

## Особенности артериальной жесткости при беременности и после родов

Н. Р. Рябоконт, Л. В. Кузнецова, И. Е. Зазерская,  
Т. И. Казанцева, Е. С. Шелепова, Н. Ю. Яковлева

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Северо-Западный федеральный медицинский  
исследовательский центр имени В. А. Алмазова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации,  
Санкт-Петербург, Россия

**Контактная информация:**

Рябоконт Никита Романович,  
ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова»  
Минздрава России, ул. Аккуратова, д. 2,  
Санкт-Петербург, Россия 197341.  
E-mail: Ryabokon\_NR@almazovcentre.ru

Статья поступила в редакцию  
18.06.15 и принята к печати 06.10.15.

### Резюме

Физиологическая беременность от момента зачатия и до родов оказывает влияние как на организм женщины в целом, так и на сердечно-сосудистую систему в особенности. В ряде случаев происходит сбой адаптивных механизмов сердечно-сосудистой системы, длительно протекающий без клинических проявлений. Впоследствии данные нарушения вызывают такие осложнения, как преэклампсия, артериальная гипертензия у беременных, синдром задержки развития плода и другие. **Цель исследования** — оценка показателей, характеризующих ригидность артериальной стенки, и их взаимосвязей с уровнем артериального давления, частотой сердечных сокращений, возрастом, данными доплерометрического исследования маточных артерий на протяжении беременности и после родов. **Материалы и методы.** В когортное проспективное исследование включена 31 женщина с физиологически протекающей беременностью, без соматических патологий, в возрасте от 19 до 34 лет (средний возраст — 26 лет). Оценивались параметры артериальной жесткости и доплерометрического исследования кровотока маточных артерий, ряд антропометрических и клинических показателей. **Результаты.** Средние значения рассмотренных параметров на протяжении беременности меняются в пределах 7%. Выявлена значимая связь возраста с индексом аугментации, индексом ригидности артерий во втором триместре. К третьему триместру возрастает среднее значение скорости распространения пульсовой волны, возвращающееся к прежним значениям в послеродовом периоде. Индекс ригидности артерий повышается на протяжении всего периода гестации. В третьем триместре беременности гемодинамика маточных артерий (систола-диастолическое отношение, пульсовой индекс и индекс резистентности) изменяется в зависимости от времени распространения отраженной волны. В раннем послеродовом периоде индекс аугментации уменьшается на фоне роста частоты сердечных сокращений, а также прослеживается сильная взаимосвязь между индексом резистентности артерий и временем распространения отраженной волны. **Выводы.** Показатели артериальной жесткости, измеряемые с помощью данной методики, демонстрируют адаптивные изменения во время физиологической беременности и являются перспективными в отношении прогноза развития заболеваний, связанных с нарушениями эластических свойств сосудов.

**Ключевые слова:** беременность, жесткость артерий, доплерометрия, маточные артерии

Для цитирования: Рябоконт Н. Р., Кузнецова Л. В., Зазерская И. Е., Казанцева Т. И., Шелепова Е. С., Яковлева Н. Ю. Особенности артериальной жесткости при беременности и после родов. Артериальная гипертензия. 2015;21(6):614–622. doi: 10.18705/1607-419X-2015-21-6-614-622.

---

---

## Arterial stiffness during pregnancy and after delivery

N. R. Ryabokon', L. V. Kuznetsova, I. E. Zazerskaya,  
T. I. Kazantseva, E. S. Shelepova, N. Yu. Yakovleva

V. A. Almazov North-West Medical Research Centre,  
St Petersburg, Russia

**Corresponding author:**

Nikita R. Ryabokon',  
V.A. Almazov Federal North-West Medical  
Research Centre, 2 Akkuratov street,  
St Petersburg, 197341 Russia.  
E-mail: Ryabokon\_NR@almazovcentre.ru

Received 18 June 2015;  
accepted 6 October 2015.

---

---

### Abstract

**Background.** Physiological pregnancy from conception to birth affects both the woman's body as a whole and cardiovascular system, in particular. In some cases, there is a failure of adaptive mechanisms of the cardiovascular system without clinical manifestations. As a consequence, such complications as pre-eclampsia, hypertension, pregnancy, fetal growth retardation syndrome and others can develop. **Objective.** To evaluate the indicators of arterial rigidity, and their association with blood pressure, heart rate, age, parameters of Doppler study of uterine arteries during pregnancy and after delivery. **Design and methods.** In a cohort prospective study, 31 women with physiological pregnancy without somatic pathologies were included (age from 19 to 34 years, mean age 26 years). The following parameters were assessed: arterial stiffness and Doppler study of uterine artery blood flow, anthropometric and clinical indicators. **Results.** On average, the studied values vary within 7% during pregnancy. There was a significant association between age and augmentation index, arterial rigidity index in the second trimester. Pulse wave velocity increases by the third trimester, and returns to the baseline values in postpartum period. Arterial rigidity index increases throughout gestation period. In the third trimester, uterine artery hemodynamics (including the systolic-diastolic ratio, pulse index and resistance index) varies depending on the time of the reflected wave propagation. In the early postpartum period, augmentation index decreases, at the same time heart rate raises significantly. A strong association between arterial rigidity index and the time of the reflected wave propagation is observed. **Conclusions.** The indicators of arterial stiffness, measured by the used technique, demonstrate adaptive changes during pregnancy and are promising to forecast potential cardiovascular diseases associated with arterial elasticity changes.

**Key words:** pregnancy, arterial stiffness, Doppler, uterine artery

*For citation: Ryabokon' NR, Kuznetsova LV, Zazerskaya EI, Kazantseva TI, Shelepova ES, Yakovleva NYu. Arterial stiffness during pregnancy and after delivery. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2015;21(6):614–622. doi: 10.18705/1607-419X-2015-21-6-614-622.*

### Введение

Физиологическая беременность оказывает влияние на сердечно-сосудистую систему матери и вызывает в ней существенные изменения, которые направлены на обеспечение благоприятного исхода для беременной и плода и носят адаптивный характер [1–3]. Однако в некоторых случаях данные изменения могут носить негативный характер.

Существует сложность диагностики, так как период гестации характеризуется «гипотензивным» эффектом, и повышение артериального давления (АД) в пределах нормальных значений в действительности может свидетельствовать о дезадаптации сердечно-сосудистой системы. Важной проблемой становится выявление показателей, которые являются предикторами неблагоприятного течения

и исхода беременности [4]. По данным литературы можно сказать, что проблема поиска метода, который сочетал бы в себе простоту, неинвазивность и достаточный уровень достоверности для прогноза гестационных осложнений, еще не решена [5].

Патологические изменения тонуса сосудов связаны с дезадаптацией регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы, что приводит к различным осложнениям как у беременной, так и у плода, например, к преэклампсии (ПЭ), невынашиванию беременности, внутриутробной гипоксии и задержке развития плода [4–7].

Предпринимались попытки (Хитров М. В., Crombach G., Fischer J.) оценить прогностическую значимость многих диагностических тестов, таких как динамика АД во время беременности, суточный мониторинг АД, доплерометрия маточных артерий (МА), показатели эластичности сосудистой стенки и другие [5, 6, 8]. Однако перечисленные методики или технически сложны, или имеют недостаточную прогностическую ценность, или не структурированы.

В последние годы возрос интерес к показателям ригидности сосудов для оценки степени адаптации сердечно-сосудистой системы к беременности [8]. К основным относятся индекс аугментации (ИА), время распространения пульсовой волны, индекс ригидности артерий (ИРА), скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) в аорте [9–11].

Таким образом, данные научной литературы подтверждают актуальность изучения указанных показателей у беременных женщин, учитывая, что сведения по динамике жесткости сосудов у женщин на протяжении беременности неоднозначны, противоречивы либо изучены не полностью и требуют уточнения.

**Цель данного исследования** заключается в оценке показателей, характеризующих ригидность артериальной стенки на уровне плечевой артерии, и их взаимосвязи с уровнем систолического АД (САД), диастолического АД (ДАД) и пульсового АД (ПАД), частотой сердечных сокращений (ЧСС), а также данными доплерометрического исследования МА на протяжении физиологической беременности и в послеродовом периоде.

#### Материалы и методы

Данное когортное проспективное исследование проводилось на базе отделений Перинатального центра ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России с 2013 по 2015 годы. Группу обследования составила 31 беременная женщина в возрасте от 19 до 34 лет (средний возраст 26 лет)

с физиологически протекающей беременностью, не осложненной соматической патологией.

Критериями включения являлись: спонтанно наступившая и физиологически протекающая беременность, возраст от 18 до 35 лет и подписанное информированное согласие. Из исследования исключались женщины с заболеваниями легких, гломерулонефритом, заболеваниями сердца (пороки сердца, миокардит), анемией средней и тяжелой степени, сахарным диабетом любого типа, онкологическими заболеваниями, системными заболеваниями соединительной ткани, многоплодной беременностью и беременностью, наступившей при помощи вспомогательных репродуктивных технологий.

Для постановки диагноза физиологически протекающей беременности (исключения патологии) при отборе пациенток в соответствии с критериями включения/исключения руководствовались Международной Классификацией Болезней 10-го пересмотра.

В исследуемую группу включены 17 первобеременных первородящих и 14 повторнородящих женщин. Средний срок родов составил 38 недель и 6 дней. Операцией кесарева сечения родоразрешены 5 женщин. Среднее АД — 117/74 мм рт. ст. Прибавка массы тела за беременность не превышала 12 кг. Средний индекс массы тела составил 30,5 кг/м<sup>2</sup>.

Обследования проводились в следующие сроки: 22–24 недели гестации, 32–34 недели гестации и 1–2 суток после родов.

У всех пациенток оценивали жесткость артерий по данным мониторинга АД с исследованием ригидности магистральных артерий прибором «BPLab» по программе «Vasotens» (ООО «Петр Телегин», Россия). Определяли следующие показатели: ИА, время распространения отраженной волны (ВРОВ), ИРА, СРПВ, САД, ДАД и ЧСС. Также рассчитывали среднее АД ( $СрАД = ДАД + (САД - ДАД) / 3$ ) и пульсовое АД ( $ПАД = САД - ДАД$ ). На сроке 32–34 недели гестации определяли параметры кровотока в левой и правой МА — индекс резистентности (ИР), систоло-диастолическое отношение (СДО) и пульсовой индекс (ПИ) — на УЗ-аппарате «GE Volusion v8». Характеристики полученных выборок приведены в таблицах 3 и 5.

Нормальность выборочных распределений всех рассматриваемых параметров подтверждена с помощью теста Колмогорова-Смирнова. В пользу этого вывода говорит и тот факт, что выборочные средние значения всех параметров на всех этапах исследования мало отличались от соответствующих медиан. Наибольшее отклонение среднего значения от медианы было отмечено для выборки СРПВ

в третьем триместре беременности и составило 5%. Это дает основания использовать для анализа данных параметрические методы статистики. Сравнение связанных выборок всех параметров для трех периодов времени с целью установления наличия различий между ними проводилось методом однофакторного дисперсионного анализа «ANOVA повторных выборок» при уровне значимости  $p = 0,05$ . Для проверки наличия взаимосвязей между параметрами рассчитывались коэффициенты корреляции Пирсона. При расчетах использовался пакет статистических программ «STATISTICA 10» (StatSoft). Форма представления результатов соответствует рекомендациям Ланга Т. А. и Сесик М. [12].

### Результаты

В исследуемой группе на всем протяжении беременности наблюдались изменения средних значений параметров, характеризующих степень жесткости стенок артерий среднего калибра, уровень АД и ЧСС (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, средние значения рассмотренных параметров на протяжении бе-

ременности меняются в пределах 7%. Наиболее изменившийся параметр ИРА возрос в среднем на 8 мм рт. ст.

К третьему триместру возрастает среднее значение СРПВ. Если во втором триместре данный показатель составлял 7,3 м/с, то к третьему триместру он увеличился до 7,5 м/с и возвратился к прежним значениям 7,4 м/с в послеродовом периоде. Аналогичная тенденция прослеживается с ЧСС (табл. 1).

ИРА повышается на протяжении всего периода гестации. Наиболее резкий рост отмечен от второго (среднее значение — 115 мм рт. ст.) к третьему триместру беременности (среднее значение — 121 мм рт. ст.); замедление роста более чем в два раза отмечается к послеродовому периоду (среднее значение — 122 мм рт. ст.).

Для характеристики связей между рассматриваемыми непрерывными переменными для каждого периода времени были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона.

На втором триместре беременности выявлена значимая ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,00001$ ) линейная корреляция

Таблица 1

ОБОБЩЕННАЯ ТАБЛИЦА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ОЦЕНИВАЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОТЯЖЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Показатель	Триместр 2 n = 31	Триместр 3 n = 31	Ранний послеродовой период n = 28
ИА, %	$\underline{-39,1 (15,7)}$ (-44,8; -33,3)	$\underline{-40,0 (16,9)}$ (-46,7; -33,4)	$\underline{-39,4 (12,6)}$ (-44,6; -34,2)
СРПВ, м/с	$\underline{7,3 (2,0)}$ (6,6; 8,1)	$\underline{7,5 (1,8)}$ (6,8; 8,2)	$\underline{7,4 (1,3)}$ (6,9; 7,9)
ВРОВ, мс	$\underline{121,2 (14,4)}$ (115,9; 126,4)	$\underline{124,1 (16,7)}$ (117,5; 130,7)	$\underline{125,7 (16,7)}$ (120,0; 131,4)
ИРА, мм рт. ст.	$\underline{115,0 (24,3)}$ (106,1; 123,9)	$\underline{121,1 (26,8)}$ (110,5; 131,7)	$\underline{122,2 (26,8)}$ (115,5; 128,9)
САД, мм рт. ст.	$\underline{118 (12)}$ (114; 123)	$\underline{117 (12)}$ (112; 121)	$\underline{116 (11)}$ (112; 120)
ДАД, мм рт. ст.	$\underline{74 (9)}$ (70; 77)	$\underline{74 (9)}$ (70; 77)	$\underline{73 (8)}$ (69; 76)
СрАД, мм рт. ст.	$\underline{89 (10)}$ (85; 92)	$\underline{88 (9)}$ (84; 92)	$\underline{87 (9)}$ (84; 91)
ПАД, мм рт. ст.	$\underline{44 (7)}$ (42; 47)	$\underline{43 (8)}$ (40; 46)	$\underline{43 (5)}$ (41; 45)
ЧСС, уд/мин	$\underline{75 (9)}$ (72; 78)	$\underline{76 (10)}$ (73; 79)	$\underline{73 (6)}$ (70; 76)

**Примечание:** средние значения (стандартные отклонения) (числитель) и 95% доверительные интервалы (знаменатель) основных контрольных показателей во втором и третьем триместре беременности и сразу после родов (группа контроля). n — объем группы; ИА — индекс аугментации; СРПВ — скорость распространения пульсовой волны; ВРОВ — время распространения отраженной волны; ИРА — индекс резистентности артерий; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; СрАД — среднее артериальное давление; ПАД — пульсовое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Таблица 2

## ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВТОРОГО ТРИМЕСТРА БЕРЕМЕННОСТИ

Показатель	n	Значение	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
ИА, %	31	-39,07	-37,0	-68,0	-12,0	15,74	2,83
СРПВ, м/с	31	7,34	7,3	4,0	10,5	1,97	0,35
ВРОВ, мс	31	121,16	121,0	98,0	150,0	14,4	2,58
ИРА, мм рт. ст.	31	114,97	115,0	59,0	185,0	24,25	4,36
САД, мм рт. ст.	31	118,23	120,0	96,0	142,0	11,70	2,10
ДАД, мм рт. ст.	31	73,74	75,0	60,0	93,0	9,40	1,69
СрАД, мм рт. ст.	31	88,57	88,3	72,6	109,3	9,66	1,74
ПАД, мм рт. ст.	31	44,48	45,0	30,0	63,0	7,09	1,27
ЧСС, уд/мин	31	74,90	73,0	60,0	90,0	9,04	1,62

**Примечание:** оцениваемые параметры во втором триместре беременности (значение, среднее, минимум, максимум, стандартное отклонение, стандартная ошибка). n — объем группы; ИА — индекс аугментации; СРПВ — скорость распространения пульсовой волны; ВРОВ — время распространения отраженной волны; ИРА — индекс резистентности артерий; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; СрАД — среднее артериальное давление; ПАД — пульсовое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Таблица 3

## ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕТЬЕГО ТРИМЕСТРА БЕРЕМЕННОСТИ

Показатель	n	Значение	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
ИА, %	31	-40,03	-40,0	-75,0	-10,0	16,89	3,25
СРПВ, м/с	31	7,47	7,9	4,6	10,9	1,76	0,34
ВРОВ, мс	31	124,07	120,0	92,0	152,0	16,66	3,2
ИРА, мм рт. ст.	31	121,11	120,0	57,0	200,0	26,79	5,16
САД, мм рт. ст.	31	116,52	119,0	92,0	139,0	11,76	2,26
ДАД, мм рт. ст.	31	73,82	73,0	62,0	95,0	8,72	1,67
СрАД, мм рт. ст.	31	88,05	89,3	72,7	106,7	9,14	1,76
ПАД, мм рт. ст.	31	42,7	44,0	26,0	57,0	7,73	1,49
ЧСС, уд/мин	31	76,04	75,0	64,0	96,0	7,96	1,53
ЛМА СДО	31	1,81	1,82	1,43	2,4	0,24	0,05
ЛМА ПИ	31	0,74	0,74	0,46	1,2	0,19	0,04
ЛМА ИР	31	0,54	0,55	0,36	0,8	0,13	0,03
ПМА СДО	31	1,82	1,75	1,55	2,3	0,21	0,04
ПМА ПИ	31	0,73	0,76	0,37	1,01	0,19	0,04
ПМА ИР	31	0,59	0,6	0,36	0,82	0,12	0,02

**Примечание:** оцениваемые параметры в третьем триместре беременности (значение, среднее, минимум, максимум, стандартное отклонение, стандартная ошибка). n — объем группы; ИА — индекс аугментации; СРПВ — скорость распространения пульсовой волны; ВРОВ — время распространения отраженной волны; ИРА — индекс резистентности артерий; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; СрАД — среднее артериальное давление; ПАД — пульсовое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЛМА — левая маточная артерия; СДО — систоло-диастолическое отношение; ПИ — пульсовый индекс; ИР — индекс резистентности; ПМА — правая маточная артерия.

между исходными показателями САД и ДАД. Значимая корреляция выявлена также между возрастом и показателями, зависящими от состояния кровеносных сосудов — ИА ( $r = 0,39$ ,  $p = 0,045$ ) и резистентности артерий ( $r = -0,49$ ,  $p = 0,009$ ), что свидетельствует об увеличении артериальной жесткости при беременности в зависимости от возраста и говорит о существенном влиянии возрастных изменений. Характеристики СРПВ и ВРОВ

во втором триместре беременности не коррелируют с показателями АД.

В третьем триместре беременности связь между возрастом и ИА ослабевает ( $r = 0,23$ ), однако сохраняется умеренная значимая отрицательная корреляция возраста с ИРА ( $r = -0,40$ ,  $p = 0,04$ ), то есть с возрастом уменьшаются показатели ИРА. Кроме возраста, ИРА положительно коррелирует с САД ( $r = 0,49$ ,  $p = 0,009$ ) и отрицательно — с ЧСС

( $r = -0,42$ ,  $p = 0,03$ ). Как и во втором триместре беременности, не отмечено значимой связи между АД и показателями СРПВ и ВРОВ.

В третьем триместре беременности оценивались параметры, связанные с состоянием МА: систоло-диастолическое отношение, ПИ и ИР левой МА (ЛМА) и правой МА (ПМА). При нормальном развитии беременности параметры ЛМА и ПМА положительно коррелируют между собой ( $p < 0,05$ ) и отрицательно — со ВРОВ. Отрицательная связь выявлена между СРПВ и ПИ ЛМА (табл. 4).

В раннем послеродовом периоде появляется умеренная отрицательная корреляция между ИА и ЧСС ( $r = -0,43$ ,  $p = 0,032$ ), а также сильная положительная корреляция между ИРА и ВРОВ ( $r = 0,62$ ,  $p = 0,0009$ ) (табл. 5).

Таким образом, у обследованных женщин показатели, связанные с АД, взаимосвязаны с признаками, характеризующими свойства ЛМА и ПМА. Показатели СРПВ и ВРОВ в третьем триместре беременности коррелируют только с параметрами МА.

В третьем триместре беременности у троих женщин (ИА соответственно составил  $-13$ ,  $-19$  и  $-18\%$ ) развилась умеренная либо тяжелая ПЭ. У четвертой женщины (ИА =  $-12\%$ ) сохранялись нормальные показатели до родоразрешения.

### Обсуждение

Беременность связана с рядом физиологических изменений сосудов, в том числе с увеличением сердечного выброса и снижением периферического

Таблица 4

### ВЗАИМОСВЯЗЬ ОЦЕНИВАЕМЫХ ПРИЗНАКОВ

Признак	ВРОВ	ЛМА			ПМА		
		СДО	ПИ	ИР	СДО	ПИ	ИР
СРПВ, м/с	0,20	0,25	<b>-0,55</b>	-0,16	0,13	-0,20	-0,21
ВРОВ, мс		-0,36	<b>-0,64</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,51</b>	-0,14
ЛМА СДО			0,25	0,17	<b>0,84</b>	<b>0,50</b>	0,09
ЛМА ПИ				0,32	0,36	<b>0,54</b>	0,10
ЛМА ИР					0,06	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>
ПМА СДО						<b>0,42</b>	0,27
ПМА ПИ							0,23

**Примечание:** Корреляционная матрица признаков, характеризующих распространение пульсовой и отраженной волн и свойства левой и правой маточных артерий (обозначения пояснены в тексте) для группы контроля в третьем триместре беременности ( $n = 31$ ,  $p < 0,05$ ). Выделены значимые корреляции. ВРОВ — время распространения отраженной волны; ЛМА — левая маточная артерия; ПМА — правая маточная артерия; СДО — систоло-диастолическое отношение; ПИ — пульсовой индекс; ИР — индекс резистентности; СРПВ — скорость распространения пульсовой волны.

Таблица 5

### ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАННЕГО ПОСЛЕРОДОВОГО ПЕРИОДА

Показатель	n	Значение	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
ИА, %	28	-40,17	-39,5	-68,0	-22,0	12,24	2,49
СРПВ, м/с	28	7,39	7,65	5,1	9,6	1,33	0,27
ВРОВ, мс	28	125,21	123,5	100,0	153,0	13,87	2,83
ИРА, мм рт. ст.	28	122,38	120,0	99,0	153,0	16,46	3,36
САД, мм рт. ст.	28	115,67	117,5	96,0	135,0	10,83	2,21
ДАД, мм рт. ст.	28	72,46	72,5	60,0	88,0	7,96	1,62
СрАД, мм рт. ст.	28	86,86	87,3	72,3	101,67	8,68	1,77
ПАД, мм рт. ст.	28	43,21	43,0	34,0	52,0	5,19	1,06
ЧСС, уд/мин	28	73,46	73,0	63,0	88,0	7,67	1,56

**Примечание:** оцениваемые параметры в раннем послеродовом периоде (значение, среднее, минимум, максимум, стандартное отклонение, стандартная ошибка). n — объем группы; ИА — индекс аугментации; СРПВ — скорость распространения пульсовой волны; ВРОВ — время распространения отраженной волны; ИРА — индекс резистентности артерий; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; СрАД — среднее артериальное давление; ПАД — пульсовое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.

сопротивления и АД [13]. Эти изменения очевидны уже в 5 недель беременности [14] и в значительной степени определяются состоянием эндотелия сосудов. Полученные нами параметры, характеризующие адаптивные особенности в организме женщины на протяжении беременности, частично совпадают, а частично расходятся с данными научной литературы. В данном исследовании выявлена значимая взаимосвязь между доплерометрическими данными кровотока в МА и параметрами артериальной жесткости, что обусловлено максимальным маточным кровотоком именно в третьем триместре. Данные литературы также подтверждают, что во II и III триместрах неосложненной беременности происходит снижение сосудистого сопротивления и увеличение диастолической скорости кровотока в МА, что приводит к снижению в них СДО к 20–22-й неделе беременности [13–16].

Работы Е. А. Новичковой (2009) показывают связь срока физиологической беременности с величиной СРПВ, характеризующей жесткость артериальной стенки. По мере увеличения срока беременности растет и показатель СРПВ, что также совпадает с результатами нашего исследования. У исследуемых женщин не наблюдалось снижения параметров, характеризующих артериальную жесткость во втором триместре, хотя в результатах, изложенных М. L. Macedo и D. Luminoso (2009), выявлено, что во время второго триместра беременности показатели жесткости аорты снижаются, а от второго триместра беременности к третьему наблюдается их рост. Ряд одних авторов отмечает снижение СРПВ с увеличением срока физиологической беременности [17], а ряд других — увеличение СРПВ с 24 недель беременности до момента родов [18], что совпадает с результатами нашего исследования. Другие же (Smith, Morris, Gallery, 2004) не нашли взаимосвязи между сроком беременности и ИА, величина которого зависит от ПАД и САД, но указывают, что в случае уменьшения средней мощности пульсовой волны происходит нарушение периферического кровотока [19]. В исследованиях Р. Ф. Абрамовой (2011) выявлено, что изменения показателей сфигмограммы при неосложненной беременности зависят только от срока беременности и указывают на снижение сосудистого сопротивления и увеличение диастолического кровотока с ростом срока гестации. Однако для группы беременных с ПЭ выявлены существенные отличия в изменениях показателей сфигмографии по мере развития беременности от изменений аналогичных показателей при физиологической беременности. Увеличение СРПВ и ИА показано и в случаях беременности, осложненной артериальной гипертензией и ПЭ [20–22].

Полученные данные показывают значительное влияние возрастных изменений артериальной стенки во втором триместре беременности, что характерно для данного срока: ведь именно в этот период манифестируют заболевания сердечно-сосудистой системы беременной женщины, а также развивается плацентарная недостаточность. Взаимосвязь возраста и параметров артериальной ригидности ослабевает в третьем триместре, когда в большей степени преобладает влияние показателей течения данной беременности, по сравнению с изменениями параметров сосудов в догестационном периоде. Результаты данного исследования противоречат некоторым публикациям как отечественных, так и зарубежных авторов, где не выявлена взаимосвязь между сроком гестации и параметрами артериальной жесткости, что может быть связано с особенностями выборки пациенток или разницей в проведении методик обследования.

В третьем триместре беременности у трех женщин с наиболее близкими к патологическим значениями ИА развилась умеренная либо тяжелая ПЭ. Эти случаи требуют специального анализа, выходящего за рамки данной статьи, однако, очевидно, что у беременных женщин с показателем ИА на 22–24-й неделе гестации в пределах (–20, —10) в дальнейшем может быть диагностирована ПЭ. Полученные нами данные позволяют утверждать, что уже по прошествии двух суток после родов происходит регресс таких параметров, как ИРА, ИА и СРПВ, до значений начала второго триместра беременности.

### Выводы

Результаты данного исследования демонстрируют адаптивные изменения сосудов на протяжении беременности и после родов. Выявлена динамика изменения показателей эластических свойств сосудов (ИА, СРПВ, ИРА, ВРОВ), и охарактеризована их взаимосвязь с показателями возраста, АД, ЧСС, данными доплерометрического исследования МА (ПИ, ИР, СДО).

Данная методика демонстрирует адаптивные изменения во время физиологической беременности и является перспективной в отношении прогноза развития заболеваний, связанных с нарушениями эластических свойств сосудов. Результаты измерений коррелируют с данными доплерометрического исследования. Существенными преимуществами методики являются ее неинвазивность и безопасность для беременной женщины.

### Финансирование исследования / Financial support

Исследования проводились в рамках государственного задания № 25 «Поиск предикторов и терапевтических мишеней развития гестационных осложнений и заболеваний плода, новорожденных и детей раннего возраста».  
The study was conducted within the State research project № 25 «The search of predictors and therapeutical targets in gestational complications, fetal pathologies, and diseases of newborns and small children».

### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

### Список литературы / References

- Macedo ML, Luminoso D, Savvidou MD, McEniery CM, Nicolaides KH. Maternal wave reflections and arterial stiffness in normal pregnancy as assessed by applanation tonometry. *Hypertension*. 2009; 51(4):1047–1051.
- Сидорова И. С., Кулаков В. И., Макаров И. О. Руководство по акушерству. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. С. 25–47. [Sidorova IS, Kulakov VI, Makarov IO. Guidelines for obstetrics. Moscow: GEOTAR Media, 2009. P. 25–47. In Russian].
- Айламазян Э. К., Кулаков В. И., Радзинский В. Е., Серов В. Н. Национальное руководство. Акушерство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. С. 30–256. ISBN 978–5–9704–2176–5. [Ailamazyan EK, Kulakov VI, Radzinsky VE, Serov VN. National leadership. Obstetrics. Moscow: GEOTAR-Media, 2012. P. 30–256. In Russian].
- Серов В. Н., Сухих Г. Т., Баранов И. И. Неотложные состояния в акушерстве. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. С. 14–278. ISBN 978–5–9704–2001–0. [Serov VN, Dry GT, Baranov II. Emergency conditions in obstetrics. Moscow: GEOTAR Media, 2011. P. 14–278. In Russian].
- Хитров М. В. Динамика показателей эхокардиографии матери при физиологическом течении беременности. Эхография. 2003;3:298–305. [Khitrov MV. Dynamics of echocardiography mother in physiological pregnancy. *Ekhocardiografiya = Sonography*. 2003;3:298–305].
- Crombach G, Vetter K. Intrauterine Wachstumsrestriktion. Teil II: Klinisches Management Gynäkologie. 2007;40 (12):983.
- Goecke TW, Krüssel JS, Fisher J. Prostacyclin deficiency and reduced fetoplacental blood flow in pregnancy-induced hypertension and preeclampsia. *Gynecol Obstet Invest*. 2000;50 (7):103–107.
- Elvan-Taspinar A, Franx A, Bots M, Bruinse HW. Arterial stiffness and fetal growth in normotensive pregnancy. *Am J Hypertens* 2005;18(3):337–341.
- O'Rourke T, Yochem J, Connolly AA, Price MH. Genome mapping and genomes. Netherlands: Springer. 2004;1(1):66.
- Heimrath J, Paprocka M, Czekanski A, Ledwozyw A, Kantor A, Robb AO. Pregnancy-induced hypertension is accompanied by decreased number of circulating endothelial cells and circulating endothelial progenitor cells. *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*. 2014;62(4):353–356. doi: 10.1007/s00005–014–0278-x
- Новичкова Е. А. Характеристика эластических свойств сосудов и вегетативной регуляции у женщин с артериальной гипертензией в период беременности. Автореф. дис. канд. мед. наук. Иваново, 2009. С. 23–60. [Novichkova EA. Vascular elasticity and autonomic regulation in hypertensive women during pregnancy. PhD thesis. Ivanovo, 2009. P. 23–60. In Russian].
- Ланг Т. А., Сесик М. Как описывать статистику в медицине. Аннотированное руководство для авторов, редакторов и рецензентов (перевод с английского под ред. В. П. Леонова). М.: Практическая медицина, 2011. 480 с. [Lang TA, Sesik M. How to describe statistics in medicine. Annotated Guide to the authors, editors and reviewers (translated from English ed. V. P. Leonov). Moscow: Practical Medicine, 2011. 480 p. In Russian].
- Рогоза А. Н. Жесткость сосудистой стенки и функциональное состояние сосудов микроциркуляторного русла кожи у лиц средней возрастной группы с артериальной гипертензией. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2014;4:18–27. [Rogoza AN. The rigidity of the vascular wall and the functional state of microvascular skin in middle-aged individuals with hypertension. *Regional Circulation and Microcirculation*. 2014;4:18–27. In Russian].
- Стрижаков А. Т., Бунин А. Т., Медведьев М. В. Ультразвуковая диагностика в акушерской клинике. М.: М-Медицина, 1990. 239 с. [Strizhakov AT, Bunin AT, Medvedev MV. Ultrasound diagnosis in obstetrics clinic. Moscow: Medicine, 1990. 239 p. In Russian].
- Агеева М. И., Митьков В. В., Малахова Е. Е. Сравнительная оценка состояния плацентарного кровообращения и гемодинамики плода с патологическими типами актокардиограмм различной степени тяжести. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2002;39(3):34. [Ageeva MI, Mit'kov VV, Malakhov EE. Comparative assessment of the placental circulation and fetal hemodynamics with pathological types actocardiograms varying severity. *Ultrasonic and Functional Diagnostics*. 2002;39(3):34. In Russian].
- Апресян С. В. Беременность и роды при экстрагенитальных заболеваниях. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 56 с. [Aprasian SV. Pregnancy and childbirth at extragenital diseases. Moscow: GEOTAR Media, 2009. 56 p. In Russian].
- Стрюк Р. И. Пути решения проблемы артериальной гипертензии при беременности. Российский кардиологический журнал. 2013;4(102):64–69. [Stryuk RI. Ways of solving the problem of hypertension in pregnancy. *Journal of Cardiology*. 2013;4(102):64–69. In Russian].
- Кобалава Ж. Д., Чистяков Д. А., Терещенко С. Н. Полиморфизм гена сосудистого рецептора ангиотензина II и сердечно-сосудистые заболевания. Кардиология. 2013;6:75–80. [Kobalava ZhD, Chistyakov DA, Tereschenko SN. Gene polymorphism of angiotensin II receptor vascular and cardiovascular diseases. *Kardiologiya*. 2013;6:75–80. In Russian].
- Robb AO, Nicholas M. The influence of the menstrual cycle, normal pregnancy and pre-eclampsia on platelet activation. *Thrombosis and haemostasis*. 2010;103(2):372–387. ISSN: 0340–6245. DOI: <http://dx.doi.org/10.1160/TH09–06–0358>
- Альпин А. Я., Абрамова Р. М. О некоторых противоречиях между гидродинамической теорией кровотока и экспериментальными данными. XXXVII Ломоносовские чтения в Северодвинске, 2009. 53–66 с. [Al'pin AY, Abramova RM. Some contradictions between the theory of hydrodynamic flow and experimental data. XXXVII Lomonosov Readings in Severodvinsk, 2009. P. 53–66. In Russian].
- Spasojevic M, Smith SA, Morris JM, Gallery EDM. Peripheral arterial pulse wave analysis in women with pre-eclampsia and gestational hypertension. *VJOG*. 2005;112(11):1475–1478. doi: 10.1111/j.1471–0528.2005.00701
- Roman MJ, Simone G, Devereux RB, Alderman M, Laragh JH. Impact of diabetes on cardiac structure and function: the strong heart study. *Circulation*. 2000;101(19):2271–2276.
- Langrish JP, Mills NL, Bath LE, Robb AO. Cardiovascular effects of physiological and standard sex steroid replacement

regimens in premature ovarian failure Hypertension. 2009;53(5):805–811. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.108.126342

**Информация об авторах:**

Рябоконт Никита Романович — ассистент кафедры акушерства и гинекологии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Кузнецова Любовь Владимировна — кандидат медицинских наук, заведующая научно-исследовательской лабораторией репродукции и здоровья женщины Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Зазерская Ирина Евгеньевна — доктор медицинских наук, заведующая кафедрой акушерства и гинекологии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Казанцева Тамара Иосифовна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории математического моделирования Института экспериментальной медицины ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Шелепова Екатерина Сергеевна — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории репродукции и здоровья женщины Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Яковлева Наталья Юрьевна — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории физиологии и патологии беременности и родов Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

**Author information:**

Nikita R. Ryabokon', MD, Assistant, Department of Obstetrics and Gynecology, V.A. Almazov Federal North-West Medical Research Centre;

Lyubov' V. Kuznetsova, MD, PhD, Head, Laboratory Reproduction and Women's Health, Institute of Perinatology and Pediatrics, V.A. Almazov Federal North-West Medical Research Centre;

Irina E. Zazerskaya, MD, PhD, DSc, Head, Department of Obstetrics and Gynecology, V.A. Almazov Federal North-West Medical Research Centre;

Tamara I. Kazantseva, PhD in Biological Sciences, Leading Researcher, Scientific Laboratory of Mathematical Modeling, Institute of Experimental Medicine, V.A. Almazov Federal North-West Medical Research Centre;

Ekaterina S. Shelepova, MD, Researcher, Research Laboratory of the Reproduction and Health of the Woman, Institute of Perinatology and Pediatrics, V.A. Almazov Federal North-West Medical Research Centre;

Natalia Yu. Yakovleva, MD, Researcher, Research Laboratory of Physiology and Pathology of Pregnancy and Childbirth, Institute of Perinatology and Pediatrics, V.A. Almazov Federal North-West Medical Research Centre.