

Статья поступила в редакцию 7.05.2024 г.

DOI: 10.24412/2687-0053-2024-2-63-67

EDN: JHKAJZ

Информация для цитирования:

Путинцев А.М., Струкова О.А., Францев Р.С., Константинова Н.Н., Петрова М.А. ГЕМОДИНАМИКА БАССЕЙНА ЛЕВОЙ ПОЧЕЧНОЙ ВЕНЫ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НЕЁ АРТЕРИАЛЬНЫХ СТРУКТУР (ВЕРХНЕЙ БРЫЖЕЕЧНОЙ АРТЕРИИ И АОРТЫ) // Медицина в Кузбассе. 2024. №2. С. 63-67.

Путинцев А.М., Струкова О.А., Францев Р.С., Константинова Н.Н., Петрова М.А.Кузбасская областная клиническая больница имени С.В. Беляева,
Кемеровский государственный медицинский университет,
г. Кемерово, Россия

ГЕМОДИНАМИКА БАССЕЙНА ЛЕВОЙ ПОЧЕЧНОЙ ВЕНЫ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НЕЁ АРТЕРИАЛЬНЫХ СТРУКТУР (ВЕРХНЕЙ БРЫЖЕЕЧНОЙ АРТЕРИИ И АОРТЫ)

Изучены синтопия аорты и верхней брыжеечной артерии (ВБА) по отношению к левой почечной вене (ЛПВ), а также суммарное воздействие пульсирующего давления аорты и верхней брыжеечной артерии на гемодинамику левой почечной вены путем применения гидродинамических и математических методов исследования. Показано, что на отток из бассейна левой почечной вены влияет не только компрессия венозного сосуда, но и пульсовое давление. Одновременная пульсация аорты и артерии создает пульсирующий подпор давления в вене, тормозя в ней кровотоку и вызывая колебания скорости движения крови в сторону уменьшения до зон контакта аорты и артерии и в сторону увеличения за зонами контакта. С большой вероятностью, описанное явление со временем приведет к патологиям отдельных участков вены и выходящих из нее сосудов, а также органов, от которых будет нарушен отток.

Ключевые слова: левая почечная вена; аорта; верхняя брыжеечная артерия; гемодинамика; пульсовое давление**Putintsev A.M., Strukova O.A., Frantsev R.S., Konstantinova N.N., Petrova M.A.**Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev,
Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia

HEMODYNAMICS OF THE BASIN OF THE LEFT RENAL VEIN AND THE EFFECT OF ARTERIAL STRUCTURES ON IT (SUPERIOR MESENTERIC ARTERY AND AORTA)

The syntopy of the aorta and superior mesenteric artery (VBA) in relation to the left renal vein (LVV), as well as the total effect of pulsating pressure of the aorta and superior mesenteric artery on the hemodynamics of the left renal vein were studied by applying hydrodynamic and mathematical research methods. It has been shown that the outflow from the left renal vein basin is affected not only by venous vessel compression, but also by pulse pressure. Simultaneous pulsation of the aorta and artery creates a pulsating pressure support in the vein, inhibiting blood flow in it and causing fluctuations in the speed of blood movement downward to the contact zones of the aorta and artery and upward beyond the contact zones. With a high probability, the described phenomenon will eventually lead to pathologies of individual sections of the vein and the vessels coming out of it, as well as organs from which the outflow will be disrupted.

Key words: left renal vein; aorta; superior mesenteric artery; hemodynamics; pulse pressure

В настоящее время изучен большой объем информации, посвященный анализу влияния артерио-венозных конфликтов на развитие разнообразных форм венозной патологии. При сдавлении вены, проходящей рядом с верхней брыжеечной артерией (ВБА), возникает стеноз просвета венозного сосуда и нарушение оттока крови из органов или целых систем организма. Однако причиной сужения является не только артериальная компрессия венозного сосуда. Пульсовая волна прилегающей ВБА постоянно его раздражает, вызывая гиперплазию интимы левой почечной вены (ЛПВ), вплоть до образования эндотелиальных валиков или синехий в её просвете. В бассейне почечной вены, в связи с нарушением гемодинамики, возникает целый ряд патологических состояний: варикоцеле, варикозное расширение вен малого таза и гиперфункция надпочечни-

ков, со стороны почек требуется дальнейшее изучение.

Довольно часто причиной компрессии левой почечной вены, обусловленной ее анатомической особенностью, является аортомезентериальный пинцет, который возникает в результате сдавления ЛПВ в месте прохождения между аортой и верхней брыжеечной артерией. Повышение давления в бассейне левой почечной вены вызывает несостоятельность клапанов вены яичка и способствует возникновению ретроградного тока крови по левой яичковой вене, как следствие, возникает варикоцеле.

Лабильная венная почечная гипертензия и вторичная декомпенсация клапанов левой яичниковой вены у женщин может возникнуть по причине синдрома аортомезентериального сдавления ЛПВ. Стеноз почечных вен может привести к нарушению

венозной почечно-яичниковой гемодинамики и развитию варикозного расширения вен яичников — овариоварикоцеле. Хронический застой крови в яичниках становится причиной нарушения функции тазовых органов, которое может проявляться дисменореей, хронической тазовой болью и, возможно, бесплодием [6].

Установлено, что при ортостатическом сужении ЛПВ и связанном с ним рефлюксе крови по центральной вене левого надпочечника в корковом веществе последнего происходит гиперпродукция стероидных гормонов (кортизола, андрогенов и, как следствие, эстрогенов). Возобновление нормального кровотока в покое обуславливает поступление высоких уровней этих гормонов в общий кровоток, как следствие приводящих к гиперандрогемии и гиперэстрогемии [2]. Непрерывно поддерживаемые данной компрессией высокие уровни андрогенов и эстрогенов крови у женщин репродуктивного возраста могут вызывать нарушения процессов созревания доминантного фолликула в яичнике (т.е. ановуляции), недостаточность лютеиновой фазы овариально-менструального цикла, развитие гиперпластических процессов эндометрия, аномальное маточное кровотечение и ухудшение репродуктивной функции. Может наблюдаться возникновение варикозного расширения вен нижних конечностей, в том числе и атипичной локализации (ягодица, задняя, латеральная поверхность бедра), а также рецидив варикоза после хирургического лечения [2].

В ЛПВ изменение давления происходит на участке между воротами почки и местом пересечения почечной вены с верхней брыжеечной артерией. По закону Бернулли это давление имеет обратную зависимость от скорости кровотока. Таким образом, колебания давления в левой почечной вене будут повышаться или понижаться давлением в левой надпочечниковой вене, не имеющей клапанного аппарата. Это явление вызывает увеличение или снижение количества выделяемых гормонов надпочечника [3].

Цель исследования — изучить гемодинамику бассейна левой почечной вены и воздействие на неё артериальных структур (верхней брыжеечной артерии и аорты) с помощью гидродинамических и математических методов исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2018-2023 гг. на 100 трупах изучены синтопия аорты и верхней брыжеечной артерии по отношению к левой почечной вене, а также суммарное воздействие пульсирующего давления аорты и ВБА на гемодинамику ЛПВ путем применения гидродинамических и математических методов исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

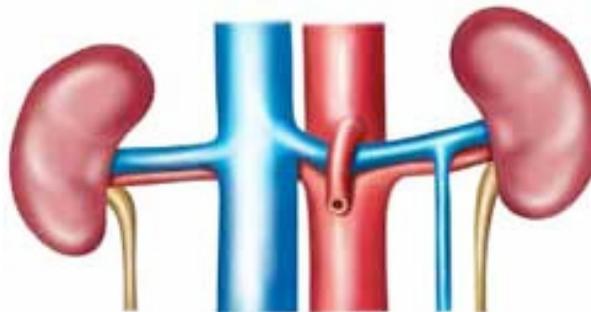
Выходя из левой почки и впадая в нижнюю полую вену, ЛПВ формирует основной магистральный путь оттока из органа. Длина ЛПВ составляет 5-9 см. Дистальный отдел располагается между аор-

Рисунок 1

Аорто-мезентериальный пинцет (Опубликовано в журнале: «StatusPraesens» № 42, Н.В. Артымук)

Figure 1

Aorto-mesenteric forceps (Published in the journal: «StatusPraesens» N 42, N.V. Artymuk)



той и верхней брыжеечной артерией. Основные притоки ЛПВ: гонадная и мочеточниковая вены, капсулярные и поясничные вены. В редких случаях (1,8 %) ЛПВ проходит позади аорты. В 5,7 % наблюдений ЛПВ раздваивается, охватывая аорту кольцом (так называемая кольцевидная почечная вена). ВБА в норме отходит от аорты под углом 28-65°, а величина аорто-мезентериальной дистанции в норме составляет 10-34 мм [3]. В зависимости от типа телосложения человека, аорто-мезентериальное расстояние в норме колеблется от 9 до 16 мм. Диагностическими критериями гемодинамически значимой компрессии ЛПВ являются переднезадний размер 1,5-2,5 мм, локальное повышение скорости кровотока более 110 см/с, изменение фазовости кровотока в престенотической зоне.

Сдавление дистального отдела ЛПВ часто развивается вследствие отхождения ВБА от аорты под острым углом [2]. Компрессия ЛПВ в аорто-мезентериальном пинцете с расширением проксимального отдела сосуда, согласно A.J. Buschi, проявляется клинически у 72 % пациентов со стенозом просвета более чем на 50 %. Сдавление считают значимым, если диаметр ЛПВ в ее проксимальной части превышает диаметр стенозированного участка в 5 раз и более [2]. Компрессию вены можно встретить у пациентов с ретроаортальным расположением или кольцевидным строением дистального отдела ЛПВ (задний синдром орехокола). К развитию левосторонней внутрипочечной гипертензии может привести: опущение левой почки, аномально высокое расположение ЛПВ, выраженный фиброзный процесс в области отхождения ВБА, а также сдавление извне объемным новообразованием.

Суммарное влияние пульсаций аорты и верхней брыжеечной артерии может привести к локальному пульсирующему повышению давления в вене с двух противоположных сторон (рис. 2).

Наибольшее влияние на венозный поток пульсаций давления в аорте оказывается на глубину примерно 3,5 мм (табл. 1) и влияние пульсаций в верхней брыжеечной артерии примерно на глубину 5 мм (табл. 2).

Таблица 1
Зависимость скорости движения крови в импульсе и давления в импульсе от глубины проникновения в венозный поток

Table 1

Dependence of blood velocity in the pulse and pressure in the pulse on the depth of penetration into the venous flow

Глубина, мм	На поверхности	2,74	5,48	8,22	10,96	13,70
Скорость крови в импульсе, мм/сек	34,2	12,6	4,6	1,7	0,6	0,2
Давление в импульсе, Па	0,62	0,08	0,01	–	–	–

Таблица 2

Зависимость скорости движения крови в импульсе и давления в импульсе от глубины проникновения в венозный поток

Table 2

Dependence of blood velocity in the pulse and pressure in the pulse on the depth of penetration into the venous flow

Глубина, мм	На поверхности	3,05	6,10	9,15	12,20	15,25
Скорость крови в импульсе, мм/сек	46,5	17,1	7,9	3,6	1,3	0,5
Давление в импульсе, Па	1,15	0,15	0,03	0,007	–	–

Площади секторов сечения вены, попадающих под это влияние, могут быть найдены по известной формуле:

$$S = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin\alpha \right),$$

где

R – радиус вены, мм;

α – угол сектора, градусов.

Площадь сечения вены, перекрываемая пульсацией давления аорты, составит:

$$S_{\text{аорт}} = \frac{15^2}{2} \left(\frac{3,14 \cdot 96^\circ}{180^\circ} - 0,995 \right) \approx 76 \text{ мм}^2$$

Площадь сечения вены, перекрываемая пульсацией давления верхней брыжеечной артерии, составит:

$$S_{\text{аорт}} = \frac{15^2}{2} \left(\frac{3,14 \cdot 80^\circ}{180^\circ} - 0,985 \right) \approx 46 \text{ мм}^2$$

Общая площадь сечения вены составляет:

$$S = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{3,14 \cdot 15^2}{2} \approx 706 \text{ мм}^2$$

В процентном отношении эти площади составляют:

$$\text{Для аорты} \quad \frac{76}{706} \cdot 100 \approx 10,8 \%$$

Для верхней брыжеечной артерии

$$\frac{46}{706} \cdot 100 \approx 6,5 \%$$

Таким образом, общая часть сечения вены, в которой пульсации аорты и верхней брыжеечной ар-

терии тормозят движение крови и создают пульсации давления в вене, составит примерно $10,8 \pm 6,5 \approx 17,3 \%$ площади сечения вены.

Поскольку обратный кровоток в вене невозможен, пульсации давления крови с двух сторон приводят к пульсирующим деформациям стенок вены в зонах контакта вены с аортой и верхней брыжеечной артерией. Происходит пульсирующее растягивание стенок вены.

Учитывая низкий модуль упругости стенок вены (они растягиваются, слабо сопротивляясь деформациям), а также практическую несжимаемость жидкости (крови), эта деформация передается последующим участкам вены вплоть до периферических сосудов. Деформации могут быть незначительными по величине, учитывая низкое давление в импульсах, но охватывают большую площадь стенки вены – $96^\circ + 80^\circ = 176^\circ$ из окружности в 360° , что составляет примерно 49 % окружности вены.

Следовательно, примерно половина площади стенки вены вынуждена сопротивляться пульсирующим деформациям. Стенки вены, имеющие высокую эластичность, со временем деформируются – растягиваются, причем это растяжение передается другим участкам поверхности вены и далее. Учитывая, что физические свойства стенок вены неоднородны, на каких-то участках деформации (растяжения) будут больше, на каких-то меньше.

Поскольку время службы вены в таких условиях составляет несколько десятилетий, велика вероятность того, что описанное явление со временем приведет к патологиям отдельных участков вены и выходящих из нее сосудов, а также органов, от которых будет нарушен отток.

ВЫВОДЫ

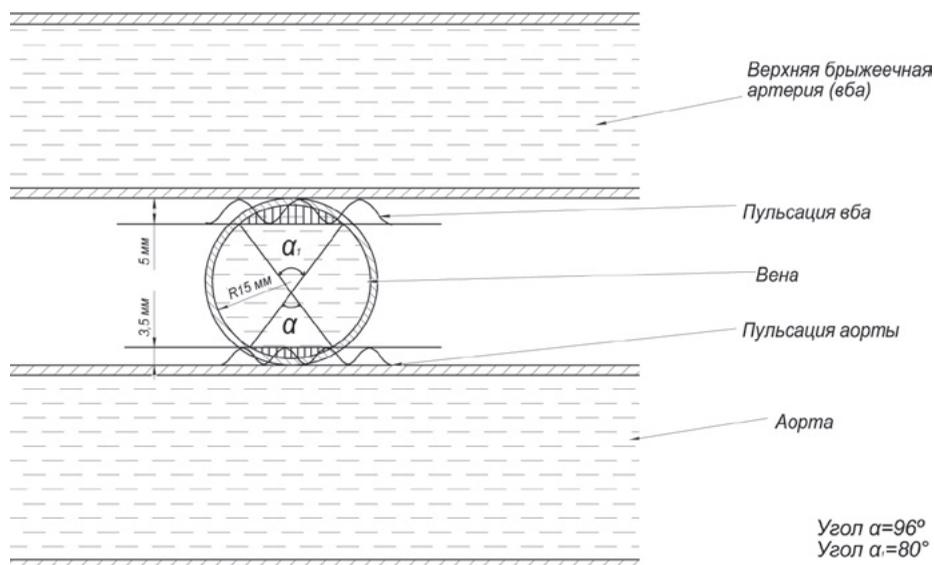
1. Суммарное влияние пульсаций аорты и верхней брыжеечной артерии может привести к локальному пульсирующему повышению давления в вене с двух противоположных сторон.

Рисунок 2

Площади сечения вены, перекрываемые пульсациями давления аорты и верхней брыжеечной вены

Figure 2

Cross-sectional areas of the vein covered by pressure pulsations of the aorta and superior mesenteric vein



2. Наибольшее влияние на венозный поток пульсаций давления в аорте оказывается на глубину примерно 3,5 мм и влияние пульсаций в верхней брыжеечной артерии примерно на глубину 5 мм.

3. Площадь сечения вены, перекрываемая пульсацией давления аорты, составила 76 мм². Площадь сечения вены, перекрываемая пульсацией давления верхней брыжеечной артерии – 46 мм². Общая площадь сечения вены составила 706 мм².

4. Общая часть сечения вены, в которой пульсации аорты и верхней брыжеечной артерии тормозят движение крови и создают пульсации давления в вене, составит примерно 17,3 % площади сечения вены.

5. Время службы вены в таких условиях составляет несколько десятилетий, велика вероятность того, что описанное явление со временем приведет к патологиям отдельных участков вены и выходящих из нее сосудов, а также органов, от которых будет нарушен отток.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES:

- Litvitskiy PF. Regional blood flow and microcirculation disorders. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2020; 19(1): 82-92. Russian (Литвицкий П.Ф. Нарушения регионарного кровотока и микроциркуляции //Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020. Т. 19, № 1. С. 82-92.) DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-1-82-92
- Vasiliev AE, Zhukov OB, Sinityn VE, Sulima AN. Left renal vein stenting: indications, disputable points, immediate and long-term results. *Andrology and genital surgery*. 2021; 22(1): 28-37. Russian (Васильев А.Э., Жуков О.Б., Синицын В.Е., Сулима А.Н. Стентирование левой почечной вены: показания, ближайшие и отдаленные результаты //Андрология и генитальная хирургия. 2021. Т. 22, № 1. С. 28-37.) DOI: 10.17650/1726978420212212837
- Tonyan A.G., Khan V.V. The role of aorto-mesenteric “tweezers” in the development of disorders of the main venous blood flow of the left kidney. *Hospital medicine: science and practice*. 2021; 4(1): 17-25. Russian (Тонян А.Г., Хан В.В. Роль аорто-мезентериального «пинцета» в развитии нарушений магистрального венозного кровотока левой почки // Госпитальная медицина: наука и практика. 2021. Т. 4, № 1. С. 17-25.) DOI: 10.34852/GM3CVKG.2021.34.55.003
- Strakhov SN, Pryadko SI, Bondar ZM, Kosyreva NB. Hemodynamic architectonic variants of left renal and testicular veins and selection of the pathogenetically substantiated method of the surgical treatment of left side varicocele. *Annals of Surgery*. 2014; 3: 32-40. Russian (Страхов С.Н., Прядко С.И., Бондар З.М., Косырева Н.Б. Варианты архитектоники, гемодинамики левой почечной и яичковой вен и выбор патогенетически обоснованного метода хирургического лечения левостороннего варикоцеле //Анналы хирургии. 2014. № 3. С. 32-40.)
- Tonyan AG, Tatevosyan AS, Bunyakina AV. Mathematical modeling of aorto-mesenteric “tweezers”, affecting the relationship between dehydroepiandrosterone and testosterone in persons with varicocele. *Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation*. 2020; 17(1): 81-91. Russian (Тонян А.Г., Татевосян А.С., Буныкина А.В. Математическое моделирование работы аорто-мезентериального «пинцета», влияющего на взаимоотношения дегидроэпиандростен-

диона и тестостерона у лиц с варикоцеле //Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2020. Т. 17, № 1. С. 81-91.) DOI: 10.31429/vestnik-17-1-2-81-91

6. Grigorieva EV, Senichkina MN, Mayorova AA, Kiseleva OA. Difficulties in diagnosing the syndrome of "aorto-mesenteric tweekers" in a patient with macrohematuria. *Therapeutic Archive*. 2019; 91 (6): 100-102. Russian (Григорьева Е.В., Сеничкина М.Н., Майорова А.А., Киселева О.А. Трудности диагностики синдрома «аорто-мезентериального пинцета» у пациентки с макрогематурией //Терапевтический архив. 2019. Т. 91, № 6. С. 100-102.) DOI: 10.26442/00403660.2019.06.000161
7. Penfold D, Lotfollahzadeh S. Nutcracker Syndrome. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021.
8. Yadav P, Lal H, Verma P, Mourya C. Vascular compression of left renal vein: the nutcracker phenomenon. *BMJ Case Rep*. 2016; 2016. DOI: 0.1136/bcr-2016-218134
9. Ananthan K, Onida S, Davies AH. Nutcracker Syndrome: An update on current diagnostic criteria and management guidelines. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2017; 53: 886e894. DOI: 10.1016/j.ejvs.2017.02.015
10. Macedo GL, Santos MA, Sarris AB, Gomes RZ. Diagnóstico e tratamento da síndrome de quebra-nozes (nutcracker): revisão dos últimos 10 anos. *J Vasc Bras*. 2018; 17(3): 220-228. DOI: 10.1590/1677-5449.012417

Сведения об авторах:

ПУТИНЦЕВ Александр Михайлович, доктор мед. наук, профессор кафедры факультетской хирургии и урологии, ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России, г. Кемерово, Россия. E-mail: putincev_am@mail.ru

СТРУКОВА Оксана Анатольевна, сердечно-сосудистый хирург отделения сердечно-сосудистой хирургии, ГАУЗ КОКБ им. Беляева, г. Кемерово, Россия. E-mail: strukova_oa@mail.ru

ФРАНЦЕВ Роман Сергеевич, канд. мед. наук, доцент кафедры урологии, ФГБОУ ВО СтГМУ Минздрава России, г. Ставрополь, Россия. E-mail: frantsevroman26@gmail.com

КОНСТАНТИНОВА Наталья Николаевна, канд. мед. наук, врач-хирург хирургического отделения № 2, ГАУЗ КОКБ им. С.В. Беляева, г. Кемерово, Россия. E-mail: nati-konstantino@yandex.ru

ПЕТРОВА Мария Альбертовна, студентка 4 курса лечебного факультета, ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России, г. Кемерово, Россия. E-mail: petrova-ma@yandex.ru

Information about authors:

PUTINTSEV Alexander Mikhailovich, doctor of medical sciences, professor of the department of faculty surgery and urology, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia. E-mail: putincev_am@mail.ru

STRUKOVA Oksana Anatolyevna, cardiovascular surgeon of the department of cardiovascular surgery, Kuzbass Clinical Hospital named after S.V. Belyaev, Kemerovo, Russia. E-mail: strukova_oa@mail.ru

FRANTSEV Roman Sergeevich, candidate of medical sciences, docent of the department of urology, Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia. E-mail: frantsevroman26@gmail.com

KONSTANTINOVA Natalya Nikolaevna, candidate of medical sciences, surgeon, surgical department N 2, Kuzbass Clinical Hospital named after S.V. Belyaev, Kemerovo, Russia. E-mail: nati-konstantino@yandex.ru

PETROVA Maria Albertovna, 4th year student of the faculty of medicine, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia. E-mail: petrova-ma@yandex.ru

Корреспонденцию адресовать: ПУТИНЦЕВ Александр Михайлович, 650029, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22 а, ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России
E-mail: putincev_am@mail.ru