

УДК 616.12-008.333.1-073.4-8

Л. В. Мельникова, Л. Ф. Бартош, О. А. Гречишкина

СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ ПРИСТЕНОЧНОГО КРОВОТОКА В ОБЩИХ СОННЫХ АРТЕРИЯХ КАК ПРЕДИКТОР АТЕРОСКЛЕРОЗА У БОЛЬНЫХ С ЭССЕНЦИАЛЬНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Аннотация. Производится анализ скоростных параметров кровотока в общих сонных артериях у больных эссенциальной артериальной гипертензией в зависимости от индекса замедления пристеночного кровотока. Предложен способ ранней диагностики атеросклероза при артериальной гипертензии.

Ключевые слова: общие сонные артерии, артериальная гипертензия, атеросклероз.

Abstract. This article presents the analysis of high-speed parameters' blood flow in common carotid arteries at patients with essential arterial hypertension subject to wall slowing of blood flow index behavior. The method of atherosclerosis early detection at arterial hypertension is suggested.

Keywords: common carotid arteries, arterial hypertension, atherosclerosis.

Введение

Высокая смертность от сердечно-сосудистых осложнений эссенциальной артериальной гипертензии как в России, так и в мировом масштабе в настоящее время считается крупнейшей медико-социальной проблемой [1–3]. Одно из направлений профилактики – раннее выявление и своевременное лечение пациентов с предрасположенностью к сосудистым катастрофам. Широко распространены системы стратификации уровня риска по «Фремингемской модели» и SCORE [4]. Однако классическими факторами риска можно объяснить не более половины случаев развития сердечно-сосудистых осложнений [5].

Своего рода «окном», позволяющим распознать ранние проявления атеросклероза, являются общие сонные артерии (ОСА) [6]. Наиболее изученный показатель атеросклеротического поражения – толщина комплекса интима-медиа. Значимость его утолщения для диагностики доказана рядом многоцентровых исследований (OPERA, Kuopio Ischemic Heart Disease Study, ARIC, Роттердамское) [7–10]. Но морфологически измененная сосудистая стенка трудно поддается медикаментозному лечению. Воздействие на внутрисосудистую гемодинамику более перспективно для первичной профилактики сосудистых поражений. Несмотря на то, что именно влияние движущейся крови на эндотелий сосуда определяет его вазорегулирующую функцию и тромборезистентность, сведения о скоростных параметрах кровотока в общих сонных артериях у больных с артериальной гипертензией малочисленны и противоречивы.

1. Материал и методы исследования

Обследовано 103 пациента – 52 мужчины и 51 женщина в возрасте от 32 до 60 лет (средний возраст обследуемых $45,8 \pm 11,5$ лет) с эссенциальной артериальной гипертензией – систолическое артериальное давление (АД) бо-

лее 140 мм рт.ст. и/или диастолическое АД более 90 мм рт.ст. В целом по контингенту среднее артериальное давление (АД_{ср}) находилось в пределах от 76,1 до 164,1 мм рт.ст. – $127,3 \pm 31,4$ мм рт.ст. Средняя продолжительность артериальной гипертензии в группе наблюдения составила $7,1 \pm 1,2$ лет.

Критериями исключения являлись: неудовлетворительная ультразвуковая визуализация сердца и сосудов, конечный диастолический размер левого желудочка более 60 мм, патологическая извитость и стенозы сонных артерий, нарушения сердечного ритма, острые нарушения коронарного и мозгового кровообращения.

Осмотр производился в одинаковое время суток, после 3-дневной отмены гипотензивных препаратов. Измерение артериального давления в плечевой артерии проводилось дважды по стандартной методике непосредственно перед началом ультразвукового исследования, в расчет принималось среднее систолическое, диастолическое и пульсовое давление по двум измерениям. Среднее артериальное давление рассчитывалось по формуле [6]

$$\text{АД}_{\text{ср}} = \frac{(\text{САД} + 2\text{ДАД})}{3}.$$

Всем пациентам, включенным в исследование, проводилось ультразвуковое исследование сердца, общих сонных артерий, брюшной аорты, артерий нижних конечностей на аппарате Vivid 7 Dimension. При исследовании сосудов и брюшной аорты обращали внимание на наличие атеросклеротических бляшек, рассчитывался процент стеноза. Для уточнения поражения коронарных артерий выполнялась рентгеноконтрастная коронарография.

При сканировании общих сонных артерий (ОСА) оценивались скоростные параметры кровотока справа и слева с расчетом средних значений. По авторской методике определялся индекс замедления пристеночного кровотока (ИЗПК) [11]. При ультразвуковом исследовании общей сонной артерии в продольном ее сечении на 1 см проксимальнее бифуркации с помощью импульсно-волнового доплеровского сканирования контрольным объемом 1 мм определялась сначала пиковая систолическая скорость пристеночного кровотока у задней стенки ($V_{\text{ст}}$), а затем пиковая систолическая скорость центрального слоя ($V_{\text{ц}}$). Рассчитывалось соотношение $V_{\text{ст}}/V_{\text{ц}}$ – индекс замедления пристеночного кровотока.

На рис. 1 схематично изображено положение контрольного объема импульсно-волнового доплера в просвете общей сонной артерии при определении пиковой систолической скорости пристеночного (а) и центрального слоя кровотока (б).

С целью исследования влияния движения крови на сосудистую стенку исследовалось напряжение сдвига на эндотелии общей сонной артерии (τ), которое вычислялось (в предположении пуазейлевского течения) по формуле

$$\tau = \frac{4\eta V}{D},$$

где η – вязкость крови (в среднем 0,05 Пз); V – максимальная скорость кровотока; D – диаметр артерии [12].

Также измерялись диаметр ОСА и толщина комплекса интима-медиа на расстоянии 1 см проксимальнее бифуркации по задней стенке. В М-режиме

с синхронной записью ЭКГ определялся просвет ОСА в систолу и диастолу. Для сравнения между группами использовалось среднее значение, равное половине суммы систолического и диастолического диаметров.

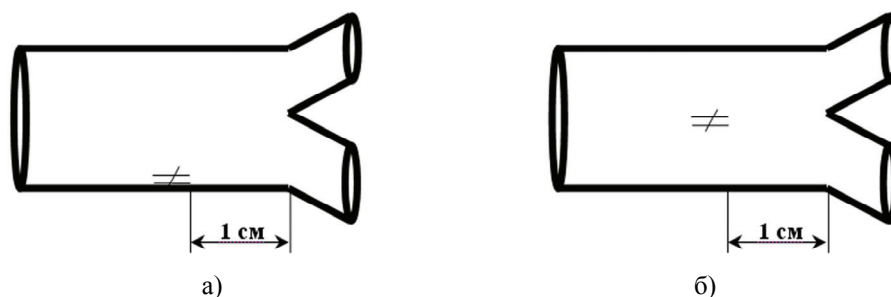


Рис. 1. Расположение контрольного объема импульсно-волнового доплера в общей сонной артерии при определении скоростей пристеночного и центрального слоев внутрисосудистого кровотока

Для оценки эластичности ОСА рассчитывались коэффициент растяжимости (distensibility coefficient, DC) по формуле

$$DC = \frac{2\Delta D}{\Delta P D} [10^{-3} / \text{кПа}],$$

где D – диаметр артерии; ΔD – изменение диаметра артерии в течение сердечного цикла; ΔP – пульсовое артериальное давление [13].

Статистическая обработка данных производилась с помощью пакета программ Statistica 6.0. При анализе материала рассчитывались средние величины (M), их стандартные отклонения (σ). При сравнении средних значений использовался двусторонний t -критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок, при неравномерности распределения применялись непараметрические критерии Mann-Whitney и Wilcoxon. Для анализа попарной взаимосвязи количественных признаков независимо от вида распределения использовался метод ранговой корреляции Спирмена. Различия средних величин и корреляционные связи считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$. Для поиска закономерностей группирования объектов исследования в отдельные подмножества применялся кластерный анализ.

2. Результаты обследования

На основании собственных наблюдений было сделано предположение о существовании различающихся между собой групп больных артериальной гипертензией по скорости пристеночного кровотока в общих сонных артериях.

Для подтверждения этой гипотезы использовался метод кластерного анализа, позволяющий группировать членов генеральной совокупности по нескольким параметрам. В качестве группирующих признаков были выбраны индекс замедления пристеночного кровотока (ИЗПК), напряжение сдвига на эндотелии общей сонной артерии (τ) и диаметр общей сонной артерии (D).

Полученные результаты (табл. 1) наглядно свидетельствуют о том, что обследованные лица могут быть разделены на три кластера, достоверно различающиеся между собой.

Основные характеристики кластеров в зависимости от состояния внутрисосудистой гемодинамики

Кластер	N	ИЗПК	τ , дин/см ²	D, мм
I	44	$0,81 \pm 0,09$	$19,3 \pm 3,1$	$6,4 \pm 0,6$
II	34	$0,85 \pm 0,06$	$27,5 \pm 2,5$	$6,0 \pm 0,4$
III	25	$0,90 \pm 0,01$	$37,0 \pm 5,0$	$5,6 \pm 0,3$

Примечание. Различия между кластерами статистически достоверны.

Следует отметить прогрессивное ухудшение структурно-функциональных свойств сосудистой стенки от третьего кластера к первому. Так, у пациентов, отнесенных к третьему кластеру, толщина комплекса интима-медиа равнялась $0,6 \pm 0,1$ мм, коэффициент растяжимости – $44,3 \pm 18,7$ 10⁻³ /кПа. Во втором кластере эти параметры имели значения $0,7 \pm 0,1$ мм ($p < 0,05$) и $39,7 \pm 17,6$ 10⁻³ /кПа ($p > 0,05$) соответственно.

Следует отметить прогрессивное ухудшение структурно-функциональных свойств сосудистой стенки от третьего кластера к первому. Так, у пациентов, отнесенных к третьему кластеру, толщина комплекса интима-медиа равнялась $0,6 \pm 0,1$ мм, коэффициент растяжимости – $44,3 \pm 18,7$ 10⁻³ /кПа. Во втором кластере эти параметры имели значения $0,7 \pm 0,1$ мм ($p < 0,05$) и $39,7 \pm 17,6$ 10⁻³ /кПа ($p > 0,05$) соответственно. По состоянию сосудистой стенки больные первого кластера значительно отличались от двух других. Так, КИМ в этой группе составил $0,9 \pm 0,1$ мм, DC – $30,8 \pm 11,1$ 10⁻³ /кПа, диаметр ОСА был расширен до $6,4 \pm 0,6$ мм ($p < 0,05$ при сравнении всех параметров с аналогичными из других кластеров). Обращало на себя внимание снижение напряжения сдвига на эндотелии ОСА в первом и втором кластере ($19,3 \pm 3,1$ и $27,5 \pm 2,5$ дин/см²) по сравнению с третьим – $37,0 \pm 5,0$ дин/см² ($p < 0,05$).

Определялась обратная взаимосвязь индекса замедления пристеночного кровотока со степенью риска развития сердечно-сосудистых осложнений $R = -0,59$, $p = 0,0001$.

Основываясь на полученных данных, мы разделили обследованных на две группы в зависимости от величины ИЗПК: к первой группе были отнесены больные со значением этого показателя менее 0,89, ко второй – более или равном 0,89 (табл. 2). Выделенные группы были сопоставимы по основным демографическим показателям (возрасту и полу).

При анализе данных групп было замечено, что у всех больных с атеросклерозом (подтвержденный инфаркт миокарда или наличие на ангиограмме атеросклеротических бляшек) ИЗПК был менее 0,89. Вместе с тем пациенты с ИЗПК более 0,9, направленные на рентгеноконтрастную коронарографию по поводу болей в области сердца, не имели признаков атеросклероза как в коронарных сосудах, так и в остальных сосудистых бассейнах. При более детальном обследовании причиной кардиалгии у них оказывались некоронарогенные факторы: остеохондроз, ревматический стеноз аортального клапана и др.

4. Обсуждение результатов

В результате анализа собственных данных обнаружена зависимость структурно-функциональных свойств общих сонных артерий от соотношения

скоростей пристеночного и центрального кровотока (ИЗПК). Действительно, имеются доказательства влияния движения крови, так называемого напряжения сдвига, на эндотелиальную выстилку сосуда. Известно, что повышение напряжения сдвига потенцирует синтез оксида азота – одного из основных сосудорасширяющих факторов [14]. Именно гемодинамический фактор считается одним из главных в инициации атеросклеротического поражения сосудов. В экспериментах *in vivo* было установлено повышение проницаемости эндотелия для альбуминов при снижении напряжения сдвига на эндотелии [15]. Проведенное исследование показало ухудшение структурно-функциональных свойств сосудистой стенки (утолщение комплекса интима-медиа, снижение коэффициента растяжимости) при замедлении скорости пристеночного слоя крови. Кроме того, выявлена взаимосвязь между снижением индекса замедления пристеночного кровотока и повышением риска сердечно-сосудистых осложнений у обследованного контингента.

Таблица 2

Поражение отдельных сосудистых бассейнов в зависимости от величины индекса замедления пристеночного кровотока

Показатель	ИЗПК	
	более 0,9	менее 0,89
Число пациентов	25	78
Возраст, лет	47,2 ± 8,76	50,1 ± 7,74
Соотношение мужчины/женщины	10/15	32/46
Курящие, чел.	9	24
Атеросклероз сонных артерий, чел.	0	22
Атеросклероз артерий нижних конечностей, чел.	0	18
Атеросклероз ветвей брюшной аорты, чел.	0	2
Атеросклероз коронарных артерий, чел.	0	28

Поскольку частицы жидкости, движущейся в сосуде, как бы «прилипают» к стенкам, то скорость слоев текущей жидкости будет различной – от нуля у самой поверхности до максимума в центре. При ламинарном, или слоистом, течении силы вязкости сглаживают боковые движения жидкости, возникающие вследствие различных неровностей стенок. Разница скоростей соседних слоев существенно не различается. С увеличением шероховатости стенки возникает дополнительное сопротивление движению пристеночных слоев, и скорость движения крови в пристеночном слое замедляется. Поэтому центральные слои в крупном сосуде движутся существенно быстрее, чем пристеночные. Разница скоростей соседних слоев способствует усилению боковых движений частиц, а это ведет к переходу в турбулентное течение и возрастанию риска атеросклероза.

Заключение

Снижение скорости пристеночного кровотока в общих сонных артериях и расширение диаметра сосуда приводит к уменьшению напряжения сдвига, что может способствовать повышенной проницаемости эндотелия и развитию атеросклероза.

Индекс замедления пристеночного кровотока менее 0,89 свидетельствует о повышении риска сердечно-сосудистых осложнений у больных арте-

риальной гипертензией и может расцениваться как предиктор атеросклеротического поражения.

Список литературы

1. **Шевченко, О. П.** Артериальная гипертония и церебральный инсульт / О. П. Шевченко, Е. А. Праскурничий, Н. Н. Яхно, И. В. Дамулин. – М. : Реафарм, 2001. – 191 с.
2. **Верещагин, Н. В.** Патология головного мозга при атеросклерозе и артериальной гипертонии / Н. В. Верещагин, В. А. Моргунов, Т. С. Гулевская. – М. : Медицина, 1977. – 228 с.
3. **Chalmers, J.** Clinician's manual on blood pressure and stroke prevention / J. Chalmers [et al.]. – L., 2000. – 129 p.
4. **Оганов, Р. Г.** Национальные клинические рекомендации Всероссийского научного общества кардиологов / Р. Г. Оганов, М. Н. Мамедов. – М. : Силиция-Полиграф, 2008. – 512 с.
5. **Kuulasmaa, K.** For the WHO MONICA Project. Estimation of contribution of changes in classic risk factors to trends in coronary event rates accross the WHO MONICA Project populations / K. Kuulasmaa, H. Tunstall-Pedoe, A. Dobson [et al.] // *Lancet*. – 2000. – V. 355. – P. 675–687.
6. **Морман, Д.** Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер // СПб. : Питер, 2000. – 256 с.
7. **Bots, M. L.** Common carotid intimamedia thickness and the risk of stroke and myocardial infarction: The Rotterdam Study / M. L. Bots [et al.] // *Circulation*. – 1997. – V. 96. – P. 1432–1437.
8. **Burke, G.** Arterial wall thickness is associated with prevalent cardiovascular disease in middle-aged adults: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study / G. Burke [et al.] // *Stroke*. – 1995. – V. 26. – 386–391.
9. **Paivansalo, M.** Prevalence of carotid atherosclerosis in middle-aged hypertensive and control subjects. A cross-sectional systematic study with duplex ultrasound / M. Paivansalo [et al.] // *J Hypertension*. – 1996. – V. 14. – P. 1433–1439.
10. **Salonen, R.** Carotid atherosclerosis in relation to systolic and diastolic blood pressure. Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study / R. Salonen, J. T. Salonen // *Ann Intern Med*. – 1991. – V. 23. – P. 23–27.
11. Пат. 2350273 РФ. Способ диагностики ранних стадий атеросклероза / Мельникова Л. В., Бартош Ф. Л., Бартош Л. Ф. – М., 2009.
12. **Иванова, О. В.** Определение чувствительности плечевой артерии к напряжению сдвига на эндотелии как метод оценки состояния эндотелийзависимой вазодилатации с помощью ультразвука высокого разрешения у больных с артериальной гипертензией / О. В. Иванова [и др.] // *Кардиология*. – 1998. – № 3. – С. 37–41.
13. **Reneman, R. S.** Age-related changes in carotid artery wall properties in men / R. S. Reneman [et al.] // *Ultrasound Med Biol*. – 1986. – № 12 (6). – P. 465–471.
14. **Мелькумянц, А. М.** Регуляция просвета магистральных артерий в соответствии с напряжением сдвига на эндотелии / А. М. Мелькумянц, С. А. Балашов, В. М. Хаютин // *Физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. – 1992. – № 6. – С. 70–78.
15. **Himburg, H. A.** Spatial comparison between wall shear stress measures and porcine arterial endothelial permeability / H. A. Himburg [et al.] // *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. – 2004. – V. 286 (5). – P. 1916–1922.

Мельникова Людмила Владимировна
кандидат медицинских наук, заведующая
кафедрой ультразвуковой диагностики
Пензенский институт
совершенствования врачей

E-mail: mmlv@mail.ru

Melnikova Lyudmila Vladimirovna
Candidate of medical sciences, head
of sub-department of ultrasonic diagnostics,
Penza Institute of advanced medical studies

Бартош Леонид Федорович
доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой терапии, общей
врачебной практики и эндокринологии,
Пензенский институт
совершенствования врачей

E-mail: kafter-2@mail.ru

Bartosh Leonid Fedorovich
Doctor of medical sciences, professor,
head of sub-department of therapy, general
medical practice and endocrinology,
Penza Institute of advanced medical studies

Гречишкина Ольга Александровна
врач-кардиолог, поликлиника
Пензенской городской больницы № 3

E-mail: grechishkin.sem@mail.ru

Grechishkina Olga Alexandrovna
Cardiologist, polyclinic at Penza
Municipal Hospital № 3

УДК 616.12-008.333.1-073.4-8

Мельникова, Л. В.

Снижение скорости пристеночного кровотока в общих сонных артериях как предиктор атеросклероза у больных с эссенциальной артериальной гипертензией / Л. В. Мельникова, Л. Ф. Бартош, О. А. Гречишкина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2010. – № 2 (14). – С. 69–75.