

КОЭН
ВАЛЕРИЯ СЕРГЕЕВНА

ВОМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ
ОСЛОЖНЕНИЙ ПОСТОЯННОГО СОСУДИСТОГО ДОСТУПА ДЛЯ
ПРОГРАММНОГО ГЕМОДИАЛИЗА

3.1.25. Лучевая диагностика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург
2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, доцент
Захматова Татьяна Владимировна

Официальные оппоненты: Савелло Виктор Евгеньевич
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой рентгенодиагностики факультета последипломного образования ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России

Бусько Екатерина Александровна
доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова» Минздрава России

Ведущая организация: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России

Защита состоится «__» _____ 2023 г. в ____ час на заседании диссертационного совета 21.1.028.03 при ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России (191014, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. А.Л. Поленова и на сайте: <http://www.almazovcentre.ru>

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор Иванова Наталия Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Число пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек ежегодно растет, что связано, с одной стороны, с улучшением диагностики и регулярностью обследования, с другой – с увеличением продолжительности жизни благодаря совершенствованию основных методов заместительной почечной терапии (Stegmayr B., et al., 2021; Sen. I., Tripathi R., 2022; Richarz S. et al., 2023). Программный гемодиализ является ведущим методом экстракорпорального очищения крови, доля которого среди других методов заместительной почечной терапии составляет до 90% (Vachharajani T. J. et al., 2021; Saati A. et al., 2023). Диализная популяция в Российской Федерации ежегодно растет (Андрусев А. М. и соавт., 2022).

Для проведения программного гемодиализа необходим надежный постоянный сосудистый доступ (ПСД), успешное функционирование которого влияет на длительность гемодиализной терапии и, следовательно, на продолжительность жизни пациента (Bulbul E., Enc N., 2022; Saati A. et al., 2023). Основными требованиями к сосудистому доступу для гемодиализа являются безопасность и адекватность, что подразумевает возможность повторных пункций при минимальном количестве осложнений, способность обеспечить высокую скорость кровотока, длительное функционирование и сравнительно невысокую стоимость его формирования. Ни один из предложенных и применяемых вариантов сосудистого доступа в полной мере таким требованиям не соответствует (Lok S. E. et al., 2020).

Осложнения ПСД снижают качество жизни пациента и могут привести к необратимой утрате доступа. Формирование нового ПСД сопряжено с истощением ограниченного ресурса сосудов, поэтому следует стремиться к своевременной диагностике и коррекции осложнений с целью сохранения действующего сосудистого доступа. Не менее важным представляется выбор подходящих для формиро-

вания постоянного доступа сосудов, состояние и размер которых влияют на эффективность и продолжительность его функционирования (Lawson J. H. et al., 2020; Lok C. E. et al., 2020; Байков А.Б. и соавт., 2021).

Основным методом визуализации сосудистого русла конечностей, оценки функционирования ПСД для гемодиализа и диагностики его осложнений является дуплексное сканирование (Etkin Y. et al., 2021; Ekart R. et al., 2022; Isaak A. et al., 2023). Учитывая доступность, безопасность, относительно низкую стоимость ультразвукового исследования (УЗИ), небольшое число противопоказаний, целесообразно развивать и усовершенствовать применение дуплексного сканирования для повышения эффективности диагностики и лечения осложнений ПСД для гемодиализа.

Степень разработанности темы исследования

В настоящее время имеется значительное количество работ, посвященных вопросам формирования ПСД для гемодиализа, изменения параметров центральной и региональной гемодинамики после создания фистулы, оценки её функционирования, диагностики и коррекции осложнений (Гурков А. С., 2014; Манафов Э. Н., 2015; Попов А. Н., 2015; Гринев К. М., 2016; Lok C. E. et al., 2020). Однако отсутствуют научные труды, посвященные мультипараметрической оценке факторов риска развития осложнений ПСД для гемодиализа, сопоставлению клинических данных, лабораторных показателей и ультразвуковых признаков осложнений.

В литературе большое внимание уделяется УЗИ как основному методу предоперационной оценки состояния сосудистого русла конечностей перед формированием ПСД и диагностики причин дисфункции фистулы (Choi J. W., Joh J. H., Park H. C., 2017; Sharma J. et al., 2019; Cosovic A. et al., 2020; Niyyar V. D., 2020; Isaak A. et al., 2023; Richarz S. et al., 2023). Вместе с тем не существует единого мнения о необходимости выполнения дуплексного сканирования сосудов конечностей перед созданием доступа, динамического УЗИ уже сформированной фистулы при отсутствии клинической симптоматики (Строков А. Г. и соавт., 2016;

Lok S. E. et al., 2020). Ультразвуковые критерии диагностики гемодинамически значимого стеноза противоречивы (Aragoncillo I. et al., 2017; Pietryga J. A., Little M. D., Robbin M. L., 2017; Хатчинсон Д. С., Холмс К. К., 2018; Conkbayir I. et al., 2018). При этом несвоевременная диагностика и коррекция гемодинамически значимого стеноза может привести к полной утрате сосудистого доступа (Lok S. E. et al., 2020).

Не разработаны единые ультразвуковые критерии таких осложнений ПСД для гемодиализа, как ишемический синдром обкрадывания кисти и аневризма. Существующие методики определения объемной скорости кровотока (ОСК), являющейся важнейшим параметром гемодинамики, имеют значительные недостатки и большую погрешность измерения (Комарова Е. Д. и соавт., 2006; Zierler R. E. et al., 2019).

В Российской Федерации в настоящее время не существует стандартизованных протоколов ультразвукового сканирования ПСД для гемодиализа, не уточнены показания к его проведению. В отечественной литературе встречаются единичные работы, демонстрирующие важность дуплексного сканирования сосудистого доступа для гемодиализа в оценке его функционирования (Мойсюк Я. Г., Беляев А. Ю., 2004; Комарова Е. Д. и соавт., 2006; Фокин А. А. и соавт., 2013).

Таким образом, все вышеизложенное обосновывает целесообразность систематизации протоколов дуплексного сканирования ПСД для гемодиализа, необходимость уточнения показаний к его проведению, детального изучения ультразвуковой семиотики осложнений сосудистого доступа и сопоставления ее с клинико-лабораторными данными, оценки результатов хирургической коррекции дисфункции сосудистого доступа с помощью УЗИ.

Цель исследования

Улучшить ультразвуковую диагностику осложнений ПСД для программного гемодиализа с определением основных факторов риска их развития.

Задачи исследования:

1. Определить значение УЗИ артерий и вен верхних конечностей перед формированием ПСД для гемодиализа в выборе стороны, уровня и вида сосудистого доступа, в определении оптимальных сроков его созревания и выявлении первичной недостаточности фистулы.

2. Изучить структуру, частоту развития и установить ультразвуковые критерии осложнений ПСД с определением факторов риска их развития на основании многофакторного анализа.

3. Разработать новый способ определения ОСК в фистуле для гемодиализа с учетом недостатков ранее применявшихся методик.

4. С помощью дуплексного сканирования оценить результаты хирургических вмешательств, направленных на коррекцию нарушений гемодинамики в ПСД.

Научная новизна исследования

Определено значение УЗИ перед формированием ПСД в выборе артерии и вены, которые подходят для создания доступа, в определении стороны и уровня формирования фистулы, а также в оценке ее созревания. Выявлены основные причины первичной недостаточности артериовенозной фистулы (АВФ) для гемодиализа, такие как малый диаметр анастомоза и наличие крупных притоков отводящей вены, и установлены сроки, когда дальнейшее наблюдение за изменением ее параметров нецелесообразно и необходима хирургическая коррекция первичной недостаточности доступа.

Определены частота и основные факторы риска развития осложнений ПСД для гемодиализа, дана их подробная характеристика, а также указаны факторы, которые не влияют на возникновение осложнений фистулы.

Разработаны способ ультразвуковой диагностики гемодинамически значимого стеноза АВФ (патент РФ №2731407 от 02.09.2020г.) и метод определения ОСК в сосудистом доступе (патент РФ №2722353 от 29.05.2020г.).

Теоретическая и практическая значимость

На основании выполненного исследования определен период до 3 мес. после формирования нативной АВФ, который достаточен для постановки диагноза первичной недостаточности фистулы и направления пациента на хирургическую коррекцию доступа.

Предложен способ определения ОСК в фистуле для программного гемодиализа, основанный на измерении объёмной скорости потока в приводящей артерии проксимальнее и дистальнее анастомоза, который учитывает направление кровотока в артерии дистальнее соустья, не зависит от погрешностей, связанных с неравномерным диаметром и дилатацией отводящей вены, лишен недостатков ранее применявшихся методик расчета объёмного кровотока в сосудистом доступе.

Разработаны ультразвуковые критерии диагностики стеноза, тромбоза, аневризмы, ишемического синдрома обкрадывания кисти, обладающие высокой информативностью.

Методология и методы исследования

Методология исследования основывается на результатах УЗИ фистул для гемодиализа, опубликованных в современной отечественной и зарубежной научной литературе.

Проведен анализ результатов дуплексного сканирования и клинико-лабораторного обследования 550 пациентов, получающих заместительную почечную терапию через ПСД на базе центров гемодиализа ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, СПб ГБУЗ «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы», ООО «Центр Диализа Санкт-Петербург» на базе СПб ГБУЗ «Городская больница Святого Великомученика Георгия».

Объектом исследования являлись пациенты с терминальной стадией хронической болезни почек, получающие гемодиализную терапию и имеющих ПСД.

Предмет исследования – ультразвуковая семиотика параметров гемодинамики в постоянном доступе в норме и при различных вариантах патологии.

Исследование выполнено согласно принципам доказательной медицины и обработки научных данных и отвечает требованиям к научно-исследовательской работе.

Положения, выносимые на защиту

1. Выполнение УЗИ артерий и вен верхних конечностей перед формированием ПСД для гемодиализа позволяет выбрать пригодные для его создания сосуды, что снижает вероятность развития первичной недостаточности фистулы до 10%.

2. Проведение динамического ультразвукового сканирования ПСД позволяет выявить патологию до развития клинических проявлений дисфункции доступа, своевременно определить тактику лечения и увеличить продолжительность адекватного функционирования фистулы.

3. Новый способ ультразвуковой диагностики гемодинамически значимого стеноза АВФ и метод определения ОСК в сосудистом доступе имеют высокую информативность и позволяют улучшить ультразвуковую диагностику функционирования ПСД.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность проведенного диссертационного исследования определяется достаточным и репрезентативным количеством обследованных пациентов (n=550), применением современных методов исследования и сертифицированного оборудования при ультразвуковом сканировании, многоэтапным дизайном исследования, а также использованием современных методов математической статистики. На основании полученных данных сформулированы положения, выводы и практические рекомендации.

Апробация диссертационного исследования проведена на заседании научной проблемной комиссии «Хирургия и смежные специальности» ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России от 18.03.2022 г. (протокол №2).

Материалы диссертации были представлены и обсуждены на: VIII Съезде Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики (М., 2019); конгрессе Российского общества рентгенологов и радиологов (М., 2019); Всероссийской конференции «Современные диагностические технологии в клинической медицине – 2019» (СПб., 2019); медицинском форуме «III Неделя образования в Елизаветинской больнице» (СПб., 2019); международной конференции по здоровью и благополучию в современном обществе (Томск, 2019); международной конференции «Научные исследования стран ШОС: синергия и интеграция» (Пекин, 2019); Невском радиологическом форуме (СПб., 2019–2022); конгрессе «Радиология – 2020» (М., 2020); международной конференции «Управление процессом и научные разработки» (Бирмингем, 2020); международной конференции «Актуальные вопросы медицины в современных условиях» (Нижний Новгород, 2021); конгрессе «Радиология – 2021» (М., 2021); конгресс-школе по сердечно-сосудистой визуализации CVVS (СПб., 2020–2021).

Личное участие автора в проведенном исследовании

Тема и план диссертации, ее основные идеи и содержание разработаны совместно с научным руководителем на основе многолетних целенаправленных исследований. Автор самостоятельно обосновал актуальность темы диссертации, цель, задачи и этапы научного исследования, лично провел дуплексное сканирование, а также проанализировал результаты инструментальных методов исследования пациентов с ПСД для гемодиализа, самостоятельно выполнил статистическую обработку полученных данных. Самостоятельно сформулированы научные положения, выводы и практические рекомендации, написан текст диссертации и автореферата, подготовлен весь иллюстративный материал.

Внедрение результатов исследования

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу отделений гемодиализа ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, СПб ГБУЗ «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы», ООО «Центр диализа Санкт-Петербург».

Основные положения диссертации используются в учебном процессе на кафедре лучевой диагностики ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России.

Публикации

По теме диссертационного исследования опубликовано 20 научных работ, из них 9 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Основные положения и результаты диссертации изложены в учебно-методических пособиях «Дуплексное сканирование постоянного сосудистого доступа для гемодиализа» (СПб., 2020), «Ультразвуковая диагностика осложнений постоянного сосудистого доступа для гемодиализа» (СПб., 2020).

Получено два патента на изобретение: «Способ определения объемной скорости кровотока в артериовенозной фистуле для программного гемодиализа» (№ 2722353 от 29.05.2020 г.); «Способ определения гемодинамически значимого стеноза отводящей вены артериовенозной фистулы для программного гемодиализа» (№ 2731407 от 02.09.2020 г.).

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Изложена в одном томе на 196 машинописных страницах, содержит 15 таблиц, иллюстрирована 64 рисунками и 3 клиническими наблюдениями. Список литературы включает 211 наименований работ, из них 47 отечественных и 164 зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Было обследовано 550 пациентов с ПСД для гемодиализа. Среди обследованных мужчины составили 52,4% (288 пациентов), женщины – 47,6% (262 человека). Возраст пациентов находился в интервале от 20 до 88 лет, средний возраст составил $56,7 \pm 14,5$ года. Основными причинами хронической почечной

недостаточности являлись: хронический гломерулонефрит (26,9%), сахарный диабет (14,5%), поликистоз почек (10,9%) и гипертоническая болезнь (10,7%).

Нативную АВФ имели 517 (94,0%) обследованных, артериовенозный графт – 33 (6,0%). Сосудистый доступ на предплечье был сформирован у 424 (77,1%) пациентов, на плече – у 122 (22,2%), на бедре – у 4 (0,7%) человек. Доступ на недоминантной верхней конечности имели 405 (74,2%) обследованных, на доминантной верхней конечности – 141 (25,8%). Все сосудистые доступы на бедре находились на правой нижней конечности.

Всем пациентам проводили дуплексное сканирование доступа, лабораторные исследования, ЭхоКГ и другие инструментальные исследования, пациенты были осмотрены ангиохирургом, нефрологом, неврологом, кардиологом. УЗИ выполняли на сканере Vivid E9 линейным датчиком 7–10 МГц.

Статистическая обработка полученных результатов

База данных была сформирована в программе Microsoft Excel-2019 for Windows 10 (Microsoft Corp.). Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью пакета статистических программ R и Statistica 12.

Результаты ультразвукового исследования сосудов верхних конечностей перед созданием постоянного сосудистого доступа для гемодиализа и при оценке его созревания

По результатам УЗИ сосуды (артерия или вена) были непригодны для создания АВФ на уровне нижней трети предплечья недоминантной верхней конечности в 25,9% (14 пациентов), формирование фистулы было невозможно на обоих предплечьях в 13,0% (7 пациентов), что было связано с заболеваниями периферических артерий. У 1 (1,9%) пациента с непригодными для формирования АВФ сосудами предплечий был выявлен перенесенный тромбофлебит головной вены на плече. Проведение теста с физической нагрузкой в ходе дуплексного сканирования позволило выявить высокую вероятность развития первичной недостаточности фистулы у 8 (14,8%) пациентов.

Нативную АВФ считали созревшей при достижении следующих показателей, определенных при ультразвуковом сканировании: ОСК не менее 350 мл/мин, диаметр отводящей вены не менее 5,0 мм, что в большинстве случаев (90% – 63 пациента) наблюдали через 1–3 мес. после создания ПСД. У 7 (10,0%) обследованных через 3 мес. после формирования фистулы необходимые параметры не были достигнуты, через 3–6 мес. у них также не отмечалось увеличения диаметра вены и ОСК до целевых значений, что потребовало хирургической коррекции. Причинами первичной недостаточности явились маленький диаметр анастомоза (не более 2,0 мм) и деление отводящей вены на 2 крупных ствола. После хирургического вмешательства фистулы успешно достигли созревания. У всех пациентов, у которых диаметр артерии до создания АВФ был 1,7 мм и более, а диаметр вены не менее 2,0 мм, отмечалось созревание АВФ.

Результаты ультразвукового исследования постоянного сосудистого доступа для гемодиализа

Осложнения ПСД для гемодиализа были выявлены методом УЗИ у 154 (28,0%) пациентов. Наиболее часто встречались тромбоз (42,9%), стеноз (31,2%) и аневризма отводящей вены (29,2%). Клинические проявления отмечались у 81 (52,6%) пациента, у 73 (47,4%) обследованных клиническая симптоматика отсутствовала. Осложнения достоверно чаще встречались у пациентов с ПСД на плече (49,2% – 60 из 122 человек), чем с фистулой на предплечье (21,5% – 91 из 424 обследованных), ($p < 0,001$).

Стеноз сосудистого доступа был выявлен у 48 (8,7%) пациентов. Стеноз развивался от 3 мес. до 12 лет после формирования ПСД (в среднем $3,8 \pm 1,6$ лет).

Были определены ультразвуковые критерии гемодинамически значимого стеноза АВФ (патент РФ №2731407 от 02.09.2020г.): диаметр сосуда в зоне стеноза менее 2 мм, отношение пиковой систолической скорости (ПСС) в зоне патологии к ПСС в проксимальном отделе более 2 для стеноза приводящей артерии, более 3 для стеноза отводящей вены, более 4 – для стеноза зоны анастомоза, ОСК в отводящей вене менее 300 мл/мин (Рисунок 1). При использовании предложенного способа

диагностики гемодинамически значимого стеноза АВФ чувствительность УЗИ составила – 85,7%, специфичность – 98,1% и точность – 93,4%.

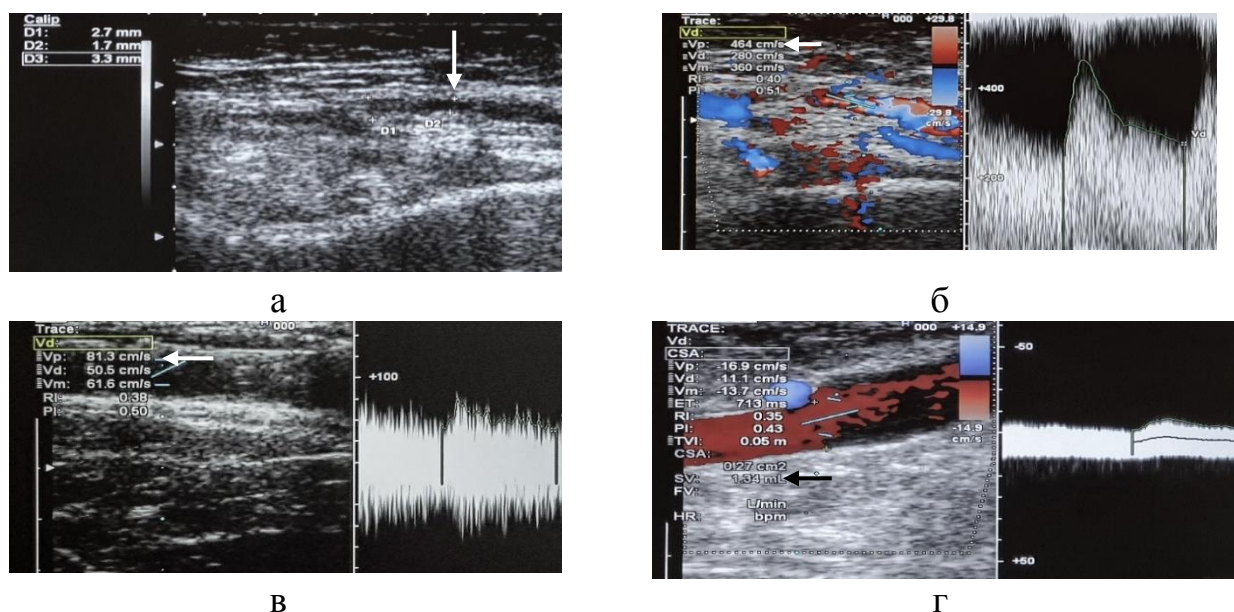


Рисунок 1 – а) Эхограмма гемодинамически значимого стеноза отводящей вены пациентки С. (И/б №206160031): свободный просвет вены – 1,7 мм.

б) Пиковая систолическая скорость в зоне стеноза – 464 см/сек.

в) Пиковая систолическая скорость проксимальнее области сужения – 81,3 см/сек.

г) Объемный кровоток в отводящей вене дистальнее стеноза – 134 мл/мин

Тромбоз ПСД был выявлен у 66 (12,0%) обследованных, из них неокклюзивный тромбоз наблюдался в 60,6% (40 пациентов), окклюзивный – в 39,4% (26 пациентов), рисунок 2.

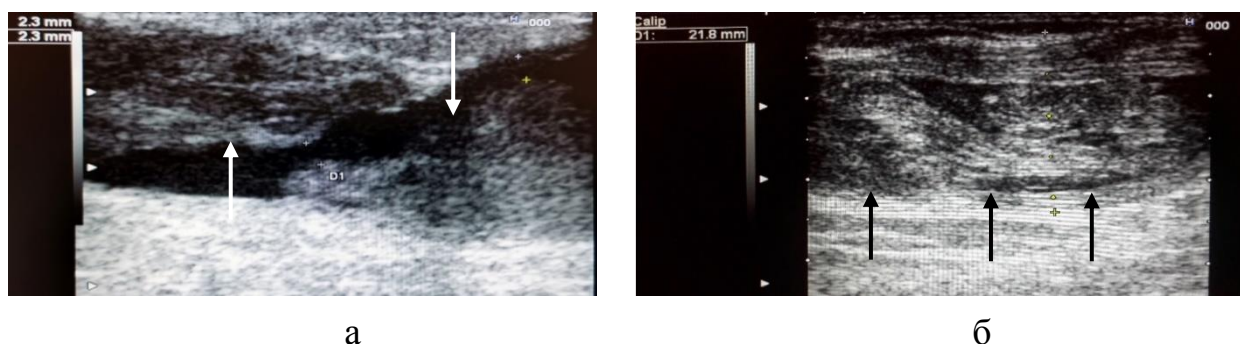


Рисунок 2 – а) Эхограмма неокклюзивного тромбоза отводящей вены пациентки Е. (И/б №206160124) в В-режиме с диаметром свободного просвета 2,3 мм.

б) Эхограмма окклюзивного тромбоза отводящей вены пациентки З. (И/б №206160158)

Тромбоз достоверно чаще развивался у женщин (15,7% – 40 из 262 пациенток), чем у мужчин (9,0% – 26 из 288 человек), ($p=0,025$). У 20 (30,3%) пациентов с тромбозом при УЗИ отмечался гемодинамически значимый стеноз сосудистого доступа и снижение ОСК до 300 мл/мин и менее. Установлена корреляция между наличием гемодинамически значимого стеноза сосудистого доступа и развитием тромбоза ($p<0,001$).

У пациентов с тромбозами аневризма отводящей вены или протеза выявлена у 22 (33,3%) обследованных, рисунок 3. Установлена корреляция между наличием аневризмы отводящей вены или протеза и развитием тромбоза ($p<0,001$).

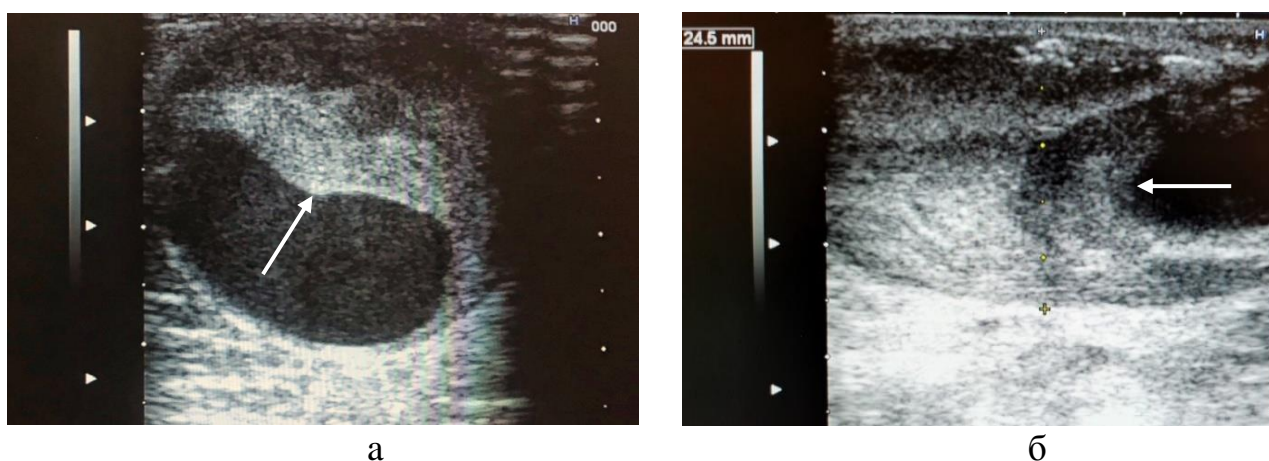


Рисунок 3 – а) Эхограмма аневризмы отводящей вены пациентки Е. (И/б №10) в В-режиме: неокклюзивный тромбоз.

б) Эхограмма аневризмы отводящей вены пациентки Р. (И/б №75) в В-режиме: окклюзивный тромбоз

Аневризма сосудистого доступа определена у 8,2% (45 обследованных), из них у 6,7% (3 пациента) выявлена аневризматическая дилатация протеза на бедре. Аневризма отводящей вены достоверно чаще наблюдалась у пациентов с доступом на доминантной верхней конечности (15,6% – 22 обследованных из 141), чем на недоминантной конечности (4,9% – 20 обследованных из 405), ($p<0,001$). Длительность функционирования ПСД для гемодиализа у пациентов с аневризмой (в среднем $7,5\pm 2,5$ лет) была достоверно больше, чем у пациентов без осложнений ПСД ($p<0,001$).

Ишемический синдром обкрадывания кисти был выявлен в 2,7% (15 пациентов). Стил-синдром проявлялся от нескольких недель до 15 лет после формирования ПСД (в среднем $1,9 \pm 3,7$ лет).

При пробе с физической нагрузкой у пациентов с синдромом обкрадывания кисти не отмечалось увеличения ОСК, что указывает на срыв компенсаторных механизмов регуляции кровотока в кисти. УЗИ позволило выявить основные причины развития стил-синдрома: стенозы приводящей артерии у пациентов с атеросклерозом и сахарным диабетом; большой диаметр анастомоза; нарушение механизмов регуляции тонуса резистивных сосудов.

При дуплексном сканировании увеличенный объемный кровоток в ПСД, сопровождающийся развитием сердечной недостаточности у пациентов, был выявлен в 6 (1,1%) случаях. Все пациенты имели аневризму отводящей вены нативной АВФ. ОСК в сосудистом доступе составила от 33,6% до 52,3% от минутного объема кровообращения (в среднем $47,4 \pm 6,9\%$).

Ложная аневризма отводящей вены диагностирована в 4 (0,7%) случаях, парапротезная гематома – в 2 (0,4%). Основной причиной их возникновения стали punctии вены или протеза в локальной зоне из-за большой глубины залегания вены и протеза на других участках, извитости и неравномерного диаметра сосуда.

В ходе исследования разработаны ультразвуковые критерии диагностики осложнений ПСД для гемодиализа (Таблица 1).

Таблица 1 – Ультразвуковые критерии осложнений постоянного сосудистого доступа для гемодиализа

Ультразвуковой синдром	Характерные ультразвуковые признаки
1	2
Гемодинамически незначимый стеноз	Сужение просвета сосуда не более 50% по диаметру и/или площади, диаметр свободного просвета 2 и более мм, отношение ПСС в зоне патологии к ПСС в проксимальном отделе – не более 2 для стеноза приводящей артерии, не более 3 для стеноза отводящей вены, не более 4 для стеноза зоны анастомоза, ОСК в отводящей вене – 300 мл/мин и более.

Продолжение таблицы 1

1	2
Гемодинамически значимый стеноз	Диаметр сосуда в зоне стеноза – менее 2 мм, отношение ПСС в зоне патологии к ПСС в проксимальном отделе – более 2 для стеноза приводящей артерии, более 3 для стеноза отводящей вены, более 4 для стеноза зоны анастомоза, ОСК в отводящей вене – менее 300 мл/мин.
Окклюзивный тромбоз	Отводящая вена дилатирована, не сжимается при компрессии датчиком, просвет заполнен гетерогенными или гомогенными тромботическими массами, отсутствуют доплеровский спектр в режиме импульсно-волнового доплера и окрашивание просвета сосуда в режиме цветового доплеровского картирования и энергетического доплера.
Неокклюзивный тромбоз	Вена частично сжимается при компрессии датчиком, визуализируются пристеночные гетерогенные или гомогенные тромботические массы, в режиме импульсно-волнового доплера дистальнее зоны тромбоза – монофазный тип кровотока, частичное окрашивание просвета сосуда в режиме цветового доплеровского картирования и энергетического доплера, возможна дилатация вены.
Аневризма	Локальная дилатация отводящей вены, в 2 раза превышающая ее диаметр в нерасширенном участке, низкоскоростной, турбулентный характер кровотока в зоне расширения, истончение стенки вены, возможно наличие пристеночных тромбов.
Ишемический синдром обкрадывания кисти	Увеличенная ОСК в сосудистом доступе, ретроградный кровоток в артерии дистальнее анастомоза, суммарная ОСК в артериях предплечья, не задействованных в формировании ПСД, меньше, чем объемная скорость ретроградного кровотока в артерии дистальнее анастомоза.
Увеличенная ОСК в сосудистом доступе	ОСК составляет 30% и более от минутного объема кровотока, показатель объемного кровотока в сосудистом доступе – более 2,0 л/мин.
Ложная аневризма	Полость, которая расположена вне сосуда и связана с его просветом через дефект стенки сосуда, стенками аневризмы являются окружающие ткани, в режиме цветового доплеровского картирования и импульсно-волнового доплера в полости определяется кровоток, визуализируются пристеночные тромботические массы различной степени эхогенности.

При неравномерности диаметра вены или ее выраженной дилатации, которые дают большую погрешность и не позволяют достоверно определить показатель ОСК, использовали новый, разработанный в ходе исследования, способ расчета объемного кровотока в фистуле (патент РФ №2722353 от 25.11.2019 г.). Определяли ОСК в приводящей артерии на 2 см проксимальнее и дистальнее анастомоза. Если кровоток в артерии дистальнее анастомоза антеградный, то ОСК в доступе ($V_{O_{ABF}}$) определяли по формуле $V_{O_{ABF}} \text{ (мл/мин)} = V_{O_{\Pi}} - V_{O_{\text{Дант}}}$, где $V_{O_{\Pi}}$ – ОСК в артерии проксимальнее анастомоза (мл/мин), $V_{O_{\text{Дант}}}$ – объемная скорость антеградного потока в артерии дистальнее анастомоза (мл/мин). Если кровоток в артерии дистальнее анастомоза ретроградный, то $V_{O_{ABF}} \text{ (мл/мин)} = V_{O_{\Pi}} + V_{O_{\text{Дрет}}}$, где $V_{O_{\Pi}}$ – ОСК в артерии проксимальнее анастомоза (мл/мин), $V_{O_{\text{Дрет}}}$ – объемная скорость ретроградного потока в артерии дистальнее анастомоза (мл/мин). Если кровоток в артерии дистальнее анастомоза двунаправленный, то $V_{O_{ABF}} \text{ (мл/мин)} = V_{O_{\Pi}} + V_{O_{\text{Дрет}}} - V_{O_{\text{Дант}}}$, где $V_{O_{\Pi}}$ – ОСК в артерии проксимальнее анастомоза (мл/мин), $V_{O_{\text{Дант}}}$ – объемная скорость антеградного потока в артерии дистальнее анастомоза (мл/мин), $V_{O_{\text{Дрет}}}$ – объемная скорость ретроградного потока в артерии дистальнее анастомоза (мл/мин). Диагностическая информативность способа достаточно высока: чувствительность составила 88,6%, специфичность – 94,1% и точность – 92,3%.

Ультразвуковая оценка результатов хирургического лечения осложнений постоянно сосудистого доступа для гемодиализа

Оперативное лечение было выполнено 96 (62,3%) пациентам с осложнениями ПСД. Проведенный анализ хирургических вмешательств показал, что чаще выполнялось создание нового доступа (41,7%) по сравнению с другими видами оперативного лечения, что приводило к уменьшению числа сосудов на верхних конечностях, которые возможно использовать для формирования АВФ в последующем. При ультразвуковом сканировании определено, что в большинстве случаев оперативное лечение было эффективным и рецидив осложнений составил 5,2% случаев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество и продолжительность жизни пациента, получающего гемодиализную терапию, зависит от эффективного функционирования ПСД. В ходе исследования проведены углубленное изучение параметров гемодинамики после формирования ПСД в норме и при различных вариантах патологии, мультипараметрическая оценка факторов риска развития осложнений, анализ ультразвуковой семиотики дисфункции доступа и её сопоставление с клинично-лабораторными данными, оценка результатов хирургической коррекции осложнений ПСД и частота рецидивов различной патологии.

В результате исследования продемонстрировано значение УЗИ сосудистого русла верхней конечности перед формированием ПСД, при оценке его созревания и функционирования, разработаны ультразвуковые критерии осложнений, определены факторы риска их развития, разработаны способ ультразвуковой диагностики гемодинамически значимого стеноза АВФ и определения ОСК в сосудистом доступе.

ВЫВОДЫ

1. Проведение УЗИ перед формированием ПСД позволяет правильно выбрать сторону, уровень и вид сосудистого доступа на основании анализа патологии артерий и вен верхних конечностей, диаметра и глубины их залегания. Выполнение дуплексного сканирования в течение первых 3 мес. после создания АВФ дает возможность диагностировать первичную недостаточность доступа и определить причины её развития.

2. Выполнение УЗИ позволило выявить осложнения ПСД (28% – 154 пациента), среди которых наиболее часто встречались тромбоз (42,9%), стеноз (31,2%) и аневризма отводящей вены (29,2%). Многофакторный анализ показал, что на развитие тромбоза влияет наличие гемодинамически значимого стеноза доступа ($p < 0,001$), аневризмы отводящей вены или протеза ($p < 0,001$); на формирование аневризмы – локализация АВФ на доминантной конечности

($p < 0,001$) и длительность ее функционирования ($p < 0,001$); осложнения проксимального ПСД встречаются чаще, чем диастального ($p < 0,001$).

3. Предложенный способ определения ОСК в сосудистом доступе отличается высокой информативностью (чувствительность – 88,6%, специфичность – 94,1% и точность – 92,3%), не зависит от погрешностей, связанных с неравномерным диаметром и дилатацией отводящей вены, и лишен недостатков ранее применявшихся методик расчета объемного кровотока.

4. Ультразвуковыми критериями гемодинамически значимого стеноза фистулы 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, более 3 для стеноза отводящей вены, более 4 для стеноза зоны анастомоза, ОСК в отводящей вене – менее 300 мл/мин. Чувствительность, специфичность и точность предложенного способа составили 85,7%, 98,1% и 93,4% соответственно.

5. УЗИ позволяет оценить результаты хирургической коррекции осложнений ПСД, которая была выполнена 62,3% пациентов с дисфункцией фистулы. В большинстве случаев оперативное лечение было эффективным, и рецидив осложнений составил 5,2%. В связи с частым созданием нового доступа (41,7%) по сравнению с другими видами оперативного лечения развитие осложнений приводило к уменьшению числа сосудов на верхних конечностях, которые возможно использовать для формирования АВФ в последующем.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Перед формированием ПСД для гемодиализа следует выполнять УЗИ артерий и вен верхних конечностей. Пригодными для создания нативной АВФ целесообразно считать артерию диаметром 1,7 мм и более при отсутствии стенотического поражения и кальциноза стенок сосуда, вену диаметром не менее 2,0 мм при отсутствии признаков острого и перенесенного тромбоза.

2. После создания ПСД рекомендовано выполнение УЗИ через 1 и 3 мес. с целью диагностики первичной недостаточности фистулы, критериями которой

следует считать ОСК не более 350 мл/мин, диаметр отводящей вены менее 5,0 мм через 3 мес. после формирования доступа. Дальнейшее наблюдение за изменением параметров гемодинамики в АВФ является нецелесообразным в связи с отсутствием увеличения диаметра отводящей вены и ОСК до необходимых для проведения процедур гемодиализа значений.

3. УЗИ сосудистого доступа целесообразно выполнять 1 раз в год у пациентов без осложнений фистулы; 1 раз в 6 мес. у пациентов с гемодинамически незначимыми осложнениями, не требующими хирургической коррекции; через 1 мес., 6 мес. и 12 мес. после оперативного лечения для оценки его результатов, затем при отсутствии осложнений после операции – 1 раз в год.

4. При развитии осложнений АВФ, неравномерном диаметре, дилатации и извитом ходе отводящей вены, турбулентном характере кровотока, которые затрудняют расчет ОСК в фистуле, целесообразно применять способ определения ОСК на основании оценки значений объемного кровотока и его направления в приводящей артерии и артерии дистальнее зоны анастомоза.

5. При определении гемодинамической значимости стеноза АВФ рекомендовано оценивать следующие параметры: диаметр в области максимального сужения сосуда, соотношение между ПСС в зоне стеноза и в проксимальном участке, ОСК дистальнее области стеноза. Оценка степени стеноза на основании измерения только одного из параметров может привести к диагностическим ошибкам.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

С учетом современных тенденций представляется перспективным дальнейшее изучение особенностей гемодинамики в ПСД для гемодиализа в норме и при различных вариантах патологии с помощью ультразвуковой технологии векторной визуализации потока – Vector flow imaging (VFI). Представляет интерес изучение ультразвуковой семиотики осложнений ПСД для гемодиализа с использованием эхоконтрастного препарата Соновью. Внедрение новых методик повысит

информативность УЗИ в выявлении патологии сосудистого доступа, даст возможность более точно проводить дифференциальную диагностику, что ведет к увеличению длительности функционирования ПСД для гемодиализа, а, следовательно, продолжительности жизни пациента.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Коэн, В.С. Ультразвуковая диагностика осложнений артериовенозной фистулы для хронического гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные диагностические технологии в клинической медицине - 2019». – СПб., 2019. – С. 24–25.
2. Koen, V.S. Ultrasound assessment of arteriovenous fistula maturation and functioning (literature review) / T.V. Zakhmatova, V.S. Koen. – European multi science journal. – 2019. – №27. – P. 7–11.
3. Koen, V.S. Modern Concepts of Hemodynamic Parameters in Arteriovenous Fistula for Hemodialysis (Literature Review) / V.S. Koen, T.V. Zakhmatova. – Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». Reports in English. – China, 2019. – Part 2. – P. 92–99.
4. Koen, V.S. Ultrasound Diagnostics of Hemodynamic Changes in Arteriovenous Fistula for Hemodialysis: Review / V.S. Koen, T.V. Zakhmatova // Proceedings of the International Conference on Health and Well-Being in Modern Society (ICHW 2019). – Advances in Health Sciences Research. – 2019. – Vol. 16. – P. 259–262.
5. Коэн, В.С. Особенности ультразвуковой диагностики при формировании артериовенозной фистулы для гемодиализа и оценке ее функционирования / В.С. Коэн // Материалы 8-ой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Трансляционная медицина: от теории к практике. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2020. – С. 100–104.

6. Коэн, В.С. Современные представления о параметрах гемодинамики в артериовенозной фистуле для гемодиализа (обзор литературы) / В.С. Коэн, Т.В. Захматова // **Радиология – практика.** – 2019. – Т. 68, №6. – С. 73–82.

7. Koen, V.S. Algorithm of duplex ultrasound of vascular access for hemodialysis / T.V. Zakhmatova, V.S. Koen // Materials of the International Conference «Process Management and Scientific Developments» (Birmingham, January 16). – 2020. – P. 107–116.

8. Коэн, В.С. Алгоритм дуплексного сканирования постоянного сосудистого доступа для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, К.И. Себелев // **Российский электронный журнал лучевой диагностики.** – 2020. – Т. 10, №1. – С. 83–93.

9. Коэн, В.С. Роль ультразвуковой диагностики перед формированием постоянного сосудистого доступа для гемодиализа и в оценке его созревания / Т.В. Захматова, В.С. Коэн // Национальная ассоциация ученых (НАУ). Ежемесячный научный журнал. – 2020. – Т. 2, №56. – С. 13–16.

10. Коэн, В.С. Ультразвуковая оценка созревания артериовенозной фистулы для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова // Материалы XIV Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2020». – М., 2020. – С. 37.

11. Коэн, В.С. Особенности гемодинамики при синдроме обкрадывания кисти у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе / Т.В. Захматова, В.С. Коэн, А.В. Холин // **Клиническая практика.** – 2020. – Т. 11, №3. – С. 5–12.

12. Коэн, В.С. Способ определения объемной скорости кровотока в артериовенозной фистуле для программного гемодиализа: Патент №2722353 / Т.В. Захматова, В.С. Коэн, К.И. Себелев // **Бюл. Изобретения. Полезные модели.** – 2020. - №16. – С. 1-12.

13. Коэн, В.С. Способ определения гемодинамически значимого стеноза отводящей вены артериовенозной фистулы для программного гемодиализа: Патент

№2731407 / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, А.В. Холин, К.И. Себелев // **Бюл. Изобретения. Полезные модели.** – 2020. – № 25. – С. 1-11.

14. Коэн, В.С. Тромбоз постоянного сосудистого доступа для гемодиализа: ультразвуковая диагностика и факторы риска / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, А.В. Холин // Материалы XXXII Международной научно-практической конференции «Инновационные исследования как локомотив развития современной науки: от теоретических парадигм к практике». – 2020. – С. 520–524. – Режим доступа <http://conference-nicmisi.ru/innovatsionnye-issledovaniya-kak-lokomotiv-razvitiya-sovremennoj-nauki-ot-teoreticheskikh-paradigm-k-praktike.html>

15. Коэн, В.С. Количественная ультразвуковая оценка показателей гемодинамики при стенозе артериовенозной фистулы для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы медицины в современных условиях». – Санкт-Петербург: ИЦРОН, 2021. – № 8. – С. 11–14.

16. Коэн, В.С. Ультразвуковая диагностика стеноза постоянного сосудистого доступа для гемодиализа / В.С. Коэн // **Радиология – практика.** – 2021. – Т. 85, №1. – С. 23–33.

17. Коэн, В.С. Ультразвуковая диагностика тромбоза постоянного сосудистого доступа для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, А.В. Холин // **Лучевая диагностика и терапия.** – 2021. – Т. 12, №1. – С. 87–94.

18. Коэн, В.С. Значение ультразвукового исследования при многофакторной оценке осложнений постоянного сосудистого доступа для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, Р.Э. Штенцель // **Трансляционная медицина.** – 2021. – Т. 8, №1. – С. 60–67.

19. Коэн, В.С. Новые подходы в ультразвуковой диагностике гемодинамически значимого стеноза артериовенозной фистулы для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, А.В. Холин // Материалы XV Юбилейного Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2021». – М., 2021. – С. 28–29.

20. Коэн, В.С. Пути улучшения ультразвуковой диагностики патологии артериовенозной фистулы для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, А.И. Захматов // Материалы 78-ой Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения: Научные аспекты современных исследований. – Москва: ЕНО, 2021. – С. 116–120.

21. Коэн, В.С. Значение ультразвуковой диагностики после хирургической коррекции осложнений постоянного сосудистого доступа для гемодиализа / В.С. Коэн, Т.В. Захматова, К.С. Анпилогова // **Трансляционная медицина. – 2021. – Т. 8, №4. – С. 17–25.**

22. Koen, V.S. Multivariate analysis of the arteriovenous fistula for hemodialysis complications / T.V. Zakhmatova, V.S. Koen // International scientific conference Science and innovation 2021: development directions and priorities». – 2021. – P. 121–127.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АВФ – артериовенозная фистула

ОСК – объемная скорость кровотока

ПСД – постоянный сосудистый доступ

ПСС – пиковая систолическая скорость

УЗИ – ультразвуковое исследование