



**Одобрено для кошек и собак:
RusVES, ВетЭндоШколой VESK**



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

КОНТАКТНАЯ НАНОЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ЛИТОТРИПСИЯ НА ПРИБОРЕ «УролитВет» В ВЕТЕРИНАРНОЙ ПРАКТИКЕ

**Авторы: к.в.н. А.В. Чернов
к.т.н. В.П. Черненко**

2023 год

В.П.Черненко, А.В. Чернов. Контактная наноэлектроимпульсная литотрипсия на аппарате «УролитВет» в ветеринарной практике.

В рекомендации представлен современный высокоэффективный способ лечения мочекаменной болезни. Описан принцип наноэлектроимпульсного метода дробления и приведены основные его отличия от электрогидравлического метода. Представлен аппарат для наноэлектроимпульсной литотрипсии и его характеристики. Вкратце описана методика ретроградной контактной наноэлектроимпульсной литотрипсии при расположении камней в почках, мочеточнике, мочевом пузыре и уретре у кошек и собак.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Физические основы наноэлектроимпульсного дробления камней.....	4
Оборудование для наноэлектроимпульсной литотрипсии (НЭИЛТ).....	5
Показания для НЭИЛТ.....	8
Противопоказания для применения.....	8
Инструментарий.....	8
Техника выполнения ретроградной контактной литотрипсии.....	10
Результаты лечения методом НЭИЛТ	12
Список литературы	14

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КЛТ – контактная литотрипсия.

МВП – мочевыводящие пути.

КТ – компьютерная томография.

НЭИЛТ – наноэлектроимпульсная литотрипсия.

УЗИ – ультразвуковое исследование.

ВВЕДЕНИЕ.

Физические основы наноэлектроимпульсного дробления камней. В 2003 году был предложен и запатентован новый способ наноэлектроимпульсного контактного разрушения мочевых камней [4], близкий, но не идентичный по механизму дробления с электрогидравлической контактной литотрипсией (КЛТ).

Принцип наноэлектроимпульсного разрушения твердых тел заключается в следующем: высоковольтный импульс напряжения длительностью $\sim 10^2 \dots 10^3$ наносекунд воздействует непосредственно на объект разрушения, образуя в нем канал электрического разряда. Последующее расширение канала в твердом теле приводит к возникновению в нем сдвиговых и растягивающих (разрывных) напряжений, что способствует его эффективному разрушению.

Основное отличие наноэлектроимпульсного метода от электрогидравлического состоит в том, что разрушающая энергия выделяется непосредственно в твердом теле (камне), а не в жидкой среде (рис. 1). Главный недостаток электрогидравлического метода применительно к разрушению органоминеральных конкрементов состоит в неэффективном использовании основного энергоносителя – первичной ударной волны. Основной разрушающий эффект обусловлен вторичными факторами – созданием растягивающих напряжений, гидравлическим давлением рабочей жидкости, соударениями частиц в гидропотоке. Таким образом, разрушение камней при равной энергии в канале разряда более эффективно наноэлектроимпульсным методом, чем электрогидравлическим. Результаты проведенных исследований так же выявили, что при сопоставимой эффективности деструкции камней наноэлектроимпульсной и электрогидравлической КЛТ, процесс наноэлектроимпульсной КЛТ проходит при меньших значениях суммарной энергии и количества импульсов [1, 2].

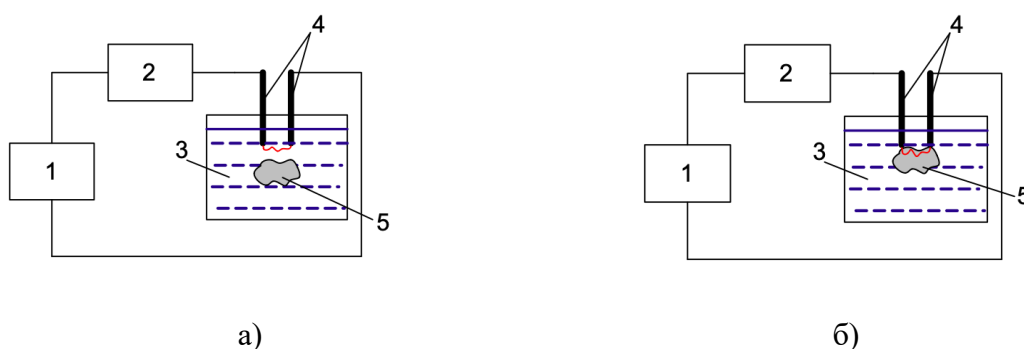


Рис.1. Схема электрогидравлической (а) и наноэлектроимпульсной (б) технологии: 1 – генератор высоковольтных импульсов; 2 – коммутатор; 3 – рабочая область, заполненная жидкостью; 4 – электродная система; 5 – разрушаемый объект.

В связи с тем, что разрушение камня происходит при выделении энергии в его объеме, это приводит к существенному снижению вероятности травмирования живой ткани и повреждения урологического оборудования, в частности конструктивных элементов литоэкстрактора и эндоскопа.

Оборудование для наноэлектроимпульсной литотрипсии (НЭИЛТ).

Общий вид контактного наноэлектроимпульсного литотриптора «УролитВет» приведен на рис.2.



Рис.2. Внешний вид прибора: 1 – прибор «УролитВет»; 2 – передающий кабель; 3 – зонды; 4 – педаль управления

Основные технические параметра прибора представлены в таблице.

• номинальное напряжение электропитания прибора	220 В
• потребляемая мощность	не более 50 Вт
• амплитуда импульсов напряжения	от 3 до 10 кВ
• энергия в импульсе	от 0,3 до 1,0 Дж

<ul style="list-style-type: none"> • режим работы 	-однократные импульсы, -пачки импульсов с регулируемой частотой до 5 Гц.
<ul style="list-style-type: none"> • количество импульсов в пачке (для частотного режима) 	от 2 до 99
<ul style="list-style-type: none"> • габариты 	322 x 427x 113 мм.
<ul style="list-style-type: none"> • вес прибора 	9 кг.

Прибор «УролитВет» имеет два основных режима работы, которые устанавливаются на панели управления. При однократном режиме (частота «1Р») может меняться только уровень энергии импульсов. В частотном режиме, кроме уровня энергии, можно изменять частоту следования и количество импульсов в пачке, генерируемых прибором.

Прибор автоматически определяет тип зонда (в соответствии с его диаметром) и отслеживает остаточный ресурс его работы в режиме реального времени, а также общее количество импульсов, затраченное на разрушение камня. Данные функции позволяют пользователю контролировать работу зонда, своевременно принимать решение о его замене и оценивать количество энергии, затраченной на разрушение камня.

Зонды для литотрипсии. В комплекте с наноэлектроимпульсным литотриптором, по желанию заказчика, поставляются зонды разного диаметра (от 2,0 до 8,0 Шр), используемые в зависимости от локализации камня в мочевыделительной системе. Правильный выбор зонда позволяет увеличить эффективность работы прибора, уменьшить время проведения операции, продлить время эксплуатации зонда и уменьшить риски повреждения ткани.

Весь зонд условно можно разделить на три части: высоковольтный разъем, передающая часть и головка зонда (рис. 3).

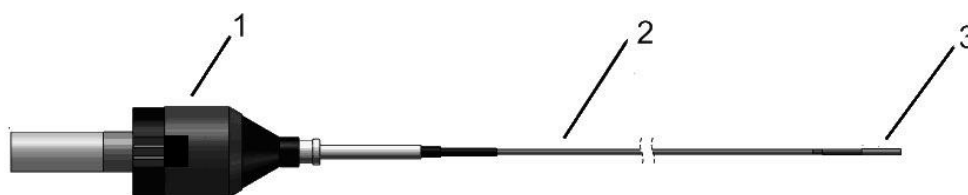


Рис. 3. Зонд наноэлектроимпульсного литотриптора: 1- высоковольтный разъем, 2 - передающая часть, 3 - головка зонда

Высоковольтный разъем зонда предназначен для электрического соединения с передающим кабелем (рис. 2).

Передающая часть зонда состоит из гибких и упругих элементов, предназначенных для передачи электрического импульса к головке зонда.

Разрядная головка зонда представляет собой систему изолированных электродов для трансформации импульса напряжения в электрический разряд. Различные конструктивные варианты головки зондов позволяют эффективно использовать зонды для проведения литотрипсии во всех отделах мочевыделительной системы. Проведение литотрипсии с зондами без головки, либо с поврежденной головкой, запрещено, поскольку при этом невозможно контролировать количество вводимой энергии в объект разрушения и обеспечить безопасность проведения процедуры.

С целью повышения надежности и безопасности применения литотриптора в приборе предусмотрена система мониторинга работы зондов. Она вмонтирована в схему средств, контролирующих ресурс работы зонда, и отражается на дисплее прибора. В связи с этим разъем зонда содержит элемент памяти для записи и хранения необходимой информации.

Особенности выбора режимов работы прибора и зондов.

Поскольку для проведения наноэлектроимпульсной литотрипсии используются зонды разного диаметра, существуют определенные показания для их применения. Диаметр зонда влияет на эффективность разрушения конкрементов и ресурс его работы. Чем больше диаметр головки зонда, тем больше выделившаяся через него энергия. Таким образом, большее количество выделенной энергии, при тех же параметрах установленной мощности на приборе, позволяет разрушать объекты более эффективно меньшим количеством импульсов, т.к. работа, идущая на разрушение объекта прямо пропорциональна энергии и количеству импульсов.

Кроме увеличения эффективности разрушения объектов с увеличением диаметра зонда, наблюдается эффект увеличения ресурса работы зонда. Под ресурсом работы зонда понимается общее количество импульсов, которое зонд может воспроизвести в течение всего времени его работы, с учетом установленной энергии и частоты следования импульсов на приборе.

На эффективность разрушения камней влияет так же величина мощности (энергии) в импульсе и частота импульсов. Чем больше мощность импульсов и их частота, тем более интенсивно идет процесс разрушения камня. Однако, разрушаются не только камни, но и изоляция головки зонда, что приводит к закономерному уменьшения ресурса зонда при увеличении мощности и частоты.

НЕОБХОДИМО. Перед началом работы проверить все комплектующие к прибору. Провести визуальный осмотр прибора и его составных частей, убедиться в отсутствии механических повреждений. Перед началом работы с зондом и прибором проверить их работоспособность. Для этого включить переключатель «ВН» и выполнить следующий тест: нажать педаль или кнопку «Старт». При подаче импульса кнопкой «Старт» или педалью на кончике зонда должен наблюдаться искровой разряд. Прибор готов к проведению операций. Перед проведением операции, все манипуляции зондом внутри эндоскопа и его позиционирование относительно камня, необходимо проводить при **ВЫКЛЮЧЕННОЙ** кнопке «ВН», для предотвращения несанкционированной генерации импульсов.

ПОКАЗАНИЯ ДЛЯ НЭИЛТ.

- наличие камня лоханки или чашечки;
- наличие камня мочеточника любого размера, вызывающего нарушение уродинамики и не имеющего тенденции к спонтанному отхождению;
- наличие «каменной дорожки» в уретре у мужских или женских особей;
- камень мочевого пузыря любого размера, не имеющий тенденции к спонтанному отхождению;
- камни уретры.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ:

- стриктуры мочевых путей дистальнее расположения камня;
- тяжелое общее состояние по основному или сопутствующим заболеваниям, не позволяющее проведение операции и/или наркоза;
- острые инфекционно-воспалительные заболевания мочеполовых органов.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ.

Экстракторы.

Для извлечения мелких камней мочеточника и фрагментов разрушенных камней могут использоваться любые экстракторы (петли, корзины, щипцы), имеющиеся в наличии. Главными условиями литоэкстракции являются визуальный контроль над процессом передвижения камня, отсутствие насильственных действий, приводящих к разрыву или отрыву слизистой оболочки или органа.

Приборы и Эндоскопы.

Аппаратная часть состоит из набора таких стандартных эндоскопических приборов, как монитор, видеоблок для обработки изображения со встроенной системой видеофиксации, голова камеры, источник света, световодный кабель, ирригационная система VETPUMP.

Также возможно использование моноблоков — приборов, которые совмещают в себе несколько элементов эндоскопического оборудования (например, TelepackvetX, Telepack+).

Отдельное внимание стоит уделить размеру используемых оптических систем. В связи с разной длиной уретры даже в пределах одного вида животного потребуется несколько оптик.

Для НЭИЛТ применяются жесткие и гибкие фиброоптические уретероскопы.

Оператору необходимо иметь в основном жесткие эндоскопы разных размеров, такие как [5]:

- цистоуретроскоп с длиной рабочей части 29 см. Оптика HOPKINS и тубусы для цистоуретроскопа с диаметром 22/17 Шр. и диаметром рабочего канала 9/6 Шр. Подходит для животных от 30 кг и более;
- многофункциональная жесткая оптика с интегрированным рабочим каналом. Длина рабочей части 14.5 см, диаметр 11.5 Шр., диаметр рабочего канала 5 Шр. Подходит для животных от 5 до 25 кг м;
- цистоуретроскоп с длиной рабочей части 14 см м со встроенным световодом и рабочим каналом. Диаметр 9.5 Шр., диаметр рабочего канала 3 Шр. Подходит для животных от 2 до 20 кг. м.

Для контроля интраоперационного кровотечения хорошо зарекомендовало себя применение хирургического лазера. В своей практике мы использовали аппарат «Алод-01», в связи с высоким диапазоном рабочих мощностей (до 30 Вт).

При проведении жесткой уретроцистоскопии используются специальные тубусы на эндоскопах или интегрированные эндоскопы с непрерывной подачей физиологического раствора, что обеспечивает непрерывный эндовизуальный контроль уретры, мочевого пузыря, устьем мочеточников, мочеточников, лоханки почек и рецессусов почек.

Для прохождения в устье мочеточника у средних собак необходима специальная система (эндоскоп-проводник) в случае, если присутствует техническое соответствие размеров эндоскопа и диаметра устья мочеточник. Зачастую у крупных собак диаметр эндоскопа (9,5-11,5 Шр) обеспечивает более легкое и безопасное введение инструмента в устье мочеточника и облегчает доступ к просвету мочеточника.

Однако, для ретроградной уретероскопии кошек и мелких собак существующие жесткие эндоскопы в подавляющем большинстве случаев являются большими по диаметру. В следствии чего, прибегают к анеградной чрескожной нефро- и уретероскопии.

Для проведения контактной литотрипсии камней в средней и верхней трети мочеточника, лоханки и чашечек мы можем рекомендовать использование специальных кожухов – флексоров, что позволяет вводить фиброоптические уретероскопы до почки свободно, многократно, не травмируя стенку мочеточника и бережно используя сам эндоскоп.

Ирригационная жидкость.

Для НЭИЛТ рекомендуется использовать стерильный изотонический раствор NaCl подогретый до температуры 37°C. Использование систем низкого гидростатического давления (высота расположения ирригационного раствора над телом животного – 50-100 см) уменьшает риск развития повышения давления во время уретероскопии, может привести к повреждению эндотелия мочевыводящих путей, особенно во время длительных процедур, и забросу инфицированной мочи в кровяное русло. **В связи с этим, специальные нагнетающие помпы должны применяться с особой осторожностью!**

ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РЕТРОГРАДНОЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ КОНТАКТНОЙ ЛИТОТРИПСИИ У КОШЕК И СОБАК

При наличии инфекции предварительно (за 1-2 недели до литотрипсии) проводят санацию МВП стентированием мочеточников, назначением антибиотиков, предварительной санацией мочевыводящих путей физиологическим раствором. Перед операцией важно с помощью некоторых методов визуализации мочевых путей (УЗИ, Рентген, КТ) уточнить локализацию камня и выявить наличие возможных анатомических аномалий.

Операционную комнату рекомендуется оснащать:

- рентгенстолом с С-дугой;
- ультразвуковым аппаратом;
- системой ирригации стерильного раствора;
- анестезиологическим оборудованием;
- набором корзинок (литоэкстракторов)
- уретроцистоскопом 9.5 Шр, набором 9 показаний с эндоскопом MPR (KARL STORZ) и набором манипуляторов;
- контактным наноэлектроимпульсным литотриптером «УролитВет»;
- видеосистемой Telepack+ (KARL STORZ).

Любая процедура КЛТ начинается с диагностического эндоскопического осмотра всех доступных участков мочевыводящих путей. В большинстве случаев выполняется вагино- и уретроцистоскопия. Фокусируется четкость изображения на мониторе, определяются анатомическое соответствие норме, визуализируются морфологические изменения, их расположение и форма, санируется все возможные отделы мочеиспускательного канала.

В случае обнаружения фиксированных уролитов с просвета уретры сразу же используется КЛТ с доступным для рабочего канала эндоскопа зондом.

У крупных собак (свыше 35 кг), при широком устье мочеточника можно не прибегать к бужированию и под эндоскопическим контролем ригидным уретероскопом дойти до камня. Бужирование дистального отдела мочеточника у некоторых животных бывает необходимым. Это облегчает введение уретероскопа и способствует более легкому и быстрому удалению конкрементов.

Для более четкого обзора, при наличии взвеси или кровоточивости слизистой, необходимо произвести дополнительную **более интенсивную ирригацию,** которая осуществляется с помощью специальной насоса (VETPUMP) или в ручном режиме (надавливая на пакет с физиологическим раствором). В тоже время введение жидкости ретроградно, под давлением способно вызвать миграцию камня в **вышележащие** отделы

МВП. Во время подхода к камню, окруженному инфильтрированной слизистой мочеиспускательного канала, манипуляции инструментом должны быть максимально аккуратными для предотвращения перфорации стенки органа или его кровотечения.

Наноэлектроимпульсная литотрипсия предполагает **обязательный контакт** зонда литотриптора с поверхностью камня. Плотный контакт определяет максимальное импульсное воздействие на камень, без потери энергии. Для дробления мелких камней целесообразно использовать зонды 2,0-4,5 Шр. Крупных - 6,0 - 8,0 Шр. **Выбор более крупного зонда облегчает дробление.** Экспериментальным путем было доказано, что чем больше диаметр зонда, тем меньше импульсов необходимо для разрушения модели камня [3,4]. Кроме того, важно учитывать тот факт, что зонды являются расходным материалом и чем больше диаметр зонда, тем дольше его срок службы, и тем реже придется их менять. **Поэтому разумнее дробить камни максимально доступным по размеру рабочего канала эндоскопа зондом.**

Эффективность дробления камней прямо пропорционально **мощности наноэлектроимпульсного воздействия.** Однако, чем больше мощность, тем больше повреждающее воздействие на окружающие ткани. Дробление лучше начинать с небольшой энергии в импульсе – 0,5-0,7 Дж (на приборе: уровень импульсов 3-5). При использовании низких энергий отскок камня минимальный. Если после 10-15 одиночных низкоэнергетических импульсов нет признаков разрушения камня, то следует добавлять мощность импульсов постепенно до 1,0 Дж (на приборе: уровень импульсов 8) с шагом 0,1 Дж (на приборе: шаг – один уровень).

Выбор мощности наноэлектроимпульсного воздействия зависит **от состояния стенки мочевыводящих путей в месте дробления.** При прочих равных условиях при КЛТ степень повреждения мочеточника при его воспалении значительно выше, чем при дроблении на фоне интактного мочеточника. В связи с этим, целесообразно выполнять дробление низкими энергиями при отечном, воспаленной уретре вокруг камня, либо, если это возможно, переместить камень в другое место с неизменной слизистой и использовать, при необходимости, максимальную мощность.

На эффективность дробления оказывает влияние такой параметр наноэлектроимпульсного излучения как **частота следования импульсов.** Настройки аппарата позволяют менять частоту импульсов в диапазоне от 1 до 5 Гц. Чем выше частота следования импульсов, тем выше эффективность дробления. Однако, при использовании серий импульсов очень важно точное позиционирование зонда для предотвращения возникновения электрических разрядов рядом с камнем или, что более опасно, в стенке мочеточника.

Крупные камни у собак среднего и большого размера (более 6-9 мм) уретры, мочевого пузыря и уретры должны быть раздроблены на фрагменты посредством литотрипсии на мелкие фрагменты (1-3 мм) и извлечены или оставлены для естественного вымывания. Мочевые конкременты у мелких и средних собак желательно максимально удалить с помощью доступных техник механической литоэкстракции и/или подвергать литотрипсии с помощью «УролитВет» в мелкодисперстные структуры для спонтанного отхождения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ МЕТОДОМ НЭИЛТ

Разрушение камней мочевыводящих путей при наноэлектроимпульсной литотрипсии применено в ветеринарной клинике «Эндовет»™, г.Курган у многих кошек и собак. Стоит отметить одинаковые позитивные ощущения у врачей от работы с прибором в экстремальных ситуациях с острой обструкцией уретры или мочеоточника и плановых уролитотрипсиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Афонин В.Я. Электроимпульсное контактное дробление камней мочеточника и мочевого пузыря: Автореф. дисс. канд. мед. наук. Саратов, 2009. 25с.
- 2 Бощенко В.С., Гудков А.В., Арсеньев А.В., Афонин В.Я. Ранние морфологические изменения стенки мочеточника и мочевого пузыря половозрелых собак после контактного электроимпульсного воздействия. Сибирский медицинский журнал. Том 26. №3. Выпуск 1. 2011. С.134-138.
- 3 Иванова Л.Ю., Бощенко В.С., Черненко В.П., Лернер М.И. Влияние технических параметров электроимпульсной контактной литотрипсии на эффективность дробления и ресурс работы зондов. Бюллетень Сибирской Медицины. 2012. №2. С.13-18.
- 4 Лопатин В.В., Лернер М.И., Буркин В.В., Черненко В.П. Электроразрядное разрушение биологических конкрементов // Известия вузов. Физика. 2007. №9. Приложение. С. 181-184.
- 5 Чернов А.В. Ветеринарная видеоэндоскопия кошек и собак. Чреспросветные исследования мочеполовой системы. Практическое руководство. Курган, 2020. Стр. 19-64.