

Оригинальная статья / Original article

Фотоплетизмографическая характеристика эффективности работы мышечно-венозной помпы голени в норме и у пациентов с хроническими заболеваниями вен различных клинических классов (по CEAP)

Е.В. Шайдаков¹, ORCID: 0000-0002-7260-4968, evgenyshaydakov@gmail.com

А.Б. Санников², ORCID: 0000-0003-1792-2434, aliplast@mail.ru

¹Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова; 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68

²Клиника инновационной диагностики «Медика»; 600031, Россия, Владимир, ул. Вокзальная, д. 24

Резюме

Введение. Обзор литературных данных по использованию плетизмографических методов с целью изучения особенностей венозного кровотока в нижних конечностях при физиологических условиях и для глобальной оценки венозной гемодинамики при хронических заболеваниях вен убеждает в актуальности проведения дальнейших исследований.

Цель исследования – проведение подробного статистического анализа величины времени возвратного венозного кровенаполнения (Refilling Time – RT), полученной при проведении фотоплетизмографического исследования для оценки эффективности работы мышечно-венозной помпы голени в норме и у пациентов различных клинических классов по CEAP.

Материалы и методы. За период с 2002 по 2012 г. с использованием фотоплетизмографического исследования было обследовано 116 здоровых лиц (норма) и 530 пациентов с хроническими заболеваниями вен. В соответствии с международной классификацией CEAP 140 (26,42%) пациентов имели клинический класс C0-C1, 218 (41,13%) человек – C2-C3, 172 (32,45%) пациента – C4-C6. Методика проведения фотоплетизмографического исследования в рамках теста на венозный рефлюкс с использованием пневматической манжеты и без нее была общепринятой. Помимо величины суммарного времени возвратного венозного кровенаполнения в группах сравнения был проведен дополнительный анализ по критериям $RT > 20$ с, $10 < RT < 20$ с и $RT < 10$ с.

Результаты и обсуждение. Статистически значимые отличия при $p < 0,05$ по величине суммарного RT были получены между группами C0-C1, C2-C3 и C4-C6 как при проведении теста с пневматической манжетой, так и без нее. Устойчивая корреляционная связь средней силы наблюдалась между группами во всех случаях. Отличия были статистически незначимы между группами «Норма» и «C0-C1». Проверка гипотез на адекватность с помощью методов линейной регрессии позволила заключить, что проведение фотоплетизмографического обследования пациентов с хроническими заболеваниями вен различных клинических классов в рамках теста на венозный рефлюкс способно предоставить объективную информацию об эффективности работы мышечно-венозной помпы голени.

Учитывая, что количество случаев $RT > 20$ с статистически значимо снижается от пациентов C0-C1 к C4-C6, а количество случаев $RT < 20$ с статистически значимо увеличивается, данный критерий может свидетельствовать о снижении эффективности работы мышечно-венозной помпы голени.

Заключение. Достоинством фотоплетизмографического обследования является возможность с его помощью оценить эффективность работы мышечно-венозной помпы голени у пациентов с хроническими заболеваниями вен. В качестве критерия для оценки эффективности работы мышечно-венозной помпы голени может быть использована величина $RT > 20$ с.

Ключевые слова: хронические заболевания вен, классификация CEAP, венозный рефлюкс, диагностика нарушений гемодинамики, фотоплетизмография, время возвратного кровенаполнения

Для цитирования: Шайдаков Е.В., Санников А.Б. Фотоплетизмографическая характеристика эффективности работы мышечно-венозной помпы голени в норме и у пациентов с хроническими заболеваниями вен различных клинических классов (по CEAP). *Амбулаторная хирургия*. 2021;18(1):103–119. doi: 10.21518/1995-1477-2021-18-1-103-119.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Photoplethysmographic characteristics of the efficiency of the calf muscle-venous pump in norm and in patients with cvd of various clinical classes according to CEAP

Evgeniy V. Shaydakov¹, ORCID: 0000-0002-7260-4968, evgenyshaydakov@gmail.com

Alexander B. Sannikov², ORCID: 0000-0003-1792-2434, aliplast@mail.ru

¹ Petrov National Medical Cancer Research Centre; 68, Leningradskaya St., Pesochnyy Settlement, St Petersburg, 197758, Russia

² Innovative Diagnostic Clinic "MEDICA"; 24, Vokzal'naya St., Vladimir, 1600031, Russia

Abstract

Introduction. A literature review on the use of plethysmographic methods for studying the features of venous blood flow in lower extremities under physiological conditions and for global assessment of venous hemodynamics in chronic venous diseases urges to conduct further studies.

The aim of the study was to carry out a detailed statistical analysis of the value of the refilling time (RT) obtained during a photoplethysmographic study (PPG) to evaluate the degree of effectiveness of the calf muscle-venous pump in normal and in patients of different clinical classes according to CEAP.

Materials and methods. For the period from 2002 to 2012, 116 healthy individuals with no symptoms of chronic venous diseases and 530 patients with CVD were examined with the use of PPG, with their distribution in accordance with the CEAP international classification as follows: C0-C1 – 140 people (26.42%), C2-C3 – 218 people (41.13%) and 172 persons (32.45%) had trophic disorders, that is, they belonged to the C4-C6 clinical classes. The analysis of the statistical significance of the obtained mathematical characteristics in groups by conducting a t-test for two independent samples calculated by the program and the student's criterion Z-statistics, to conduct a correlation analysis.

Results and discussion. Statistical comparative analysis of the RT value as a result of the t-test at the significance level $p < 0,05$ showed statistically significant differences between C0-C1, C2-C3 and C4-C6 groups with test with (or no) compression cuff. A stable correlation of average strength was observed between the groups in all cases. The differences were not statistically significant between the Norm and C0-C1 groups. The testing hypotheses for adequacy using linear regression methods allowed us to conclude that conducting a photoplethysmographic examination of patients with CVD of different clinical classes as part of the venous reflux test can provide objective information about the effectiveness of the calf muscle - venous pump. A comparative analysis in groups using the criteria $RT > 20$ sec and $10 < RT < 20$ sec showed that there was no correlation between many groups.

Conclusion. PPG is not a universal tool for diagnosing disorders of venous hemodynamics in the lower extremities. The value of $RT > 20$ seconds can be used as a criterion for evaluating the effectiveness of the calf muscle-venous pump, since more than 70% of cases occur in norm and in patients with C0-C1 clinical classes.

Keywords: chronic venous diseases, CEAP classification, noninvasive diagnosis of hemodynamic disorders, venous outflow, photoplethysmography, refilling time – RT

For citation: Shaydakov E.V., Sannikov A.B. Photoplethysmographic characteristics of the efficiency of the calf muscle-venous pump in norm and in patients with cvd of various clinical classes according to CEAP. *Ambulatornaya khirurgiya = Ambulatory Surgery (Russia)*. 2021;18(1):103–119. (In Russ.) doi: 10.21518/1995-1477-2021-18-1-103-119.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Светоотражающая реография, получившая в дальнейшем название фотоплетизмографии (ФПГ), является методом выявления капиллярного кровотока в тканях с помощью сравнения интенсивности потока инфракрасных лучей, излучаемых светодиодом и отраженного потока, принимаемого светочувствительным элементом. Так как кровь является основным поглотителем инфракрасных волн, излучаемых светодиодом, то конечный результат зависит от удельного объема крови в данном участке ткани. Таким образом, данный метод основан на регистрации изменений количества эритроцитов в прилежащем к световому (фото) датчику участку ткани. Чем больше света поглощается, т.е. чем больший удельный объем крови присутствует в ткани, тем выше будет амплитуда ФПГ-волн [1].

Впервые ФПГ при обследовании пациентов с целью изучения нарушений микроциркуляции при посттромботическом синдроме была использована на практике в 1978 г. R. Barnes et al. [2]. Спустя 10 лет P. Breslau et al. была разработана ставшая на сегодня

классической методика ФПГ в рамках проведения теста на венозный рефлюкс [3]. В наибольшей степени своей популяризации венозная ФПГ обязана работам С. McEnroe, Т. O'Donnell, W. Mackey, А. Nicolaidis, С. Miles [4, 5].

Устойчивая корреляционная связь фотоплетизмографических данных с результатами прямого измерения внутривенозного дистального давления ($r = 0,898$) у пациентов с посттромботической болезнью и варикозным расширением вен нижних конечностей была продемонстрирована в исследованиях Н. Abramowitz, L. Queral и W. Flinn [6]. Первые исследования по изучению информативности плетизмографических методов диагностики нарушений венозного оттока в сравнении с ультразвуковым дуплексным сканированием (УЗДС) относятся к середине 90-х гг. Так, проведенный R. Bays et al. сравнительный анализ ФПГ и УЗДС в идентификации поверхностного венозного рефлюкса показал 100%-ную чувствительность и 60%-ную специфичность метода [7]. По данным других авторов, чувствительность и специфичность метода в диагностике глубокого

рефлюкса составила 79 и 70% соответственно. Аналогичные данные были получены и при обследовании пациентов с повышенным риском тромбообразования, в группе которых чувствительность ФПГ составила 100% при специфичности 73,8% [8]. В исследованиях Н. Welch, Е. Faliakou и R. McLaughlin была показана линейная корреляция между результатами ФПГ, УЗДС и клиническими данными [9].

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что УЗДС по своей информативности в определении наличия и степени выраженности ретроградных кровотоков в венах нижних конечностей превосходит все существующие методы диагностики, однако при всех своих преимуществах УЗДС обладает одним существенным недостатком, а именно отсутствием возможности дать интегральную характеристику венозного кровотока в конечности. По этой причине режим венозной ФПГ продолжает сегодня использоваться для оценки динамической эффективности использования фармакологических средств и результатов лечения [10, 11]. Результаты одного из последних таких исследований были опубликованы в 2014 г. специалистами из университета Сан-Пауло [12]. В своей работе, опубликованной в 2017 г., N. Dezotti et al. описывают, быть может, и не столь значимые, но не менее интересные исследования, которые с использованием плетизмографических методик были проведены у беременных женщин, спортсменов и тучных людей. Сравнительный анализ эффективности работы мышечно-венозной помпы голени коснулся даже женщин, предпочитающих ежедневно выходить из дома в туфлях на высоком каблуке или проводивших все время дня босыми [13]. Интересные данные об улучшении эффективности работы мышечно-венозной помпы голени при ношении эластического компрессионного трикотажа были получены в 2019 г. авторским коллективом под руководством В.Ю. Богачёва [14].

Проведенный обзор литературных данных по использованию плетизмографических методов с целью изучения особенностей венозного кровотока в нижних конечностях при физиологических условиях и для глобальной оценки венозной гемодинамики при ХЗВ убеждает в актуальности проведения дальнейших исследований [15].

Целью представленной работы стало проведение подробного статистического анализа величины времени возвратного венозного кровенаполнения (Refilling Time – RT), полученной при проведении фотоплетизмографического исследования для оценки эффективности работы мышечно-венозной помпы голени в норме и у пациентов различных клинических классов по CEAP.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За период с 2002 по 2012 г. с использованием ФПГ было обследовано 116 здоровых лиц (норма) и 530 пациентов с ХЗВ. В соответствии с международной классификацией CEAP 140 (26,42%) пациентов имели клинический класс C0-C1, 218 (41,13%) человек – C2-C3, 172 (32,45%) пациента – C4-C6. Распределение пациентов в группы сравнения подобным образом было обусловлено несколькими причинами. Во-первых, в проведенных ранее исследованиях O. Saliba et al. не была получена статистическая значимость различий результатов ФПГ между группами пациентов с C0 и C1, а также с C4 и C5 [12]. Во-вторых, подобным образом (C2-C3 и C4-C6) обследуемые пациенты были ранжированы в исследованиях S. Beraldo et al. [16], а следовательно, представлялось интересным сравнить эти данные с результатами нашего исследования. В-третьих, учитывая, что в начале нашей работы, в 2002 г., большая часть обследованных пациентов была классифицирована в соответствии с общепринятой в России на тот период времени классификацией варикозной болезни и хронической венозной недостаточности по В.С. Савельеву [17]. При дальнейшем сборе данных объединение пациентов в группы «Норма», «C0-C1», «C2-C3» и «C4-C6» представлялось логичным, т.к. не нарушало стадийности в прогрессировании варикозной болезни.

В группу обследуемых (норма) включались пациенты, направленные к специалисту ультразвуковой (функциональной) диагностики урологического и гинекологического профиля, с предстоящими абдоминальными оперативными вмешательствами, пациенты с сахарным диабетом, без поражения дистального артериального русла. Главным критерием включения в клинические группы были пациенты с наличием признаков ХЗВ в соответствии с CEAP. Критериями исключения из общей когорты обследуемых лиц были пациенты с анамнезом операции по поводу варикозного расширения вен или склерозирования, при наличии тромботического или посттромботического поражения венозного русла, пациенты с врожденными пороками развития сосудистой системы, артериальными или лимфатическими васкулопатиями и различными миопатиями, деформирующими артрозами, травматическими повреждениями голени с сопутствующими переломами в анамнезе или без них, а также пациенты, имеющие облитерирующий атеросклероз нижних конечностей. Кроме того, из исследования исключались пациенты весом более 110 кг. Рост пациентов ограничивался от 160 до 180 см, а возраст 25 и 60 годами.

Начиная с 2002 по 2005 г. исследования проводились на аппарате Ultra-PVD производства США. В период

с 2007 по 2012 г. в исследованиях использовалась многофункциональная система Hadeco – Smart Dop30 EX производства Японии. Венозная фотоплетизмография проводилась в рамках теста на венозный рефлюкс [3].

Исследование проводилось при сидячем положении пациента. ФПГ-датчик прикреплялся в 10 см над медиальной лодыжкой, несколько внутри от большеберцовой кости. После включения прибора и вывода изолинии усиление венозного оттока вызывалось пятью максимально энергичными сгибаниями стопы с частотой одно сгибание в 1 с при прижатой к полу пятке. При начале осуществления записи фотоплетизмографическая кривая в соответствии с работой мышечно-венозной помпы голени снижалась. Затем по мере наполнения вен кривая плавно начинала подниматься вверх. Исследование считалось законченным, когда кривая достигала первоначального уровня и выходила на плато [4].

Значимость венозного рефлюкса оценивалась на основании разработанных P. Breslau et al. гемодинамических параметров несостоятельности венозных клапанов нижних конечностей [3–5]. В соответствии с этими критериями в норме время возвратного кровенаполнения (Refilling Time – RT) вен обследуемой нижней конечности после выполнения 5 активных движений стопой в сидячем положении испытуемого должно составлять не менее 20 с. При RT менее 20 с после небольшой паузы, необходимой для наполнения вен, проба повторялась с наложением пневматической манжеты в верхней трети бедра, давление в которой поднимается до 45 мм рт. ст., что обеспечивало сдавление магистральной большой подкожной вены. Пациента просили вновь выполнить пять активных сгибаний стопы. В соответствии с общепринятым стандартом, если в этом случае время наполнения вен не изменялось и по-прежнему составляло менее 20 с, делался вывод о наличии у пациента клапанной недостаточности глубоких вен. Если при проведении пробы с манжетой время наполнения вен приходило к норме, рефлюкс признавался гемодинамически значимым преимущественно по большой подкожной вене.

В нашем исследовании при проведении ФПГ-обследования изначально осуществлялась регистрация суммарного времени возвратного кровенаполнения (RT) в рамках теста на венозный рефлюкс при пробе без пневматической манжеты и с ее наложением в четырех обозначенных группах. В дальнейшем для более детального анализа из общей когорты обследованных лиц были выделены подгруппы с $RT > 20$ с, $10 < RT < 20$ с и $RT < 10$ с (рис. 1). В этих случаях регистрация ФПГ осуществлялась также при пробе

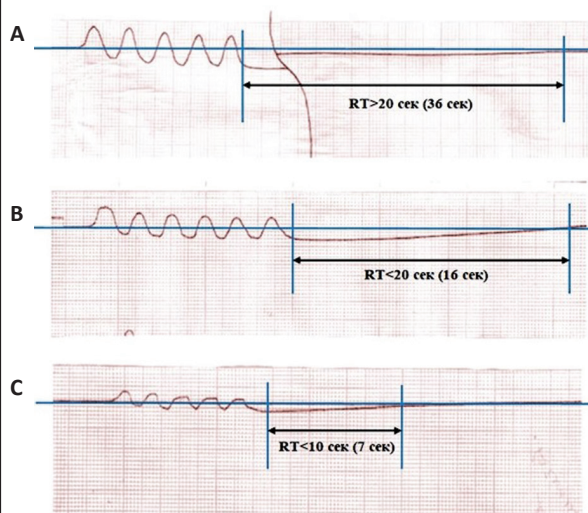
без пневматической манжеты и с ее наложением. Полученные данные во всех группах сравнивались между собой.

Статистический анализ полученных данных ФПГ проводился с помощью программного комплекса IBM SPSS STATISTICA (США), который позволил анализировать и сопоставлять количественные показатели, полученные во всех группах сравнения (норма, C0-C1, C2-C3, C4-C6) по общепринятым в мире стандартам.

Статистический анализ включал сравнение следующих основных характеристик описательной статистики: среднего арифметического и среднего квадратического отклонения ($M \pm \sigma$), медианы и моды с интерквартильным размахом 25–75 перцентилей. С целью определения характера распределения для всех данных выстраивались гистограммы размаха показателей. После установления критерия Лиллиефорса и проведения теста Шапиро – Уилка на подчинение регистрируемых характеристик нормальному (Гауссовскому) распределению приступали к анализу статистической значимости полученных математических характеристик в группах путем двойного выборочного t-теста для независимых выборок по рассчитываемому программой критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$.

РИСУНОК 1. Интерпретация результатов фотоплетизмографического исследования голени в рамках проведения теста на венозный рефлюкс

FIGURE 1. Interpretation of findings of the photoplethysmography of calf as part of the “venous reflux” test



Изучение возможности корреляции между группами сравнения проводили путем создания программой корреляционной матрицы при уровне значимости, равном $p < 0,05$ (при доверительной вероятности $p = 0,95$), с последующим построением корреляционных полей и гистограмм распределений.

С целью определения причинно-следственных связей между эффективностью работы мышечно-венозной помпы голени, наличием патологических рефлюксов по подкожным венам и прогрессированием хронической венозной недостаточности (ХВН) у пациентов с ХЗВ к проверке на истинность было предложено две нулевые и, соответственно, две альтернативные гипотезы.

Первая нулевая гипотеза H_0^1 представляла утверждение, что результаты фотоплетизмографического обследования пациентов с ХЗВ в рамках теста на венозный рефлюкс не могут быть использованы в качестве объективной характеристики нарушений венозного кровотока у пациентов с ХЗВ различных клинических классов (по СЕАР). Исходя из этого альтернативная гипотеза H_A^1 представляла утверждение, что результаты фотоплетизмографического обследования пациентов с ХЗВ в рамках теста на венозный рефлюкс могут быть использованы в качестве объективной характеристики нарушений венозного кровотока у пациентов с ХЗВ различных клинических классов (по СЕАР). Вторая нулевая гипотеза H_0^2 представляла утверждение, что эффективность работы мышечно-венозной помпы голени у пациентов с ХЗВ исходя из данных ФПГ-теста на венозный рефлюкс не зависит исключительно от наличия рефлюкса по варикозно измененным подкожным венам. Исходя из этого альтернативная гипотеза H_A^2 представляла утверждение, что эффективность

работы мышечно-венозной помпы голени у пациентов с ХЗВ зависит исключительно от наличия рефлюкса в подкожных венах.

Проверка гипотез о математическом ожидании при известном стандартном отклонении и заданном уровне значимости $p < 0,05$ проводили с помощью рассчитываемых программой показателей линейной регрессии с использованием критерия Фишера путем вычисления коэффициента регрессии Beta.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные данные описательной статистики (среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение) продолжительности суммарного времени возвратного кровенаполнения (RT) во время проведения фотоплетизмографических тестов на венозный рефлюкс при пробе без пневматической манжеты (норма, C0-C1, C2-C3, C4-C6) и при ее наличии (норма (cuff), C0-C1 (cuff), C2-C3 (cuff), C4-C6 (cuff)) представлены в табл. 1.

На основании этих данных для всех случаев были выстроены стандартные гистограммы, которые наглядно продемонстрировали размах среднего арифметического (математического ожидания) в сравниваемых группах со средним квадратичным отклонением. Данные медианы с интерквартильным размахом 25 и 75 процентов с показом максимальных и минимальных значений во всех группах обследуемых лиц показаны на рис. 2.

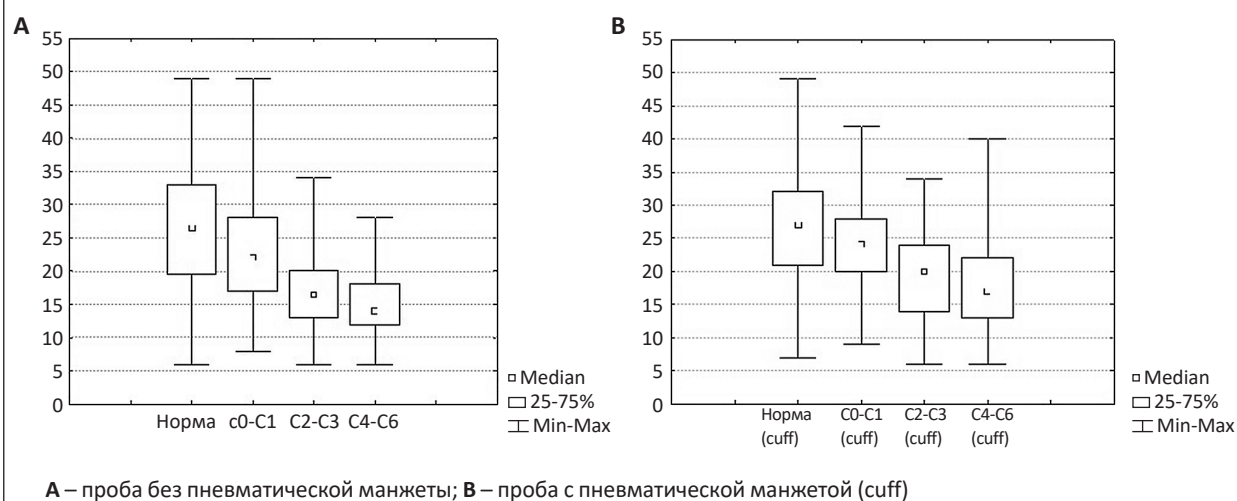
Анализ полученных данных с построением гистограмм для всех величин предложенных характеристик в 6 группах сравнения по критерию Лиллиефорса и результатам проведения тестов Шапиро – Уилка показал соответствие динамики изменения величин нормальному распределению.

ТАБЛИЦА 1. Межгрупповой сравнительный анализ результатов фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс в норме и у пациентов с хроническими заболеваниями вен. Продолжительность суммарного времени возвратного кровенаполнения (RT) в секундах ($M \pm \sigma$)
TABLE 1. Intergroup comparative analysis of the results of the calf photoplethysmography according to venous reflux test in norm and in the patients with CVD. The duration of the total refilling time (RT) in seconds ($M \pm \sigma$)

Время возвратного кровенаполнения (Refilling Time – RT)	Группы сравнения (comparison group) n = 646			
	Норма n = 116	C0-C1 n = 140	C2-C3 n = 218	C4-C6 n = 172
Проба без манжеты (The test no compression cuff)	26,29 ± 9,87	23,32 ± 8,54	17,06 ± 5,43	14,31 ± 4,74
Проба с манжетой (The test with compression cuff)	Норма (cuff) n = 116	C0-C1 (cuff) n = 140	C2-C3 (cuff) n = 218	C4-C6 (cuff) n = 172
	26,51 ± 8,36	24,18 ± 6,55	19,33 ± 6,64	17,94 ± 6,71
Уровень значимости (p-level)	p = 0,803901	p = 0,167131	p = 0,000000	p = 0,000000

РИСУНОК 2. Гистограммы размаха данных медианы с интерквартильным размахом 25–75 перцентилей суммарного времени возвратного кровенаполнения (RT) в группах сравнения (норма, C0-C1, C2-C3, C4-C6) при выполнении фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс (секунды)

FIGURE 2. Histograms of the median data span with an interquartile span of 25–75 percentiles of the total refilling time (RT) in comparison groups when performing photoplethysmography of the calf as part of the test for venous reflux (seconds)



Установление факта соответствия динамики изменения всех величин нормальному распределению позволило приступить к анализу статистической значимости полученных математических характеристик в группах при помощи стандартного параметрического анализа, т.е. путем двойного выборочного t-теста для независимых выборок по рассчитанному программой критерию Стьюдента.

Межгрупповой сравнительный анализ продолжительности суммарного времени возвратного кровенаполнения (RT) при проведении тестов с пневматической манжетой и без нее установил статистически значимый характер отличий в большинстве групп сравнения, кроме «Норма» и «C0-C1», $p = 0,093379$, «Норма» (cuff) и «C0-C1» (cuff), $p = 0,503683$, «Норма» и «Норма» (cuff), $p = 0,803901$, «C0-C1» и «C0-C1» (cuff), $p = 0,167131$.

При проведении корреляционного межгруппового анализа продолжительности суммарного времени возвратного кровенаполнения при проведении ФПГ в рамках теста на венозный рефлюкс без пневматической манжеты и с манжетой при $p < 0,05$ в подавляющем количестве случаев были получены статистически значимые коэффициенты корреляции (r). Корреляционная матрица для групп сравнения представлена в табл. 2.

Основные данные описательной статистики (среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение) продолжительности времени

возвратного кровенаполнения по категориям $RT > 20$, $10 < RT < 20$, $RT < 10$ во время проведения фотоплетизмографических тестов на венозный рефлюкс при пробе без пневматической манжеты (норма, C0-C1, C2-C3, C4-C6) и при ее наличии (норма (cuff), C0-C1 (cuff), C2-C3 (cuff), C4-C6 (cuff)) представлены в табл. 3. Данные медианы с интерквартильным размахом 25 и 75 перцентилей с показом максимальных и минимальных значений во всех группах обследуемых лиц по выделенным критериям показаны на рис. 3–5.

Внутригрупповой сравнительный анализ в рамках выделенных критериев в результате проведения t-теста показал статистически значимые отличия ($p < 0,05$) при проведении теста на венозный рефлюкс без использования пневматической манжеты для следующих групп сравнения: по критерию $RT > 20$ между «Норма» и «C2-C3», $p = 0,000003$, «Норма» и «C4-C6», $p = 0,000805$, «C0-C1» и «C2-C3», $p = 0,000456$, «C0-C1» и «C4-C6», $p = 0,001009$; по критерию $10 < RT < 20$ между «C2-C3» и «C4-C6», $p = 0,030658$. При проведении теста на венозный рефлюкс с использованием пневматической манжеты статистически значимые отличия имелись в следующих группах: по критерию $RT > 20$ между «Норма» и «C0-C1», $p = 0,017170$, «Норма» и «C2-C3», $p = 0,000004$, «Норма» и «C4-C6», $p = 0,000005$; по критерию $10 < RT < 20$ между «Норма» и «C2-C3», $p = 0,021131$, «Норма» и «C4-C6», $p = 0,043603$.

ТАБЛИЦА 2. Корреляционная матрица межгруппового сравнительного анализа результатов фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс в норме и у пациентов с хроническими заболеваниями вен (n = 116 в каждой группе)

TABLE 2. Correlation matrix for cross-group comparative analysis of the results of the calf photoplethysmography according to venous reflux test in norm and in the patients with CVD (n = 116 in every group)

Группы сравнения (variable)	Коэффициенты корреляции статистически значимы при $p < 0,05$ (выделены красным) Correlation coefficients are statistically significant at $p < 0,05$ (marked in red)							
	Норма/ Norm	C0-C1	C2-C3	C4-C6	Норма (cuff)/ Norm	C0-C1 (cuff)	C2-C3 (cuff)	C4-C6 (cuff)
Норма/Norm	1,00	0,54	0,36	0,26	0,49	0,22	0,34	0,26
C0-C1	0,54	1,00	0,39	0,30	0,46	0,43	0,11	0,51
C2-C3	0,35	0,39	1,00	0,36	0,25	0,21	0,27	0,43
C4-C6	0,26	0,30	0,36	1,00	0,24	0,25	0,01	0,30
Норма (cuff)/Norm	0,49	0,46	0,25	0,24	1,00	0,37	0,21	0,34
C0-C1 (cuff)	0,22	0,43	0,21	0,25	0,37	1,00	0,25	0,24
C2-C3 (cuff)	0,34	0,11	0,27	0,01	0,21	0,25	1,00	0,04
C4-C6 (cuff)	0,26	0,51	0,43	0,30	0,34	0,24	0,04	1,00

Статистически значимые отличия отсутствовали в группах ($p > 0,05$) при проведении теста без пневматической манжеты: по критерию $RT > 20$ между «Норма» и «C0-C1», $r = 0,127357$, «C2-C3» и «C4-C6», $r = 0,204351$; по критерию $10 < RT < 20$ между «Норма» и «C0-C1», $r = 0,143112$, «Норма» и «C2-C3», $r = 0,615606$. Статистически значимые отличия отсутствовали в группах при проведении теста с пневматической манжетой: по критерию $RT > 20$ между «C2-C3» и «C4-C6», $r = 0,933203$; по критерию $10 < RT < 20$ между «Норма» и «C0-C1», $r = 0,251182$, «C0-C1» и «C2-C3», $r = 0,086341$, «C2-C3» и «C4-C6», $r = 0,417722$.

При проведении корреляционного внутригруппового анализа с выполнением ФПГ без пневматической манжеты были получены следующие коэффициенты корреляции: по критерию $RT > 20$ между «Норма» и «C0-C1», $r = 0,19$, «Норма» и «C2-C3», $r = 0,24$, «Норма» и «C4-C6», $r = 0,03$, «C0-C1» и «C2-C3», $r = 0,25$, «C2-C3» и «C4-C6», $r = 0,29$; по критерию $10 < RT < 20$ между «Норма» и «C0-C1», $r = 0,05$, «Норма» и «C2-C3», $r = 0,16$, «Норма» и «C4-C6», $r = 0,31$, «C0-C1» и «C2-C3», $r = 0,21$, «C2-C3» и «C4-C6», $r = 0,19$, «Норма» и «C4-C6», $r = 0,31$.

При межгрупповом сравнительном анализе между ФПГ-тестами без пневматической манжеты и с манжетой

ТАБЛИЦА 3. Внутригрупповой сравнительный анализ результатов фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс в норме и у пациентов с хроническими заболеваниями вен. Продолжительность времени возвратного кровенаполнения (RT) в секундах ($M \pm \sigma$)

TABLE 3. Intra-group comparative analysis of the results of photoplethysmography. The results of photoplethysmography of the calf according to venous reflux test in norm and in the patients with CVD. The duration of refilling time (RT) in seconds ($M \pm \sigma$)

Группы сравнения (comparison group) n = 646	Время возвратного кровенаполнения (Refilling Time – RT)					
	Проба без манжеты (The test no compression cuff)			Проба с манжетой (The test with compression cuff)		
	более 20 с (RT > 20 sek)	20–10 с (10 < RT < 20 sek)	менее 10 с (RT < 10 sek)	более 20 с (RT > 20 sek)	20–10 с (10 < RT < 20 sek)	менее 10 с (RT < 10 sek)
Норма (Norm) n = 116	30,32 ± 7,74 с	15,50 ± 2,68 с	8,00 ± 1,58 с	29,06 ± 6,82 с	15,73 ± 2,46 с	7,00 ± 1,41 с
C0-C1 n = 140	29,03 ± 6,91 с	16,17 ± 2,67 с	9,00 ± 1,41 с	26,96 ± 4,84 с	16,24 ± 2,48 с	9,00 ± 1,37 с
C2-C3 n = 218	24,89 ± 3,10 с	15,37 ± 2,93 с	7,69 ± 1,31 с	24,96 ± 3,37 с	15,02 ± 2,95 с	7,70 ± 1,22 с
C4-C6 n = 172	23,11 ± 1,84 с	14,63 ± 2,82 с	7,48 ± 1,18 с	24,57 ± 4,52 с	13,29 ± 2,71 с	8,05 ± 1,24 с

РИСУНОК 3. Гистограммы размаха данных медианы с интерквартильным размахом 25–75 процентилей времени возвратного кровенаполнения в группах сравнения при выполнении фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс по критерию $RT > 20$ с

FIGURE 3. Histograms of the median data span with an interquartile span of 25–75 percentiles of the refilling time (RT) in comparison groups when performing photoplethysmography of the calf as part of the test for venous reflux according to the $RT > 20$ seconds criterion

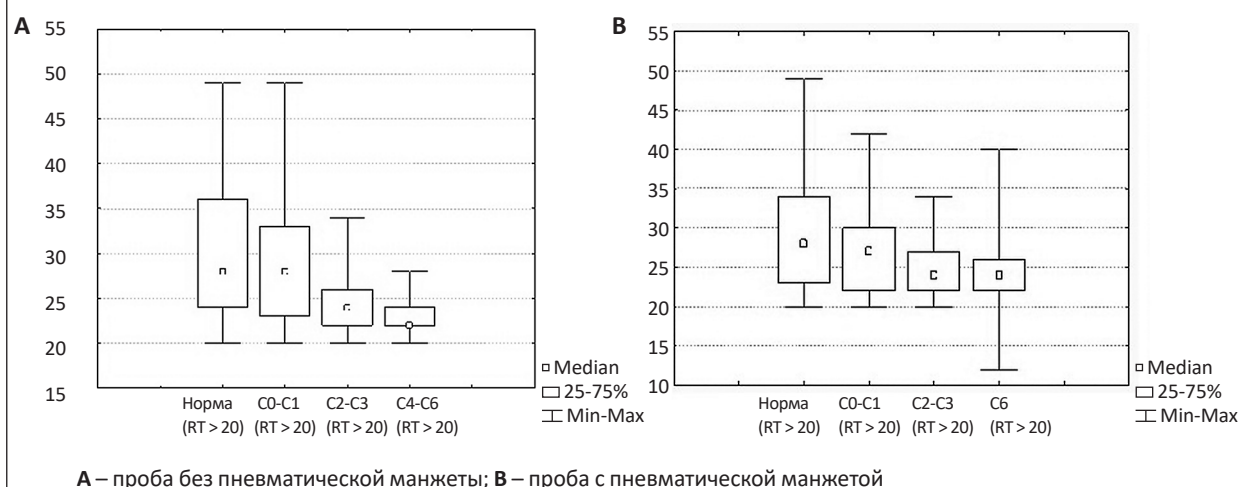
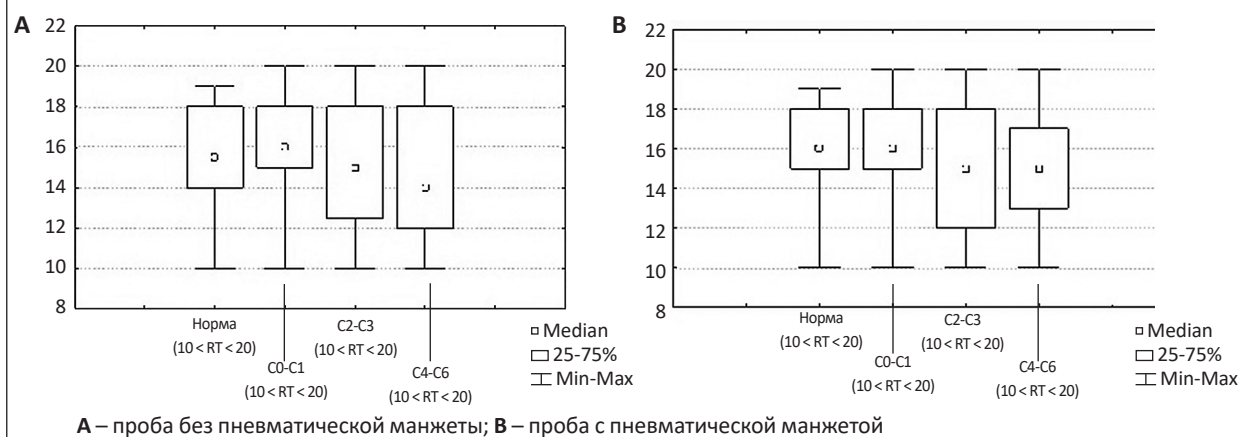


РИСУНОК 4. Гистограммы размаха данных медианы с интерквартильным размахом 25–75 процентилей времени возвратного кровенаполнения в группах сравнения при выполнении фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс по критерию $10 < RT < 20$ с

FIGURE 4. Histograms of the median data span with an interquartile span of 25–75 percentiles of the refilling time (RT) in comparison groups when performing photoplethysmography of the calf as part of the test for venous reflux according to the $10 < RT < 20$ seconds criterion



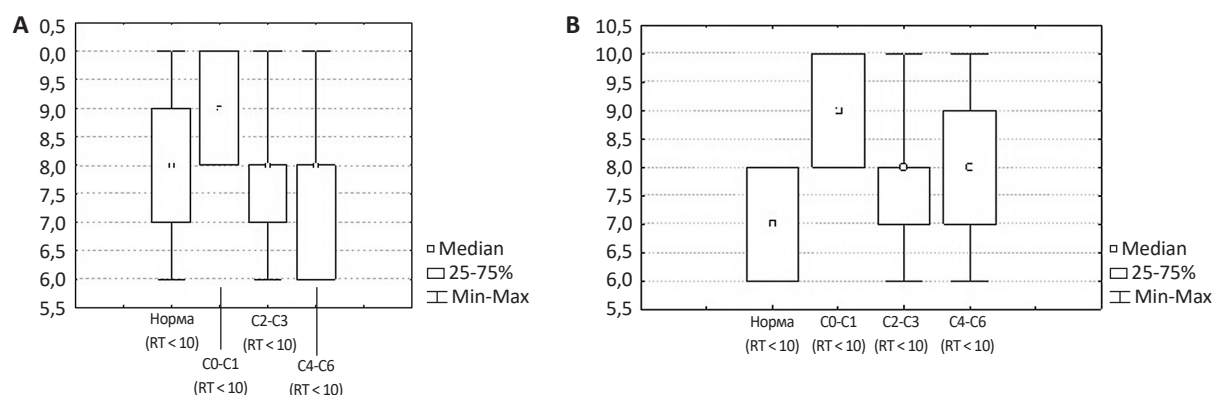
(cuff) были установлены следующие коэффициенты корреляции: по критерию $RT > 20$ между «Норма» и «Норма-cuff», $r = 0,26$, «C0-C1» и «C0-C1-cuff», $r = 0,49$, «C2-C3» и «C2-C3-cuff», $r = 0,95$, «C4-C6» и «C4-C6-cuff», $r = 1,00$, «C0-C1» и «C2-C3-cuff», $r = 0,20$, «C2-C3» и «C4-C6-cuff», $r = 0,29$, «C0-C1» и «C4-C6-cuff», $r = 0,27$; по критерию $10 < RT < 20$ между «Норма» и «Норма-cuff», $r = 1,00$, «C0-C1» и «C0-C1-cuff», $r = 1,00$,

«C2-C3» и «C2-C3-cuff», $r = 0,37$, «C4-C6» и «C4-C6-cuff», $r = 0,18$, «Норма» и «C0-C1-cuff», $r = 0,24$, «Норма» и «C2-C3-cuff», $r = 0,27$, «Норма» и «C4-C6-cuff», $r = 0,38$, «C2-C3» и «C4-C6-cuff», $r = 0,20$.

При межгрупповом и внутригрупповом сравнении данных по критерию $RT < 10$ между всеми группами статистически значимых отличий получено не было ($p > 0,05$). В первую очередь это было обусловлено

РИСУНОК 5. Гистограммы размаха данных медианы с интерквартильным размахом 25–75 перцентилей времени возвратного кровенаполнения в группах сравнения при выполнении фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс по критерию $RT < 10$ с

FIGURE 5. Histograms of the median data span with an interquartile span of 25–75 percentiles of the refilling time (RT) in comparison groups when performing photoplethysmography of the calf as part of the test for venous reflux according to the $RT < 10$ seconds criterion



малым количеством наблюдений в группах. По этой причине корреляционный анализ в группах сравнения по данному критерию не проводился.

ОБСУЖДЕНИЕ

Первые попытки объективизации данных венозной симптоматики у пациентов с ХЗВ различных клинических классов по утвержденной мировым флебологическим сообществом классификации CEAP с помощью ФПГ-теста на венозный рефлюкс были предприняты S. Beraldo, A. Satpathy и S. Dodds в 2007 г. [16]. Сравнительный анализ был проведен между двумя группами пациентов C2-C3 и C4-C6. В результате проведенных исследований авторы пришли к выводу о возможности использования ФПГ-методики в качестве метода скрининга диагностики гемодинамических нарушений у данных пациентов. В качестве критерия нормального венозного оттока была взята величина времени возвратного кровенаполнения $RT > 25$ с. В другом исследовании сравнительный анализ ФПГ данных был проведен у пациентов с тромбозом глубоких вен и посттромботической болезнью [8]. В данном исследовании при статистической достоверности снижения критерия $RT < 12$ с была показана 100%-ная чувствительность и 73,8%-ная специфичность ФПГ-исследования в диагностике клапанной недостаточности глубоких вен.

K. Darvall et al. была продемонстрирована информативность ФПГ-исследований в сравнительной оценке степени коррекции венозного кровотока в нижних конечностях на примере 317 пациентов после

проведения склерооблитерации магистральных вен с установлением степени корреляции между клинической симптоматикой и субъективной оценкой изменения качества жизни по шкале HRQL [11]. Результаты проведенных исследований при высокой статистической достоверности различий в величине времени возвратного кровенаполнения $RT < 20$ с и $RT > 20$ с до и после проведения устранения рефлюкса показали устойчивую корреляцию с клиническими данными и субъективной оценкой изменившегося качества жизни пациентов.

O. Saliba et al. статистический анализ был проведен у 40 пациентов различных клинических классов от C2 до C5 (т. е. в среднем по 10 конечностей на класс) [12]. Исследования проводились в предоперационном периоде и спустя 30 и 180 дней после. В качестве основного диагностического критерия ФПГ, характеризующего нормальный венозный кровоток, была взята величина $RT > 20$ с. ФПГ в рамках теста на венозный рефлюкс проводилась без пневматической манжеты, а также с манжетами, наложенными на бедро и ниже колена. У подавляющего числа пациентов был выполнен ограниченный стриппинг или облитерация БПВ на бедре с сохранением магистрального ствола на голени. Полученные результаты продемонстрировали высокую информационную ценность ФПГ-исследования в оценке объективных данных венозного кровотока. Так, до операции при тесте без пневматической манжеты медиана RT равнялась 13,37 с, при манжете, наложенной на бедро, – 21,63 с и манжете, наложенной

на голени, – 20,00 с. После операций медиана RT составила 26,10 с. Кроме того, с использованием непараметрических методов статистики значимые отличия величин были получены между группами C2 и C3, C2 и C4, C2 и C5 и незначимы между C3 и C5 и C4 и C5. Интересен факт, но в 12,5% случаях, в которых произошло статистически значимое улучшение дооперационного времени возвратного кровенаполнения, но величина RT так и осталась ниже 20 с, при контрольном УЗДС была установлена выраженная недостаточность перфорантных вен голени [12].

Наши исследования включали анализ данных ФПГ в норме и у пациентов с варикозным расширением вен нижних конечностей, распределенных в четыре группы в соответствии с классификацией ХЗВ по СЕАР (норма, C0-C1, C2-C3, C4-C6). Статистическая обработка полученных результатов (за исключением критерия $RT < 10$) показала достаточное количество случаев в группах и общей выборки для использования стандартных параметрических методов анализа.

В *табл. 1* показаны полученные нами в исследовании значения продолжительности суммарного времени возвратного кровенаполнения у пациентов всех групп. В данном случае средние арифметические значения были получены методом сложения величин продолжительности RT без учета критериев подразделения больше или меньше 20 с. Полученные в группах значения среднего арифметического при сравнительном анализе при проведении двойного выборочного t-теста для независимых выборок по рассчитанному программой критерию Стьюдента показали статистически значимые отличия при значимости $p < 0,05$ почти во всех группах, за исключением обследованных лиц «Норма» и «C0-C1». При этом обращает на себя внимание, что между пациентами C2-C3 и C2-C3 (cuff) и C4-C6 и C4-C6 (cuff) были получены статистически значимые отличия при анализе величин по вертикали, т.е. при проведении у одних и тех же пациентов теста без пневматической манжеты и при ее наложении. Исходя из статистически значимых отличий, мы имели все основания констатировать факт прогрессирующего снижения эффективности мышечно-венозной помпы голени от пациентов с «Норма» и «C0-C1» к «C4-C6». При этом статистически значимые отличия между группами одних и тех же пациентов при проведении обследования с наложенной пневматической манжетой свидетельствовали о наличии влияния рефлюкса по подкожным венозным магистральям у пациентов с C2-C3 и C4-C6 на эффективность работы мышечно-венозной помпы голени.

В наших исследованиях при оценке эффективности дренажной функции мышечно-венозной помпы голени

время возвратного кровенаполнения $RT > 20$ с признавалось вариантом нормы, что согласовывалось с большинством опубликованных исследований [7, 18–22]. Снижение $RT < 20$ с, по мнению некоторых авторов, могло свидетельствовать о низкой эффективности работы мышечно-венозной помпы голени [23, 24]. Кроме того, снижение $RT < 10$ с, по мнению B. Sharif-Kashani et al., не исключало наличие тромбоза глубоких вен [8].

Исходя из указанных авторами ориентиров, во второй части нашего статистического анализа полученные нами результаты в группах «Норма», «C0-C1», «C2-C3», «C4-C6» по продолжительности суммарного времени возвратного кровенаполнения были подразделены на следующую подгруппы: $RT > 20$ с, $10 < RT < 20$ с, $RT < 10$ с. Данные критерии в оценке оставались неизменными как при проведении теста на венозный рефлюкс с пневматической манжетой, так и без нее.

Исходя из анализа представленных в *табл. 3* результатов проведения ФПГ, нами были получены статистически значимые отличия данных по горизонтали для групп без использования пневматической манжеты (норма, C0-C1, C2-C3, C4-C6) и для групп с использованием пневматической манжеты (норма-cuff, C0-C1-cuff, C2-C3-cuff, C4-C6-cuff). Продолжая сравнительный анализ по горизонтали между пациентами одних и тех же групп с использованием пневматической манжеты и без нее (C0-C1 и C0-C1-cuff, C2-C3 и C2-C3-cuff, C3-C4 и C3-C4-cuff) по аналогичным критериям ($RT > 20$, $10 < RT < 20$, $RT < 10$ с), статистически значимых отличий получено не было.

При этом статистически значимые отличия по вертикали между пациентами в рамках определенных клинических классов не были получены между группами «Норма» и «C0-C1», а также между «C2-C3» и «C4-C6» по критерию $RT > 20$ и $10 < RT < 20$ с. В то же самое время статистически значимые отличия имелись по вертикали между «Норма», «C0-C1» и «C4-C6» для всех групп и «C0-C1» и «C2-C3» по критерию $RT > 20$ с. Аналогичная тенденция по статистически значимым отличиям почти полностью сохранилась и при проведении теста с пневматической манжетой.

Обращает на себя внимание отсутствие статистически значимых отличий во всех группах сравнения и по горизонтали и по вертикали по критерию $RT < 10$ с. В большой степени это было обусловлено малым количеством наблюдений пациентов в группах с данной продолжительностью времени возвратного кровенаполнения. Во всех этих случаях пациенты были подвергнуты тщательному ультразвуковому дуплексному обследованию, которое показало отсутствие

тромботических поражений магистральных вен нижних конечностей.

Процентная доля различной продолжительности времени возвратного кровенаполнения в группах сравнения по критериям $RT > 20$ и $10 < RT < 20$ с представлена в табл. 4.

Сравнительный анализ процентной доли различной продолжительности времени возвратного кровенаполнения в группах по вертикали в рамках проведения теста на венозный рефлюкс без пневматической манжеты показал прогрессирующее снижение количества наблюдений с $RT > 20$ с от нормы к С4-С6 и увеличение количества случаев от нормы к С4-С6 по критерию $10 < RT < 20$ с.

При этом сравнение данных показало меньшую динамику изменений между С2-С3 и С4-С6, чем С0-С1 и С2-С3. Проведение углубленного анализа в этих случаях позволило заключить, что на фоне общей динамики в изменении показателей RT от нормы к С4-С6 меньшие отличия между группами «С2-С3» и «С4-С6» были обусловлены влиянием на снижение эффективности работы мышечно-венозной помпы голени у пациентов с трофическими нарушениями наряду с гемодинамическими и другими факторами. Например, у части пациентов мы столкнулись с невозможностью выполнения ими эффективных тыльных сгибаний стопой на фоне имеющегося липодерматосклероза или открытых трофических язв, иногда даже просто из-за наличия болевого синдрома.

И тем не менее, несмотря на эти ограничения, общая тенденция уменьшения от нормы к С4-С6 в 7 раз количества случаев с абсолютной нормой ($RT > 20$ с) и увеличение более чем в 3 раза количества наблюдений

$10 < RT < 20$ с свидетельствовали о прогрессирующем снижении эффективности работы мышечно-венозной помпы голени. И хотя по критерию $RT < 10$ с при непосредственном сравнении цифровых значений продолжительности времени возвратного кровенаполнения статистически значимых отличий получено не было, при анализе изменения процентной доли наблюдений обращает на себя внимание увеличение количества данных наблюдений ($RT < 10$ с) по сравнению с нормой в группе «С2-С3» почти в два раза, а в группе «С4-С6» в четыре раза.

Не менее интересные для обсуждения данные процентных долей различных продолжительностей RT в группах сравнения были получены нами при проведении теста с пневматической манжетой. Напомним, что проведение теста с пневматической манжетой направлено на устранение влияния на эффективность дренажной функции мышечно-венозной помпы голени имеющегося рефлюкса в поверхностных венозных магистралах. Как видно из табл. 4, имеется общая тенденция в соответствующем изменении во всех без исключения группах сравнения ($p < 0,05$). Так, количество наблюдений по критерию $RT > 20$ с (по горизонтали) увеличилось в норме с 75 до 81,9%, в группе С0-С1 – с 56,4 до 75%, в группе С2-С3 – с 22,48 до 49,5%, в группе С4-С6 – с 10,5 до 38,4%. Количество наблюдений $10 < RT < 20$ с (также по горизонтали) уменьшилось в норме с 20,7 до 16,4%, в группе «С0-С1» – с 42,2 до 23,6%, в группе «С2-С3» – с 71,56 до 41,3%, в группе С4-С6 – с 72,68 до 49,4%.

Результаты изучения возможности корреляционной связи между группами подробно описаны нами выше.

ТАБЛИЦА 4. Результаты фотоплетизмографии голени в рамках теста на венозный рефлюкс в норме и у пациентов с хроническими заболеваниями вен. Процентная доля различной продолжительности времени возвратного кровенаполнения в группах сравнения

TABLE 4. The results of photoplethysmography of the calf according to venous reflux test in norm and in the patients with CVD. The percentage of different length of the refilling time (RT) in the comparison groups

Группы сравнения (comparison group) n = 646	Время возвратного кровенаполнения (Refilling Time – RT)					
	Проба без манжеты (The test no compression cuff)			Проба с манжетой (The test with compression cuff)		
	более 20 с (RT > 20 sek)	20–10 с (10 < RT < 20 sek)	менее 10 с (RT < 10 sek)	более 20 с (RT > 20 sek)	20–10 с (10 < RT < 20 sek)	менее 10 с (RT < 10 sek)
Норма (Norm) n = 116	87 (75%)	24 (20,7%)	5 (4,3%)	95 (81,9%)	19 (16,4%)	2 (1,7%)
С0-С1 n = 140	79 (56,4%)	59 (42,2%)	2 (1,4%)	105 (75%)	33 (23,6%)	2 (1,4%)
С2-С3 n = 218	49 (22,48%)	156 (71,56%)	13 (5,96%)	108 (49,5%)	90 (41,3%)	20 (9,2%)
С4-С6 n = 172	18 (10,46%)	125 (72,68%)	29 (16,86%)	66 (38,4%)	85 (49,4%)	21 (12,2%)

Итак, при проведении статистического анализа в группах сравнения по критериям $RT > 20$ с и $10 < RT < 20$ с во время проведения тестов коэффициент корреляции, за исключением групп «Норма», «C0-C1» и «C4-C6», оставался ниже 0,30, да и в двух последних случаях он составил 0,31 и 0,33. Исходя из общепринятых в статистике коэффициентов корреляции установленная межгрупповая связь является слабой.

Данный факт подтверждает установленную нами закономерность, что изменения в группах по мере прогрессирования ХВН не затрагивают во всех случаях абсолютных цифровых значений продолжительности времени возвратного кровенаполнения, а главным образом касаются изменения количества наблюдаемых случаев $RT > 20$ с или $10 < RT < 20$ с внутри групп. Другими словами, по мере прогрессирования ХВН по средним статистическим данным количество случаев с $RT > 20$ с будет уменьшаться, а количество наблюдений $RT < 20$ будет увеличиваться, что свидетельствует о прогрессирующем снижении эффективности работы мышечно-венозной помпы голени. При этом каково будет значение RT , например 18, 15 или даже 12 с, никакой статистической роли в развитии ХВН не играет. Важен сам факт. Снижение RT ниже 10 с при развитии ХВН у пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей носит случайный и единичный характер и, по всей видимости, связано со слабостью мышечного компонента помпы, чем с имеющимися нарушениями гемодинамическими нарушениями. Хотя, безусловно, эти два компонента мышечно-венозной помпы имеют взаимное влияние [25].

Интересную информацию для размышления дали результаты проведения корреляционного анализа по этим же критериям у пациентов при проведении ФПГ в рамках теста без пневматической манжеты и с ее наложением (cuff), где коэффициенты корреляции в группах сравнения возросли. Так, например, по критерию $RT > 20$ с, между C0-C1 и C0-C1-cuff, $r = 0,49$, между C2-C3 и C2-C3-cuff, $r = 0,95$, между C4-C6 и C4-C6-cuff, $r = 1,00$. Наличие высоких коэффициентов корреляции, в данном случае в группах «Норма» и «C0-C1», свидетельствует об отсутствии статистически значимых отличий величины RT при использовании пневматической манжеты или без нее. То есть при отсутствии недостаточности подкожных вен у пациентов групп «Норма» и «C0-C1» величина $RT > 20$ при пробе без манжеты и пробе с манжетой не будет иметь существенного изменения, а цифровые значения RT будут совпадать. С нашей точки зрения, это имеет логическое

объяснение и закономерный характер. Но почему мы наблюдаем аналогичную закономерность и у пациентов с C2-C3, и тем более между пациентами C4-C6?

В связи с этим интересно было узнать, какие значения имеет коэффициент корреляции по критерию $10 < RT < 20$ с. В данном случае обратило на себя внимание прогрессирующее снижение коэффициента корреляции в группах сравнения от «Нормы» к «C4-C6». Так, «Норма» – «Норма-cuff» и «C0-C1 – C0-C1-cuff», $r = 1,00$, «C2-C3» и «C2-C3-cuff», $r = 0,37$, а «C4-C6» и «C4-C6-cuff», $r = 0,18$.

Во всех вышеприведенных случаях как прямая связь $r = 1,00$, так и при значениях коэффициентов корреляции $r < 0,30$ в выстраивании теории исключительного влияния поверхностного рефлюкса на непосредственное снижение эффективности работы мышечно-венозной помпы голени с точки зрения полученных нами при проведении ФПГ-исследований результатов не имеет значения. Гораздо больший смысл имела бы умеренная и устойчивая корреляционная связь, пусть даже и со знаком «минус».

Такую устойчивую корреляционную связь мы наблюдали между группами сравнения по продолжительности суммарного времени возвратного кровенаполнения почти во всех группах, что составило 89,3% наблюдений, и только в 10,7% случаев корреляционная связь отсутствовала. Это касалось в первую очередь сравнения некоторых групп при проведении пробы с пневматической манжетой, например «C2-C3 (cuff)» и «C4-C6 (cuff)» или «C4-C6» и «C2-C3 (cuff)». С нашей точки зрения, это было обусловлено как раз теми случаями, когда качество выполнения теста оставляло желать лучшего. За исключением этих 10,7% случаев, где корреляционная связь отсутствовала, в 46,4% была отмечена слабая корреляционная связь (менее 0,3), в 35,7% наблюдений корреляционная связь носила умеренный характер (0,31–0,5), а в 7,2% случаях имела значительная корреляционная связь (0,51–0,7).

Попытки установления корреляционной связи между данными ФПГ и пациентами с ХЗВ различных клинических классов по СЕАР ранее, безусловно, предпринимались. Однако из проведенного анализа опубликованных источников следует, что большинством авторов устойчивой корреляционной связи даже средней силы получено не было. Так, O. Saliba et al. по мере накопления данных ФПГ вообще отказались проводить сравнительные исследования внутри групп пациентов с трофическими нарушениями, вычеркнув при этом из когорты обследуемых лиц и пациентов с C0-C1 [12]. S. Reraldo в результате проведенных исследований был сделан вывод

о возможности наличия корреляции между данными ФПГ и клинической симптоматикой только между пациентами в группах «С2-С3» и «С4-С6» [16]. В исследованиях К. Darvall устойчивая корреляция была получена между некоторыми группами пациентов, но эти данные носили сравнительный характер между пациентами до и после вмешательства на поверхностных венах, а это уже совершенно другая история [11]. Да и целью вышепредставленной работы О. Saliba было в первую очередь оценить возможности ФПГ-исследования в оценке степени улучшения венозного кровотока после проведенных оперативных вмешательств, чем изначальное установление с помощью ФПГ непосредственной объективной характеристики имеющихся гемодинамических нарушений у пациентов различных клинических классов по CEAP [12].

Попытка проведения более подробного статистического анализа величин RT между группами пациентов C0, C1, C2, C3, C4, C5 и C6 была предпринята Н.Г. Хоревым и соавт. Эти данные опубликованы в 2017 г. [26]. Группа пациентов с первичными изменениями поверхностных вен составила 90 пациентов, при этом авторы не указывают, какое количество пациентов имелось для сравнения в том или ином клиническом классе. А учитывая небольшое общее количество обследованных пациентов, можно предположить, что количество их в отдельных классах должно было составлять не более 11–12 человек. При этом авторы отмечают, что статистически значимые различия по величине RT были получены между всеми подгруппами, кроме классов C1 и C2, а также классов C4, C5, C6. Кроме того, авторы в своих исследованиях не использовали тест с пневматической манжетой, являющийся классикой проведения венозной ФПГ, но при этом в анализе используют критерий $1/2RT$, по которому не получают статистически значимых отличий между классами C3 и C4 и C3 и C5–C6. Однако сильная корреляционная связь отмечается авторами между показателями ФПГ-исследования во всех клинических классах. Еще одним принципиальным недостатком данной работы является то, что авторы пытаются проследить корреляционную связь изменчивости RT или $1/2 RT$ между пациентами различных клинических классов по CEAP, но в группах, с патогемодинамической точки зрения не подлежащих в данном случае сравнению. Корреляционный анализ проводится между группами пациентов с варикозной болезнью и тромбозом глубоких вен в сроки до и более 3 мес., исходя из чего остается не понятен основной связующий момент, по которому авторы пытаются установить корреляционную связь. Логичным было, если бы сравнительный анализ проводился между

пациентами с варикозной болезнью и посттромботическим синдромом, где в качестве связующего момента выступал глубокий рефлюкс. А в данном случае авторы пытаются установить корреляционную связь между поверхностным рефлюксом в подкожных венах при варикозной болезни и тромбозом глубоких вен. И даже с использованием непараметрических методов корреляционный статистический анализ между группами при 6–10, а то и 3–4 количествах наблюдений в них не может дать объективную информацию даже для предварительных заключений.

В нашем исследовании количество пациентов в каждой из групп по критерию (RT) и в подгруппах по критериям ($RT > 20$ с и $10 < RT < 20$ с) было достаточным, а нормальное распределение позволило проводить статистический анализ с использованием классических параметрических методов анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключительной части нашего исследования мы хотим остановиться на такой важной части любого исследования, как проведение регрессионного анализа с целью проверки гипотез на адекватность.

Проведенная с помощью рассчитанных программой по критерию Фишера коэффициентов линейной регрессии Beta проверка гипотез о математическом ожидании при известном стандартном отклонении и заданном уровне значимости $p < 0,05$ между группами сравнения не дала однозначных результатов.

В первую очередь нам предстояло ответить на вопрос: способно ли фотоплетизмографическое обследование пациентов с ХЗВ в рамках теста на венозный рефлюкс предоставить объективную информацию о состоянии венозного кровотока?

Учитывая статистически значимые отличия величин ($p < 0,05$) суммарного времени возвратного кровенаполнения (RT), полученных в группах сравнения «Норма», «C0-C1», «C2-C3», «C4-C6», наличие устойчивой межгрупповой умеренной корреляции и статистически значимых коэффициентов линейной регрессии Beta, мы имели все основания в качестве основной утвердить первую альтернативную гипотезу, а следовательно, заключить, что проведение фотоплетизмографического обследования пациентов с ХЗВ различных клинических классов в рамках теста на венозный рефлюкс способно предоставить объективную информацию о состоянии венозного кровотока. При этом на основании сравнения результатов ФПГ, полученных у пациентов при проведении теста без пневматической манжеты и при ее наличии, мы можем сделать вывод о снижении эффективности

работы мышечно-венозной помпы голени, а также о возможном влиянии на ее эффективность распространения рефлюкса по подкожным венозным магистралям.

Учитывая, что количество случаев $RT > 20$ с статистически значимо снижается от пациентов C0-C1 к C4-C6, а продолжительность $RT < 20$ с статистически значимо увеличивается от пациентов C0-C1 к C4-C6, изменение данного критерия может свидетельствовать о снижении эффективности работы мышечно-венозной помпы голени. Однако данный критерий не является абсолютной величиной и не может в полной мере объективно характеризовать степень выраженности гемодинамических нарушений конкретно у пациентов того или иного клинического класса по CEAP, т.к. $RT > (<) 20$ с может встречаться у пациентов не только с C4-C6 и C2-C3, но и при C0-C1 и норме. Единично встречающиеся пациенты с $RT < 10$ с среди всех клинических классов нуждаются в углубленном обследовании.

Наличие исключительно слабой корреляции в подавляющем количестве сравнений между пациентами с варикозной болезнью различных клинических классов по критериям $RT > 20$ с, $10 < RT < 20$ с и $RT < 20$ с с учетом выполнения тестов на рефлюкс с пневматической манжетой или без нее может свидетельствовать только об одном, а именно о наличии какой-то третьей переменной, за счет которой эти две переменные согласованно меняются. Иными словами, корреляционная связь между данными $RT > 20$ с и $10 < RT < 20$ с, полученными при проведении теста с пневматической манжетой или без нее, отсутствует, но проявляется в статистической взаимосвязи под влиянием другой общей причины, влияние которой возрастает от C0-C1 к C4-C6. Допустимо предположить, что причин таких может быть несколько.

Проведенные исследования по изучению механизмов развития сегментарной венозной патологической гиперволемии голени и ее влиянию на прогрессирование хронической венозной недостаточности у пациентов с варикозной болезнью [27] позволяют определить сектор такого поиска. Полученные на сегодня данные изучения феномена развития сегментарной венозной гиперволемии голени свидетельствуют о существенном влиянии на эффективность

работы мышечно-венозной помпы голени состояния не только поверхностных вен, но и, например, внутримышечных венозных коллекторов [28]. Исходя из этого не представляется парадоксальным установленный нами ранее по данным контрастной КТ-венографии факт наличия выраженной протяженной фузиформной эктазии именно внутримышечных вен голени, диаметр которых, по данным УЗДС, может достигать 1,5 см при норме в 5–6 мм [29, 30].

Учитывая, что вторая альтернативная гипотезы не прошла проверку на адекватность, у нас нет оснований утверждать, что проведение ФПГ в рамках теста на венозный рефлюкс с использованием пневматической манжеты позволяет подтвердить наличие ретроградных кровотоков в глубоких венах или исключить наличие рефлюкса по подкожным венам. С этой целью проведение пробы с пневматической манжетой является малоинформативным тестом.

Исходя из вышеизложенного, несмотря на наше желание доказать высокую информативность использования ФПГ при обследовании пациентов с ХЗВ различных клинических классов, мы вынуждены признать то, что ФПГ не является универсальным средством диагностики нарушений венозной гемодинамики нижних конечностей. Достоинством данного метода является возможность оценить эффективность работы мышечно-венозной помпы голени у пациентов с ХЗВ. Для этого достаточно провести регистрацию суммарного времени возвратного венозного кровенаполнения без наложения пневматической манжеты. В качестве критерия для оценки эффективности работы мышечно-венозной помпы голени может быть использована величина $RT > 20$ с. Однако для оценки динамики изменения эффективности работы мышечно-венозной помпы голени, например после проведенной операции или медикаментозного лечения, большую информативность будет иметь сравнение величины RT у одного и того же пациента, чем попытка сравнения полученного результата со среднестатистическими значениями, полученными в данном клиническом классе.

Поступила / Received 10.12.2020

Поступила после рецензирования / Revised 26.12.2020

Принята в печать / Accepted 11.01.2021

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазаренко В.А., Санников А.Б. *Диагностика нарушений гемодинамики у больных варикозным расширением поверхностных вен*. Курск: КГМУ; 2003. 105 с. Режим доступа: <https://library.kursksmu.net>

2. Barnes R.W., Garret W.V., Hummel E.E., Siamaker E.E., Maixner W., Reinertson J.E. Photoplethysmographic assesment of altered cutaneous circulation in the postphlebotic syndrome. *Proc Assoc Adv Med Instrum.* 1978;13:25–29.

3. Breslau P.J., Van Soest M.G., Prevoo R., Jagtman B. Hemodynamic parameters for venous valve incompetence in the lower extremity. *Neth J Surg.* 1986;3818(1):1–5. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3515233>.
4. McEnroe C.S., O'Donnell T.F., Mackey W.C. Correlation of clinical findings with venous hemodynamics in 386 patients with chronic venous insufficiency. *Am J Surg.* 1988;156(2):148–152. doi: 10.1016/S0002-9610(88)80377-5.
5. Nicolaides A.N., Miles C. Photoplethysmography in the assessment of venous insufficiency. *J Vasc Surg.* 1987;5(3):405–412. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3334678>.
6. Abramowitz H.B., Queral L.A., Flinn W.R., Nora P.F. Jr., Peterson L.K., Bergan J.J., Yao J.S. The use of photoplethysmography in the assessment of venous insufficiency: a comparison to venous pressure measurements. *Surgery.* 1979;86(3):434–441. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/473029>.
7. Bays R.A., Healy D.A., Atnip R.G., Neumyer M., Thiele B.I. Validation of air plethysmography, photoplethysmography and duplex ultrasonography in the evaluation of severe venous stasis. *J Vasc Surg.* 1994;20(5):721–727. doi: 10.1016/S0741-5214(94)70159-8.
8. Sharif-Kashani B., Behzadnia N., Shahabi P., Sadr M. Screening for deep vein thrombosis in asymptomatic high-risk patients: a comparison between digital photoplethysmography and venous ultrasonography. *Angiology.* 2009;60(3):301–307. doi: 10.1177/0003319708323494.
9. Welch H.J., Faliakou E.C., McLaughlin R. I., Umphrey S.E., Belkin M., O'Donnell T.F. Jr. Comparison of descending phlebography with quantitative photoplethysmography, air plethysmography and duplex quantitative valve closure time in assessing deep venous reflux. *J Vasc Surg.* 1992;16(6):913–920. doi: 10.1016/0741-5214(92)90054-C.
10. Покровский А.В., Сапелкин С.В., Галактионова Л.А., Федоров Е.Е. Оценка эффективности медикаментозного лечения больных с хронической венозной недостаточностью нижних конечностей: результаты проспективного исследования с применением препарата Гинко-форт. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2005;11(3):47–55. Режим доступа: <http://www.angiolsurgery.org/magazine/2005/3>.
11. Darvall K.A.L., Sam R.C., Bate G.R., Adam D.J., Silverman S.H., Bradbury A.W. Photoplethysmographic venous refilling times following ultrasound guided foam sclerotherapy for symptomatic superficial venous reflux: relationship with clinical outcomes. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010;40(2):267–272. doi: 10.1016/j.ejvs.2010.02.025.
12. Saliba Júnior O.A., Giannini M., Mórbio A.P., Saliba O., Rollo H.A. Pre- and postoperative evaluation by photoplethysmography in patients receiving surgery for lower-limb varicose veins. *Int J Vasc Med.* 2014;2014:562782. doi: 10.1155/2014/562782.
13. Dezotti N.R.A., Dalio M.B., Ribeiro M.S., Piccinato C.E., Joviliano E.E. The clinical importance of air plethysmography in the assessment of chronic venous disease. *J Vasc Bras.* 2016;15(4):287–292. doi: 10.1590/1677-5449.002116.
14. Богачёв В.Ю., Болдин Б.В., Аркадан Н.Р., Лобанов В.Н. О некоторых особенностях компрессионной терапии начальных форм хронических заболеваний вен нижних конечностей. *Амбулаторная хирургия.* 2019;(3–4):89–94. doi: 10.21518/1995-1477-2019-3-4-89-94.
15. Санников А.Б., Емельяненко В.М., Дроздова И.В. Обзор плетизмографических методов изучения нарушений гемодинамики у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей. *Амбулаторная хирургия.* 2020;(1-2):58–70. doi: 10.21518/1995-1477-2020-1-2-58-70.
16. Beraldo S., Satpathy A., Dodds S.R. A study of the routine use of venous photoplethysmography in a one-stop Vascular Surgery clinic. *Ann R Coll Surg Engl.* 2007;89(4):379–383. doi: 10.1308/003588407X183355.
17. Савельев В.С. (ред.). *Флебология.* М.: Медицина; 2001. 660 с.
18. Leon M., Volteas N., Labropoulos N., Kalodiki E., Chan P., Belcaro G., Nicolaides A.N. The effect of elastic stockings on the elasticity of varicose veins. *Int Angiol.* 1993;12(2):173–177. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8371000>.
19. Dunn R.M., Fudem G.M., Walton R.L., Anderson F.A., Malhotra R. Free flap valvular transplantation for refractory venous ulceration. *J Vasc Surg.* 1994;19(3):525–531. doi: 10.1016/S0741-5214(94)70081-8.
20. Gonzales-Fajardo J.A., Rodríguez-Camarero S.J., de Marino P., Castro V.M. A., March G.J.R., Carpinteiro M.L. Photoplethysmographic evaluation of the effect of a vascular tonic drug. *Angiologia.* 1990;42(5):167–171. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2285166>.
21. Gaitini D., Torem S., Pery M., Kaftori J.K. Image-directed Doppler ultrasound in the diagnosis of lower-limb venous insufficiency. *J Clin Ultrasound.* 1994;22(5):291–297. doi: 10.1002/jcu.1870220502.
22. Fonseca F.P., Sarguis A.L., Evangelista S.S.M. Surgery for Primary Truncular Varicose Veins Without Stripping the Saphenous Vein — Pre- and Post-Operative Evaluation by Duplex Scan and Photoplethysmography. In: Negus D., Jantet G., Coleridge-Smith P.D. (eds.). *Phlebology '95.* Springer, London; 1995. doi: 10.1007/978-1-4471-3095-6_183.
23. Tucker E.A., Lamb L.E., Callicott C., Cooke S.D., Cooke E.D. Measurements of calf muscle pump efficiency during simulated ambulation. *Int Angiol.* 1998;17(4):255–259. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10204658>.
24. Sarin S., Shields D.A., Farrah J., Scurr J.H., Coleridge Smith P.D. Photoplethysmography: A valuable noninvasive tool in the assessment of venous dysfunction? *J Vasc Surg.* 1992;16(2):154–162. doi: 10.1016/0741-5214(92)90103-F.
25. Orsted H.L., Radke L., Gorst R. The impact of musculoskeletal changes on the dynamics of the calf muscle pump. *Ostomy Wound Manage.* 2001;47(10):18–24. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11890075>.
26. Хорев Н.Г., Кузнецова Д.В., Конькова В.О., Шойхет Я.Н. Плетизмография как метод функциональной оценки венозного рефлюкса и обструкции при хронических заболеваниях вен. *Флебология.* 2017;18(1):32–36. doi: 10.17116/flebo20171132-36.
27. Лазаренко В.А., Санников А.Б., Шевелев Е.Л. Сегментарная венозная гиперволемия как один из основных патогемодинамических факторов развития и прогрессирования хронической венозной недостаточности нижних конечностей у пациентов с варикозной болезнью. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 2003;162(5):18–25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30560345>.
28. Санников А.Б., Емельяненко В.М., Рачков М.А. Особенности строения внутримышечных вен голени в норме и при хронических заболеваниях по данным мультиспиральной компьютерной флебографии. *Флебология.* 2018;(4):292–299. doi: 10.17116/flebo201812041292.
29. Шайдаков Е.В., Санников А.Б., Емельяненко В.М., Рачков М.А., Дроздова И.В. Варианты развития эктазии внутримышечных вен голени у пациентов с хроническими заболеваниями вен по данным мультиспиральной компьютерной томографии-флебографии. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия.* 2019;3(3):22–30. doi: 10.17116/operhirurg20190302122-30.
30. Шайдаков Е.В., Санников А.Б., Емельяненко В.М., Рачков М.А., Дроздова И.В. Ультразвуковые критерии диаметров внутримышечных вен голени в норме и степени их эктазии при варикозной болезни нижних конечностей. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия.* 2020;4(3):16–24. doi: 10.17116/operhirurg2020403116.

REFERENCES

1. Lazarenko V.A., Sannikov A.B. *Diagnostics of hemodynamic disorders in patients with varicose veins*. Kursk: KGMU; 2003. 105 p. (In Russ.) Available at: <https://library.kursksmu.net>.
2. Barnes R.W., Garret W.V., Hummel E.E., Siamaker E.E., Maixner W., Reinertson J.E. Photoplethysmographic assesment of altered cutaneous circulation in the postphlebotic syndrome. *Proc Assoc Adv Med Instrum.* 1978;13:25–29.
3. Breslau P.J., Van Soest M.G., Prevoo R., Jagtman B. Hemodynamic parameters for venous valve incompetence in the lower extremity. *Neth J Surg.* 1986;3818(1):1–5. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3515233>.
4. McEnroe C. S., O'Donnell T.F., Mackey W.C. Correlation of clinical findings with venous hemodynamics in 386 patients with chronic venous insufficiency. *Am J Surg.* 1988;156(2):148–152. doi: 10.1016/S0002-9610(88)80377-5.
5. Nicolaides A.N., Miles C. Photoplethysmography in the assessment of venous insufficiency. *J Vasc Surg.* 1987;5(3):405–412. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3334678>.
6. Abramowitz H.B., Queral L.A., Flinn W.R., Nora P.F.Jr., Peterson L.K., Bergan J.J., Yao J.S. The use of photoplethysmography in the assessment of venous insufficiency: a comparison to venous pressure measurements. *Surgery.* 1979;86(3):434–441. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/473029>.
7. Bays R.A., Healy D.A., Atnip R.G., Neumyer M., Thiele B.I. Validation of air plethysmography, photoplethysmography and duplex ultrasonography in the evaluation of severe venous stasis. *J Vasc Surg.* 1994;20(5):721–727. doi: 10.1016/S0741-5214(94)70159-8.
8. Sharif-Kashani B., Behzadnia N., Shahabi P., Sadr M. Screening for deep vein thrombosis in asymptomatic high-risk patients: a comparison between digital photoplethysmography and venous ultrasonography. *Angiology.* 2009;60(3):301–307. doi: 10.1177/0003319708323494.
9. Welch H.J., Faliakou E.C., McLaughlin R. I., Umphrey S.E., Belkin M., O'Donnell T.F. Jr. Comparison of descending phlebography with quantitative photoplethysmography, air plethysmography and duplex quantitative valve closure time in assessing deep venous reflux. *J Vasc Surg.* 1992;16(6):913–920. doi: 10.1016/0741-5214(92)90054-C.
10. Pokrovski J.A., Sapelkin S.V., Galaktionova L.A., Fedorov E.E. The assessment of medical therapy effectiveness of patients with lower limb chronic venous insufficiency: the results of prospective study with Ginkor fort. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya = Angiology and Vascular Surgery.* 2005;11(3):47–55. (In Russ.) Available at: <http://www.angiologysurgery.org/magazine/2005/3>.
11. Darvall K.A. L., Sam R.C., Bate G.R., Adam D.J., Silverman S.H., Bradbury A.W. Photoplethysmographic venous refilling times following ultrasound guided foam sclerotherapy for symptomatic superficial venous reflux: relationship with clinical outcomes. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010;40(2):267–272. doi: 10.1016/j.ejvs.2010.02.025.
12. Saliba Júnior O.A., Giannini M., Mórbio A.P., Saliba O., Rollo H.A. Pre- and postoperative evaluation by photoplethysmography in patients receiving surgery for lower-limb varicose veins. *Int J Vasc Med.* 2014;2014:562782. doi: 10.1155/2014/562782.
13. Dezotti N.R.A., Dalio M.B., Ribeiro M.S., Piccinato C.E., Joviliano E.E. The clinical importance of air plethysmography in the assessment of chronic venous disease. *J Vasc Bras.* 2016;15(4):287–292. doi: 10.1590/1677-5449.002116.
14. Bogachev V.Yu., Boldin B.V., Arkadan N.R., Lobanov V.N. Some features of compression therapy for early forms of chronic venous diseases of the lower limbs. *Ambulatornaya khirurgiya = Ambulatory Surgery (Russia).* 2019;3(4):89–94. (In Russ.) doi: 10.21518/1995-1477-2019-3-4-89-94.
15. Sannikov A.B., Emelianenko V.M., Drozdova I.V. Review of the plethysmographic methods for studying hemodynamic disorders in patients with chronic lower extremities venous diseases. *Ambulatornaya khirurgiya = Ambulatory Surgery (Russia).* 2020;3(1):58–70. (In Russ.) doi: 10.21518/1995-1477-2020-1-2-58-70.
16. Beraldo S., Satpathy A., Dodds S.R. A study of the routine use of venous photoplethysmography in a one-stop Vascular Surgery clinic. *Ann R Coll Surg Engl.* 2007;89(4):379–383. doi: 10.1308/003588407X183355.
17. Savelev V.S. (ed.). *Phlebology*. Moscow: Medicina; 2001. 660 p. (In Russ.).
18. Leon M., Volteas N., Labropoulos N., Kalodiki E., Chan P., Belcaro G., Nicolaides A.N. The effect of elastic stockings on the elasticity of varicose veins. *Int Angiol.* 1993;12(2):173–177. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8371000>.
19. Dunn R.M., Fudem G.M., Walton R.L., Anderson F.A., Malhotra R. Free flap valvular transplantation for refractory venous ulceration. *J Vasc Surg.* 1994;19(3):525–531. doi: 10.1016/S0741-5214(94)70081-8.
20. Gonzales-Fajardo J.A., Rodríguez-Camarero S.J., de Marino P., Castro V.M.A., March G.J.R., Carpinteiro M.L. Photoplethysmographic evaluation of the effect of a vascular tonic drug. *Angiologia.* 1990;42(5):167–171. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2285166>.
21. Gaitini D., Torem S., Pery M., Kaftori J.K. Image-directed Doppler ultrasound in the diagnosis of lower-limb venous insufficiency. *J Clin Ultrasound.* 1994;22(5):291–297. doi: 10.1002/jcu.1870220502.
22. Fonseca F.P., Sarquis A.L., Evangelista S.S.M. Surgery for Primary Truncular Varicose Veins Without Stripping the Saphenous Vein — Pre- and Post-Operative Evaluation by Duplex Scan and Photoplethysmography. In: Negus D., Jantet G., Coleridge-Smith P.D. (eds.). *Phlebology '95*. Springer, London; 1995. doi: 10.1007/978-1-4471-3095-6_183.
23. Tucker E.A., Lamb L.E., Callicott C., Cooke S.D., Cooke E.D. Measurements of calf muscle pump efficiency during simulated ambulation. *Int Angiol.* 1998;17(4):255–259. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10204658>.
24. Sarin S., Shields D.A., Farrah J., Scurr J.H., Coleridge Smith P.D. Photoplethysmography: A valuable noninvasive tool in the assessment of venous dysfunction? *J Vasc Surg.* 1992;16(2):154–162. doi: 10.1016/0741-5214(92)90103-F.
25. Orsted H.L., Radke L., Gorst R. The impact of musculoskeletal changes on the dynamics of the calf muscle pump. *Ostomy Wound Manage.* 2001;47(10):18–24. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11890075>.
26. Khorev N.G., Kuznetsova D.V., Kon'kova V.O., Shokhet Ya.N. Plethysmography as a method for the functional evaluation of venous reflux and obstruction associated with chronic venous disease. *Flebologiya.* 2017;18(1):32–36. (In Russ.) doi: 10.17116/flebo201711132-36.
27. Lazarenko V.A., Sannikov A.B., Shevelev E.L. Segmental venous hypervolemia as one of the main pathohemodynamic factors of development and progression of chronic venous insufficiency of the lower extremities in patients with varicose disease. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova = Grekov's Bulletin of Surgery.* 2003;5:18–25. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30560345>.
28. Sannikov A.B., Emelianenko V.M., Rachkov M.A. The specific anatomical features of structure of the calf intramuscular veins in the healthy subjects and the patients presenting with chronic venous disease: Data Obtained by multi-spiral computed phlebography. *Flebologiya.* 2018;4(4):292–299. (In Russ.) doi: 10.17116/flebo201812041292.
29. Shaïdakov E.V., Sannikov A.B., Emelianenko V.M., Rachkov M.A., Drozdova I.V., Solokhin S.A. Variants of ectatic development of the leg intramuscular veins in patients with chronic venous diseases according to multispiral computed tomography phlebography. *Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya = Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy.* 2019;3(3):22–30. (In Russ.) doi: 10.17116/operhirurg2019303122.

30. Shaidakov E.V., Sannikov A.B., Emeľyanenko V. M., Rachkov M.A., Drozdova I.V. Ultrasound criteria of diameter of the intramuscular veins of the leg in the normal and the degree of their ectasia in varicose disease of the lower extremities: results

of a multicenter controlled comparative study. *Operativnaya hirurgiya i klinicheskaya anatomiya = Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2020;4(3):16–24. (In Russ.) doi: 10.17116/operhirurg2020403116.

Информация об авторах:

Шайдаков Евгений Владимирович, д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова; 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68; президент Санкт-Петербургской ассоциации флебологов; evgenyshaydakov@gmail.com

Санников Александр Борисович, к.м.н., заместитель главного врача, сосудистый хирург, Клиника инновационной диагностики «Медика»; 600031, Россия, Владимир, ул. Вокзальная, д. 24; aliplast@mail.ru

Information about the authors:

Evgeniy V. Shaydakov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Petrov National Medical Cancer Research Centre; 68, Leningradskaya St., Pesochnyy Settlement, St Petersburg, 197758, Russia; President of the Saint Petersburg Association of Phlebologists; evgenyshaydakov@gmail.com

Alexander B. Sannikov, Cand. Sci. (Med.), Assistant of Chief Physician, Vascular Surgeon of the Innovative Diagnostic Clinic “MEDICA”; 24, Vokzalnaya St., Vladimir, 1600031, Russia; aliplast@mail.ru