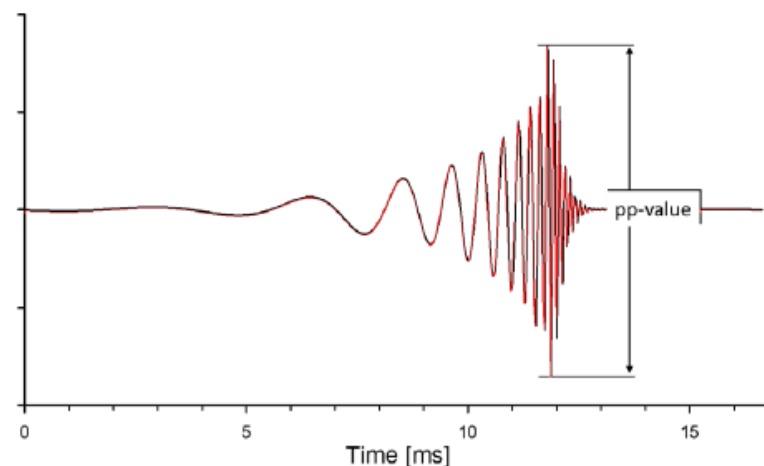


Современные технологии, отвечающие потребностям электрофизиологического обследования детей: Применение стимулов CE-Chirp в детской электрофизиологии

7-я Международная конференция по детской аудиологии



Yvonne Sininger PhD
Засл. проф. в отставке
Калифорнийского университета в
Лос-Анжелесе
Консультант в G&Y Consultants
(Санта-Фе, Нью-Мексико)
ysininger@cnyconsult.com



Введение

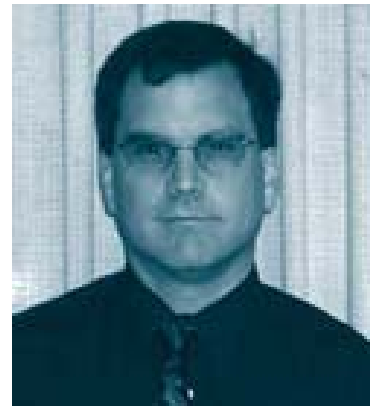
Ученые, стоявшие у истоков технологии CE-Chirp



Manny Don



Claus Elberling



Curtis Ponton



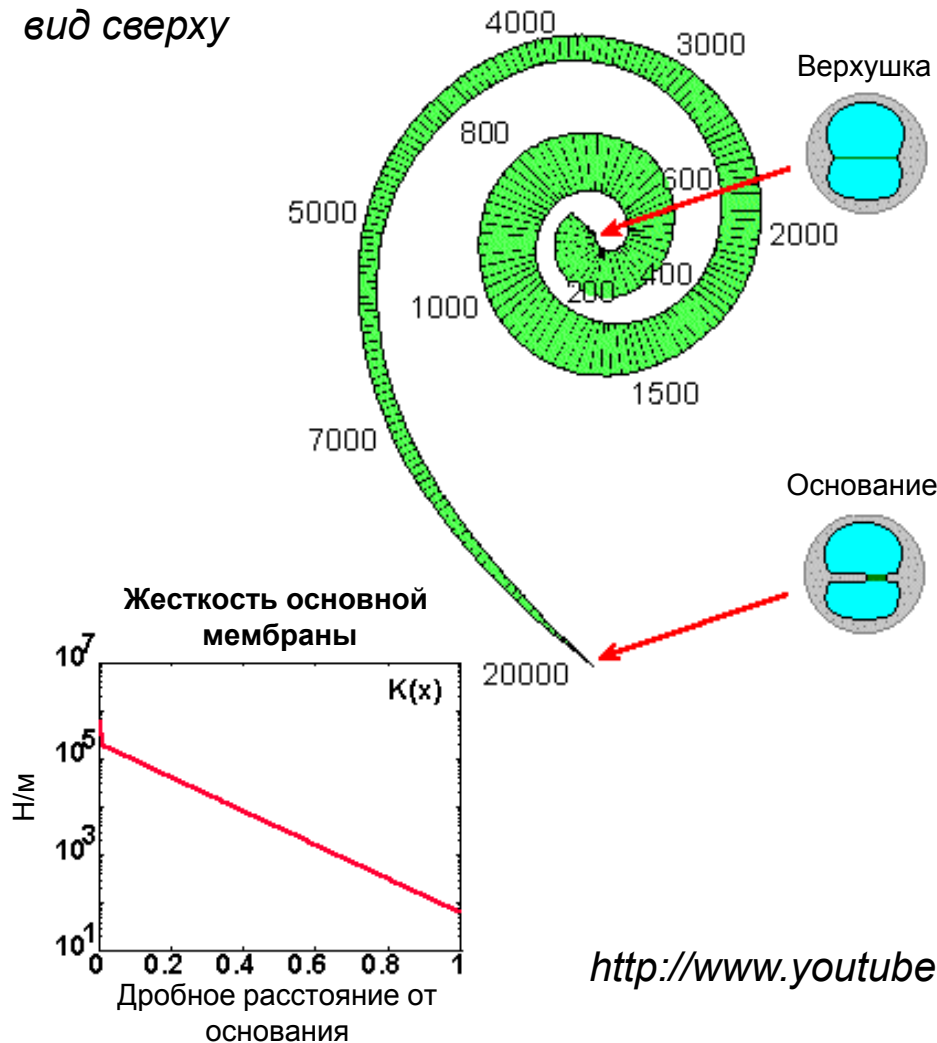
Jos Eggermont

Удивительные стимулы CE-Chirp

- Стимул, реорганизуемый временно́е распределение спектральной стимуляции с целью синхронизации реакции улитки.
- Амплитуда ответной реакции (КСВП, ССВП,...) в два раза выше, чем при использовании традиционных стимулов того же уровня.
- Облегчает идентификацию ответной реакции.
- Сокращает время автоматического обнаружения ответной реакции (острая необходимость).
- Снижает порог обнаружения ответной реакции.

Функция улитки: краткий обзор

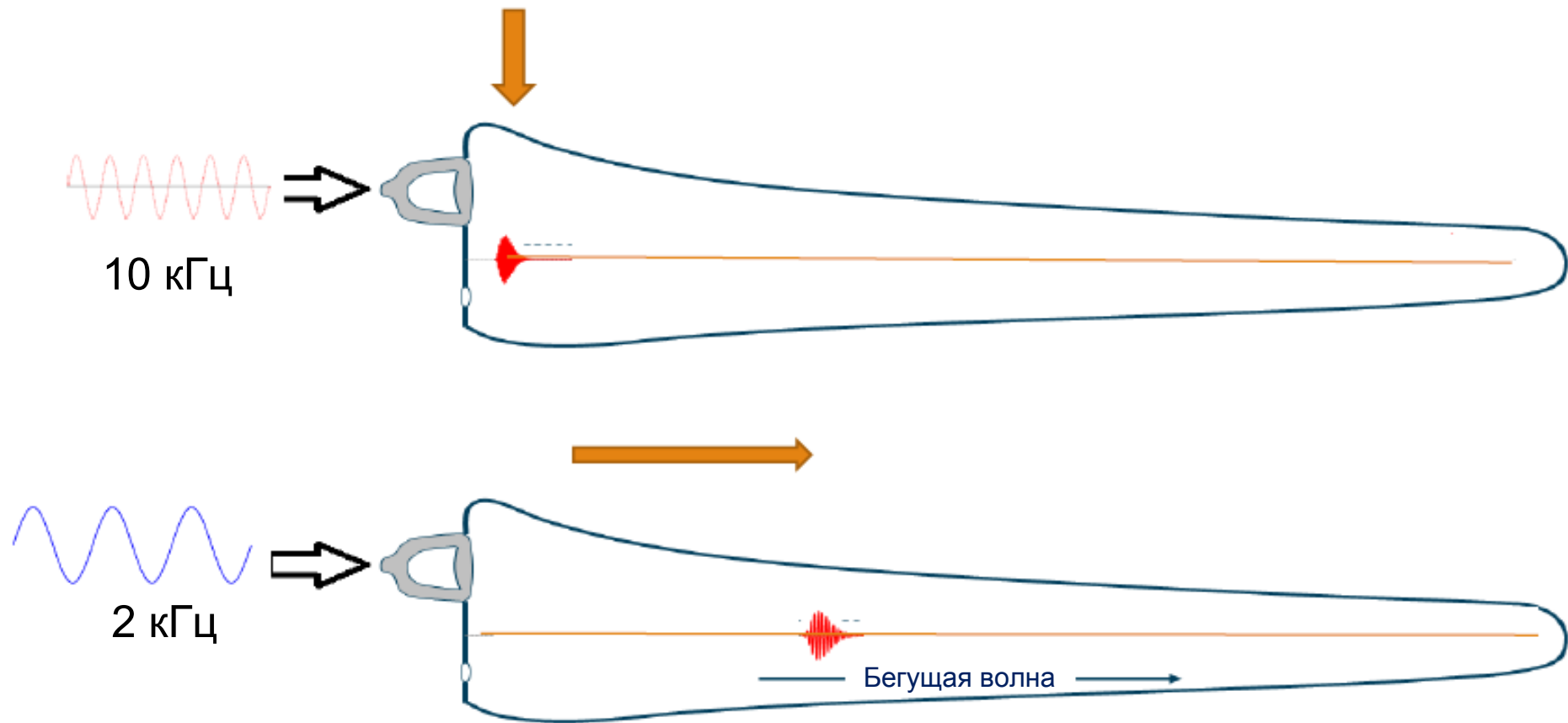
Основная мембрана:
вид сверху



- Звуковые колебания проникают в улитку через овальное окно, расположенное у ее основания.
- Энергия распространяется по жидкостям от основания к верхушке, пока не достигнет участка максимального смещения основной мембраны, соответствующего частоте колебаний.
- Этот процесс (распространение бегущей волны) задерживает активацию низкочастотных участков улитки

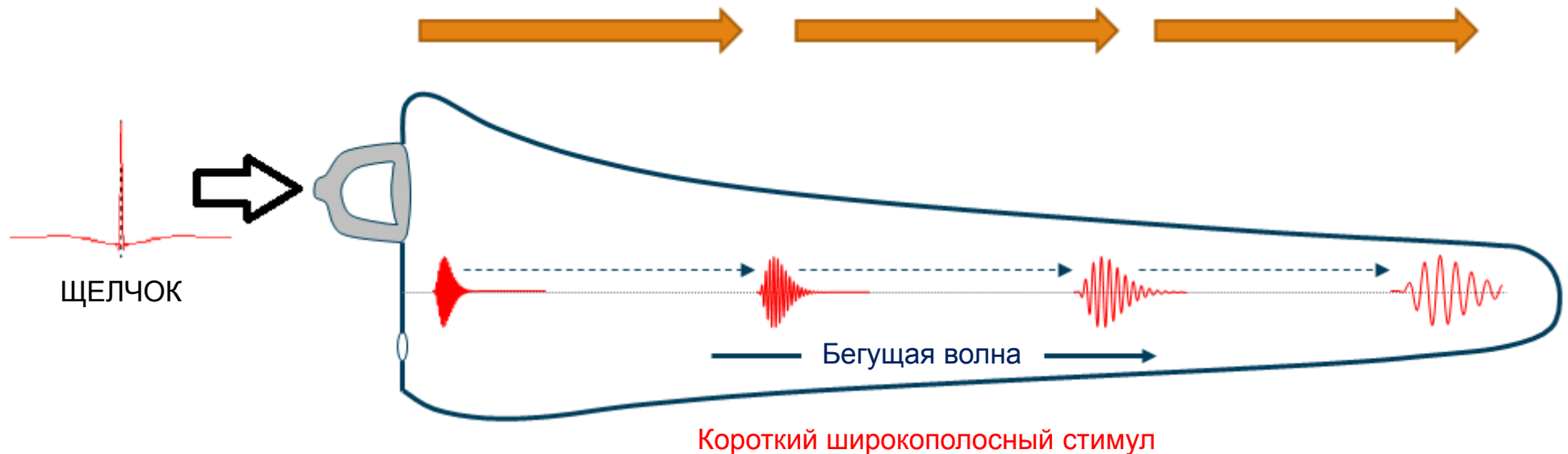
<http://www.youtube.com/watch?v=dyenMluFaUw>

Тональные стимулы активируют основную мембрану в резонансных точках



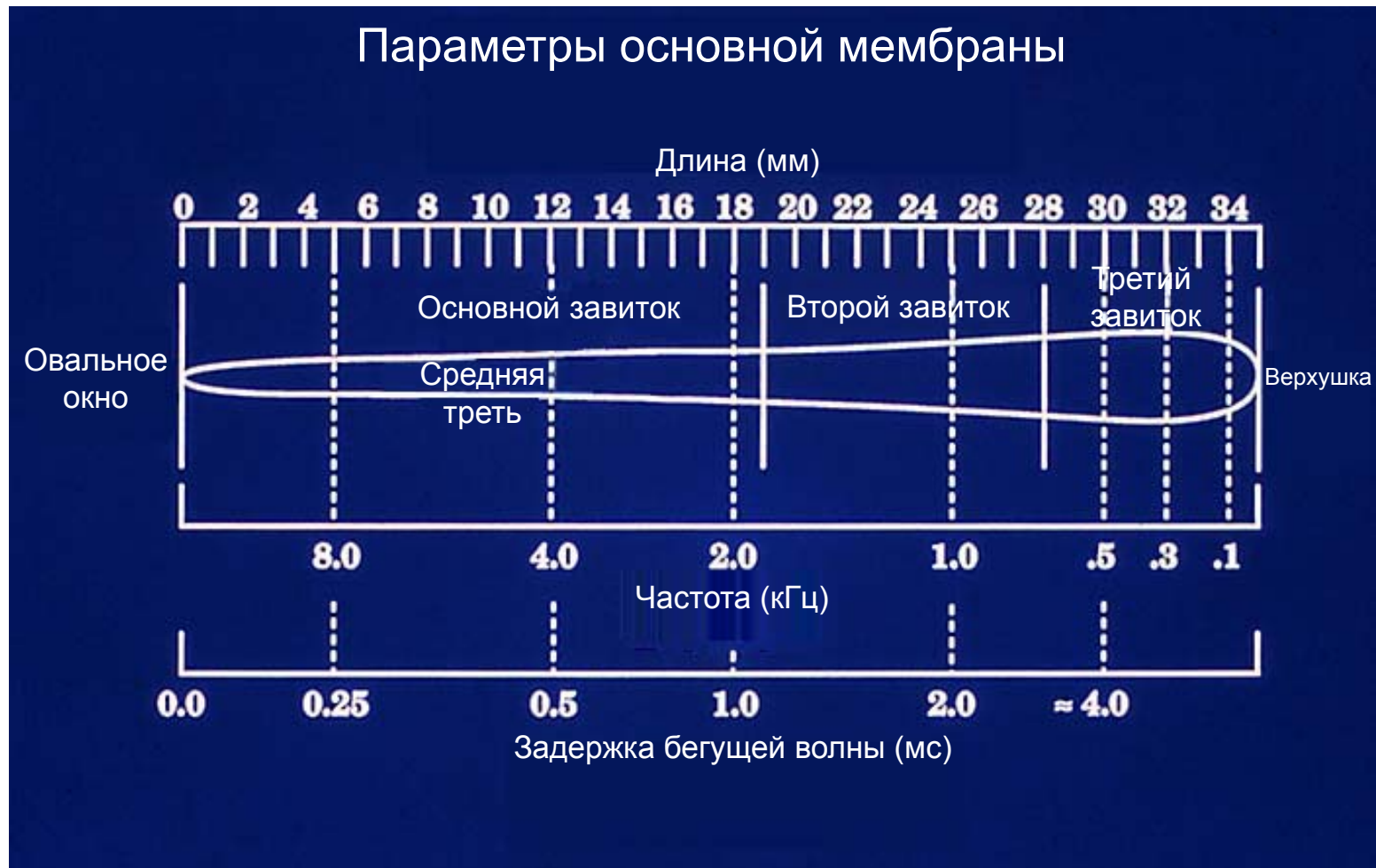
Чем ниже частота стимула, тем дальше от овального окна находится соответствующий участок основной мембраны и тем больше время, затрачиваемое бегущей волной на достижение этого участка.

Щелчок последовательно активирует основную мембрану по всей ее длине



Щелчок – любимый стимул электрофизиологов, т.к. он обладает очень широким частотным диапазоном и активирует обширный участок основной мембраны, что приводит к разряду большого количества нейронов. Формируется высокоамплитудная и легко идентифицируемая ответная реакция. Однако, активация нейронов происходит последовательно, т.е. с временной задержкой.

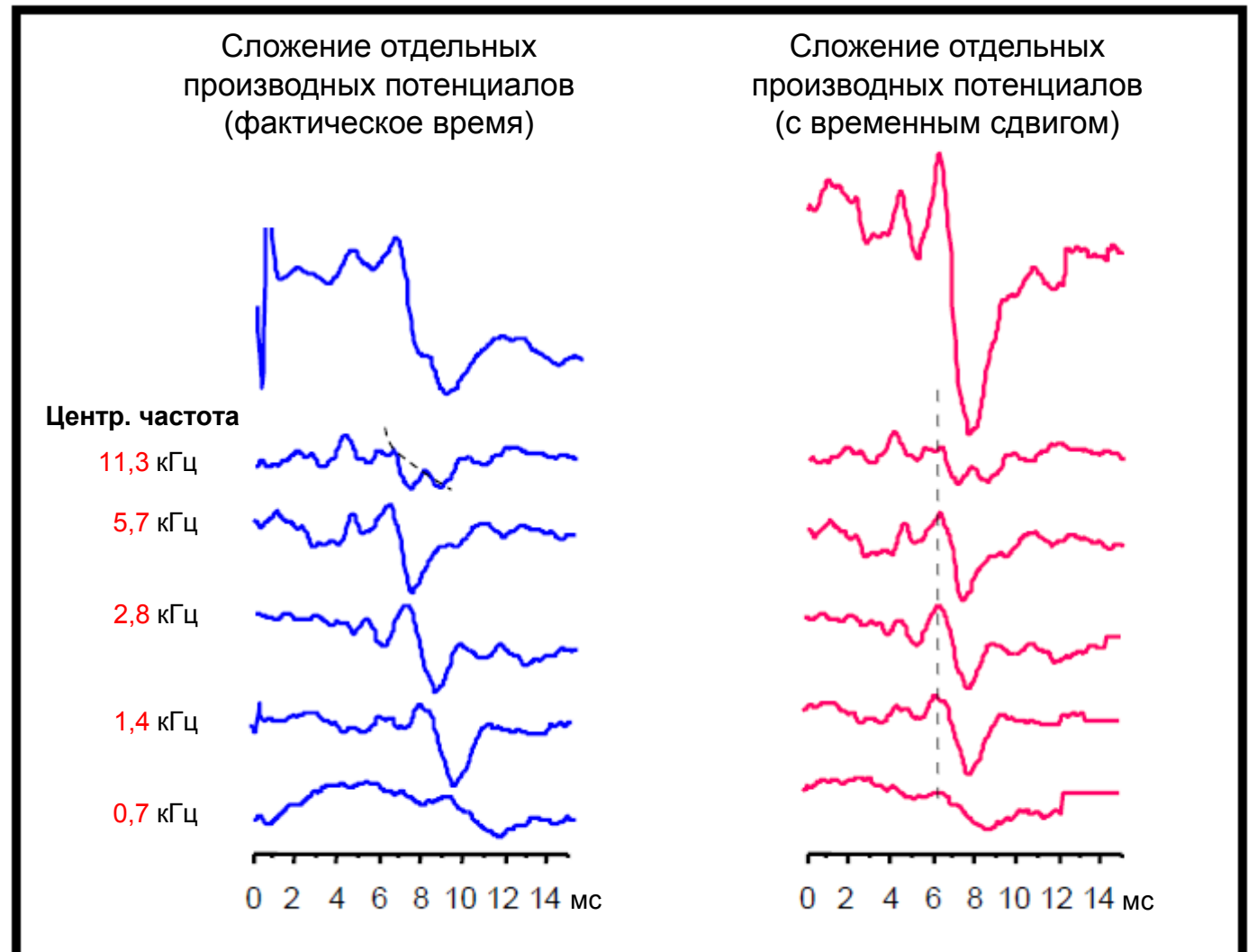
Curtis Ponton считает, что для частоты 500 Гц задержка составляет 4 мс



По Curtis Ponton

КСВП, привязанные по времени (stacked ABR): устранение различий задержки волны V на разных частотах приводит к значительному повышению амплитуды суммарного ответа

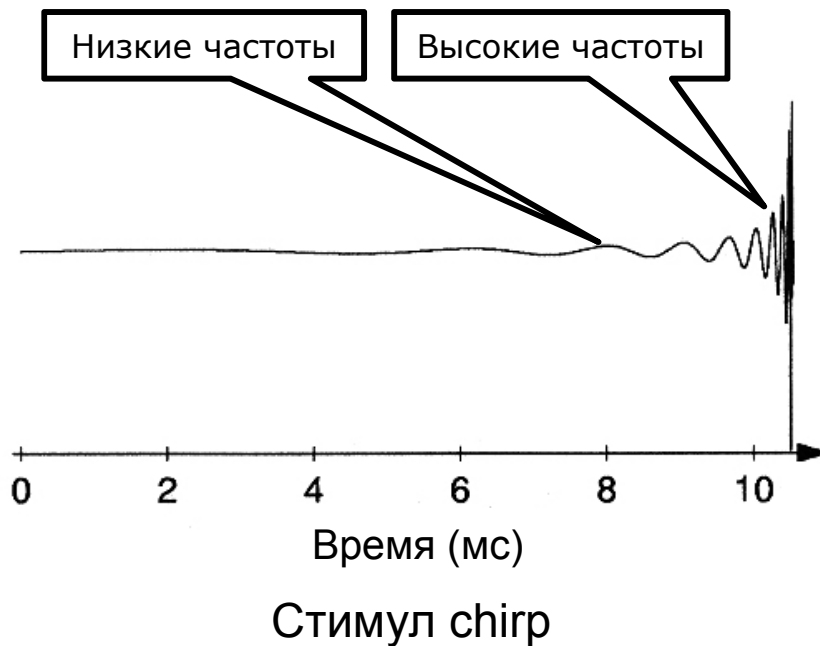
Первое упоминание т.н. "сложенных" КСВП относится к 1997 г. (Don и соавт.). Слева (синие кривые) представлены узкополосные (производные, derived) КСВП. Очевидно, что пик волны V смещается вправо (т.е. возникает позже) по мере снижения частоты стимула. Ответ, полученный путем сложения отдельных кривых, показан сверху. Из-за несовпадения фаз отдельных ответов амплитуда суммарного ответа снижается. Справа (красные кривые) представлен результат сложения кривых КСВП после предварительного выравнивания латентностей волны V в отдельных ответах. Суммарный ответ (вверху) гораздо выше по амплитуде, чем при простом сложении.



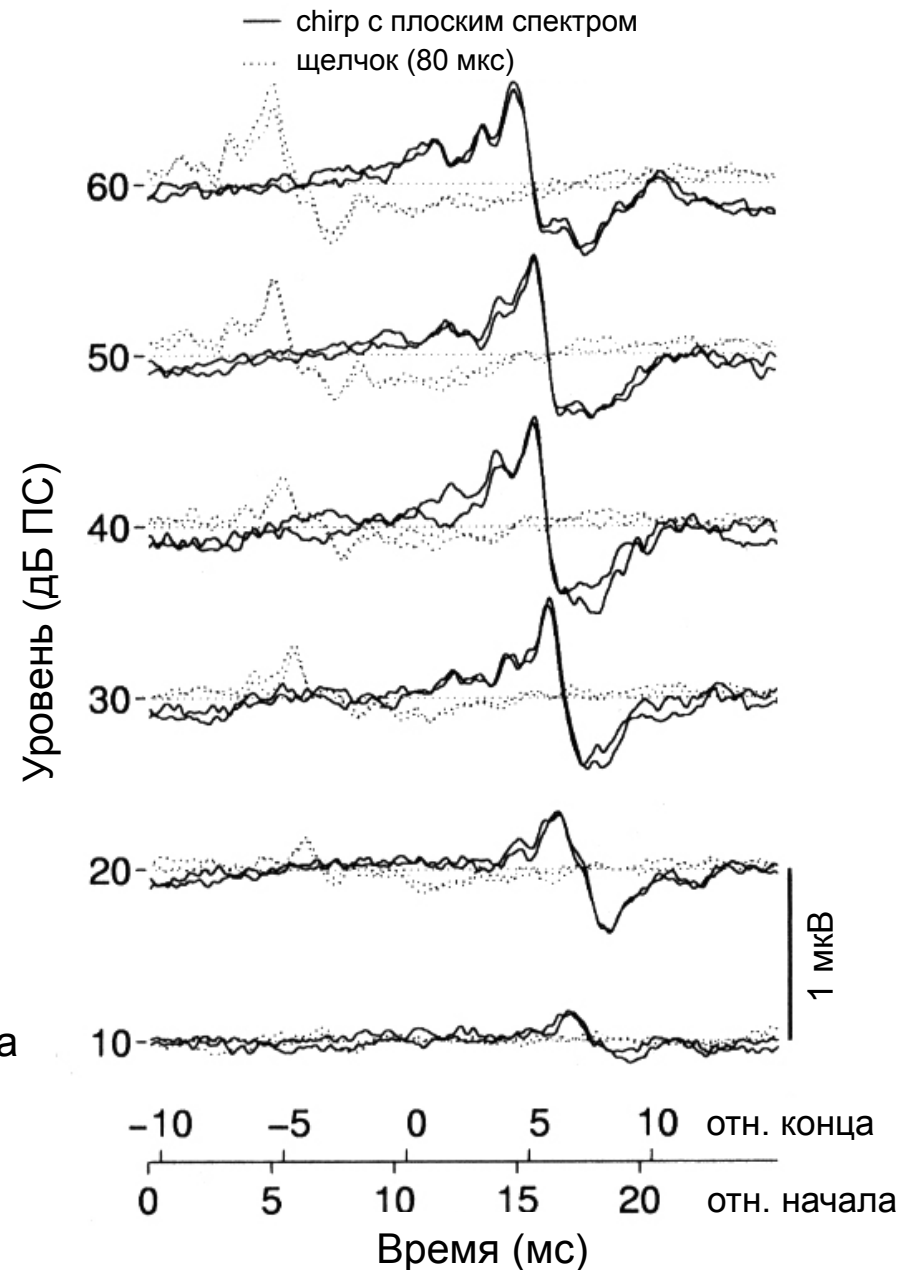
Chirps – стимулы, созданные с применением "входной" компенсации задержки бегущей волны

- Вместо компенсации задержки путем сдвига уже зарегистрированных ответов, технология chirp использует компенсацию на уровне самого стимула.
- Щелчок разбивается на составляющие частоты и реконструируется. Высокие частоты следуют за более низкими. (Как если бы медленнее бегущие спортсмены уходили на дистанцию первыми, а за ними следовали быстрые бегуны. В таком случае к финишу они прибежали бы одновременно).
- КСВП в ответ на chirp гораздо выше по амплитуде, чем КСВП в ответ на щелчок (несмотря на одинаковую спектральную энергию) по той же причине, по которой амплитуда привязанных по времени КСВП выше.

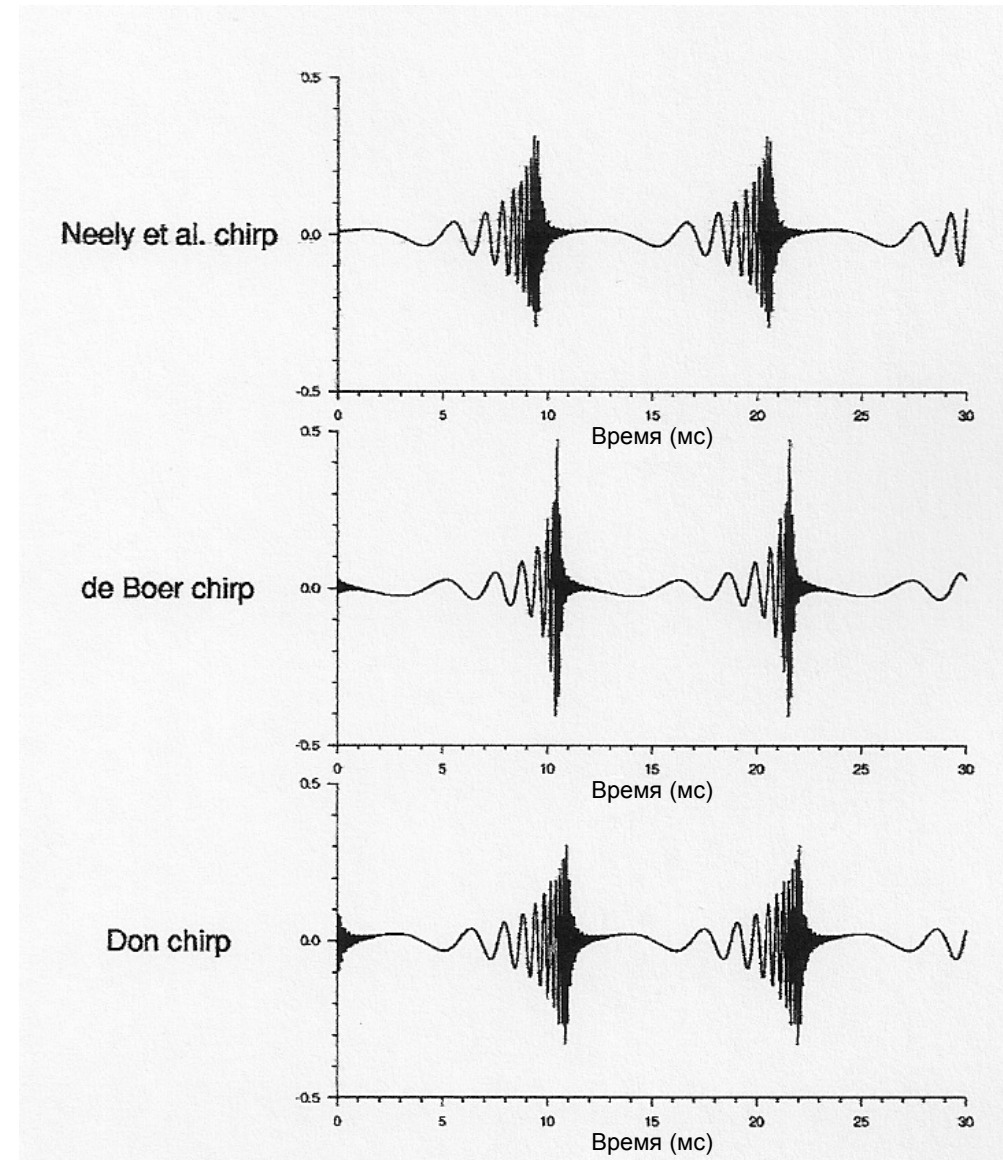
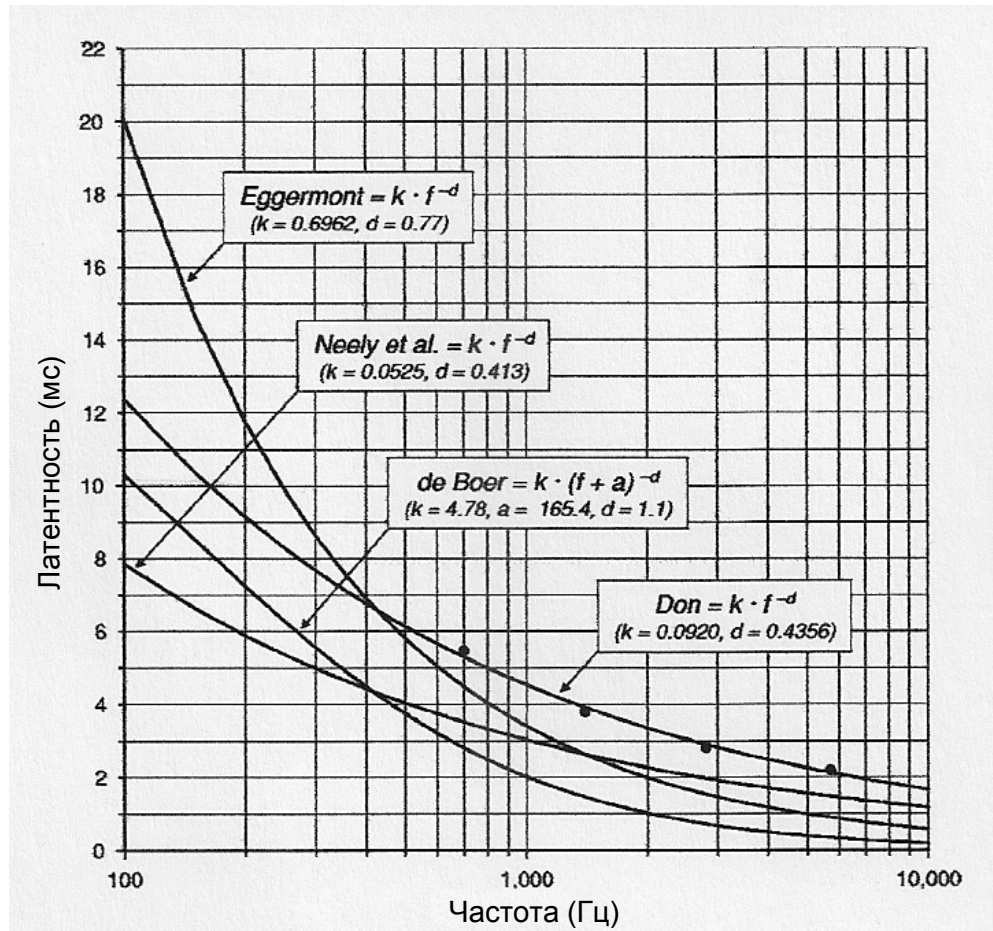
Сравнение КСВП в ответ на щелчок и chirp



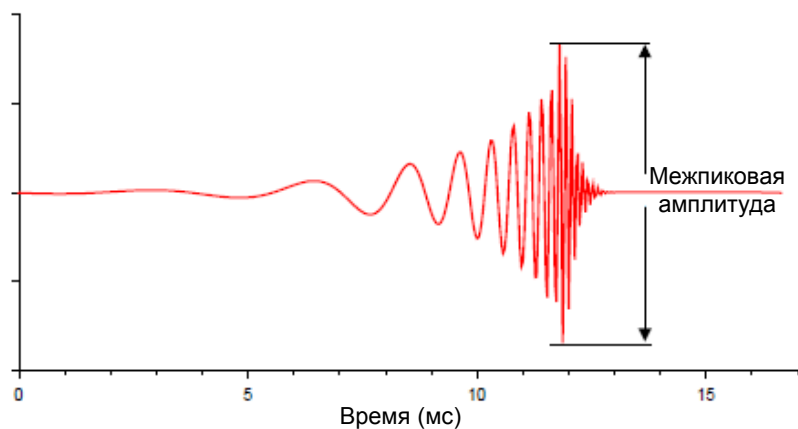
Обратите внимание на графики справа. Очевидно, что при уровне стимуляции 40 дБ амплитуда КСВП в ответ на chirp более чем в 2 раза превышает амплитуду КСВП в ответ на щелчок. При уровне стимуляции 10 дБ КСВП в ответ на щелчок не регистрируется, тогда как в ответ на chirp регистрируется четкий ответ.



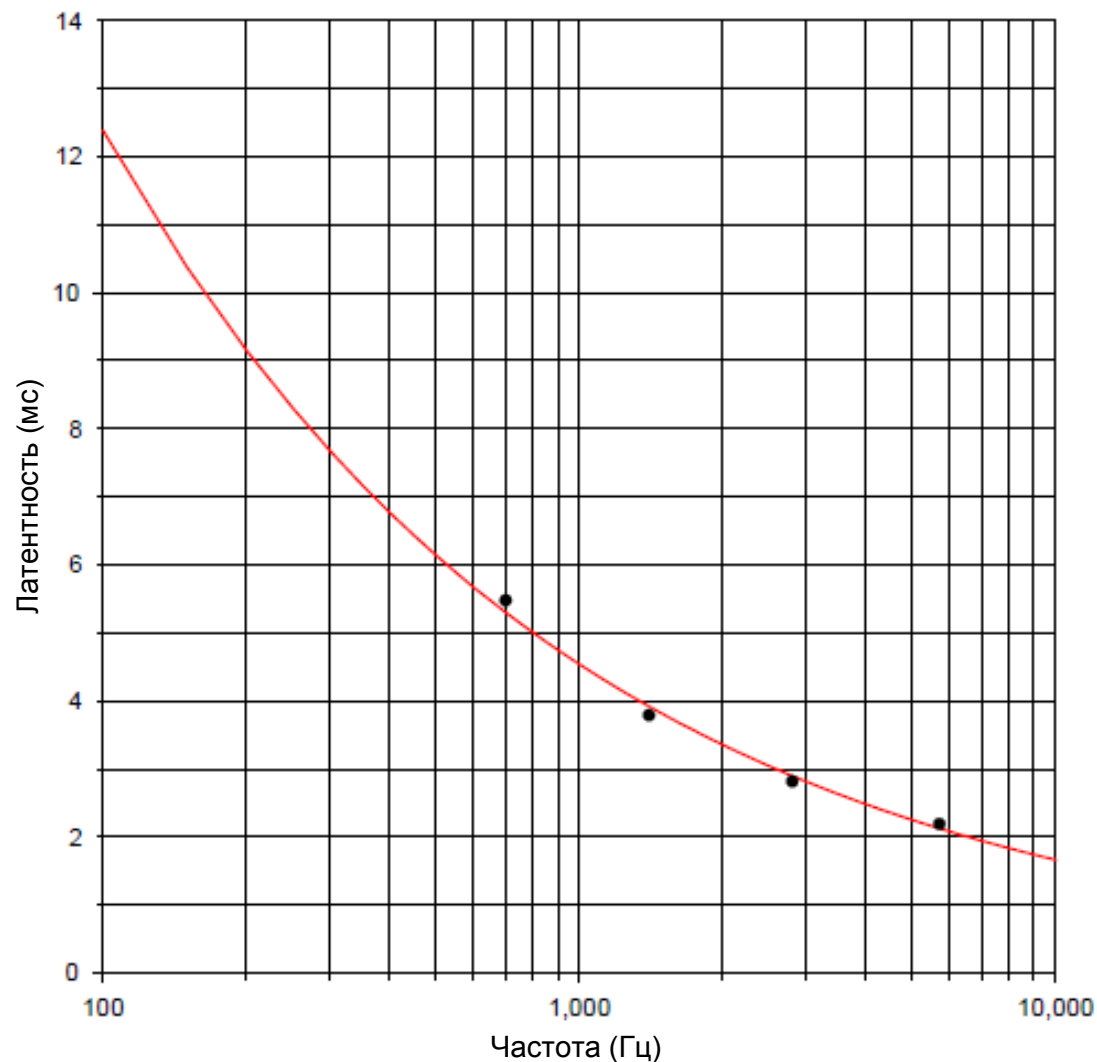
Предлагались различные варианты chirp-стимулов, основанные на различных моделях распространения бегущей волны в улитке



Функция задержки CE-chirp, основанная на данных о латентности КСВП в ответ на узкополосные стимулы (M. Don)



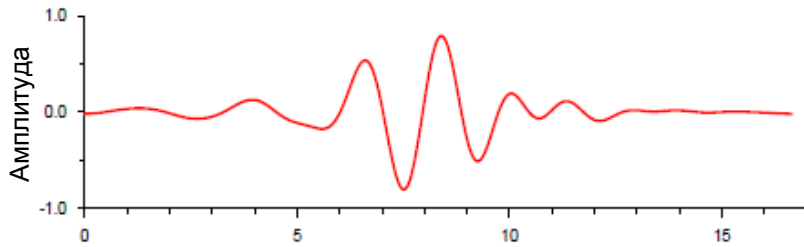
CE = Claus Elberling



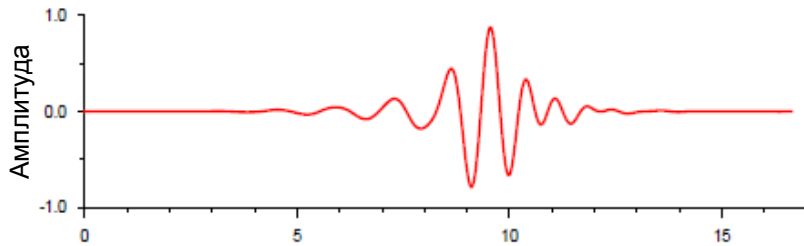
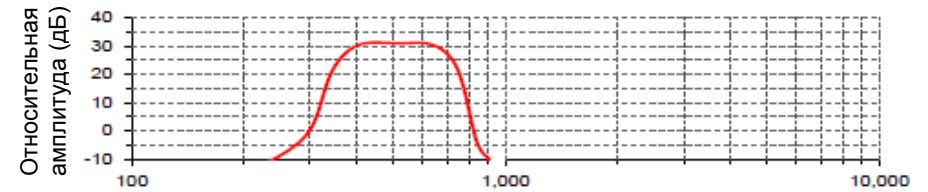
Почему мы рекомендуем пользоваться SE-chirp?

- Лучше всего изучен
 - Более 20 публикаций
- Имеются узкополосные варианты chirp
 - Возможность построения аудиограммы
- Для разных уровней стимуляции созданы собственные варианты chirp-стимулов
- Время начала стимула учитывает практические потребности
 - Упрощает использование нормативов латентности

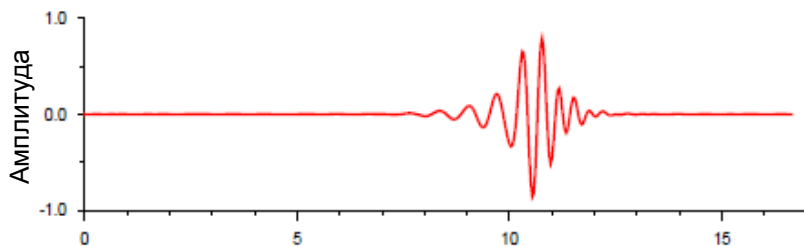
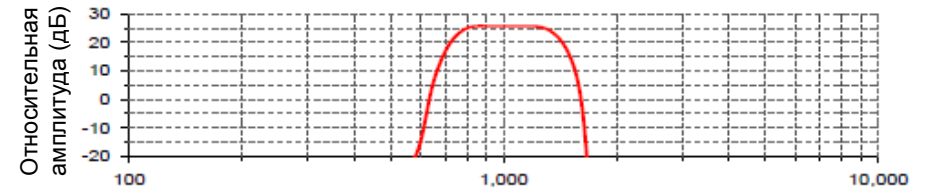
Узкополосные (NB) CE-chirp для клинической аудиологической практики



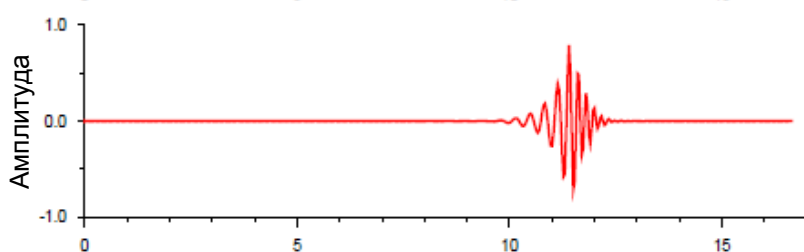
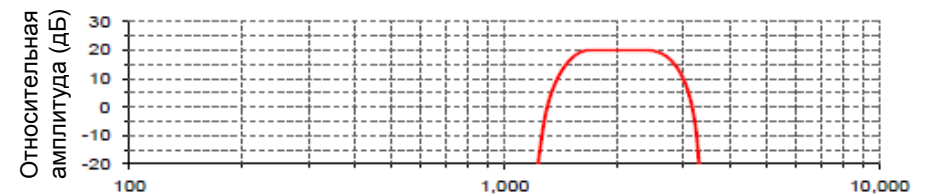
500 Гц



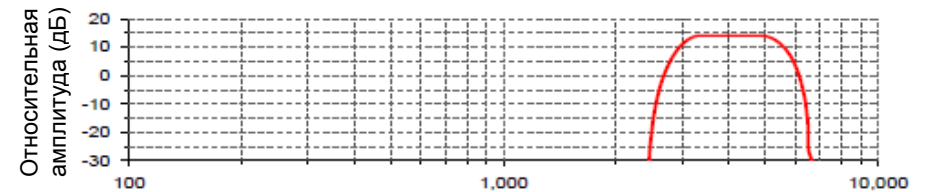
1000 Гц



2000 Гц

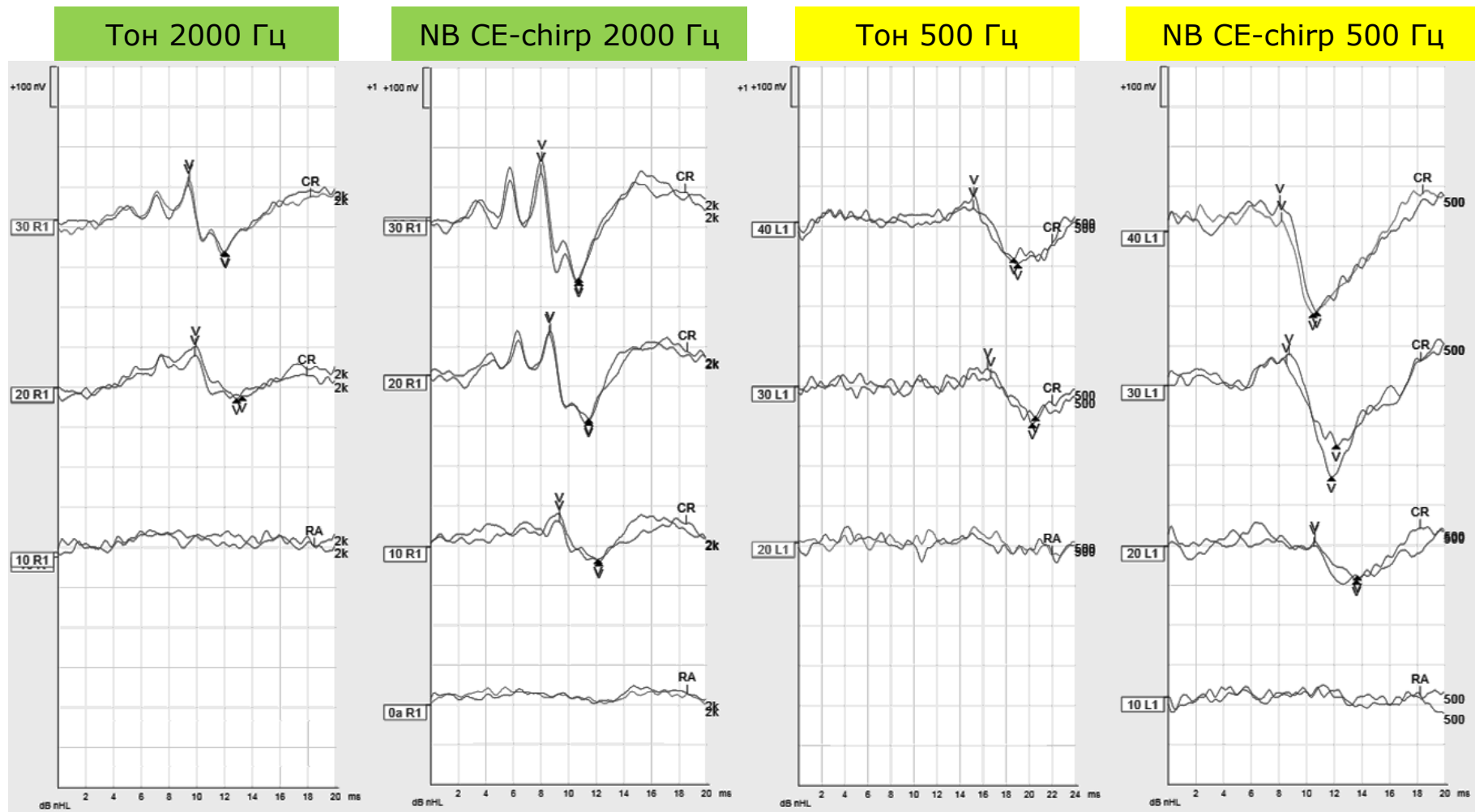


4000 Гц



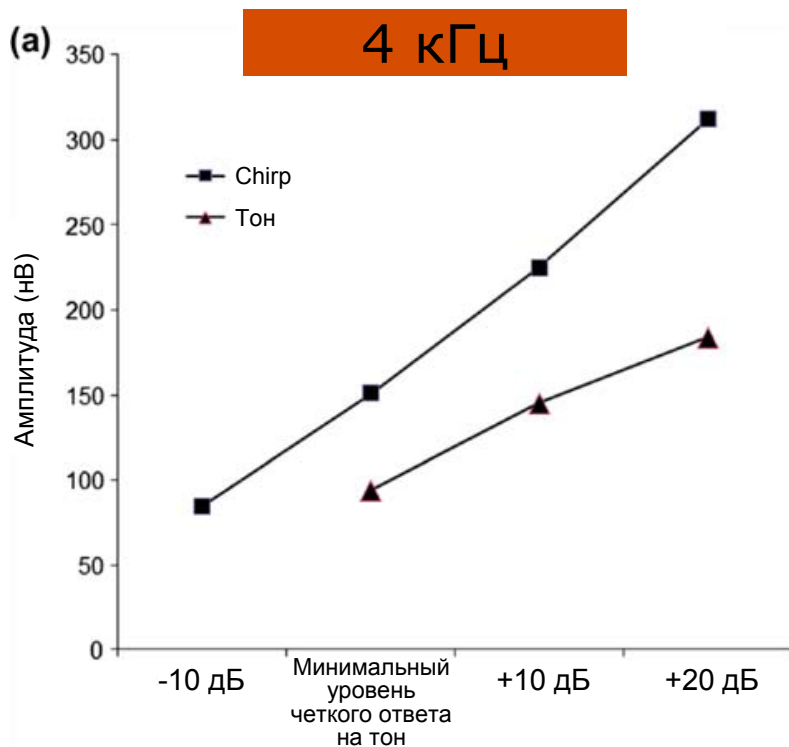
Ширина каждого стимула – 1 октава, без боковых полос.

Фрагмент стендового доклада на конференции Lake Como, иллюстрирующий результаты для стимулов частотой 0,5 и 2 кГц

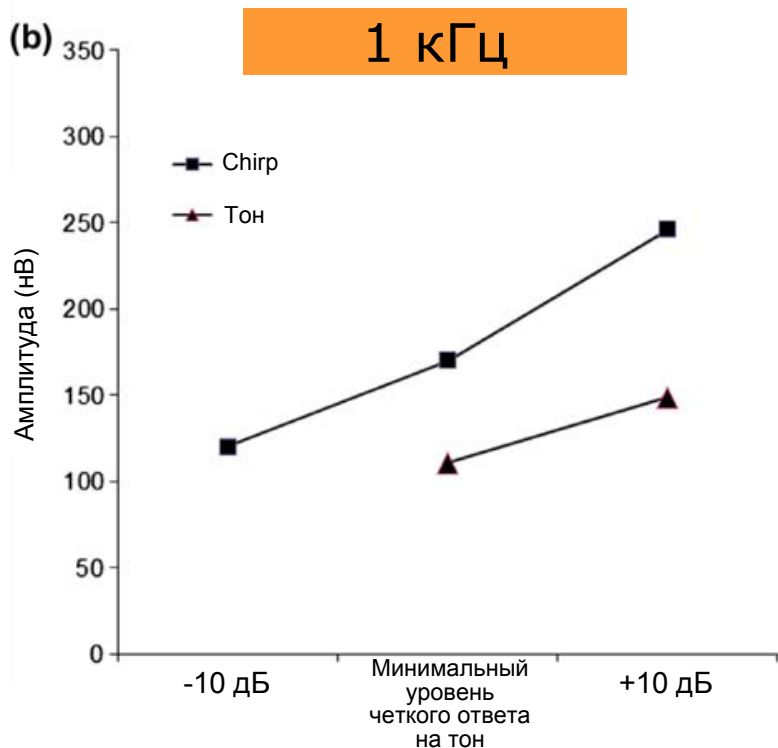


Inga Ferm and Guy Lightfoot Amplitudes, test time and estimation of hearing threshold using frequency specific chirp and tone pip stimuli in newborns. HEAL 2014, Lake Como, Italy

При уровнях стимуляции 20 дБ (2000 Гц) и 30 дБ (500 Гц) амплитуды КСВП в ответ на NB CE-Chirp в два раза больше, чем в ответ на тональные стимулы. На обеих частотах пороги КСВП в ответ на NB CE-Chirp на 10 дБ ниже, чем в ответ на тональные стимулы.



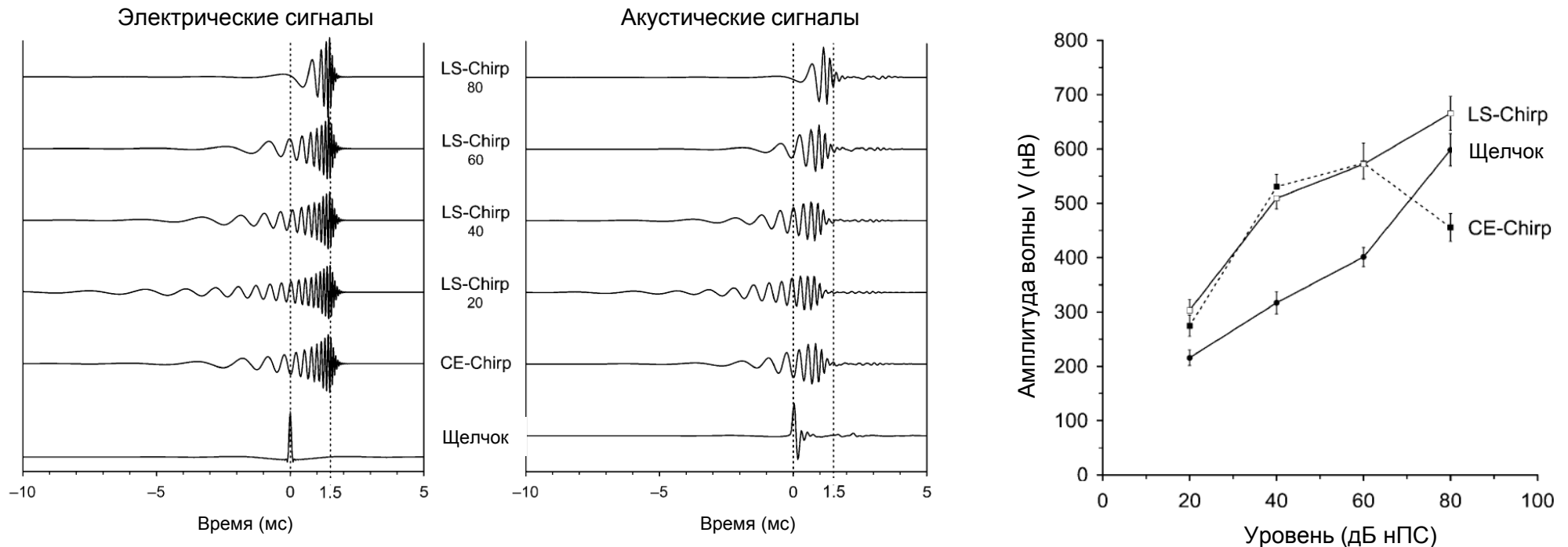
"На частоте 4 кГц пороги ответов на chirp в среднем ниже на 5,5 дБ, тогда как на частоте 1 кГц преимущество chirp достигает 6,2 дБ".



"На частоте 2 кГц средняя амплитуда ответа на NB CE-chirp на 50% превышает амплитуду ответа на тональные стимулы, а на частоте 500 Гц это преимущество составляет 30%. Качество ответа (F_{mp}), как правило, в два раза выше для NB CE-chirp".

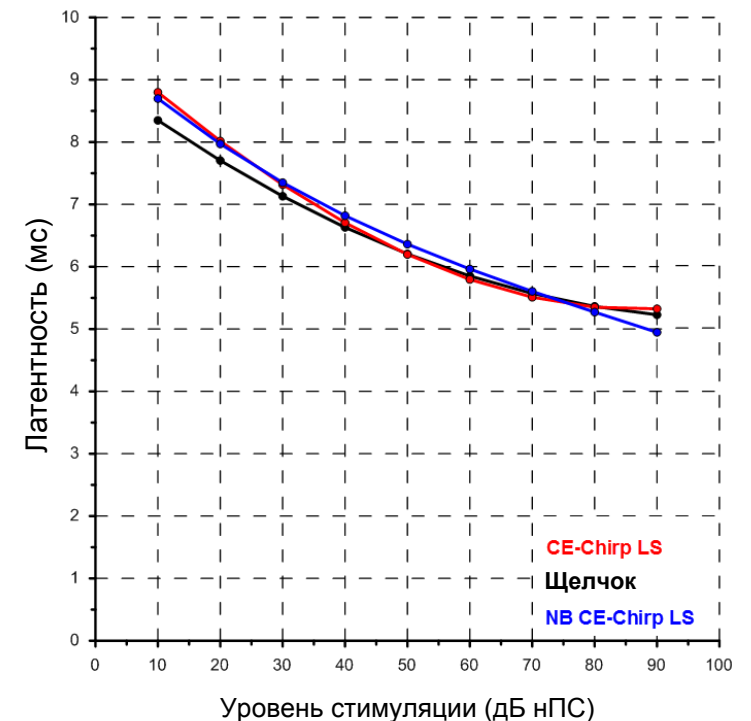
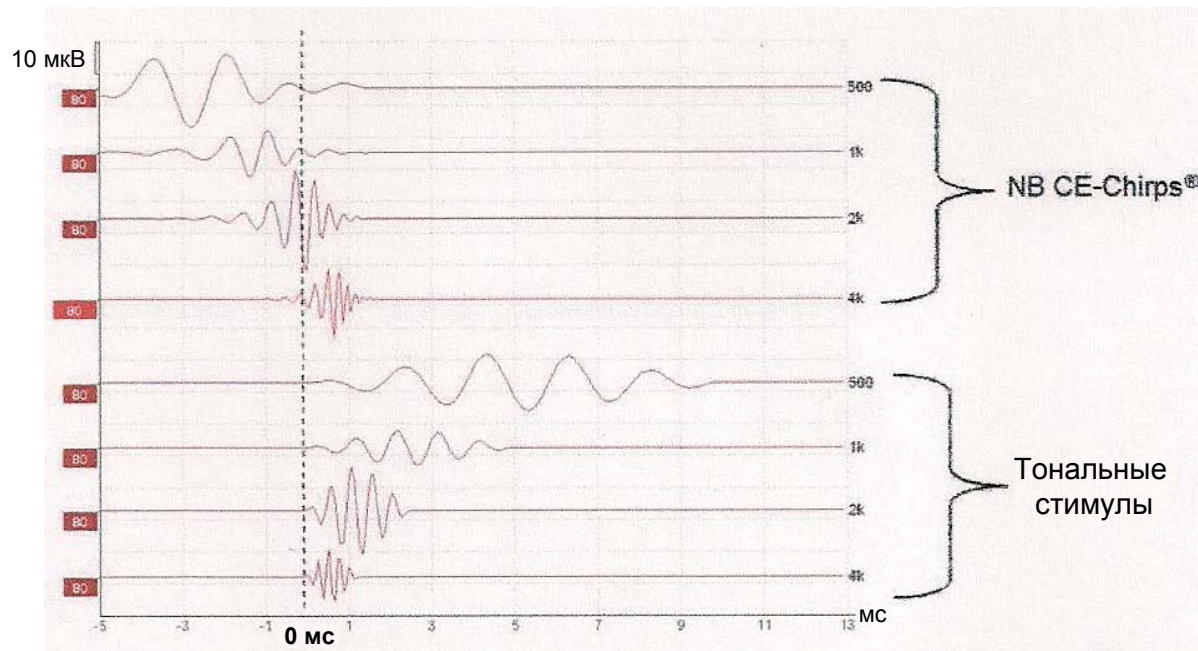
В Великобритании рекомендовано использовать стимулы NB CE-chirp в повседневной практике.

Сохранение амплитудного преимущества при высоких уровнях стимуляции благодаря Level Specific CE-Chirps (LS-Chirps)



По мере возрастания уровня стимуляции время задержки и форма сигнала меняются (два графика слева), что позволяет значительно повысить амплитуду волны V при высоких уровнях стимула (правый график).

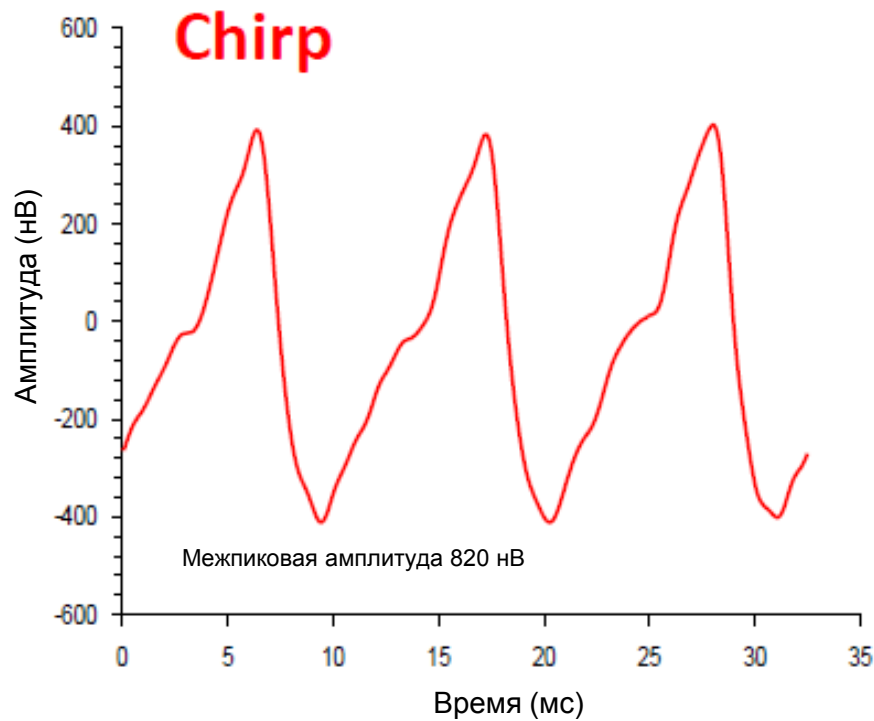
В результате произведенных преобразований нормативные значения латентности волны V в ответ на широко- и узкополосные CE-Chirps стали такими же, как для щелчка



Благодаря варьированию времени предъявления стимула относительно начала регистрации ответа удалось добиться одинаковых нормативных значений латентности для CE-Chirp® LS, NB CE-Chirp® LS и щелчков, что существенно облегчает сравнение результатов при использовании различных вариантов стимуляции.

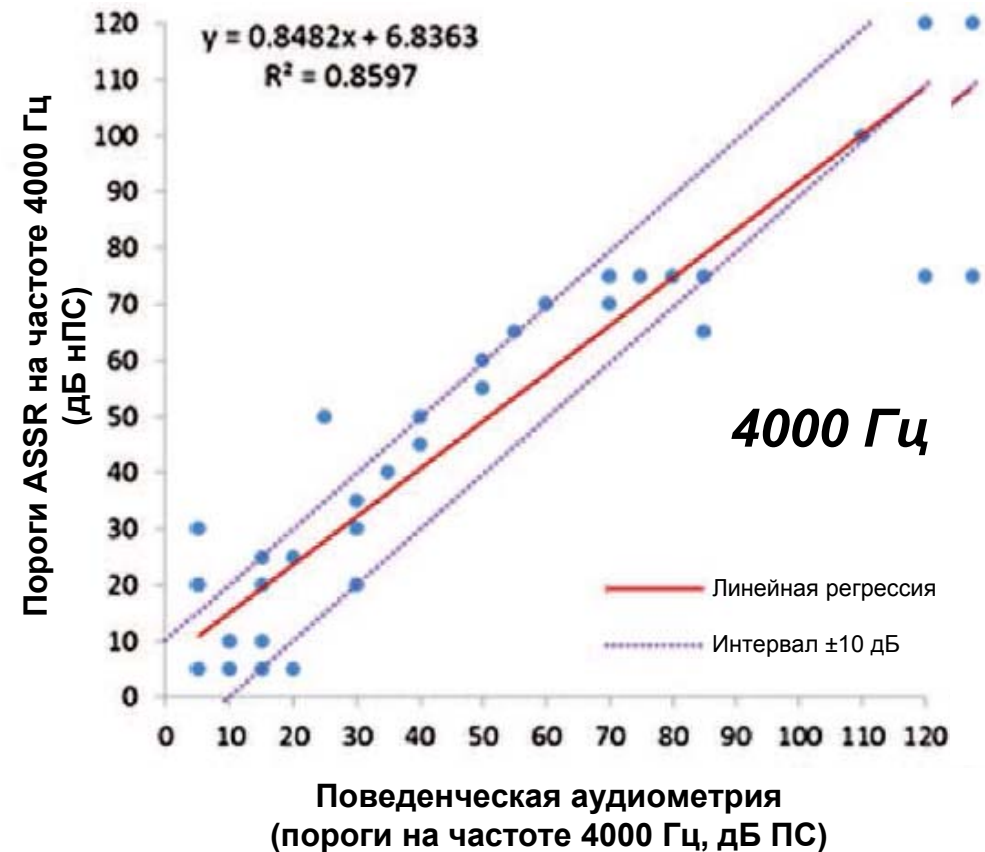
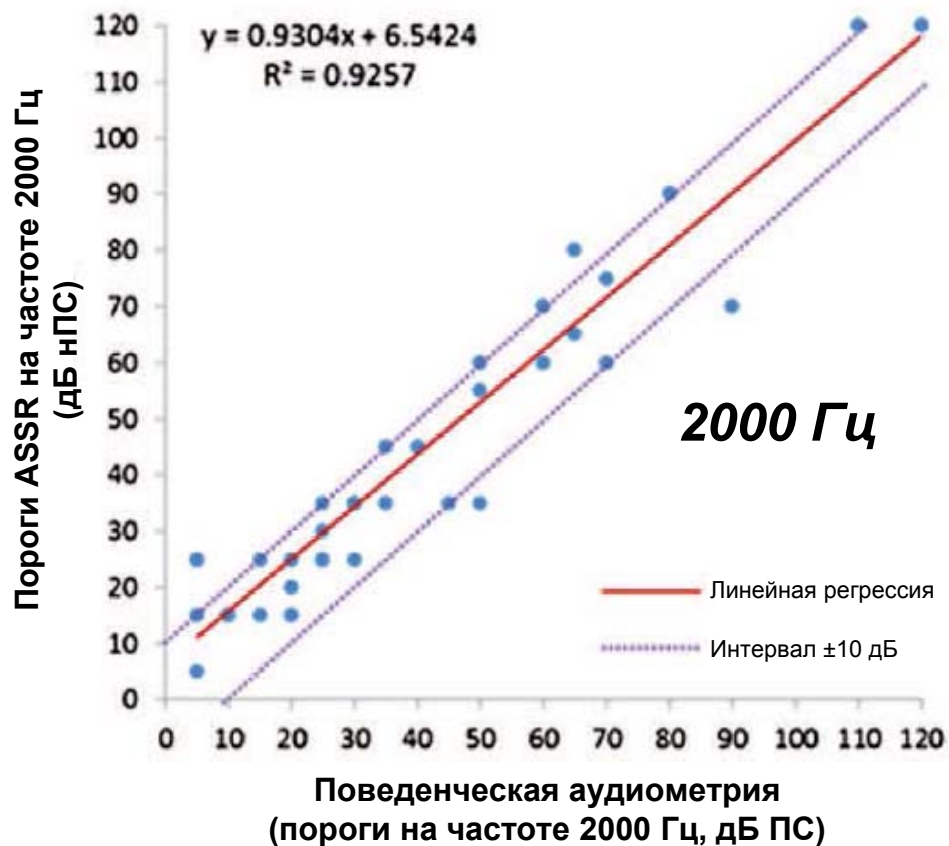
CE-Chirps повышают амплитуду ССВП (ASSR)!

50 дБ нПС



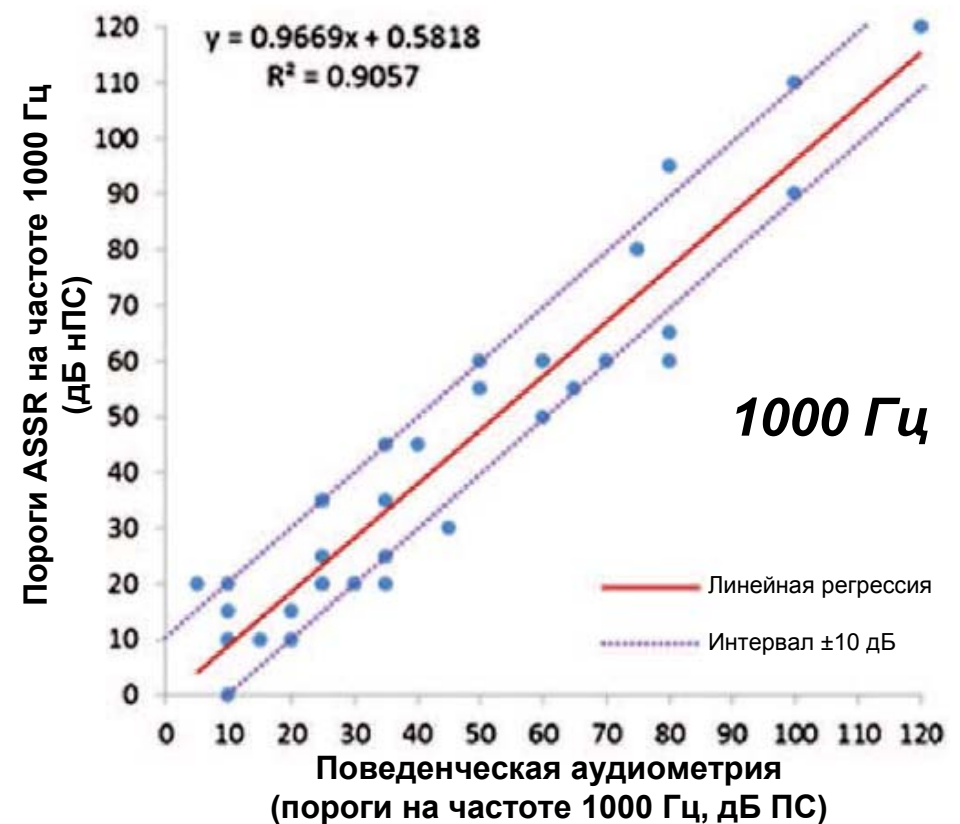
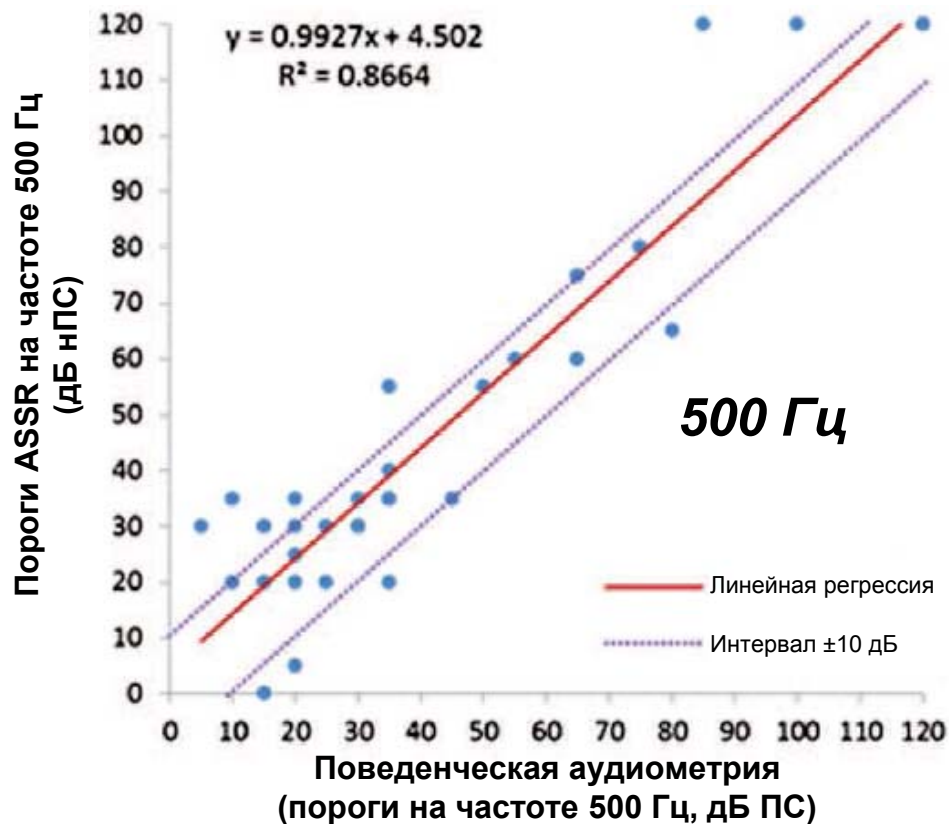
Благодаря повышению амплитуды ASSR в ответ на Chirp удастся ускорить процесс обследования и снизить пороги обнаружения ответной реакции.

Venail et al. Narrow band CE-Chirps evoked ASSR in Children. International Journal of Audiology 2014; Early Online
[ASSR у детей в ответ на узкополосные CE-Chirps]



Современные системы регистрации ASSR используют в качестве стимулов узкополосные Chirps, благодаря чему удалось добиться высоких показателей соответствия порогов, рассчитанных на основании ASSR, поведенческим порогам ($R^2 = 0,93$ и $0,86$ на частотах 2000 и 4000 Гц).

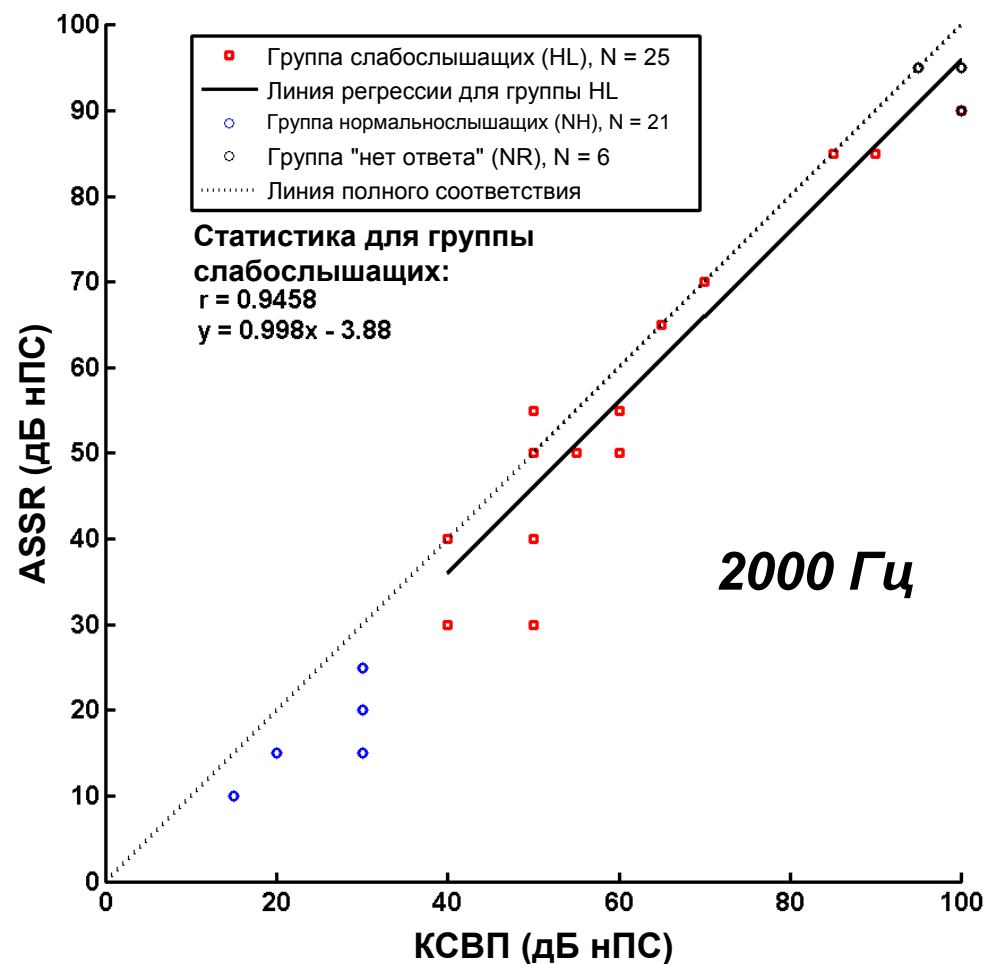
Venail et al. Narrow band CE-Chirps evoked ASSR in Children. International Journal of Audiology 2014; Early Online
[ASSR у детей в ответ на узкополосные CE-Chirps]



Современные системы регистрации ASSR используют в качестве стимулов узкополосные Chirps, благодаря чему удалось добиться высоких показателей соответствия порогов, рассчитанных на основании ASSR, поведенческим порогам ($R^2 = 0,87$ и $0,91$ на частотах 500 и 1000 Гц).

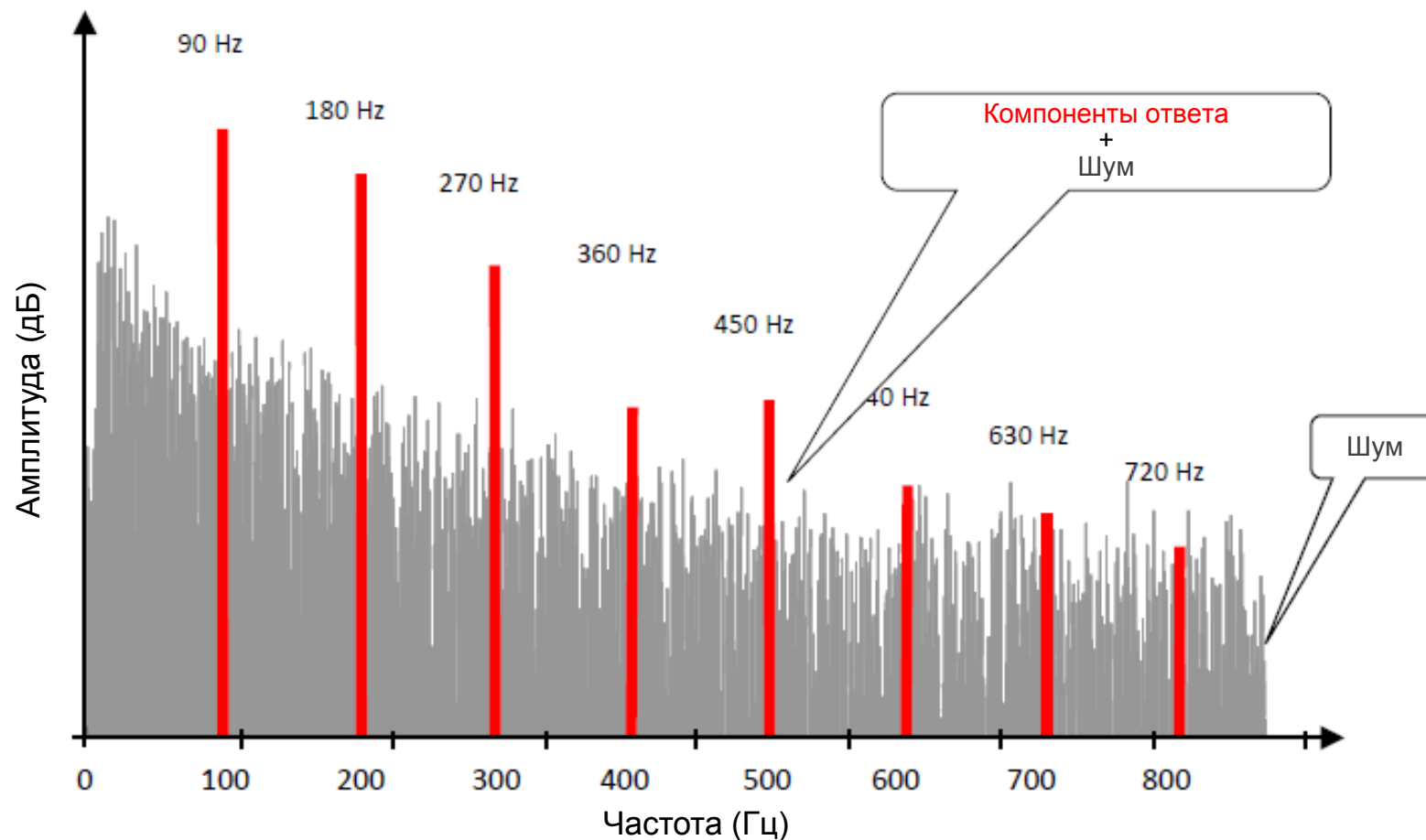
Сравнение расчётных порогов слышимости, полученных на основании регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов в ответ на узкополосные SE-Chirps и КСВП в ответ на тональные посылки частотой 2000 Гц

Franck Michel, аудиологическая клиника, отделение оториноларингологии, университетская клиника г. Орхус (Дания)



Сравнение показало высокую корреляцию между расчетными порогоми слышимости, полученными на основании регистрации КСВП в ответ на тональные посылки и ASSR в ответ на узкополосные SE-Chirps. Следует, однако, отметить, что пороги ASSR были в среднем на 5 дБ ниже порогов КСВП.

Помимо NB SE-Chirps, системы регистрации ASSR нового поколения используют усовершенствованный алгоритм обнаружения ответной реакции



Помимо регистрации ответа на частоте модуляции, новые системы ASSR осуществляют поиск на 20 гармониках частоты модуляции. Кроме того, для обнаружения ответа используются и амплитуда, и фаза. В результате удается обнаружить низкоамплитудные ответные реакции в области порогов.

Более высокая амплитуда = Сокращение времени обследования

- При удвоении амплитуды ответа время, необходимое для получения ответной реакции с таким же отношением сигнал-шум, сокращается в 4 раза!
- Это очень заметно при использовании NB CE-Chirps в качестве стимулов при регистрации КСВП или ASSR.

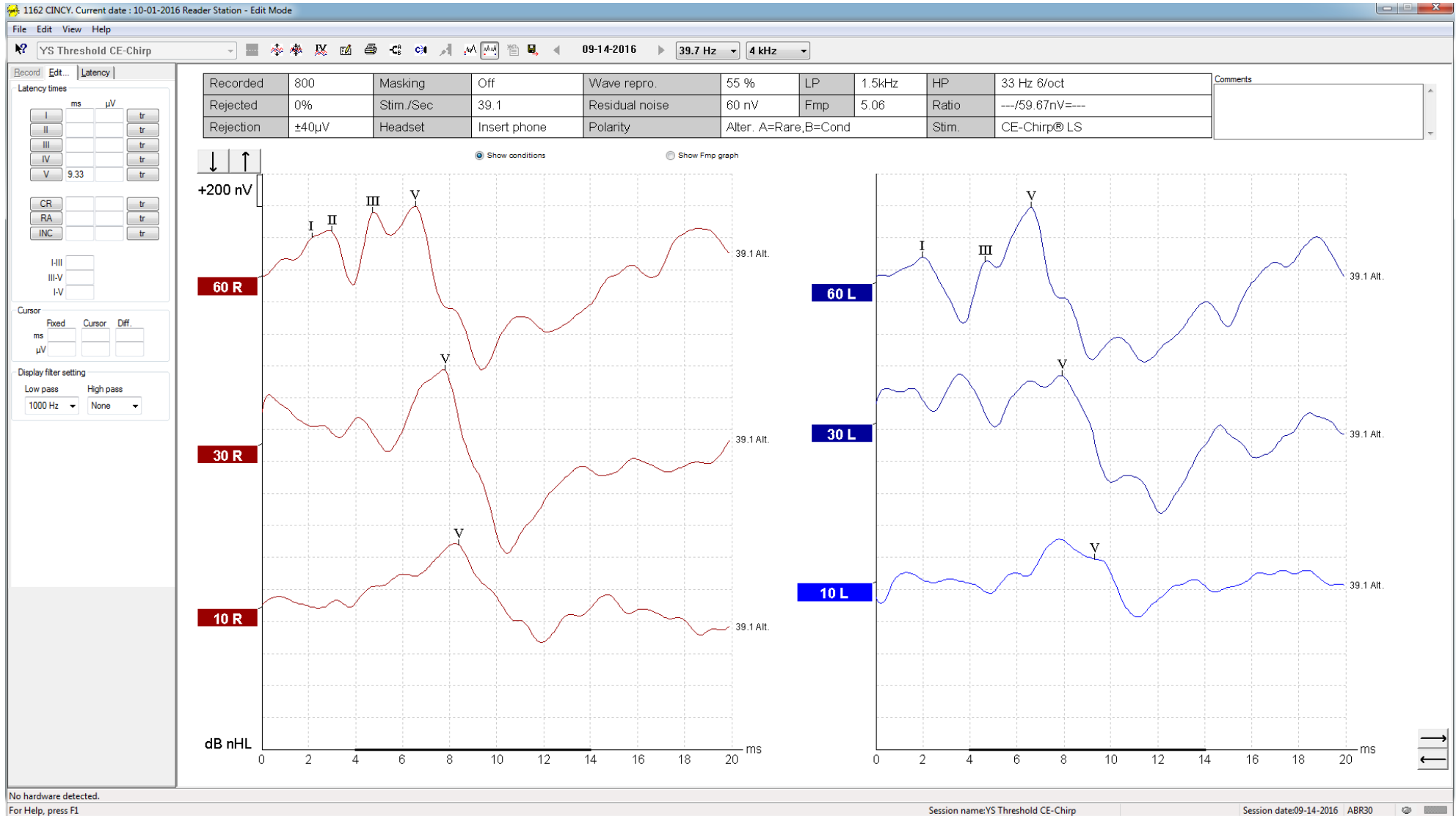
Время обследования при использовании NB SE-Chirps:

Время, необходимое для получения 8 порогов

	Среднее значение (минуты)	Медиана (минуты)	10-й процентиль	90-й процентиль
КСВП	24,76	25,00	13,00	41,00
	P = 0,002			
ASSR	18,20	14,80	8,25	32,79

Предварительные данные по 29 детям младенческого и младшего возраста. В большинстве случаев обследование проводилось в состоянии естественного сна. У части детей слух был нормальным. Регистрировали пороги в обоих ушах на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц.

Пример: ребенок в возрасте 3 лет, естественный сон, нормальный слух



Record Edit... Latency

Latency times

I	ms	μV	tr
II			tr
III			tr
IV			tr
V	7.53		tr

CR RA INC

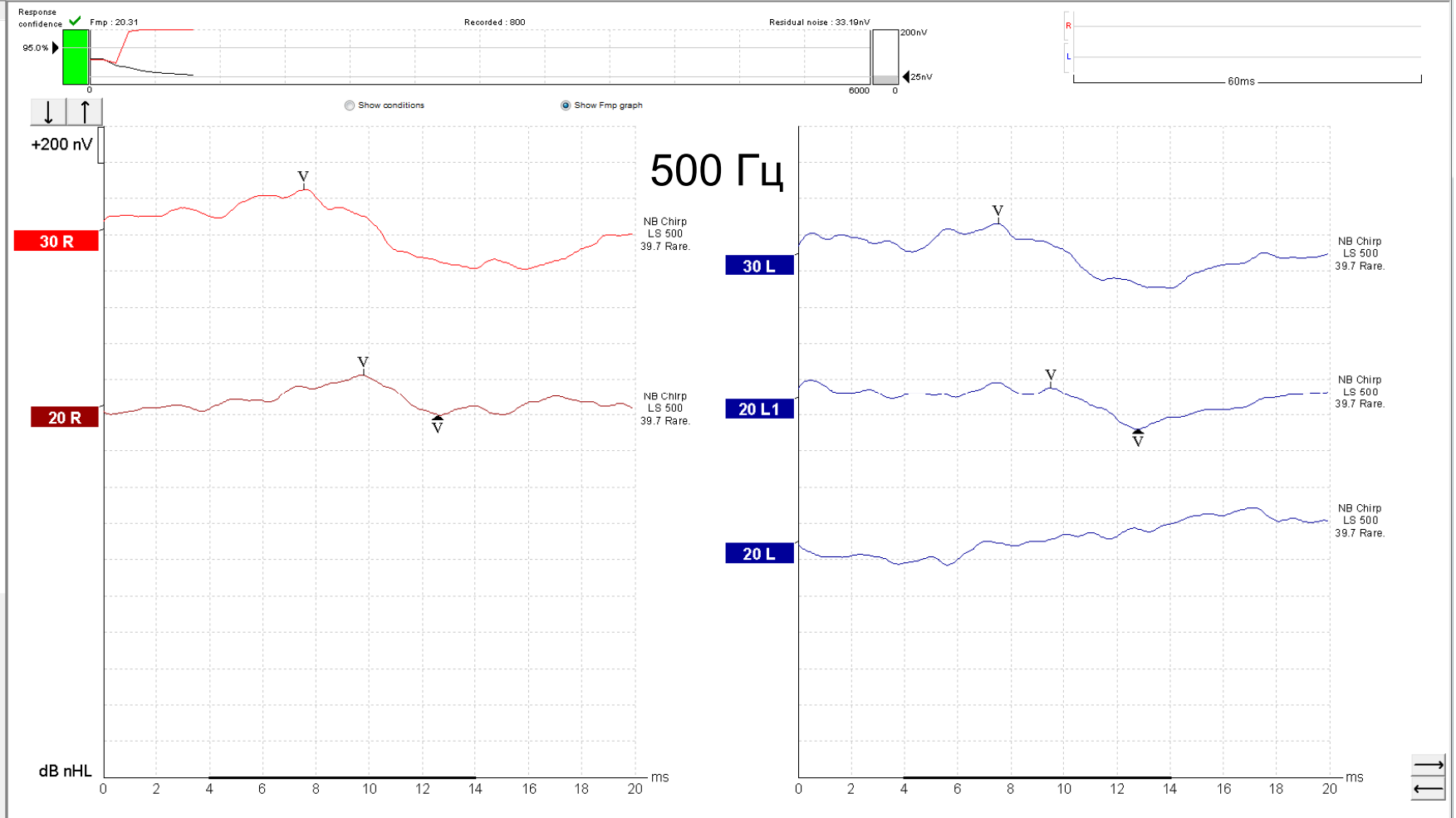
Cursor

Fixed	Cursor	Diff.
ms		
μV		

Display filter setting

Low pass High pass

1000 Hz None



Record Edit... Latency

Latency times

I	ms	μV	tr
II			tr
III			tr
IV			tr
V	0.20	0.396	tr

CR RA INC

I-III III-V I-V

Cursor Fixed Cursor Diff.

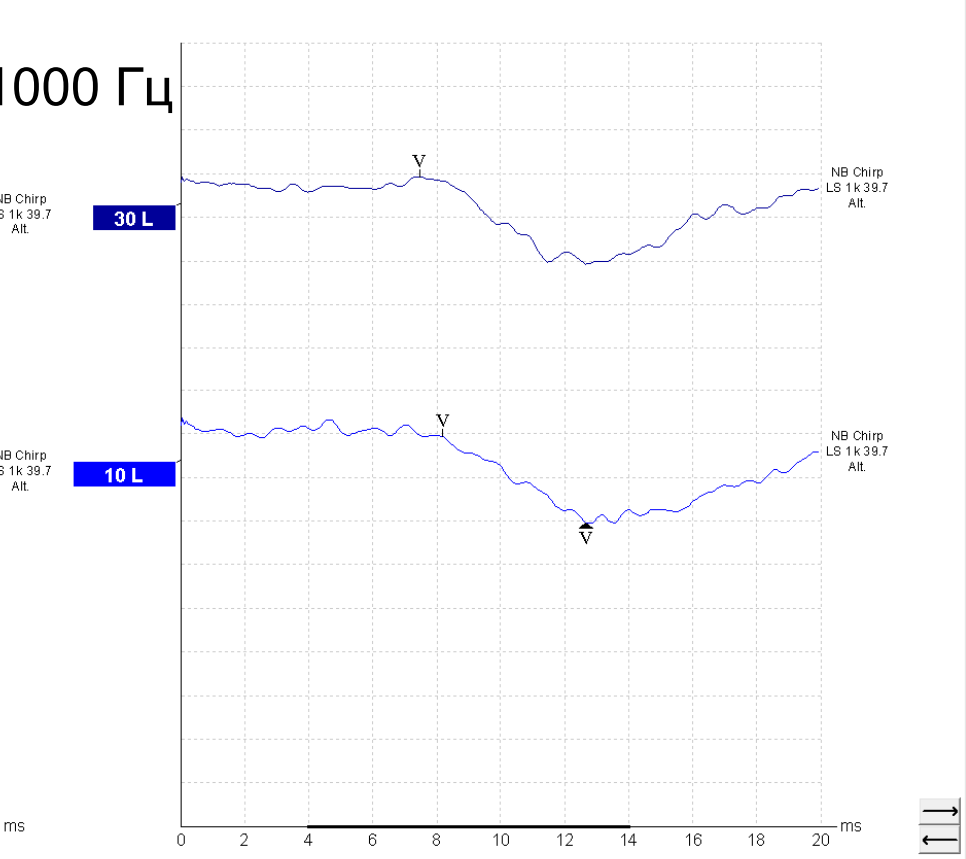
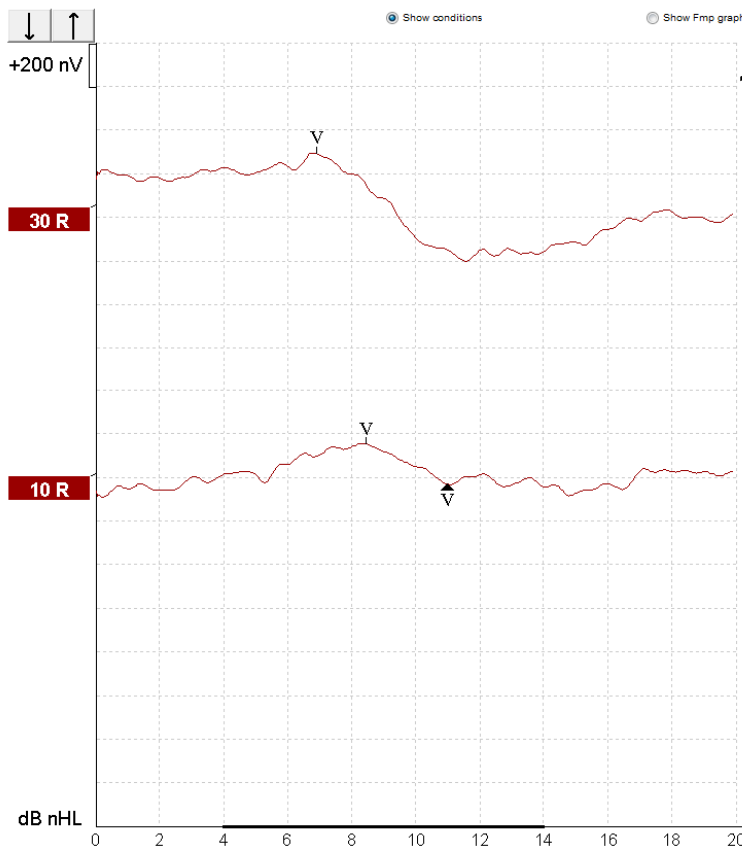
ms μV

Display filter setting

Low pass High pass

None None

Recorded	800	Masking	Off	Wave repro.	90 %	LP	1.5kHz	HP	33 Hz 6/oct	Comments
Rejected	0%	Stim./Sec	39.7	Residual noise	31 nV	Fmp	28.11	Ratio	396.16nV/30.92nV=12.8	
Rejection	±40μV	Headset	Insert phone	Polarity	Alter. A=Rare,B=Cond	Stim.			NB CE-Chirp@ LS,1k	



Record Edit... Latency

Latency times

I	ms	μV	tr
II			tr
III			tr
IV			tr
V	9.27	0.155	tr

CR RA INC

I-III III-V I-V

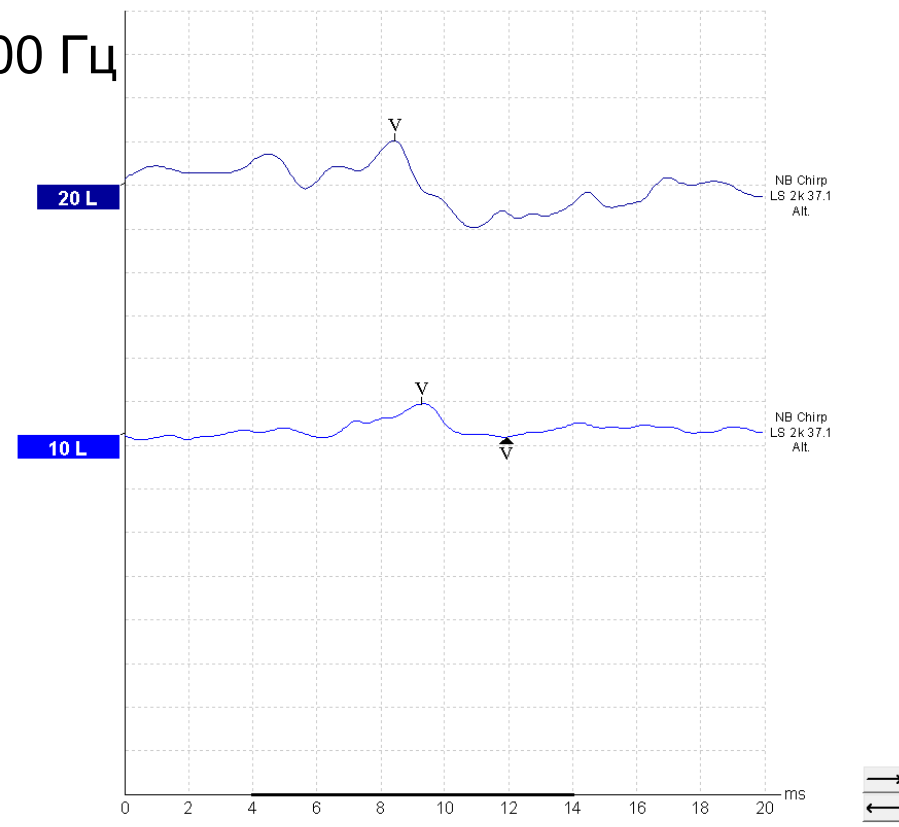
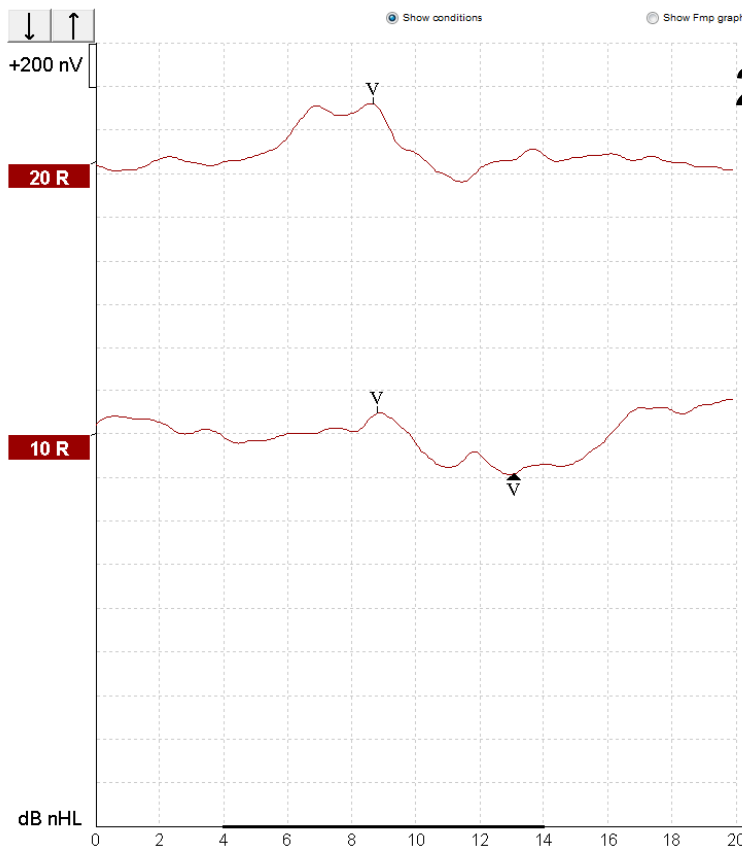
Cursor

Fixed	Cursor	Diff.
ms		
μV		

Display filter setting

Low pass	High pass
1000 Hz	None

Recorded	1000	Masking	Off	Wave repro.	20 %	LP	1.5kHz	HP	33 Hz 6/oct	Comments
Rejected	0%	Stim./Sec	37.1	Residual noise	28 nV	Fmp	2.57	Ratio	154.54nV/28.14nV=5.5	
Rejection	±39μV	Headset	Insert phone	Polarity	Alter. A=Rare,B=Cond	Stim.			NB CE-Chirp@ LS,2k	



Record Edit... Latency

Latency times

I	ms	μV	tr
II			tr
III			tr
IV			tr
V	9.47	0.170	tr

CR RA INC

H-II III-V I-V

Cursor

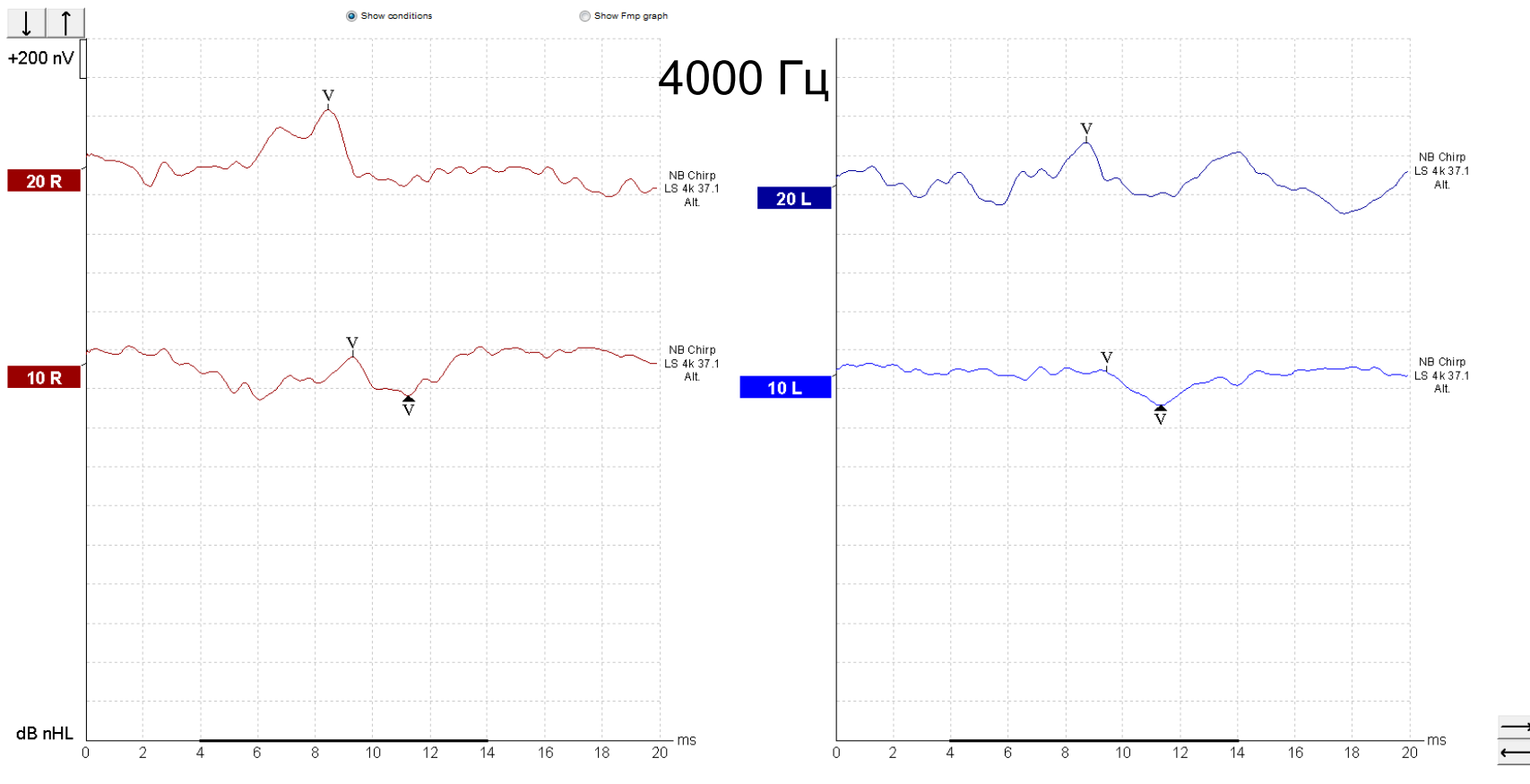
Fixed	Cursor	Diff.
ms		
μV		

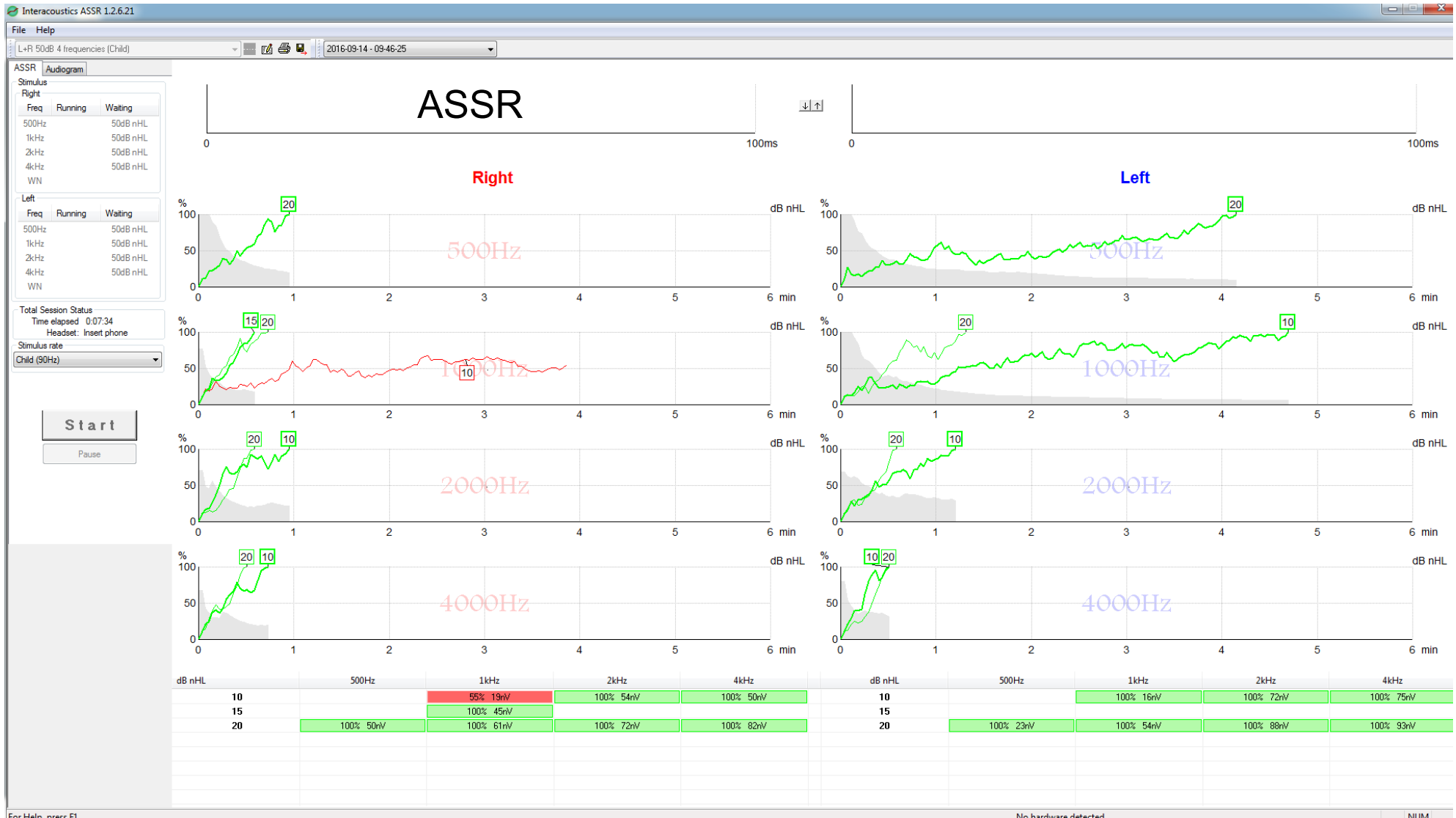
Display filter setting

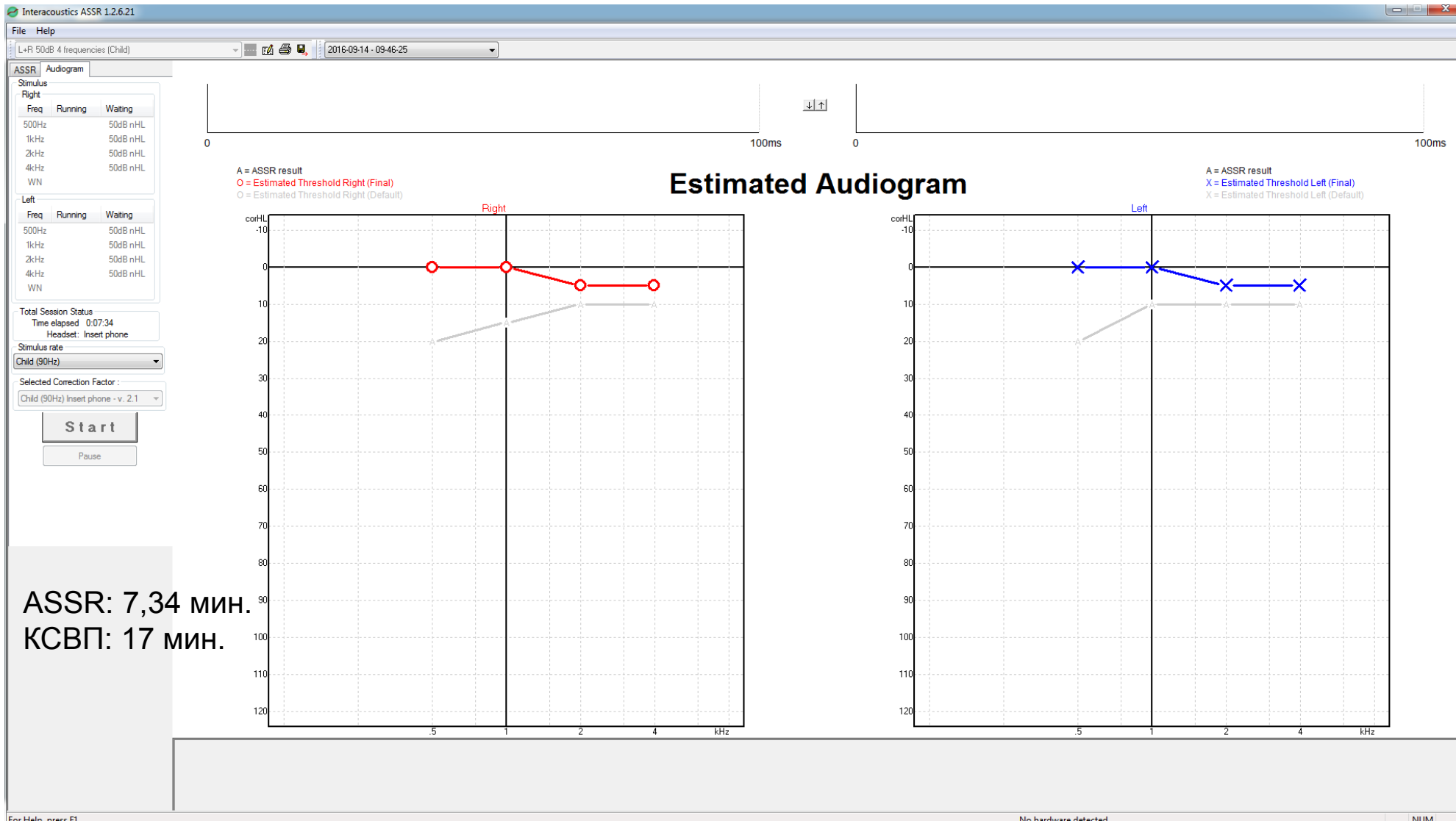
Low pass High pass

None None

Recorded	1200	Masking	Off	Wave repro.	28 %	LP	1.5kHz	HP	33 Hz 6/oct	Comments
Rejected	0%	Stim./Sec	37.1	Residual noise	32 nV	Fmp	3.21	Ratio	170.48nV/31.78nV=5.4	
Rejection	±39μV	Headset	Insert phone	Polarity	Alter. A=Rare,B=Cond	Stim.			NB CE-Chirp@ LS,4k	







ASSR: 7,34 мин.
КСВП: 17 мин.

SE-Chirps

Попробуйте – они вам
понравятся!

Мы прошли долгий путь в диагностике нарушений слуха

"Эй!
Посмотрите
наверх!"

