

## Жесткость артерий мышечного и эластического типов у больных с атеросклерозом периферических артерий

Денисенко М. Н.<sup>1</sup>, Генкель В. В.<sup>1</sup>, Салашенко А. О.<sup>1</sup>, Калугина С. А.<sup>2</sup>, Алексеева О. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Челябинск; <sup>2</sup>МБУЗ ОТКЗ «Городская клиническая больница №1». Челябинск, Россия

**Цель.** Изучить клинико-функциональные особенности в зависимости от преобладания сосудистой жесткости артерий эластического и/или мышечного типов.

**Материал и методы.** В одномоментном исследовании принял участие 61 пациент в возрасте 38–75 лет. В зависимости от преобладания сосудистой жесткости артерий мышечного или эластического типов больные были разделены на две группы. В I вошли 32 человека с преимущественным поражением артерий эластического типа, во II группу включены 29 человек с преобладанием поражения артерий мышечного типа. Артериальную жесткость оценивали путем определения скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) по артериям эластического и мышечного типов. Проводили ультразвуковое исследование артерий каротидного бассейна и артерий нижних конечностей. Оценивали показатели липидного обмена, высокочувствительный С-реактивный белок (вЧСРБ), гликированный гемоглобин, креатинин, активность антитромбина и фактора Виллебранда.

**Результаты.** Значения СРПВ на каротидно-радиальном отрезке сосудистого русла составили  $13,1 \pm 3,37$  м/с и  $12,2 \pm 3,61$  м/с в I и II группах, соответственно ( $p=0,355$ ). Каротидно-фemorальная СРПВ в I группе была равна  $16,3 \pm 9,41$  м/с, во II —  $10,54 \pm 1,90$  м/с ( $p=0,0001$ ). Больные с преобладанием процессов ремоделирования сосудов эластического типа имели достоверно большие значения вЧСРБ —  $3,90 \pm 3,17$  vs  $1,98 \pm 1,67$  ( $p=0,021$ ). Атеросклеротическое

поражение сонных артерий, оцениваемое по Plaque Score, было достоверно выше у больных с преобладающим поражением эластических артерий —  $2,57 \pm 2,06$  vs  $1,07 \pm 1,61$  ( $p=0,039$ ). Также пациенты с преобладанием поражения артерий эластического типа имели больший процент стенозирования артерий нижних конечностей на уровне бедренно-подколенного сегмента —  $43,3 \pm 30,6\%$  vs  $13,6 \pm 32,3\%$  в I и II группах, соответственно ( $p=0,019$ ).

**Заключение.** Пациенты со снижением демпфирующих свойств преимущественно артерий эластического типа имели более значительное атеросклеротическое поражение артерий нижних конечностей и сонных артерий, а также большие значения СРБ. Снижение эластических свойств аорты ассоциировалось с более старшим возрастом больных, снижением скорости клубочковой фильтрации и повышенными уровнями общего холестерина и триглицеридов.

**Ключевые слова:** артериальная жесткость, скорость распространения пульсовой волны, атеросклероз периферических артерий, С-реактивный белок.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2016; 15(5): 70–73  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2016-5-70-73>

Поступила 11/09-2015

Принята к публикации 18/04-2016

### Stiffness of muscular and elastic type arteries in patients with peripheral atherosclerosis

Denisenko M. N.<sup>1</sup>, Genkel V. V.<sup>1</sup>, Salashenko A. O.<sup>1</sup>, Kalugina S. A.<sup>2</sup>, Alexeeva O. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>South-Ural State Medical University of the Ministry of Health. Chelyabinsk; <sup>2</sup>City Clinical Hospital №1. Chelyabinsk, Russia

**Aim.** To assess clinical and functional specifics of the persons depending on the predominance of vascular stiffness of elastic and/or muscle type arteries.

**Material and methods.** In single-action study, totally 61 patient included at age 38–75 y.o. According to vascular stiffness of elastic and muscular arteries, they were selected to 2 groups. 1 group included 32 persons with mostly elastic arteries involvement, 2 group — 29 persons with muscular. Arterial stiffness was assessed by measurement of pulse wave velocity (PWV) by arteries of both types. Also ultrasound study was done of the carotid pool and lower extremities. Parameters of lipid profile, high-sensitive C-reactive protein (hsCRP), glycosylated hemoglobin, creatinine, antithrombin activity and von Willebrand factor were measured.

**Results.** Values of PWV at carotid-radial distance were  $13,1 \pm 3,37$  m/s and  $12,2 \pm 3,61$  m/s in groups 1 and 2, respectively ( $p=0,355$ ). Carotid-femoral PWV in group 1 was  $16,3 \pm 9,41$  m/s, in group 2 —  $10,54 \pm 1,90$  m/s ( $p=0,0001$ ). Patients with predominance of elastic vessel

remodelling had significantly higher hsCRP —  $3,90 \pm 3,17$  vs  $1,98 \pm 1,67$  ( $p=0,021$ ). Atherosclerotic lesion of carotid arteries by Plaque Score was significantly higher among patients with predominance of elastic arteries lesion —  $2,57 \pm 2,06$  vs  $1,07 \pm 1,61$  ( $p=0,039$ ). Also, patients with more lesions of elastic arteries had higher percent of lower extremities arteries stenoses at the level of femoral-popliteal segment —  $43,3 \pm 30,6\%$  vs  $13,6 \pm 32,3\%$  in groups 1 and 2, respectively ( $p=0,019$ ).

**Conclusion.** Patients with decreased damping capacity of mostly elastic arteries had more significant atherosclerotic lesion of lower extremities arteries and of carotid arteries, and higher CRP. Decrease of aortic elasticity was associated with older age, lower glomerular filtration rate, higher total cholesterol and triglycerides.

**Key words:** arterial stiffness, pulse wave velocity, peripheral atherosclerosis, C-reactive protein.

Cardiovascular Therapy and Prevention, 2016; 15(5): 70–73  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2016-5-70-73>

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Тел.: +7 (951) 441-70-61

e-mail: henkel-07@mail.ru

[Денисенко М. Н. — аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней, Генкель В. В.\* — ассистент кафедры, Салашенко А. О. — к.м.н., ассистент кафедры, Калугина С. А. — зав. отделением кардиологии, Алексеева О. А. — к.м.н., ассистент кафедры].

АГ — артериальная гипертензия, вЧСРБ — высокочувствительный С-реактивный белок, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ОХС — общий холестерин, ПИК — постинфарктный кардиосклероз, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, См/Сэ — отношение скорости распространения пульсовой волны по артериям мышечного типа к скорости распространения пульсовой волны по артериям эластического типа, СРПВ — скорость распространения пульсовой волны, ТГ — триглицериды, ТКИМ — толщина комплекса интима-медиа, ФБ — фактор Виллебранда, ХС ЛВП — холестерин липопротеинов высокой плотности, ХС ЛНП — холестерин липопротеинов низкой плотности.

Ключевым этапом сердечно-сосудистого континуума является повреждение сосудистой стенки. Артериальная гипертензия (АГ), нарушения обмена липидов и углеводов, возраст и другие факторы риска вызывают структурно-функциональные изменения на всех уровнях артериального дерева, которые в конечном итоге ведут к увеличению толщины стенки сосуда, а также к увеличению жесткости и уменьшению эластично-демпфирующих свойств артерий. Артериальная жесткость детерминирована двумя факторами за исключением системного артериального давления — тонусом гладкомышечных клеток средней оболочки артерии и соотношением содержания в структуре сосудистой стенки коллагена и эластина [1].

Несмотря на системный характер указанных патологических процессов, поражение артериального русла происходит неравномерно как в пространстве, так и во времени [2, 3]. Принадлежность сосуда к тому или иному типу — мышечному, эластическому или мышечно-эластическому — является одним из определяющих моментов [4]. Установлены различия в факторах, детерминирующих снижение эластических свойств периферических сосудов и аорты [5]. Эта гетерогенность закономерно нашла отражение в клинических исследованиях и в основанных на них клинических рекомендациях, главным объектом которых в настоящее время является аортальная (каротидно-фemorальная) артериальная жесткость [6]. Именно этот показатель, оцениваемый по скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), в отличие от региональной сосудистой жесткости на каротидно-радиальном и феморо-тибиальном участках, признан “золотым стандартом” и является независимым предиктором сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности в общей популяции у пациентов с АГ и хронической болезнью почек [7-9].

Представляет интерес сопоставление лиц с неодинаковой вовлеченностью артерий мышечного (периферических артерий) и эластического (аорты) типа в процесс ремоделирования.

Цель исследования — изучить клинико-функциональные особенности у лиц с атеросклерозом периферических артерий в зависимости от величины коэффициента См/Сэ (отношение СРПВ по артериям мышечного типа к СРПВ по артериям эластического типа), отражающего преобладание сосудистой жесткости артерий эластического (См/Сэ <1) или мышечного (См/Сэ >1) типа.

## Материал и методы

В одномоментном исследовании принял участие 61 пациент в возрасте 38-75 лет.

Клиническая характеристика пациентов обеих групп представлена в таблице 1.

В зависимости от величины коэффициента См/Сэ больные были разделены на две группы. В I группу вошли 32 человека с См/Сэ <1 — 18 женщин и 14 мужчин, во II группу были включены 29 человек с См/Сэ >1, среди которых 11 женщин и 18 мужчин. Все пациенты были обследованы по единому протоколу. Артериальную жесткость оценивали с помощью определения СРПВ по артериям эластического (на каротидно-фemorальном участке) и мышечного (на каротидно-радиальном участке) типов путем синхронной регистрации сфигмограмм сонной, лучевой и бедренной артерий (“Нейрософт”, “Поли-спектр-СРПВ”).

Методологические аспекты измерения СРПВ соответствовали консенсусу экспертов Европейского общества кардиологов [10]. В план инструментального обследования входили: эхокардиографическое исследование, триплексное сканирование сосудов каротидного бассейна с оценкой толщины комплекса интима-медиа (ТКИМ) общих сонных артерий оценкой гемодинамики в них и внутренних сонных артериях, атеросклеротической бляшки и локального стенозирования сосуда в соответствии с рекомендациями Маннхеймского консенсуса [11]. С целью количественной оценки атеросклеротического поражения сонных артерий рассчитывали Plaque Score, который представляет собой сумму максимальной высоты атеросклеротических бляшек обеих сонных артерий в пределах 4 сегментов: 2 дистальных сегмента по 1,5 см общей сонной артерии, бифуркация и 1,5 см проксимального сегмента внутренней сонной артерии. Выполняли ультразвуковое исследование артерий нижних конечностей с осмотром подвздошных артерий, общих бедренных артерий наружных бедренных артерий и артерий берцового сегмента, измеряли лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) артериального давления с обеих сторон (Medison EKO7, Samsung).

Таблица 1

### Клиническая характеристика исследуемой популяции

Показатели	Группа I (М±SD)	Группа II (М±SD)	p
Возраст, лет	61,5±8,55	52,8±11,7	0,003
ИБС	14	15	0,533
ПИК	4	6	0,388
Хроническая сердечная недостаточность	8	9	0,600
Фибрилляция предсердий	2	2	0,919
Гипертоническая болезнь	28	22	0,238
Сахарный диабет 2 типа	8	12	0,104
Ожирение	11	11	1,0
Дезагреганты	12	13	0,317
Антикоагулянты	2	3	0,586
Ингибиторы РААС	21	17	0,927
Бета-блокаторы	5	7	0,392
Диуретики	5	2	0,328
Статины	10	6	0,423
Гипогликемические препараты	6	8	0,543

Примечание: РААС — ренин-ангиотензин-альдостероновая система.

Таблица 2

Данные лабораторных методов исследования

Показатели	Группа I (M±SD)	Группа II (M±SD)	p
ОХС, ммоль/л	4,75±1,44	4,66±1,01	0,290
ХС ЛВП, ммоль/л	1,53±0,93	1,47±0,43	0,233
ХС ЛНП, ммоль/л	2,86±1,10	2,50±1,18	0,185
ХС ЛОНП, ммоль/л	0,78±0,19	0,76±0,31	0,721
ТГ, ммоль/л	1,63±0,51	1,86±1,41	0,247
Гликированный гемоглобин, %	5,17±0,93	6,03±1,72	0,142
ВчСРБ, мг/л	3,90±3,17	1,98±1,67	0,021
СКФ, мл/мин/1,73м	58,1±15,3	64,9±17,2	0,122
Активность антитромбина, %	98,3±23,8	109±12,2	0,09
Активность фВ, %	136±36,4	133±40,1	0,318

Примечание: ХС ЛОНП — холестерин липопротеинов очень низкой плотности.

Таблица 3

Данные триплексного сканирования сосудов и эхокардиографии

Показатели	Группа I (M±SD)	Группа II (M±SD)	p
ТКИМ ЛОСА, мм	1,05±0,18	1,01±0,17	0,592
ТКИМ ПОСА, мм	1,05±0,18	1,01±0,21	0,650
Суммарный стеноз сонных артерий, %	46,2±48,6	54,4±65,6	0,540
Plaque Score	2,57±2,06	1,07±1,61	0,039
ТКИМ ЛОБА, мм	1,07±0,24	1,06±0,31	0,666
ТКИМ ПОБА, мм	1,06±0,34	1,02±0,33	0,482
Стеноз АПС, %	12,5±30,1	5,45±12,1	0,057
Стеноз БПС, %	43,3±30,6	13,6±32,3	0,019
Стеноз СБА, %	33,1±33,7	22,0±30,1	0,414
ЛПИ слева	1,02±0,29	1,15±0,44	0,201
ЛПИ справа	1,05±0,31	1,11±0,21	0,230
ТМЖП, мм	1,32±0,77	1,03±0,39	0,243
ТЗСЛЖ, мм	1,26±0,75	1,07±0,12	0,688
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	105±36,9	124±25,1	0,149
ФВ ЛЖ, %	71,2±16,9	63,7±8,16	0,169

Примечание: АПС — аорто-подвздошный сегмент, БПС — бедренно-подколенный сегмент, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, ЛПИ — лодыжечно-плечевой индекс, ЛОСА — левая общая сонная артерия, ПОБА — правая общая бедренная артерия, ПОСА — правая общая сонная артерия, СБА — сегмент берцовых артерий, ТЗСЛЖ — толщина задней стенки левого желудочка, ТМЖП — толщина межжелудочковой перегородки, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка.

Оценивали следующие лабораторные показатели: уровни общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛНП), гликированного гемоглобина, креатинина с расчетом скорости клубочковой фильтрации по формуле (СКФ-ЕРІ). Также оценивали уровень высокочувствительного С-реактивного белка (вчСРБ), активность антитромбина и фактора Виллебранда (фВ).

При статистической обработке использовали ПО IBM SPSS Statistic, v.22. Статистический анализ двух групп пациентов проводили следующим образом: для ко-

личественных признаков сравнение осуществляли с помощью критерия Вилкоксона-Манна-Уитни, для категориальных признаков — с помощью критерия  $\chi^2$ . Внутригрупповые корреляции оценивали с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r), оценкой достоверности и силы связи.

## Результаты и обсуждение

Больные обеих групп были сопоставимы по полу, пациенты I группы были достоверно старше. Значения СРПВ на каротидно-радиальном отрезке сосудистого русла составили 13,1±3,37 м/с и 12,2±3,61 м/с в I и II группах, соответственно (p=0,355). Каротидно-феморальная СРПВ в I группе была равна 16,3±9,41 м/с, во II — 10,54±1,90 м/с (p=0,0001). Таким образом, СРПВ по артериям мышечного и эластического типов превышала референсные значения в обеих группах [12]. Однако, при, в целом, сопоставимой степени поражения артерий мышечного типа, больные I группы имели достоверно более выраженное снижение эластических свойств аорты. Следует отметить, что значения коэффициента См/Сэ в норме составляют 1,1–1,3. Также подобный интервал значений может наблюдаться при патологии, например, в начальных стадиях гипертонической болезни [13]. С учетом высоких значений СРПВ во II группе можно сделать вывод, что коэффициент См/Сэ равный 1,15±0,20, в данном случае отражает начальные этапы ремоделирования артериального русла под действием факторов риска: АГ, ожирение, воспаление и др. В то же время снижение этого показателя до 0,87±0,13 связано с более проградентным поражением сосудов и увеличением аортальной ригидности.

Результаты лабораторных методов исследования представлены в таблице 2.

Показатели липидного и углеводного обменов, как и частота приема статинов и гипогликемических препаратов, были сопоставимы в обеих группах. Больные с преобладанием процессов ремоделирования сосудов эластического типа имели достоверно большие значения маркера системного воспаления — вчСРБ, что согласуется с результатами целого ряда исследований о каузальной взаимосвязи воспаления и аортальной жесткости [14, 15]. Сообщения о связи воспаления с ригидностью периферических артерий ограничены и противоречивы. У пациентов I группы отмечалось снижение активности антитромбина, которая тем не менее оставалась в рамках референсных значений и не достигала статистической достоверности.

Данные ультразвукового сканирования сердца и периферических сосудов отражены в таблице 3.

Можно отметить достоверное большее бремя атеросклеротического поражения артерий каротидного бассейна, оцениваемого по Plaque Score среди больных с преобладающим поражением артерий эластического типа. Также пациенты с преоблада-

нием поражения артерий эластического типа имели достоверно больший процент стенозирования артерий нижних конечностей на уровне бедренно-подколенного сегмента —  $43,3 \pm 30,6\%$  vs  $13,6 \pm 32,3\%$  в I и II группах, соответственно ( $p=0,019$ ).

Одной из задач исследования было выяснение корреляций СРПВ по артериям мышечного и эластического типов. См прямо коррелировала с ТКМ общих сонных артерий ( $r=0,305$ ;  $p<0,05$ ), Plaque Score ( $r=0,572$ ;  $p<0,01$ ), ТКМ общих бедренных артерий ( $r=0,386$ ;  $p<0,05$ ). Выявлены прямые корреляционные связи Сэ и возраста ( $r=0,383$ ;  $p<0,01$ ), суммарного процента стенозирования сонных артерий ( $r=0,345$ ;  $p<0,05$ ), PS ( $r=0,497$ ;  $p<0,01$ ) и ТКМ сонных артерий ( $r=0,277$ ;  $p<0,05$ ) и обратные — со СКФ ( $r=-0,289$ ;  $p<0,05$ ). Низкие значения коэффициента См/Сэ, обусловленные преобладающим поражением эластических артерий, ассоциировались с более старшим возрастом больных ( $r=-0,384$ ;  $p<0,05$ ), высокими значениями ОХС ( $r=-0,550$ ;  $p<0,01$ ) и ТГ ( $r=-0,360$ ;  $p<0,01$ ). Значения См/Сэ, характерные для преимущественного снижения эластических свойств артерий мышечного типа, ассоциировались с наличием ишемической болезни сердца (ИБС) ( $r=0,806$ ;  $p<0,01$ ) и постинфарктным кардиосклерозом (ПИК) ( $r=0,923$ ;  $p<0,01$ ).

Таким образом, при анализе коррелятов См и Сэ можно предположить, что связи каузального характера присущи только Сэ. Возраст и нарушение функции почек являются наиболее изученными детерминантами аортальной жесткости, что также справедливо для ОХС и ТГ. В то же время не выявлено взаимосвязей См и каких-либо факторов, играющих причинную роль в процессах ремоделирования артериального русла. Полученные результаты косвенно подтверждают гипотезу о том, что процессы, приво-

дящие к увеличению жесткости сосудистой стенки в разных сосудистых бассейнах, имеют неодинаковый патогенез и клиническое значение [4, 5].

Обнаруженные взаимосвязи между каротидно-радиальной СРПВ и ИБС (стенокардия напряжения, ПИК) согласуются с результатами немногочисленных исследований, в которых увеличение См ассоциировалось со степенью поражения коронарных артерий по результатам коронароангиографии [16]. Так, каротидно-радиальная СРПВ  $>9,05$  м/с имела чувствительность 85% и специфичность 67% в отношении многососудистого поражения коронарного русла.

Таким образом, изучение взаимосвязей аортальной и региональной сосудистой жесткости может нести дополнительную диагностическую ценность в вопросе изучения ремоделирования различных отделов сердечно-сосудистой системы.

## Заключение

У больных с преобладанием поражения артерий эластического типа было диагностировано более значительное атеросклеротическое поражение периферических артерий, оцениваемое в бассейне каротидных артерий по Plaque Score и по проценту стенозирования в бедренно-подколенном сегменте артерий нижних конечностей.

Лица со снижением эластических свойств преимущественно артерий эластического типа, были достоверно старше, а также имели более высокие значения вЧСРБ.

Снижение эластических свойств аорты ассоциировалось с более высоким возрастом больных, снижением СКФ и повышенными уровнями ОХС и ТГ.

Увеличение жесткости преимущественно артерий мышечного типа ассоциировалось с наличием ИБС — стенокардией напряжения и ПИК.

## Литература

- O'Rourke MF, Staessen JA, Vlachopoulos C, et al. Clinical applications of arterial stiffness; definitions and reference values. *Am J Hypertens* 2002; 15(5): 426-44.
- Mitchell GF, Parise H, Benjamin EJ, et al. Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study. *Hypertension* 2004; 43(6): 1239-45.
- Boutouyrie P, Laurent S, Benetos A, et al. Opposing effects of ageing on distal and proximal large arteries in hypertensives. *J Hypertens Suppl* 1992; 10(6): 87-91.
- van der Heijden-Spek J, Staessen JA, Fagard RH, et al. Effect of age on brachial artery wall properties differs from the aorta and is gender dependent: a population study. *Hypertension* 2000; 35(2): 637-42.
- Kimoto E, Shoji T, Shinohara K, et al. Preferential stiffening of central over peripheral arteries in type 2 diabetes. *Diabetes* 2003; 52(2): 448-52.
- The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and of the European Society of Cardiology. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. *Russ J Cardiol* 2014; 1 (105): 7-94. Russian (Рабочая группа по лечению артериальной гипертензии Европейского общества гипертензии и Европейского общества кардиологов. Рекомендации по лечению артериальной гипертензии, ESH/ESC 2013. Российский кардиологический журнал 2014; 1(105): 7-94).
- Willum-Hansen T, Staessen JA, Torp-Pedersen C. Prognostic value of aortic pulse wave velocity as index of arterial stiffness in the general population. *Circulation* 2006; 113: 664-70.
- Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension* 2001; 37: 1236-41.
- Blacher J, Guerin AP, Pannier B, et al. Impact of aortic stiffness on survival in end-stage renal disease. *Circulation* 1999; 99: 2434-9.
- Laurent S, Cockcroft J, van Bortel L. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J* 2006; 27: 2588-605.
- Touboul PJ, Hennerici MG, Meairs S, et al. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004-2006-2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, Brussels, Belgium, 2006, and Hamburg, Germany, 2011. *Cerebrovasc Dis* 2012; 34(4): 290-6.
- O'Rourke MF, Staessen JA, Vlachopoulos C, et al. Clinical applications of arterial stiffness; definitions and reference values. *Am J Hypertens* 2002; 15(5): 426-44.
- Zhirnova OA, Beresten NF, Pestovskaja OR, et al. Noninvasive diagnosis of disorders of the elastic properties of the arteries. *Angiology. Electronic J* 2011; 1: 18-25. Russian (Жирнова О.А., Берестень Н.Ф., Пестовская О.Р. и др. Неинвазивная диагностика нарушения эластических свойств артериальных сосудов. *Ангиология. Электрон ж* 2011; 1: 18-25).
- Mahmud A, Feely J. Arterial stiffness is related to systemic inflammation in essential hypertension. *Hypertension* 2005; 46(5): 1118-22.
- Yasmin, McEniery CM, Wallace S, et al. C-reactive protein is associated with arterial stiffness in apparently healthy individuals. *Arterioscler. Thromb Vasc Biol* 2004; 24(5): 969-74.
- Young-Soo Lee, Kee-Sik Kim, Chang-Wook Nam, et al. Clinical Implication of Carotid-Radial Pulse Wave Velocity for Patients with Coronary Artery Disease. *Korean Circulation J* 2006; 36: 565-72.