

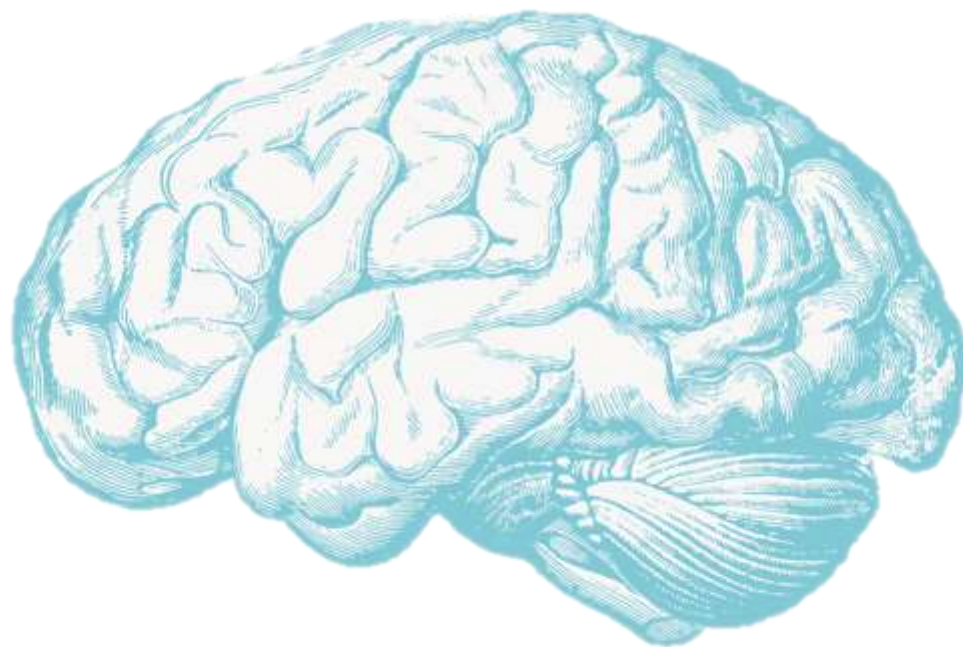
脑与认知科学

第七讲

脑与语言-I

授课人：刘丽 教授

北京师范大学 | 认知神经科学与学习国家重点实验室



脑与认知科学

本章关键知识点

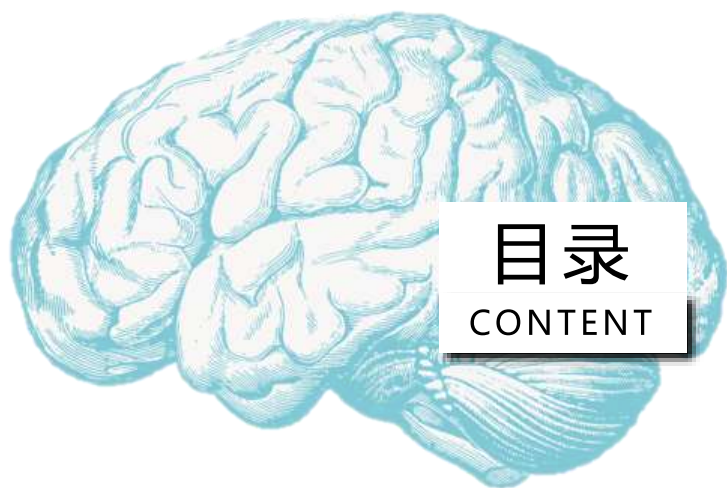
布洛卡失语症、维尔尼克失语症

口语理解的神经基础

书面语理解的神经基础

言语产出的神经基础

书面表达的神经基础



A

了解人类语言

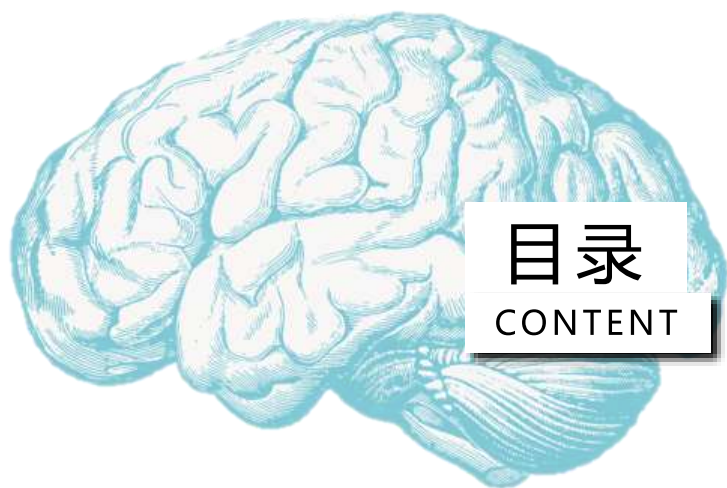
B

脑损伤与失语症

C

语言的现代脑与认知科学研究

脑与认知科学



A

了解人类语言

B

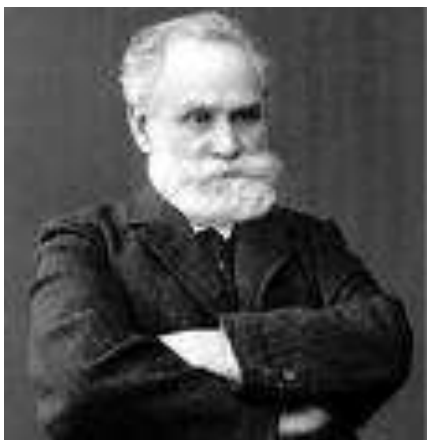
脑损伤与失语症

C

语言的现代脑与认知科学研究

脑与认知科学

语言是人类区别于动物的重要标志



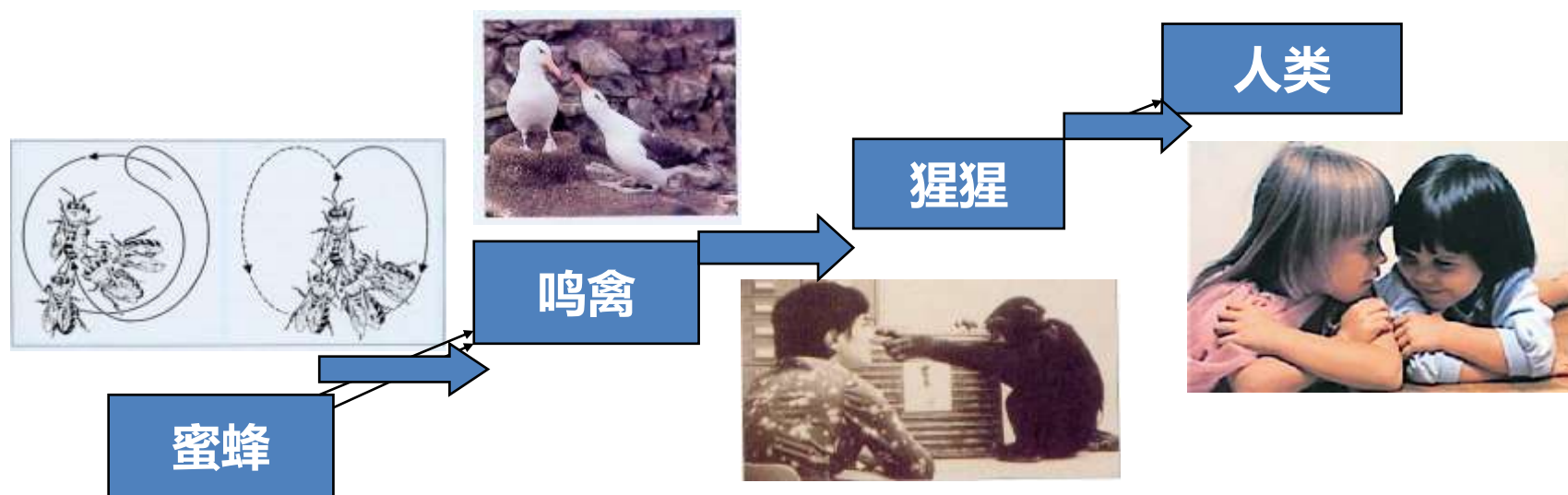
It's nothing other than words
that has made us human.

Ivan Pavlov, 1927/1960

语言是研究人类智能起源与进化的重要窗口。

脑与认知科学

人类语言与动物“语言”



图片摘自北京师范大学精品课程

脑与认知科学

人类的语言和动物的语言有哪些不同？

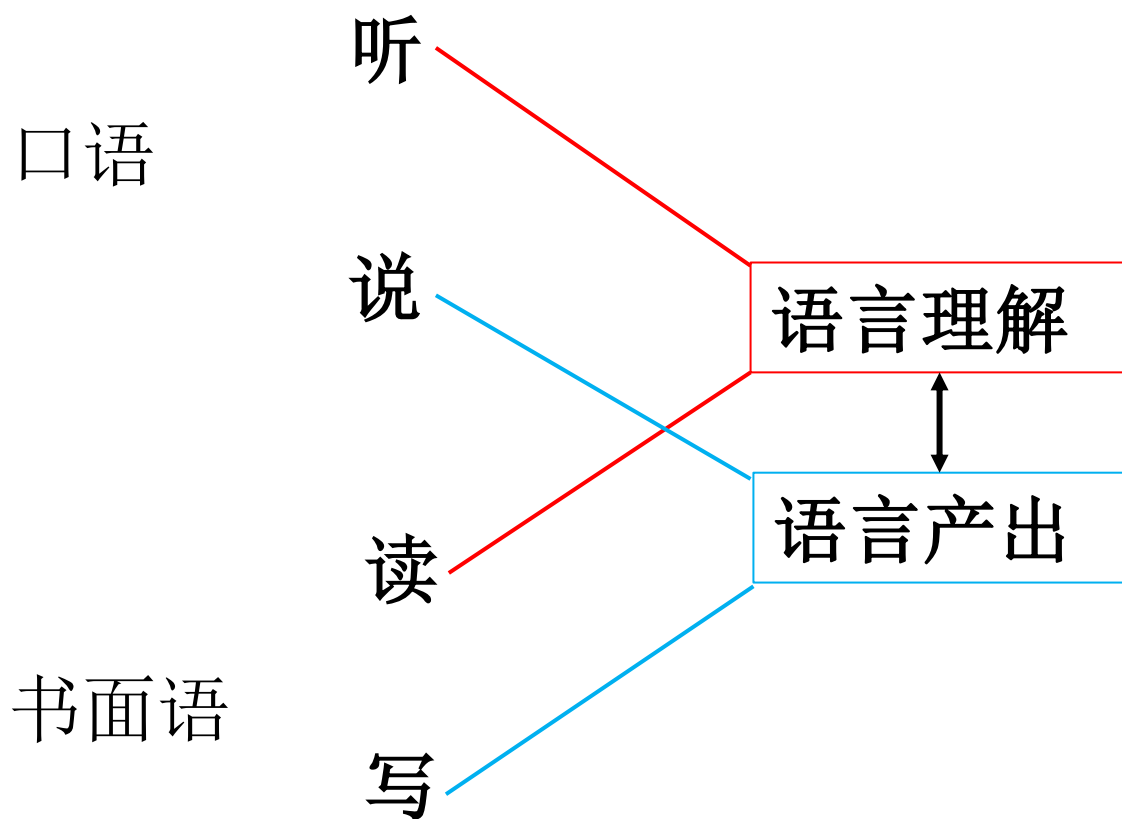
脑与认知科学

作答

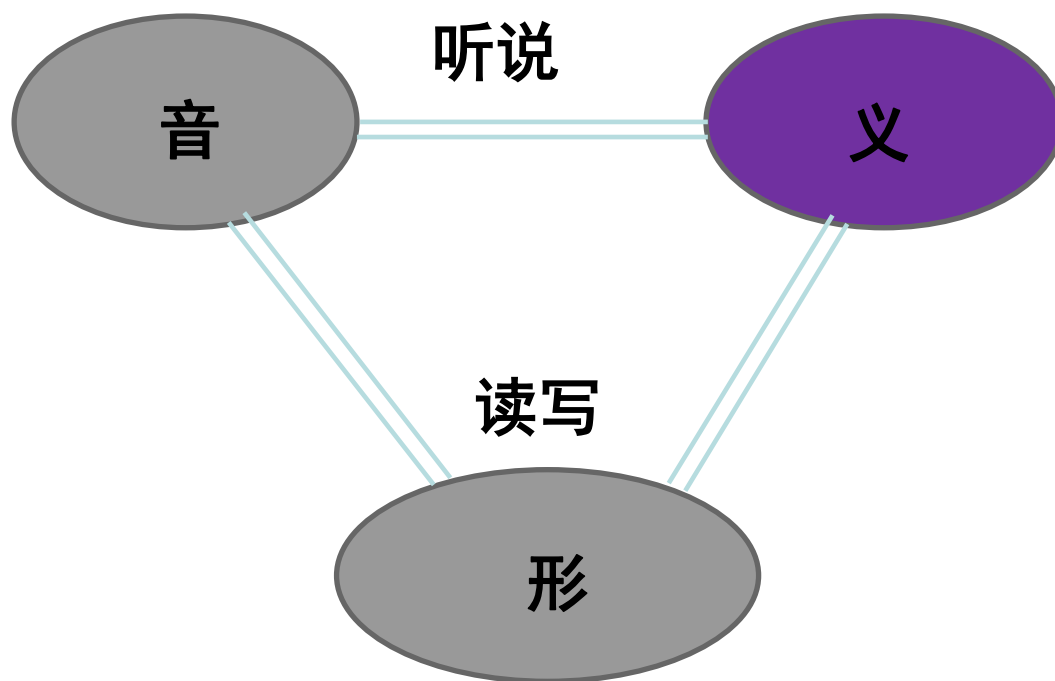
人类语言有哪些特点？

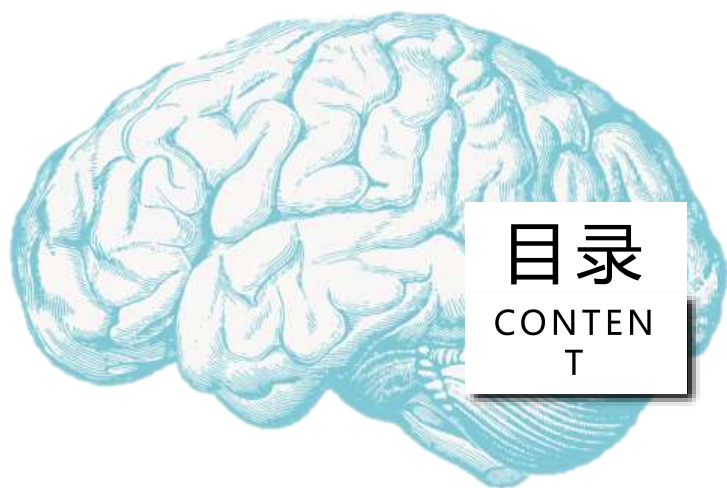
- 创造性
- 结构性
- 意义性
- 指代性
- 社会性与个体性

语言加工的四大模态：独立但相互联系



语言的不同成分（形、音、义、语法）





A

了解人类语言

B

脑损伤与失语症

C

语言的现代脑与认知科学研究

脑与认知科学

布洛卡失语症

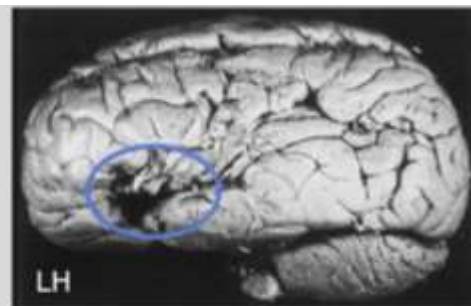
1831 年，在巴黎郊外的疯人病院內，来了一位 21 岁的男性患者。他没有其他病症，只是不能说话。到了 1861 年 4 月 12 日，因患病而就诊于外科医生布罗卡。布罗卡细心地在患者身上作了 5 天检查，结果发现他的喉头肌肉和发音器官都不足以阻碍其正常的语言运动，也没有其他瘫痪的症候可以妨碍发音，其他方面也都显得正常，不至于不能说话。患者死于 4 月 17 日，布罗卡当天就进行了尸体解剖，他发现在大脑左半球的第三个前额沟回有一内伤。



Paul BROCA, 1865



Brain of the
patient of Paul
Broca who died
1865



脑与认知科学

威尔尼克失语症

随后，德国神经学家Carl Wernicke报告了另一个案例：

- 这位病人可以轻易地讲话，但是讲的话没有意义
- 无法理解书面语和口语
- 他的病人脑损伤位置在左半球更靠后的区域，颞顶交界处（Wernicke区）
- 威尔尼克的失语症表现出语言理解的困难，但是语言产出完好无损

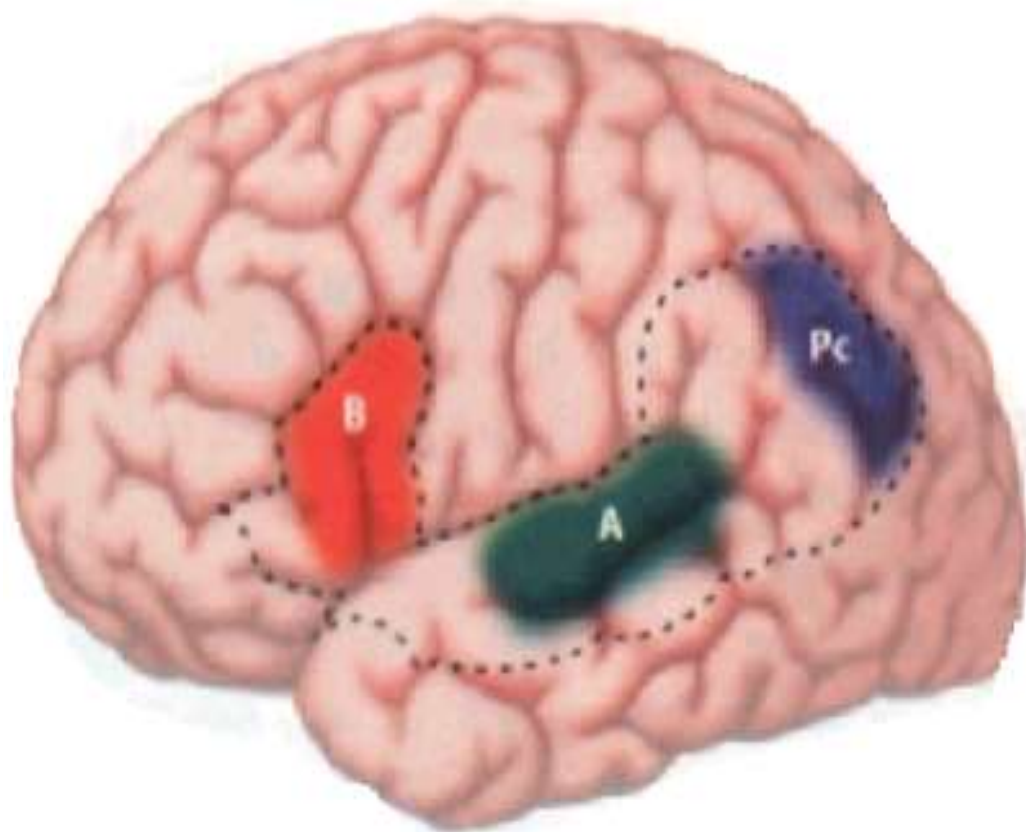


Carl Wernicke
德国神经学家(1848 –1905)



脑与认知科学

早期的语言加工的神经模型：基于脑损伤病人的研究

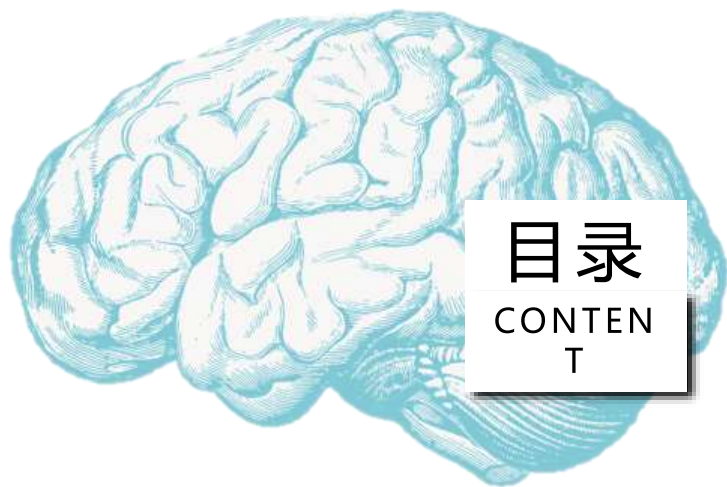


脑与认知科学

通过脑损伤病人研究人脑的语言功能有哪些局限性？

脑与认知科学

作答



A

了解人类语言

B

脑损伤与失语症

C

语言的现代脑与认知科学研究

脑与认知科学

新兴的无损脑成像技术



磁共振



脑磁图

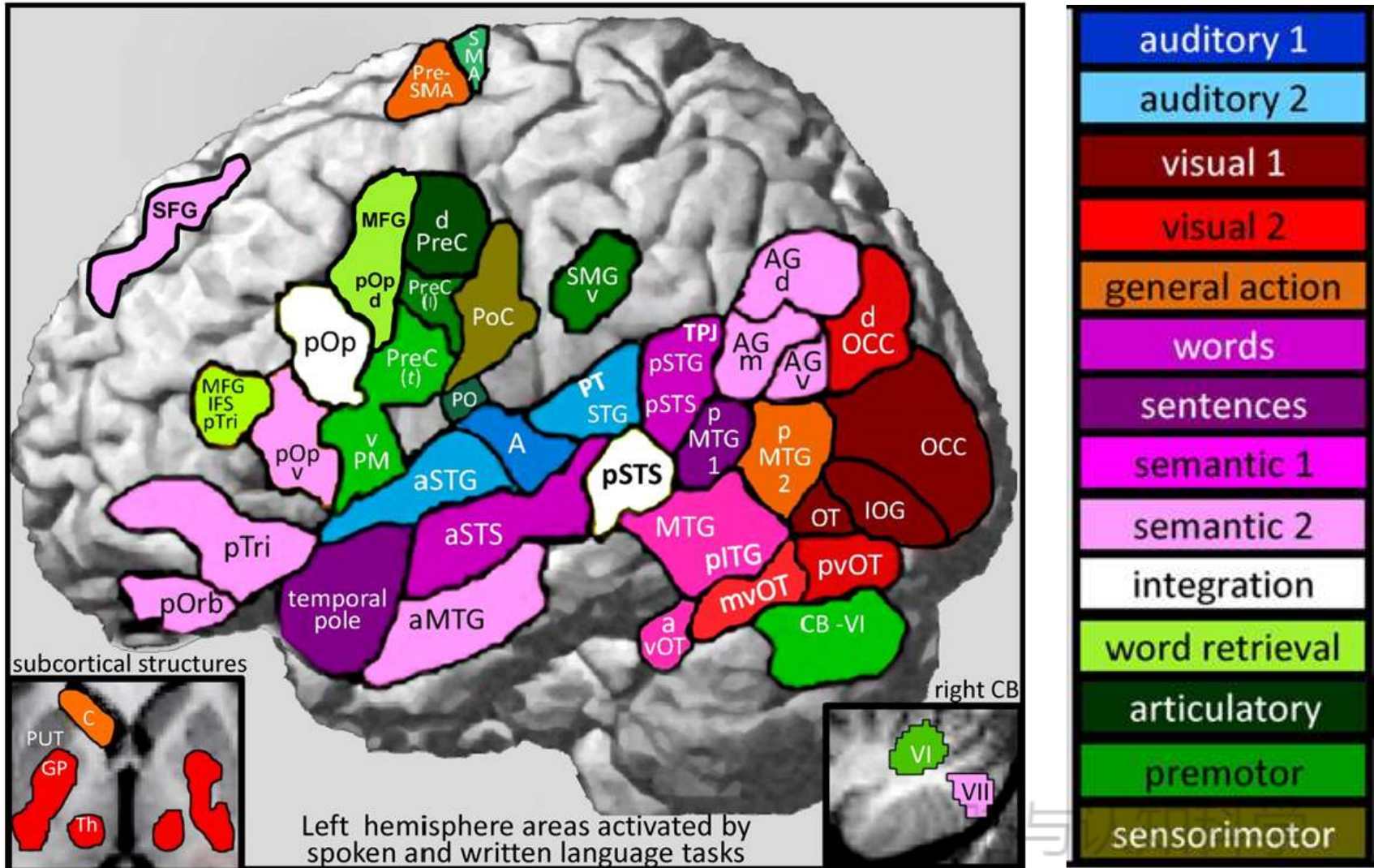


脑电

脑与认知科学

A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading

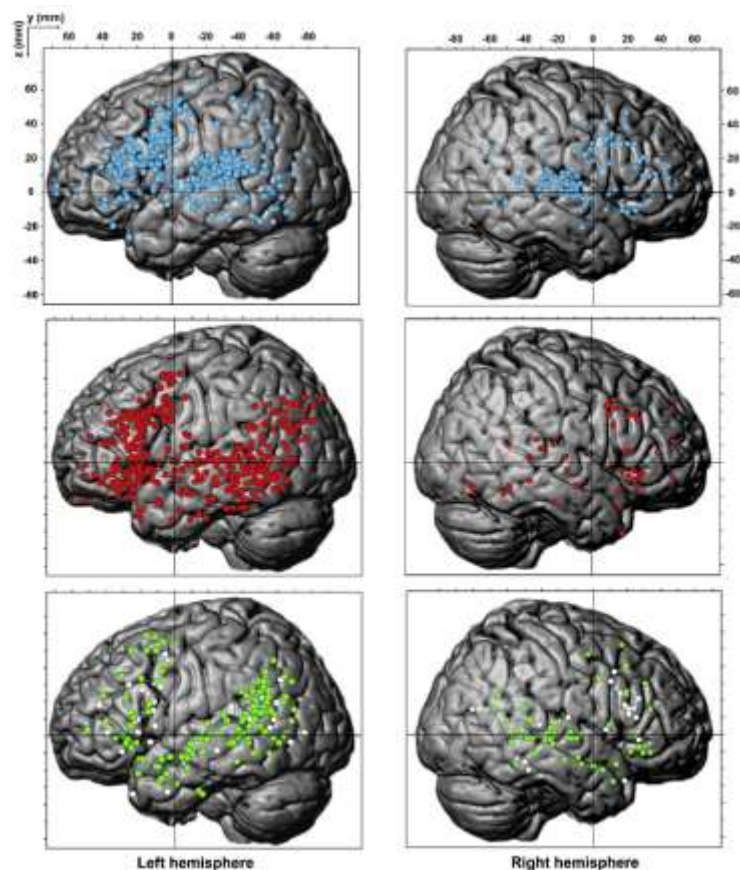
Cathy J. Price Neuroimage 2012



右脑在语言加工中的作用

What is right-hemisphere contribution to phonological, lexico-semantic, and sentence processing?

Insights from a meta-analysis



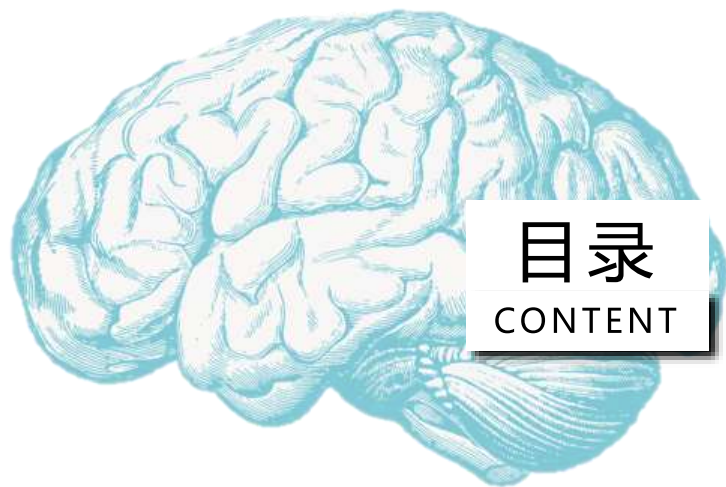
■ 128个研究的元分析

- ✓ 蓝色：词汇语音加工
- ✓ 红色：词汇语义加工
- ✓ 绿色：句子/篇章加工

脑与认知科学

课后思考：

- 1、左脑和右脑分别支撑语言的哪些方面？
- 2、为什么语言是左脑主导的？
 - 语言的左脑优势是先天的吗？ 还是后天学习的？
 - 高级灵长类的语言区是否也是左侧化的？
 - 这跟右利手、语言的进化是否有联系？ 有什么联系？



C 语言的现代脑与认知科学研究

C1 语言理解的神经基础

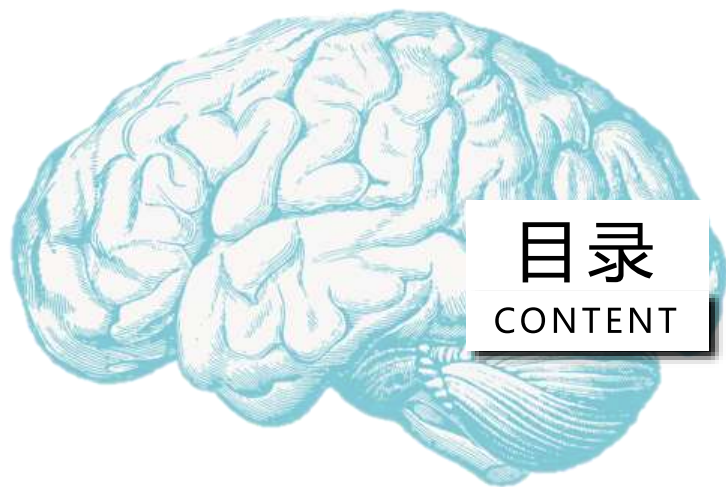
C2 语言产生的神经基础

C3：心理词典

C4：句法加工

C5：展望：从个体语言加工到
多脑语言交流

脑与认知科学



C 语言的现代脑与认知科学研究

C1 语言理解的神经基础

C2 语言产生的神经基础

C3：心理词典

C4：句法加工

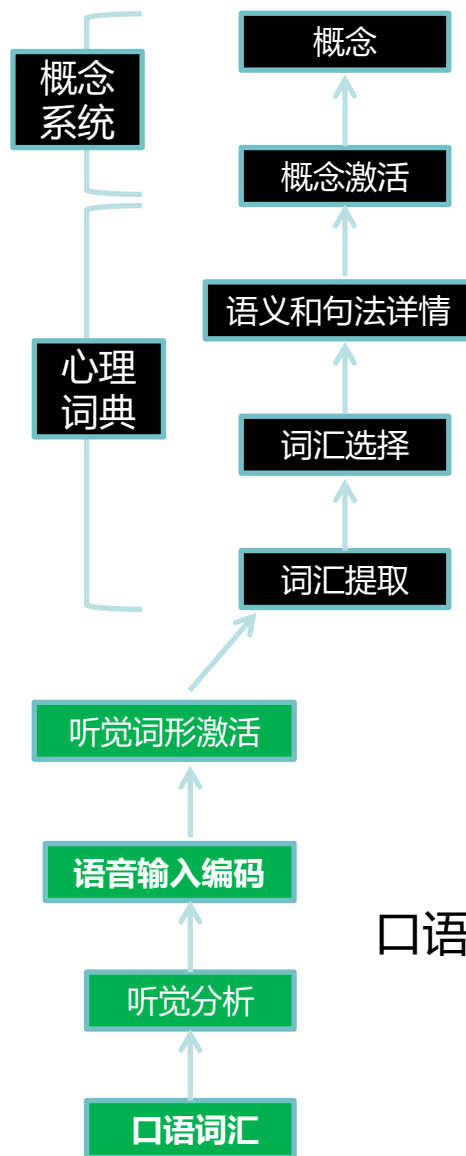
C5：展望：从个体语言加工到 多脑语言交流

脑与认知科学

1. 听觉语言理解

听觉语言理解的认知模型

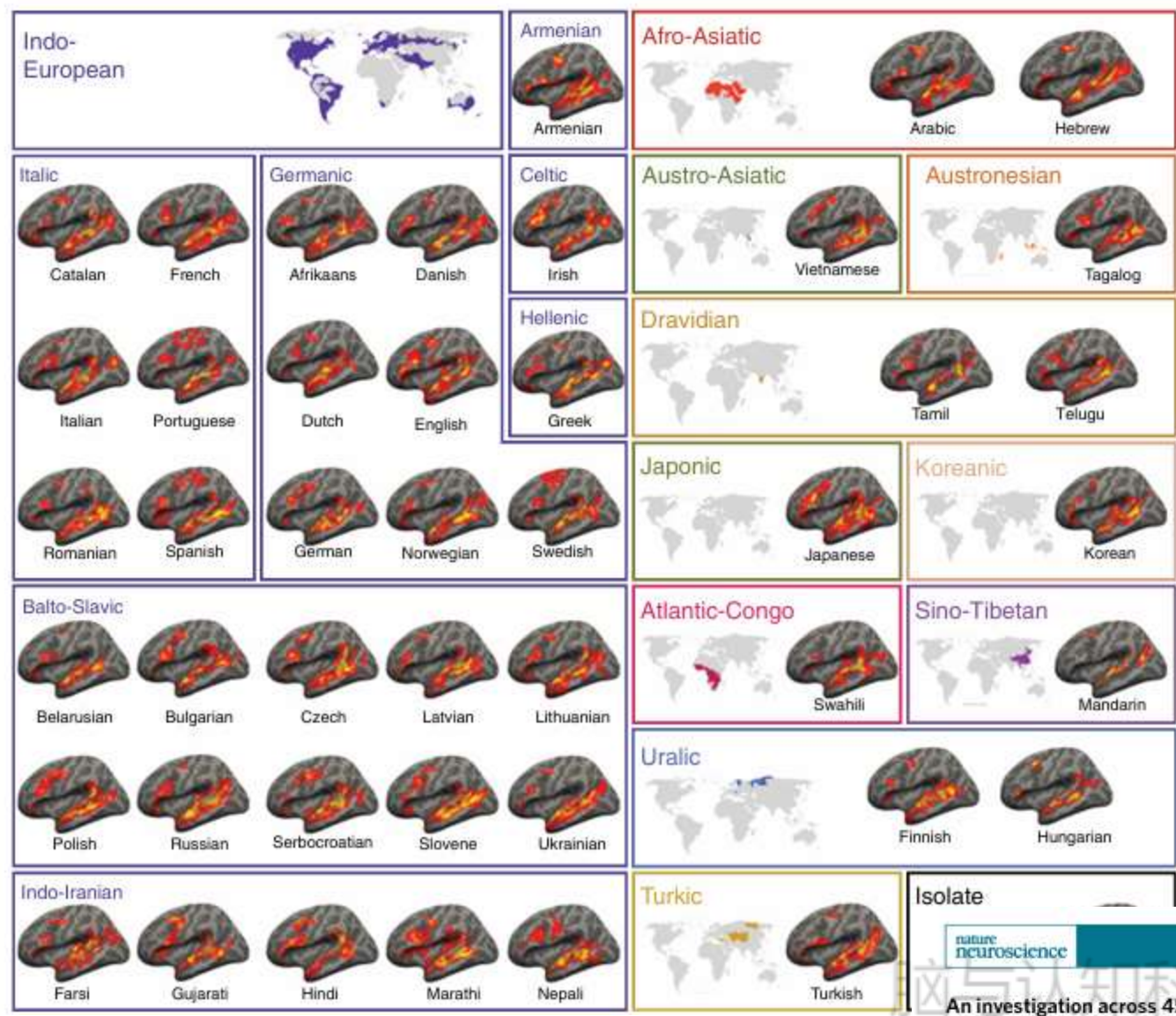
我们是如何理解一个口语词汇的？



口语词汇理解示意图

脑与认知科学

人类听故事时激活的脑网络：来自45种语言（12个语族）



nature neuroscience BRIEF COMMUNICATION

An investigation across 45 languages and 12 language families reveals a universal language network

Saima Malik-Morrinda^{1,2,3,4,5}, Olena Ayyash^{1,4}, Jeanne Galès^{1,4}, Josef Afourti^{1,4}, Mabe Hoffmann^{1,4}, Zachary Mineroff^{1,4}, Olessia Jouravlev^{1,4} and Evelina Fedorenko^{1,2,3,4,5}

人脑听觉故事理解的概率图谱

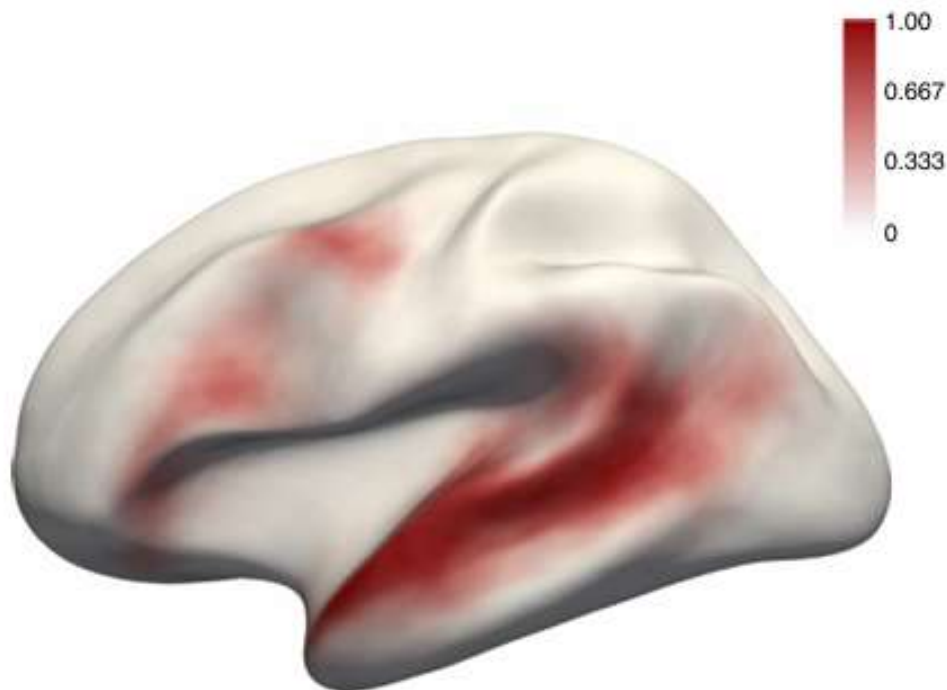
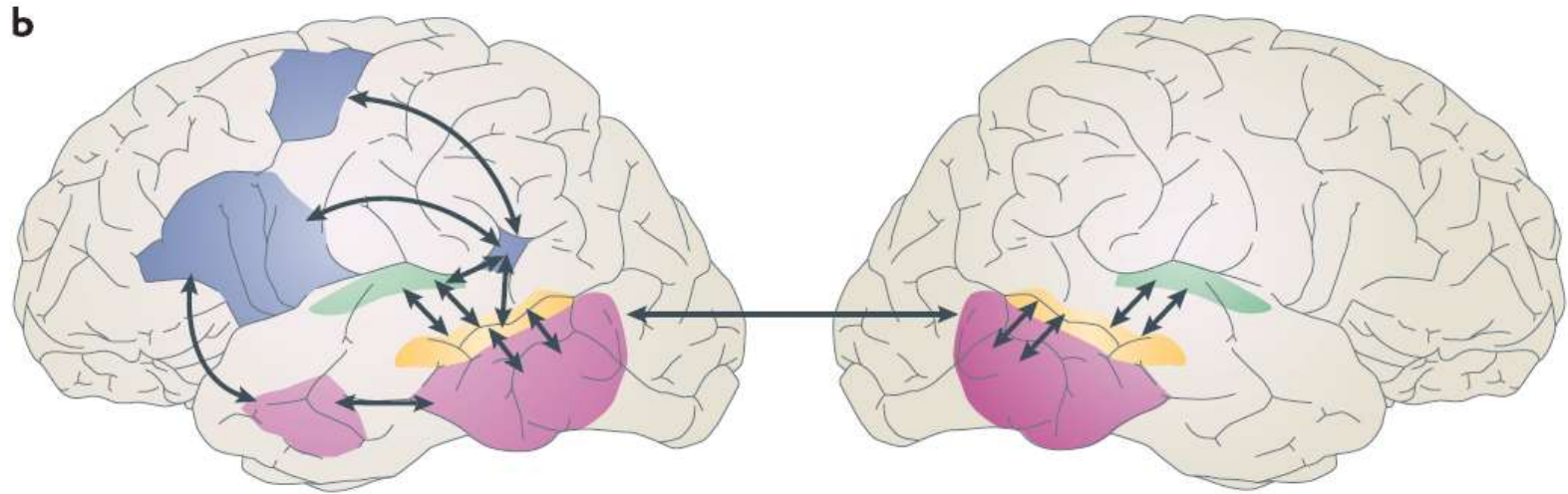


Fig. 2 | The probabilistic overlap map for the *Native-language > Degraded-language* contrast. This map was created by binarizing and overlaying the 86 participants' individual maps (like those shown in Fig. 1). The value in each vertex corresponds to the proportion of participants for whom that vertex belongs to the language network (see Extended Data Fig. 8 for a comparison between this probabilistic atlas versus atlases based on native speakers of the same language).

听觉语言理解：背侧和腹侧通路的不同功能

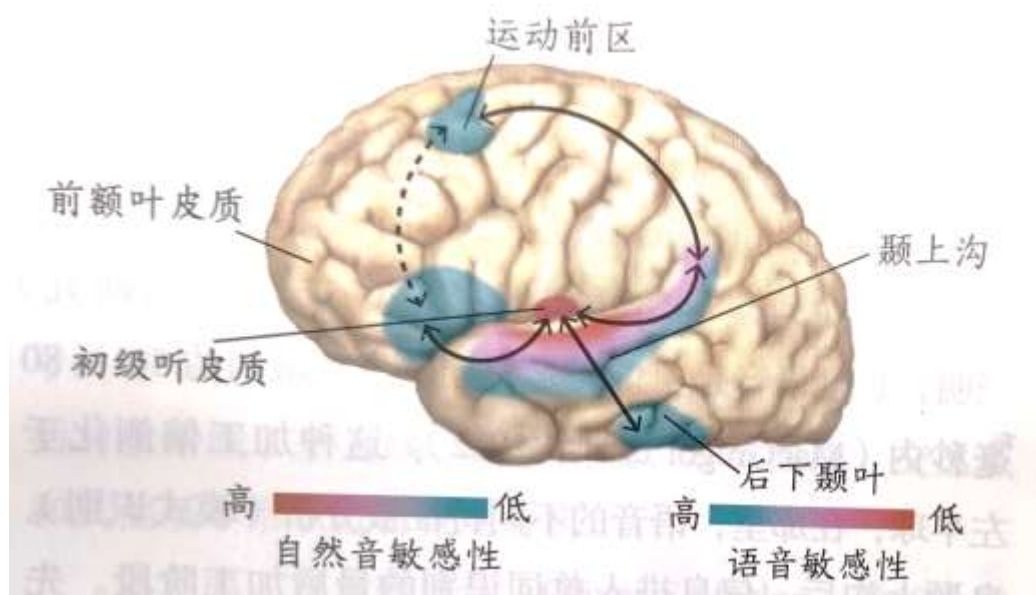


Ventral pathway: Sound to meaning
Dorsal pathway: Sound to articulation

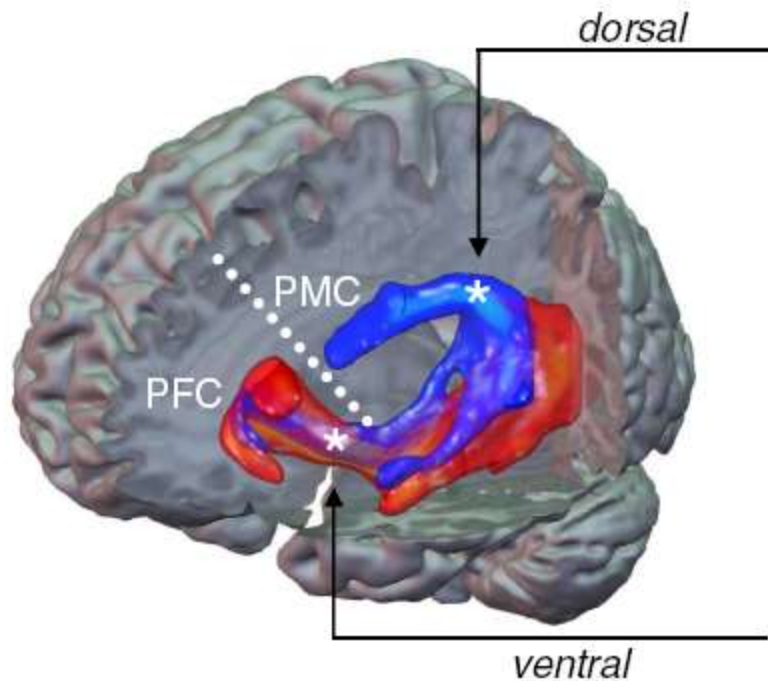
语言理解的双通路模型

脑与认知科学

分层加工是人类听皮质组织的关键



听觉语言理解的两条白质纤维通路



Arcuate and superior longitudinal fascicle
(AF&SLF)

背侧：语音加工

腹侧：语言理解

EmC, extreme capsule; MdLF/ILF,
middle and inferior longitudinal
fascicle

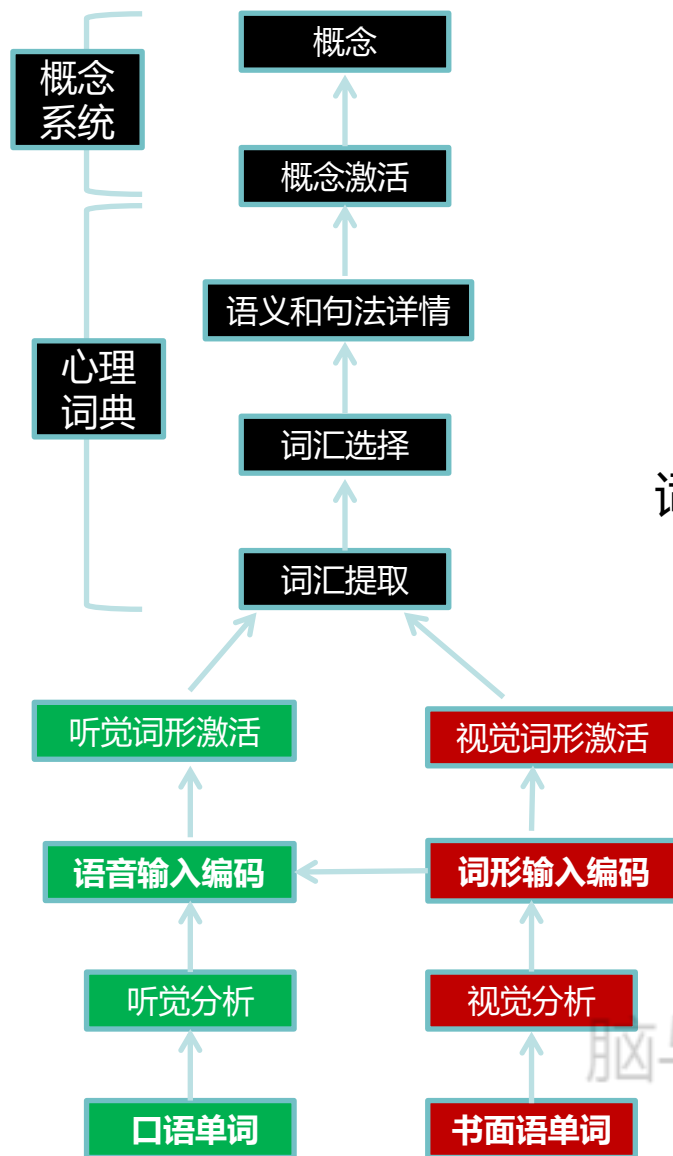
Ventral and dorsal pathways for language.
Saur et al., 2008, PNAS

脑与认知科学

2. 书面语言理解

书面语言理解的认知模型

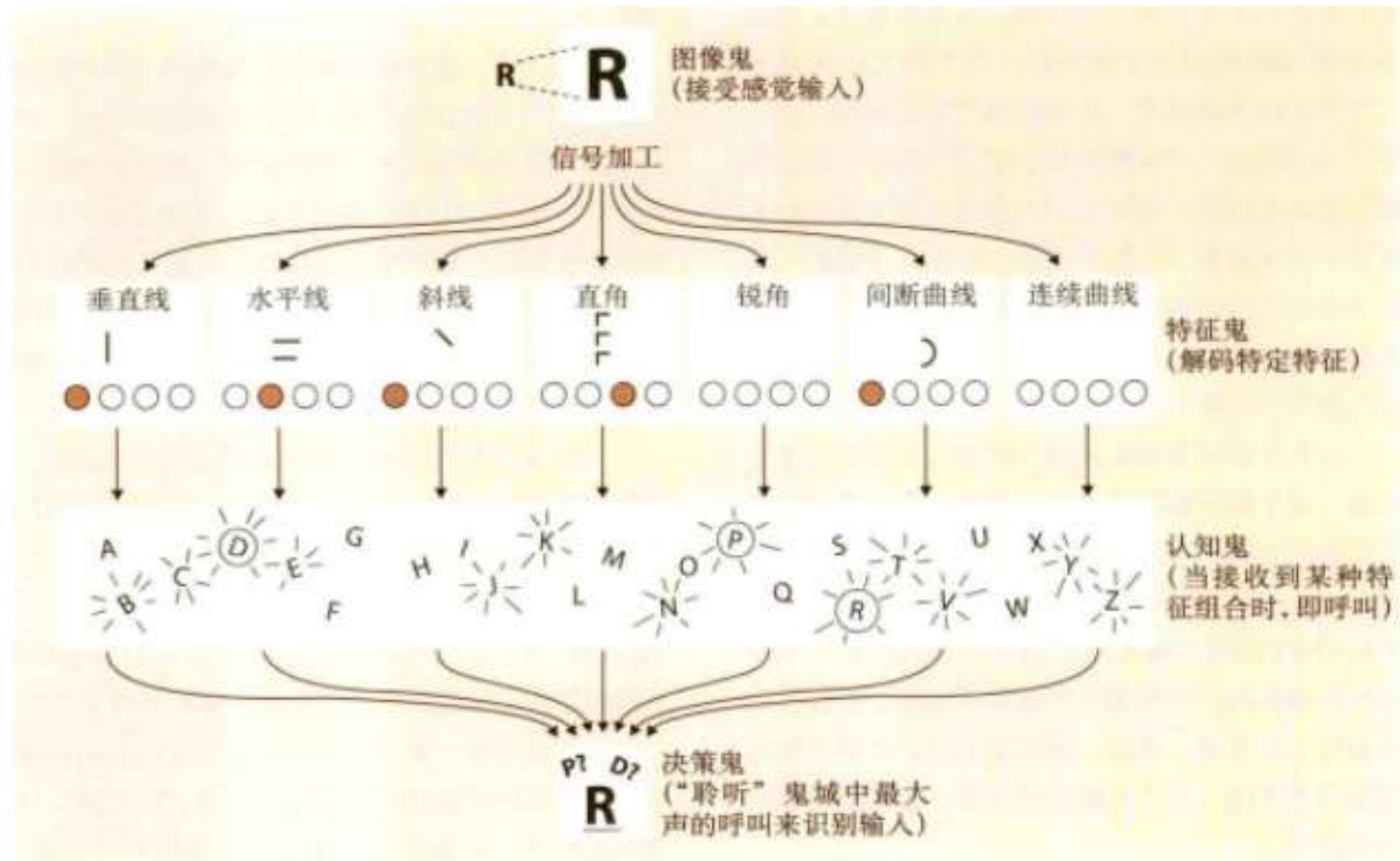
我们是如何理解一个**书面**词汇的？



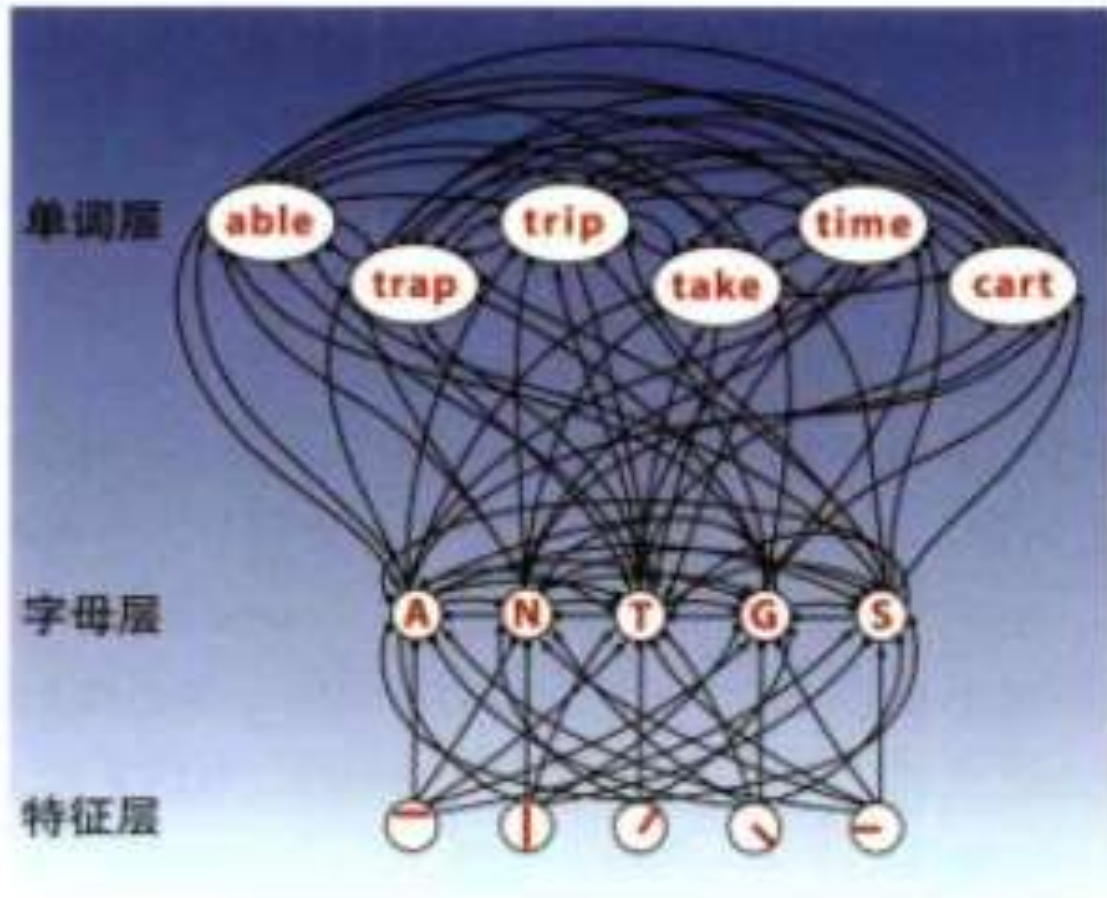
口语和书面语
词汇理解示意图

脑与认知科学

字母识别的鬼域模型

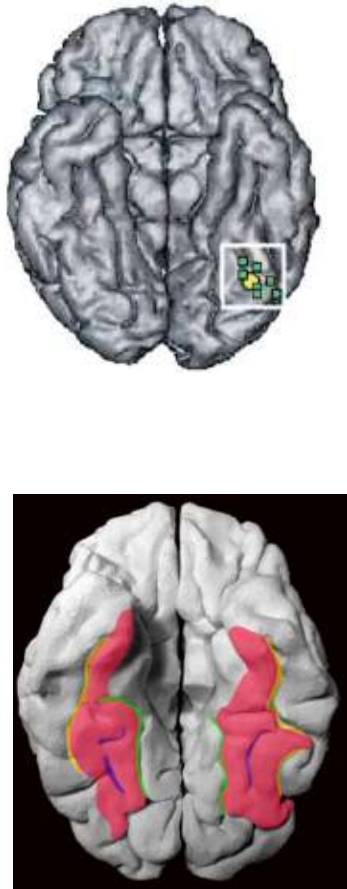


从字母识别到单词识别：以单词阅读为例

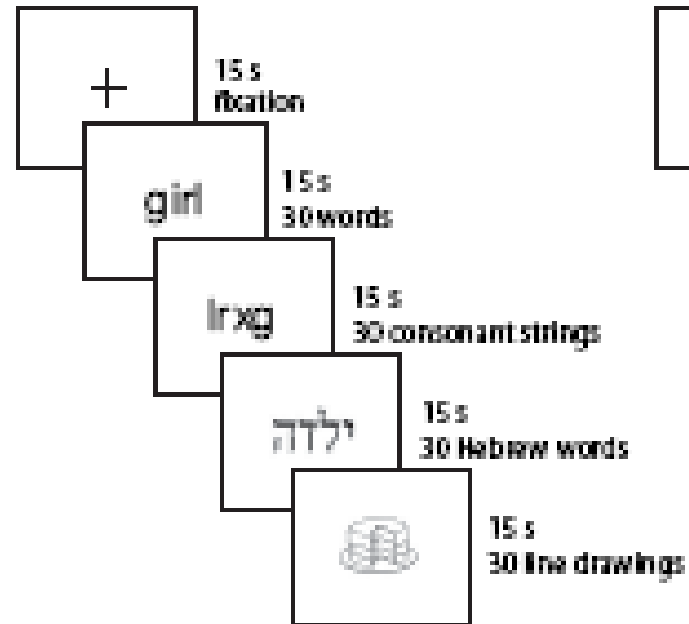


单词识别的联接主义模型 (McClelland & Rumelhart 1981)

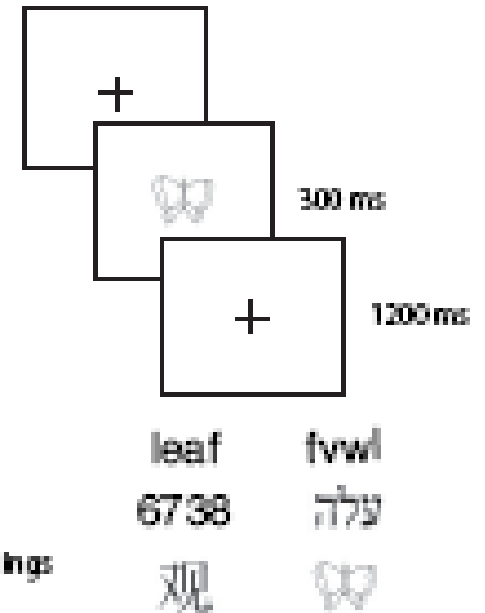
书面单词理解的神经模型



A Blocked design



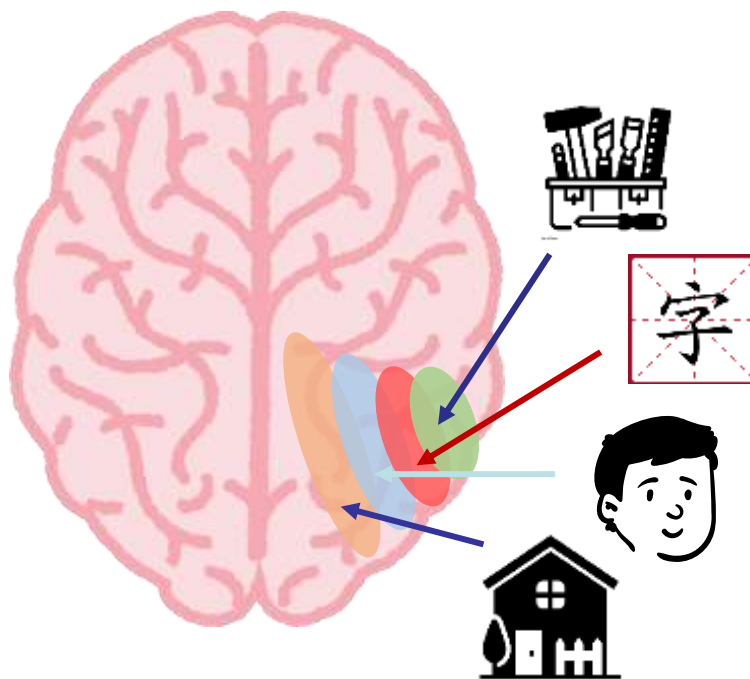
B Event-related design



Cohen 2002 Brain
Baker et al., 2007, PNAS

脑与认知科学

书面单词理解的神经模型



改编自Dehaene 等《脑与阅读》

视觉客体（面孔、文字、工具、房子）识别的专家化是视觉皮层组织的关键

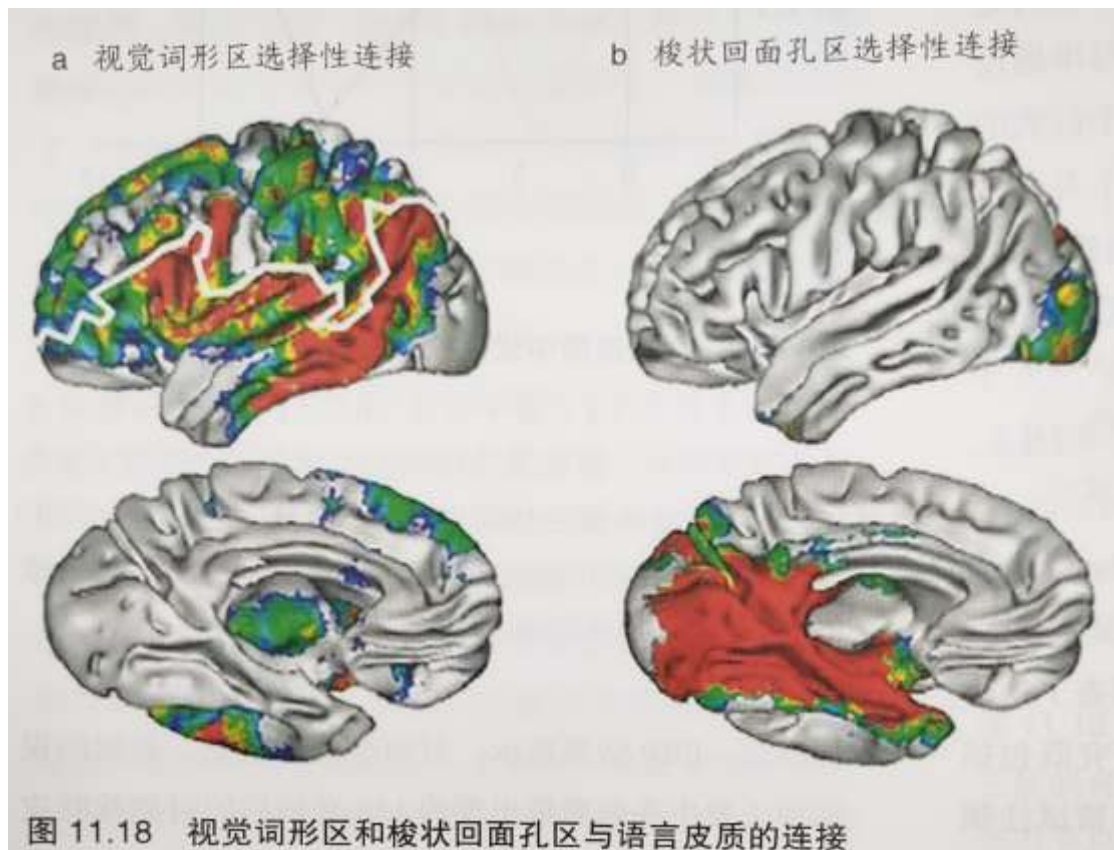
脑与认知科学

为什么我们人脑视觉皮层的组织模式具有一致性？

脑与认知科学

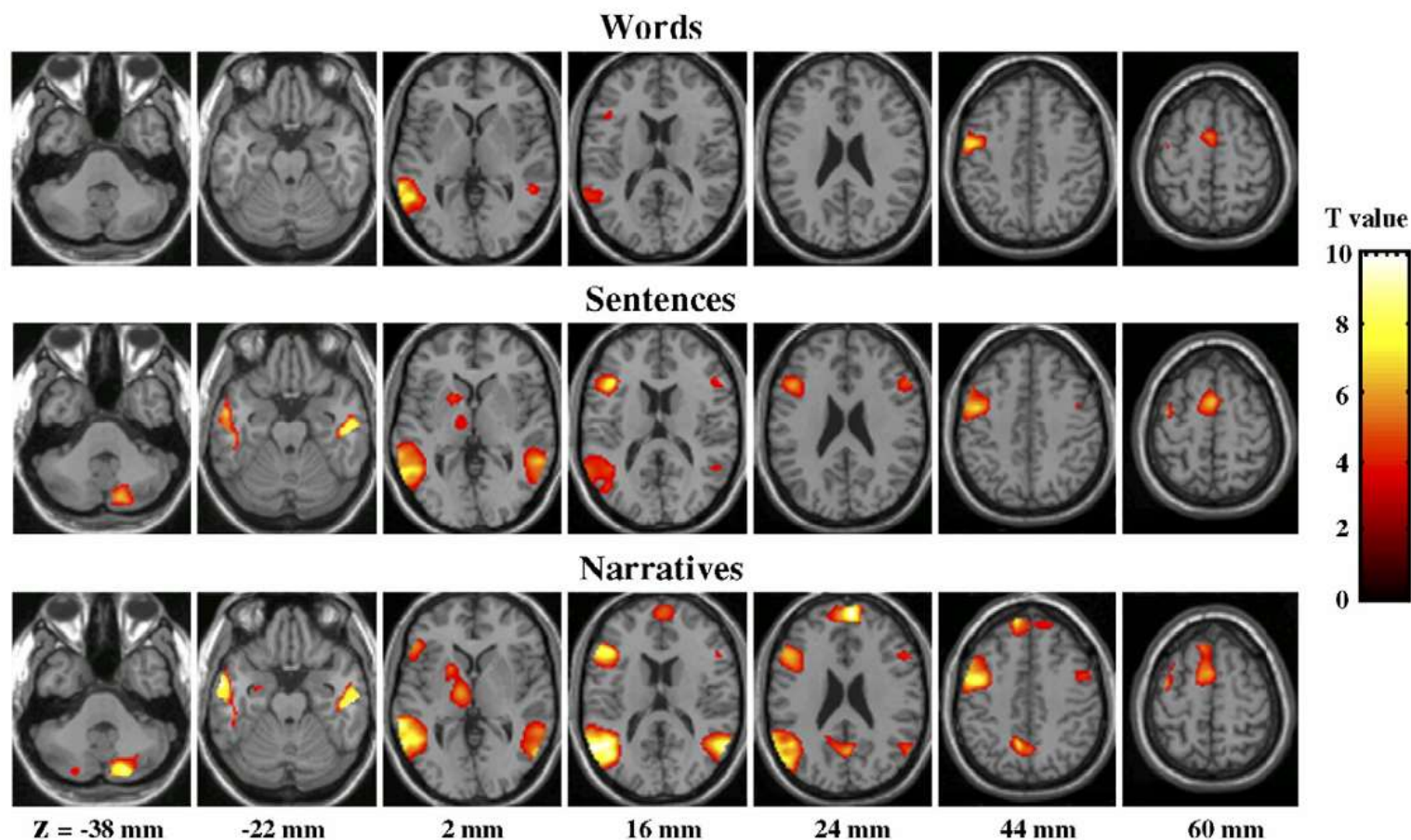
作答

视觉词形区与面孔区不同的连接模式



Bouhali et al., 2014 红色最强投射，绿色蓝色次之

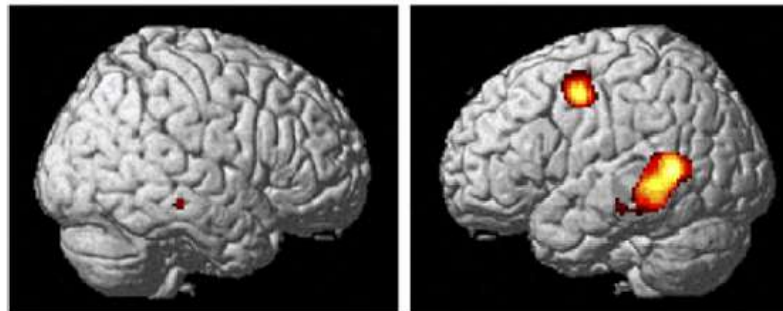
书面语言理解（句/篇阅读理解）的神经基础



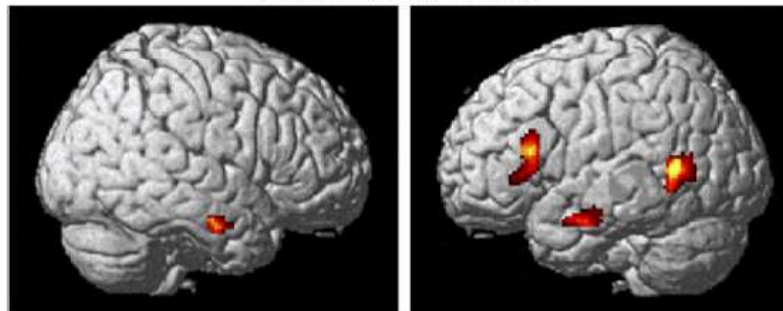
Language in context: emergent features of word, sentence, and narrative comprehension. Xu et al., Neuroimage, et al., 2005

书面语言理解（句/篇阅读理解）的神经基础

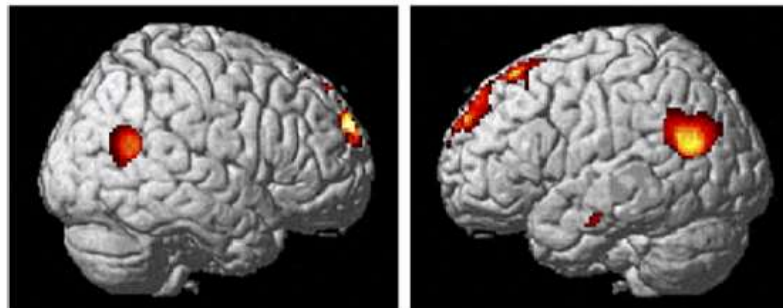
Word vs Letter strings



Sentence vs Word



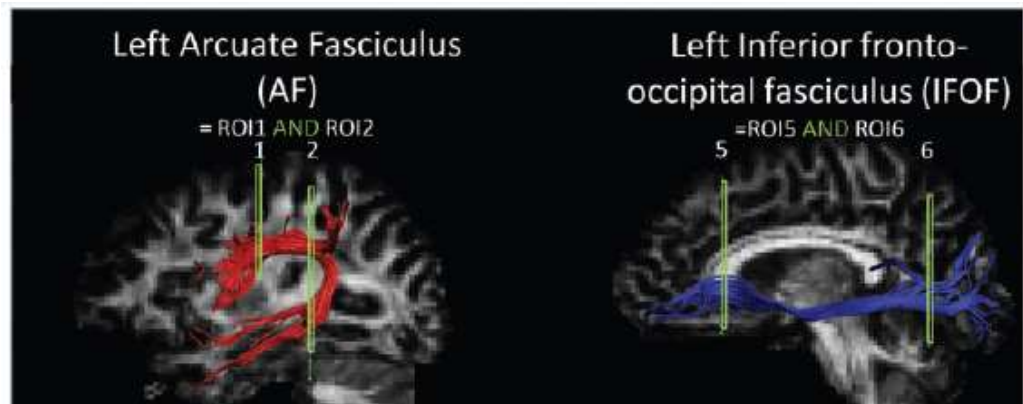
Narrative vs Sentence



脑与认知科学

Language in context: emergent features of word, sentence, and narrative comprehension. Xu et al., Neuroimage, et al., 2005

阅读理解的两条白质神经通路



AF
语音加工有关

IFOF (腹侧)
形-义通路

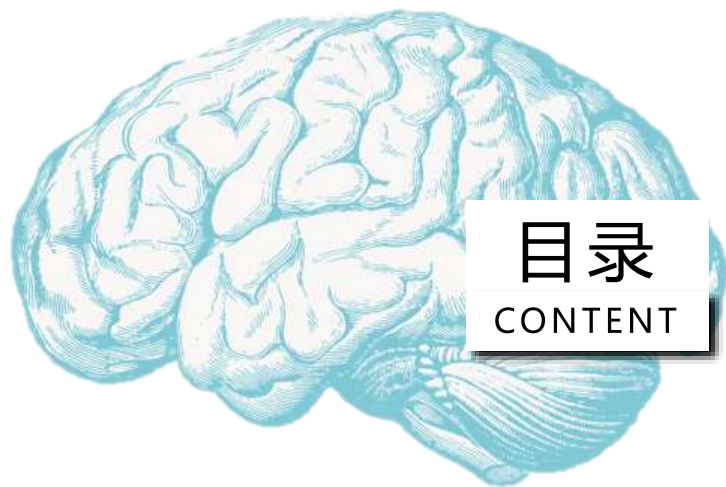
脑与认知科学

Maaïke Vandermosten, 2012

课后思考：

学会阅读（文字识别）是人脑的一场革命，深刻地重组了人脑，展示了人脑巨大的可塑性。那么：

- 1) 我们是否失去了什么？（有无代价？）
- 2) 人脑是无限可塑的吗？（有无边界？）
- 3) 假如人脑不是无限可塑，计算机是否可以作为人脑的延伸，拓展人脑可塑性的边界？



C

语言的现代脑与认知科学研究

C1 语言理解的神经基础

C2 语言产生的神经基础

C3：心理词典

C4：句法加工

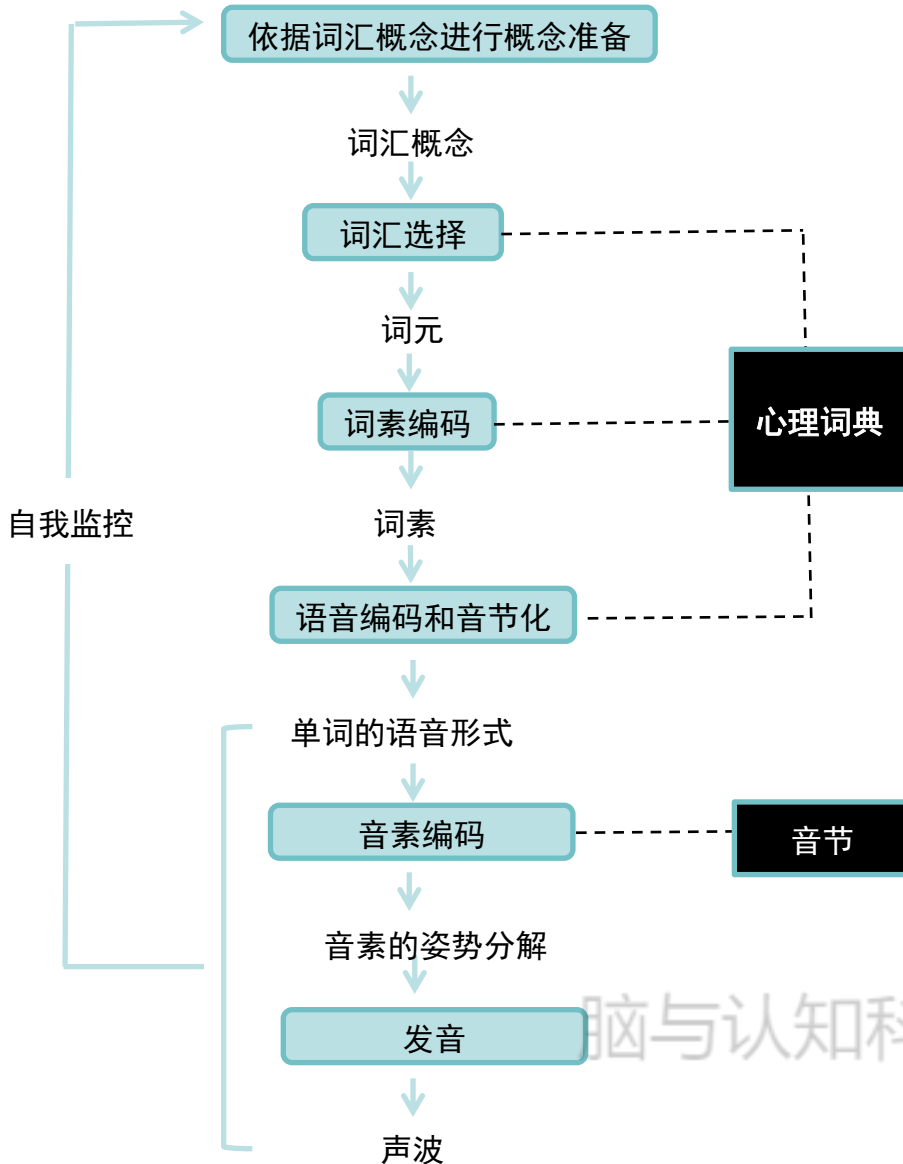
C5：展望：从个体语言加工到
多脑语言交流

脑与认知科学

口语产生的认知模型

威廉·勒韦的口语产生理论示意图

词的产生经历了概念准备、词汇选择、词素和语音编码、音素编码和发音。说话者利用自己的理解系统来监控自己所讲的话。



脑与认知科学

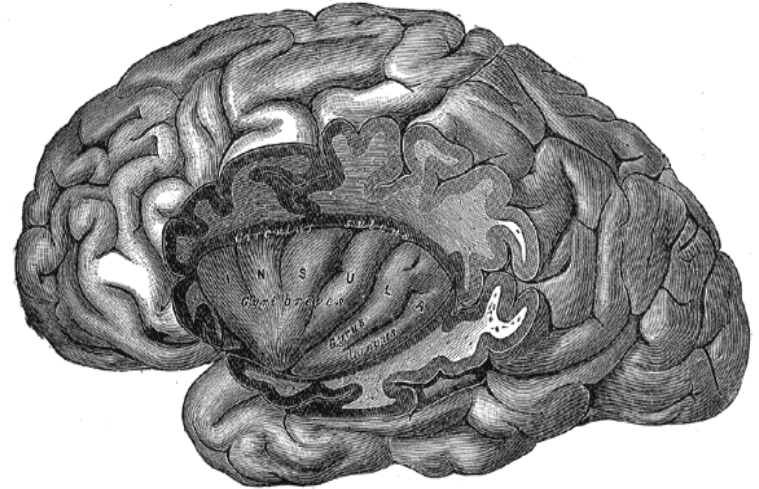
口语产出中枢: Insular



Broca's area
Inferior frontal gyrus

Telegraphic speech
"Drive, store. Mom."

Grammar center



Insular cortex

Dronkers NF (November 1996). "A new brain region for coordinating speech articulation". Nature. 384 (6605): 159–61. Bibcode:1996Nature.384..159D. doi:10.1038/384159a0. PMID 8906789.

口语产出的神经模型

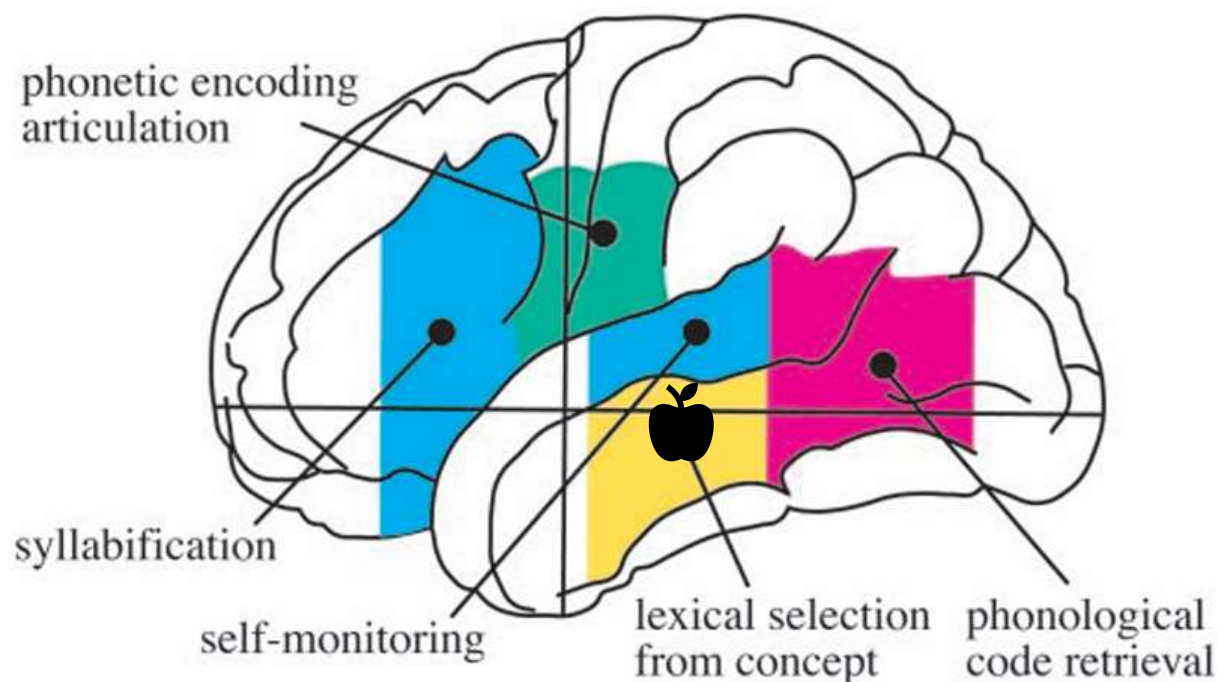


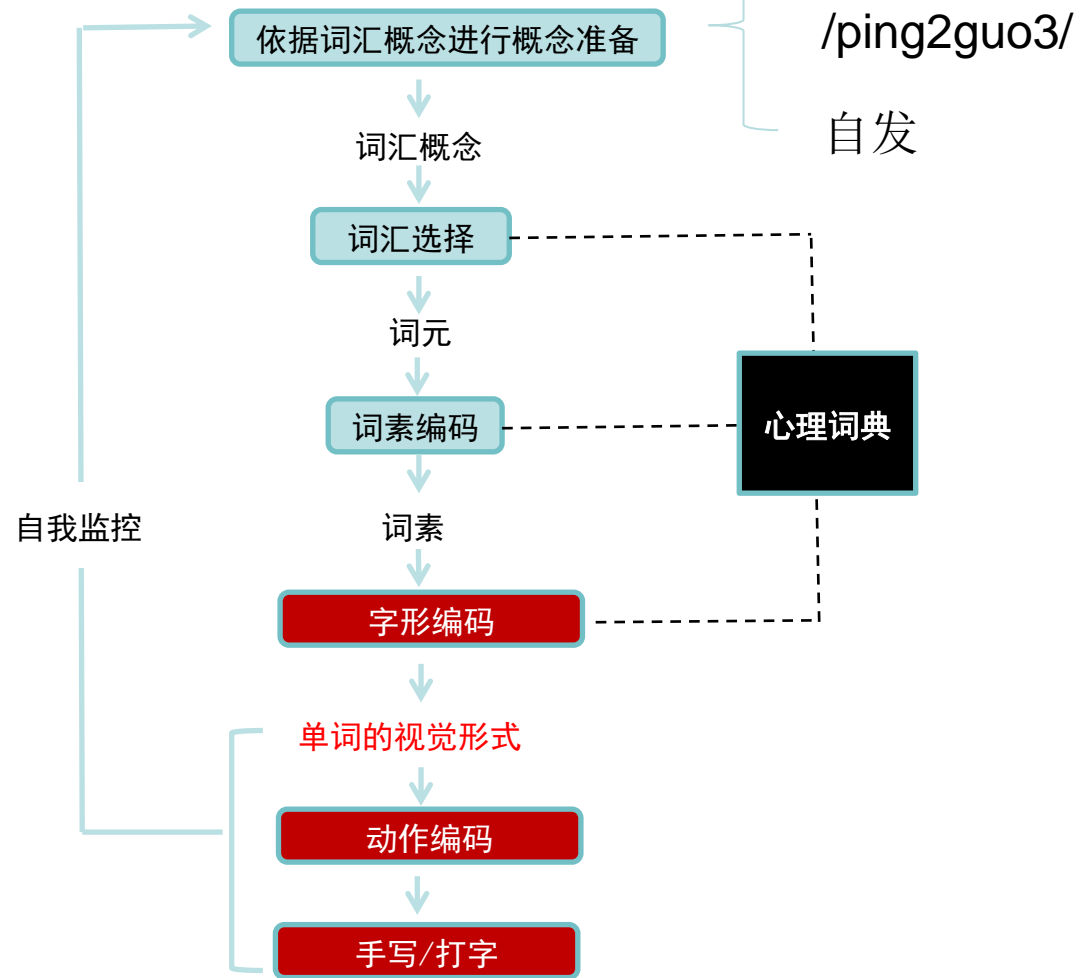
Fig. 9. A metaanalysis of 58 neuroimaging studies of word production. Colors denote regions whose activations correspond to theoretical processing stages as indicated. Contributions of insula, subcortical regions, and cerebellum are not shown. [Reproduced with permission from ref. 64 (Copyright 2000, MIT Press, Cambridge, MA).]

脑与认知科学

Spoken word production: A theory of lexical access

Willem J. M. Levelt* PNAS 2001

书写产生的认知模型

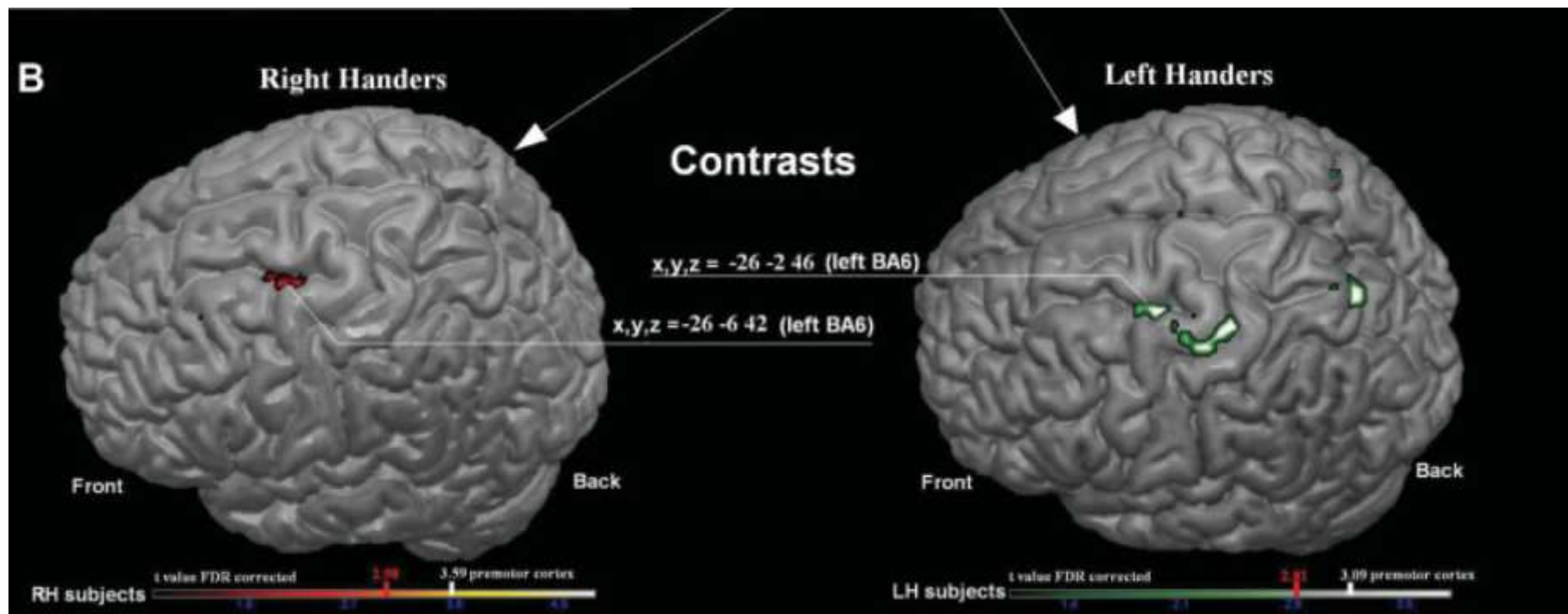


我们已经介绍了脑损伤带来的不会说话（布洛卡失语）、不能理解语言（维尔尼克失语），那么脑损伤有没有可能带来失写？如果可能，那么损伤区域可能在哪里？

脑与认知科学

作答

字形的动作表征 (书写中枢, Exner's region)



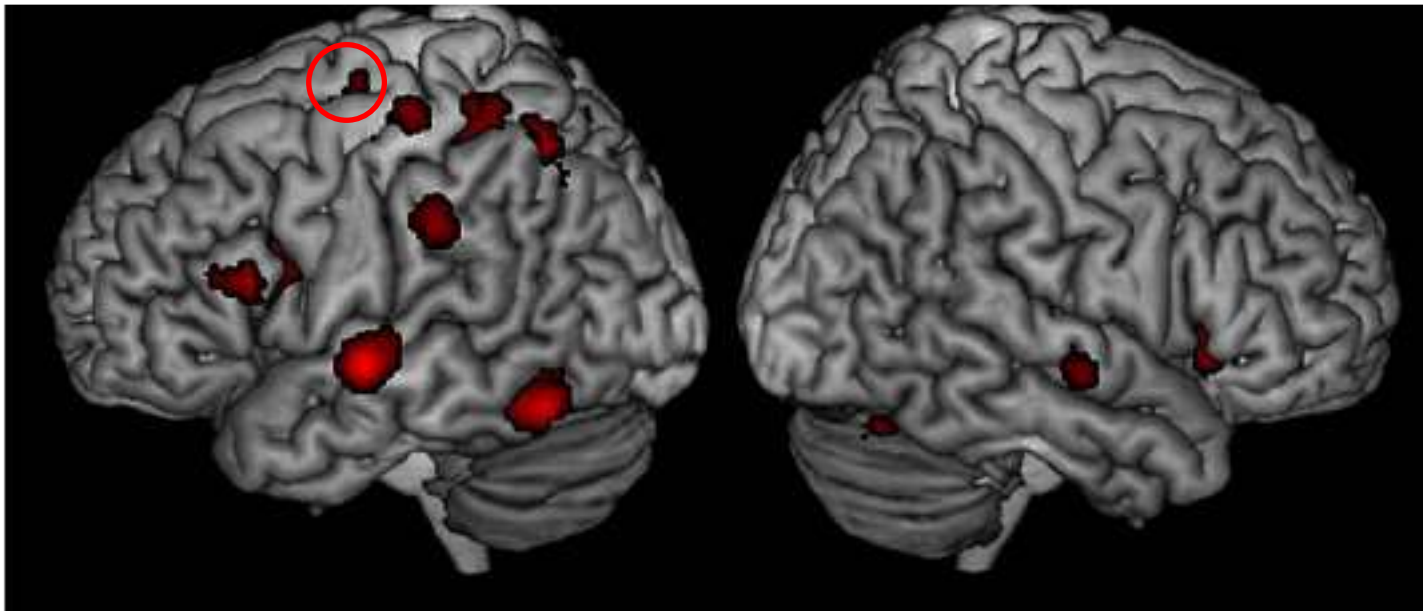
Graphemic/motor frontal area
Exner's area
Middle frontal gyrus (BA6)

Letter writing > circle drawing

脑与认知科学

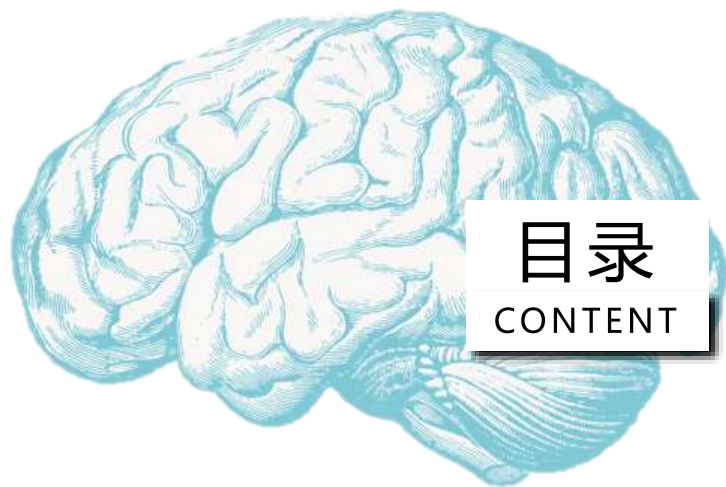
Roux et al., Ann Neurol 2009;66:537–545

书写神经基础



Purcell et al., 2011, frontiers in psychology Meta-analysis

脑与认知科学



C 语言的现代脑与认知科学研究

C1 语言理解的神经基础

C2 语言产生的神经基础

C3：心理词典

C4：句法加工

C5：展望：从个体语言加工到
多脑语言交流

脑与认知科学

心理词典

心理词典

——关于词的信息的心理存储，包括语义信息（词义）、句法信息（词如何组合成句子）和词形信息（拼写和发音模式）。

心理词典的三项基本功能

词汇提取：指激活心理词典中对一个词的词形表征的阶段。

词汇选择：是选择与输入信息匹配的最好的词语表征这一阶段。

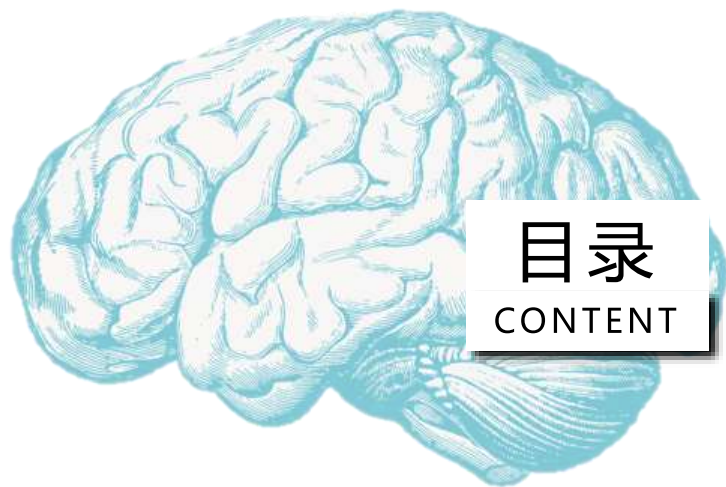
词汇整合：指将词整合进完整的句子段落或更大的语境中，以便理解一个词的一个阶段，也是最后一个阶段。

课后思考：

我们的心理词典在哪里？

我们人脑中的词汇是如何组织的？

脑与认知科学



C 语言的现代脑与认知科学研究

C1 语言理解的神经基础

C2 语言产生的神经基础

C3：心理词典

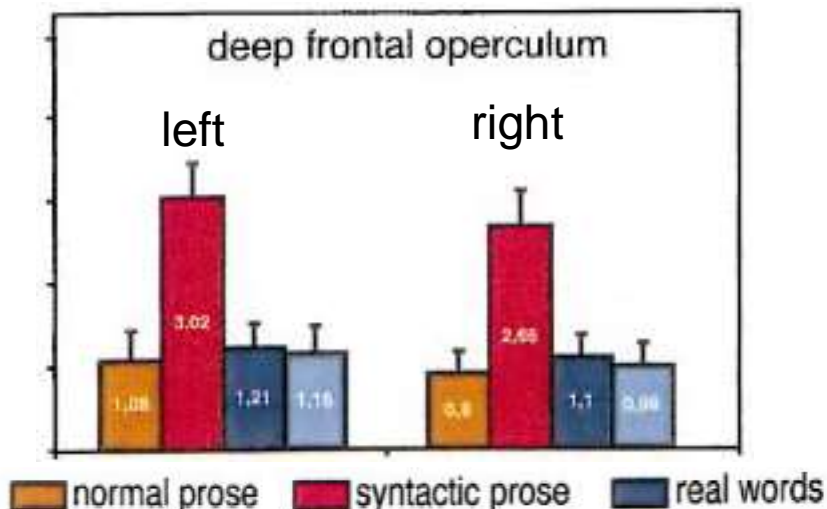
C4：句法加工

C5：展望：从个体语言加工到
多脑语言交流

脑与认知科学

句法表征区

	Semantics +	Semantics -
Syntax +	<p>(1) Normal prose <i>Die hungrige Katze jagt die flinke Maus.</i> The hungry cat chased the fast mouse.</p>	<p>(2) Syntactic prose <i>Das mumpfige Fölofel füngert das apoldige Trekon.</i> The mumphy folofel fonged the apole trecon.</p>
Syntax -	<p>(3) Real-word lists <i>Der Koch stumm Kater Geschwindigkeit doch Ehre.</i> The cook silent cat velocity yet honor.</p>	<p>(4) Pseudoword lists <i>Der Norp Burch Orlont Kinker Deftei Glauch Leigerei.</i> The norp burch orlont kinker deftey glaunch legery.</p>



脑与认知科学

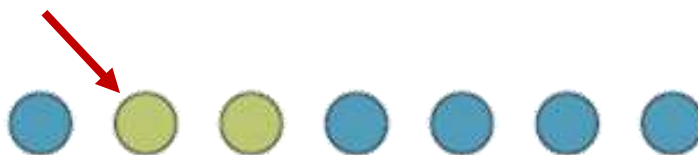
Angela D. Friederici, brain and language, 2000

Which ball will you choose? (Hagoort, 2019)
"Point to the second green ball"



A

第二个球



B

第三个球



脑与认知科学

提交

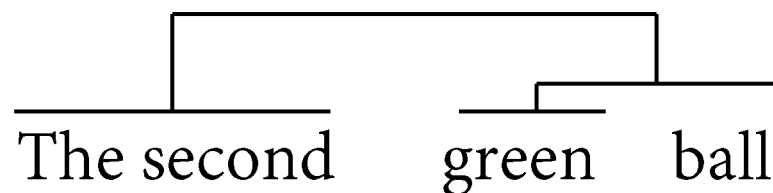
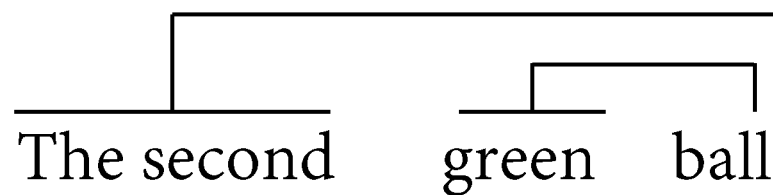
Which ball will you choose? (Hagoort, 2019)
“Point to the second green ball”



A



B



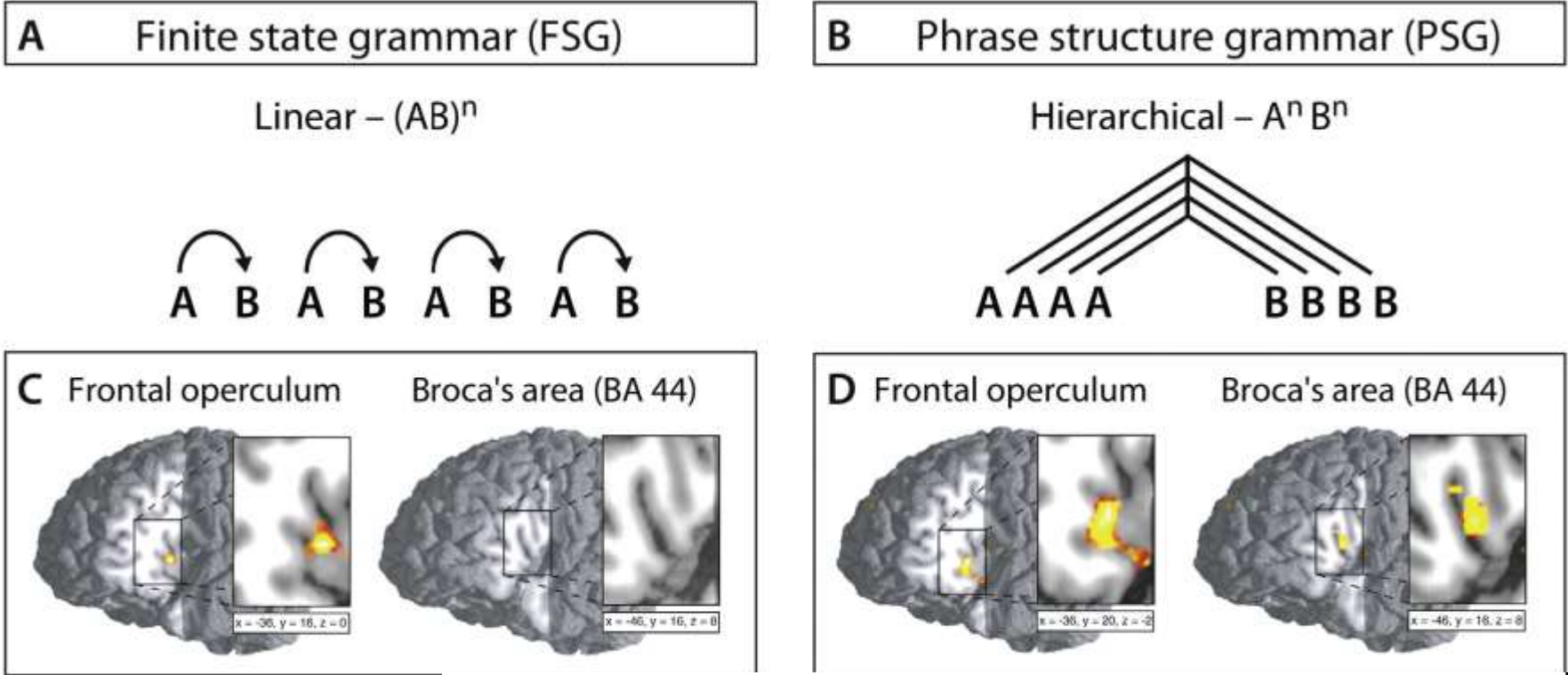
脑与认知科学

The neurobiological nature of syntactic hierarchies

E. Zaccarella, A.D. Friederici*

Neuroscience and Biobehavioral Reviews 2016

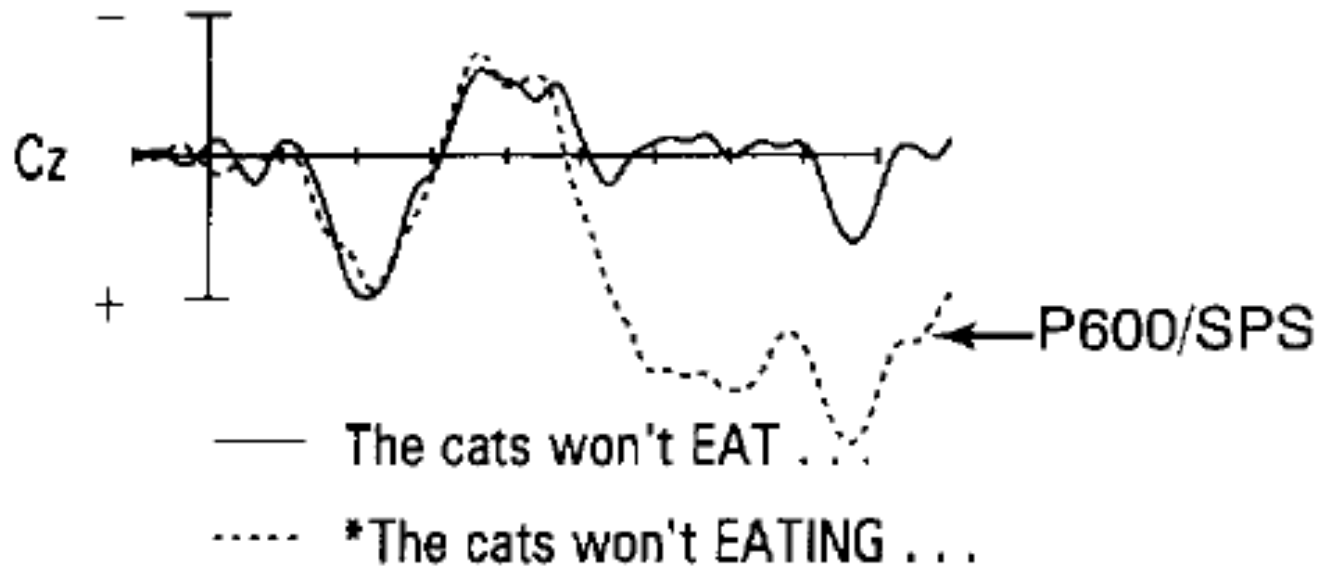
Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Department of Neuropsychology, Leipzig, Germany

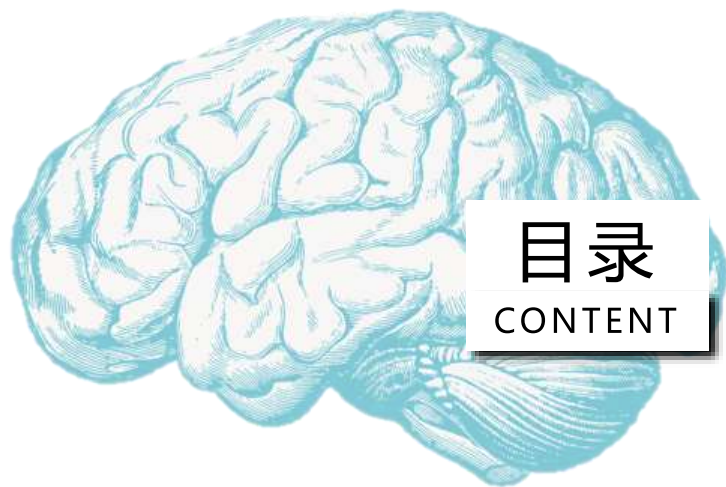


Source: Adapted from Friederici et al., PNAS, 2006

Maria who loved Hans who was good looking kissed Johann. 脑与认知科学

句法加工相关的ERP成分-P600





C 语言的现代脑与认知科学研究

C1 语言理解的神经基础

C2 语言产生的神经基础

C3：心理词典

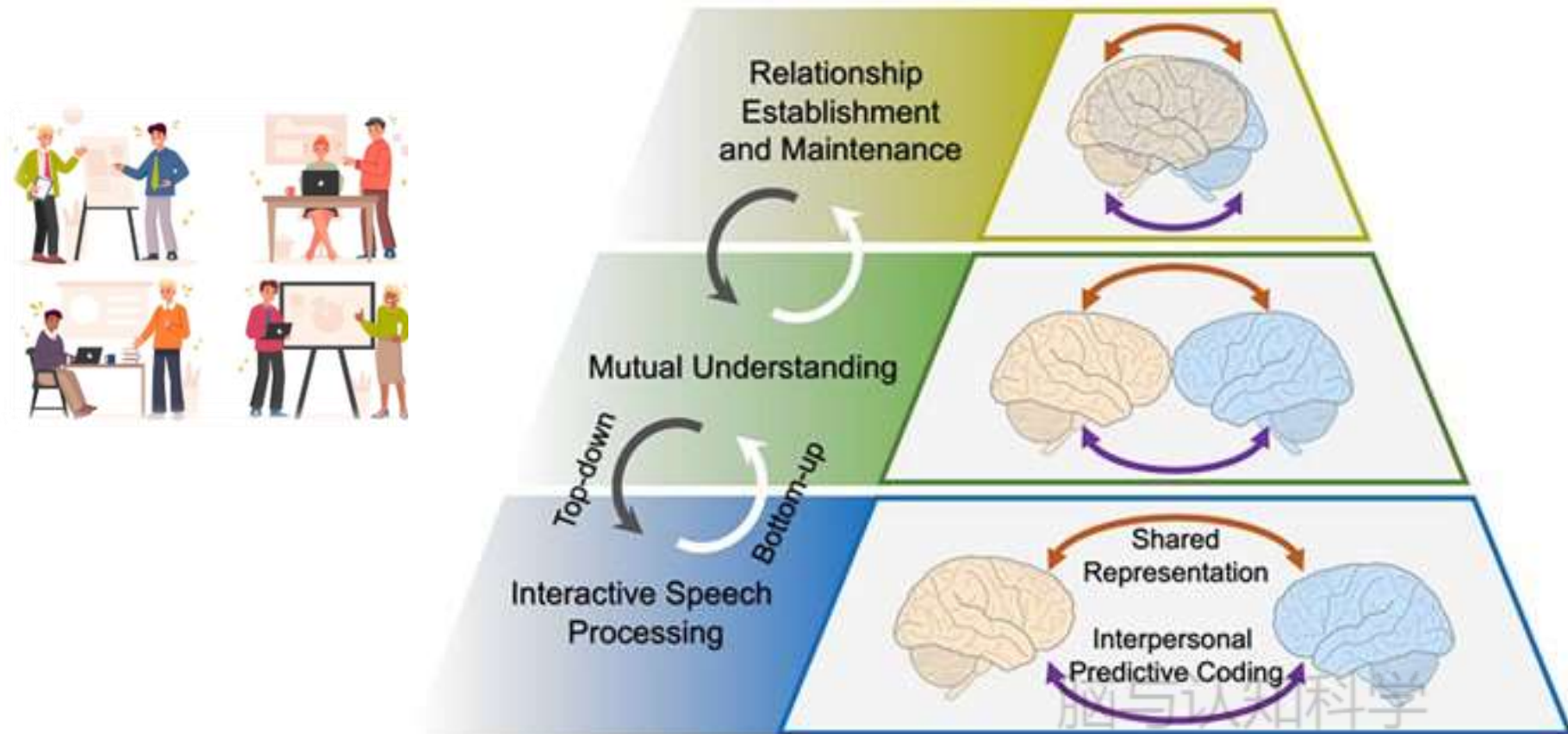
C4：句法加工

**C5：展望：从个体语言加工到
多脑语言交流**

脑与认知科学

人际交流：从单脑到多脑

人际言语交互的层级模型



(Jiang et al., 2021)

人际交流：脑间同步的研究范式

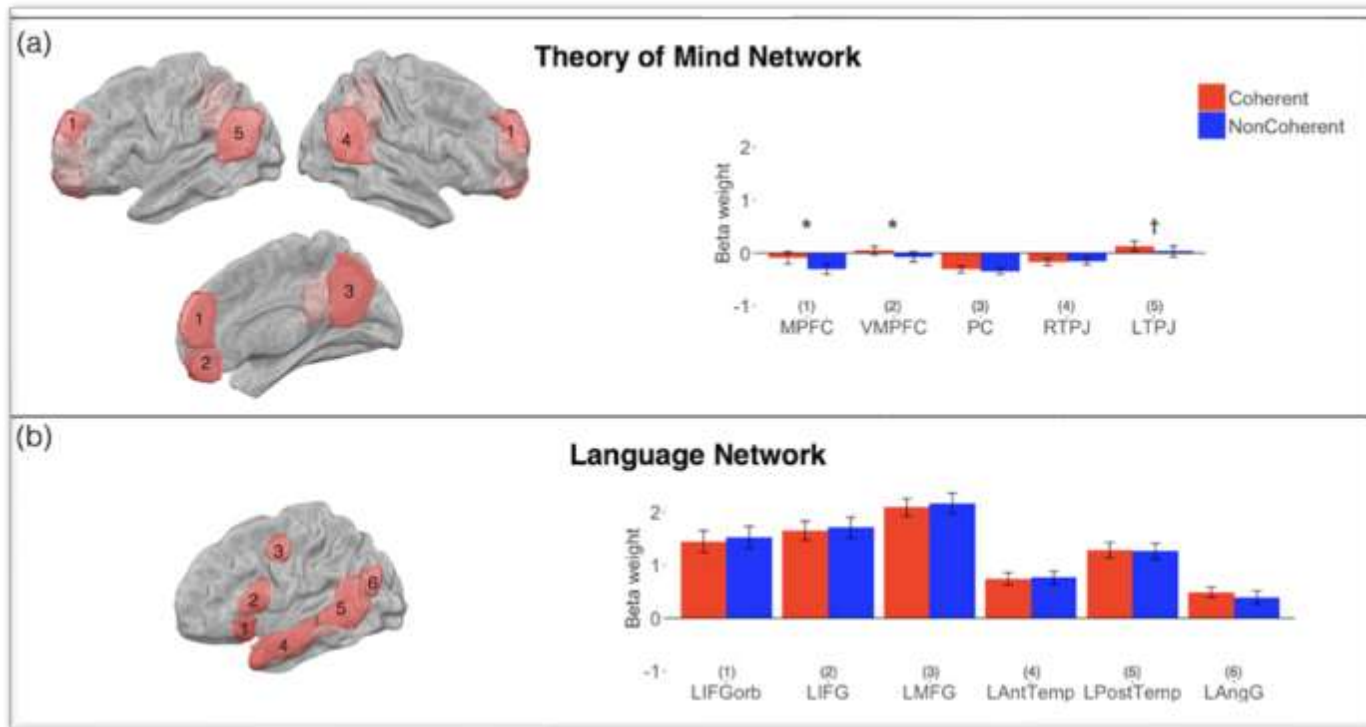


脑与认知科学

图片来自网络

人际交流：语言脑+社会脑

心理理论：theory of mind



(Jacoby & Fedorenko, 2020)

人脑语言加工与计算机语言加工

人脑	计算机
人脑听觉词汇识别	语音识别
人脑书面词汇识别	文字识别
人脑高级语言理解	理解人类语言（计算机与人交流）
人脑高级语言产生	计算机写作（计算机与人交流）



思考题

- 1、心理词典在大脑中是如何组织的？
- 2、口头和书面语言理解哪些认知/神经加工过程是不同的，哪些是相同的？
- 3、经典的语言加工脑区有哪些，它们分别具有什么功能？
- 4、你了解哪些经典的语言加工的脑电成分？这些脑电成分跟什么语言加工过程有关？

脑与语言II

- 1、心理词典在大脑中是如何组织的？
- 2、人脑的语义模型 vs 计算机的语义模型
- 3、语言加工的普遍性与差异性
- 4、语言的进化

第一次作业（15分）

脑与认知科学

公众号



京师语言能力评估与康复



扫一扫，识别二维码，一键关注



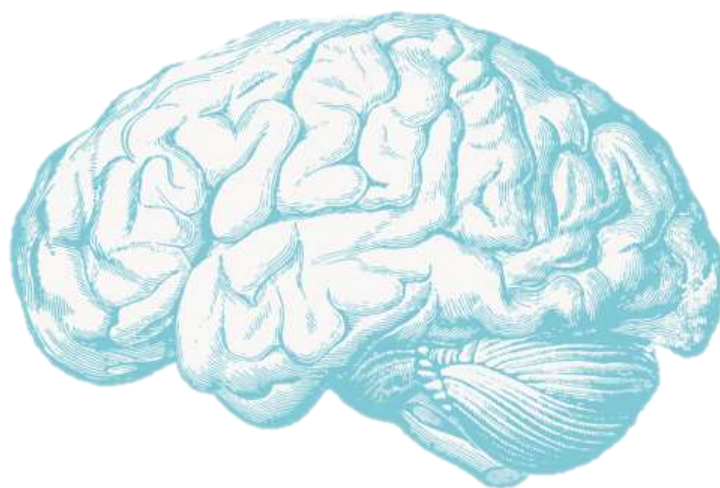
美丽语言，美丽心灵，我们同行！



脑与认知科学

谢谢大家！

脑与认知科学



【下一讲】
脑与认知加工：
音乐

脑与认知科学