

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОННЫХ АРТЕРИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАДИОЧАСТОТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Проф. В. Э. ОЛЕЙНИКОВ, Е. А. МЕЛЬНИКОВА, доц. И. В. АВДЕЕВА, доц. Л. И. САЛЯМОВА

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,  
медицинский институт Минобрнауки РФ, Пенза, Российская Федерация*

**Рассмотрены современные аспекты оценки локальной жесткости артериальной стенки. Представлены программные приложения эхотрекинга (QIMT и QAS) и основные показатели, характеризующие локальную жесткость. Отмечено, что преимуществами методики эхотрекинга является получение результатов измерения в режиме реального времени и минимально зависящих от предустановок исследователя. Показана диагностическая и прогностическая ценность получаемых параметров.**

*Ключевые слова: эхотрекинг, артериальная жесткость, каротидные артерии, атеросклероз.*

Широкая распространенность факторов риска (ФР) в популяции обуславливает высокие показатели кардиоваскулярной смертности [1, 2]. Признаком развития заболевания на фоне имеющихся ФР является поражение органов-мишеней [3, 4]. Повышение ригидности сосудистой стенки – предиктор развития артериальной гипертензии (АГ) [5]. Доказано значение жесткости магистральных артерий, которая может быть оценена по скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), в развитии и прогрессировании сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [6]. В настоящее время неуклонно возрастает клиническая ценность изучения состояния магистральных сосудов в популяционных исследованиях [7].

Ремоделирование и/или атеросклеротическая альтерация аорты, сонных и бедренных артерий (СА и БА) предрасполагает к возникновению клинических форм кардиоваскулярной патологии. Диагностика поражения артериальной стенки имеет важное значение для практической медицины. По статистическим данным, более чем у половины больных с АГ, находящихся на амбулаторном наблюдении у участкового врача, регистрируются умеренные признаки каротидного атеросклероза (сужение СА менее 50%) [8]. Сочетанное поражение коронарных, каротидных и периферических артерий встречается в 30–65% случаев [9, 10]. Таким образом, определение эластических свойств СА представляет особый интерес, широко используется в многочисленных исследованиях и практическом здравоохранении [11, 12].

### **Современные возможности диагностики сосудистого ремоделирования**

Стенка артерий имеет трехслойную структуру, включающую: внутреннюю (интима), среднюю (медиа) и наружную (адвентиция) оболочки. Интима образована эндотелием, субэндотелиальным слоем

с отдельными включениями гладкомышечных клеток и густым сплетением эластических волокон и внутренней эластической мембраной [13]. Основные изменения, развивающиеся при артерио- и атеросклерозе, сосредоточены в интима артерий.

Актуальная проблема современной кардиологии – выявление ССЗ на доклинической стадии заболевания. Сосуды являются одним из главных органов-мишеней, который поражается при кардиоваскулярной патологии [14, 15]. Сахарный диабет 2-го типа, хроническая почечная недостаточность, атеросклероз и старение приводят к повышению ригидности артерий. Оценка состояния сосудистого русла используется для диагностики субклинического поражения органов-мишеней, определения прогноза заболевания, выявления ФР развития осложнений сердечно-сосудистой патологии. Мониторинг состояния артериальной жесткости необходим для контроля эффективности лечения [5, 16].

Определение локальной сосудистой ригидности поверхностно залегающих артерий чаще всего проводится с использованием ультразвуковых (УЗ) методик [11]. Для изучения свойств глубоко залегающих артерий, в частности аорты, используется магниторезонансная томография, но высокая стоимость и продолжительность обследования ограничивают использование этого метода в клинической и научной практике.

Традиционно для диагностики состояния поверхностно расположенных магистральных артерий используется УЗ-сканирование в В-режиме, основанное на отражении ультразвука от поверхности раздела тканей с различными акустическими свойствами. Современная технология радиочастотного (РЧ) анализа (эхотрекинг) предполагает отслеживание движения стенок магистральных артерий с точностью определения до 1 мкм. Чаще всего используется анализ жесткости СА как наи-



а



б

Измерение параметров толщины комплекса интима-медиа и жесткости общей сонной артерии с помощью программ RF-QIMT (а) и RF-QAS (б) на аппаратах MyLab

более близко расположенных к аорте и имеющих максимальное сходство по структуре. Отраженный от раздела тканей УЗ-луч преобразуется датчиком в электрический РЧ-сигнал (в англоязычной литературе — radiofrequency, RF), который подвергается аналого-цифровому преобразованию и нелинейной обработке (пороговой обработке, компрессии) для получения оптимального качества изображения в В-режиме. При работе на частоте 5–10 МГц продольное разрешение составляет от 0,2 до 0,4 мм, что является недостаточным для точного определения толщины комплекса интима-медиа (ТКИМ), размер которой составляет 0,4–1,2 мм [5, 17, 18]. С целью повышения точности измерения ТКИМ разработан метод УЗИ магистральных артерий на основе анализа структуры РЧ-сигнала на участках, соответствующих эхосигналу от задней стенки артерии. Метод позволяет использовать всю информацию о состоянии артериальной стенки, содержащейся в РЧ-сигнале, обеспечивая как высокое качество изображения в В-режиме, так и высокую точность измерения толщины сосудистой стенки [18].

В настоящее время программным обеспечением для исследования артерий в автоматическом режиме на основе анализа РЧ-сигнала оснащены УЗ-сканеры Aloka ProSound Alpha-7/10 (Hitachi Aloka Medical, Япония) и MyLab Alpha/Class C/Five (Esaote, Италия). Подробнее остановимся на реализации метода в УЗ-аппаратах фирмы Esaote. Существуют два приложения программного обеспечения, реализующие метод исследования артерий на основе анализа РЧ-сигналов: RF-QIMT (Quality Intima Media Thickness) и RF-QAS (Quality Arterial Stiffness). Оба варианта обеспечивают автоматическое измерение в реальном времени, исключая постобработку данных и минимизируя влияние исследователя на результаты.

Приложение RF-QIMT позволяет получить значения ТКИМ независимо от предустановок

исследователя: глубины сканирования, угла исследования, масштаба изображения и др. Сканирование СА проводится аналогично стандартному алгоритму В-режима. Используя высокочастотный датчик (13–14 МГц), исследователь выводит продольную проекцию сосуда. После активации программы QIMT на экране УЗ-сканера появляется рамка «измерительных ворот», автоматически проводится оконтуривание стенок и измерение параметров — QIMT (ТКИМ) и диаметр общей СА (ОСА) (рисунок (а)). Повышение точности измерения ТКИМ обеспечивается за счет автоматического вычисления среднего значения из шести последовательно зарегистрированных кардиоциклов, разброс абсолютных значений которых был не более чем 20%. В программное обеспечение УЗ-аппаратов MyLab интегрирована таблица Ховарда (Howard) с референсными значениями QIMT с поправкой на расовую принадлежность, пол, возраст. Она основана на результатах проспективного эпидемиологического исследования ARIC Study, проведенного среди здоровых лиц ( $n = 15\,792$ ) [19].

Измерение ТКИМ ОСА алгоритмом RF-QIMT (рисунок (а)) основано на обработке огибающей РЧ-сигнала на участке, соответствующем эхосигналу от задней стенки артерии [11, 18]. В результате обработки определяются характерные точки (минимумов и/или перегибов), которые и соответствуют границам. В ряде работ [17, 18, 20] показано, что измерение ТКИМ ОСА может быть реализовано и на основе анализа скорости изменения, амплитуды, порядка следования импульсов, пересечений с нулевым уровнем РЧ-сигнала (без построения огибающей).

Второе приложение программы анализа РЧ-сигнала RF-QAS предназначено для определения локальных показателей артериального давления и сосудистой жесткости. Пример визуализации сосудистой стенки и синхронной записи

## Формулы расчета некоторых параметров echotracking

Параметр	Формула
Коэффициент поперечной податливости (CC)	$CC = \frac{\Delta A}{\Delta p} = \frac{3,14 \times Dd \times \frac{Ds - Dd}{2}}{\Delta p} \text{ (мм}^2\text{/кПа),}$ <p>где <math>\Delta A</math> — изменение площади поперечного сечения сосуда в систолу, <math>\Delta p</math> — пульсовое давление, <math>Ds</math> — диаметр артерии в систолу, <math>Dd</math> — диаметр артерии в диастолу</p>
Коэффициент поперечной растяжимости (DC)	$DC = \frac{\Delta A}{A \times \Delta p} = \frac{2 \times \frac{Ds - Dd}{Dd}}{\Delta p} \text{ (1/кПа)}$
Локальная скорость распространения пульсовой волны (PWV)	$PWV = \frac{1}{\sqrt{\rho \times DC}} = \sqrt{\frac{D^2 \times \Delta p}{\rho \times (2 \times D \times \Delta D + \Delta D^2)}} \text{ (м/с),}$ <p>где <math>D</math> — диастолический диаметр, <math>\Delta D</math> — изменение диаметра в систолу, <math>DC</math> — коэффициент растяжимости, <math>\Delta p</math> — локальное пульсовое давление, <math>\rho</math> — плотность крови</p>
Индекс жесткости $\beta$	$\beta = \int \frac{SP}{DP} \times D / \Delta D,$ <p>где <math>SP</math> — систолическое, <math>DP</math> — диастолическое давление в СА</p>
Индекс $\alpha$	$\alpha = Ad \times \int \frac{SP}{DP} / (As - Ad),$ <p>где <math>As</math> и <math>Ad</math> — площади поперечного сечения сосуда в систолу и диастолу соответственно</p>
Индекс аугментации (Aix)	$Aix = \frac{AP}{LocPsys - LocPdia} \times 100 \% \text{ (мм рт. ст.),}$ <p>где <math>AP</math> — давление аугментации, <math>LocPsys</math>, <math>LocPdia</math> — локальное систолическое/диастолическое артериальное давление</p>

пульсовой волны в ОСА представлен на рисунке (б). Параметры ригидности рассчитываются на основании максимального и минимального размеров диаметра артерии с помощью полученных кривых растяжения сосудистой стенки после калибровки по артериальному давлению [11, 17]. Стандартное отклонение значений расширения ОСА в следующих друг за другом шести кардиоциклах не должно превышать 30%.

Принцип методики аналогичен, однако программа рассчитывает характеристики ригидности ОСА по интегрированным в прибор формулам на основе величины давления в артерии, движения стенки во время сердечного цикла, изменения диаметра и объема сосуда в систолу и диастолу (таблица).

**Локальная ригидность  
и толщина комплекса интима-медиа  
в современных исследованиях**

Увеличение ТКИМ ассоциируется с увеличением числа сердечно-сосудистых событий, что подтверждает важность оценки данного показателя [21]. В 2008 г. китайскими учеными были опубликованы результаты исследования эластических свойств СА с помощью эхотрекинга в популяции здоровых добровольцев [22]. Исследуемая группа насчитывала 4812 человек (1971 мужчина и 2841 женщина в возрасте от 5 до 80 лет, средний

возраст —  $33,7 \pm 10,8$  года). Все обследованные лица не курили, у них отсутствовали жалобы или анамнестические данные, характерные для кардиоваскулярной патологии, показатели липидного обмена и артериального давления соответствовали норме, ТКИМ ОСА была  $\leq 0,1$  см. Учитывая масштаб исследования, полученные результаты позволяют косвенно считать полученные в возрастных подгруппах величины ориентировочной нормой для данной методики. Выявлено, что величина индекса  $\beta$  у пациента в возрасте 30–39 лет составила  $6,55 \pm 2,0$ , затем увеличивалась пропорционально возрасту и в подгруппе лиц старше 60 лет соответствовала  $10,71 \pm 3,9$ . Локальная PWV в СА у лиц в аналогичных возрастных подгруппах составила  $5,42 \pm 2,0$  и  $6,99 \pm 1,4$  м/с. Коэффициент CC у лиц до 30 лет имел максимальное значение —  $1,18 \pm 0,4$ , а у здоровых лиц старше 60 лет снижался до  $0,73 \pm 0,3$ . Результаты исследования показали, что такие параметры, как индекс жесткости  $\beta$  и локальная PWV увеличивались с возрастом, коэффициент CC, наоборот, имел тенденцию к снижению, что объясняется возрастным «старением» сосудистой стенки. Указанные параметры продемонстрировали высоко достоверную корреляцию между собой во всех возрастных подгруппах, в то время как локальный Aix выявил слабую корреляцию с другими показателями и, соответственно, низкую прогностическую ценность.

Дальнейшее исследование в китайской популяции показало, что индекс  $\beta$  и локальная PWV статистически значимо увеличивались у курящих обследованных по сравнению с некурящими (вне зависимости от наличия других факторов риска сердечно-сосудистых осложнений), в то время как Aix оказался достоверно выше лишь в группе лиц, у которых курению сопутствовали АГ, дислипидемия и гипергликемия [23, 24]. В указанных трех группах достоверно отличались систолический и диастолический диаметры СА, а у наблюдаемых с несколькими ФР достоверно выше оказалось систолическое и диастолическое давление в ОСА.

Американские ученые [25] опубликовали результаты сравнительного изучения параметров локальной ригидности СА и ТКИМ в группах небеременных и женщин с физиологически протекающей беременностью в сроке более 28 нед. Выявлено, что неосложненная беременность ассоциирована с диагностически значимым повышением локальной СРПВ, индексов  $\alpha$  и  $\beta$ , величины ТКИМ, а также ухудшением податливости и растяжимости СА. Интересные результаты получены при повторном обследовании пациенток через 20 мес после родоразрешения — все показатели продемонстрировали возврат к исходным значениям.

С использованием эхокардиографии проведено исследование, включавшее 54 ВИЧ-инфицированных и аналогичное количество здоровых добровольцев. Группы были сопоставимы по возрасту, полу и другим антропометрическим параметрам. Следует отметить, что по большинству параметров локальной ригидности и ТКИМ обследованные лица значимо не отличались. Только коэффициент СС продемонстрировал достоверно более низкие значения у ВИЧ-инфицированных лиц. При анализе корреляционных взаимосвязей выявлена статистически значимая прямая зависимость всех параметров локальной ригидности с возрастом и отрицательная корреляция для показателя СС [26]. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения метода для скрининг-диагностики сосудистого ремоделирования среди пациентов без сопутствующих ССЗ.

Увеличение локального давления сопровождается снижением демпфирующей функции, о чем свидетельствует нарастание индекса аугментации при старении. Наличие АГ у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) сопряжено со значительным ухудшением большинства показателей, характеризующих структурно-функциональные свойства СА [27]. У пациентов с ИБС в сочетании с АГ зарегистрировано ухудшение большинства параметров локальной ригидности ОСА: увеличение уровня систолического давления и давления в локальной точке, СРПВ, индексов жесткости и аугментации. При этом наблюдалось снижение коэффициентов поперечной податливости и растяжимости.

Следует отметить, что локальная и каротидно-феморальная СРПВ дает сходную информацию относительно возрастных изменений жесткости

крупных артерий у здоровых субъектов. При АГ, сахарном диабете, а также с возрастом аорта становится более ригидной, чем СА [23]. Таким образом, показатели аортальной и каротидной жесткости не являются взаимозаменяемыми предикторами у пациентов группы высокого риска.

В исследовании A. Venetos [28] et al. проводилось сравнение характеристик жесткости СА и БА по данным эхокардиографии и апplanationной тонометрии с участием здоровых лиц и больных АГ 1–2-й ст. Показано более значимое изменение каротидной жесткости с возрастом, причем сильные достоверные корреляции были получены для обеих групп. Аналогичные результаты о влиянии возраста и уровня АД в сосуде на растяжимость и эластичность сонных артерий получены рядом других исследователей [22].

Величина ТКИМ и некоторые параметры локальной жесткости СА могут рассматриваться как самостоятельные маркеры неблагоприятных кардиоваскулярных событий [3, 6, 17]. O. Vriz et al. [24] провели анализ корреляционных взаимосвязей между локальной СРПВ и каротидно-феморальной СРПВ, оцененной апplanationной тонометрией. Было обследовано 160 человек, среди которых находились здоровые лица, больные АГ, а также пациенты с сопутствующим поражением аортального клапана и дисфункцией левого желудочка. Результаты исследования показали, что каротидная СРПВ не только значимо коррелирует с каротидно-феморальной СРПВ, а также уровень локальной СРПВ выше 6,65 м/с — достоверный признак увеличения каротидно-феморальной СРПВ более 12 м/с [24]. Абсолютные значения СРПВ на участке от сонной до бедренной артерии превышают значения локальной СРПВ у одних и тех же пациентов. Это обусловлено тем, что во втором случае анализ затрагивает более удаленные от сердца участки артериального русла (бедренная артерия). Известно, что чем дистальнее расположен сосуд и меньше его диаметр, тем выше скорость.

Следует отметить, что в современной литературе данные о прогностической ценности локальных показателей ригидности СА весьма противоречивы. Высокая точность измерений, обусловленная РЧ-заполнением УЗ-сигнала, оператор-независимость и возможность мониторинга достоверности измерений являются важными достоинствами методики. Анатомическое расположение и структурное сходство аорты и СА обуславливают похожие изменения их свойств с возрастом и при наличии ФР.

Несомненно, данная методика не может заменить классическое УЗИ СА, в частности при определении показаний к оперативному лечению, однако она уже сейчас позволяет оценивать эффективность применяемых лекарственных препаратов. Так, по нашим данным, на фоне 24-недельной терапии блокатором рецепторов к ангиотензину II в составе комплексной терапии у пациентов с сочетанием

ИБС и АГ получено достоверное уменьшение ТКИМ, а также улучшение большинства характеристик локальной ригидности по результатам эхотрекинга, в частности,  $\text{locPsys}$  и  $\text{locPdia}$ , индекса  $\beta$ , коэффициента  $\text{CS}$ ,  $\text{PWV SA}$  [29].

Таким образом, выявление доклинической стадии болезни — залог успешного лечения

и снижения риска заболеваемости и смертности от ССЗ. Поэтому представляет несомненный интерес изучение и активное внедрение нового неинвазивного метода УЗИ ОСА с использованием технологии эхотрекинга, основанной на РЧ-анализе движения стенок магистральных сосудов во время прохождения пульсовой волны.

#### Список литературы

1. Шальнова С. А. Тенденции смертности в России в начале XXI века (по данным официальной статистики) / С. А. Шальнова, А. Д. Деев // Кардиоваскулярная терапия и профилактика.— 2011.— № 10 (6).— С. 5–10.
2. Анализ смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в 12 регионах Российской Федерации, участвующих в исследовании «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России» / С. А. Шальнова, А. О. Конради, Ю. А. Карпов [и др.] // Рос. кардиологический журн.— 2012.— № 5 (97).— С. 6–11.
3. Недогода С. В. Сосудистая жесткость и скорость распространения пульсовой волны: новые факторы риска сердечно-сосудистых осложнений и мишени для фармакотерапии / С. В. Недогода, Т. А. Чаляби // Болезни сердца и сосудов.— 2006.— Т. 1, № 4.— С. 21–32.
4. Павлова О. С. Современные возможности эффективной сердечно-сосудистой профилактики у пациентов с артериальной гипертензией и дислипидемией / О. С. Павлова // Медицинские новости.— 2012.— № 1.— С. 62–68.
5. Диагностика и лечение артериальной гипертензии (Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертензии и Всероссийского научного общества кардиологов) // Системные гипертензии.— 2010.— № 3.— С. 5–26.
6. Lerman A. Endothelial function: cardiac events / A. Lerman, A. M. Zeiher // Circulation.— 2005.— Vol. 111.— P. 363–368.
7. Шальнова С. А. Ишемическая болезнь сердца в России: распространенность и лечение (по данным клинико-эпидемиологических исследований) / С. А. Шальнова, А. Д. Деев // Терапевтический архив.— 2011.— № 1.— С. 7–12.
8. Гемодинамические эффекты взаимодействия прямых и отраженных пульсовых волн / В. Д. Кревчик, В. Э. Олейников, И. Б. Матророва [и др.] // Медицинская физика.— 2012.— № 2.— С. 91–96.
9. Аронов Д. М. Некоторые аспекты патогенеза атеросклероза / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов // Атеросклероз и дислипидемии.— 2011.— № 1.— С. 48–55.
10. Поздняков Ю. М. Амбулаторное лечение основных заболеваний внутренних органов / Ю. М. Поздняков, В. П. Волков.— М.: Б. и., 2008.— 322 с.
11. Трипотень М. И. Сравнительная оценка ультразвуковых методов определения жесткости общих сонных артерий (М-режим и Echo-Tracking-метод) / М. И. Трипотень, Т. В. Балахонина, А. Н. Рогоза // Ультразвуковая и функциональная диагностика.— 2011.— Т. 6.— С. 50–56.
12. Arterial stiffness and cardiovascular risk factors in a population-based study / J. Amar, J. B. Ruidavets, B. Chamontin [et al.] // J. Hypertens.— 2001.— Vol. 19.— P. 381–387.
13. Ефимов А. А. Морфологический анализ возрастных изменений артериальной стенки / А. А. Ефимов // Рос. медико-биологический вестн. им. акад. И. П. Павлова.— 2011.— № 3.— С. 28–33.
14. High brachial-ankle pulse wave velocity is an independent predictor of coronary artery disease in men / R. Imanishi, S. Seto, G. Toda [et al.] // Hypertens Res.— 2004.— Vol. 27 (2).— P. 71–78.
15. Improved arterial compliance by a novel advanced glycation end-product crosslink breaker / D. A. Kass, E. P. Shapiro, M. Kawaguchi [et al.] // Circulation.— 2001.— Vol. 104.— P. 1464–1470.
16. Arterial stiffness independently predicts cardiovascular events in an elderly community. Longitudinal investigation for the Longevity and Aging in Hokkaido County (LILAC) study / O. Matsuoka, K. Otsuka, S. Murakami [et al.] // Biomed. Pharmacother.— 2005.— № 59 (Suppl. 1).— P. 40–44.
17. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications / S. Laurent, L. Cockcroft, Van Bortel [et al.] // Eur. Heart J.— 2006.— Vol. 27.— P. 2588–2605.
18. Local arterial wave speed at carotid artery level is partly representative of carotid-femoral pulse wave velocity and aortic stiffness: evidence by a new echotracking technique / E. Malshi, C. Morizzo, M. Florescu [et al.] // Artery Research.— 2006.— Vol. 1.— P. 40–49.
19. Variation of common carotid artery elasticity with intimal-medial thickness: the ARIC Study. Atherosclerosis Risk in Communities / W. A. Riley, G. W. Evans, A. R. Sharrett [et al.] // Ultrasound Med. Biol.— 1997.— № 23.— P. 157–164. [PubMed: 9140173]
20. Boutouyrie P. New techniques for assessing arterial stiffness / P. Boutouyrie // Diabetes & Metabolism.— 2008.— Vol. 34.— P. 21–26.
21. DeLoach S. S. Vascular stiffness: Its Measurements and Significance for Epidemiologic and Outcome Studies / S. S. DeLoach, R. R. Townsend // Clin. J. Am. Soc. Nephrol.— 2008.— Vol. 3.— P. 184–192.
22. Measurement of pulse wave velocity using pulse wave Doppler ultrasound: comparison with arterial tonometry / B. Jiang, B. Liu, K. L. McNeill, P. J. Chowieniczky // Ultrasound Med. Biol.— 2008.— Vol. 34.— P. 509–512.
23. Carotid and aortic stiffness: determinants of discrepancies / A. Paini, P. Boutouyrie, D. Calvet [et al.] // Hypertension.— 2006.— Vol. 47 (3).— P. 371–376.

24. Comparison of sequentially measured Aloka echo-tracking one-point pulse wave velocity with SphygmoCor carotid-femoral pulse wave velocity / O. Vriz, C. Driussi, S. Carrubba [et al.] // SAGE Open Medicine.— 2013.— Vol. 1.— doi: 10.1177/2050312113507563.
25. Maternal carotid remodeling and increased carotid arterial stiffness in normal late-gestational pregnancy as assessed by radio-frequency ultrasound technique / M. Yuan, F. Jordan, I. B. Melinnes [et al.] // BioMed Central Pregnancy and Childbirth.— 2013.— Vol. 13.— P. 122–129.
26. Arterial Stiffness Evaluation in HIV-Infected: a multi-center matched control study / G. Ferraioli, C. Tinelli, P. Maggi [et al.] // Am. J. of Roentgenology.— 2011.— Vol. 197 (5).— P. 1258–1262.
27. Применение нового неинвазивного метода исследования магистральных артерий технологией эхотрекинг у больных ишемической болезнью сердца / В. Э. Олейников, Л. И. Салямова, Е. А. Мельникова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.— 2016.— № 2.— С. 34–41.
28. Arterial Changes with Aging and Hypertension / A. Benetos, S. Lauzent [et al.] // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology.— 2014.— P. 90–97.
29. Олейников В. Э. Корректирующее влияние олесартана на показатели локальной ригидности с использованием технологии эхотрекинга / В. Э. Олейников, И. Б. Матросова, Е. А. Мельникова // Кардиология.— 2014.— № 9 (54).— С. 39–45.

### ОЦІНКА СТАНУ СОННИХ АРТЕРІЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РАДІОЧАСТОТНОЇ СКЛАДОВОЇ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛУ

В. Е. ОЛЕЙНИКОВ, Є. А. МЕЛЬНИКОВА, І. В. АВДЄЄВА, Л. І. САЛЯМОВА

Розглянуто сучасні аспекти оцінки локальної жорсткості артеріальної стінки. Подано програмні додатки ехотрекингу (QIMT і QAS) та основні показники, що характеризують локальну жорсткість. Відзначено, що перевагами методики ехотрекингу є отримання результатів вимірювання у режимі реального часу, що мінімально залежать від передумов дослідника. Показано діагностичну та прогностичну цінність отриманих параметрів.

*Ключові слова:* ехотрекинг, артеріальна жорсткість, каротидні артерії, атеросклероз.

### CAROTID ARTERIES ASSESSMENT BY ANALYZING RADIOFREQUENCY COMPONENT OF ULTRASOUND SIGNAL

V. E. OLEINIKOV, Ye. A. MELNIKOVA, I. V. AVDEIEVA, L. I. SALIAMOVA

The article considers modern aspects of evaluation of local stiffness of the arterial wall. Software echo-tracking applications (QIMT and QAS) and the basic indicators of local rigidity are described. It is noted that the advantages of echo-tracking techniques are real time measurement results independent from the investigator's presetting. Diagnostic and prognostic value of the obtained parameters is shown.

*Key words:* echo-tracking, arterial stiffness, carotid arteries, atherosclerosis.

Поступила 14.12.2016