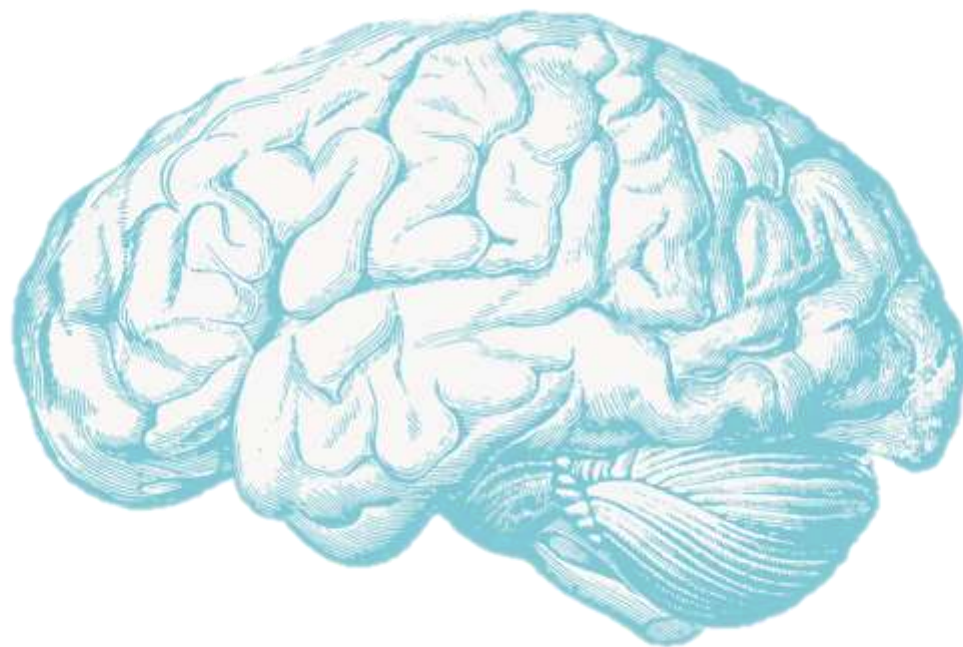


脑与认知科学

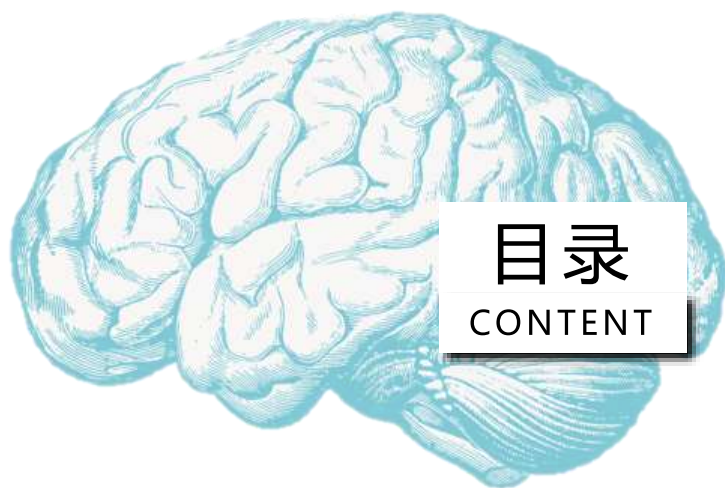
## 第十四讲

### 脑与语言-II

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

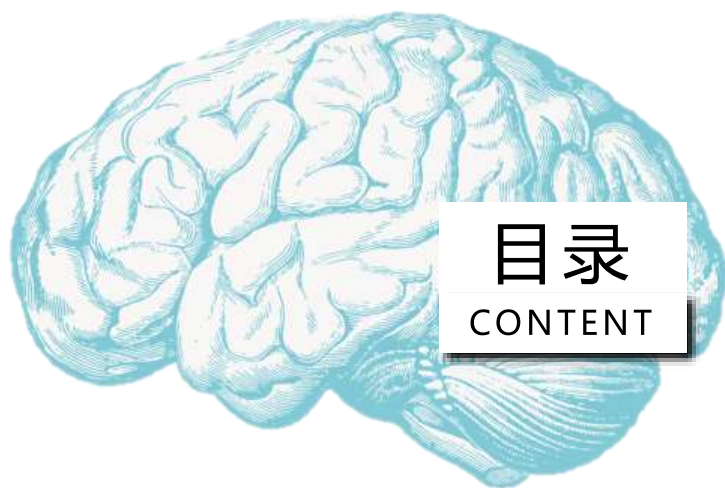


脑与认知科学



- A 心理词典的组织
- B 语言加工的普遍性与差异性
- C 展望：从个体语言加工到多脑语言交流

脑与认知科学



- A** 心理词典的组织
- B** 语言加工的普遍性与差异性
- C** 展望：从个体语言加工到多脑语言交流

脑与认知科学

你觉得我们的心理词典是按什么组织原则来存储词汇的？

脑与认知科学

作答

# 心理词典的组织原则

一、按使用频率组织：高使用频率的词比低使用频率的词的提取速度更快。

二、按语音组织：不同音素是对意义产生影响的最小声音单位。音素或字母有重叠的单词在心理词典中会聚集在一起。当输入信息激活某个单词的表征时，其他临近词起初也会被激活。

三、按词素组织。语言中最小的意义表征单位被称为词素，它也是心理词典中最小的表征单位，比如frost（结冰）defrost（解冻）defroster（除冰器）。这些词的词根frost是一个词素。

四、按词义组织。单词表征依据单词之间的语义关系在心理词典中进行组织。

# 心理词典语义存储的理论模型—语义网络模型

词义在一个语义网络中得以表征，每个词是一个概念节点并彼此相连。模型中连接的强度和节点之间的距离由词之间的语义或相关关系来确定。大脑激活会从一个概念节点传播到另一个概念节点，并且较近的节点会比较远的节点更多受到这一激活的影响。

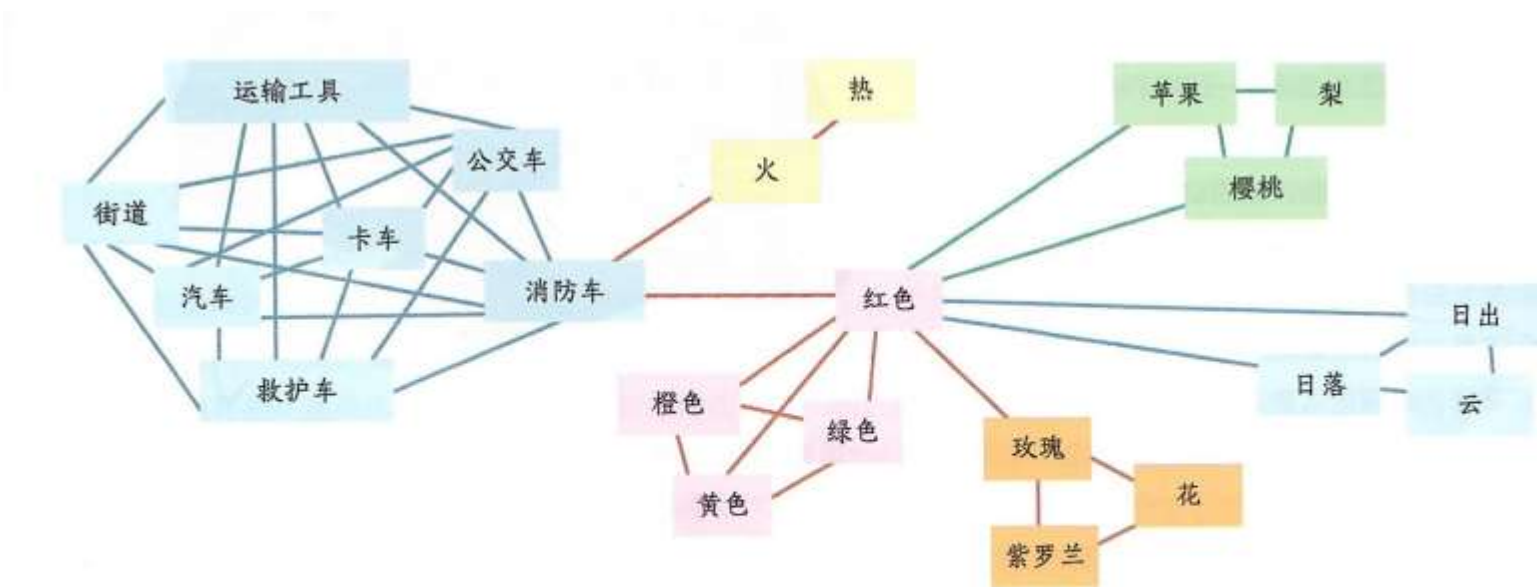


图 11.6 语义网络

在网络中，具有强联系或者语义相关的单词（如小汽车和卡车）比没有这种关系的词（如小汽车和云）更加接近。在图中，语义相关的单词用相同颜色表示，有关联的单词（如消防车和火）相邻且彼此连接。

脑与认知科学

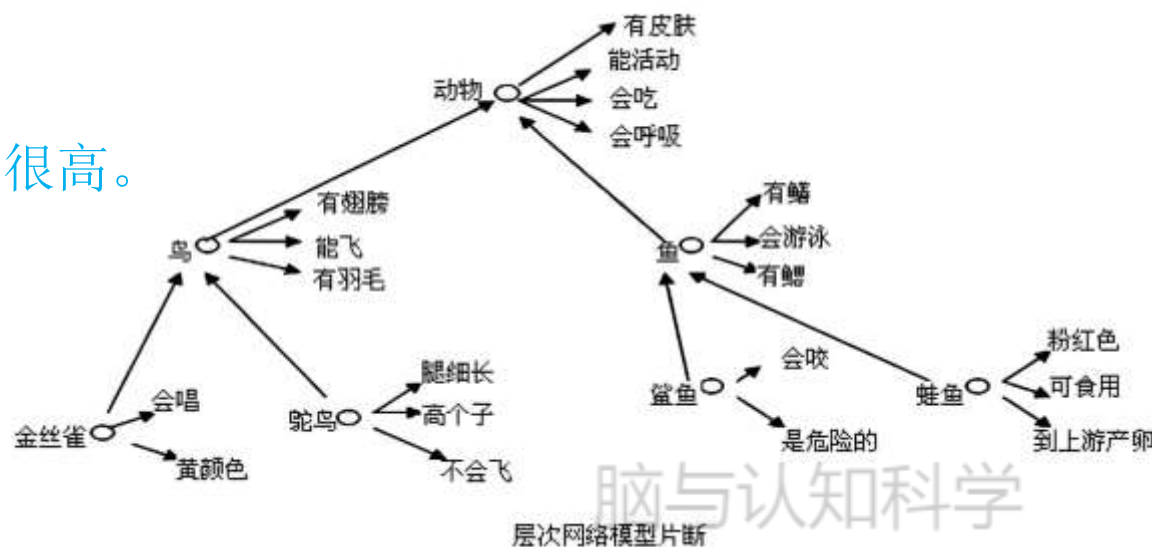
A.M. Collins & E.F. Loftus (1975)

# 心理词典的理论模型—语义特征模型

概念通过语义特征或语义属性来表征。语义信息可以分布在独立和可解释的语义特征表征中，特征重叠表示概念相似性。

这些模型面临的问题：

- 有多少特征需要被存储或激活以便识别一条狗呢？
- 概念原型问题：麻雀、白鹤是不是鸟？
- 水跟鱼几乎没有共同特征，但是语义关联性很高。



# 心理词典的神经基础——来自脑损伤病人的研究证据

- 深层阅读障碍：牛→马
- 语义神经认知障碍病人：对物体做语义分类时存在困难。此外，当要求他们对某一图片进行命名时，通常只能说出其类别。比如，当说一匹马时，他们会说动物。
- 类别特异性失认症：生物类、人造工具类



# 类别特异性失认证

经典案例J.B.R：对生物的认识比对非生物糟糕得多。

非生物（剪刀、钟表、椅子等）：90%

生物（老虎、松鸦等）：6%

猜测：损伤了与加工生物信息有关的脑区

# 生物与非生物的区别：领域特异性假设

概念性知识主要由具有生存和繁衍意义的类别组织起来，这些类别包括诸如可自行移动的生命物、不可自行移动的生命物、同种生物和工具等。根据这个假设，特异化的神经系统之所以得到进化，是因为通过他们对特定类别的物体进行更有效的加工，可以提高生存能力。Caramazza & Shelton 1998

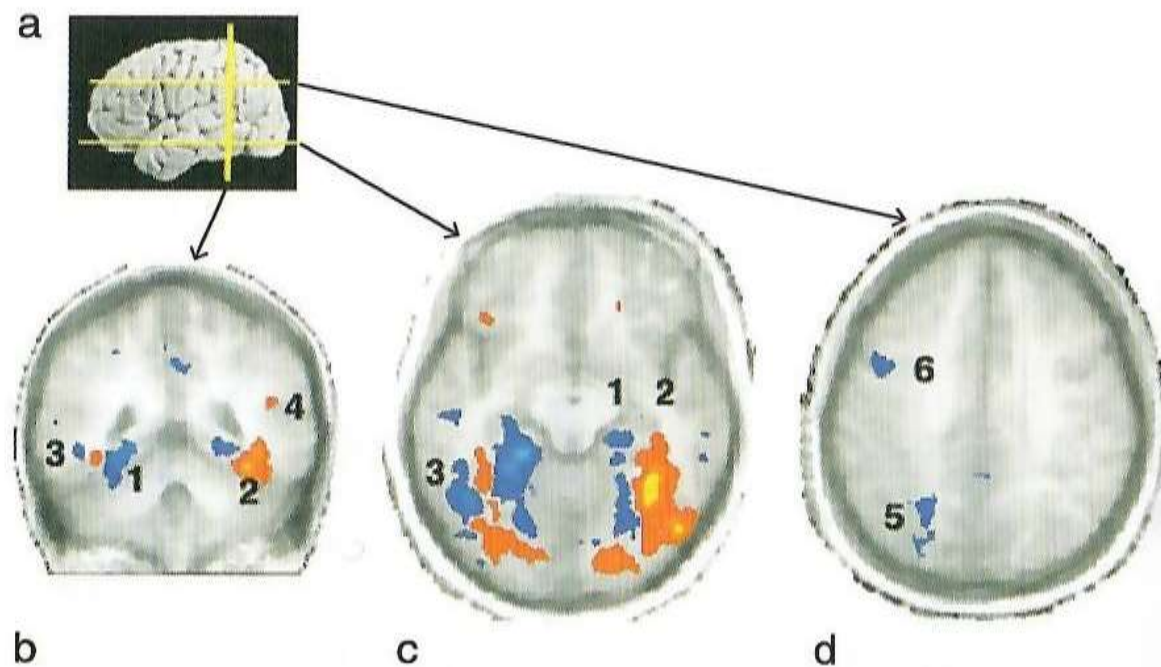


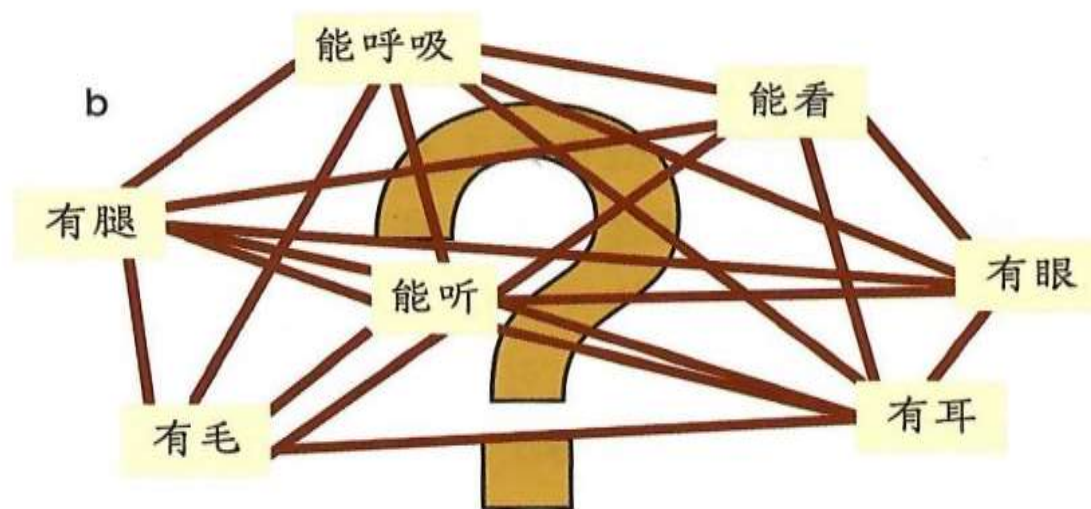
图 6.46 神经系统加工中与类别有关的差异

动物：橙色；工具：蓝色

A. Martin 2007

反对证据：对非生物物的识别严重受损的病人很少

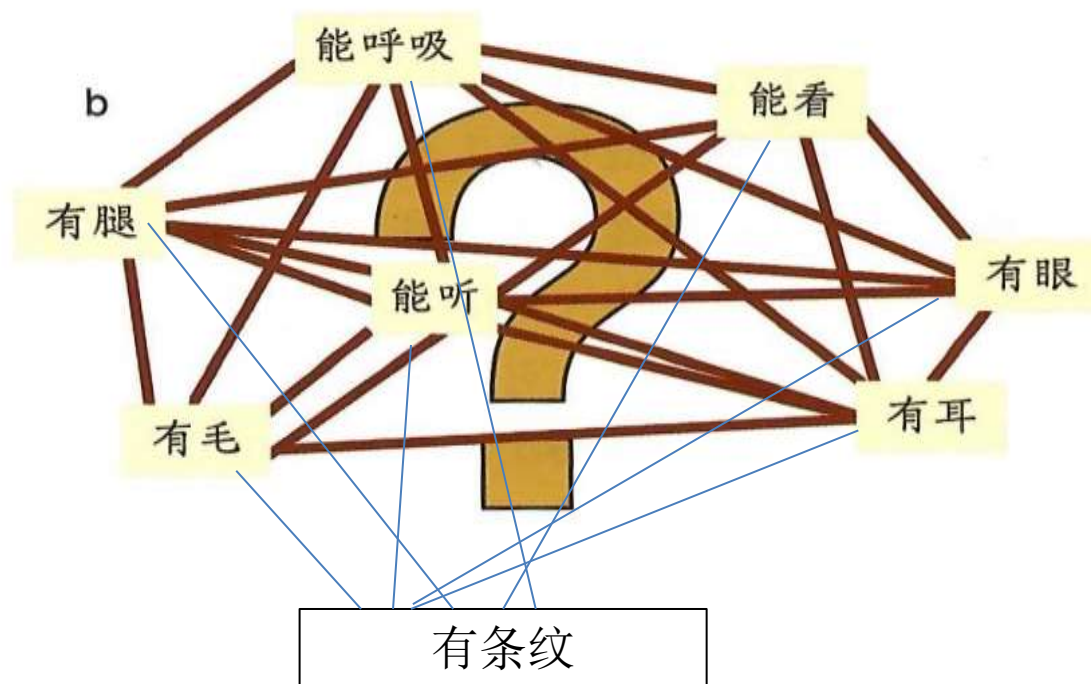
猜一下这是种什么动物？



脑与认知科学

作答

猜一下这是种什么动物？



脑与认知科学

作答

# 生物与非生物的区别：特征多少假设

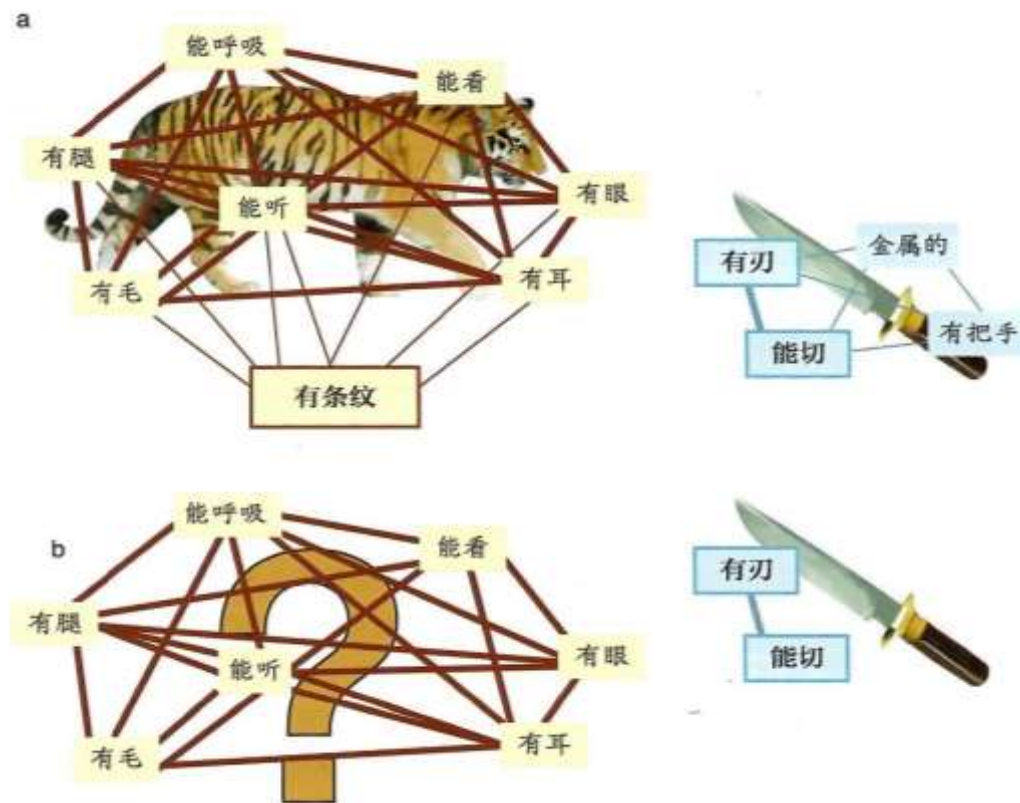


图 11.8 老虎和刀的假设概念结构

(a) 一种模型提示，生物由许多区别不明显的特征表示，非生物可由少数明显的特征表示。在这个假设的概念结构中，直线的粗细与特征的强度相关，而矩形边框的粗细与特征的独特性相关。虽然老虎有许多特征，但它与其他生物相区别的特征较少，而刀与其他可能物体相比有更明显的特征。(b) 与比识别非生物（右）的区分性特征相比，脑损伤导致的失语症病人更难以识别生物（左）的区分性特征。



# 生物与非生物的区别：感觉功能假设

概念知识主要围绕感觉属性（如形状，运动和颜色）以及与物体运动有关属性的表征而进行组织，而这些表征由通道特异的神经子系统决定。（Warrington & Shallice, 1984）

病人GS：

当给GS呈现一把组合锁的图片时，他的第一反应是把它叫做电话。然而当他口头说电话时，他两只手的动作好似在开一把组合锁。当他看到他的手，并意识到，他的手在试着告诉他什么之后，他便能命名这个组合锁了。

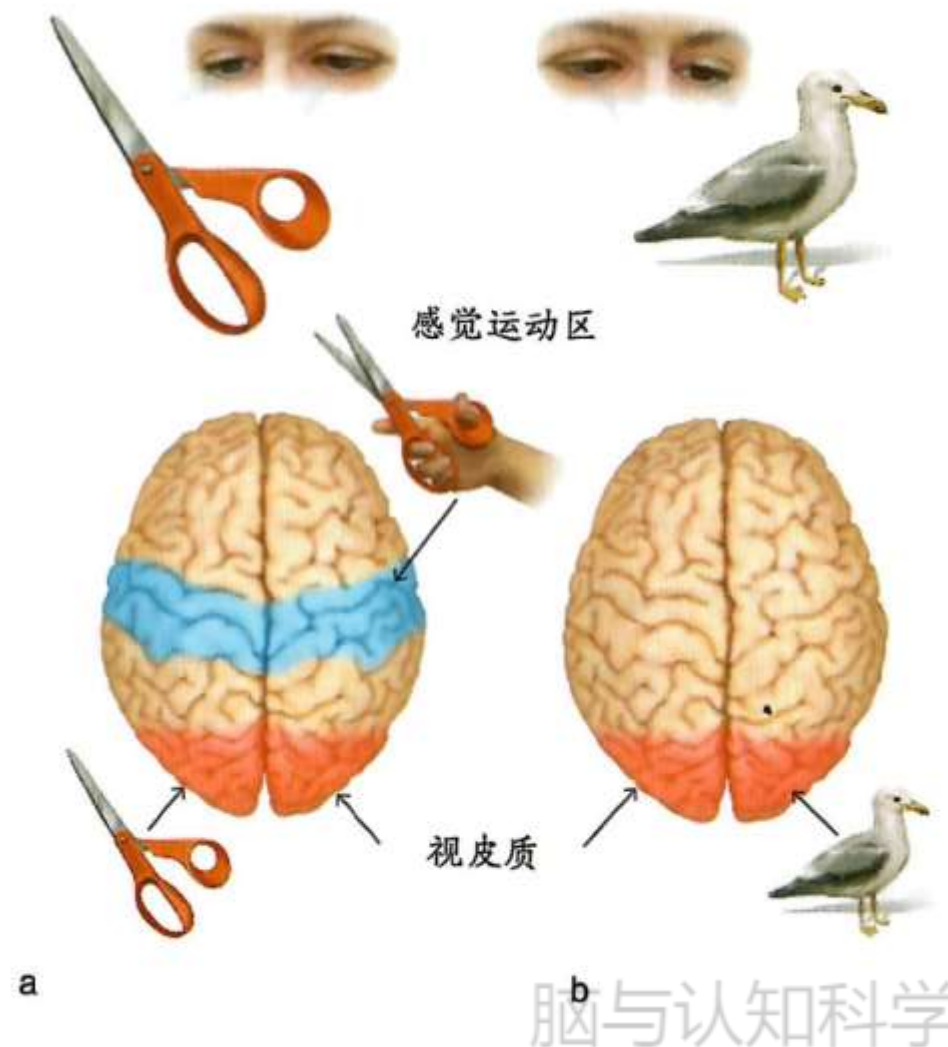
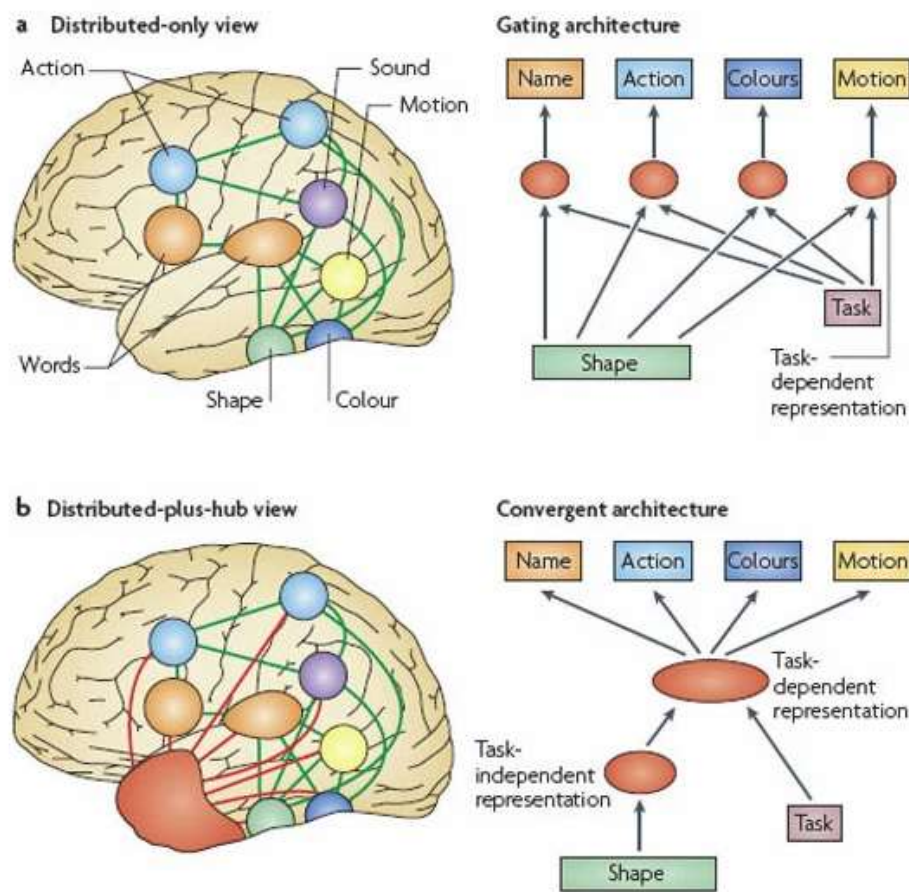


图 6.45 感知运动区协助物体识别

# 心理词典的神经基础—语义网络的神经解剖分布

图1: 关于皮质语义网络的神经解剖分布的两个理论立场和基于这些视图的示意图模型。





# 计算机如何表征词语之间的语义关系：word2vec

## 1.模型简介

- 基本定义： Word2Vec是一种用于生成词向量的模型，它能够将词语映射到一个连续的向量空间中。
- 应用场景： 词向量是自然语言处理中的一种重要技术，它能够捕捉词语之间的语义和语法关系，为文本分析、情感分析、文本分类等任务提供有力支持。
- 发展历程： Word2Vec是由谷歌的Tomas Mikolov等人在2013年提出的，它是深度学习技术在自然语言处理领域的一个重要应用。

# 计算机如何表征词语之间的语义关系：word2vec

## 模型原理

- Word2Vec模型的核心思想是通过词语的上下文信息来学习词语的向量表示。具体来说，Word2Vec模型通过训练一个神经网络模型，使得给定一个词语的上下文时，能够预测该词语本身（**CBOW模型**），或者给定一个词语时，能够预测其上下文（**Skip-gram模型**）。

# 其他多种生成词向量的模型

## 1.GloVe:

1. 由斯坦福大学和Google的研究人员在2014年提出。
2. 它结合了全局矩阵分解和局部上下文窗口方法的优点。
3. 通过在共现矩阵的基础上构建模型，学习词与词之间的语义关系，并将每个词表示为一个低维向量。

## 2.FastText:

1. 由Facebook提出，是改进版Word2Vec模型。
2. 考虑了词的子词信息，从而可以更好地处理未登录词（OOV）。
3. FastText还可以进行有监督学习进行文本分类。

## 3.ELMo:

1. 是一种动态表征的词向量模型，解决了传统词向量无法解决一词多义等问题。
2. ELMo能够根据语境生成不同的词向量表示。

## 4.BERT:

1. 由Google在2018年提出，是基于Transformer架构的模型。
2. BERT能够生成上下文相关的词嵌入，即同一个词在不同的句子中会有不同的向量表示。
3. 它在多个经典的NLP任务中测试效果超越之前的最佳模型，并为下游任务设计了简单至极的接口。

# Toward a brain-based componential semantic representation 迈向基于大脑的组件语义表征

➤ **传统的基于特征的语义理论**——描述存在的事物，它们的相似性结构以及它们的分组。

问题：没有专门用于表示羽毛、翅膀、喙或飞行的神经系统，也没有针对每个可以想象的特征存在这种专用神经系统。

➤ **神经过程来定义概念特征与传统的语义特征分析完全不同**

- 对应于专门感觉和运动过程的条目;情感过程;处理空间、时间和因果信息的系统;社会认知过程;和抽象的认知操作
- 关注可能存在相应可区分神经处理器的经验现象，借鉴动物生理学，脑成像和神经学研究的证据。
- 概述一个相对全面的基于大脑的语义表征组件模型，并探索这种类型的表征的一些属性。
- 类别区别可能来自更复杂的属性组合

Jeffrey R. Binder, et all (2016) Cognitive Neuropsychology

**chair**  
As in: "The boy sat in a chair."

To what degree do you think of this thing as being associated with pain or physical discomfort?

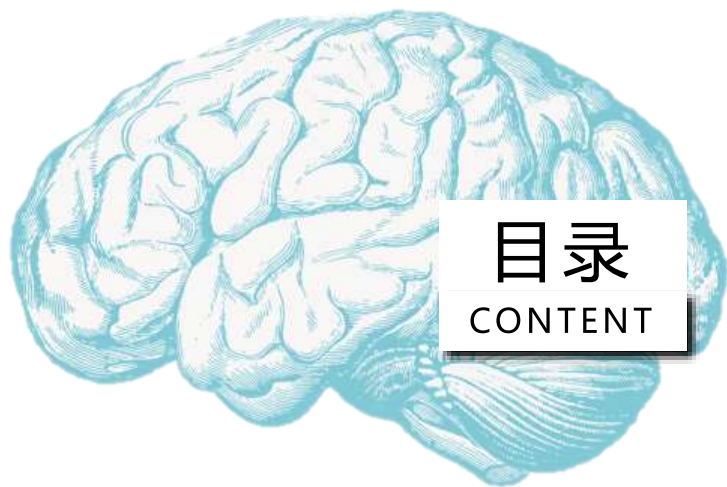
For comparison, "headache" would receive a high rating on this question, because headaches are associated with a lot of pain and physical discomfort.

In contrast, "pin" might receive a medium rating, because a pin might accidentally cause pain.

Your rating for **chair**:

Not Applicable    Not At All    0    1    2    3    4    5    6    Somewhat    Very Much

Question 3 of 65



- A 心理词典的组织
- B 语言加工脑机制的普遍性与差异性
- C 展望：从个体语言加工到多脑语言交流

脑与认知科学



世界上有4000-6000种语言。  
每种语言还有许多方言。

脑与认知科学



# 圣经巴别塔的传说



The tower of Babel

*And the whole earth was of one language and of one speech.....Let us build us a city and a tower, whose top may reach into heaven.*

*The Lord came down to see the city and tower. ....Go to, let us go down, and there confound their language, that they may not understand one another.*

*(Genesis 11:1-9)*

# 语言的普遍性和差异性是语言学的一个重大理论问题

## 语言的普遍性



- All languages have the same building blocks.
- Language acquisition device- our brains are pre-wired for the ability to learn the language.

## 语言的特异性



- No two languages are ever sufficiently similar to be considered as representing the same social reality.



# 问题的三个层次

※语言的普遍性和差异性

※语言信息加工的普遍性和差异性

※语言神经机制的普遍性和差异性

# 语言的普遍性

1. 任何语言都是一个非常复杂的声音和意义的系统，或者说是一个音、义结合的复杂系统。
2. 词是构成语言的材料，或语言中能够独立运用的最小单位。
3. 语言的结构具有高度的相似性。任何语言都是借助于句法系统把词汇结合成可以接受的，便于交流的句子。
4. 不同语言的文字系统有区别，也有共同性。文字都是用来记录语言的，语言出现在前，文字出现在后，这种关系在所有语言中是共同的。

汉英在口头语言上有哪些差异？

脑与认知科学

作答

# 英语和汉语在口语上差异

## – 英语：

- CVC结构
- 词往往由多个音节组成
- 重音
- 语法复杂（从句结构，数格）

## – 汉语：

- CV结构
- 声调语言
- 语法较为简单（词汇顺序）

汉英在文字上有哪些差异？

脑与认知科学

作答

# 英语和汉语在书面语上差异

- 英语：拼音文字
  - ✓ 字母-发音对应规则
  - ✓ 一维线性文字
- 汉语：意音文字
  - ✓ 整字-音节对应
  - ✓ 二维方块字
  - ✓ 形旁提供语义信息
  - ✓ 语素自由组合形成词汇（拼义）

感受汉字特点：

## 石氏弑狮史 赵元任著

石室诗士施氏，嗜狮，誓食十狮。

氏时时适市视狮。

十时，适十狮适市。

是时，适施氏适市。

氏视是十狮，恃矢势，使是十狮逝世。

氏拾是十狮尸，适石室。

石室湿，氏使侍拭石室。

石室拭，氏始试食十狮尸。

食时，始识是十狮尸，实十石狮尸。

试释是事。

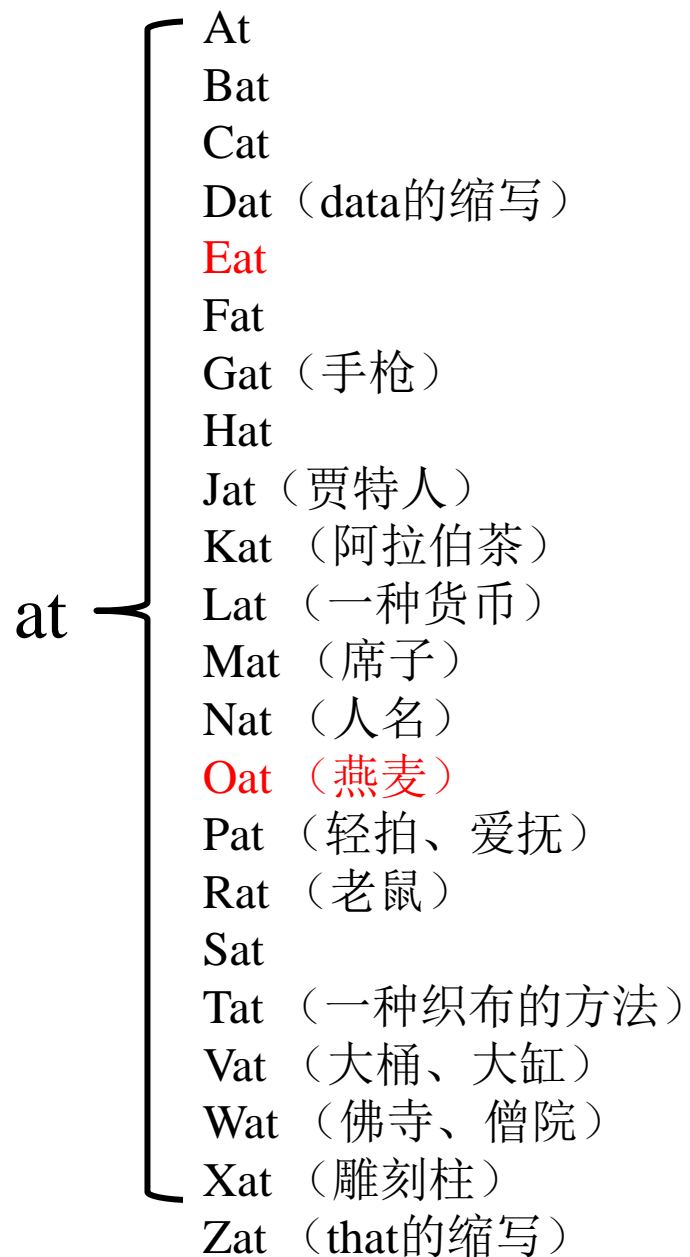
汉英在构词法上有哪些差异？

脑与认知科学

作答

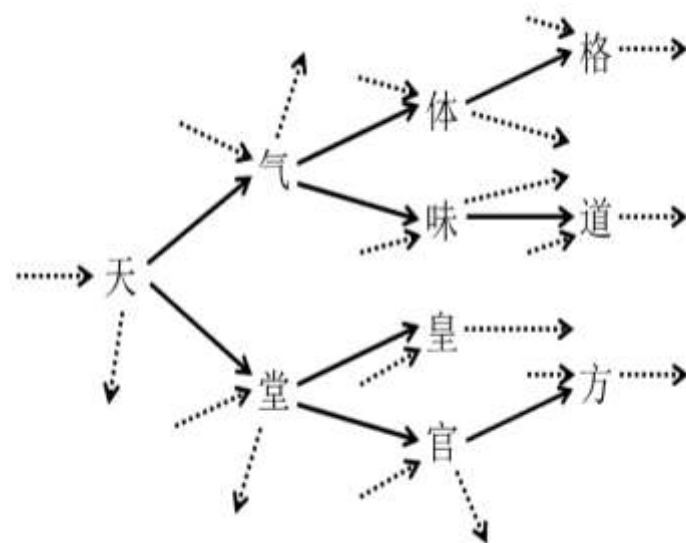


# 英语构词法



# 汉语构词法

sky	天	weather	天气
gas	气	heaven	天堂
hall	堂	gas	气体
body	体	smell	气味
taste	味	grand	堂皇
king	皇	waiter	堂官
official	官	physique	体格
matrix	格	taste	味道
road	道	official	官方
square	方		



重点：语言加工的神经机制的普遍性和差异性

# 两种研究方法

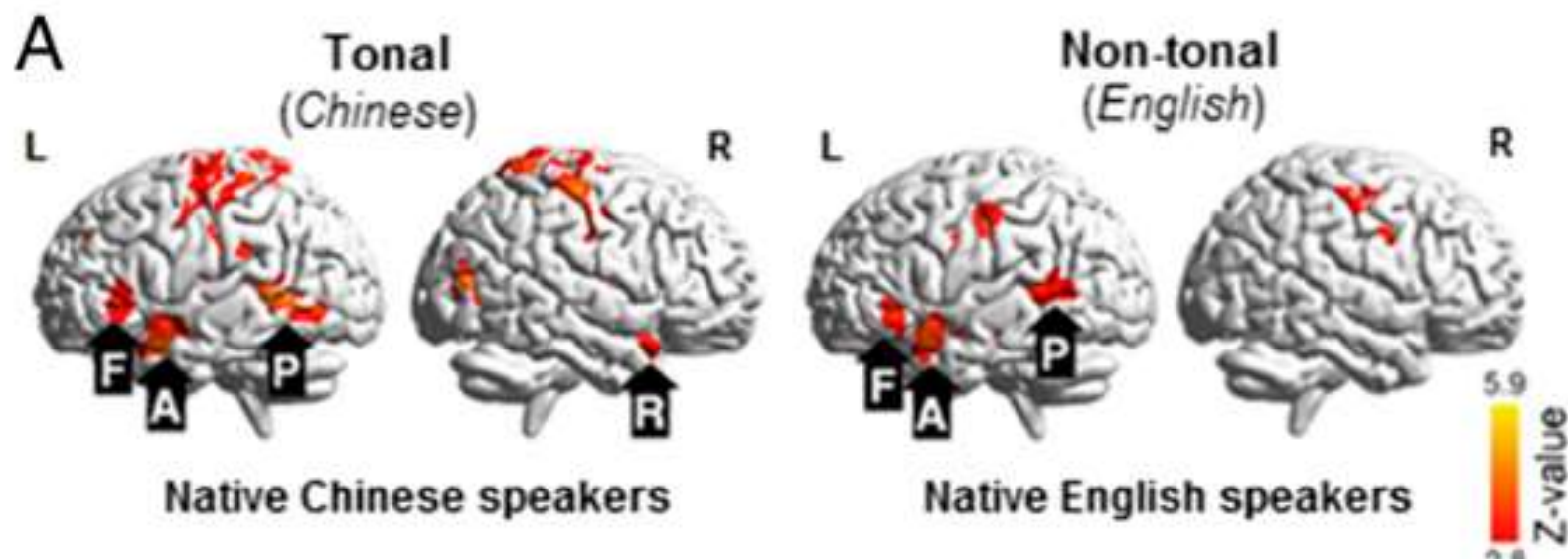
- 被试间设计: 跨文化的视角
- 被试内设计: 双语的视角

以上两种方法的优缺点是什么？

脑与认知科学

作答

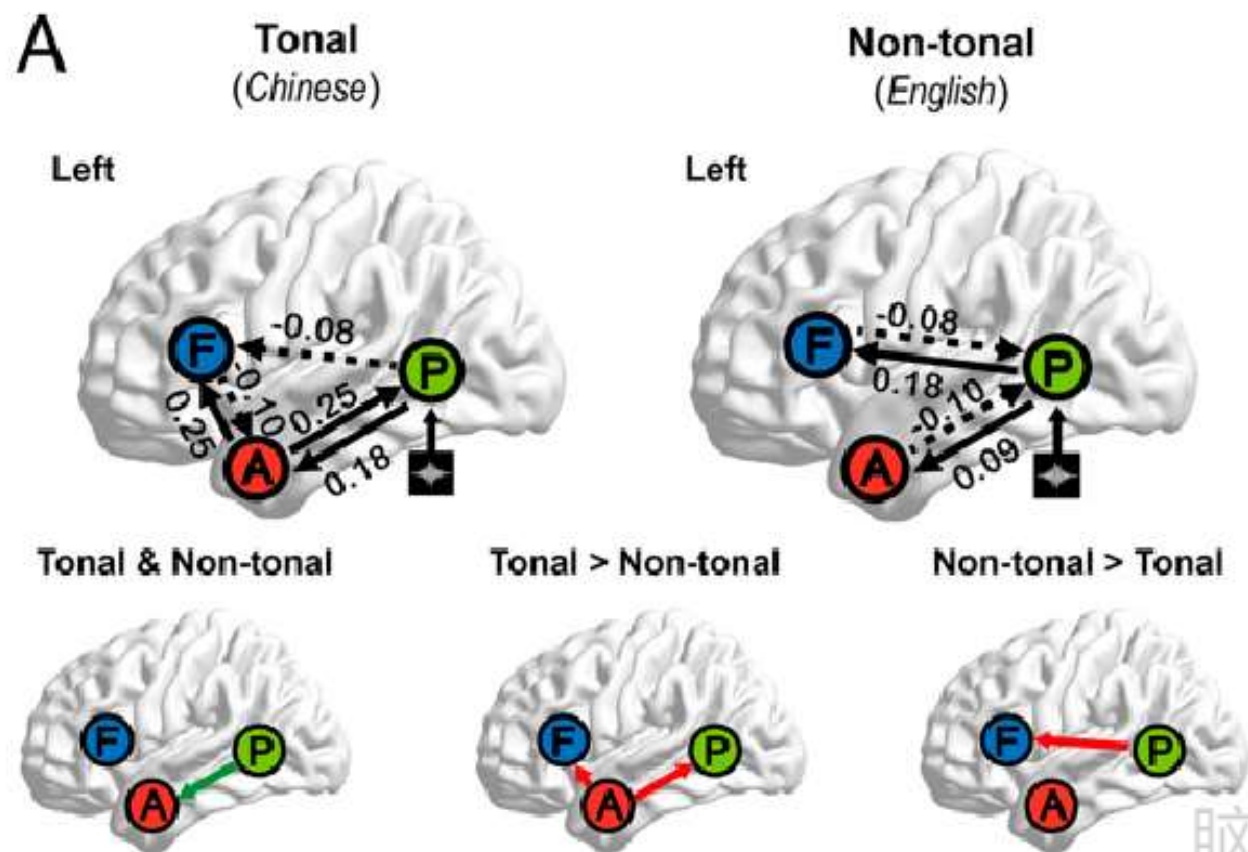
# ①汉语/英语听觉语言理解的神经机制的比较： 脑激活的普遍性与差异性



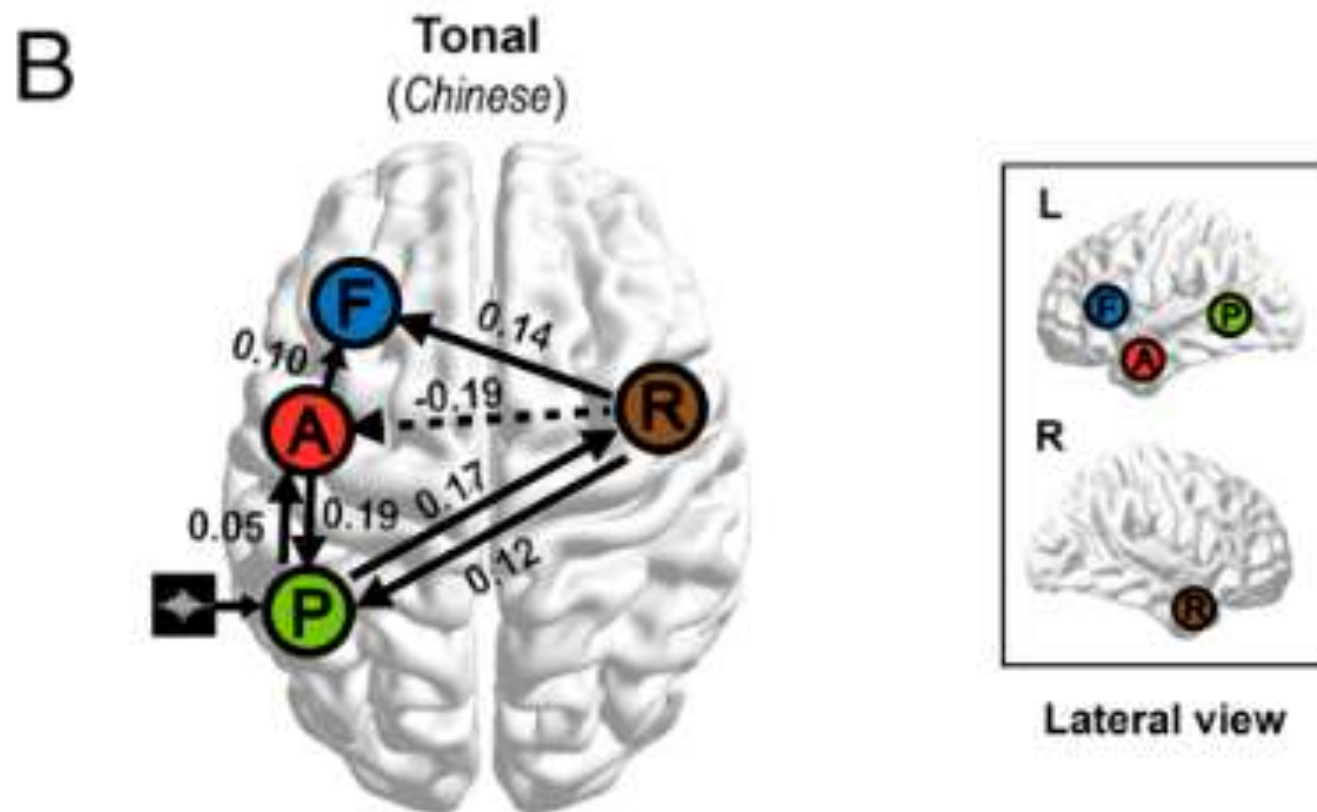
Cross-Language Differences In The Brain Network  
Subserving Intelligible Speech, PNAS, 2015

脑与认知科学

# 汉语/英语听觉语言理解的神经机制的比较： 脑区连接的普遍性与差异性

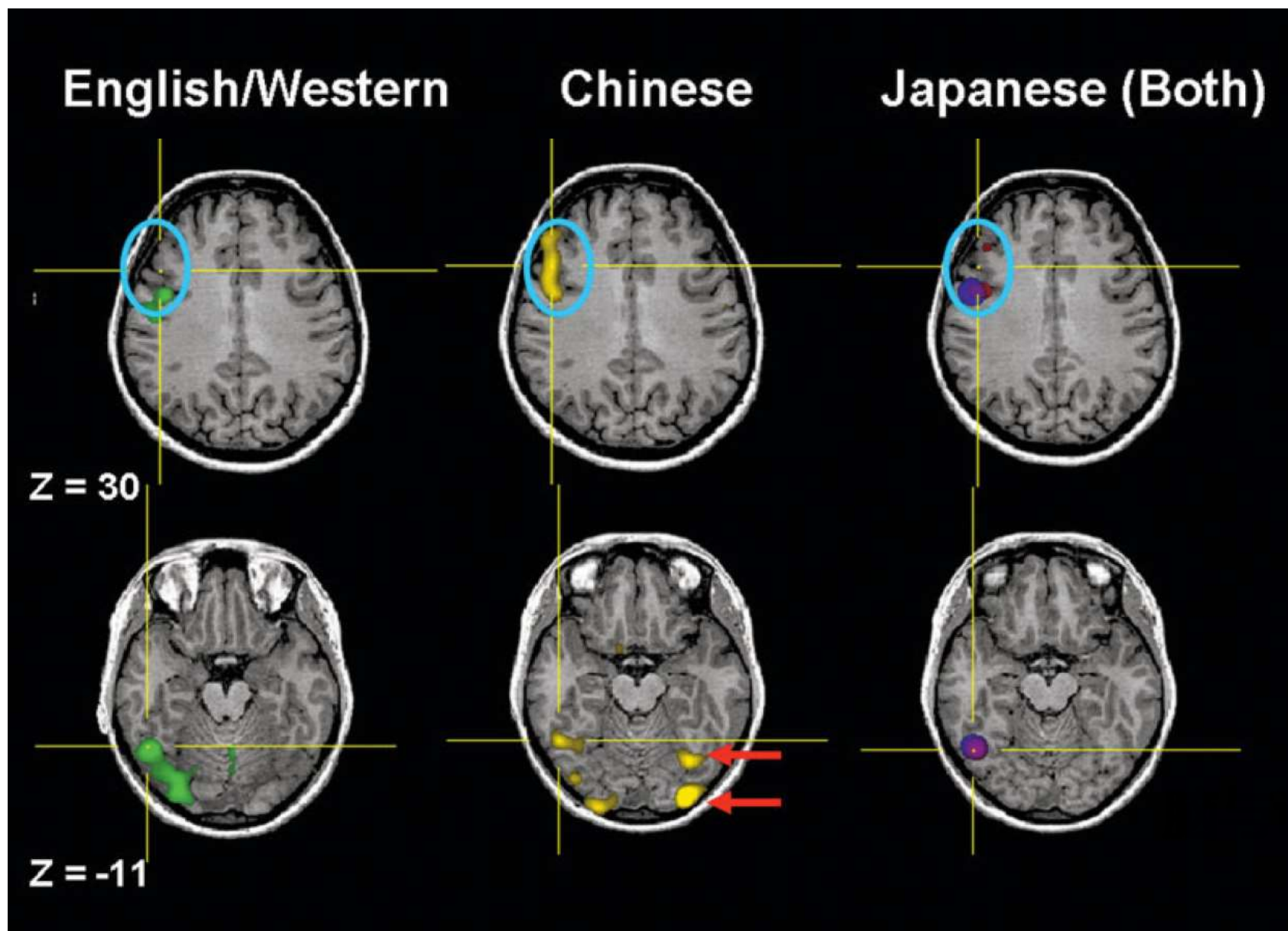


# 汉语/英语听觉语言理解的神经机制的比较： 右脑颞叶前部在汉语语言理解中的独特作用





## ②不同语言阅读的脑激活模式的比较：汉/英/日阅读加工

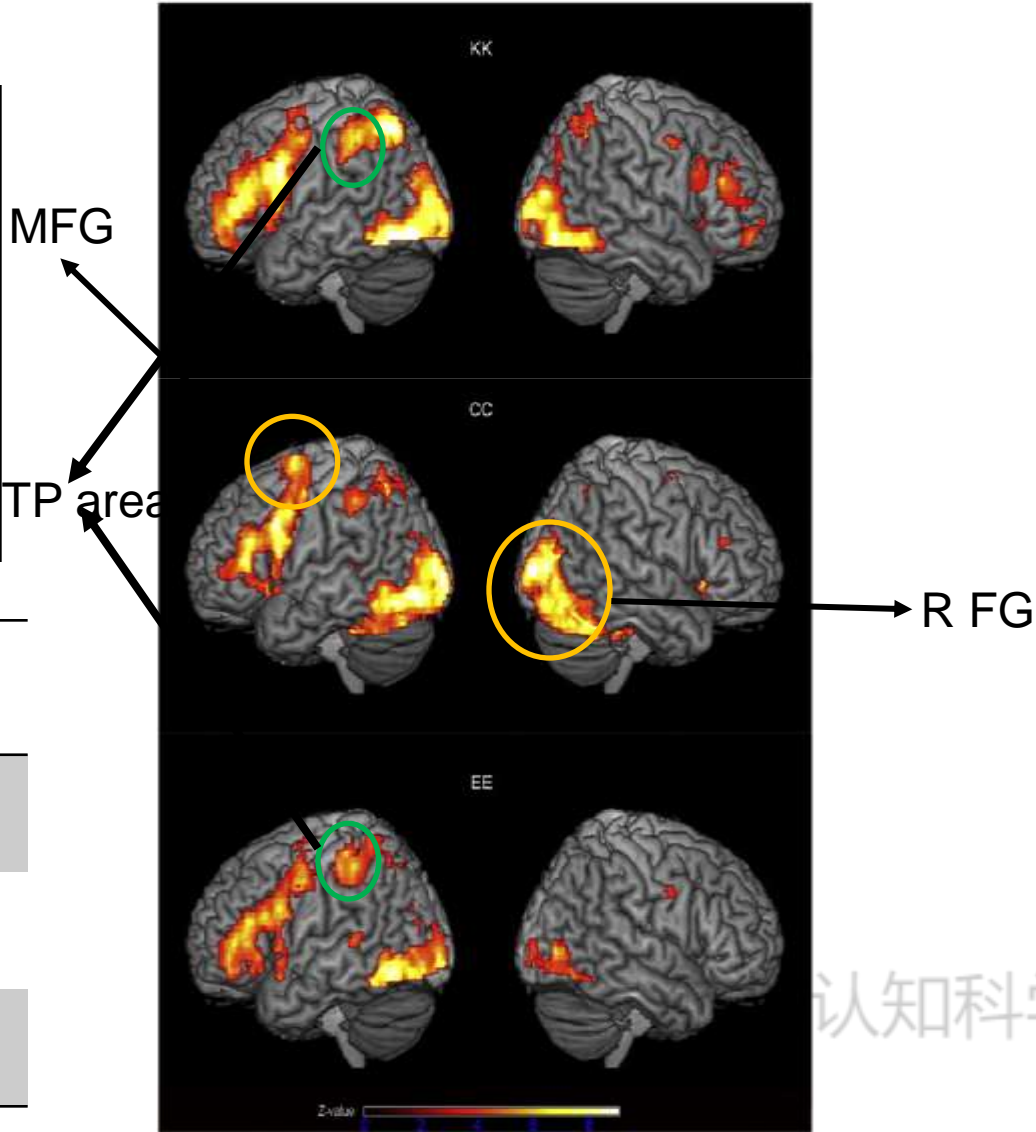


# ②不同语言阅读的脑激活模式的比较：汉/英/韩阅读加工的神经基础

Language:	Korean	Chinese	English
Script:	북	北	north
Sound:	/puk/	/běi/	/no:θ/
Meaning:	north	north	north

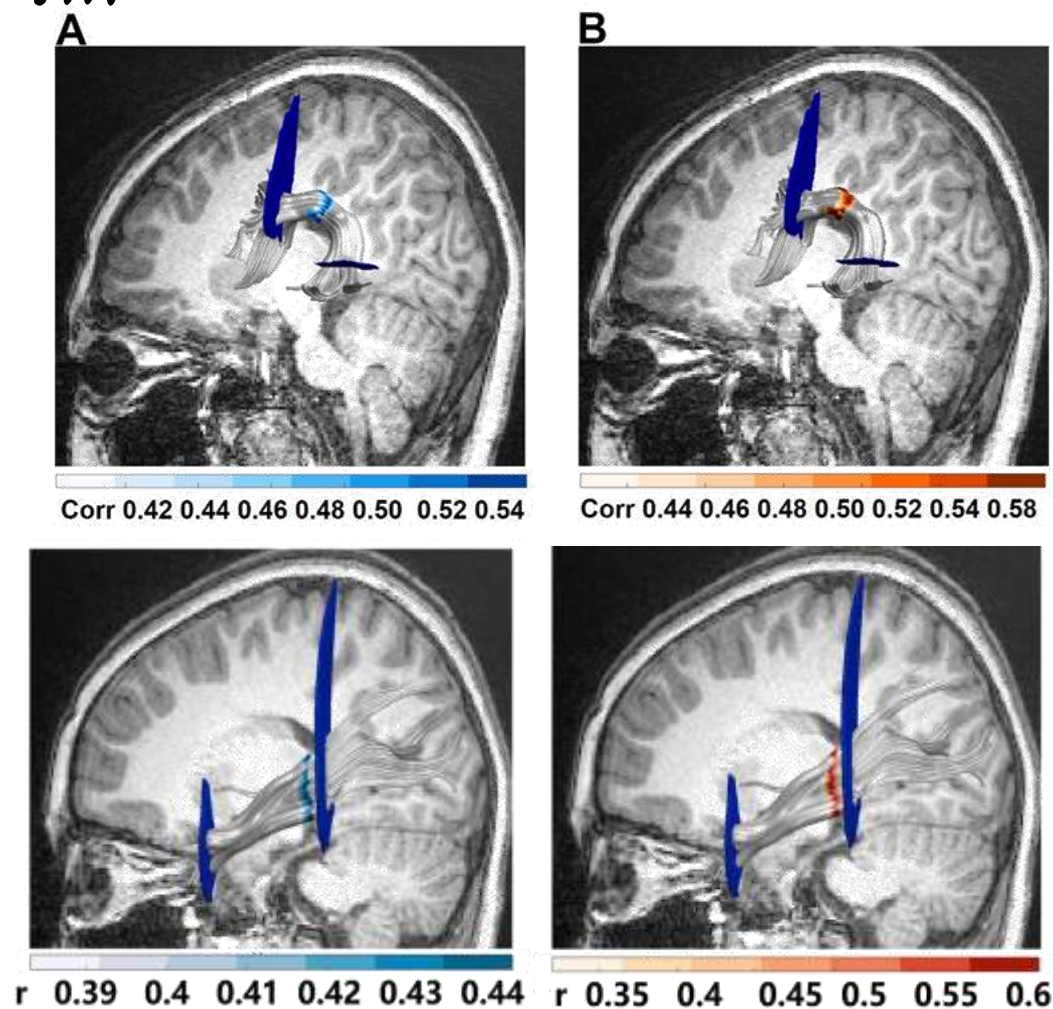
Language	Rules	Script
Chinese	Logographic	Square
Korean	Alphabetic	Square
English	Alphabetic	Linear

Neuroimage, 2016



认知科学

### ③不同语言阅读的脑连接模式的比较：汉语/英语阅读能力共享的节点



-左脑弓形束前部

-左脑下纵束后部

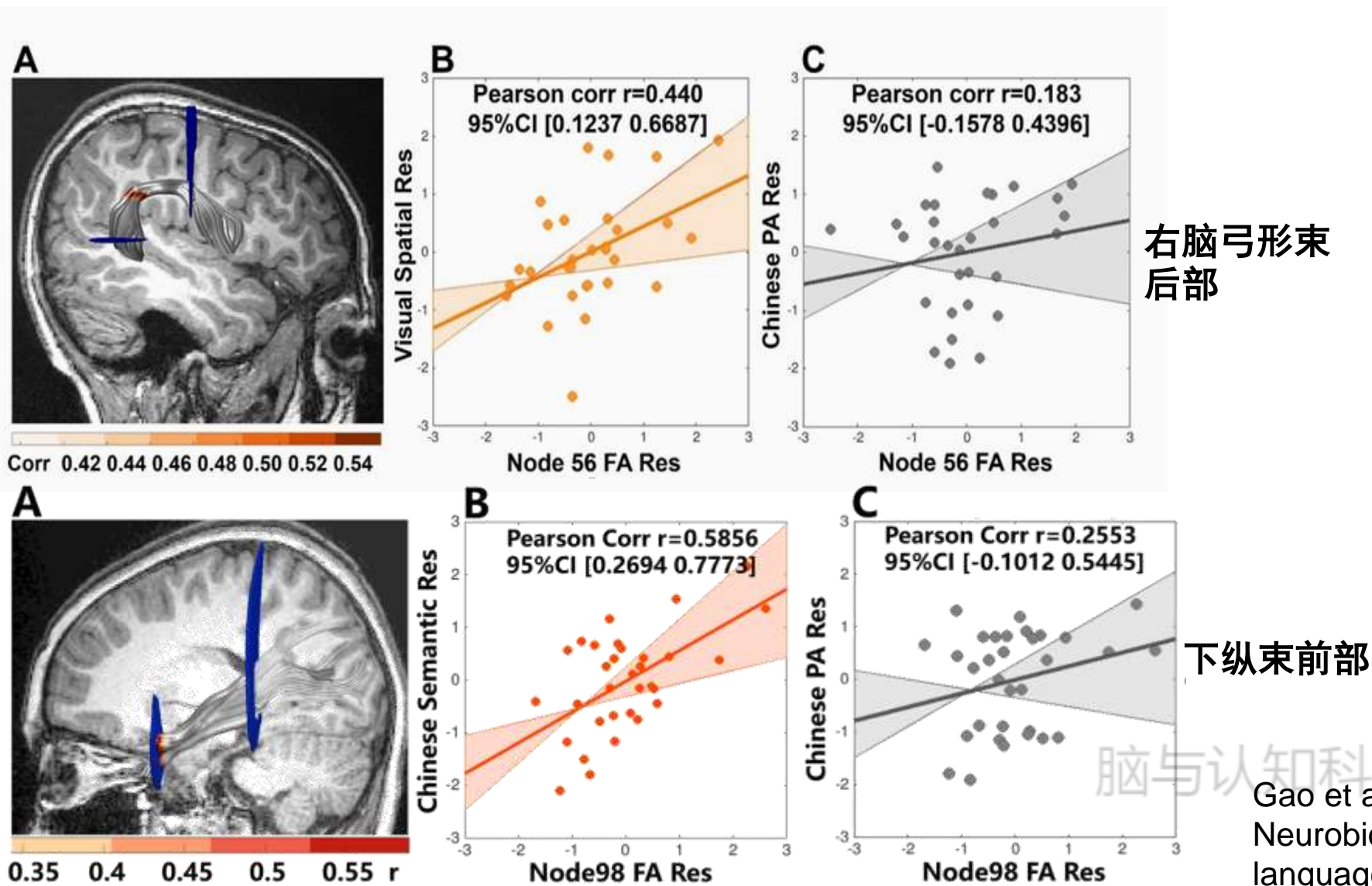
English Reading Ability

Chinese Reading Ability

脑与认知科学  
Gao et al., Neurobiology of  
language, 2021

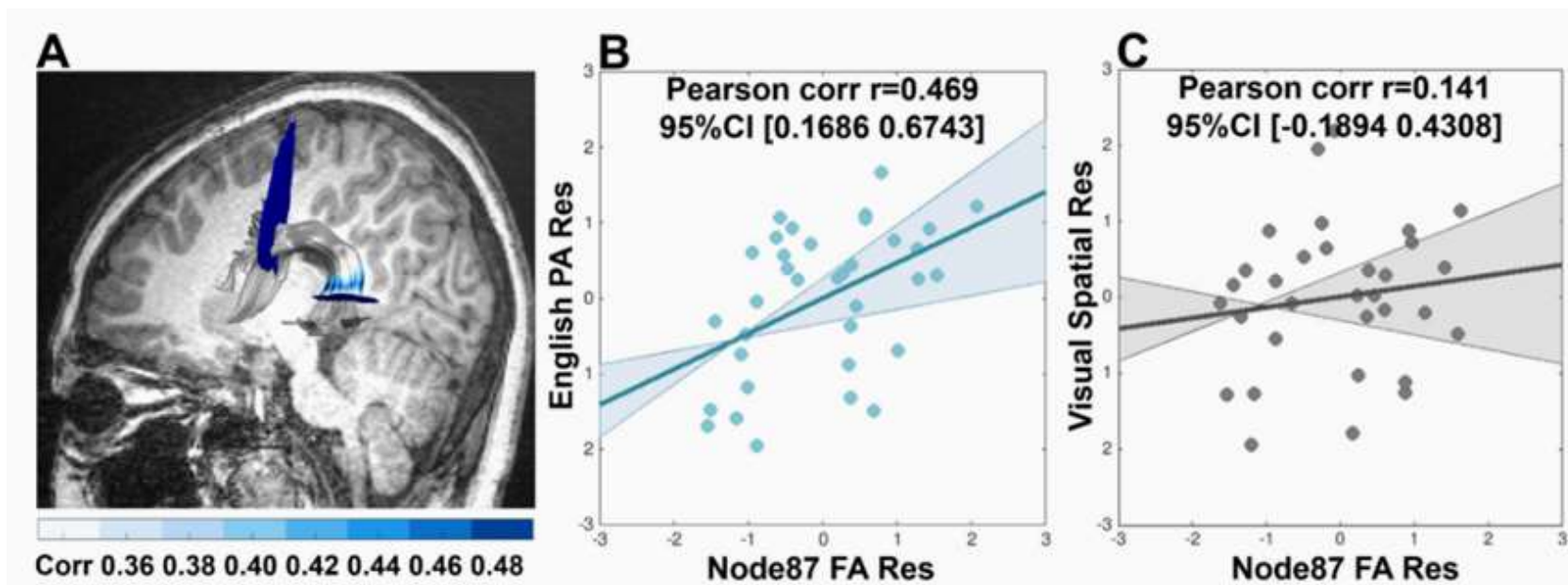


### ③不同语言阅读的脑连接模式的比较：汉语阅读能力特异的节点

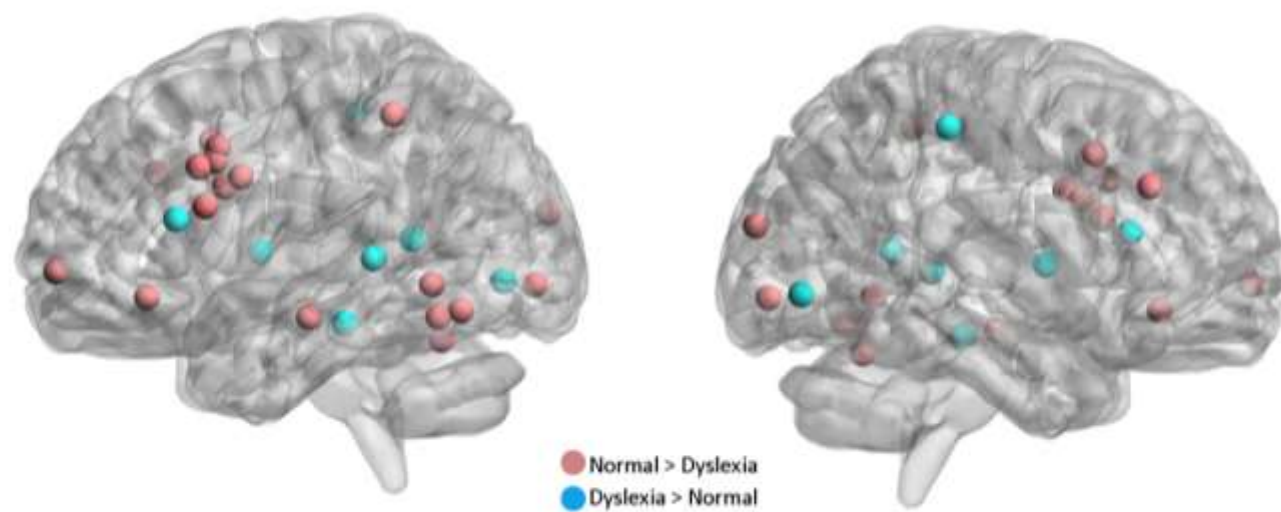


### ③不同语言阅读的脑连接模式的比较：英语阅读特异的节点

左脑弓形束后部 Node 80 – 98



## ④不同语言阅读障碍的比较：汉语发展性阅读障碍脑功能异常的概貌

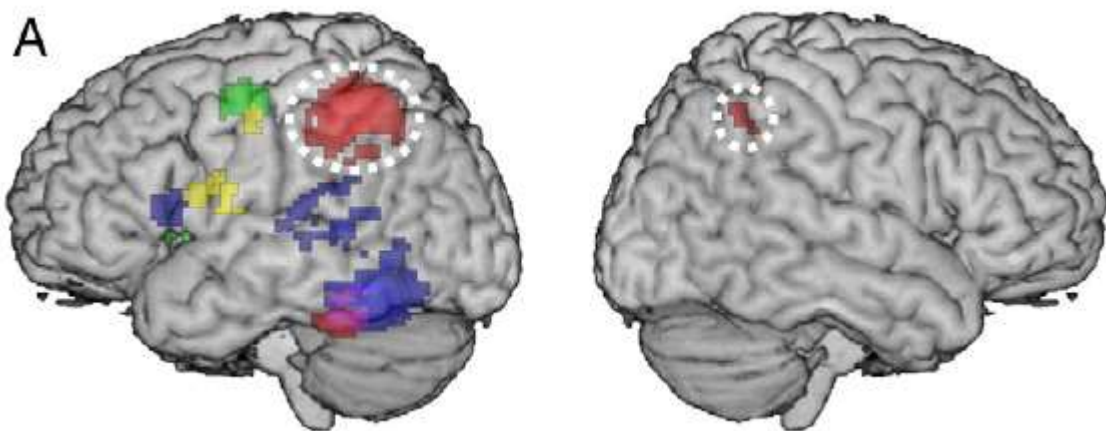


总结了2004-2015的7项fMRI研究

Li Liu et al., *Neurocognitive Basis of Dyslexia in Different Writing Systems* in G. Eden edited book  
<*The Wiley Handbook on the Cognitive Neuroscience of Developmental Dyslexia*>

Gao et al.,  
*Neurobiology of  
language*, 2021

## ④不同语言阅读障碍的比较：拼音文字阅读障碍脑功能异常的概貌



红色：儿童，激活不足

蓝色：成人，激活不足

黄色：儿童，过度激活

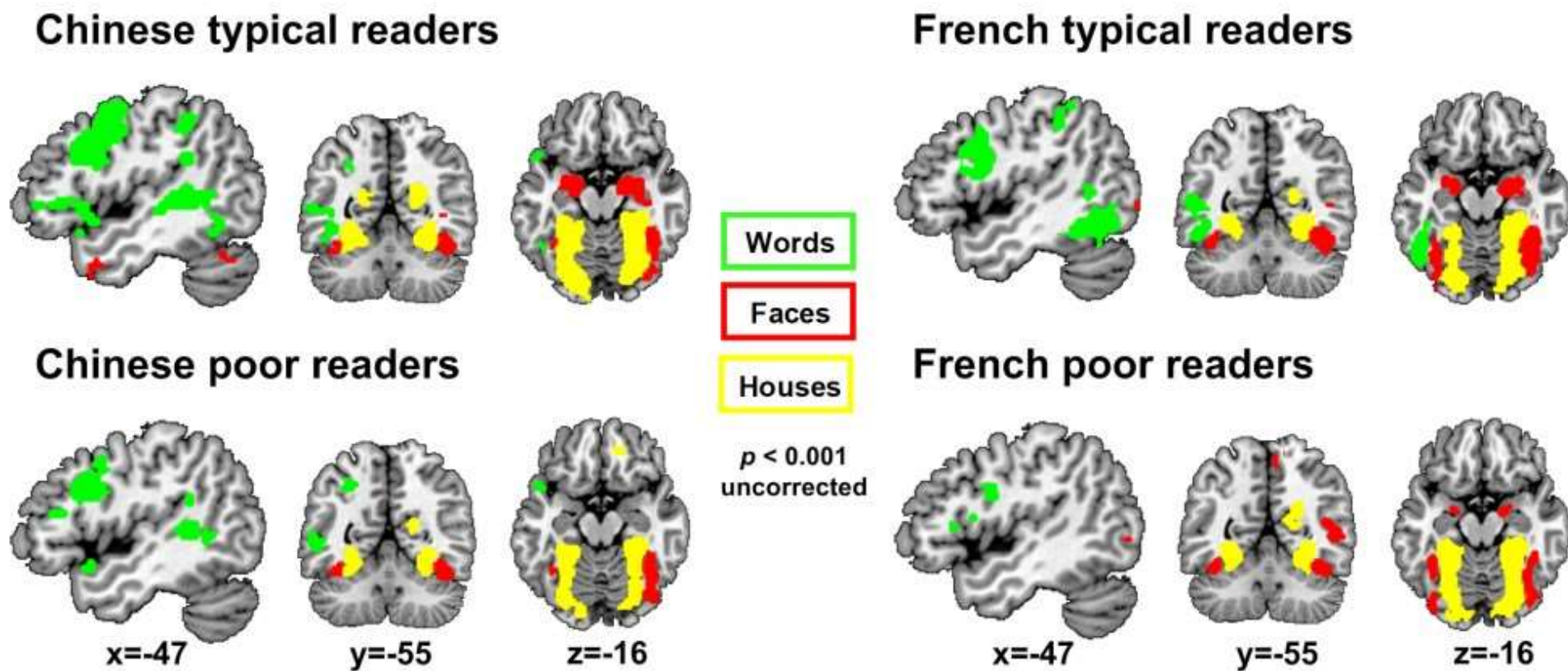
绿色：成人，过度激活

紫色：儿童与成人激活不足  
overlap

元分析，9项儿童实验，9项成人实验



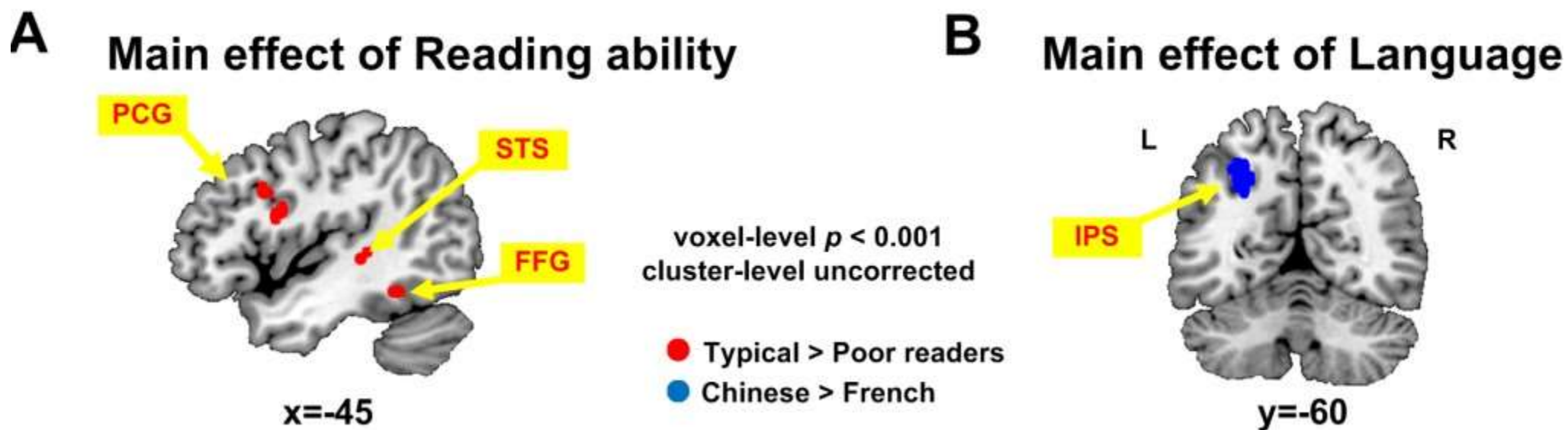
## ④不同语言阅读障碍的比较：中法儿童的直接比较



Feng, X.X., et al. A universal reading network and its modulation by writing system and reading ability in French and Chinese children. eLife 2020; 9: e54591 DOI: 10.7554/ eLife.54591.



## ④不同语言阅读障碍的比较：中法儿童的直接比较



Feng, X.X., et al. A universal reading network and its modulation by writing system and reading ability in French and Chinese children. eLife 2020; 9: e54591 DOI: 10.7554/ eLife.54591.

为什么要理解语言加工神经基础的普遍性与差异性？

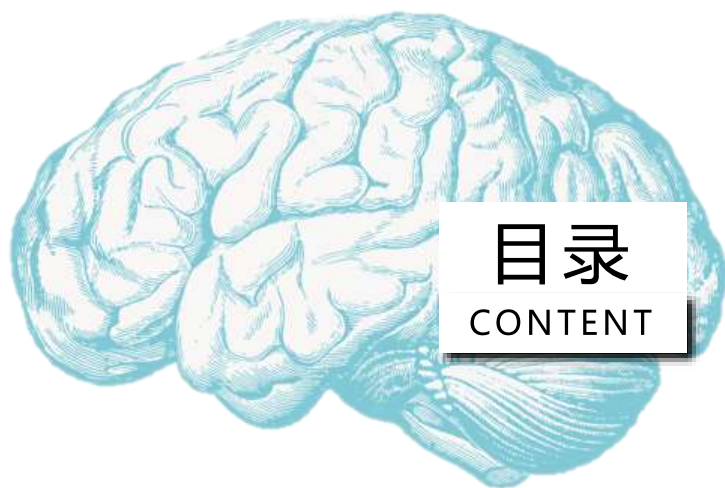
脑与认知科学

作答

语言的特异性观点（沃尔夫假设）认为语言的差异性会带来思维的差异性，语言决定思维。你怎么看待这个问题？

脑与认知科学

作答

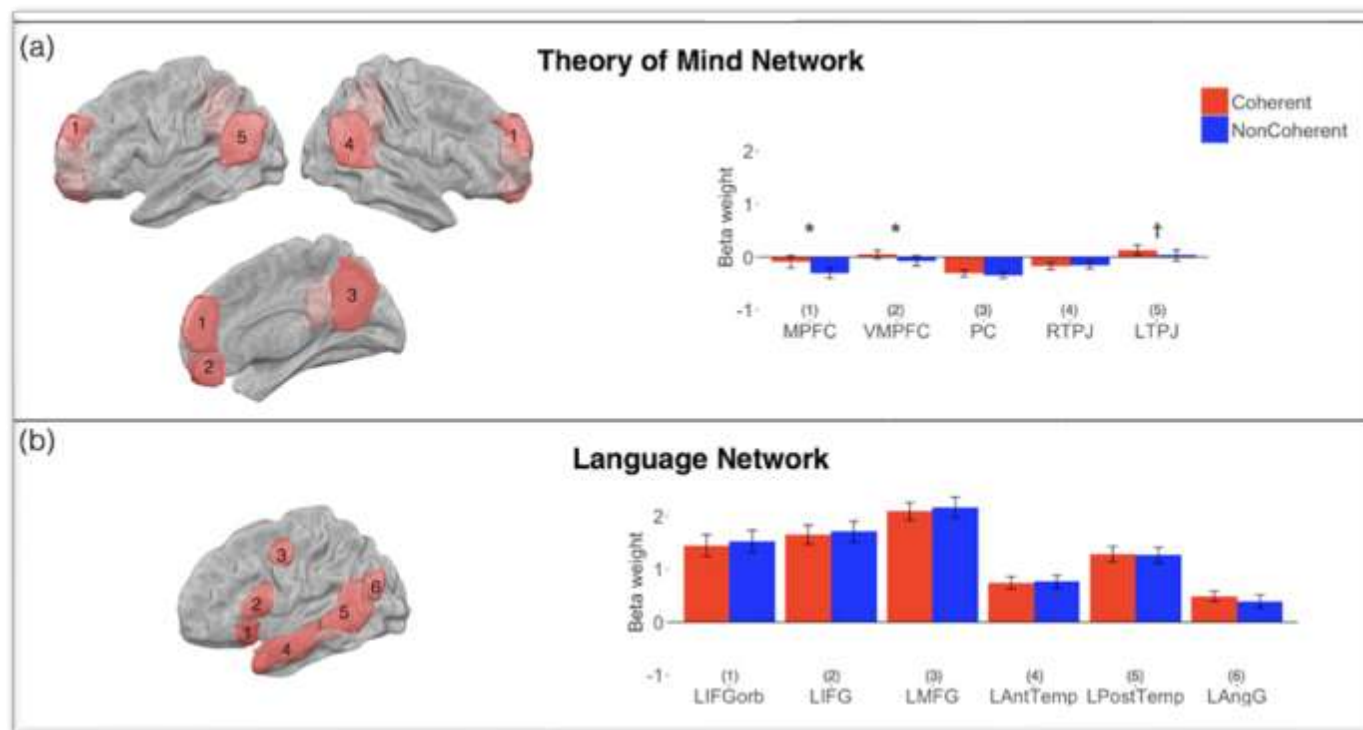


- A 心理词典的组织
- B 语言加工脑机制的普遍性与差异性
- C 展望：从个体语言加工到多脑语言交流

脑与认知科学

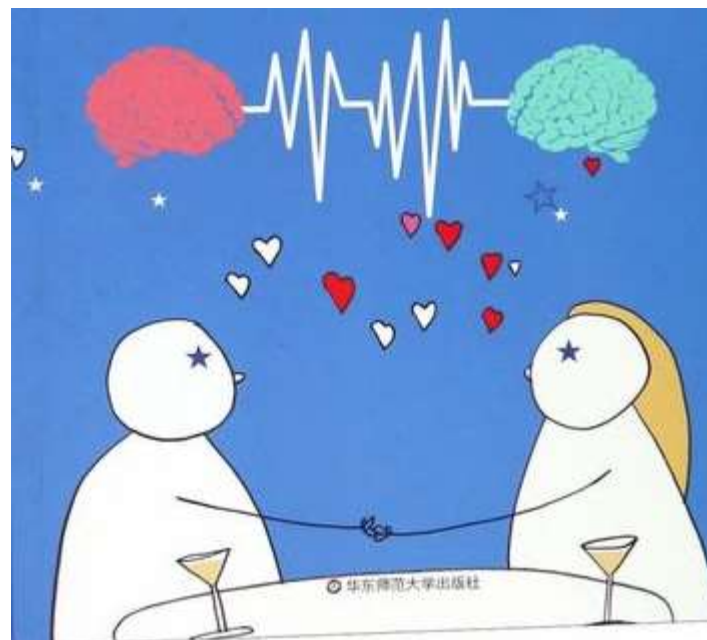
# 人际交流：语言脑+社会脑

心理理论：theory of mind



(Jacoby & Fedorenko, 2020)

# 人际交流：脑间同步的研究范式

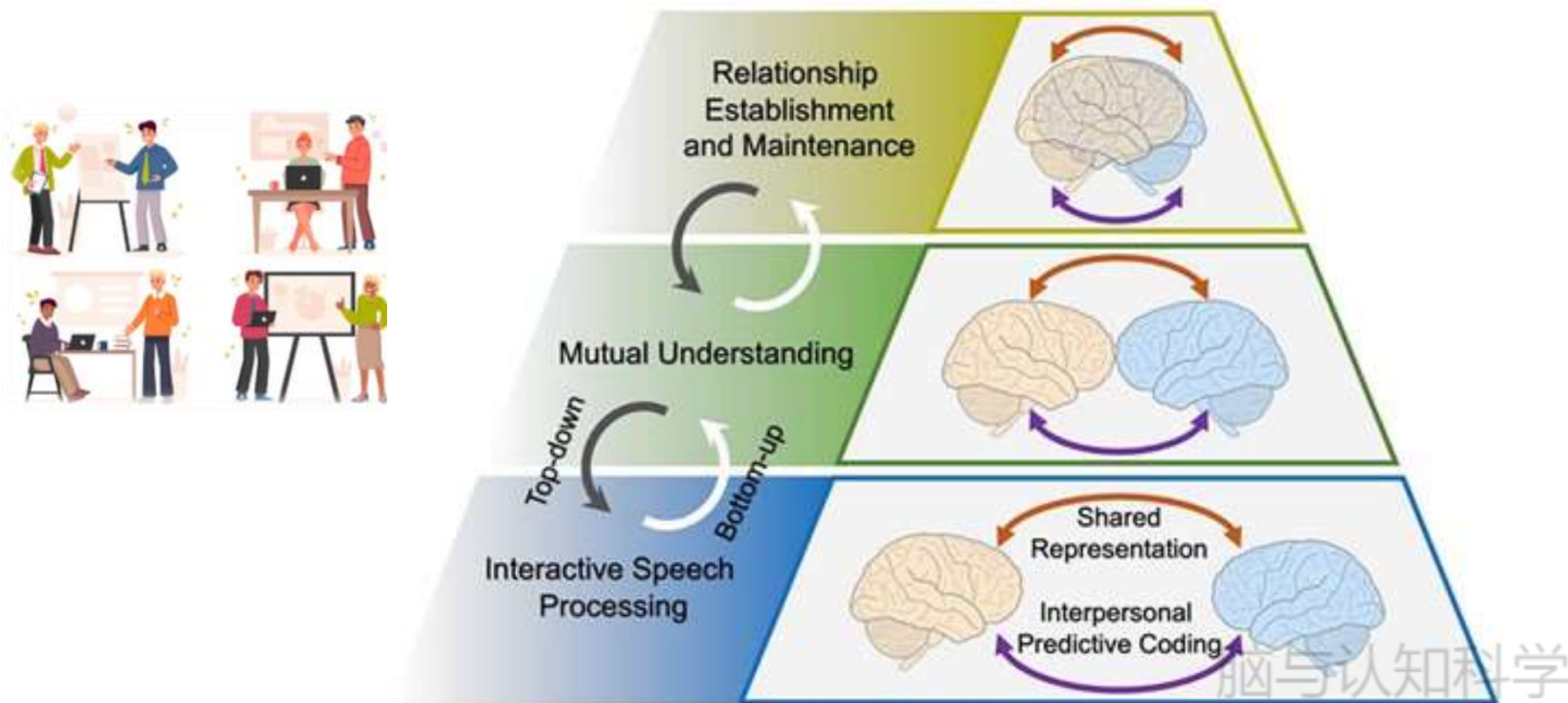


脑与认知科学

图片来自网络

# 人际交流：从单脑到多脑

## 人际言语交互的层级模型



(Jiang et al., 2021)

# 本章关键知识点

语义网络模型、语义特征模型

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





## 思考题

- 1、请列举几个心理词典的组织原则，并给出相应的心理语言学或神经科学的证据。
- 2、语言的普遍性和特异性理论的主要代表人物及其主要观点
- 3、汉语加工相比英文的特异性脑区主要有哪些？这些脑区跟汉语的特点的关系是什么？

# 关于下节课的安排

方案1：复习【知识点梳理+思考题】、答疑

方案2：参观北师大脑科学展厅

## 参观注意事项：

- 1、准时集合从北师大西门进入（第一批：7：50；第二批：8：50）
- 2、参观过程不要大声喧哗
- 3、参观过程不要推挤
- 4、参观完后不要逗留
- 5、第二批参观同学待第一批出来再进入
- 6、遵守现场老师的指挥

**参观当天请携带好身份证！**

脑与认知科学

谢谢大家！

脑与认知科学