

Оригинальная статья / Original article

Сравнительный морфологический и морфометрический анализ строения стенки венозных коллекторов голени

А.Б. Санников^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0003-1792-2434>, aliplast@mail.ru

О.Н. Морозова², <https://orcid.org/0000-0001-6800-3070>, mp960509509@gmail.com

Е.В. Шайдаков^{3,4}, <https://orcid.org/0000-0002-7260-4968>, evgenyshaydakov@gmail.com

¹ Клиника инновационной диагностики «Медика»; 600031, Россия, Владимир, ул. Вокзальная, д. 24

² Ивановская областная клиническая больница; 153000, Россия, Иваново, ул. Любимова, д. 1, к. 11

³ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова; 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68

⁴ Петрозаводский государственный университет; 185910, Россия, Петрозаводск, проспект Ленина, д. 33

Резюме

Введение. В основе развития венозной патологии нижних конечностей лежат морфологические изменения сосудистой стенки. Дальнейшая структурная перестройка стенки вен при хронической венозной недостаточности будет зависеть от изначально присутствующих отличий в строении их стенок.

Цель. Провести сравнительный анализ морфологических и морфометрических особенностей строения стенок основных венозных коллекторов голени – большой подкожной вены, внутримышечных вен, задних большеберцовых вен и подколенной вены.

Материалы и методы. Гистологические исследования методом световой микроскопии с цифровой обработкой фото были проведены на аутопсийном материале вен 32 людей, умерших от различных причин в возрасте от 35 до 50 лет, и 10 ампутированных конечностей. Морфометрию структур венозной стенки проводили при помощи программы Image-Pro Plus 6.1 с измерением толщины оболочек стенки, общего диаметра и просвета вен. Сравнительный анализ структуры стенок вен различных коллекторов голени проводился с помощью визуальной аналоговой шкалы морфологических изменений соединительнотканых и гладкомышечных элементов (VAMS). Определение объемной доли гладкомышечных и соединительнотканых элементов венозной стенки осуществляли с помощью точечной сетки по методу Г.Г. Автандилова.

Результаты. Количественный сравнительный анализ морфологических изменений с определением объемной доли гладкомышечных и соединительнотканых элементов различных оболочек венозной стенки, а также измерение общей толщины сосудистой стенки и соотношения ее к просвету вен показало статистически значимые отличия при уровне значимости $p < 0,05$.

Обсуждение. Несмотря на схожесть общей морфологической картины строения различных венозных коллекторов голени, были установлены структурные отличия, которые касались объемной доли присутствия в их стенках как гладкомышечных, так и соединительнотканых элементов, а также отношения толщины их стенки к диаметру и просвету.

Заключение. Проведенный сравнительный качественный и количественный статистический анализ морфологических и морфометрических особенностей строения стенок основных венозных коллекторов голени позволяет высказать предположение о неравнозначной роли отдельных основных венозных коллекторов в работе мышечно-венозной помпы голени в целом.

Ключевые слова: вены голени, гистологическое строение вен, морфология, морфометрия, толщина венозной стенки, емкостные свойства вен, мышечно-венозная помпа голени

Для цитирования: Санников АБ, Морозова ОН, Шайдаков ЕВ. Сравнительный морфологический и морфометрический анализ строения стенки венозных коллекторов голени. *Амбулаторная хирургия*. 2024;21(1):25–33. <https://doi.org/10.21518/akh2024-012>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Comparative morphological and morphometric analysis of the structure of the wall of the calf venous collectors

Alexander B. Sannikov^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0003-1792-2434>, aliplast@mail.ru

Olga N. Morozova², <https://orcid.org/0000-0001-6800-3070>, mp960509509@gmail.com

Evgeniy V. Shaydakov^{3,4}, <https://orcid.org/0000-0002-7260-4968>, evgenyshaydakov@gmail.com

¹ Innovative Diagnostic Clinic “Medica”; 24, Vokzalnaya St., Vladimir, 160031, Russia

² Ivanovo Regional Clinical Hospital; 1/11, Lyubimova St., Ivanovo, 153000, Russia

³ Petrov National Medical Cancer Research Centre; 68, Leningradskaya St., Pesochnyy Settlement, St Petersburg, 197758, Russia

⁴ Petrozavodsk State University; 33, Lenin Ave., Petrozavodsk, 185910, Russia

Abstract

Introduction. Development of venous pathology of the lower extremities is based on morphological changes in the vascular wall. Further structural restructuring of the vein wall in chronic venous insufficiency will depend on the initially present differences in the structure of their walls.

Aim. To conduct a comparative analysis of morphological and morphometric features of the structure of the walls of the main venous collectors of the lower leg: the great saphenous vein, intramuscular veins, posterior tibia veins and poplitea vein.

Materials and methods. Histological studies were carried out on autopsy material of the veins of 32 people who died from various causes aged 35 to 50 years and 10 amputated limbs. Morphological studies of the venous wall were carried out by light microscopy with digital photo processing.

Results. A quantitative comparative analysis of morphological changes with the determination of the volume fraction of smooth muscle and connective tissue elements of various membranes of the venous wall, as well as measurement of the total thickness of the vascular wall and its ratio to the lumen of the veins showed statistically significant differences at a significance level of $p < 0.05$.

Discussion. Despite the similarity of the general morphological picture of the structure of various venous collectors of the lower leg, structural differences were established, which concerned the volume fraction of the presence of both smooth muscle and connective tissue elements.

Conclusion. The comparative qualitative and quantitative statistical analysis of morphological and morphometric features of the structure of the walls of the main venous collectors of the lower leg allows us to make an assumption about the unequal role of individual main venous collectors in the work of the muscular-venous pump of the lower leg as a whole.

Keywords: veins of the lower leg, histological structure of veins, morphology, morphometry, thickness of the venous wall, capacitive properties of veins, muscle-venous pump of the calf

For citation: Sannikov AB, Morozova ON, Shaydakov EV. Comparative morphological and morphometric analysis of the structure of the wall of the calf venous collectors. *Ambulatornaya Khirurgiya*. 2024;21(1):25–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/akh2024-012>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Изучению особенностей морфологического строения вен нижних конечностей в последние годы были посвящены фундаментальные работы отечественных и зарубежных авторов [1–3]. В результате проведенных гистологических исследований было установлено, что при общих морфологических закономерностях строения венозной системы вены нижних конечностей отличаются полиморфизмом [4–6]. Эти различия в первую очередь касались определения толщины венозной стенки или ее отдельных оболочек [7–10]. Аналогичным образом отличия имелись в структурной организации гладкомышечных и соединительнотканых элементов венозной стенки [11].

По мнению Е.В. Шайдакова и др., существующие различия полученных авторами морфометрических данных могли быть обусловлены тем, что гистологические исследования венозных коллекторов проводились без строгой привязки к определенному уровню конечности. Так, в одних случаях для изучения иссекалась большая подкожная вена (БПВ) на голени, а в других – в проксимальных отделах на уровне сафено-фemorального анастомоза на бедре [1]. В другом исследовании авторы пришли к выводу, что полиморфизм вен нижних конечностей наблюдается в строении венозной стенки одной и той же вены не только в различных сегментах конечности, но даже на одном ее уровне [12].

В последние годы уточнению морфологического строения стенки вен нижних конечностей было

посвящено несколько исследований, одним из которых является работа О.Н. Леоновой и др. [13]. В ходе эксперимента было проведено измерение толщины стенок различных подкожных вен и их отдельных оболочек. Так, в БПВ на голени при общей толщине стенки $259,18 \pm 0,18$ мкм толщина интимы составила $28,65 \pm 0,95$ мкм, а средней оболочки – $186,13 \pm 5,05$ мкм [14]. Большой интерес представляют морфометрические исследования Х.Г. Абдувасидова и др. по изучению объемной доли присутствия гладкомышечных и соединительнотканых элементов в стенке БПВ. По данным этих авторов, объемная доля гладкомышечных клеток в стенке БПВ составила $25,20 \pm 1,35\%$ для внутренней, $85,50 \pm 1,11\%$ – для средней и $69,20 \pm 1,45\%$ – для наружной оболочки. Объемная доля стромальных соединительнотканых элементов в средней оболочке стенки БПВ равнялась $44,6 \pm 1,38\%$ и в наружной оболочке – $42,0 \pm 1,56\%$ [12, 15].

Как видно из представленных данных, в подавляющем числе исследований морфологическое изучение особенностей строения венозной стенки было проведено на примере БПВ. В единичных случаях аналогичные исследования проводились на бедренной или подколенной (ПКВ) венах и не касались внутримышечных венозных коллекторов. При этом в последние годы именно с эктазией внутримышечных вен (ВМВ) голени во многом связывается формирование патологической сегментарной венозной гиперволемии у пациентов с различными формами хронических заболеваний

вен [16]. Исходя из этого, изучение особенностей морфологического строения этих венозных коллекторов голени, возможно, лежащих в основе изменения их емкостных свойств, является актуальной задачей для понимания всех аспектов развития хронической венозной недостаточности. Кроме того, проведение подробного сравнительного морфологического и морфометрического анализа строения различных венозных коллекторов голени позволит иначе взглянуть на их гемодинамический вклад в функционирование мышечно-венозной помпы голени в целом.

Цель – проведение сравнительного анализа морфологических и морфометрических особенностей строения стенок основных венозных коллекторов голени: БПВ, ВМВ, задних большеберцовых вен (ЗББВ) и ПКВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения сравнительного морфологического и морфометрического анализа в качестве объектов для изучения были взяты БПВ на уровне мышечной части голени, вены икроножного венозного коллектора, ЗББВ и ПКВ.

Гистологические исследования были выполнены на аутопсийном материале вен 32 людей, умерших в возрасте от 35 до 50 лет от различных причин, а также 10 ампутированных конечностей на уровне бедра без указания в анамнезе на наличие варикозной болезни или венозного тромбоза. С целью получения материала из подколенного косо-продольного доступа иссекались сегменты магистральных икроножных вен, ЗББВ и ПКВ. Сегмент БПВ иссекался из дополнительного разреза на границе средней и верхней трети голени, что соответствовало уровню мышечной части икроножной мышцы.

Для проведения анализа было изъято 68 фрагментов БПВ, 81 фрагмент икроножных ВМВ, 79 фрагментов ЗББВ и 77 фрагментов ПКВ. Весь гистологический материал фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина. После стандартной проводки материала в градиенте спиртов готовили парафиновые срезы. Поперечные срезы толщиной 6–7 мкм окрашивали гематоксилин-эозином, фукселином, пикрофуксином по Ван Гизону, а также по методу Маллори.

Морфологическое исследование венозной стенки проводили на микроскопе Levenhuk Zoom с увеличением PL4x/0.10, PL10x/0.25 и PL40x/0.65. Фотопротоколирование осуществлялось с помощью видеокамеры TourCam UCM0S14000KPA с возможностью видео- и цифровой обработки фото в программе TourView.

Количественный сравнительный анализ структур стенок вен различных коллекторов голени проводился с помощью визуальной аналоговой шкалы

морфологических изменений соединительнотканых и гладкомышечных элементов (Visual Analog Morphology Scales – VAMS), в которой определенному характеру морфологических изменений соответствовало количество баллов от 1 до 10. Ранее данная система анализа уже была использована нами при изучении структурной перестройки стенки БПВ на голени у пациентов различных возрастных групп и при наличии варикозной трансформации [17–19].

Морфометрию структур венозной стенки проводили при помощи программы Image-Pro Plus 6.1 с измерением толщины оболочек стенки, общего диаметра и просвета вен. Измерения проводили с последовательным шагом в одно поле зрения микроскопа (не менее 4 полей зрения), полученные показатели усредняли.

Морфометрический анализ объемной доли гладкомышечных и соединительнотканых компонентов венозной стенки осуществляли с помощью точечной сетки по методу Г.Г. Автандилова [20]. Отношение числа точек, приходящихся на каждую структуру, к общему числу точек на срезе, выраженное в процентах, характеризовало долю указанных элементов в изучаемой структуре. Подсчет продольных и циркулярных гладкомышечных клеток в перерасчете на доли выполняли в препаратах, окрашенных гематоксилин-эозином. Подсчет эластических и коллагеновых волокон осуществляли в препаратах, окрашенных фукселином/пикрофуксином.

Статистический анализ полученных данных проводился с помощью программного комплекса IBM SPSS Statistics (США), который позволил анализировать и сопоставлять количественные показатели, полученные во всех группах сравнения по общепринятым в мире стандартам. Анализ статистической значимости полученных математических характеристик в группах сравнения основывался на данных двухвыборочного t-теста для независимых выборок по рассчитываемому программой критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$ во всех случаях.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Общий анализ морфологического строения вен на голени показал типовую схожесть их структурной организации. В стенке всех венозных коллекторов на голени имелась хорошая дифференциальная визуализация оболочек венозной стенки. Гистологическими ориентирами для определения отдельных оболочек венозной стенки служили:

- для внутренней оболочки – эндотелий и субэндотелиальный слой;
- для средней оболочки – первый и последний циркулярные слои гладкомышечных клеток (SMC);

- для наружной оболочки – пограничный со средней оболочкой внутренний слой продольных гладкомышечных клеток (SML).

Подробное гистологическое изучение вен различных коллекторов голени позволило установить общие для строения их стенок закономерности.

Внутренняя оболочка (Ti) вен на голени состоит из эндотелия и субэндотелиального слоя. Эндотелиальные клетки (En), покрывающие всю внутреннюю оболочку, образуют непрерывный слой. За монослоем эндотелиальных клеток всегда следует субэндотелиальный слой (SEnL), который во всех случаях был хорошо развит и состоял из нежных соединительных эластических волокон (EF), ориентированных в косом или радиальном направлении. Коллагеновые волокна (CF) в Ti встречаются в единичных случаях. Внутренняя эластическая мембрана (Li) отсутствует. Во всех гистологических исследованиях в Ti обнаруживаются гладкомышечные элементы, представленные продольными клетками, расположенными в субэндотелиальном слое на границе средней оболочки. Внутренняя оболочка различных вен на голени всегда хорошо выражена, а соединительнотканые волокна и гладкомышечные клетки в ней структурированы.

Средняя оболочка (Tm) хорошо представлена в стенке вен на голени и имеет оформленные мышечные слои, представленные гладкомышечными клетками, ориентированными в продольном и циркулярном направлении. Количество мышечных слоев в средней оболочке ВМВ различно. Чаще это два циркулярных мышечных слоя (SMC), чередующихся с тремя продольными мышечными слоями (SML). Первый, продольный внутренний, или периинтимальный, слой располагался на границе внутренней и средней оболочек. Второй, наружный продольный периадвентициальный слой располагался на границе средней и наружной оболочек. Третий продольный слой находился в центральной части средней оболочки в окружении циркулярных гладкомышечных клеток. Эластическая строма средней оболочки представлена рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, которая состоит из межклеточного основного вещества и большого количества идущих в циркулярном направлении эластических волокон. В сравнении с количеством эластических волокон коллагеновые волокна в средней оболочке представлены менее интенсивно. В пределах средней оболочки от циркулярных эластических волокон отходят тонкие продольные волокна, которые сопровождают циркулярные гладкомышечные клетки. Расположенные во внутренних слоях Tm эластические волокна вплетаются в субэндотелиальный слой Ti и составляют единый каркас внутренней оболочки вены. Продолжение

стромальных элементов кнаружи образует эластические элементы наружной оболочки.

Наружная оболочка (TA) в стенке вен на голени всегда хорошо выражена. Во всех случаях на границе со средней оболочкой присутствует периадвентициальный слой продольно ориентированных гладкомышечных клеток. Во всех венах на голени в их наружной оболочке визуализируется мощный соединительнотканый каркас, состоящий преимущественно из мощных коллагеновых волокон, которые являются основой соединительнотканного остова наружной оболочки. Эластические волокна присутствуют в TA в большом количестве без четкой направленности. Наружная эластическая мембрана в стенке поверхностных и глубоких вен на голени отсутствует. Сосудистая сеть *vasa – vasorum* в TA всегда хорошо выражена.

В соответствии с VAMS морфологическая картина гладкомышечных элементов в исследуемых венах на голени соответствовала: для БПВ – $2,316 \pm 0,634$, для ВМВ – $3,544 \pm 1,383$, для ЗББВ – $2,122 \pm 0,5186$, для ПКВ – $2,425 \pm 1,105$ балла. Морфологическая картина соединительнотканых элементов в исследуемых венах голени соответствовала: для БПВ – $2,364 \pm 1,97$, для ВМВ – $4,908 \pm 1,576$, для ЗББВ – $2,122 \pm 0,518$, для ПКВ – $2,425 \pm 1,105$ балла.

Объемная доля присутствия гладкомышечных и соединительнотканых элементов в оболочках стенок всех трех коллекторов голени представлена в табл. 1 и 2.

Объемная доля продольных гладкомышечных клеток, присутствующих во всех оболочках стенок сравниваемых вен, была наименьшей для внутримышечных венозных коллекторов. Данная статистически значимая особенность структурной организации этих вен сохранялась на уровне всех оболочек. Так, например, объемная доля продольных гладкомышечных клеток субэндотелиального слоя Ti БПВ почти в 2 раза превышала аналогичный показатель для ВМВ: $40,93 \pm 8,85$ и $16,97 \pm 6,68\%$ соответственно. В средней оболочке объемная доля продольных гладкомышечных клеток в ВМВ также была значительно меньше, чем в БПВ, ЗББВ и ПКВ: $37,39 \pm 7,73$ и $53,26 \pm 12,21$; $51,34 \pm 6,05$; $49,27 \pm 7,17\%$ соответственно. Аналогичная тенденция к уменьшению объемной доли сохранялась и в количестве присутствия в Tm циркулярных гладкомышечных клеток: $49,79 \pm 8,29$ и $72,21 \pm 11,78\%$; $57,23 \pm 7,03$; $54,55 \pm 8,92\%$ соответственно. При этом обращает на себя внимание тот факт, что присутствие циркулярных гладкомышечных клеток в стенке было наибольшим в БПВ даже в сравнении с ПКВ. В наружной оболочке ВМВ объемная доля продольных гладкомышечных клеток почти в 2 раза превышала аналогичный показатель для ЗББВ и ПКВ и в 1,5 раза – для БПВ. При этом наименьшее присутствие

Таблица 1. Объемная доля гладкомышечных элементов в стенке вен голени, $M \pm \sigma$, %
Table 1. Volume fraction of smooth muscle elements in the wall of the calf veins, $M \pm \sigma$, %

Венозный коллектор	Структурный элемент венозной стенки*			
	Ti	Tm		TA
	SML	SML	SMC	SML
БПВ (n = 68)	40,93 $\pm$ 8,85	53,26 $\pm$ 12,21	72,21 $\pm$ 11,78	46,62 $\pm$ 9,08
ВМВ (n = 82)	16,97 $\pm$ 6,68	37,39 $\pm$ 7,73	49,79 $\pm$ 8,29	63,67 $\pm$ 7,85
ЗББВ (n = 79)	28,97 $\pm$ 5,54	51,34 $\pm$ 6,05	57,23 $\pm$ 7,03	28,86 $\pm$ 6,35
ПКВ (n = 77)	35,34 $\pm$ 6,39	49,27 $\pm$ 7,17	54,55 $\pm$ 8,92	29,12 $\pm$ 5,69

Примечание. Ti – внутренняя оболочка; Tm – средняя оболочка; TA – наружная оболочка; SML – продольные гладкомышечные клетки; SMC – циркулярные гладкомышечные клетки; БПВ – большая подкожная вена; ВМВ – внутримышечная вена; ЗББВ – задняя большеберцовая вена; ПКВ – подколенная вена.

* P (доверительная вероятность) = 0,95, p (уровень значимости) < 0,05.

Таблица 2. Объемная доля соединительнотканых элементов в стенке вен голени, $M \pm \sigma$, %
Table 2. Volume fraction of connective tissue elements in the wall of the calf veins, $M \pm \sigma$, %

Венозный коллектор	Структурный элемент венозной стенки*					
	Ti		Tm		TA	
	EF	CF	EF	CF	EF	CF
БПВ (n = 68)	73,29 $\pm$ 6,63	16,77 $\pm$ 7,37	81,88 $\pm$ 9,08	21,16 $\pm$ 7,44	43,33 $\pm$ 8,49	61,31 $\pm$ 7,41
ВМВ (n = 82)	81,63 $\pm$ 7,43	11,53 $\pm$ 5,05	87,91 $\pm$ 8,86	13,51 $\pm$ 4,38	18,71 $\pm$ 5,18	53,69 $\pm$ 6,73
ЗББВ (n = 79)	76,56 $\pm$ 6,42	21,09 $\pm$ 7,98	62,18 $\pm$ 7,32	45,56 $\pm$ 6,01	42,87 $\pm$ 4,62	70,43 $\pm$ 7,63
ПКВ (n = 77)	78,72 $\pm$ 6,29	30,13 $\pm$ 9,01	73,59 $\pm$ 8,48	38,43 $\pm$ 7,47	37,84 $\pm$ 5,74	77,75 $\pm$ 9,44

Примечание. Ti – внутренняя оболочка; Tm – средняя оболочка; TA – наружная оболочка; EF – эластические волокна; CF – коллагеновые волокна; БПВ – большая подкожная вена; ВМВ – внутримышечная вена; ЗББВ – задняя большеберцовая вена; ПКВ – подколенная вена.

* P (доверительная вероятность) = 0,95, p (уровень значимости) < 0,05.

Таблица 3. Морфометрические показатели толщины стенки вен голени, $M \pm \sigma$, мкм
Table 3. Morphometric indicators of the wall thickness of the calf veins, $M \pm \sigma$, μ

Венозный коллектор	Структурный элемент венозной стенки*					
	Ti	Tm	TA	Th	L	D
БПВ (n = 68)	49,46 $\pm$ 6,42	160,94 $\pm$ 12,02	70,17 $\pm$ 1,58	289,68 $\pm$ 19,43	277,38 $\pm$ 70,03	1783,63 $\pm$ 332,25
ВМВ (n = 82)	31,52 $\pm$ 6,00	135,42 $\pm$ 16,13	47,03 $\pm$ 3,50	197,09 $\pm$ 29,29	3707,44 $\pm$ 541,04	5645,37 $\pm$ 694,36
ЗББВ (n = 79)	29,60 $\pm$ 1,87	146,77 $\pm$ 21,07	51,41 $\pm$ 9,96	218,30 $\pm$ 37,10	2939,35 $\pm$ 244,53	4158,19 $\pm$ 363,53
ПКВ (n = 77)	43,82 $\pm$ 3,71	257,41 $\pm$ 19,22	48,26 $\pm$ 9,65	346,25 $\pm$ 30,97	3599,69 $\pm$ 545,83	7567,74 $\pm$ 586,73

Примечание. Ti – внутренняя оболочка; Tm – средняя оболочка; TA – наружная оболочка; Th – толщина венозной стенки; L – просвет венозной стенки; D – диаметр вены; БПВ – большая подкожная вена; ВМВ – внутримышечная вена; ЗББВ – задняя большеберцовая вена; ПКВ – подколенная вена.

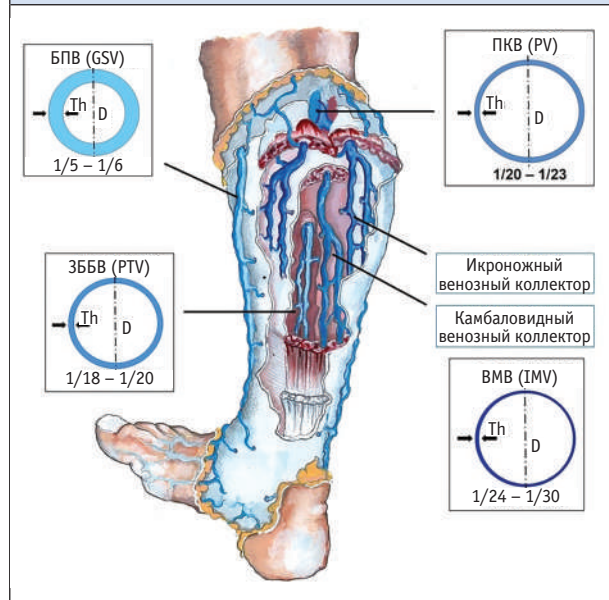
* P (доверительная вероятность) = 0,95, p (уровень значимости) < 0,05.

продольных гладкомышечных клеток в ТА было отмечено в ЗББВ и ПКВ. Исходя из этих данных, создавалось впечатление, что чем глубже вена находится в голени в окружении мышечных массивов, тем менее она нуждается в наличии продольных гладкомышечных клеток. Обособленную позицию занимает только БПВ, которая, не покрытая мышцей и располагающаяся в подкожной жировой клетчатке, имеет в структуре своих оболочек самую большую долю присутствия как продольных, так и циркулярных гладкомышечных клеток. В ЗББВ и ПКВ наибольшая объемная доля

гладкомышечных элементов сосредоточена в средней оболочке, тогда как в БПВ она почти равномерно распределена во всех оболочках. Отчетливая тенденция к увеличению объемной доли гладкомышечных элементов от Ti к TA прослеживается в ВМВ.

Результаты морфометрического исследования оболочек стенок подкожных, внутримышечных и глубоких вен голени представлены в табл. 3. Морфометрические исследования показали наименьшую толщину стенки ВМВ даже в сравнении с расположенными по соседству через глубокую фасцию ЗББВ: 197,09 $\pm$ 29,29

Рисунок. Усредненные значения соотношения толщины стенки к диаметру изучаемых венозных коллекторов на уровне мышечной части голени
Figure. Averaged values of the ratio of wall thickness to diameter of the studied venous collectors at the level of the muscular part of the calf



БПВ (GSV) – большая подкожная вена; БМВ (IMV) – внутримышечная вена; ЗББВ (PTV) – задняя большеберцовая вена; ПКВ (PV) – подколенная вена; Th – толщина стенки; D – диаметр.

и $218,30 \pm 37,10$ мкм. Если не считать большую толщину стенки ПКВ, что в принципе может быть соизмеримо с ее диаметром, то обращает на себя внимание общая толщина стенки БПВ на этом уровне голени ($289,68 \pm 19,43$ мкм) при ее относительно малом диаметре. Также в стенке БПВ была отмечена наибольшая толщина внутренней, средней и наружной оболочки. А вот в БМВ их толщина оказалась наименьшей. Так, например, в сравнении с толщиной ТА в БПВ наружная оболочка БМВ оказалась тоньше почти в 2 раза: $70,17 \pm 1,58$ и $47,03 \pm 3,50$ мкм соответственно. Обращает на себя внимание меньшая толщина T_i БМВ и берцовых вен в сравнении с толщиной внутренней оболочки БПВ: $31,52 \pm 6,00$ и $29,60 \pm 1,87$ мкм соответственно к $49,46 \pm 6,42$ мкм. Толщина средней оболочки БМВ также оказалась наименьшей по сравнению с БПВ и ЗББВ: $135,42 \pm 16,13$ мкм к $160,94 \pm 12,02$ и $146,77 \pm 21,07$ мкм соответственно.

На рисунке показаны усредненные значения отношения общей толщины стенки изучаемых вен к их диаметру.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты морфологического изучения особенностей строения различных вен на голени показали общую схожесть структурной организации стенок вен. Исходя из степени выраженности

гладкомышечных элементов в средней оболочке, можно было сделать вывод, что подкожные, внутримышечные и глубокие вены на голени в соответствии с общепринятой гистологической классификацией относятся к венам с хорошо выраженным мышечным слоем. С нашей точки зрения, данная особенность морфологического строения вен голени вне зависимости от их нахождения под кожей или в глубине мышечного массива обусловлена одинаковым для них венозным давлением на одном уровне конечности, которое остается величиной постоянной и не зависит даже от перемены положения тела. На первом этапе исследований установленные нами общие закономерности морфологического строения стенок всех венозных коллекторов на голени, функционирующих в условиях одинакового гидростатического давления, позволили предположить их сопричастность не только к общим регуляторным процессам венозного оттока, но и к непосредственному формированию величины эффективного трансмурального давления, являющегося одной из основных частей, составляющих общую, инициирующую венозный кровоток в нижних конечностях силу, получившую в физиологии название *vis a fronte*.

И все же на фоне, казалось, схожей общей морфологической картины строения венозных коллекторов на голени при проведении анализа по VAMS со статистической обработкой данных не могло не обратить на себя внимание то, что некоторые структурные отличия в гораздо большей степени касались БМВ голени, чем БПВ, ЗББВ и ПКВ.

Определение объемной доли соединительнотканых элементов в стенке вен на голени проводилось отдельно для эластических и коллагеновых волокон. Исходя из проведенного анализа имеющейся морфологической картины по VAMS, имеет смысл отметить, что ни в одном из случаев мы не встретили картину выраженной коллагеновой пролиферации, свойственную варикозно трансформированной вене, или фибросклеротической перестройки, наблюдаемой в стенке нормальных вен у людей старшей возрастной группы. Объемная доля присутствия эластических волокон для всех вен была достоверно выше в T_i и T_m в сравнении с ТА, где присутствие коллагеновых волокон было выше. Необходимо отметить, что данная тенденция сохранялась во всех трех венозных коллекторах. Однако если сравнить объемные доли этих структурных компонентов венозной стенки, то можно отметить, что, например, БМВ нуждаются в значительно меньшем количестве как эластических, так и коллагеновых волокон во всех оболочках, включая ТА. Из общего анализа представленных в табл. 1 данных можно заключить, что соединительнотканый остов БМВ в гораздо меньшей степени

укреплен коллагеновыми и эластическими волокнами, тогда как объемная доля присутствия коллагеновых волокон в ТА была выше не только для подкожных вен, но и ЗББВ и ПКВ.

Принципы, заложенные в основу морфологического строения стенки любого отдела венозной системы человека, имеют большое значение в обеспечении гемодинамических условий кровотока в венах. Применительно к нижним конечностям, безусловно, речь идет о венозном оттоке. Вне зависимости от положения тела человека с точки зрения нормальной физиологии вены нижних конечностей обеспечивают адекватный и постоянный приток крови в правые отделы сердца, объем которого полностью соизмерим с артериальным притоком. Как нами уже было отмечено, в любых гемодинамических условиях нормальное функциональное состояние вен обеспечивается тонусом их стенок, в регуляции которого главная роль отводится величине трансмурального давления. В горизонтальном положении подкожные вены находятся в состоянии частичного спадения, а следовательно, приобретают эллипсоидную форму. Ввиду того что гидростатическим давлением в горизонтальном положении можно пренебречь, непосредственно тонусу стенки вен отводится незначительная роль. Гораздо большее значение в обеспечении венозного оттока в горизонтальном положении может иметь величина тонуса окружающих тканей, а именно наиболее крупных мышц голени (икроножной и камбаловидной). В вертикальном положении гемодинамические условия функционирования вен нижних конечностей изменяются. Однако традиционно представляемая для ортостаза аксиома особенностей венозного кровотока в условиях повышенного гидростатического давления не имеет под собой реальной биофизической почвы, так как степень увеличения общего внутрисосудистого давления на величину гидростатического давления относится в равной степени как к артериальному, так и к венозному отделу общего кровотока конечности. Это находит свое подтверждение в отсутствии значимых изменений как артериального, так и венозного давления при перемене положения тела. Таким образом, можно заключить, что изначально присутствующие особенности морфологической структуры стенки различных венозных коллекторов голени играют в регуляции их тонуса чрезвычайно важную роль.

Как показывают проведенные нами исследования, объемная доля мышечно-эластических структур во внутренней и средней оболочке подкожных вен на голени значительно превосходит этот показатель не только для ЗББВ, но и ПКВ. Исходя из этого, можно сделать вывод, что просвет глубоких вен более подвержен пассивным изменениям в зависимости от действия различных

факторов. Однако наименьшие показатели объемной доли гладкомышечных элементов имеют ВМВ голени. Так, для внутренней оболочки эти показатели для БПВ, ЗББВ и ВМВ имеют значения $40,93 \pm 8,85$; $28,97 \pm 5,54$ и $16,97 \pm 6,68\%$ соответственно. В средней оболочке для продольных гладкомышечных клеток эти показатели составили $53,26 \pm 12,21$; $51,34 \pm 6,05$ и $37,39 \pm 7,73\%$ соответственно, а для циркулярных гладкомышечных клеток – $72,21 \pm 11,78$; $57,23 \pm 7,03$ и $49,79 \pm 8,29$ соответственно. Кроме того, абсолютная толщина стенки, а следовательно, и способность к колебанию объема у различных вен голени также различаются. Сопоставив толщину стенки трех исследуемых нами вен на уровне мышечной части голени, можно отметить, что она уменьшается в ряду БПВ – ЗББВ – ВМВ: $289,68 \pm 19,43$; $218,30 \pm 37,10$ и $197,09 \pm 29,29$ мкм соответственно.

Среди присутствующих морфологических элементов стенки вен на голени, как и любого сосудистого русла, мы можем выделить опорные структуры, представленные коллагеновыми волокнами, и упруго-сократительные структуры, в состав которых входят эластические волокна и гладкомышечные клетки. При этом именно гладкомышечным клеткам и их емкостным характеристикам отводится главная роль в регуляции сосудистого тонуса вен. Под гемодинамическим понятием «емкость сосуда» подразумевается не только и не столько вмещение определенного количества крови, сколько отношение объема к давлению. Другими словами, венозная емкость выражается способностью сосуда менять свой объем в зависимости от внутрисосудистого давления. В меняющихся гемодинамических условиях различные венозные коллекторы голени при одном уровне гидростатического давления могут обладать разными емкостными свойствами. В связи с этим вклад различных вен в эффективность работы мышечно-венозной помпы голени в норме и компенсаторной роли в условиях развития хронической венозной недостаточности будет различным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования нам удалось не только уточнить морфологические и морфометрические данные особенностей строения стенки подкожных, глубоких вен и ВМВ, но и провести сравнительный анализ общей совокупности результатов для этих вен на одном для всех уровне конечности, а именно мышечной части голени.

Исходя из установленных нами статистически значимых морфологических отличий в строении стенки подкожных вен, ЗББВ, ПКВ и ВМВ, мы можем заключить, что они не могут быть равнозначными по относительной емкости. Сравнив объемные доли присутствия в оболочках стенок

различных вен на голени гладкомышечных и соединительно-канальных компонентов, мы пришли к выводу, что ВМВ голени, исходя из морфологического строения их стенок, должны обладать наибольшими емкостными свойствами по сравнению с другими венозными магистральями. Исходя из этого, на сегодня мы можем сделать вывод, что в функционировании мышечно-венозной помпы голени ВМВ играют наиболее значимую роль.

Проведенные нами исследования не позволили установить зависимость изменения толщины венозной стенки, а также просвета и диаметра вен на голени от имеющихся морфологических особенностей строения их венозной стенки. Отсутствие такой зависимости, с нашей точки зрения, обусловлено следующими моментами. Во-первых, измерение диаметра и просвета вен на аутопсийном и фиксированном препарате в условиях частичного спадения вен не может гарантировать достоверность результатов измерения. Во-вторых, все наши исследования были проведены на здоровых венах, и имеющиеся морфологические особенности строения их стенки соответствовали, по сути, варианту нормы.

В-третьих, попытки установления истинных критериев емкостных характеристик вен на аутопсийном материале расчетным методом не будут иметь достоверного характера. В-четвертых, дальнейшее изучение емкостных характеристик различных вен на голени должно быть проведено прижизненно с помощью функциональных методов изучения кровотока, причем как в горизонтальном, так и вертикальном положении человека.

Сопоставление установленных нами особенностей морфологического строения вен с их гемодинамическими характеристиками, полученными, например, при помощи ультразвуковых или плетизмографических методик, позволит не только сделать окончательный вывод о вкладе каждого из венозных коллекторов в обеспечение пассивного или активного кровотока, но и понять все основные составляющие работы мышечно-венозной помпы голени в целом.

Поступила / Received 15.12.2023

Поступила после рецензирования / Revised 20.02.2024

Принята в печать / Accepted 25.03.2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Шайдаков ЕВ, Булатов ВЛ, Чумасов ЕИ, Петрова ЕС, Сонькин ИН, Черных КП. Структурные особенности варикозно расширенной большой подкожной вены у пациентов разных возрастных групп. *Новости хирургии*. 2014;22(5):560–567. Режим доступа: <https://www.surgery.by/details.php?lang=ru&year=2014&issue=5&number=7>. Shaydakov EV, Bulatov VL, Chumasov EI, Petrova ES, Sonkin IN, Chernykh KP. Structural features of great saphenous varicose vein in patients of different age groups. *Novosti Khirurgii*. 2014;22(5):560–567. (In Russ.) Available at: <https://www.surgery.by/details.php?lang=ru&year=2014&issue=5&number=7>.
2. Чекуарева ИА, Абдувосидов ХА, Паклина ОВ, Макеева ЕА, Колесников ЛЛ. Ультраструктурные изменения стенки большой подкожной вены при варикозной болезни вен нижних конечностей в зависимости от возраста и длительности заболевания. *Морфологические ведомости*. 2018;26(2):26–31. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.18\(26\).02.26-31](https://doi.org/10.20340/mv-mn.18(26).02.26-31). Chekmareva IA, Abduvosidov KhA, Paklina OV, Makeeva EA, Kolesnikov LL. Ultrastructural changes in the wall of the great saphenous vein at the varicose disease of veins of lower limbs depending on age and illness duration. *Morphological Newsletter*. 2018;26(2):26–31. (In Russ.) [https://doi.org/10.20340/mv-mn.18\(26\).02.26-31](https://doi.org/10.20340/mv-mn.18(26).02.26-31).
3. Kochová P, Witter K, Tonar Z. Distribution of orientation of smooth muscle bundles does not change along human great and small varicose veins. *Ann Anat*. 2014;196(2-3):67–74. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2013.10.005>.
4. Porto LC, da Silveira PR, de Carvalho JJ, Panico MD. Connective tissue accumulation in the muscle layer in normal and varicose saphenous veins. *Angiology*. 1995;46(3):243–249. <https://doi.org/10.1177/000331979504600308>.
5. Travers JP, Brookes CE, Evans J, Baker DM, Kent C, Makin GS, Mayhew TM. Assessment of wall structure and composition of varicose veins with reference to collagen, elastin and smooth muscle content. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 1996;11(2):230–237. [https://doi.org/10.1016/s1078-5884\(96\)80058-x](https://doi.org/10.1016/s1078-5884(96)80058-x).
6. Khan AA, Eid RA, Hamdi A. Structural changes in the tunica intima of varicose veins: a histopathological and ultrastructural study. *Pathology*. 2000;32(4):253–257. <https://doi.org/10.1080/pat.32.4.253.257>.
7. Wali MA, Eid RA. Smooth muscle changes in varicose veins: an ultrastructural study. *J Smooth Muscle Res*. 2001;37(5-6):123–135. <https://doi.org/10.1540/jsmr.37.123>.
8. Wali MA, Eid RA. Intimal changes in varicose veins: an ultrastructural study. *J Smooth Muscle Res*. 2002;38(3):63–74. <https://doi.org/10.1540/jsmr.38.63>.
9. Elsharawy MA, Naim MM, Abdelmaguid EM, Al-Mulhim AA. Role of saphenous vein wall in the pathogenesis of primary varicose veins. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2007;6(2):219–224. <https://doi.org/10.1510/icvts.2006.136937>.
10. Porto LC, Azizi MA, Pelajo-Machado M, Matos da SP, Lenzi HL. Elastic fibers in saphenous varicose veins. *Angiology*. 2002;53(2):131–140. <https://doi.org/10.1177/000331970205300202>.
11. Xiao Y, Huang Z, Yin H, Lin Y, Wang S. In vitro differences between smooth muscle cells derived from varicose veins and normal veins. *J Vasc Surg*. 2009;50(5):1149–1154. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.06.048>.
12. Абдувосидов ХА, Макеева ЕА, Колесников ЛЛ. Морфометрические параметры компонентов стенки вен нижних конечностей у людей разных возрастных групп. *Морфология*. 2017;152(6):29–34. Режим доступа: <https://j-morphology.com/1026-3543/article/view/398183>. Abduvosidov KhA, Makeeva EA, Kolesnikov LL. Morphometric parameters of the wall components of lower limb veins in people of different age groups. *Morfologiya*. 2017;152(6):29–34. (In Russ.) Available at: <https://j-morphology.com/1026-3543/article/view/398183>.
13. Леонова ОН, Волков АВ, Агеева ТА, Кайдорин АГ, Атаманов КВ. Морфофункциональная характеристика подкожных вен конечностей в норме и при хронической болезни почек 5 стадии. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2016;(3):47–53. Режим доступа: https://sibmed.net/article.php?lang=rus&id_article=426.

- Leonova ON, Volkov AV, Ageeva TA, Kaidorin AG, Atamanov KV. Morphofunctional characteristic of the superficial veins of limbs in normal and in chronic kidney disease patients. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2016;(3):47–53. (In Russ.) Available at: https://sibmed.net/article.php?lang=rus&id_article=426.
14. Леонова ОН, Атаманов КВ, Волков АВ, Кайдорин АГ. Артериализация подкожной вены верхней конечности в условиях функционирования артериовенозной фистулы. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2019;3(1):13–18. <https://doi.org/10.17116/operhirurg2019301113>.
Leonova ON, Atamanov KV, Volkov AV, Kaidorin AG. Arterialization of the upper extremity saphenous vein during arteriovenous fistula functioning. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2019;3(1):13–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/operhirurg2019301113>.
 15. Абдусидов ХА. Изменения объемной доли структурных компонентов большой подкожной вены с возрастом и при варикозной болезни. *Морфологические ведомости*. 2018;26(1):20–23. Режим доступа: <https://www.morpholetter.com/jour/article/view/100>.
Abduvosidov KhA. Changes of volumes of structural components of a great saphenous vein with age and in varicose disease. *Morphological Newsletter*. 2018;26(1):20–23. (In Russ.) Available at: <https://www.morpholetter.com/jour/article/view/100>.
 16. Шайдаков ЕВ, Санников АБ, Емельяненко ВМ, Рачков МА, Дроздова ИВ, Солохин СА. 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. <https://doi.org/10.17116/operhirurg2019303122>.
Shaydakov EV, Sannikov AB, Emelianenko VM, Rachkov MA, Drozdova IV, Solokhin SA. Variants of ectatic development of the leg intramuscular veins in patients with chronic venous diseases according to multispiral computed tomography phlebography. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2019;3(3):22–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/operhirurg2019303122>.
 17. Санников АБ, Шайдаков ЕВ, Емельяненко ВМ. Формальный генез морфологических изменений стенки большой подкожной вены на голени в различные периоды жизни человека, при развитии ее эктазии и варикозной трансформации. *Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского*. 2020;8(4):74–86. <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2020-8-4-74-86>.
Sannikov AB, Shaydakov EV, Emelynenko VM. Formal genesis of morphological changes of the great saphenous vein wall on the calf in various periods of human life, with the development of its ectasia and varicose transformation. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal*. 2020;8(4):74–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2020-8-4-74-86>.
 18. Санников АБ, Шайдаков ЕВ. Морфологическая перестройка соединительнотканых элементов стенки большой подкожной вены человека на голени при развитии варикозной трансформации. *Амбулаторная хирургия*. 2021;18(2):111–123. <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2021-18-2-111-123>.
Sannikov AB, Shaydakov EV. Morphological restructuring of the connective tissue elements of the wall of the great saphenous vein of a person on the lower leg during the development of varicose transformation. *Ambulatornaya Khirurgiya*. 2021;18(2):111–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2021-18-2-111-123>.
 19. Санников АБ, Шайдаков ЕВ. Морфологическая перестройка гладкомышечных элементов стенки большой подкожной вены человека на голени при развитии варикозной трансформации. *Амбулаторная хирургия*. 2022;19(2):160–175. <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2022-19-2-160-175>.
Sannikov AB, Shaydakov EV. Morphological restructuring of smooth muscles elements of the wall great saphenous vein of a person on the lower leg during the development of varicose transformation. *Ambulatornaya Khirurgiya*. 2022;19(2):160–175. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2022-19-2-160-175>.
 20. Автандилов ГГ. *Медицинская морфометрия: руководство*. М.: Медицина; 1990. 384 с.

Вклад авторов:

Концепция статьи – А.Б. Санников

Написание текста – А.Б. Санников

Сбор и обработка материала – А.Б. Санников, О.Н. Морозова, Е.В. Шайдаков

Обзор литературы – А.Б. Санников, О.Н. Морозова

Редактирование – Е.В. Шайдаков

Утверждение окончательного варианта статьи – А.Б. Санников, Е.В. Шайдаков

Contribution of authors:

Concept of the article – Alexander B. Sannikov

Text development – Alexander B. Sannikov

Collection and processing of material – Alexander B. Sannikov, Olga N. Morozova, Evgeniy V. Shaydakov

Literature review – Alexander B. Sannikov, Olga N. Morozova

Editing – Evgeniy V. Shaydakov

Approval of the final version of the article – Alexander B. Sannikov, Evgeniy V. Shaydakov

Информация об авторах:

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

Морозова Ольга Николаевна, старший лаборант патологоанатомического отделения, Ивановская областная клиническая больница; 153000, Россия, Иваново, ул. Любимова, д. 1, к. 11; mp960509509@gmail.com

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

Information about the authors:

Alexander B. Sannikov, Can. Sci. (Med.), Vascular Surgeon, Innovative Diagnostic Clinic “Medica”; 24, Vokzalnaya St., Vladimir, 160031, Russia; aliplast@mail.ru

Olga N. Morozova, Senior Laboratory Assistant of the Pathology Department, Ivanovo Regional Clinical Hospital; 1/11, Lyubimova St., Ivanovo, 153000, Russia; mp960509509@gmail.com

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