

КЛАССИФИКАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ДАТЧИКА.

Презентацию подготовила студентка 71307 группы Марамзина Валерия

Преподаватель: К.М.Н., доцент Васильев Валерий Анатольевич

ВВЕДЕНИЕ

- Есть 3 вида ультразвукового сканирования - линейное, конвексное и секторное. Датчики узи имеют созвучные названия: линейные, конвексные и секторные. Существует широкий спектр специализированных датчиков, которые принято классифицировать и разделять на группы в зависимости от назначения. Рассмотрим все разновидности УЗИ датчиков.



УСТРОЙСТВО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА

- Конструктивно ультразвуковой датчик состоит из **сканирующей головки, кабеля и коннектора**.
- **Коннектор** предназначен для присоединения датчика к УЗИ-аппарату и имеет множество контактов, выполненных в виде штырьков или металлических площадок. Довольно часто в корпусе коннектора располагается электронный блок предварительного усиления, в некоторых случаях блок первичного усиления находится в корпусе сканирующей головки.
- **Кабель** представляет собой гибкий жгут из множества (часто из нескольких сотен) микропроводников, соединяющих коннектор и пьезокристаллы сканирующей головки.
- **Сканирующая головка** состоит из:
 - 1 - **акустической линзы**, предназначенной для формирования геометрии акустического пучка. Линза изготавливается из специального пластика, непосредственно контактирует с гелем и телом пациента, может быть различных цветов (часто это серый, синий или красный).
 - 2 - **согласующих слоев**, предназначенных для эффективного проникновения акустических волн. Они представляют собой комбинацию различных полимерных материалов.
 - 3 - **матрицы пьезокристаллов**, предназначенной для излучения ультразвуковых волн. Это представляется возможным благодаря пьезоэлектрическому эффекту.
- Природа кристаллов пьезоэлектрических элементов позволяет генерировать звук высокой частоты под воздействием электрического напряжения. Оказавшись в поле высокочастотных звуковых колебаний, пьезокристалл, напротив, генерирует электрическую энергию. Включив такие кристаллы в электрическую цепь, и определенным образом обрабатывая, получаемые с них сигналы, мы можем получать изображение на экране УЗИ-аппарата.
- 4 - **демпфера из твердого материала**, предназначенного для устранения чрезмерных вибраций с целью укорочения длины импульса и увеличения разрешающей способности.
- 5 - **пластикового корпуса с гибким окончанием**
- 6 - **муфты** - резиновой накладке для предотвращения перегибания и повреждения кабеля в месте выхода из корпуса датчика.
- При такой сложной структуре с датчиком могут возникнуть самые различные проблемы: дефекты линзы, корпуса, кабеля, коннектора, и даже неисправности внутренней электроники, но благодаря опыту и собственным разработкам в данной области мы можем восстановить датчик УЗИ при повреждении любой сложности.



КОННЕКТОР

ЗАМОК КОННЕКТОРА

КАБЕЛЬ

МУФТА КАБЕЛЯ

ГОЛОВКА ДАТЧИКА

АКУСТИЧЕСКАЯ ЛИНЗА

КЛАССИФИКАЦИЯ УЗИ ДАТЧИКОВ

1. Конвексные ультразвуковые датчики
2. Микроконвексные внутриполостные датчик
3. Микроконвексные наружные и операционные датчики
4. Линейные ультразвуковые датчики
5. Секторные фазированные датчики (с фазированной решёткой)
6. Чреспищеводные / трансэзофагеальные ЭхоКГ (ТЭЭ) датчики
7. Би-плановые и три-плановые трансректальные датчики
8. Механические датчики
9. Объёмные 3D/4D датчики трёхмерного сканирования в реальном времени
0. Матричные датчики
1. Монокристалльные датчики
2. SMUT мембранные датчики
3. Карандашные доплеровские (слепые CW) датчики
4. Видеоэндоскопические датчики (EUS)
5. Игольчатые (катетерные) датчики
6. Лапароскопические датчики

КОНВЕКСНЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДАТЧИКИ

- Конвексные датчики в основном используют как базовые датчики для диагностики абдоминальной зоны (брюшной полости: печени, почек, желчного пузыря, поджелудочной железы, селезёнки) и органов малого таза (мочевого пузыря, матки, яичников), плода на поздних стадиях беременности. Имеют выгнутую поверхность, что обусловлено их анатомической применимостью. Характеризуются радиусом кривизны, частотным диапазоном и углом электронного сканирования. Радиус кривизны R варьируется от 40 до 70 мм. Иногда вместо радиуса кривизны используют такие характеристики, как апертура и сканирующая поверхность (footprint). Между ними существует важное отличие: сканирующая поверхность - это область датчика, которая снаружи выглядит как резиновая поверхность (серого, голубого, чёрного или красного цвета в зависимости от производителя датчика). Апертура - это область сканирования, которая отображается на экране прибора и только на экране может быть измерена по ширине. Апертура всегда меньше сканирующей поверхности. Угол электронного сканирования для конвексных датчиков варьируется в основном от 60 до 70 градусов, хотя в последнее время появились приборы с функцией расширения поля сканирования (вплоть до 110 градусов). Частотный диапазон конвексных датчиков может быть следующим:

1-5 МГц или 2-6 МГц - для взрослых тучных пациентов, глубоких органов, плода;

2-8 МГц или 3-8 МГц - для исследования плода и диагностики в педиатрии (на таких датчиках плод может быть визуализирован более чётко, однако для глубоких органов типа печени глубины проникновения луча не хватит, поэтому такой датчик рекомендуется только для акушерских применений);

5-10 МГц или 5-13 МГц - для неонатальной диагностики или специфических исследований.



МИКРОКОНВЕКСНЫЕ ВНУТРИПОЛОСТНЫЕ ДАТЧИК

- Микроконвексные ультразвуковые датчики являются аналогами конвексных датчиков по своему устройству, однако с гораздо уменьшенной по сравнению с конвексными датчиками сканирующей головкой. Микроконвексные датчики могут быть для наружного и внутрисполостного применения.

Внутрисполостные микроконвексные датчики делятся на три типа: трансвагинальные, трансректальные и универсальные ректо-вагинальные. Трансвагинальные датчики используются для диагностики органов малого таза и плода на ранней стадии беременности (первый триместр), имеют скошенный обзор относительно оси датчика (это сделано с учётом анатомической формы и положения матки), радиус кривизны обычно от 9 до 14 мм, частотный диапазон 4-9 МГц (выше частоты не требуются, т.к. матка находится на определённой вполне конкретно определяемой глубине). Трансвагинальные датчики могут иметь прямую, либо скошенную рукоятку. Скошенная рукоятка используется для удобства диагностики в гинекологическом кресле. Также скошенная рукоятка удобна при взятии биопсии или проведении процедуры экстракорпорального оплодотворения (ЭКО). Угол сканирования для трансвагинальных датчиков используется от 120 до 140 градусов (в это поле попадает матка).

Трансректальные внутрисполостные микроконвексные датчики используются для диагностики предстательной железы (простаты) и взятия биопсии простаты. Имеют прямой обзор (end-fire), прямую рукоятку и симметричную головку (чтобы легче было вращать датчик вокруг своей оси для осмотра разных проекций). Часто такие датчики имеют дополнительные приспособления для проведения биопсии простаты: например, биопсийный канал, биопсийную направляющую, входящую в базовый комплект. Универсальные ректально-вагинальные датчики являются объединением трансректальных и трансвагинальных датчиков в один. Это удобно для массового скрининга, когда не требуется проводить специфические процедуры типа ЭКО и биопсии. К тому же такие датчики стоят дешевле, чем узкоспециализированные по отдельности. Они имеют прямую рукоятку, малый радиус кривизны 8-11 мм, прямой широкий обзор. Универсальность достигается большим углом сканирования от 150 до 210 градусов, покрывающим любые потребности, а также широким частотным диапазоном 4-9 МГц (или шире в зависимости от производителя)



Трансректальный
Hitachi ALOKA
UST-675P / UST-676P



Трансвагинальный
Hitachi ALOKA
UST-9112-5



Трансвагинальный
Hitachi ALOKA
UST-984-5



Универсальный
Hitachi ALOKA
UST-9124 / UST-9118

МИКРОКОНВЕКСНЫЕ НАРУЖНЫЕ И ОПЕРАЦИОННЫЕ ДАТЧИКИ

- Микроконвексные датчики для наружного применения имеют радиус кривизны менее 30 мм и в основном используются либо для диагностики новорождённых (в основном нейросонография), либо для специфических целей: операционных и хирургических применений, контроля литотрипсии, ветеринарии.

Ультразвуковые частоты:

2-5 МГц, 1-6 МГц - низкочастотные датчики для контроля литотрипсии и хирургии на печени.

5-10 МГц (или шире) - высокочастотные датчики для неонатологии, нейросонографии новорожденных, операционных применений (в том числе на печени).

В зависимости от применений могут иметь прямой обзор (обычно 60-80 градусов, хотя бывают и 110-150 градусов) - для неонатологии и ветеринарии, контроля биопсии и хирургии. Либо могут иметь боковой обзор: Т-образный (например, у операционных датчиков профессора Макуучи для хирургии печени) или I-образный.



ЛИНЕЙНЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДАТЧИКИ

- Частота датчика 5-15 МГц, глубина сканирования до 10 см. Благодаря высокой частоте сигнала изображение выводится с высоким разрешением. При помощи такого датчика сложно обеспечить равномерное прилегание к исследуемому органу, что приводит к искажению изображения по краям. Линейные датчики идеально подходят для исследований органов, расположенных поверхностно, мышц, сосудов и небольших суставов.



СЕКТОРНЫЕ ФАЗИРОВАННЫЕ ДАТЧИКИ (С ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЁТКОЙ)

- Эти датчики имеют другую технологию формирования изображения. Если в рассмотренных выше конвексных и линейных датчиках область сканирования определяется геометрией датчика, то в фазированных датчиках это не так. Каждый элемент этих датчиков работает независимо друг от друга. Получаемое изображение имеет очень узкую ближнюю зону и широкую дальнюю зону. Сканирующая поверхность при этом имеет малые размеры, что позволяет проводить сканирование в труднодоступных местах (сердце между рёбер, мозг через "окна" в черепной коробке). Угол сканирования составляет 90 градусов (позволяет охватить сердце) в большинстве случаев, хотя в премиальных ультразвуковых кардиосистемах доступно расширение до 120 градусов и режим виртуальной верхушки (расширение ближней зоны). Эти датчики имеют высокую скорость обновления кадров. Их используют в кардиологии (ЭхоКГ) и для транскраниального доплера (TCD / ТКДГ):

- Частоты 1-5 МГц, 2-5 МГц, 2-4 МГц, сканирующая поверхность 19-25 мм. Такие датчики используются для трансторакальной эхокардиографии и транскраниальной диагностики у взрослых пациентов. Датчики с частотой 5 МГц также можно использовать в педиатрии от 6 лет.

- Частоты 3-7 МГц, 3-8 МГц, сканирующая поверхность 10-15 мм. Используются для трансторакальной эхокардиографии в педиатрии и неонатологии.

- Частоты 5-10 МГц, сканирующая поверхность 10 мм. Используются для трансторакальной эхокардиографии у новорожденных.

Отличительной особенностью фазированных датчиков является то, что они могут работать в режиме постоянно-волнового (непрерывно-волнового) СВ доплера, что необходимо при исследовании сердца. Стоит отметить также относительно низкую надёжность этих датчиков, связанных с технологическими особенностями. Обычно их срок службы гораздо меньше, чем у остальных типов датчиков.



Неонатальный кардио датчик
Hitachi ALOKA
UST-5296

ЧРЕСПИЩЕВОДНЫЕ / ТРАНСЭЗОФАГЕАЛЬНЫЕ ЭХОКГ (ТЭЭ) ДАТЧИКИ

- Трансэзофагеальная эхокардиография (ТЭЭ, TEE) - чреспищеводное обследование сердца. В отличие от трансторакальной ЭхоКГ, где между датчиком и сердцем достаточно мышц и ребёр, усложняющих диагностику, со стороны пищевода до митрального клапана расстояние измеряется сантиметром и нет никаких костей. ТЭЭ-датчик вводится в пищевод через загубник. Датчик имеет гибкую рабочую часть и гибкий дистальный кончик, по своему виду и управлению очень похож на гастрофиброскоп. Дистальный кончик может двигаться в разные стороны, что позволяет получать высококачественные изображения сердца в динамике в различных проекциях. Современные ТЭЭ-датчики имеют вращающийся (поворачивающийся) излучатель, что также позволяет получать разные проекции сердца. Такие датчики бывают с ручным или автоматизированным (моторизированным) приводом. В премиальных эхокардиографических ультразвуковых системах доступны матричные ТЭЭ датчики для трехмерной реконструкции сердца в реальном времени (4D-TEE). ТЭЭ датчики имеют частотный диапазон 3-8 МГц или 2-9 МГц, угол электронного сканирования 90 градусов. Взрослые, детские и неонатальные ТЭЭ датчики различаются рабочей длиной, диаметром вводимой части и диаметром дистального кончика. Как и фиброскопы, такие датчики требуют специальной дезинфекции и хранения, очень бережного обращения.

A long, thin, black probe with a motorized handle at one end. The handle has a small, dark, cylindrical component on top. The probe is curved into a large loop.

Hitachi ALOKA

UST-52116

Моторизированный ТЭЭ датчик

БИ-ПЛАНОВЫЕ И ТРИ-ПЛАНОВЫЕ ТРАНСРЕКТАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

- Такие датчики имеют в своём составе два или три излучателя. Их применение: диагностика, а также планирование и контроль брахитерапии простаты. Применение нескольких излучателей обусловлено необходимостью получать срезы простаты в различных проекциях. Трансректальный доступ в силу анатомических особенностей не обеспечивает достаточных степеней свобод при манипулировании стандартным трансректальным датчиком. В би-плановых датчиках на одном датчике размещают линейный+микроконвексный излучатели, либо микроконвексный+микроконвексный излучатели. Каждый излучатель сканирует в своей проекции (например, один в сагиттальной, другой - в фронтальной проекции). Специализированные урологические УЗИ аппараты фирмы BK Medical имеют также три-плановые датчики с тремя излучателями. В основном би-плановые датчики используются для контроля проведения биопсии или брахитерапии простаты. Также стоит отметить, что на ректальных датчиках с линейным излучателем доступна только трансперинеальная биопсии простаты (т.е. через промежность, а не трансректально).



Би-плановый датчик

Hitachi ALOKA

UST-678 / UST-672-5/7.5

Микроконвексный+линейный излучатели

МЕХАНИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ

- Механические датчики имеют в своём составе движущийся излучатель. Раньше при отсутствии технологий электронного сканирования эти датчики использовали для получения двумерного изображения. В настоящее время механические датчики иногда используются для специфических внутриполостных исследований: аноректальная зона, трансуретральная, внутрисосудистые - в таких исследованиях используется радиальное механическое сканирование

ОБЪЁМНЫЕ 3D/4D ДАТЧИКИ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

- Механические датчики с угловым поворотом. Используются для трёхмерного сканирования. За счёт механического поворота излучателя происходит посрезовое сканирование органа, после чего данные в сканере реконструируются в трёхмерное изображение. За один поворот излучателя получается статическая 3D картинка, при постоянном повороте получается динамическое трёхмерное сканирование в реальном времени (Real Time 3D, 4D). Сам излучатель в таких датчиках может быть любым: конвексным, микроконвексным, линейным, фазированным в зависимости от их применения. Также как и обычные датчики, 3D конвексный датчик используется для брюшной полости и плода, 3D микроконвексный датчик для ранних стадий беременности и диагностики матки, 3D линейный для малых органов, 3D фазированный для сердца. Помимо трёхмерного сканирования 3D датчики позволяют получать срезы (проекции) в 2D-режиме, не доступные на других типах датчиках. Например, объёмный трансвагинальный датчик, который позволяет получать такие двухмерные проекции, которые на стандартном трансвагинальном датчике получить невозможно в силу анатомических особенностей трансвагинального доступа. А 3D линейный датчик позволяет получать коронарную проекцию молочной железы



МАТРИЧНЫЕ ДАТЧИКИ

- В отличие от рассмотренных выше типов, такие датчики имеют решётку с несколькими рядами пьезоэлементов (излучателей). Матричные датчики делятся на две категории:
 - 1.5D (полуторомерные) - у таких датчиков количество элементов по ширине апертуры намного меньше, чем по длине. Например, 3 x 128 или 5 x 192 элементов. Это сделано для улучшения толщинной фокусировки, уменьшения шумов, связанных с рассеиванием ультразвуковых волн на параллельных "невидимых" прибором слоях (в обычных одномерных датчиках это делается с помощью акустической линзы, либо другими методами). Но трёхмерный объём такими датчиками получить нельзя. Далеко не все производители используют в своём ассортименте матричные датчики. Это связано не столько с технологическими трудностями разработки, сколько с дороговизной их производства (и соответственно высокой ценой для конечного пользователя) и лишь незначительным улучшением качества изображения (соотношения сигнал/шум). На многих датчиках со 192 элементами можно получить существенно лучшее изображение, чем на 1.5D матричных датчиках с большим количеством элементов. Hitachi вместо матричной технологии использует технологию полноапертурной аподизации и датчики с мультислойным кристаллом Smart Probe, которая позволяет добиться аналогичного качества визуализации.
 - 2D (двумерные). Апертура представляет собой матрицу с большим количеством элементов по длине и ширине апертуры. Эти датчики позволяют получать трёхмерное изображение сердца в реальном времени, а также одновременно выводить на экран несколько проекций и срезов в реальном времени.



МОНОКРИСТАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

- В монокристалльных датчиках используются пьезоэлементы, сделанные и нарезанные из единого выращенного кристалла. Это позволяет получить более согласованные друг с другом характеристики пьезоэлементов (частотную характеристику). Получаемое на таких датчиках изображение менее зашумленное. Монокристалльными датчиками могут быть как конвексные, так и линейные, фазированные датчики.

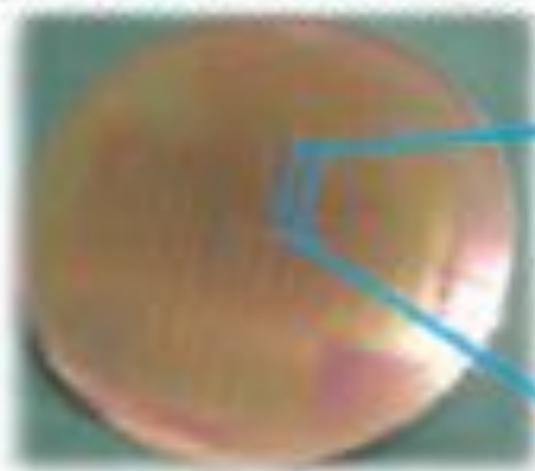


CMUT МЕМБРАННЫЕ ДАТЧИКИ

- CMUT (от англ. «Capacitive Micro-machined Ultrasound Transducer» или «ультразвуковой датчик на подвижных емкостных микроэлементах») представляет собой новое поколение ультразвуковых датчиков, в которых вместо пьезоэлектрических кристаллов (пьезоэлементов) используется матрица микромембран. Применение такой технологии позволило кардинально расширить диапазон ультразвуковых частот, доступных на одном датчике. Датчик Hitachi SML44 с линейным излучателем CMUT имеет диапазон частот 2-22 МГц, что позволяет его использовать для практически всего тела. Расширение области сканирования достигается за счёт применения виртуального конвекса (трапециевидного сканирования).

CMUT transducer

Silicon wafer
(made using semiconductor technology)



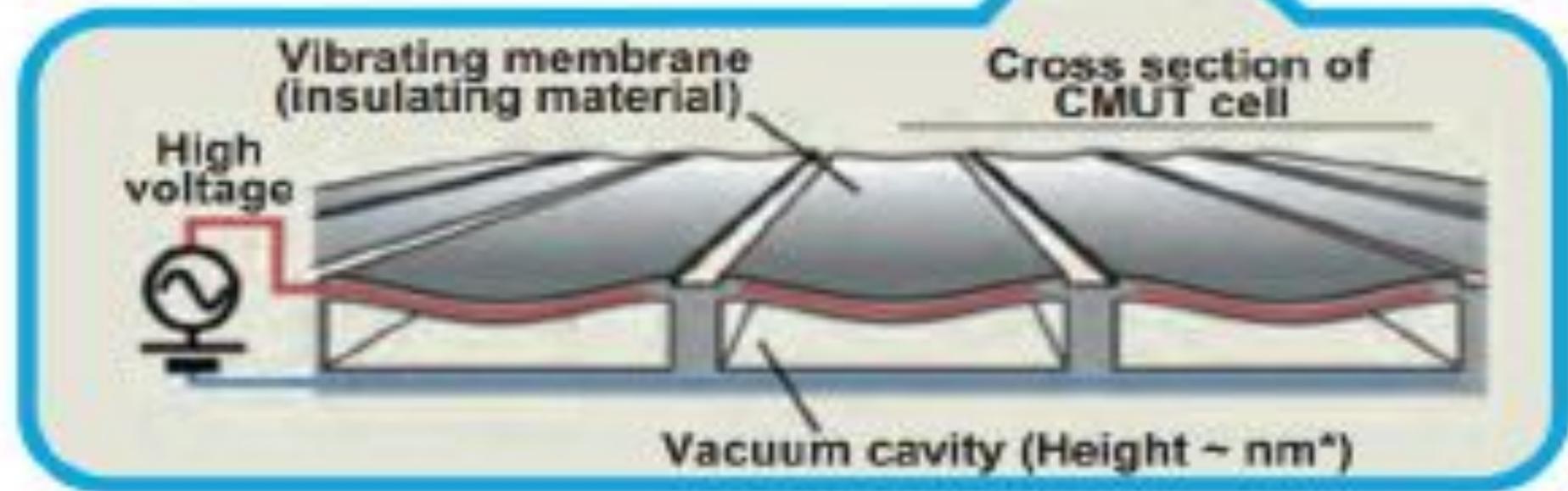
CMUT chip



CMUT cell



Probe



*nm=1/10⁹m

КАРАНДАШНЫЕ ДОППЛЕРОВСКИЕ (СЛЕПЫЕ СВ) ДАТЧИКИ

- Датчики с отдельным приёмником и излучателем. Такие датчики работают только в режиме постоянно-волнового (непрерывно-волнового) СВ доплера. В В-режиме или цветном режиме они не работают, поэтому называются часто "слепыми". Врач "на ощупь" находит нужный сосуд и получает спектр. Используются для крупных артерий и вен конечностей, шеи - 4-8 МГц, либо для сердца - 2 МГц. Карандашные датчики часто использовали раньше, когда не было других способов получить спектр СВ, однако в настоящее время СВ доплер можно использовать на фазированных секторных датчиках. Поэтому популярность карандашных датчиков резко упала. Однако и сейчас они продаются к современным приборам, имеют низкую цену, подключаются к прибору обычно через отдельный мини-порт.



Hitachi ALOKA
UST-2265-2

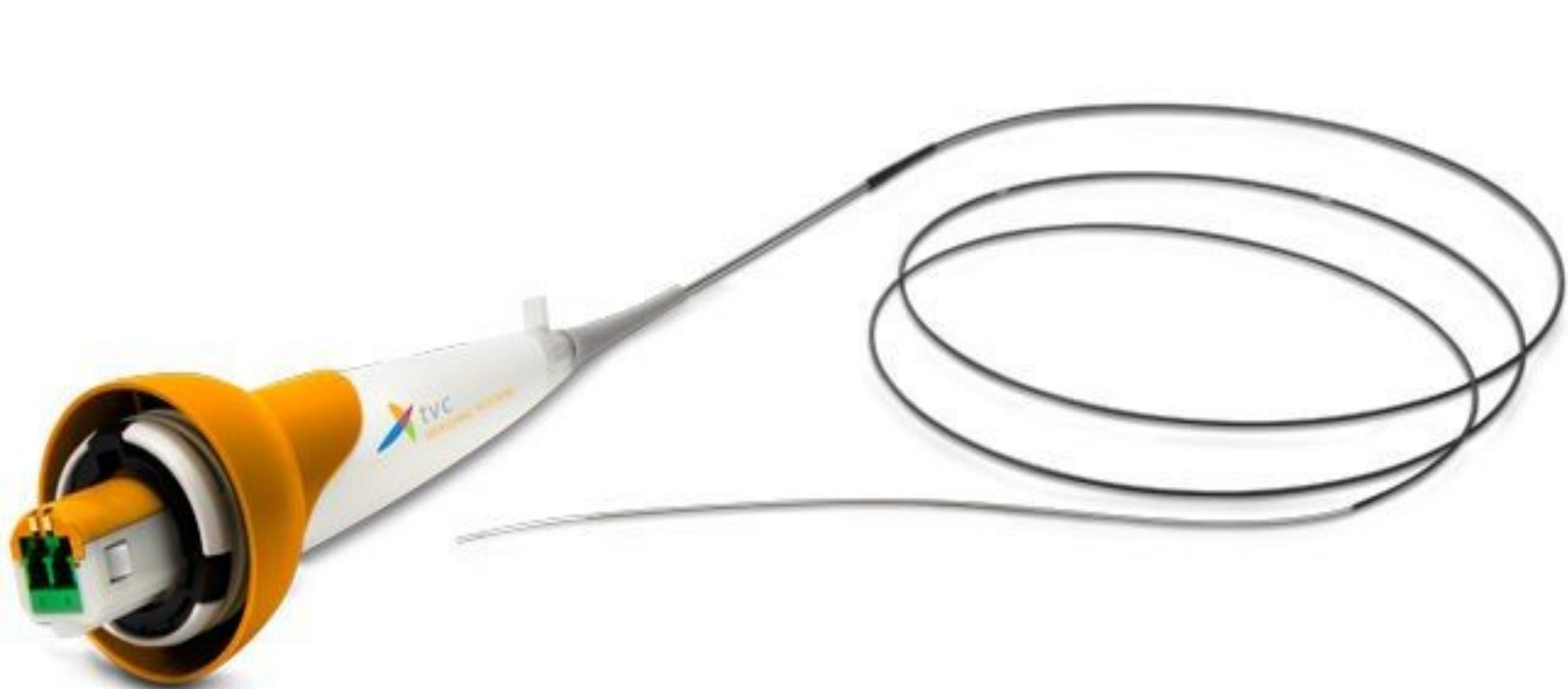
ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ (EUS)

- Датчики, совмещающие в себе видеогастрофиброскоп или видеобронхофиброскоп и ультразвук. Называются EUS (Endoscopic Ultrasound, или эндоскопический ультразвук). Работают совместно с видеоэндоскопической стойкой стороннего производителя - OLYMPUS, PENTAX. По назначению различают гастроскопические (для диагностики желудочно-кишечного тракта) и бронхоскопические (для диагностики легких). Могут оснащаться внутренним инструментальным каналом для взятия биопсии и манипуляций. По типу излучателя бывают конвексные / микроконвексные и радиальные (с 360-градусным обзором). Являются примером мультимодального получения изображения, когда на одном экране отображается изображение с двух разнородных систем визуализации - с ультразвука и видео с эндоскопа. Такие системы весьма дорогие (дороже, чем по отдельности ультразвуковой аппарат и видеоэндоскопическая стойка вместе взятые).



ИГОЛЬЧАТЫЕ (КАТЕТЕРНЫЕ) ДАТЧИКИ

- Микродатчики катетерного типа для ввода в труднодоступные полости, сосуды, сердце.



ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ

- Представляют собой тонкую трубку с излучателем на конце. Датчик используется совместно с троакаром (обычно 12 мм) и может применяться для контроля при лапароскопических операциях. Кончик датчика может изгибаться в одной или двух плоскостях, а может и не изгибаться вовсе (жесткий лапароскоп). Управляется джойстиком, аналогичным гибкому фиброскопу. Излучатель может быть линейным боковым обзором (UST-5550, UST-5418, L44LA, L44LA1), конвексным боковым обзором (EUP-OL531, EUP-OL334), либо фазированным с прямым обзором (UST-52109).



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

