

Е. Е. Степура, Т. В. Ипполитова

## Физиологические особенности кардиогемодинамики коров джерсейской породы

### Аннотация.

**Цель:** установить показатели кардиогемодинамических значений и проанализировать их у коров джерсейской породы.

**Материалы и методы.** Опыт проводили на клинически здоровых коровах джерсейской породы ( $n=70$ ). Все исследованные коровы содержались в одинаковых условиях. Все исследования на животных проводились с-з «Рязанский», Рязанский район, Рязанская область, д. Хирино ООО «Авангард». В нашем исследовании для измерения и дальнейшего анализа показателей центральной и периферической гемодинамики мы использовали аппаратно-программный комплекс неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии КАП ЦГосм-«Глобус» (анализатор показателей кровообращения осциллометрический). Измерение проводили на хвостовой артерии у клинически здоровых коров джерсейской породы.

**Результаты.** У коров джерсейской породы в ходе исследования получили средние числовые значения миокардиально-гемодинамических показателей: разные виды артериального давления, сосудистые характеристики и показатели сердечной деятельности. При математическом анализе показателей гемодинамики установили породные особенности коров джерсейской породы. В связи с этим оценку этих параметров целесообразно включить в базовый набор комплекса методик диагностики заболеваний сердца у крупного рогатого скота. Изучение сердечно-сосудистой системы имеет большое значение в ветеринарной лечебно-профилактической работе.

**Ключевые слова:** осциллометрия кардиогемодинамическая, коровы джерсейской породы, сердце.

### Авторы:

**Степура Е. Е.** — кандидат биологических наук, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет; 129226, Россия, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, 4.

**Ипполитова Т. В.** — доктор биологических наук, профессор, МГА ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина; 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23.

**Введение.** Производительность сердца — важнейший параметр, используемый для диагностики и терапии широчайшего спектра заболеваний и состояний [1]. Одним из приоритетных направлений в профилактической медицине является донозологическая диагностика, позволяющая оценить уровень здоровья и контролировать здоровье животного при различных функциональных состояниях в динамике.

В связи с тем, что многие факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний реализуют себя через изменение сосудистой жесткости, повышение ригидности сосудистой стенки может быть интегральным маркером, отражающим сосудистые риски [2, 3]. В настоящее время в практике функциональной диагностики применяется весьма значительное количество методов и методик, которые позволяют оценивать не только отдельные параметры движения и перераспределения крови в организме человека и животных, но и функции отдельных звеньев сер-

дечно-сосудистой системы, осуществляющих эти процессы. Исследование особенностей гемодинамики призвано решить две основные задачи: выявить общие закономерности функционирования кардиоваскулярной системы и определить индивидуальные особенности ведущих показателей кровообращения, что используется для решения различных практических задач, в частности, при диагностике нарушений гемодинамики [4].

Для адекватного кровоснабжения органов и тканей в организме человека и животных существует многоконтурная система регуляции, в которой выделяют два основных уровня: региональный и центральный [3, 5]. Региональная (местная) регуляция обеспечивает приток крови к органу в зависимости от его потребностей, обусловленных функциональным состоянием. Центральная регуляция интегрирует деятельность всей системы кровообращения в интересах всего организма.

Механизмы местной регуляции осуществляются с участием центральных механизмов, а

управление системным кровообращением зависит от деятельности местных регуляторных процессов. Такая согласованность действий свидетельствует о высокой степени совершенства физиологических систем организма человека и животных [7-8].

Однако в отечественных и зарубежных источниках отсутствуют данные о породных особенностях параметров кардиогемодинамики. Так, у коров джерсейской породы исследования физиологических особенностей кровообращения ранее не проводились и в доступной научной литературе не описаны [10-19].

**Цель исследования** — установить кардиогемодинамические показатели у коров джерсейской породы в состоянии «относительного» покоя и использовать их для оценки возможности включения в комплексный подход к анализу функционирования сердечно-сосудистой системы.

**Материалы и методы.** Опыт проводили на клинически здоровых коровах джерсейской породы ( $n=70$ , возраст КРС был от 2 до 5 лет, стадии лактации от 1 до 3). Все исследованные коровы содержались в одинаковых условиях. Все исследования на животных проводили в с-з Рязанский, Рязанский район, Рязанская область, д. Хирино ООО «Авангард».

В наших исследованиях для измерения и дальнейшего анализа показателей центральной и периферической гемодинамики использовали аппаратно-программный комплекс неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии КАП ЦГосм-«Глобус» (анализатор показателей кровообращения осциллометрический).

В настоящий момент существует большое количество разнообразных методов, которые позволяют получить большой спектр показателей центральной и периферической гемодинамики. Измерение проводили на хвостовой артерии у клинически здоровых коров джерсейской породы.

Исследование показателей гемодинамики проводилось согласно требованиям, предъявляемым к методике объемной компрессионной осцилло-

метрии (ОКО). При проведении измерения на хвостовую артерию крупного рогатого скота джерсейской породы накладывалась стандартная манжета, соединенная с измерительным блоком. Компрессия манжеты, запись осциллограммы и анализ данных выполнялись автоматически.

Оценку состояния ССС проводили на основании показателей, регистрируемых в результате измерения. Нами изучались следующие показатели: систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД), боковое артериальное давление (БАД), среднее артериальное давление (СрАД), пульсовое артериальное давление (АДп), скорость пульсового артериального давления (СКАДп), частота сердечных сокращений (ЧСС), сердечный выброс (СВ), сердечный индекс (СИ), ударный (или систолический) объем сердца (УО), ударный индекс (УИ), объемная скорость выброса (ОСВ), мощность сокращения левого желудочка (МСЛЖ), расход энергии (РЭ), скорость кровотока линейная (СКлин), скорость распространения пульсовой волны (СПВ), податливость сосудистой системы (ПСС), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) и удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС).

Клинические исследования включали в себя пальпацию, перкуссию и аускультацию в строгом соответствии с методикой клинического обследования животных по Б.В. Уша [9].

Обработку полученного материала проводили в программе Statistica 10.0 for Windows и рассчитывали следующие параметры: среднее арифметическое ( $M$ ), ошибку среднего арифметического ( $m$ ),  $t$ -критерий Стьюдента, различия считались значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследования оценки состояния центрального гемодинамического статуса у 70 коров джерсейской породы методом компрессионной объемной осциллометрии (КОО) позволили установить различные параметры центрального и периферического кровообращения. Осциллограмма исследуемой коровы джерсейской породы пред-

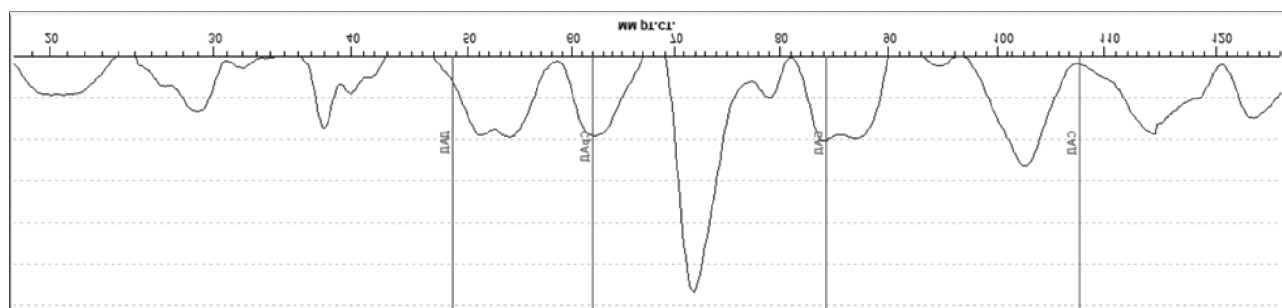


Рис. 1. Осциллограмма коровы джерсейской породы

ставлена на рисунке 1.

Получены средние значения миокардиально-гемодинамических показателей: разные виды артериального давления, сосудистые характеристики и показатели сердечной деятельности представлены в таблицах 1–3.

При анализе полученных данных становится возможным определение таких фенотипов АД как среднее, боковое, пульсовое, ударное, а также скорости и характера нарастания пульсовой волны, что, в свою очередь, позволяет оценить эласто-тонические свойства сосудистой стенки. В случае повышенной жесткости аорты и стенок периферических артерий систолический поток крови практически без ослабления проводится на мелкие артерии, которые при этом страдают от гидравлического удара.

Артериальное давление — это энергия, с которой движущаяся кровь давит на стенки артерий. В связи с ритмической работой сердца кровяное давление в артериальной системе периодически колеблется, повышаясь во время систолы и снижаясь во время диастолы. Систолическое артериальное давление в среднем составило  $115,78 \pm 2,27$  мм рт. ст., а диастолическое —  $64,91 \pm 2,02$  мм рт. ст.

Пульсовое артериальное давление (АДп) — разница между систолическим и диастолическим давлением, составляет  $50,77 \pm 2,53$  мм рт. ст.

Среднее артериальное давление (АДср) — эквивалент силы артериального давления при отсутствии пульсовых колебаний, для исследуемых коров джерсейской породы составило  $90,33 \pm 4,46$  мм рт. ст. Скорость распространения пульсовой волны зависит от растяжимости сосудистой стенки и отношения толщины стенки к радиусу сосуда. Поэтому данный показатель используют для характеристики упруго-эластических свойств и тонуса сосудистой стенки. В норме у коров джерсейской породы данный показатель составил  $263,54 \pm 5,16$  мм рт. ст.

Клиническое значение бокового систолического значения состоит в том, что по его уровню определяется истинное давление во время систолы и истинная пульсовая амплитуда, что составило для исследуемых животных —  $114,94 \pm 4,49$  мм рт. ст.

Ударное давление отражает деятельность сердца и состояние стенок сосудов, что составило для крупного рогатого скота  $29,38 \pm 2,52$  мм рт. ст.

Сердечный выброс варьирует в широких пределах, при необходимости может увеличиваться в несколько раз по сравнению с уровнем покоя. Поскольку желудочки соединены последовательно, их выбросы при каждом сокращении должны быть примерно одинаковы, что составило  $9,81 \pm 0,41$  л/мин.

Сердечный индекс связывает сердечный выброс из левого желудочка за одну минуту с площадью поверхности тела, связывая работу сердца с размером животных, для данной породы показатель составил  $2,91 \pm 0,11$  л/мин<sup>2</sup>.

Ударный объем сердца оценивает, как левый желудочек выбрасывает в аорту кровь за одно сокращение, для исследуемых животных он составил  $532,61 \pm 6,23$  мл.

Ударный индекс (УИ) используется для оценки адекватности объема выброса к потребностям организма и для крупного рогатого скота составил  $39,51 \pm 1,77$  мл.

Объемная скорость кровотока оценивает, какое количество крови протекает за единицу времени через поперечное сечение сосуда, для джерсейской породы составил  $439,29 \pm 3,25$  мл/с.

Мощность сокращения левого желудочка (МСЛЖ) — работа, выполняемая левым желудочком в единицу времени, например, в 1 сек, для животных составило  $6,17 \pm 0,68$  Вт.

Энергия, развиваемая сократительным миокардом при выполнении им работы по передвижению крови в замкнутой системе сосудов, оценивает показатель гемодинамики как расход энергии на передвижение 1 л крови, для джерсей-

**Таблица 1. Средние показатели гемодинамики артериального давления коров джерсейской породы, (n=70),  $M \pm m$**

Показатель	$M \pm m$
Систолическое артериальное давление, мм рт.ст.	$115,78 \pm 2,27$
Диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.	$64,91 \pm 2,02$
Боковое артериальное давление, мм рт.ст.	$114,94 \pm 4,49$
Среднее артериальное давление, мм рт.ст.	$90,33 \pm 4,46$
Артериальное давление пульсовое, мм рт.ст.	$50,77 \pm 2,53$
Скорость пульсового артериальное давление, мм рт.ст.	$263,54 \pm 5,16$
Артериальное давление ударное, мм рт.ст.	$29,38 \pm 2,52$

ской породы составил  $12,64 \pm 0,71$  Вт.

Под линейной скоростью кровотока понимается скорость перемещения частиц крови вдоль сосуда при ламинарном потоке, что составило  $52,41 \pm 2,75$  см/с.

Скорость пульсовой волны (PWV) оценивает, как кровяное давление распространяется по системе кровообращения, для джерсейской породы составила  $923,29 \pm 27,24$  см/с.

Податливость сосудистой системы — это способность полого органа (сосуда) растягиваться и увеличивать объем при увеличении трансмурального давления или тенденция полого органа сопротивляться возвращению к своим первоначальным размерам при приложении растягивающей или сжимающей силы  $2,21 \pm 0,08$  мл/мм рт. ст.

Общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) создает силу, которую должна преодолеть сокращающаяся мышца сердца, для крупного рогатого скота составила  $746,86 \pm 27,79$  дин\*сек<sup>-5</sup>/см.

Удельное периферическое сопротивление в условиях покоя (основного обмена) является величиной достаточно постоянной и колеблется у джерсейской породы в среднем  $32,51 \pm 1,17$  усл. ед.

**Заключение.** Таким образом, в наших исследованиях для коров джерсейской породы с по-

мощью аппаратно-программного комплекса неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии КАП ЦГосм-«Глобус» были получены и проанализированы разные виды артериального давления, сосудистые характеристики и показатели сердечной деятельности для джерсейской породы.

Используемому методу в работе и оценке гемодинамики методом ОКО присущи очевидные достоинства: исключительная простота использования метода, абсолютная безопасность, отсутствие дополнительных датчиков и расходных материалов.

Установлены и проанализированы значения гемодинамических показателей для коров джерсейской породы, которые целесообразно включить в базовый набор комплексов методик диагностики заболеваний сердца у коров. Полученные показатели отражают состояние и работу сердечно-сосудистой системы, характеризуют кровоток и все его основные характеристики, такие как объем циркулирующей крови, скорость движения, сосудистое сопротивление и давление в них. Данные значения кардиогемодинамических показателей позволят дать оценку работе сердца, а также определить наличие патологий и контролировать эффективность лечения.

**Таблица 2. Средние показатели гемодинамики сердечной деятельности коров джерсейской породы, (n=70),  $M \pm m$**

Показатель	$M \pm m$
Пульс, уд/мин	$77,26 \pm 1,66$
Сердечный выброс, л/мин	$9,81 \pm 0,41$
Сердечный индекс, л/мин <sup>2</sup>	$2,91 \pm 0,11$
Ударный объем, мл	$532,61 \pm 6,23$
Ударный индекс, мл	$39,51 \pm 1,77$
Объемная скорость выброса, мл/с	$439,29 \pm 3,25$
Мощность сокращения ЛЖ, Вт	$6,17 \pm 0,68$
Расход энергии на 1 л СВ за минуту, Вт	$12,64 \pm 0,71$

**Таблица 3. Средние значения сосудистых показателей гемодинамики коров джерсейской породы, (n=70),  $M \pm m$**

Показатель	$M \pm m$
Скорость кровотока линии, см/с	$52,41 \pm 2,75$
Скорость пульсовой волны, см/с	$923,29 \pm 27,24$
Податливость сосудистой системы, мл/мм рт. ст.	$2,21 \pm 0,08$
Общее периферическое сопротивление сосудов, дин*сек <sup>-5</sup> /см	$746,86 \pm 27,79$
Удельное периферическое сопротивление, усл. ед	$32,51 \pm 1,17$

## Литература

1. Аверьянова И. В. Особенности морфофункциональных профилей и межсистемных взаимосвязей у юношей — уроженцев Севера с различным типом вегетативной регуляции / И. В. Аверьянова, А. Л. Максимов // Экология человека. — 2016. — № 9. — С. 21–29.
2. Баевский Р. М. Использование принципов донозологической диагностики для оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, Е. Ю. Берсенов, А. К. Ешманова // Физиология человека. — 2009. — № 35(1). — С. 41–51.
3. Бисярина В. П., Яковлев В. М., Кукса П. Я. Артериальные сосуды и возраст. — М.: Медицина, 1986. 224 с.
4. Васюк Ю. А. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике / Ю. А. Васюк, С. В. Иванова и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2016. — № 15 (2). — С. 4–19.
5. Ефремушкин Г. Г. Гемодинамика в магистральных артериях у здоровых людей молодого возраста / Г. Г. Ефремушкин, Е. А. Денисова, Т. В. Филиппова // Российский кардиологический журнал. — 2009. — № 1 (75). — С. 18–23.
6. Левушкин С. П. Комплексная оценка физической работоспособности юношей / С. П. Левушкин // Физиология человека. — 2001. — Т. 27. — № 5. — С. 68.
7. Начкина Э. И. Ремоделирование сердца у больных артериальной гипертонией без нарушения углеводного обмена и при сочетании с сахарным диабетом II типа / Э. И. Начкина // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2009. — № 8 (2). — С. 39–45.
8. Серебряков П. В. Оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии у подростков / П. В. Серебряков, О. Д. Серебрякова, И. В. Яцына, О. В. Соболевская, Д. С. Яцына // Здравоохранение Российской Федерации. — 2016. — № 60(2). — С. 70–76.
9. Уша Б. В. Клиническая диагностика внутренних незаразных болезней животных / Б. В. Уша, И. М. Беляков, Р. П. Пушкарев; под редакцией В. Н. Сайтаниди. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Квадро, 2021.
10. Mangoni A. A. Heart rate-dependence of arterial distensibility in vivo / A. A. Mangoni, L. Mircoli, C. Giannattasio // J. Hypertens. — 1996. — № 14. — P. 897–901.
11. Asmar R. Reversion of arterial abnormalities by long-term antihypertensive therapy in a large population / R. Asmar, J. Topouchian, B. Pannier et. al. // J. Hypertens. — 1999. — № 7(3). — S9–S9.
12. Heffernan K. S. Elevated augmentation index derived from peripheral arterial tonometry is associated with abnormal ventricular-vascular coupling / K. S. Heffernan, E. A. Patvardhan, M. Hession, J. Ruan, R. H. Karas, J. T. Kuvin // Clin. Phys. Funct. Imag. — 2010. — № 30 (5). — P. 313–317.
13. Boutouyrie P., Tropeano A.I., Asmar R. Aortic stiff ness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients. Hypertension. — 2002. — 39. — P. 10–15.
14. Oliver J. J. Noninvasive assessment of arterial stiff ness and risk of atherosclerotic events / J. J. Oliver, D. J. Webb // Arterioscler. Tromb. Vasc. Biol. — 2003. — № 23. — P. 554–566.
15. Vasan R. S. Changes in arterial stiff ness and wave refl ection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study / R. S. Vasan, D. Levy // Hypertension. — 2004. — № 43. — P. 1239–1245.
16. Mitchell G. F. Cross-sectional correlates of increased aortic stiff ness in the community: the Framingham Heart Study / G. F. Mitchell, C. Y. Guo et al. // Circulation. — 2007. — № 115. — 2628–2636.
17. Cavalcante J. L. Aortic stiff ness: current understanding and future directions / J. L. Cavalcante, J. A. Lima, A. Redheuil, M. H. AlMallah // J. Am Coll. Cardiol. — 2011. — № 57 (14). — P. 1511–1522.
18. Laurent S. Aortic stiff ness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients / S. Laurent, P. Boutouyrie et al. // Hypertension. — 2001. — № 37. — 1236.
19. Arnett D. K. Arterial stiff ness: a new cardiovascular risk factor? / D. K. Arnett, G. W. Evans, W. A. Riley // Am J. Epidemiol. — 1994. — № 15. — P. 669–682.
20. Laurent S. On behalf of the European Network of Non-invasive In-vestigation of large Arteries. Expert consensus document on arterial stiff ness: methodological issues and clinical application / S. Laurent, J. Cockcroft, L. Van Bortel // Eur. Heart J. — 2006. — № 27. — P. 2588–2605.

Stepura E., Ippolitova T.

## Physiological features of the cardiodynamics of Jersey cows

### Abstract.

**Purpose:** to establish indicators of cardiohemodynamic values and analyze them in Jersey cows.

**Materials and methods.** In our studies, to measure and further analyze indicators of central and peripheral hemodynamics, we used a hardware-software complex for non-invasive study of central hemodynamics using the method of volumetric compression oscillometry KAP TsGosm-“Globus” (oscillometric analyzer of blood circulation indicators).

**Results.** In the course of the study, in Jersey cows, average numerical values of myocardial-hemodynamic parameters were obtained: different types of blood pressure, vascular characteristics and indicators of cardiac activity. During mathematical analysis, hemodynamic parameters established the breed characteristics of Jersey cows. In this regard, it is advisable to include the assessment of these parameters in the basic set of methods for diagnosing heart diseases in cattle. The study of the cardiovascular system is of great importance in veterinary treatment and prophylactic work.

**Key words:** blood, biochemical analysis, protein profile, protein fractions, cattle.

### Authors:

**Stepura E.** — PhD (Biol. Sci.), Institute of Natural Sciences and Sports Technology, Moscow City Pedagogical University; 129226, Russia, Moscow, 2nd agricultural passage, 4.

**Ippolitova T.** — Dr Habil. (Biol. Sci.), Professor, MGA of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K. I. Skryabin; 109472, Russia, Moscow, st. Academician Scriabin, 23.

### References

1. Averyanova I. V. Features of morphofunctional profiles and intersystem relationships in young men - natives of the North with different types of autonomic regulation / I. V. Averyanov, A. L. Maksimov // Human Ecology. — 2016. — № 9. — P. 21–29.
2. Baevsky R. M. The use of the principles of donzological diagnosis to assess the functional state of the body under stressions / R. M. Baevsky, A.P. Bersenev, E. Yu. Bersenev, A. K. Eshmanova // Human Physiology. — 2009. — № 35 (1). — P. 41–51.
3. Besyarina V.P., Yakovlev V.M., Kuksa P. Ya. Arterial vessels and age. — M.: Medicine, 1986. 224 p.
4. Vasyuk Yu. A. The coordinated opinion of Russian experts on assessing arterial hardness in clinical practice / Yu. A. Vasyuk, S. V. Ivanov and others // Cardiovascular therapy and prevention. — 2016. — № 15 (2). — P. 4–19.
5. Efremushkin G. G. Hemodynamics in the main arteries in healthy people of young age / G. G. G. Efremushkin, E. A. Denisov, T. V. Filippova // Russian Cardiological Journal. — 2009. — № 1 (75). — P. 18–23.
6. Levushkin S. P. A comprehensive assessment of the physical performance of young men / S. P. Levushkin // Human Physiology. — 2001. — Vol. 27. — № 5. — P. 68.
7. Nachkina E. I. remodeling of the heart in patients with arterial hypertension without impaired carbohydrate metabolism and when combined with type II diabetes / E. I. Nachkin // Cardiovascular therapy and prevention. — 2009. — № 8 (2). — P. 39–45.
8. Serebryakov P.V. Assessment of the risk of developing cardiovascular pathology in adolescents / P.V. Serebryakov, O. D. Serebryakova, I. V. Yatsyna, O. V. Sobolevskaya, D. S. Yatsina // Healthcare of the Russian Federation. — 2016. — № 60 (2). — P. 70–76.
9. B. V. Ears Clinical diagnosis of internal non-stringed diseases of animals / B. V. Usha, I.M. Belyakov, R. P. Pushkarev; Edited by V. N. Sitanidi. — 2nd ed. — St. Petersburg: Quadro, 2021.
10. Mangoni A. A. Heart rate-dependence of arterial distensibility in vivo / A. A. Mangoni, L. Mircoli, C. Giannattasio // J. Hypertens. — 1996. — № 14. — P. 897–901.
11. Asmar R. Reversion of arterial abnormalities by long-term antihypertensive therapy in a large population / R. Asmar, J. Topouchian, B. Pannier et. al. // J. Hypertens. — 1999. — № 7(3). — S9–S9.

12. Heffernan K. S. Elevated augmentation index derived from peripheral arterial tonometry is associated with abnormal ventricular-vascular coupling / K. S. Heffernan, E. A. Patvardhan, M. Hession, J. Ruan, R. H. Karas, J. T. Kuvin // Clin. Phys. Funct. Imag. — 2010. — № 30 (5). — P. 313–317.
13. Boutouyrie P., Tropeano A.I., Asmar R. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients. Hypertension. — 2002. — 39. — P. 10–15.
14. Oliver J. J. Noninvasive assessment of arterial stiffness and risk of atherosclerotic events / J. J. Oliver, D. J. Webb // Arterioscler. Tromb. Vasc. Biol. — 2003. — № 23. — P. 554–566.
15. Vasan R. S. Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study / R. S. Vasan, D. Levy // Hypertension. — 2004. — № 43. — P. 1239–1245.
16. Mitchell G. F. Cross-sectional correlates of increased aortic stiffness in the community: the Framingham Heart Study / G. F. Mitchell, C. Y. Guo et al. // Circulation. — 2007. — № 115. — P. 2628–2636.
17. Cavalcante J. L. Aortic stiffness: current understanding and future directions / J. L. Cavalcante, J. A. Lima, A. Redheuil, M. H. AlMallah // J. Am Coll. Cardiol. — 2011. — № 57 (14). — P. 1511–1522.
18. Laurent S. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients / S. Laurent, P. Boutouyrie et al. // Hypertension. — 2001. — № 37. — P. 1236.
19. Arnett D. K. Arterial stiffness: a new cardiovascular risk factor? / D. K. Arnett, G. W. Evans, W. A. Riley // Am J. Epidemiol. — 1994. — № 15. — P. 669–682.
20. Laurent S. On behalf of the European Network of Non-invasive Investigation of large Arteries. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical application / S. Laurent, J. Cockcroft, L. Van Bortel // Eur. Heart J. — 2006. — № 27. — P. 2588–2605.