

Качественный и количественный анализ движения

артериальной стенки методом тканевой доплерографии

¹Кафедра клинической физиологии и функциональной диагностики Российской медицинской академии последипломного образования, Москва

²Отделение функциональной диагностики, Центральная клиническая больница Святителя Алексия, Москва

e-mail: olga-m0397@mail.ru

Реферат

Цель: провести качественную и количественную оценку движения артериальной стенки; выявить наиболее информативные скоростные показатели движения стенок артерий, отражающие их эластические свойства. Изучение эластичности проводилось на примере общей сонной и общей бедренной артерий в контрольной группе, в группе с факторами риска атеросклероза и в группе с атеросклеротическим поражением магистральных сосудов. Всем пациентам проводился анализ движения передних и задних стенок ОСА и ОБА методом импульсно-волновой тканевой доплерографии (ТД) с синхронной записью ЭКГ. Снижение эластичности артериальных сосудов у пациентов с атеросклерозом и факторами его риска характеризуется изменением спектра скорости стенок ОСА. При уменьшении эластичности артериальных сосудов наблюдается снижение пиковых скоростных показателей движения передней и задней стенок ОСА и ОБА — $V_{s_{max}}$, $V_{d_{max}}$ и их относительных значений — $V_{s_{max_rel}}$, $V_{d_{max_rel}}$. Причем систолическая скорость стенок снижается в большей степени, чем диастолическая, а также укорочением времени TR-Vs ОБА, что связано с ускорением прохождения пульсовой волны на аорте. Атеросклеротическое поражение ОСА у пациентов 2-й группы характеризуется более значительным снижением относительных скоростных показателей $V_{s_{max_rel}}$, $V_{d_{max_rel}}$ по сравнению с пациентами, имеющими факторы его риска.

Ключевые слова: артерии, эластические свойства сосудов, тканевая доплерография.

Zhirnova O. A.², Tkachenko S. B.¹, Pestovskaya O. R.²,
Beresten N. F.^{1,2}

Qualitative and quantitative analysis of arterial wall motion by tissue Doppler imaging technique

¹The sub-faculty of clinical physiology and functional diagnostics, Russian Medical Academy for Post-Graduate Education, Moscow

²Central Clinical Hospital Prelate Alexis of Moscow, Department of functional diagnostics

e-mail: olga-m0397@mail.ru

Abstract

Purpose: to carry out a qualitative and quantitative arterial wall motion evaluation; to detect the most informative arterial wall motion velocity parameters, which reflect its elastic properties. The elasticity assessment was conducted taking as example the common carotid (CCA) and femoral arteries (FA) of healthy subjects from a control group, subjects with risk factors for atherosclerosis and subjects with atherosclerotic damage of main vessels. The CCA and FA anterior and posterior arterial wall motion analysis in all patients was performed using the pulsed Tissue Doppler Imaging (TDI) with a synchronic ECG recording. The decreased arterial elasticity in patients with atherosclerosis and with risk factors for atherosclerosis is characterized by changes of the CCA wall velocity spectrum. While the arterial elasticity decrease, the decrease of peak velocity parameters of anterior and posterior CCA and FA arterial walls motion ($V_{s_{max}}$, $V_{d_{max}}$) and its relative values ($V_{s_{max_rel}}$, $V_{d_{max_rel}}$) is observed. Moreover, the peak systolic velocity decreases in a higher degree than the diastolic one. In addition, shortening of time TR-Vs in FA, related with the accelerated pulse wave passing through aorta, is observed. The atherosclerotic CCA damage in patients of the 2nd group are characterized by a more significant decrease of relative velocity parameters ($V_{s_{max_rel}}$, $V_{d_{max_rel}}$) in comparison with patients with risk factors.

Keywords: arterics, elasticity of vtssels, tissue dopplerography.

Введение

Атеросклеротическое поражение артериальных сосудов характеризуется не только структурной перестройкой их стенки и изменением соотношения между ее компонентами, но и наличием функциональных изменений в виде нарушения упругоэластических свойств. Снижение эластичности сосудистой стенки наблюдается как при атеросклерозе, так и при наличии его факторов риска (артериаль-

ная гипертензия, гиперхолестеринемия, сахарный диабет, курение и т. д.) [3, 5, 10]. Известно, что нарушение эластичности стенок артериальных сосудов является одним из наиболее ранних факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений [4]. В настоящее время в клинической практике придается большое значение изучению физиологии и эластичности сосудистой стенки, а

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

также поиску новых, достаточно точных и простых методов ее оценки. Современные ультразвуковые технологии, такие как тканевое доплеровское исследование (ТДИ), нашли широкое применение не только в исследовании миокарда, но и в оценке состояния сосудистой стенки. Методика ТДИ позволяет количественно оценить нарушения эластичности артериальной стенки по скоростным и временным параметрам ее движения. Данное направление существенно расширяет фундаментальное представление о демпфирующей функции артериальных сосудов. Использование ТДИ как одного из методов изучения эластичности сосудистой стенки расширяет возможности ранней диагностики артериальной гипертензии, атеросклероза, оценки относительно (биологического) возраста кровеносных сосудов, динамики заболевания и эффекта лекарственной терапии.

Цель исследования

Провести качественную и количественную оценку движения артериальной стенки; выявить наиболее информативные скоростные показатели движения стенок артерий, отражающие их эластические свойства.

Материалы и методы исследования

Изучение эластичности проводилось на примере общей сонной и общей бедренной артерий. Всего были обследованы 115 человек. Контрольную группу составили 45 практически здоровых добровольцев, из них 21 мужчина (47 %) и 24 женщины (53 %), средний возраст группы — $55,4 \pm 9,7$ года.

В первую группу вошли 34 человека, не имеющих объективных признаков атеросклеротических изменений магистральных сосудов, но имеющие факторы риска его развития (табл. 1). Из них 15 мужчин (44 %) и 19 женщин (56 %). Средний возраст в 1-й группе составил $57,9 \pm 13,9$ года.

Вторую группу составили 36 человек, имеющих признаки атеросклеротического поражения сосудов при УЗИ, из них 21 мужчина (58 %) и 15 женщин (42 %). Средний возраст пациентов в этой группе составил $58,97 \pm 0,5$ года. При этом у 21 (58 %) больного из 2-ой группы при ультразвуковом дуплексном исследовании выявлены атеросклеротические поражения в системе брахиоцефальных артерий, у 29 (80 %) больных выявлены атеросклеротические изменения артерий нижних конечностей, из них у 20 (69 %) человек имелись изолированные атеросклеротические бляшки в дистальной части общей бедренной артерии (ОБА), у 9 (31 %) человек диагностировано сочетанное поражение артерий нижних конечностей.

После измерения систолического (САД) и диастолического (ДАД) давления на плечевой артерии и 20-минутного отдыха в положении лежа, проводилось ультразвуковое исследование обеих общих сонных (ОСА) и общих бедренных артерий (ОБА). По общепринятой методике (Р. Pignoli, 1986) правая ОСА и ОБА исследовались на участке 2–3 см проксимальнее бифуркации линейным датчиком

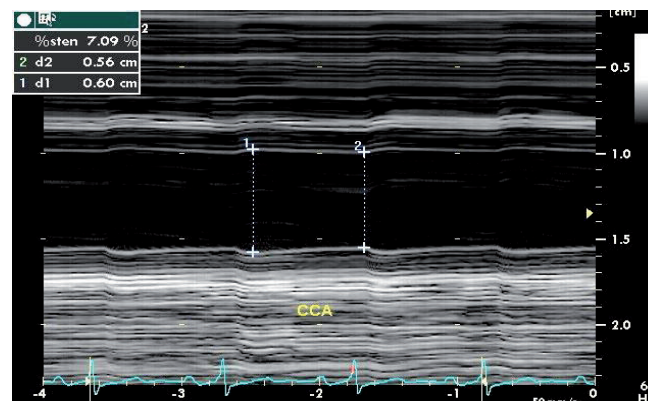


Рис. 1. Измерение Ds (1) и Dd (2) общей сонной артерии в М-режиме

10–5 МГц. Просветы сосудов визуализировались в продольной плоскости с изображением ближней и дальней стенки, таким образом, чтобы был виден контур интима-медиа артерии [2, 3, 7, 9].

Максимальные диаметры ОСА и ОБА в систолу (Ds) и в диастолу (Dd) измерялись в течение 3 сердечных циклов в М-режиме перпендикулярно стенке сосуда (рис. 1). Минимальный диаметр просвета сосуда в диастолу (Dd) измерялся сразу после волны R на ЭКГ в фазу предъизгнания. Максимальное пространственное разрешение составило 0,1 мм [6, 9]. Толщину комплекса интима-медиа (ТИМ) задней стенки ОСА в систолу и диастолу в В-режиме измеряли при параллельной записи мониторингового отведения ЭКГ, рассчитывали ТИМ по программе Q-LAB (Phillips) с точностью до 0,01 мм [7]. Вычисляли Strain ТИМ ОСА = (ТИМдиаст – ТИМсист)/ТИМдиаст.

На основании значений систолического и диастолического диаметра ОСА, ТИМ и артериального давления вычислялись показатели эластичности [1, 3–7, 9]:

1) модуль эластичности Петерсона, (Ep) — способность к восстановлению исходного состояния:

$$Ep = \Delta P \cdot Dd / \Delta D, \text{ mmHg};$$

2) индекс жесткости (stiffness index) (β) — величина, обратная растяжимости, способность артериальной стенки к сопротивлению деформации, где $\beta = \ln (Ps/Pd) \cdot Dd / (Ds - Dd)$;

3) индекс податливости, compliance coefficient (CC) — представляет собой изменение объема крови на единицу давления (2).

$$CC = 3,14 \cdot (Ds^2 - Dd^2) / 4 \Delta P, \text{ mm}^2 \text{ mmHg}^{-1};$$

4) индекс растяжимости, distensibility coefficient (DC) — относительное изменение поперечного сечения сосуда на единицу давления.

$$DC = (Ds^2 - Dd^2) / Dd^2 \Delta P, \text{ mmHg}^{-1};$$

5) модуль Юнга, или упругости, Young's incremental elastic modulus (E_{inc}) — свидетельствует о внутренних эластических свойствах сосудистой стенки независимо от геометрии сосуда [8].

$$E_{inc} = \Delta P \cdot Dd / \Delta D \cdot IMT, \text{ mmHg} \cdot \text{mm}^{-1};$$

6) деформация просвета, или стрейн диаметра, lumen strain (LS) — отражает изменение объема в систолу: $LS = \Delta D / Dd \cdot 100, \%$.

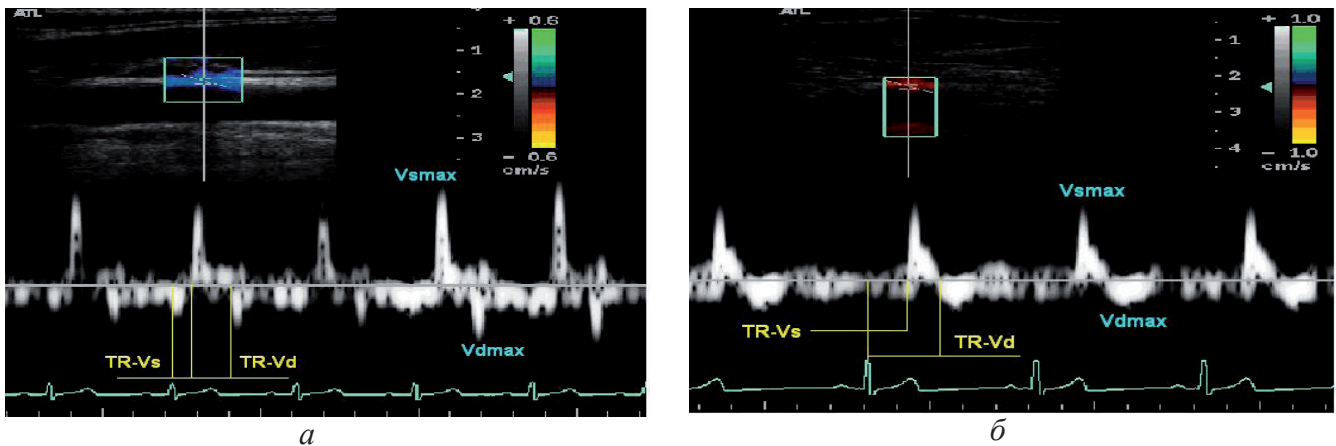


Рис. 2. График скорости движения передней стенки ОСА (а) и ОБА (б) по данным импульсно-волновой тканевой доплерографии (ТД)

При этом: Р — пульсовое давление; D — показатель абсолютного систолидиастолического прироста диаметра ($D_s - D_d$); $\ln$ — натуральный логарифм; Ps — систолическое артериальное давление; Pd — диастолическое артериальное давление; D_s — систолический диаметр; D_d — диастолический диаметр; ИМТ — толщина комплекса интима-медиа (ТИМ) в диастолу.

Анализ движения артериальной стенки проводился методом импульсно-волновой тканевой доплерографии (ТД) с синхронной записью ЭКГ на протяжении 5–10 сердечных циклов. Выбранный контрольный объем размещался в области передней и задней стенки на участке 2–3 см проксимальнее бифуркации ОСА и ОБА. Точкой начала отсчета временных фаз считали зубец R ЭКГ [6–8].

Проводился анализ следующих параметров ТД от передней и задней стенки правой ОСА и ОБА: $V_{s_{\max}}$ — максимальная систолическая скорость стенки; $V_{d_{\max}}$ — максимальная диастолическая скорость стенки; V_s/V_d — показатель отношения систолической скорости стенки к диастолической (рис. 2 а, б). Максимальная систолическая и диастолическая скорости стенок ОСА и ОБА корректировались к пульсовому давлению и диастолическому диаметру, в результате чего получали их относительные значения: $V_{s_{\max \text{ rel}}} = V_{s_{\max}} / (\text{ПАД} \cdot D_d)$, относительный показатель систолической скорости; $V_{d_{\max \text{ rel}}} = V_{d_{\max}} / (\text{ПАД} \cdot D_d)$, относительный показатель диастолической скорости.

Результаты исследования и их обсуждения

В табл. 2 и 3 приведен сравнительный анализ показателей диаметра и ТИМ, полученных на общей сонной и общей бедренной артериях в исследуемых группах.

Из представленных данных следует, что достоверное отличие 1-й группы от контроля по показателям диаметра ОСА и ОБА заключается в увеличении диастолического диаметра D_{dia} и снижении абсолютного систоло-диастолического прироста ΔD ОСА. Достоверное отличие 2-й группы от контроля, кроме вышеперечисленных показателей, заключается в увеличении систолического диаметра

ОСА. Достоверное отличие между 1-й и 2-й группами заключается в увеличении D_{dia} и D_{sys} ОСА. При этом важно отметить, что показатели D_{dia} , D_{sys} , полученные на ОБА между группами достоверно не отличались. Однако в 1-й и 2-й группах имеется тенденция к снижению D диаметра ОБА, но не достигающая достоверных значений.

Представленные результаты анализа ТИМ задних стенок ОСА и ОБА доказывают, что, в отличие от контроля для больных с факторами риска и наличием атеросклероза, характерно увеличение систолической и диастолической ТИМ, при одновременном снижении StrainТИМ (%) как ОСА, так и ОБА. Качественное отличие двух групп заключается в более значительном увеличении ТИМ_{sys} и ТИМ_{dia} у лиц 2-й группы.

Сравнительный анализ показателей эластичности ОСА и ОБА в исследуемых группах, приведенный в табл. 4 и 5, выявил, что в 1-й и 2-й группах коэффициент растяжимости DC и коэффициент податливости CC достоверно снижается, а модуль эластичности Петерсона E_p и индекс жесткости β увеличивается как на ОСА, так и на ОБА. Стрейн диаметра LS и модуль Юнга E_{inc} достоверно увеличиваются только на общей сонной артерии. Значение LS ОБА имеет тенденцию к снижению в обеих группах, однако не достигает достоверных значений. При этом 1-я и 2-я группы между собой по вышеперечисленным показателям не отличаются.

Кроме того, выявлено, что показатели эластичности E_p , β и E_{inc} , полученные на ОБА, имеют более высокие значения, а LS и DC — более низкие значения, чем аналогичные показатели, полученные на ОСА во всех группах. Это связано с большей эластичностью стенки ОСА по сравнению со стенками ОБА, так как ОСА является артерией преимущественно эластического типа и выполняет большую демпфирующую функцию, чем ОБА, относящаяся к артериям смешанного типа.

Таким образом, при наличии факторов риска атеросклероза, так же как и при наличии атеросклеротических изменений артерий, имеет место достоверное снижение эластичности и увеличение жесткости стенок общей сонной и общей бедренной ар-

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Факторы риска развития атеросклероза по данным клинического обследования больных 1-й и 2-й группы

Таблица 1		
Фактор риска	Количество больных	
	1-я группа (N=34)	2-я группа (N=36)
Курение	18 (53 %)	25 (69 %)
Ожирение	13 (38 %)	9 (25 %)
Изменения липидного спектра	4 (12 %)	6 (17 %)
Артериальная гипертензия	26 (76 %)	33 (92 %)
Артериальная гипертензия + гиперхолестеринемия	1 (3 %)	2 (6 %)

Показатели диаметра и ТИМ общей сонной артерии в исследуемых группах

Таблица 2			
Показатель	Контроль (n = 45), М ± SD	1-я группа (n = 34), М ± SD	2-я группа (n = 21), М ± SD
Dsys, мм	6,4±0,72	6,8±0,96	7,75±1,29**##
Ddia, мм	5,47±0,66	6,2±0,94**	7,0±1,2**#
ΔD, мм	0,92±0,2	0,65±0,17**	0,70±0,22*
ТИМsys, мм	0,46±0,06	0,71±0,17**	0,81±0,16**#
ТИМdia, мм	0,53±0,07	0,77±0,17**	0,88±0,17**#
StrainТИМ, %	14,0±5,5	8,3±2,1**	8,6±3,9**

Здесь и далее: ** — достоверность различий (p<0,001); * — (p<0,05) с контрольной; ## — p₂₋₁ достоверность различий (p<0,001); # — (p<0,05)

Показатели диаметра и ТИМ общей бедренной артерии в исследуемых группах

Таблица 3			
Показатель	Контроль (n = 45), М ± SD	1-я группа (n = 34), М ± SD	2-я группа (n = 29), М ± SD
Dsys, мм	8,02±1,13	8,23±1,58	8,34±1,46
Ddia, мм	7,26±1,08	7,57±1,35	7,65±1,4
ΔD, мм	0,80±0,21	0,66±0,22	0,69±0,25
ТИМsys, мм	0,46±0,07	0,69±0,22**	0,92±0,27**##
ТИМdia, мм	0,51±0,08	0,75±0,24**	0,99±0,27**##
StrainТИМ, %	10,31±3,41	7,4±2,72*	6,92±2,16*

Показатели эластичности общей сонной артерии в исследуемых группах

Таблица 4			
Показатель	Контроль (n = 45), М ± SD	1-я группа (n = 34), М ± SD	2-я группа (n = 21), М ± SD
LS, %	17,1±4,2	10,8±3,3**	11,2±3,3**
Ер, кПа	265,7±87,7	504,1±178,0**	556,2±152,0**
В, Ед	2,81±0,75	4,84±1,86**	5,34±1,84**
Einc, Н/м²	501,2±171,5	648,9±197,0*	657,4±189,7*
DC, %кПА	8,4±3,0	5,0±1,2**	4,07±1,5**
СС, мм²/кПа	0,21±0,06	0,15±0,05*	0,16±0,08*

терий. При этом наиболее достоверными являются снижение показателей LS и DC и увеличение E_r и β на ОСА.

Проведенный качественный анализ движения артериальных стенок методом ТД определил, что для ОСА и ОБА характерно разнонаправленное движение передних и задних стенок. Особенностью структуры движения передней стенки ОСА и ОБА на кривой ТД и графике средней скорости ТДИ является последовательная смена высокоскоростной позитивной волны V_s в фазу систолы и негативной волны V_d в фазу диастолы. Анализ структуры движения задней стенки демонстрирует обратную последовательность смены высокоскоростной негативной волны V_s и позитивной волны V_d . Такое разнонаправленное движение стенок ОСА отмечалось у 91 % (41) здоровых пациентов. У 4 человек (9 %) направление движения задней стенки совпадало с направлением движения передней стенки, что, вероятно, связано с пульсацией кровотока.

Отличие в структуре движения стенок ОСА и ОБА заключалось в том, что в норме на графике скорости стенки ОСА сразу после отрицательной волны регистрируется второй значительно меньший положительный пик – V_a , который представляет собой дикротическую волну, как указатель отраженной пульсовой волны от периферических артерий и бифуркации (рис. 3). Особенностью спектра скорости стенок ОБА является отсутствие второго антеградного пика. В то же время на нисходящей части позитивной волны V_s регистрируется дополнительный зубец (рис. 4). Это связано с тем, что прохождение и отражение волны пульса в сосудах нижних конечностей происходит быстрее вследствие их большей жесткости, в результате чего отраженная волна накладывается на профиль скорости стенки ОБА в фазу поздней систолы в виде дополнительного зубца. Так, в контрольной группе двухфазная структура движения передней и задней стенки ОСА была зарегистрирована у 100 % (45) здоровых лиц. Второй положительный пик V_a в контрольной группе выявляется у 95 % (43) человек по передней стенке и у 95 % (43) человек по задней стенке.

Особенность спектра скорости движения передней и задней стенок ОСА у пациентов 1-й и 2-й групп заключается в отсутствии второго положительного пика V_a . При этом после пика V_s в фазу поздней систолы регистрируется один или несколько дополнительных пиков – V_s' (рис. 5). Это связано с тем, что у больных 1-й и 2-й групп по мере снижения эластичности артерий прохождение пульсовой волны и ее отражение происходит быстрее. В результате отраженная волна накладывается на временной профиль в фазу поздней систолы.

У больных 1-й группы двухфазная структура движения передней и задней стенки ОСА была зарегистрирована у 100 % (34) человек. Второй положительный пик V_a был зарегистрирован лишь у 25 % (9) человек по передней стенке и у 22 % (7) человек по задней стенке. Однако у 80 % (27) человек на графике скорости движения передней стенки после основного систолического пика регистриро-

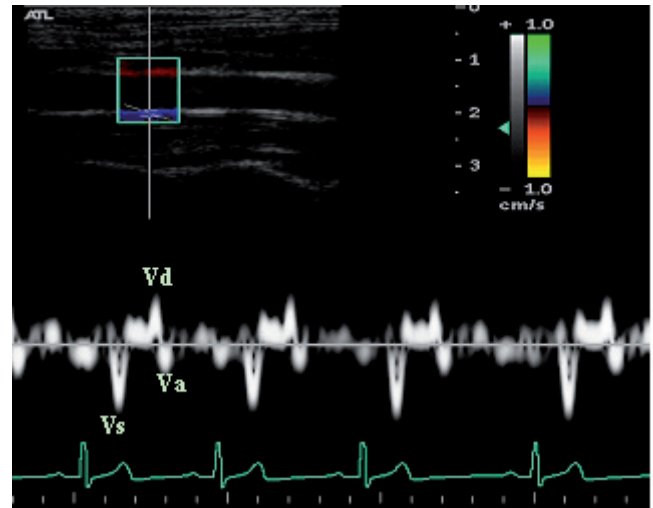


Рис. 3. Спектр скорости задней стенки ОСА

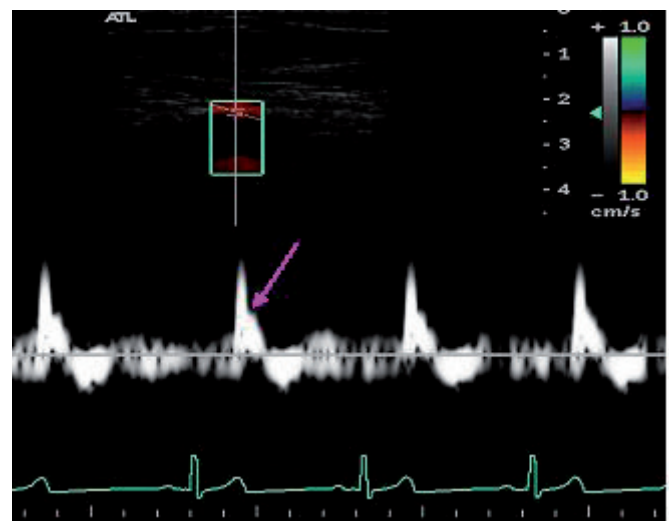


Рис. 4. Спектр скорости передней стенки ОБА

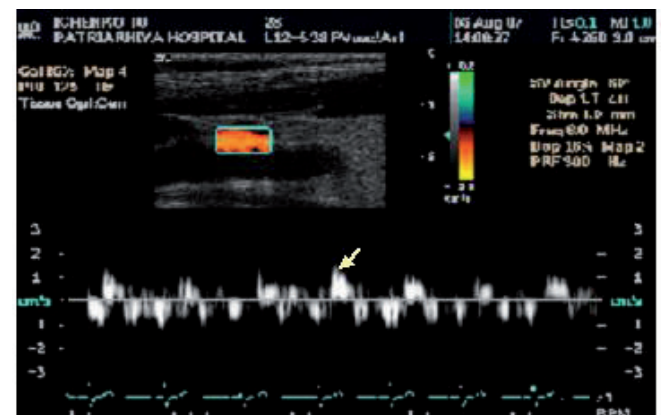


Рис. 5. Профиль скорости передней стенки ОСА. Дополнительные волны в фазу поздней систолы

вался один или несколько дополнительных пиков в фазу поздней систолы – V_s' , по задней стенке у 75 % (26) человек.

У пациентов 2-й группы двухфазная структура движения передней и задней стенки ОСА отмечалась также у 100 % (36) человек. Второй положительный пик « V_a » был зарегистрирован лишь у 19 % (7) человек по передней стенке и у 17 % (6) чело-

Таблица 5

Показатель	Контроль (n = 45), M ± SD	1-я группа (n = 34), M ± SD	2-я группа (n = 29), M ± SD
LS, %	10,65±3,3	8,68±2,76	8,82±2,78
Ер, кПа	443,83±166,6	765,73±223,2*	740,5±279,42*
β, Ед	4,7±1,59	7,62±2,31*	7,14±2,72*
Einc, Н/м²	856,06±284,4	827,39±291,46	802,32±226,88
DC, %кПА	5,1±1,75	2,93±0,97*	3,13±1,04*
СС, мм²/кПа	0,22±0,07	0,14±0,06*	0,15±0,07*

Анализ показателей движения передней и задней стенок ОСА по данным импульсно-волнового тканевого доплеровского исследования (ТД)

Таблица 6

Показатель		Контроль (n = 45), M±SD	1-я группа (n = 34), M±SD	2-я группа (n = 21), M±SD
R–R (мс)		932,39 ±136,03	927,34 ±170,4	985,52 ±147,9
Передняя стенка	Vs _{max} (см/с)	2,25±0,71	1,64±0,53**	1,63±0,44**
	Vd _{max} (см/с)	1,41±0,37	1,16±0,28*	1,14±0,28*
	Vs/Vd (y. ед.)	1,60±0,25	1,42±0,29*	1,43±0,26*
	Vs _{max} rel(см²mmHg10 ⁻¹ /с)	1,1±0,28	0,66±0,38**	0,41±0,16**#
	Vd _{max} rel(см²mmHg10 ⁻¹ /с)	0,63±0,18	0,47±0,23*	0,29±0,08**#
	TR-Vs (мс)	0,13±0,02	0,13±0,02	0,13±0,02
	TR-Vd (мс)	0,39±0,03	0,38±0,04	0,41±0,05
Задняя стенка	Vs _{max} (см/с)	1,80±0,42	1,29±0,35**	1,39±0,49*
	Vd _{max} (см/с)	1,20±0,25	1,01±0,28*	0,95±0,27*
	Vs/Vd (y. ед.)	1,59 ±0,25	1,42 ±0,29*	1,43 ±0,27*
	Vs _{max} rel(см²mmHg10 ⁻¹ /с)	0,86 ±0,19	0,50 ±0,15**	0,37 ±0,12**#
	Vd _{max} rel(см²mmHg10 ⁻¹ /с)	0,58 ±0,22	0,40 ±0,13*	0,25 ±0,06**#
	TR-Vs (мс)	0,14±0,02	0,13±0,02	0,14±0,02
	TR-Vd (мс)	0,39±0,03	0,39±0,04	0,40±0,04

век по задней стенке. Дополнительные систолические пики — Vs' — регистрировались по передней стенке у 84 % (30) человек, по задней стенке — у 80 % (29) человек.

Сравнительный анализ скоростных показателей движения стенок ОСА (табл. 6) выявил, что для больных как с факторами риска, так и с наличием атеросклероза артерий, одинаково характерно снижение максимальных скоростных показателей движения передней и задней стенок ОСА — Vs_{max}, Vd_{max} и их относительных значений, Vs_{max} rel и Vd_{max} rel. Отличие между двумя группами заключалось в более значительном снижении Vsmaxrel и Vdmaxrel обеих стенок во 2-й группе по сравнению с 1-й. Кроме того, в обеих группах отмечается снижение показателя Vs/Vd. Следовательно, у больных с факторами риска и наличием атеросклероза снижается преимущественно скорость Vs_{max} артериальной стенки.

Анализ движения стенок ОБА (табл. 7) выявил, что для больных 1-й и 2-й групп также характерно снижение преимущественно показателей систолической скорости (Vs_{max}, Vs_{max} rel) движения передней и задней стенок. Это же подтверждается снижением показателя Vs/Vd передней и задней стенок в обеих группах. Кроме того, для обеих групп характерно укорочение времени TR-Vs, TR-Vd, что связано с ускорением прохождения пульсовой волны по аорте. Достоверных отличий между 1-й и 2-й группами по скоростным и временным показателям движения стенок ОБА не выявлено.

Выводы

1. Снижение эластичности артериальных сосудов у пациентов с атеросклерозом и факторами его риска характеризуется изменением спектра скорости стенок ОСА и проявляется исчезновени-

Таблица 7

Показатель		Контроль (n = 45), M±SD	1-я группа (n = 34), M±SD	2-я группа (n = 29), M±SD
R-R (мс)		932,39 ±136,03	927,34 ±170,4	985,52 ±147,9
Передняя стенка	Vs _{max} (см/с)	1,68±0,51	1,38±0,40*	1,30±0,22*
	Vd _{max} (см/с)	0,87±0,12	0,80±0,20	0,81±0,15
	Vs/Vd (y. ед.)	1,92±0,47	1,56±0,23**	1,61±0,21*
	Vs _{rel} (см ² mmHg10 ⁻¹ /с)	0,56±0,19	0,42±0,14*	0,36±0,11*
	Vd _{rel} (см ² mmHg10 ⁻¹ /с)	0,30±0,10	0,29±0,09	0,22±0,07*
	TR-Vs (мс)	0,20±0,01	0,18±0,02*	0,17±0,02**
	TR-Vd (мс)	0,44±0,02	0,41±0,02**	0,41±0,04**
Задняя стенка	Vs _{max} (см/с)	1,41±0,34	1,07±0,35*	1,14±0,29*
	Vd _{max} (см/с)	0,83±0,16	0,68±0,12*	0,65±0,15*
	Vs/Vd (y. ед.)	1,75±0,46	1,57±0,44*	1,62±0,47*
	Vs _{rel} (см ² mmHg10 ⁻¹ /с)	0,49±0,14	0,34±0,11*	0,34±0,09*
	Vd _{rel} (см ² mmHg10 ⁻¹ /с)	0,27±0,08	0,23±0,06	0,17±0,05*
	TR-Vs (мс)	0,21±0,02	0,18±0,03*	0,18±0,02*
	TR-Vd (мс)	0,44±0,03	0,41±0,03*	0,41±0,03*

ем дикротического пика Va и появлением дополнительных пиков Vs' в фазу поздней систолы.

2. При уменьшении эластичности артериальных сосудов наблюдается снижение пиковых скоростных показателей движения передней и задней стенок ОСА — Vs_{max}, Vd_{max} и их относительных значений — Vs_{rel}, Vd_{rel}. Причем систолическая скорость стенок ОСА снижается в большей степени, чем диастолическая.

3. Нарушение эластичности артериальных сосудов также характеризуется снижением преиму-

щенно параметров систолической скорости стенок ОБА — Vs_{max} и ее относительного показателя Vs_{rel}, а также укорочением времени TR-Vs ОБА, что связано с ускорением прохождения пульсовой волны на аорте.

4. Атеросклеротическое поражение ОСА у пациентов 2-й группы характеризуется более значительным снижением относительных скоростных показателей Vs_{rel}, Vd_{rel} по сравнению с пациентами, имеющими факторы его риска.

Литература

1. Врублевский, А. В. Комплексная ультразвуковая оценка атеросклероза грудного отдела аорты коронарных артерий / А. В. Врублевский, А. А. Боженко, Р. С. Карпов. — Томск : STT, 2007. — 180 с.
2. Кунцевич, Г. И. Комплексная диагностика состояния артериальной стенки общих сонных и общих бедренных артерий по данным ультразвукового исследования у больных с клиническими проявлениями ИБС / Г. И. Кунцевич // Ультразвуковая диагностика. — 2000. — № 3. — С. 71–77.
3. Лелюк, В. Г. Ультразвуковая ангиология / В. Г. Лелюк, С. Э. Лелюк. — 3-е изд., доп. и перер. — М. : Реал тайм, 2007. — 416 с.
4. Лондон, Ж. М. Ремоделирование артерий и артериальное давление у больных с урегией / Ж. М. Лондон ; пер. Е. В. Захаровой // Нефрология и диализ. — 2000. — Т. 2. — № 3.
5. Филимонов, В. И. Руководство по общей и клинической физиологии / В. И. Филимонов. — М. : Мед. информ. аг-во, 2002. — 960 с.

6. Arno Schmidt-Trucksäss. Structural, Functional, and Hemodynamic Changes of the Common Carotid Artery With Age in Male Subjects / Arno Schmidt-Trucksäss [et al] // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. — 1999. — № 19. — P. 1091–1097.
7. Arno S-Truksass. Assussment of carotid wall motion and stiffness with Tissue Doppler Imaging / S-Truksass Arno [et al] // Ultrasound in Med. & Biol. — 1998. — Vol. 24. — № 5. — P. 639–646.
8. Craig, J. Noninvasive ultrasonic measurement of arterial wall motion in mice / J. Craig [et al] // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. — 2004. — № 287. — P. 1426–1432.
9. Harloff, A. Combined Measurement of Carotid Stiffness and Intima-Media Thickness Improves Prediction of Complex Aortic Plaques in Patients with Ischemia Stroke / A. Harloff [et al] // Stroke. — 2006. — № 37. — P. 2708–2712.
10. Selzer, R. H. Improved common carotid elasticity and Intima-media thickness measurements from computer analysis of sequential ultrasound frames / R. H. Selzer [et al] // Atherosclerosis. — 2001. — № 154. — P. 185–193.