

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРОЙ ИШЕМИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

© Е.А. Кутько

УЗ Витебская областная клиническая больница, Витебск, Республика Беларусь

Под острой ишемией нижней конечности (ОИНК) понимается внезапное уменьшение артериального кровотока в нижней конечности, продолжающееся <14 дней и представляющее непосредственную угрозу ее жизнеспособности. Данное состояние является одной из наиболее частых экстренных ситуаций в сосудистой хирургии, требующих незамедлительной диагностики и лечения, поскольку не своевременно выполненная реваскуляризация нижней конечности приводит к высокой частоте ампутации и летальности в послеоперационном периоде.

В настоящее время существует множество методов реваскуляризации нижней конечности, однако, в сущности, их можно разделить на две большие группы: открытое хирургическое и эндоваскулярное лечение, выбор между которыми зависит от многих факторов. Со времени изобретения катетера Фогарти, баллонная тромбэмболизомия стала «золотым стандартом» в лечении ОИНК. Тем не менее, в это же время появились и стали развиваться эндоваскулярные методы лечения, первым из которых был регионарный катетерный тромболитический (РКТ). Со времени появления РКТ постепенно развивался – приходило понимание показаний для его использования, совершенствовалась техника вмешательства, появлялись различные тромболитические агенты и инструментарий. На сегодняшний момент ряд международных рекомендаций определяют РКТ как метод выбора для лечения большинства пациентов с ОИНК.

В 1990-х гг. стали появляться методики эндоваскулярной тромбэктомии, возникновение которых связано с попыткой объединения преимуществ открытой хирургии (быстрое и, при идеальных условиях, полное восстановление кровотока) и эндоваскулярных вмешательств (малоинвазивность). К ним относятся: мануальная аспирационная, реолитическая (гидродинамическая), ротационная, аспирационная тромбэктомия и фармакомеханический тромболитический. Согласно многочисленным исследованиям, данные методики показывают достаточно впечатляющие результаты и, возможно, в скором будущем одна из них может стать новым «золотым стандартом» в лечении ОИНК.

Ключевые слова: острая ишемия нижней конечности; эндоваскулярное лечение; регионарный катетерный тромболитический; механическая тромбэктомия; ультразвуковой тромболитический; фармакомеханический тромболитический.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENDOVASCULAR METHODS FOR TREATMENT OF ACUTE LOWER LIMB ISCHEMIA

E.A. Kutsko

Vitebsk Regional Clinical Hospital, Vitebsk, Republic of Belarus

Acute lower limb ischemia (ALLI) is defined as a sudden decrease in lower limb arterial perfusion, which lasts less than 14 days and threatens a limb viability. This condition is one of the most common emergencies in vascular surgery, requiring immediate diagnosis and treatment, be-



cause untimely revascularization of lower limb leads to high amputation rate and mortality in postoperative period.

Currently there exist many methods of lower limb revascularization, however, in fact, they all can be divided into two large groups: open, surgical, and endovascular treatment. The choice between them depends on many factors. Since introduction of Fogarty catheter, balloon thromboembolectomy became a «gold standard» in treatment for ALLI. Nevertheless, at the same time endovascular methods appeared, the first one being catheter-based thrombolysis (CBT). Since its appearance, CBT gradually improved with deeper understanding of indications for its use, improvement of the technique of intervention, appearance of different thrombolytic agents and instruments. Nowadays a number of international guidelines determine CBT as a first line treatment of most patients with ALLI.

Endovascular thrombectomy techniques appeared in the 90s of XX century as an attempt to combine advantages of open surgery (rapid and, in ideal conditions, complete restoration of limb perfusion) and of endovascular intervention (minimal invasiveness). They include manual aspiration, rheolytic (hydrodynamic), rotational, aspiration thrombectomy and pharmacomechanical thrombolysis. According to numerous studies, these techniques demonstrate quite impressive results and, probably, in the near future one of them can become a new «gold standard» in treatment for ALLI.

Keywords: *acute lower limb ischemia; endovascular treatment; catheter-based thrombolysis; mechanical thrombectomy; ultrasound-accelerated thrombolysis; pharmacomechanical thrombolysis.*

Острая ишемия нижней конечности (ОИНК) – это внезапное уменьшение артериального кровотока в нижней конечности, продолжающееся <14 дней и представляющее непосредственную угрозу ее жизнеспособности. Распространенность ОИНК в популяции может варьировать от 10 до 26 случаев на 100 000 населения в год [1]. Выделяют две основные причины ОИНК: артериальный тромбоз, в основе которого лежит уже существующее атеросклеротическое поражение артерии (целевое поражение), и периферическая эмболия, которая обычно возникает из-за нарушений ритма сердца, чаще – фибрилляции предсердий [2]. Причем, в настоящее время в связи с широким распространением оральные антикоагулянты, периферическая тромбоемболия все реже является причиной заболевания с возрастанием частоты острого артериального тромбоза, который может достигать в некоторых странах 95% от всех случаев ОИНК [3].

В настоящее время существует множество методов реvascularизации нижней конечности, однако, в сущности, их можно разделить на две большие группы: открытое хирургическое и эндоваскулярное ле-

чение. Выбор того или иного метода лечения зависит от нескольких факторов: степени острой ишемии нижней конечности, этиологии и локализации поражения, общего состояния пациента. В добавок к этому, трудность выбора метода реvascularизации связана с ее экстренностью, т.е. ограниченным временем на детальное обследование и предоперационную подготовку пациента, в связи с чем при лечении ОИНК характерна высокая внутригоспитальная и 30-дневная летальность [1].

Хирургические методы лечения ОИНК появились намного раньше, чем эндоваскулярные. G. Labey (1911) стал первым, кто успешно выполнил открытую эмболэктомию, удалив эмбол из бедренной артерии через 6 часов от начала заболевания. Тем не менее, 30-дневная летальность после данного вмешательства составляла 52% [4], что сильно снижало результативность этой операции. Такую высокую летальность можно связать как с отсутствием четких временных и клинических критериев, при которых необходимо было выполнять эмболэктомию, так и с отсутствием знаний о процессах, происходящих в конечности в фазы ишемии и реперфузии, пред-

ставление о которых начало появляться только ближе к середине XX в. [5]. Только в 1960-е гг., экспериментируя с мочевым катетером, T.J. Fogarty смог его модифицировать и получить известный на весь мир баллонный катетер Фогарти. В 1965 г. были представлены первые результаты его использования с выживаемостью пациентов – 80% и сохранением конечности в 96% случаях. С тех пор данный метод стал «золотым стандартом» в лечении ОИНК [6].

Со времени изобретения катетера Фогарти в хирургическом лечении ОИНК ничего принципиально нового не появлялось. В то же время, после зарождения эндоваскулярных методов лечения ОИНК в начале 1960-х гг., они получили бурный рост в последующие годы с существованием в настоящее время большого разнообразия различных методов и устройств, способных эффективно и достаточно безопасно восстанавливать кровоток в нижней конечности при острой ишемии с минимальной операционной травмой. Эндоваскулярные методы лечения ОИНК предлагают менее инвазивный способ реваскуляризации, снижающий уровень летальности и смертности, особенно у пожилых пациентов.

К эндоваскулярным вмешательствам относятся регионарный катетерный тромболитис (РКТ), включая особый его вид, ультразвук-ускоренный тромболитис, и различные методики эндоваскулярной тромбэктомии: мануальная аспирационная, реолитическая (гидродинамическая), ротационная, аспирационная и фармако-механический тромболитис. Все перечисленные методики устраняют тромб, окклюзирующий просвет сосуда, с восстановлением кровотока в конечности. Положительной стороной эндоваскулярных методов является возможность идентификации целевого поражения сосуда после удаления тромба с последующим его лечением в ближайшее время, что во многом улучшает отдаленные результаты проходимости сосуда и сохранения конечности.

Согласно последним Клиническим рекомендациям (КР) Американской кар-

диологической ассоциации (АКА) и Американского общества кардиологов (АОК) 2016 года РКТ является эффективным методом лечения пациентов с ОИНК и жизне-неспособной конечностью (I, A; здесь и далее – класс, уровень доказательности), при этом методы эндоваскулярной тромбэктомии могут быть использованы в дополнение к нему (IIa, B-NR). В то время как хирургическая тромбоэмболектомия может быть более эффективна у пациентов с эмболией и жизне-неспособной конечностью (IIa, C-LD) [7]. Однако как в американских, так и европейских КР акцент делается на том, что выбор метода реваскуляризации должен зависеть от возможностей медицинского учреждения и опыта лечения таких пациентов [7,8]. Причем, американские КР устанавливают достаточно четкие временные рамки выполнения реваскуляризации в зависимости от степени ишемии: при I степени острой ишемии по Рутерфорду – 6-24 часов, при IIa и IIb – 6 часов [7]. В тоже время КР Европейского общества кардиологов (ЕОК) не дают четкого указания на использование того или иного метода реваскуляризации, лишь уточняя, что при наличии неврологического дефицита рекомендуется использовать методы, приводящие к быстрому восстановлению кровотока в нижней конечности, что может быть достигнуто как эндоваскулярно (техники эндоваскулярной тромбэктомии), так и хирургически (тромбэктомия, шунтирование), а при отсутствии неврологического дефицита или при наличии у пациента тяжелой сопутствующей патологии наиболее оправданным методом лечения является регионарный катетерный тромболитис.

Регионарный катетерный тромболитис (РКТ). РКТ – это эндоваскулярный метод реваскуляризации нижней конечности, заключающийся в селективном введении тромболитического агента (ТА) в месте тромбоза сосудистого русла в заданном режиме с целью растворения тромботических масс. Суть метода заключается в позиционировании специального инфузион-

ного катетера внутри тромба (или как можно ближе к нему) и инициации тромболизиса в необходимом режиме.

Исторически, первым ТА, используемым для проведения тромболизиса, стала стрептокиназа, продуцируемая группой β -гемолитических стрептококков. Однако в связи с тем, что при использовании стрептокиназы часто возникали побочные эффекты, велся поиск альтернативного ТА, который бы не обладал антигенными свойствами. Так, для РКТ стали использовать урокиназу, которая долгое время являлась основным ТА в США, однако из-за проблем с производством препарата и появлением более специфичных ТА (алтеплаза, ретеплаза, тенектеплаза), он перестал так активно использоваться [9].

Все доступные на данный момент ТА напрямую не вызывают деградацию фибриногена, а являются, по своей сути, активаторами плазминогена (АП), приводя к его превращению в плазмин. После чего плазмин разрушает фибрин и фибриноген, содержащиеся в тромбе, в продукты деградации фибриногена. В настоящее время наиболее часто используемым и хорошо изученным ТА является первое поколение рекомбинантных форм естественного тканевого активатора плазминогена (тАП) – алтеплаза, действие которой было подтверждено в рандомизированном контролируемом исследовании (РКИ) D.C. Berridge, et al. (1991) [10]. Стрептокиназа и урокиназа являются фибрин-неспецифичными активаторами плазминогена, в то время как тАП, наоборот, являются фибрин-специфичными агентами, которые преимущественно активируют фибрин-связанный плазминоген [9].

Ретеплаза является вторым поколением рекомбинантной формы тАП и представляет собой синтетический фрагмент естественного тАП, состоящий из 355 аминокислот. Ретеплаза не связывается с фибрином также прочно как алтеплаза, что позволяет лекарству более свободно проникать сквозь тромботические массы, а не связываться только с поверхностью тром-

ба, как это происходит у алтеплазы. Тенектеплаза является третьим поколением, в структуре которой с помощью генной инженерии произошла замена трех аминокислотных остатков в трех участках исходной молекулы. Это привело к увеличению периода полувыведения, более выраженной фибрин-специфичности и усилению резистентности к ингибиторам активаторам плазминогена в 200 раз [11].

I. Robertson, et al. (2013) провели анализ всех имеющихся к этому времени РКИ, сравнивающих эффективность и безопасность ТА при лечении ОИНК. В результате было установлено, что тАП и урокиназа являются предпочтительными ТА для проведения РКТ у пациентов с ОИНК [12].

Режимы инфузии тромболитического агента. После позиционирования катетера внутри тромба устанавливается необходимый режим дозирования, в зависимости от используемого ТА, а также имеющейся степени ОИНК, а, соответственно, и времени на восстановление кровотока в нижней конечности.

Длительная постоянная инфузия (ДПИ) – это наиболее часто встречающийся режим инфузии, при котором ТА поступает в одной и той же дозировке на протяжении необходимого времени.

Поэтапная инфузия – это режим инфузии, при котором происходит постепенное продвижение катетера в направлении от проксимальной к дистальной части тромба при его растворении ТА. При этом в тромб вводится несколько миллилитров действующего вещества, затем выжидается 5-15 минут и катетер продвигается дальше под флюороскопическим контролем. Несмотря на то, что с помощью данного режима можно снизить общую дозу вводимого ТА и время тромболизиса, он достаточно трудоемкий, поскольку все это время пациент и медицинский персонал должны находиться в рентгенооперационной.

Постепенноснижаемая инфузия – это режим инфузии, при котором происходит периодическое снижение дозы вводимого

ТА с максимальной дозировкой в первые несколько часов [11].

Форсированные периодические инфузии (техника «pulse-spray») – это режим инфузии, основанный на периодических болюсных введениях ТА в малых дозах с интервалами 15-30 секунд с целью фрагментации тромба и увеличению его поверхности, доступной воздействию действующего вещества. S.F. Yusuf, et al. (1995) показали, что данная техника значительно ускоряет (среднее время – 195 мин) тромболизис по сравнению с режимом ДПИ (1390 мин, $p < 0,002$). Тем не менее, успешность вмешательства статистически не отличалась в связи с недостаточным количеством включенных пациентов [13].

Болюс-инфузия. В данном случае болюс означает первоначальное введение большой дозы ТА с целью фрагментации тромба на всем его протяжении и насыщению действующим ТА, а затем продолжается инфузия в режиме ДПИ. При использовании данной методики удается в несколько раз сократить время тромболизиса по сравнению с ДПИ при схожих клинических результатах [14].

В 2004 г. был опубликован обзор, в котором была предпринята попытка объединить имеющиеся к тому времени рандомизированные исследования с целью провести сравнение режимов инфузии ТА и поиска наиболее оптимального. Однако, в связи с малым количеством пациентов и выраженной гетерогенностью исследова-

ний, не удалось провести значимого статистического сравнения этих режимов для получения ответа на поставленный вопрос. Удалось установить, что высокодозная инфузия в режиме ДПИ и техника «pulse-spray» хотя и вызывают более быстрое восстановление кровотока в нижней конечности, чем низкодозные инфузии, не приводят к увеличению первичной проходимости или улучшению результатов сохранения конечности. К тому же, данные режимы увеличивают частоту возникновения геморрагических осложнений [15].

Осложнения. Несмотря на малоинвазивность РКТ, как и любое вмешательство, имеет свои осложнения. Их частота может достаточно сильно варьировать в зависимости от факторов риска самого пациента, вида РКТ и режима инфузии, дополнительно проводимой консервативной терапии (дозы антикоагулянтов). Все осложнения можно разделить на 2 группы: связанные с тромболизисом и связанные с реперфузией.

К первой группе относятся геморрагические осложнения и дистальная эмболия. Наиболее частым осложнением РКТ являются кровотечения (табл. 1). В свою очередь, они делятся на крупные, требующие переливания крови или хирургического вмешательства, и малые. Наиболее опасным осложнением является интракраниальное кровотечение, которое в большинстве случаев (75%) приводит к летальному исходу [16].

Таблица 1

**Частота встречаемости осложнений регионарного катетерного тромболизиса
(адаптировано из C. Gilliland, et al. [1])**

| Осложнение | Частота встречаемости, % |
|---------------------------------|--------------------------|
| Внутричерепное кровотечение | 0-2,5 |
| Большое кровотечение | 1-5 |
| Малое кровотечение | 10-20 |
| Дистальная эмболия | 5-10 |
| Компартмент-синдром | 5-10 |
| Острая почечная недостаточность | 0-2 |

Также к опасным, но достаточно редким кровотечениям относятся: ретроперитонеальное, внутрибрюшинное, желудочно-кишечные кровотечения и кровотечения из мочевыводящих путей. Наиболее частым геморрагическим осложнением является кровотечение из места доступа, и, как правило, оно относится к малым кровотечениям.

Вторым важным осложнением этой группы является дистальная эмболия (табл. 1). При возникновении данного осложнения необходимо увеличить дозу вводимого ТА в инфузии, а при отсутствии эффекта через 1-2 часа – провести ангиографический контроль с целью верификации осложнения и возможной смены тактики лечения [11].

Ко второй группе осложнений относятся компартмент-синдром нижней конечности и острая почечная недостаточность

(ОПН). Компартмент-синдром возникает, когда скопление жидкости в нижней конечности приводит к нарушению венозного оттока из отдельных мышечно-фасциальных футляров, что, в свою очередь, вызывает повышение давления в данных пространствах, дальнейшему усугублению венозного оттока и капиллярного кровотока, что, в конечном итоге, приводит к прекращению кровотока в нижней конечности. Для купирования данной ситуации показана фасциотомия в пределах голени или даже бедра. ОПН развивается из-за выраженной миоглобинурии, которая возникает в связи с рабдомиолизом мышц нижней конечности. При этом вероятность ее развития тем выше, чем больше степень острой ишемии [17].

В заключение целесообразно обобщить преимущества и недостатки РКТ в лечении ОИНК (табл. 2).

Таблица 2

Преимущества и недостатки регионарного катетерного тромболитика в лечении острой ишемии нижней конечности [1,3,11]

| Преимущества | Недостатки |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – малоинвазивное вмешательство с низким операционным риском; – отсутствие повреждение стенки сосуда, в первую очередь эндотелия; – восстановление кровотока в мелких и коллатеральных сосудах; – улучшает кровоток в дистальном русле, что открывает возможности для выполнения шунтирования; – одномоментное лечение многоэтажных поражений артерий нижней конечности; – уменьшает объем открытого хирургического вмешательства при необходимости его выполнения; – снижает уровень ампутации при необходимости ее выполнения. | <ul style="list-style-type: none"> – отсроченное наступление эффекта; – необходимость в наблюдении в палате интенсивной терапии; – наличие противопоказаний (абсолютные, относительные); – повышенный риск кровотечений по сравнению с открытой хирургией; – невозможен при остром тромбозе шунта непосредственно после сосудистой реконструкции. |

Одним из особых видов РКТ является ультразвук-ускоренный катетерный тромболитик (УЗТ). Для этого используются различные устройства, однако наиболее известным является эндоваскулярная система EkoSonic (BTG International Ltd, Вели-

кобритания). В дополнение к инфузии ТА, она использует высокочастотный ультразвук (УЗ) низкой мощности, образуемый преобразовательными элементами, находящимися на проводнике. Механизм действия УЗ заключается в разрыве связей меж-

ду нитями фибрина, что приводит к увеличению проницаемости тромба и обнажению большего количества рецепторов для связывания плазминогена. Кроме того, УЗ вызывает акустическую кавитацию, под которой понимается образование и коллапс микроскопических полостей в среде, подвергаемой действию ультразвука. Таким образом, все данные воздействия облегчают проникновение ТА через тромботические массы, что ускоряет процесс тромболитизиса. При этом, в отличие от фармакомеханического тромболитизиса, не происходит механической фрагментации тромба [18].

C. Wissgott, et al. (2007) провели ретроспективное нерандомизированное исследование для оценки эффективности и безопасности использования УЗТ (n=25). Технический успех вмешательства составлял 100% с полным лизисом тромба у 22 пациентов (88%), частичным – у 1 (4%) и отсутствием эффекта у 2 пациентов (8%). Стоит также отметить, что во время вмешательств возникло только одно геморрагическое осложнение, связанное с дислокацией катетера. К тому же, не было выявлено ни одного случая смерти или ампутации нижней конечности в течение 1 месяца наблюдения [19]. A.M. Schrijver, et. al (2015) опубликовали результаты РКИ и показали, что УЗТ значительно снижает время процедуры в сравнении с РКТ (17,7±2,0 часа против 29,5±3,2 часа; p=0,009). Однако, при сравнении других клинически важных параметров УЗТ уступал РКТ, хоть и не было выявлено статистически значимой разницы между группами: технический успех составлял 75% против 84% (p=0,52), 30-дневный уровень смертности и частота тяжелых осложнений – 29% против 19% (p=0,54), первичная проходимость – 71% против 82% (p=0,35) [20].

Таким образом, существует некоторая разнородность в данных эффективности УЗТ в лечении ОИНК, поэтому необходимо дальнейшее развитие данной технологии и ее изучение в крупных рандомизированных исследованиях с выставлением клинически значимых исходов в качестве конечных точек.

Эндоваскулярные методики тромбэктомии (ТЭ). Появление ТЭ является следующим этапом в развитии эндоваскулярных методов лечения ОИНК, возникновение которых связано с попыткой объединения преимуществ открытой хирургии и эндоваскулярных вмешательств, в результате чего можно было бы снизить дозу и время инфузии ТА или вообще отказаться от его использования, сократить время наблюдения в палате интенсивной терапии, ускорить восстановление кровотока в нижней конечности, уменьшить количество осложнений и стоимость лечения при сохранении или даже улучшении эффективности вмешательства. Также данные методики позволяют расширить показания для использования эндоваскулярных методов в лечении ОИНК, а именно, включение пациентов, нуждающихся в экстренной реваскуляризации (класс Ib по Рузерфорду), и пациентов, имеющих высокий риск геморрагических осложнений или противопоказания к РКТ. На сегодняшний момент существует несколько видов ТЭ:

Мануальная аспирационная ТЭ;

Механическая ТЭ, которая в зависимости от механизма действия используемых устройств делится на следующие виды:

2.1. Реолитическая (гидродинамическая) ТЭ;

2.2. Ротационная ТЭ;

2.3. Аспирационная ТЭ;

2.4. Фармакомеханический тромболитизис (ФМТ).

Мануальная аспирационная тромбэктомия. Суть данного вмешательства заключается в использовании катетера с большим внутренним просветом, соединенным со шприцом, в котором создается отрицательное давление для аспирации тромба из сосуда. На современном этапе данная методика, как правило, не используется как самостоятельная техника, а чаще всего используется в комбинации с другими методиками, поскольку имеет достаточно высокую частоту технической неудачи [21]. На международном рынке присутствует достаточно большое количество устройств для

использования в периферическом сосудистом русле: Eliminate (Terumo, Япония), Nautilus (iVascular, Испания), Sofia Plus Aspiration Catheter (MicroVention, Terumo, США), Euca AC (Eucatech AG, Германия), Aspire Max (Control Medical Technology, США) и др. К тому же, существуют и другие аспирационные катетеры, предназначенные для коронарного или мозгового сосудистых бассейнов, которые можно успешно применять и в сосудах нижних конечностей, в частности, сосудах голени.

Реолитическая (гидродинамическая) ТЭ. Принцип заключается в использовании потока жидкости и гидродинамических сил для удаления тромба из просвета сосуда. На сегодняшний день существует ряд устройств на европейском рынке для выполнения реолитической ТЭ в периферическом сосудистом русле, наиболее распространенным из которых является AngioJet (Boston Scientific Corporation, США). Устройство состоит из специального катетера, насоса и консоли управления. Катетер представляет собой двухпросветную трубку: один просвет, меньшего диаметра, состоит из нержавеющей стали и служит для доставки контролируемого высокоскоростного потока физиологического раствора (350–450 км/час), образуемого насосом; второй просвет, большего диаметра, служит для проведения проводника и эвакуации тромботических масс (выносящий просвет). Причем стоит отметить, что первый просвет находится внутри второго, в нижней его части, и заканчивается на кончике катетера закрытой петлей с отверстиями, из которых высокоскоростные струи физиологического раствора устремляются в обратном направлении по выносящему просвету. За счет этого на кончике катетера, имеющего в этой области по всей окружности аспирационные отверстия, формируется зона крайне низкого давления (эффект Вентури / принцип Бернулли), что приводит к фрагментации тромба и засасыванию его частей в выносящий просвет. Несколько проксимальнее аспирационных отверстий располагаются инфузи-

онные отверстия (технология Cross-Steam), через которые поступают высокоскоростные струи физиологического раствора для дополнительной фрагментации тромба и облегчения его аспирации. Вышеописанный режим работы устройства называется тромбэктомическим. Наряду с этим у него присутствует и тромболитический режим (режим «power pulse spray») с инфузией ТА внутрь тромба для осуществления ФМТ. После непродолжительной выдержки (5–20 мин) устройство переводится в тромбэктомический режим для удаления тромба. Данный режим позволяет уменьшить количество необходимых протяжек катетера, что уменьшает количество осложнений вмешательства, а также увеличивает вероятность успеха [22]. Наиболее опасным осложнением применения данного устройства является гемолиз эритроцитов, что ведет к гемоглобинурии с последующим развитием ОПН. Другим важным осложнением является повреждение сосудистой стенки, что может вызывать ранний или поздний ретромбоз в этом участке сосуда. Стоит отметить, что вероятность развития осложнений напрямую связана с количеством протяжек катетера через тромбированный участок артерии.

Первые клинические результаты использования Angio Jet при ОИМК появились в 1998–1999 гг. с успехом вмешательства в >90% и сохранением конечности в >85% случаях [23]. Результаты достаточно крупного регистра PEARL подтверждают высокую непосредственную и отдаленную эффективность вмешательства с сохранением конечности через год у 81% пациента [24]. В настоящее время устройство Angio Jet чаще используется именно для ФМТ, который показывает сопоставимые с РКТ результаты, причем реперфузия нижней конечности наступает гораздо быстрее [25].

Ротационная тромбэктомия (РТ). Система механической тромбэктомии Rotarex® S (Straub Medical AG, Швейцария) является наиболее распространенным устройством по использованию в Европе для выполнения РТ в периферическом

русле. Данное устройство состоит из катетера, мотора, консоли управления и дренажного мешка. Катетер представляет собой многослойную трубку, которая содержит внутри стальную спираль по типу архимедова винта, вращающуюся со средней скоростью 40 000 оборотов в минуту. Высокая скорость вращения спирали создает вакуум внутри катетера, который засасывает тромботические массы с их перемещением по спирали в дренажный мешок. Кончик катетера состоит из двух размещенных друг на друге цилиндров, каждый из которых имеет две боковые щели, через которые и идет аспирация тромба. Внутренний цилиндр, неподвижный (статор), соединен с телом катетера; наружный цилиндр, подвижный (ротатор), соединен с вращающейся спиралью, что формирует режущую головку, которая буквально «бурит» тромб внутри артерии, т.е. вызывает его фрагментацию для облегчения аспирации [26].

У S. Heller, et al. (2017) общий успех вмешательства составлял 90,5% (с использованием РКТ в 21,8% случаях) [27]. Более того, были отмечены очень низкая частота ампутации и летальности (2,0 и 0,7% соответственно). В. Freitas, et al. (2016) представили результаты лечения 525 пациентов с острой (40,2%) и подострой (59,8%) ишемией нижней конечности: успех вмешательства составлял 97,7% (с дополнительным РКТ в 13,9%). Через год наблюдения у 74,1% пациентов результаты, полученные после вмешательства, остались прежними, при этом частота ампутаций, повторных реваскуляризований и уровень смертности составляли 2,3%, 10,1%, 8,0% соответственно [28]. При ретроспективном сравнении РТ с РКТ, несмотря на лучшую первичную и вторичную проходимость в группе РТ ($p < 0,05$), общая выживаемость и сохранение конечности статистически не различались [29].

Таким образом, РТ является хорошей альтернативой РКТ и постепенно начинает использоваться в некоторых европейских центрах как метод выбора в лечении ОИНК. Единственным ограничением для его использования являются тромбоэмбо-

лические поражения артерий голени, так как высок риск их перфорации, однако последний опыт показывает, что в проксимальных отделах артерий голени данное устройство также может быть использовано [30]. И все же, для большего распространения этого метода необходимо проведение проспективных РКИ.

Аспирационная тромбэктомия (АТ). В настоящее время наибольшей популярностью среди устройств для АТ обладают *Aspirex S* (Straub Medical AG, Швейцария) и *Penumbra System* (Penumbra Inc., США). Однако оба этих устройства изначально предназначены для использования в других сосудистых бассейнах. Аспирационная система *Aspirex S*, в отличие от похожего устройства от этой же фирмы *Rotarex*, предназначена для использования в венозной системе. Принцип работы данных устройств одинаков, однако есть одно важное отличие в строении кончика: он не имеет вращающейся, подвижной части – ротора. Соответственно, катетеры *Aspirex S* предназначены только для аспирации тромботических масс через боковые отверстия кончика. Смысл заключается в том, что вращающаяся головка катетера вызывала бы повреждение венозных клапанов, а также имела бы очень высокий риск перфорации тонкой венозной стенки. Тем не менее, при наличии данного устройства и необходимости быстрого восстановления кровотока в нижней конечности оно может быть использовано с хорошим клиническим результатом и при лечении ОИНК, что было показано В. Teuman et al (2017). Технический успех вмешательства составлял 75% (с дополнительным проведением РКТ только в 12,5% случаях), а первичная проходимость целевого сосуда через год составляла 75%, при этом не было зарегистрировано ни одного случая смерти и ни одной ампутации выше голени [31].

Аспирационная система *Penumbra* изначально была разработана для использования в сосудах головного мозга с целью лечения острого ишемического инсульта, в чем она показала свою эффективность и

безопасность [32]. На основании этой же системы, но предназначенной для использования в других периферических сосудистых бассейнах была создана система Indigo (Penumbra Inc.). Стоит отметить, что принцип работы данных устройств одинаков и единственное отличие между ними – это размер используемых катетеров, а именно, в артериях конечностей применяются катетеры с большим внутренним просветом. Сама система состоит из: насоса, обеспечивающего постоянное негативное давление; армированной трубки; катетера и проводника-сепаратора, который используется для фрагментации тромба на кончике катетера, чтобы предотвратить его окклюзию крупным тромбом. Особенностью данных катетеров является максимально возможный внутренний просвет катетера с наименьшим внешним диаметром. При этом существует размерный ряд катетеров для использования в различных артериях нижней конечности, начиная от подвздошных и заканчивая артериями голени. Таким образом, обе данные системы могут быть использованы для лечения ОИНК [33,34].

F. Vaumann, et al. (2016) провели ретроспективное исследование по оценке эффективности и безопасности использования систем Penumbra и Indigo у пациентов с ОИНК. В исследование были включены 30 пациентов с 33 поражениями, 10 из которых были ятрогенными осложнениями эндоваскулярных вмешательств. Общая частота технического успеха составила 72,7% с более высоким показателем в артериях ниже колена (85,0%) против артерий выше колена (53,9%) [33]. Скорее всего такая разница связана с отсутствием на момент проведения исследования более крупных 8F катетеров, предназначенных для использования в артериях крупного калибра. Стоит отметить, что в трети случаев использовался РКТ, как до (24,2%) АТ, так и после нее (12,1%). Важным положительным моментом применения данных устройств стало отсутствие случаев дистальной эмболии, что говорит о высокой безопасности их использования.

G.L. Adams (2016) представил окончательные результаты первого ретроспективного многоцентрового исследования использования систем Penumbra и Indigo у пациентов с острой ишемией конечностей и внутренних органов с ОИНК в 90% случаях [34]. В 53% случаях были использованы только системы Penumbra/Indigo, в 24,1% - после неудачи РКТ, в оставшихся случаях - после использования др. устройств для механической ТЭ +/- РКТ. Успешная реваскуляризации была достигнута в 96,3%, а полное восстановление кровотока – в 76,5% случаях. Осложнения наблюдались у 11 пациентов (12%), однако ни одно из них не было связано с исследуемым устройством.

Совсем недавно было опубликовано ретроспективное исследование С.Н.Р. Kwok, et al. (2018), сравнивающее АТ и РКТ как методы первоначального выбора в лечении пациентов с неятрогенной ОИНК. Несмотря на небольшое количество пациентов технический успех в группе РКТ был значительно лучше (89% против 53%), хотя там же значительно чаще встречались осложнения (29,6% против 13,3%), включая один летальный случай из-за интракраниального кровотечения [35]. Тем не менее, данное исследование не может быть показательным в связи с малым количеством пролеченных пациентов и небольшим опытом использования данной системы у самих исследователей.

Фармакомеханический тромболизис – это вмешательство, комбинирующее в себе два вида воздействия на тромб: внутритромботический тромболизис с использованием небольшой дозы ТА и механическое воздействие на тромб при использовании определенного устройства. К таким устройствам относятся: AngioJet (рассмотрен выше) и периферическая инфузионная система Trellis (Covidien LLC, Medtronic, США). Причем, периферическая инфузионная система Trellis предназначена именно для изолированного ФМТ. Изолированное места воздействия происходит за счет раздувания на дистальной части катетера

двух баллонов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга (10-30 см) и образующих между собой, так называемую «рабочую зону» катетера. Фрагментация тромба осуществляется за счет колебаний нитинолового проводника (500-3000 в минуту), который имеет участок синусоидной формы, соответствующий длине «рабочей зоны» катетера, а инфузия ТА осуществляется через соответствующий порт в проксимальной части катетера. Теоретически, неотъемлемыми преимуществами данного устройства являются изолированное воздействие ТА на тромб и защита от дистальной эмболии [36].

T.P. Sarac, et al. (2004) использовали данную систему для лечения 26 пациентов, у 15 (58%) из которых была именно ОИНК. Общий технический успех вмешательств составил 92% с общей 30-дневной выживаемостью без ампутации – 96% с несколько более низким показателем в группе ОИНК (93,8% против 100%; $p=0,45$). При этом удалось значительно сократить объем вводимого ТА. Однако в этом исследовании во время вмешательств произошло 3 случая (11,5%) дистальной эмболии, что авторы связали с недостаточным временем лизиса и неспособностью катетера аспирировать крупные фрагменты нерастворенного тромба [37]. И скорее всего это было связано именно с методикой самого вмешательства, поскольку в исследовании R. Gupta, et al. (2012) не было отмечено ни одного случая дистальной эмболии [36].

Сравнительный анализ регионарного катетерного тромболитика с хирургическими методами лечения острой ишемии нижних конечностей. Мета-анализ основных проспективных РКИ, сравнивающих РКТ с хирургическими методами лечения (ХЛ), показывает, что между этими двумя методами лечения нет никаких статистически значимых различий как в клинической эффективности, выражающейся в сохранении конечности, так и в летальности на всех сроках наблюдения [38]. Тем не менее, есть ряд моментов, на которые стоит обратить

внимание, поскольку именно данные РКИ [39-41] легли в основу активного продвижения РКТ как метода лечения ОИНК.

Эффективность РКТ в лечении ОИНК была показана уже в первом РКИ – Rochester – с более высокой выживаемостью пациентов без ампутации как через месяц ($p=0,04$), так и через год наблюдения ($p=0,02$) [39]. Однако следующее опубликованное РКИ – STILE – не выявило статистически значимую разницу в конечной точке через месяц наблюдения, показав только более высокую частоту ампутации в группе ХЛ через месяц наблюдения (17,9% против 5,7%, $p=0,061$) [40]. Тем не менее, уже через 6 месяцев выживаемость пациентов без ампутации была значительно выше в группе РКТ ($p=0,01$). А третье РКИ – TOPAS – и вовсе не показало статистически значимых различий в выживаемости пациентов без ампутации между группами РКТ и ХЛ как через 6 месяцев (71,8% против 74,8%; $p=0,43$), так и через год наблюдения (65,0% против 69,9%; $p=0,23$) [41]. Также стоит отметить, что, несмотря на схожесть результатов эффективности РКИ Rochester и STILE, в первом исследовании в группе ХЛ отмечалась более высокая летальность, а во втором – значительно большее количество ампутаций, причем у пациентов с окклюзией шунтов она была значительно выше, чем у пациентов с окклюзией нативной артерии ($p=0,002$) [40].

Касательно безопасности вмешательств хочется отметить, что во всех исследованиях было показано очевидное преобладание количества геморрагических осложнений в группе РКТ: Rochester (11% против 2%, $p=0,06$), STILE (5,7% против 0%, $p=0,157$), TOPAS (12,5% против 5,5%, $p=0,005$) [39-41]. При этом была выявлена их связь с более низким уровнем фибриногена [40] и параллельной инфузией гепарина [41]. Тем не менее, не стоит забывать и о периоперационных осложнениях, связанных с ХЛ, количество которых тоже было значительным (49% против 16% ($p=0,001$) [39]; 20,5% против 10,0%, $p=0,098$ [40]).

Исследователи TOPAS провели многофакторный анализ 28 переменных для выявления параметров, способных спрогнозировать более лучший исход для пациента при лечении ОИНК хирургическим или эндоваскулярным методом. Оказалось, что пациенты с тромбозом <30 см имели более лучший исход при ХЛ, а при тромбозе >30 см – при использовании РКТ. Также, в результате анализа был выявлен ряд параметров, повышающих выживаемость без ампутации в обеих группах: белая раса; молодые пациенты; отсутствие в анамнезе заболеваний ЦНС, злокачественных новообразований и хронической сердечной недостаточности. С другой стороны, наличие болей покоя и мраморность или цианотичность кожи ухудшали прогноз.

Заключение

Несмотря на значительный прогресс в лечении острой ишемии нижней конечности, до сих пор сохраняются значимые показатели летальности и высокий уровень ампутаций. Это связано со многими факторами, но в первую очередь - с несвоевременностью выполнения реваскуляризации нижней конечности. Данные мета-анализов не показывают статистически значимой разницы между эндоваскулярными и хирургическими методами лечения, однако существует большое количество исследований, указывающих на существенные различия, причем в пользу регионарного катетерного тромболитика, что отражено в международных рекомендациях.

Несмотря на то, что данный метод лечения имеет определенные показания и, как у любого вмешательства, свойственные ему осложнения, арсенал эндоваскулярных методов лечения постоянно пополняется и обновляется. Например, новые устройства для механической тром-

бэктомии показывают достаточно впечатляющие результаты, особенно при применении опытными специалистами. Они не только нивелируют главный недостаток регионарного катетерного тромболитика – достаточно высокую частоту геморрагических осложнений, но и расширяют показания для их использования, за счет более быстрой реперфузии нижней конечности. И, возможно, в недалеком будущем эти методики станут новым «золотым» стандартом в лечении острой ишемии нижней конечности. Однако, для этого необходимо проведение многоцентровых проспективных рандомизированных контролируемых исследований, сравнивающих методики механической тромбэктомии как с регионарным катетерным тромболитиком, так с хирургическими методами лечения.

Впрочем, не стоит забывать, что как эндоваскулярный, так и хирургический методы реваскуляризации не «вылечивают» острую ишемию нижней конечности, а лишь купируют экстренно возникшую ситуацию. Поэтому после их применения необходимо проводить достаточную агрессивную профилактику повторных событий за счет лечения заболеваний, которые привели к развитию клинической картины острой ишемии нижней конечности, с коррекцией факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний.

В заключение хочется отметить, что какое бы преимущество эндоваскулярный метод не имел над хирургическим, в итоге, выбор между ними будет осуществляться у каждого отдельного пациента индивидуально, так как достаточно много факторов влияют на его выбор: состояние пациента, степень острой ишемии, опыт дежурного сосудистого и/или рентгенэндоваскулярного хирурга и возможности самого лечебного учреждения.

Литература

1. Gilliland C., Shah J., Martin J.G., et al. Acute Limb Ischemia // *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*. 2017. Vol. 20, №4. P. 274-280. doi:10.1053/j.tvir.2017.10.008
2. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Богда О.Н. Эмболия магистральных артерий при фибрилляции предсердий // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2012. №2. С. 234-241. doi:10.17816/PAVLOVJ20122234-241

3. Lukasiewicz A. Treatment of acute lower limb ischemia // *Vasa*. 2016. Vol. 45, №3. P. 213-221. doi:10.1024/0301-1526/a000527
4. Pearse H.E. Embolectomy for Arterial Embolism of the Extremities // *Annals of Surgery*. 1933. Vol. 98, №1. P. 17-32.
5. Небылицин Ю.С., Лазуко С.С., Кутько Е.А. Синдром ишемии-реперфузии нижних конечностей // *Вестник ВГМУ*. 2018. Т. 17, №6. С. 18-31. doi:10.22263/2312-4156.2018.6.18
6. Fogarty T.J., Cranley J.J. Catheter technic for arterial embolectomy // *Annals of Surgery*. 1965. Vol. 161, №3. P. 325-330.
7. Gerhard-Herman M.D., Gornik H.L., Barrett C., et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines // *Circulation*. 2017. Vol. 135, №12. P. e686-e725. doi:10.1161/CIR.0000000000000470
8. Aboyans V., Ricco J., Bartelink M.E.L., et al. ESC Scientific Document Group; 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries // *European Heart Journal*. 2018. Vol. 39, №9. P. 763-816. doi:10.1093/eurheartj/ehx095
9. Hage A., McDevitt J., Chick J., et al. Acute limb ischemia therapies: when and how to treat endovascular // *Seminars in Interventional Radiology*. 2018. Vol. 35, №5. P. 453-460. doi:10.1055/s-0038-1676321
10. Berridge D.C., Hopkinson B.R., Makin G.S., et al. Randomized trial of intra-arterial recombinant tissue plasminogen activator, intravenous recombinant tissue plasminogen activator and intra-arterial streptokinase in peripheral arterial thrombolysis // *The British Journal of Surgery*. 1991. Vol. 78, №8. P. 988-995. doi:10.1002/bjs.1800780831
11. Patel N.H., Krishnamurthy V.N., Kim S., et al. Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute lower-extremity ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2013. Vol. 24, №1. P. 3-15. doi:10.1016/j.jvir.2012.09.026
12. Robertson I., Kessel D.O., Berridge D.C. Fibrinolytic agents for peripheral arterial occlusion. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013. Vol. 12. doi:10.1002/14651858.CD001099.pub3
13. Yusuf S.W., Whitaker S.C., Gregson R.H.S., et al. Prospective randomised comparative study of pulse spray and conventional local thrombolysis // *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 1995. Vol. 10, №2. P. 136-141. doi:10.1016/s1078-5884(05)80104-2
14. Valle J.A., Waldo S.W. Current endovascular management of acute limb ischemia // *Interventional Cardiology Clinics*. 2017. Vol. 6, №2. P. 189-196. doi:10.1016/j.iccl.2016.12.003
15. Kessel D.O., Berridge D.C., Robertson I. Infusion techniques for peripheral arterial thrombolysis (Review) // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2004. Vol. 1. doi:10.1002/14651858.CD000985.pub2
16. Goldstein J.N., Marrero M., Masrur S., et al. Management of thrombolysis-associated symptomatic intracerebral hemorrhage // *Archives of Neurology*. 2010. Vol. 67, №8. P. 965-969. doi:10.1001/archneurol.2010.175
17. Казаков Ю.И., Казаков А.Ю., Нефедов В.И., и др. Хирургическая тактика ведения пациентов с острой артериальной ишемией нижних конечностей на фоне атеросклеротического поражения артерий // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2019. Т. 7, №1. С. 86-92. doi:10.23888/HMJ20197186-92
18. Doomernik D.E., Schrijver A.M., Zeebregts C.J., et al. Advancements in Catheter-Directed Ultrasound Accelerated Thrombolysis // *Journal of Endovascular Therapy*. 2011. Vol. 18, №3. P. 418-434. doi:10.1583/10-3362.1
19. Wissgott C., Richter A., Kamusella P., et al. Treatment of Critical Limb Ischemia Using Ultrasound-Enhanced Thrombolysis (PARES Trial): Final Results // *Journal of Endovascular Therapy*. 2007. Vol. 14, №4. P. 438-443. doi:10.1177/152660280701400402
20. Schrijver A.M., van Leersum M., Fioole B., et al. Dutch Randomized Trial Comparing Standard Catheter-Directed Thrombolysis and Ultrasound-Accelerated Thrombolysis for Arterial Thromboembolic Infringuinal Disease (DUET) // *Journal of Endovascular Therapy*. 2015. Vol. 22, №1. P. 87-95. doi:10.1177/1526602814566578
21. Vorwerk D., Triebe S., Ziegler S., et al. Percutaneous mechanical thromboembolectomy in acute lower limb ischemia // *Cardiovascular and Interventional Radiology*. 2019. Vol. 42, №2. P. 178-185. doi:10.1007/s00270-018-2129-3
22. Allie D.E., Hebert C.J., Lirtzman M.D., et al. Novel simultaneous combination chemical thrombolysis/rheolytic thrombectomy therapy for acute critical limb ischemia: the power pulse-spray technique // *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2004. Vol. 63, №4. P. 512-522. doi:10.1002/ccd.20216
23. Silva J.A., Ramee S.R., Collins T.J., et al. Rheolytic thrombectomy in the treatment of acute limb-threatening ischemia: immediate results and six-month follow-up of the multicenter AngioJet registry. Possis Peripheral AngioJet Study AngioJet Investigators // *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis*. 1998. Vol. 45, №4. P. 386-393.
24. Leung D.A., Blitz L.R., Nelson T., et al. Rheolytic Pharmacomechanical Thrombectomy for the Management of Acute Limb Ischemia: Results From the PEARL Registry // *Journal of Endovascular Therapy*. 2015. Vol. 22, №4. P. 546-557. doi:10.1177/1526602815592849
25. Gandhi S.S., Ewing J.A., Cooper E., et al. Comparison of Low-Dose Catheter-Directed Thrombolysis

- with and without Pharmacomechanical Thrombectomy for Acute Lower Extremity Ischemia // *Annals of Vascular Surgery*. 2018. Vol. 46. P. 178-186. doi:10.1016/j.avsg.2017.07.008
26. Lichtenberg M., Stahlhoff F.W., Boese D. Endovascular treatment of acute limb ischemia and proximal deep vein thrombosis using rotational thrombectomy: a review of published literature // *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2013. Vol. 14, №6. P. 343-348. doi:10.1016/j.carrev.2013.08.005
 27. Heller S., Lubanda J.C., Varejka P., et al. Percutaneous Mechanical Thrombectomy Using Rotarex® S Device in Acute Limb Ischemia in Infrainguinal Occlusions // *BioMed Research International*. 2017. Vol. 3. doi:10.1155/2017/2362769
 28. Freitas B., Steiner S., Bausback Y., et al. Rotarex Mechanical Debulking in Acute and Subacute Arterial Lesions // *Angiology*. 2016. Vol. 68, №3. P. 233-241. doi:10.1177/0003319716646682
 29. Kronlage M., Printz I., Vogel B., et al. A comparative study on endovascular treatment of (sub)acute critical limb ischemia: mechanical thrombectomy vs thrombolysis // *Drug Design, Development and Therapy*. 2017. Vol. 11. P. 1233-1241. doi:10.2147/dddt.s131503
 30. Giusca S., Raupp D., Dreyer D., et al. Successful endovascular treatment in patients with acute thromboembolic ischemia of the lower limb including the crural arteries // *World Journal of Cardiology*. 2018. Vol. 10, №10. P. 145-152. doi:10.4330/wjc.v10.i10.145
 31. Teymen B., Aktürk S. Treatment of infrainguinal arterial thromboembolic acute occlusions with the Aspirex® mechanical thrombectomy device // *Acta Cardiologica*. 2017. Vol. 72, №6. P. 649-654. doi:10.1080/00015385.2017.1318006
 32. Bhaskar S., Stanwell P., Cordato D., et al. Reperfusion therapy in acute ischemic stroke: dawn of a new era? // *BMC Neurology*. 2018. Vol. 18, №1. P. 8. doi:10.1186/s12883-017-1007-y
 33. Baumann F., Sharpe E. III, Pena C., et al. Technical results of vacuum-assisted thrombectomy for arterial clot removal in patients with acute limb ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2016. Vol. 27. P. 330-335. doi:10.1016/j.jvir.2015.11.061
 34. Adams G.L. Final results of the PRISM trial for novel aspiration thrombectomy in treatment of peripheral and visceral arterial occlusions. In: *Archive Leipzig Interventional Course*. Vol. 26-29. Jan 2016; Leipzig, Germany.
 35. Kwok C.H.R., Fleming S., Chan K.K.C., et al. Aspiration Thrombectomy versus Conventional Catheter-Directed Thrombolysis as First-Line Treatment for Noniatrogenic Acute Lower Limb Ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2018. Vol. 29, №5. P. 607-613. doi:10.1016/j.jvir.2017.11.030
 36. Gupta R., Hennebry T.A. Percutaneous isolated pharmaco-mechanical thrombolysis-thrombectomy system for the management of acute arterial limb ischemia: 30-day results from a single-center experience // *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2012. Vol. 80, №4. P. 636-643. doi:10.1002/ccd.24283
 37. Sarac T.P., Hilleman D., Arko F.R., et al. Clinical and economic evaluation of the trellis thrombectomy device for arterial occlusions: preliminary analysis // *Journal of Vascular Surgery*. 2004. Vol. 39, №3. P. 556-559. doi:10.1016/j.jvs.2003.10.061
 38. Darwood R., Berridge D.C., Kessel D.O., et al. Surgery versus thrombolysis for initial management of acute limb ischaemia // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018. Vol. 8. doi:10.1002/14651858.CD002784.pub3
 39. Ouriel K., Shortell C.K., DeWeese J.A., et al. A comparison of thrombolytic therapy with operative revascularization in the initial treatment of acute peripheral arterial ischemia // *Journal of Vascular Surgery*. 1994. Vol. 19, №6. P. 1021-1030. doi:10.1016/S0741-5214(94)70214-4
 40. Graor R.A., Comerota A.J., Douville Y., et al. Results of a prospective randomized trial evaluating surgery versus thrombolysis for ischemia of the lower extremity. The STILE trial // *Annals of Surgery*. 1994. Vol. 220, №3. P. 251-268. doi:10.1097/0000658-199409000-00003
 41. Ouriel K., Veith F.J., Sasahara A.A. A comparison of recombinant urokinase with vascular surgery as initial treatment for acute arterial occlusion of the legs // *The New England Journal of Medicine*. 1998. Vol. 338, №16. P. 1105-1111. doi:10.1056/NEJM199804163381603

References

1. Gilliland C, Shah J, Martin JG, et al. Acute Limb Ischemia. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*. 2017;20(4):274-80. doi:10.1053/j.tvir.2017.10.008
2. Kalinin RE, Suchkov IA, Boguto ON. Embolism of main arteries in atrial fibrillation. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2012;(2):234-41. (In Russ). doi:10.17816/PAVLOVJ20122234-241
3. Lukasiewicz A. Treatment of acute lower limb ischemia. *Vasa*. 2016;45(3):213-21. doi:10.1024/0301-1526/a000527
4. Pearse HE. Embolectomy for Arterial Embolism of the Extremities. *Annals of Surgery*. 1933;98(1):17-32.
5. Nebylitsin YuS, Lazuko S.S., Kut'ko E.A. Sindrom ishemi-reperfuzii nizhnikh konechnostey. *Vestnik VGMU*. 2018;17(6):18-31. (In Russ). doi:10.22263/2312-4156.2018.6.18
6. Fogarty T.J., Cranley J.J. Catheter technic for arterial embolectomy. *Annals of Surgery*. 1965;161(3):325-30.
7. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery dis-

- ease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2017;135(12):e686-e725. doi:10.1161/CIR.0000000000000470
8. Aboyans V, Ricco J, Bartelink MEL, et al. ESC Scientific Document Group; 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries. *European Heart Journal*. 2018;39(9):763-816. doi:10.1093/eurheartj/ehx095
 9. Hage A, McDevitt J, Chick J, et al. Acute limb ischemia therapies: when and how to treat endovascularly. *Seminars in Interventional Radiology*. 2018;35(5):453-60. doi:10.1055/s-0038-1676321
 10. Berridge DC, Hopkinson BR, Makin GS et al. Randomized trial of intra-arterial recombinant tissue plasminogen activator, intravenous recombinant tissue plasminogen activator and intra-arterial streptokinase in peripheral arterial thrombolysis. *The British Journal of Surgery*. 1991;78(8):988-95. doi:10.1002/bjs.1800780831
 11. Patel NH, Krishnamurthy VN, Kim S et al. Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute lower-extremity ischemia. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2013;24(1):3-15. doi:10.1016/j.jvir.2012.09.026
 12. Robertson I, Kessel DO, Berridge DC. Fibrinolytic agents for peripheral arterial occlusion. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013;12. doi:10.1002/14651858.CD001099.pub3
 13. Yusuf SW, Whitaker SC, Gregson RHS, et al. Prospective randomised comparative study of pulse spray and conventional local thrombolysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 1995;10(2):136-41. doi:10.1016/s1078-5884(05)80104-2
 14. Valle JA, Waldo SW. Current endovascular management of acute limb ischemia. *Interventional Cardiology Clinics*. 2017;6(2):189-96. doi:10.1016/j.iccl.2016.12.003
 15. Kessel DO, Berridge DC, Robertson I. Infusion techniques for peripheral arterial thrombolysis (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2004;1. doi:10.1002/14651858.CD000985.pub2
 16. Goldstein JN, Marrero M, Masrur S et al. Management of thrombolysis-associated symptomatic intracerebral hemorrhage. *Archives of Neurology*. 2010; 67(8):965-69. doi:10.1001/archneurol.2010.175
 17. Kazakov YuI, Kazakov AYu, Nefedov VI, et al. Surgical approach to management of patients with acute arterial ischemia of lower limbs with the underlying atherosclerotic lesion of arteries. *Nauka molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2019;7(1):86-92. (In Russ). doi:10.23888/HMJ20197186-92
 18. Doomernik DE, Schrijver AM, Zeebregts CJ et al. Advancements in catheter-directed ultrasound accelerated thrombolysis. *Journal of Endovascular Therapy*. 2011;18(3):418-34. doi:10.1583/10-3362.1
 19. Wissgott C, Richter A, Kamusella P et al. Treatment of Critical Limb Ischemia Using Ultrasound-Enhanced Thrombolysis (PARES Trial): Final Results. *Journal of Endovascular Therapy*. 2007;14(4):438-43. doi:10.1177/152660280701400402
 20. Schrijver AM, van Leersum M, Fioole B, et al. Dutch Randomized Trial Comparing Standard Catheter-Directed Thrombolysis and Ultrasound-Accelerated Thrombolysis for Arterial Thromboembolic Infringuinal Disease (DUET). *Journal of Endovascular Therapy*. 2015;22(1):87-95. doi:10.1177/1526602814566578
 21. Vorwerk D, Triebe S, Ziegler S, et al. Percutaneous mechanical thromboembolism in acute lower limb ischemia. *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2019;42(2):178-85. doi:10.1007/s00270-018-2129-3
 22. Allie DE, Hebert CJ, Lirtzman MD et al. Novel simultaneous combination chemical thrombolysis/rheolytic thrombectomy therapy for acute critical limb ischemia: the power pulse-spray technique. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2004;63(4):512-22. doi:10.1002/ccd.20216
 23. Silva JA, Ramee SR, Collins TJ, et al. Rheolytic thrombectomy in the treatment of acute limb-threatening ischemia: immediate results and six-month follow-up of the multicenter AngioJet registry. Possis Peripheral AngioJet Study AngioJet Investigators. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis*. 1998;45(4):386-93.
 24. Leung DA, Blitz LR, Nelson T, et al. Rheolytic Pharmacomechanical Thrombectomy for the Management of Acute Limb Ischemia: Results From the PEARL Registry. *Journal of Endovascular Therapy*. 2015;22(4):546-57. doi:10.1177/1526602815592849
 25. Gandhi SS, Ewing JA, Cooper E, et al. Comparison of Low-Dose Catheter-Directed Thrombolysis with and without Pharmacomechanical Thrombectomy for Acute Lower Extremity Ischemia. *Annals of Vascular Surgery*. 2018;46:178-86. doi:10.1016/j.avsg.2017.07.008
 26. Lichtenberg M, Stahlhoff F-W, Boese D. Endovascular treatment of acute limb ischemia and proximal deep vein thrombosis using rotational thrombectomy: a review of published literature. *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2013;14(6):343-8. doi:10.1016/j.carrev.2013.08.005
 27. Heller S, Lubanda JC, Varejka P, et al. Percutaneous Mechanical Thrombectomy Using Rotarex® S Device in Acute Limb Ischemia in Infringuinal Occlusions. *BioMed Research International*. 2017; 3. doi:10.1155/2017/2362769
 28. Freitas B, Steiner S, Bausback Y, et al. Rotarex Mechanical Debulking in Acute and Subacute Arterial Lesions. *Angiology*. 2016;68(3):233-41. doi:10.1177/0003319716646682

29. Kronlage M, Printz I, Vogel B, et al. A comparative study on endovascular treatment of (sub)acute critical limb ischemia: mechanical thrombectomy vs thrombolysis. *Drug Design, Development and Therapy*. 2017;11:1233-41. doi:10.2147/dddt.s131503
30. Giusca S, Raupp D, Dreyer D, et al. Successful endovascular treatment in patients with acute thromboembolic ischemia of the lower limb including the crural arteries. *World Journal of Cardiology*. 2018;10(10):145-52. doi:10.4330/wjc.v10.i10.145
31. Teymen B, Aktürk S. Treatment of infrainguinal arterial thromboembolic acute occlusions with the Aspirex® mechanical thrombectomy device. *Acta Cardiologica*. 2017;72(6):649-54. doi:10.1080/00015385.2017.1318006
32. Bhaskar S, Stanwell P, Cordato D, et al. Reperfusion therapy in acute ischemic stroke: dawn of a new era? *BMC Neurology*. 2018;18(1):8. doi:10.1186/s12883-017-1007-y
33. Baumann F, Sharpe E III, Pena C, et al. Technical results of vacuum-assisted thrombectomy for arterial clot removal in patients with acute limb ischemia. *Journal of vascular and interventional radiology*. 2016;27:330-5. doi:10.1016/j.jvir.2015.11.061
34. Adams GL. Final results of the PRISM trial for novel aspiration thrombectomy in treatment of peripheral and visceral arterial occlusions. In: *Archive Leipzig Interventional Course*. Vol. 26-29. Jan 2016; Leipzig, Germany.
35. Kwok CHR, Fleming S, Chan KKC, et al. Aspiration Thrombectomy versus Conventional Catheter-Directed Thrombolysis as First-Line Treatment for Noniatrogenic Acute Lower Limb Ischemia. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2018;29(5):607-13. doi:10.1016/j.jvir.2017.11.030
36. Gupta R, Hennebry TA. Percutaneous isolated pharmaco-mechanical thrombolysis-thrombectomy system for the management of acute arterial limb ischemia: 30-day results from a single-center experience. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2012;80(4):636-43. doi:10.1002/ccd.24283
37. Sarac TP, Hilleman D, Arko FR, et al. Clinical and economic evaluation of the trellis thrombectomy device for arterial occlusions: preliminary analysis. *Journal of Vascular Surgery*. 2004;39(3):556-9. doi:10.1016/j.jvs.2003.10.061
38. Darwood R, Berridge DC, Kessel DO, et al. Surgery versus thrombolysis for initial management of acute limb ischaemia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;8. doi:10.1002/14651858.CD002784.pub3
39. Ouriel K, Shortell CK, DeWeese JA, et al. A comparison of thrombolytic therapy with operative revascularization in the initial treatment of acute peripheral arterial ischemia. *Journal of Vascular Surgery*. 1994;19(6):1021-30. doi:10.1016/S0741-5214(94)70214-4
40. Graor RA, Comerota AJ, Douville Y, et al. Results of a prospective randomized trial evaluating surgery versus thrombolysis for ischemia of the lower extremity. The STILE trial. *Annals of Surgery*. 1994;220(3):251-68. doi:10.1097/00000658-199409000-00003
41. Ouriel K, Veith FJ, Sasahara AA. A comparison of recombinant urokinase with vascular surgery as initial treatment for acute arterial occlusion of the legs. *The New England Journal of Medicine*. 1998; 338(16):1105-11. doi:10.1056/NEJM199804163381603

Дополнительная информация [Additional Info]

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить, в связи с публикацией данной статьи. [Conflict of interests. The author declares no actual and potential conflict of interests which should be stated in connection with publication of the article.]

Источник финансирования. Бюджет УЗ Витебская областная клиническая больница. [Financing of study. Budget of Vitebsk Regional Clinical Hospital.]

Информация об авторе [Author Info]

Кутько Евгений Андреевич – врач-интерн хирургического отделения, УЗ Витебская областная клиническая больница, Витебск, Республика Беларусь. [Evgenij A. Kutsko – Intern of the Surgical Department, Vitebsk Regional Clinical Hospital, Vitebsk, Republic of Belarus.] SPIN: 1385-0410, ORCID ID: 0000-0002-4497-1250, Researcher ID: H-1302-2019. E-mail: zhenya.kutsko@gmail.com

Цитировать: Кутько Е.А. Сравнительный анализ эндоваскулярных методов лечения острой ишемии нижней конечности // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27, №2. С. 258-273. doi:10.23888/PAVLOVJ2019272258-273

To cite this article: Kutsko EA. Comparative analysis of endovascular methods for treatment of acute lower limb ischemia. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2019;27(2):258-73. doi:10.23888/PAVLOVJ2019272258-273

Поступила/Received: 15.04.2019
Принята в печать/Accepted: 17.06.2019