значимы в патогенезе развития значительной части послеоперационных осложнений, так как именно эти факторы ведут к рефлекторному изменению тонуса микрососудов. Спазм прекапиллярных артериол ведет к обеднению капиллярного кровотока и нарушению перфузии тканей, развитию тканевой гипоксии, которые приводят к метаболическому ацидозу, гиперлактатацидемии, гипергликемии [13]. Все вышеперечисленные изменения приводят к развитию органной дисфункции той или иной степени [14]. В нашем исследовании у больных ИБС на 30-й минуте ИК регистрировалось снижение объемной скорости и вариабельности периферической микроциркуляции с наибольшим снижением кровотока в группе пациентов старшей возрастной категории. В конце операции не происходило полного восстановления МЦК до исходных значений с наиболее низким уровнем МЦК в группе пациентов старше 60 лет.

Заключение

У больных ИБС пожилого возраста выявлен исходно наиболее низкий уровень периферической микроциркуляции и вариабельность кровотока по сравнению с пациентами возрастом до 60 лет. Развитие структурно-функциональных изменений микроциркуляторного русла у больных ИБС приводит к снижению резервных возможностей периферического МЦК, при этом у пациентов старшей возрастной категории отмечена наиболее низкая реактивность МЦК во время проведения окклюзионной пробы.

При реваскуляризации миокарда на фоне ИК происходит снижение уровня периферической микроциркуляции с угнетением активных вазомоторных механизмов модуляции тканевого кровотока, при этом на этапе реперфузии не происходит полного восстановления МЦК до исходных значений с более низким уровнем микроциркуляции у пациентов старше 60 лет.

Литература

1. Malishevskij MV. Internal diseases. Tjumen': izdat. centr "Akademija"; 2004. 307p. Russian (Малишевский М.В. Внутренние болезни. Тюмень: издат. центр "Академия"; 2004. 307с).
2. Gurevich MA, Arhipova LV. Features of current and pharmacotherapy CHD in the elderly. Russ J Cardiol 2010; 1: 88–91. Russian (Гуревич М.А., Архипова Л.В. Особенности течения и фармакотерапии ИБС у пожилых. Российский кардиологический журнал 2010; 1: 88–91).
3. Pajvin AA, Hubulava GG, Kozlov KL, et al. Diastolic left ventricular function in elderly and senile patients with coronary heart disease before and after coronary artery bypass surgery. Advances of gerontology 2008; 1: 91–9. Russian (Пайвин А.А., Хубулава Г.Г., Козлов К.Л. и др. Диастолическая функция левого желудочка у больных пожилого и старческого возраста с ишемической болезнью сердца до и после операции коронарного шунтирования. Успехи геронтологии 2008; 1: 91–6.)
4. Krupatkin AI, Sidorov VV. Diagnosis of the functional state of microcirculation by LDF. A guide for doctors. Moscow: Medicine; 2005. pp. 87–128. Russian (Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Диагностика функционального состояния микроциркуляции крови методом ЛДФ. М.: Медицина; 2005. с. 87–128.)
5. Azizov GA. Functional tests in the evaluation of microcirculatory disorders in diseases vessels of lower extremities. Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija 2006; 1: 37–43. Russian (Азизов Г.А. Функциональные пробы в оценке нарушений микроциркуляции при заболеваниях сосудов нижних конечностей. Регионарное кровообращение и микроциркуляция 2006; 1: 37–43.)
6. Fedorovich AA. The functional state of the regulatory mechanisms of microcirculatory blood flow in normal and hypertension according to laser doppler flowmetry. Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija 2010; 1: 49–60. Russian (Федорович А.А. Функциональное состояние регуляторных механизмов микроциркуляторного кровотока в норме и при артериальной гипертензии по данным лазерной доплеровской флоуметрии. Регионарное кровообращение и микроциркуляция 2010; 1: 49–60.)
7. Gates PE, Strain WD, Shore AC. Human endothelial function and microvascular ageing. Experimental. Physiology 2009; 3: 311–6.
8. Korkushko OV, Duzhak GV. Age-related changes in the rheological properties of blood and the endothelial function of the microcirculatory vascular bed. Problemy starenija i dolgoletija 2011; 1: 35–52. Russian (Коркушко О.В., Дужак Г.В. Возрастные изменения реологических свойств крови и состояния эндотелиальной функции микроциркуляторного сосудистого русла. Пробл. старения и долголетия 2011; 1: 35–52).
9. Tihonova IV, Tankanag AB, Kosjakova NI, et al. Evaluation of age changes the regulation of peripheral blood flow in humans. Rossijskij fiziologičeskij žurnal im. I.M. Sečenova 2005; 11: 1305–11. Russian (Тихонова И.В., Танканг А.В., Косякова Н.И. и др. Оценка возрастных изменений регуляции периферического кровотока у человека. Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова 2005; 11: 1305–11).
10. Kamenskaja OV, Karpenko AA, Klinkova AS, et al. The functional state of the peripheral microcirculation blood flow in patients with atherosclerosis of the arteries of the lower extremities. Patologija krovoobrashhenija i kardiohirurgija 2012; 2: 59–64. Russian (Каменская О.В., Карпенко А.А., Клинова А.С. и др. Функциональное состояние периферического микроциркуляторного кровотока у пациентов с атеросклерозом артерий нижних конечностей. Патология кровообращения и кардиохирургия 2012; 2: 59–64).
11. Chujan EN, Ananchenko MN. Individually-typological approach to the study of the processes of blood microcirculation. Uchjonye zapiski Tavricheskogo Nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. "Biology, Chemistry" 2009; 3: 166–80. Russian (Чуян Е.Н., Ананченко М.Н. Индивидуально-типологический подход к исследованию процессов микроциркуляции крови. Учёные записки Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского. Серия "Биология, химия" 2009; 3: 166–80).
12. Posval P, Mehta Y, Juneja R, et al. Comparative study of pulsatile and nonpulsatile flow during cardio-pulmonary bypass. Ann. Card. Anaesth. 2004; 7: 44–50.
13. Shinde SB, Golam KK, Kumar P, et al. Blood lactate levels during cardiopulmonary bypass for valvular heart surgery. Ann. Card. Anaesth. 2005; 8: 39–44.
14. Warren OJ, Smith AJ, Alexiou C, et al. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: part 1-mechanisms of pathogenesis. J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2009; 23: 223–31.