

Оригинальная статья / Original article

Пневмоплетизмографическая характеристика патологической сегментарной гиперволемии голени у пациентов с ХЗВ различных клинических классов (по СЕАР)

А.Б. Санников^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0003-1792-2434>, aliplast@mail.ruЕ.В. Шайдаков^{2,3}, <https://orcid.org/0000-0002-7260-4968>, evgenyshaydakov@gmail.com¹ Клиника инновационной диагностики «Медика»; 600031, Россия, Владимир, ул. Вокзальная, д. 24² Петрозаводский государственный университет; 185910, Россия, Республика Карелия, Петрозаводск, проспект Ленина, д. 33³ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова; 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68

Резюме

Введение. Установление значения различных факторов нарушения гемодинамики у пациентов с хроническими заболеваниями вен остается актуальной задачей флебологии. Участие патологической сегментарной венозной гиперволемии голени у пациентов с варикозной болезнью в формировании хронической венозной недостаточности является установленным фактом, однако объективные критерии данного патогемодинамического феномена на сегодня окончательно не определены.

Цель исследования. Определить с помощью пневмоплетизмографии степени функциональных нарушений флебогемодинамики в конечности и установить значимые критерии, характеризующие патологическую сегментарную гиперволемию голени у пациентов с ХЗВ различных клинических классов по СЕАР.

Материалы и методы. За период с 2002 по 2019 г. с использованием пневмоплетизмографии было обследовано 380 здоровых лиц и 896 пациентов с хроническими заболеваниями вен с распределением их в соответствии с международной классификацией СЕАР в группы сравнения: С0–С1, С2–С3, С4–С6. Для оценки интенсивности венозного кровотока рассчитывали величину максимальной емкости вен голени (VC), объем их опорожнения (EV) за установленное время, величину максимального венозного оттока (MVO), отношение этих величин на обеих конечностях – индексы VCI, EVI, MVOI.

Результаты. Наиболее статистически значимые и сопряженные корреляционно были получены данные пневмоплетизмографии при проведении анализа в группах по характеристике индекса венозной емкости (VCI): норма – $87,655 \pm 9,084$; С0–С1 – $85,942 \pm 9,960$; С2–С3 – $79,378 \pm 13,311$; С4–С6 – $71,352 \pm 9,673$.

Обсуждение. Полученные результаты позволили утверждать, что пневмоплетизмография является информативным функциональным методом диагностики гемодинамических нарушений у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей.

Выводы. Установленные критерии индекса венозной емкости позволят на практике дать объективную характеристику степени изменения гемодинамических нарушений у пациентов с ХЗВ до и после предпринятого лечения. Дальнейшее проведение пневмоплетизмографии является актуальной флебологической задачей.

Ключевые слова: пневмоплетизмография, критерии венозного оттока, индекс венозной емкости, варикозное расширение вен нижних конечностей, хроническая венозная недостаточность

Для цитирования: Санников А.Б., Шайдаков Е.В. Пневмоплетизмографическая характеристика патологической сегментарной гиперволемии голени у пациентов с ХЗВ различных клинических классов (по СЕАР). *Амбулаторная хирургия*. 2022;19(1):124–131. <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2022-19-1-124-131>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Air plethysmography characteristic of the pathological segmental hypervolemia of the calf in patients with CVD clinical classes (CEAP)

Alexander B. Sannikov^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0003-1792-2434>, aliplast@mail.ruEvgeniy V. Shaydakov^{2,3}, <https://orcid.org/0000-0002-7260-4968>, evgenyshaydakov@gmail.com¹ Innovation Diagnostic Clinic "MEDICA"; 24, Vokzalnaya St., Vladimir, 1600031, Russia² Petrozavodsk State University; 33, Lenin Ave., Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russia³ Petrov National Medical Cancer Research Centre; 68, Leningradskaya St., Pesochnyy Settlement, St Petersburg, 197758, Russia

Abstract

Introduction. The involvement of pathological segmental venous hypervolemia of the lower leg in patients with varicose veins in the formation of chronic venous insufficiency (CVI) is an established fact, however, objective criteria for this pathohemodynamic phenomenon have not been definitively determined today.

The purpose of the study. Determination by air plethysmography (APG) of the degree of functional disorders in the limb and establishment of significant criteria characterizing pathological segmental hypervolemia of the lower leg in patients with CVD of various clinical classes according to CEAP.

Materials and methods. For the period from 2002 to 2019, 380 healthy individuals with no symptoms of chronic venous diseases and 896 patients with CVD were examined with the use of APG, with their distribution in accordance with the CEAP international classification as follows: C0–C1, C2–C3, C4–C6 clinical classes. To assess the intensity of venous blood flow, the following values were calculated: the maximum capacity of the leg veins (Venous Capacity – VC), the volume of their evacuation (Evacuation Volume – EV) for a set time, the maximum venous outflow (Maximum Venous Outflow – MVO), the ratio of these values on both limbs (Venous Capacity Index – VCI, Evacuation Volume Index – EVI, Maximum Venous Outflow Index – MVOI).

Results. The most statistically significant and conjugate correlation data were obtained (expectation, mean square deviation, standard error of expectation, median and coefficient of variation) during the analysis in groups according to the characteristic VCI.

Discussion. The obtained results allowed us to assert that APG is an informative functional method for diagnosing hemodynamic disorders in patients with lower limb CVD.

Conclusion. The established criteria of the venous capacity index will allow in practice to give an objective characterization of the degree of change in hemodynamic disorders in patients with CVD before and after the treatment undertaken.

Keywords: air plethysmography, criteria of venous outflow, index of venous capacity, varicose veins of the lower extremities, chronic venous insufficiency

For citation: Sannikov A.B., Shaydakov E.V. Air plethysmography characteristic of the pathological segmental hypervolemia of the calf in patients with CVD clinical classes (CEAP). *Ambulatomnaya Khirurgiya*. 2022;19(1):124–131. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2022-19-1-124-131>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на прогресс, определившийся в последние десятилетия во флебологии, проблема радикального лечения пациентов с хроническими заболеваниями вен (ХЗВ) и варикозным расширением вен нижних конечностей (ВВ) в частности далека от своего окончательного решения, т. к. частота рецидивов остается высокой и продолжает колебаться от 15 до 75% от числа оперированных больных [1].

На протяжении длительного периода научных исследований дальнейшее прогрессирование симптоматики хронической венозной недостаточности (ХВН) связывалось с имеющейся функциональной несостоятельностью глубоких вен [2]. В последние годы была предпринята попытка радикального пересмотра роли в развитии варикозной болезни не только клапанной недостаточности глубоких, но и перфорантных вен [3], исходя из чего основной акцент в лечении ВВ сегодня рекомендуется делать на устранении рефлюкса по подкожным венозным магистральям [4]. Кроме того, сегодня появилась точка зрения, что остановить дальнейшее развитие эктазии ствола БПВ возможно исключительно удалением варикозно измененных притоков, даже без устранения магистрального рефлюкса по БПВ [5].

И тем не менее, согласно исследованиям, проведенным L. Rasmussen et al., с использованием даже самых современных технологий облитераций несостоятельных магистральных стволов подкожных вен рецидив

заболевания в динамике от 3 до 5 лет увеличивается почти в два раза и достигает 45–55%. Кроме того, остается непонятным вопрос, почему после успешно проведенной операции, когда отсутствуют варикозные вены, значительная часть пациентов продолжает акцентировать внимание на сохраняющейся тяжести в ногах, вечерней усталости и даже периодических отеках [6, 7].

В поиске ответов на эти вопросы первостепенное значение имеет своевременная и точная диагностика всех имеющихся нарушений венозной гемодинамики.

Не вызывает сомнения, что ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) является основой диагностики гемодинамических нарушений у пациентов с ХЗВ. Однако при всей информативности УЗДС не в состоянии определить степень выраженности функциональных нарушений гемодинамики у пациентов с ХЗВ [1]. По мнению многих зарубежных авторов, одним из неинвазивных объективных методов оценки венозного кровотока у пациентов с ХЗВ является пневмоплетизмография (ППГ), которая в отличие от УЗДС позволяет получить глобальную оценку венозной гемодинамики в конечности [8, 9]. Кроме того, ППГ является единственным методом исследования гемодинамики, с помощью которого возможно оценить степень участия одного из основных факторов развития и прогрессирования ХВН – регионарной венозной гиперволемии голени, объективные критерии которой на сегодня отсутствуют [10].

Цель данного исследования – определить с помощью ППГ степени функциональных нарушений флебогемодинамики и установить значимые критерии, характеризующие патологическую сегментарную гиперволемию голени у пациентов с ХЗВ различных клинических классов по СЕАР.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Начиная с 2002 г. с использованием ППГ было обследовано 380 здоровых лиц, у которых отсутствовала симптоматика хронических заболеваний вен, и 896 пациентов с ХЗВ с распределением их в соответствии с международной классификацией СЕАР следующим образом: С0–С1 – 280 человек (31,25%), С2–С3 – 420 человек (46,88%), 196 лиц (21,87%) имели трофические нарушения, т. е. относились к С4–С6-клиническим классам.

В группу обследуемых (норма) включались пациенты, направленные к специалисту ультразвуковой диагностики урологического и гинекологического профиля, с наличием деформирующих артрозов, предстоящими абдоминальными оперативными вмешательствами, пациенты с сахарным диабетом, без поражения дистального артериального русла. Главным критерием включения в клинические группы были пациенты с односторонним наличием варикозно измененных вен нижних конечностей. 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, коллагенозами и миопатиями, травматическими повреждениями 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. Учитывая, что на протяженность и общее сечение венозного русла могла влиять длина конечности, рост пациентов ограничивался от 160 до 180 см. Возраст пациентов ограничивался 25 и 60 годами. В большинстве случаев исследования проводились в первой половине дня.

Начиная с 2002 по 2005 г. исследования проводились на аппарате Ultra-PVD (США). В период с 2007 по 2010 г. использовалась многофункциональная система Hadeco-SmartDop 30 EX (Япония). С 2016 г. по настоящее время исследования проводятся на аппарате «Ангиодин-УК» (Россия).

С целью диагностики гемодинамических нарушений в конечности у пациентов с ХЗВ нами использовался

режим венозной пневмоплетизмографии в рамках определения венозной емкости, объема эвакуации и максимального венозного оттока [11].

Методика проведения ППГ-исследования соответствовала общепринятым стандартам и была нами подробно описана ранее [12].

Для оценки интенсивности венозного оттока рассчитывали величину максимальной емкости вен голени (Venous Capacitance – VC), объем их опорожнения (Evacuation Volume – EV) за 2 сек и величину максимального венозного оттока (Maximum Venous Outflow – MVO), которое равнялось отношению максимальной емкости вен к объему их опорожнения (рис. 1).

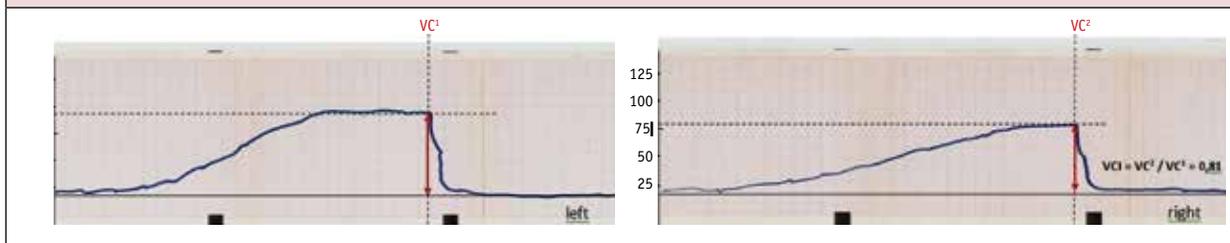
РИСУНОК 1. Методика проведения пневмоплетизмографического (ППГ) исследования
FIGURE 1. Pneumoplethysmographic (PPG) technique



Кроме указанных трех общепринятых ППГ-характеристик (VC, EV, MVO), регистрируемых у пациента непосредственно на пораженной варикозным процессом конечности, мы впервые предприняли сравнительный анализ этих характеристик у одного и того же пациента на обеих нижних конечностях. В результате мы имели к сравнению еще три характеристики венозного оттока, которые были обозначены нами как индексы этих величин, равняющиеся их отношению на больной и здоровой конечностях (Venous Capacitance Index – VCI, Evacuation Volume Index – EVI, Maximum Venous Outflow Index – MVOI) (рис. 2).

Статистический анализ полученных ППГ-данных проводился с помощью программного комплекса IBM SPSS STATISTICA (США), который позволил анализировать и сопоставлять количественные показатели описательной статистики, полученные во всех 4 группах сравнения (норма, С0–С1, С2–С3, С4–С6). Анализ

РИСУНОК 2. ППГ в рамках теста на максимальный венозный отток (MVO) с определением индекса венозной емкости вен голени (VCI)
FIGURE 2. PPG in the maximal venous outflow (MVO) test with determination of the calf venous capacity index (VCI)



статистической значимости полученных математических характеристик в группах сравнения проводили путем двувыворочного t-теста для независимых выборок по рассчитываемому программой критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$. Проверка гипотез о математическом ожидании при известном стандартном отклонении и заданном уровне значимости $p < 0,05$ проводилась с помощью Z-статистики, при помощи которой осуществляли разделение плоскости на области отклонения и принятия гипотезы при стандартных для нормального распределения критических значениях $-1,96$ и $+1,96$, ограничивающих область принятия гипотезы от области ее отклонения. Кроме того, проверка гипотез проводилась по подсчитываемым программой критериям значимости – p . Нулевая гипотеза H_0 представляла утверждение, что при изменении клинических классов по СЕАР не происходит

изменения регистрируемых ППГ-показателей, исходя из чего альтернативная гипотеза H_1 представляла из себя утверждение, что у пациентов при изменении клинических классов по СЕАР происходит изменение ППГ-показателей. 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные в группах сравнения (норма, C0–C1, C2–C3, C4–C6) основные данные описательной статистики (математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение) при уровне значимости $p < 0,05$ с доверительной вероятностью $p = 0,95$ представлены в *табл. 1*.

ТАБЛИЦА 1. Межгрупповой сравнительный анализ результатов пневмоплетизмографии (ППГ) голени в рамках определения гемодинамических характеристик венозного кровотока в норме и у пациентов с ХЗВ ($M \pm \sigma$)
TABLE 1. Intergroup comparative analysis of pneumoplethysmography (PPG) of the tibia as part of the determination of hemodynamic characteristics of venous blood flow in normal and in patients with chronic vein disease ($M \pm \sigma$)

ППГ-характеристика венозного кровотока (APG-characteristics)	Группы сравнения (Comparison group) n = 1276			
	Норма n = 380	C0–C1 n = 280	C2–C3 n = 420	C4–C6 n = 196
Максимальная емкость вен (Venous Capacitance – VC)	21,571 ± 3,910	21,392 ± 3,722	24,159 ± 3,455	24,352 ± 3,586
Объем опорожнения вен (Evacuation Volume – EV)	20,755 ± 4,273	20,886 ± 4,003	21,753 ± 4,461	22,146 ± 3,959
Максимальный венозный отток (Maximum Venous Outflow – MVO)	90,092 ± 9,388	87,485 ± 10,799	78,338 ± 12,764	75,627 ± 11,999
Индекс максимальной емкости вен (Venous Capacitance Index – VCI)	87,655 ± 9,084	85,942 ± 9,960	79,378 ± 13,311	71,352 ± 9,673
Индекс объема опорожнения вен (Evacuation Volume Index – EVI)	91,013 ± 8,346	87,760 ± 8,742	89,748 ± 8,453	86,041 ± 9,619
Индекс максимального венозного оттока (Maximum Venous Outflow Index – MVOI)	87,315 ± 11,415	88,439 ± 9,986	87,880 ± 9,537	86,253 ± 8,244

ТАБЛИЦА 2. Статистическая значимость отличий средних значений между группами по результатам проведения t-теста для двух выборок переменных на основании оценки критериев Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$

TABLE 2. Statistical significance of differences in mean values between groups according to t-test for two samples of variables based on Student's t-test at significance level $p < 0.05$

Группы сравнения (Comparison group)	ППГ-характеристика венозного кровотока (APG-characteristics of venous blood flow)					
	VC	EV	MVO	VCI	EVI	MVOI
Норма vs C0–C1	$p = 0,251887$	$p = 0,597628$	$p = 0,019157$	$p = 0,30597$	$p = 0,000152$	$p = 0,600713$
Норма vs C2–C3	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,035825$	$p = 0,063305$
Норма vs C4–C6	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000038$	$p = 0,054793$
C0–C1 vs C2–C3	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000001$	$p = 0,234421$	$p = 0,695565$
C2–C3 vs C4–C6	$p = 0,026312$	$p = 0,000000$	$p = 0,004616$	$p = 0,000002$	$p = 0,000000$	$p = 0,013731$
C0–C1 vs C4–C6	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000000$	$p = 0,000001$	$p = 0,372360$	$p = 0,083765$

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. Сравнительный анализ критериев в результате проведения t-теста при $p < 0,05$ показал для большинства групп сравнения статистически значимые отличия, которые представлены в табл. 2.

Проведенный межгрупповой корреляционный анализ показал наличие устойчивой умеренной корреляционной связи при сравнении полученных величин в группах сравнения только по характеристике VCI (рис. 3), тогда как для других характеристик (VC, EV, EVI, MVO и MVOI) слабая корреляция была отмечена лишь в некоторых наблюдениях.

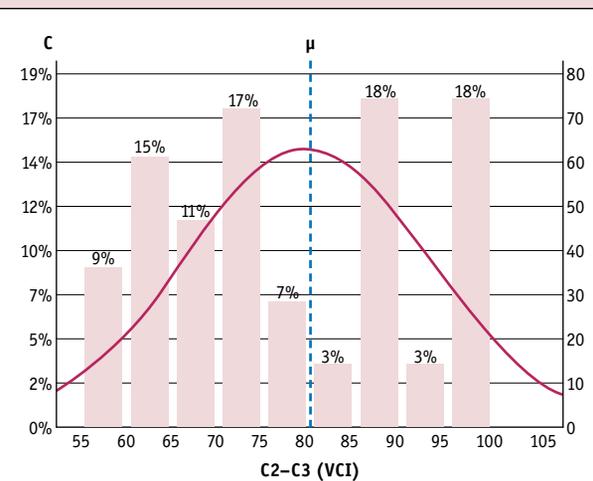
На основании этих данных для характеристики VCI во всех сравниваемых группах пациентов были построены стандартные гистограммы, которые наглядно продемонстрировали размах математического ожидания в сравниваемых группах для этого критерия со средним квадратичным отклонением и данные медианы с интерквартильным размахом 25 и 75 перцентилей с показом максимальных и минимальных значений (рис. 4).

При проверке гипотезы о математическом ожидании генеральной совокупности по критерию Z, при уровне значимости, равном 0,05, с построением области принятия гипотезы в статистически значимой и самой мощной по выборке группе пациентов C2–C3 было показано, что центр поля рассеяния (μ) соответствует

величине VCI, равной 80%, т. е. отношение VC на здоровой и пораженной варикозным процессом конечностях при отсутствии сегментарной венозной гиперволемии голени должно соответствовать индексу не менее 0,8. Так, VCI $< 0,8$ присутствовал у пациентов группы «норма» и C0–C1 в 25% случаев, тогда как у пациентов C2–C3 VCI ниже 0,8 был отмечен в 59%, а у пациентов C4–C6 в 87% наблюдений (рис. 3).

РИСУНОК 3. Гистограммы вариационных рядов статистических ППГ-данных по критерию VCI = 0,8 в группах пациентов

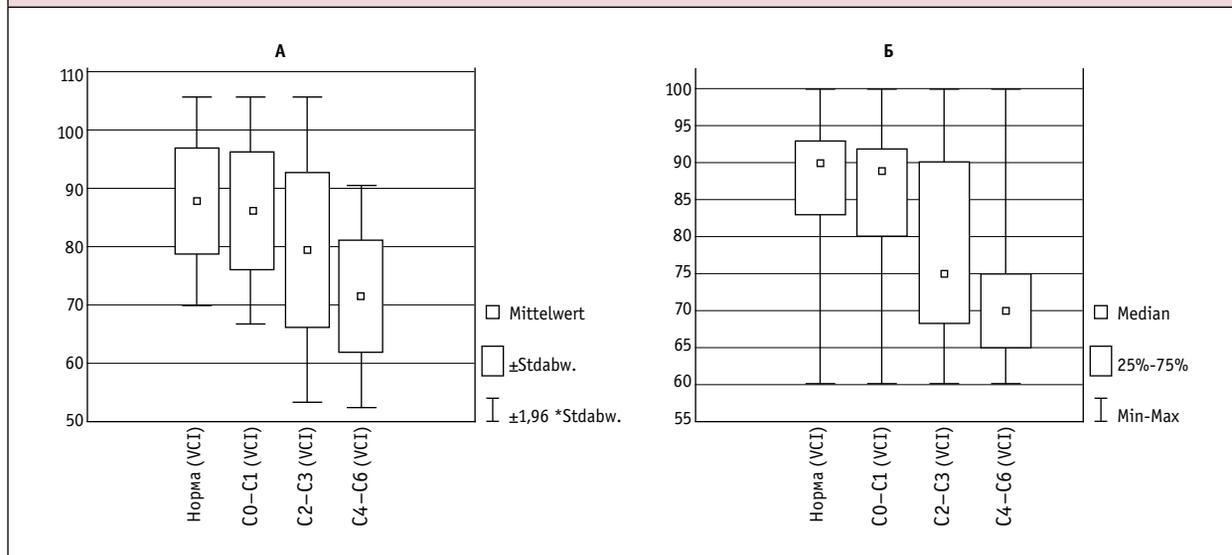
FIGURE 3. Histograms of variation series of statistical PPG data according to VCI = 0.8 criterion in patient groups



Норма (А), C0–C1 (Б), C2–C3 (В), C4–C6 (Д). По оси Y – n в %, по оси X – объем VCI в %. Синяя линия – центр поля рассеяния (μ) при проверке гипотезы о математическом ожидании генеральной совокупности по критерию Z, при уровне значимости, равном 0,05.

РИСУНОК 4. Гистограммы размаха данных математического ожидания и среднеквадратичных отклонений (А) и медианы с интерквартильным размахом 25–75 перцентилей (Б) в группах сравнения (норма, С0–С1, С2–С3, С4–С6) по ППГ-критерию VCI

FIGURE 4. Histograms of the range of expectation and standard deviation (A) and median with interquartile range 25-75 percentile (B) data in comparison groups (normal, C0-C1, C2-C3, C4-C6) by VCI PPG criterion



ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то что исследования по возможности использования ППГ в диагностике гемодинамических нарушений у пациентов с ХЗВ начали проводиться с начала 90-х гг., вопрос о возможности использования ППГ в объективизации симптоматики ХВН у пациентов с ХЗВ и варикозной болезнью в частности на протяжении многих лет оставался открытым [13, 14]. Большинство работ было посвящено использованию данного неинвазивного метода обследования исключительно в диагностике тромботических поражений периферического венозного русла [15–17].

Использование предложенной D. Christopoulos et al. методики проведения венозной ППГ позволило иначе взглянуть на некоторые аспекты венозного оттока в норме и предпринять попытку придать клиническим данным у пациентов с хронической венозной недостаточностью объективный вид [18, с. 156–160]. В некоторых исследованиях была предпринята попытка продемонстрировать возможность зависимости изменения некоторых параметров венозной ППГ у пациентов с ХЗВ в зависимости от клинических классов (по CEAP) [19, 20]. Однако, как показала работа N.R.A. Dezotti et al., эти исследования не позволили сделать окончательные выводы, в связи с чем любые новые исследования в области функциональной флебологии, по мнению автора, будут иметь большой интерес [21].

Наши исследования, как и исследования других авторов, включали анализ ППГ у пациентов с ХЗВ различных

клинических классов (по CEAP) по трем основным характеристикам: максимальной венозной емкости, объему опорожнения и максимального венозного оттока (VC, EV и MVO). Однако во всех ранее представленных работах регистрация этих показателей производилась у пациентов различных клинических классов только на пораженной варикозным процессом нижней конечности. Принципиальным отличием проведенных нами исследований стало введение в статистический анализ трех новых ППГ-характеристик венозного оттока (VCI, EVI и MVOI), являющихся отношением характеристик VC^1 , EV^1 и MVO^1 , зарегистрированных на пораженной варикозным процессом нижней конечности к этим же трем характеристикам, но зарегистрированным на здоровой нижней конечности (VC^2 , EV^2 и MVO^2).

В результате проведенных нами исследований по первым трем характеристикам (VC, EV и MVO) были получены статистически значимые отличия. При этом следует отметить, что устойчивая корреляционная связь, как и у других авторов, была получена далеко не во всех случаях. Однако большая мощность выборки групп сравнения пациентов в наших исследованиях позволила получить статистически значимые отличия и по этим трем общепринятым характеристикам.

При анализе полученных данных по предложенным нами характеристикам статистически значимые отличия были получены для VCI почти во всех случаях, за исключением сравнения групп «норма» и С0–С1 ($p = 0,306$). Однако мы не склонны считать этот

факт отрицательным результатом наших исследований. Наоборот, это подтверждает наше предположение об отсутствии развития сегментарной гиперволемии голени у пациентов с С0–С1. Вариационные ряды во всех группах сравнения для VCI имели нормальное распределение.

Как было показано в *табл. 2*, для MVOI статистических отличий получено не было. С нашей точки зрения, это имеет логическое объяснение, т. к. данный показатель характеризует не степень выраженности возможного депонирования венозной крови, а интенсивность венозного оттока, имеющего принципиальное значение в диагностике тромботического поражения венозной магистрали, исходя из чего можно было предположить (и это подтвердилось), что при отсутствии окклюзионного поражения в одной из сравниваемых конечностях у пациента индекс максимального венозного оттока не будет иметь статистически значимых отличий в большинстве наблюдений. Хотя при регистрации MVO на одной большой конечности в различных группах сравнения статистическая разница была получена. С нашей точки зрения, это было связано не столько с изменением интенсивности или объема оттока (EV), сколько изначально с разной венозной емкостью (VC) у пациентов различных групп, причем с тенденцией ее к увеличению от «нормы» и С0–С1 к С2–С3 и С4–С6. Данный факт нашел свое статистическое подтверждение при анализе ППГ в группах сравнения по характеристике VCI.

Закономерно, что межгрупповая корреляционная связь была также наиболее выраженной при сравнительном анализе в группах пациентов по характеристике VCI, что позволяет нам рекомендовать ее сегодня при рассмотрении нарушения венозной гемодинамики у пациентов с ХЗВ в качестве одной из основных и в наибольшей степени статистически значимой объективной величины, характеризующей патологическую сегментарную гиперволемию голени.

Кроме VCI, для характеристики венозного оттока и имеющейся гиперволемии голени допустимо использование характеристики EVI, однако для получения

более выраженной межгрупповой корреляционной связи для этой характеристики необходим дальнейший сбор данных и их анализ.

ВЫВОДЫ

Таким образом, пневмоплетизмография (ППГ) является информативным методом оценки гемодинамических функциональных нарушений у пациентов с ХЗВ различных клинических классов (по CEAP). Особую актуальность данный метод приобретает при желании дать объективную оценку степени нарушения флебогемодинамики в конечности у пациентов при наличии симптоматики ХВН. На основании проведенных исследований можно утверждать, что одним из проявлений ХВН с гемодинамической точки зрения является синдром патологической сегментарной гиперволемии голени. Наиболее статистически значимой ППГ-характеристикой имеющих функциональных нарушений у пациентов с ХЗВ является индекс венозной емкости (Venous Capacitance Index – VCI), критерий которого $0,5 < VCI < 0,8$ может быть рекомендован в качестве дополнительного неинвазивного диагностического теста.

Дальнейшее проведение ППГ-исследований является актуальной задачей. С нашей точки зрения, данный неинвазивный метод исследования венозной гемодинамики с объективной оценкой степени функциональных нарушений имеет большие перспективы. Полученные нами статистически значимые ППГ-критерии теоретически могут позволить объективно оценить степень изменения функциональной активности венозной гемодинамики, например, при использовании различных венотоников, эластической компрессии, и провести сравнительный объективный анализ степени выраженности ХВН с точки зрения наличия или отсутствия патологической сегментарной венозной гиперволемии голени до и после любых вмешательств на варикозно измененных поверхностных венах.

Поступила / Received 07.02.2022

Поступила после рецензирования / Revised 15.03.2022

Принята в печать / Accepted 25.03.2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Покровский А.В., Градусов Е.Г., Игнатьев И.М., Бредихин Р.А. *Диагностика и лечение варикозной болезни*. М.; 2013. 80 с. Pokrovsky A.V., Gradov E.G., Ignatiev I.M., Bredikhin R.A. *Diagnosis and treatment of varicose disease*. Moscow; 2013. 80 p. (In Russ.)
2. Савельев В.С. (ред.). *Флебология*. М.; 2001. 664 с. Saveliev V.S. (ed.). *Phlebology*. Moscow; 2001. 664 p. (In Russ.)
3. Золотухин И.А., Каралкин А.В., Ярич А.Н., Селиверстов Е.И., Кириенко А.И. Отказ от диссекции перфорантных вен не влияет на результат флебэктомии у пациентов с варикозной болезнью. *Флебология*. 2012;(3):16–19.

- Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2012/3/031997-6976201233>.
4. Zolotukhin I.A., Karalkin A.B., Yarch A.N., Seliverstov E.I., Kiriyenko A.I. Dissection of the perforating veins does not improve the results of phlebectomy. *Flebologiya*. 2012;(3):16–19. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2012/3/031997-6976201233>.
4. Стойко Ю.М., Кириенко А.И., Затевахин И.И., Покровский А.В., Карпенко А.А., Золотухин И.А. и др. Российский клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен. *Флебология*. 2018;(3):146–240. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2018/3/downloads/ru/1199769762018031146>.

- Ctoiko Yu.M., Kirienko A.I., Zatevakhin I.I., Pokrovskiy A.V., Karpenko A.A., Zolotukhin I.A. et al. Russian clinical guidelines for the diagnosis and treatment of chronic venous diseases. *Flebologiya*. 2018;(3):146–240. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2018/3/downloads/ru/1199769762018031146>.
5. Лобастов К.В., Воронцова А.В., Лаберко Л.А., Баринов В.Е. Реализация принципа eASVAL: влияние эсдовазальной лазерной облитерации перфорантной вены и/или склеротерапии варикозно измененного притока на течение варикозной болезни в системе большой подкожной вены. *Флебология*. 2019;(2):98–110. (In Russ.) Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2019/2/downloads/ru/1199769762019021098>.
 - Lobastov K.V., Vorontsova A.V., Laberko L.A., Barinov V.E. eASVAL Principle Implementation: the Effect of Endovenous Laser Ablation of Perforating Vein and/or Sclerotherapy of Varicose Branches on the Course of Varicose Disease in Great Saphenous Vein System. *Flebologiya*. 2019;(2):98–110. Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2019/2/downloads/ru/1199769762019021098>.
 6. Rasmussen L., Lawaetz M., Serup J., Vennits B., Bjoem L., Blemings A., Eklof B. Randomized clinical trial comparing endovenous laser ablation, radiofrequency ablation, foam sclerotherapy and surgical stripping for great saphenous vein with 3-year follow-up. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2013;1(4):349–356. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2013.04.008>.
 7. Rasmussen L., Lawaetz M., Bjoem L., Blemings A., Eklof B. Randomized clinical trial comparing endovenous laser ablation and stripping of the great saphenous vein with clinical and duplex outcome after 5 years. *J Vasc Surg*. 2013;58(2):421–426. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2012.12.048>.
 8. Sharif-Kashani B., Behzadnia N., Shahabi P., Sadr M. Screening for deep vein thrombosis in asymptomatic high-risk patients: a comparison between digital plethysmography and venous ultrasonography. *Angiology*. 2009;60(3):301–307. <https://doi.org/10.1177/0003319708323494>.
 9. Gloviczki P., Comerota A.J., Dalsing M.C., Eklof B.G., Gillespie D.L., Gloviczki M.L. et al. The care of patients with varicose veins and associated chronic venous diseases: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery and the American Venous Forum. *J Vasc Surg*. 2011;53(5):2–48. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2011.01.079>.
 10. Цуканов Ю.Т. Региональная венозная гипертрофия – ведущий клиникопатологический феномен при варикозной болезни. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2001;(2):53–58. Режим доступа: <https://www.angiolsurgery.org/magazine/2001/2/7.htm>.
 - Tsukanov Yu.T. Regional venous hypervolemia is a leading clinical and pathophysiological phenomenon in varicose veins. *Angiology and Vascular Surgery*. 2001;(2):53–58. (In Russ.) Available at: <https://www.angiolsurgery.org/magazine/2001/2/7.htm>.
 11. Nicolaidis A., Allerga C., Bergan J., Bradbury A., Cairoli M., Carpentier P. et al. Management of chronic venous disorders of the lower limbs: guidelines according to scientific evidence. *Int Angiol*. 2008;28(1):1–59. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18277340>.
 12. 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. <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2020-1-2-58-70>.
 - Sannikov A.B., Emelyanenko V.M., Drozdova I.V. Review of the plethysmographic methods for studying hemodynamic disorders in patients with chronic lower extremities venous diseases. *Ambulatsionnaya Khirurgiya*. 2019;(1–2):58–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2020-1-2-58-70>.
 13. Rooke T.W., Hesel J.L., Osmundson P.J. Exercise strain-gauge venous plethysmography: evaluation of a “new” device for assessing lower limb venous incompetence. *Angiology*. 1992;43(3 Pt 1):219–228. <https://doi.org/10.1177/000331979204300307>.
 14. Struckmann J.R., Vissing S.F., Hjortso E. Ambulatory strain-gauge plethysmography and blood volume scintimetry for quantitative assessment of venous insufficiency. *Clin Physiol*. 1992;12(3):277–285. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.1992.tb00833.x>.
 15. Heijboer H., Buller H.R., Lensing A.W., Turpie A.G., ten Cete J.W. A comparison of real-time compression ultrasonography with impedance plethysmography for the diagnosis of deep-vein thrombosis in symptomatic outpatients. *N Engl J Med*. 1993;329(19):1365–1369. <https://doi.org/10.1056/nejm199311043291901>.
 16. Chuah S.S., Woolfson P.I., Pullan B.R., Lewis P.S. Plethysmography without venous occlusion for measuring forearm blood flow: comparison with venous occlusive method. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2004;24(5):296–303. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.2004.00566.x>.
 17. Locker T., Goodacre S., Sampson F., Webster A., Sutton A.J. Meta-analysis of plethysmography and rheography in the diagnosis of deep vein thrombosis. *Emerg Med J*. 2006;23(8):630–635. <https://doi.org/10.1136/emj.2005.03381>.
 18. Lurie F., Rook T.V. Evaluation of venous function by indirect noninvasive tests (plethysmography). In: *Handbook of Venous Disorders*. 3rd ed. London: Hodder Arnold; 2009.
 19. Oliveira R.A., Barros N.Jr., Miranda F.Jr. Variability of venous hemodynamics detected by air plethysmography in CEAP clinical classes. *J Vase Bras*. 2007;6(4):359–365. <https://doi.org/10.1590/s1677-54492007000400010>.
 20. Nishibe T., Kudo F., Miyazaki K., Kondo Y., Nishibe M., Dardik A. Relationship between air-plethysmographic venous function and clinical severity in primary varicose veins. *Int Angiol*. 2006;25(4):352–355. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17164740>.
 21. Dezotti N.R.A., Joviliano E.E., Moriya T., Piccinato C.E. Correlation between the hemodynamic gain obtained after operation of primary varicose veins and chronic venous disease classification. *Acta Cir Bras*. 2011;26 (Suppl. 2):115–119. <https://doi.org/10.1590/s0102-86502011000800021>.

Информация об авторах:

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

Шайдаков Евгений Владимирович, д.м.н., профессор кафедры госпитальной хирургии, Петрозаводский государственный университет; 185910, Россия, Республика Карелия, Петрозаводск, проспект Ленина, д. 33; ведущий научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова; 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68; evgenyshaydakov@gmail.com

Information about the authors:

Alexander B. Sannikov, Cand. Sci. (Med.), Assistant of Chief Physician, Vascular Surgeon of the Innovative Diagnostic Clinic “MEDICA”; 24, Vokzalnaya St., Vladimir, 600031, Russia; aliplast@mail.ru

Evgeniy V. Shaydakov, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Hospital Surgery, Petrozavodsk State University; 33, Lenin Ave., Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russia; Leading Researcher, Petrov National Medical Cancer Research Centre; 68, Leningradskaya St., Pesochnyy Settlement, St Petersburg, 197758, Russia; evgenyshaydakov@gmail.com