

Оценка результатов реабилитации после кохлеарной имплантации у детей в Воронежской области

И.П. ПЕТРОВА^{1,2}, Е.А. БАЛАШОВА³, Г.А. ТАВАРТКИЛАДЗЕ¹

Российский научно-практический Центр аудиологии и слухопротезирования, Ленинский пр., 123, г. Москва, 117513, Российская Федерация¹

Воронежская областная детская клиническая больница №1, ул. Бурденко, 1, г. Воронеж, 394024, Российская Федерация²

Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация³

Единственным методом реабилитации больных с тотальной глухотой является кохлеарная имплантация (КИ). Для улучшения качества реабилитации проимплантированных пациентов разработана система поддержки принятия решения (СППР) на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

Цель исследования: повышение эффективности отбора кандидатов на КИ, улучшение качества реабилитации проимплантированных пациентов, определение прогностических критериев КИ с помощью искусственных нейронных сетей.

Материалы и методы. Исследование проведено у 110 детей в возрасте от 10 месяцев до 17 лет. Всем пациентам проведено клиническое и аудиологическое обследование, а также психолого-педагогическое тестирование на основе тестов Ноттингемского имплантационного профиля. Для обработки результатов тестов применялись стандартные статистические методы и математическое моделирование (создание системы искусственных нейронных сетей).

Результаты и обсуждение. Для классификации состояния пациентов до КИ и через 3, 6, 12, 18 и 24 месяца после КИ была построена самоорганизующаяся нейронная сеть и получена четырех кластерная структура данных. В зависимости от средних значений тестов каждому кластеру было присвоено имя и проведен анализ возрастного состава и наличия опыта слухопротезирования на момент операции

Выводы. Влияние возраста на результаты КИ неоднозначно. У детей, оперированных в возрасте старше 5 лет возможны хорошие результаты реабилитации. Опыт слухопротезирования до КИ положительно влияет на результаты КИ. Использование системы искусственных нейронных сетей целесообразно для определения прогноза результатов КИ на любом этапе реабилитации.

Ключевые слова кохлеарная имплантация, искусственные нейронные сети, реабилитация.

Evaluation of Results of Rehabilitation After Childrens Cochlear Implantation in Voronezh Region

I.P. PETROVA^{1,2}, E.A. BALASHOVA³, G.A. TAVARTKILADZE¹

Russian Research and Practical Centre of Audiology and Hearing Rehabilitation,

Russian Medico – Biological Agency, 123 Leninskiy Av., Moscow, 117513, Russian Federation¹

Voronezh Regional Children's Clinical Hospital № 1, 1 Burdenko Str., Voronezh, 394024, Russian Federation²

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolucii Str., Voronezh, 394036, Russian Federation³

Aim: the improvement of the efficiency of candidate's selection for CI, improving the quality of rehabilitation implanted patients, determination of prognostic criteria for clinical trials using decision-making support system (DSS) based on artificial neural networks (ANN).

The purpose of the study: improving the efficiency of selection of candidates for KI, improving the quality of rehabilitation proinvestirovany patients determination of prognostic criteria KEY by using artificial neural networks.

Materials and methods. The study was conducted in 110 children (age 10 months - 17 years). All patients underwent clinical and audiological examination, psychological and educational testing, based on tests of Nottingham implant profile.

Results and discussion. The ANNs was built for the classification of patients to clinical trials, before CI and at 3, 6, 12, 18 and 24 months after it and received four cluster data structure. Depending on the average values of tests each cluster was given a name and an analysis of the age structure and the availability of hearing aid experience at the time of surgery

Conclusions. 1. Children implanted at the age older than 5 years old could receive good results of rehabilitation after CI. 2. The experience of hearing aids to CI has a positive effect on the results of clinical trials. 3. The using of artificial neural networks is suitable for determining the prognosis of the results of clinical trials at any stage of rehabilitation

Key words cochlear implantation, artificial neuron networks, rehabilitation.

В связи с ростом распространенности нарушений слуха проблема тугоухости и глухоты у детей имеет большую социальную значимость. Это обусловлено развитием медицины, которая обеспечивает рост численности групп риска по тугоухости у детей с недоношенностью и различными генетическими нарушениями [2]. Считается, что на 1000 физиологических родов приходится 1 ребенок с выраженной степенью тугоухости. У 20–40 детей из 1000 новорожденных из популяции, нуждающихся в интенсивной терапии, имеются нарушения слуха [4]. Судьба тугоухого или глухого ребенка может быть различной. Она определяется такими факторами, как возраст, в котором произошло нарушение слуховой функции, сроком обнаружения дефекта, степенью понижения слуха и правильностью оценки потенциальных возможностей остаточной слуховой функции, а при прочих равных условиях – своевременностью начала мероприятий, направленных на мобилизацию остаточных функциональных возможностей звукового анализатора.

«Кохлеарная имплантация» – это вживление многоканальных электродных систем во внутреннее ухо, с целью восстановления слухового восприятия путем непосредственной электрической стимуляции сохранных волокон слухового нерва. В настоящее время, в мире насчитывается уже более 350000 больных, использующих вживленные кохлеарные протезы [5].

Эффективность КИ определяется многими факторами, в частности, возрастом, в котором наступила глухота, длительностью глухоты, способностью к обучению, интеллектуальным развитием.

Влияние возраста и длительности тугоухости на эффективность операции у долингвальных и постлингвальных пациентов, и у подростков широко изучалось различными авторами. По мнению отдельных исследователей, возраст является основным критерием, обуславливающим эффективность КИ [6,7,8]. Предполагается, что у детей, прооперированных до 1,5-2 лет, результаты речевого и интеллектуального развития будут выше, по сравнению с пациентами, которым кохлеарная имплантация проведена в более старшем возрасте [1,2,3]

В последние годы увеличилось количество пользователей систем КИ как у детей раннего возраста, так и среди подростков с долингвальной глухотой, оперированных после 7-летнего возраста. Целесообразность проведения КИ у подростков и детей со сложными сочетанными заболеваниями является спорной, поэтому назрела необходимость анализа результатов столь дорогостоящего вида медицинской помощи.

До настоящего времени нет единого алгоритма по отбору пациентов на КИ, отсутствует стандарт оценки эффективности КИ у прооперированных пациентов, не определены критерии прогностической значимости и методы стимуляции речевого развития.

Оценить влияние совокупности факторов на качество реабилитации проимплантированных па-

циентов и выделить классы, определяющие степень эффективности проведенного лечения, возможно с использованием интеллектуальных систем – нейросетевых технологий, принимающих решения на основе опыта, приобретаемого ими самостоятельно. Самоорганизующиеся нейросети способны распознавать кластеры в данных и устанавливать их близость. При использовании нейросетей нет проблемы статистических связей между входными данными, резко ограничивающей использование традиционных статистических методов. Алгоритм кластеризации основан на подобии образов и определении для каждого объекта необходимого класса.

Цель работы – повышение эффективности отбора кандидатов на КИ, улучшение качества реабилитации проимплантированных пациентов, определение прогностических критериев КИ.

Материалы и методы

В исследование включены 110 пациентов, которым произведена КИ: в возрасте до 2 лет – 34 (31%), от 2 до 3 лет – 17 (15%), от 3 до 4 лет – 15 (14%), от 4 до 5 лет – 12 (11%), от 5 до 10 лет – 17 (15%), старше 10 лет – 15 (14%). Соотношение по полу было 1:1,3 (мальчики – 47; девочки – 63).

Обследование включало сбор анамнеза, осмотр ЛОР-органов, аудиологическое обследование (аудиометрия, акустическая импедансометрия, регистрация отоакустической эмиссии и коротколатентных слуховых вызванных потенциалов), рентгенологическое (компьютерная томография височных костей), психолого-педагогическое тестирование.

По этиологическому фактору пациенты распределились следующим образом:

1. Врожденная несиндромальная тугоухость, обусловленная различными мутациями в гене, кодирующем образование белка коннексина 26 (ген GJB2)– 36 детей.

2. У 10 детей причиной тугоухости послужил менингит. Заболевание было перенесено в разном возрасте и различалось по этиологии (менингококковый – в 4 случаях, гемофильный – в 3, герпетический – в 1, неуточненный – в 2 случаях). У 2 детей отмечались признаки облитерации улитки малой и средней степени выраженности.

3. Аномалия развития улитки с обеих сторон (аномалия Мондини) имела место у 3 детей.

4. Тугоухость вследствие перенесенной внутриутробной инфекции (цитомегаловирусная инфекция, краснуха, герпес) отмечена у 4 пациентов.

5. Глубокая недоношенность III–IV степени и перинатальная патология стали причиной тугоухости у 18 пациентов.

6. Группа пациентов с неуточненной причиной тугоухости состояла из 39 человек.

Всем пациентам обследуемой группы под эндотрахеальным наркозом была выполнена КИ. Проводи-

лась гидропрепаровка в заушной области. S-образный разрез кожи и мягких тканей позади ушной раковины не превышал 7,0 см, выкраивался фасциально-надкостничный лоскут 7,0х 3,0 см на передне-нижнем основании, производилась антростаомидотомия, задняя тимпанотомия, формировалось ложе для приемника-стимулятора. Следующим этапом являлось наложение кохлеостомы рядом и кпереди от окна улитки. Электродная решетка импланта вводилась в барабанную лестницу либо через кохлеостому, либо через окно улитки после разреза её мембраны. Приемник-стимулятор и электродная решетка фиксировались лигатурами, кохлеостома прикрывалась мышечными трансплантатами. Далее проводилось послойное ушивание раны, над приемником-стимулятором дополнительно фиксировался фасциально-надкостничный лоскут. В процессе операции производилась регистрация стапедального рефлекса и измерение порогов электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (телеметрия нервного ответа).

Для проведения КИ применялись различные типы электродных решеток Cochlear (CI24M – Nucleus24, CI24M – Nucleus24 DoubleArray, CI512 cochlear implant, Freedom Implant CI24RE, Contour Advance, Freedom Implant CI 24RE Straight), Advanced Bionics (HiFocusHelixHR90K).

Включение кохлеарного импланта и настроечная сессия производились через 4–6 недель после операции, так как в раннем послеоперационном периоде за счет травматического отека тканей и неполной герметизации улитки возможно высокое сопротивление электродов.

Всем пациентам исследуемой группы проводилось психолого-педагогическое тестирование до КИ и через 3, 6, 12, 18, 24 месяцев после КИ с использованием Ноттингемского детского имплантационного профиля (русскоязычная версия под редакцией Королевой И. В). Тест № 1 (Т1) применялся для оценки развития способности слышать (обнаруживать и различать) неречевые звуки и голос. В тесте № 2 (Т2) оценивалось восприятие слоговой структуры слова в закрытом выборе из 12 слов, различающихся числом слогов. Тест № 3 (Т3) применялся для оценки узнавания односложных слов в закрытом выборе из 12 слов.

Для статистической обработки результатов исследования в работе были использованы пакеты прикладных программ SPSS 19, Matlab R2014, MS Excel 2010 для персонального компьютера в операционной системе Windows 7. Выбор методов статистической обработки был обусловлен отличием вида распределения исходных данных от нормального (по критерию Колмогорова-Смирнова на уровне значимости 0,05) и небольшим объемом выборки. Исследование эффективности операции в каждой возрастной группе через 3, 6, 12, 18 и 24 мес. после КИ осуществлялось с помощью непараметрических методов статистической обработки – одновыборочных критериев Вилкоксона и

Манна-Уитни. Анализ динамики состояния пациентов в каждой возрастной группе показывает, что результаты теста Т1, Т2, Т3 повышались для каждой последующей контрольной точки (через 3, 6, 12, 18 и 24 мес. после КИ) и изменения результатов тестов статистически значимо (на уровне значимости $p=0,05$) отличаются по каждой возрастной группе. При этом соседние по возрасту группы практически не имеют отличий. Чем больше различие по возрасту, тем больше статистически значимых отличий между группами. Объединение соседних возрастных групп в крупные классы не обеспечивало более глубокой картины различий. В этой связи было предложено найти структуру имеющейся выборки пациентов без учета их возраста на основе только результатов тестов до КИ, и через 3, 6, 12, 18, 24 мес. после КИ с помощью самоорганизующейся искусственной нейронной сети Кохонена. Нейроны самоорганизующейся сети были обучены выделять из совокупности сходные между собой объекты и объединять их в кластеры.

Исходными данными для построения нейронной сети послужили результаты тестов Т1, Т2, Т3. Построенная сеть имела гексагональную топологию 2х2. В результате исходная выборка из 110 пациентов была разбита на 4 кластера: «Успешные», «Перспективные», «Среднеперспективные», «Сложные». Кластер 1 - «Успешные» до КИ был образован 10 пациентами, имеющими самые высокие результаты тестов Т1-Т3 (от 12 до 40 баллов Т1, от 10 до 20 баллов Т2 и от 8 до 18 баллов Т3). В кластер 2 (среднеперспективные) до КИ были отнесены 10 пациентов (9,09% от всей выборки), имеющих следующие результаты тестов: Т1 – от 10 до 19, Т2 – от 0 до 14, Т3 равные 0. В кластер 3 (перспективные) до КИ вошли 9 пациентов (8,18% от всей выборки), значения тестов Т1-Т3 у которых были следующими: Т1 от 11 до 42 баллов, Т2 от 0 до 14 баллов, Т3 от 0 до 4 баллов. Кластер 4 (сложные) до КИ был образован из пациентов, имеющих самые низкие результаты тестов Т1-Т3. Причем основная масса имела «0» результаты по итогам всех трех тестов, а 21 (25,93%) - имели результаты Т1 от 1 до 8 баллов, Т2 и Т3 – 0 баллов.

Для классификации состояния пациентов через 24 месяца после КИ использовался слой Кохонена гексагональной топологии, с 18 входами и 4 активными нейронами. Через 24 месяца наблюдений количество детей в 1-м, 2-м, 3-м кластерах увеличилось. Так, кластер 1 «Успешные» уже состоял из 23 пациентов с максимальными результатами тестов Т1-Т3: Т1 – 42 балла, Т2, Т3 – 24 балла. Кластер 2 – «Среднеперспективные» – из 31 пациента с результатами тестов Т1 – 24-42, Т2 – 12-24, Т3 – 8-24 балла. Кластер 3 (35 чел) – «Перспективные» – составили 30 чел. Результаты Т1-Т3 у пациентов этого кластера соответствовали: Т1 – 42 балла, Т2 – 24 балла, Т3 – от 8 до 24 баллов. Спустя 24 мес. после КИ в кластере 4 «Сложные» количество детей сократилось до 21 чел. (19,1% от общей выборки). В этой группе четко прослеживается положительная динамика, но скорость

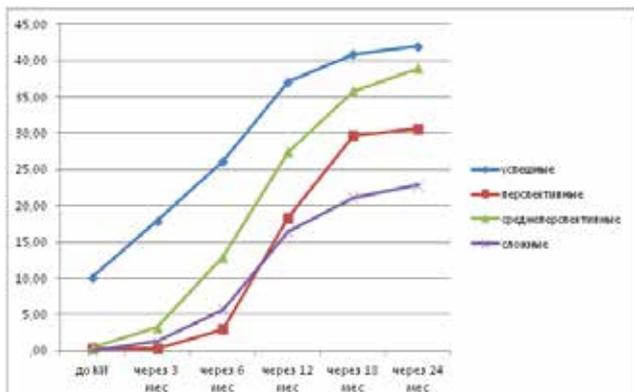


Рис. 1. Средние значения результатов теста T1 / Fig. 1. Mean value of test T1 results.

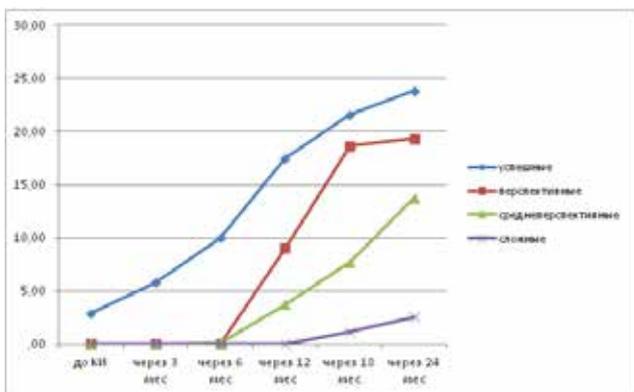


Рис. 2. Средние значения результатов теста T2 / Fig. 2. Mean value of test T2 results.

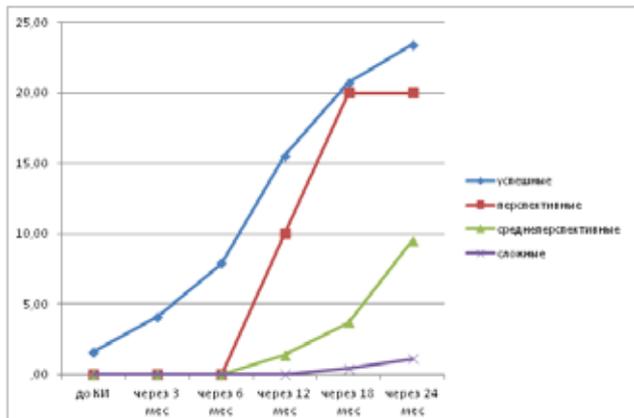


Рис. 3. Средние значения результатов теста T3 / Fig. 3. Mean value of test T3 results.

изменений значительно ниже, чем в других группах: T1 - 12-42 балла, T2 - 0-16 баллов, T3 - 0-10 баллов.

В процессе реабилитации пациенты переходили в классы с более высокими результатами, в нескольких случаях, наоборот, отмечался регресс в развитии ребенка с переходом в низший класс. Средние значения результатов тестов T1, T2, T3 в четырех выделенных нейронной сетью кластерах на каждом временном этапе представлены на рис. 1-3.

Группа «Успешные» уже до КИ имеет большие результаты, чем все остальные. На протяжении первых 12 мес. темп развития в группе «Успешные» намного опережает остальные группы.

Группы «Перспективные» и «Среднеперспективные» очень близки друг к другу. Темп развития этих групп увеличивается, начиная с 6 мес. после КИ. Причем, успехи пациентов группы «Перспективные» через 18 мес. после КИ практически сравнимы с уровнем группы «Успешные».

Группа «Сложные» по результатам T1 близка к группе «Среднеперспективные», но по результатам T2 и T3 очень сильно отстает от других групп. Динамика T2 и T3 начинает увеличиваться в группе «Сложные» только, спустя 12 мес. после КИ. И даже через 24 мес. результаты T2 и T3 в группе «Сложные» весьма далеки от трех других классов.

С целью выявления факторов, влияющих на столь различные успехи пациентов после КИ, проведен анализ возраста пациентов на момент операции и наличия опыта слухопротезирования, который в начале наблюдения показал, что более 50% детей младшей возрастной группы отнесены к классу «Среднеперспективные» и «Сложные». Группа «Успешные» и «Перспективные» представлена преимущественно детьми от 5 до 10 лет и старше 10 лет. К 24 месяцам наблюдений в группах «Успешные» и «Перспективные» количество детей младшей возрастной группы (от 1 до 5 лет) превысило 30%, однако, по-прежнему велика доля детей от 5 до 10 лет и старше 10 лет. Наибольшее представительство пациентов до 2 лет отмечается в классе «Среднеперспективные» в течение первых 6 месяцев наблюдений (от 10,0% до 44,4%). Среди пациентов кластера «Сложные» количество детей до 2 лет составляет от 37,04% до 47,62% за весь период наблюдения, немного меньше детей до 4 лет. Количество пациентов от 5 до 10 лет колеблется в пределах от 10,5% до 16,3%. Пациенты старше 10 лет отсутствовали.

Анализ результатов тестов с учетом опыта использования слуховых аппаратов в группах «Успешные», «Перспективные», «Среднеперспективные» и «Сложные» показал, что не имели опыта слухопротезирования 24 ребенка (21,8%) из общей выборки, до 6 месяцев носили СА - 26 детей (23,6%), более 6 месяцев - 60 детей (54,5%).

В группу «Успешные» на всем протяжении исследования вошли слухопротезированные дети, за исключением двух случаев постлингвальной глухоты.

Группа «Сложные» в большей степени представлена пациентами без опыта ношения слуховых аппаратов. Однако, спустя 6 – 9 месяцев наблюдения отмечается миграция пациентов из данной категории в группы «Перспективные» и «Среднеперспективные».

В группах «Перспективные» в начале исследования отсутствовали дети без опыта слухопротезирования до КИ. К 6 месяцам наблюдения стали появляться неслухопротезированные пациенты, за счет перемещения из категории «Сложные». К 24 месяцам после операции их количество увеличилось до 25% в классе «Перспективные».

Разница в результатах тестов у детей с нулевым опытом слухопротезирования и опытом в 6 месяцев не-

велика в начале исследования, большинство детей отнесены к классу «Сложные». Однако спустя 24 месяца после КИ подавляющее большинство отнесены к классу «Перспективные» и «Среднеперспективные» (46,2% и 42,3% соответственно).

Выводы

1. Проведенное исследование демонстрирует эффективность кохлеарной имплантации во всех возрастных группах

2. Влияние возраста на результаты КИ неоднозначно. Результаты КИ у детей до 2 лет необходимо оценивать не ранее, чем через 36 месяцев после операции. Проведение операции до 12–18 месяцев жизни не является гарантией успешности. У детей, оперированных в возрасте от 5 до 10 лет и старше 10 лет возможны хорошие результаты реабилитации, улучшение речевого развития.

Список литературы

1. Альтман Я.А., Таваркиладзе Г. А. Руководство по аудиологии. М.: ДМК Пресс, 2003; 360.
2. Королева И.В. Введение в аудиологию и слухопротезирование. СПб.: Каро, 2012; 400: 80-81.
3. Сапожников Я.М., Богомилский М.Р. Современные методы диагностики, лечения и коррекции тугоухости и глухоты у детей. М.: Икар, 2001; 250.
4. Таваркиладзе Г.А. Раннее выявление нарушений слуха начиная с периода новорожденности. Новости оториноларингологии и логопатологии, 1996; 3-4: 50-54.
5. Таваркиладзе Г.А. Руководство по клинической аудиологии. – М., Медицина, 2013; 432-434.
6. Miyamoto R., Houston D., Bergeson T. Cochlear Implantation in Deaf Infants - The Laryngoscope, 2005; 115(2): 1376-1380.
7. Francis H., Francis H., Niparko J., Cochlear implantation update Pediatric Clinics of North America. 2003; 50 (2): 341–361.
8. Miyamoto R., Houston D., Kirk K., Perdew A., Svirsky M. Language development in deaf infants following cochlear implantation. Acta Oto-Laryngologica. 2003; 45: 123: 241-244.

Received 26.12.2015

References

1. Al'tman Ya.A., Tavartkiladze G. A. Rukovodstvo po audiologii [Guide through audiology]. M.: DMK Press, 2003; 360 (in Russ.).
2. Koroleva I.V. Vvedenie v audiologiyu i slukhoprotezirovanie [Introduction to audiology and hearing aid.]. SPb.: Karo, 2012; 400: 80-81 (in Russ.).
3. Sapozhnikov Ya.M., Bogomil'skiy M.R. Sovremennye metody diagnostiki, lecheniya i korrektsii tugoukhosti i glukhoty u detey [Modern methods of childrens diagnostics, treatment and correction of hearing loss and deafness.]. M.: Ikar, 2001; 250 (in Russ.).
4. Tavartkiladze G.A. Rannee vyavlenie narusheniya slukha nachinaya s perioda novorozhdennosti. Novosti otorinolaringologii i logopatologii [Early detection of hearing impairment since neonatal age. News of otorhinolaryngology and logopathology.]. 1996; 3-4: 50-54 (in Russ.).

3. Подтверждена необходимость слухопротезирования у детей до КИ. Дети, оперированные в возрасте от 5 до 10 лет и старше 10 лет с длительным опытом использования слуховых аппаратов и наличием мотивации в семье имеют хорошие результаты реабилитации.

4. Нет значимой разницы между отсутствием слухового опыта и использованием аппаратов до 6 месяцев.

5. Использование прогностической системы на основе искусственных нейронных сетей целесообразно для определения прогноза результатов КИ как до операции, так и на любом этапе реабилитации. Простота использования метода позволяет применять его в любом медицинском или специализированном образовательном учреждении.

5. Tavartkiladze G.A. Rukovodstvo po klinicheskoy audiologii [Guide through clinical audiology.]. – М., Meditsina, 2013; 432-434 (in Russ.).
6. Miyamoto R., Houston D., Bergeson T. Cochlear Implantation in Deaf Infants - The Laryngoscope, 2005; 115(2): 1376-1380.
7. Francis H., Francis H., Niparko J., Cochlear implantation update Pediatric Clinics of North America. 2003; 50 (2): 341–361.
8. Miyamoto R., Houston D., Kirk K., Perdew A., Svirsky M. Language development in deaf infants following cochlear implantation. Acta Oto-Laryngologica. 2003; 45: 123: 241-244.

Received 26.12.2015

Информация об авторах

1. Петрова Ирина Павловна - научный сотрудник Российского научно-практического Центра аудиологии и слухопротезирования ФМБА России, заведующая сурдолгопедическим кабинетом Воронежской областной детской клинической больницы №1
2. Балашова Е.А. – доцент, профессор Воронежского государственного университета инженерных технологий.
3. Таваркиладзе Г. А – доктор медицинских наук, профессор, директор российского научно-практического Центра аудиологии и слухопротезирования.

Information about the Authors

1. Petrova I. P., Research Officer of Russian Research and Practical Centre of Audiology and Hering Rehabilitation, Russian Medico – Biological Agency, Voronezh Regional Children's Clinical Hospital № 1.
2. Balashova E. A., Associate Professor, Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Engineering Technologies"
3. Tavartkiladze G. A., MD, professor, director of Russian Research and Practical Centre of Audiology and Hering Rehabilitation, Russian Medico – Biological Agency.