

Музыка, тугоухость и кохлеарные ИМПЛАНТЫ

Очередной рубеж

Charles J. Limb, MD

Профессор Francis A. Sooy

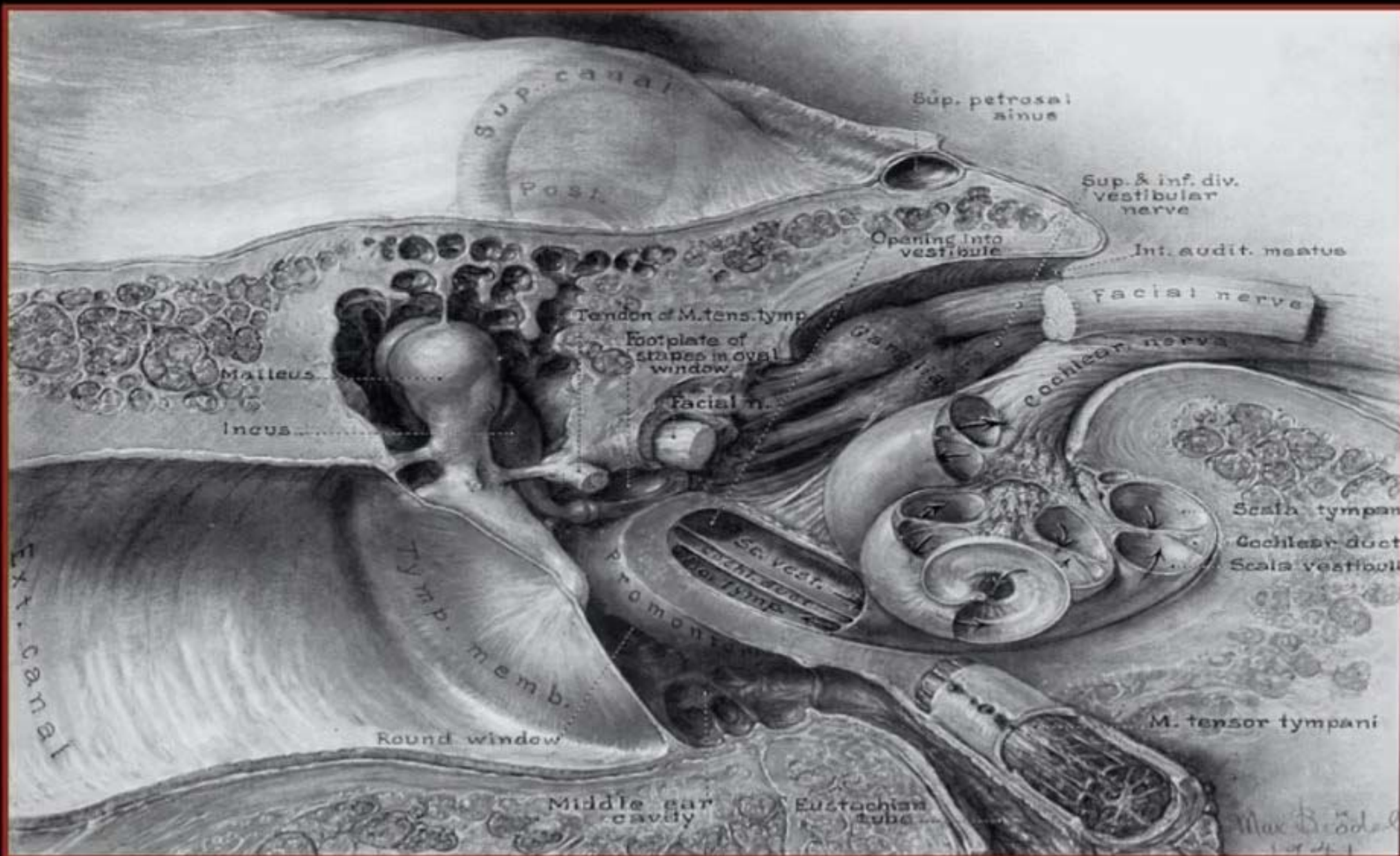
Руководитель направления отологии, отоневрологии и хирургии
основания черепа

Директор Центра кохлеарной имплантации Дугласа Гранта
Кафедра отоларингологии, хирургии головы и шеи и нейрохирургии
Калифорнийский университет в Сан-Франциско
Сан-Франциско (Калифорния, США)

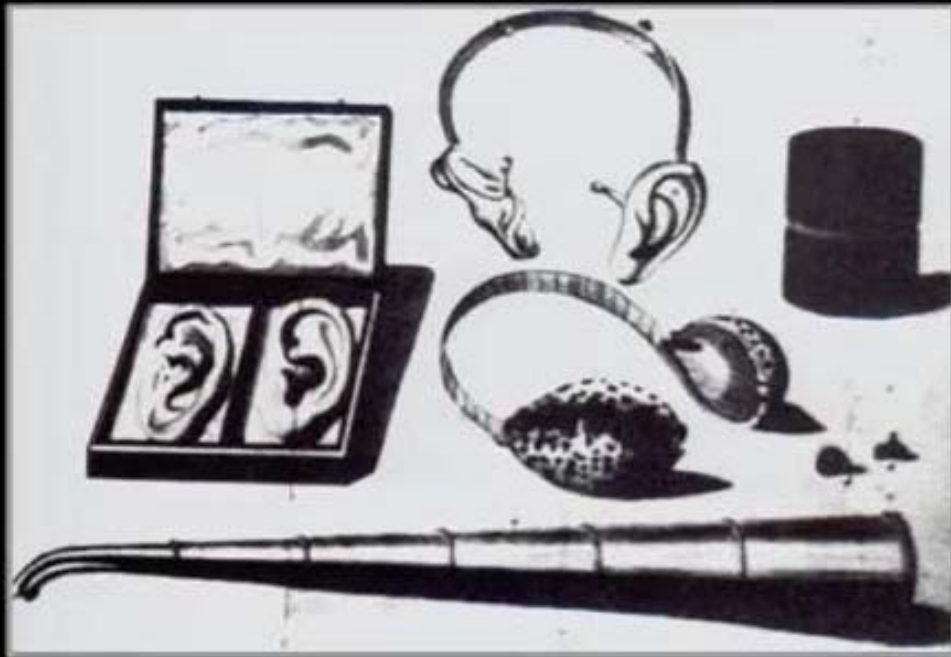
Раскрытие информации

- Advanced Bionics Corporation
 - Консультант (с 2006 г. по настоящее время)
 - Поддержка исследований
- Med-El Corporation
 - Научные гранты (с 2012 г. по настоящее время)
 - Поддержка исследований (2016)
- Oticon Medical
 - Председатель конференции/консультант, кохлеарные импланты и музыка (2016)
- Frequency Therapeutics, Inc.
 - Консультант (2016)

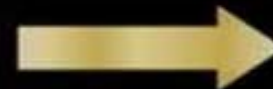
Акустический слух заканчивается в улитке



Эволюция технологий коррекции слуха



1800-е гг.



2000-е гг.

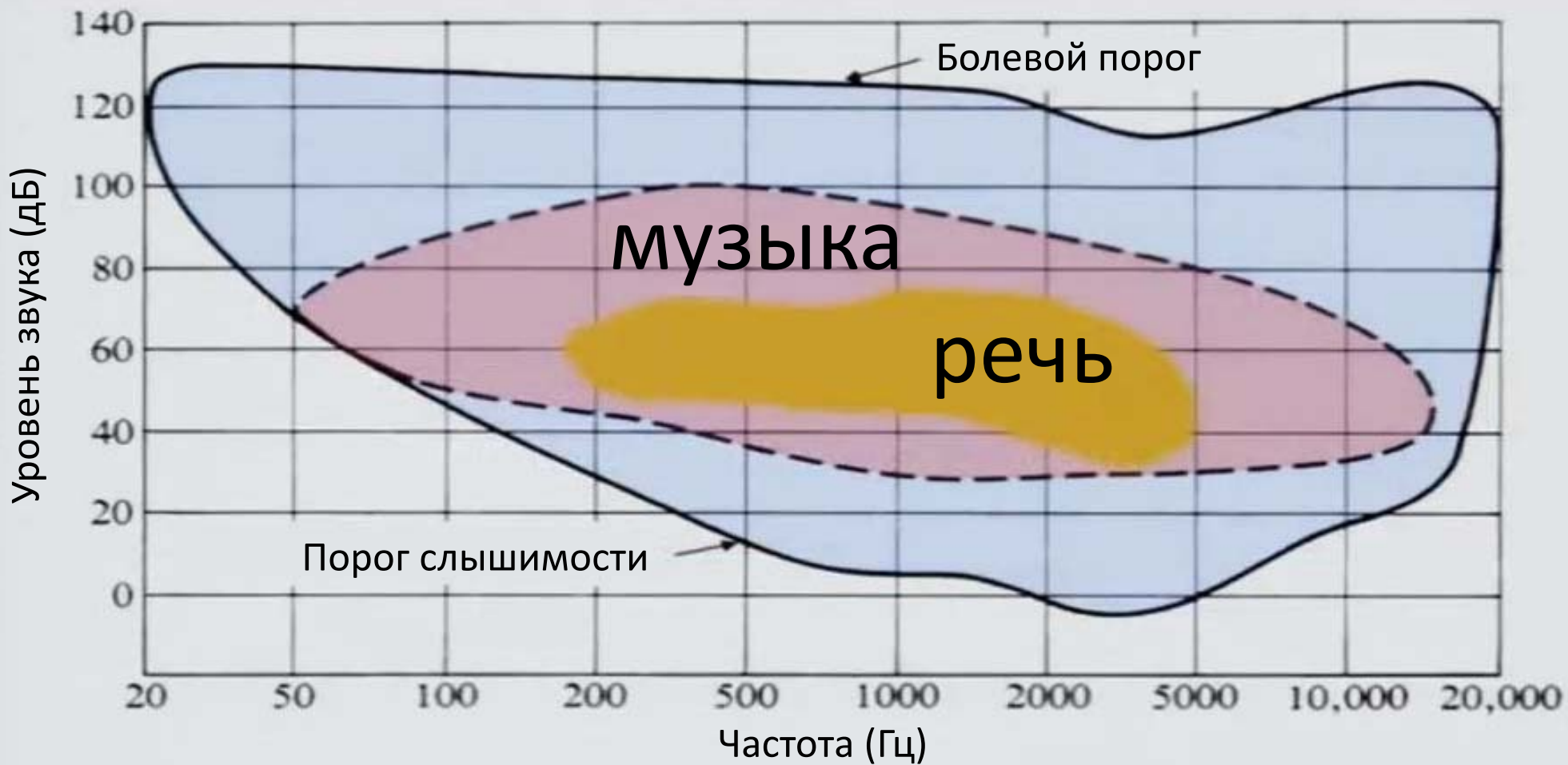
Почему мы говорим о музыке?

- Даже те пользователи кохлеарных имплантов (КИ), которые прекрасно понимают речь и великолепно говорят, достаточно плохо воспринимают музыку
- Зачастую они не в состоянии сказать, что именно они в данный момент слышат



Первый музыкальный инструмент?
Флейта, изготовленная из птичьей кости
Найдена на юге Германии (Гиссенклёстерле)
Возраст около 35'000 лет

Несмотря на успехи в области восприятия речи,
большинство пользователей кохлеарных имплантов
не могут хорошо воспринимать музыку





Музыкальный слух можно развить путем
тренировки и упражнений

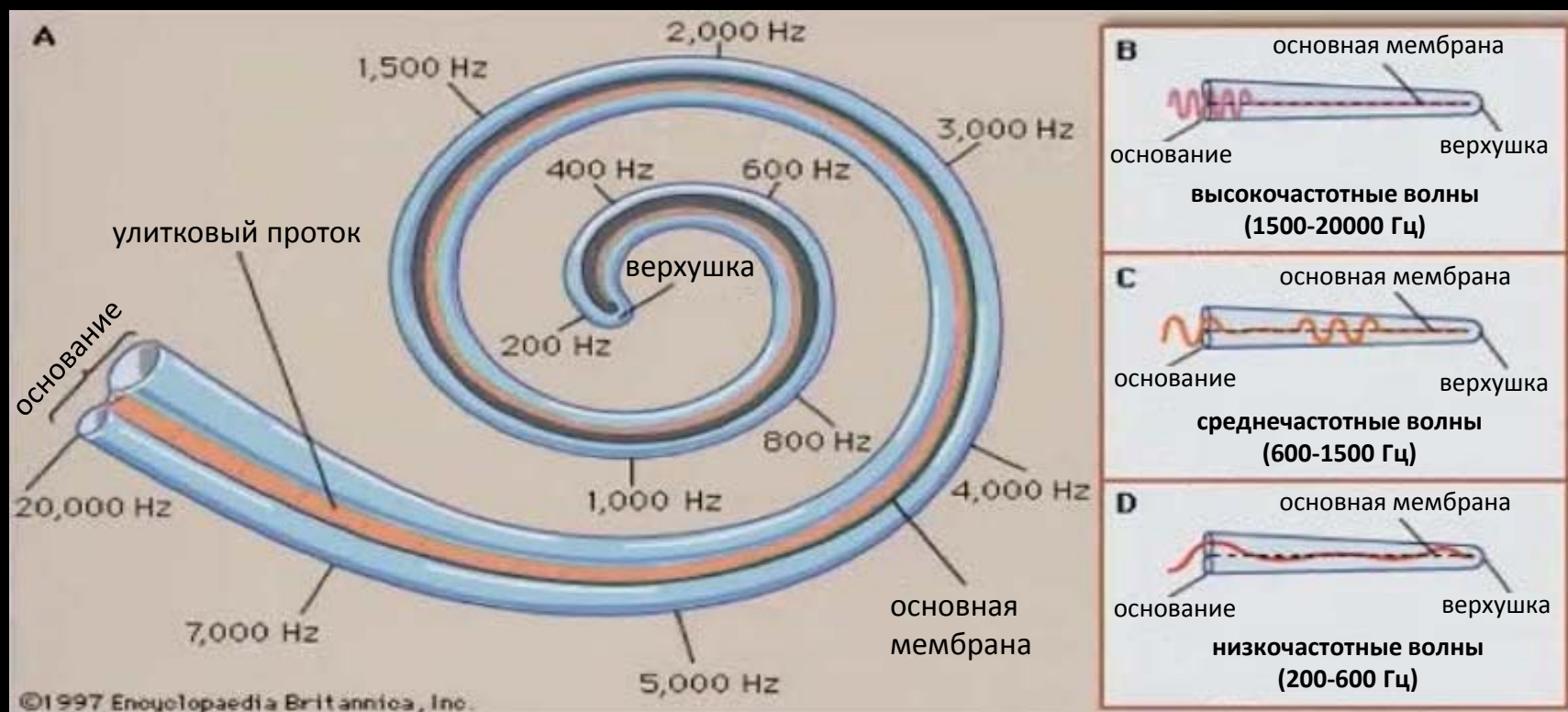
Как воспринимается музыка
пользователем КИ?

Плохо и неточно

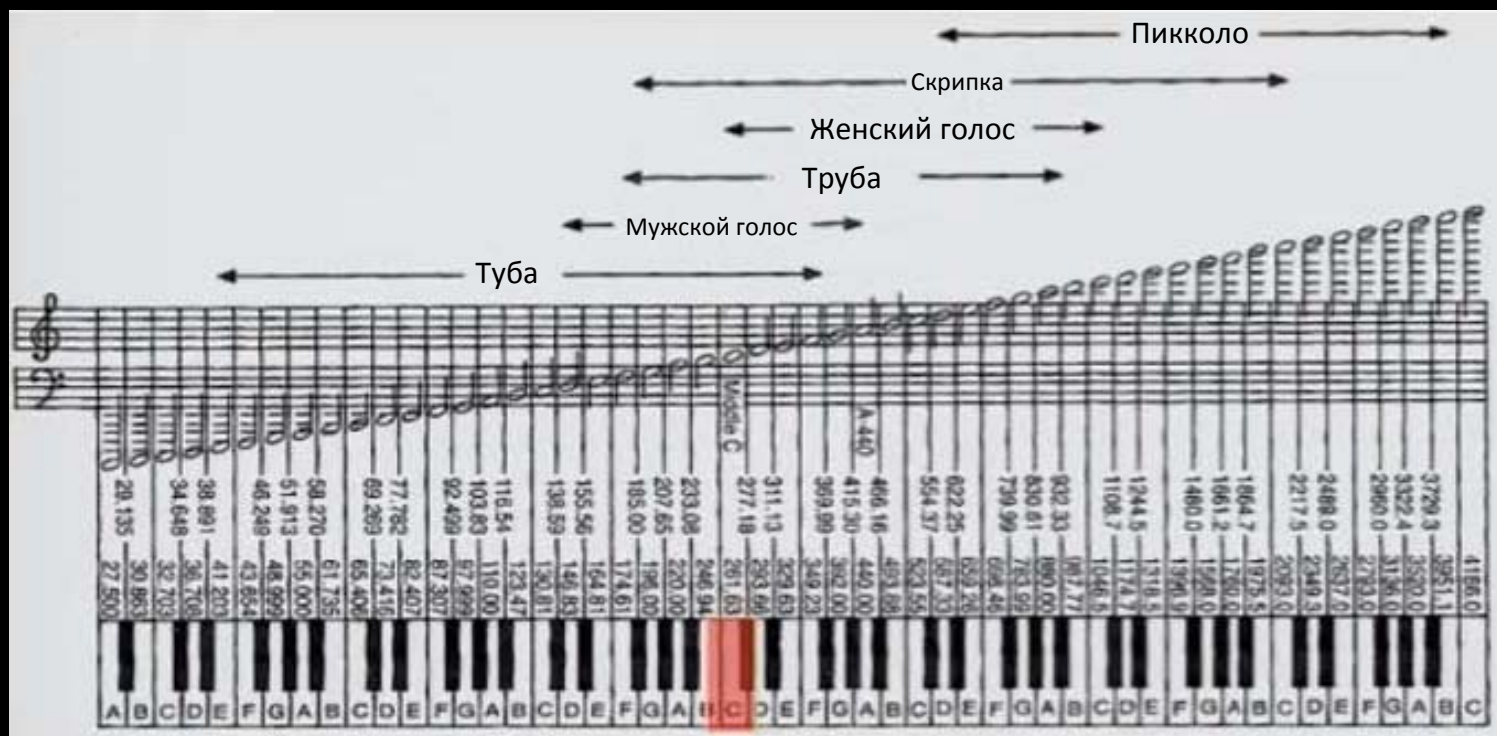
Высота звука кодируется точкой приложения стимуляции в улитке и частотой стимуляции.

При **нормальном** слухе оба механизма действуют совместно.

При **электрическом** слухе происходит рассогласование обоих механизмов.



Ощущение высоты звука является главным препятствием для восприятия музыки пользователями КИ



Разница между нотой "до" средней октавы и ближайшими полутонами составляет около 15 Гц.
У нас не более 20 электродов и, как правило, они стимулируются не одновременно, а последовательно.
Как сохранить эти тонкие различия?

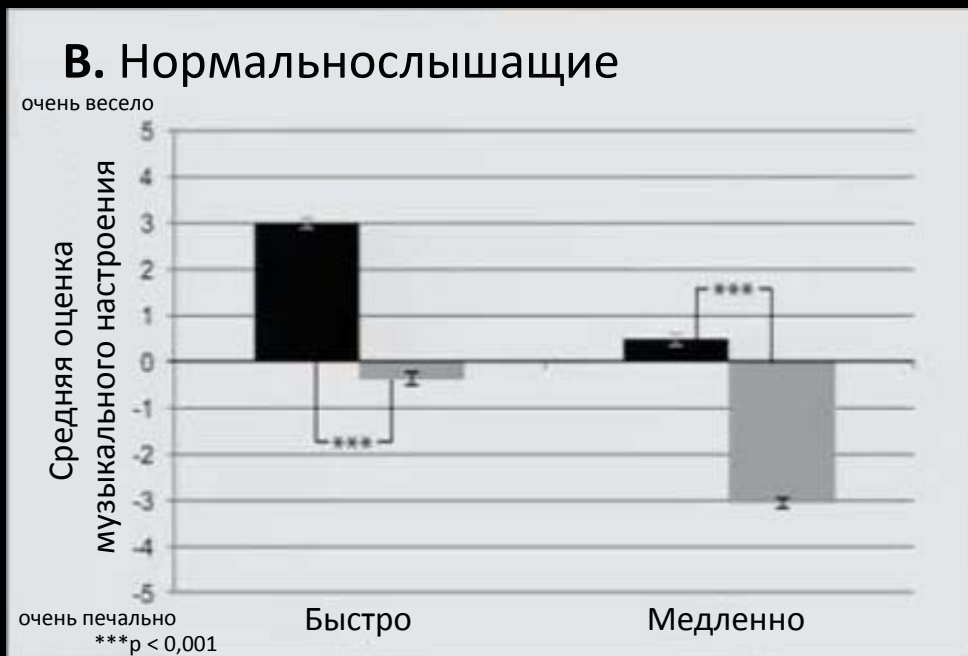
Так должно быть...



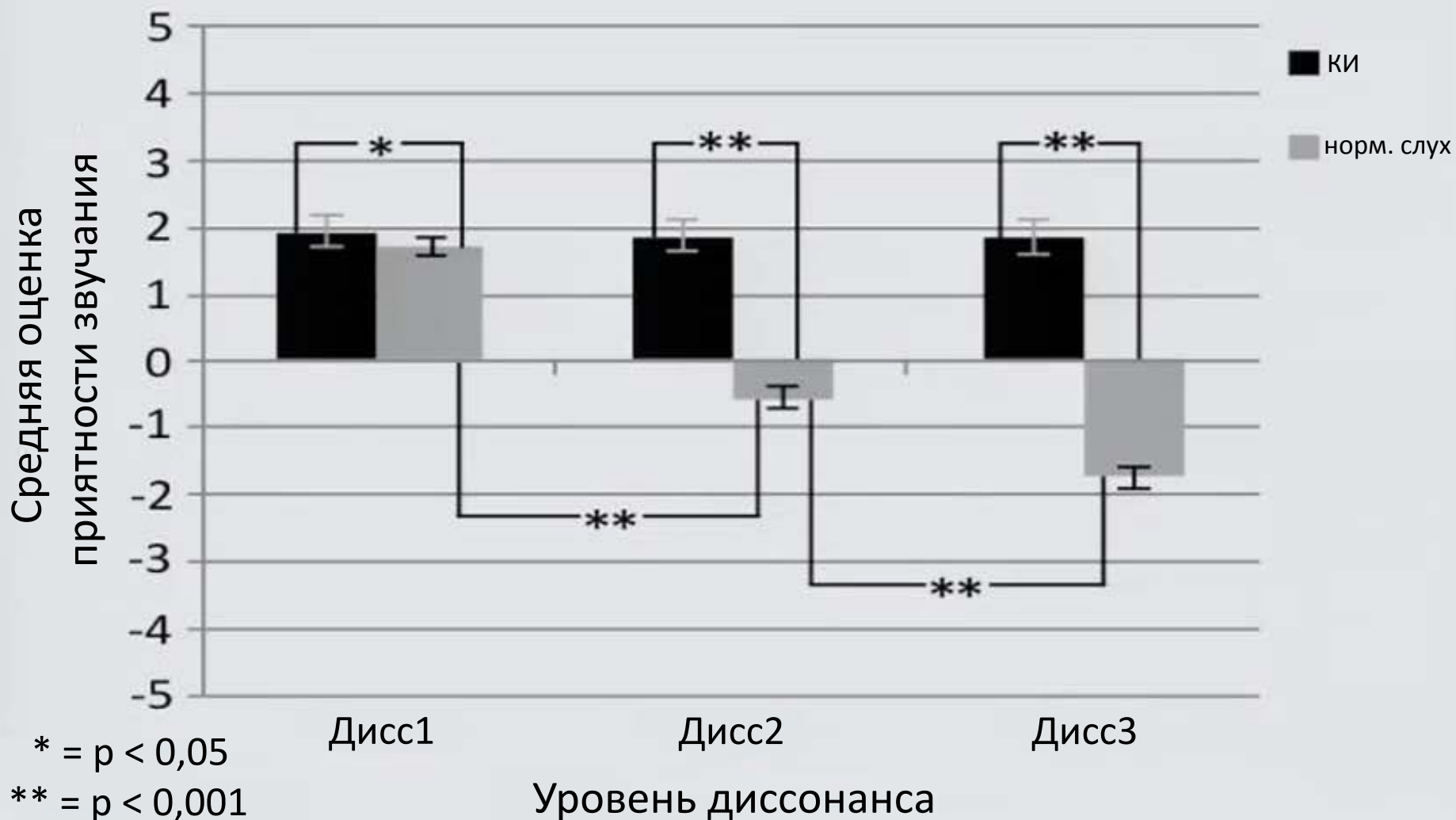
... а вот, что остается после КИ



Для интерпретации музыкальных эмоций пользователи КИ полагаются на темп, а не на лад



Ощущение музыкального диссонанса

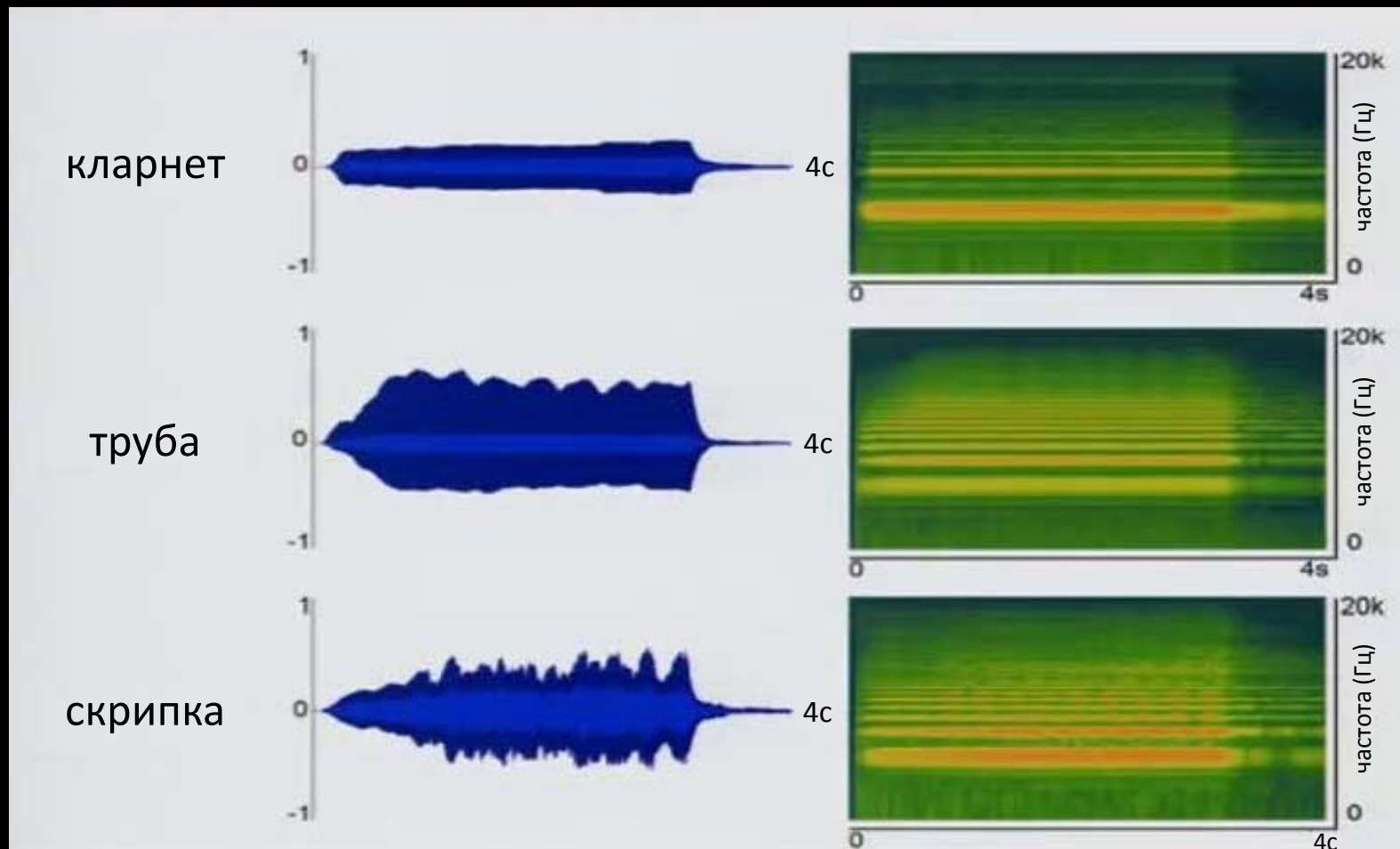


Слияние полифонических звуков

Правильно воспринятые звуки (КИ)				Правильно воспринятые звуки (норм. слух)					
		Воспринятый звук					Воспринятый звук		
		1 тон	2 тона	3 тона			1 тон	2 тона	3 тона
Поданный звук	1 тон	199 69,1%	63 21,9%	26 9,0%	Поданный звук	1 тон	260 90,3%	24 8,3%	2 0,7%
	2 тона	136 47,2%	84 29,2%	67 23,3%		2 тона	63 21,9%	174 60,4%	53 18,4%
	3 тона	112 38,9%	86 29,9%	89 30,9%		3 тона	23 8,0%	122 42,4%	143 49,7%

Нормальнослышащие люди достаточно хорошо различают 1, 2 и 3 тона, поданные одновременно (соответственно, в 90,3% случаев, 60,4% случаев и 49,7% случаев). Аккорд из трех тонов ошибочно принят за 1 тон лишь в 8,0% случаев. Пользователи КИ правильно восприняли предъявление 1, 2 и 3 тонов, соответственно, в 69,1% случаев, 29,2% случаев и 30,9% случаев. Аккорд из трех тонов ошибочно принят за 1 тон в 38,9% случаев.

Способность различать музыкальные инструменты



Пользователи КИ не могут различить звучание этих музыкальных инструментов

Как оценить качество звучания
музыки с точки зрения пользователя
КИ?

Пользователи КИ оценивают качество звучания музыки как низкое

- Пользователи КИ отмечают, что после имплантации музыка стала звучать хуже (*Gfeller и др., 2002; Lassaletta и др., 2008*)
- Качество звука традиционно оценивается путем анкетирования или категоризации (*Lassaletta и др., 2008; Gfeller и др., 2008; Looi и др., 2011*)
- Оценку качества звучания можно использовать как средство, но не как показатель предпочтения или удовольствия от прослушивания



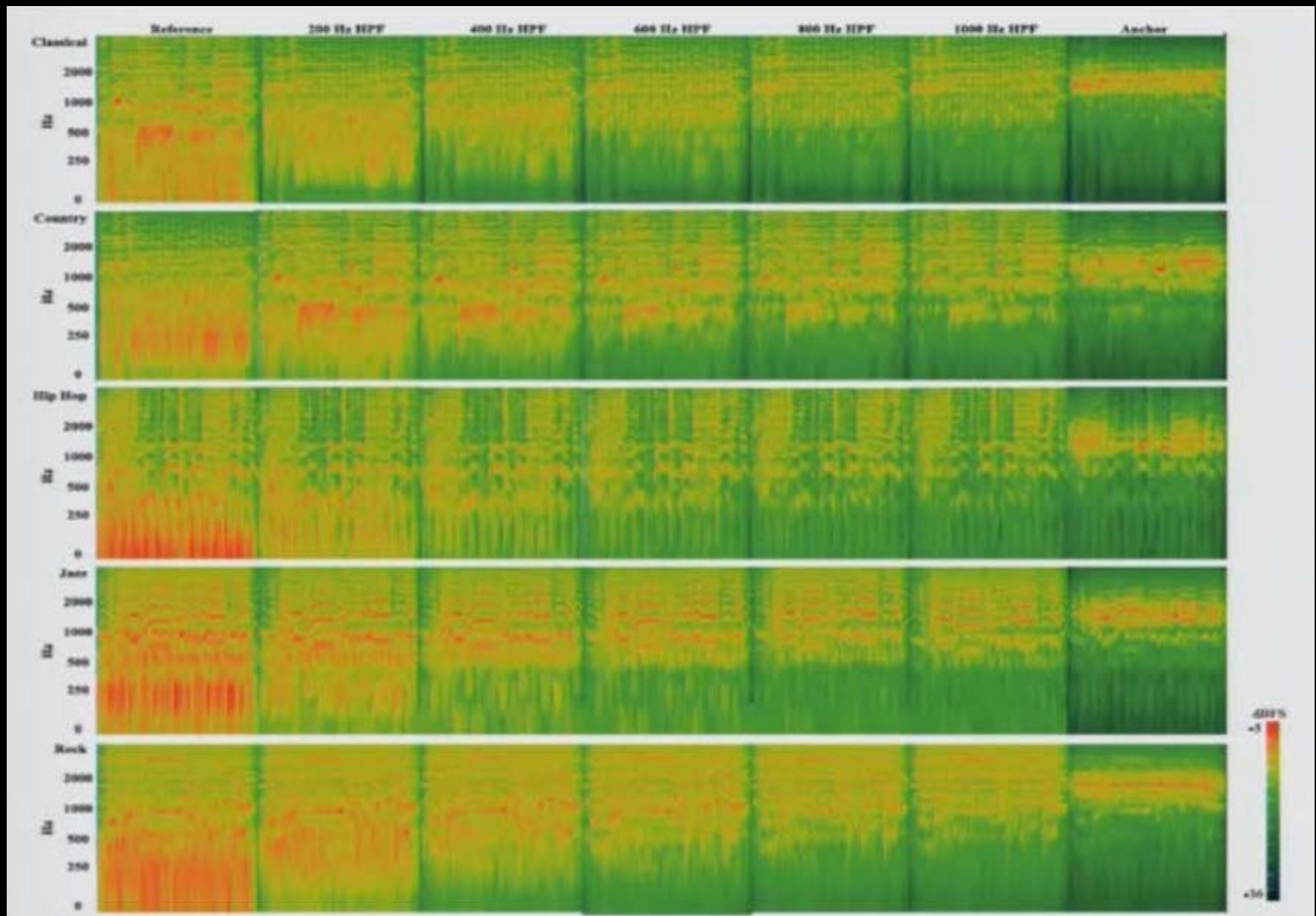
Знатоки легко различают вино стоимостью 5, 50 или 500 долларов за бутылку, тогда как для дилетанта особой разницы нет. Все зависит от тренированности вкусовых и обонятельных рецепторов.

Пользователя КИ можно сравнить с дилетантом, т.к. его слух не натренирован на восприятие музыки.

MUSHRA: методика субъективной оценки качества аудиозаписи

- 25 музыкальных отрывков с прогрессивным ухудшением качества:
 - Например: удаление низких частот
 - Референтный стимул (высококачественная аудиозапись)
 - Нижняя граница полосы пропускания 200 Гц
 - 400 Гц
 - 600 Гц
 - 800 Гц
 - 1000 Гц
 - Максимум искажений (полосовая фильтрация 1000-1200 Гц)



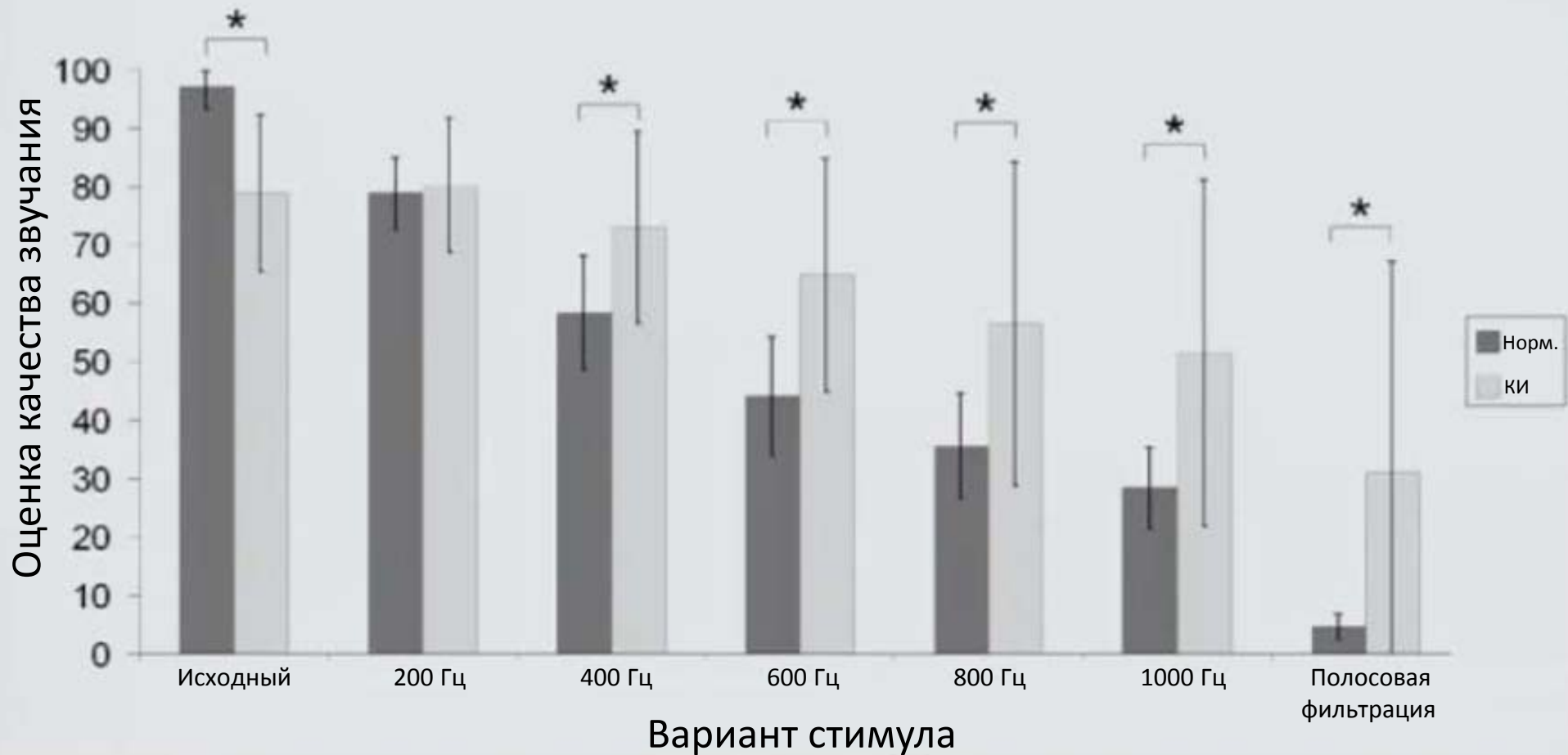


Слева направо в каждом ряду: постепенное повышение нижней границы полосы пропускания фильтра. Крайняя правая спектрограмма в каждом ряду: полосовая фильтрация

Интерфейс MUSHRA



Перемещением каждого вертикального ползунка оценивается воспринимаемое качество одного из 25 музыкальных отрывков, относящихся к одному из 5 жанров: поп/рок, кантри, джаз, классика, хип-хоп.



Нормальнослышащие замечают постепенную утрату басов гораздо лучше, чем пользователи КИ



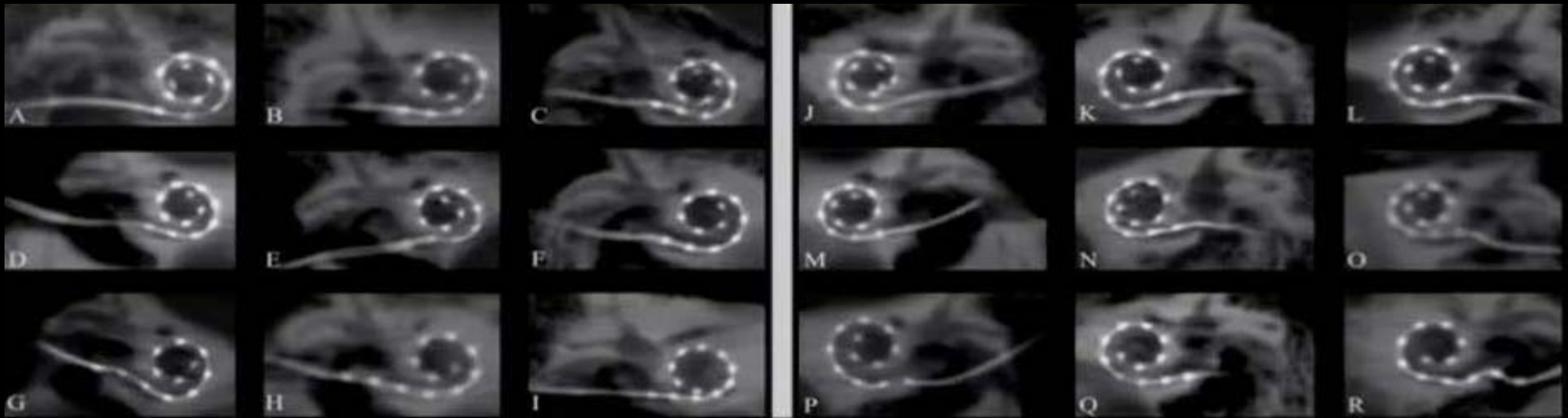
Бетховен написал 9-ю симфонию будучи практически глухим. Это пример того, как "музыкально натренированный" мозг способен воспринимать музыку даже при отсутствии слуха.

Как можно улучшить восприятие музыки пользователями КИ?

- Изменить КИ
- Изменить мозг
- Изменить музыку

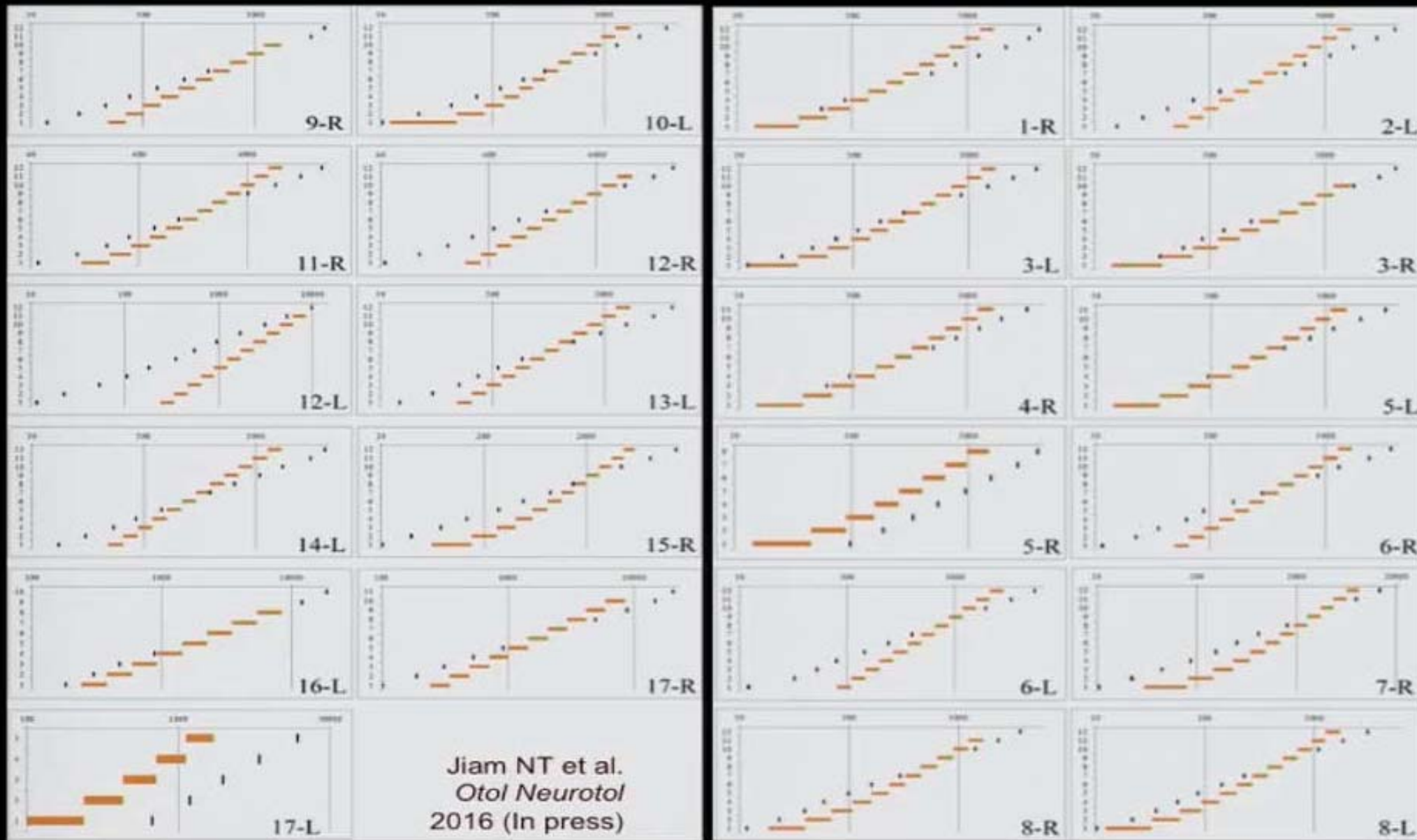
Можно ли настроить КИ на
восприятие музыки?

Плоско-панельные томограммы электродов, введенных в улитку

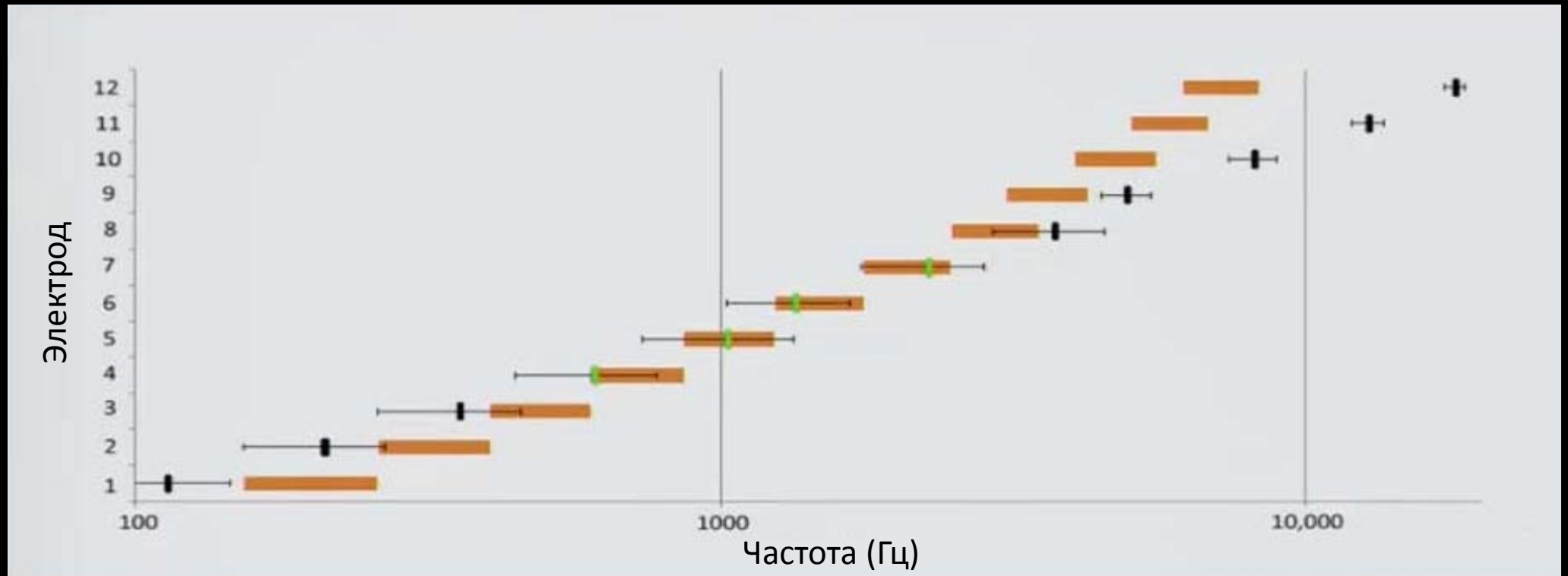


Введенные в улитку электроды располагаются весьма произвольно. Хирург никогда не может точно сказать, где находится тот или иной контакт электрода.

Расхождения между реальными и расчетными частотно-топическими картами электродов



Частотно-топические расхождения возрастают в области апикальных и базальных электродов



Можно снимать высокоразрешающие сканы улитки с установленным имплантом, отмечать, где находится тот или иной контакт электрода и соответственно корректировать карту настройки

Тренировка мозга



Глухая белая кошка с модифицированным
кохлеарным имплантом



Рентгенограмма головы кошки показывает, что в улитке находятся 6 электродных контактов (1-й электрод отмечен белой стрелкой)

Кошку приучили к тому, что лишь одна определенная мелодия, исполняемая одним определенным музыкальным инструментом, означает приглашение к кормлению



Бетховен: никакой реакции



Чайковский: продолжает дремать

Предоставлено лабораторией Рууго, Центр исследования слуха



Сигнал побудки (труба): пора действовать!

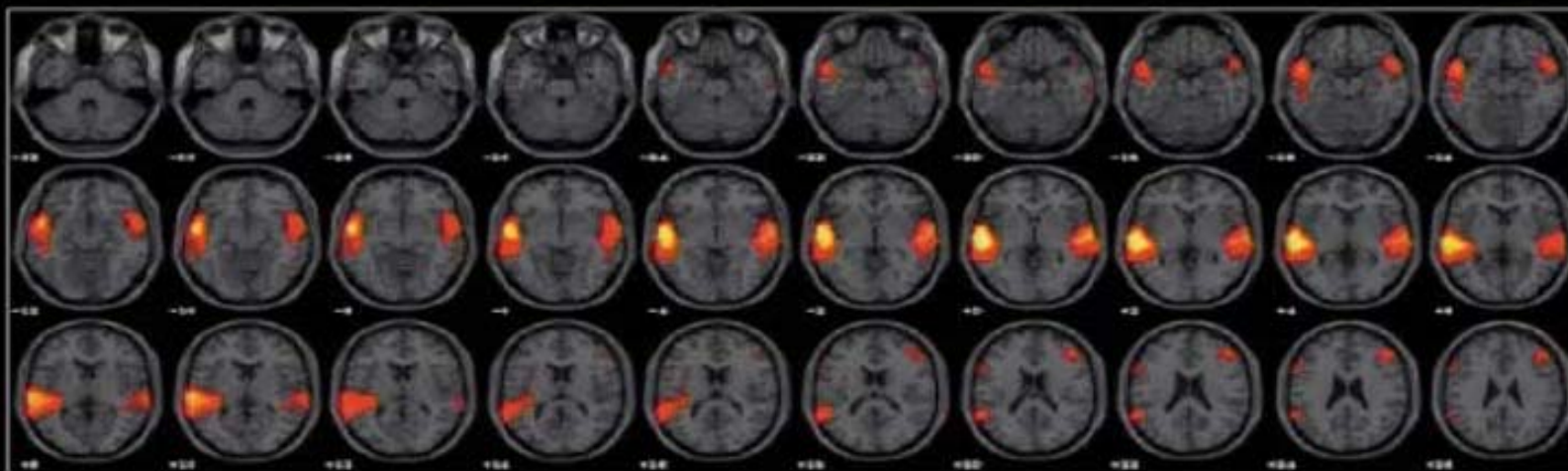
Предоставлено лабораторией Ruigo, Центр исследования слуха

Позитронно-эмиссионная томография

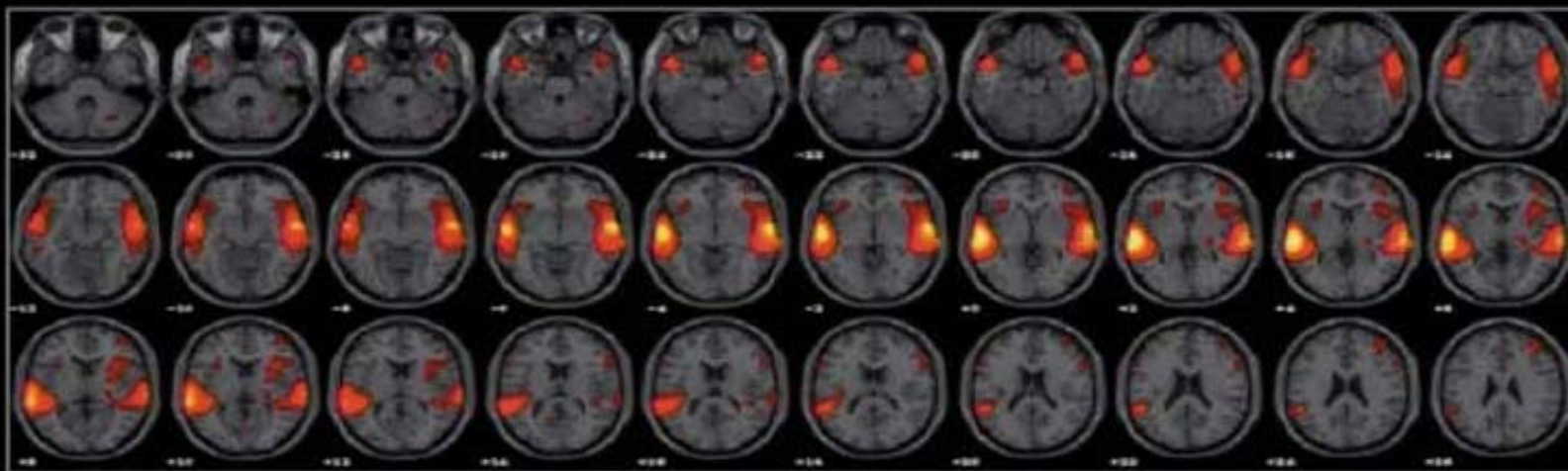


Похож ли слух с КИ на обычный слух?

Нормально-
слышащие

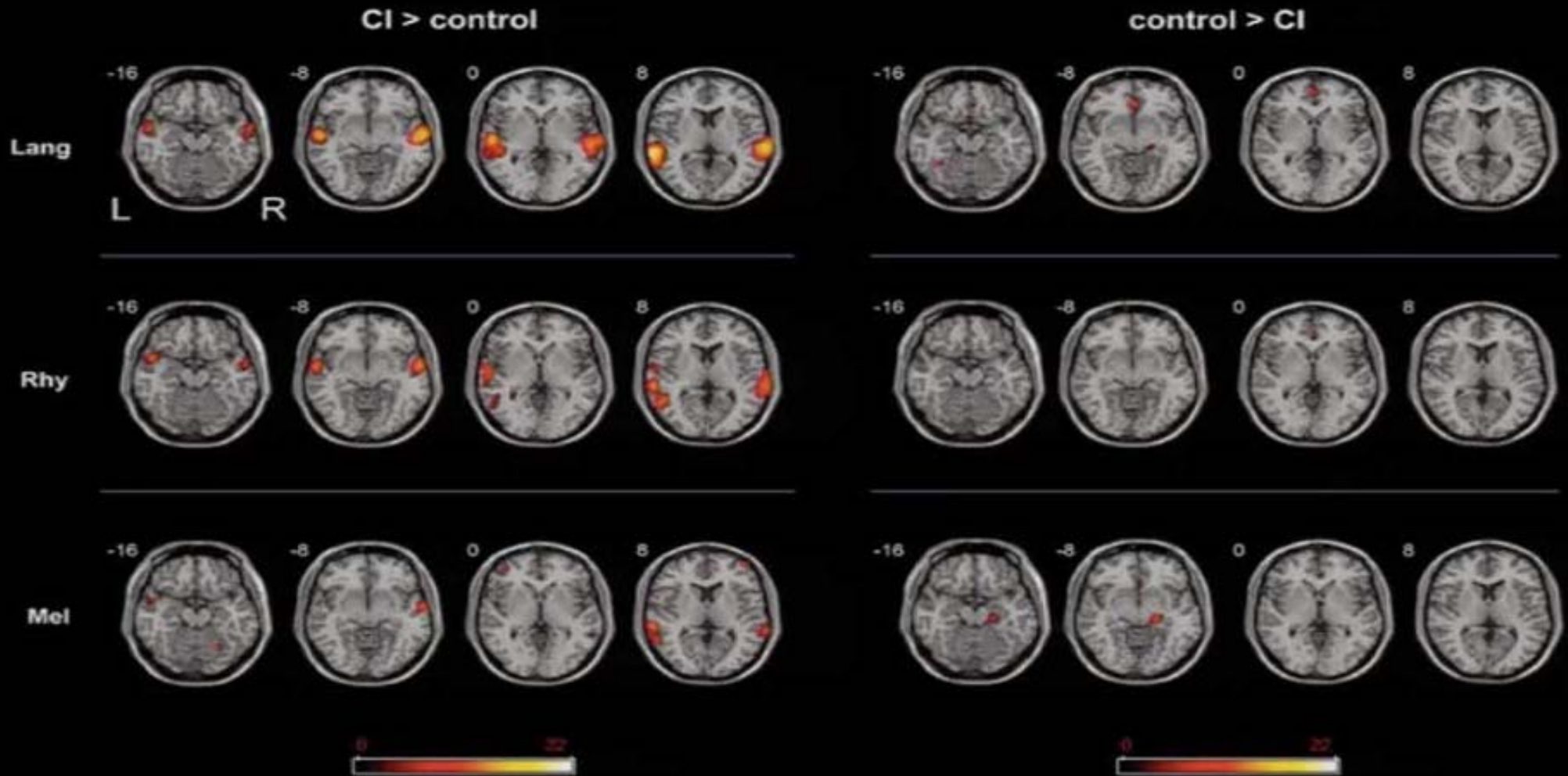


Пользователи КИ



Согласно данным позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), у нормальнослышащих и пользователей КИ активируются одни и те же зоны коры головного мозга

10 постлингвально оглохших пользователей КИ и
10 людей с нормальным слухом (контроль)



Одни и те же речевые стимулы вызывают у пользователей КИ бóльшую активацию коры головного мозга по сравнению с нормальнослышащими

Специальные музыкальные занятия для пользователей КИ



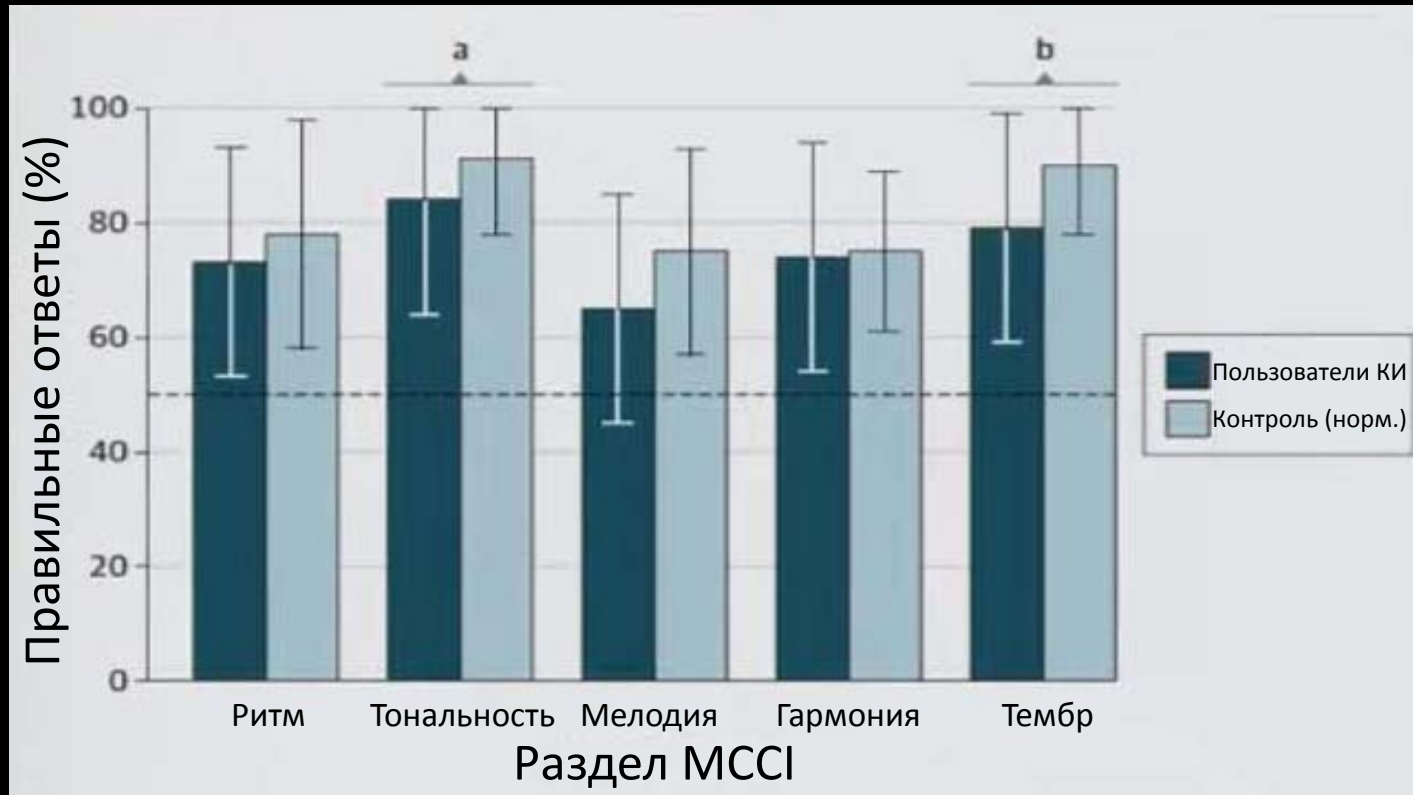
Программа "Музыка для детей с кохлеарными имплантами" (МССИ)

Одним из элементов этой программы является проигрывание одинаковых и различающихся пар музыкальных отрывков. Цель: постепенно научить ребенка замечать различия

Пары музыкальных отрывков

	Одинаковые	Разные
 "Jumper" Pitch		
 "Quacky" Melody		
 "Fuzzy" Harmony		
 "Sparky" Timbre (Flute vs flute)		
 "Rainbow"		

Средние показатели детей, прошедших специальную музыкальную тренировку, по каждому из разделов программы МССИ



Группы состояли из 10 детей с КИ и 10 детей с нормальным слухом. Пунктирная линия соответствует угадыванию (50/50).

Вертикальными отрезками обозначено 1 стандартное отклонение от среднего значения.

^ap = 0,07

^bp = 0,02

Выводы

- Музыка – это кульминация слуха
- У пользователей КИ отмечаются критические нарушения восприятия тональности, тембра и качества звука
- Это обусловлено недостатками технологии КИ, не выявляемыми при обычном обследовании
- Кохлеарные импланты "расстроены" с музыкальной точки зрения
- Нам предстоит работа по усовершенствованию конструкции КИ, стратегий обработки сигнала, обучения музыке и даже самой музыки

Автор благодарит:

- Медицинский факультет Университета Джона Хопкинса
- Фонд Dana
- Институт исследования мозга
- Национальный фонд искусств
- Музыкальную консерваторию Пибоди
- Калифорнийский университет в Сан-Франциско
- Балтиморский симфонический оркестр
- Джазовый центр Сан-Франциско
- Музыкальную консерваторию Сан-Франциско
- Компанию Advanced Bionics
- Компанию Cochlear
- Компанию Med-El
- Компанию Oticon

Автор благодарит:

- Judy Doong
 - Alice He
 - Nicole Jiam
 - Tina Munjal
- Meredith Caldwell
- Patpong Jiradejvong
 - Joseph Heng
- Mickael Deroche
- Gabe Donnay
- Stephen Dunlap
- Diane Hwang
 - Irene Kim
- Matthew Sachs
- Karen Barrett Chan
- Nicholas Ryugo
- Gabriela Cantarero
- Monica Lopez-Gonzalez
- Lindsay Scattergood
 - Jonathan Zwi
 - Juan Huang
- Michael Williams
- Patrick Donnelly
- Summer Rankin
- Malinda McPherson
- Andrew Landau
- Fred Barrett
- Alexis Roy
- Melanie Gilbert

Музыка, тугоухость и кохлеарные ИМПЛАНТЫ

Очередной рубеж

Charles J. Limb, MD

Профессор Francis A. Sooy

Руководитель направления отологии, отоневрологии и хирургии
основания черепа

Директор Центра кохлеарной имплантации Дугласа Гранта
Кафедра отоларингологии, хирургии головы и шеи и нейрохирургии
Калифорнийский университет в Сан-Франциско
Сан-Франциско (Калифорния, США)