

Электроимпедансный метод в
современной диагностике
(кардиография, томография, маммография).

Обзор.

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ
КАРДИОГРАФИЯ

Электрoимпедансная кардиография



Электроимпедансная кардиография

Stroke Volume Estimators

Nyboer-Bonjer (1950):
$$V_s = \rho_B \frac{I^2}{Z_0^2} \Delta Z_0$$

Kubicek-Patterson (1965):
$$V_s = \rho_B \frac{I^2}{Z_0^2} \left(\frac{dZ_0(t)}{dt} \right)_{MAX} \Gamma_{LVK}$$

Sramek-Bernstein (1983):
$$V_s = \frac{\delta}{4.25} \frac{(0.17H)^3}{Z_0} \left(\frac{dZ_0(t)}{dt} \right)_{MAX} \Gamma_{LVK}$$

Fast and Accurate
Estimator of Stroke volume:
$$\bar{V}_s = f_1(\Gamma_I, \Gamma_{LVK}) \rho_B \frac{I^2}{Z_0^2} \Delta Z_0 + f_2(\text{Hemo})$$

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ
КАРДИОГРАФИЯ

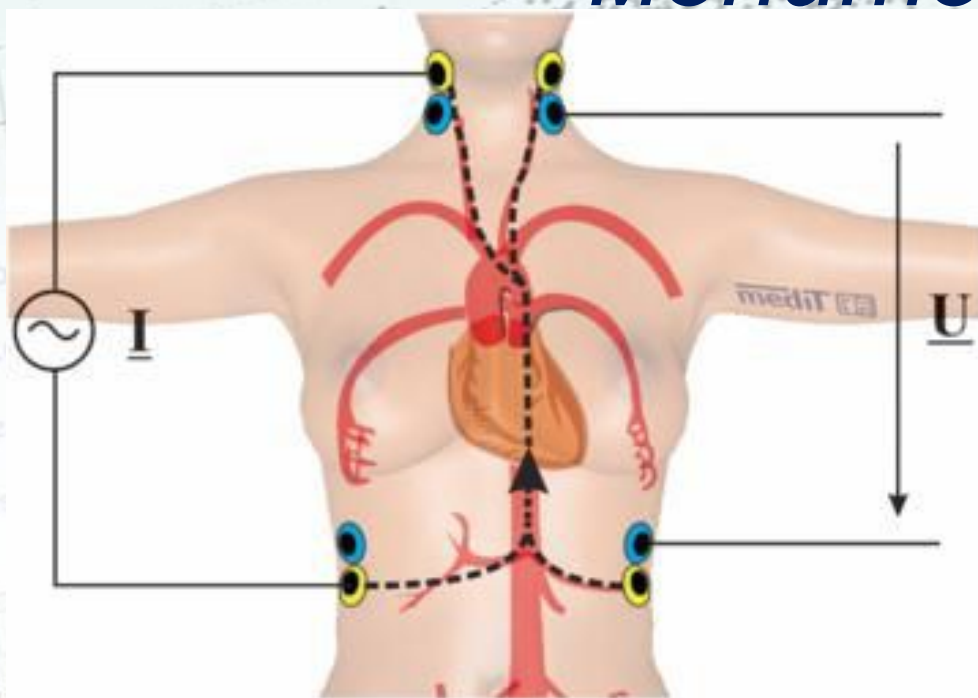
Электроимпедансная кардиография



Электроимпедансная кардиография

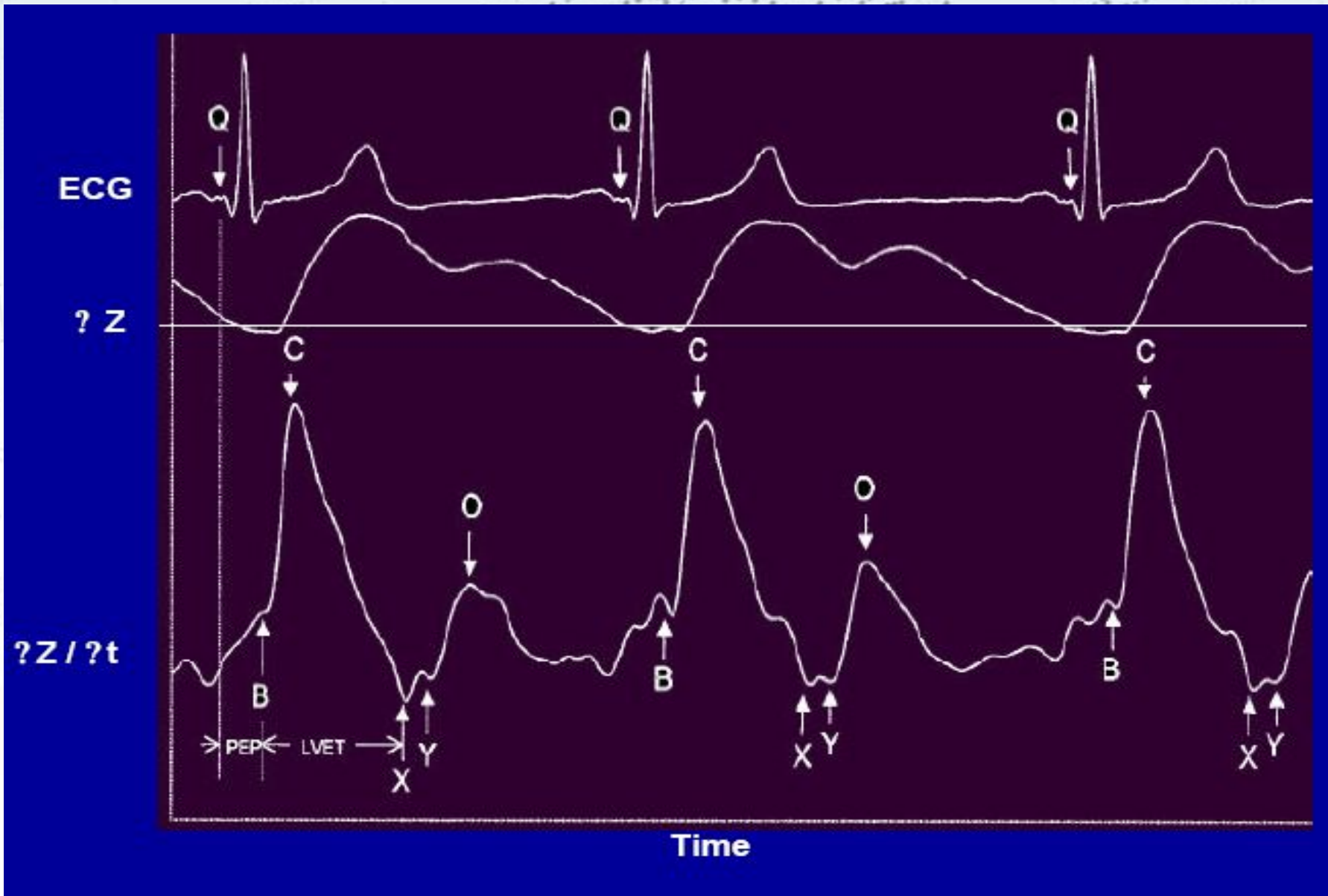
- 4 Метод позволяет проводить неинвазивные измерения тока крови с помощью определения электрической проводимости грудной клетки
- 4 Основной принцип - регистрация изменений проводимости за счет выброса крови в момент систолы
- 4 Изменение импеданса отражает изменение объема и скорости тока крови в аорте во время систолы и диастолы

Неинвазивный гемодинамический мониторинг

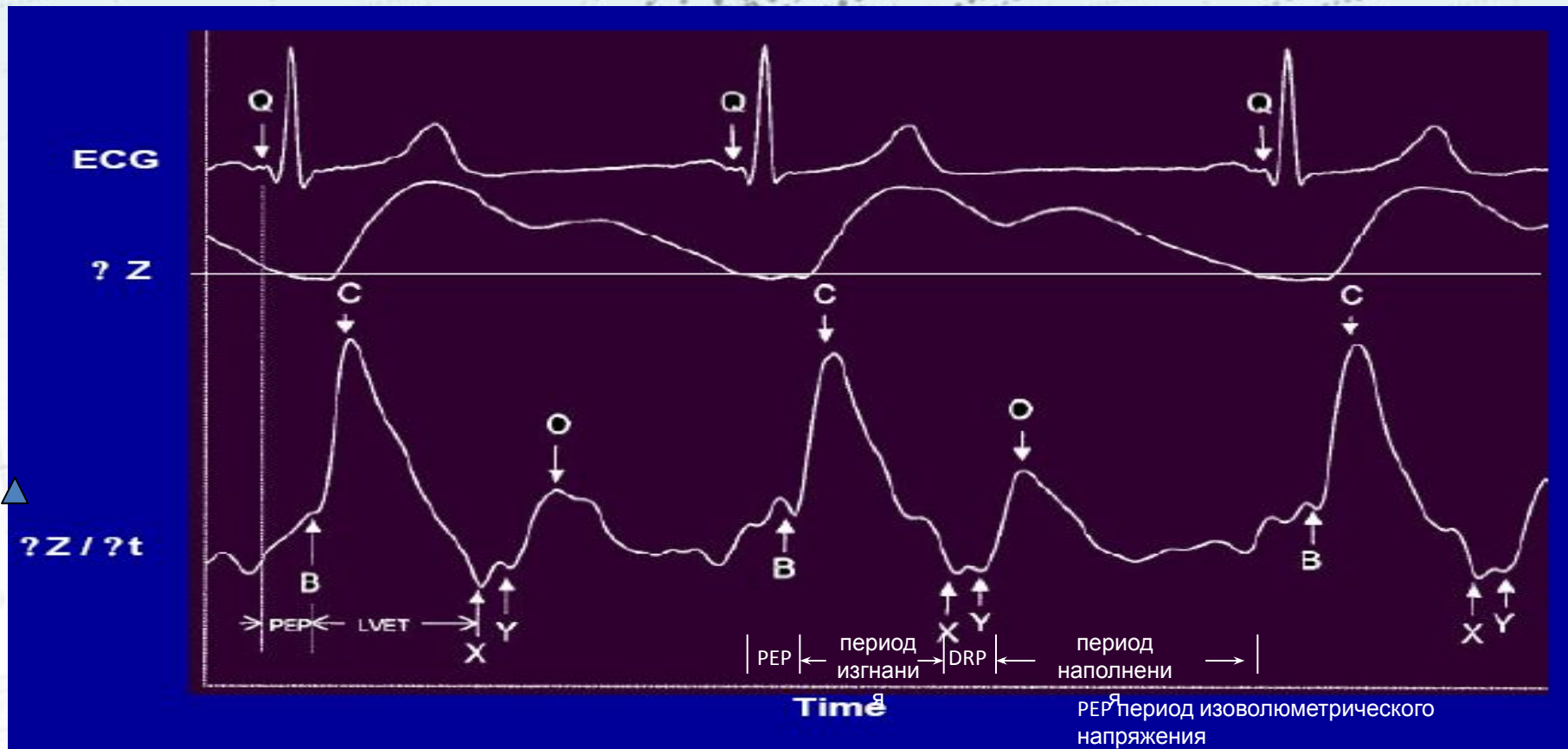


- Два двойных сенсорных электрода и 8 свинцовых проводов, расположенные на шее и груди
- Электрический ток, распространяющийся по пути наименьшего сопротивления: через аорту, наполненную кровью
- Вычисление исходной линии импеданса
- Изменение объема крови и скорости кровотока в аорте с каждой систолой
- Измерение соответствующих из-

Электроимпедансная кардиограмма



ЭКГ и форма волны электроимпедансной кардиограммы



Q - деполяризация желудочков

B - открытие аортального и пульмонального клапана

C - максимальное изменение импеданса в фазу быстрого изгнания

X - закрытие клапана аорты

Y - открытие митрального клапана

PEP - период изоволюметрического напряжения

DRP - период изоволюметрического расслабления

Импеданс-генерируемые гемодинамические параметры и их определения

Hemodynamic Variable	Parameter	Definition
Thoracic fluid status	Z_0 = thoracic impedance	Baseline fluid status in chest
Left ventricular function	CO = cardiac output	Amount of blood ejected from the left ventricle in 1 minute
	CI = cardiac index	Cardiac output divided by body surface area
Preload	SV = stroke volume	Amount of blood ejected with each beat
Afterload	SVR = systemic vascular resistance	Amount of resistance that the heart must pump against
Contractility	dZ/dt = impedance changes over time	Reflects the force of ventricular contraction
	PEP = pre-ejection period	Time from ventricular depolarization to ventricular ejection
	LVET = left ventricular ejection time	Period of time over which blood is ejected from the left ventricle

Импеданс-генерируемые параметры

Амплитудные характеристики

Максимальная систолическая амплитуда,
A1

Максимальная амплитуда в период
изоволюметрического расслабления, A2

Максимальная амплитуда в период
ранней диастолы, A3

Временные характеристики

Время изоволюметрического сокращения,
T1

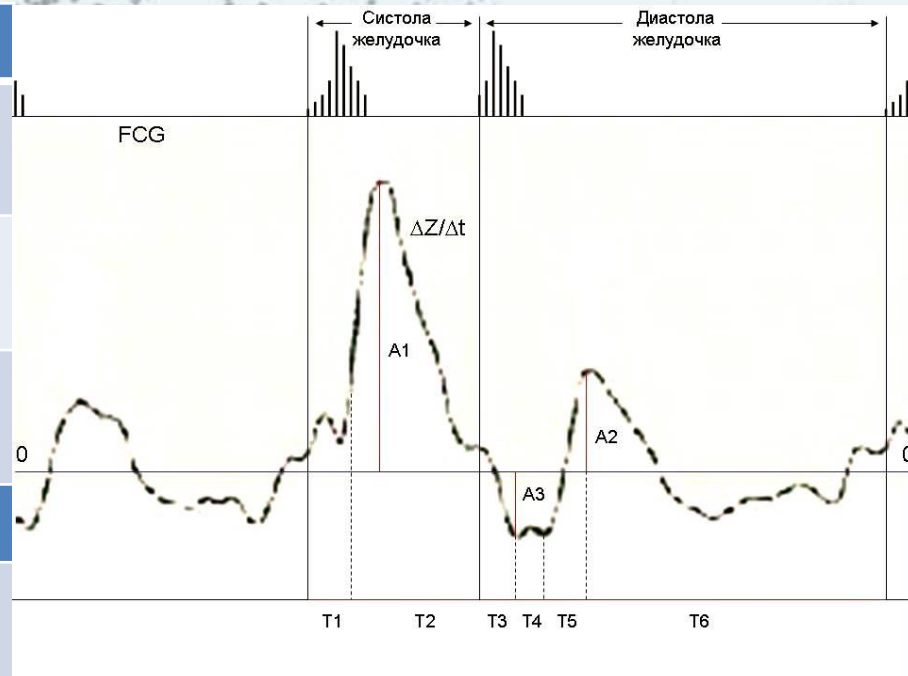
Время изгнания крови, T2

Время изоволюметрической релаксации,
T3

Время релаксации, T3+T4

Время быстрого наполнения левого
желудочка, T5

Время медленного наполнения левого



Электроимпедансная кардиография

Импедансная
кардиографи

Акушерство

- мониторинг нормальной беременности
- мониторинг беременности высокого риска

Кардиология

- оценка сердечной функции
- оценка гипертензии

Критические состояния

- отек легких
- сердечная недостаточность

Нефрология

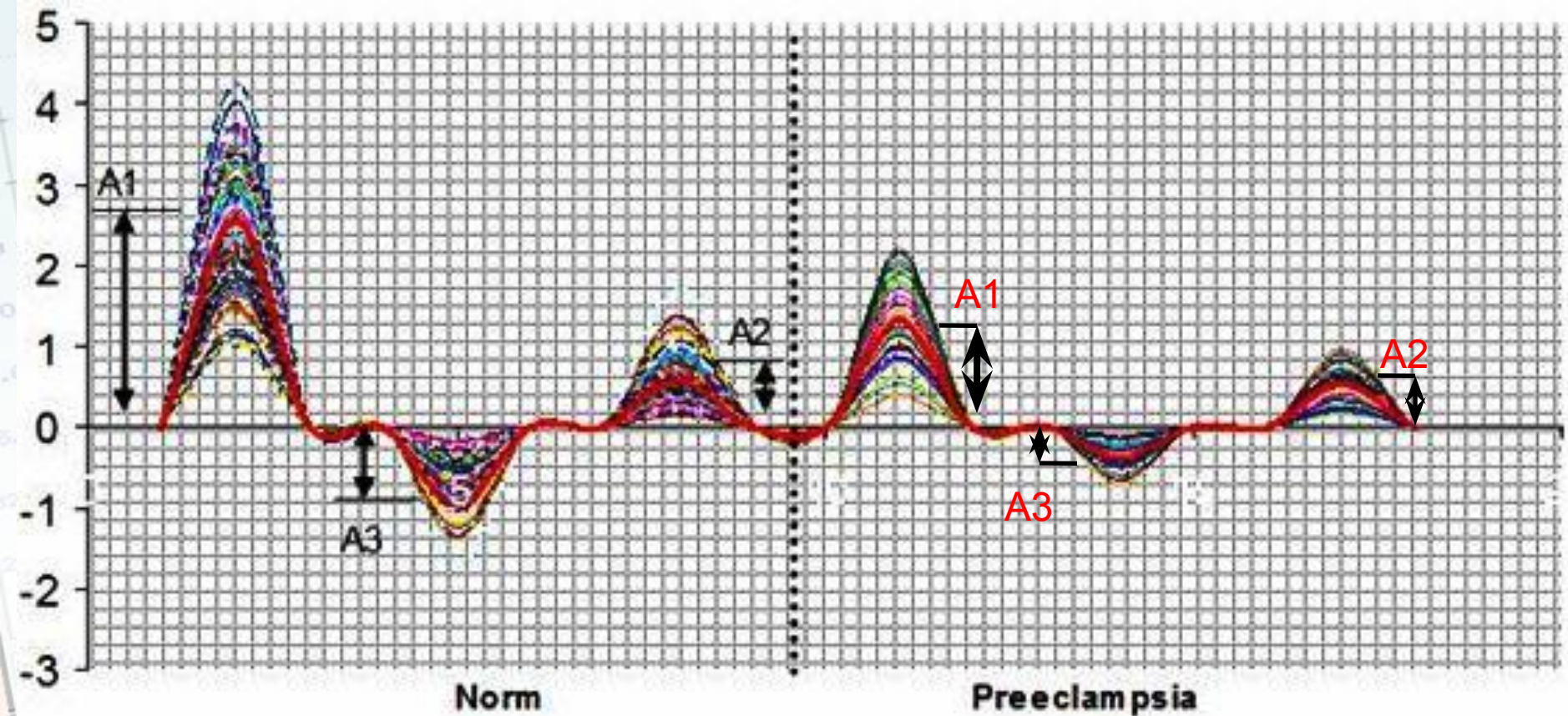
- мониторинг при гемодиализе
- оценка гипертензии

Импедансная
маммографи

ICG



Электроимпедансная кардиография



Обобщенные кривые $\Delta Z/\Delta t$ у здоровых беременных и при преэклампсии.

A. Karpov, I. Ilyin, M. Korotkova. **Preeclampsia Amplitude-time Characteristics for $\Delta Z/\Delta t$ Curve.** World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Munich, Germany, 2009

ICG

Commercial ICG devices

BioZ DX Diagnostic system

Electrode configuration: 8 spot electrodes

Measured parameters:

- Cardiac Output
- Systolic Time Intervals: PEP, LVET.
- Thoracic Fluid Content
- Systemic Vascular resistance

FDA-cleared

Producer: Sonosite, US



Niccomo monitor

Electrode configuration: 8 spot electrodes

Electrical injection frequency: 1.5mA at 85kHz

Measured parameters:

- Cardiac Output
- Systolic Time Intervals: PEP, LVET.
- Thoracic Fluid Content
- Systemic Vascular resistance

Class IIa Medical Device Directive Standard

Producer: Medis Medizinische Messtechnik, DE



LIFEGARD II Multi-Parameter Patient Monitor

Electrode configuration: 8 spot electrodes

Measured parameters:

- Cardiac Output
- Systemic Vascular resistance

FDA-cleared

Producer: CAS Medical Systems Inc., US

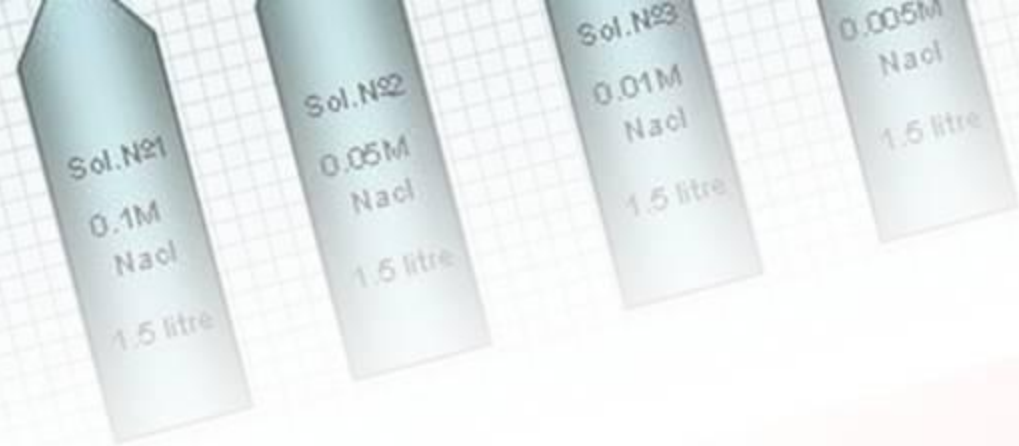


Электроимпедансная томография



Электроимпедансная томография в современной диагностике

- Подобно магнитно-резонансной визуализации и ультразвуковому сканированию ЭИТ **неинвазивная технология создания изображений**.
- Подобно магнитно-индукционной томографии (Griffiths, 2001) ЭИТ измеряет **электро-магнитные явления и их изменения**.
- ЭИТ, однако, отличается от традиционной томографии, так как изменение электрического поля, на самом деле, **отражает изменение электропроводности в трехмерном пространстве**. Это так, потому что, насколько нам известно, электрический ток, особенно низкой частоты, не может быть ограничен двумерной плоскостью (Bayford, 2006).



КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭИТ

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

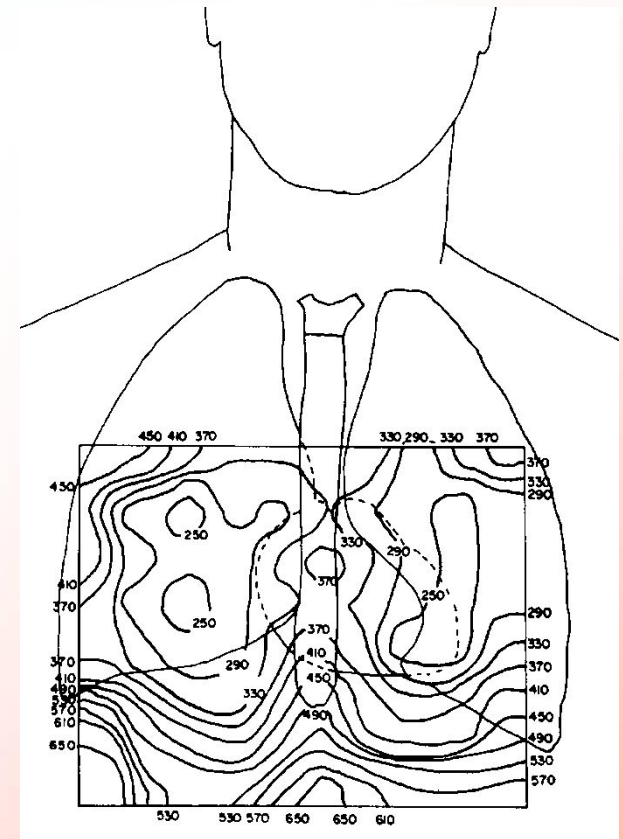
Ткани	Удельное сопротивление	Частота тока
Спинальная жидкость	0.650 Ωm	1 kHz - 30 kHz
Цельная кровь	1.46 - 1.76 Ωm	1 kHz - 100 kHz
Скелетные мышцы - гладкие -поперечно-полосатые	1.25 - 3.45 Ωm 6.75 - 18.0 Ωm	100 Hz - 1 kHz "
Легкое - на вдохе - на выдохе	17.0 Ωm 8.0 Ωm	100 kHz 100 kHz
Нервная ткань - серое вещество - белое вещество	2.8 Ωm 6.8 Ωm	" "
Жировая ткань	20 Ωm	1 kHz - 100 kHz
Кость	>40 Ωm	"

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭИТ

- Использование биоимпедансных характеристик живущих тканей было новым предметом.
- Первоначально она называлась Прикладная Потенциальная Томография. Но в 1986 году на встрече в Шеффилде приняли термин Электрическая Импедансная Томография (EIT).

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭИТ

- Первая публикация электроимпедансного изображения принадлежит Henderson and Webster (1976 - 1978 год).

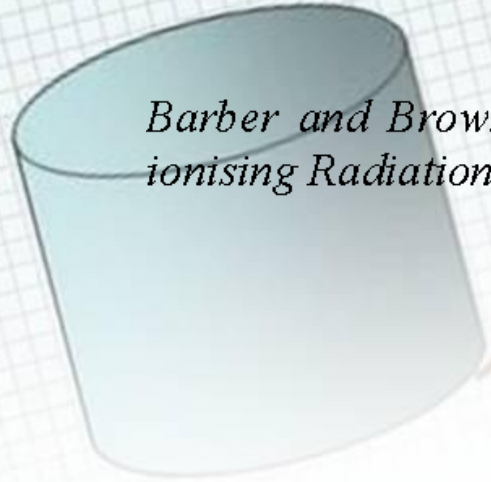


Передача импедансного изображения грудной клетки, произведенного Henderson and Webster.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭИТ

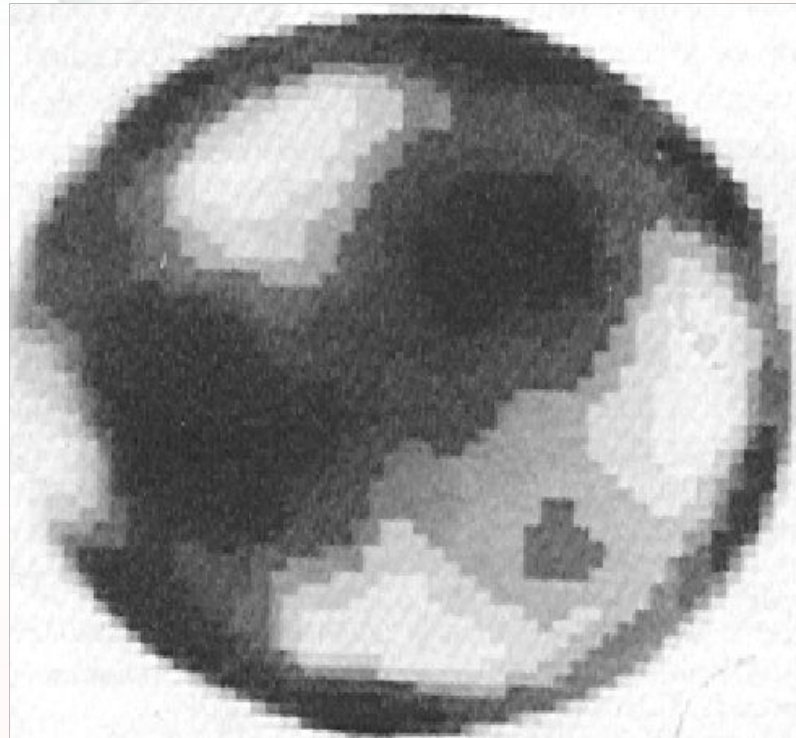
- Как первая публикация изображений (Barber et al., 1983), так и первая клиническая система, известная как Sheffield Mark1 system (Barber et al., 1987), пришли из *Шеффилдской исследовательской группы*.
- Они использовали 16 электродов, инъекцию тока между соседними электродами и метод обратной проекции восстановления изображения по изопотенциалам.

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ



Barber and Brown. Tissue impedance methods. In D F Jackson, Imaging with Non-ionising Radiations (Surrey University Press: Guilford) 1983.

ЭИТ изображение руки, показывающие локтевую и лучевую кость и жировую ткань по периферии.



Sheffield MK3b Data Collection System

Specifications :

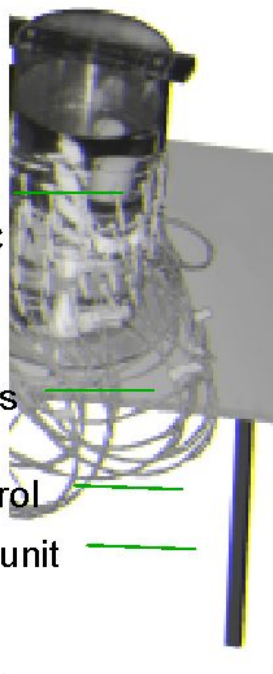
- 8 freqs (9.6kHz - 1.2MHz)
- 64 electrodes
- 16.6 frames s⁻¹

data collection
computer & ADC

demodulators

logic & control

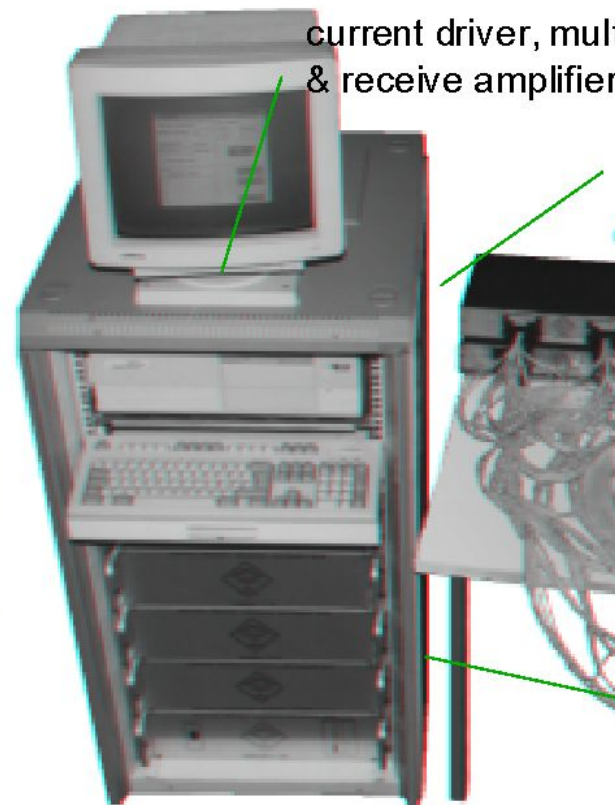
power supply unit



current driver, multiplexer
& receive amplifiers

saline filled
phantom

triaxial
cables



КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭИТ

- Существовали два европейских согласованных действия - программы действий по АРТ и ЕИТ.
- Это способствовало увеличению специальных выпусков журнала “Физиологические измерения” между 1986 и 1996 годом после следующих встреч в Шеффилде, Лионе, Копенгагене, Нью-Йорке, Барселоне, Анкаре и Гейдельберге.
- Первая книга, описывающая технологию ЭИТ, была опубликована в 1990 году «*Electrical Impedance Tomography*», Edit. J G Webster, Adam Hilger, Bristol and New York

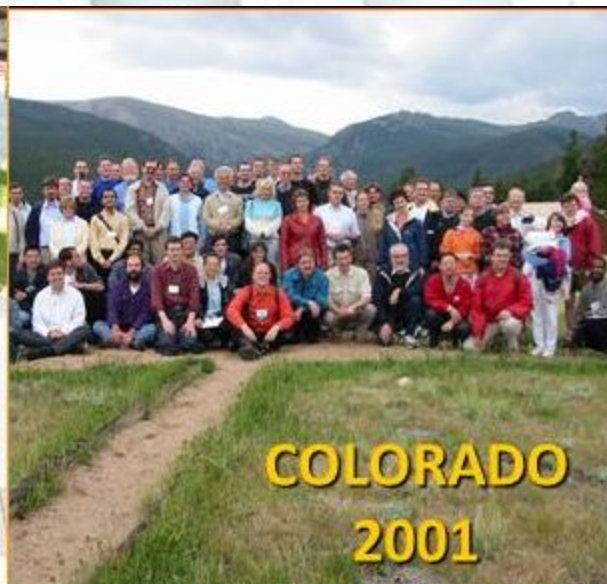



Профессор В. Brown, разработал теоретические основы электроимпедансной томографии

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ



2001 г. США. Колорадский Университет.
Студенческий лагерь. Школа-семинар по
электроимпедансной томографии





КАТЕГОРИИ
ТОМОГРАФИЧЕСКОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ

КАТЕГОРИИ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

- Технология создания томографического изображения:

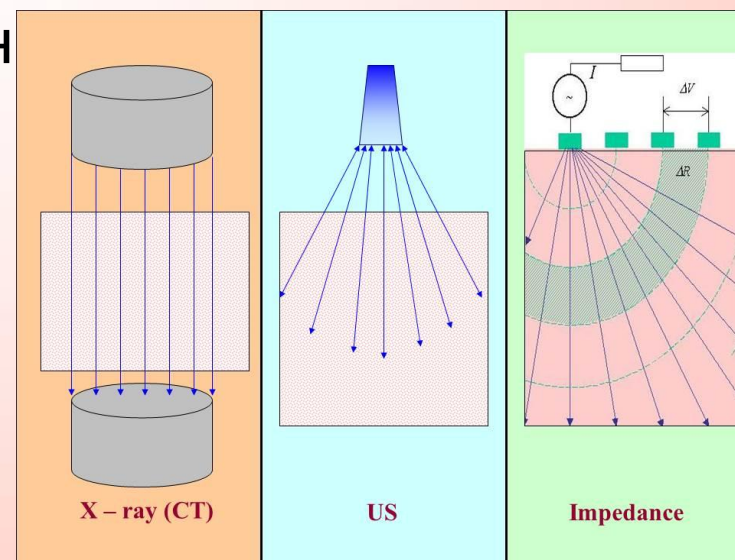
локализованная “local”

луч проходит через тело
и создает один пиксель на изображении
(1 луч – 1 пиксель).

- нелокализованная “non-local”
точки на сканируемом объекте
влияют на результат измерений.

-

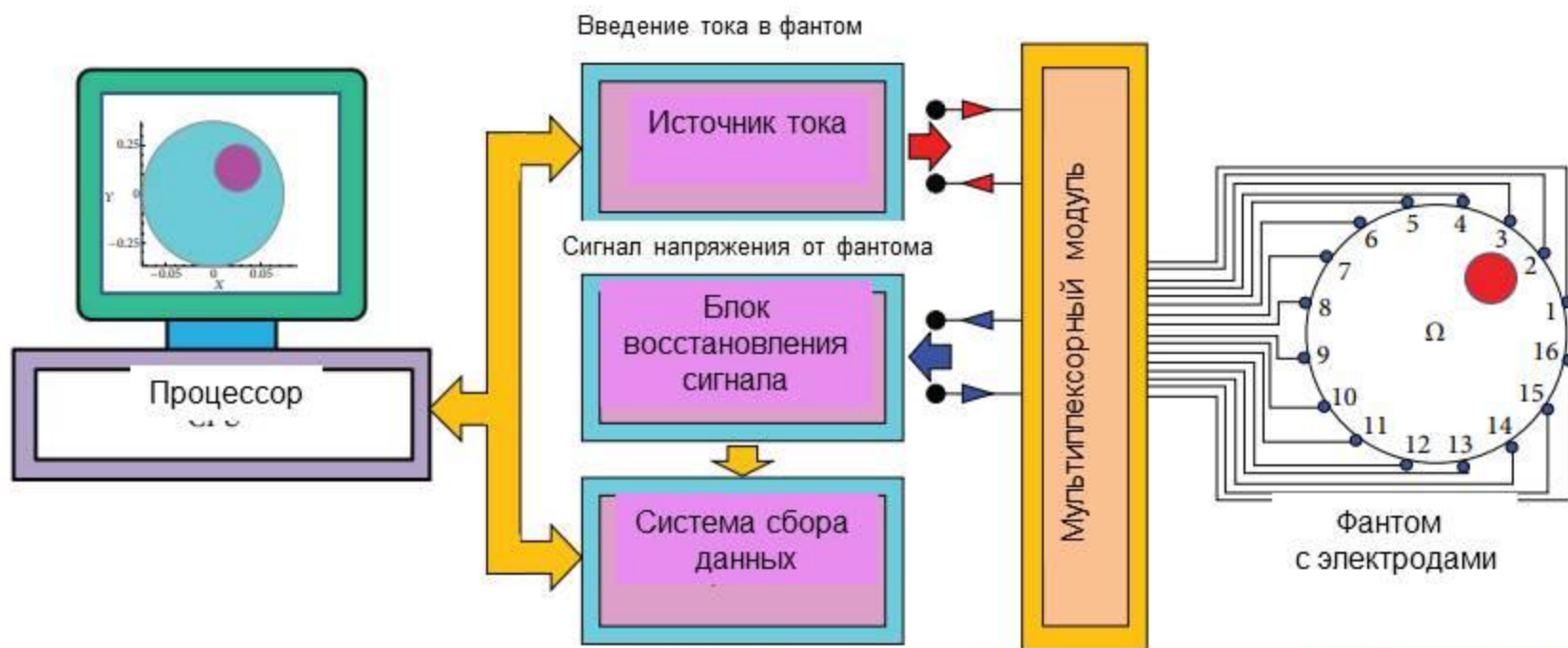
один прямой



КАТЕГОРИИ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

- жестко-полевая (“hard-field”) томография
 - компьютерная рентгеновская томография (СТ)
 - магнитно-резонансная томография (MRI)
 - позитронно-эмиссионная томография (PET)
- мягко-полевая (“soft-field”) томография
 - ультразвуковая отражающая томография (URT)
 - оптическая томография (OT)
 - электроимпедансная томография (EIT)

Принципиальная схема EIT для пациентов с поверхностно расположенными электродами, прикрепленными к грудной клетке, для торакальной визуализации

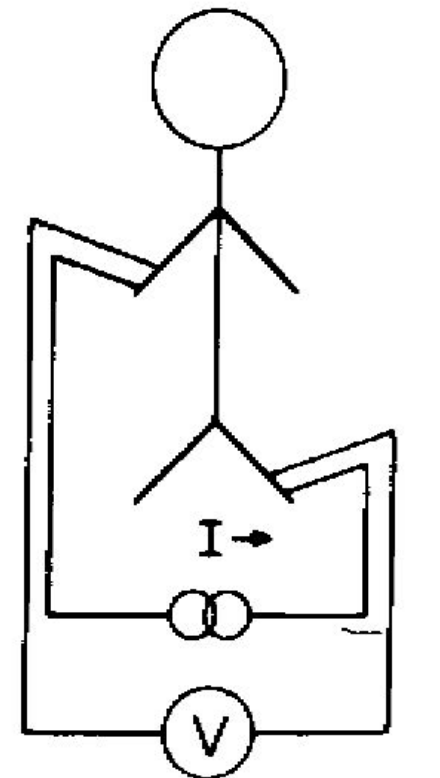




ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ЭИТ

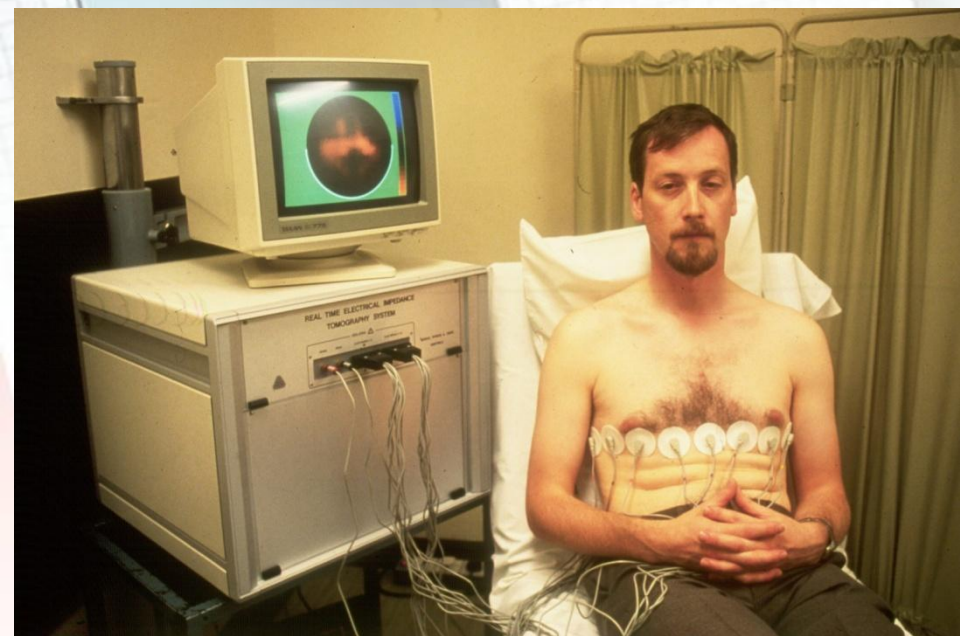
ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ЭИТ

- Наиболее распространенным методом электроимпедансных измерений является четырех электродный метод, при котором два электрода, расположенных на поверхности объекта, используются в качестве источника слабого переменного тока, генерирующего электрическое поле, а два других электрода, также расположенных на поверхности объекта, используются в качестве регистратора изменений электрического потенциала



FOUR ELECTRODE
TECHNIQUE

Электрoимпедансная томография



ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ



ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ



Существующие ЭИТ системы

ACT4 (Rensselaer group)

	Specification	
Data Acquisition	Number of electrodes	32-72
	Carrier frequency	<i>Multi-Frequency</i> 0.3-1000 kHz
	Current channels	32-72
	Voltage channels	1
	Measurement method	2-electrode, differential method
	Resolution	14 bits
	Current pattern	Sinusoidal current patterns
	Sampling rate	1MHz
Forward solver	FEM	
Inverse solver	NOSER	
Image type	<i>Dynamic</i> (14.5 frames/s)	

Существующие ЭИТ системы

Sheffield Mk3.5

	Specification	
Data Acquisition	Number of electrodes	8
	Carrier frequency	<i>Multi-Frequency</i> 2-1620 kHz
	Current channels	2
	Voltage channels	1
	Measurement method	differential method
	Resolution	12 bits
	Current pattern	Adjacent pair
	Sampling rate	500 kHz
Forward solver	-	
Inverse solver	Back-Projection	
Image type	<i>Dynamic (25 frames/s)</i>	

Существующие ЭИТ системы

High Frequency EIT Dartmouth

	Specification	
Data Acquisition	Number of electrodes	32
	Carrier frequency	<i>Multi-Frequency</i> 0.01-10 MHz
	Current channels	32
	Voltage channels	32
	Measurement method	-
	Resolution	16 bits
	Current pattern	-
	Sampling rate	1MHz
Forward solver	-	
Inverse solver	-	
Image type	-	

Существующие ЭИТ системы

EIT-3 (NCKU group)

	Specification	
Data Acquisition	Number of electrodes	32
	Carrier frequency	<i>Single-Frequency</i> 19.53 kHz
	Current channels	32
	Voltage channels	1
	Measurement method	2-electrode, differential method
	Resolution	16 bits
	Current pattern	Sinusoidal current patterns
	Sampling rate	500 kHz
Forward solver	FEM	
Inverse solver	NOSER	
Image type	Static	

Существующие ЭИТ системы

ЭИТ ИРЭ РАН

	Specification	
Data Acquisition	Number of electrodes	16
	Carrier frequency	<i>Single-Frequency</i> 8 кГц
	Current channels	16
	Voltage channels	1
	Measurement method	-
	Resolution	16 bits
	Current pattern	Sinusoidal current patterns
	Sampling rate	-
Forward solver	-	
Inverse solver	Back-Projection	
Image type	Static	

Сравнение ЭИТ систем

System Specification	NCKU EIT3	RPI ACT4	Sheffield Mk3.5	Dartmouth H-F EIT
Number of electrodes	32	32-72	8	32
Carrier frequency	Single-Frequency 19.53 kHz	Multi-Frequency 0.3-1000 kHz	Multi-Frequency 2-1620 kHz	Multi-Frequency 0.01-10 MHz
Current channels	32	32-72	2	32
Resolution	16 bits	14 bits	12 bits	16 bits
Current pattern	Sinusoidal current patterns	Sinusoidal current patterns	Adjacent pair	-
Image type	Static	Dynamic	Dynamic	-

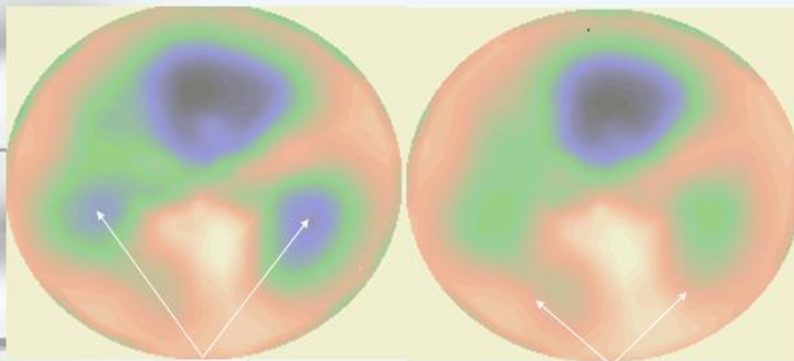
Электрoимпедансная томография

Статическое изображение

Дифференциальное изображение

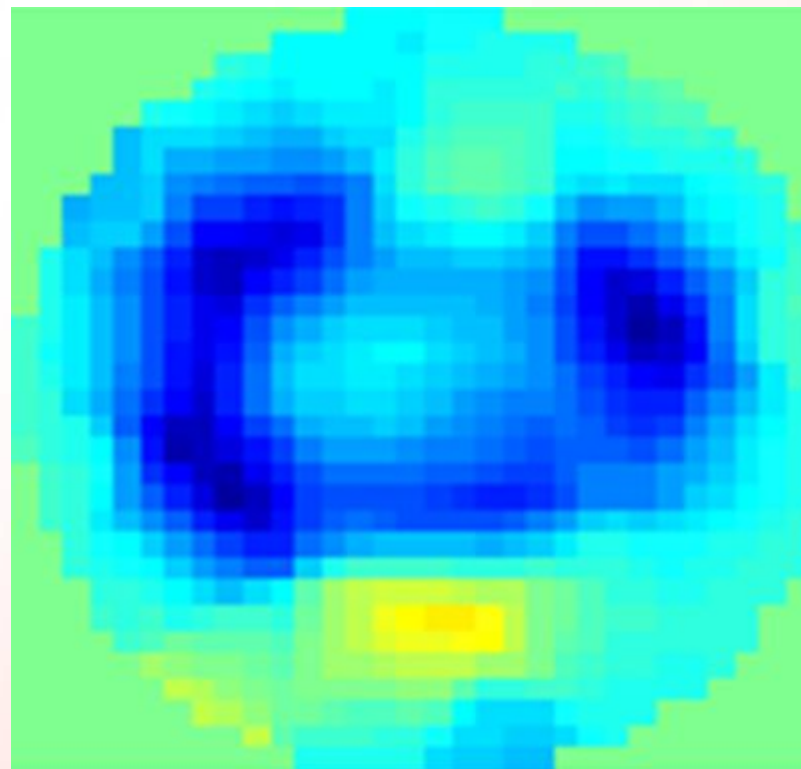
Graz 2007 XIII ICEBI & VIII EIT

Anatomo-physiological relations
of thorax organs.

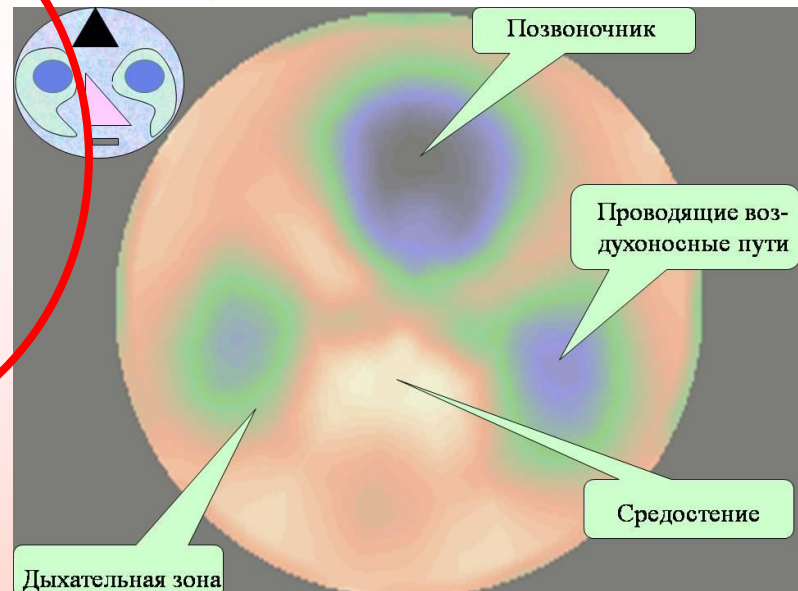
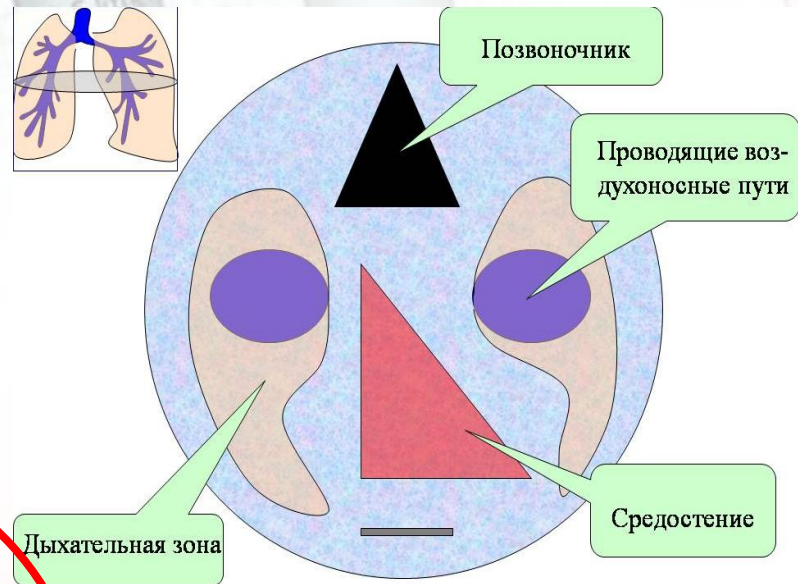
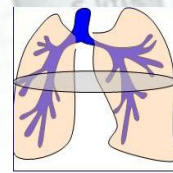
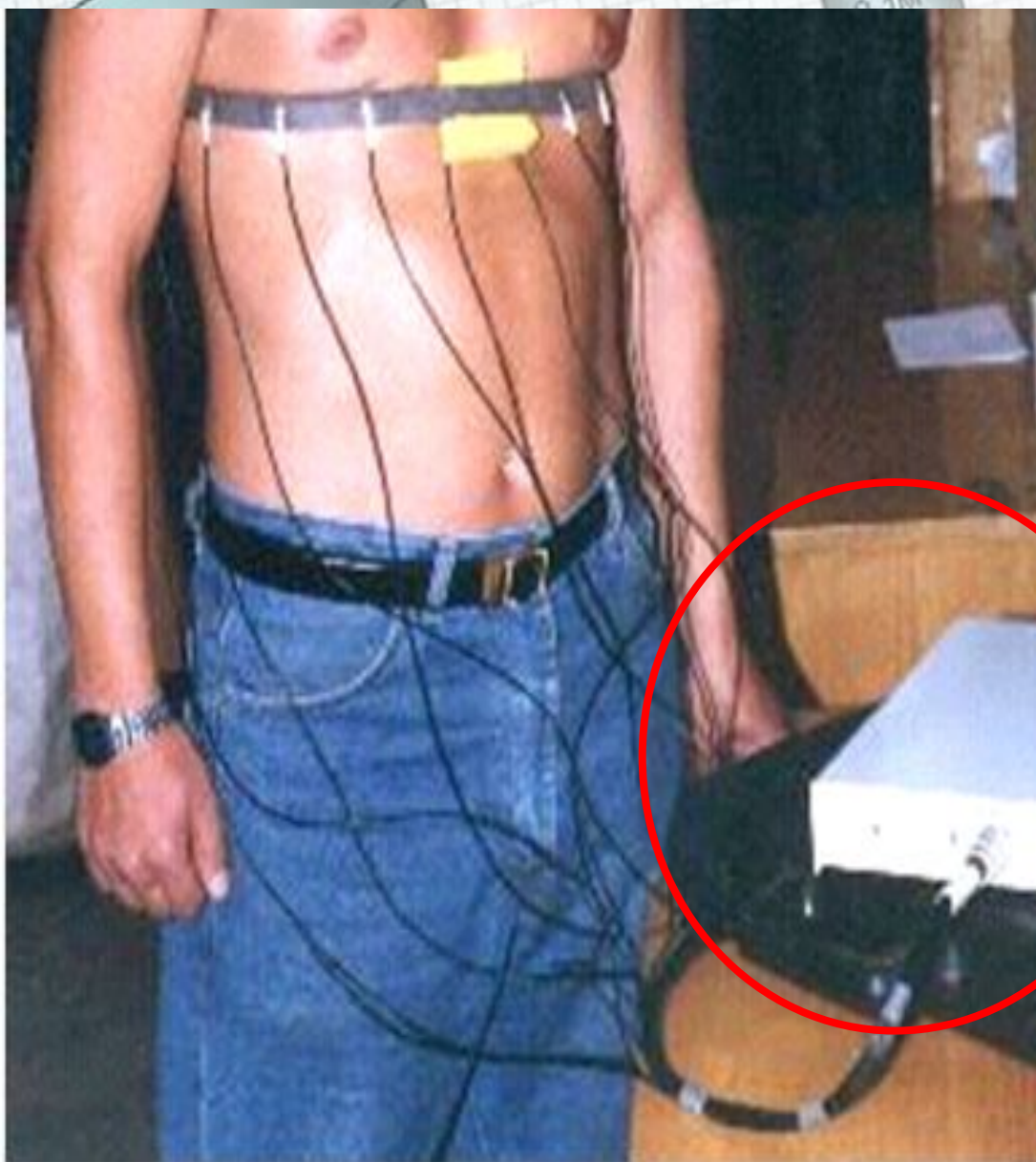


Airways

Respiratory zone

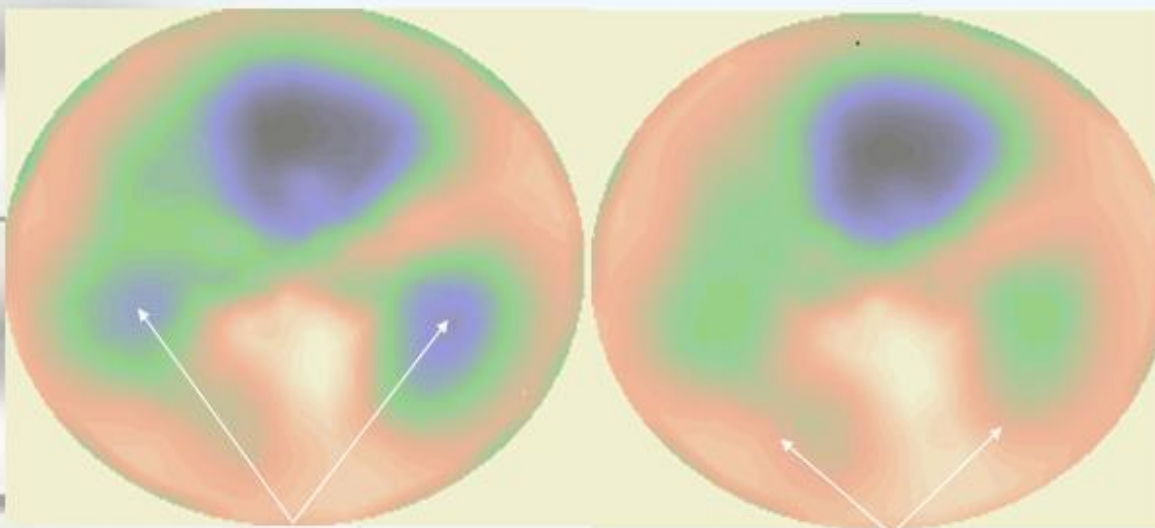


Электроимпедансная томография



Электроимпедансная томография

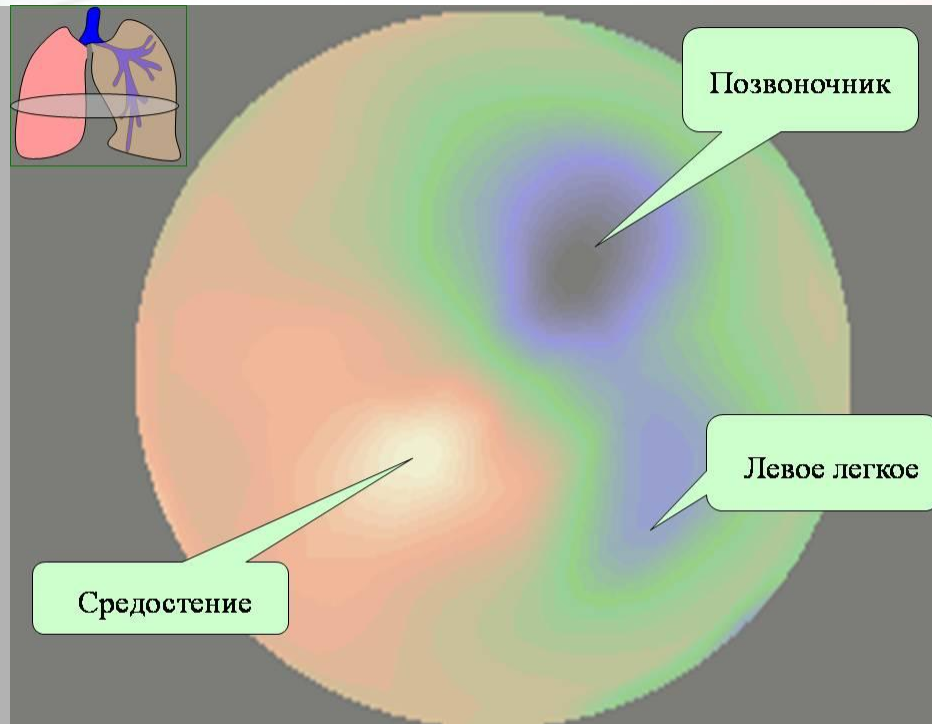
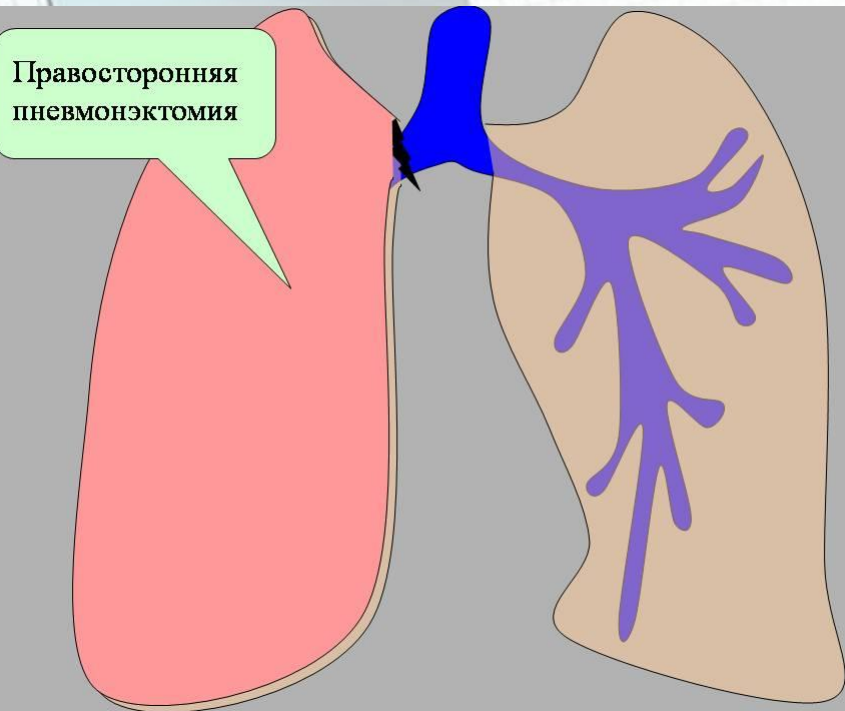
Анатомо-топографические соотношения органов грудной клетки



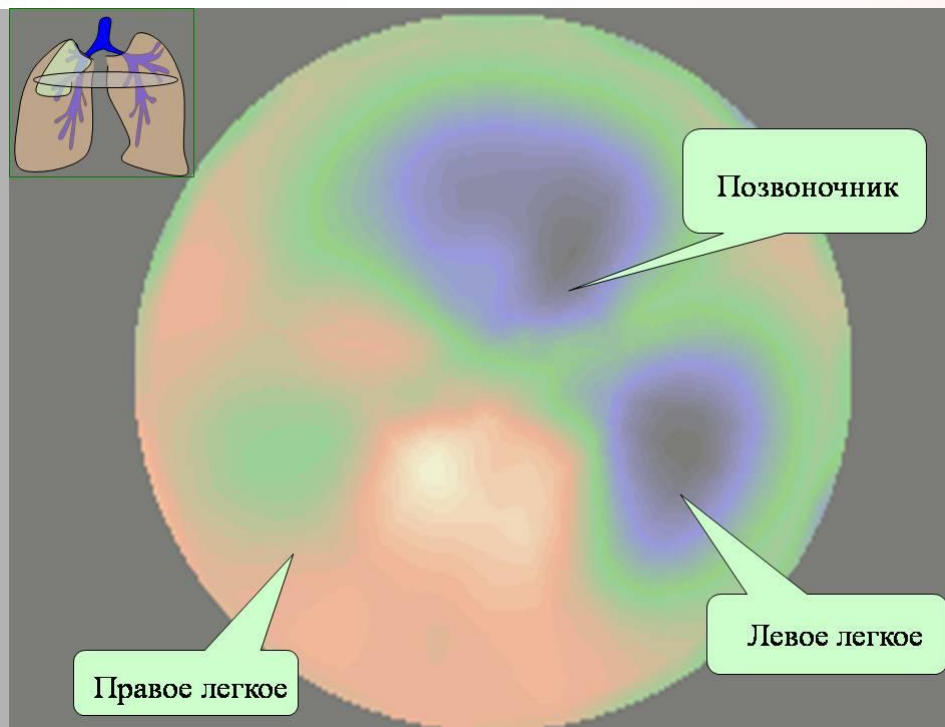
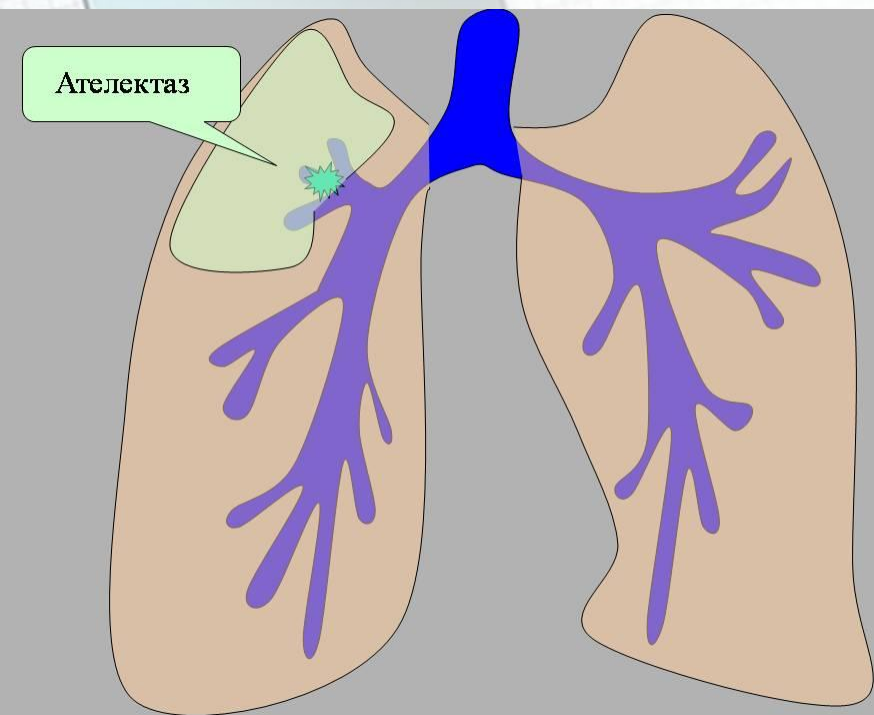
Вдох. Воздухоносные пути

Выдох. Дыхательная зона

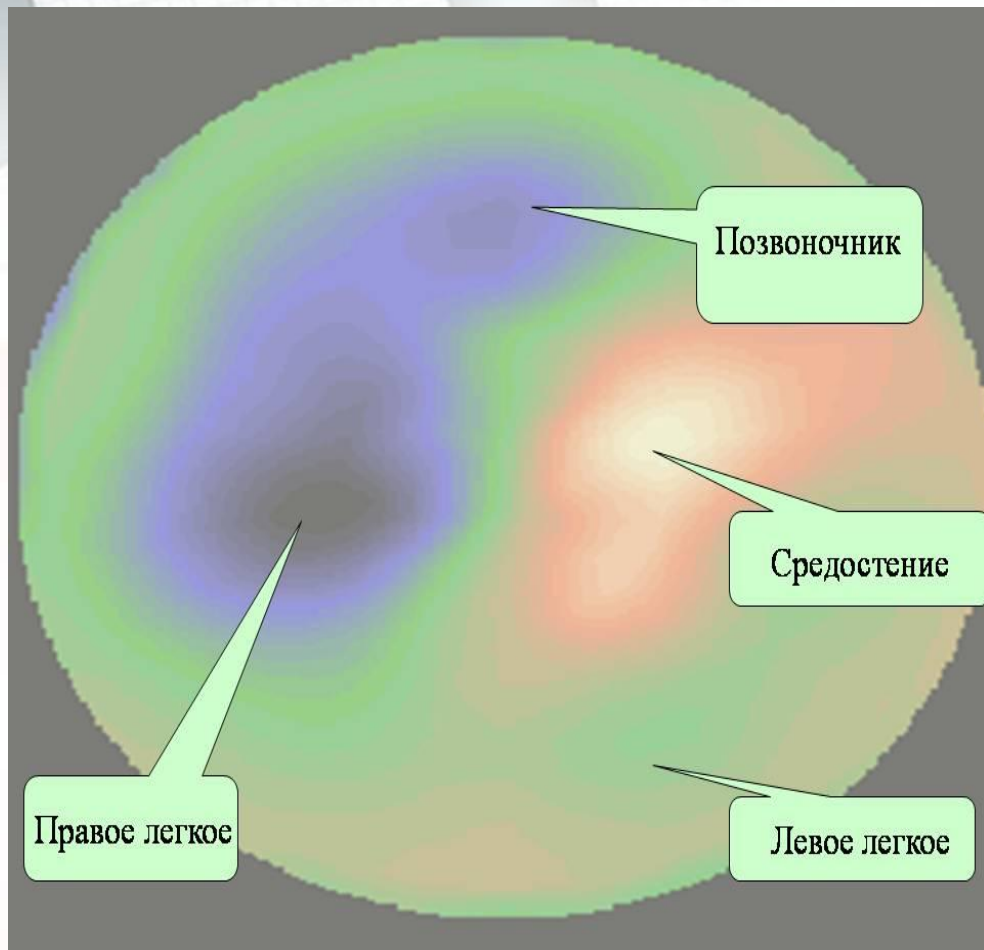
Электрoимпедансная томография

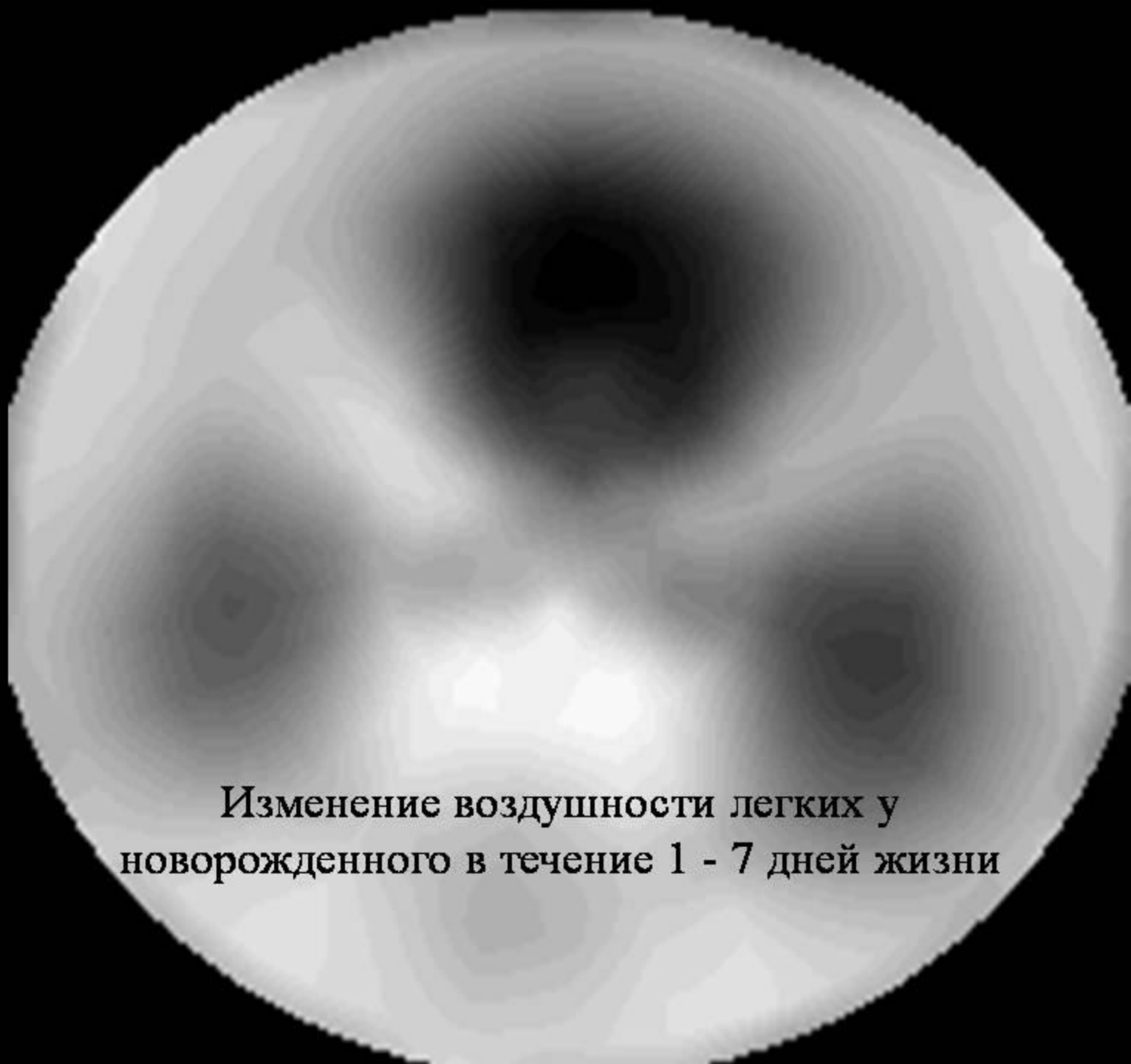
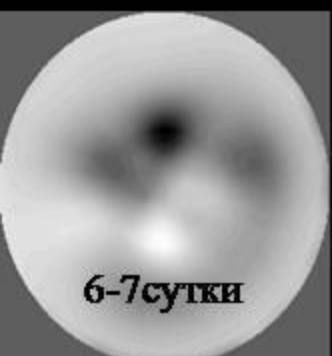
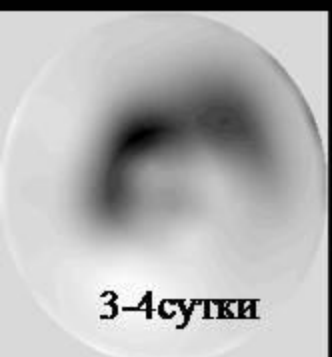


Электрoимпедансная томография

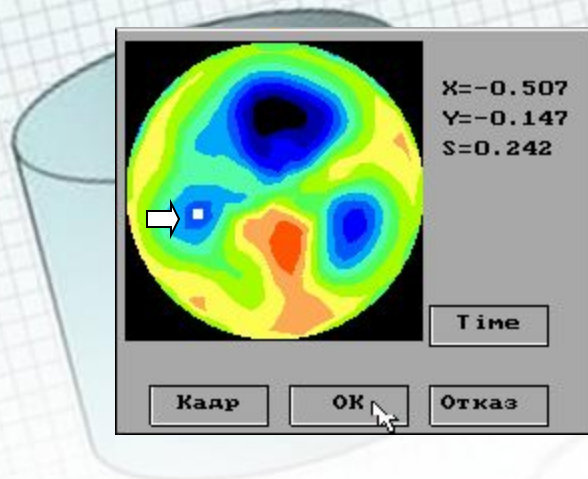


Электрoимпеданснaя томография

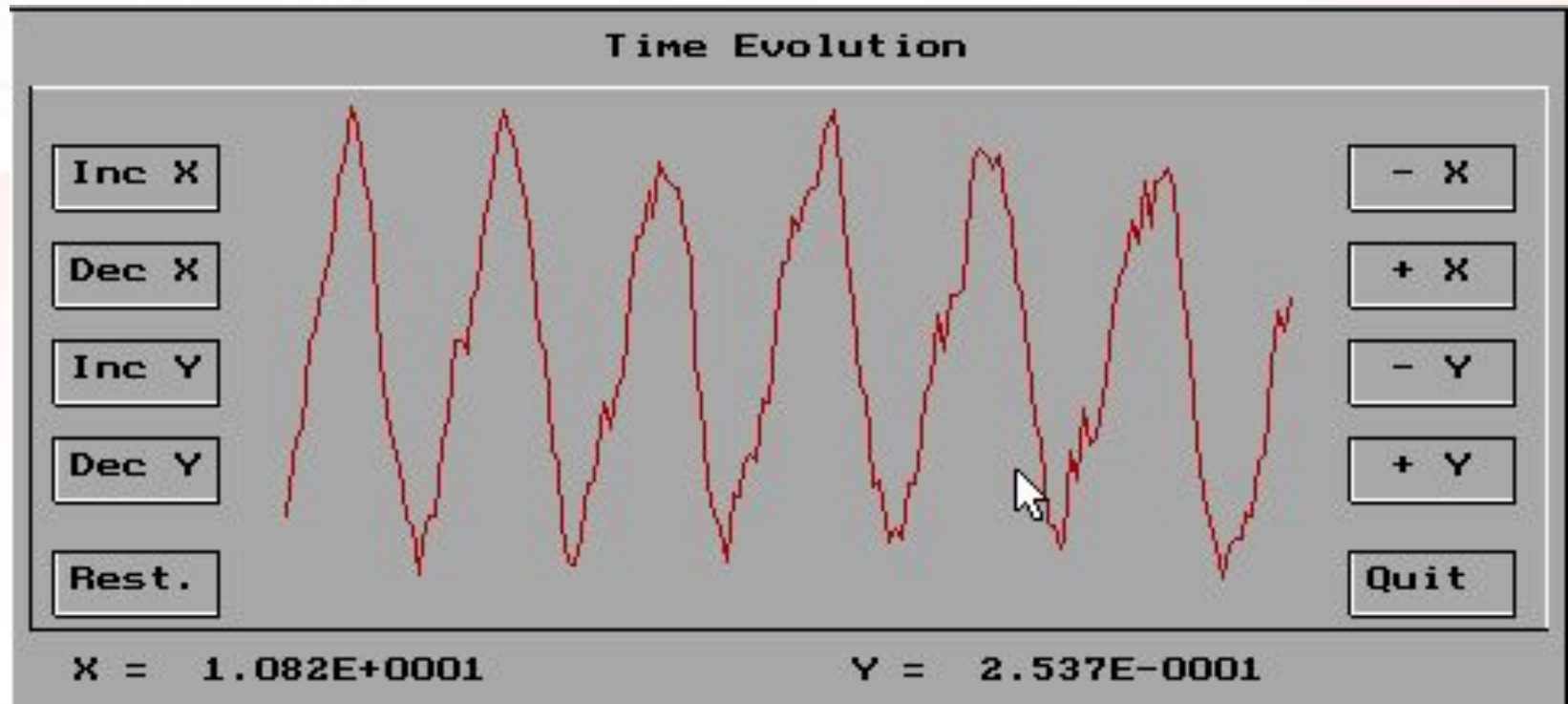




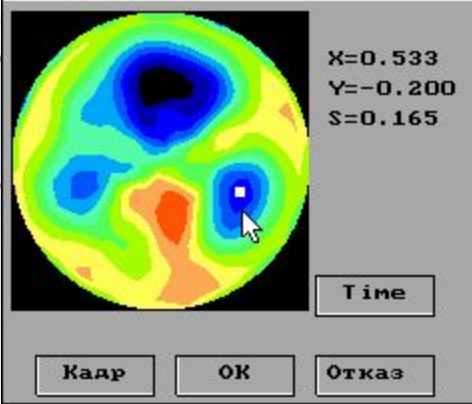
ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ



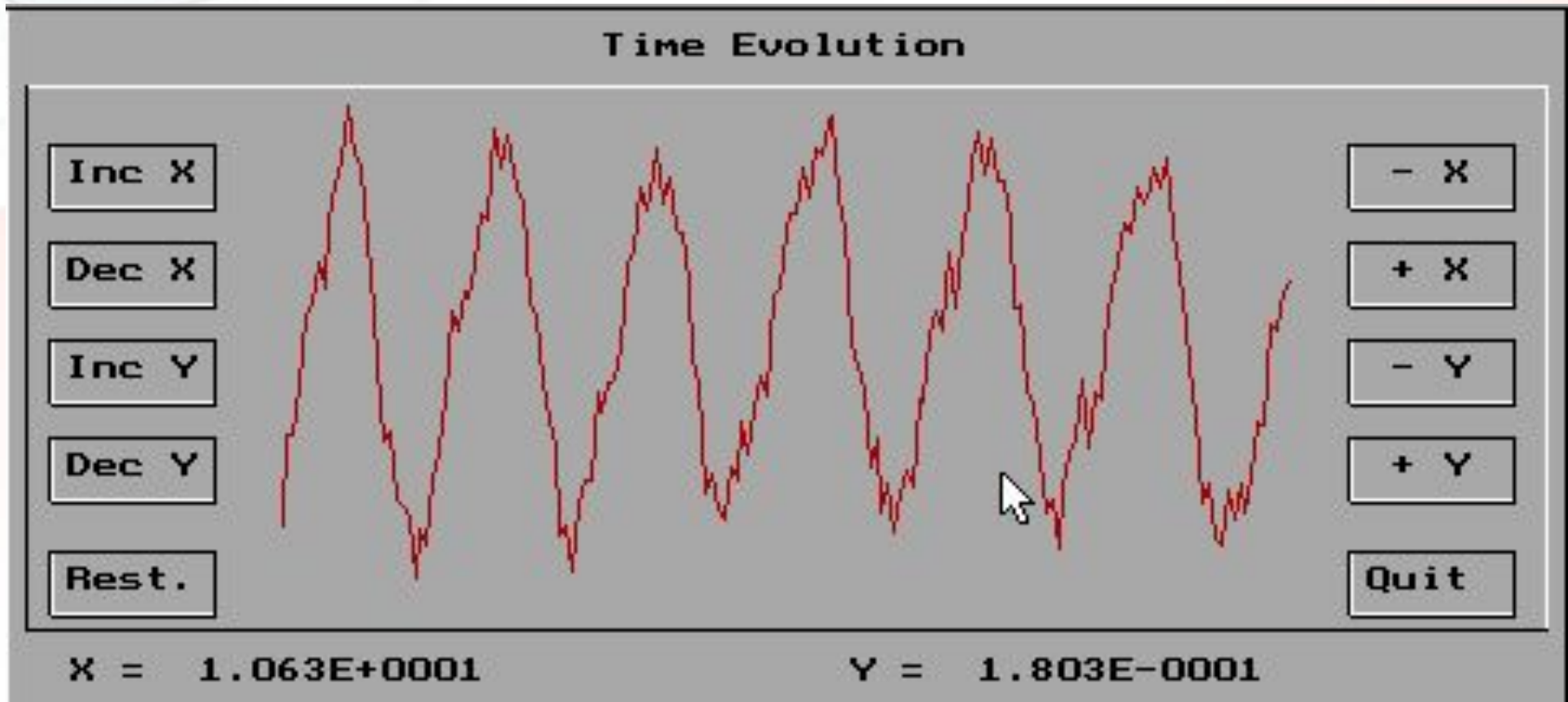
Изменение электропроводности, измеренной в определенной точке воздухоносных путей правого легкого в течение дыхательного цикла



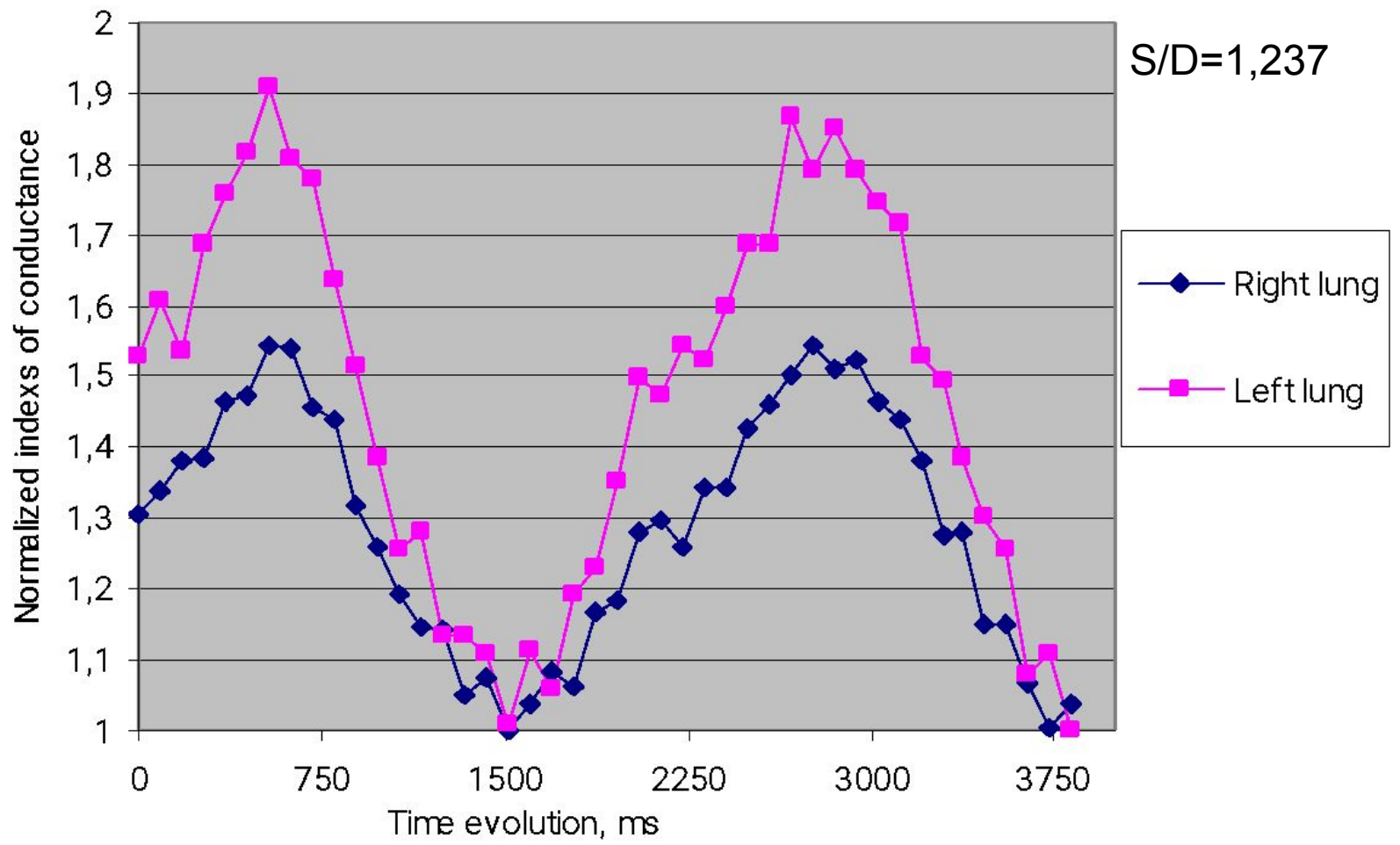
ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

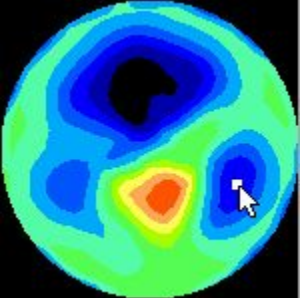


Изменение электропроводности,
измеренной в определенной
точке воздухоносных путей
левого легкого в течение
дыхательного цикла



ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ





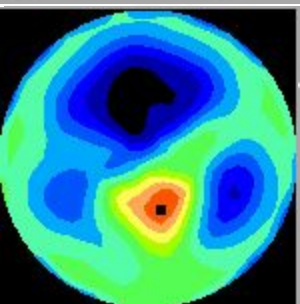
Inc Y
Dec Y

Time Evolution



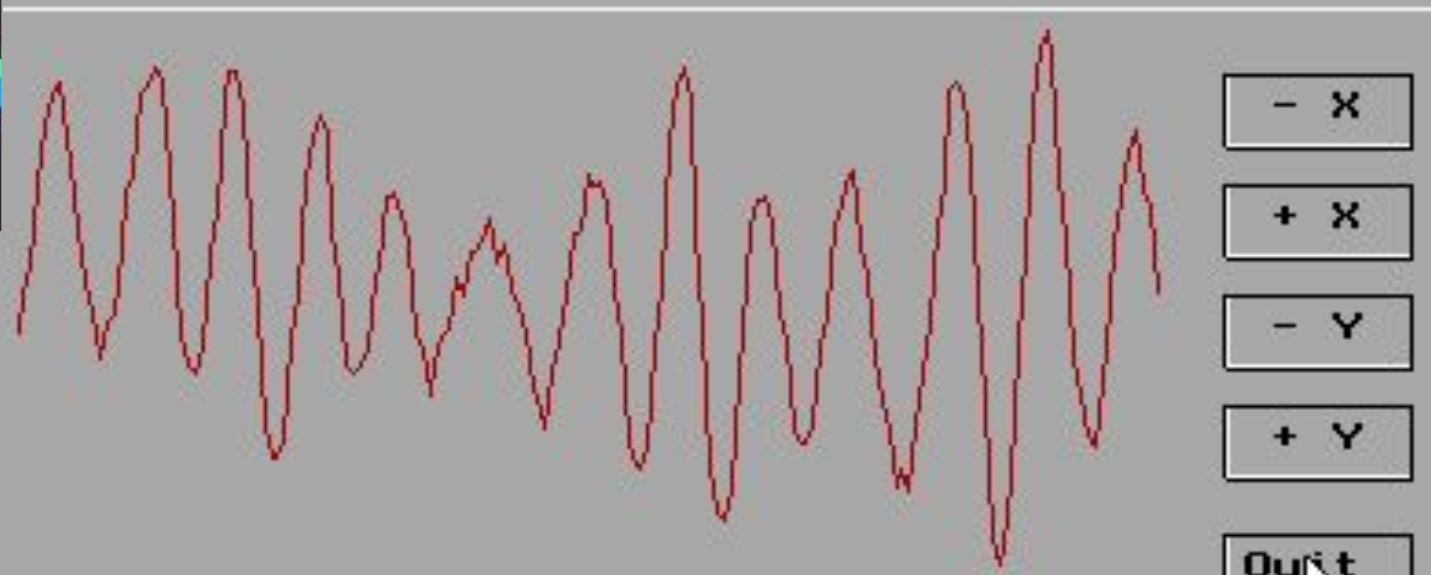
lung

Изменение электропроводности, измеренной в определенной точке воздухоносных путей левого легкого в течение дыхательного цикла



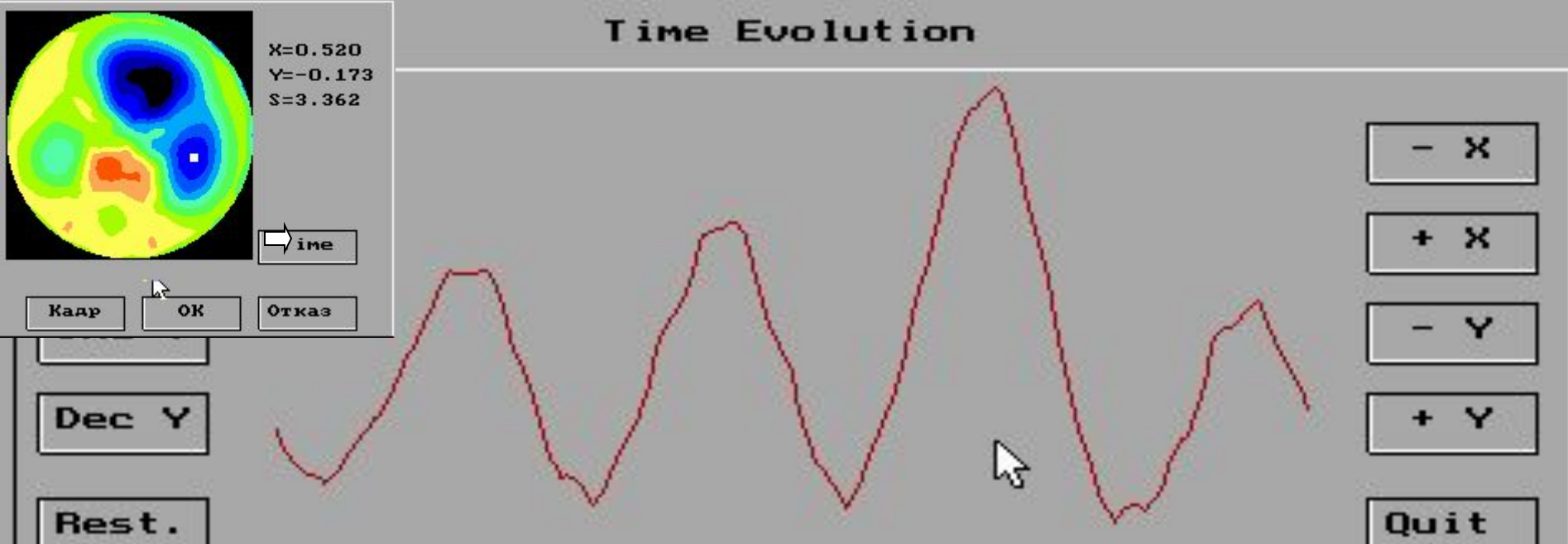
Inc Y
Dec Y
Rest.

Time Evolution

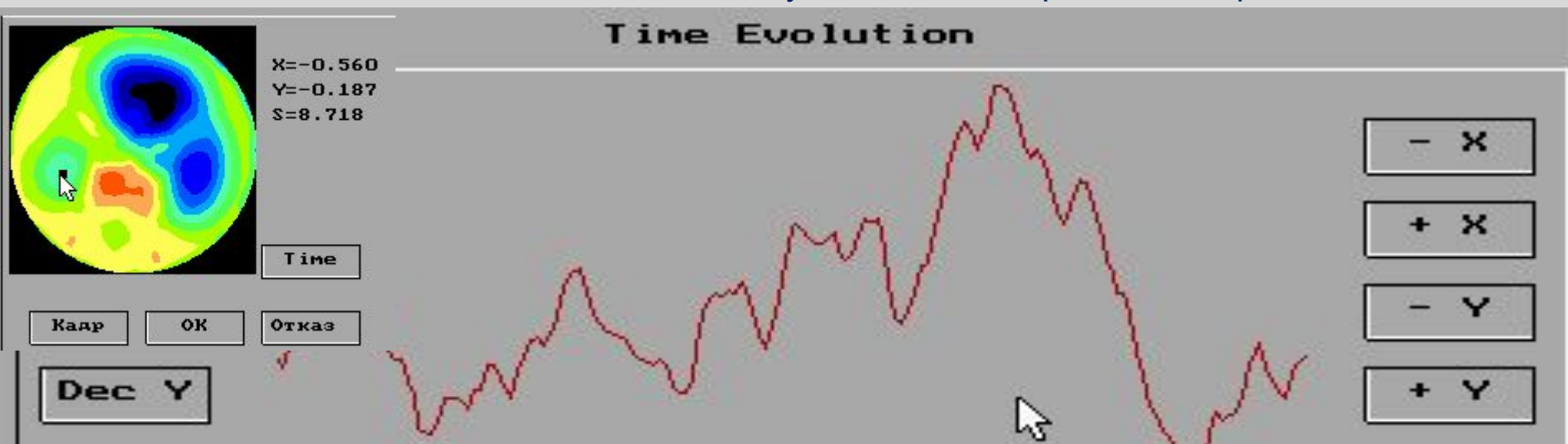


heart

Изменение электропроводности, измеренной в определенной точке средостения



Изменение электропроводности, измеренной в определенной точке воздухоносных путей левого легкого, в течение дыхательного цикла у пациента с поражением правого легкого.



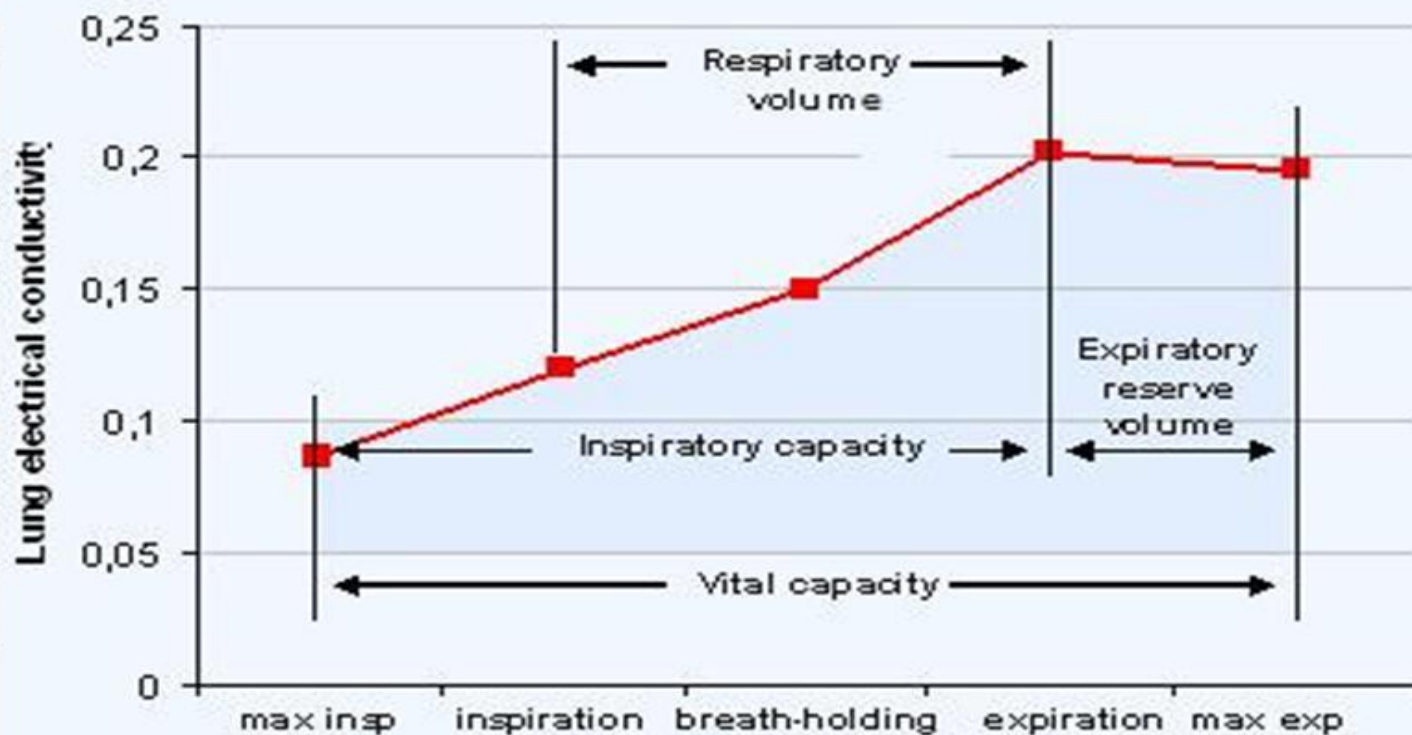
Изменение электропроводности, измеренной в определенной точке воздухоносных путей правого легкого, в течение дыхательного цикла у пациента с поражением правого легкого.

Электроимпедансная томография

Метод электроимпедансной томографии лёгких позволяет проводить дыхательный мониторинг в режиме «реального времени» и рассчитывать показатели, характеризующие дыхательный объём.

Graz 2007 XIII ICEBI & VIII EIT

Electrical conductivity of lungs and lungs volumes.



Электроимпедансная томография

В отличие от других методов функционально-диагностического тестирования легких имеется возможность исследования отдельно левого и правого легкого. Кроме того, одновременно с количественной информацией имеется возможность визуальной оценки изображения. Это является положительным моментом, так как не всегда легко дифференцировать причину снижения легочных объемов: разные заболевания легких могут иметь одинаковые показатели дыхательных объемов. Визуальная оценка изображения существенно облегчит диагностику.

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ



Коммерческие EIT системы

Commercial and research EIT devices

Sheffield Mk 3.5

Number of electrodes: 8

Electrical Injection Frequency: 2 kHz - 1.6 MHz

Image rate: 25 images/second

Producer: Maltron International Ltd, UK



Dräger EIT-guided ventilator

Number of electrodes: 16

Electrical Injection Frequency: not available

Image rate: 30 images/second

Producer: Dräger Medical AG & Co, Germany



Göttingen GoeMF II EIT tomograph

Number of electrodes: 16

Electrical Injection Frequency: n.a.

Image rate: 44 images/second

Producer: CareFusion, CA, US

Enlight

Number of electrodes: 32

Electrical Injection Frequency: 125 kHz

Image rate: 50 images/second

Producer: Timpel SA, BR



Swisstom

Number of electrodes: 32

Electrical Injection Frequency: 125 kHz

Image rate: 50 images/second

Producer: Swisstom AG, CH



Некоторые области клинического применения ЭИТ

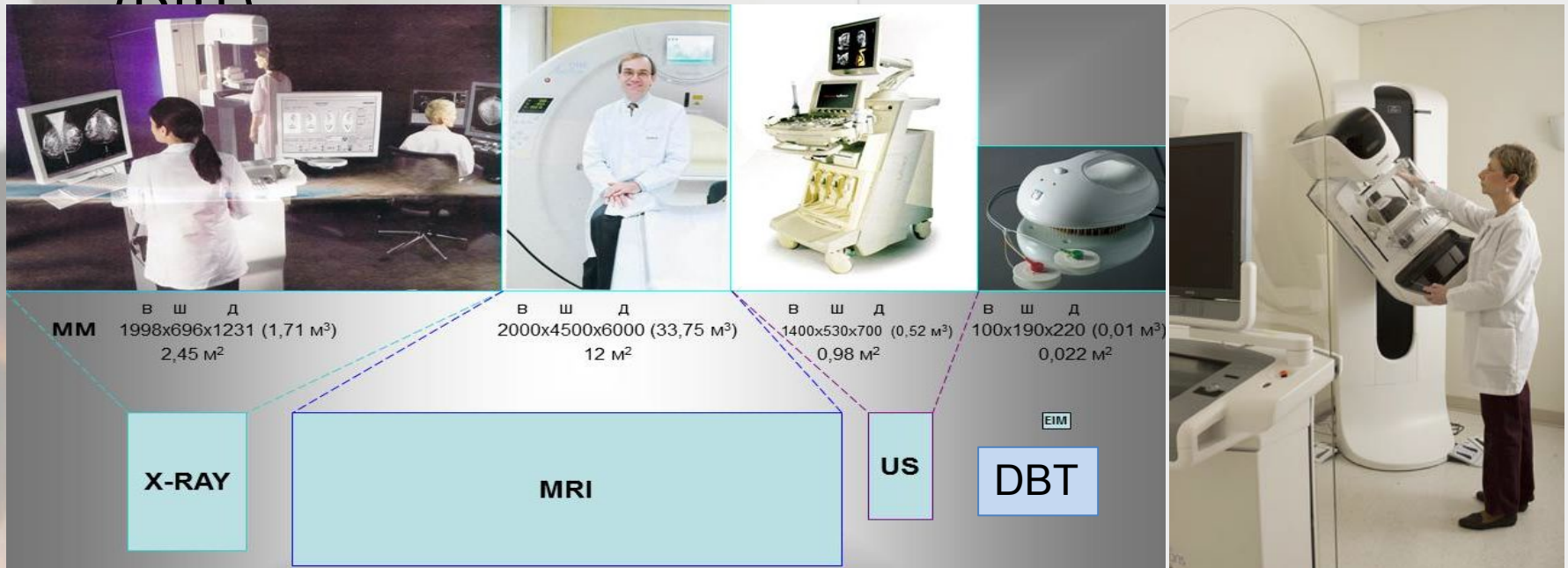
- мониторинг легочной вентиляции в реанимации (Frerichs et al., 1999; Kuen, 2009; Nahg et al., 2010)
- оптимизация вентиляции во время наркоза
- оценка отека легких у новорожденных и у взрослых с сердечной недостаточностью



ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИМПЕДАНСНАЯ МАММОГРАФИЯ

Основные методы скрининга рака молочной железы

- Рентгеновская маммография (X-ray)
- Рентгеновская томография (СТ)
- Магнитно-резонансная томография (MRI)
- Ультразвук (US)
- Цифровая томосинтетическая маммография (DBT)



Отдельное приложение ЭИТ для диагностики рака молочной железы назвали электроимпедансной маммографией.

Wang, W., Tang, M., McCormick, M., & Dong, X. (2001). Preliminary results from an EIT breast imaging simulation system. *Physiol Meas*, 22(1), 39-48.

1. Karpov A., Korjenevsky A. et al. (2000) 3D Electrical Impedance Scanning of Breast Cancer. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Chicago, p.62.
2. V. Cherepenin, A. Karpov et al. (2001). A 3D electrical impedance tomography (EIT) system for breast cancer detection. *Physiological Measurement*. 22(1) 9-18.

Характеристика электроимпедансной маммографии

- *неинвазивная технология создания изображения*
- *3-D томографическая система*
- *относится к категории мягко-полевой (soft-field) томографии*
- *использует «non-local» EIT-технологии создания изображения*

***ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫЕ
МАММОГРАФИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ***

ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫЕ МАММОГРАФИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Амплитуда и частота электрического тока
- Количество электродов
- EIM-конфигурация электродов
- Метод сбора данных - инъекции и регистрации
- Алгоритм реконструкции изображений

Амплитуда и частота электрического тока

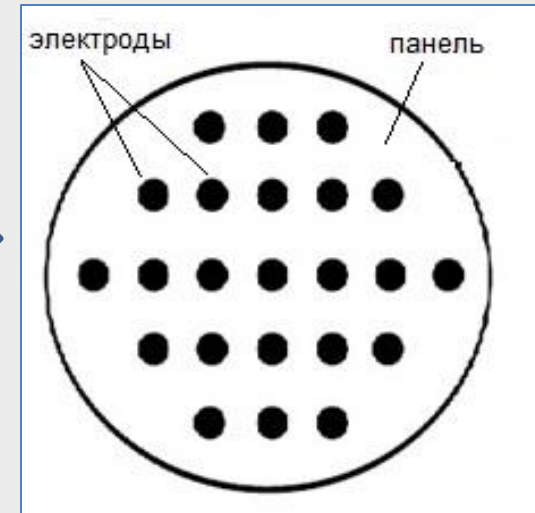
- Частота тока - от 58 Гц до 10мГц
- Сила тока – менее 1 мА

Количество электродов

- 16 - 85 - 256 электродов

Конфигурация электродов

- Плоскостное расположение электродов
- Круговое расположение электродов
- Конусовидное расположение электродов
- Комбинированное

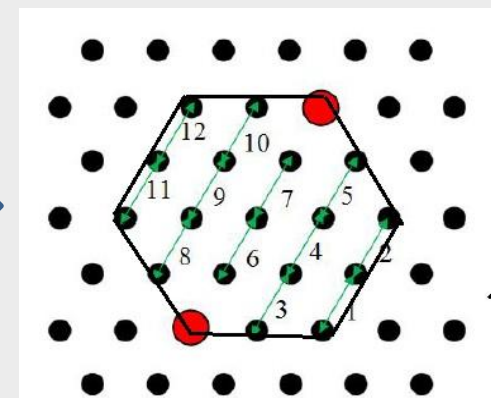
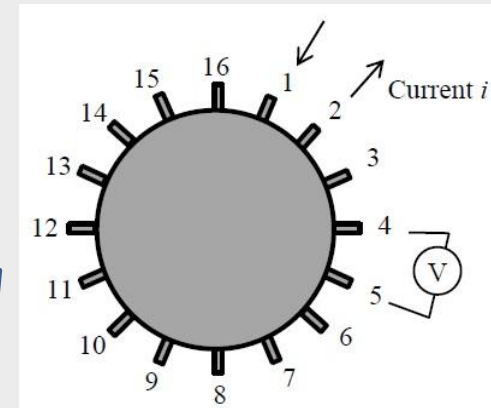


Преимущества использования плоскостной конфигурации электродов

- Электроды фиксированы на плате и позиция электродов точно известна, так что проблеме позиционной ошибки можно избежать.
- Сканирующая панель маневренная и может легко передвигаться по телу пациента, так что техника может быть предназначена для использования в реальном времени.
- Чувствительность линейных электродов сравнительно более сконцентрирована (сосредоточена), чем у электродов окружающий интересующий район в виде круга, поэтому разрешение может повысится в локальном районе.

Метод сбора данных

- адаптированный метод сбора данных - электрический ток инжектируется всеми электродами одновременно и производится измерение напряжения на каждом электроде (Rensselaer).
- Смежный метод, «adjacent” метод (Brown et al., 1987)
- Гексаэдрический метод



Алгоритм реконструкции изображения

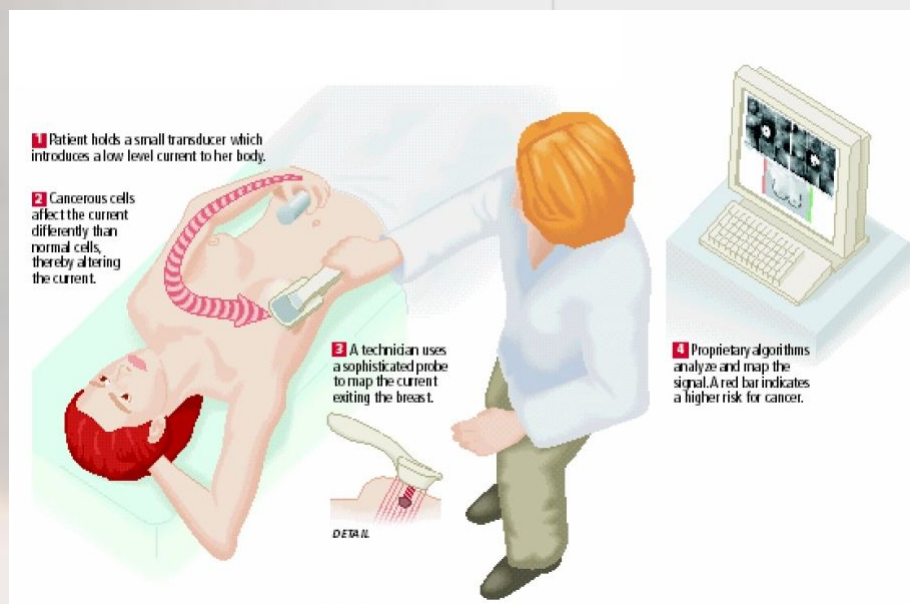
- метод обратного проецирования (Barber et al., 1984) восстановления изображения
- модифицированный метод Newton-Raphson-метод нелинейных наименьших приближительных квадратов (Bayford, 2006)
- Метод прямой модели, например, полная электродная модель для ЭИМ геометрии (Kim et al., 2007) и прямая модель молочной железы (Kulkarni, 2008), в которых они рассчитали схожее прямое решение для физических измерений, используя точное количество электродов, позицию электродов и форму молочной железы.

Исследовательские группы

- Израильская исследовательская группа
- Исследовательская группа колледжа Dartmouth, USA
- Исследовательская группа Университета Duke, Korea
- Исследовательская группа политехнического института Rensselaer, USA
- Исследовательская группа Университета Sussex, UK
- Московская исследовательская группа
- Ярославская исследовательская группа

Израильская исследовательская группа

- EIT-система – T-Scan 2000
- Производство – Trans-Scan, Израиль
- Продажа - Siemens Medical Systems, Inc.
- Расположение электродов - плоскостное
- Электродная панель - 16x16 электродов
- Изображение молочной железы – нет
- Ток - частота 53-3800 Гц, напряжение 1-2,5V

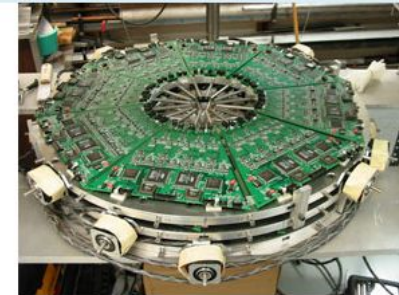
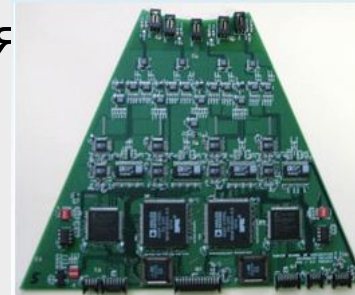


Исследовательская группа колледжа Dartmouth, USA

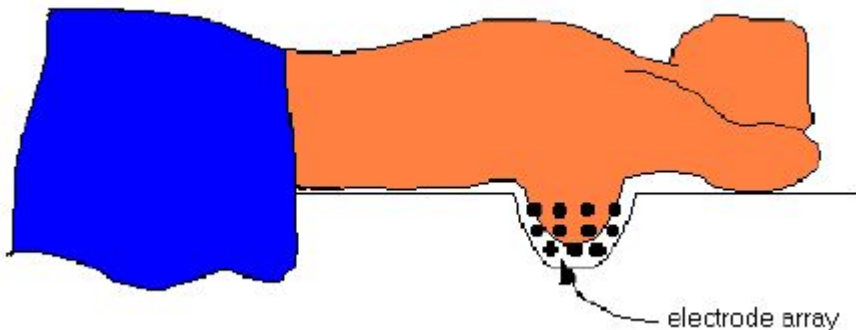
- EIT-система – EIT спектроскопическая система
- Расположение электродов – круговое
- Электродная панель - 64 электрода на 4 плоскости
- Изображение молочной железы – 3D изображение
- Ток – 10 кГц – 10 мГц
- Алгоритм реконструкции изображения метод Ньютона



Dr. Alex Hartov

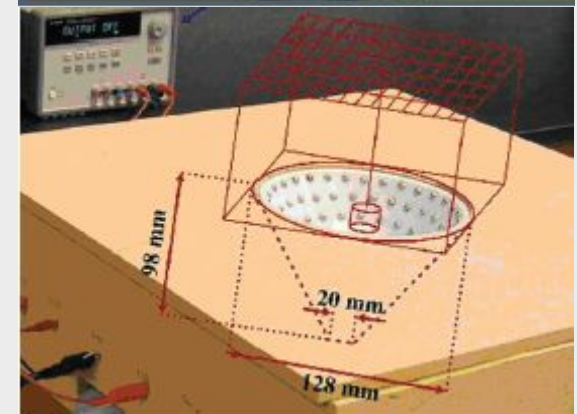
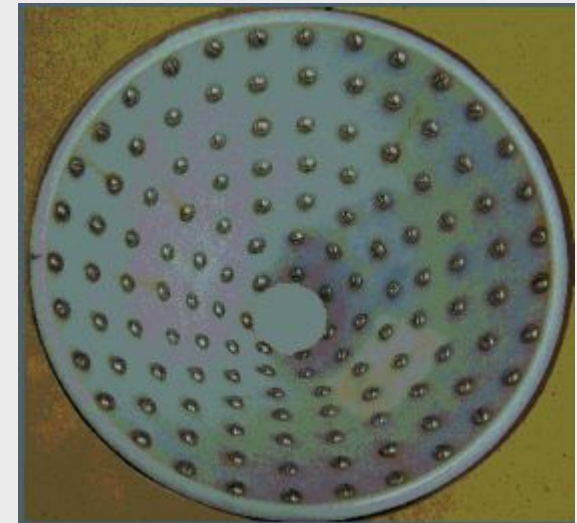


The breast imaging system. Top left: Custom designed four-channel data acquisition module based on DSP and FPGA hardware. Top right: 64 channel EIT system mounted on a mechanical assembly with electrode rods that translate in and out to accommodate different breast sizes. Bottom left: Full EIT assembly on portable cart. Bottom right: EIT system mounted beneath a clinical breast biopsy table.



Исследовательская группа Университета Duke, Korea

- Расположение электродов – в виде конуса
- Электродная панель - 128 электродов на 7 плоскостях
- Изображение молочной железы – 3D изображение
- Алгоритм реконструкции - DBIM inversion algorithm



Исследовательская группа политехнического института Rensselaer

- EIT-система – Адаптированная Электрическая Томографическая Система (АСТ4) или Электрическая Импедансная Спектроскопическая Система
- Расположение электродов – плоскостное
- Электродная панель - 64 электрода
- Изображение молочной железы – 3D изображение
- Ток - частота 100 Гц – 1 мГц
- Алгоритм реконструкции изображения
 - метод NOSER и метод Calderon, модификация метода Newton



[Dr. Jonathan C. Newell](#)



[Dr. David Isaacson](#)



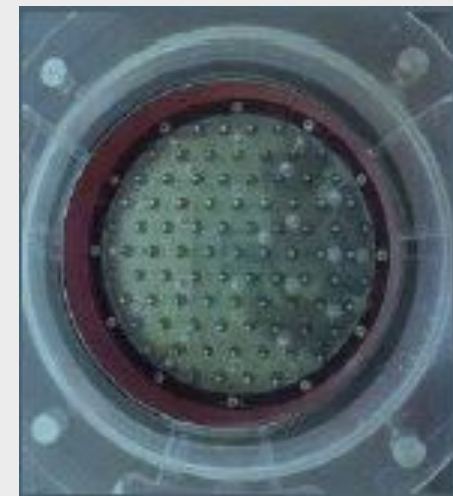
[Dr. Gary Saulnier](#)

Исследовательская группа Университета Sussex, UK



Dr. Chris R Chatwin

- EIT-система – The Sussex EIM Mk4 System
- Расположение электродов – плоскостное, гексагональная конструкция
- Электродная панель – 85 электродов
- Ток: сила < 1 мА, частота 10 кГц - 5 мГц
- Изображение молочной железы – 3D, томографические срезы
- Алгоритм реконструкции изображения - модифицированный метод Newton-Raphson



Московская исследовательская группа

- EIT-система – маммограф электроимпедансный многочастотный, МЭМ
- Производство - Институт радиотехники и электроники РАН
- Продажа – ИМТ, Россия
- Расположение электродов - плоскостное
- Электродная панель – 256 электродов
- Изображение молочной железы – 3D, томографические срезы
- Ток - частота 10 и 50 кГц, сила 0,5 мА
- Алгоритм реконструкции изображения - метод обратного проецирования



Ярославская исследовательская группа

- EIT-система – маммограф электроимпедансный компьютерный, МЭИК v.5.6
- Создание – Государственный Университет им. Демидова, клиническая больница №9, НПФ СИМ-техника, Ярославль
- Производство – НПФ СИМ-техника, Ярославль, Россия
- Расположение электродов - плоскостное
- Электродная панель – 256 электродов
- Изображение молочной железы – 3D, томографические срезы
- Ток - частота 50 кГц, сила 0,5 мА
- Алгоритм реконструкции изображения метод обратного проецирования



Коммерческие EIM системы

TSCAN 2000

16 x 16 electrode array

1-2.5 V applied to electrodes

Electrical injection frequency 58-3800 Hz

Producer: Siemens



Mammograph multyfrequency MEM

256x256 electrode array

Electrical injection frequency 10-50 kHz

Producer: IMT, Russia



Mammograph MEIK v5.6

256x256 electrode array

Electrical injection frequency 50 kHz

Producer: SIM-technika, Russia



Особенности электроимпедансной маммографии

- неинвазивный метод, не вызывающий дискомфорта или страха
- позволяет проводить регулярный клинический скрининг без причинения какого-либо вреда организму пациента
- алгоритм реконструкции изображения, такой как алгоритм обратного проецирования (Barber et al., 1987), предполагает быстрый ответ.
- при использовании обычного компьютера реконструкция изображения может быть завершена, примерно, за мили-секунды

Особенности электроимпедансной маммографии

- ЭИМ может развиваться как устройство для мониторинга в реальном времени
- диагноз может быть основан на in-vivo расчетах и нет необходимости в проведении биопсии, так что физическую боль и дискомфорт можно избежать
- ЭИМ это инструмент с относительно низкой ценой, компактного размера и он, несомненно, подходит для кабинета врача