

Электрэнцефалографические методы подбора слуховых аппаратов детям: настоящее и будущее

Daniel J. Strauss

Systems Neuroscience &
Neurotechnology Unit

Neurocenter, Saarland University Hospital

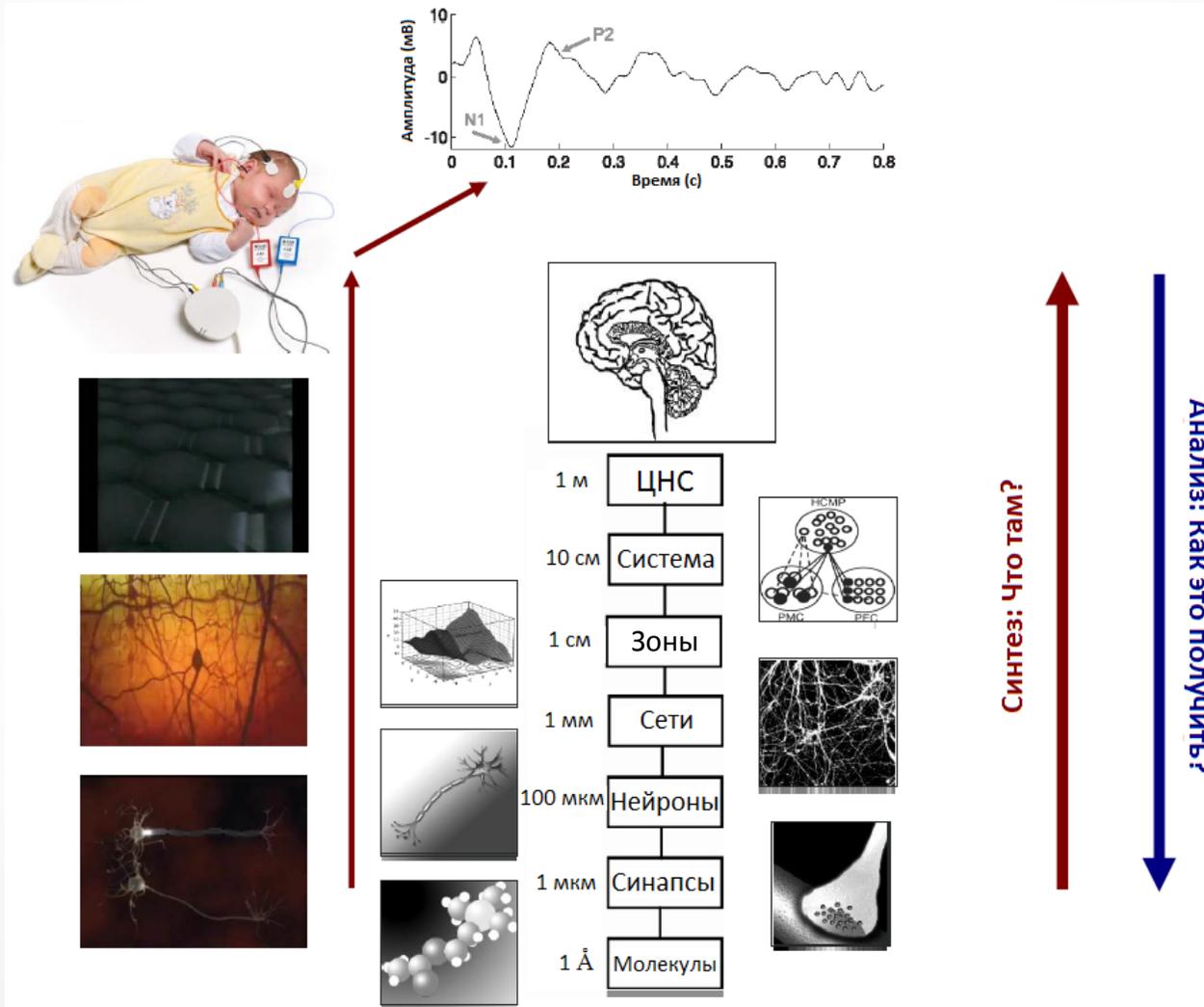


UNIVERSITÄT
DES
SAARLANDES

Hochschule für
Technik und Wirtschaft
des Saarlandes



Что это такое?



Перспективы ЭЭГ-диагностики

- Синтез: Количественное моделирование в неврологии
 - Blue Brain Project, Human Brain Project (2013), Obama's Brain Activity Map (2013)
- Анализ: Принцип "одна развертка/одна попытка"
 - Новый подход к распознаванию образов, обработке сигналов и изображений

Конкретные подходы к подбору слуховых аппаратов на основании ЭЭГ

- Объективная оценка дискомфорта уровня звука
 - на основании коррелятов долгосрочной адаптации
- Быстрое и надежное определение порогов слышимости
 - на основании автоадаптации при чирп-стимуляции*

*Чирп – акустический стимул, основанный на линейной частотной модуляции

Перспективы ЭЭГ-диагностики

- Синтез: Количественное моделирование в неврологии
 - Blue Brain Project, Human Brain Project (2013), Obama's Brain Activity Map (2013)
- Анализ: Принцип "одна развертка/одна попытка"
 - Новый подход к распознаванию образов, обработке сигналов и изображений

Конкретные подходы к подбору слуховых аппаратов на основании ЭЭГ

- Объективная оценка дискомфорта уровня звука
 - на основании коррелятов долгосрочной адаптации
- Быстрое и надежное определение порогов слышимости
 - на основании автоадаптации при чирп-стимуляции*



Бум в неврологии

Страна	Количество статей		
	1999-2008	1999	2008
USA	163055	14360	18539
UK	49283	4284	5665
Germany	39594	3517	4664
Japan	36532	3643	3544
Canada	25786	2154	3237
France	24642	2395	2697
Italy	23634	2091	2845
The Netherlands	13716	940	1830
Australia	13098	1020	1786
Spain	12044	918	1579
Sweden	9282	942	987
China	9184	337	2534
Switzerland	8699	692	1156
Columbia	7852	527	1063
Brazil	7850	429	1257
Israel	7484	559	900
Belgium	5636	435	739
South korea	5580	224	1051
Finland	4580	451	452
Turkey	4540	181	694
India	4503	284	715
Austria	4387	349	485
Denmark	4302	346	535
Poland	4136	302	419
Russia	3825	424	405
Taiwan	3787	219	615
World	451331	39221	52836

"Продвижение" неврологии

- Десятилетие мозга 1990-2000 (США)
- Десятилетие человеческого мозга 2000-2010 (Германия)
- Десятилетие разума... и т.д.

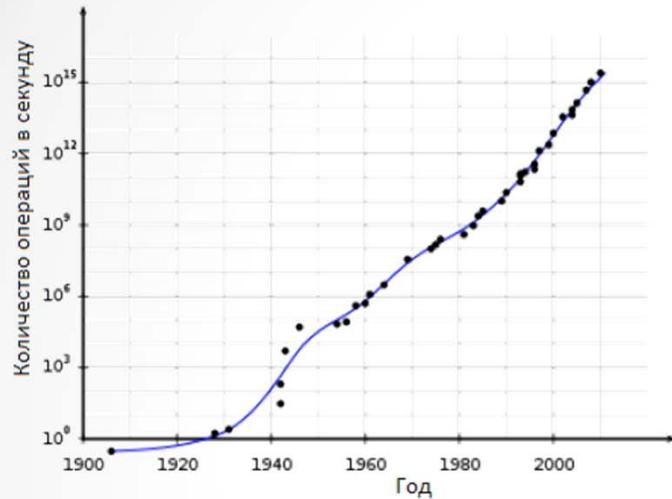
Методологические новшества

- Функциональная МРТ (фМРТ)
- Визуализация тензора диффузии (DT-MRT)
- Локальная фиксация мультинейронного потенциала (MN-PC)
- Геномика и протеомика (х-омика)
- Чувствительные к напряжению красители (VSD)
- Количественное нейромоделирование
- Магнитоэнцефалография (МЭГ)
- ЭЭГ с высоким разрешением (ВР-ЭЭГ)
- Инфракрасная спектроскопия (ИКС)
- Новые методики микроскопии
- Новые массивы электродов

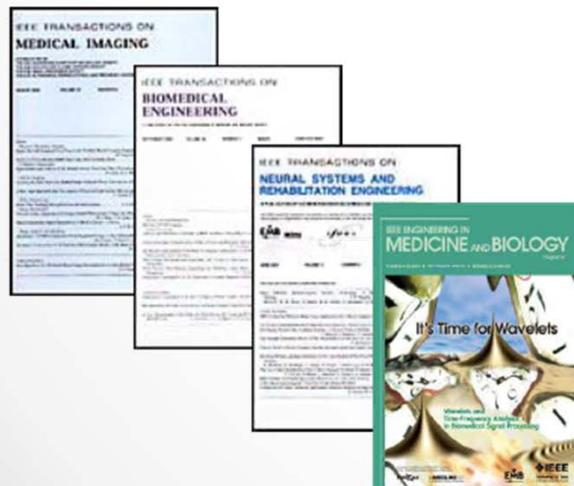
Bala с соавт. Neurol. Ind. 2010

- Около 120 статей в день

Вычислительная скорость суперкомпьютеров



Биомедицинская инженерия



Вычислительная математика



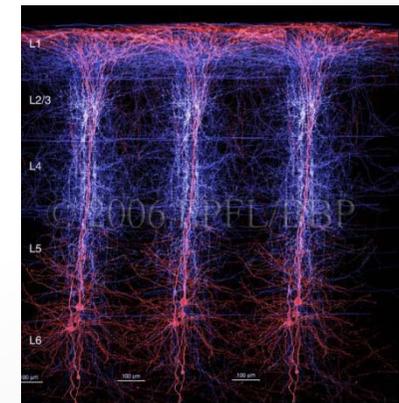
..... И Т.Д.

Проект Blue Brain

(Markram, Nature Reviews Neuroscience, Vol. 7, pp. 153-160, 2006)

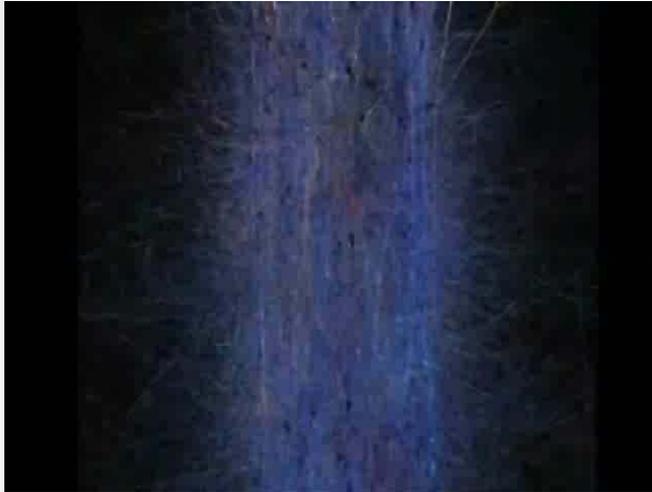


Markram & Sakmann, *J. Physiol*, 1994
Markram, Lubke, Frotscher, Sakmann, *Science*, 1997
Gupta, Wang, Markram. *Science*, 2000
Markram et al, *Comput Neurosci*, 2005 Kalisman,
Silberberg, Markram, *PNAS*, 2005



Что мы можем извлечь из этого?

(Markram, 2010)

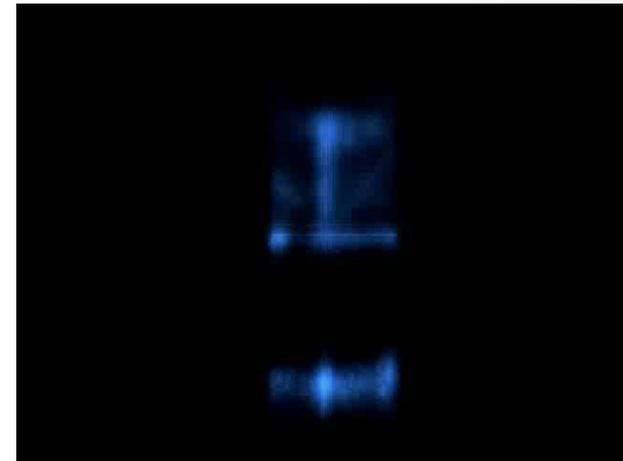


Новая интерпретация:

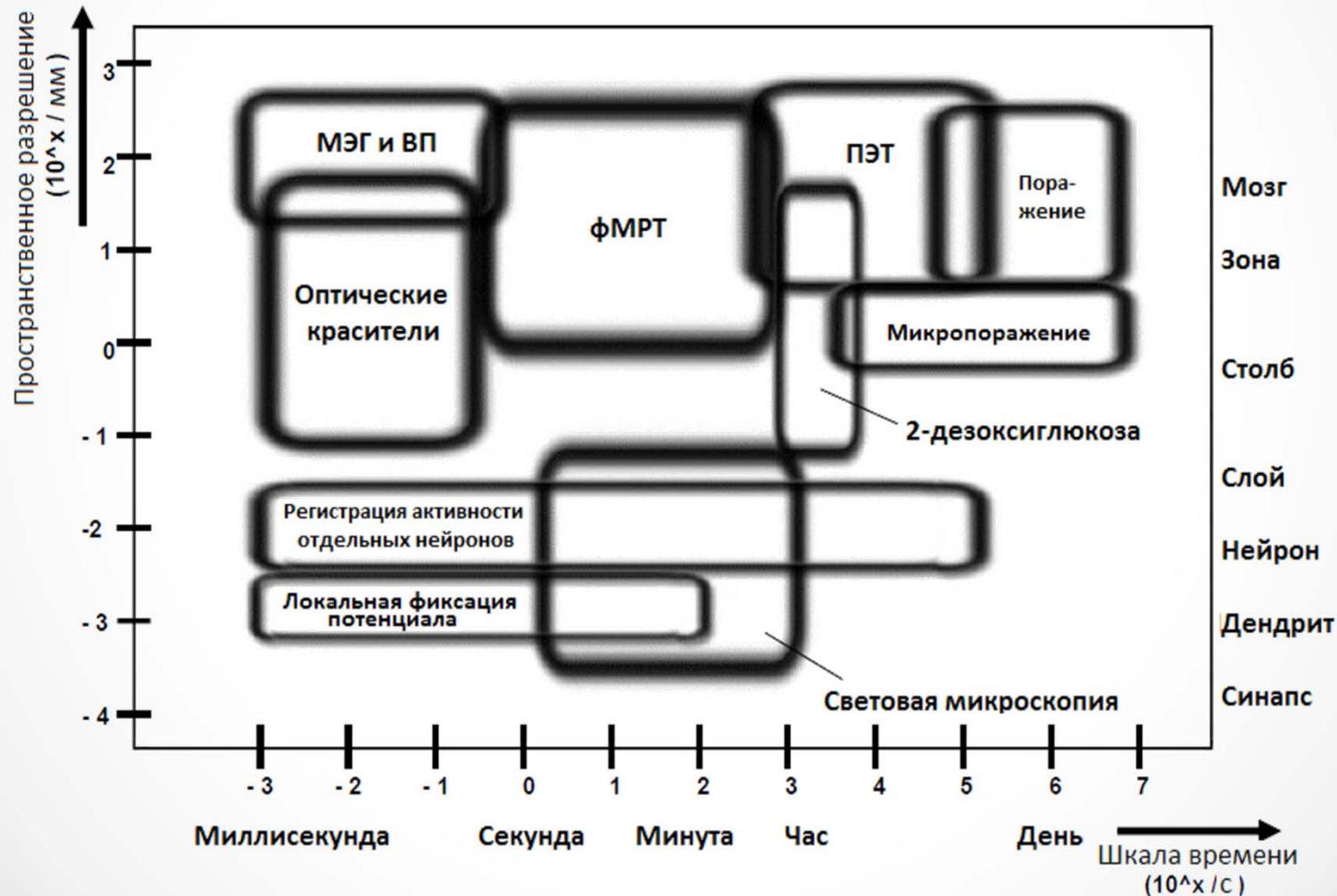
- Пространственно-временная структура спайков поддерживает и анимирует воспринимаемые объекты
- Воспринимаемые объекты являются непосредственным продуктом аналоговых дендритных потенциалов

Существующая парадигма:

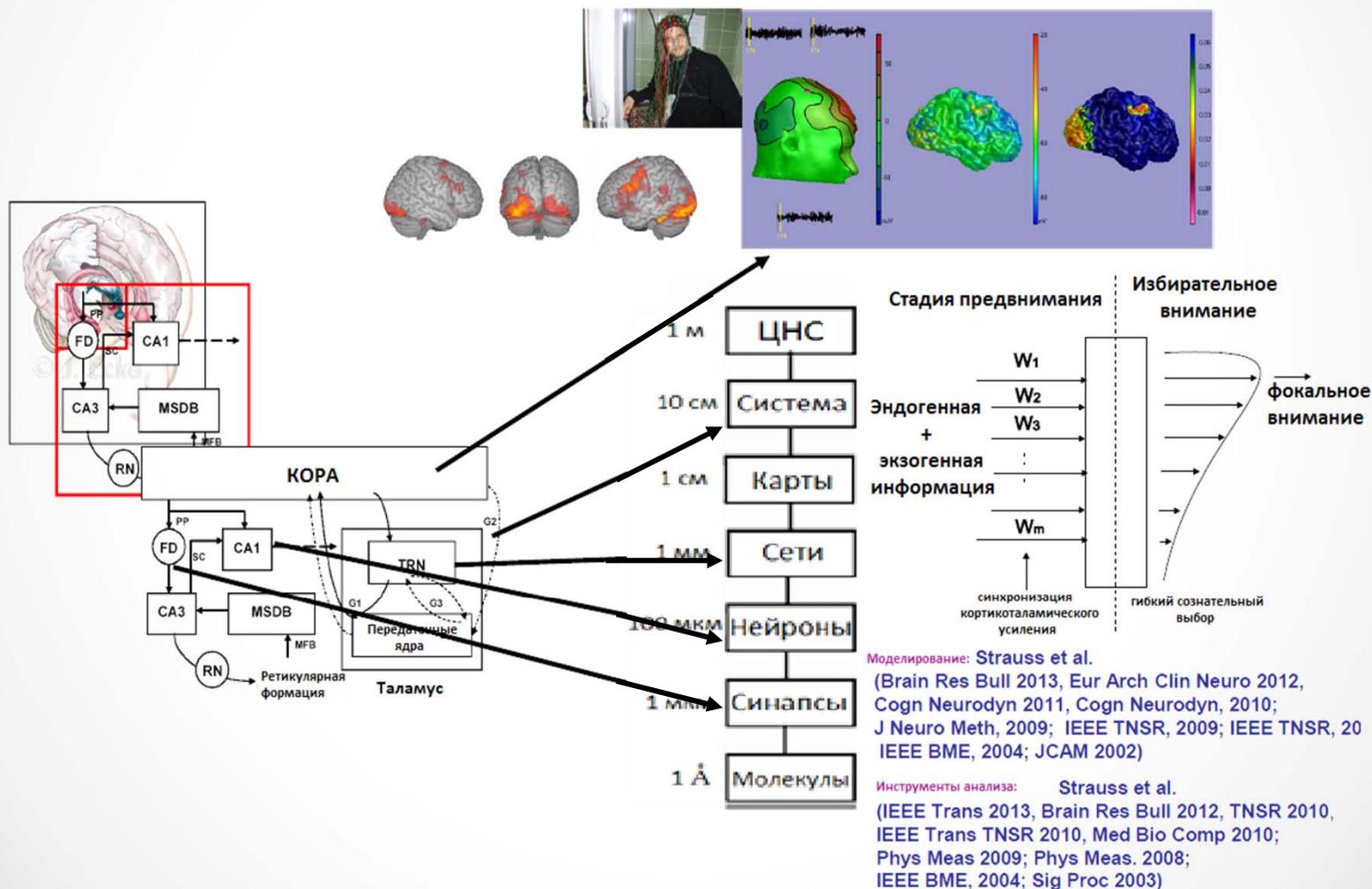
- Пространственно-временная структура спайков коррелирует с воспринимаемыми объектами
- Дендриты обрабатывают информацию соматических выходов спайков



Моделирование во временном и пространственном масштабе



Моделирование потенциалов, связанных с событием



Перспективы ЭЭГ-диагностики

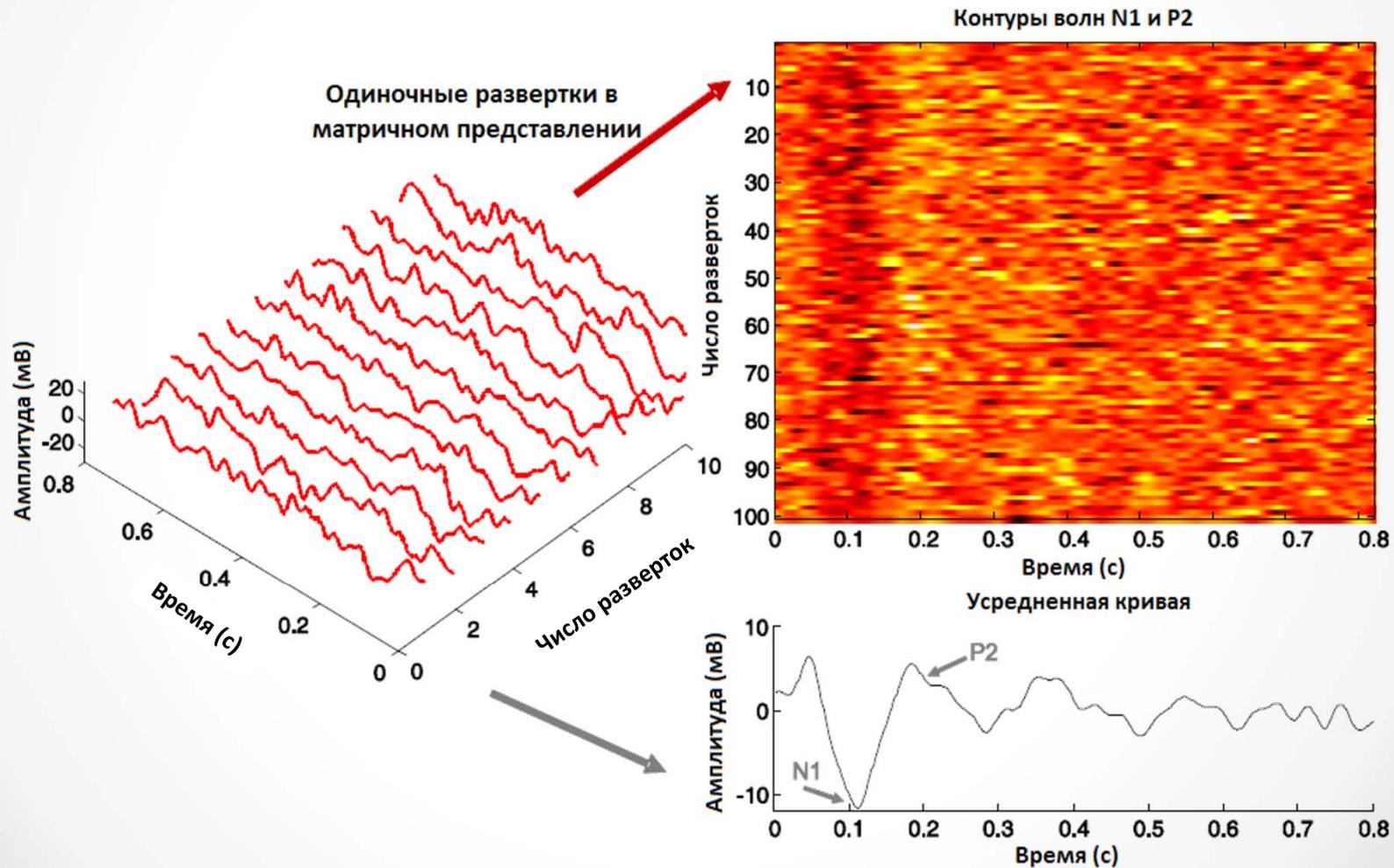
- Синтез: Количественное моделирование в неврологии
 - Blue Brain Project, Human Brain Project (2013), Obama's Brain Activity Map (2013)
- Анализ: Принцип "одна развертка/одна попытка"
 - Новый подход к распознаванию образов, обработке сигналов и изображениям

Конкретные подходы к подбору слуховых аппаратов на основании ЭЭГ

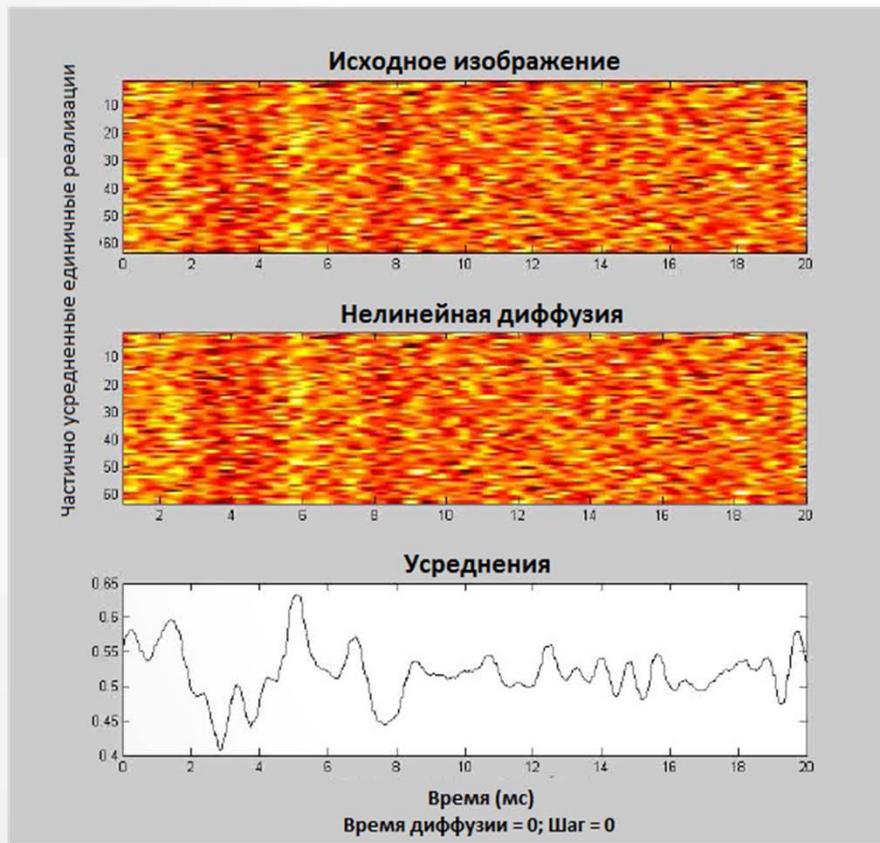
- Объективная оценка дискомфорта уровня звука
 - на основании коррелятов долгосрочной адаптации
- Быстрое и надежное определение порогов слышимости
 - на основании автоадаптации при чирп-стимуляции*



Единичные развертки СВП

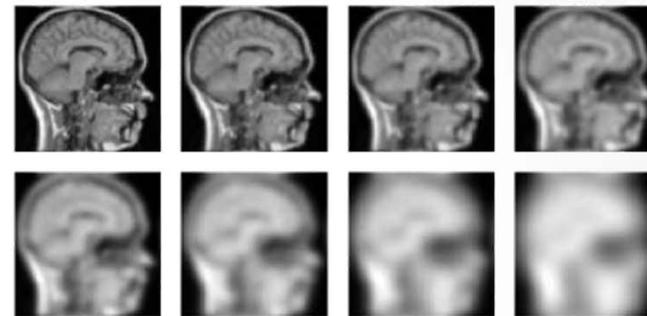


Анизотропная диффузионная фильтрация



I. Mustafa, K. Schwerdtfeger, C. Trenado, D. J. Strauss.
Evoked Related Potential Denoising Using Nonlinear Diffusion Filtering
of Single-Trial Matrix Representations
J Neurosci Meth, pp. 512-520, 2009.

Гауссово масштабируемое пространство



"размывание"



нелинейная модель



анизотропная (тензорная) диффузия
(включение априорной информации
в матричное представление ВП)

Построение изображения с использованием принципа самоподобия

DJ Strauss, T Teuber, G Steidl, FI Corona-Strauss
Exploiting the Self-Similarity in ERP Images by Nonlocal Means
for Single Trial Denoising.
IEEE Trans. Neural Syst Rehab Eng, In Press

Дано: $\mathcal{A} = \{s_n \in \mathbb{R}^M : n = 1, 2, \dots, N\}$

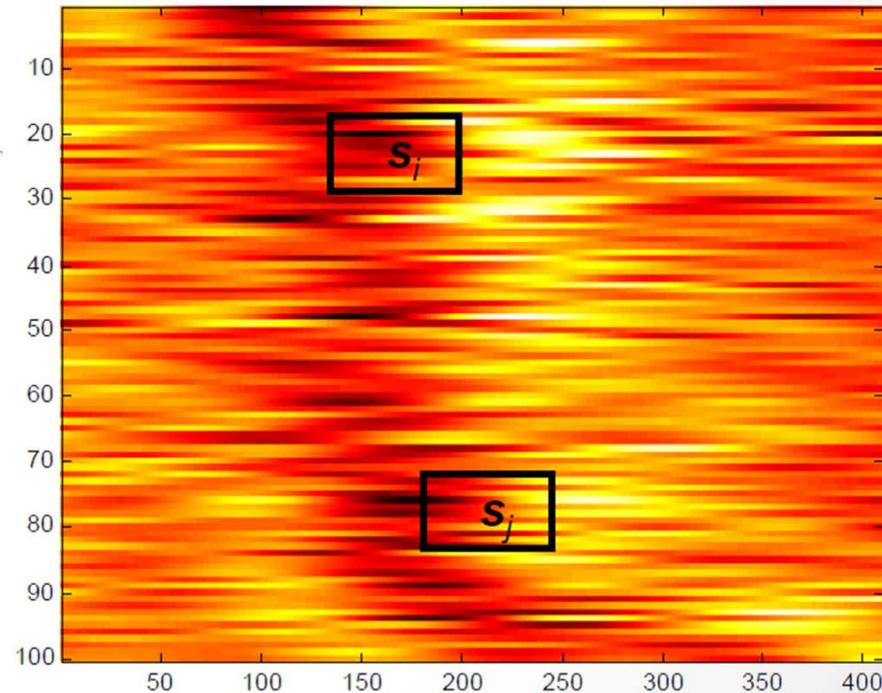
Изображение ВП: $S \in \mathbb{R}^{N \times M}$ так, чтобы $S = (s_1, s_2, \dots, s_N)^T$

Оператор шумоподавления: $\mathcal{D}_2 : S \mapsto Q, Q \in \mathbb{R}^{N \times M}$

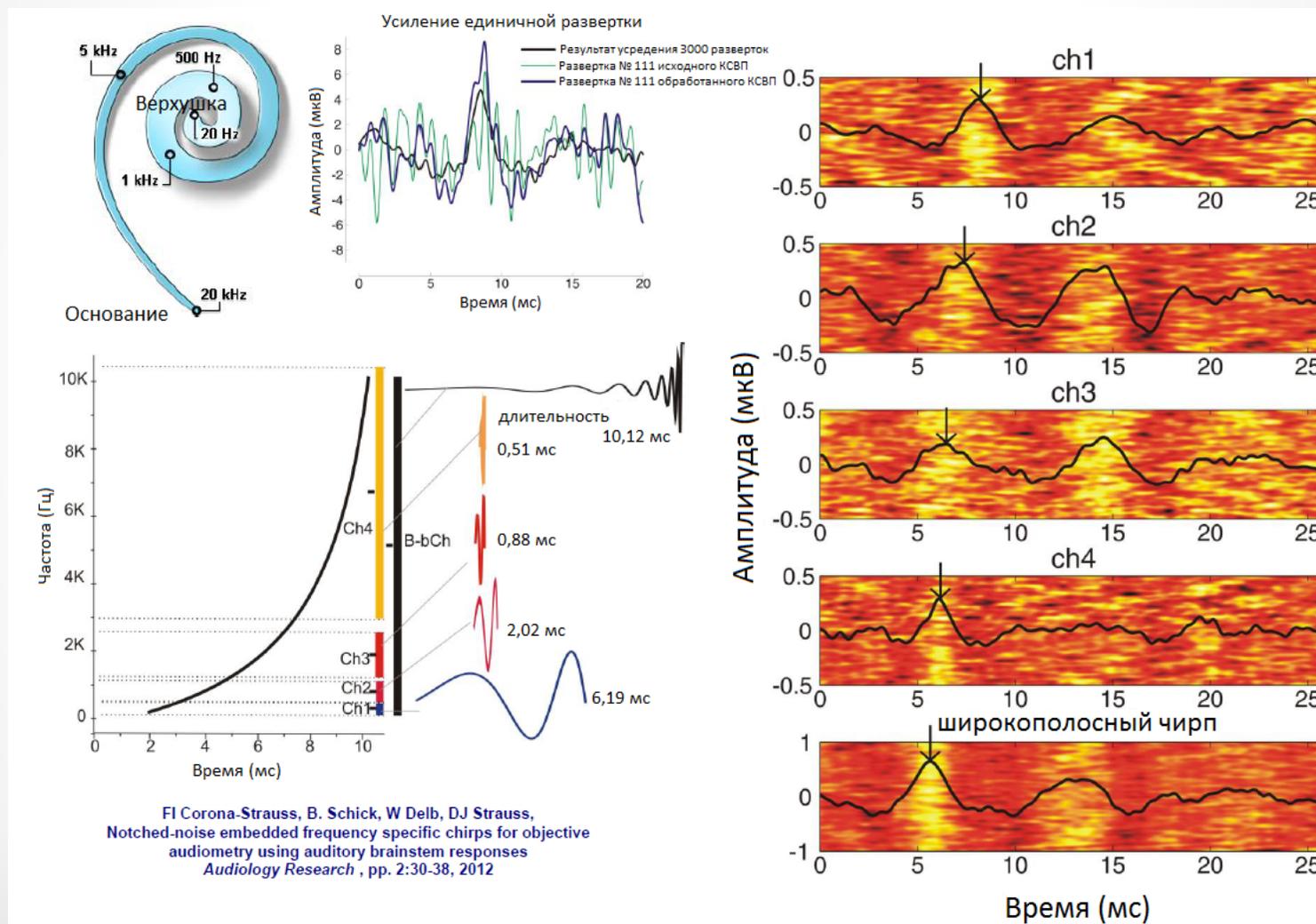
Очищенное от шума изображение ВП: $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)^T$

Вычисление пикселей: $q_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^J \xi_{i,j}} \sum_{j=1}^J \xi_{i,j} s_j$

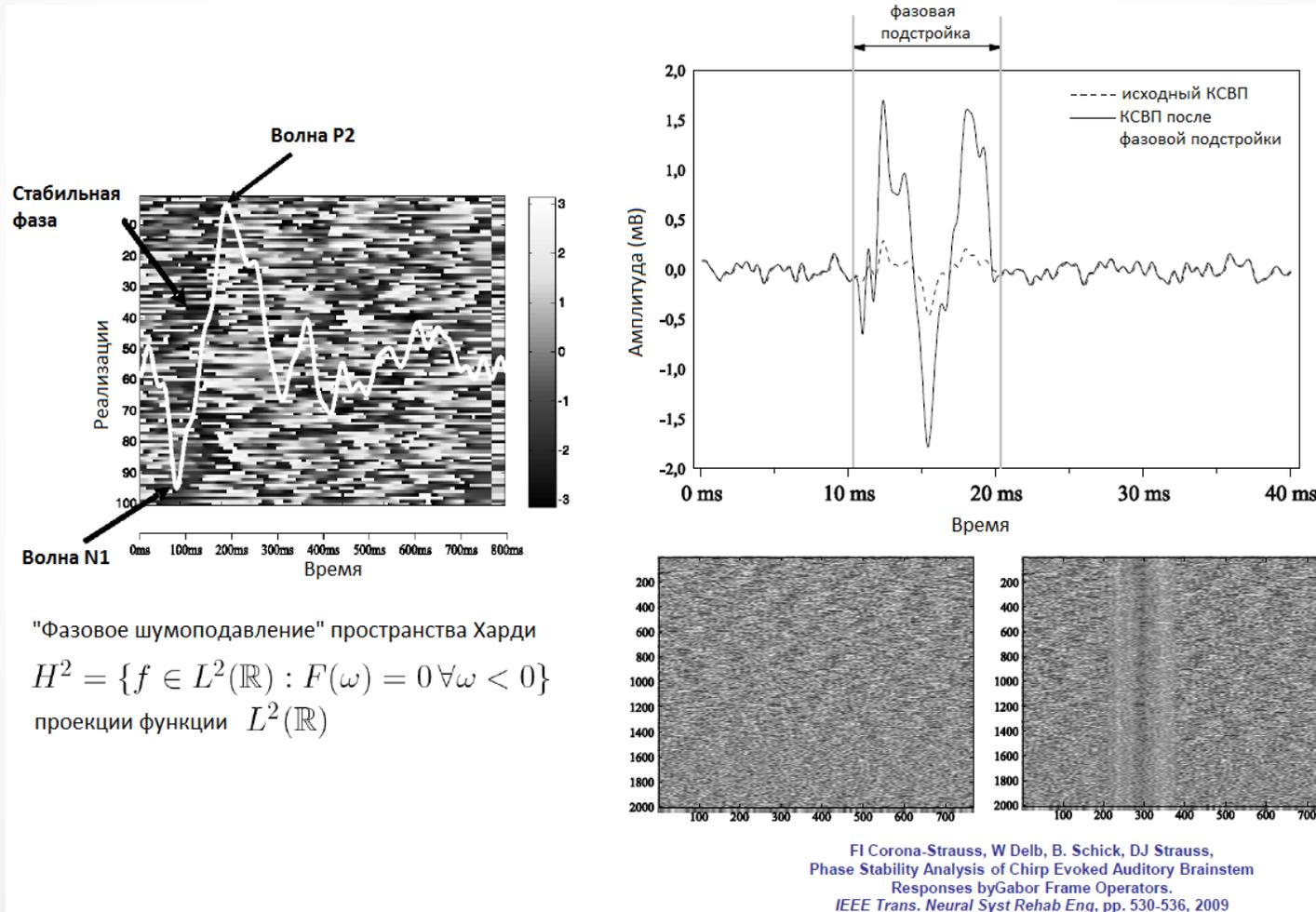
Расчет веса: $\xi_{i,j} = \exp\left(-\frac{1}{\lambda} \sum_{k \in \mathcal{I}} \varphi_{\sigma,k} |s_{i+I} - s_{j+I}|^2\right)$



Шумоподавление в записи СТВОЛОМОЗГОВЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ



Статистический анализ мгновенной фазы



Перспективы ЭЭГ-диагностики

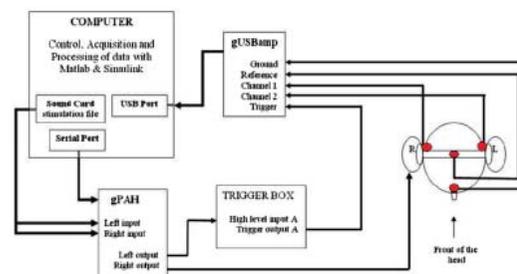
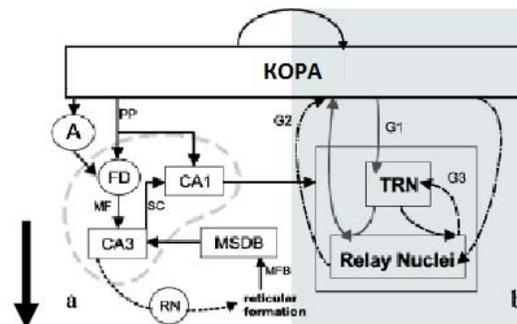
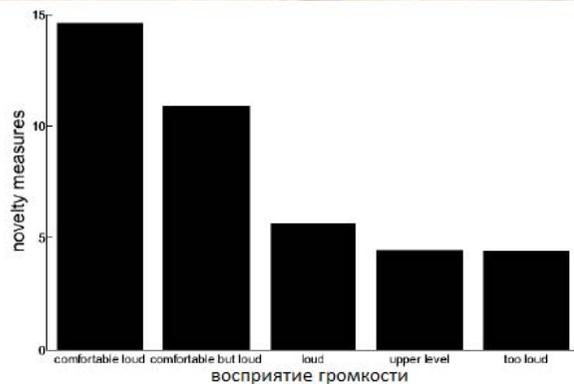
- Синтез: Количественное моделирование в неврологии
 - Blue Brain Project, Human Brain Project (2013), Obama's Brain Activity Map (2013)
- Анализ: Принцип "одна развертка/одна попытка"
 - Новый подход к распознаванию образов, обработке сигналов и изображений

Конкретные подходы к подбору слуховых аппаратов на основании ЭЭГ

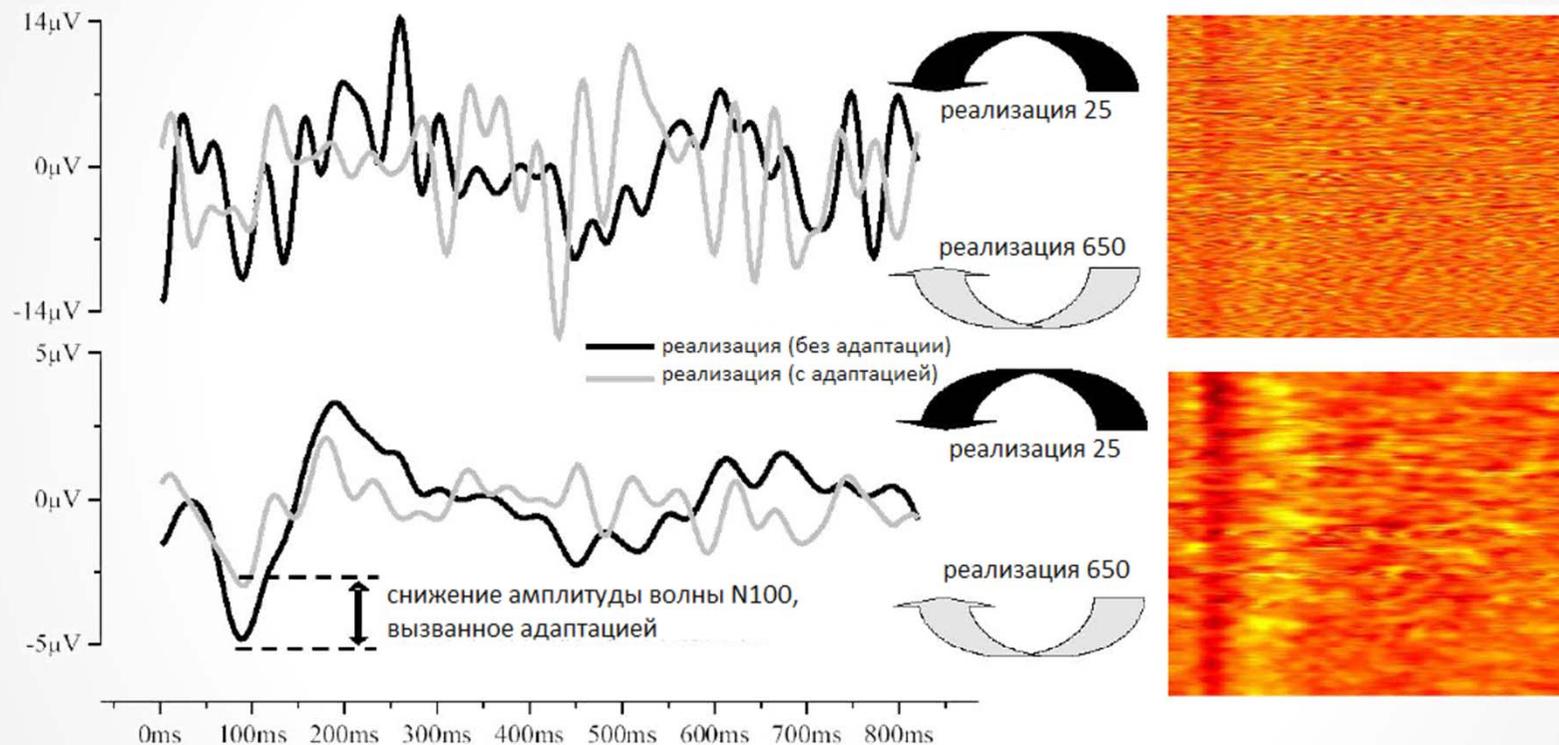
- Объективная оценка дискомфорта уровня звука
 - на основании коррелятов долгосрочной адаптации
- Быстрое и надежное определение порогов слышимости
 - на основании автоадаптации при чирп-стимуляции*



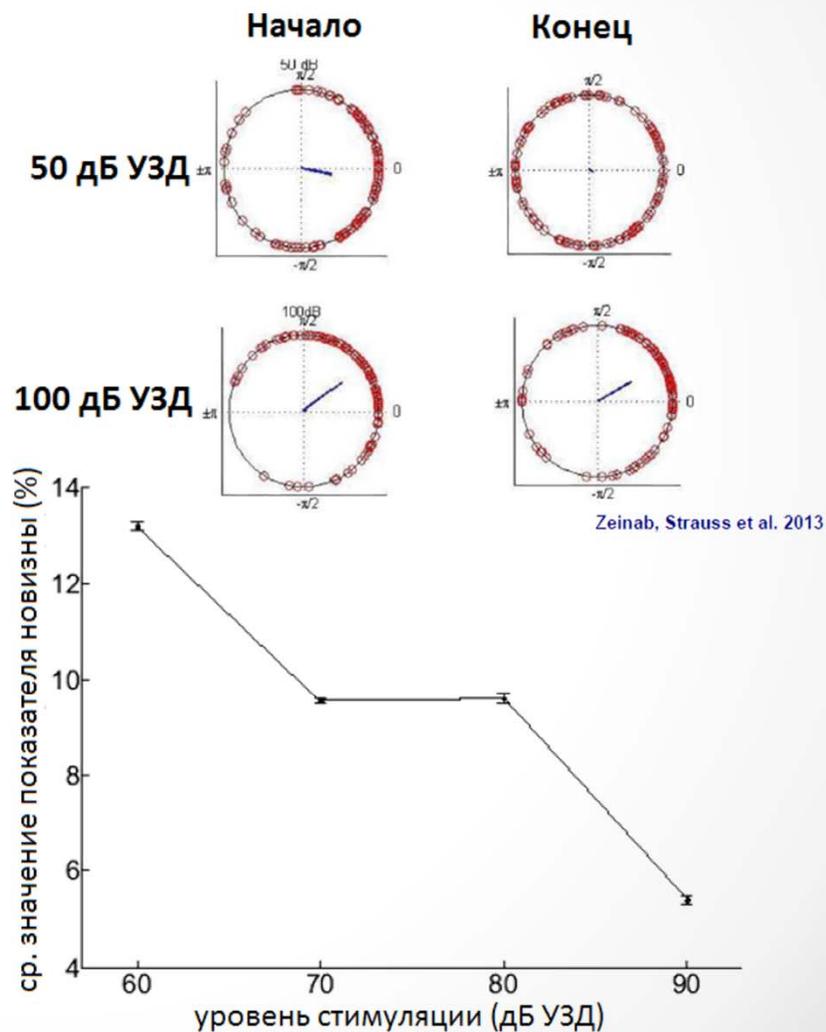
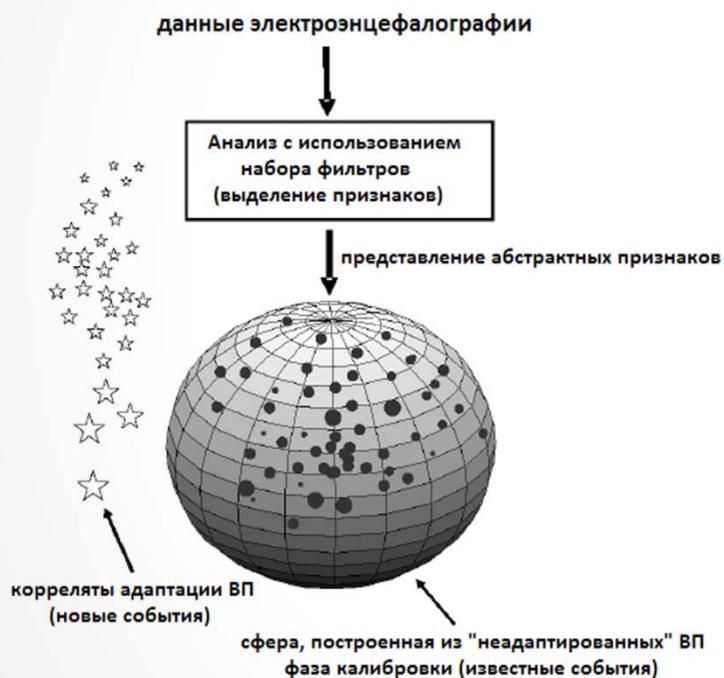
(Долгосрочная) адаптация и объективная оценка уровня дискомфорта



Нейронные корреляты (долгосрочной) адаптации

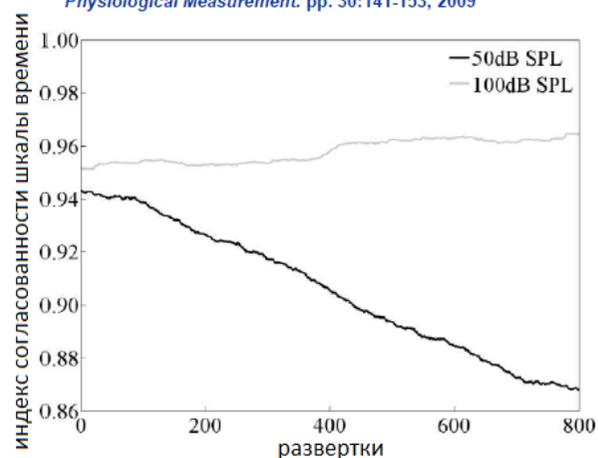


Идея для автоматизированного анализа



Функция громкости

M Mariam, W Delb, Fl. Corona-Strauss, M Bloching, DJ Strauss
 Habituation of Late Latency Auditory Evoked Responses to
 soft and loud stimuli.
Physiological Measurement. pp. 30:141-153, 2009

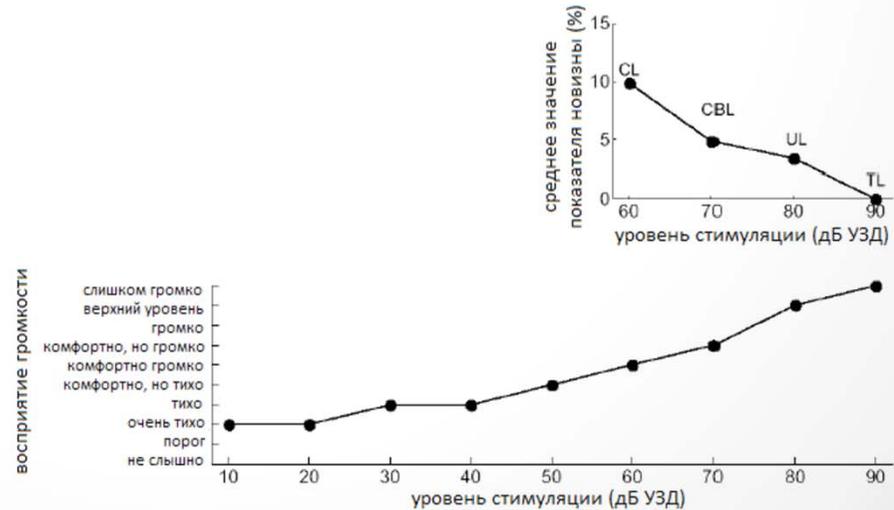
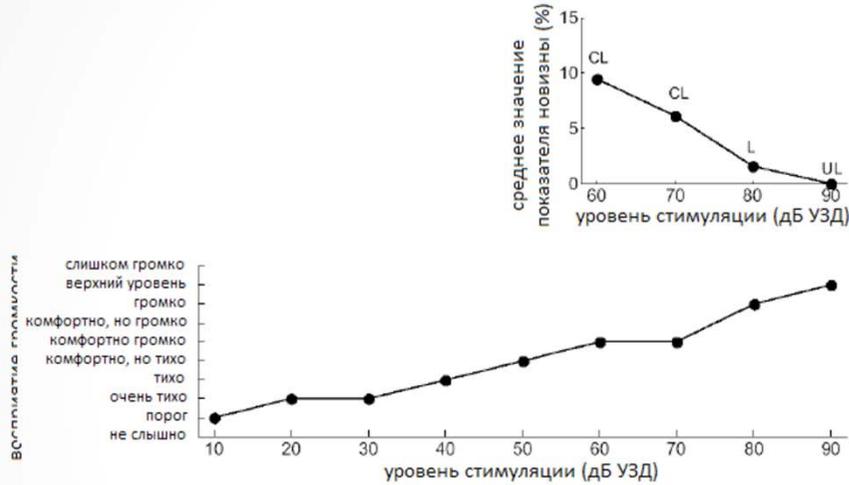


subject	60dB SPL	70dB SPL	80dB SPL	90dB SPL
1	COM. LOUD	COM. LOUD	LOUD	UPPER LEVEL
2	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	UPPER LEVEL	TOO LOUD
3	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	COM. BUT LOUD	LOUD
4	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	COM. BUT LOUD	TOO LOUD
5	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	LOUD	TOO LOUD
6	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	LOUD	TOO LOUD
7	LOUD	UPPER LEVEL	UPPER LEVEL	TOO LOUD
8	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	COM. BUT LOUD	UPPER LEVEL
9	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	COM. BUT LOUD	LOUD
10	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	TOO LOUD	TOO LOUD
11	COM. LOUD	COM. LOUD	LOUD	TOO LOUD
12	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	LOUD	UPPER LEVEL
13	COM. BUT LOUD	LOUD	UPPER LEVEL	TOO LOUD
14	SOFT	COM. BUT SOFT	COM. BUT LOUD	LOUD
15	COM. BUT LOUD	LOUD	UPPER LEVEL	TOO LOUD
16	COM. LOUD	LOUD	UPPER LEVEL	TOO LOUD
17	COM. LOUD	COM. LOUD	COM. LOUD	LOUD
18	COM. BUT SOFT	LOUD	LOUD	UPPER LEVEL
19	COM. BUT LOUD	LOUD	UPPER LEVEL	TOO LOUD
20	COM. BUT SOFT	COM. LOUD	COM. BUT LOUD	UPPER LEVEL

M Mariam, W Delb, B Schick, DJ Strauss
 Objective Electrophysiological Loudness Scaling
Artificial Intelligence in Medicine, pp 55:185-195, 2012

Индивидуальные результаты

M Mariam, W Delb, B Schick, DJ Strauss
Objective Electrophysiological Loudness Scaling
Artificial Intelligence in Medicine, pp 55:185-195, 2012



Перспективы ЭЭГ-диагностики

- Синтез: Количественное моделирование в неврологии
 - Blue Brain Project, Human Brain Project (2013), Obama's Brain Activity Map (2013)
- Анализ: Принцип "одна развертка/одна попытка"
 - Новый подход к распознаванию образов, обработке сигналов и изображений

Конкретные подходы к подбору слуховых аппаратов на основании ЭЭГ

- Объективная оценка дискомфорта уровня звука
 - на основании коррелятов долгосрочной адаптации
- Быстрое и надежное определение порогов слышимости
 - на основании автоадаптации при чирп-стимуляции*



Исследование фазовой синхронизации

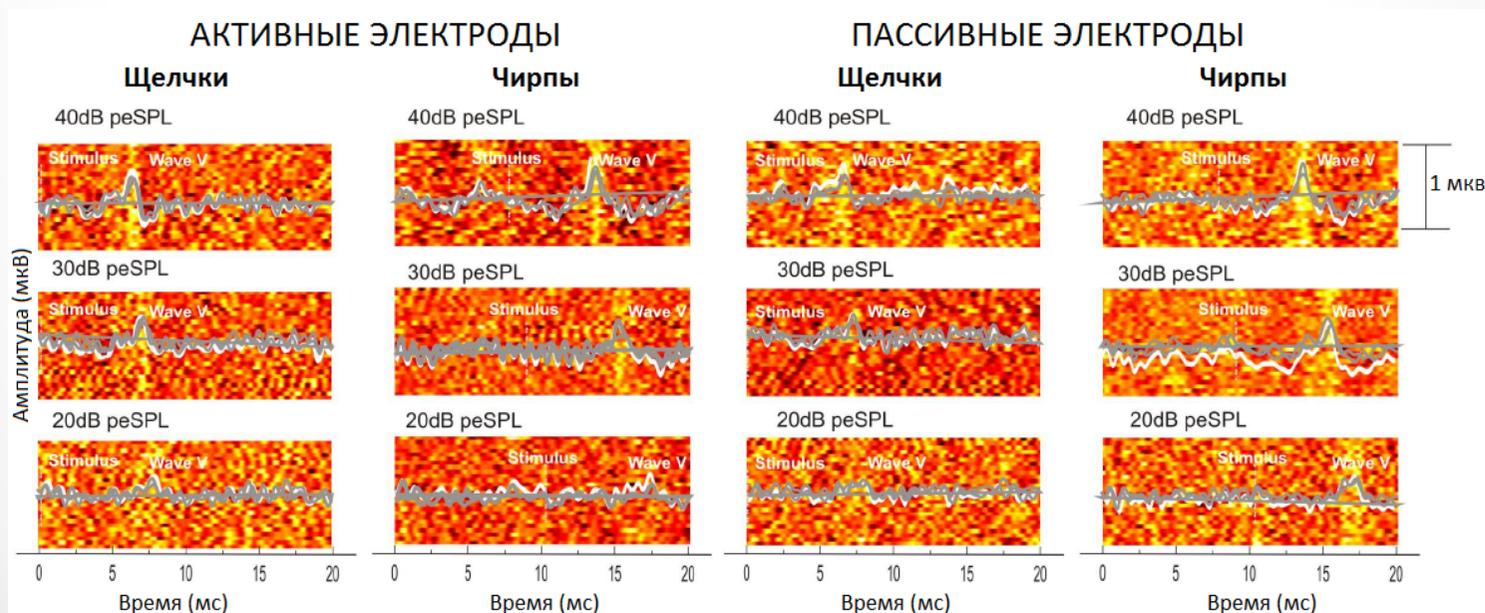
20 пациентов

(24,45±3,8 года, 13 ж/7 м)

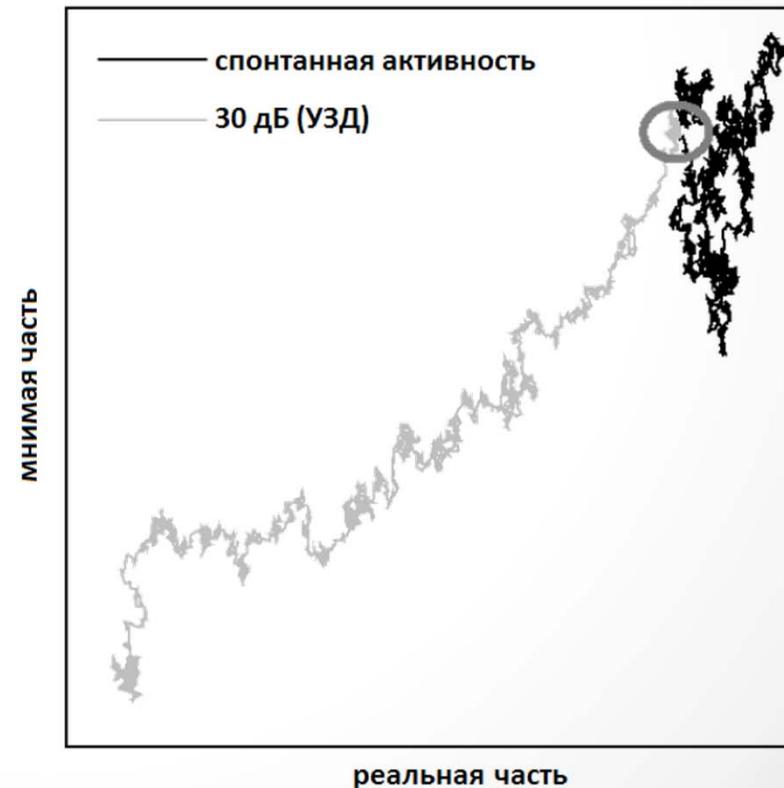
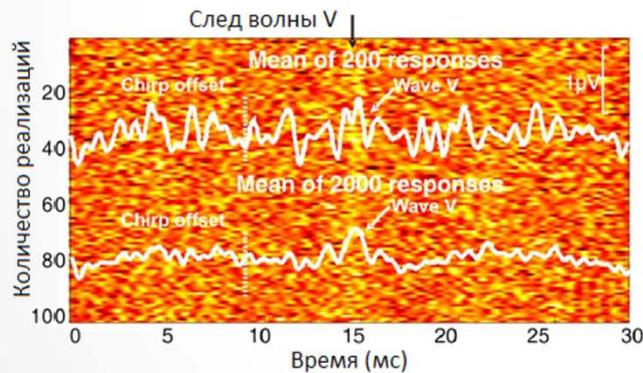
Цель демонстрации:

- Белые и серые линии – усреднения 1000 реализаций.
- Палитра – усреднение 75 реализаций

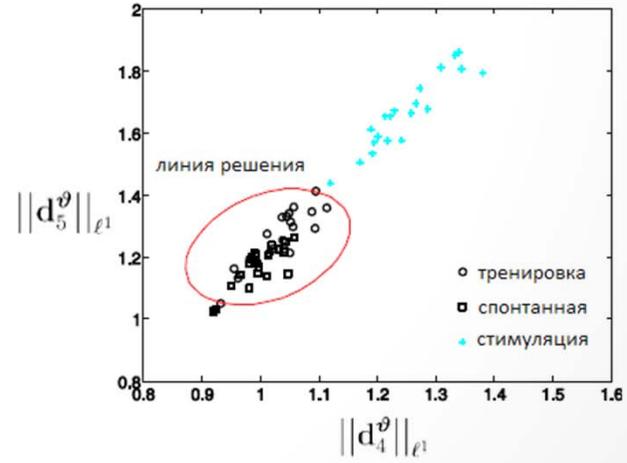
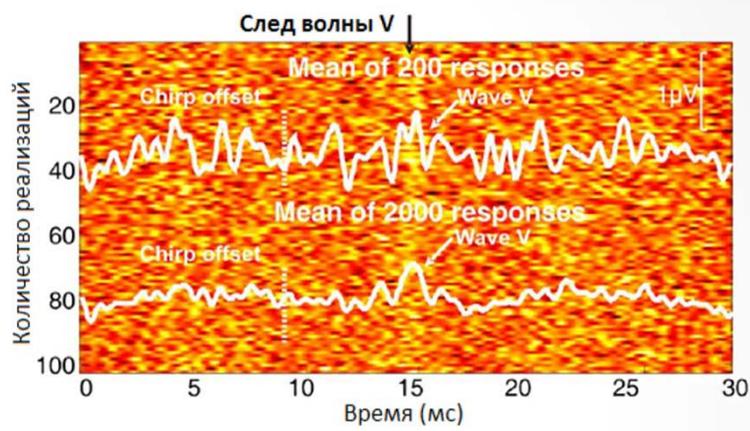
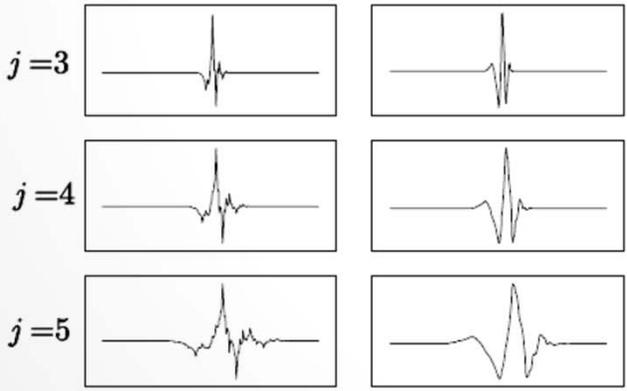
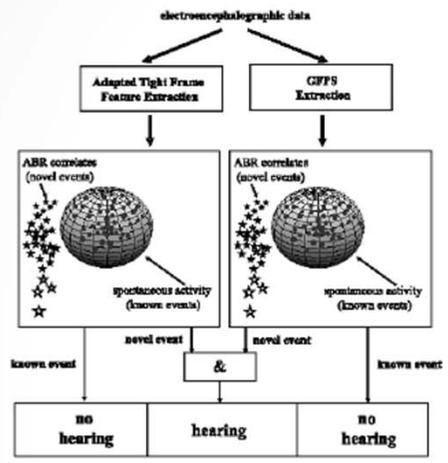
Интенсивность (дБ ПС)	Интервал (мс)
Щелчок 40	[5, 11]
Щелчок 30	[5, 11]
Щелчок 20	[5, 11]
Чирп 40	[10.84, 17.84]
Чирп 30	[12.21, 19.21]
Чирп 20	[13.81, 20.81]



"Случайное блуждание" спонтанной фазы



Самоадаптирующаяся гибридная система



FI Corona-Strauss, B. Schick, W Delb, DJ Strauss,
 A kernel-based novelty detection scheme for the ultra-fast detection of
 chirp evoked Auditory Brainstem Responses. *IEEE EMBC*, pp. 6833-6,
 2010

Примечания к исследованиям

"Быстрое и надежное определение порога слышимости"

- Самокалибровка обеспечивает большую инвариантность относительно условий измерения
- Очень быстро (хорошие результаты уже после 200 реализаций)
- Необходим контроль качества результатов (основные числовые показатели)
- Оценка эффективности у детей все еще продолжается

"Объективная оценка дискомфорта"

- Встраивание результатов, полученных с дискомфортными стимулами и их СВП-коррелятами, в теорию внимания
- Продемонстрирована адаптация к чирпам
- Длительность измерения при частотноспецифичной стимуляции пока слишком велика (4-6 минут на одну частоту)
- Предстоит исследовать у детей



Спасибо за ваше
(эндогенное)
внимание!