

Теоретические основы

Январь 2018



Уши – это двери в мозг

Введение

Аудиологический мир изменился – мы вступили в новую эру. Сведения о пластичности мозга, слуховой депривации и критических периодах развития речи сместили фокус нашего внимания с ушей на мозг. Конечно, необходимо понимать, как среднее ухо, улитка и слуховой нерв обрабатывают звуковые стимулы/колебания, однако еще важнее знать, как мозг интерпретирует лингвистические элементы. Ухо – это структура, улавливающая звук и направляющая слуховую информацию в мозг, но именно мозг занимается обработкой речи. *Поэтому слух можно определить как восприятие мозгом звуковой информации.*

Коррекция нарушений слуха поднялась на новый уровень, т.к. теперь мы понимаем, что мозг – это конечная точка маршрута слуховой информации. Несмотря на то, что источник тугоухости почти всегда можно найти в структурах наружного, среднего или внутреннего уха, сам "слух", т.е. обработка и формирование осмысленного лингвистического послания, требует активного участия и взаимодействия многих областей мозга.

Из данного документа специалисты по детскому слухопротезированию смогут получить фундаментальные научные знания о нейропластичности и слуховой депривации и использовать эту информацию в ходе консультирования, рассказывая о тугоухости и тех преимуществах, которые может дать слухопротезирование. Это весьма ценная информация для семей, выбравших возможность слышать и говорить в качестве цели для своих детей.

Двери в мозг: нарушение слуха связано не только с ушами

Около 95% детей с нарушениями слуха появляются на свет в слышащих и, соответственно, говорящих семьях (Mitchell, Karchmer, 2004), поэтому наш разговор с этими семьями вполне может быть построен в соответствии с новыми знаниями. Аудиологи/сурдологи должны связать тугоухость, депривацию слухового нерва, пластичность мозга и развитие у ребенка грамотности с применением слуховых аппаратов и объяснить эту взаимосвязь семьям.

Обсуждение проблемы тугоухости начинается с понятия "звук". Звук – это *событие*, а не название или ярлык. Например, можно "видеть папу", но при этом не "слышать папу", если он активно не занят чем-то. Вы слышите, как папа ходит, смеётся, разговаривает, печатает на компьютере, готовит и т.д. Вы слышите результат вовлечения папы в какое-либо действие или событие. Действие создает колебания. Эти колебания улавливаются "проводящими путями уха" и передаются в мозг в виде закодированной информации, которая будет воспринята как звук. Звук – это временное событие, а не пространственная метка (Boothroyd, 2014).

Люди наделены многими удивительными сенсорными элементами, улавливающими данные об окружающей среде и преобразующими эту информацию в электрохимические и нейроэлектрические импульсы, которые могут быть проанализированы в мозге. Например:

- Мы нюхаем мозгом; нос – это входные ворота для обонятельных стимулов, само же восприятие запаха происходит в мозге.
- Мы видим мозгом; зрительная/оптическая информация поступает в мозг через глаза, но понимание увиденного осуществляется в мозге.
- Мы слышим мозгом; звук/слуховая информация улавливается ушами, но слышим мы не ушами, а мозгом.

Следовательно, тугоухость – это прежде всего проблема мозга, а не уха.

Продолжая эту аналогию, можно представить тугоухость, как препятствие в дверях. Она в той или иной степени не позволяет звуковой информации "пройти через дверь" и достичь мозга. Овладение речью, чтением и знаниями об окружающем мире требует наличия звуковой информации. Ее нехватка или отсутствие мешают ребенку научиться слушать, говорить, читать и налаживать социальные отношения. К счастью, у нас есть средство для того, чтобы прорваться сквозь эту дверь — технологии коррекции слуха.

Технологии, такие как слуховые аппараты, кохлеарные импланты, устройства костного звукопроведения и дистанционные микрофоны, созданы для того, чтобы открыть двери для слуховой информации, включая устную речь. Это обеспечит активацию, стимуляцию и развитие слуховых проводящих путей. *Таким образом, единственная задача коррекционных технологий – доставить слуховую информацию в мозг.* Слуховые и речевые возможности ребенка обеспечиваются не 16 тысячами (иногда намного меньше) волосковых клеток или 30 тысячами волокон слухового нерва, а 100 миллиардами нейронов головного мозга, обрабатывающими 100 триллионов команд в секунду (Kral с соавт., 2016). Доказано, что для оптимального развития слуха, устной речи и грамотности проблемы с "входной дверью" (ухом) должны быть диагностированы и технологически компенсированы как можно раньше (Dettman с соавт., 2016; Dillon, Cowan, Ching, 2013; McCreery с соавт., 2015; Sininger, Grimes, Christensen, 2010).

Как только технологии прорвутся через "входную дверь" и доставят информацию в мозг ребенка, начинается этап стимуляции и обогащения мозга знаниями (Hart, Risley, 1999; Hirsh-Pasek с соавт., 2015; Suskind, 2015). Таким образом, подбор аудиологом надлежащего "входного устройства" – первый шаг в создании нейронной сети и базы знаний ребенка. После этого ребенок должен пользоваться устройством не менее 10 часов в день, погружившись в речевую среду семьи при участии специалиста по развитию слуха и речи (McCreery с соавт., 2015). Постоянно напоминайте членам семьи, что для оптимального развития мозга необходимо разговаривать с ребенком, читать и петь для него на используемом в семье языке. Суть в том, чтобы как можно раньше обеспечить мозгу ребенка доступ к разборчивой речи и осмысленной слуховой информации. Это позволит развить и связать между собой области головного мозга, ответственные за устную речь, грамотность и интеллект (Kral, Sharma, 2012). *Слух – это шаг к познанию.*

Развитие слуховых отделов мозга

Изучение процессов развития мозга показало, что сенсорная стимуляция слуховых центров имеет решающее значение для фактической организации слуховых проводящих путей (Kral с соавт., 2016). Знакомя родителей и воспитателей ребенка с понятием дверей в мозг, вы тем самым даете им представление об основах неврологии.

Под нейропластичностью подразумевается способность мозга расти, развиваться и менять структуру под воздействием внешней стимуляции (Chermak, Bellis, Musiek, 2014; Kilgard, Vasquez, Engineer, Pandya, 2007). Наибольшая нейропластичность отмечается в течение первых трех с половиной лет жизни (Sharma, Campbell, Cardon, 2015). Чем младше ребенок, тем пластичнее его мозг (Kral, 2013). Быстрый рост мозга ребенка требует раннего вмешательства, как правило включающего подбор слуховых аппаратов и/или кохлеарных имплантов в сочетании с индивидуальной программой развития слуховых навыков. Организация мозга напрямую зависит от чистоты и сохранности слуховой информации. Если некомпенсированная тугоухость "отфильтровывает" (частично или полностью) речевые звуки, мозг перестроится с учетом нехватки необходимой слуховой информации (Kral с соавт., 2016).

Фундаментальные научные исследования показывают, что если в ранние годы жизни ребенка мозг не имеет доступа к разборчивой речи, слуховая информация не координирует активность первичной и вторичной слуховой коры (Kral с соавт., 2016). Кроме того, при запоздалом (по завершении критического периода развития речи) начале слуховой стимуляции нарушаются функциональные связи и взаимодействие первичной и вторичной слуховой коры, что еще более усложняет процесс слухового обучения (Kral, Lenarz, 2015). Нарушение связей между первичной и вторичной слуховой корой оказывает значительное негативное воздействие на развитие слуха и устной речи. Если слуховые сигналы недостаточно эффективно передаются из первичной слуховой коры во вторичную, последняя не может передать информацию в другие области мозга для формирования смысловых слуховых образов. Этот процесс называют "нисходящая деградация". Kral использует эту взаимосвязанную модель глухоты для объяснения межиндивидуальной вариативности результатов кохлеарной имплантации (Kral et al., 2016).

Слуховая депривация

Мозг – это динамичная, самоорганизующаяся система, которая развивается на основе взаимодействия между нейронной активностью и поступающей извне стимуляцией (Cardon, Campbell, Sharma, 2012). Поэтому в отделах мозга, лишенных слуховой информации, происходят серьезные изменения. Слуховая депривация оказывает мощное воздействие на развитие мозга, нарушая способность обработки информации даже за пределами слуховой системы (Kral, Sharma, 2012). Если входная дверь остается закрытой, изменяются эффективные связи мозга со слуховой системой, между сенсорными системами и между слуховой системой и центрами, обслуживающими нейрокогнитивные функции более высокого порядка (Kral с соавт., 2016). В результате недостаточный слуховой опыт в процессе развития ребенка может негативно сказаться на нейрокогнитивном функционировании далеко за рамками устной речи.

Доказательства важности слуховой нейронной стимуляции

В отличие от глаз, мы не можем "закрыть" свои уши. Мозг детей с нормальным слухом подвергается слуховой стимуляции на протяжении 24 часов ежедневно. Мозг детей с тугоухостью имеет доступ к звуку только когда они носят свои слуховые аппараты или кохлеарные импланты – гораздо меньше 24 часов. К сожалению, ни одно из современных устройств не предназначено для круглосуточного использования. Тем не менее, наш мозг создан для непрерывной слуховой стимуляции, даже во сне. Родители детей с нарушенным слухом часто говорят, что их дети просят не снимать слуховые аппараты даже на время сна.

Еще одно доказательство важности слуха состоит в том, что внутреннее ухо полностью формируется к пятому месяцу после зачатия. Поэтому типично развивающийся человеческий плод потенциально может слышать на протяжении 4 месяцев, находясь в утробе матери (Simmons, 2003). Moon с соавт. (2013) обнаружили, что вскоре после рождения младенцы по-разному реагируют на знакомые и незнакомые гласные звуки. Таким образом, окружающая речь, например голос матери, который плод слышит еще находясь в утробе, влияет на восприятие используемого в семье языка на фонетическом уровне.

Приблизительно в возрасте одного года, т.е. через 16 месяцев интерактивного слушания (включая внутриутробный период), ребенок с нормальным слухом начинает произносить слова. Важно помнить, что необходимое "время слушания" нельзя произвольно сократить, поэтому те месяцы, в течение которых мозг ребенка не имел полноценного доступа к слуховой информации, должны быть восполнены (Hirsh-Pasek с соавт., 2015). Мозгу необходим обширный слуховой опыт, чтобы подготовиться к восприятию речевых сигналов. Важно, чтобы младенцы слышали свои собственные вокализации, создавая положительную обратную связь, мотивирующую их к частому использованию голоса (Fagan, 2014).

Слух и слушание – синонимы ли это?

Слух и слушание – не одно и то же. Слух – это восприятие звуковой информации мозгом в результате поступления сигналов через входную дверь (ухо). С другой стороны, слушание – это целенаправленное внимание к слуховой информации, проявляющееся в активации префронтальной коры (Musiek, 2009).

Перед тем, как научиться (самостоятельно или с помощью окружающих) *слушать*, ребенок должен получить возможность *слышать*. В процессе слуховой и речевой терапии родители и специалисты применяют стратегии вмешательства, направленные на развитие и углубление слуховых, речевых и когнитивных навыков ребенка, с использованием правильно подобранных и запрограммированных аудиологом технических устройств (Cole, Flexer, 2016; Dornan с соавт., 2010; Estabrooks, MacIver-Lux, Rhoades, 2016).

Чтобы мозг ребенка был одновременно слышащим и слушающим, необходимо развивать внимание и рабочую память. Обучение должно происходить в акустически благоприятной обстановке (Doidge, 2007). Надлежащая слуховая практика создает нейробиологическую основу не только для развития устной речи и грамотности, но и для соответствующих возрасту социальных и когнитивных навыков.

Необходимо развивать мозг

В отличие от других органов, к моменту рождения мозг развит неполностью – его развитие полностью зависит от окружающей среды (Kral, Lenarz, 2015; Suskind, 2015). Поэтому в течение первых трех лет жизни речь родителей и взаимодействие с ними закладывают основы мышления и обучения (Caskey с соавт., 2011; Cole, Flexer, 2016).

Поскольку речь/информация лучше всего изучаются в социальном взаимодействии и разговоре с любящими людьми, именно родители обычно становятся первыми учителями своего ребенка, которые учат его речи и знанию собственного дома (Chen с соавт., 2012; Hirsh-Pasek с соавт., 2015). Поэтому с самого начала в семье должны пользоваться тем языком, которым они лучше всего владеют, будь то английский, испанский, русский или жестовый. Только так можно обогатить мозг ребенка знаниями (Chen с соавт., 2012; Hirsh-Pasek с соавт., 2015; Suskind, 2015).

Ежедневно читайте вслух

Родители должны ежедневно читать вслух своим детям, особенно детям с тугоухостью. Действительно, согласно результатам научных исследований, чтение вслух – одно из важнейших занятий (DesJardin с соавт., 2017). Почему?

Robertson (2014) поясняет:

- Детские книжки – важнейший фактор формирования словарного запаса ребенка дошкольного возраста
- Во время чтения вслух родители и дети общаются между собой намного больше, чем во время любого другого занятия
- Дети, которым читают вслух, усваивают в два раза больше новых слов

Заключение

В данной статье предлагается описание нарушений слуха и технологий их коррекции, полезное для семей глухих и слабослышащих детей. Поскольку около 95% детей с нарушенным слухом рождаются в слышащих и говорящих семьях, большинство родителей считают слух и речь желательными результатами вмешательства. Важно помочь семьям понять, как этого достичь.

Ниже приводятся ключевые моменты, на которые следует обратить внимание специалистам и родителям/воспитателям:

- Уши – это двери в мозг
- Слух реализуется в мозге, потому что мы слушаем и понимаем мозгом, а не ушами
- Звук = слуховая информация = знание
- Слух – это ступень к познанию
- Тугоухость – проблема "входных дверей", которую чаще всего можно решить

- Современные технологии коррекции нарушений слуха предназначены для того, чтобы пробиться сквозь "двери" и доставить слуховую информацию в мозг
- Техническими средствами коррекции необходимо пользоваться не менее 10 часов в день
- Чем выше качество и больше объем поступающей в мозг информации, тем лучше развиваются нейронные проводящие пути и больше объем накапливаемых знаний
- Как можно больше разговаривайте со своим ребенком на используемом в семье языке
- Чтение вслух – один из самых эффективных способов развития мозга ребенка

Литература

Boothroyd, A. (2014). The acoustic speech signal. In J. R. Madell & C. Flexer, (Eds.), *Pediatric audiology: Diagnosis, technology, and management 2nd. ed.* (pp. 201–208). New York, NY: Thieme.

Cardon, G., Campbell, J., & Sharma, A. (2012). Plasticity in the developing auditory cortex: Evidence from children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Audiology, 23*(6), 396–411(16).

Caskey, M., Stephens, B., Tucker, R., & Vohr, B. (2011). Importance of parent talk on the development of preterm infant vocalizations. *Pediatrics, 128*(5), 910–916.

Chen, S. H., Kennedy, M., & Zhou, Q. (2012). Parents' expression and discussion of emotion in the multilingual family: Does language matter? *Perspectives on Psychological Science, 7*(4), 365–383.

Chermak, G. D., Bellis, J. B., & Musiek, F. E. (2014). Neurobiology, cognitive science, and intervention. In G. D. Chermak & F. E. Musiek (Eds.), *Handbook of central auditory processing disorder: Comprehensive intervention* (Vol. II, pp. 3–38). San Diego, CA: Plural Publishing, Inc.

Cole, E. B., & Flexer, C. (2016). *Children with hearing loss: Developing listening and talking birth to six, 3rd ed.* San Diego: Plural Publishing, Inc.

DesJardin, J. L., Stika, C.J., Eisenberg, L. S., Johnson, K. C., Hammes Ganguly, D.M., Henning, S. C., & Colson, B.G. (2017). A longitudinal investigation of the home literacy environment and shared book reading in young children with hearing loss. *Ear & Hearing, 38*(4), 441–454.

Dettman, S. J., Dowell, R. C., Choo, D., Arnott, W., Abrahams, Y., Davis, A., Dornan, D., Leigh, J., Constantinescu, G., Cowan, R., & Briggs, R. S. (2016). Long-term communication outcomes for children receiving cochlear implants younger than 12 months: A multicenter study. *Otology and Neurotology, 37*(2), 82–95.

Dillon, H., Cowan, R., & Ching, T.Y. (2013). Longitudinal outcomes of children with hearing impairment (LOCHI). *International Journal of Audiology, 52*, (Suppl 2: S2–3). doi: 10.3109/14992027.2013.866448.

Doidge, N. (2007). *The BRAIN that changes itself.* London, UK: Penguin Books.

Dornan, D., Hickson, L., Murdoch, B., Houston, T., & Constantinescu, G. (2010). Is auditory-verbal therapy effective for children with hearing loss? *The Volta Review, 110*(3), 361–387.

Estabrooks, W., MacIver-Lux, K., & Rhoades, E. A. (2016). *Auditory-verbal therapy.* San Diego: Plural Publishing, Inc.

Fagan, M. K. (2014). Frequency of vocalization before and after cochlear implantation: Dynamic effect of auditory feedback on infant behavior. *Journal of Experimental Child Psychology, 126*, 328–338.

Hart, B., & Risley, T.R. (1999). *The social world of children: Learning to talk.* Baltimore: Brookes Publishing Company.

Hirsh-Pasek, K., Adamson, L. B., Bakeman, R., Owens, M.T., Golinkoff, R. M., Pace, A., Yust, P. K. S., & Suma, K. (2015). The contribution of early communication quality to low-income children's language success. *Psychological Science, 26*(7), 1071–1083.

- Kilgard, M. P., Vazquez, J. L., Engineer, N. D., & Pandya, P. K. (2007). Experience dependent plasticity alters cortical synchronization. *Hearing Research*, 229, 171–179.
- Kral, A. (2013). Auditory critical periods: A review from system's perspective. *Neuroscience*, 247, 117–133.
- Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: A connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610–621.
- Kral, A., & Lenarz, T. (2015). How the brain learns to listen: deafness and the bionic ear. *E-Neuroforum*, 6(1), 21–28.
- Kral, A., & Sharma, A. (2012). Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in Neurosciences*, 35(2), 111–122.
- McCreery, R. W., Walker, E. A., Spratford, M., Bentler, R., Holte, L., Roush, P., Oleson, J., Van Buren, J., & Moeller, M. P. (2015). Longitudinal Predictors of Aided Speech Audibility in Infants and Children. *Ear & Hearing*, 36, 24S–37S.
- Mitchell, R. E., & Karchmer, M. A. (2004). Chasing the mythical ten percent: Parental hearing status of deaf and hard of hearing students in the United States. *Sign Language Studies*, 4(2), 138–163.
- Moon, C., Lagercrantz, H., & Kuhl, P. K. (2013). Language experienced *in utero* affects vowel perception after birth: A two-country study. *Acta Pædiatrica*, 102(2), 156–160.
- Musiek, F. E. (2009). The human auditory cortex: Interesting anatomical and clinical perspectives. *Audiology Today*, 21(4), 26–37.
- Robertson, L. (2014). *Literacy and deafness: Listening and spoken language*, 2nd ed. San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Sharma, A., Campbell, J., Cardon, G. (2015). Developmental and cross-modal plasticity in deafness: Evidence from the P1 and N1 event related potentials in cochlear implanted children. *International Journal of Psychophysiology*, 95, 135–144.
- Simmons, D. D. (2003). The ear in utero: An engineering masterpiece. *Hearing Health*, 19(2), 10–14.
- Sininger, Y. S., Grimes, A., & Christensen, E. (2010). Auditory development in early amplified children: Factors influencing auditory-based communication outcomes in children with hearing loss. *Ear & Hearing*, 31(2), 166–185.
- Suskind, D. (2015). *Thirty million words: Building a child's brain*. New York: Penguin Random House.

Автор



Кароль Флексер (Carol Flexer), PhD, FAAA; CCC-A; LSLS Cert. AVT, заслуженный почетный профессор аудиологии в Университете Акрона (Акрон, штат Огайо).
cflexer@uakron.edu / www.carolflexer.com

Кароль Флексер получила степень доктора аудиологии в Кентском государственном университете в 1982 г. Она имеет звание заслуженного почетного профессора аудиологии в Университете Акрона и международного лектора по детской и образовательной аудиологии. Д-р Флексер – автор более, чем 155 публикаций, в том числе 14 книг, и бывший президент Ассоциации аудиологов, работающих в сфере образования, Американской академии аудиологии и Академии слуха и речи А.Г. Белла.