

Ультразвуковая диагностика стеноза постоянного сосудистого доступа для гемодиализа

В. С. Коэн

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России

Duplex Scanning of Stenosis in Vascular Access for Hemodialysis

V. S. Koen

North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov, Ministry of Healthcare of Russia

Реферат

Дуплексное сканирование постоянного сосудистого доступа выполнено 550 пациентам, находящимся на программном гемодиализе. Стеноз доступа был выявлен у 48 (8,7 %) обследованных, из них у 26 (54,2 %) был диагностирован гемодинамически значимый стеноз. Чаще встречался стеноз отводящей вены (72,9 % — 35 человек), реже — стеноз приводящей артерии (14,6 % — 7 человек) и зоны анастомоза (10,4 % — 5 человек), стеноз ипсилатеральной подключичной вены был выявлен у 1 (2,1 %) пациента. Развитие стеноза не зависело от пола, возраста пациента, основного заболевания, ставшего причиной развития хронической почечной недостаточности. Стеноз чаще встречался у пациентов с радиоцефалической фистулой ($p < 0,05$). У всех пациентов со стенозом приводящей артерии и зоны проксимального анастомоза имелись сопутствующие заболевания периферических артерий. Выявлена корреляция между наличием гемодинамически значимого стеноза доступа и развитием его тромбоза ($p = 0,02$). Дуплексное сканирование является основным методом диагностики стеноза постоянного сосудистого доступа для гемодиализа, так как позволяет провести своевременную хирургическую коррекцию и повысить эффективность лечения.

Ключевые слова: постоянный сосудистый доступ, артериовенозная фистула, протез, гемодиализ, ультразвуковая диагностика, стеноз.

Abstract

Duplex scanning of vascular access was performed in 550 patients undergoing hemodialysis. Stenosis was detected in 48 (8,7 %) patients, 26 (54,2 %) of them had significant stenosis. Outflow vein stenosis

* Коэн Валерия Сергеевна, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России.

Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41.

Тел.: +7 (921) 573-71-52. Электронная почта: valerii.koen@gmail.com

Koen Valeriia Sergeevna, Postgraduate Student of Radiology Department, Mechnikov North-West State Medical University, Ministry of Healthcare of Russian.

Address: 41, ul. Kirochnaya, Saint Petersburg, 191015, Russia.

Phone number: +7 (921) 573-71-52. E-mail: valerii.koen@gmail.com

was more common (35 people – 72,9 %) than inflow artery stenosis (7 people – 14,6 %) and stenosis of the anastomotic zone (5 people – 10,4 %), ipsilateral subclavian vein stenosis was detected in 1 (2,1 %) case. Stenosis presence did not depend on patient's gender, age or the disease that caused chronic renal failure. Stenosis was more common in patients with radiocephalic fistula ($p < 0,05$). All patients with the inflow artery stenosis and stenosis of the proximal anastomotic zone had concomitant diseases of the peripheral arteries. A correlation was found between the significant stenosis presence and the thrombosis development ($p = 0,02$). Duplex scanning is the useful tool for diagnosing vascular access stenosis as it allows for timely surgical correction and increases the hemodialysis effectiveness.

Key words: Vascular Access, Arteriovenous Fistula, Graft, Hemodialysis, Duplex Ultrasound, Stenosis.

Актуальность

Программный гемодиализ с момента его внедрения в 1960 г. является основным методом заместительной почечной терапии, так как позволяет продлить жизнь пациента на срок до 25 лет и более [2–4, 8]. В России около 72 % пациентов с терминальной почечной недостаточностью находятся на гемодиализной терапии [4]. Для проведения хронического гемодиализа необходим надежный постоянный сосудистый доступ (ПСД) [5, 7]. Нативная артериовенозная фистула (АВФ) традиционно считается доступом первой линии, однако максимальная продолжительность ее функционирования редко превышает 4 года [2–5, 8, 12]. Артериовенозный графт (АВГ) или протез используют при высоком риске развития первичной недостаточности в случае создания АВФ, но продолжительность его функционирования меньше, чем у нативной фистулы [2, 5].

Одним из наиболее частых осложнений функционирования сосудистого доступа для гемодиализа, служащих причиной его утраты, является стеноз [3]. Дисфункция ПСД приводит к необходимости повторных оперативных вмешательств. Полная потеря доступа является угрозой для жизни пациента и

требует дальнейшего обеспечения программного гемодиализа через временные сосудистые доступы [2, 5]. Основным методом диагностики стеноза ПСД является дуплексное сканирование (ДС) [11, 12, 14], однако в России динамическое ультразвуковое исследование сосудистого доступа в настоящее время не входит в стандарт обследования пациента, находящегося на программном гемодиализе [4].

Цель: изучить изменения гемодинамики в ПСД для гемодиализа у пациентов со стенозом фистулы, определить факторы риска, способствующие его развитию.

Материалы и методы

Представленная работа основана на анализе данных ультразвукового и клинического обследований 550 пациентов, находящихся на программном гемодиализе 288 (52,4 %) мужчин и 262 (47,6 %) женщины. Возраст пациентов находился в интервале от 20 до 88 лет, средний возраст составил $56,7 \pm 14,5$ года. Длительность гемодиализной терапии колебалась от 1 мес до 20 лет (в среднем $74,5 \pm 20,1$ мес). Основными причинами хронической почечной недостаточности являлись хронический

гломерулонефрит (26,9 %), сахарный диабет (14,5 %), поликистозная болезнь почек (10,9 %). Нативная АВФ обнаружена у 517 (94 %) обследованных, артериовенозный графт (АВГ) — у 33 (6%).

Всем пациентам выполнено УЗИ сосудистого доступа на ультразвуковом сканере Vivid E9 линейным датчиком 7–10 МГц, использованы В-режим, режим цветового доплеровского картирования и импульсно-волнового доплера. Алгоритм исследования включал изучение приводящей артерии, анастомоза, отводящей вены или протеза, основной и головной вен на плече (при формировании ПСД на предплечье), подключичной вены. Определяли диаметры приводящей артерии, анастомоза, отводящей вены или протеза; пиковую систолическую скорость (ПСС) кровотока в зоне анастомоза; объемную скорость кровотока (ОСК) в отводящей вене или в протезе, в приводящей артерии. В случае выявления зоны локального уменьшения диаметра приводящей артерии или вены более чем на 50 % диагностировали стеноз [13]. Определяли диаметр в зоне стеноза, ПСС кровотока в зоне патологии и на 2 см проксимальнее, ОСК в отводящей вене. ПСС оценивали на 2 см проксимальнее зоны стеноза артерии или вены, а ОСК на 2 см дистальнее зоны стеноза отводящей вены, так как на расстоянии менее 2 см от зоны стеноза кровотоки становятся турбулентными и расчет является неверным, а на расстоянии, превышающем 2 см от зоны стеноза, от фистульной вены могут отходить притоки, отводящие часть крови, и определение скоростных показателей кровотока также будет некорректным [6, 8, 12].

Проводили сбор жалоб, анамнеза заболевания, анализ выполненных оперативных вмешательств по реконструкции фистулы, выполняли лабораторные исследования, эхокардиографию и при необходимости консультацию сосудистого хирурга.

Для анализа результатов исследования применяли пакет статистических программ Statistica 10 для операционной системы Windows XP, разработанный компанией StatSoft. Статистический анализ включал расчет экстенсивных коэффициентов (%), средних арифметических величин (M) и средней ошибки средних арифметических величин (m) по амплитуде вариационного ряда. Для проверки значимости различий частот и средних величин использовали критерий хи-квадрат Пирсона и t-критерий Стьюдента, различие считали достоверным при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Стеноз сосудистого доступа был выявлен у 48 (8,7 %) пациентов, из них у 26 (54,2 %) был диагностирован гемодинамически значимый стеноз. Чаще встречался стеноз отводящей вены (72,9 % — 35 человек), реже — стеноз приводящей артерии (14,6 % — 7 человек) и зоны анастомоза (10,4 % — 5 человек), стеноз ипсилатеральной подключичной вены был выявлен у 1 (2,1 %) пациента. Стеноз достоверно чаще развивался у пациентов с АВГ для гемодиализа (18,2 % — 6 из 33 человек), чем у пациентов с нативной фистулой (6,2 % — 32 из 517 человек). У 2 (6,1 %) пациентов с АВГ отмечался стеноз дистального анастомоза протеза и отводящей вены, у 4 (12,1 %) — стеноз отводящей вены. Гемодинамически значимый стеноз чаще развивался у пациентов с дистальным доступом, чем

с проксимальным ($p = 0,01$), что, вероятно, связано с более крупным диаметром сосудов на плече. Гемодинамически значимый стеноз приводящей артерии был диагностирован только у пациентов с радиоцефалической АВФ.

Стеноз развивался в разные сроки от момента формирования сосудистого доступа: от 3 мес до 12 лет (в среднем $45,9 \pm 19,3$ мес). Его развитие не зависело от пола ($p = 0,54$) и возраста пациента ($p = 0,06$), основного заболевания, ставшего причиной терминальной почечной недостаточности ($p > 0,05$). У всех пациентов со стенозом приводящей артерии и зоны проксимального анастомоза (артерии и вены или артерии и протеза) отмечали сопутствующие заболевания периферических артерий (сахарный диабет и распространенный атеросклероз), что соответствует данным литературы о причинах развития стеноза приносящего сосуда ПСД для гемодиализа [15]. У обследованных со стенозом отводящей вены и зоны дистального анастомоза АВГ (между протезом и веной) не было выявлено корреляции с наличием сопутствующих заболеваний периферических сосудов ($p > 0,05$). Причинами стеноза отводящей вены и зоны анастомоза у большинства пациентов являлись высокая скорость кровотока, многократные пункции в локальной зоне, турбулентный кровоток и вибрация, постоянно травмирующие стенку вены и вызывающие гиперплазию интимы, что также отмечают другие авторы [1, 5, 7, 9, 15]. Причиной первичного стеноза может стать погрешность в хирургической технике при создании сосудистого доступа [5]. Стеноз подключичной вены у 1 пациента был связан с ранее перенесенным тромбозом вены после ее катетеризации [3, 15].

При ДС сосудистого доступа у пациентов с гемодинамически незначимым стенозом ОСК в отводящей вене составила от 380 до 950 мл/мин (в среднем $590 \pm 165,6$ мл/мин), диаметр в зоне патологии — от 1,6 до 2,8 мм (в среднем $2,17 \pm 0,35$ мм), ПСС кровотока в зоне гемодинамически незначимого стеноза была от 286 см/с до 583 см/с (в среднем $402,11 \pm 76,61$ см/с). У пациентов с гемодинамически значимым стенозом ОСК в отводящей вене составила от 80 до 300 мл/мин (в среднем $208,16 \pm 72,67$ мл/мин), диаметр в зоне патологии составил от 1,2 до 2 мм (в среднем $1,74 \pm 0,28$ мм), ПСС кровотока в зоне гемодинамически незначимого стеноза была от 320 до 583 см/с, в среднем $445,71 \pm 66,26$ см/с (табл.). Отношение ПСС кровотока в зоне гемодинамически незначимого стеноза отводящей вены к ПСС в отводящей вене на 2 см проксимальнее зоны стеноза составило от 1,8 до 3, отношение ПСС кровотока в зоне гемодинамически значимого стеноза отводящей вены к ПСС в отводящей вене на 2 см проксимальнее зоны стеноза составило от 3,2 до 5,4.

В результате проведенного исследования были определены критерии гемодинамически значимого стеноза приводящей артерии и отводящей вены (рис. 1, а — з): диаметр сосуда в зоне стеноза менее 2 мм; отношение ПСС в зоне патологии к ПСС в проксимальном отделе более 2 для стеноза приводящей артерии и более 3 для стеноза отводящей вены; ОСК в отводящей вене менее 300 мл/мин [6].

При длительном функционировании фистулы могут наблюдаться такие изменения, как извитость хода артерии (рис. 2, а, б) и вены с формированием

Параметры гемодинамики у пациентов с гемодинамически незначимым и гемодинамически значимым стенозом ПСА для гемодиализа

Локализация	Гемодинамически незначимый стеноз	Гемодинамически значимый стеноз
ОСК в отводящей вене (мл/мин)	590 ± 165,6	208,16 ± 72,67
ПСС кровотока в зоне патологии (см/с)	402,11 ± 76,61	445,71 ± 66,26
Диаметр в зоне патологии (мм)	2,17 ± 0,35	1,74 ± 0,28

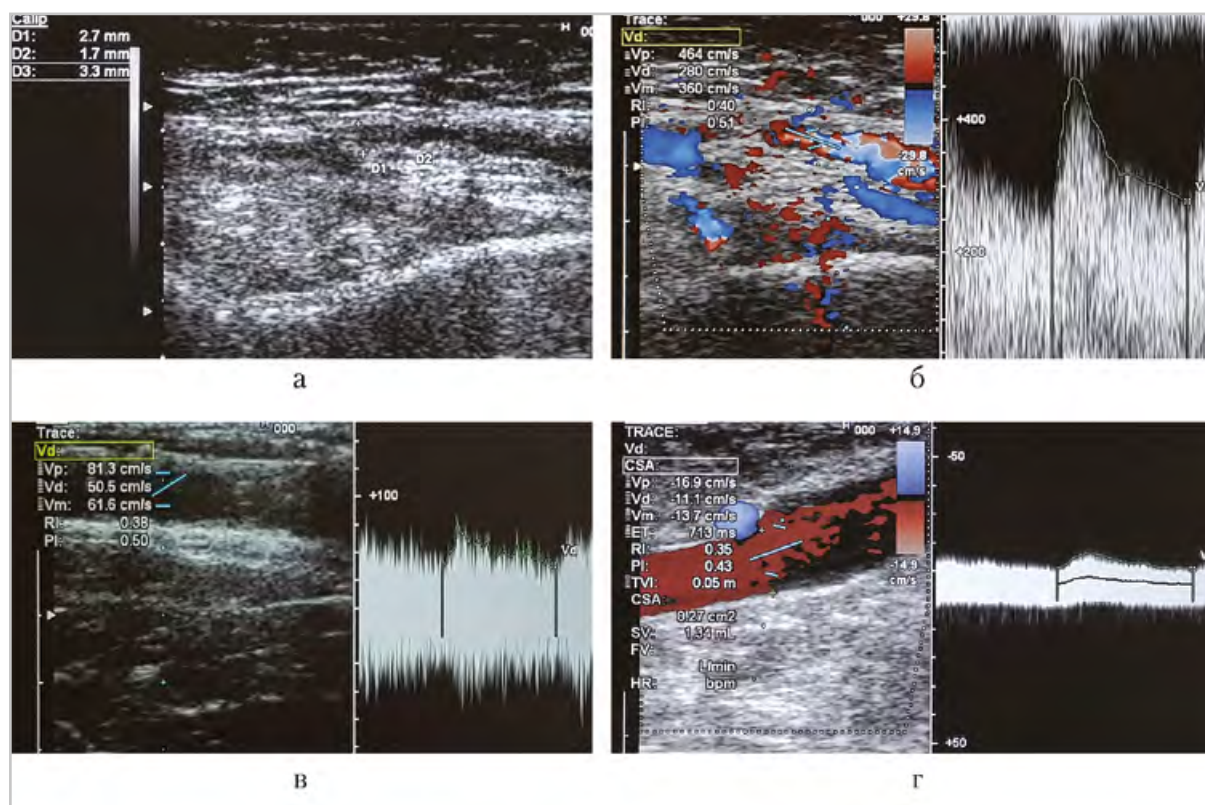


Рис. 1. Эхограммы гемодинамически значимого стеноза отводящей вены: свободный просвет вены в области стеноза в В-режиме равен 1,7 мм (а), пиковая систолическая скорость в зоне стеноза составила 464 см/с (б), пиковая систолическая скорость проксимальнее области сужения равна 81,3 см/с (в), объемная скорость кровотока в отводящей вене дистальнее зоны стеноза составила 134 мл/мин (г)

углов, неравномерный диаметр вены (рис. 3, а, б), особенно при пункциях в локальной зоне, разные значения ПСС на протяжении отводящей вены в зависимости от диаметра сосуда. Показатель ОСК в доступе может быть ниже 300 мл/мин при созревании фистулы

и при ее первичной недостаточности (рис. 4, а – г).

Гемодинамически значимый стеноз зоны анастомоза определяли при отношении ПСС в зоне анастомоза к ПСС в приводящей артерии более 4, при снижении ОСК в отводящей вене менее

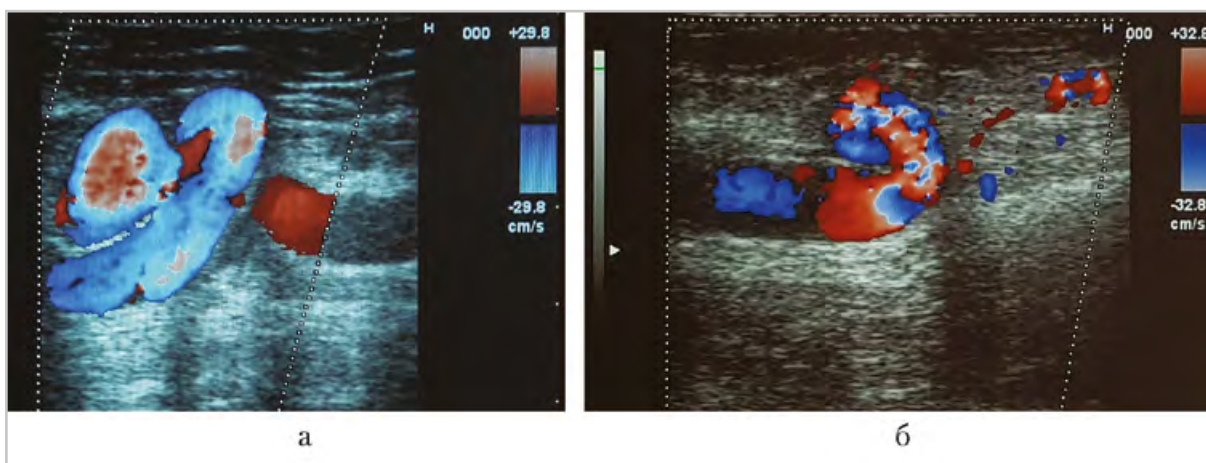


Рис. 2. Эхограммы приводящей артерии в режиме ЦДК: удлинение артерии с формированием петлеобразной извитости (а, б)

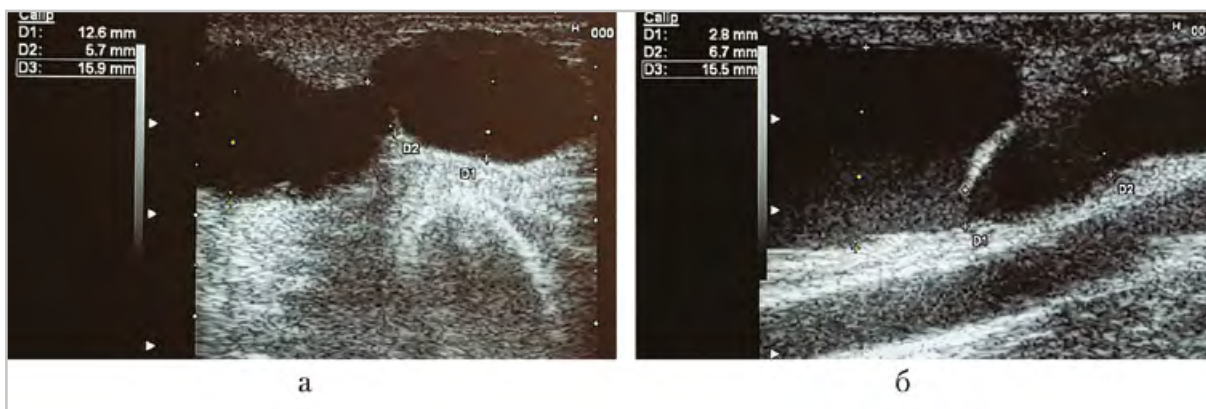


Рис. 3. Эхограммы отводящей вены в В-режиме: неравномерный диаметр и извитость вены при отсутствии гемодинамически значимого стенозирования (а, б)

300 мл/мин. В зоне гемодинамически значимого стеноза анастомоза ПСС составила от 337 до 447 см/с (в среднем $395,8 \pm 51,51$ см/с), отношение ПСС в зоне соустья к ПСС в приводящей артерии было от 4,2 до 6,5. В результате большого градиента давления между приводящей артерией и отводящей веной в зоне анастомоза в норме регистрируют высокие скорости (рис. 5, а – г), поэтому неправильно ориентироваться только на абсолютное значение пиковой систолической скорости [1, 2]. Значение ПСС в зоне анастомоза у пациентов

без стеноза области соустья составило в среднем $328,58 \pm 127,15$ см/с (от 87 до 571 см/с).

При оценке гемодинамической значимости стеноза проводили планиметрическую оценку степени стеноза анастомоза по диаметру (рис. 6) и обращали внимание на наличие выраженного кальциноза в области соустья.

О наличии значимого стеноза также может косвенно свидетельствовать уменьшение ОСК на 25 % по сравнению с данными предыдущего исследования [15].

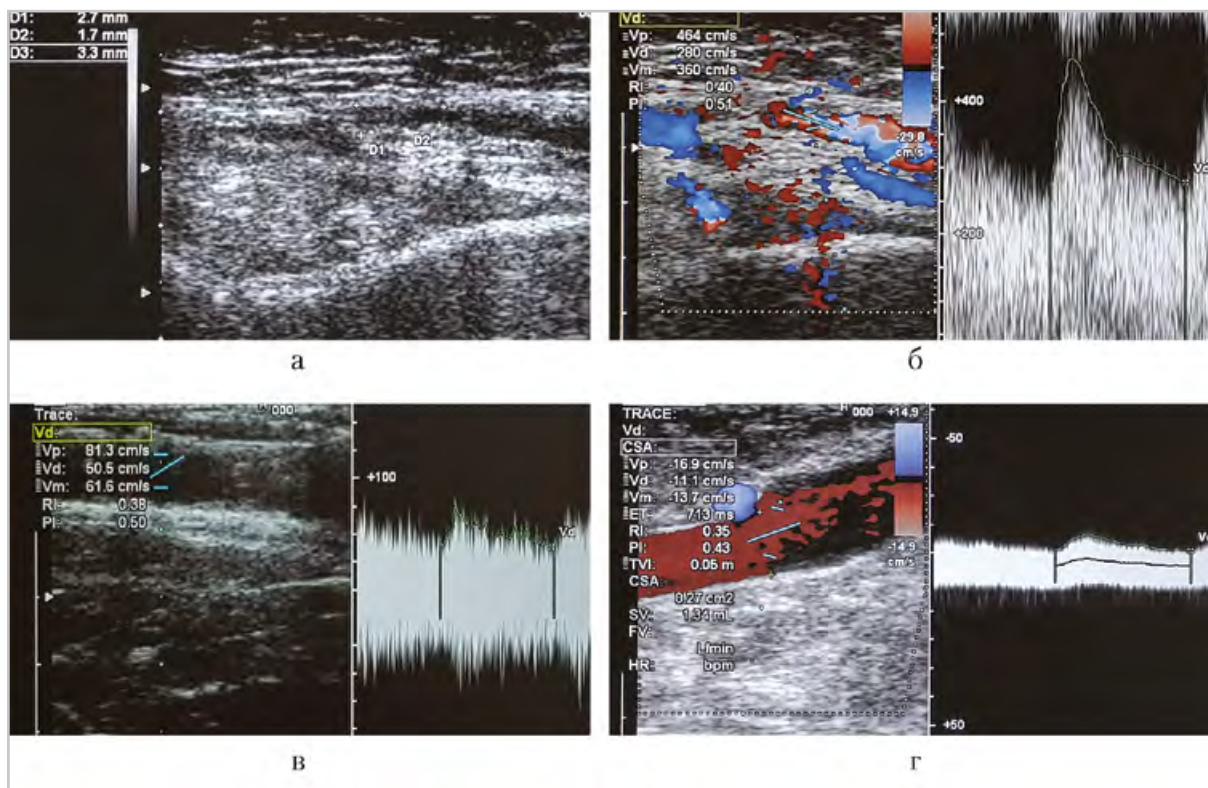


Рис. 4. Эхограммы гемодинамически незначимого стеноза отводящей вены: свободный просвет вены в области стеноза в В-режиме равен 2 мм (а), пиковая систолическая скорость в зоне стеноза составила 511 см/с (б), пиковая систолическая скорость проксимальнее области сужения равна 257 см/с (в), объемная скорость кровотока в отводящей вене дистальнее зоны стеноза составила 505 мл/мин (г)

Одним из критериев гемодинамически значимого стеноза являлось снижение объемного кровотока в фистуле менее 300 мл/мин. По данным литературы для адекватного гемодиализа необходима ОСК более 350–500 мл/мин [1, 15], в нашем исследовании уменьшение кровотока по диализатору, снижение эффективности гемодиализа и затруднения при пункции вены наблюдались в 88,5 % (23 пациента). У всех обследованных с гемодинамически незначимым стенозом доступа (22 человека) процедура гемодиализа проходила адекватно.

У 10 (38,5 %) пациентов с гемодинамически значимым стенозом отмечался тромбоз отводящей вены. Выявлена

корреляция между наличием стеноза сосудистого доступа и развитием тромбоза ($p = 0,02$), что соответствует данным литературы об основной причине развития тромбоза ПСД [5, 7, 11]. Ряд авторов утверждают, что риск тромбоза значительно уменьшается при минимальной ОСК в фистуле более 580 мл/мин [10].

Всем пациентам с гемодинамически значимым стенозом были выполнены реконструктивные вмешательства. В 57,7 % (15 пациентов) проведена баллонная ангиопластика, в 34,6 % (9 человек) был создан новый сосудистый доступ, у 7,7 % (2 обследованных) выполнена реконструкция анастомоза. Способ оперативного лечения определялся сосу-

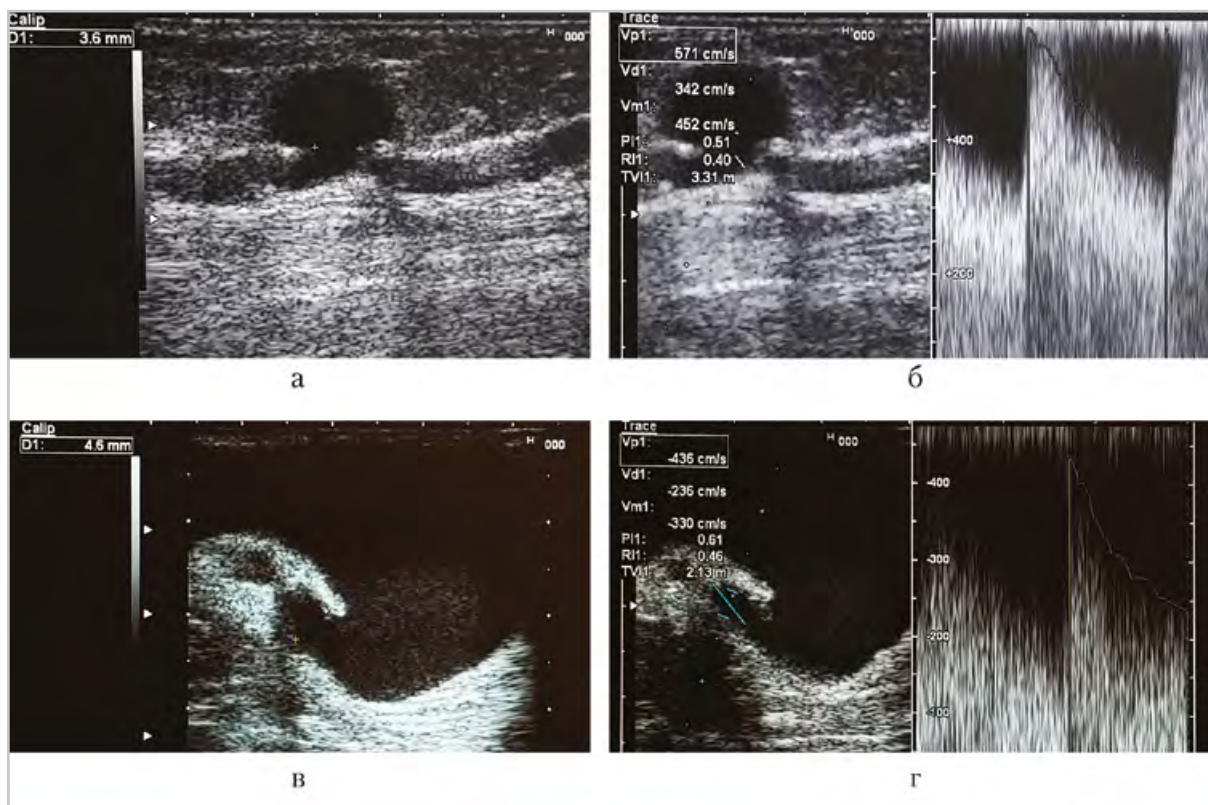


Рис. 5. Эхограммы зоны анастомоза в В-режиме: диаметр анастомоза 3,6 мм (а), 4,6 мм (в), высокоскоростной кровотока при отсутствии стенозирования соустья (б, г)

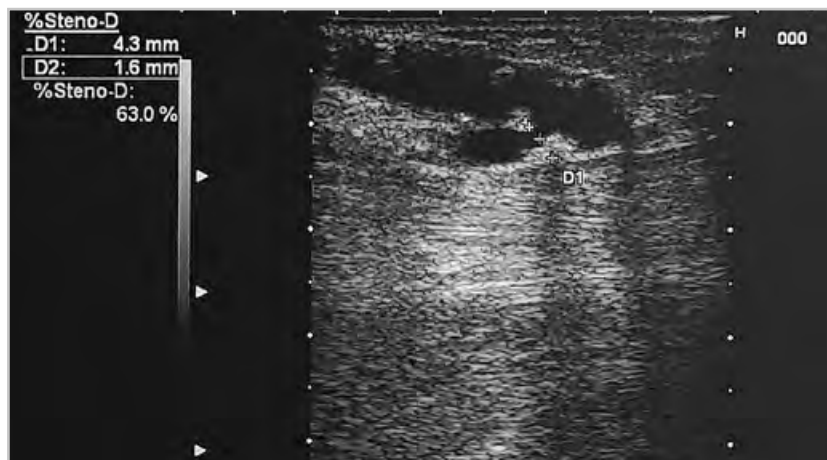


Рис. 6. Эхограмма зоны анастомоза в В-режиме: стеноз анастомоза 63 % при расчете по диаметру

дистым хирургом с учетом уровня формирования ПСД, ресурса сосудов для формирования нового доступа, степени стенозирования сосуда, наличия сопут-

ствующих заболеваний периферических артерий, других осложнений функционирования ПСД, ожидаемой продолжительности жизни пациента.

Заключение

Развитие стеноза сосудистого доступа для гемодиализа не зависит от пола, возраста пациента и основного заболевания, являющегося причиной хронической почечной недостаточности. Наличие сопутствующих заболеваний периферических артерий является фактором риска развития стеноза приводящей артерии и зоны анастомоза артерии с веной или протезом. Гемодинамически значимый стеноз является причиной развития тромбоза и утраты сосудистого доступа. Ультразвуковыми критериями гемодинамически значимого стеноза приводящей артерии и отводящей вены являются диаметр сосуда в зоне стеноза менее 2 мм, отношение ПСС в зоне патологии к ПСС в проксимальном отделе более 2 для стеноза приводящей артерии и более 3 для стеноза отводящей вены, ОСК в отводящей вене менее 300 мл/мин. Диагностика дисфункции сосудистого доступа для гемодиализа позволяет увеличить длительность его функционирования путем своевременной коррекции осложнений. ДС является методом выбора в выявлении стеноза ПСД. Для повышения эффективности программного гемодиализа и увеличения продолжительности жизни пациентов необходимо выполнять динамическое УЗИ сосудистого доступа: проводить УЗИ 1 раз в год у пациентов без осложнений сосудистого доступа, при наличии гемодинамически незначимых осложнений 1 раз в 3–6 мес, при наличии клинико-лабораторных признаков, указывающих на возможную патологию — в срочном порядке.

Список литературы

1. Васильев А. Н., Михеева Ю. С., Смирнов А. В. Патопизиология артериовено-

нозной фистулы // Нефрология. 2015. Т. 19. № 66. С. 61–72.

2. Гринев К. М. Пути улучшения диагностики и хирургического лечения гемодинамических осложнений артериовенозных фистул для хронического гемодиализа: Дис. ... д-ра мед. наук. СПб.: Российский научный центр радиологии и хирургических технологий, 2016. 215 с.
3. Гринев К. М., Карпов С. А., Алферов С. В. Нетромботические осложнения постоянного сосудистого доступа при программном гемодиализе и способы их хирургической коррекции // Вестник СПбГУ. Медицина. 2017. Т. 12. № 4. С. 340–353.
4. Клинические рекомендации «Лечение пациентов с хронической болезнью почек 5 стадии (ХБП 5) методами гемодиализа и гемофильтрации» / Ред. совет: Строков А. Г., Гуревич К. Я., Ильин А. П. и др. 2016. 31 с.
5. Манафов Э. Н. Постоянный сосудистый доступ для гемодиализа: хирургическая тактика: Дис. ... канд. мед. наук. М.: Национальный медико-хирургический центр им. Н. И. Пирогова, 2015. 109 с.
6. Патент 2731407, Российская Федерация, МПК А61В 8/00. Способ определения гемодинамически значимого стеноза отводящей вены артериовенозной фистулы для программного гемодиализа. В. С. Коэн, Т. В. Захматова, А. В. Холин и др.; № 2020107070; заявл. 14.02.20; опубл. 02.09.20. Бюл. № 25. 11 с.
7. Попов А. Н. Оптимальные варианты длительно функционирующих артериовенозных фистул у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: Дис. ... канд. мед. наук. Екатеринбург: УГМУ, 2015. 129 с.

8. Хатчинсон С. Дж., Холмс К. К. Ультразвуковая диагностика в ангиологии и сосудистой хирургии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 400 с.
9. Шольц Х. Сосудистый доступ для гемодиализа / Пер. с англ. под ред. А. С. Гуркова. М.: Практическая медицина, 2019. 280 с.
10. Ishii T., Suzuki Y., Nakayama T. et al. Duplex ultrasound for the prediction of vascular events associated with arteriovenous fistulas in hemodialysis patients / JVA. 2016. V. 17. № 6. P. 499–505.
11. Mudoni A., Caccetta F., Caroppo M. et al. Echo color Doppler ultrasound: a valuable diagnostic tool in the assessment of arteriovenous fistula in hemodialysis patients / J. Vasc. Surg. 2016. V. 7. № 5. P. 446–452.
12. Pietryga J. A., Little M. D., Robbin M. L. Sonography of arteriovenous fistulas and grafts / Seminars in dialysis. 2017. V. 30. № 4. P. 309–318.
13. Quencer K. B., Kidd K., Kinney T. Preprocedure evaluation of a dysfunctional dialysis access / Elsevier. 2017. V. 20. № 1. P. 20–30.
14. Richards J., Hossain M., Summers D. et al. Surveillance arteriovenous fistulas using ultrasound (SONAR) trial in hemodialysis patients: a study protocol for a multicentre observational study / BMJ Open. 2019. V. 9. № 3. e031210.
15. Vascular Access Work Group. KDOQI Clinical Practice Guideline for Hemodialysis Adequacy: 2015. Update. AJDK. 2015. V. 66. № 5. P. 554–930.
2. Grinev K. M. Ways to improve the diagnostics and surgical treatment of hemodynamic complications of arteriovenous fistulas for hemodialysis. Dis. ... d-ra med. nauk. Saint Petersburg, 2016. 215 p. (in Russian).
3. Grinev K. M., Karpov S. A., Alferov S. V. Non-thrombotic complications of permanent vascular access for hemodialysis and methods of its surgical treatment. Vestnik SPbGU. Medicina. 2017. V. 12. No. 4. P. 340–353 (in Russian).
4. National guidelines «Treatment of patient with terminal kidney insufficiency by hemodialysis and hemofiltration». Stokov A. G., Gurevich K. Ya., Il'in A. P. et al. 2016. 31 p. (in Russian).
5. Manafort Je. N. Permanent vascular access for hemodialysis: surgical tactics. Dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 2015. 109 p. (in Russian).
6. Patent 2731407 Russian Federation, MPK A61B8/00. Method for determining significant stenosis of the outflow vein in the arteriovenous fistula for hemodialysis. V. S. Koen, T. V. Zahmatova, A. V. Holini; № 2020107070; zayavl. 14.02.20; opubl. 02.09.20. Byul. № 25. 11 p. (in Russian).
7. Popov A. N. Optimal variants of long-term functioning arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. Dis. ... kand. med. nauk. Ekaterinburg, 2015. 129 p. (in Russian).
8. Hatchinson S. J., Holms K. K. Ultrasound diagnostics in angiology and vascular surgery. Moscow: GJeOTAR-Media, 2018. 400 p. (in Russian).
9. Shol'c H. Vascular access for hemodialysis. Per. s angl. pod red. A. S. Gurkova. Moscow: Prakticheskaja medicina, 2019. 280 p. (in Russian).
10. Ishii T., Suzuki Y., Nakayama T. et al. Duplex ultrasound for the prediction of

References

- vascular events associated with arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. JVA. 2016. V. 17. No. 6. P. 499–505.
11. *Mudoni A., Caccetta F., Caroppo M. et al.* Echo color Doppler ultrasound: a valuable diagnostic tool in the assessment of arteriovenous fistula in hemodialysis patients. J. Vasc. Surg. 2016. V. 7. No. 5. P. 446–452.
 12. *Pietryga J. A., Little M. D., Robbin M. L.* Sonography of Arteriovenous Fistulas and Grafts. Seminars in dialysis. 2017. V. 30. No. 4. P. 309–318.
 13. *Quencer K. B., Kidd K., Kinney T.* Preprocedure evaluation of a dysfunctional dialysis access. Elsevier. 2017. V. 20. No. 1. P. 20–30.
 14. *Richards J., Hossain M., Summers D. et al.* Surveillance arteriovenous fistulas using ultrasound (SONAR) trial in hemodialysis patients: a study protocol for a multicentre observational study. BMJ Open. 2019. V. 9. No. 3. e031210.
 15. Vascular Access Work Group. KDOQI Clinical Practice Guideline for Hemodialysis Adequacy: 2015. Update. AJDK. 2015. V. 66. No. 5. P. 554–930.

Сведения об авторе

Коэн Валерия Сергеевна, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России.
Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41.
Тел.: +7 (921) 573-71-52. Электронная почта: valeriia.koen@gmail.com

Koen Valeriya Sergeevna, Postgraduate Student of Radiology Department, Mechnikov North-West State Medical University, Ministry of Healthcare Russia.
Address: 41, ul. Kirochnaya, Saint Petersburg, 191015, Russia.
Phone number: +7 (921) 573-71-52. E-mail: valeriia.koen@gmail.com

Финансирование исследования и конфликт интересов.

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Автор заявляет, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.