

Инновационное устройство малотравматичной установки и извлечения моноспирального пищевода стента

© С.Н. Саяпин^{1,2}

¹ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва, 101000, Российская Федерация

² МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет),
Москва, 105005, Российская Федерация

Лечение острого кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода остается сложной проблемой, для решения которой необходимо создание новых эффективных методов и малотравматичных инструментов. К ним, в первую очередь, следует отнести методы и инструменты малотравматичной установки и извлечения упругой моноспиральной и сверхэластичного саморасширяющегося полиспирального нитинолового стента Даниша (Danis stent), которые имеют ряд преимуществ по сравнению с распространенным методом баллонной тампонады варикозно-расширенных вен пищевода надутым зондом-обтуратором Сенгстакена — Блэкмора (Sengstaken — Blakemore). Проведен сравнительный анализ методов моноспиральной и полиспиральной компрессионной остановки пищевода кровотечения и выявлен общий недостаток, связанный с опасностью возможного травмирования варикозно-расширенных вен пищевода в процессе установки и извлечения стента. Для устранения указанного недостатка предложено инновационное устройство малотравматичной установки и извлечения моноспирального пищевода стента с управляемо разворачиваемой и сворачиваемой сверхупругой монокристаллической спиралью из сплава Cu–Al–Ni. Показан пример реализации сверхупругой моноспиральной компрессии на имитаторе пищевода.

Ключевые слова: спирально-компрессионный гемостаз, стент Даниша (Danis stent), моноспирально-компрессионный метод гемостаза, сверхупругая моноспираль

Введение. В современной медицине по-прежнему одной из сложных проблем остается лечение острого кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода [1, 2]. В настоящее время многочисленные эндоскопические методы широко используются в области биомедицинской инженерии для диагностики и лечения кровоточащих варикозно-расширенных вен пищевода. К таким методам относятся инъекционная склеротерапия, инъекция клея, тепловые и механические методы и их комбинации [1–7]. Однако в случае острого кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода оптика эндоскопа может быть загрязнена кровью. Кроме того, вытекающая из раны струя крови способна удалить вводимые склерозирующие препараты и/или клеи. Поэтому эндоскопические методы, например, инъекционная склеротерапия и/или введение клея (рис. 1) [4, 5], применяются после остановки острого кровотечения путем баллонной тампонады,

например, зондом-обтуратором Сенгстакена — Блэкмора, при которой сначала раздувается желудочный баллон (рис. 2, а), а затем, после натяжения зонда-обтуратора и прижатия желудочного баллона к кардиальной области желудка, — пищеводный (рис. 2, б) [6, 7]. Однако применение баллонной тампонады сопряжено с высоким риском повторного кровотечения после дефляции (сдувания) баллона. Кроме того, в течение всего периода остановки кровотечения нет доступа к месту кровотечения. Поэтому растет интерес к новым, более безопасным и малотравматичным методам остановки кровотечений из варикозно-расширенных вен пищевода.

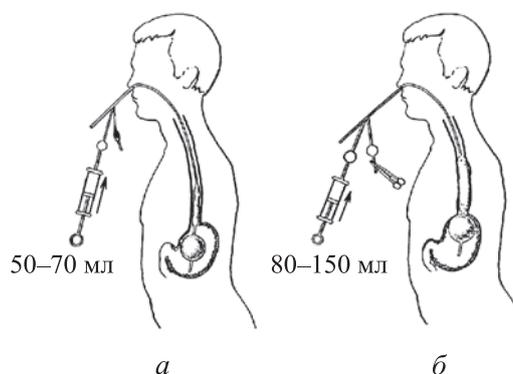


Рис. 1. Эндоскопическая склеротерапия варикозно-расширенных вен пищевода путем внутривенной и/или паравазальной инъекции

Рис. 2. Схема установки и надувания желудочного (а) и пищеводного (б) баллонов зонда-обтуратора Сенгстакена — Блэкмора

К таким методам относят малотравматичные установка в пищевод и извлечение из него моно- и полиспиральных стентов, обеспечивающих механическую компрессию варикозно-расширенных вен пищевода [2, 8–12]. В отличие от баллонной тампонады [6, 7], указанные методы позволяют не только остановить кровотечение, но и сохранить необходимый доступ дистального конца эндоскопа к месту кровотечения для внутривенной инъекции склерозирующими препаратами (см. рис. 1). Эти возможности делают спирально-компрессионные методы предпочтительными по сравнению с другими компрессионными методами [2, 8–12]. Спирально-компрессионные методы гемостаза можно подразделить на моноспиральные [2, 8] и полиспиральные [9–12], имеющие свои преимущества и недостатки.

Цель данной работы — разработка принципов построения инновационного устройства для малотравматичной установки и извлечения сверхупругого моноспирального пищеводного стента (СМПС). Устройство обеспечивает безопасное введение стента в пищевод,

управляемое развертывание с фиксацией в кардиальной области и контролем остановки кровотечения с последующим управляемым свертыванием и экстракцией из пищевода.

Моноспиральный компрессионный метод остановки пищевого кровотечения. В работе [8] описан моноспиральный компрессионный метод остановки кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода и результаты его применения в хирургической практике. Метод включает в себя следующие операции (рис. 3): намотка упругой стальной спирали 1 на дистальный конец эндоскопа 2, ее фиксация манжетой 3 и введение их в пищевод 4 (рис. 3, а); осевое смещение манжеты с дистального конца эндоскопа с постепенным освобождением свернутой упругой спирали и ее саморазвертыванием в пищеводе под действием упругих сил (рис. 3, б). После полного освобождения и саморазвертывания упругой спирали происходит компрессия варикозно-расширенных вен пищевода и кровотечение останавливается; визуальный контроль через оптику дистального конца эндоскопа и проведение инъекционной склеротерапии и/или введение клея (см. рис. 1) инструментами, вводимыми через биопсийный канал эндоскопа [4, 5], через просветы между витками (см. рис. 3, б); после достижения устойчивой остановки кровотечения проксимальный конец упругой спирали захватывают биопсийными щипцами и осуществляют ее экстракцию из пищевода через биопсийный канал эндоскопа; визуальный контроль варикозно-расширенных вен пищевода через оптику дистального конца эндоскопа и экстракцию эндоскопа из пищевода. В случае обнаружения повторного кровотечения, указанные операции повторяют.

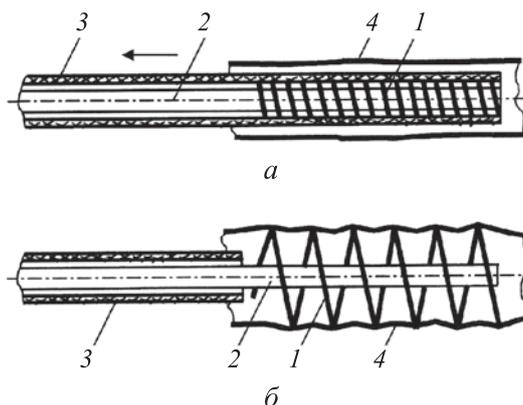


Рис. 3. Схема введения в пищевод упругой спирали, намотанной на дистальный конец эндоскопа и зафиксированной манжетой (а), и ее развертывание после смещения манжеты (б)

К недостатку метода следует отнести следующие противоречивые требования. С одной стороны, для пережатия вен пищевода свободный диаметр упругой спирали должен быть больше внутреннего просвета пищевода (20...25 мм в обычно состоянии и 40...45 мм в растянутом) [13], с другой — диаметр свернутой спирали должен быть минимальным, т. е. больше наружного диаметра дистального конца эндоскопа (около 9 мм) на величину, равную двум диаметрам стальной проволоки упругой спирали. Таким образом, диаметр свободной упругой спирали должен быть около 50 мм. Однако из-за низких предельных значений упругих деформаций для выполнения указанных требований диаметр стальной проволоки должен быть менее 0,5 мм и тогда упругое воздействие на стенки пищевода окажется недостаточным для пережатия вен и остановки кровотечения. Поэтому для обеспечения достаточного усилия для пережатия варикозных вен потребуется уменьшение диаметра свободной упругой спирали из стальной проволоки диаметром 1 мм до 30 мм и увеличение наружного диаметра дистального конца эндоскопа до 20 мм. При этом минимальный наружный диаметр смещаемой манжеты составит 22 мм, что повысит травматичность введения свернутой спирали в просвет пищевода, особенно в случае его сужения.

Для устранения указанных недостатков была изготовлена экспериментальная сверхупругая моноспираль (СУМС), навитая из монокристалла Cu–Al–Ni, обеспечивающего отсутствие остаточных деформаций при минимальном радиусе изгиба, равном диаметру монокристаллической проволоки [14–16]. На рис. 4 представлены примеры сверхупругих конструктивных элементов, изготовленных из монокристаллов Cu–Al–Ni: монокристаллический стержень длиной 100,0 мм и диаметром 1,0 мм и его сверхупругие свойства (рис. 4, а);

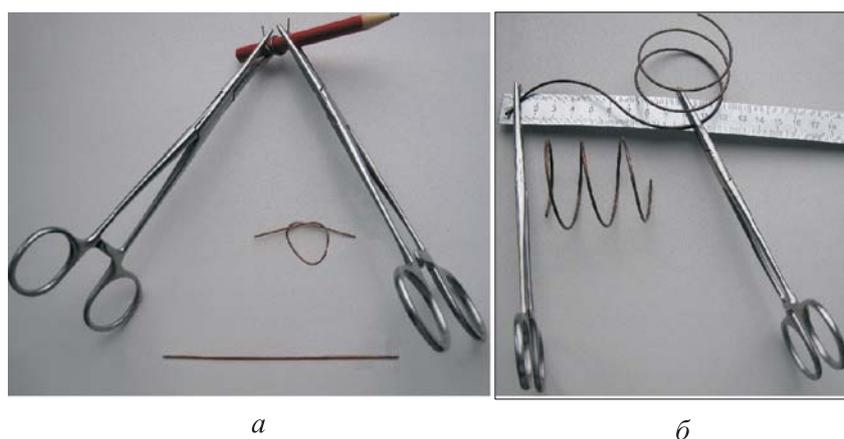


Рис. 4. Примеры сверхупругого стержня длиной 100,0 мм и диаметром 1,0 мм (а) и сверхупругой моноспирали со свободным диаметром 50,0 мм и диаметром проволоки 1,5 мм (б) из монокристаллической проволоки сплава Cu–Al–Ni



Рис. 5. Взаимное расположение дистального конца эндоскопа и развернутой сверхупругой спирали внутри имитатора пищевода:
1 — развернутая монокристаллическая спираль; 2 — дистальный конец эндоскопа; 3 — имитатор пищевода

фрагменты монокристаллической СУМС со свободным диаметром 50,0 мм и диаметром проволоки 1,5 мм и ее сверхупругие свойства (рис. 4, б).

Взаимное расположение дистального конца эндоскопа 2 и развернутой монокристаллической СУМС 1 со свободным диаметром 50,0 мм и диаметром проволоки 1,5 мм внутри имитатора пищевода 3 после снятия фиксирующей манжеты показано на рис. 5, на изображении видна моноспиральная компрессия имитатора пищевода.

Благодаря применению СУМС из сверхупругого материала удалось снизить наружный диаметр фиксирующей манжеты с 22 мм (при свободном диаметре спирали 30 мм и диаметре упругой проволоки 1,0 мм) до 15 мм (при свободном диаметре спирали 50 мм и диаметре монокристаллической проволоки 1,5 мм), что позволило повысить степень компрессии стенок пищевода и снизить травматичность при введении СУМС в пищевод. Положительным эффектом является и то, что в процессе перистальтики пищевода происходит взаимное сближение и удаление смежных витков спирали с сохранением перистальтики пищевода.

К недостатку упругой спирали и СУМС следует отнести травматизм пищевода вследствие неуправляемого их развертывания в пищеводе и экстракции из пищевода через биопсийный канал. При этом в начальный и конечный моменты смещения манжеты неизбежно происходят удары освободившимися концами спиралей по стенкам пищевода, что способно привести к его повреждениям [2].

Полиспиральный компрессионный метод остановки пищеводного кровотечения саморасширяющимся нитиноловым стентом Даниша. Известен саморасширяющийся нитиноловый стент Даниша (Danis stent) производства ELLA-CS (Чешская республика), далее — стент Даниша [9–12]. По воздействию на стенки пищевода его можно

относительно полиспиральной конструкции, выполненной в виде многозаходной перекрестной спирали, образующей каркас со стягивающими нитями на концах с проволочными петлями (рис. 6, а). Стент Даниша в стандартной позиции в пищеводе изображен на рис. 6, б.

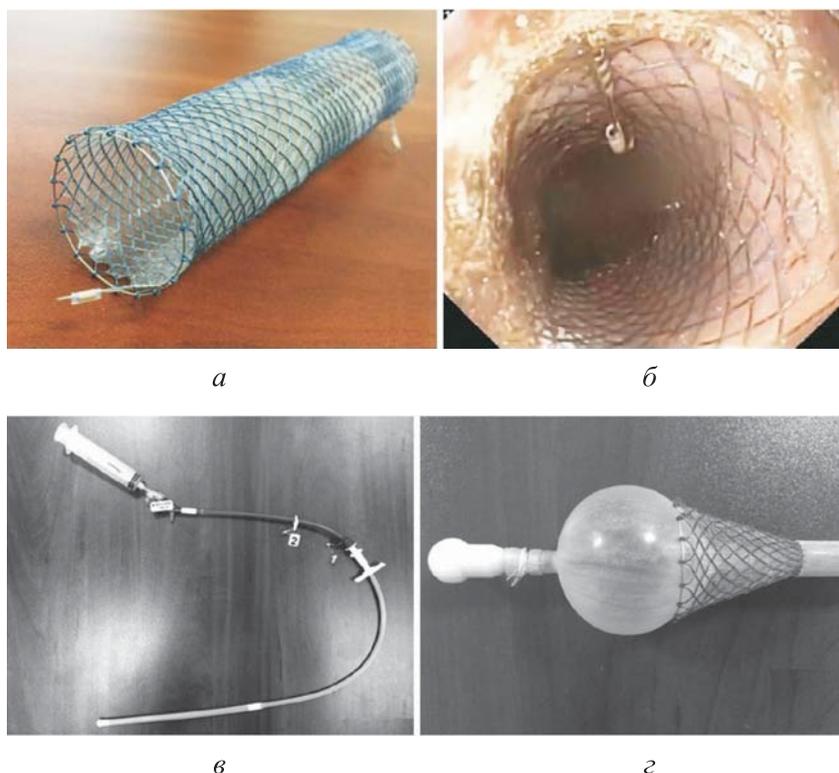


Рис. 6. Общий вид стента Даниша в расправленном состоянии (а), в его стандартной позиции в пищеводе (б) и в составе ДУ (в); дистальный конец ДУ с раздутым воздушным желудочным баллоном для фиксации стента Даниша в кардиальной области (г)

Поставляемый комплект стента Даниша включает доставочное устройство (ДУ) (рис. 6, в) с нагнетательным шприцем, проводником-направителем (ПН) в виде струны и с готовым к применению сжатым стентом. Для удаления стента Даниша применяют специальный экстрактор в виде оболочки и крючка извлечения. Вынимают стент путем захвата петли стента Даниша и его полного втягивания в оболочку экстрактора с последующим ее извлечением из пищевода.

Установку стента Даниша в пищеводе осуществляют следующим образом. Через рабочий канал эндоскопа в желудок устанавливают ПН. Далее извлекают эндоскоп, оставляя ПН на месте, и фиксируют его в ротовой полости пациента. Затем проксимальный конец проволочного ПН вставляют в осевое отверстие ДУ и перемещают ДУ в установленное место. После подготовки ДУ к инфляции баллона воздухом подключают шприц и наполняют баллон воздухом до заданного объема.

После заполнения желудочного баллона (рис. 6, *з*) подтягивают ДУ до ощущения легкого сопротивления. Далее заполняют воздухом пищеводный баллон. Затем из желудочного баллона удаляют воздух и ДУ вместе с проволочным ПН удаляют, а распустившийся стент Даниша оставляют в пищеводе. В результате компрессии варикозно-расширенных вен пищевода происходит гемостаз пищеводного кровотечения.

После наступления устойчивого гемостаза стент Даниша удаляют из пищевода следующим образом. Через рабочий канал эндоскопа пропускают крючок извлечения и захватывают с его помощью проксимальную проволочную петлю. Далее по ПН в пищевод вводят экстрактор в виде оболочки и с помощью крючка втягивают стент Даниша в оболочку экстрактора. После полного втягивания оболочку экстрактора вместе с ПН и стентом Даниша удаляют из пищевода.

По сравнению с моноспиральным компрессионным гемостазом с помощью СУМС стент Даниша имеет ряд преимуществ: уменьшен наружный диаметр вводимых в пищевод ДУ и экстрактора; достигается плавное нетравматическое управляемое расширение стента Даниша в пищеводе. К недостаткам следует отнести следующие: риск миграции стента Даниша из пищевода в желудок с потерей своей тампонирующей функции, возможный травматизм в процессе неуправляемого сжатия, втягивания в оболочку экстрактора и скольжения по стенкам пищевода при экстракции стента Даниша из пищевода и во время перистальтики пищевода.

Инновационное устройство малотравматичной установки и извлечения (ИУМУИ) сверхупругого моноспирального пищеводного стента [2, 17] представлено ниже.

Описание инновационного устройства малотравматичной установки и извлечения моноспирального пищеводного стента.

Общий вид ИУМУИ СМПС 1 представлен на рис. 7, *а*.

Работа ИУМУИ СМПС включает в себя следующие операции:

подготовительная — при которой СМПС 1 устанавливают в ИУМУИ (см. рис. 7, *а*) и переводят в свернутое положение (рис. 7, *б*);

основная — ввод СМПС с помощью ИУМУИ в пищевод (рис. 7, *в*), его управляемое развертывание в пищеводе (рис. 7, *г*), удаление ИУМУИ из пищевода без СМПС, фиксация положения СМПС в пищеводе, введение дистального конца эндоскопа внутрь СМПС, используя его дистальный конец 3 в качестве направляющей, контроль остановки кровотечения после проведения лечебных манипуляций с помощью дистального конца эндоскопа;

заключительная — расфиксация положения СМПС, введение в пищевод ИУМУИ с использованием дистального и проксимального 4 концов СМПС в качестве направляющих, управляемое сворачивание СМПС и удаление его вместе с ИУМУИ из пищевода, дезинфекция ИУМУИ и СМПС.

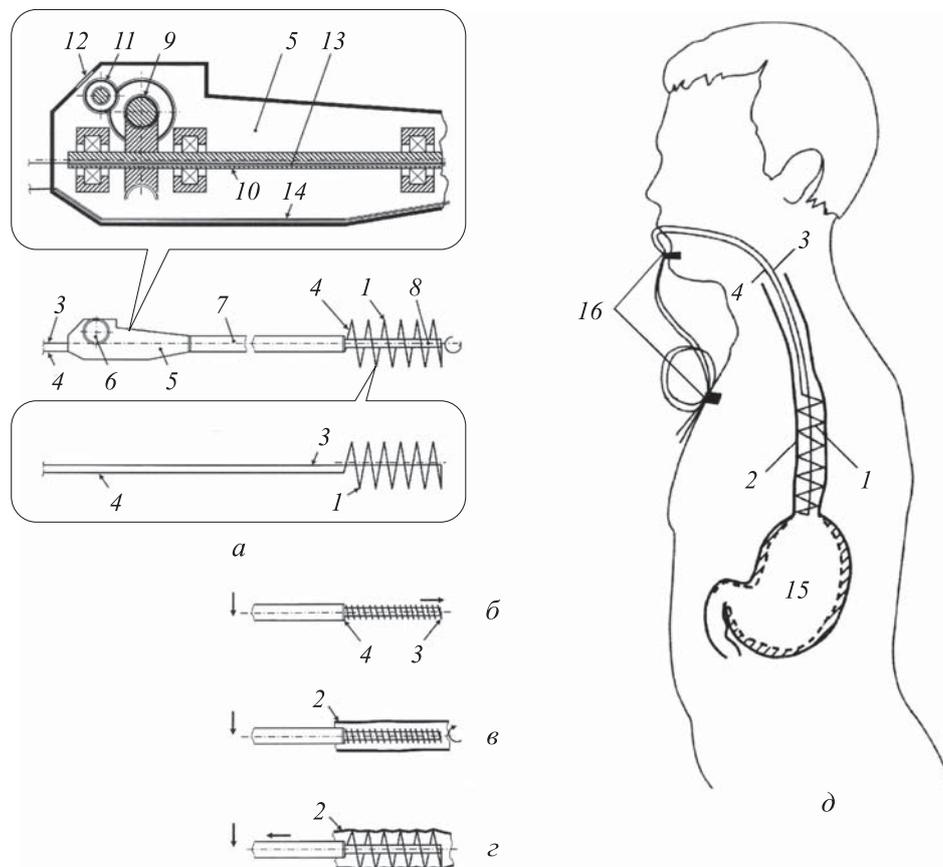


Рис. 7. Схема установки СМПС в пищевод с применением ИУМУИ:
а — общий вид ИУМУИ СМПС; *б* — свернутое положение СМПС на ИУМУИ перед введением в пищевод; *в* — положение СМПС после введения в пищевод; *г* — компрессионное воздействие витков СМПС на стенки пищевода; *д* — расположение развернутого в пищеводе СМПС и его фиксация

Моноспиральная компрессионная остановка пищевода осуществляется СМПС, введение которого в пищевод, развертывание, свертывание и экстракция осуществляются с помощью ИУМУИ. При этом ИУМУИ состоит из корпуса 5 с рычагом управления 6 и гибкого тубуса 7 с вращающимся дистальным концом (ВДК) 8. Корпус содержит червячную передачу 9, червячное колесо которой жестко связано с вращающимся проксимальным концом (ВПК) 10 ИУМУИ, а червяк — с рукояткой управления и счетчиком оборотов 11. Корпус снабжен контрольным окном 12. ВПК соединен с ВДК вращающимся гибким валом (на рис. 7 не показан), который размещен внутри гибкого тубуса. Также ИУМУИ снабжено двумя сквозными каналами. Первый канал 13 проходит через ВПК, вращающийся гибкий вал и ВДК. При этом канал 13 расположен с эксцентриситетом относительно осей ВДК и ВПК, а второй канал 14 проходит через корпус и гибкий тубус.

Принцип работы ИУМУИ СМПС. Применение ИУМУИ СМПС осуществляется в четыре этапа.

Первый этап (подготовительный) — подготовка ИУМУИ для установки СМПС в пищевод. При этом в ИУМУИ устанавливается взрослый или детский тип СМПС соответствующих размеров следующим образом. Дистальный и проксимальный концы СМПС вставляются соответственно в каналы 13 и 14 (см. рис. 7, а). После этого СМПС сворачивается вокруг ВДК путем поворота рычага управления (см. рис. 7, б). При этом СМПС не может самостоятельно разворачиваться, поскольку червячная передача является самотормозящейся. Контроль количества оборотов рукоятки управления при сворачивании СМПС осуществляется через контрольное окно и запоминается.

Второй этап (см. рис. 7, в) — установка СМПС в пищевод. При этом осуществляют ввод ВДК с СМПС в пищевод на уровне нижней трети пищевода вблизи кардиальной области желудка 15 (см. рис. 7, д) и разворачивают СМПС поворотом рычага управления. В результате за счет упругих свойств СМПС происходит моноспиральная компрессионная остановка пищеводного кровотока. Далее ИУМУИ извлекают из пищевода, используя дистальный и проксимальный концы СМПС как направляющие. Положение развернутого в пищевод СМПС фиксируется с помощью выведенных наружу дистального и проксимального концов прикрепленных к телу пациента липкой лентой 16 (рис. 7, д).

Третий этап — введение в СМПС дистального конца эндоскопа, используя дистальный конец СМПС как направляющую, и проведение стандартных процедур остановки кровотечения (см. рис. 1). Пространство между витками СМПС необходимо для доступа к месту кровотечения (см. рис. 5). При этом СМПС может быть выполнен в виде капиллярной трубки, что позволит оказывать температурное воздействие на контактируемую с ней поверхность пищевода.

Четвертый этап — экстракция СМПС из пищевода. После остановки пищеводного кровотока и проведения необходимого лечения осуществляют экстракцию СМПС из пищевода с помощью ИУМУИ. Для этого после снятия липкой ленты и расфиксации дистального и проксимального концов СМПС их используют в качестве направляющих, вводят через каналы 13 и 14 внутрь пищевода вводят гибкий тубус с ВДК до упора с соответствующими опорными витками СМПС (см. рис. 7, з). После этого путем вращения рукоятки управление в обратном направлении на запомненное ранее количество оборотов осуществляют сворачивание СМПС на ВДК в исходное положение (см. рис. 7, в) и производят экстракцию гибкого тубуса с ВДК и свернутым СМПС из пищевода (см. рис. 7, б). После того как ИУМУИ и СМПС будут очищены и продезинфицированы, их можно будет использовать повторно.

На рис. 4, а продемонстрирована возможность наматывания без остаточных деформаций сверхупругой монокристаллической проволоки диаметром 1 мм из сплава Cu–Al–Ni на карандаш диаметром 7,2 мм. Таким образом, минимальный диаметр спирали со свободным диаметром 50 мм, изготовленной из сверхупругой монокристаллической проволоки диаметром 1 мм, после намотки на ВДК диаметром 7,2 мм составит 9,2 мм, что соответствует поперечным размерам тубусов современных гастроэндоскопов средней толщины (8...10 мм) [18], которые при введении практически не причиняют дискомфорта пациенту. При необходимости использования ИУМУИ СМПС в педиатрии свободный диаметр спирали может быть уменьшен до 30 мм, а диаметр намотанной на ВДК СМПС — до 6,5...7 мм, что будет соответствовать поперечным размерам тубусов современных тонких (5...7 мм) гастроэндоскопов [18].

Заключение. Показана эффективность применения спирально-компрессионных методов для остановки кровотечений из варикозно-расширенных вен пищевода. Рассмотрены преимущества моноспирального компрессионного метода остановки пищеводных кровотечений с использованием спирали из сверхупругого материала по сравнению с полиспиральным методом со сверхэластичной спиралью.

Представлены принципы построения ИУМУИ СМПС, обеспечивающие его безопасное введение в пищевод, управляемое развертывание с фиксацией в пищеводе и последующее управляемое свертывание и извлечение из пищевода. При этом СМПС по сравнению с упругими спиралями из других материалов может многократно использоваться без каких-либо реконструктивных операций.

Установленный в пищеводе СМПС позволяет пациенту сохранять некоторую подвижность и осуществлять прием пищи, что повышает степень его комфорта в лечебном учреждении.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Назыров Ф.Г., Девятов А.В., Бабаджанов А.Х., Джуманиязов Д.А., Байбеков Р.Р. Эффективность эндоскопических вмешательств в профилактике кровотечений портального генеза. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*, 2017, т. 10, № 3, с. 187–194.
- [2] Саяпин С.Н., Назыров Ф.Г., Девятов А.В., Соколова А.С. Анализ состояния и перспективы развития трансформируемых зондов для остановки кровотечений из варикозно-расширенных вен пищевода. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*, 2010, № 12, с. 58–64.
- [3] Kovach T.O.G., Jensen D.M. Recent advances in the endoscopic diagnosis and therapy of upper gastrointestinal, small intestinal and colonic bleeding. *Med. Clin. North Am.*, 2002, vol. 86 (6), pp. 1319–1356.
- [4] Caldwell S.H., Shami V.M., Hespenheide E.E. Injection therapy of esophageal and gastric varices: sclerosis and cyanoacrylate. In: Drossman D.A. (senior ed.). *Handbook of Gastroenterologic Procedures*. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2008, pp. 103–111.

- [5] Carvalho E., Nita M.H., Paiva L.M.A., Silva A.A.R. Hemorragia digestive. *Journal de Pediatria*, 2000, vol. 76 (Supl 2), pp. 135–146.
- [6] Isaacs K.L. Balloon Tamponade. In: Drossman D.A. (Senior ed.). *Handbook of Gastroenterologic Procedures*. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2008, pp. 119–126.
- [7] Шерцингер А.Г. Лечение кровотечений из варикозно-расширенных вен пищевода зондом-обтуратором. *Хирургия*, 1980, № 3, с. 94–98.
- [8] Назыров Ф.Г., Девятов А.В. (СССР). *Способ остановки кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода*. А.с. 1362462 СССР, опубл. 30.12.87, бюл. № 48, с. 3.
- [9] Currais P., Nunes G., Palita M. et al. SX-ELLA Danis-Stent for refractory acute esophageal variceal bleeding. *GE Port J Gastroenterol*, 2021, no. 30 (2), pp. 162–165.
- [10] Логинов А.В., Мамкеев Э.Х., Анисимов А.Ю. Саморасширяющийся нитиновый стент в комплексном лечении больных с кровотечениями из варикозно расширенных вен пищевода. *Казанский медицинский журнал*, 2016, т. 97, № 5, с. 801–805.
- [11] Анисимов А.Ю., Логинов А.В., Ибрагимов А.А., Анисимов А.А. Эндоскопический гемостаз саморасширяющимися нитиновыми стентами (обзор литературы). *Анналы хирургической гепатологии*, 2020, т. 25, № 1, с. 24–105.
- [12] Анисимов А.Ю., Логинов А.В. Стент Даниша при пищеводном кровотечении: за и против. *Практическая медицина*, 2016, № 5 (97), с. 58–66.
- [13] Краев А.В. *Анатомия человека: в 2 кн*. Москва, Медкнига, 2007, т. 1, 552 с.
- [14] Антонов П.И., Косилов А.Т., Василенко А.Ю., Кандыбин В.И. Получение и свойства профилированных монокристаллов Cu–Al–Ni. *Известия Академии наук СССР. Серия физическая*, 1980, т. 44, № 2, с. 404–408.
- [15] Тихонов А.С., Герасимов А.П., Прохорова И.И. *Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении*. Москва, Машиностроение, 1981, 81 с.
- [16] Комаров С.М., Лукьянычев С.Ю. Нитинол — податливый, но все помнящий. *Химия и жизнь*, 1998, № 3, с. 40–42.
- [17] Саяпин С.Н., Назыров Ф.Г., Девятов А.В., Саяпина А.С. *Способ остановки кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода и трансформируемый зонд для его осуществления*. Пат. № 2316272 Российская Федерация, 2008, бюл. № 4, с. 13.
- [18] Янгуразов А.Х. Назначение эндоскопов: виды гастроэндоскопов, современная классификация гастроскопов. *Вестник магистратуры*, 2019, № 6–4 (93), с. 41–45.

Статья поступила в редакцию 15.09.2025

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Саяпин С.Н. Инновационное устройство малотравматичной установки и извлечения моноспирального пищевода стента. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2025, вып. 10. EDN KZHKLC

Саяпин Сергей Николаевич — д-р техн. наук, главный научный сотрудник, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН; профессор кафедры теоретической механики МГТУ им. Н.Э. Баумана; награжден почетным знаком «Изобретатель СССР». Специалист в областях: прецизионные крупногабаритные космические конструкции, механизмы параллельной структуры, динамика сложных механических систем; медицинская техника. e-mail: sayapin-baum@bmstu.ru

Innovative device for low-trauma installation and extraction of the monospiral esophageal stent

© S.N. Sayapin^{1,2}

¹ Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 101000, Russian Federation

² Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

Treatment of acute bleeding from the esophageal varices remains a complex problem. Solving it requires development of the new efficient methods and minimally invasive instruments. These include, first and foremost, the methods and instruments for the minimally invasive insertion and removal of elastic monospirals and superelastic self-expanding polypiral nitinol Danis stents. These stents offer several advantages compared to the common method of the esophageal varices balloon tamponade using the inflatable Sengstaken—Blakemore obturator. The paper presents a comparative analysis of the monospiral and polypiral compression methods for the esophageal bleeding arrest, and reveals a common drawback associated with the risk of potential injury to the esophageal varices during the stent insertion and removal. To address this drawback, the paper proposes an innovative device for the minimally invasive insertion and retrieval of a monospiral esophageal stent with the controllably deployable and retractable superelastic monocrySTALLINE coil made of the Cu–Al–Ni alloy. It provides an example of implementation of the superelastic monospiral compression on the esophageal simulator.

Keywords: coil-compression hemostasis, Danis stent, hemostasis monospiral compression method, superelastic monospiral

REFERENCES

- [1] Nazyrov F.G., Devyatov A.V., Babadzhanov A.H., Dzhumaniyazov D.A., Baybekov R.R. Effektivnost endoskopicheskikh vmeshatelstv v profilaktike krovotечeniy portalnogo geneza [Efficacy of endoscopic intervention in the prevention of portal genesis bleedings]. *Vestnik eksperimentalnoy i klinicheskoy khirurgii — Journal of Experimental and Clinical Surgery*, 2017, vol. 10 (3), pp. 187–194.
- [2] Sayapin S.N., Nazyrov F.G., Devyatov A.V., Sokolova A.S. Analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya transformiruemykh zondov dlya ostanovki krovotечeniy iz varikozno-rasshirenykh ven pishchevoda [Treatment of esophageal varices bleeding with the use of transformable probes]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova — Pirogov Russian Journal of Surgery*, 2010, no. 12, pp. 58–64.
- [3] Kovach T.O.G., Jensen D.M. Recent advances in the endoscopic diagnosis and therapy of upper gastrointestinal, small intestinal and colonic bleeding. *Med. Clin. North Am.*, 2002, vol. 86 (6), pp. 1319–1356.
- [4] Caldwell S.H., Shami V.M., Hespenheide E.E. Injection therapy of esophageal and gastric varices: sclerosis and cyanoacrylate. In: Drossman D.A. (Senior ed.). *Handbook of Gastroenterologic Procedures*, 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2008, pp. 103–111.
- [5] Carvalho E., Nita M.H., Paiva L.M.A., Silva A.A.R. Hemorragia digestiva. *Journal de Pediatria*, 2000, vol. 76 (Supl 2), pp. 135–146.
- [6] Isaacs K.L. Balloon Tamponade. In: Drossman D.A. (Senior ed.). *Handbook of Gastroenterologic Procedures*. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2008, pp. 119–126.

- [7] Shertsinger A.G. Lechenie krovotecheniy iz varikozno-rasshirenykh ven pishchevoda zondom obturatorom [Treatment of bleeding from varicose veins of the esophagus with an obturator probe]. *Khirurgiya*, 1980, no. 3, pp. 94–98.
- [8] Nazyrov F.G., Devyatov A.V. (SSSR). *Sposob ostanovki krovotecheniya iz varikozno-rasshirenykh ven pishchevoda* [Method to stop bleeding from varicose veins of the esophagus]. A.s. 1362462 USSR, publ. 30.12.87, bull. no. 48, 3 p.
- [9] Currais P., Nunes G., Palita M. et al. SX-ELLA Danis-Stent for Refractory Acute Esophageal Variceal. *GE Port J Gastroenterol*, 2023, no. 30, pp. 162–165.
- [10] Loginov A.V., Mamkeev E.H., Anisimov A.YU. Samorasshiryayushchiysya nitinolovyi stent v kompleksnom lechenii bolnykh s krovotecheniyami iz varikozno-rasshirenykh ven pishchevoda [Self-expanding nitinol stent in combined treatment of bleeding from esophageal varices]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal — Kazan Medical Journal*, 2016, vol. 97, no. 5, pp. 801–805.
- [11] Anisimov A.Yu., Loginov A.V., Ibragimov A.A., Anisimov A.A. Endoskopicheskiy gemostaz samorasshiryayushchimisya nitinolovymi stentami (obzor literatury) [Endoscopic hemostasis with self-expanding nitinol stents (literature review)]. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii — Annals of HPB Surgery*, 2020, vol. 25, no. 1, pp. 24–105.
- [12] Anisimov A.Yu., Loginov A.V. Stent Danisha pri pishchevodnom krovotechenii: za i protiv [Danis stent for esophageal bleeding: for and against]. *Prakticheskaya meditsina — Practical Medicine*, 2016, no. 5 (97), pp. 58–66.
- [13] Kraev A.V. *Anatomiya cheloveka: v 2 kn.* [Human anatomy: in 2 books]. Moscow, Meditsina Publ., 2007, vol. 1, 552 p.
- [14] Antonov P.I., Kosilov A.T., Vasilenko A.YU., Kandybin V.I. Poluchenie i svoystva profilirovannykh monokristallov Cu-Al-Ni [Preparation and properties of the profiled Cu-Al-Ni monocrystals]. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya fizicheskaya — Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 1980, vol. 44, no. 2, pp. 404–408.
- [15] Tikhonov A.S., Gerasimov A.P., Prokhorova I.I. *Primenenie effekta pamyati formy v sovremennom mashinostroenii* [Application of the shape memory effect in modern mechanical engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981, 81 p.
- [16] Komarov S.M., Lukyanychev S.Yu. Nitinol — podatlivyi, no vse pomnyashchiy [Nitinol is malleable, but it remembers everything]. *Khimiya i zhizn — Chemistry and Life*, 1998, no. 3, pp. 40–42.
- [17] Sayapin S.N., Nazyrov F.G., Devyatov A.V., Sayapina A.S. *Sposob ostanovki krovotecheniy iz varikozno-rasshirenykh ven pishchevoda i transformiruemyi zond dlya ego osushchestvleniya* [Method for stopping bleeding from varicose veins of the esophagus and a transformable probe for its implementation]. Patent no. 2316272 Russian Federation, 2008, bull. no. 4, 13 p.
- [18] Yangurazov A.Kh. Naznachenie endoskopov: vidy gastroendoskopov, sovremennaya klassifikatsiya gastrooskopov [Purpose of endoscopes: types of gastroendoscopes, modern classification of gastroscopes]. *Vestnik magistratury — Magister Journal*, 2019, no. 6–4 (93), pp. 41–45.

Sayapin S.N., Dr. Sc. (Eng.), Chief Researcher, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences; Professor, Department of Theoretical Mechanics, Bauman Moscow State Technical University; Honorary Badge “Inventor of the USSR”; specialist in precision large-size space structures, parallel structure mechanisms, dynamics of the complex mechanical systems, medical equipment.
e-mail: sayapin-baum@bmstu.ru