

# Свойства сосудистой стенки позвоночных артерий у больных с ишемическими нарушениями мозгового кровообращения в вертебрально-базилярной системе

А.Ю.Вишнякова✉, В.Г.Лелюк

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова» Минздрава России. 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

✉vishau@yandex.ru

С целью оценки упругоэластических свойств стенок позвоночных артерий (ПА) в норме и их изменений при ишемическом инсульте (ИИ) в вертебрально-базилярной системе (ВБС) и хронической вертебрально-базилярной недостаточности обследованы 39 больных с ИИ в ВБС и 29 – с хронической вертебрально-базилярной недостаточностью, а также 65 практически здоровых лиц. Методом дуплексного сканирования измеряли толщину сосудистой стенки, диаметры общих сонных артерий и ПА в систолу и диастолу, рассчитывали показатели, характеризующие жесткость их сосудистой стенки (эластичность, растяжимость, индекс жесткости  $\beta$ ). С возрастом в ПА не происходит наблюдаемых в общих сонных артериях утолщения сосудистой стенки, увеличения диаметров и повышения жесткости, что связано с различиями процессов сосудистого ремоделирования стенок данных артерий. Нельзя исключить, что выявленное достоверное повышение жесткости стенок ПА у больных обеих групп по сравнению с практически здоровыми лицами может быть одним из факторов риска развития ИИ в ВБС.

**Ключевые слова:** дуплексное сканирование, позвоночная артерия, жесткость сосудистой стенки.

**Для цитирования:** Вишнякова А.Ю., Лелюк В.Г. Свойства сосудистой стенки позвоночных артерий у больных с ишемическими нарушениями мозгового кровообращения в вертебрально-базилярной системе. Consilium Medicum. 2018; 20 (2): 45–49. DOI: 10.26442/2075-1753\_2018.2.45-49

## Short survey

### Vascular wall properties of the vertebral arteries in patients with ischemic stroke in posterior circulation

A.Yu.Vishnyakova✉, V.G.Lelyuk

N.I.Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. 117997, Russian Federation, Moscow, ul. Ostrovitianova, d. 1

✉vishau@yandex.ru

#### Abstract

The aim was to assess the vascular properties of the vertebral arteries (VA) in healthy persons and to detect their possible impairments in patients with ischemic stroke in posterior circulation (PCIS) and patients with vertebrobasilar insufficiency (VBI). 39 patients with PCIS, 29 patients with VBI and 65 healthy volunteers were included into the study. Wall thickness, systolic and diastolic diameters of the VA and the common carotid arteries were measured using ultrasonography and indexes characterizing elastic properties of vascular walls (compliance, distensibility, beta stiffness index) were calculated. As appose to the common carotid arteries wall thickness, vessel diameter and stiffness of the VA were not significantly correlated with age. This finding might be linked with the difference in the age-related remodeling processes in these arteries. Stiffness of the VA was significantly higher in patients with PSIC and VBI in comparison with healthy volunteers, and this stiffness increase could be a risk factor for PCIS.

**Key words:** ultrasonography, vertebral artery, wall stiffness.

**For citation:** Vishnyakova A.Yu., Lelyuk V.G. Vascular wall properties of the vertebral arteries in patients with ischemic stroke in posterior circulation. Consilium Medicum. 2018; 20 (2): 45–49. DOI: 10.26442/2075-1753\_2018.2.45-49

#### Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) с некоторыми допущениями могут рассматриваться как следствие связанной с возрастом сосудистой инволюции [1], характеризующейся расширением просветов артерий и утолщением их стенок с одновременным повышением их жесткости [2]. Подобные процессы преобладают в крупных артериях эластического и мышечно-эластического типов, в меньшей мере затрагивая сосуды мышечного типа [3].

Накопленные сведения свидетельствуют о том, что повышение артериальной жесткости является прогностически важным маркером увеличения риска развития ССЗ [4]. Подобные изменения жесткости артериальной стенки наблюдаются у лиц с факторами риска развития ССЗ (артериальной гипертонией, сахарным диабетом и др.) [5, 6] и, как правило, сопровождаются снижением ее эластичности и растяжимости [7]. В соответствии с результатами проведенного метаанализа, включающего в себя сведения о более чем 15 тыс. человек, установлено, что повышенная

аортальная жесткость в 2 раза увеличивает риск развития инфарктов, инсультов, а также смерти от ССЗ [8].

Существует несколько неинвазивных методов определения артериальной жесткости. В частности, ее локальным маркером является индекс  $b$  [9], оценку которого и ряда других показателей упругоэластических свойств (УЭС) сосудистой стенки возможно проводить с использованием ультразвуковых методов. В связи с рядом технических ограничений этот показатель оценивается в основном в сонных артериях. Вопросы, касающиеся возможности и методологии подобного тестирования артерий вертебрально-базилярной системы (ВБС), в частности позвоночных артерий (ПА), остаются открытыми.

Цель настоящего исследования – определение УЭС стенок ПА у больных с ишемическим инсультом (ИИ) в ВБС и хронической вертебрально-базилярной недостаточностью (ХВБН) в сопоставлении с таковыми в общих сонных артериях (ОСА) с использованием высокочастотного дуплексного сканирования.

Группа	Контрольная группа		Больные с ХВБН (n=29)	Больные с ИИ в ВБС (n=39)
	20–39 лет (n=42)	40–60 лет (n=23)		
Возраст, лет	28±6	49±5	66±10	59±12
Пол, абс. (%)	42 муж (100%)	23 муж (100%)	17 муж (58,6%) 12 жен (41,4%)	30 муж (76,9%) 9 жен (23,1%)
Артериальная гипертония, абс. (%)	7 (20,6%)	10 (32,3%)	27 (93,1%)	31 (79,5%)
Сахарный диабет, абс. (%)	Нет	Нет	1 (3,3%)	11 (28,2%)
Инфаркт миокарда в анамнезе, абс. (%)	Нет	Нет	5 (17,2%)	4 (10,3%)
Инсульт в анамнезе	Нет	Нет	2 (6,9%)	8 (20,5%)
Атеросклероз ОСА	Нет	20 (86,9%)	27 (93,1%)	35 (89,7%)
Стенокклюзирующие поражения ПА	Нет	Нет	8 (27,6%)	24 (61,5%)

Показатель	Обозначение	Расчетная формула
Эластичность	C, мм <sup>2</sup> /мм рт. ст.	$\frac{\pi \times (D_s^2 - D_d^2)}{4 \times \Delta P}$
Растяжимость	Di, 10 <sup>-3</sup> /мм рт. ст.	$\frac{\Delta D}{\Delta P \times D_d}$
Индекс жесткости	$\beta$	$\frac{\ln \frac{P_s}{P_d} \times D_d}{\Delta D}$

## Материалы и методы

В исследование были включены сведения о 39 больных с ИИ в ВБС и 29 – с ХВБН. Группу контроля составили 65 практически здоровых добровольцев, ранжированных на 2 разновозрастные подгруппы: 1-ю составили лица моложе 40 лет, 2-ю – старше 40 лет. Для всех обследованных критерием исключения из исследования являлась мерцательная аритмия; для группы контроля помимо этого – сахарный диабет, инсульты и инфаркты миокарда в анамнезе, наличие объективных ультразвуковых признаков стенокклюзирующих поражений крупных артерий ВБС и атеросклеротического поражения сонных артерий со стенозами более 30% по диаметру. Общая характеристика включенных в исследование лиц представлена в табл. 1.

Всем лицам, включенным в исследование, проводилось высокоразрешающее дуплексное сканирование экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий на сканере Acuson Sequoia 512 (Siemens AG, Германия) датчиком линейного формата с частотой 5–9 МГц. Оценивали проходимость просвета сосуда и состояние комплекса интима-медиа (КИМ) сонных артерий. Толщину КИМ (ТКИМ) ОСА измеряли на 1–1,5 см проксимальнее зоны ее бифуркации по задней по отношению к сканирующей поверхности ультразвукового датчика стенке сосуда, толщину стенок (h) ОСА и ПА. При исследовании в М-режиме определяли систолический (Ds) и диастолический (Dd) диаметры ОСА и ПА (в V2-сегментах на уровне СIII–CV шейных позвонков). Величину пульсового диаметра сосуда ( $\Delta D$ ) рассчитывали как разность систолического и диастолического диаметров.

По формулам, представленным в табл. 2, рассчитывали эластичность, растяжимость и индекс жесткости  $\beta$  стенок ПА и ОСА [9, 10]. Непосредственно перед исследованием всем испытуемым измерялось артериальное давление на левой руке тонометром AND (A&D Medical, Япония). Пульсовое артериальное давление ( $\Delta P$ ) рассчитывалось как разность систолического (Ps) и диастолического артериального давления (Pd).

Все полученные результаты исследования после формализации были преобразованы в электронные таблицы и обработаны с помощью применения методов статистического анализа, включенных в пакет программ SPSS 17.0 для

Windows. Различия между исследуемыми выборками оценивали с использованием непараметрического критерия Манна–Уитни, между разными артериями одной и той же группы лиц – критерия Вилкоксона, связь между показателями анализировали методом ранговой корреляции Спирмена. Различия считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## Результаты

У обследованных нами практически здоровых лиц отсутствовала статистически значимая возрастная динамика толщины сосудистой стенки и диаметров ПА (см. табл. 2). Однако у лиц старшей возрастной подгруппы диаметры ПА в среднем были несколько больше, чем таковые у молодых. У больных с ИИ в ВБС и ХВБН толщина сосудистой стенки и диаметры ПА достоверно не различались между собой и аналогичными величинами в обеих разновозрастных подгруппах контроля. Значимой стороной асимметрии диаметров ПА во всех группах, кроме практически здоровых добровольцев младшего возраста, где диаметр левой ПА был статистически значимо больше такового правой ПА, не регистрировалось. Отмечено, что в старшей возрастной подгруппе и обеих группах больных диаметр левой ПА был достоверно больше правой. В первом случае это, по-видимому, связано с особенностями выборки и отражает известные анатомические особенности строения ВБС [11].

Анализ ТКИМ и толщины сосудистой стенки ОСА у практически здоровых лиц выявил тенденцию ( $p=0,1$ ) к увеличению последней в ОСА на 0,07–0,10 мм у лиц старшей возрастной подгруппы (табл. 3). Коэффициенты корреляции между толщиной сосудистой стенки и возрастом (по Спирмену) для обеих ОСА составили по 0,23 и оказались недостоверными. В свою очередь, ТКИМ сонных артерий была статистически значимо выше ( $p < 0,01$ ) у лиц старшей возрастной подгруппы в сопоставлении с лицами молодого возраста в среднем на 0,09–0,14 мм. В результате корреляционного анализа (по Спирмену) были выявлены достоверные прямые связи между значениями ТКИМ и возрастом с коэффициентами корреляции для правой и левой ОСА 0,59 и 0,69 ( $p < 0,001$ ) соответственно. У больных с ИИ в ВБС и ХВБН как ТКИМ, так и толщина сосуди-

Таблица 3. Толщина сосудистой стенки и диаметры (систолический и диастолический) ПА в V2-сегментах (медиана, процентиля 25; 75)

Группа	Правая ПА			Левая ПА		
	h, мм	Ds, мм	Dd, мм	h, мм	Ds, мм	Dd, мм
Контроль, 20–39 лет	0,62	3,24	3,13	0,64	3,57*	3,43*
	0,59; 0,69	3,03; 3,60	2,72; 3,35	0,53; 0,76	3,18; 3,98	3,05; 3,81
Контроль, 40–60 лет	0,61	3,51	3,43	0,61	3,66	3,51
	0,61; 0,76	3,05; 3,81	2,90; 3,74	0,54; 0,69	3,35; 3,89	3,20; 3,74
ХВБН	0,61	3,43	3,31	0,61	3,58	3,46
	0,54; 0,65	3,02; 3,74	2,94; 3,63	0,53; 0,71	3,09; 3,66	2,94; 3,64
ИИ в ВБС	0,63	3,27	3,22	0,66	3,58	3,50
	0,57; 0,70	2,76; 3,80	2,72; 3,80	0,58; 0,72	3,04; 3,96	3,00; 3,91

\*Достоверны сторонние различия;  $p < 0,05$ .

Таблица 4. Толщина сосудистой стенки и диаметры (систолический и диастолический) ОСА (медиана, процентиля 25; 75)

Артерия	Правая ОСА				Левая ОСА			
	КИМ, мм	h, мм	Ds, мм	Dd, мм	КИМ, мм	h, мм	Ds, мм	Dd, мм
Контроль, 20–39 лет	0,46	1,04	5,8	5,1	0,48	1,07	6,2	5,3
	0,39; 0,54	0,93; 1,14	5,64; 6,1	4,7; 5,4	0,46; 5,6	0,91; 1,21	5,7; 6,4	4,9; 5,6
Контроль, 40–60 лет	0,55*	1,14	6,0	5,4*	0,62*	1,14	6,3	5,6*
	0,50; 0,66	0,96; 1,24	5,7; 6,3	5,2; 5,6	0,51; 0,73	0,96; 1,24	5,8; 6,5	5,2; 6,0
ХВБН	0,78**	1,35**	6,1	5,4*	0,93**	1,47**	5,8	5,4*
	0,66; 0,98	1,14; 1,54	5,6; 7,0	4,9; 6,5	0,77; 1,06	1,27; 1,66	5,5; 6,7	4,7; 5,9
ИИ в ВБС	0,81**	1,33**	6,5**	5,8**	0,85**	1,35**	6,4*	5,8*
	0,66; 0,95	1,16; 1,50	5,8; 7,3	5,2; 6,8	0,69; 1,04	1,25; 1,58	5,7; 7,1	5,4; 6,5

Здесь и далее в табл. 4: \*достоверны различия с подгруппой контроля 20–39 лет;  $p < 0,05$ ; \*\*достоверны различия с подгруппой контроля 40–60 лет;  $p < 0,05$ .

стой стенки были статистически значимо выше по сравнению с обеими подгруппами контроля (см. табл. 3). При этом значимых отличий данных величин между группами больных выявлено не было.

В старшей возрастной подгруппе контроля диастолический диаметр ОСА был достоверно выше, чем у молодых лиц (в среднем на 0,3 мм); см. табл. 3. Корреляционный анализ (по Спирмену) выявил у практически здоровых лиц достоверную прямую связь между возрастом и значениями диастолических диаметров правой и левой ОСА – 0,27 ( $p=0,033$ ) и 0,23 ( $p=0,050$ ) соответственно. Статистически достоверных различий между показателями систолических диаметров ОСА в исследуемых возрастных группах выявлено не было. Подобные закономерности продемонстрированы также другими авторами [2, 10].

У больных с ХВБН изменения диаметров сонных артерий соответствовали таковым у сопоставимых по возрасту практически здоровых лиц. В то же время у больных с ИИ в ВБС было выявлено достоверное увеличение как диастолического, так и систолического диаметров обеих ОСА по сравнению с более молодыми лицами (для правой ОСА также и со старшей подгруппой контроля). Достоверных различий по значениям диаметров ОСА между группами больных с ИИ в ВБС и ХВБН выявлено не было.

Исследование УЭС сосудистой стенки ПА с использованием ультразвуковых методов нами выполнено впервые. В обеих подгруппах практически здоровых лиц и у больных с ИИ в ВБС и ХВБН эластичность и растяжимость сосудистой стенки ПА были существенно ниже, а индекс жесткости  $\beta$  достоверно выше, чем ОСА (табл. 4).

Достоверных различий УЭС стенок ПА у практически здоровых добровольцев разного возраста выявлено не было. Однако у лиц старшего возраста имелась тенденция к снижению эластичности и растяжимости с одновременным повышением жесткости сосудистой стенки ПА. При

этом у больных с ИИ в ВБС и с ХВБН были выявлены достоверное снижение эластичности и растяжимости и повышение жесткости сосудистой стенки ПА по сравнению с обеими разновозрастными подгруппами практически здоровых лиц (см. табл. 4). Указанный факт отмечен впервые.

В то же время при оценке УЭС стенок ОСА были выявлены значимые различия между практически здоровыми мужчинами разного возраста по всем оцениваемым показателям. Старшая подгруппа характеризовалась более низкими значениями показателей эластичности и растяжимости и более высокими – индекса жесткости  $\beta$  сосудистой стенки ОСА. Корреляционный анализ (по Спирмену) выявил достоверные обратные связи между возрастом и эластичностью (для правой ОСА –  $-0,3$ ,  $p=0,03$ ; левой ОСА –  $-0,4$ ,  $p=0,001$ ) и растяжимостью (для правой ОСА –  $-0,3$ ,  $p=0,02$ ; левой ОСА –  $-0,4$ ,  $p=0,004$ ), а также прямую взаимосвязь между возрастом и жесткостью (для правой ОСА –  $0,2$ ,  $p=0,05$ ; левой ОСА –  $0,3$ ,  $p=0,04$ ) стенки ОСА. Таким образом, с возрастом достоверно снижались эластичность и растяжимость и повышалась жесткость сосудистой стенки ОСА, что согласуется с литературными данными [2].

При этом у больных с ИИ в ВБС и ХВБН не наблюдалось достоверных различий по сравнению с сопоставимой по возрасту группой контроля по показателям, характеризующим УЭС стенок сонных артерий, хотя слева у больных обеих исследуемых групп показатели эластичности и растяжимости были достоверно ниже, а показатели жесткости – достоверно выше.

## Обсуждение

Настоящее исследование демонстрирует различия УЭС стенок ПА и ОСА, особенности их возрастных изменений и нарушений у больных с ИИ в ВБС и ХВБН. Так, жесткость стенки ПА оказалась существенно выше, а эластичность и растяжимость – ниже, чем ОСА. В основе вы-

**Таблица 4. УЭС ОСА и ПА (медиана, процентиля 25; 75)**

Группа	Артерия	Индекс жесткости $\beta$		Эластичность, $\times 10^{-2}$ , мм рт. ст. <sup>-1</sup>		Растяжимость, $\times 10^{-3}$ , мм рт. ст. <sup>-1</sup>	
		ОСА	ПА	ОСА	ПА	ОСА	ПА
Контроль, 20–39 лет	Справа	2,9	9,2 <sup>#</sup>	15,7	1,7 <sup>#</sup>	3,7	1,1 <sup>#</sup>
		2,3; 3,4	6,5; 13,6	12,5; 19,7	1,0; 2,5	2,8; 4,3	0,7; 1,6
	Слева	2,8	9,7 <sup>#</sup>	17,0	1,6 <sup>#</sup>	3,7	1,1 <sup>#</sup>
		2,3; 3,6	6,9; 17,3	14,5; 19,1	1,2; 2,3	2,9; 4,3	0,6; 1,4
Контроль, 40–60 лет	Справа	3,5*	14,8 <sup>#</sup>	13,1*	1,3 <sup>#</sup>	2,5*	0,6 <sup>#</sup>
		2,7; 4,7	7,5; 19,4	10,4; 14,9	0,7; 2,3	2,0; 3,5	0,5; 1,2
	Слева	3,6*	14,8 <sup>#</sup>	13,9*	1,4 <sup>#</sup>	2,5*	0,7 <sup>#</sup>
		3,1; 4,5	8,2; 20,0	10,9; 16,3	1,1; 1,7	2,2; 3,3	0,5; 1,2
ХВБН	Справа	3,6*	21,6* ** #	11,0*	0,9* ** #	2,3*	0,5* ** #
		2,2; 6,3	10,7; 23,8	8,6; 15,1	0,6; 1,3	1,5; 4,4	0,3; 0,8
	Слева	5,7* **	22,3* ** #	6,9* **	0,7* ** #	1,6* **	0,5* ** #
		3,7; 7,3	9,9; 27,7	5,5; 12,6	0,6; 1,2	1,0; 2,8	0,3; 0,9
ИИ в ВБС	Справа	3,9*	17,6* ** #	14,4*	0,7* ** #	2,7*	0,6* ** #
		2,4; 5,2	13,4; 22,8	8,5; 16,2	0,6; 1,2	1,7; 3,4	0,4; 0,7
	Слева	4,6* **	19,7* ** #	11,0* **	0,8* ** #	1,9* **	0,5* ** #
		3,6; 5,8	14,7; 25,7	8,9; 13,1	0,6; 1,1	1,5; 2,7	0,3; 0,7

<sup>#</sup> Достоверны различия между ОСА и ПА в каждой из групп исследования;  $p < 0,05$ .

явленных различий, вероятно, лежат особенности гистологического строения стенок ОСА и ПА. В структуре стенки ОСА преобладают эластические волокна, в ПА – мышечные [10]. Незначительная выраженность эластического каркаса, вероятно, ограничивает растяжимость артериальной стенки, способствуя повышению ее жесткости.

С возрастом не наблюдается значимого утолщения стенки ПА в отличие от ОСА, где данный процесс выражен, причем реализуется преимущественно за счет утолщения КИМ. В первую очередь это является следствием атеросклероза ОСА, при котором изменения прежде всего затрагивают внутренний слой сосудистой стенки – интиму [12].

Несмотря на то, что у больных с ИИ в ВБС и ХВБН атеросклероз развит в большей степени, чем у практически здоровых лиц того же возраста, включение которых в исследование имело ряд ограничений, и диагностирован в ПА, все же это не привело к достоверному утолщению сосудистой стенки последних. Это обстоятельство может быть обусловлено различиями выраженности и локализации атеросклероза в разных отделах ПА. Измерение толщины сосудистой стенки ПА проводилось нами в V2-сегменте, который редко подвергается подобному поражению в отличие от устьев и дистальных отрезков ПА [12].

Также не зарегистрировано достоверных изменений диастолического и систолического диаметров ПА как в норме, так и у больных с ИИ в ВБС и ХВБН в отличие от ОСА, что, вероятно, является следствием меньшей выраженности процессов ремоделирования сосудистых стенок ПА и большей вариабельностью оцениваемых показателей. Изменение же диастолического диаметра ОСА с возрастом у практически здоровых лиц полностью подтверждает имеющиеся литературные данные [2, 10] и сопряжено с ремоделированием, проявляющимся преимущественно в дегенерации меди [2, 3]. Этим же обстоятельством может быть объяснено увеличение диастолического диаметра ОСА и у лиц с ХВБН. К увеличению диаметра сонных артерий также могут приводить такие патологические процессы помимо означенных, сопровождающиеся утолщением сосудистой стенки, как гипертоническая и диабетическая (метаболическая) макроангиопатия и др. [10].

Увеличение не только диастолического, но и систолического диаметров ОСА у больных с ИИ в ВБС в настоящем исследовании зафиксировано впервые. Возможно, что

определенная роль в этом принадлежит изменению тонуса церебральных артерий. Можно предполагать, что у больных с инсультом имеет место генерализованное состояние, опосредованное эндотелиальной дисфункцией и приводящее к «нестабильности», лежащей в основе развития ИИ (атеротромботических).

Впервые зарегистрированы существенное повышение жесткости и снижение эластичности и растяжимости стенок ПА у больных с ИИ в ВБС и ХВБН. С определенностью отнести этот факт к имеющим место клиническим синдромам невозможно, но в то же время нельзя исключить, что повышение жесткости стенок ПА является одним из факторов риска развития инсульта в ВБС. Для подтверждения или опровержения этого положения необходимо проведение дополнительных исследований и динамического наблюдения за больными.

### Заключение

Впервые с помощью ультразвуковых методов количественно оценены УЭС стенок ПА. Жесткость сосудистой стенки ПА существенно выше по сравнению с ОСА, а эластичность и растяжимость ниже. В отличие от ОСА у практически здоровых лиц толщина, диаметр и УЭС стенок ПА с возрастом существенно не изменяются. Это обстоятельство отражает различия процессов ремоделирования сосудистой стенки в артериях, отличающихся по гистологическому строению. У больных с ИИ в ВБС и ХВБН жесткость сосудистой стенки ПА повышена, а эластичность и растяжимость снижены по сравнению с практически здоровыми лицами. Для уточнения значений полученных показателей УЭС стенок ПА и определения их возможной прогностической значимости у больных с нарушениями мозгового кровообращения требуются дальнейшие исследования.

### Литература/References

1. Nilsson PM, Boutouyrie P, Laurent S. Vascular aging: A tale of EVA and ADAM in cardiovascular risk assessment and prevention. *Hypertension* 2009; 54 (1): 3–10.
2. Izzo JL Jr, Shykoff BE. Arterial stiffness: clinical relevance, measurement, and treatment. *Rev Cardiovasc Med* 2001; 2 (1): 29–34; 37–40.
3. Lee HY, Oh BH. Aging and arterial stiffness. *Circ J* 2010; 74 (11): 2257–62.
4. Cecelja M, Chowienczyk P. Dissociation of aortic pulse wave velocity with risk factors for cardiovascular disease other than hypertension: a systematic review. *Hypertension* 2009; 54 (6): 1328–36.

5. Giannattasio C, Failla M, Grappiolo A et al. Arterial distensibility in hypercholesterolemia and diabetes. *Clin Hemorheol Microcirc* 1999; 21 (3–4): 233–9.
6. Reneman RS, Hoeks AP. Arterial distensibility and compliance in hypertension. *Neth J Med* 1995; 47 (4): 152–61.
7. Lind L, Andersson J, Hansen T et al. Atherosclerosis measured by whole body magnetic resonance angiography and carotid artery ultrasound is related to arterial compliance, but not to endothelium-dependent vasodilation – the Prospective Investigation of the Vasculature in Uppsala Seniors (PIVUS) study. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009; 29 (5): 321–9.
8. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55 (13): 1318–27.
9. Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J* 2006; 27 (21): 2588–605.
10. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. 3-е изд. М.: Реал Тайм, 2007. / Leliuk V.G., Leliuk S.E. Ul'trazvukovaia angiologiia. 3-e izd. M.: Real Taim, 2007. [in Russian]
11. Morovic S, Skaric-Juric T, Demarin V. Morphologic and hemodynamic characteristics of vertebral arteries in men and women. *Rad za medicinske znanosti*. 2007; p. 121–7.
12. Верещагин Н.В., Моргунов В.А., Гулевская Т.С. Патология головного мозга при атеросклерозе и артериальной гипертензии. М.: Медицина, 1997. / Vereshchagin N.V., Morgunov V.A., Gulevskaia T.S. Patologija golovnogo mozga pri ateroskleroze i arterial'noi gipertonii. M.: Meditsina, 1997. [in Russian]

---

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Вишнякова Анастасия Юрьевна** – науч. сотр. НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И.Пирогова». E-mail: vishau@yandex.ru  
**Лелюк Владимир Геннадьевич** – д-р мед. наук, проф., гл. науч. сотр. НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И.Пирогова»