

Статья поступила в редакцию 19.11.2019 г.

Задорожная М.П., Разумов В.В.

ГАУЗ КО Новокузнецкая городская клиническая больница № 1,
Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей,
г. Новокузнецк, Россия

К МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ОДНОИМЕННЫХ АРТЕРИЙ ЭЛАСТИЧЕСКИ-МЫШЕЧНОГО ТИПА

Классические методы оценки упруго-эластических свойств сосудов, восходящие ко временам Юнга, Моэнса и Кортвега, методика определения скорости распространения пульсовой волны, предложенная Г.Ф. Лангом в начале 20-х годов минувшего века, дуплексное сканирование периферических артерий, а также современные методы контурного анализа пульсовых волн с определением кардиально-лодыжечного сосудистого индекса и брахиально-лодыжечной скорости пульсовой волны применительно к исследованию сосудистых бассейнов, имеющих парные артерии, страдают недостатком дуалистического представления информации об их состоянии отдельно для левой и правой половин тела. В отсутствие метода оценки комплаенса артериальной системы в целом, интегральная оценка состояния сосудистых бассейнов с парными артериями, доступных клиническому изучению, остается актуальной проблемой.

Цель исследования – определение актуальности билатеральной асимметрии жесткости одноименных артерий каротидного и феморального бассейнов и создание метода интегральной оценки их ремоделирования.

Материал и методы. Оценка морфологических и функциональных параметров упруго-эластических свойств артерий каротидного и феморального бассейнов у 110 пациентов с несложной гипертонической болезнью.

Результаты. Выявлена не только билатеральная асимметрия ремоделирования внутри каждого сосудистого бассейна, но и межбассейновая, свидетельствующая о гетеротопическом асинхронизме ремоделирования, исключающем возможность использования любой из артерий каротидного и феморального бассейнов как репрезентативно отражающей состояние сосудистого региона. Предложена методика интегральной оценки состояния каротидного и феморального бассейнов в виде единой для каждого из них виртуальной артерии без потери информативности о выраженности в них степени ремоделирования, и предоставляющая возможность более содержательного сопоставления ее с переменными, обладающими системной модальностью, чем методика раздельного их сопоставления с параметрами жесткости лево-правосторонних сосудов.

Ключевые слова: региональные сосудистые бассейны; артериальная жесткость; асимметрия упруго-эластических параметров артерий; артериальный комплаенс.

Zadorozhnaya M.P., Razumov V.V.

Novokuznetsk State Institute for Advanced Medical Training,
Novokuznetsk City Clinical Hospital N 1, Novokuznetsk, Russia

TO THE METHODOLOGY FOR EVALUATING THE REMODELING OF THE SAME ARTERIES OF AN ELASTIC-MUSCULAR TYPE

Classical methods for assessing the elastic properties of blood vessels dating back to the times of Jung, Moens, and Korteweg; a method for determining the propagation velocity of a pulse wave proposed by G.F. Langom at the beginning of the 20s of the last century, duplex scanning of peripheral arteries, as well as modern methods of contour analysis of pulse waves with the determination of the carotid-ankle vascular index and the brachial-ankle pulse wave velocity in relation to the study of vascular pools having paired arteries suffer from a lack of dualistic presentation of information about their condition separately for the left and right halves of the body. In the absence of a method for assessing the compliance of the arterial system as a whole, an integrated assessment of the state of vascular pools with paired arteries accessible to clinical study remains an urgent problem.

The purpose of the study is to determine the relevance of bilateral asymmetric stiffness indicators of the same arteries of the carotid and femoral pools and to create a method for the integral assessment of their remodeling.

Material and methods. Assessment of the morphological and functional parameters of the elastic properties of the arteries of the carotid and femoral pools in 110 patients with uncomplicated hypertension.

Results. Not only bilateral asymmetry of remodeling within each vascular basin was revealed, but also interbasin, indicating heterotopic asynchronism of remodeling, excluding the possibility of using any of the arteries of the carotid and femoral pools as representative of the state of the vascular region. A technique is proposed for the integral assessment of the state of the carotid and femoral pools in the form of a single virtual artery for each of them without loss of information about the degree of remodeling expressed in them, and providing the possibility of a more meaningful comparison of it with variables with systemic modality than the technique of separately comparing them with stiffness parameters of left-right vessels.

Key words: regional vascular basins; arterial stiff bone; asymmetry of the elastic parameters of arteries; arterial compliance

Комплекс интима-медиа (КИМ) считается ключевой фигурой в процессе ремоделирования артерий. За территориальными различиями его толщины (ТКИМ) в бассейне каротидных артерий, создающими трудности в определении интегрального значения даже при одностороннем иссле-

довании, скрываются их различные формы ответной реакции на атерогенные, гипертензионные и другие воздействия. Внутренняя сонная артерия (ВСА) склонна к преимущественному развитию в ней атеросклероза со стенозирующими проявлениями, но без признаков ремоделирования, то есть к преиму-

щественному нарушению транспортной функции [1]. В общей сонной артерии (ОСА) развиваются как атеросклеротические бляшки (АСБ), так и ремоделирование, проявляющееся, помимо изменений размеров ТКИМ, эксцентрическим изменением диаметра [1, 2]. Иными словами, ОСА подвержена нарушениям как проводящей, так и амортизирующей функции, причем в дистальных ее отделах атеросклероз прогрессирует быстрее [3].

Двойная природа увеличения размеров ТКИМ (в результате атерогенеза и/или ремоделирования), не дифференцируемая методикой наружной ультразвуковой томографии, используемой в массовых клинических исследованиях на предмет субклинических признаков атеросклероза, привела к императивному отказу от использования ТКИМ как маркера и предиктора сердечно-сосудистого риска (ССР) [4], если ее размеры не отвечают Манхеймовским критериям АСБ [3].

Однако возможность атеросклеротического генеза утолщения ТКИМ, несколько меньшего, чем требуется этими критериями, является, вероятно, причиной ситуаций, при которых совместный учет ТКИМ и АСБ ОСА обладает большей предикторностью ССР, чем каждый из этих параметров по отдельности [5]. Поэтому, если исключение ТКИМ ОСА из признаков поражения органов-мишеней при атеросклерозе оправдано с позиций клинических рекомендаций (Guideline) для практикующих врачей, то для научных изысканий оно не может быть руководством к действию.

Еще менее оправданным является исключение ТКИМ ОСА из поражения органов-мишеней (ПООГ) при гипертонической болезни (ГБ), поскольку оно опирается на метаанализы проспективных и обсервационных исследований ССР, посвященных преимущественно атеросклеротическим стенозирующим поражениям артерий. ГБ свойственен ремоделирующий процесс в артериальной системе, приводящий к нарушению ее амортизирующей функции, возникающий и выявляемый еще до развития визуализируемого ультразвуковой томографией увеличения размеров ТКИМ [6-8]. Исследований с выводами о прогностической или маркерной бесперспективности изучения ТКИМ относительно неосложненной ГБ с малой «примесью» атеросклероза не существует по причине вообще малочисленности исследований по закономерностям ремоделирования артериального дерева при ГБ как таковой.

На современном этапе для характеристики морфологических проявлений ремоделирования артерии определения ее диаметра и ТКИМ недостаточно. Значения ТКИМ обладают существенным недостатком — одномерностью [9], не в пример трехмерным характеристикам ремоделирования сердца. Индекс Керногана, давно бытующий в литературе, переименованный в последние годы в понятие «относитель-

ная толщина сосудистой стенки» и широко используемый в различных модификациях как характеристика перестройки сосуда, хоть и двухмерен, но также не отражает всей полноты процесса ремоделирования артерии как объемной структуры. Различие в единицах измерения процесса ремоделирования в сердце и в артериях была постепенно преодолена первоначально введением понятия «артериальная масса» (АМ) определенного участка артерии (Поливода С.Н. и соавт. [10]), с последующим использованием этой переменной для определения типов ремоделирования (ТР) артерий на принципах определения ТР сердца (Агафонов А.В. и соавт. [11]).

Однако определение ТР артерий не свободно, как и определение ТКИМ и других локальных переменных артериальной жесткости, от билатеральной асимметрии, затрудняющих интегральную оценку состояния ремоделирования в артериальном бассейне в целом. Использование средних арифметических величин некорректно в связи с приглушением выраженности ремоделирования, особенно при значительном билатеральном расхождении значений одноименных переменных. В этих случаях, по рекомендации Американского общества эхокардиографии (ASE), следует пользоваться максимальным из двух значений [3]. Нами также было показано, что использование средних арифметических значений ТКИМ обеих ОСА не имеет преимуществ перед использованием ее средних значений какой-либо одной из них [12].

При использовании же в качестве интегрального показателя удвоенного количества переменных обеих ОСА возникает необходимость удваивать количество остальных сравниваемых переменных, что искажает результаты статистического анализа, а ТР, как порядковые переменные, суммировать вообще невозможно. Следует отметить, что на сегодня интегральная оценка состояния артериальной системы в целом не решена современными усовершенствованными методами контурного анализа центральных и периферических пульсовых волн с определением кардиально-лодыжечного сосудистого индекса (CAVI) и брахиально-лодыжечной скорости пульсовой волны (PWVba), представляющих информацию отдельно для левой и правой половин тела. Таким образом, в отсутствии метода оценки compliance артериальной системы в целом, интегральная оценка состояния сосудистых бассейнов, доступных клиническому изучению, остается актуальной проблемой.

Цель исследования — определение актуальности билатеральной асимметричности показателей жесткости одноименных артерий каротидного и феморального бассейнов и создание метода интегральной оценки их ремоделирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОД

Изучение выраженности асимметрии переменных артериальной жесткости у одноименных арте-

Корреспонденцию адресовать:

ЗАДОРЖНАЯ Марина Петровна,
г. Новокузнецк, пр. Metallurgov, д. 31, кв. 43.
Тел: +7-923-507-85-88. E-mail: zmp@mail.ru

рий каротидного и феморального бассейнов делало излишним стандартизацию обследованных по каким-либо признакам и позволяло его проведение на всем контингенте без подразделения на группу контроля (ГК) и больных ГБ. Но, поскольку у лиц ГК по определению могла быть только нормальная геометрия (НГ) артерий, работа проведена на контингенте только больных ГБ.

В исследование были включены пациенты с ГБ, не принимающие постоянной гипотензивной терапии, не имеющие сопутствующей патологии органов дыхания, эндокринной системы, онкопатологии. Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в исследовании. Диагноз ГБ устанавливался согласно Рекомендациям Европейского общества кардиологов/Европейского общества по артериальной гипертензии по лечению артериальной гипертензии 2018 г. [4].

Обсервационное исследование было выполнено на 110 пациентах с медианой возраста и квартильным его распределением (Me , Q_1 , Q_3) в 53, 47 и 60 на всей группе, при I стадии ГБ – 47, 41,5 и 51 лет, при II + III стадии ГБ – 56, 50 и 61 лет, соответственно. Мужчин и женщин было 53 (48,2 %) и 57 (51,8 %) по всей группе. Количество пациентов с I, II + III ст. ГБ было 33 и 77 человек. Среди лиц с ГБ АСБ не были выявлены у 52 человек (47,3 %), клинически и гемодинамически незначимые АСБ – у 52 (47,3 %), значимые – у 6 (5,5 %) пациентов.

Проведено дуплексное сканирование (ДС) ОСА и ОБА с обеих сторон на УЗ-сканере «Medison 8000». Из структурных параметров определяли толщину стенки (ТС) артерии, в том числе и относительную ($WL = 2 \text{ Ч } TC/D$ просвета) в продольном сечении дистальной трети ОСА и дистальном отделе ОБА на протяжении 1 см от их бифуркации по удаленной стенке; ТКИМ на том же уровне; диаметры артерий (D – в систолу и диастолу, диаметр просвета); массу артериальной стенки (АМ) площадью 1 см², рассчитанную по формуле: $AM = \rho \times L \times (\pi \times Re^2 - \pi \times Ri^2)$, где ρ – плотность артериальной стенки, L – референтная длина артериального сегмента, равная 1 см, Re – наружный радиус сосуда, Ri – внутренний радиус сосуда. Из параметров же, характеризующих функциональные свойства артериальной стенки, рассчитывали: коэффициент диаметального расширения ($DC = ((2 \times (Ds - Dd) / Dd) \times 10^3) / (\text{ПАД} / 5,5187))$, индекс жесткости ($\beta = \ln(\text{САД} / \text{ДАД}) \times Dd / (Ds - Dd)$), циркуферентное напряжение ($\text{ЦН} = \text{АДср} / (ТС / D_{\text{пр}})$ мм рт. ст.), эластический модуль Петерсона ($E_p = \text{ПАД} \times (Dd / (Ds - Dd))$ мм рт. ст. на единицу относительной дефор-

мации), статический эластический модуль Юнга ($E_s = E_p \times Dd / (2 \times TC)$ мм рт. ст. на единицу относительной деформации), скорость распространения пульсовой волны ($PWV = \frac{R}{\Delta t}$, где R – радиус сосуда) [11].

ТР ОСА и ОБА классифицированы по аналогии с ремоделированием левого желудочка на нормальную геометрию (НГ), концентрическое ремоделирование (КР), концентрическую гипертрофию (КГ) и эксцентрическую гипертрофию (ЭГ) артериальной стенки с учетом наибольших значений АМ и WL в группе контроля, описанных нами в предыдущей статье [12]. Отдельно в группу выделяли все перестроечные ТР (ПТР) для сравнения с группой отсутствия ремоделирования, т.е. НГ.

Статистический анализ данных проводили с применением пакета программы IBM SPSS Statistics (Версия 22; лицензионный договор № 20 160 413 – 1 от 22.04.16). Характер распределения признаков оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. При нормальном распределении данные представлены в виде $M \pm m$ (M – среднее значение, m – среднеквадратичная ошибка среднего), при негауссовском – в виде медианы (Me) и процентилей (Q_1 и Q_3). Поскольку распределение большинства переменных отклонялось от нормального, сравнение групп проводилось по непараметрическим тестам для независимых и зависимых выборок (критерии Манна-Уитни, критерий знаков и критерий знаковых рангов Вилкоксона). Статистические критерии различий номинальных и порядковых переменных определялись через критерий правдоподобия χ^2 Пирсона. Оценку взаимосвязи изучаемых признаков проводили регрессионным анализом (метод подгонки кривых) с определением коэффициента детерминации (KD , R^2) и на его основе определяли коэффициент корреляции (r). При проверке статистических гипотез достигнутый уровень значимости различий оценивался относительно точного критического уровня значимости, принимаемого за 5 % ($p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значения ТКИМ ОСА слева (ОСАлв) и справа (ОСАпр) (Me ; Q_1 ; Q_3) выражались числами 0,80; 0,70; 1,00 и 0,80; 0,70; 0,90 мм, соответственно. Распределение значений ТКИМ обеих ОСА по критерию Колмогорова-Смирнова для независимых парных выборок было однозначным ($p = 0,997$). Из 110 одноименных ОСА в 46 (42 %) парах наблюда-

Сведения об авторах:

ЗАДОРОВАЯ Марина Петровна, канд. мед. наук, доцент, кафедра функциональной диагностики, НГИУВ – Филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России, г. Новокузнецк, Россия; зав. отделением функциональной диагностики, ГАУЗ КО НГКБ № 1, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: 3mp@mail.ru

РАЗУМОВ Владимир Валентинович, доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой профпатологии, НГИУВ – Филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России, г. Новокузнецк, Россия.

лась билатеральная симметрия значений ТКИМ. Однако различие значений ТКИМ между ОСА, изученных как зависимые выборки, в форме стандартизованных значений (*z-score*) по критерию знаков выражалось числом 0,000 и соответствовало точному уровню значимости в 1,000, а по критерию знаковых рангов Вилкоксона – 0,444 и 0,657, соответственно. Таким образом, билатеральная асимметрия ТКИМ ОСА у индивидуумов была слабо выраженной и носила случайный характер. На однозначную выраженность ремоделирования обеих ОСА указывала также однотипная структура распределения частот их ТР по критерию согласия χ^2 Пирсона (табл. 1; $\chi^2(3) = 2,175$; $p = 0,537$).

Однако распределение ТР обеих ОСА, изученных как зависимые выборки методом сопряженных таблиц по критерию χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие, выявило неоднозначность у индивидуумов ремоделирования одноименных артерий (табл. 2; $\chi^2(9) = 84,411$; $p = 0,0001$). То есть, ТР одной ОСА не мог быть достоверной гарантией аналогичного ТР в противоположной, хотя одноименные ТР имели место у 73 (66 %) обследованных.

При этом, билатеральность симметрии ТР ОСА не зависела от таковой их ТКИМ (табл. 3; $\chi^2(1) = 0,390$; $p = 0,546$), указывая на то, что ТКИМ ОСА не является ключевой фигурой в процессе ремоделирования каротидных артерий.

Неоднозначной была оценка содружественности ремоделирования в обеих ОСА по функциональным параметрам упруго-эластических свойств артерий. Уровни значимости различий ДС, Ер, Es, ИЖ и ЦН между ОСАпр и ОСАлв, рассматриваемые как две независимые выборки по критериям Манна-Уитни, отвечали значения 0,124-0,980. Превышение ими критического значения в 0,05 свидетельствовало об однозначной степени ремоделирования в одноименных артериях. При анализе ОСА как зависимых выборок различия этих же показателей артериальной жесткости в форме стандартизованных значений (*z-score*) по критериям знаков достигли значений от -3,708 по -0,387, что соответствовало уровням значимости от 0,000 до 0,699, а по критериям знаковых рангов Вилкоксона – от -1,772 по -0,106 и 0,000-0,977, соответственно. Однако, критический уровень значимости ($p = 0,000$) достиг только один параметр – относительная толщина сосудистой стенки (WL). Следовательно, различия в артериальной жесткости между одноименными артериями носили также случайный характер.

В то же время, об отсутствии содружественного развития индивидуальных одноименных функцио-

Таблица 1
Частоты типов ремоделирования одноименных ОСА у больных с гипертонической болезнью

Table 1
Frequencies of types of remodeling of the same name OCA in patients with hypertension

Артерии	ТР ОСА				Всего
	НГ	КР	КГ	ЭГ	
ОСАпр	38	5	18	49	110
ОСАлв	31	5	26	48	110
Всего	69	10	44	97	220

Примечание (Note): ТР ОСА – тип ремоделирования общей сонной артерии (a type of remodeling of the common carotid artery); ОСАпр – правая общая сонная артерия (right common carotid artery); ОСАлв – левая общая сонная артерия (left common carotid artery); НГ – нормальная геометрия (normal geometry); КР – концентрическое ремоделирование (concentric remodeling); КГ – концентрическая гипертрофия (concentric hypertrophy); ЭГ – эксцентрическая гипертрофия (eccentric hypertrophy).

Таблица 2
Сопряженность частот типов ремоделирования одноименных ОСА у пациентов с гипертонической болезнью

Table 2
Frequency conjugation of remodeling types of the same name OCA in patients with hypertension

ТР ОСАлв	ТР ОСАпр				Всего
	НГ	КР	КГ	ЭГ	
НГ	27	0	0	4	31
КР	1	3	1	0	5
КГ	5	2	9	10	26
ЭГ	5	0	8	35	48
Итого	38	5	18	49	110

Примечание (Note): ТР ОСАпр и ТР ОСАлв – тип ремоделирования общей сонной артерии справа и слева соответственно (type of remodeling of the common carotid artery on the right and left, respectively), НГ – нормальная геометрия (normal geometry), КР – концентрическое ремоделирование (concentric remodeling), КГ – концентрическая гипертрофия (concentric hypertrophy), ЭГ – эксцентрическая гипертрофия (eccentric hypertrophy).

нальных показателей жесткости обеих ОСА свидетельствовали, хотя и статистически достоверные, но низкие значения коэффициента корреляции (r) и детерминации (R^2) (ДС $r = 0,457$ и $R^2 0,209$; Ер – 0,654 и 0,429; Es – 0,624 и 0,39; PWV – 0,658 и 0,433; ИЖ – 0,597 и 0,356; ЦН – 0,719 и 0,518, соответственно). Наибольшие значения КД наблюдались в основном при кубической зависимости переменных с уровнем значимости $p = 0,000$.

Information about authors:

ZADOROZHNAVAYA Marina Petrovna, candidate of medical sciences, docent, department of functional diagnostics, Novokuznetsk State Institute for Advanced Training of Physicians; head of the department of functional diagnostics Novokuznetsk City Clinical Hospital N 1, Novokuznetsk, Russia. E-mail: 3mp@mail.ru

RAZUMOV Vladimir Valentinovich, doctor of medical sciences, professor, head of department of pathology, Novokuznetsk State Institute for Advanced Training of Physicians, Novokuznetsk, Russia. E-mail: razumov2@rambler.ru

Следовательно, у индивидуумов величины переменных жесткости в одной артерии были однозначными с таковыми в противоположной менее чем в половине случаев.

Приведенные коэффициенты корреляции выглядят, конечно, внушительными на фоне часто встречающихся в публикациях значений r в 0,20-0,30, используемых как доказательные. Так, прежние представления о маркерности ТКИМ коронарного атеросклероза по данным наружной ультрасонографии, от которых теперь отказались, аргументировались значениями r обычно не выше 0,36 [13]. Корреляционная связь, считающаяся при $r = 0,7$ как сильная, объясняет все же не более половины случаев ассоциирующихся явлений.

Итак, разные статистические критерии дают неоднозначную оценку степени содружественности ремоделирования в одноименных ОСА, вызывая сомнение в том, что произвольно выбранная ОСА репрезентативно отражает состояние каротидного бассейна. Возможно, это представление правомерно для случаев клинически манифестной ишемической болезни сердца (ИБС) и/или ангиографически выраженного коронарного атеросклероза, при которых ремоделирование артерий зашло уже довольно далеко. Однако для случаев начальных стадий ГБ или атерогенеза оно вряд ли приемлемо.

Формирование виртуальной ОСА (ОСАвр), как репрезентативно отражающей ремоделирование в каротидном бассейне в целом, проводилось нами, придерживаясь рекомендаций ASE, по состояниям ОСА, имеющих более высокий ранг ремоделирования, определяемый последовательностью ряда ЭГ > КГ > КР > НГ. При равенстве ТР обеих ОСА предпочтение отдавалось морфологическим переменным, ремоделирующая иерархия которых располагалась в убывающей последовательности в ряду АМ > ТКИМ > DC.

В сформированной ОСАвр значения ТКИМ (Ме; Q₁:Q₃) выражались числами 0,80; 0,70:1,00 мм, а частоты ТР – НГ/КР/КГ/ЭГ – были представлены числами 27/4/17/62, соответственно. Различия в частотах ТР между ОСАвр, ОСАлв и ОСАпр (табл. 1), рассматриваемых как независимые выборки, не достигли критического уровня значимости ($\chi^2(3) = 4,053$, $p = 0,255$; $\chi^2(3) = 3,524$, $p = 0,322$, соответственно). Средние значения переменных артериальной жесткости в ОСАвр относи-

тельно таковых ОСАлв и ОСАпр, рассматриваемых как независимые выборки, свидетельствовали о некотором ухудшении в ней упруго-эластических свойств. Однако различия значений ее переменных с таковыми ОСАлв и ОСАпр по критериям Манна-Уитни также не достигали критического уровня значимости в 0,05 ($p = 0,188-0,663$).

Сравнение переменных артериальной жесткости между ОСАвр, ОСАлв и ОСАпр как зависимых выборок обнаружило статистически достоверное различие по АМ – одному из параметров формирования ОСАвр: z -score критериев знаков -6,240 и -5,665 ($p = 0,000$) и критериев знаковых рангов Вилкоксона -5,684 и -4,720 ($p = 0,000$), соответственно. Кроме того, достоверное различие по критериям знаковых рангов Вилкоксона между ОСАвр и ОСАпр выявилось для PWV (z -score -2,245; $p = 0,024$); для ИЖ и Ер различия приблизились к критическому уровню значимости ($p = 0,056$ и $0,061$, соответственно). Это приближение к уровню достоверности различия между ОСАвр и ОСАпр рассматривалось нами как проявление скрытой асимметрии ремоделирования между ОСАпр и ОСАлв.

ОСАвр по уменьшившейся частоте НГ демонстративнее, чем ОСАлв и ОСАпр, отражала вовлеченность в ремоделирование артерий каротидного бассейна – 75,4 % артерий, против 71,8 % в ОСАлв и 65,4 % в ОСАпр. ОСАвр манифестнее отражала представленность в ПТР преимущественно ЭГ – 74,7 % против 60,8 % в ОСАлв и 68,1 % в ОСАпр, придающей структуре ремоделирования U-образный профиль. Эти данные соответствуют публикациям об облигатном расширении сосудов эластического типа (аорты, ее магистральных артерий и легочной артерии) при ГБ, ИБС и возрастных изменениях [1, 2, 14].

U-образный профиль структуры ТР ОСАвр не мог быть производной размеров КИМ, непрерывно гипертрофирующегося по мере утяжеления ГБ и выраженности атеросклероза. Этот профиль ремоделирования ставил также под сомнение предположение о решающей роли гемодинамического фактора в его формировании. Во-первых, для трех ОСА он хотя и был аналогичным, но все же не тождественным. Во-вторых, при частотах НГ/КР/КГ/ЭГ ОСАвр в I и II + III ст. ГБ – 15/4/2/12 и 12/0/15/50, соответственно – на долю ЭГ при I ст.

Таблица 3

Сопряженность частот билатеральной симметрии размеров толщины комплекса интима-медиа и типов ремоделирования одноименных ОСА

Table 3

Frequency conjugation of bilateral symmetry of the dimensions of the thickness of intima-media and types of remodeling of the same name OCA

Билатеральная симметрия ТКИМ одноименных ОСА	Билатеральная симметрия ТР одноименных ОСА, n (%)		Всего
	отсутствует	имеется	
Отсутствует	20 (31,3)	44 (68,7)	64 (100,0)
Имеется	17 (37,0)	29 (63,0)	46 (100,0)
Итого	37	73	110

Примечание (Note): ТР – тип ремоделирования (type of remodeling), ОСА – общая сонная артерия (common carotid artery).

пришлось уже 66,7 % случаев ПТР, частота которой не могла объясняться АДср в $95,6 \pm 2,2$ мм рт. ст. ($M \pm m$). Возрастное расширение ствола легочной артерии происходит, как известно, при остающейся нормальной величине артериального давления в ней [15].

Все сказанное в отношении асимметрии одноименных артерий каротидного бассейна в равной степени повторилось в одноименных артериях феморального бассейна. Значения ТКИМ ОБАлв и ОБАпр ($M_e; Q_1; Q_3$) выражались для обеих артерий числами 0,90; 0,80; 1,00 мм. Распределение значений ТКИМ обеих ОБА по критерию Колмогорова-Смирнова для независимых парных выборок указывало на его однозначность ($p = 0,861$).

Из 110 одноименных ОБА в 47 (43 %) парax наблюдалась билатеральная симметрия значений ТКИМ. Однако различие значений ТКИМ между ОБА, изученных как зависимые выборки, в форме стандартизованных значений по критерию знаков выражалось числом -1,260 и соответствовало точному уровню значимости в 0,207, а по критерию знаковых рангов Вилкоксона – -0,919 и 0,367, соответственно. Таким образом, билатеральная асимметрия ТКИМ ОСА у индивидуумов была слабо выраженной и также носила случайный характер. На однозначную выраженность ремоделирования обеих ОБА указывала также однотипная структура распределения частот их ТР по критерию согласия χ^2 Пирсона (табл. 4; $\chi^2_{(3)} = 1,298$; $p = 0,742$).

Однако распределение ТР обеих ОБА, изученных как зависимые выборки методов сопряженных таблиц по критерию χ^2 Пирсона с поправкой на правдоподобие, выявило неоднозначность у индивидуумов ремоделирования одноименных ОБА (табл. 5; $\chi^2_{(9)} = 57,351$; $p = 0,000$). То есть, ТР одной ОБА не мог быть достоверной гарантией аналогичного ТР в противоположной, хотя однозначные ТР имели место у 65 (59 %) обследованных.

Билатеральность симметрии ТР ОБА не зависела, как и ТР ОСА, от таковой их ТКИМ (табл. 6; $\chi^2_{(1)} = 0,483$; $p = 0,558$), подтверждая, что КИМ ОБА не является ключевой фигурой в процессе ремоделирования артерий феморального бассейна.

Таблица 4
Частоты типов ремоделирования парных общих бедренных артерий у пациентов с гипертонической болезнью

Table 4
Frequencies of remodeling types of paired common femoral arteries in patients with hypertension

Артерии	ТР ОБА				Всего
	НГ	КР	КГ	ЭГ	
ОБАпр	45	18	14	33	110
ОБАлв	52	14	15	29	110
Всего	97	32	29	62	220

Примечание (Note): ТР ОБА, ОБАпр и ОБАлв – тип ремоделирования общей бедренной артерии, общей бедренной артерии справа и слева, соответственно (type of remodeling of the common femoral artery, common femoral artery on the right and left, respectively), НГ – нормальная геометрия (normal geometry), КР – концентрическое ремоделирование (concentric remodeling), КГ – концентрическая гипертрофия (concentric hypertrophy), ЭГ – эксцентрическая гипертрофия (eccentric hypertrophy).

Неоднозначной была оценка содружественности ремоделирования в обеих ОБА по функциональным параметрам упруго-эластических свойств артерий. Уровни значимости различий ДС, Ер, Ес, ИЖ и ЦН между ОБАпр и ОБАлв, рассматриваемые как две независимые выборки, по критериям Манна-Уитни отвечали значения 0,557-0,975. Превышение ими критического уровня значимости в 0,05 свидетельствовало об однозначной степени ремоделирования в одноименных ОБА. При анализе ОБА как зависимых выборок различия этих же показателей жесткости в форме стандартизованных значений по критериям знаков для всех переменных достигли значений от -1,182 по -0,102, что соответствовало уровням значимости 0,237-0,919, а по критериям знаковых рангов Вилкоксона – от -1,227 по -0,140 и 0,221-0,990, соответственно. Следовательно, различия в артериальной жесткости между одноименными ОБА носили также случайный характер.

В то же время, об отсутствии содружественного развития индивидуальных одноименных функцио-

Таблица 5
Сопряженность частот типов ремоделирования одноименных общих бедренных артерий у больных гипертонической болезнью

Table 5
Frequency conjugation of types of remodeling of the same common femoral arteries in patients with hypertension

ТР ОБАлв	ТР ОБАпр				Всего
	НГ	КР	КГ	ЭГ	
НГ	33	8	2	9	52
КР	5	7	2	0	14
КГ	2	2	6	5	15
ЭГ	5	1	4	19	29
Итого	45	18	14	33	110

Примечание (Note): ТР ОБАпр и ОБАлв – тип ремоделирования общей бедренной артерии справа и слева соответственно (the type of remodeling of the common femoral artery to the right and left, respectively), НГ – нормальная геометрия (normal geometry), КР – концентрическое ремоделирование (concentric remodeling), КГ – концентрическая гипертрофия (concentric hypertrophy), ЭГ – эксцентрическая гипертрофия (eccentric hypertrophy).

Таблица 6

Сопряженность частот билатеральной симметрии размеров толщины интима-медиа и типов ремоделирования одноимённых общих бедренных артерий

Table 6

Correlation of bilateral symmetry frequencies of the dimensions of the thickness of the intima-media and types of remodeling of the same common femoral arteries

Билатеральная симметрия ТКИМ одноимённых ОБА	Билатеральная симметрия ТР одноимённых ОБА, n (%)		Всего
	Отсутствует	Имеется	
Отсутствует	24 (38,1)	39 (61,9)	63 (100,0)
Имеется	21 (44,7)	26 (55,3)	47 (100,0)
Итого	45	65	110

Примечание (Note): ТР – типы ремоделирования (types of remodeling), ОБА – общая бедренная артерия (common femoral artery).

нальных показателей жесткости обеих ОБА свидетельствовали хотя и статистически достоверные, но низкие коэффициенты корреляции (r) и детерминации (R^2): ДС $r = 0,492$ и $R^2 0,276$; Ер – $0,458$ и $0,255$; Es – $0,407$ и $0,21$; РWV – $0,579$ и $0,354$; ИЖ – $0,425$ и $0,237$; ЦН – $0,768$ и $0,591$, соответственно. Наибольшие значения КД наблюдались в основном при кубической зависимости переменных с уровнем значимости $p = 0,000$. У индивидуумов величины переменных жесткости в одной артерии были однозначны с таковыми в противоположной намного меньше, чем в половине случаев.

Виртуальная ОБА (ОБАвр) была сформирована по аналогичному для ОСАвр принципу. Значения ТКИМ ОБАвр (Me; $Q_1:Q_3$) соответствовали $0,90; 0,80:1,00$ мм, а частоты ТР – НГ/КР/КГ/ЭГ – были представлены числами $33/20/14/43$, соответственно. Различия в частотах ТР между ОБАвр, ОБАлв и ОБАпр (табл. 5), рассматриваемых как независимые выборки, достигли критического уровня значимости для ОБАлв ($\chi^2(3) = 8,063$, $p = 0,045$), но не с частотами ТР ОБАпр ($\chi^2(3) = 3,267$, $p = 0,352$), являясь доказательством разной степени ремоделирования между одноименными ОБА. Значения переменных жесткости ОБАвр относительно ОБАлв и ОБАпр, рассматриваемых как независимые выборки, показывали некоторую тенденцию к ухудшению упруго-эластических свойств

без статистически значимого различия по критериям Манна-Уитни ($p = 0,093-0,873$).

Сравнение переменных артериальной жесткости ОСАвр, ОСАлв и ОСАпр как зависимых выборок обнаружило лишь статистически достоверное различие по AM – z -score критериев знаков $-4,299$ и $-5,626$ ($p = 0,000$) и критериев знаковых рангов Вилкоксона $-3,635$ и $-5,626$ ($p = 0,000$), соответственно.

В ОБАвр произошло возрастание частоты ПТР до 77 (70%) случаев против 58 (53%) случаев в ОБАлв и 65 (59%) случаев в ОБАпр. ОБАвр, также, как и ОСАвр, демонстративнее отражала представленность ПТР, преимущественно за счет ЭГ ($56,0\%$ – против $50,0\%$ в ОБАлв и $51,0\%$ в ОБАпр), и аналогичный с ОСАвр U-образный профиль частот ТР. При частотах НГ/КР/КГ/ЭГ ОБАвр в I и II + III ст. ГБ – $20/3/4/6$ и $13/17/10/37$ соответственно – на долю ЭГ при I ст. пришлось 46% случаев ПТР, частота которой не могла вызываться уже указанной ранее величиной АДср в $95,6 \pm 2,2$ мм рт. ст. ($M \pm m$). Таким образом, ЭГ артерий феморального бассейна, как и каротидного, не могла полностью объясняться гемодинамическими факторами.

На существование достоверной межбассейновой асимметрии ремоделирования указывали данные анализа на сопряженность частот ТР ОСАвр и

Таблица 7

Сопряженность частот типов ремоделирования виртуальных общей сонной и общей бедренной артерий у больных гипертонической болезнью

Table 7

Frequency correlation of remodeling types of virtual common carotid and common femoral arteries in patients with hypertension

ТР ОБАвр	ТР ОСАвр				Всего
	НГ	КР	КГ	ЭГ	
НГ	16	3	2	12	33
КР	5	0	8	7	20
КГ	0	0	2	12	14
ЭГ	6	1	5	31	43
Всего	27	4	17	62	110

Примечание (Note): ТР ОСАвр – тип ремоделирования виртуальной общей сонной артерии (type of remodeling of the virtual common carotid artery), ТР ОБАвр – тип ремоделирования виртуальной общей бедренной артерии (type of remodeling of the virtual common femoral artery), НГ – нормальная геометрия (normal geometry), КР – концентрическое ремоделирование (concentric remodeling), КГ – концентрическая гипертрофия (concentric hypertrophy), ЭГ – эксцентрическая гипертрофия (eccentric hypertrophy).

ОБАвр (табл. 7; $\chi^2(9) = 36,237$; $p = 0,000$), свидетельствуя о меньшей представленности в ОБАвр частот ПТР (70 % против 74,5 % в ОСАвр), а в них – меньшей представленности ЭГ (55,8 % против 74,7 %). Однозначные ТР в обоих бассейнах имели место лишь в 49 (44,5 %) случаях.

ВЫВОДЫ

1. При неосложненной ГБ как структурные, так и функциональные переменные упруго-эластических свойств обеих ОСА и ОБА обладают статистически достоверной индивидуальной асимметрией, исключающей возможность использования любой из артерий каротидного и феморального бассейнов как репрезентативно отражающей состояние его ремоделирования.

2. Виртуальные артерии каротидного и феморального бассейнов, сформированные из составляющих их одноименных артерий по принципу более высокого ранга типа ремоделирования и/или морфологического критерия артериальной жесткости, интегрируют выраженность их ремоделирования, создавая более целостное представление о перестройке в каждом из сосудистых бассейнов, чем лево- и правосторонние характеристики парных артерий этих бассейнов.

3. Ремоделирование артерий каротидного и феморального бассейнов при гипертонической болезни характеризуется асимметрией, не только билатеральной внутри каждого сосудистого бассейна, но и межбассейновой, указывающей на гетеротопический асинхронизм ремоделирования, вызванный, скорее всего, местными факторами, модифицирующими

одинаковое воздействие на артерии многочисленных факторов системой модальности.

4. Развитие на фоне гетеротопического асинхронизма ремоделирования однообразного U-подобного профиля типов его частот в ОСА и ОБА, как билатеральных, так и виртуальных, в результате значительной частоты эксцентрической гипертрофии, манифестно представленной уже в I ст. гипертонической болезни, свидетельствует о существовании при ней закономерностей ремоделирования артерий, не объясняющихся факторами гемодинамики.

5. Возникновение морфологических перестроек в артериях уже при I ст. гипертонической болезни, при которой артериям подходит больше статус не органов-мишеней, а центриодов (организаторов) гипертонической болезни, должно приниматься во внимание при выборе сроков начала гипотензивной терапии.

6. Факты региональной билатеральной асимметрии упруго-эластических характеристик артерий каротидного и феморального бассейнов, равно как и других частных проявлений гетеротопического асинхронизма ремоделирования – билатеральной асимметрии значений САВИ, PWAbа и лодыжечно-плечевого индекса – указывают на актуальность проблемы разработки способа определения интегрального артериального комплаенса.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Crouse JR, Goldbourt U, Evans G, Pinsky J, Sharrett AR, Sorlie P, et al. Arterial enlargement in the atherosclerosis risk in communities (ARIC) cohort. In vivo quantification of carotid arterial enlargement. The ARIC Investigators. *Stroke*. 1994; 25(7): 1354-1359.
2. Labropoulos N, Zarge J, Mansour MA, Kang SS, Baker WH. Compensatory arterial enlargement is a common pathobiologic response in early atherosclerosis. *Am J Surg*. 1998; 176(2): 140-143.
3. Stein JH, Korcarz CE, Hurst RT, Lonn E, Kendall CB, Mohler ER, et al. American Society of Echocardiography Carotid Intima-Media Thickness Task Force. Use of carotid ultrasound to identify subclinical vascular disease and evaluate cardiovascular disease risk: a consensus statement from the American Society of Echocardiography Carotid Intima-Media Thickness Task Force. Endorsed by the Society for Vascular Medicine. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008; 21(2): 93-111.
4. Memorandum of Experts of the Russian Cardiology Society on the recommendations of the European Society of Cardiology/European Society for Arterial Hypertension for the treatment of arterial hypertension 2018. *Russian J of Cardiology*. 2018; 23(12): 131-142. Russian (Меморандум экспертов Российского кардиологического общества по рекомендациям Европейского общества кардиологов/Европейского общества по артериальной гипертензии по лечению артериальной гипертензии 2018 г. //Рос. кардиол. журнал. 2018. Т. 23, № 12. С. 131-142.)
5. Nambi V, Chambless L, Folsom AR, He M, Hu Y, Mosley T, et al. Carotid intima-media thickness and presence or absence of plaque improves prediction of coronary heart disease risk: the ARIC (Atherosclerosis Risk In Communities) study. *J Am Coll Cardiol*. 2010; 55(15): 1600-1607.
6. Zhirnova OA, Beresten NF, Pestovskaya OR, Bogdanova EYa. Non-invasive diagnosis of violation of the elastic properties of arterial vessels. *Electronic Journal of Angiologia*. 2011; (1): 27-42. Russian (Жирнова О.А., Берестень Н.Ф., Пестовская О.П., Богданова Е.Я. Неинвазивная диагностика нарушения эластических свойств артериальных сосудов //Электронный журнал Angiologia.ru. 2011. № 1. С. 27-42.)
7. Gonchar AV, Kovaleva ON, Khmara AT. Remodeling of the common carotid arteries in obese patients with hypertension. *Scientific sheets. Series Medicine. Pharmacy*. 2013; 23(18): 73-78. Russian (Гончарь А.В., Ковалева О.Н.,

- Хмара А.Т. Ремоделирование общих сонных артерий у больных гипертонической болезнью с ожирением // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. 2013. Т. 23, № 18. С. 73-78.)
8. Genkel VV, Salashenko AO, Alekseeva OA, Shaposhnik II. Endothelial shear rate and vascular stiffness at the local and regional levels in patients at different stages of atherogenesis. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2016; 15 (3): 50-56. Russian (Генкель В.В., Салашенко А.О., Алексеева О.А. Шапошник И.И. Эндотелиальная скорость сдвига и сосудистая жесткость на локальном и региональном уровнях у пациентов на разных стадиях атерогенеза //Региональное кровообращение и микроциркуляция. 2016. Т. 15, № 3. С. 50-56.)
 9. Johnsen SH, Mathiesen EB. Ultrasound imaging of carotid atherosclerosis in a normal population. The Tromsø Study. *Norsk Epidemiologi*. 2009; 19(1): 17-28.
 10. Polyvoda SM, Cherepok OO, Sichov RO. Ukraine (19) UA Patent (11) 50439 (13) A (51) 6 A61B8 / 00, A61B5 / 00 Method for identifying the mass of the bottom segment. No. 2002010269; Application 01/10/2002; Publ. 10/15/2002. Bull. Number 10. Ukrainian (Поливода С.М., Черепок О.О., Сичов Р.О. Украина (19) UA Патент (11) 50439 (13) A (51)6 A61B8/00, A61B5/00 Спосіб визначення маси судинного сегмента. № 2002010269; Заяв. 10.01.2002; Опубл. 15.10.2002. Бюл. № 10.)
 11. Agafonov AV, Tuev AV, Nekrutenko LA, Bochkova YuV. Arterial remodeling in patients with elderly and older hypertension. *Ross cardiol magazine*. 2005; (3): 25-27. Russian (Агафонов А.В., Туев А.В., Некрутенко Л.А., Бочкова Ю.В. Артериальное ремоделирование у больных гипертонией пожилого и старшего возраста //Росс. кардиол. журнал. 2005. № 3. С. 25-27.)
 12. Zadorozhnaya MP, Razumov VV. To the question of the representativeness of the vasculature as a sign of hypertension. *Medicine in Kuzbass*. 2017; 16(2): 39-45. Russian (Задорожная М.П., Разумов В.В. К вопросу о репрезентативности сосудистого бассейна как признака гипертонической болезни //Медицина в Кузбассе. 2017. Т. 16, № 2. С. 39-45.)
 13. Amato M, Montorsi P, Ravani A, Oldani E, Galli S, Ravagnani PM, et al. Carotid intima-media thickness by B-mode ultrasound as surrogate of coronary atherosclerosis: correlation with quantitative coronary angiography and coronary intravascular ultrasound findings. *Eur. Heart J*. 2007; (17): 2094-2101.
 14. Andreeva SA. Morphometric patterns of age-related changes in the arterial link of the pulmonary circulation. *Bulletin of new medical technologies*. 2011; XVIII(2): 137-138. Russian (Андреева С.А. Морфометрические закономерности возрастных изменений в артериальном звене малого круга кровообращения //Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. XVIII, № 2. С. 137-138.)
 15. Vlasov YuA. Ontogenesis of human blood circulation. Novosibirsk: Science, 1985. 266 p. Russian (Власов Ю.А. Онтогенез кровообращения человека. Новосибирск: Наука, 1985. 266 с.)

