

*Ф.И. СОЛДАТКИНА, В.Л. ФРИДМАН, О.Г. СКИБИНА*

## **К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ СЛУХА МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУХОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ**

*Обл. центр сурдологии и микрохирургии уха,  
ГУЗ ВО «Областная клиническая больница», г. Владимир (дир. – И.А. Одинцова)*

Первые упоминания в литературе о возможности регистрации слуховых вызванных ответов на постоянные амплитудно- и/или частотно-модулированные стимулы относятся к 80-м годам прошлого века (Galambos et al., 1981; Kuwada et al. 1986; Rees et al., 1986) [11]. Вместе с тем о возможности записи стационарных вызванных ответов мозга на визуальную стимуляцию сообщалось еще в 60-е годы прошлого века (Regan, 1966) [8]. В настоящее время наиболее часто встречаемым в литературе названием метода является англоязычное – auditory steady – state responses (ASSR) [3]. ASSR – это электрофизиологический ответ мозга на звуковую стимуляцию – постоянные амплитудно- и/или частотно-модулированные стимулы [1]. Различают составной – многочастотный ASSR (multiple-ASSR), когда используется одномоментная поличастотная стимуляция амплитудно-модулированными тонами 4 (чаще) доминантных частот – 0,5; 1; 2 и 4 кГц [3, 6, 8, 9]. При этом возможно как монотическое исследование, так и дихотическое (стимуляция только одного уха или одновременно обоих ушей) [3, 6, 8]. При раздельном поочередном предъявлении стимула на одной из осевых частот речь идет о так называемом одиночно-однотонном ASSR (single-ASSR) [3]. Одной из определяющих характеристик ASSR является скорость предъявления стимула. С увеличением частоты предъявления стимула уменьшается амплитуда ответа, но и увеличивается отношение сигнал\шум за счет снижения амплитуды фонового шума ЭЭГ [8]. В настоящее время при исследовании в состоя-

нии бодрствования чаще используется частота стимуляции, близкая к 40 Гц. Причем именно при данных условиях стимуляции (около 40 Гц) регистрируется ASSR с максимальной амплитудой [8]. При обследовании спящих пациентов предпочтительнее более высокая частота стимуляции (80 Гц). Поэтому в педиатрической практике определение ASSR проводится при частоте стимуляции около 80 Гц [1, 8], при этом отмечается, что у детей первых месяцев жизни амплитуда ASSR составляет от 1/3 до 1/2 амплитуды ASSR взрослого человека [8]. Более высокая частота стимуляции общепризнана и при multiple-ASSR исследовании [1, 8]. Посредством двух процедур – усреднением и фильтрацией полезный сигнал ASSR выделяется из фонового шума и анализируется [1, 8].

При наличии очевидных параллелей между ASSR и слуховыми вызванными потенциалами (СВП) диагностическая процедура ASSR имеет ряд преимуществ, главным из которых является возможность определения частотной специфичности потери слуха, что обусловлено именно характером стимуляции – амплитудно- и/или частотно-модулированными тонами (активируется относительно ограниченный участок основной мембраны улитки) [9]. А при регистрации СВП, как правило, в широкой клинической практике используется широкополосный щелчок (активируется значительно более протяженный участок основной мембраны), что позволяет судить о состоянии слуха, главным образом, в диапазоне около 2 кГц [6]. Регистрация СВП на тональную стимуляцию (tone-burst)

дает возможность судить о частотной специфичности потери слуха, однако данная методика чрезвычайно затратна по времени и, вероятно, поэтому не нашла широкого применения в клинической практике. Важным положительным обстоятельством регистрации ASSR считаются меньшие временные затраты (по сравнению с СВП) за счет возможности стимуляции обеих ушей одновременно (в данном случае имеется в виду multiple-ASSR исследование) [6]. Приоритет в разработке первых систем для записи ASSR принадлежит группам австралийских (Field Rickards и соавт.) и канадских (Terry Picton и соавт.) исследователей [11].

По мнению большинства зарубежных исследователей, расчетные ASSR – пороги имеют высокую степень корреляции с тональными порогами слышимости. Так, по данным исследований Lins и соавторов [5], разница между ASSR-порогами и аудиометрическими порогами составила 11-14 дБ у нормально слышащих субъектов. У взрослых больных с нарушениями слуха Dimitrijević и соавторы [2] также обнаружили достаточно высокую степень корреляции показателей ASSR и ТПА (разница в абсолютных значениях составила 5-14 дБ) [8]. Herdman и Staples [3] сообщили о высоком уровне корреляции ( $r=0,75-0,89$ ) между ASSR – и тональными порогами, абсолютная разница между которыми не превысила 14 дБ. Аналогичные данные приводит Dimitrijević и соавторы [2]. Необходимо подчеркнуть, что высокая степень согласованности получаемых результатов (ASSR и ТПА) отмечается авторами при различных условиях регистрации ASSR (single-ASSR и multiple-ASSR, различная частота стимуляции) [3, 8].

Что касается связей показателей расчетных ASSR-порогов с результатами регистрации КСВП, то ряд зарубежных авторов также высказывается о достаточно высокой степени корреляции между данными, полученными посредством обоих методов [7, 10, 11]. Так, Vander Werff и соавторы [4] сообщили о коэффициенте корреляции Пирсона, равном 0,97, применительно к сравнению порогов слышимости, полученных обоими методами исследования.

Уточнение связей и корреляции показателей расчетных ASSR-порогов с результатами психоакустических измерений и данными регистрации КСВП позволит максимизировать клиническую значимость и расширить сферу практического применения исследований ASSR.

**Целью** данной работы было определение и уточнение корреляции и взаимозависимости расчетных порогов ASSR с результатами других методов исследования слуха (субъективных и объективных), прежде всего с показателями ТПА и КСВП.

#### **Материал и методы исследования**

Обследовано 33 пациента (53 уха), которые условно (по возрастному критерию) подразделены на 3 группы. Первую группу составили 18 детей в возрасте от 3 мес до 2 лет (36 ушей), 2-ю группу – 2 ребенка от 2 до 5 лет (4 уха) и 3-ю группу – 13 взрослых с односторонней тугоухостью (13 ушей, т.к. исследовалось больное ухо). У всех пациентов проводился полный комплекс аудиологических исследований – ТПА, игровая тональная пороговая аудиометрия (ИТПА) – у детей 2-й группы, регистрация КСВП и ASSR. Предварительно у всех обследуемых нормальное состояние среднего уха подтверждалось анамнестически, ЛОР-эндоскопией и выполнением импедансометрии (АТ 22, «Interacoustics» и TymStar, GSI, частота зондирующего тона – 226 Гц).

#### **Параметры и условия исследований**

Исследование ASSR проводилось с использованием системы Audera (GSI, США). Определялся так называемый single-ASSR. Активные электроды располагались на лбу (на границе с волосистой частью головы) и сосцевидных отростках, заземляющий электрод устанавливался на лбу выше переносицы; межэлектродное сопротивление не превышало 10 кОм. Обследование детей и взрослых в состоянии естественного сна выполнялось с применением более высокой частоты предъявления стимула – 81 Гц, а у взрослых в состоянии спокойного бодрствования – с частотой 46 Гц. Стимулы предъявлялись на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц посредством внутриушных телефонов GSI Tip-50; использовалась комбинированная модуляция стимула – 100% ампли-

тудная модуляция, 10% частотная модуляция.

Регистрация КСВП осуществлялась на многофункциональном комплексе «Нейро-МВП» («Нейрософт», Россия). Расположение электродов: положительный электрод монтировался по средней линии лба на границе роста волос, отрицательный электрод – на ипсилатеральный (по отношению к звуковой стимуляции) сосцевидный отросток, заземляющий электрод – на контралатеральный (по отношению к стороне стимуляции) сосцевидный отросток. В качестве стимула применялись короткие акустические щелчки переменной полярности с частотой предъявления 21/с. Полоса пропускания усилителя (фильтры) – 100-3000 Гц. «Окно» анализа составляло 13 мс. Количество усреднений – 2000.

ТПА проводилась на клиническом аудиометре АС 40 («Interacoustics», Дания) с головными телефонами TDH 39 в звукозаглушенной камере. Стандартная пороговая аудиометрия состояла из определения порогов по воздушному и костному проведению на тональные стимулы на частотах 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 и 8000 Гц при изменении интенсивности шагом в 5 дБ. Тональные пороги исследовались в режиме автоматического прерывания стимулирующего сигнала (500 мс – тон, 500 мс – пауза). За порог слышимости на данной частоте принималась наименьшая интенсивность сигнала, воспринимаемая испытуемым в 50 % предъявлений.

ИТПА осуществлялось на приборе PS 2 («Interacoustics», Дания) с головными телефонами TDH 39 в звукозаглушенной камере. В качестве стимула использовалась трель (warble) в режиме ручного случайного прерывания. За порог слышимости на данной частоте принималась наименьшая интенсивность сигнала, воспринимаемая испытуемым в 50 % предъявлений.

### **Результаты**

В 1-й группе в 20 ушах не определялись ПВД КСВП при предельных 120 дБ УЗД, в то время как ASSR-пороги констатированы на уровне 90-95-105 дБ нПС на соответствующих частотах – 0,5; 1 и 2 кГц (на частоте 4 кГц ответ не удалось полу-

чить ни в одном ухе). В 8 ушах ПВД КСВП выявлялись на уровне 75-85 дБ УЗД при значениях расчетных ASSR – порогов – 50-55-60-55 дБ нПС на 0,5; 1; 2 и 4 кГц, соответственно. В 6 ушах ПВД КСВП определялись на уровне 40-50 дБ УЗД, а ASSR – пороги регистрировались на уровне 25-25-30-30 дБ нПС на 0,5; 1; 2 и 4 кГц, соответственно. У одного ребенка (оба уха) не удалось зарегистрировать ни КСВП, ни ASSR (в дальнейшем констатирована тяжелая сопутствующая неврологическая патология).

Во 2-й группе показатели тональных порогов слышимости у детей (ИТПА) соответствовали (девиация не превысила 10 дБ) порогам слуховой чувствительности, полученным при регистрации ASSR, и составили 45-40-50 дБ нПС на 0,5; 1 и 2 кГц, соответственно.

В 3-й группе у 9 пациентов (9 ушей) показатели аудиометрических порогов (ТПА) и расчетных ASSR-порогов совпадали с разницей до 10-15 дБ. У 4 больных (4 уха) не удалось зарегистрировать пороги ASSR в состоянии спокойного бодрствования при заданных условиях стимуляции, так как уровень фонового шума ЭЭГ превышал уровень полезного сигнала ASSR.

### **Выводы**

Использование метода ASSR позволяет зарегистрировать пороги слуха при отсутствии ПВД КСВП при глубоких поражениях слуха (более 90 дБ). 2. Исследование ASSR дает возможность объективно оценить частотную специфичность потери слуха. 3. Расчетные ASSR-пороги имеют высокий уровень корреляции с данными ТПА (девиация с аудиометрическими пороговыми – ТПА, ИТПА – не превышает 15 дБ), что особенно показательно для средней и высокой степеней потери слуха. 4. Расчетные ASSR-пороги имеют высокую степень корреляции с показателями ПВД КСВП. 5. Недостатком методики являются трудности регистрации ASSR в бодрствующем состоянии пациентов, так как фоновый шум ЭЭГ во многих случаях превышает полезный сигнал ASSR, что, в свою очередь, требует оптимизации условий стимуляции и анализа полученных результатов.

Представленная работа не является законченным исследованием, а отражает промежуточные результаты. Дальнейшие

исследования в этом направлении представляются нам необходимыми и целесообразными.

1. Auditory steady-state response evaluation of auditory thresholds in cochlear implant patients / M. Menard, S. Gallego et al. // *Audiology*. – 2004. – Vol. 43. – S.1. – P. 39-43.
2. Auditory steady-state responses in normal-hearing and hearing-impaired adults / A. Dimitrijevic, M.S. John, T.R. Picton // *Ear and Hearing*. – 2004. – Vol. 25, N1. – P. 68-84.
3. Auditory steady-state responses thresholds of adults with sensorineural hearing impairments / A. T. Herdman, D.R. Stapells // *Audiology*. – 2003. – Vol. 42, N5. – P.237-248.
4. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children / K.R. Vander Werff, C.J. Broun, B.A. Gienapp [et al.] // *J. of the American Academy of audiology*. – 2002. – Vol.13, N5. – P. 227-235.
5. Frequency-specific audiometry using steady-state responses / O.G. Lins, T.W. Picton, B.L. Boucher [et al.] // *Ear and Hearing*. – 1996. – Vol. 17, N4. – P. 81- 96.
6. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration / H. Luts, J. Wouters // *Audiology*. – 2004. – Vol. 43, N8. – P. 471-478.
7. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses / G. Rance, R. Roper, L. Symons et al. // *J. of the American Academy of Audiology*. – 2005. – Vol. 16, N5. – P. 291-300.
8. Human auditory steady-state responses / Terence W. Picton, M. Sasha John, Andrew Dimitrijevic [et al.] // *Audiology*. – 2003. – Vol. 42, N. – P. 177-219.
9. Loudness and auditory steady-state responses in normal-hearing subjects / F.Z. Castro et al. // *Audiology*. – 2008. – Vol. 47, N5. – P. 269- 275.
10. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials / G. Range, F. Rickards // *J. of the American Academy of Audiology*. – 2002. – Vol.13, N5. – P. 236-245.
11. The ASSR: clinical application in normal-hearing and hearing- impaired infants and adults, comparison with click-evoked ABR and pure- tone audiometry / Fanny Scherf, Jan Brokx, Floris L. Wuyts [et al.] // *Audiology*. – 2006. - Vol. 45, N5. - P. 281- 286.

Поступила в редакцию 29.12.09.

© Ф.И. Солдаткина, В.Л. Фридман, О.Г. Скибина, 2010

#### ДО ПИТАННЯ ДІАГНОСТИКИ ПОРУШЕНЬ СЛУХУ МЕТОДОМ РЕЄСТРАЦІЇ СТАЦІОНАРНИХ СЛУХОВИХ ВИКЛИКАНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ

*Солдаткіна Ф.І., Фрідман В.Л., Скибіна О.Г.  
(Владімир, Росія)*

##### *Резюме*

Досліджувалась корекція показників розрахункових порогів стаціонарних слухових викликаних потенціалів (ASSR) з аудіометричними порогоми чутності та порогоми візуальної детекції (ПВД) коротколатентних слухових викликаних потенціалів (КСВП). Проведено комплексне аудіологічне обстеження 33 пацієнтів (53 вуха). Виявлено високий ступінь кореляції між показниками розрахункових ASSR порогів і результатами тональної порогової аудіометрії (ТПА), а також даними реєстрації КСВП.

#### ON QUESTION OF DIAGNOSTICS OF HEARING LOSS BY MEANS OF ASSR

*Soldatkina F.I., Fridman V.L., Skibina O.G.  
Vladimir, Russia*

##### *Summary*

This study evaluated the use of auditory steady-state responses (ASSR) to estimate the degree of behavioral audiograms of subjects with sensorineural hearing impairments. It was being investigated correlations between values of ASSR thresholds and behavioral thresholds and also it was being evaluated correlations between values of ASSR thresholds and thresholds estimated using click-evoked ABRs. 33 patients (53 ears) were investigated. There were no significant differences between estimated ASSR thresholds and behavioral thresholds and between estimated ASSR thresholds and thresholds estimated using click-evoked ABRs.