

Раннее выявление тугоухости: ключ к волшебству

Д-р Сальвадор Кастильо (Salvador Castillo)

Детская больница им. Федерико Гомеса (Мексика)

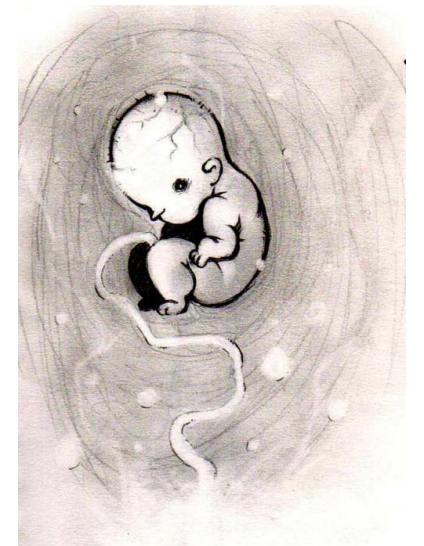
Когда мы начинаем слышать?

Волшебство

С точки зрения психологии:

Мы начинаем слышать, когда возникает ВОСПРИЯТИЕ
(когнитивная деятельность, активируемая физическим
отображением объекта посредством слуха)

Т.е. когда часть нашего мозга начинает обработку сигналов,
поступающих из внешней среды



Волшебство

В материнской утробе можно не только воспринимать звуки, возникающие в организме матери (например, ее сердцебиение), но и звуки речи (Lecanuet, 1998), хотя и преимущественно низкочастотные (500-700 Гц).

Конечно, это еще не тот слух, о котором мы будем говорить впоследствии.



Волшебство

Когда мы находимся в материнской утробе, звуки частотой ниже 1000 Гц аттенюируются примерно на 30-35 дБ (Querleu, Renard, 1988), а высокочастотные звуки практически не слышны.

Волшебство

Созревание слуховой системы происходит в восходящем порядке:

- Иннервация внутренних волосковых клеток (ВВК): 11-14 нед. гестации
- Созревание улитки: 20 нед. гестации
- Иннервация наружных волосковых клеток (НВК): 22 нед. гестации
- Первая регистрация стволомозговых слуховых вызванных потенциалов (КСВП): 26 нед. гестации

Волшебство

- Формирование афферентных и эфферентных связей: 8 мес. гестации (Lecanuet, 1998)
- Созревание КСВП: к 2-му году жизни (Boothroyd, 1997)
- Созревание среднелатентных слуховых вызванных потенциалов (ССВП): к 14-16 годам жизни (Pasman, 1999)
- Созревание волны P300: к 15-20 годам жизни (Albrecht, 2000)

И все-таки.. когда же?

С точки зрения пластичности головного мозга:

Это происходит в тот момент, когда звуковые стимулы начинают приводить к изменению биоэлектрической активности мозга, и эта активность отражается и на структурном уровне.



И все-таки.. когда же?

Согласно данным УЗИ в реальном времени:

- Первая реакция плода на низкочастотные (500 Гц) акустические стимулы: 19 нед. гестации
- Стойкая реакция на акустические стимулы частотой 250-500 Гц: 27 нед. гестации
- Первая реакция на стимулы частотой 1000 Гц: 29 нед. гестации
- Первая реакция на стимулы частотой 2000 Гц: 31 нед. гестации

И все-таки.. когда же?

В ряде работ установлено, что с 27-й нед. гестации можно зарегистрировать способность плода различать акустические паттерны. Авторы воспроизводили тоны и фонемы рядом с животом матери. Они зарегистрировали определенные движения плода в ответ на эти стимулы. Стимулы повторяли до тех пор, пока плод не привыкал к ним и переставал реагировать. После этого они переходили на другую частоту тона или другую фонему, и плод вновь начинал реагировать на стимулы.

Рудиментарное обучение и кратковременная память?

(Hepper & Shahidullah, 1994)



Волшебство

Вышеуказанные простейшие когнитивные феномены свидетельствуют о возможности мозга модифицировать свою работу в соответствии с внешними факторами. Это явление носит название ПЛАСТИЧНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА.



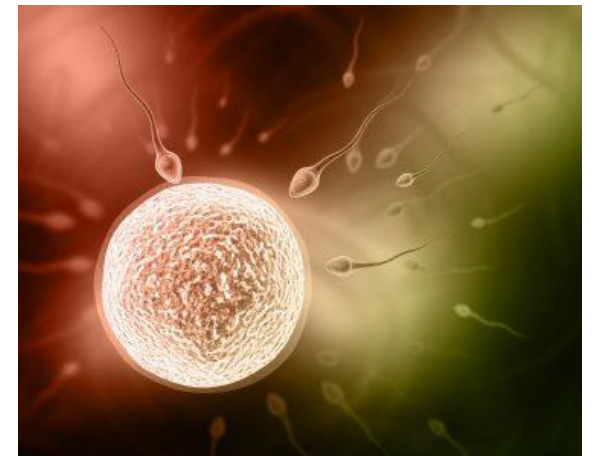
Пластичность мозга

Это ни что иное, как способность мозга реорганизовывать свои связи и ресурсы для адаптации к информации, поступающей через органы чувств.



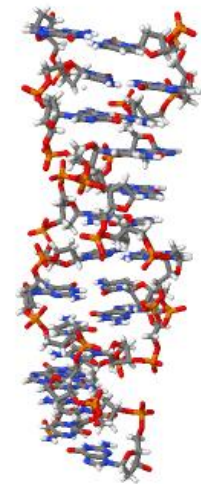
Пластичность мозга

Если учесть, что все нейроны (и прочие клетки) развиваются всего лишь из двух половых клеток, следует признать, что мозг обладает способностью к развитию, каждый этап которого наступает в строгой последовательности.



Пластичность мозга

Генетической информации, содержащейся приблизительно в 100'000 генов млекопитающего, недостаточно для кодирования всех 10^{15} нейронных связей, имеющихся в головном мозге.



Пластичность мозга

Для реализации этой задачи мозг полагается на внешние "триггеры", активирующие те или иные наборы генов на определенных этапах развития. Триггеры представляют собой различные стимулы (звуковые, зрительные и т.п.), побуждающие мозг к кодированию новой информации.



Пластичность мозга

Взаимодействие между развитием мозга и внешними сигналами влияет на клеточную дифференциацию (**если это происходит на надлежащем этапе развития**).



Пластичность мозга

- Пластичность мозга – специфический процесс, не только определяемый генетически, но и ПРЕИМУЩЕСТВЕННО зависящий от воздействия внешних стимулов и опыта. Если мы не будем стимулировать определенные области мозга в нужные моменты времени, соответствующие способности никогда не разовьются.



Пластичность мозга

Модальность, в которой существует наибольший потенциал развития пластичности мозга, именуется матурационной пластичностью.

Эта пластичность начинается на стадии плода и заканчивается примерно на 7-м году жизни вне утробы.



Матурационная пластичность мозга

Эта пластичная модальность основана преимущественно на трех феноменах:

1. Нейрогенез
2. Синаптическая пластичность (синаптогенез)
3. Миелинизация

Матурационная пластичность мозга

1. Нейрогенез

В течение первого триместра беременности формируется около 200 млн. нейронов, но уже на 4-м месяце появляются первые проявления феномена апоптоза. Мозг не может допустить простого роста ни с чем не связанных нейронов, потому что они не будут получать надлежащую стимуляцию. Поэтому около половины нейронов, существующих к 4-му месяцу, погибает. Вместо них создаются новые нейроны и новые связи.

В первые годы жизни создается около 250'000 нейронов в минуту, т.е. около 4000 нейронов в секунду. Далее, примерно с 18 мес. эти нейроны формируют взаимные связи, числом до 100 триллионов в мозге взрослого человека.

Матурационная пластичность мозга

Общее число нейронов у новорожденного достигает 100 млрд.

Каждый из нейронов связан примерно с 2 млн. соседних нейронов, что определяет из общую функциональность. В свою очередь, связи определяются внешними стимулами, поступающими в мозг на данном этапе его развития.



Матурационная пластичность мозга

2. Синаптогенез

Когда мы получаем новый стимул, мозг начинает его ассимилировать и адаптироваться к данному стимулу наиболее конкретным и специфичным образом, используя три механизма:

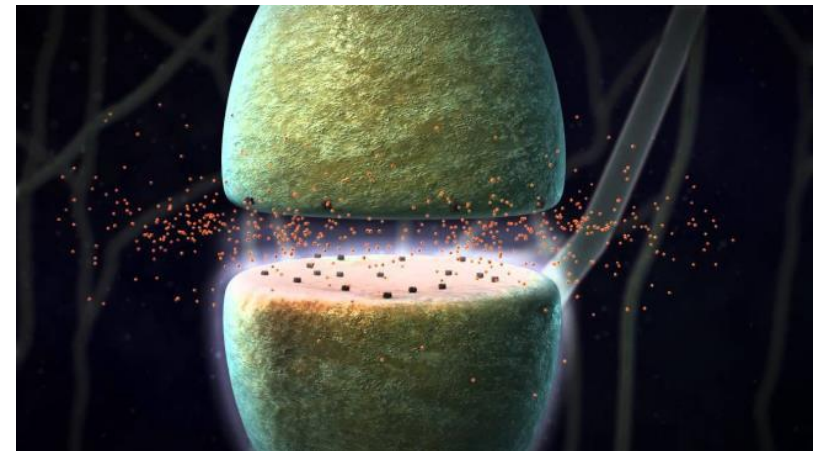
А) Увеличение числа синаптических контактов каждого аксона (феномен рамификации, или разветвления)

Матурационная пластичность мозга

2. Синаптогенез

В) Увеличение или изменение типа нейротрансмиттеров, присутствующих в одном синапсе.

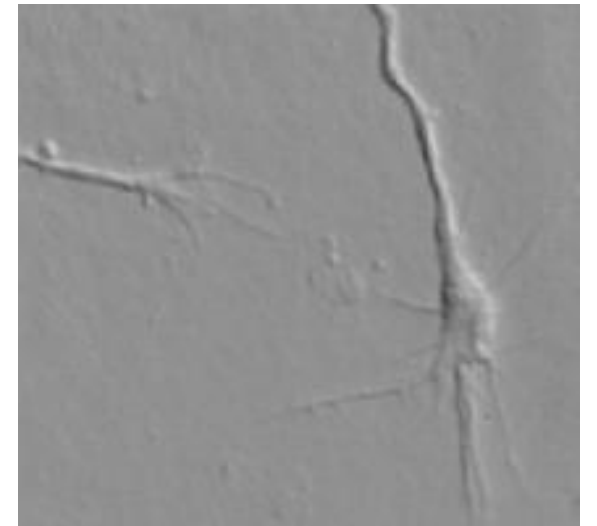
Нейрон, использующий возбуждающий нейротрансмиттер, вызывает ответную реакцию другого нейрона (обратную связь).



Матурационная пластичность мозга

2. Синаптогенез

С) Новые связи между нейронами, которые ранее не были связаны, но теперь нуждаются в связях благодаря поступающим в мозг стимулам.



Пластичность мозга

3. Миелинизация

Подразумевает повышение скорости и эффективности нейروпроводимости.

...Она напрямую связана с созреванием. Мы можем судить о степени миелинизации (и созревания) VIII нерва по результатам регистрации КСВП.



Что происходит в отсутствие триггерной стимуляции?

Прежде считалось, что отдельные области мозга отвечают за строго определенные функции и не могут обрабатывать стимулы иной модальности.

Сегодня мы знаем, что это не так.

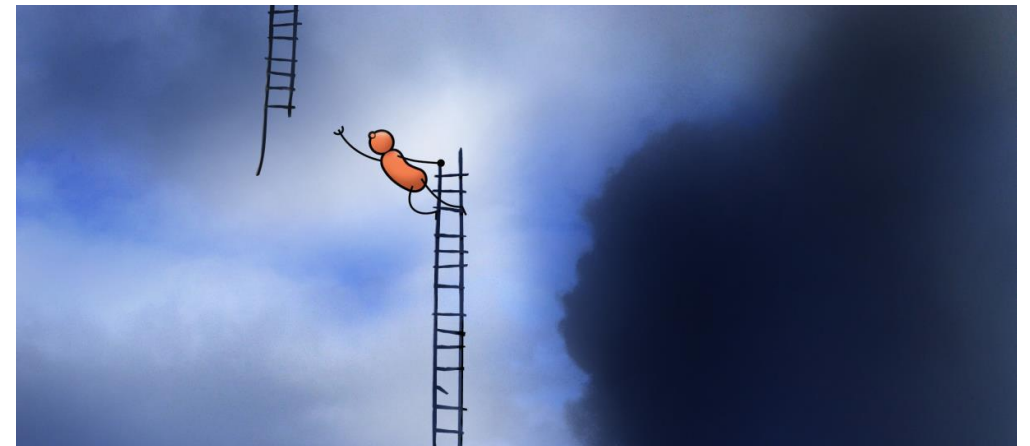


Что происходит в отсутствие триггерной стимуляции?

Кроссмодальная пластичность

Она подразумевает механизм реорганизации, направленный на сохранение нейронных ресурсов путем изменения модальности сенсорной обработки.

Если мы не воздействуем на нейроны, расположенные в первичных слуховых зонах, акустическими стимулами, мозг постарается сделать эти зоны эффективными. Он "приказывает" расположенным в них нейронам обрабатывать стимулы другого типа. Происходит изменение модальности. В результате, те нейроны, которые изначально предназначались для обработки слуховых стимулов, начинают обрабатывать стимулы иной модальности, например, зрительные. Когда впоследствии мы направляем в эти области акустический сенсорный входной сигнал, его "некому" обработать. До некоторой степени это обратимо. Но есть и необратимые процессы.



Что происходит в отсутствие триггерной стимуляции?

А что происходит, если стимул раньше существовал, а затем перестал поступать?

Ранее существовавшие синапсы регрессируют, а обеспечивавшиеся ими способности утрачиваются.



Фактор, играющий отрицательную роль

Всё вышесказанное говорит о том, что наш главный враг, с точки зрения развития слуха и речи – это ВРЕМЯ. Время работает против нас.



И все-таки.. когда же?

Если в качестве ОБЪЕКТИВНОГО показателя мы возьмем регистрацию первых потенциалов, возникающих под воздействием акустических стимулов в стволе мозга, критической точкой для реализации пластичности мозга следует считать 26-ю неделю гестации.

Фактор, играющий отрицательную роль

Учитывая вышесказанное, слуховой опыт к моменту рождения насчитывает около 14 недель.

Сколько нейронов и синапсов не разовьются за 14 недель в отсутствие надлежащего триггера? Много... бесконечно много!

$$M = 100,000 \frac{0.005(1+0.005)^{180}}{(1+0.005)^{180} - 1}$$



Фактор, играющий отрицательную роль

Допустим, что мы обнаружили глубокую тугоухость в возрасте 2 месяцев (что считается ранним выявлением).

Это означает, что у плода, а затем у ребенка, слуховое восприятие отсутствовало на протяжении 22 недель.

Фактор, играющий отрицательную роль

Допустим, что мы подобрали этому ребенку Слуховые аппараты в возрасте 6 месяцев (что всё еще считается ранним вмешательством).

Предположим также, что эти аппараты обеспечивают адекватное усиление:

Даже при таком благоприятном стечении обстоятельств речь идет о задержке слухового развития на 38 недель!

Фактор, играющий отрицательную роль

А теперь представим, что тугоухость была выявлена (и начато вмешательство) в возрасте двух с половиной лет (достаточно типичный случай в отсутствие всеобщего скрининга слуха новорожденных).

В таком случае отставание в отношении пластичности и развития слуховых способностей составит 144 недели.

Фактор, играющий отрицательную роль

Длительность слуховой депривации с точки зрения электрофизиологии (КСВП)

Возраст проведения вмешательства	Длительность слуховой депривации
3 мес. внеутробной жизни	26 недель
6 мес. внеутробной жизни	38 недель
1 год	66 недель
2 года	118 недель
2,5 года	144 недель
3 года	177 недель

Импринтинг и его временное окно

По завершении критического периода феномен импринтинга (первоначально описанный в прошлом веке Конрадом Лоренцем) уже не может быть реализован.

Эксперимент Лоренца заключался в том, что он был первым существом, которого видели утята, вылупляющиеся из яйца. Этот первый в их жизни зрительный образ отпечатывался у них в памяти и ассоциировался с матерью, после чего они всюду следовали за Лоренцем как за уткой (как это бывает в естественных условиях).



Импринтинг и его временное окно

Импринтинг – особый вариант обучения, возможный только в течение ограниченного периода времени, именуемого критическим периодом; этот период необратим (Gill, 1990).

Импринтинг и его временное окно

Такой тип обучения подчеркивает программируемую природу процесса обучения в целом (Alcock, 1993).

Импринтинг подтверждает наличие **НЕСМЕЩАЕМЫХ** периодов времени, отведенных под приобретение определенных навыков. Если в течение этих периодов соответствующая стимуляция отсутствовала, наверстать упущенное будет уже невозможно.

Импринтинг и его временное окно

"Принудительный импринтинг неэффективен, в отличие от естественного импринтинга, происходящего в точно предопределенный момент времени, в контексте определенного поведения" (Rice, 1962)

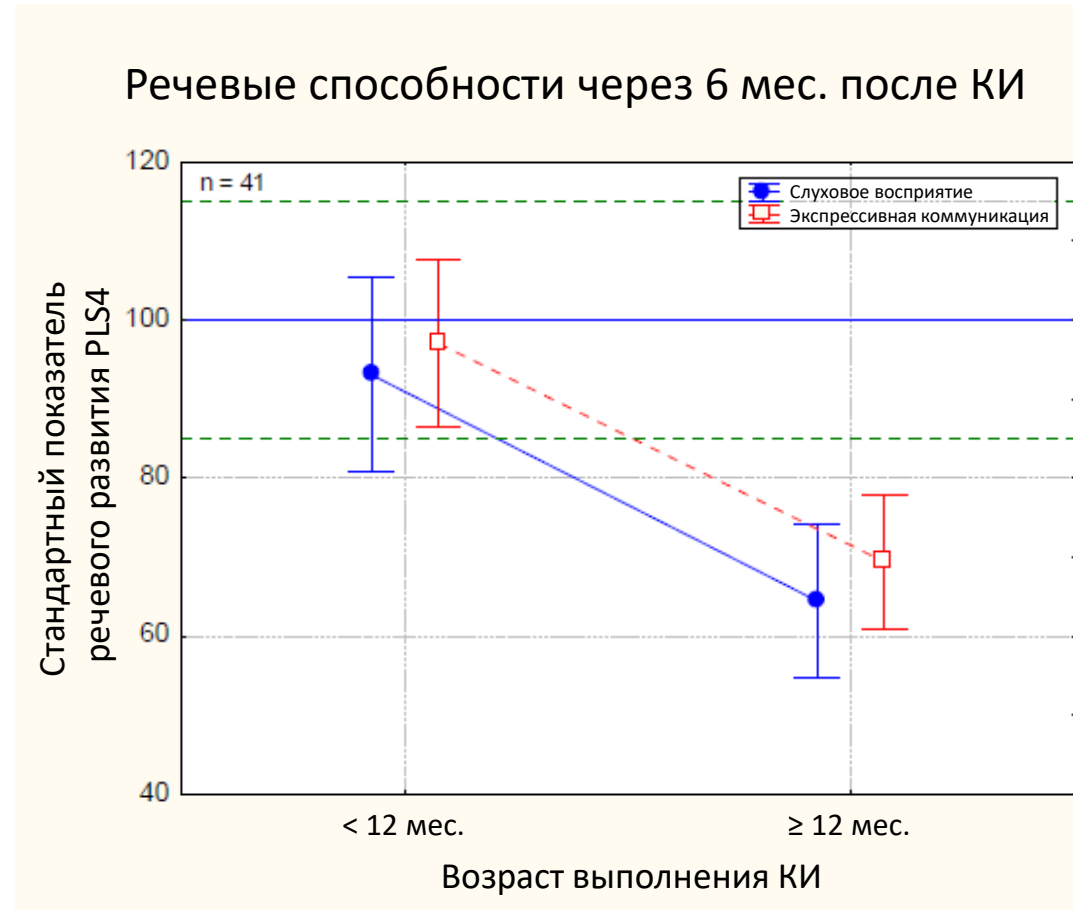
Если время упущено, мы можем предпринять что угодно – сделать кохлеарную имплантацию, целыми днями заниматься с сурдопедагогом. Но способности и навыки никогда не будут такими, как если бы вмешательство было выполнено вовремя.

График для родителей, демонстрирующий быстротечность времени



Критический период и период созревания (или чувствительный период) – не одно и то же. Критический период резко ограничен. Период созревания характеризуется более размытыми границами. Идеальное время вмешательства – до 6 мес.

Импринтинг и его временное окно



Временные окна

Очевидно, что в первые 10 лет жизни происходит значительное развитие слуха на центральном уровне и его интеграция в речь.

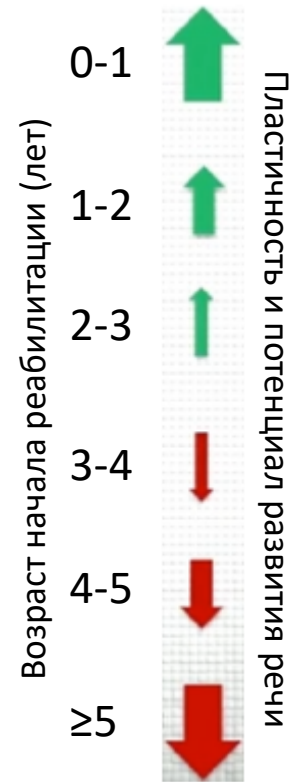
Временные окна

Из этих 10 лет наибольшая динамика наблюдается в первые 5 лет.

Наибольшая пластическая активность наблюдается в первые два из этих пяти лет. Если мы потеряем эти 2 года, мы не сможем вернуть упущенное время. Чем больше времени проходит, тем больше риск негативных последствий.



Временные окна: график для родителей

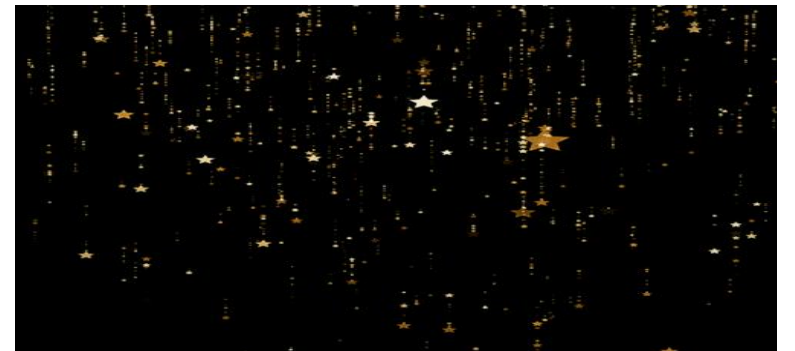


Castillo S., 2018

В чем состоит волшебство слов?

Наша слуховая система предназначена для придания сложных смыслов (через процесс познания) крохотным (меньше диаметра молекулы водорода) перемещениям частиц среды, вызванным колебаниями объекта.

Иногда волшебство проявляется в простых вещах, теряя при этом свою загадочность. Поэтому полезно взглянуть на происходящее с более физической, математической точки зрения, чтобы понять, что мы имеем и что мы упускаем.



В чем состоит волшебство слов?

Этим колеблющимся объектом может быть простой лист дерева или сложный речеголосовой аппарат человека, генерирующий созданный мозгом лингвистический код.

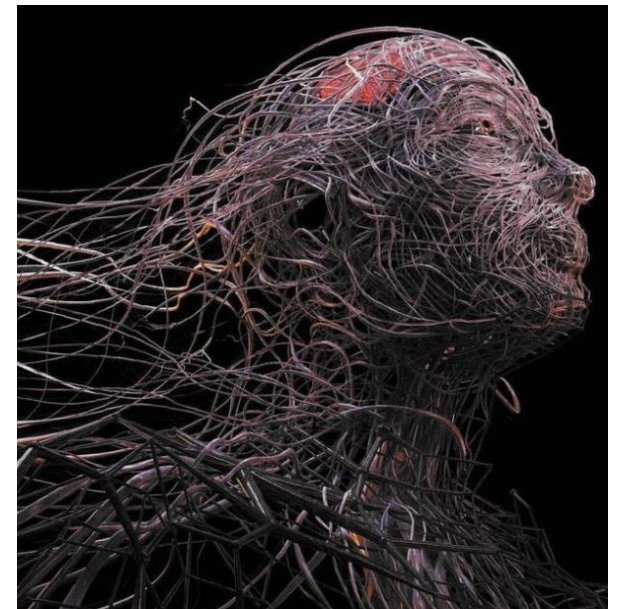
Смысл, который наш мозг извлекает из этих колебаний среды, относится не только к вызвавшему их объекту – он связан с нашим опытом, знанием кодов, настроением, воспоминаниями и т.д.

Например, когда я слышу шуршание опавшей листвы, я думаю не только о листьях – я вспоминаю своё детство и окружавших меня людей. Мы говорим о сложных возможностях феномена, кажущегося на первый взгляд очень простым.

В чем состоит волшебство слов?

Слово – причина и следствие нашей культуры, нашего общества, нашей истории и нашего прошлого. В нём наши чувства, наши корни, наши надежды, наши воспоминания и наша наука.

Пользуясь словами, мы можем заставить их полюбить нас или же навеки отворотить от нас своё волшебство.



В чем состоит волшебство слов?

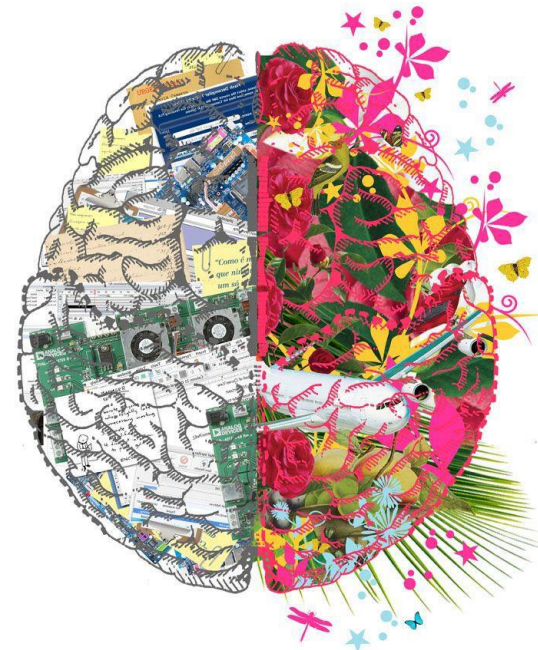
Вернемся к глухому ребенку. Раннее выявление нарушения слуха и раннее вмешательство – волшебная палочка, оживляющая магию слов.

А ВЫ?

Сколько волшебства из-за вас теряют ваши пациенты? Это случается всякий раз, когда вы откладываете назначенный визит пациента, переносите обследование, плохо реализуете программу раннего выявления и вмешательства на своем рабочем месте.

"Слово – это семя,
взошедшее в вашем сознании; оно
может исполнить ваши мечты...
или оставить их несбывшимися."

Алиша Санти



Большое спасибо!

