

Морфологическое изучение клапанного аппарата поверхностной венозной системы полового члена человека

А.Н. Стрелков¹, А.Ф. Астраханцев², С.В. Снегур¹

¹ГБУ РО «Областная клиническая больница»; Россия, 390039 Рязань, ул. Интернациональная, 3а;
²НГУЗ «Центральная клиническая больница №2 им. Н.А. Семашко» ОАО «Российские железные дороги»;
Россия, 129128 Москва, ул. Будаевская, 2

Контакты: Алексей Николаевич Стрелков anstrel11@yandex.ru

Введение. Имеющиеся данные о наличии, строении и возможной роли клапанов вен полового члена противоречивы и недостаточны полны.

Цель исследования — изучить клапанный аппарат глубокой дорсальной (ГДВ) и поверхностной дорсальной вен (ПДВ) полового члена человека.

Материалы и методы. Материалом послужили вены, полученные при аутопсии путем микродиссекции полового члена от венечной борозды до основания ($n = 51$), и поперечные срезы кавернозных тел дистальнее подвешивающей связки ($n = 103$), всего 154 образца тканей. Применяли стандартные гистологические методики: окраску гематоксилином и эозином, фуксином и пикрофуксином, по Маллори.

Результаты. Две ветви ГДВ выявлены в 7,8 % образцов, как правило, в виде деления основного ствола. Клапаны ГДВ обнаружены в 92,2 % случаев, причем частота их обнаружения сразу за подвешивающей связкой составила около 38 %. Возможно, клапаны данной локализации играют роль остиального клапана. На исследованном участке ПДВ клапаны обнаружены в 75 % наблюдений. Всего получены и проанализированы изображения 190 клапанов. Клапаны имеют хорошо развитый валик, коллагеновые и гладкомышечные волокна которого вплетены в среднюю оболочку стенки вен. Основание клапанного валика имеет расположенные в перекрещивающихся плоскостях волокна, что усиливает его. Створки клапана тонкие и состоят преимущественно из коллагеновых волокон. Клапаны ГДВ и ПДВ имеют сходное строение. Регулярно обнаруживаются клапаны в огибающих венах, венах-перфорантах белочной оболочки, венах подболобочного венозного сплетения, парауретральных венах. Все клапаны имеют четкую ориентацию, направленную на односторонний отток крови от полового члена.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о наличии сформированного клапанного аппарата в венах полового члена человека, который обеспечивает однонаправленный венозный отток из кавернозных тел, препятствуя ретроградному кровотоку. Полученные данные дополняют имеющиеся знания о строении клапанного аппарата вен полового члена и его потенциальной роли в осуществлении эректильной функции и развитии эректильной дисфункции.

Ключевые слова: глубокая дорсальная вена, поверхностная дорсальная вена, клапаны, половой член, веногенная эректильная дисфункция

Для цитирования: Стрелков А.Н., Астраханцев А.Ф., Снегур С.В. Морфологическое изучение клапанного аппарата поверхностной венозной системы полового члена человека. Андрология и генитальная хирургия 2020;21(4):68–75.

DOI: 10.17650/2070-9781-2020-21-4-68-75



Morphological study of the valve apparatus superficial venous system of the human penis

A.N. Strelkov¹, A.F. Astrakhanstsev², S.V. Snegur¹

¹Ryazan Regional Clinical Hospital; 3a Internatsionalnaya St., Ryazan 390039, Russia;

²N.A. Semashko Central Clinical Hospital No. 2 of JCS Russian Railways; 2 Budayskaya St., Moscow 129128, Russia

Introduction. Available insufficient and contradictory data on the presence, structure and possible role of the valves of the penile veins determined the aim of the study.

The study objective is the examination of the valve apparatus of the deep dorsal (DDV) and superficial dorsal veins (SDV) of the human penis.

Materials and methods. The material was veins obtained at the autopsy by microdissection from the coronal sulcus to the base of the penis — 51 cases — and cross sections of cavernous bodies distal to the suspensory ligament — 103 cases — a total of 154 observations. Standard histological techniques were used. Staining with hematoxylin and eosin, fuchsin and picrofuchsin, Mallory staining were used.

Results. Two branches of the DDV were identified in 7.8 % of observations, usually as a division of the main trunk. DDV valves were found in 92.2 % of the observations, with the frequency of occurrence immediately distal to the suspensory ligament being about 38 %. Perhaps the valves of this localization play the role of an ostial valve. Valves were detected in 75 % of the cases in the studied area of SDV. A total of 190 valve images were obtained and analyzed. The valves have a well-developed roller, collagen and smooth muscle fibers of which are

woven into the middle shell of the vein wall. The base of the valve roller has fibers located in intersecting planes, which strengthens it. The flaps of the valve are thin and consist mainly of collagen fibers. Valves of DDV and SDV have a similar structure. Valves are regularly found in the envelope veins, the perforant veins of the tunica albuginea, the veins of the subshell venous plexus, the paraurethral veins. All valves have a clear orientation, aimed at unilateral outflow of blood from the penis.

Conclusion. The results of the study indicate the presence of a formed valvular apparatus in the veins of the human penis, which provides unidirectional venous outflow from the cavernous bodies, preventing retrograde blood flow. The findings add to existing knowledge about the structure of the valvular apparatus of the penile veins and its potential role in erectile function and dysfunction.

Key words: deep dorsal vein, superficial dorsal vein, valves, penis, venogenic erectile dysfunction

For citation: Strelkov A.N., Astrakhantsev A.F., Snegur S.V. Morphological study of the valve apparatus superficial venous system of the human penis. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya = Andrology and Genital Surgery* 2020;21(4):68–75. (In Russ.).

Введение

По современным представлениям физиологический механизм эрекции сводится к усилению артериального кровотока, NO-зависимому расслаблению гладкомышечных волокон кавернозной ткани полового члена, что приводит к заполнению синусов кровью и резкому ослаблению, а затем и кратковременному прекращению венозного оттока. Отток крови от кавернозных тел осуществляется по венам, относящимся к поверхностной, средней и глубокой системам. Некоторые авторы объединяют первые две, выделяя поверхностную и глубокую венозные системы полового члена. В последнюю входят глубокие вены полового члена — *vv. profundae penis*, которые обеспечивают венозный отток из центральной части пещеристых тел. В поверхностную систему, таким образом, входят глубокая дорсальная вена (ГДВ) полового члена — *v. dorsalis profunda penis* (традиционно описываемая как один ствол), а также небольшого диаметра парная кавернозная вена, две парные параартериальные вены [1, 2] и подкожная вена, или поверхностная дорсальная вена (ПДВ) полового члена — *v. dorsalis superficialis penis*. ГДВ — основной венозный коллектор кавернозных тел: более 60 % объема крови от кавернозных тел оттекает по ГДВ [2]. В научной литературе описан случай приапизма, обусловленного острым тромбозом ГДВ при болезни Бехчета [3]. Под белочной оболочкой кавернозных тел расположено подболобочное венозное сплетение, где временно депонируется кровь, оттекающая далее по венам-перфорантам в огибающие вены, а по ним — в ГДВ. Кроме того, по ГДВ осуществляется отток крови из губчатого тела, а также из головки полового члена. Из губчатого тела венозная кровь поступает в ГДВ по огибающим венам, количество которых варьирует от 4 до 10 с каждой стороны [4]. Из головки полового члена кровь попадает в ГДВ через ретрокоронарное венозное сплетение. Поверхностная дорсальная вена полового члена обеспечивает отток крови из кожи полового члена и частично из его головки [5]. Наличие анастомозов, связывающих как вены как внутри поверхностной и глубокой венозной систем, так и все венозные со-

суды полового члена, делают венозную систему функционально единой, поэтому разделение на уровни носит несколько условный характер. Таким образом, ГДВ и ПДВ в норме являются главными путями оттока крови от дистальных отделов кавернозных тел [4, 6].

Поскольку ГДВ наиболее часто становится путем патологического оттока крови от кавернозных тел при веногенной эректильной дисфункции, она считается и основным объектом хирургического вмешательства. Осуществляют ее лигирование, иссечение, склерозирование [7], погружение в дубликатуру белочной оболочки [8]. Проводят также склерозирование путей оттока от нее — вен простатического сплетения, внутренних и наружных половых вен [9, 10]. К сожалению, в целом эффективность операций не превышает 30–50 % у пациентов с легкой степенью нарушений и пациентов молодого возраста [10, 11], стремясь к нулю при средней и тяжелой степени нарушений и старшем возрасте пациентов [12]. В связи с этим редукционные хирургические вмешательства на венах полового члена не относятся к рекомендованным и не входят в стандарт лечения эректильной дисфункции [13–15]. Высокую эффективность, превышающую 75 % в отдаленные сроки, демонстрируют лишь отдельные клиники — приверженцы венозной хирургии — у небольшого числа пациентов, причем преимущественно молодых [8, 16]. Причинами неудовлетворительных результатов считают, во-первых, то, что лечение веногенной эректильной дисфункции путем прекращения кровотока по венам не является патогенетическим, а во-вторых, то, что венозная редукция при отсутствии точной топической диагностики венозной утечки с большой вероятностью не будет радикальной [17, 18]. Гипердиагностика веногенной эректильной дисфункции и, как следствие, необоснованное хирургическое вмешательство также компрометируют этот метод лечения [19]. Несмотря на высокий интерес к проблеме, в научной литературе недостаточно сведений о строении и функции клапанного аппарата вен полового члена. Не учитывается наличие и функциональная роль клапанов в венах полового члена. Более того, само наличие клапанов

в венах полового члена признается не всеми исследователями [20, 21].

Целью исследования стало изучение морфологического строения клапанного аппарата ГДВ и ПДВ полового члена человека.

Материалы и методы

Проведено макро- и микроскопическое исследование вен полового члена, полученных при аутопсии умерших от различных заболеваний, в анамнезе которых не было сведений об операциях на органах малого таза или половом члене.

Одну часть материала ($n = 51$) для исследования получили путем микропрепарирования ГДВ и ПДВ с оптическим увеличением (очки-лупы с увеличением в 3,5 раза, Surgitel, США). Получены венозные стволы ГДВ полового члена от ретрокоронарного сплетения до пенопубикального угла, ПДВ — от крайней плоти до подкожной клетчатки передней брюшной стенки. Измеряли длину вены, продольно вскрывали ее просвет, визуально оценивали наличие клапано-подобных структур, фотографировали вену со стороны интимы. Венозный ствол рассекали на фрагменты длиной около 2 см. Проводили стандартную гистологическую подготовку, получая гистологические препараты вен в продольном направлении.

Вторую часть материала для исследования получали путем поперечного иссечения фрагмента кавернозного тела длиной не более 1 см сразу за подвешивающей связкой (*lig. suspensorium penis superficiale*). Изучены фрагменты поперечного среза 103 кавернозных тел. Использовали окраску гематоксилином и эозином, фуксином и пикрофуксином, по Маллори.

Использовали методы описательной статистики: рассчитывали среднее значение (μ) и стандартное от-

клонение (σ). Применяли стандартное программное обеспечение Microsoft Excel 2010.

Результаты

В 1-й группе образцов ГДВ была представлена 1 стволом в 47 (92,2 %) случаях, 2 ствола ГДВ выявлены в 4 (7,8 %) случаях. Длина венозного ствола при выделении вен в продольном направлении варьировала от 9 до 18 см, составив в среднем 13,1 см. Выявляли до 5 клапанов в каждом венозном стволе, всего обнаружены клапаны в 47 (92,2 %) из 51 образца. При этом получили фотографии 82 клапанов. Следует отметить, что констатировали наличие клапана только при его морфологическом подтверждении. Проанализировано около 668 см ГДВ, т.е. 1 клапан приходится на 8,1 см ГДВ. Лишь в 4 (7,8 %) случаях нами не выявлены какие-либо клапанные структуры при макро- и микроскопическом исследовании ГДВ (табл. 1).

Проведено исследование ПДВ полового члена человека (16 образцов). При этом выявили клапаны в 12 (75 %) случаях. Всего с целью выявления клапанов изучено 195 см ПДВ и получены изображения 17 клапанов. Таким образом, 1 клапан встречался на 11,5 см длины данной вены (табл. 1).

Из 103 проанализированных поперечных срезов кавернозных тел в 8 случаях нами выявлены 2 ствола ГДВ на расстоянии 0–2 см от поддерживающей связки — около 7,8 %. Таким образом, из 154 наблюдений в продольном и поперечном направлении в 12 (7,8 %) случаях ГДВ была представлена 2 стволами. Отметим, что, как правило, имело место деление ствола ГДВ в проксимальных отделах полового члена. При этом во всех случаях удвоения вен выявлены клапаны в обоих венозных стволах. Клапаны в ГДВ на поперечном срезе, таким образом, выявлены в 39 (38 %) случаев,

Таблица 1. Характеристика выявленных клапанов глубокой и поверхностной дорсальных вен полового члена в продольном сечении

Table 1. Characteristics of the identified valves of the deep and superficial dorsal veins of the penis in the longitudinal cross section

Изучаемая вена Studied vein	Длина венозного ствола, см Length of the venous trunk, cm		Общее число выявленных клапанов Total number of identified valves	Частота встречаемости клапанов, абс. (%) Frequency of valve occurrence, abs. (%)	Количество клапанов в 1 наблюдении Number of valves in 1 observation		Общая длина исследованных вен, см Total length of studied veins, cm	Длина вены в расчете на 1 клапан, см Vein length per 1 valve, cm
	min–max	$\mu \pm \sigma$			min–max	$\mu \pm \sigma$		
Глубокая дорсальная вена ($n = 51$) Deep dorsal vein ($n = 51$)	9–18	$13,1 \pm 1,9$	82	47 (92,2)	0–5	$1,7 \pm 0,8$	668	8,1
Поверхностная дорсальная вена ($n = 16$) Superficial dorsal vein ($n = 16$)	7–24	$12,2 \pm 4,7$	17	12 (75,0)	0–3	$1,3 \pm 0,9$	195	11,5
Всего <i>Total</i>	—	—	99	—	—	—	863	8,7

Таблица 2. Количество клапанов, выявленных в глубокой дорсальной вене полового члена и ее коммуникантах на поперечном срезе кавернозного тела

Table 2. Number of identified valves of the deep dorsal vein of the penis and their communicates in the transverse cross section of the cavernous body

Сосуд Vessel	Количество выявленных клапанов Number of identified valves
Глубокая дорсальная вена Deep dorsal vein	47
Огибающие вены полового члена Circumflex vein of the penis	31
Вены-перфоранты белочной оболочки Perforating veins of the tunica albuginea	8
Парауретральные вены Paraurethral veins	3
Венулы Venules	2
Всего Total	91

т. е. это довольно постоянные структуры для этой локализации. Предполагаем, что они выполняют функцию остиальных клапанов.

Если ГДВ выявлена в каждом наблюдении, то огибающие вены, вены-перфоранты белочной оболочки и более мелкие венозные сосуды обнаруживались нами случайно. Тем не менее мы регулярно наблюдали клапаны в огибающих венах, венах-перфорантах белочной оболочки, парауретральных венах и венулах полового члена (табл. 2).

Таким образом, с учетом выявленных 82 клапанов ГДВ и 17 клапанов ПДВ, а также 91 клапана, полученного в поперечном сечении кавернозных тел, нами были зафиксированы и проанализированы изображения 190 клапанов вен, относящихся к поверхностной венозной системе полового члена.

Как правило, клапаны ГДВ представлены 2 створками, обеспечивающими полное перекрытие ретроградного кровотока по ним (рис. 1а). При этом клапаны имеют типичное строение. В них отчетливо определяется клапанный валик — основание клапана. Мощные пучки коллагеновых и мышечных волокон переходят и вплетаются в коллагеновый каркас средней оболочки. От клапанного валика отходят 2 створки, или паруса клапана. Они представлены коллагеновыми волокнами и имеют минимальную толщину. При этом длина створки клапана в несколько раз превышает толщину клапанного валика и толщину самой створки (рис. 1б). Благодаря этому створки клапана не оказывают сопротивления движению крови в одном направлении, а при смене направления кровотока они быстро и надежно блокируют его.

Тщательный анализ полученного материала с предварительной маркировкой вен перед подготовкой к гистологическому анализу позволяет констати-

ровать наличие однонаправленного кровотока по ГДВ и ПДВ от кавернозной ткани в систему нижней полой вены. Более того, клапаны огибающих вен и вен-перфорантов белочной оболочки также ориентированы на обеспечение оттока крови из кавернозных тел и препятствуют венозному кровотоку по направлению к ним (рис. 1в, г). Строение клапанов ГДВ и ПДВ принципиально не отличается (рис. 2). В 1 наблюдении при выделении венозного ствола полового члена отмечено прямое сообщение ГДВ с ПДВ. Фактически оба сосуда представляли единый венозный ствол.

Средняя оболочка вены (*tunica media*) имеет 2 слоя: внутренний циркулярный и наружный продольный. Основание клапана также представлено 2 слоями мышечных волокон, лежащих в перекрещивающихся друг с другом плоскостях, что придает основанию клапана дополнительную прочность (рис. 2). Сторона клапана, обращенная к току крови, покрыта эндотелием, имеющим уплощенную форму. На поверхности, обращенной к синусу, эндотелий более высокий, полигональной формы.

В адвентиции, представленной соединительной тканью, определяются крупные артериальные и венозные сосуды, а также многочисленные нервные стволы. Клапаны выявлены нами также в *vasa vasorum* ГДВ, а также в мелких парауретральных венах и венулах.

Обсуждение

Изучение венозной системы полового члена тесно связано с проблемой эректильной дисфункции. Удвоение ГДВ полового члена, выявленное нами в 7,8 % наблюдений, было констатировано и ранее [4, 5]. Тем не менее чаще при анатомическом описании вен полового члена исследователи описывают ГДВ как

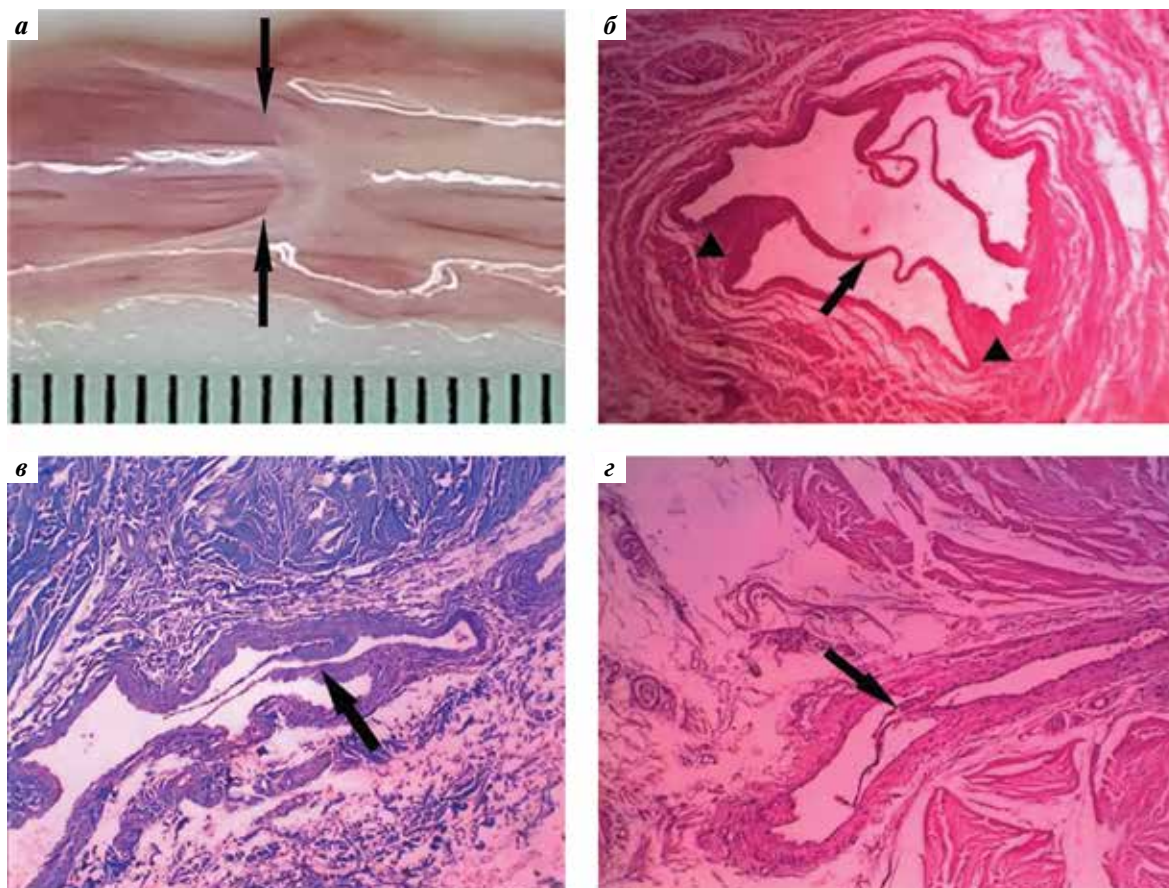


Рис. 1. Клапаны глубокой дорсальной вены полового члена (а, б), огибающей вены (в) и вены-перфоранта белочной оболочки (г): а — макрофотография со стороны интимы. Отчетливо виден клапан с двумя полулунными створками (стрелки) (внизу линейка с ценой деления 1 мм); б — поперечный срез. Клапан с мощными валиками (треугольники), тонкими створками (стрелка). Окраска гематоксилином и эозином. $\times 50$; в — поперечный срез. Клапан (стрелка). Окраска фуксином и пикрофуксином. $\times 50$; г — поперечный срез. Клапан (стрелка). Окраска гематоксилином и эозином. $\times 50$

Fig. 1. Valves of the deep dorsal vein of the penis (а, б), circumflex vein (в) and perforating vein of the tunica albuginea (г): а — macrophotograph from the intima side. A valve with two semilunar cusps (arrows) is clearly visible (a scale with 1 mm increment is shown at the bottom); б — transverse cross section. A valve with large folds (triangles), thin cusps (arrow). Hematoxylin and eosin staining. $\times 50$; в — transverse cross section. Valve (arrow). Fuchsin and picrofuchsin staining. $\times 50$; г — transverse cross section. Valve (arrow). Hematoxylin and eosin staining. $\times 50$

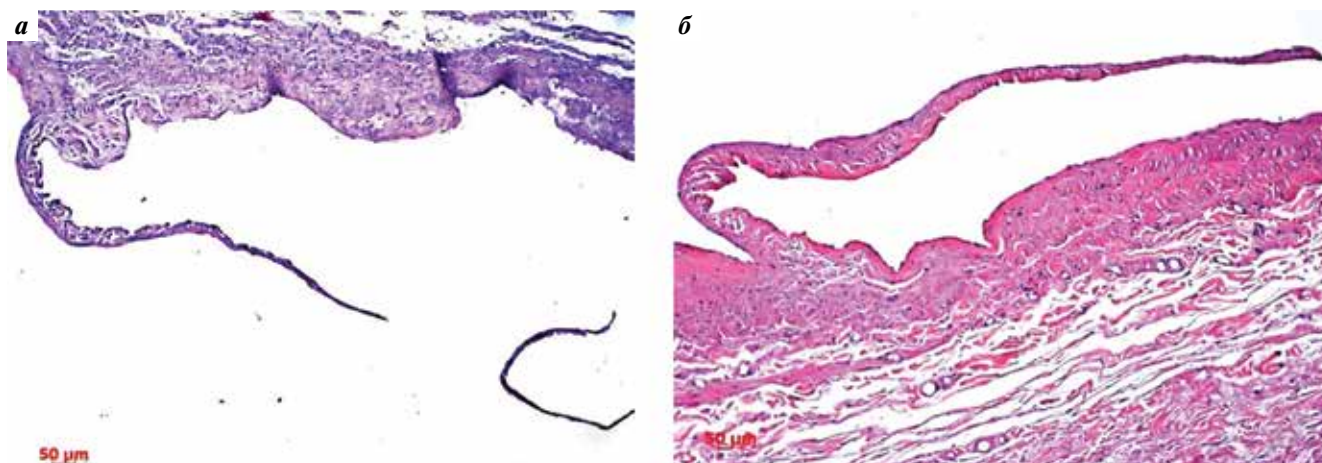


Рис. 2. Клапаны глубокой (а) и поверхностной (б) дорсальной вен полового члена, продольные срезы. Окраска гематоксилином и эозином. Клапаны имеют хорошо развитый валик, collagenовые и гладкомышечные волокна которого вплетены в среднюю оболочку стенки вен

Fig. 2. Valves of the deep (а) and superficial (б) dorsal veins of the penis, longitudinal cross sections. Hematoxylin and eosin staining. Valves have well-developed folds with their collagen and smooth-muscle fibers interweaved into the middle layer of the veins

одиноким сосуд. Наличие дополнительного или аномально расположенного венозного ствола может быть одной из причин неудовлетворительных результатов при попытках остановки кровотока по ГДВ при веногенной эректильной дисфункции [22]. Хирургам необходимо помнить об этом.

Ряд авторов на основании результатов исследований венозной системы различными методами подчеркивает важную роль венозной системы в поддержании эрекции [23, 24]. Под веногенной эректильной дисфункцией понимают ускоренный отток из кавернозных тел, препятствующий сохранению высокого интракорпорального давления и эрекции. Заполнение вен полового члена в начале эрекции является следствием усиления кровотока. Следующая за этим фаза тумесценции сопровождается повышением интракавернозного давления, что способствует сдавлению подболобочного венозного сплетения. Следовательно, вторым важным условием полноценной эректильной функции можно считать интактность кавернозной ткани — сосудистого эндотелия и гладких миоцитов. Данное представление опирается на исследования клинического материала и эксперименты на животных с моделированием веногенной эректильной дисфункции [25, 26]. Достаточная упругость белочной оболочки является третьим фактором, необходимым для стойкой эрекции. Как известно, белочная оболочка имеет двухслойное строение. Вены-перфоранты, проходящие через нее, по мере усиления тумесценции сдавливаются между внутренним циркулярным и наружным продольным слоем белочной оболочки, что также направлено на прекращение оттока крови и развитие эрекции. Упругость снижается с возрастом [27] и при ряде патологических состояний [28]. Выявленные нами клапаны в венах-перфорантах и огибающих венах, венах подболобочного сплетения формируют односторонний кровоток, препятствуя венозному застою. Эрекция — это не венозный застой, а активный физиологический процесс. Недостаточная эффективность редукционной венозной хирургии при веногенной эректильной дисфункции свидетельствует о том, что данный подход нельзя считать патогенетическим. Редукция венозного оттока лишь в определенной мере может улучшать работу веноокклюзионного механизма, но не может полностью его заменить.

Существует точка зрения, согласно которой при сексуальной стимуляции растет давление в простатическом венозном сплетении, а сокращение вен простатического сплетения способствует нагнетанию венозной крови по системе вен полового члена [20]. Авторы рассматривают это обстоятельство как важный фактор развития и поддержания эрекции. Но они

не учитывают наличие клапанов в венозной системе полового члена. Полученные нами результаты свидетельствуют о невозможности полноценной реализации такого механизма. Клапаны препятствуют ретроградному кровотоку из простатического сплетения к кавернозным телам. В то же время само по себе наличие клапанов в поверхностной венозной системе полового члена препятствует заполнению кавернозных тел венозной кровью, что защищает ткани от гипоксии. Полученные нами данные, безусловно, согласуются с общей концепцией венозной гемодинамики [29]. Более того, они подтверждают пассивную роль вен в развитии и поддержании эрекции.

Обращает на себя внимание то, что строение самой ГДВ полового члена различается на разных участках. На тыльной поверхности полового члена вена находится между белочной оболочкой и фасцией Бака и не имеет плотных контактов с окружающими тканями. Это позволяет ей участвовать в регуляции кровотока, меняя свой диаметр, что и происходит во время перехода из состояния физиологического покоя в фазу эрекции и обратно. В то же время под лонным сочленением ГДВ окружена соединительной тканью как футляром, что резко снижает ее сократительную способность. В более ранних морфологических исследованиях ГДВ выявлено наличие своеобразного футляра в области лонного сочленения, рассматриваемого авторами как сфинктер ГДВ [30], участвующий в регуляции венозного кровотока по ГДВ. Выявленный в 38 % наших наблюдений клапан сразу под подвешивающей связкой, по нашему мнению, может играть роль остиального клапана и участвовать в регуляции венозной гемодинамики. Таким образом, венозная система играет важную роль в поддержании эрекции, являясь неотъемлемой частью кровообращения кавернозных тел, но выполняет несколько пассивную функцию в этом активном физиологическом процессе, возможно, за счет изменения диаметра вен. Для ответа на этот и другие вопросы требуются дополнительные исследования с применением функциональных и визуализирующих методов.

Заключение

Вены полового члена: ГДВ, ПДВ, а также огибающие вены полового члена, вены-перфоранты и внутриорганные венулы — имеют выраженную систему клапанов, обеспечивающую односторонний венозный отток из кавернозных тел полового члена. Наше исследование подтверждает пассивную роль вен в развитии и поддержании эрекции и соответствует современным представлениям о веногенной эректильной дисфункции.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Hsieh C.H., Liu S.P., Hsu G.L. et al. Advances in understanding of mammalian penile evolution, human penile anatomy and human erection physiology: clinical implications for physicians and surgeons. *Med Sci Monit* 2012;18(7):118–25. DOI: 10.12659/msm.883201.
2. Hsu G.L., Hung Y.P., Tsai M.H. et al. The venous drainage of the corpora cavernosa in the human penis. *Arab J Urol* 2013;11(4):384–91. DOI: 10.1016/j.aju.2013.04.002.
3. Beddouche A., Ouaziz H., Zougaghi S. et al. [Deep dorsal penile vein thrombosis revealing Behcet's disease (In French)]. *Pan Afr Med J* 2016;24:17. DOI: 10.11604/pamj.2016.24.17.9309.
4. Гайворонский И.В., Мазуренко Р.Г. Вариантная анатомия венозного русла полового члена взрослого человека. *Морфология* 2012;141(1):47–51. [Gaivoronskiy I.V., Mazurenko R.G. Variant anatomy of penile venous vascular bed in adult man. *Morfologiya = Morphology* 2012;141(1):47–51. (In Russ.)].
5. Околокулак Е.С., Волчкевич Д.А. Конституциональная изменчивость сосудов полового члена человека. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета* 2003;(2):38–41. [Okolokulak E.S., Volchkevich D.A. Constitutional variability of vessels of the penis of man. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Journal of the Grodno State Medical University* 2003;(2):38–41. (In Russ.)].
6. Virag R., Paul J.F. New classification of anomalous venous drainage using caverno-computed tomography in men with erectile dysfunction. *J Sex Med* 2011;8(5):1439–44. DOI: 10.1111/j.1743-6109.2011.02226.x.
7. Патент на изобретение № 2574577/20.01.2015. Бюл. № 4. Стрелков А.Н., Котанс С.Я., Аристархов В.Г. Способ хирургического лечения эректильной дисфункции, обусловленной патологическим венозным дренажом по глубокой дорсальной вене полового члена. Доступно по: https://patents.s3.yandex.net/RU2574577C1_20160210.pdf. [Patent RU № 2574577/20.01.2015. Bull. № 4. Strelkov A.N., Kotans S.J., Aristarkhov V.G. Method for surgical management of erectile dysfunction caused by pathological venous drainage along deep dorsal vein of penis. Available at: https://patents.s3.yandex.net/RU2574577C1_20160210.pdf. (In Russ.)].
8. Zhang B., Chen J., Xiao H. et al. Treatment of penile deep dorsal venous leakage of erectile dysfunction by embedding the deep dorsal vein of the penis: a single center experience with 17 patients. *J Sex Med* 2009;6(5):1467–73. DOI: 10.1111/j.1743-6109.2008.01080.x.
9. Lee D., Lewis R., Rotem E., Ulbrandt A. Bilateral external and internal pudendal veins embolization treatment for venogenic erectile dysfunction. *Radiol Case Rep* 2016;12(1):92–6. DOI: 10.1016/j.rader.2016.11.002.
10. Rebonato A., Auci A., Sanguinetti F. et al. Embolization of the periprostatic venous plexus for erectile dysfunction resulting from venous leakage. *J Vasc Interv Radiol* 2014;25(6):866–72. DOI: 10.1016/j.jvir.2014.01.015.
11. Диагностика и лечение веногенной эректильной дисфункции. Под ред. Д.Г. Курбатова. М.: Медпрактика-М, 2017. 256 с. [Diagnosis and treatment of venogenic erectile dysfunction. Ed. by D.G. Kurbatov. Moscow: Medpraktika-M, 2017. 256 p. (In Russ.)].
12. Gao Q.Q., Chen J.H., Chen Y. et al. Dynamic infusion cavernosometry and cavernosography for classifying venous erectile dysfunction and its significance for individual treatment. *Chin Med J (Engl)* 2019;132(4):405–10. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000099.
13. Hatzimouratidis K., Giuliano F., Moncada I. et al. Male sexual dysfunction. EAU guidelines 2019. Available at: <https://uroweb.org/guideline/male-sexual-dysfunction>.
14. Isidori A.M., Giammusso B., Corona G., Verze P. Diagnostic and therapeutic workup of erectile dysfunction: results from a Delphi Consensus of andrology experts. *Sex Med* 2019;7(3):292–302. DOI: 10.1016/j.esxm.2019.04.001.
15. Sohn M., Hatzinger M., Goldstein I., Krishnamurti S. Standard operating procedures for vascular surgery in erectile dysfunction: revascularization and venous procedures. *Sex Med* 2013;10:172–9. DOI: 10.1111/j.1743-6109.2012.02997.x.
16. Herwig R., Kamel A., Shabsigh R. Erectile dysfunction and cavernous veno-occlusive disease. *J Men's Health* 2019;15:12–9. DOI: 10.22374/jomh.v15i2.67.
17. Xu C.C., Pan Y.N., Tang Y.F. et al. Comprehensive assessment of cavernosography with 320-row dynamic volume CT versus conventional cavernosography in erectile dysfunction patients caused by venous leakage. *Biosci Rep* 2017;37(3). DOI: 10.1042/BSR20170112.
18. Ye T., Li J., Li L., Yang L. Computed tomography cavernosography combined with volume rendering to observe venous leakage in young patients with erectile dysfunction. *Br J Radiol* 2018;91(1091):20180118. DOI: 10.1259/bjr.20180118.
19. Cavallini G., Maretti C. Unreliability of the duplex scan in diagnosing corporeal venous occlusive disease in young healthy men with erectile deficiency. *Urology* 2018;113:91–8. DOI: 10.1016/j.urology.2017.11.005.
20. Крупин В.Н., Власов В.В. Роль венозной гемодинамики в механизме эрекции полового члена. Современные технологии в медицине 2010;(4):107–10. [Krupin V.N., Vlasov V.V. Role of a venous hemodynamics in a mechanism of penis erection. *Sovremennye tehnologii v meditsine = Modern Technologies in Medicine* 2010;(4):107–10. (In Russ.)].
21. Садовников В.И., Филиппов В.В., Сандриков В.А. и др. Венозная система полового члена. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова 2005;9:63–8. [Sadovnikov B.I., Filippov V.V., Sandrikov V.A. et al. Venous system of penis. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova = Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2005;(9):63–8. (In Russ.)].
22. Hallerstrom M., von Stempel C.B., Raheem A., Walkden M. Abnormal deep dorsal vein resulting in veno-occlusive erectile dysfunction. *BMJ Case Rep* 2018;2018: bcr2017223496. DOI: 10.1136/bcr-2017-223496.
23. Hsieh C.H., Wang C.J., Hsu G.L. et al. Penile veins play a pivotal role in erection: The haemodynamic evidence. *Int J Androl* 2005;28(2):88–92. DOI: 10.1111/j.1365-2605.2005.00497.x.
24. Hsu G.L., Hung Y.P., Tsai M.H. et al. Penile veins are the principal component in erectile rigidity: a study of penile venous stripping on defrosted human cadavers. *J Androl* 2012;33(6):1176–85. DOI: 10.2164/jandrol.112.016865.
25. Жуков О.Б., Зубарев А.Р., Кульченко Н.Г. Ультразвуковые параметры и морфологические критерии веноокклюзивной эректильной дисфункции при возрастном андрогеном дефиците. *Андрология и генитальная хирургия* 2009;(1):39–43. [Zhukov O.B., Zubarev A.R., Kulchenko N.G. Ultrasound's parameters and morphological criteria's venoocclusive erectile dysfunction of patients with late onset hypogonadism. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya = Andrology and Genital Surgery* 2009;(1):39–43. (In Russ.)].
26. Park J., Son H., Chai J.S. et al. Chronic administration of LIMK2 inhibitors alleviates cavernosal veno-occlusive dysfunction through suppression of cavernosal fibrosis in a rat model of erectile dysfunction after cavernosal nerve injury. *PLoS One* 2019;14(3):e0213586. DOI: 10.1371/journal.pone.0213586.

27. Стрелков А.Н., Астраханцев А.Ф., Улитенко А.И. Возрастные морфо-функциональные изменения белочной оболочки и сосудов полового члена человека. Технологии живых систем 2019;(3):38–46. [Strelkov A.N., Astrakhantsev A.F., Ulitenko A.I. Age-related morpho-functional changes of the tunica albuginea and blood vessels of the penis of a man. Technologies zhivikh system = Technologies of Living Systems 2019;(3):38–46. (In Russ.)]. DOI: 10.18127/j20700997-201903-03.
28. Hsieh C.H., Huang Y.P., Tsai M.H. et al. Tunical outer layer plays an essential role in penile veno-occlusive mechanism evidenced from electrocautery effects to the corpora cavernosa in defrosted human cadavers. Urology 2015;86(6):1129–35. DOI: 10.1016/j.urology.2015.07.054.
29. Трушков П.В. Трактат о венозном клапане человека. Киров, 2006. 120 с. [Trushkov P.V. Treatise on the human venous valve. Kirov, 2006. 120 p. (In Russ.)].
30. Casey W.C., Woods R.W. Anatomy and histology of penile deep dorsal vein: venous cushions and proximal “sphincter”. Urology 1982;19(3):284–6. DOI: 10.1016/0090-4295(82)90500-3.

Вклад авторов

А.Н. Стрелков: разработка концепции и дизайна исследования, сбор данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи;

А.Ф. Астраханцев: анализ и интерпретация данных, написание текста статьи;

С.В. Снегур: сбор и обработка данных.

Authors' contributions

A.N. Strelkov: developing the research idea and design, obtaining the data, statistical analysis, data analysis and interpretation, article writing;

A.F. Astrakhantsev: data analysis and interpretation, article writing;

S.V. Snegur: obtaining the data.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.Н. Стрелков / A.N. Strelkov: <https://orcid.org/0000-0003-1761-0529>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике Областной клинической больницы (г. Рязань) (протокол № 2 от 04.03.2013).

Compliance with principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of Ryazan Regional Clinical Hospital (protocol No. 2 of 04.03.2013).