

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»  
Кафедра лучевой диагностики ИПО

# ОПТИМИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, В-РЕЖИМ ("КНОПКОЛОГИЯ") ЧАСТЬ 1

Review > [Ultrasound Int Open](#). 2020 Jun;6(1):E14-E24. doi: 10.1055/a-1223-1134.

Epub 2020 Aug 31.

## Ultrasound Image Optimization ("Knobology"): B-Mode

David Zander <sup>1</sup>, Sebastian Hüske <sup>1</sup>, Beatrice Hoffmann <sup>2</sup>, Xin-Wu Cui <sup>3</sup>, Yi Dong <sup>4</sup>, Adrian Lim <sup>5</sup>, Christian Janssen <sup>6</sup>, Axel Löwe <sup>7</sup>, Jonas B H Koch <sup>7</sup>, Christoph F Dietrich <sup>7</sup>

Выполнила:

Ординатор 2 года обучения  
специальности УЗД  
Евдокимова Марина Сергеевна

г. Красноярск, 2024

# ВВЕДЕНИЕ

- **“Кнопкология”** описывает соответствующие знания и использование ультразвукового сканера для достижения наилучших настроек при проведении УЗИ.
- Данная презентация знакомит с методами оптимизации общих настроек УЗ аппарата и достижения оптимального использования В-режима

# Загрузка, включение и выключение УЗ-аппарата

- **Кнопка включения/выключения** питания располагается на панели управления.
- **Постоянный цвет** кнопки указывает на то, что питание включено. В некоторых системах **мигающий цвет** означает, что устройство подключено к источнику питания и находится в режиме ожидания.
- **Отсутствие цвета** указывает на то, что питание выключено, источник питания отключен от сети или автоматический выключатель находится в выключенном положении.
- Современные мобильные и портативные системы УЗИ оснащены аккумулятором, который автоматически заряжается при включении питания системы.
- Из-за сложных программных функций **загрузка и выключение системы может занимать некоторое время**. Во избежание повреждения или сбоев в работе УЗ-аппарат не следует отключать источник питания, пока УЗ-система находится в процессе загрузки или выключения

# Монитор УЗ-аппарата

- Кабинет УЗД должен быть максимально затемнен, чтобы избежать потери контрастности экрана.
- Человеческому глазу требуется **около 20-30 минут для достижения полной адаптации к темноте**. Если незадолго до исследования войти в темное помещение, врач УЗД может пропустить детали, которые можно заметить только после адаптации к темноте.
- Положение монитора должно быть почти под углом 90 градусов. Чрезмерно плоский угол приводит к потере контрастного восприятия

## **Виды дисплеев:**

- **жидкокристаллический дисплей (LCD)** с плоской панелью; считается более совершенным по сравнению с мониторами с электронно-лучевой трубкой (CRT), использовавшихся в прошлом
- **использование органических светодиодов (OLED)** - более новая технология плоского излучения света, которая обеспечивает повышенную контрастность, но все еще дорогостоящая и в настоящее время установлена только в нескольких устройствах


# Ультразвуковой датчик (трансдюссер)

- Кристаллы, расположенные в трансдюссере, преобразуют электрические сигналы в механические (ультразвуковые волны) с последующей их передачей в биологические ткани через соединительный гель между датчиком и кожей пациента - **принцип пьезоэлектрического эффекта**
- Эти же кристаллы служат приемниками возвращающихся эхо-сигналов, отраженных от тканей, с обратным преобразованием в электрические сигналы, которые декодируются и обрабатываются, в результате чего получается изображение, отображаемое на мониторе
- Излучаемые эхо-сигналы обычно рассеиваются и отражаются при разности акустического сопротивления биологических сред

**Более 99% времени отводится на прием возвращающихся звуковых волн. Это гарантирует регистрацию всех эхо-сигналов, поскольку для приема волн с больших глубин требуется больше времени**

# Типы датчиков

## Конвексные датчики (изогнутая линейная матрица)

- УЗИ органов брюшной полости и малого таза
- Кристаллы расположены рядом друг с другом вдоль изогнутой (выпуклой) поверхности  расширение поля зрения и обеспечение хорошего разрешения в ближней зоне.
- **Изображение имеет форму конуса с «обрезанной» вершиной**, диаметр которого увеличивается с увеличением глубины.
- Конвексные датчики с небольшой апертурой (**микрokonвекс**) и широким полем сканирования используются для чрескожного, интраоперационного и эндокавитального исследования.
- С помощью современных конвексных преобразователей можно изменять ширину поля сканирования

# Типы датчиков

## Линейный датчик (линейная матрица)

- Кристаллы расположены по прямой линии → параллельное распространение ультразвуковых волн, обеспечивающих более высокое и равномерное разрешение за счет глубины проникновения при использовании высоких частот.
- **Изображение на экране монитора имеет прямоугольную форму**

## Векторный датчик (режим «трапеция»)

- Разновидность линейных матричных преобразователей, которые обеспечивают трапециевидное расширение акустического окна → ухудшение разрешения по глубине, но увеличение ширины изображения, определяемую апертурой датчика.
- **Оценка поверхностных структур с высоким разрешением** (щитовидная железа, поверхностные сосуды, кишечник, мягкие ткани и суставы).
- Недостаток – большее количество артефактов при установке датчика на изогнутые части тела

# Типы датчиков

## Секторный (фазированный) датчик (фазированная решетка)

- более мелкие кристаллы, расположенные горизонтально или по кругу
- функциональное различие заключается в управлении отдельными секциями кристалла: при небольшом смещении по времени фазе генерируются сферические звуковые поля → изображение веерообразное или кругообразное
- более эффективен для отображения глубины, чем конвексный датчик, но теряет много информации в ближнем поле
- используется для внутриволостного УЗИ, ЭхоКГ и нейросонографии
- преимущество - применение непрерывного волнового доплера (CW)

**В настоящее время появились беспроводные датчики (в дополнение к обычным), использующиеся как в ургентной ультразвуковой диагностике, так и в области интервенционной визуализации**



# Качество изображения

## Факторы, влияющие на качество изображения:

- **Достаточное количество геля:** позволяет избежать артефактов, гарантирует, что все кристаллы способны передавать и принимать звуковые волны.
- **Верная настройка параметров изображения:** глубина проникновения, ширина изображения, пространственное и временное разрешение, контрастность изображения, подавление артефактов и применение масштабирования.

**Цель:** создание реального изображения, максимально приближенного к анатомической картине

# Глубина проникновения

◦ При определении глубины проникновения следует учитывать несколько аспектов:

## ❖ **Большая глубина :**

- получение общего представления об анатомической картине;
- более медленное получение изображения, т.к. для каждой дополнительной акустической строки изображения необходимо отправлять/принимать эхо-сигнал.

## ❖ **Чувствительность (отношение сигнал/шум):**

- с увеличением глубины уровень полезных УЗ-сигналов снижается, практически не отличаясь от фоновых шумовых артефактов;
- меньшая глубина улучшает качество изображения, плавно воспроизводя УЗ-картину при перемещении датчика

# УЗИ поджелудочной железы, В-режим, продольное сканирование



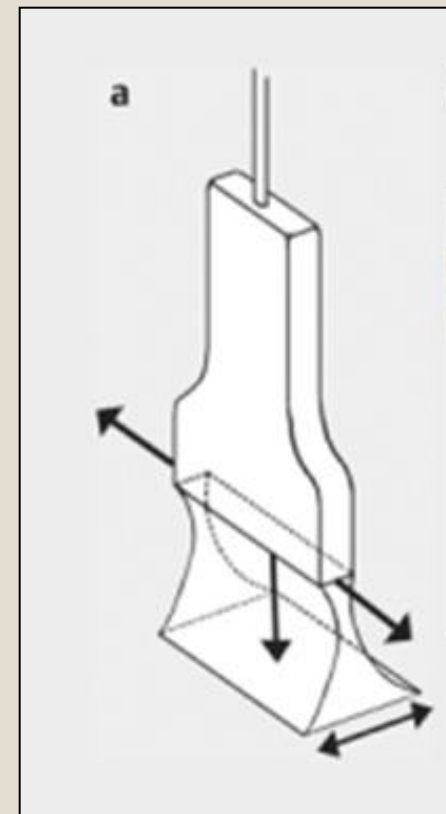
- **а** – неадекватный выбор глубины: область интереса (поджелудочная железа) находится в верхней трети изображения
- **б** - адекватный выбор глубины: область интереса (поджелудочная железа) находится от середины до нижней трети изображения

# Масштабирование (режим «Zoom»)

- Увеличивает отдельный участок изображения на мониторе
- Масштабирование при «чтении/записи» не влияет на глубину проникновения
- Улучшаются временное разрешение и плотность линий, т.к. нет необходимости оценивать эхо-сигналы за пределами увеличенного участка
- Простое увеличение замороженного изображения не дает преимуществ в отличие от цифровой обработки изображения

# Пространственная разрешающая способность

- **Разрешение** - способность различать малые объекты и структуры, близко расположенные друг к другу, т.е. минимальное расстояние между двумя малыми отражающими объектами, при котором на экране можно их видеть отдельно
- **Продольное разрешение** - различение двух точечных отражателей, располагающихся **в одном УЗ луче**. Зависит от номинальной частоты датчика и длительности импульса
- **Поперечное разрешение** - различение двух точечных отражателей, располагающихся на одной глубине или на линии, **перпендикулярной осям УЗ лучей**. Зависит от ширины лучей и плотности линий датчика



**Обзор ультразвуковых осей**

# Пространственная разрешающая способность

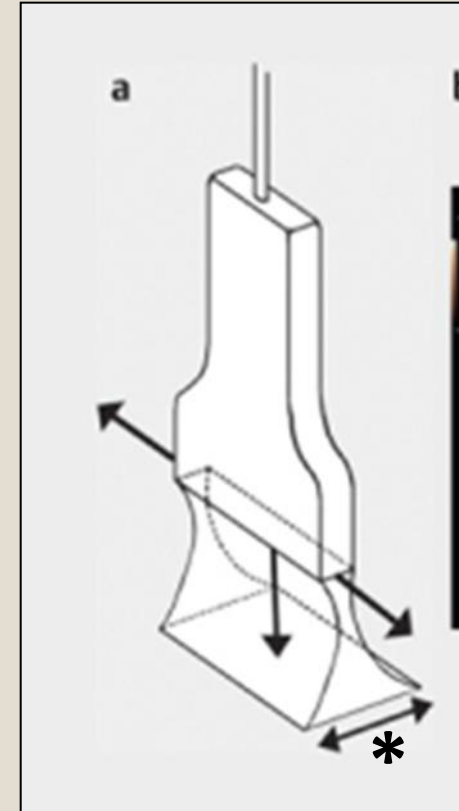
- Меньшая плотность линий обеспечивает сглаженное изображение (УЗИ сосудов, опорно-двигательного аппарата или структур с изогнутыми границами (отражение эхо-сигнала увеличивается при угле 90 градусов)).
- Большее количество линий снижает частоту кадров (временное разрешение).
- Поперечное разрешение может быть улучшено за счет сужения акустического окна конвексного преобразователя.
- Благодаря опции “трапециевидное изображение” анатомический обзор улучшается за счет бокового разрешения



**Примеры изменения плотности линий:**  
УЗИ правой доли печени с плотностью линий на 1/8 (а) , 4/8 (b) и 8/8 (с)

# Пространственная разрешающая способность

- Объем информации по оси  $Z$  суммируется с двумерным изображением, образуя **ТОЛЩИНУ СЛОЯ**.
- Толщина слоя зависит от выбранного датчика, участка изображения, фокуса и режима исследования (при доплеровском или УЗИ с контрастным усилением выше, чем при В-режиме).
- При низких частотах / большой глубине толщина слоя может достигать нескольких сантиметров, создавая артефакты суммирования



**Обзор ультразвуковых осей:**

\*- ось  $Z$

# Частота датчика

- Частота датчика рассчитывается исходя из соотношения скорости и длины волны. **Чем выше частота, тем меньше длина волны, тем выше разрешающая способность**, поэтому следует выбирать максимально возможную частоту.
- Номинальные частоты датчиков (от 1 до 25 МГц) обычно определяются самим датчиком (например, конвексные работают на частоте 2-8 МГц).
- В зависимости от датчика в пределах его диапазона могут быть установлены поддиапазоны (низкий / средний / высокий) или определенная центральная частота, влияющие на глубину проникновения и разрешение



# УЗИ желчного пузыря, В-режим, линейный датчик



**a** - минимально возможная частота линейного датчика; высокое пространственное разрешение и достаточная глубина проникновения



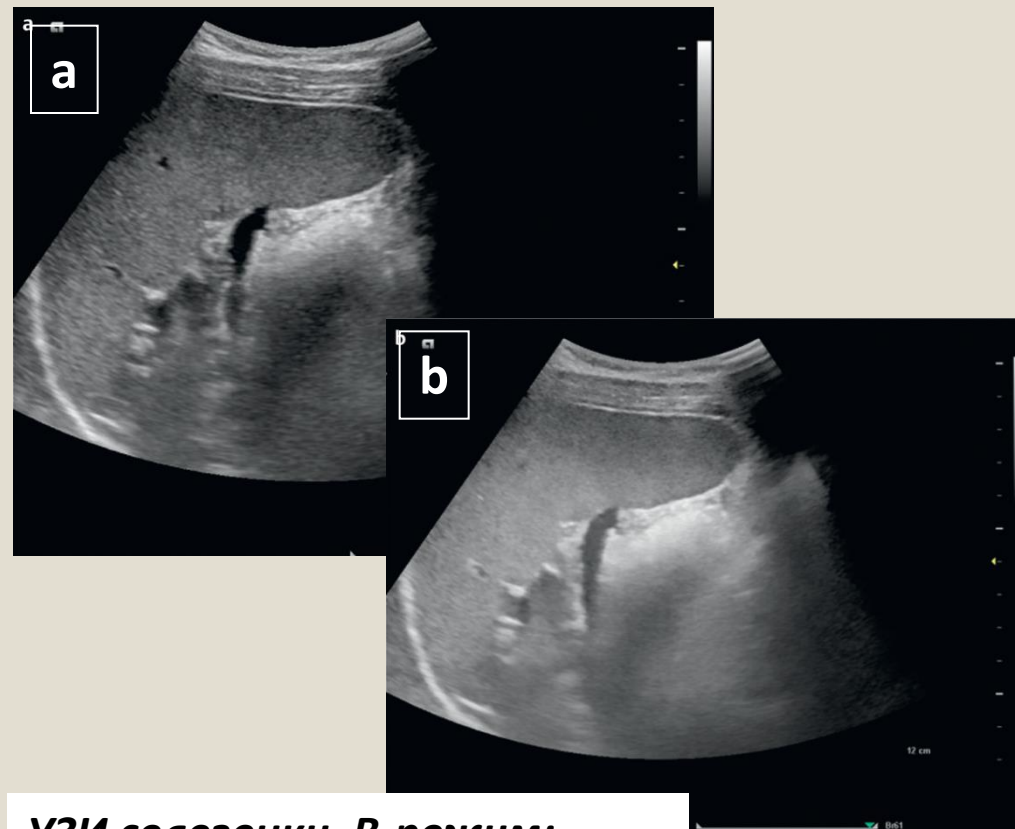
**b** - потеря глубины проникновения (затухание ультразвука) при использовании слишком высокой частоты линейного датчика

# Режим тканевой гармоники

- **Режим тканевой гармоники** - технология выделения гармонической составляющей колебаний внутренних органов, вызванных прохождением сквозь тело базового ультразвукового импульса.
- Улучшает контрастность за счет **увеличения поперечного разрешения** и **снижения фонового шума**, способствуя уменьшению артефактов боковых лепестков (*артефактные эхо-сигналы с боковым падением*).
- **Применение 2-й гармоники** целесообразно при ультразвуковом сканировании сквозь ткани интенсивно поглощающие 1-ю (базовую) гармонику. В данном режиме используется волна второй гармоники, которая соответствует удвоенной частоте основной передачи

# Тканевая инверсная гармоника

- **Тканевая инверсная гармоника** - прохождение сквозь тело базового и инверсного ультразвуковых импульсов. Полезным считается сигнал, полученный в результате сложения базовой и инверсной составляющих отраженного сигнала.
- Работает на всех принимаемых частотах и обеспечивает лучшее качество изображения, т.к. оба сигнала проходят сквозь тело и при сложении автоматически фильтруются шумы



**УЗИ селезенки, В-режим:**  
а – использование режима THI  
б – режим THI отключен

# Компаундинг (Compounding)

- **Компаундинг** - инструмент для оптимизации изображений, который объединяет несколько изображений, полученных в результате нескольких положений диафрагмы (*пространственное компаундирование*) или нескольких частот передачи (*частотное компаундирование*), в один составной кадр в режиме реального времени
- подавляет фоновый шум, зернистость, артефакты, улучшает разрешение и отображение контуров
- изображение выглядит смазанным и некоторые диагностически ценные артефакты могут быть утрачены
- целесообразно использовать только **в определенных случаях** или в соответствии с субъективными предпочтениями

# Фокусная зона

- **Фокусная зона** - часть ультразвукового луча, где его ширина минимальна. Ближе и при прохождении фокусной зоны диаметр луча увеличивается, что приводит к снижению разрешения изображения.
- Поскольку толщина слоя наименьшая в области фокусировки, он всегда должен находиться на интересующем уровне или начинаться чуть выше отображаемой структуры.
- Однако применяется принцип, согласно которому толщина слоя увеличивается с увеличением расстояния до преобразователя, даже если установлена зона фокусировки

# УЗИ поджелудочной железы, поперечное сканирование



**a** – ближняя зона фокуса

**b** – дальняя зона фокуса

**c** – eFocus

- Стандартно УЗ аппараты предлагают одну фокусную зону (**a, b**)
- Новые аппараты позволяют использовать две или более фокусных зон или даже непрерывный фокус – eFocus (**c**)
- Увеличение числа фокусов снижает частоту кадров

# Ширина сектора

- Уменьшение ширины сектора улучшает поперечное разрешение за счет сужения акустического окна



**УЗИ печени, В-режим:**

**a** - широкий сектор сканирования; **b** – использование узкого сектора

# Временное разрешение

## Факторы, влияющие на временное разрешение:

- частота кадров в секунду (FPS)
  - плотность линий
  - масштабирование
  - персистенция (функция *persist*)
- В новых аппаратах масштабирование уже не имеет большого значения из-за гораздо большей вычислительной мощности устройства. Соответственно, высокое временное разрешение может быть достигнуто даже при использовании больших участков изображения.
  - **FPS** должна быть адаптирована к интересующей структуре: например, низкая частота кадров, используемая с конвексными датчиками при УЗИ ОБП, может быть достаточной, но в эхокардиографии изображение будет размытым



# Временное разрешение

- Сохранение определяет, какая часть предыдущего изображения переносится в текущий кадр. Это делает результирующее изображение в реальном времени более плавным, в определенной степени полезно, особенно при длительной работе с аппаратом УЗИ.
- В то же время соответствующие аномалии могут быть скрыты, и необходимо выбрать низкую персистенцию, особенно для быстро движущихся структур, таких как сердце



Эхокардиография с использованием низкой персистенции (a) и высокой (b)

Продолжение следует...