

---

Слышать или догадываться?  
Эффективность современных  
беспроводных технологий в отношении  
разборчивости речи в шуме

Jace Wolfe, PhD

17 июня 2016 г.

# Коллектив Hearts for Hearing

## Аудиологи

Jace Wolfe, Ph.D., CCC-A

Krystal Hudgens, AuD

Sara Neumann, AuD

Mila Duke, AuD

Elizabeth Musgrave, AuD

Rachel Magann-Faivre, AuD

Johnna Wallace, AuD

Sarah Cain, AuD

Emily Mills, AuD

Jared Battles, B.S., соискатель AuD

## Сурдопедагоги

Joanna T. Smith, M.S., CCC-SLP, LSLS Cert. AVT

Tamara Elder, M.S. CCC-SLP, LSLS Cert. AVT

Darcy Stowe, M.S. CCC-SLP, LSLS Cert. AVT

Lindsay Hannah, M.S., CCC-SLP, LSLS Cert. AVT

Carly Graham, M.S., CCC-SLP, LSLS Cert. AVT

Casey Banks, M.S., CCC-SLP

Jenn Bryngelson, CCC-SLP

Tessa Hixon, M.S., CCC-SLP

Parker Wilson, M.S., CCC-SLP

## Внештатный сотрудник

Erin C. Schafer, Ph.D., CCC-A, Университет Северного Техаса

## Другие члены команды

Kris Hopper      Kerri Brumley      Pati Burns

Sherry Edwards      Susan LaFleur      Megan Miller

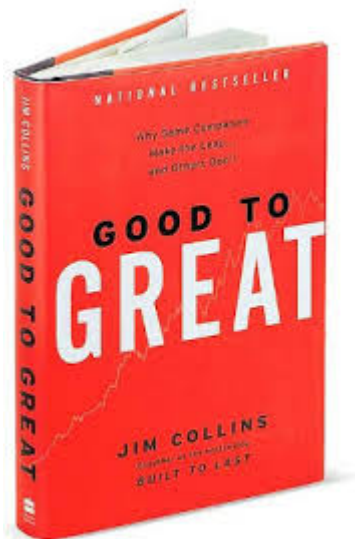
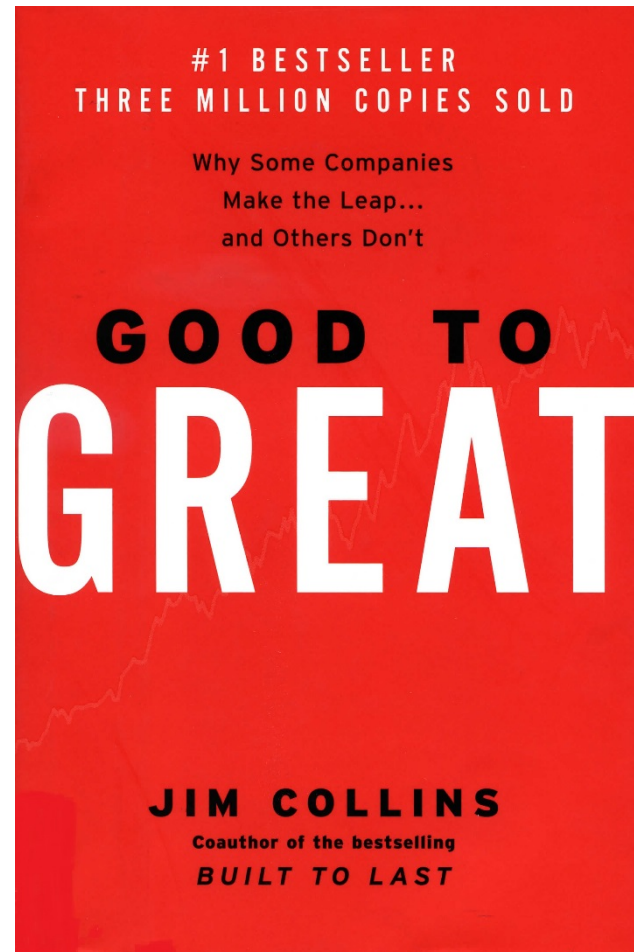
Reyna Romero      Kristi Murphy      Christian Boone

Kelsey Kuehn      Verneda Osborne      Rachel Odor

Jackie Keathly      Sabrina Calise      Rocio Portillo

Julie Serven      Diane Ward



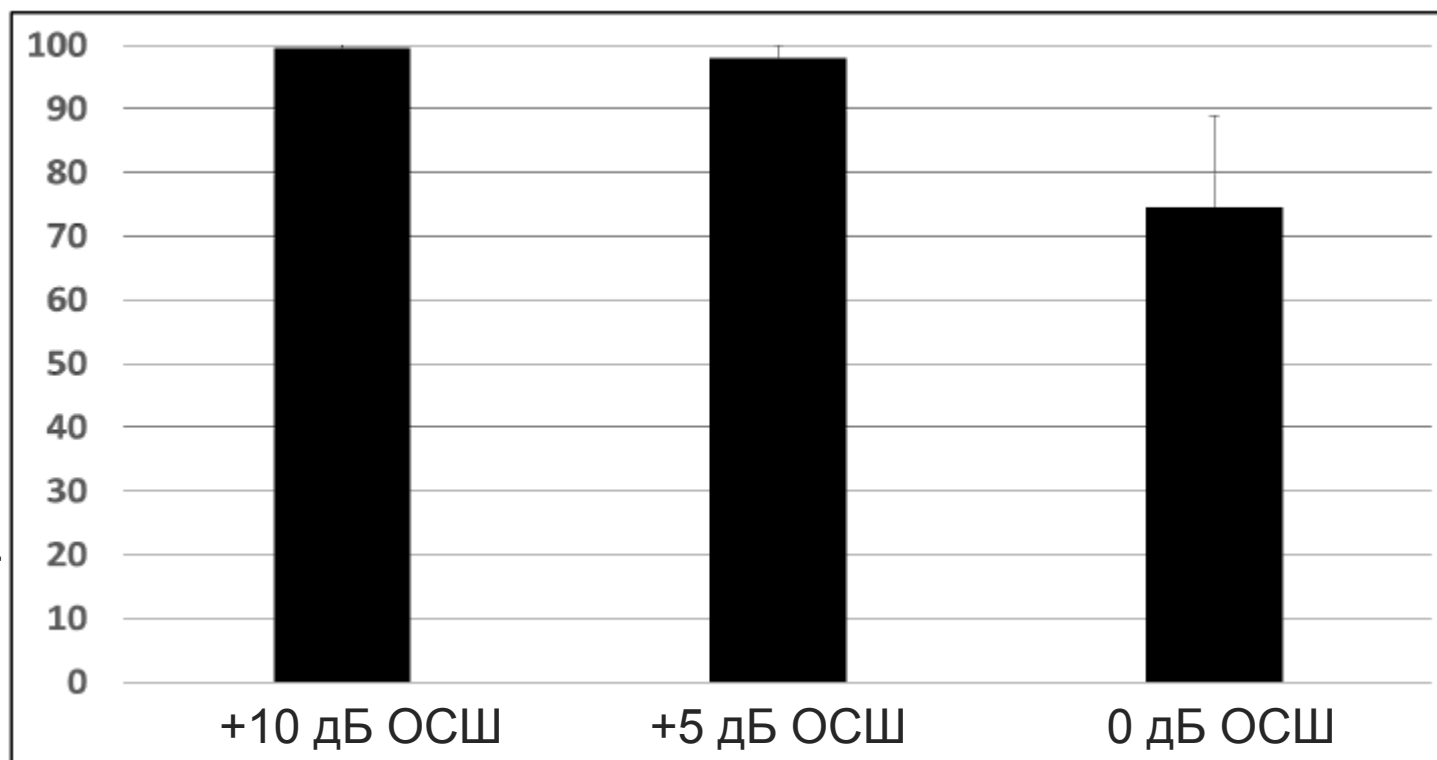


*Хорошее – враг отличного.*

# Что значит «отлично»?

Тест распознавания фразовой речи AzBio  
% правильных ответов

Wolfe и соавт., 2015, неопубликованные данные



n = 10 молодых нормальнослышащих взрослых

# Не совсем отлично...

J Am Acad Audiol 23:501-509 (2012)

## List Equivalency of the AzBio Sentence Test in Noise for Listeners with Normal-Hearing Sensitivity or Cochlear Implants

DOI: 10.3766/jaaa.23.7.2

Erin C. Schafer\*  
Jody Pogue\*  
Tyler Milrany\*

### Abstract

**Background:** Speech recognition abilities of adults and children using cochlear implants (CIs) are significantly degraded in the presence of background noise, making this an important area of study and assessment by CI manufacturers, researchers, and audiologists. However, at this time there are a limited number of fixed-intensity sentence recognition tests available that also have multiple, equally intelligible lists in noise. One measure of speech recognition, the AzBio Sentence Test, provides 10-talker babble on the commercially available compact disc; however, there is no published evidence to support equivalency of the 15-sentence lists in noise for listeners with normal hearing (NH) or CIs. Furthermore, there is limited or no published data on the reliability, validity, and normative data for this test in noise for listeners with CIs or NH.

**Purpose:** The primary goals of this study were to examine the equivalency of the AzBio Sentence Test lists at two signal-to-noise ratios (SNRs) in participants with NH and at one SNR for participants with CIs. Analyses were also conducted to establish the reliability, validity, and preliminary normative data for the AzBio Sentence Test for listeners with NH and CIs.

**Research Design:** A cross-sectional, repeated measures design was used to assess speech recognition in noise for participants with NH or CIs.

**Study Sample:** The sample included 14 adults with NH and 12 adults or adolescents with Cochlear Freedom CI sound processors. Participants were recruited from the University of North Texas clinic population or from local CI centers.

**Data Collection and Analysis:** Speech recognition was assessed using the 15 lists of the AzBio Sentence Test and the 10-talker babble. With the intensity of the sentences fixed at 73 dB SPL, listeners with NH were tested at 0 and -3 dB SNRs, and participants with CIs were tested at a +10 dB SNR. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to analyze the data.

**Results:** The primary analyses revealed significant differences in performance across the 15 lists on the AzBio Sentence Test for listeners with NH and CIs. However, a follow-up analysis revealed no significant differences in performance across 10 of the 15 lists. Using the 10, equally-intelligible lists, a comparison of speech recognition performance across the two groups suggested similar performance between NH participants at a -3 dB SNR and the CI users at a +10 dB SNR. Several additional analyses were conducted to support the reliability and validity of the 10 equally intelligible AzBio sentence lists in noise, and preliminary normative data were provided.

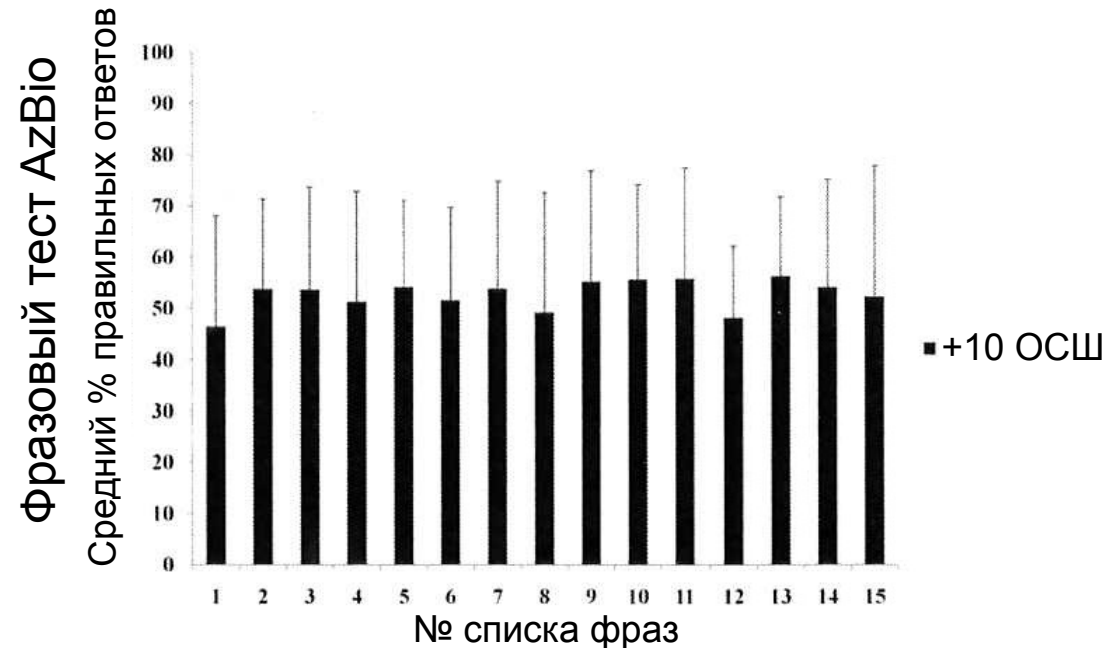
**Conclusions:** Ten lists of the commercial version of the AzBio Sentence Test may be used as a reliable and valid measure of speech recognition in noise in listeners with NH or CIs. The equivalent lists may be used for a variety of purposes including audiological evaluations, determination of CI candidacy, hearing aid and CI programming considerations, research, and recommendations for hearing assistive technology. In addition, the preliminary normative data provided in this study establishes a starting point for the creation of comprehensive normative data for the AzBio Sentence Test.

\*Department of Speech and Hearing Sciences, University of North Texas

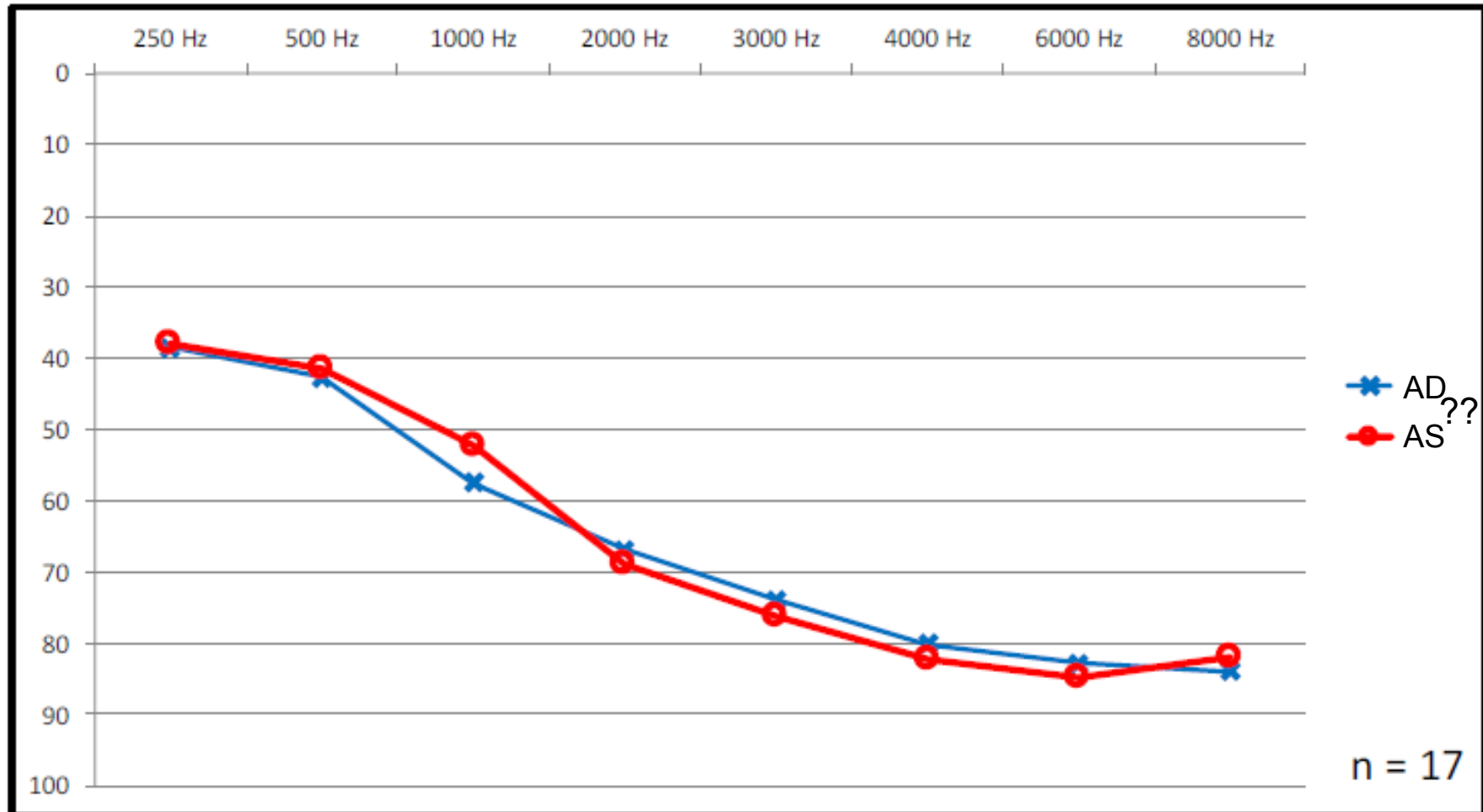
Erin C. Schafer, 1155 Union Circle #305010, Denton, TX 76203-5017; Phone: 940-369-7433; Fax: 940-565-4058; E-mail: Erin.Schafer@unt.edu

Preliminary data from this study was presented in a research poster at AudiologyNOW! 2011, Chicago, IL.

## Испытуемые с кохлеарными имплантами

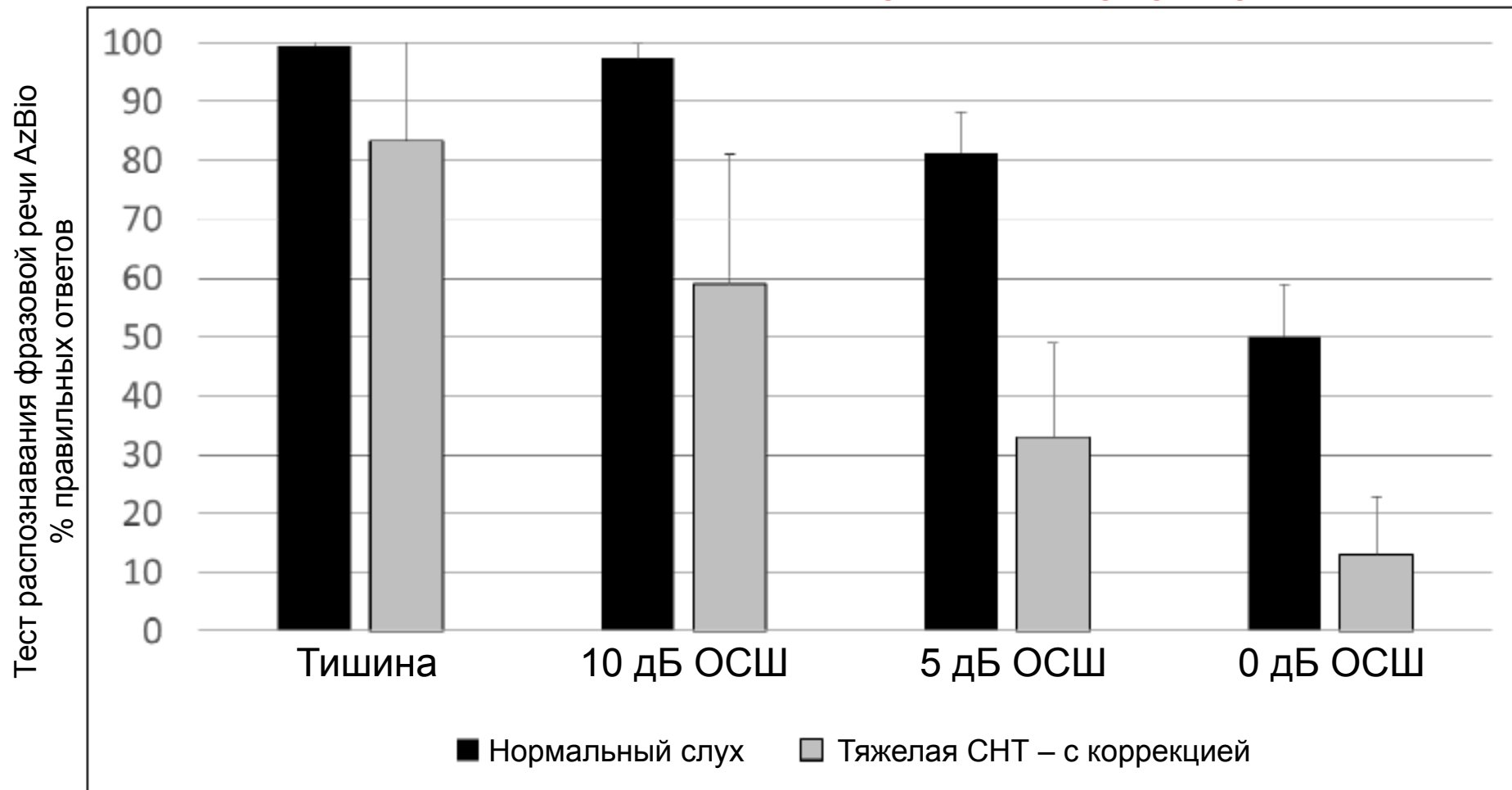


# Пользователи слуховых аппаратов



# Распознавание фраз AzBio

**Это - взрослые. У детей результаты будут хуже.**



# Шумный мир!

ОСШ в таких условиях, как правило, составляет от -5 до +5 дБ

- Гостиная:
  - 37 дБА (с кондиционером = 52 дБА)
- Школьный класс:
  - 63 дБА
- Приемная перед кабинетом врача (16:00):
  - 76 дБА
- Общественный транспорт:
  - 79 дБА
- Чилийский ресторан:
  - 84 дБА
- Баскетбольный матч с участием ОКС Thunder:
  - 107 дБА



# Crukley и соавт., 2011

An Exploration of Non-Quiet Listening at School

## An Exploration of Non-Quiet Listening at School

Jeffery Crukley, Ph.D.  
Susan Scollie, Ph.D.  
Vijay Parsa, Ph.D.  
University of Western Ontario  
London Ontario Canada

The first goal of this study was to describe acoustic properties across an entire day in each of three educational environments: daycare (pre-kindergarten), an elementary school (kindergarten to grade 8), and a high school (grades 9 through 12). Instructional and non-instructional listening situations were included in this description. Second, we classified the various listening situations experienced by the cohorts at each school. Three sites participated in this study. At each site, empty room measurements were obtained, including noise floor and reverberation levels, across the various rooms frequently occupied by the participating cohorts of children. Next, the first author followed the cohorts throughout their regular school routines, recording sound level data with a dosimeter and documenting observations of the types of listening situations encountered by the children. Noise floor, reverberation, and sound levels were compared to classroom standards and large scale classroom studies. The cohorts in this study encountered highly variable acoustic environments throughout the day, for signal levels, noise sources, and reverberation properties. These results have implications for digital signal processing and hearing instrument fitting approaches for school-age children. Furthermore, the results of this exploratory study may impact on future research on classroom acoustics.

### Introduction

The purpose of the current study was to gather detailed information about the school-day listening environments of three cohorts of children in mainstream educational environments. This study served as a precursor to a larger study investigating hearing instrument fitting strategies for children in non-quiet listening environments and situations. Modern hearing instruments typically offer some combination of frequency-gain adjustment, directional microphones, and digital noise reduction (DNR) with the goal of providing better speech recognition and listening comfort/tolerance in noise. While research has demonstrated that directional microphones can improve children's speech recognition in noise performance (Auriemma et al., 2009; Gravel, Fausel, Liskow, & Chobot, 1999; Kuk, Kollofski, Brown, Melum, & Rosenthal, 1999), the use of DNR with children has not demonstrated any measureable improvement (Pittman, 2011; Stelmachowicz et al., 2010). These results are consistent with similar findings in adult listeners, and have led to mixed recommendations regarding the use of directional microphones and DNR in pediatric hearing instrument fittings. Some guidelines do not recommend using these features (AAA, 2003), whereas others consider them viable options (Bagatto, Scollie, Hyde, & Seewald, 2010; CASLPO, 2002; Foley, Cameron, & Hostler, 2009) or recommend directional microphones universally (King, 2010).

As part of an overall project investigating strategies to improve children's hearing instrument fittings for non-quiet listening, the current study explored the daily listening experiences of children over an entire school day. This exploration included situations beyond the classroom situation of listening to a teacher.

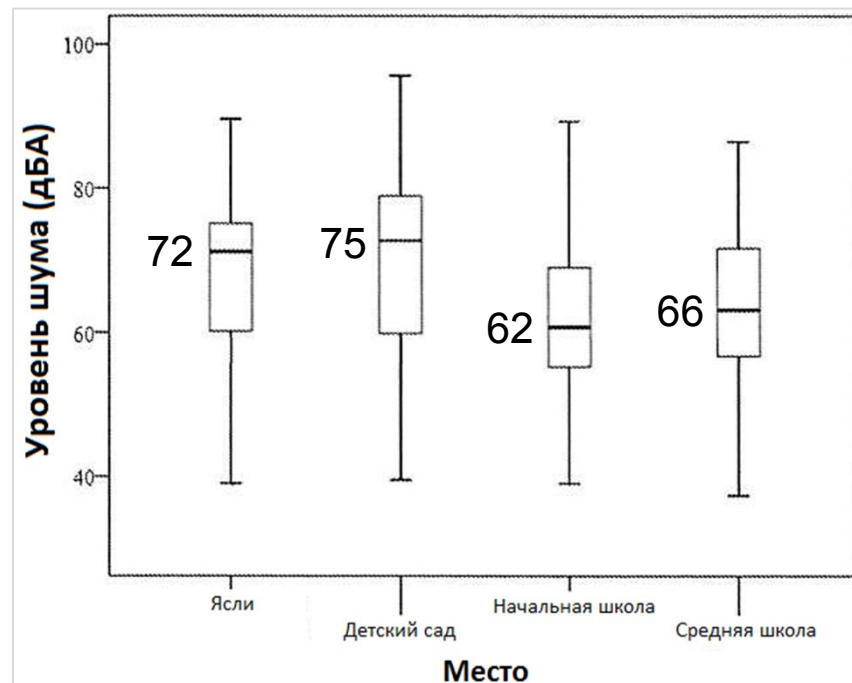
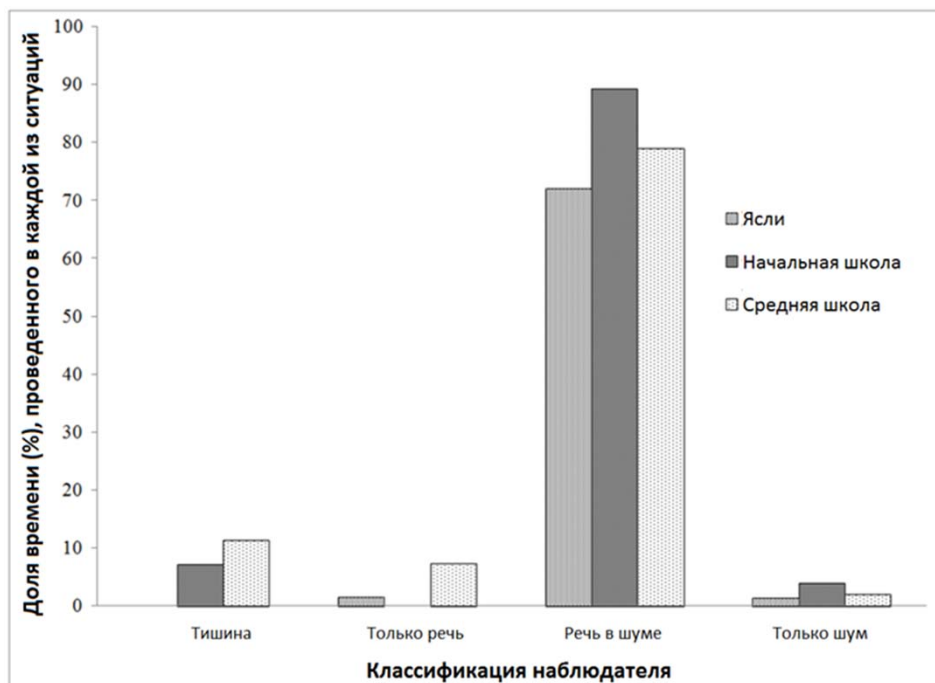
This may be an informative first step in determining optimal signal processing for children in non-quiet environments.

Studies of adults who wear hearing instruments have applied the concept of auditory ecology (Gatehouse, Elberling, & Naylor, 1999; Gatehouse, Naylor, & Elberling, 2003, 2006a, b), a concept in which the sound levels across a real-life, real-time sample from an individual hearing instrument wearer are used to inform hearing instrument signal processing choices. This study used an auditory ecology measurement approach in a small number of classroom cohorts. We measured reverberation time (RT) and noise floor levels across the many school environments. Additionally, we measured sound levels across an entire day, rather than a large scale sampling of sound levels during only targeted (typically classroom) listening situations. This ecological approach allowed the description of both instructional and non-instructional parts of the day, which may serve to improve hearing instrument fitting practices for children attending school. For example, listening to a friend while playing outside is an important listening situation, and one that is not well described in the classroom acoustics literature. This paper presents data across all listening environments and situations encountered by three cohorts of children.

### Auditory Ecology: Children in Non-Quiet Environments

Auditory ecology has been defined as the range of acoustical environments that a person experiences, the auditory demands of those environments, and the importance of those demands to an individual's daily life (Gatehouse, et al., 1999; Gatehouse, et al., 2003, 2006a, b). A hearing instrument's ability to support multi-environment listening is a significant predictor of hearing instrument

# Crukley и соавт., 2011



# Мы можем добиться отличных результатов у детей с тяжелой/глубокой тугоухостью!

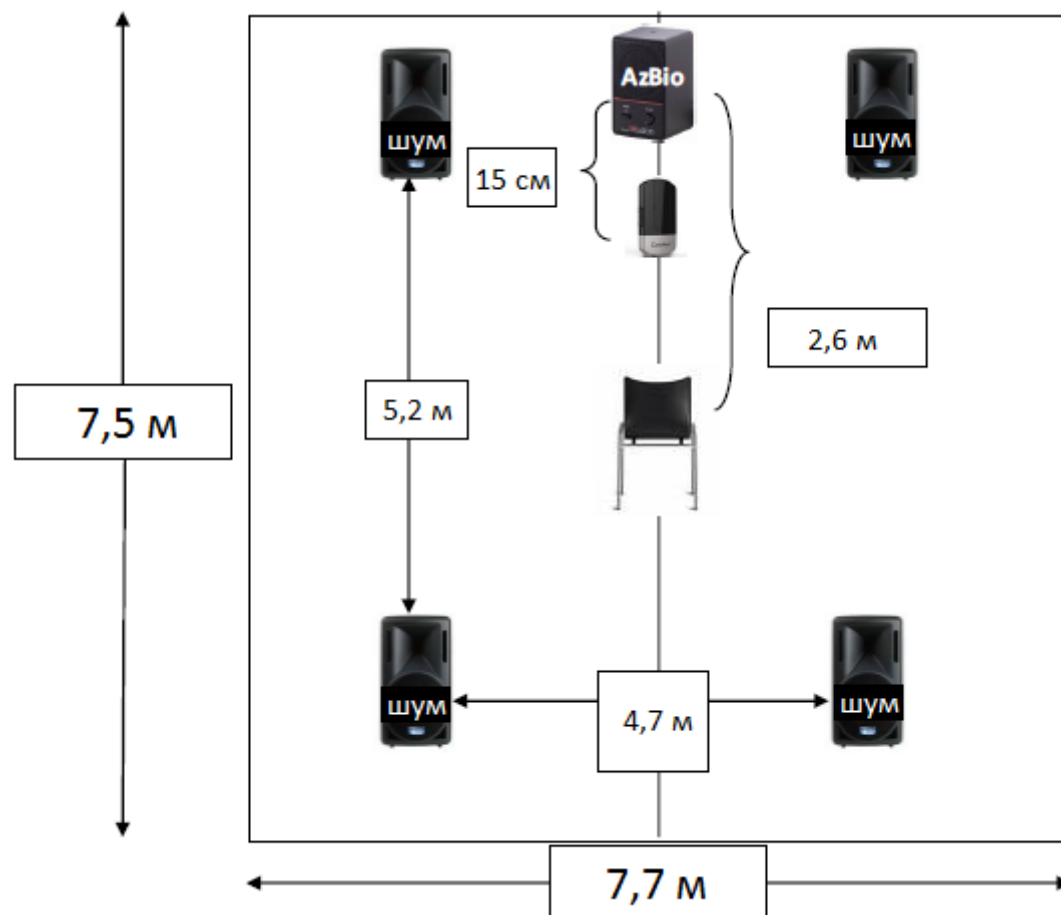


# План действий

- Обсуждаемые темы
  - Поиск современных технологий, дающих наилучшие результаты
  - Результаты исследований, посвященных современным технологиям



# Помещение



схематическое изображение

# Помещение

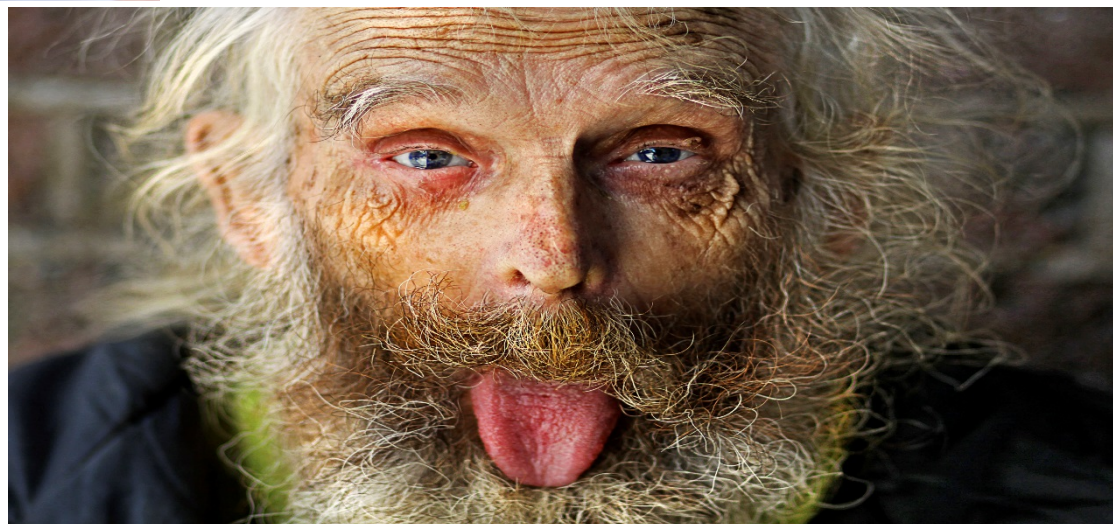


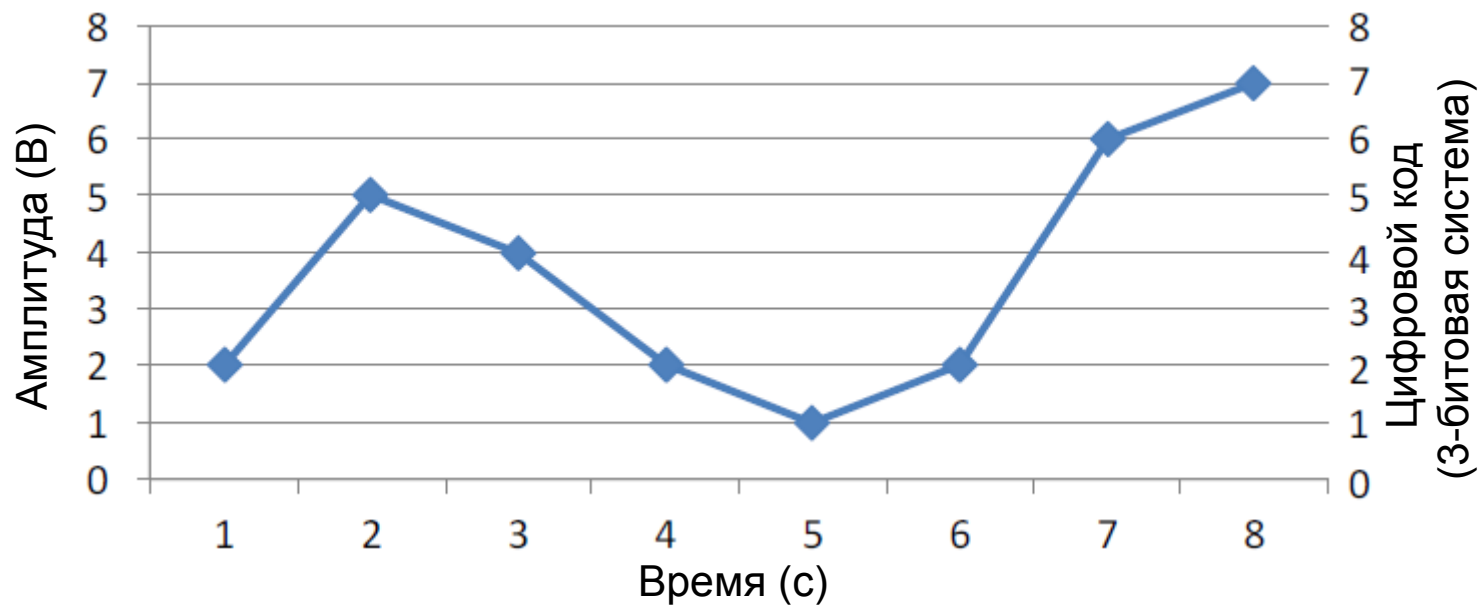
**Уровень окружающего шума: 44 дБА**

**Реверберация: 0.6 с**

# Не FM вашего отца...

---



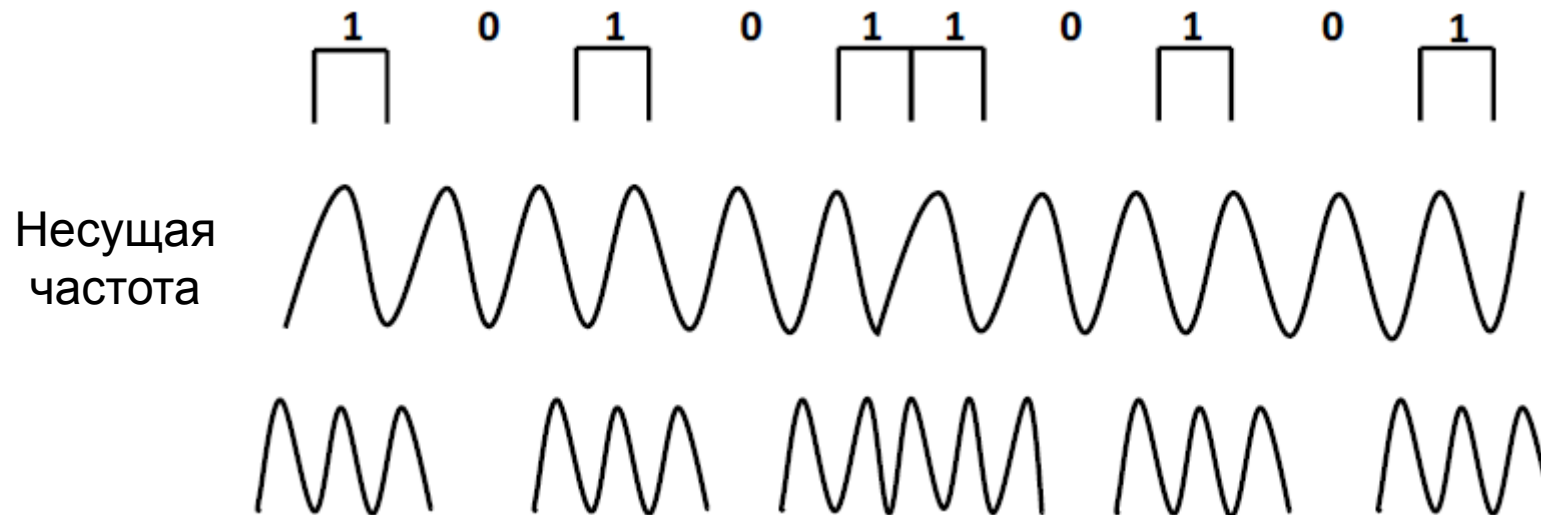


Время	Цифровой код	Четверки	Двойки	Единицы
1	2	0	1	0
2	5	1	0	1
3	4	1	0	0
4	2	0	1	0
5	1	0	0	1
6	2	0	1	0
7	6	1	1	0
8	7	1	1	1

# Цифровая радиочастотная передача

## Амплитудная манипуляция

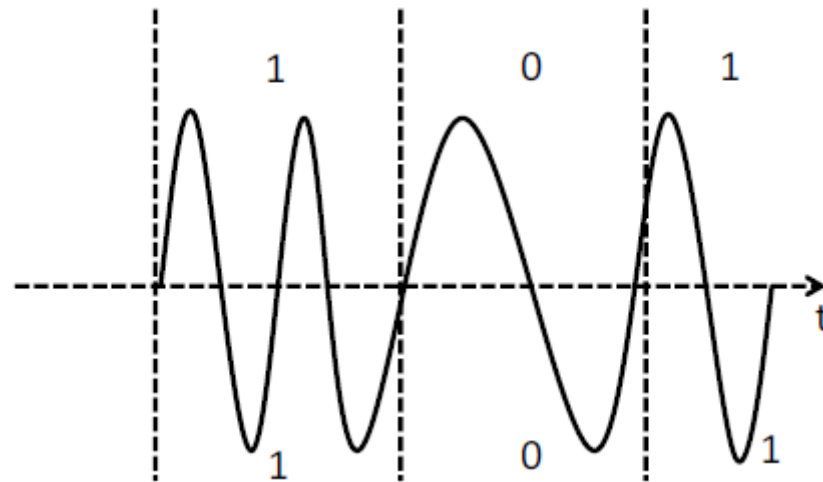
---



# Цифровая радиочастотная передача

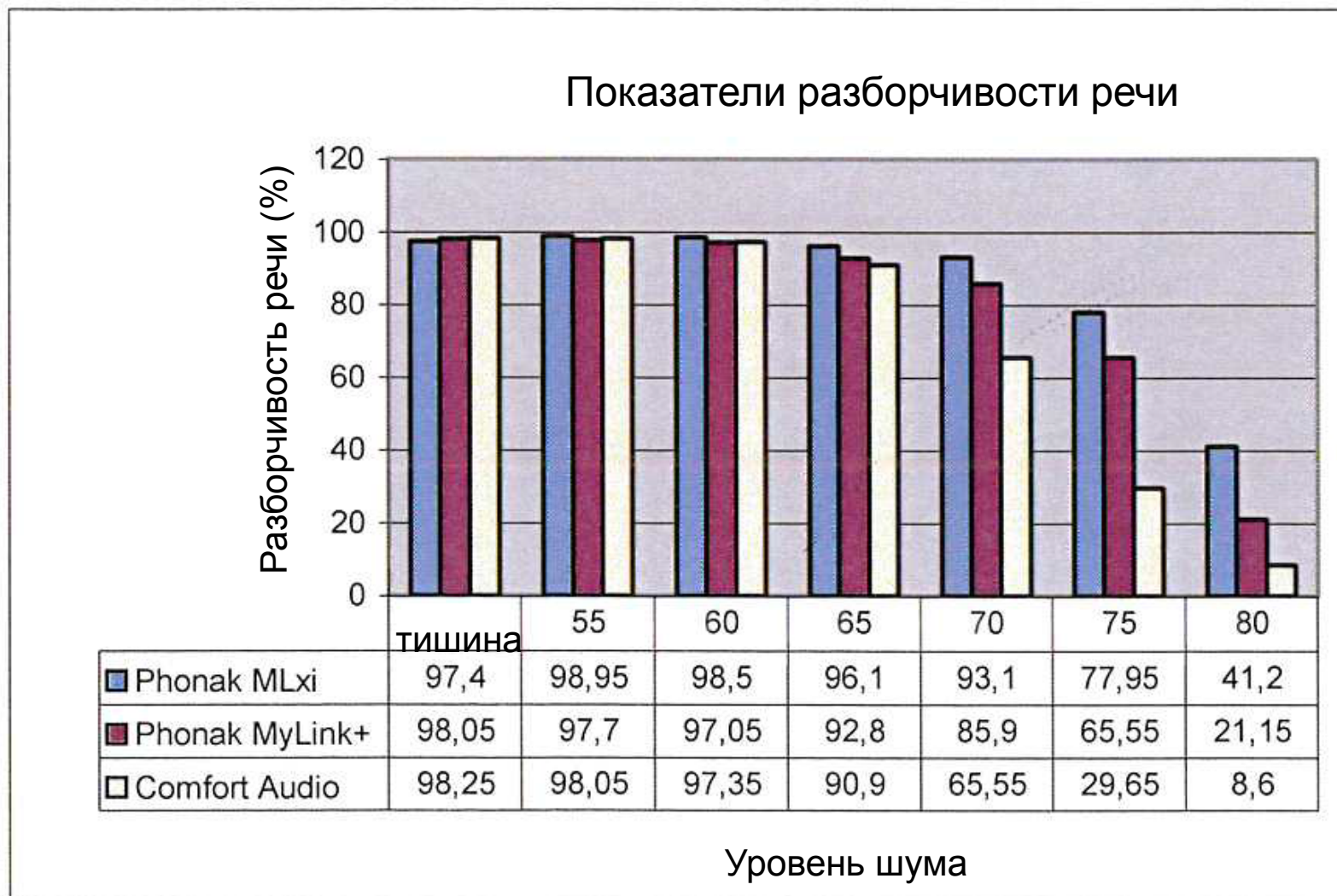
## Гауссова частотная манипуляция

---



- Всегда ли цифровая передача лучше?

## Dynamic FM и цифровая радиочастотная передача

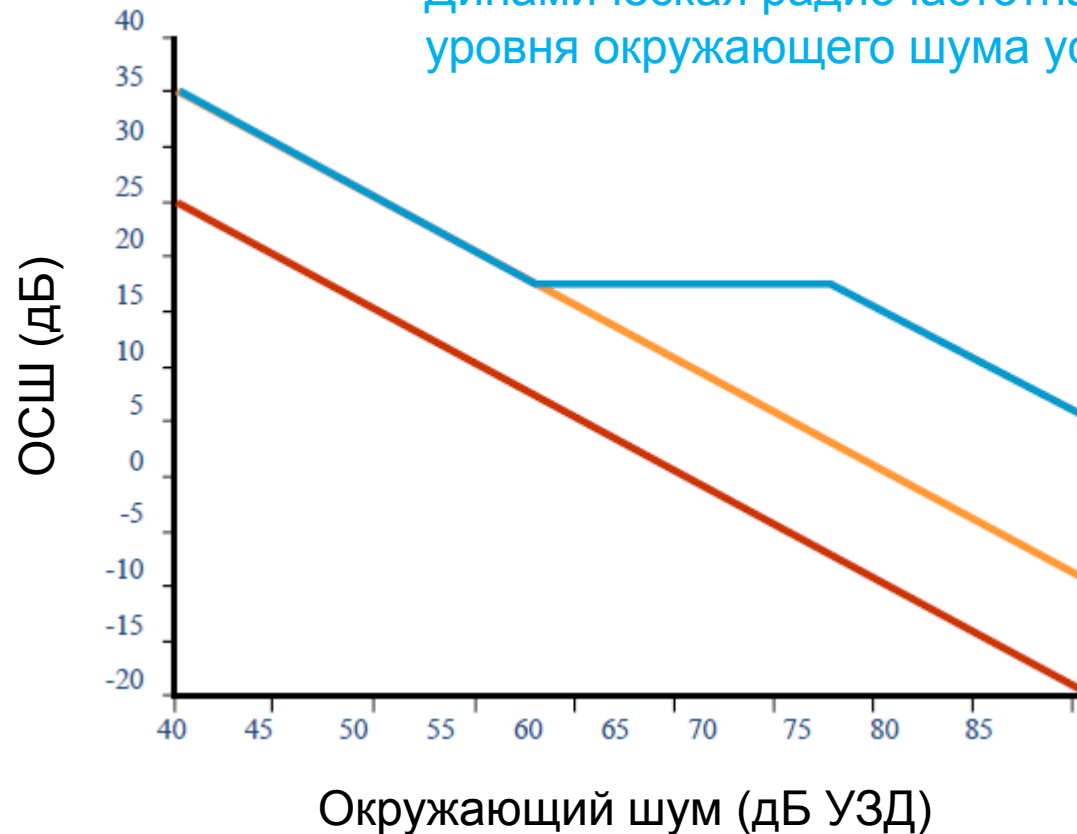


# Адаптивная радиочастотная передача

Без FM

Традиционная FM-система: фиксированное усиление

Динамическая радиочастотная система: при повышении уровня окружающего шума усиление увеличивается



# Возможности цифровой системы

---

- Аудиосигналы оцифровываются и пакуются в очень короткие (160 мкс) последовательности цифровых кодов (пакеты), передающиеся по несколько раз по разным каналам в диапазоне от 2,4000 до 2,4835 ГГц
  - Диапазон 2,4 ГГц (ISM – промышленность, наука, медицина) не требует лицензирования ни в одной из стран мира
- **Перескок частот между каналами в сочетании с повторной передачей позволяет избежать проблем, создаваемых помехами**
- Перескок частот адаптивный: как приемники, так и передатчики непрерывно ищут свободные каналы, избегая занятых каналов
- Полная задержка аудиосигнала меньше 25 мс при ширине звукового диапазона 7500 Гц
- **Цифровое управление адаптивными (динамическими) изменениями усиления**

- Обладает ли цифровая беспроводная система преимуществами с точки зрения пользователей КИ?

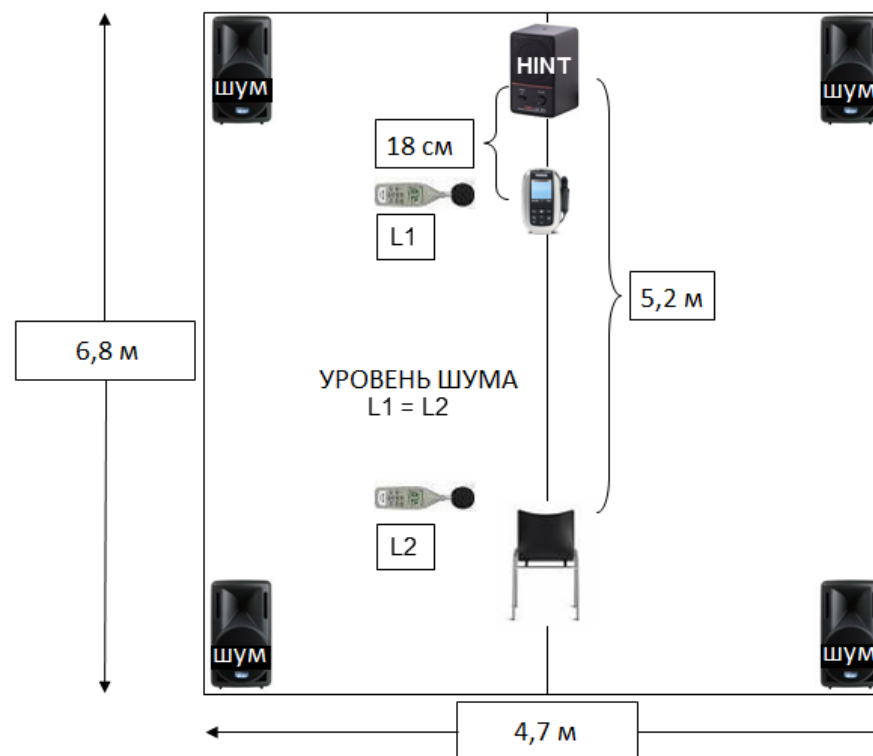
## Технология Roger

Применима ли она к пользователям  
кохлеарных имплантов?

А к пользователям слуховых  
аппаратов?

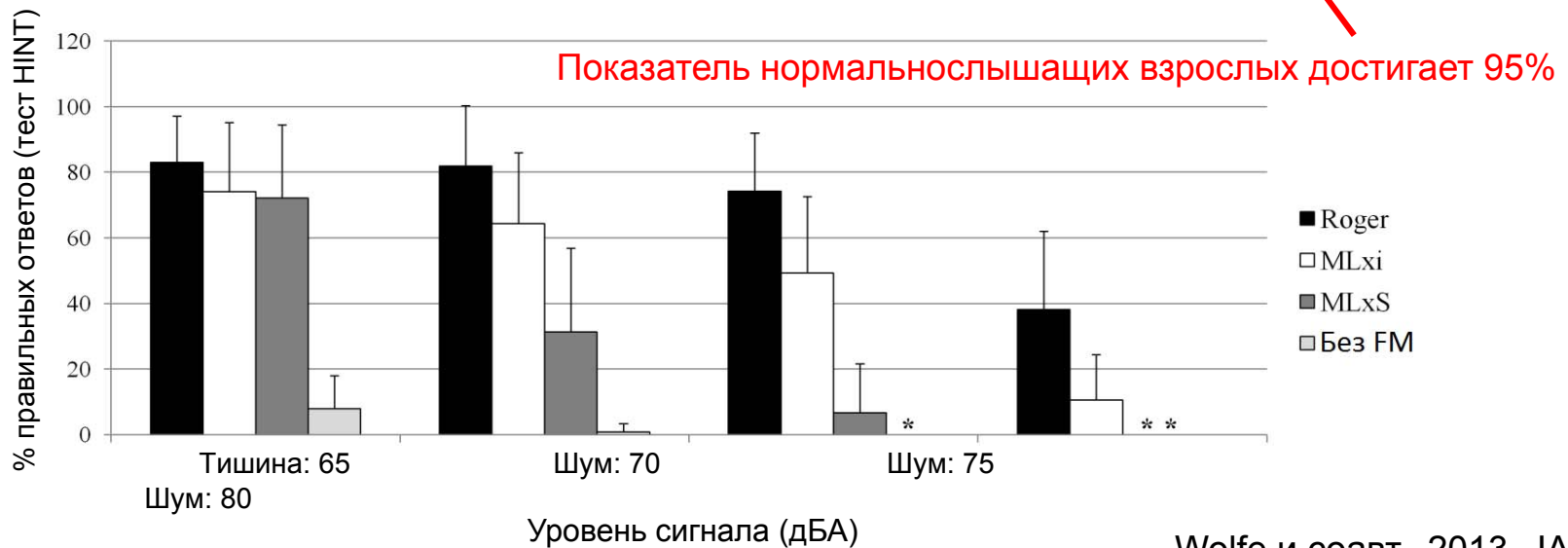
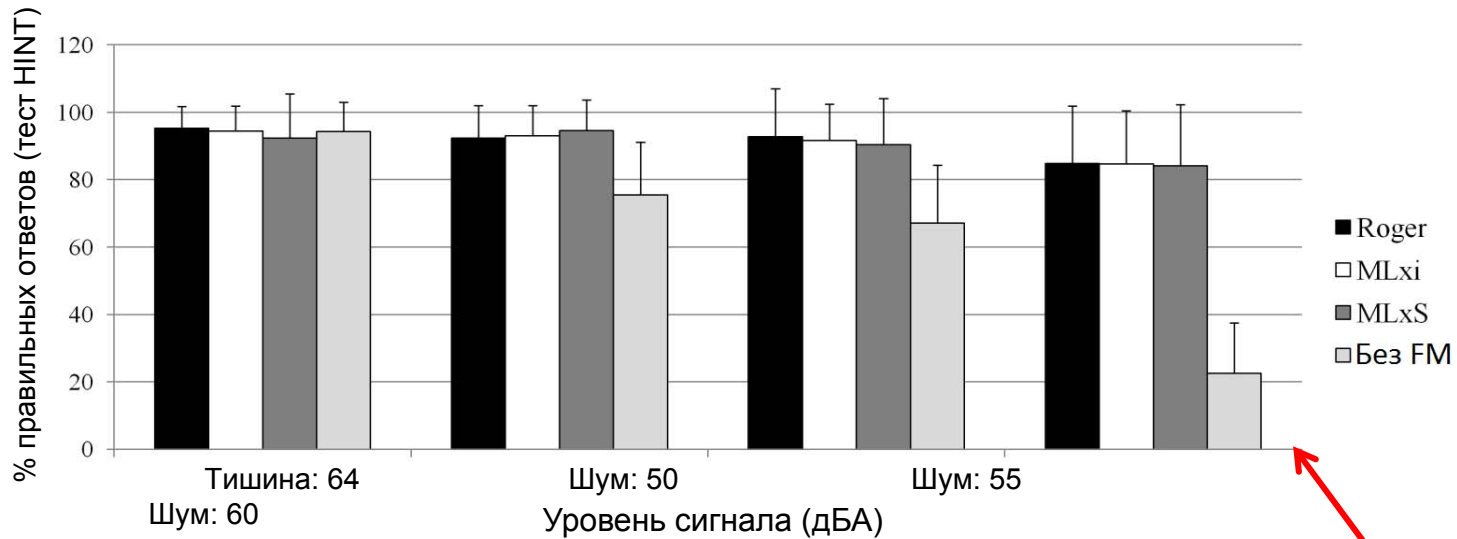
# Задачи исследования

- Исследование разборчивости речи в тишине и шуме с использованием теста HINT при уровне речи у передатчика 85 дБА и уровнях шума в классе 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 дБА
- Изучали 3 системы дистанционных радиомикрофонов:
  - FM с фиксированным усилением (MLxS)
  - Адаптивная FM-система (Mlxi)
  - Цифровая радиосистема (Roger)
- Обеспечение постоянства сигнала и отсутствие помех.



# Результаты

## Пользователи Advanced Bionics (n = 16)





## Пользователи слуховых аппаратов

---

Улучшение разборчивости речи при  
использовании технологии цифровой  
адаптивной широкополосной  
беспроводной передачи аудиосигнала

Linda M. Thibodeau

# План исследования

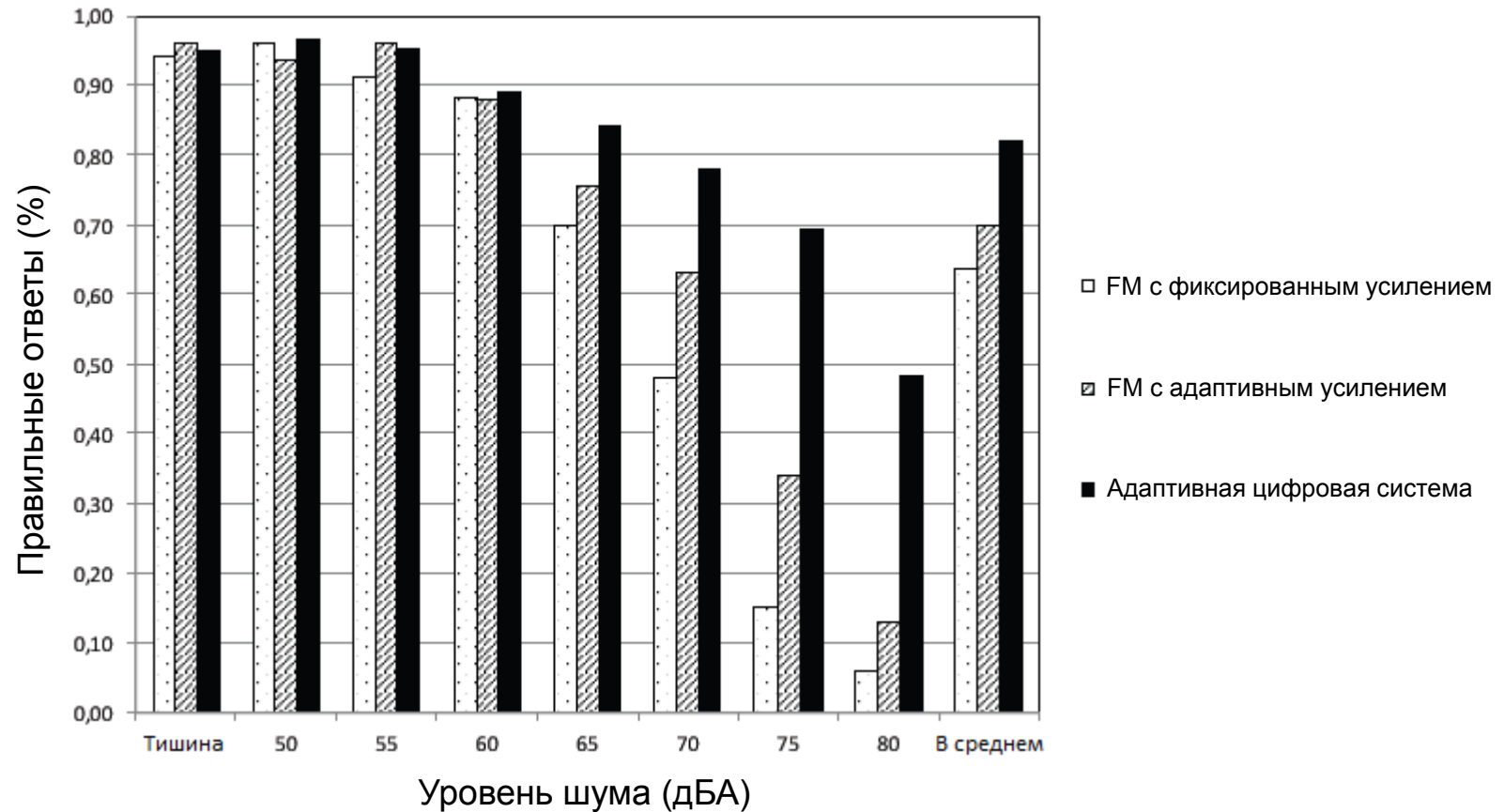
---

- Д-р Linda Thibodeau
- Техасский университет в Далласе
- Исследование речи в шуме
- 11 испытуемых с собственными з/у СА
- Возраст от 15 до 78 лет
- Сравнение традиционных FM-систем с динамическими FM-системами и Roger
- Рандомизированное слепое исследование
- Различные уровни шума



Предоставлено: д-р Thibodeau, 2014

# Результаты теста HINT (N = 10)



# Технология адаптивной цифровой передачи радиосигнала

---

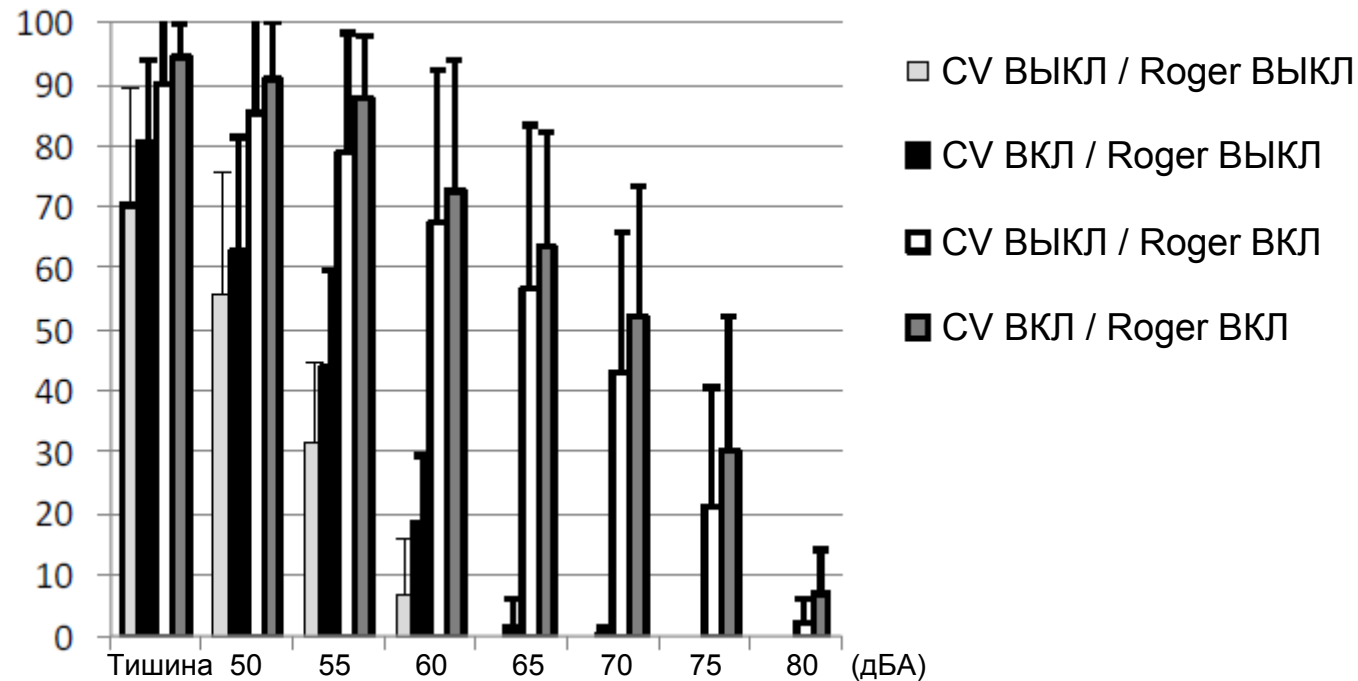
- Можно ли еще улучшить ситуацию?

# ClearVoice

---

- В каждом канале анализа:
  - Если входной сигнал стабилен/устойчив, усиление снижается → **шум аттенюируется**
  - **Модулированные входные сигналы** (напр., речь и музыка) **передаются без аттенюации**
- Общее отношение сигнал-шум (ОСШ) повышается
- Алгоритм не влияет на прослушивание в тишине

# Обработка сигнала ClearVoice (CV) от Advanced Bionics



## Распознавание речи

- Лучше при CV ВКЛ, чем при CV ВЫКЛ
- Лучше при Roger ВКЛ, чем при Roger ВЫКЛ
- Наилучшее при CV + Roger

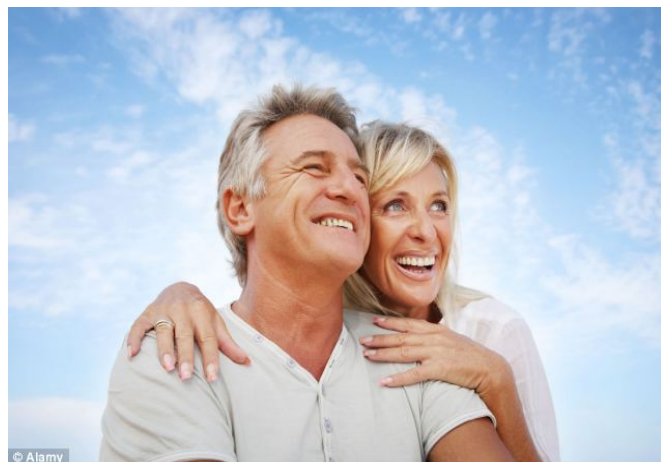
Преимущество отмечается даже в тишине

# Технология адаптивной цифровой передачи радиосигнала

---

- Для кого?

# Для всех



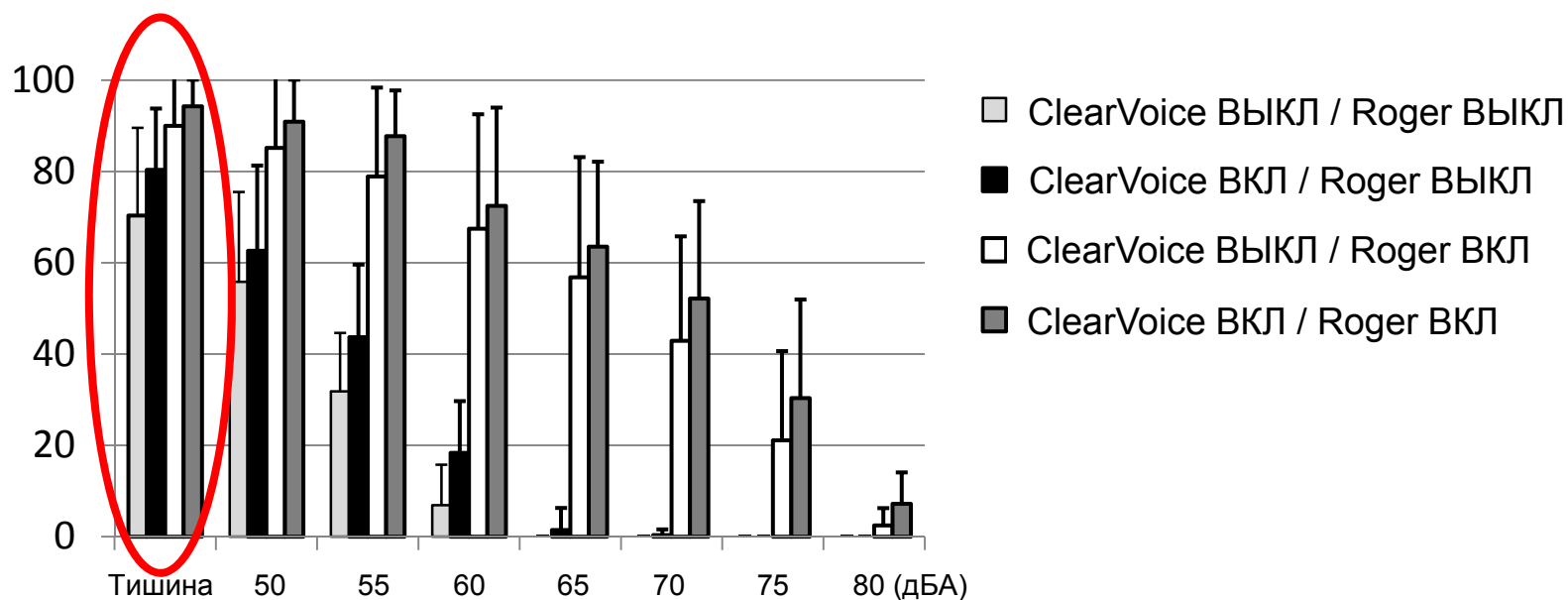
# Imran Mulla, 2013

- Данные Data Logging (LENA) у младенцев и детей первых двух лет жизни
  - Автокресло (115 км/ч): -10 дБ ОСШ
  - Автобус: -10 дБ ОСШ
  - Коляска: -8 дБ ОСШ
  - Тележка в магазине: -6 дБ ОСШ
  - Автокресло (50 км/ч): -5 дБ ОСШ
  - Шум ветра: от -3 до -10 дБ ОСШ



**Консервативный подход: Использовать в ситуациях, когда у ребенка нет шансов слышать без дистанционного микрофона**

# Дистанционный микрофон в тишине



## Распознавание речи

- Лучше при CV ВКЛ, чем при CV ВЫКЛ
- Лучше при Roger ВКЛ, чем при Roger ВЫКЛ
- Наилучшее при CV + Roger

Преимущество отмечается даже в тишине

(RMANOVA)



# Опыт Hearts for Hearing с цифровыми радиосистемами

---



- Несколько исследований с применением цифровых дистанционных радиомикрофонов
  - Формально обследовано более **130** взрослых и детей
  - Ни один из обследованных не жаловался на шум/помехи, производимые этими системами
  - Цифровой принцип “всё или ничего”

- Чем отличаются цифровые беспроводные дистанционные микрофоны от цифровых беспроводных адаптивных дистанционных микрофонов?

# Устройства

---

Phonak Bolero



Phonak Roger X



Resound Verso



Phonak Roger Pen

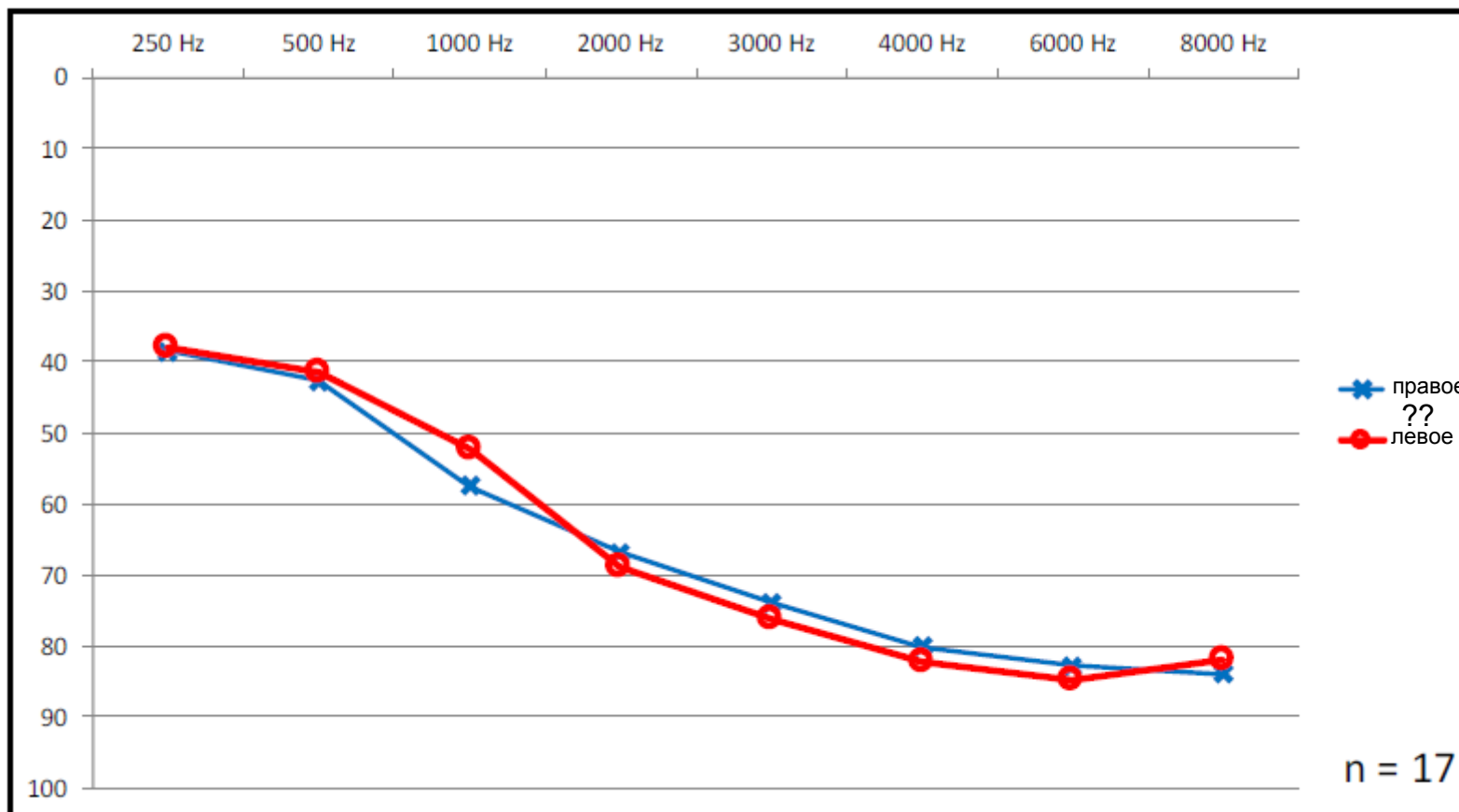


Resound Unite Mic

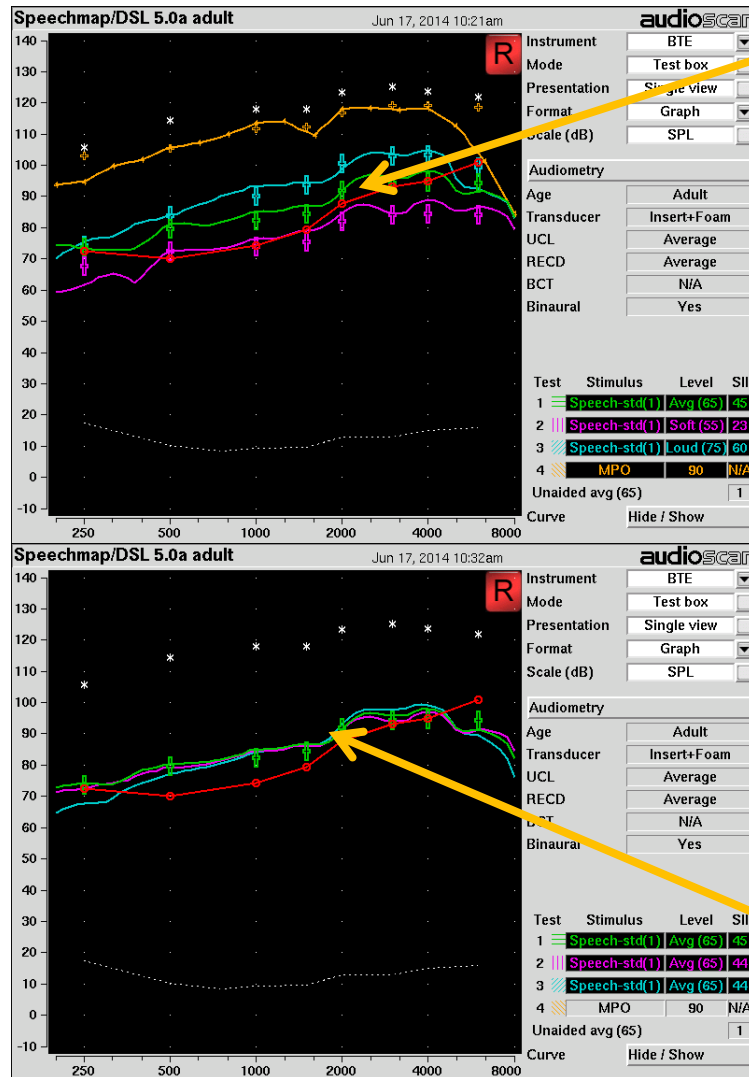


Изучали разборчивость фразовой речи с беспроводными устройствами и без них

# Усредненная аудиограмма

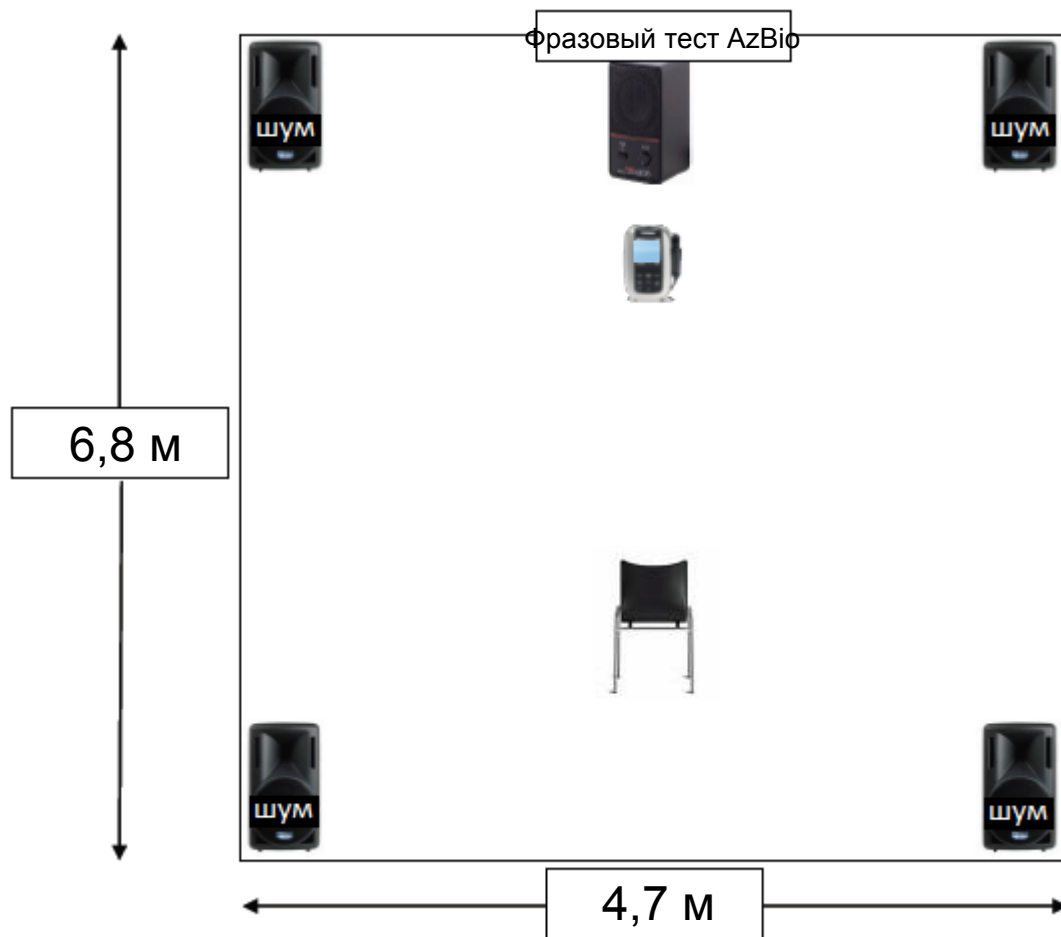


# Программирование слуховых аппаратов



- Настройка слуховых аппаратов ReSound и Phonak на целевые значения согласно DSL v5.0 для взрослых
- Индексы разборчивости речи (SII) обоих слуховых аппаратов различаются не более, чем на 2 пункта
- Шумоподавление и нелинейная частотная компрессия отключены; подавление обратной связи включено
- Обеспечение прозрачности для каждого варианта дистанционного микрофона

# Исследование беспроводных технологий



Распознавание фраз  
в тишине и шуме:

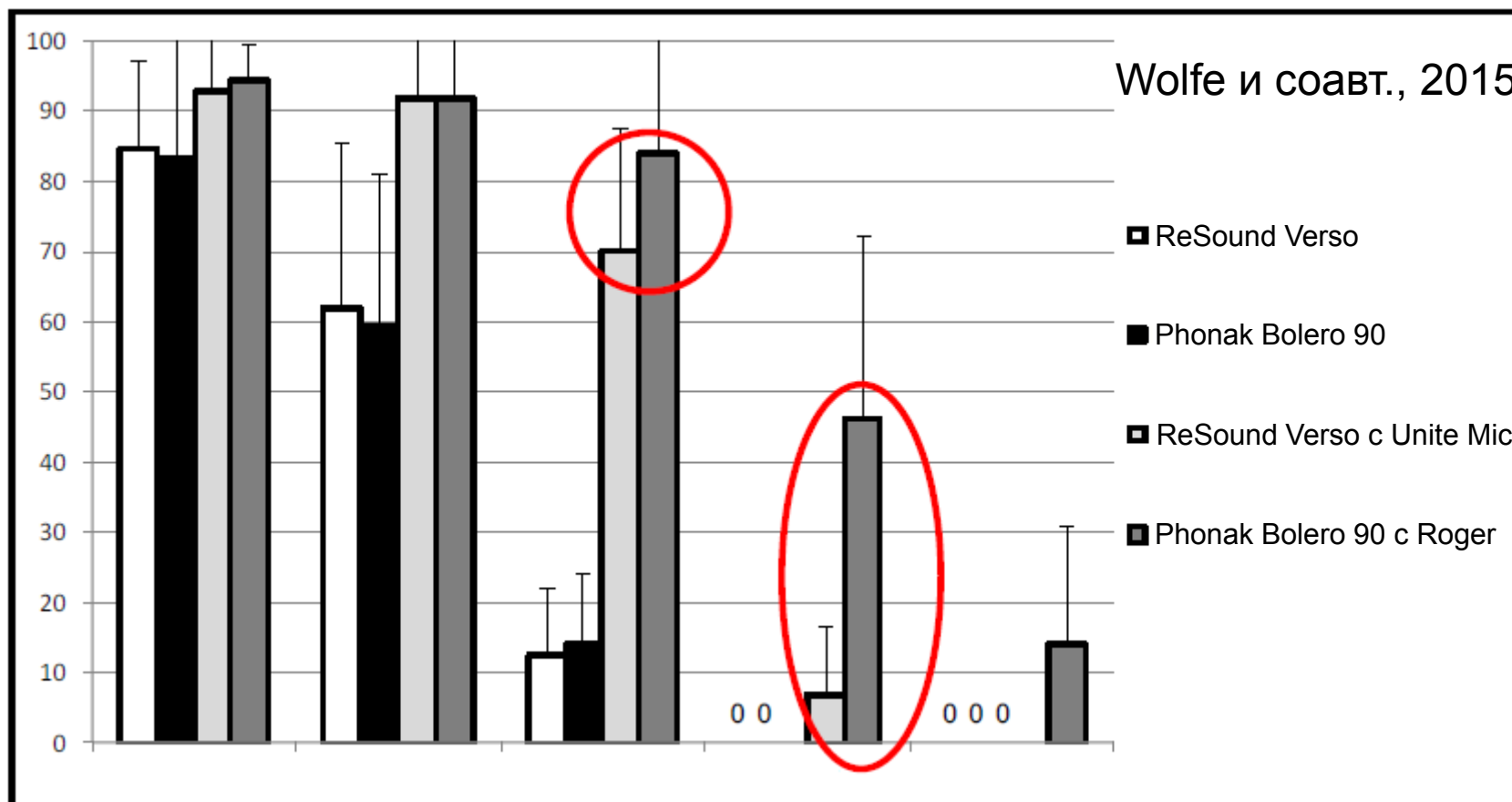
55 дБА

65 дБА

75 дБА

80 дБА

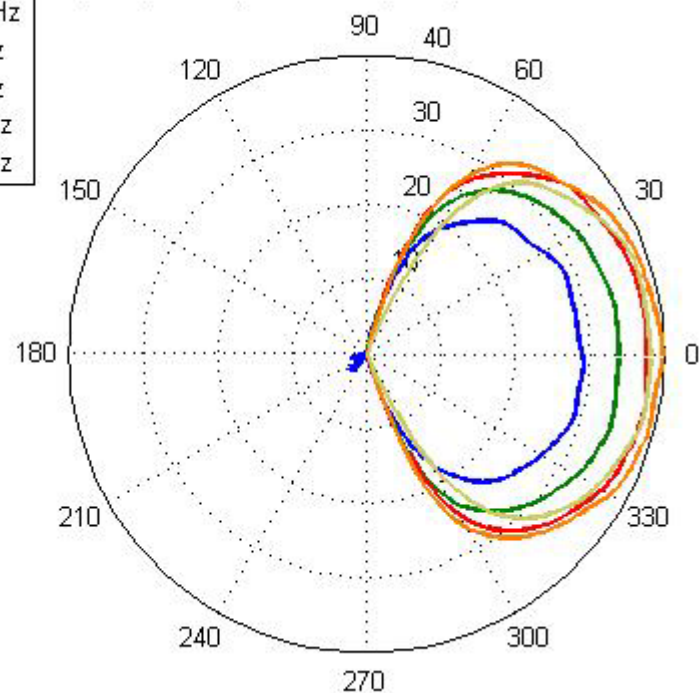
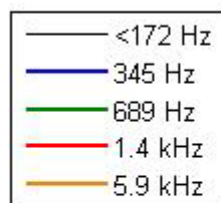
# Сравнение динамической цифровой радиопередачи с цифровым аудиостримингом



Пользователи слуховых аппаратов (умеренно-тяжелая / тяжелая тугоухость)  
 n = 17

# Все дело в усилении?

зависимость диаграммы направленности от частоты  
(новая технология направленности)



# Акустика школьного дня



- Новое исследование технологии шумоподавления в детских слуховых аппаратах Phonak Sky Venture

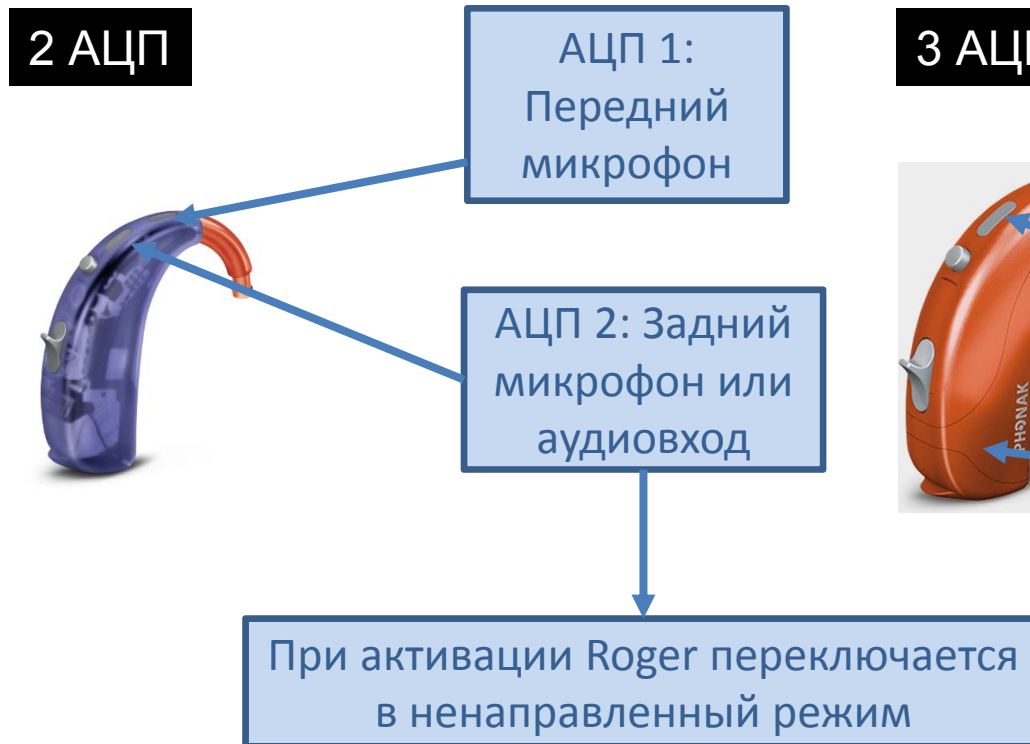
# Технология автоматического шумоподавления для детей

---

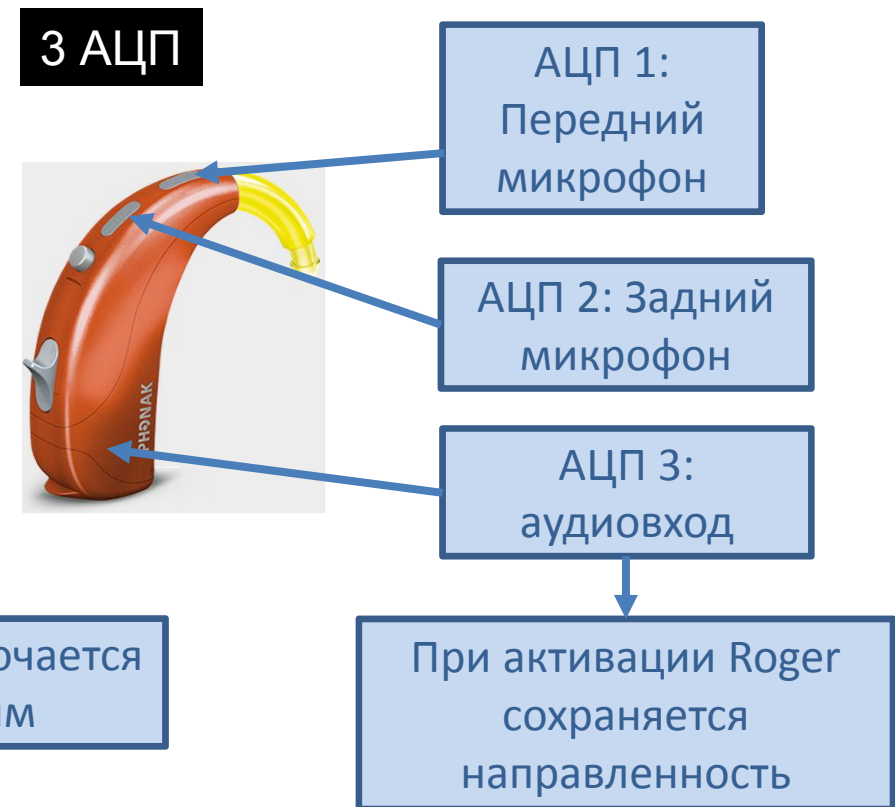
- Wolfe и соавт., готовится к публикации
- Участники:
  - 15 детей в возрасте от 8 до 17 лет
  - Тугоухость от легкой до тяжелой
  - Опытные пользователи цифровых заушных слуховых аппаратов
- Методика
  - Изучение разборчивости речи в различных условиях при Roger+Omni и Roger+Адаптивная Направленность

# Технология автоматического шумоподавления для детей

- Phonak Quest

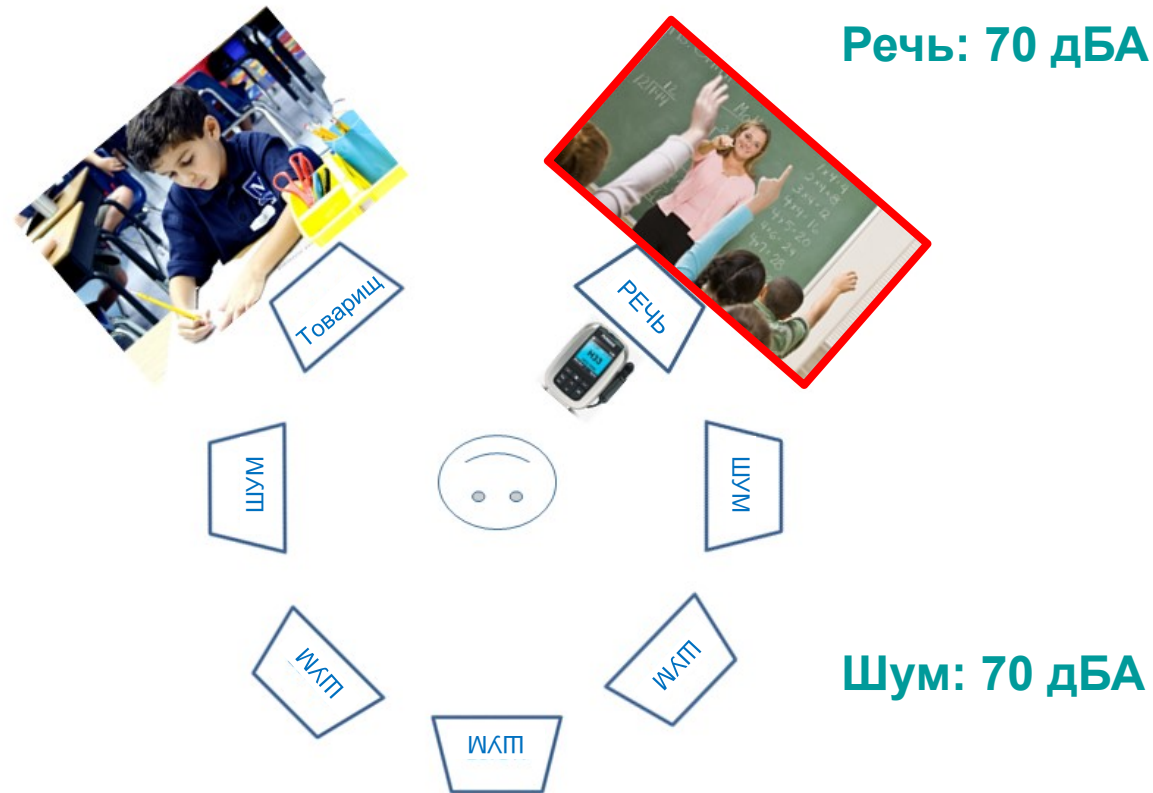


- Phonak Venture



# Технология автоматического шумоподавления для детей

Речь: Педагог – Дистанционный микрофон



# Технология автоматического шумоподавления для детей

Речь: Товарищ – Спереди

Речь: 65 дБА



РЕЧЬ



Педагог



ШУМ

ШУМ

Шум: 65 дБА

ШУМ

ШУМ

ШУМ

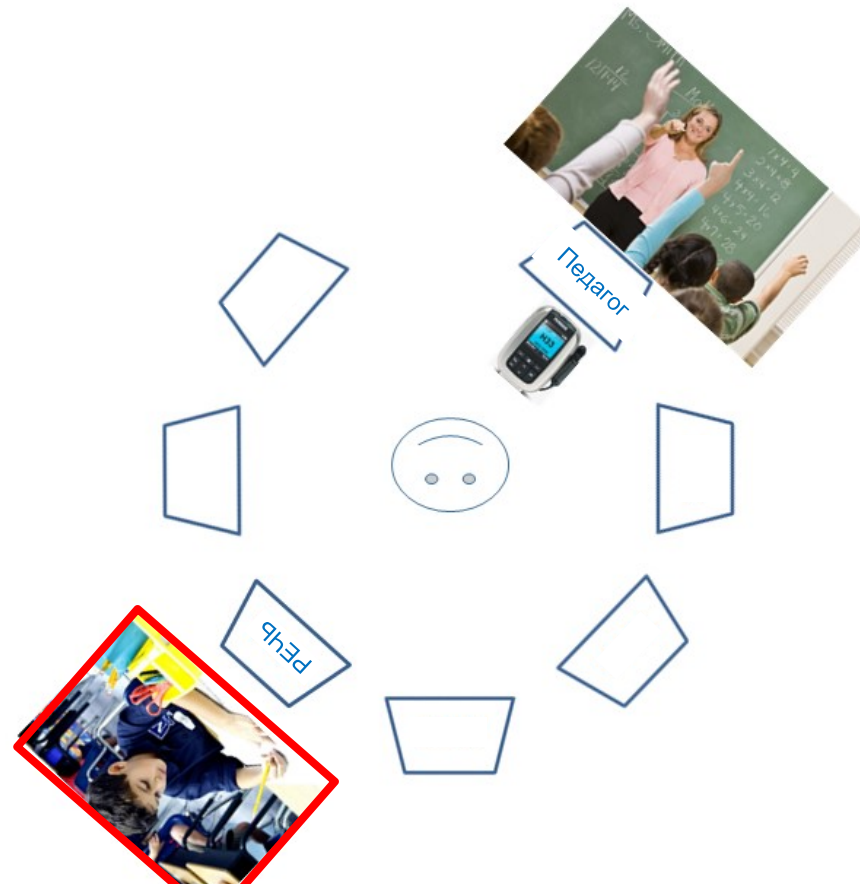
# Технология автоматического шумоподавления для детей



Речь: Товарищ – Сзади

Тишина

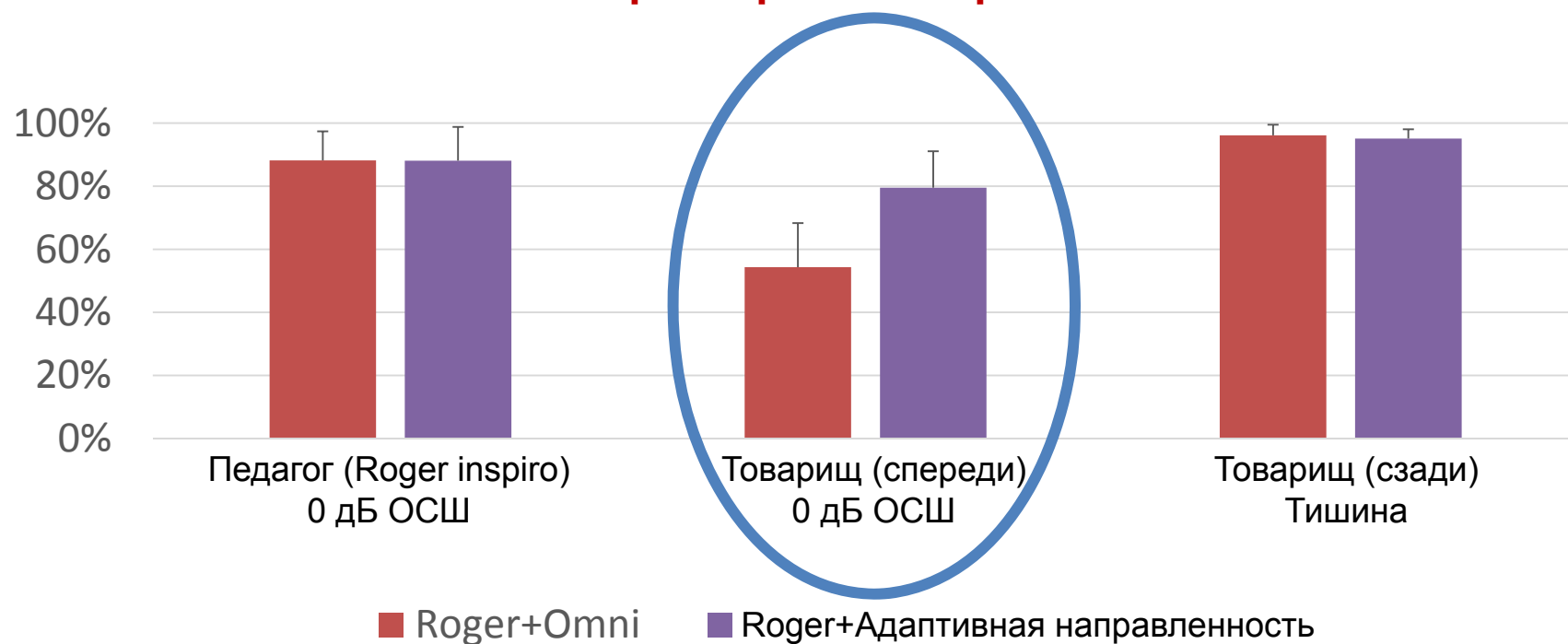
Речь: 65 дБА



# Технология автоматического шумоподавления для детей



**Адаптивная направленность (autoStereoZoom)  
повышает разборчивость речи на 25%**



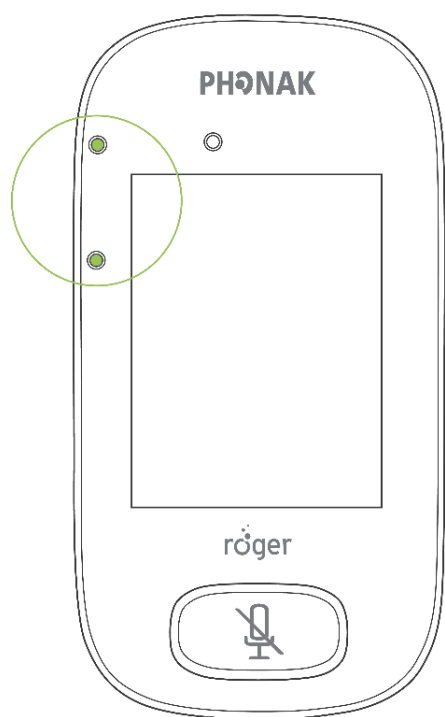
# Тестирование Roger Touchscreen

---

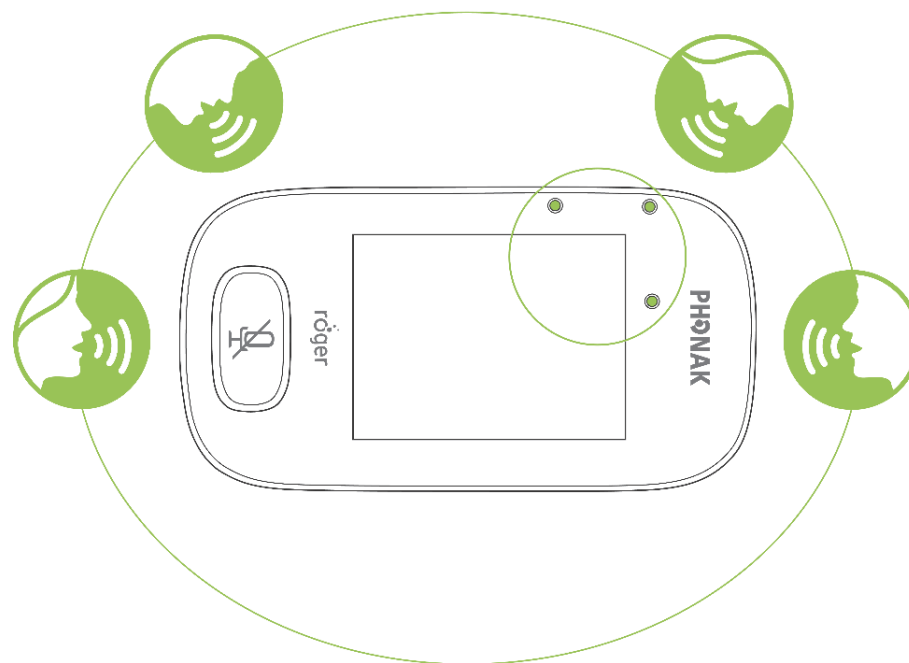


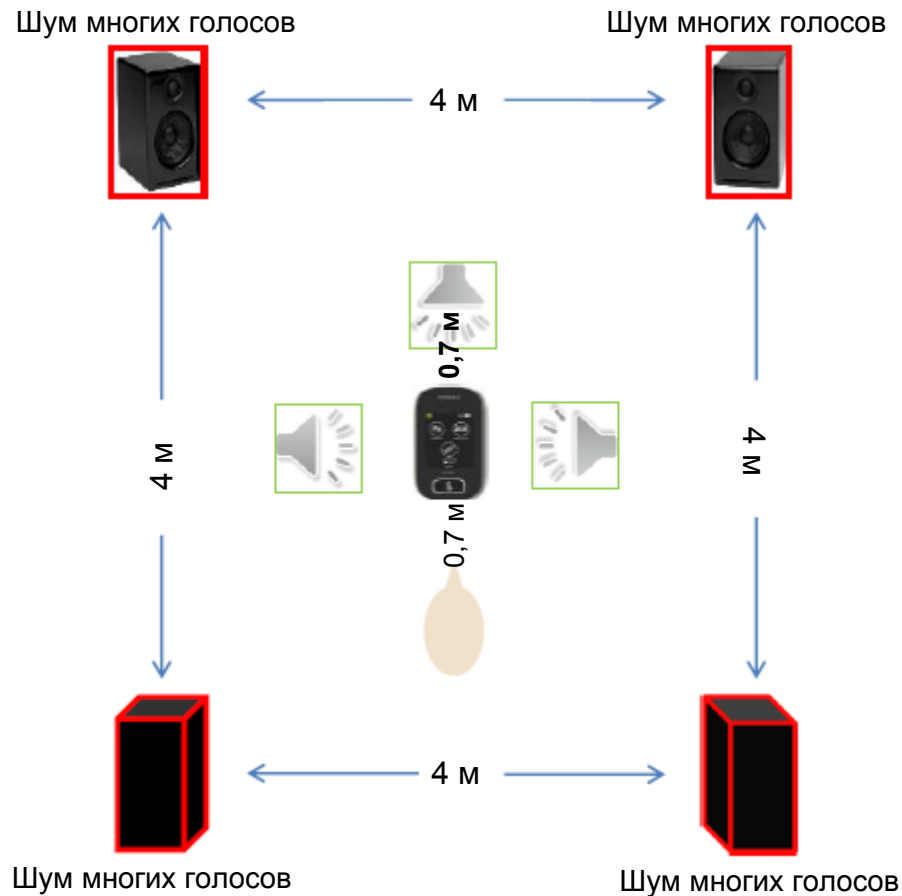
# Roger Touchscreen

"Режим педагога"



"Режим малой группы"





- Шум многих голосов из 4 угловых динамиков
- Целевые фразы IEEE предъявлялись в случайном порядке под углом  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $270^\circ$ , имитируя группу учащихся, сидящих вокруг стола

# Результаты Roger Touchscreen



Предварительные данные 6 детей в возрасте от 9 до 14 лет

- Отличные результаты благодаря билатеральному слуху

# DuoPhone

## (Advanced Bionics Naida CI Q70)

---

Беспроводной аудиостриминг



**Технология Phonak HiBAN**

Локальная сеть:

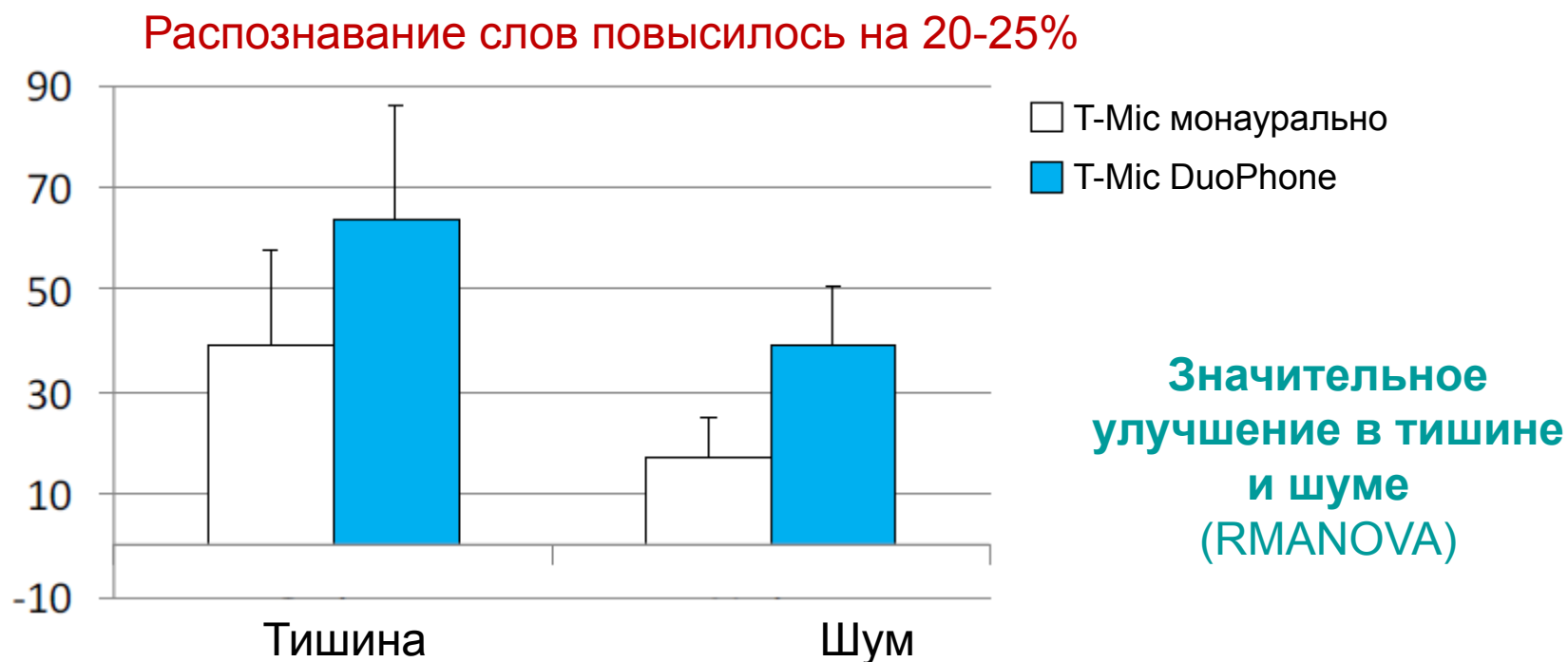
Ближняя потоковая передача аудиосигнала  
посредством цифровой магнитной индукции ближнего поля (10,6 МГц) и  
CODEC

# Методика: испытуемые

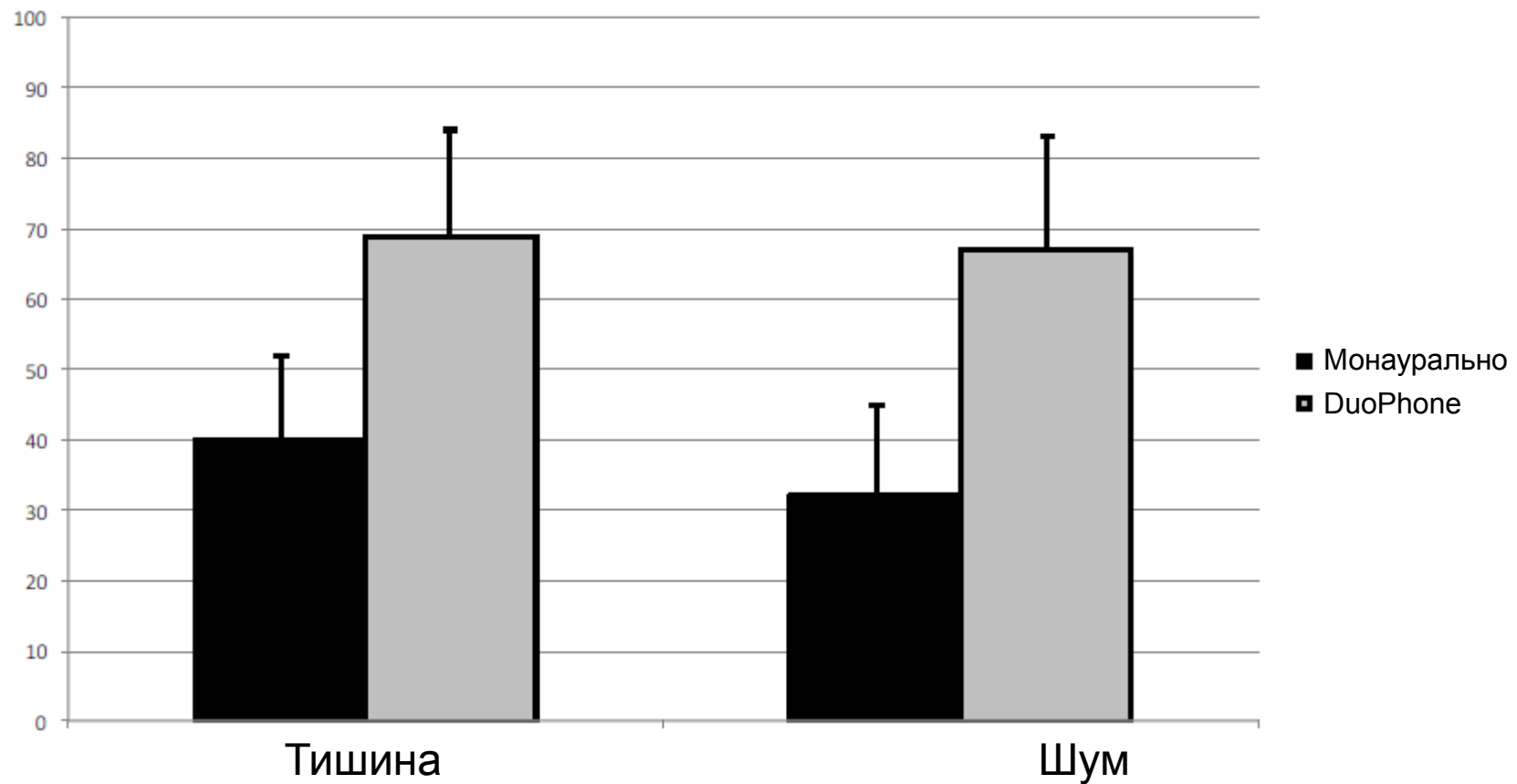
---

- 10 взрослых с двусторонними КИ
  - Возраст
    - Диапазон: 43-70 лет
    - В среднем: 58,7 года (SD = 8,7)
  - Импланты Advanced Bionics HiRes 90K и/или CII
  - Длительность тугоухости: 15,7 года
  - Длительность тяжелой/глубокой тугоухости: 7,6 года

# T-Mic2 – монаурально и DuoPhone



## Средние показатели распознавания слов CNS детьми (6-14 лет) со слуховыми аппаратами



# Выводы

---

- Для достижения отличных показателей понимания речи в реальной обстановке детям необходима технология дистанционных микрофонов с адаптивным изменением усиления и направленностью
- Для оптимизации показателей разборчивости речи в реальной обстановке необходима технология адаптивных направленных микрофонов в сочетании с технологией адаптивных цифровых дистанционных микрофонов
- Бинауральные технологии позволяют добиться великолепной эффективности
  - Duophone
  - StereoZoom

# Достать до Луны!

---



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!