

Сложнейшая нейронная сеть

2,8 млн километров – достаточно,
чтобы 68 раз облететь Землю или 7 раз
слетать на Луну

У плода человека нейроны образуются
со скоростью 500 000 в минуту – 30
млн в час

Объём информации в мозге

- Более 100 млрд нейронов и квадриллион синаптических связей
- Объём информации в мозге 2,5 пентабайт, т. е. миллион гигабит или 1000 терабайт. Это 3 млн часов просмотра ТВ передач, на что потребуется 300 лет непрерывного просмотра.
- 1 пентабайт = 10^{15} байтам
- Но: наш мозг ещё и аналоговый компьютер



- В геноме человека более 80% всех генов работают именно на мозг. Это результат накопления гигантских «усилий» генома в эволюции по созданию мозга.
- Какие из этого множества генов, отвечают за нашу эволюцию? Может ли это быть объяснено одним уникальным геном, который и вызвал некий эволюционный взрыв?

- Результаты сравнительного исследования геномов человека и шимпанзе, в котором пытались найти участки ДНК, где произошли изменения, которые и отделяют нас от шимпанзе показали, что есть **49** участков, где **темпы** изменений были существенно выше, чем в среднем по геному. На некоторых из них изменения происходили **в 70 раз быстрее**, чем в других местах! И это – фронтальные отделы кортекса (сложное мышление и язык)



- Есть ли такой разрыв, дающий основание говорить, что произошла некая мутация, изменившая мозг настолько, что он стал способен к языку, другим очень сложным алгоритмам, а на самом деле приведшая - к гораздо более сложной организации вообще

Был выделен ген, который претерпел наиболее значительные изменения. Это **HAR I**, в котором содержалось **118 (!)** различий между человеком и шимпанзе. Для сравнения, между шимпанзе и птицами расхождений всего **2**.

О генах и специализации...

- Нарушения гена **FOX P2** приводит к нарушениям языка, а гена **FOX VI** – к драматическому ухудшению оперативной памяти. Это может, например, проявиться в дислексии.
 - Любая сложная функция обеспечивается **набором** генов, никогда – одним!
 - Есть гены, которые включаются только тогда, когда запоминаются важные вещи и надолго.
- О пользе интеллектуальной жизни...

- **FoxP2** представляет собой транскрипционный фактор, контролирующий работу многих генов и экспрессирующийся в разных органах тела человека. Одним из генов, находящихся под контролем FoxP2, является ген **CNTNAP2**, нарушения в работе участков которого связывают с аутизмом. Некоторые варианты этого гена у детей с аутизмом влияют на возраст, в котором произносится первое слово. Кроме того он не специфичен только для человека, а функционируют и в других организмах, включая пресмыкающихся.

- Итак: Экспрессия гена **FoxP2** у человека связывается с процессом последовательного обучения, который определяется как способность людей вычленять и обрабатывать дискретные компоненты в сложно организованных временных последовательностях. Это умение определяется как ключевое в языковой деятельности человека.

François Truffaut's 1970 film L'Enfant Sauvage adapted from the late 18th century writings of Dr. Jean Itard



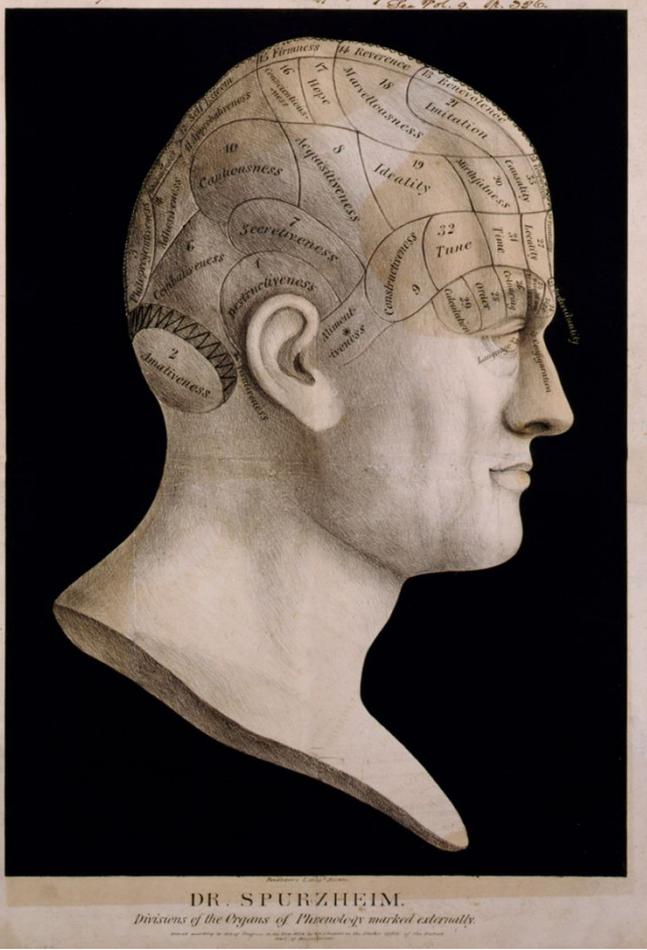
Именно язык, будучи культурным феноменом, хотя и базирующимся на генетически обусловленных алгоритмах, соединяет объекты внешнего мира с нейрофизиологическими событиями в мозгу, используя конвенциональные семиотические механизмы

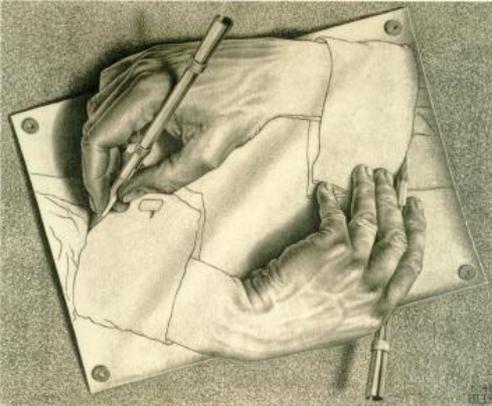
Конвенция:



Человеческий язык – не просто одна из высших психических функций, а совершенно особая, *видоспецифичная способность мозга*, дающая возможность строить и организовывать чрезвычайно сложные коммуникационные сигналы и обеспечивать мышление - *формирование концептов и гипотез о характере, структуре и законах мира.*

Языковая способность (Language Competence)- система базисных универсальных правил, предположительно лежащих в основе всех человеческих языков, врождённое свойство нашего мозга, обеспечивающее речевую деятельность (Language Performance)



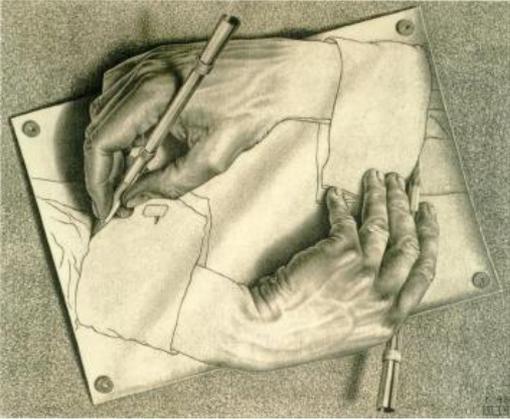


Человеческий язык устроен не так как коммуникационные систем других биологических видов.

Языки животных представляют собой *закрытые списки* коммуникационных единиц

Язык людей – *открытый список* (за исключением грамматических слов)

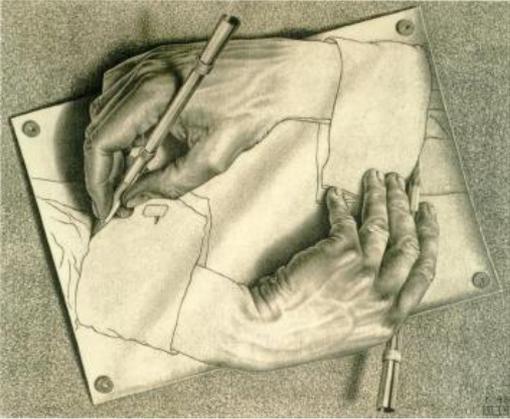
Главная черта Языка – *продуктивность*, т.е. возможность создания и понимания бесконечного количества сигналов любой длины из конечного набора первичных единиц («атомов» - фонем)



человеческий язык устроен не так
как коммуникационные системы
других биологических видов:

Язык представляет собой иерархическую
структуру с цифровой организацией (фонемы,
морфемы, слова, фразы, тексты)

Язык использует *рекурсивные правила* (Маша
удивилась, что Петя не знает, что Нина лгала Саше)



Человеческий язык устроен не так как коммуникационные системы других биологических видов

Синтаксис и морфология – коды, картирующие многоуровневые

семантические структуры, превращая их в последовательно

организованные интерфейсы (наш язык линейен!). *Фонология*

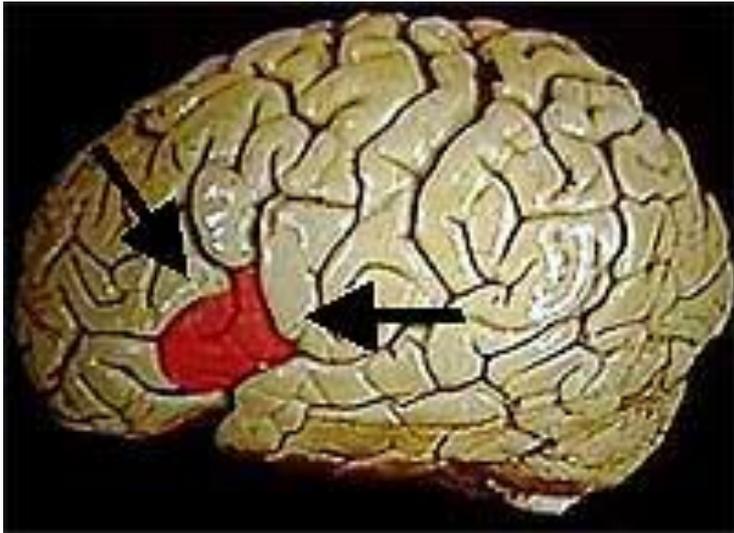
обеспечивает возможность реорганизации конечного числа звуковых единиц в бесконечное множество единиц другого уровня - слов.

Фонетические законы позволяют мозгу компрессировать эти

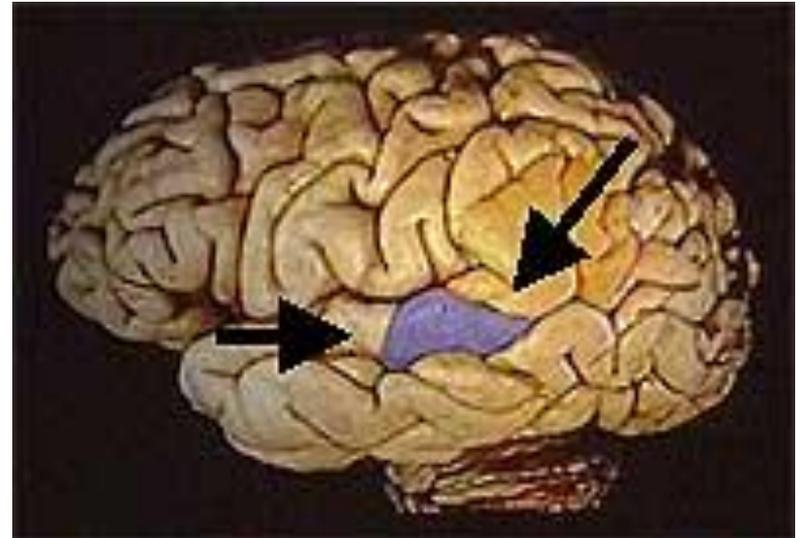
единицы в акустические сигналы, спектральные и временные

характеристики которых способно декодировать человеческое ухо

Broca's Area

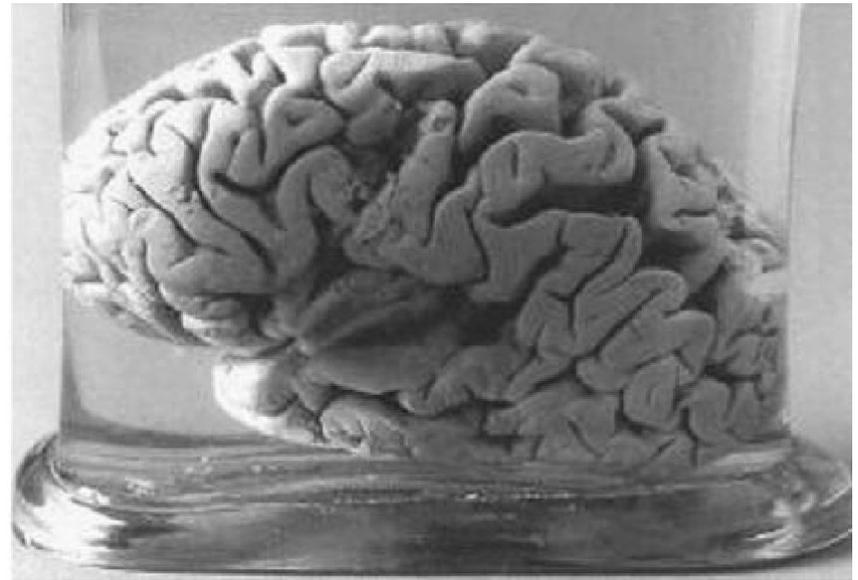


Wernicke's Area

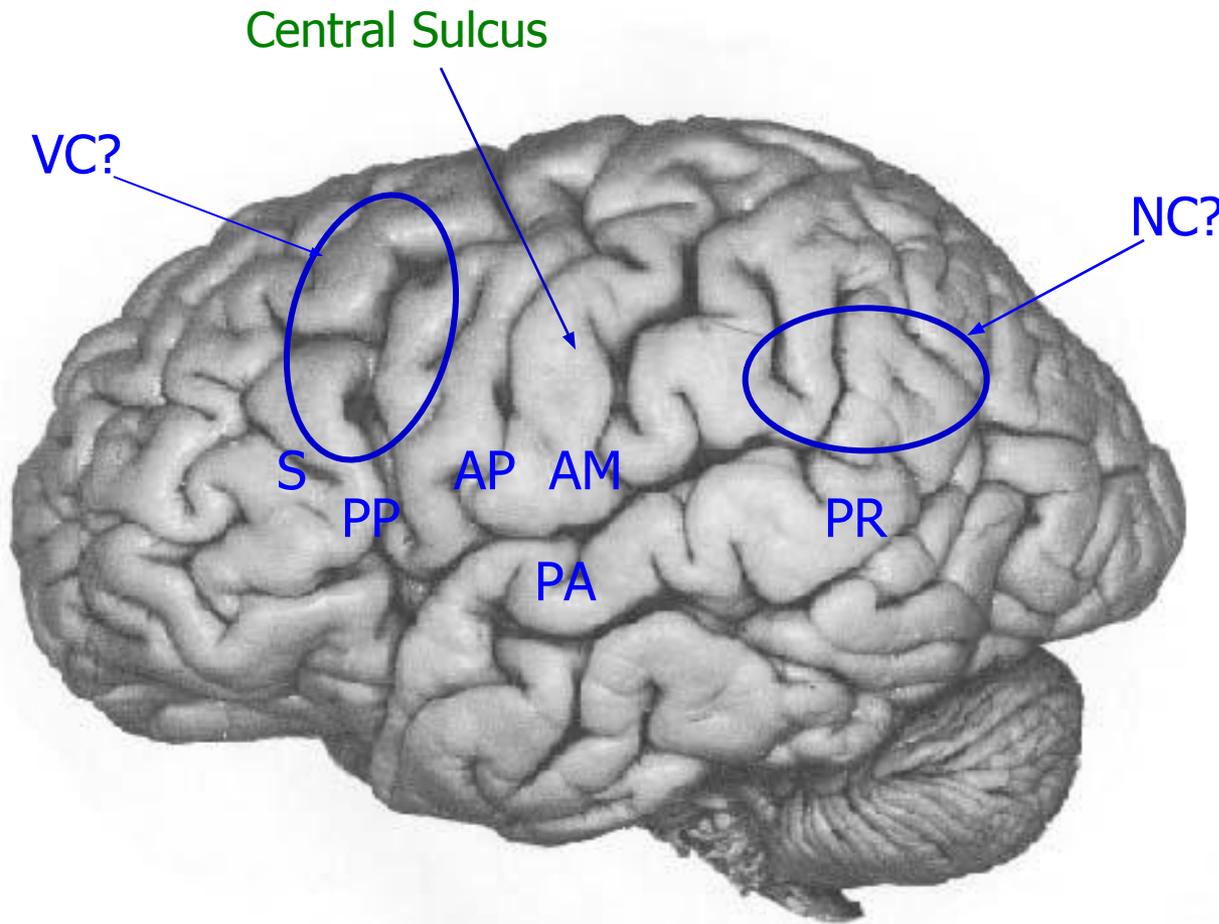


Lateral views of the brains of Leborgne (left) and Lelong (right).

<http://neurophilosophy.wordpress.com/2007/04/26/old-brains-new-ideas/>



The Language Cortex (LH Portion)



- AM – Articulatory Monitoring
- AP – Articulatory Production
- NC – Noun Concepts
- PA – Primary Auditory
- PP – Phonological Production
- PR – Phonological Recognition
- S – Syntax and Morphology
- VC – Verb Concepts

Major components of the linguistic system

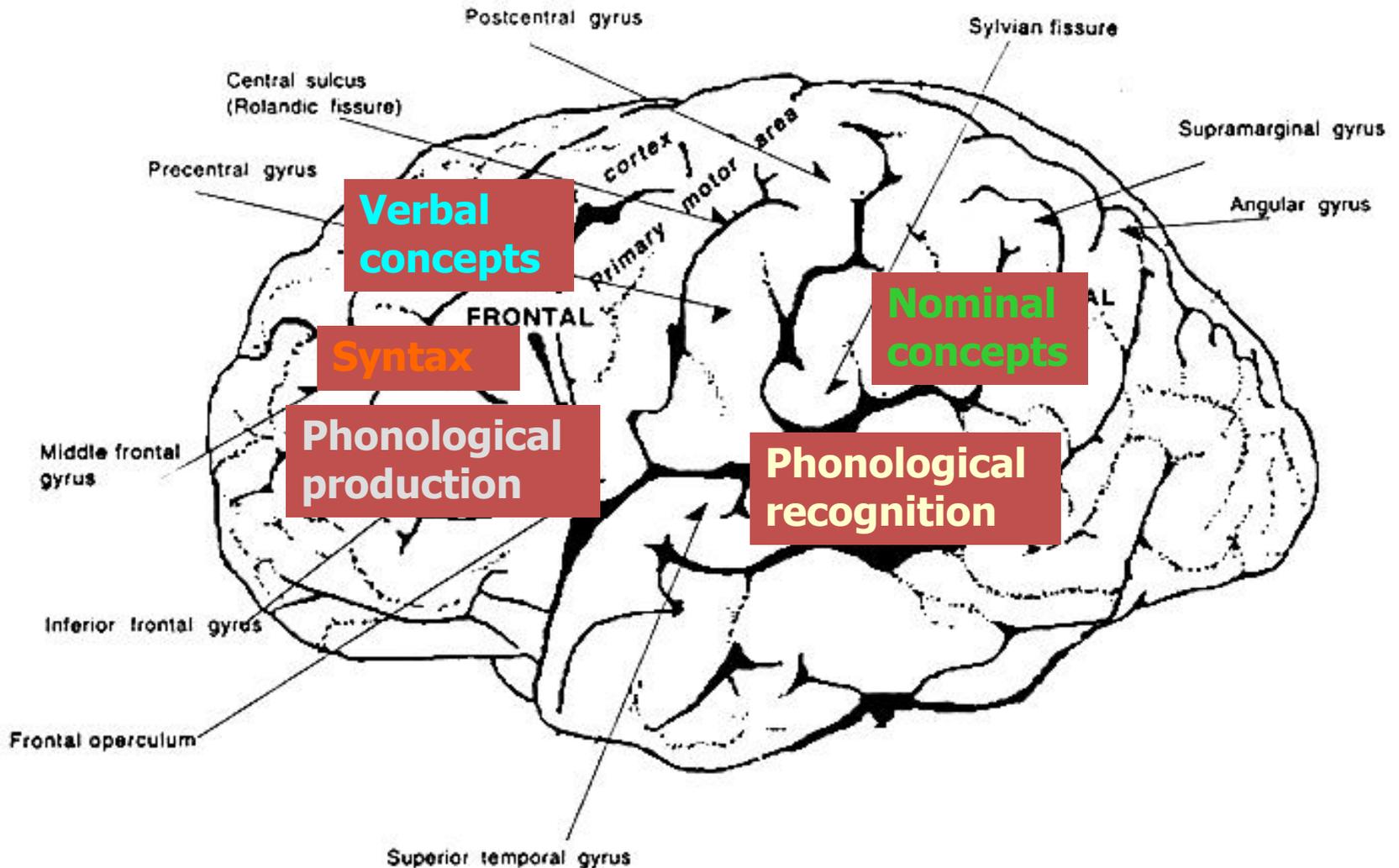


FIGURE 59.2 Lateral view of the left cerebral cortex.

Pulvermüller's Hypothesis

Distributed representation of form
and of meaning

В частности – давно отброшена
идея левополушарного
представительства языка



Методы и объекты исследования языковых и мыслительных функций

Клинические данные: Больные с афазиями, болезнями Альцгеймера, Паркинсона, шизофренией, синдромами Уильямса и Стёрдж-Веббера

Дети с нормальным и замедленным речевым развитием, с алалиями и генетическими аномалиями развития языка, с дислексией и дисграфией

Кросс-лингвальные исследования сходных синдромов у людей, говорящих на языках разных типов

On-line-методы - прайминга, лексического решения, фиксации движений глаз, парсинга ...

Анализ движений глаз



Дождавшись тихой погоды, он снова вышел в лес, в это время лыжи
глубоко погружались в мягкий снег.

Анализ движений глаз

- Что именно происходит при дизлексии (когда люди испытывают проблемы с чтением)? Интересно и лингвисту, и врачу.
- Как мы просматриваем большие тексты, результаты поиска в интернете и т.д.: куда глядим в первую очередь, на чем задерживаемся, что пропускаем?.. Интересно и лингвисту, и маркетологу.

Учёным грызть гранит науки приходится часто.

Учёным грызть гранит на набережной пока не приходится.



*Mabel L. Rice , Shelley D. Smith and J. Gayán
Convergent genetic linkage and associations
to language, speech and reading measures
in families of probands with SLI*

J. of Neurodevelopmental Disorders 2009

Candidate gene loci for Reading Disability (RD) on chromosomes **1p36**, **3p12-q13**, **6p22**, and **15q21**, and the speech-language candidate region on **7q31** in a sample of 322 participants ascertained for Specific Language Impairment (SLI).

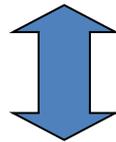
Ген **KIAA0319** имеет отношение к дислексии...



Каков основной принцип, лежащий в основе усвоения языка?

Противостоящие точки зрения:

Врождённая языковая способность и базисной грамматики, «модулярность» её организации в мозгу. Усвоение языка ребёнком – просто разворачивание его во времени (all is already there). Вероятностные характеристики не играют существенной роли



Обучение нейронной сети с распределёнными по ней процессами, примат научения, первостепенная роль многоплановых вероятностных характеристик



Как устроен ментальный лексикон?

Основные модели

Сторонники классического **модулярного** подхода (e.g. Pinker; Prasada & Pinker; Ullman) считают, что правила Универсальной Грамматики, по которым построены все человеческие языки, описывают организацию языковых процедур как: (1) **символические рекурсивные универсальные правила**, действующие в режиме реального времени и базирующиеся на процедурах и **врожденных** механизмах, запускаемых в оперативной памяти, и (2) **лексические и другие гештальтно представленные единицы**, извлекаемые из долговременной ассоциативной памяти



Как устроен ментальный лексикон?

Основные модели

Сторонники **коннекционистского** подхода (e.g. Plunkett & Marchman; Bybee) **считают, что все процессы основываются на работе ассоциативной памяти, и мы имеем дело с постоянной сложной перестройкой всей нейронной сети**, также происходящей по правилам, но иным, и гораздо более трудно формализуемым. Важнейшим фактором в таких моделях являются разные типы частотностей

Возможны и не совпадающие ни с одним из этих подходов гипотезы (Черниговская, *Gor*)



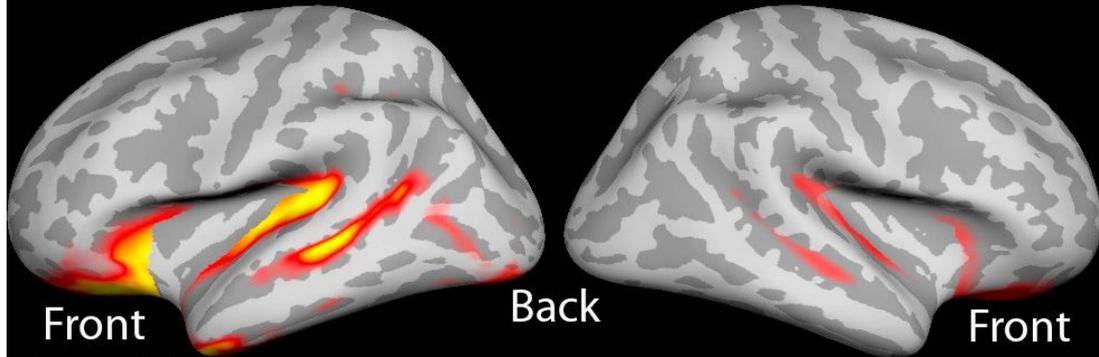
? **Нейрональная основа контроля языковой продукции при переключении ЯЗЫКОВЫХ КОДОВ**

- ? Сеть, включающая теменные отделы, заднюю верхне-височную борозду, и нижнюю лобную извилину слева.
- ? Процесс перевода с языка на язык вовлекает левосторонние кортикальные и субкортикальные сети, включая базальные ганглии, нижнюю лобную извилину и дорсолатеральный префронтальный кортекс.

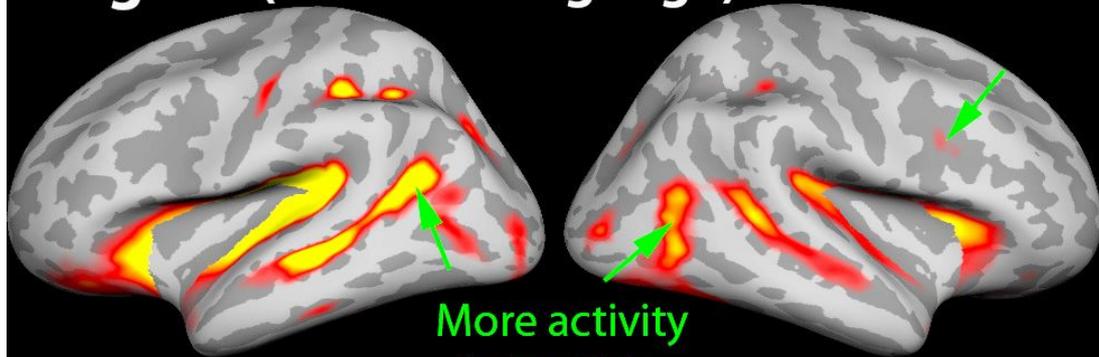
Spanish (Native Language)

Left Hemisphere

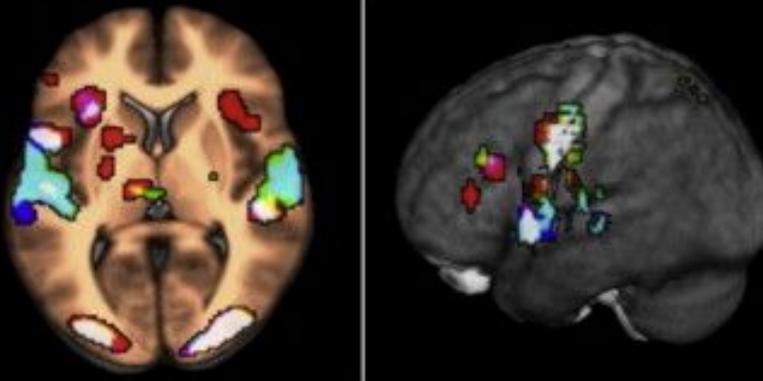
Right Hemisphere



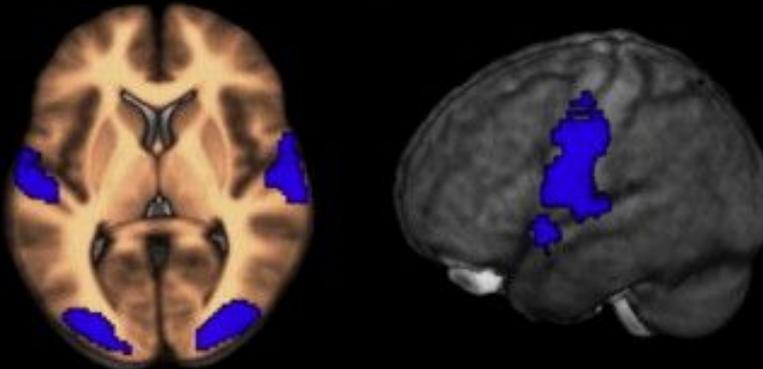
English (Second Language)



A. Multilinguals (fMRI)



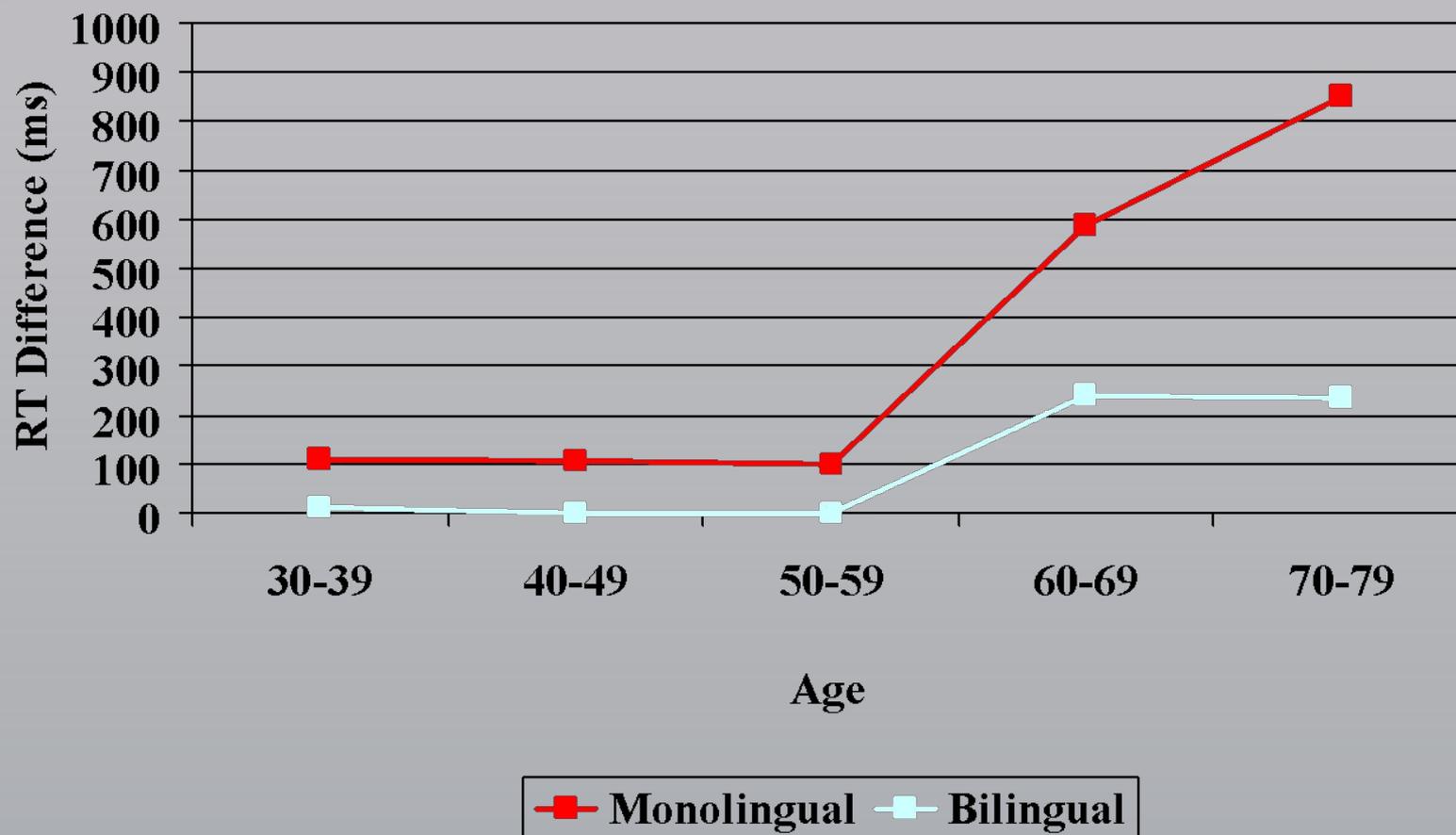
B. Monolinguals (fMRI)



C. Multilinguals
vs
Monolinguals
(VBM)



О пользе нагрузки на нейронную сеть:

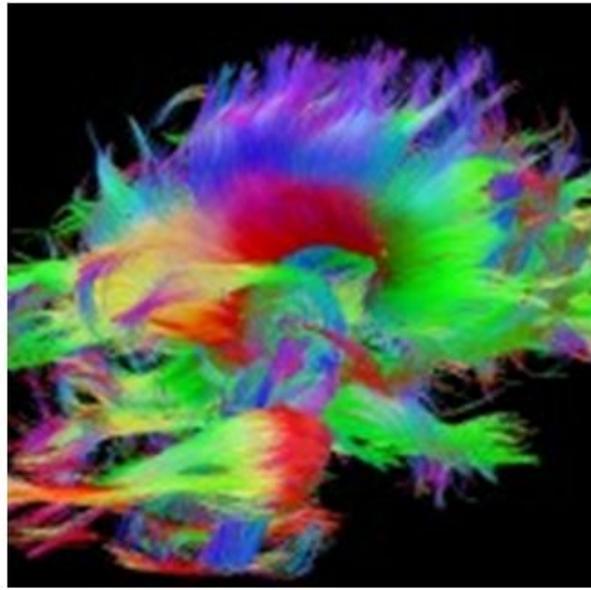


Обучение меняет мозг!

Увеличивается плотность и качество нейронной сети и окружающей её глиальной среды

Обучение приводит к росту количества дендритов и аксонов, обеспечивающих внутримозговые связи, даже к увеличению величины нервных волокон (за счёт интенсивной миелинизации).

Растёт эффективность серого и белого вещества.



Спасибо за понимание!

