

# ДИАГНОСТИКА И МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ КИСТИ У ПАЦИЕНТОВ – НОСИТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО СОСУДИСТОГО ДОСТУПА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

\***С. Н. Темиров** – [ORCID: 0000-0002-4950-5603]

старший ординатор хирургического отделения

**Б. З. Турсунов** – [ORCID: 0000-0001-7560-6179]

главный сосудистый хирург

Центральный госпиталь Министерства внутренних дел Республики Узбекистан  
Отделение специализированной хирургии  
100179 Республика Узбекистан, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Чимбай-2

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- критическая ишемия верхних конечностей
- сахарный диабет
- гемодиализ
- артериовенозная fistula

## АННОТАЦИЯ:

Представлен обзор литературы, посвященный критической ишемии верхних конечностей у пациентов-носителей постоянного сосудистого доступа. Рассмотрены возможные этиологические причины критической ишемии и диагностические аспекты данной патологии. Продемонстрированы современные подходы к лечению критической ишемии верхних конечностей у пациентов данной группы, а также обсуждаются показания и противопоказания к тем или иным методам купирования ишемии. Особое внимание удалено эндоваскулярному методу реваскуляризации рук, который может стать методом выбора лечения больных критической ишемией кисти, обусловленной окклюзионным поражением артерий предплечья и кисти у пациентов-носителей постоянного сосудистого доступа.

**Для цитирования.** Темиров С.Н., Турсунов Б.З. «ДИАГНОСТИКА И МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ КИСТИ У ПАЦИЕНТОВ – НОСИТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО СОСУДИСТОГО ДОСТУПА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)» Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ. 2021;15(4): 62–68.

# CRITICAL HAND ISCHEMIA IN PATIENTS WITH HEMODIALYSIS ACCESS: DIAGNOSTICS AND TREATMENT METHODS (LITERATURE REVIEW)

\***Temirov S.N.** – [ORCID: 0000-0002-4950-5603]

MD

**Tursunov B.Z.** – [ORCID: 0000-0001-7560-6179]

MD

Central Hospital of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan  
Department of Specialized Surgery  
2, Chimbay str., Almazar district, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100179

## KEY-WORDS:

- critical upper limb ischemia
- diabetes mellitus
- hemodialysis
- arteriovenous fistula

## ABSTRACT:

This review is devoted to critical upper limb ischemia in patients with hemodialysis vascular access. Possible etiological causes of critical ischemia and diagnostic aspects of this pathology are considered. Contemporary approaches of treatment of critical ischemia in this group of patients are demonstrated; indications and contraindications for methods of treatment are discussed. Particular attention has been paid to endovascular method of revascularization of hand, which can become the method of choice in treatment of patients with critical ischemia of the upper limb caused by occlusive lesions of arteries in patients with hemodialysis vascular access.

\*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Темиров Суръат Незматиллаевич (Temirov Surat N.), e-mail temirovs@gmail.com

## Введение

Критическая ишемия верхних конечностей относительно редкая патология по сравнению с критической ишемией нижних конечностей. Встречаемость критической ишемии нижних конечностей в популяции людей с заболеваниями периферических артерий составляет 10%. Однако статистические данные о развитии критической ишемии верхних конечностей очень скучные - по данным популяционных исследований, данная патология встречаются значительно реже чем критическая ишемия нижних конечностей [1]. Наиболее частыми причинами тяжелой ишемии дистальных отделов верхних конечностей являются склеродермия, атеросклероз, облитерирующий тромбангиит [2].

Однако в последние годы увеличивается число сообщений о критической ишемии верхних конечностей, среди лиц, находящихся на хроническом гемодиализе по поводу терминальной стадии хронической почечной недостаточности (ХПН) [3,4]. Этот синдром в зарубежной литературе носит название «дистальная ишемия руки, обусловленная гемодиализным доступом» - (Haemodialysis access induced distal ischemia - HAIDI).

В иностранной литературе последних двух десятилетий встречаются несколько синонимов данного осложнения: DAASS - dialysis access-associated steal syndrome, DASS (dialysis-associated steal syndrome) [5], ARI (access-related ischemia) [3], DHIS (digital hypoperfusion ischemic syndrome) [6]), VASS - vascular access-induced steal syndrome [7].

В русскоязычной литературе данная проблема освещена весьма скромно и в единичных публикациях используется термин ИСО - ишемический синдром обкрадывания [8].

Чаще всего ишемия кисти и пальцев объясняется синдромом обкрадывания из-за большого сброса артериальной крови через артериовенозную fistulу (АВФ). HAIDI развивается примерно у 5% пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе [9].

При этом АВФ, установленные на уровне плеча чаще осложняются ишемией руки, чем АВФ установленные на уровне предплечья. Ишемия руки наблюдается у 10-25% больных с брахиоцефалической и брахиобазилической fistулой, у 4,3-6% больных с АВ шунтами синтетическими протезами и у 1-1,8% - при радиоцефалических fistулах [1].

После создания артериовенозной fistулы развиваются значительные общие и локальные изменения гемодинамики. В частности, вследствие прямого соединения артерии с веной в обход капиллярной сети возникает большая разница давления между артериальным и венозным кровотоком из-за низкого венозного сопротивления, что увеличивает кровоток по АВФ

и по вене. Давление в отводящей артерии падает до минимума рядом с fistулой и повышается по мере удаления от fistулы за счет притока из артериальных коллатералей. Это приводит к появлению ретроградного кровотока в части артерии, расположенной ниже АВФ.

По данным Гуркова А. и с соавт., (2012) у 83,3% пациентов сразу после формирования анастомоза между лучевой артерией и головной веной в дистальной части лучевой артерии регистрировали ретроградный кровоток, в течение месяца число этих пациентов возрастило до 92,4%, т.е. у преимущественного большинства больных после формирования АВФ часть крови из локтевой артерии по артериальным дугам поступала в дистальную часть лучевой артерии и далее в fistульную вену, что создавало риск развития ишемии тканей кисти, т.к. развивался синдром обкрадывания [11]. Кровоток по шунту считается приемлемым, если АВ сброс составляет 600-800 мл/мин, низким при объеме менее 600 мл/мин и высоким при объеме кровотока более 800 мл/мин [7].

Но это не единственный механизм развития ишемии руки у больных терминальной стадией ХПН. По мнению некоторых авторов, синдром обкрадывания не играет патофизиологической роли в развитии HAIDI [6].

Гангрена пальцев кисти наблюдалась также у больных с нефункционирующей АВФ, или у пациентов, находящихся на альтернативном перitoneальном диализе [2]. Кроме того, критическая ишемия кисти развивалась у больных сахарным диабетом без почечной недостаточности [12,13].

Guerra A. и с соавт., (2002) выделяют 3 возможных механизма развития ишемии руки у больных терминальной стадией ХПН:

- 1) венозная гипертензия вследствие нарушения венозного оттока (стеноз отводящей вены);
- 2) синдром обкрадывания, вызванный большим сбросом артериальной крови в венозное русло;
- 3) окклюзионное поражение артерий предплечья, приводящее к резкому уменьшению притока крови в дистальную часть руки.

Последний механизм часто сочетается с двумя другими. Венозная гипертензия рано выявляется благодаря яркой клинической манифестации – выраженному отеку руки и расширенной сети венозных коллатералей. Венозная ангиопластика эффективно решает эту проблему [14].

Таким образом, факторами риска для развития критической ишемии кисти являются атеросклеротическое повреждение периферических артерий, терминальная стадия ХПН и гемодиализ, сахарный диабет. В последних двух ситуациях часто наблюдается выраженный кальциноз стенок артерий, который тоже может привести к критической ишемии руки [2].

### Диагностика

Выделяют 4 степени ишемии руки:

- I степень - отмечается бледность/посинение и/или похолодание конечности без боли;
- II степень - появляется боль во время сеанса гемодиализа и/или при физической нагрузке;
- III степень - боли и онемение в покое;
- IV степень - трофические язвы или гангрена пальцев и неврологические изменения в виде моторной или сенсорной дисфункции [1].

Синдром обкрадывания выявляется с помощью компрессионной пробы. Пережатие пальцем артериовенозного шунта или венозного колена АВФ обычно приводит к восстановлению пульсации на лучевой артерии, потеплению кисти и уменьшению боли [9].

Для подтверждения диагноза необходимы неинвазивные методы обследования, такие как определение систолического давления в артериях пальцев, дуплексное сканирование сосудов и чрескожное определение давления кислорода в тканях пальцев.

При критической ишемии систолическое давление на пальцах определяется ниже 50 мм рт. ст., пальце/плечевой индекс - ниже уровня 0,6 и перкутанская  $T_{cPO_2}$  достигает 20-30 мм рт. ст. [15].

Последний диагностический этап - рентгеноконтрастная ангиография всех артерий руки начиная от подключичной артерии до артериальных дуг кисти и артерий пальцев. Для подтверждения синдрома обкрадывания артериография выполняется с компрессией и без компрессии АВФ, так как при компрессии отмечается улучшение кровотока дистальнее шунта. Дальнейшая тактика лечения зависит от выявленной причины ишемии - синдрома обкрадывания или окклюзионно-стенотических поражений артерии дистальнее или проксимальнее шунта, или сочетания этих причин.

### Методы лечения

Медикаментозная терапия показана в I-II степени ишемии. В III-IV степени применение альфа- и бета-блокаторов, блокаторов кальциевых каналов и антикоагулянтов не была эффективна у 67% больных [12]. Имеются единичные данные о результатах лечения с положительным эффектом простагландин Е1 [13], который хорошо зарекомендовал себя в лечении критической ишемии нижних конечностей.

Целью хирургического лечения является устранение симптомов ишемии кисти и сохранение постоянного сосудистого доступа для гемодиализа при синдроме обкрадывания. Для достижения этой цели используются различные пути. Можно выделить 2 вида оперативного лечения:

- 1) операции, направленные на устранение или уменьшение синдрома обкрадывания;
- 2) хирургическая или эндоваскулярная реваскуляризация.

При синдроме обкрадывания, вызванном большим сбросом артериальной крови в венозное русло,

ликвидация АВФ (лигирование) - самый простой и эффективный способ лечения, но он лишает больного постоянного гемодиализного доступа, поэтому его применяют в крайнем случае, когда неэффективны другие методы.

При радиоцефалической fistule синдром обкрадывания можно устранить перевязкой лучевой артерии ниже АВФ (distal radial artery ligation - DRAL), которая при состоятельной ладонной дуге и проходящей локтевой артерии сохраняет доступ, устраняет ретроградный кровоток и позволяет в большинстве случаев достичь регресса симптомов несмотря на достаточно умеренное снижение объемной скорости кровотока [16].

При брахиоцефалической или брахиобазилической fistule синдром обкрадывания можно ликвидировать путем выполнения операции DRIL (distal revascularization-interval ligation), позволяющей ликвидировать синдром обкрадывания, сохранить АВФ и улучшить перфузию дистальной части руки (**рис. 1**) [17]. Суть операции заключается в перевязке артерии дистальнее АВФ и наложении аутовенозного или синтетического шунта от плечевой артерии к артерии предплечья (**рис. 1**). Эффективность этой операции оценивается как высокая. Так, по данным Scali S.T. и соавт., (2013), имеющих самый большой опыт выполнения этой операции, у 82% больных отмечен регресс симптомов ишемии кисти при 30 дневной летальности 2% [18].

Другие хирургические вмешательства при ишемии, обусловленной синдромом обкрадывания, направлены на уменьшение объема шунтирования крови по АВФ и повышение сопротивления fistулы, и, за счет этого, улучшения перфузии тканей кисти и пальцев - редукционные операции. Среди подобных операций следует назвать процедуру Banding - сужение артериовенозного шунта или венозного колена fistулы с помощью лигатуры или тесьмы (**рис. 1**), но результаты ее нельзя признать удовлетворительными из-за высокой частоты тромбозов шунта и сохранения синдрома обкрадывания [19].

В последующем была предложена операция MILLER - Minimally Invasive Limited Ligation Endoluminal assisted Revision, которая представляет собой модификацию процедуры Banding. При этой процедуре через небольшой доступ выделяется АВФ, эндоваскулярно в fistулу проводится баллон для ангиопластики диаметром 4-5 мм, после чего на венозное колено fistулы вокруг раздутого баллона накладывается лигатура из нерассасывающейся нити.

Таким образом, достигается сужение fistулы до размера баллона и уменьшается объем шунтируемой через нее крови. При использовании процедуры MILLER частота ранних тромбозов снизилась до 8,2% [20].

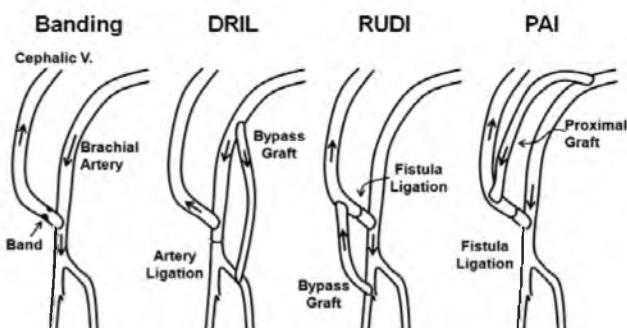
При проксимальных fistулах методов уменьшения объема шунтирования крови больше: к примеру,

операция RUDI – revision using distal inflow [21], при которой поставленная цель достигается путем перемещения артериального анастомоза вниз на артерии предплечья с помощью аутовенозной вставки или синтетического протеза (**рис. 1**). Некоторые авторы выполняют ее как превентивную операцию при отсутствии симптомов ишемии кисти при объеме шунтирующей крови более 2 л/мин [22].

Другая операция PAI (Proximalization of the arterial inflow) – закрытие старой АВФ и создание нового притока в отводящую вену из подмышечной или болееproxимальной части плечевой артерии, используя протез гортекс (PTFE) небольшого (4-5 мм) диаметра (**рис. 1**). Её эффективность сравнима с операцией DRIL – 87% в течение 1 года [23].

Еще один способ уменьшения объемного кровотока по АВФ – это вшивание вставки из конусообразного протеза, однако, ее результаты неудовлетворительные. Проходимость шунтов после этой процедуры через 12 мес. составляет всего 37% [24].

При нативных фистулах можно использовать другие виды редукционных операций. К примеру, уменьшение диаметра венозного колена АВФ путем клиновидного иссечения стенки вены и наложения бокового шва [25]. Посредством другого метода – пликации, достигается сужение просвета венозного колена фистулы наложением бокового шва с уменьшением диаметра артериовенозного анастомоза. Улучшение перфузии кисти достигается уменьшением объема сбрасываемой через АФВ крови [8,26]. При всей привлекательности последних двух видов операции (возможность выполнения под местной анестезией через небольшой разрез), их отдаленные результаты неудовлетворительны более чем у 30% больных в течение первого года наблюдения.



**Рис. 1.** Схемы различных методов операций по уменьшению объема шунтирующей крови по АВФ [27].

Нужно отметить, что некоторые авторы [9] не сразу прибегают к радикальным вмешательствам и предлагают в качестве первого шага выполнять малотравматичную операцию перевязки боковых ветвей венозного колена АВФ, при их наличии на протяжении 3-5 см, с целью уменьшения объема шунтируемой крови.

При сравнении различных видов оперативных вмешательств лучшие результаты, при минимальных осложнениях и 100% сохранении фистулы, получены при использовании DRIL [28,29]. По другим данным RUDI демонстрирует одинаковые (в плане частоты проходимости и регресса симптомов ишемии) результаты по сравнению с DRIL и, наконец, по данным Shakarchi J.A. и соавт., (2016) DRIL, PAI и RUDI демонстрируют одинаковую эффективность в плане регресса ишемии кисти, но в плане сохранения АВФ операция DRIL значительно лучше [30].

#### Хирургическая реваскуляризация

Если вышеперечисленные операции выполняются при ишемии, обусловленной истинным синдромом обкрадывания при большом артериовенозном сбросе (>800 мл/мин), то при ишемии, обусловленной периферическим атеросклерозом и нормальным кровотоком по АВФ (600-800 мл/мин) подходы отличаются [1]. При выявлении атеросклеротической окклюзии артерий предплечья по данным рентгеноконтрастной ангиографии и наличия проходимости периферического русла (артерий ладонной дуги), шунтирование реверсированной аутовеной от плечевой артерии является методом выбора. Результаты проведенных исследований показывают 3-5 летнюю проходимость шунтов более чем у 80% больных [31].

Альтернативой может стать аутовенозное шунтирование с использованием техники «in-situ» [32]. У большинства больных лучевая артерия более пригодна для дистального анастомоза на уровне табакерки для восстановления кровотока к артериальным дугам кисти и соответственно v. cephalic самая подходящая вена для «in-situ» шунта. Проходимость шунтов «in-situ» в течение 12 мес. составила 92%, однако, регресс симптомов ишемии наступил только у 64% больных [33].

Артериальные кондукты при реваскуляризации кисти используются значительно реже, в основном, это нижняя надчревная артерия. Однако проходимость артериального шунта составляет 100% при сроках наблюдения до 18 мес. [34].

При тяжелом поражении артерий ладонной дуги выполнение шунтирующих операций невозможно, тогда с целью сохранения кисти от ампутации используют различные виды симпатэктомии [35] или нестандартные методы реваскуляризации (артерилизация венозной системы [36] или пересадка сальника на ножке) [32]. Этих операций нет в международных стандартах, но аргумент в пользу этих операций прост: каждая спасенная конечность – победа [37].

#### Эндоваскулярные вмешательства

Эндоваскулярные вмешательства с развитием технологий и повышением опыта эндоваскулярных хирургов постепенно становятся методом выбора при лечении критической ишемии кисти вне зависимости, вызвана ли она окклюзионно-стенотическим поражением периферических артерий или синдромом обкрадывания.

К сожалению, в отличие от критической ишемии нижних конечностей, по которой опубликовано множество работ, посвященных результатам эндоваскулярных методов лечения, работы, посвященные анализу результатов лечения критической ишемии верхних конечностей, весьма скучны.

Эндоваскулярные технологии также можно разделить на три группы: вмешательства направленные на ликвидацию синдрома обкрадывания - эмболизация лучевой артерии ниже АВФ [38], вмешательства направленные на уменьшение объема шунтирования крови по АВФ - эмболизация боковых ветвей венозного колена АВФ [39,40] и прямые эндоваскулярные реваскуляризации. При этом нужно отметить, что отдаленные результаты первых двух технологий сравнимы с результатами открытых операций.

Прямые эндоваскулярные вмешательства состоят из реканализации с последующей баллонной ангиопластикой или стентирования пораженного участка артерии, причем стентирование используется только при поражении подключичной артерии.

По данным Cheun T.J. и соавт., (2019) из 98 больных с критической ишемией кисти окклюзионно-стенотические поражения в артериях выше расположения АВФ (подключичная и плечевая) наблюдались у 1/3 больных и у 2/3 больных - поражение артерий предплечья. Эндоваскулярные вмешательства - стентирование подключичной и баллонная ангиопластика плечевой артерии дали 100% технический успех. Регресс симптомов ишемии кисти наблюдался у 91% больных. Результаты эндоваскулярных вмешательств на артериях предплечья (т.е. ниже АВФ) значительно хуже - технический успех составил 79%, а клиническое улучшение - у 51% больных [7].

Исследователи из Японии проанализировали результаты эндоваскулярного лечения 36 пациентов с критической ишемией руки (40 конечностей) в нескольких сердечно-сосудистых центрах. Средний возраст больных составил 66 лет, 19 пациентов были мужчинами, половина из них страдала сахарным диабетом, а две трети находились на гемодиализе. Средний срок наблюдения составил 27 месяцев. Первоначальный успех эндоваскулярной терапии, определяемый как восстановление магистрального кровотока до артериальной дуги кисти, остаточного стеноза менее 50% после баллонной ангиопластики и менее 30% после стентирования, а также отсутствие диссекции артерии, ограничивающей кровоток, был достигнут в 87% наблюдений [38]. Три пациента умерли в течение 30 дней после эндоваскулярного вмешательства. При этом уменьшение симптомов критической ишемии рук было отмечено в 92% конечностей. Ампутированы фаланги на семи пальцах (пяти конечностях), а ампутация выше запястья на двух конечностях. Тем не менее, несмотря на восстановление магистрального кровотока, через 1 год показатель полного заживления ран

составил 19% среди 26 выживших пациентов. В целом 56% пациентов умерли во время наблюдения, основными причинами смерти были сердечно-сосудистые и инфекционные заболевания. Первичный результат выживаемости без ампутации через 1 год составил 56,4%. Общая выживаемость через 1 год составила 59,4%. Диабет ( $p=0,03$ ), гемодиализ ( $p < 0,001$ ), ЗПА ( $p=0,003$ ) и наличие раны ( $p < 0,001$ ) были определены основными предикторами выживаемости без ампутации через 1 год [41].

Другой обзор посвящён анализу 8 опубликованных работ, в которых даны результаты эндоваскулярных методов лечения больных с критической ишемией верхних конечностей, но все они были описанием одного или единичных случаев. Анализ демонстрировал безопасность и эффективность данного метода, но отдаленные результаты не были приведены [42].

Причинами малой эффективности эндоваскулярных вмешательств на артериях предплечья является сочетанное поражение артерий ладонной дуги, поэтому, эндоваскулярные вмешательства не должны ограничиваться только восстановлением артерий предплечья. Gandini R. и соавт., (2010) предложил методику эндоваскулярного восстановления ладонной дуги («the radial to ulnar artery loop technique» [43].

Технический успех при использовании этой методики составил 70%, из них у 90% больных отмечено улучшение в виде купирования болей в покое, заживления раны и появления четкой демаркационной линии. Первичная проходимость восстановленных артерий составила 85,7% [44].

В последнее время появились сообщения об успешном применении орбитальной атерэктомии с последующей ангиопластикой у больных с критической ишемией руки, вызванной окклюзией артерий предплечья и запястья, со 100% техническим и клиническим успехом [45]. Результаты открытой реваскуляризации несколько лучше результатов эндоваскулярных вмешательств (регресс симптомов ишемии соответственно 82% и 75%). Но нужно отметить, что ладонная дуга была интактна у 68% больных, которым произведены открытые вмешательства и у 52% больных, которым произведены эндоваскулярные вмешательства [10,46].

При отсутствии реваскуляризации у больных с окклюзией артерий предплечья и гангреной пальцев кисти выполнялась ампутация одного или нескольких пальцев, при этом, в отдаленные сроки наблюдения (в среднем 12 мес.) 52% больных нуждались в повторной ампутации, а у 61% больных развивалась гангрена пальцев ранее непораженной руки [47].

## Заключение

Ишемия кисти, вызванная артериовенозной fistулой для диализа является редким, но причиняющим немалые страдания пациенту, осложнением. Адекватная

оценка ситуации перед наложением постоянного сосудистого доступа и тщательно продуманная техника операции являются основными факторами профилактики синдрома обкрадывания, но точного прогностического критерия, когда это осложнение неизбежно возникает, не существует. Однако, по некоторым данным, уменьшение пальцевого давления ниже 60% от системного после пережатия лучевой артерии [15] или снижение пальце-плечевого индекса давления ниже 0,8 указывает на высокую вероятность возникновения синдрома обкрадывания.

В настоящее время единой рекомендации по поводу

ведения больных с критической ишемией кисти и пальцев нет. Чрескожная баллонная ангиопластика может стать методом выбора лечения больных критической ишемией кисти, обусловленной окклюзионным поражением артерий предплечья и запястья. Высокая эффективность, малая травматичность и быстрая реабилитация, возможность повторной ангиопластики и открытой хирургической реваскуляризации, делают эту методику привлекательной при лечении окклюзионных поражений магистральных и периферических артерий верхних конечностей у больных – носителей постоянного сосудистого доступа. ■

## Список литературы/References

- Vennesland JB, Søreide K, Kvaløy JT, et al. A Population-Based Study of Incidence, Presentation, Management and Outcome of Primary Thromboembolic Ischemia in the Upper Extremity. *World J Surg.* 2019; 43(9): 2320-2327.  
<https://doi.org/10.1007/s00268-019-05023-w>
- Thibaudeau S, Serebrakian AT, Gerety PA, Levin LS. An algorithmic approach to the surgical treatment of chronic ischemia of the hand: a systematic review of the literature. *Plast Reconstr Surg.* 2016; 137: 818-828.
- Huber TS, Larive B, Imrey PB, et al. Access-related hand ischemia and the Hemodialysis Fistula Maturation Study. *J Vasc Surg.* 2016; 64(4): 1050-1058.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.03.449>
- Horst VD, Nelson PR, Mallios A, et al. Avoiding hemodialysis access-induced distal ischemia. *The Journal of Vascular Access.* 2020.  
<https://doi.org/10.1177/1129729820943464>
- Mohamed AS, Peden EK. Dialysis-associated steal syndrome (DASS). *The Journal of Vascular Access.* 2017; 18(1): 68-73.  
<https://doi.org/10.5301/jva.5000684>
- Stolic RV, Trajkovic GZ, Miric DJ, et al. Arteriovenous fistulas and digital hypoperfusion ischemic syndrome in patients on hemodialysis. *World J Nephrol.* 2013; 2(2): 26-30.  
<https://doi.org/10.5527/wjn.v2.i2.26>
- Cheun TJ, Jayakumar L, Sideman MJ, et al. Upper extremity arterial endovascular interventions for symptomatic vascular access-induced steal syndrome. *J Vasc Surg.* 2019; 70 (2): 1896-1903.
- Sedov VM, Karpov SA, Alfyorov SV, Grinyov KM. Phenomenon of ischemic steal syndrome in patients with different arteriovenous fistulas for hemodialysis and its surgical correction. *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2013;172(6): 051-055 [In Russ].
- Vaes RHD, Wouda R, Teijink JAW, Scheltinga MR. Venous side branch ligation as a first step treatment for haemodialysis access induced hand ischemia: effects on access flow volume and digital perfusion. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015; 50: 810-814.
- Tordoir JHM, Dammers R, van der Sande FM. Upper extremity ischemia and hemodialysis vascular access. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004; 27: 1-5.
- Gurkov A, Lobov G, Gurevich K. Blood flow in the large vessels of the forearm and in the microvessels of the hand in patients on programmed hemodialysis. *The Doctor.* 2012; 6: 64-67 [In Russ].
- Cheun TJ, Jayakumar L, Sheehan MK et al. Outcomes of upper extremity interventions for chronic critical ischemia. *J Vasc Surg.* 2018; 69 (1): 20-128.
- Tursunov BZ, Usmanov HH, Temirov SN. Balloon angioplasty of the radial artery in critical hand ischemia. *Angiology and Vascular Surgery.* 2018; 24: 64-69 [In Russ].
- Guerra A, Raynaud A, Beyessen B, et al. Arterial percutaneous angioplasty in upper limbs with vascular access devices for haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2002; 17: 843-851.
- Oprea A, Molnar A, Scridon T, Mircea PA. Digital pressure in haemodialysis patients with brachial arteriovenous fistula. *Indian J Med Res.* 2019; 149(3): 376-383.
- Tolba M, Maresch M, Kamal D. Distal radial artery ligation for treatment of steal syndrome associated with radiocephalic arteriovenous fistula. *J Surg Case Rep.* 2020; 2020(9): rjaa314.  
<https://doi.org/10.1093/jscr/rjaa314>
- Alie-Cusson FS, Bhat K, Ramchandani J, et al. Distal Revascularization and Interval Ligation for the Management of Dialysis Access Steal Syndrome. *Ann Vasc Surg.* 2021; 74: 29-35.  
<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.01.102>
- Scali ST, Chang CK, Raghinaru D, et al. Prediction of graft patency and mortality after distal revascularization and interval ligation for hemodialysis access-related hand ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2013; 45:195.
- De Caprio JD, Valentine RJ, Kakish HB, et al. Steal

- syndrome complicating hemodialysis access. *Cardiovasc Surg.* 1997; 5: 648-653.
20. Sheaffer WW, Hangge PT, Chau AH, et al. Minimally Invasive Limited Ligation Endoluminal-Assisted Revision (MILLER): A Review of the Available Literature and Brief Overview of Alternate Therapies in Dialysis Associated Steal Syndrome. *J Clin Med.* 2018; 7(6): 128.
  21. Kordzadeh A, Garzon LAN, Parsa AD. Revision Using Distal Inflow for the Treatment of Dialysis Access Steal Syndrome: A Systematic Review. *Ann Vasc Dis.* 2018; 11(4): 473-478.
  22. Vaes RHD, van Loon M, Selma MM, et al. One-year efficacy of the RUDI technique for flow reduction in high-flow autologous brachial artery-based hemodialysis vascular access. *J Vasc Access.* 2015; 16(9): 96-101.
  23. Shaikh FA, Siddiqui N, Shahzad N, et al. Operative Techniques to Prevent Dialysis Access-associated Steal Syndrome in High-risk Patients Undergoing Surgery for Hemodialysis Access: A Systematic Review. *Cureus.* 2019; 11(11): 6086.
  24. Schaffer D. A prospective, randomized trial of 6-mm versus 4-7-mm PTFE grafts for hemodialysis access in diabetic patients. In: *Vascular Access for Hemodialysis*, 5th. ed., edited by Henry ML, Ferguson RM, Tucson, WL. Gore and Associates, Inc., and Precept Press, 1997; 91-94.
  25. Scholz H. *Arteriovenous Access Surgery*. New-York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2015.
  26. Patel MS, Davies MG, Nassar GM, Naoum JJ. Open repair and venous inflow plication of the arteriovenous fistula is effective in treating vascular steal syndrome. *Ann Vasc Surg.* 2015; 29(5): 927-933.  
<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2014.12.042>
  27. Zamani P, Kaufman J, Kinlay S. Ischemic steal syndrome following arm arteriovenous fistula for hemodialysis. *Vascular Medicine.* 2009; 14: 371-376.
  28. Leake AE, Winger DG, Leers SA, et al. Management and outcomes of dialysis access-associated steal syndrome. *J Vasc Surg.* 2015; 61(3): 754-760.
  29. Misskey J, Yang C, MacDonald S, et al. A comparison of revision using distal inflow and distal revascularization-interval ligation for the management of severe access-related hand ischemia. *J Vasc Surg.* 2016; 63(6): 1574-1581.
  30. Shakarchi JA, Stolba J, Houston JG, et al. Surgical techniques for haemodialysis access-induced distal ischaemia. *J Vasc Access.* 2016; 17(1): 40-46.
  31. Spinelli F, Benedetto F, Passari G, et al. Bypass Surgery for the Treatment of Upper Limb Chronic Ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010; 39: 165-170.
  32. Pederson WC. Revascularization Options for Terminal Distal Ischemia. *Hand Clin.* 2015; 31: 75-83.
  33. Cornejo A, Neaman KC, Srinivasan RC, et al. In situ venous bypass for chronic hand ischemia. *Ann plast surg.* 2016; 76(4): 275-279.
  34. Masden LD, Seruya M, Higgins JP. A systematic review of the outcomes of distal upper extremity bypass surgery with arterial and venous conduits. *Hand Surg.* 2012; 37(A): 2362-2367.
  35. Hoexum F, Coveliers HM, Lu JJ, et al. Thoracic sympathectomy for upper extremity ischemia. *Minerva Cardioangiologica.* 2016; 64(6): 676-685.
  36. Zeng W, Hammert WC. Arterialization of the Venous System for Treatment of Chronic Ischemia in the Hand. *Plast Reconstr Surg.* 2016; 137(4): 1213-1220.
  37. Zatevahin II, Cipciashvili MSh, Gorbenko UF. Transplantation of omentum major in the treatment of distal lesions of the tibial arteries. *Clinical angiology: Manual/Ed.* by A.V. Pokrovsky. - Moscow: Medicine Publishers, 2004; 2: 316-325 [In Russ].
  38. Shukla PA, Contractor S, Huang JT, Curi MA. Coil embolization as a treatment alternative for dialysis-associated steal syndrome. *Vasc Endovascular Surg.* 2012; 46(7): 546-9.  
<https://doi.org/10.1177/1538574412456435>
  39. Davies MG. Management of Arteriovenous Fistula Side Branches: Ligation or Coil Embolization. *Journal of Vascular Surgery.* 2019; 70(2): 34.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.jvs.2019.06.041>
  40. Kasirajan K. Coil Embolization of Tributaries of Brachiocephalic Fistula is Effective in the Management of Vascular Steal. *Ann Vasc Surg.* 2021; 72: 307-314.  
<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2020.08.150>
  41. Tomoi Y, Soga Y, Fujihara M, et al. Outcomes of Endovascular Therapy for Upper Extremity Peripheral Artery Disease With Critical Hand Ischemia. *J Endovasc Ther.* 2016; 23(5): 717-22.  
<https://doi.org/10.1177/1526602816659279>
  42. Law Y, Chan YC, Cheng SW. Angioplasty of forearm arteries as a finger salvage procedure for patient with end-stage renal failure. *Int J Nephrol Renovasc Dis.* 2016; 9: 105-109.  
<https://doi.org/10.2147/IJNRD.S102257>
  43. Gandini R, Angelopoulos G, Da Ros V, et al. Percutaneous transluminal angioplasty for treatment of critical hand ischemia with a novel endovascular approach: the radial to ulnar artery loop technique. *J Vasc Surg.* 2010; 52: 760-762.
  44. Singh A, Kumar N, Jain AP, et al. Endovascular management of critical hand ischemia by 'palmar arch loop' technique. *Vascular.* 2021; 29(4): 597-605.  
<https://doi.org/10.1177/1708538120966939>
  45. Bahro A, Iggyarto Z, Martinsen B. Critical hand ischemia treatment via orbital atherectomy - A single center observational retrospective analysis. *Cardiovascular Revascularization Medicine.* 2017; 18: 91-94.
  46. Gandini R, Fabiano S, Morosetti D, et al. Endovascular treatment of below-the-elbow arteries in critical hand ischemia. *Minerva Cardioangiolog.* 2016; 64(6): 662-71.
  47. Yeager RA, Moneta GL, Edwards JM, et al. Relationship of hemodialysis access to finger gangrene in patients with end-stage renal disease. *J Vasc Surg.* 2002; 36(2): 245-249.