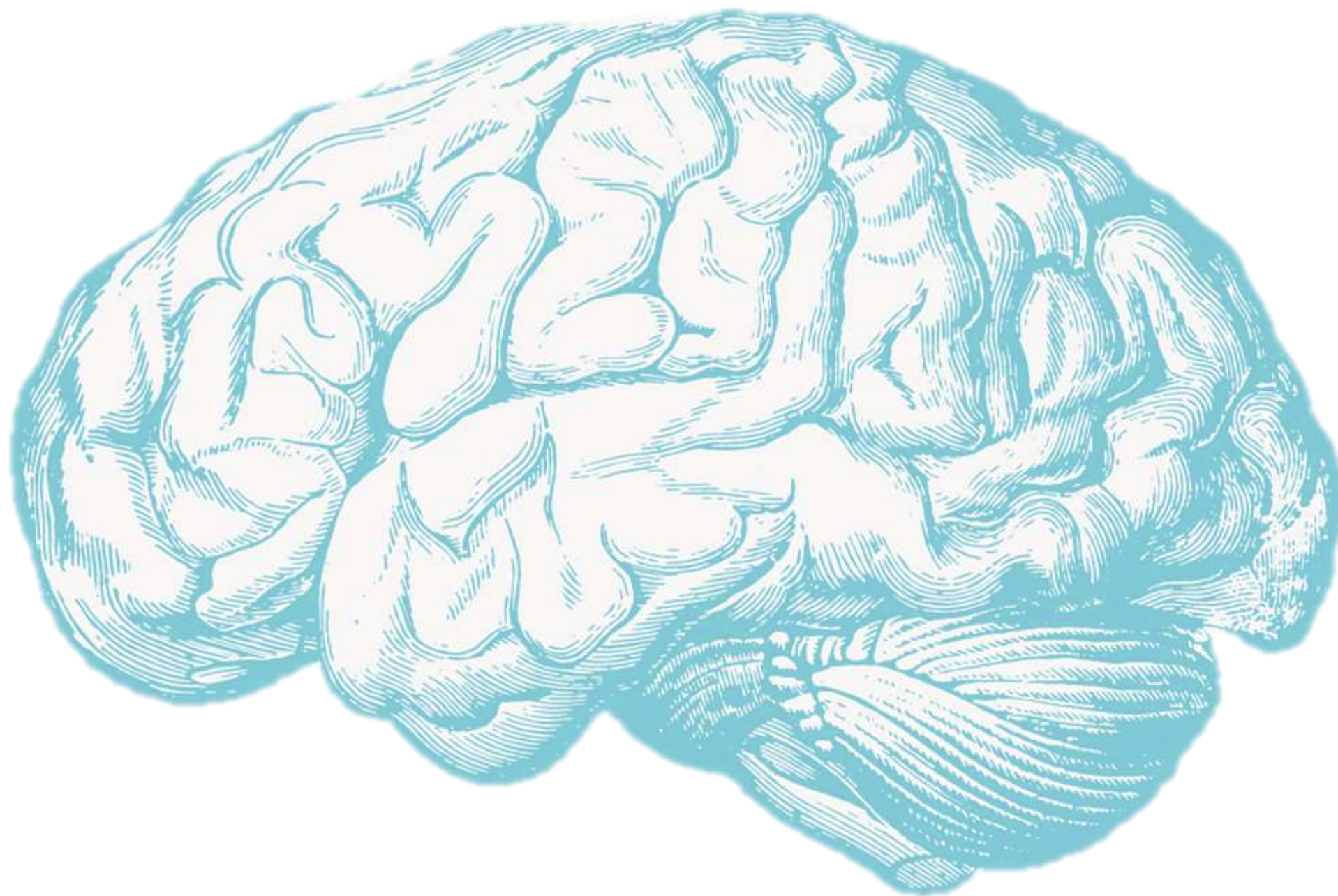


脑与认知科学

第一讲

走进脑与认知科学

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

Part I: 课程概述

Part II: 脑与认知科学概览

脑与认知科学

Part I: 课程概述

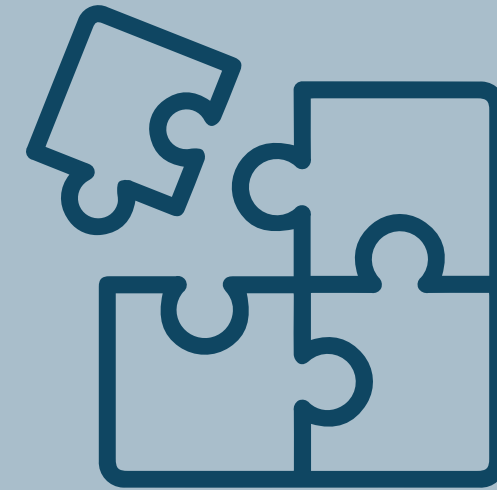
脑与认知科学

课程目标：面向人工智能的脑与认知科学



脑与认知科学

- 理解脑与认知科学的概念、理论
- 理解脑成像技术和实验方法
- 理解认知加工机制及其神经基础



脑认知和人工智能

- 初步理解人工智能与脑认知的交叉应用
- 了解交叉应用新技术，如脑-机接口
- 探索人工智能如何借鉴人脑功能

脑与认知科学

课程安排



理论讲授

第一部分：绪论

第二部分：认知神经科学研究手段

第三部分：神经科学生物基础

第四部分：认知的神经基础

第五部分：脑认知科学与人机接口



- 视知觉
- 感知运动
- 注意
- 学习与记忆
- 语言
- 音乐
- 情绪与社会认知

脑与认知科学

课程安排



理论讲授

-
- 第一部分：绪论
 - 第二部分：认知神经科学研究手段
 - 第三部分：神经科学生物基础
 - 第四部分：认知和行为的神经基础
 - 第五部分：脑认知科学与人机接口
-



实践与参观

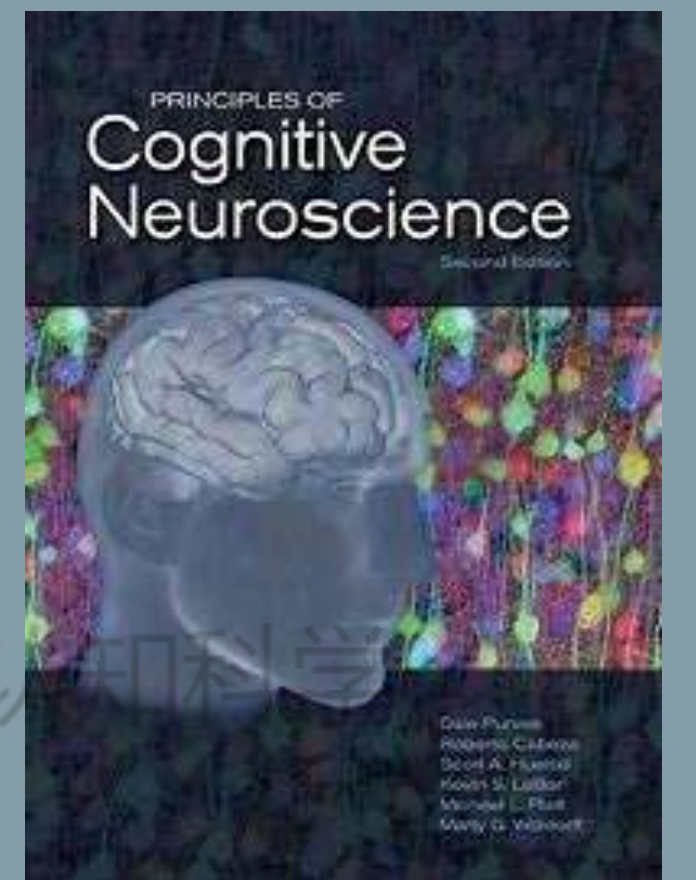
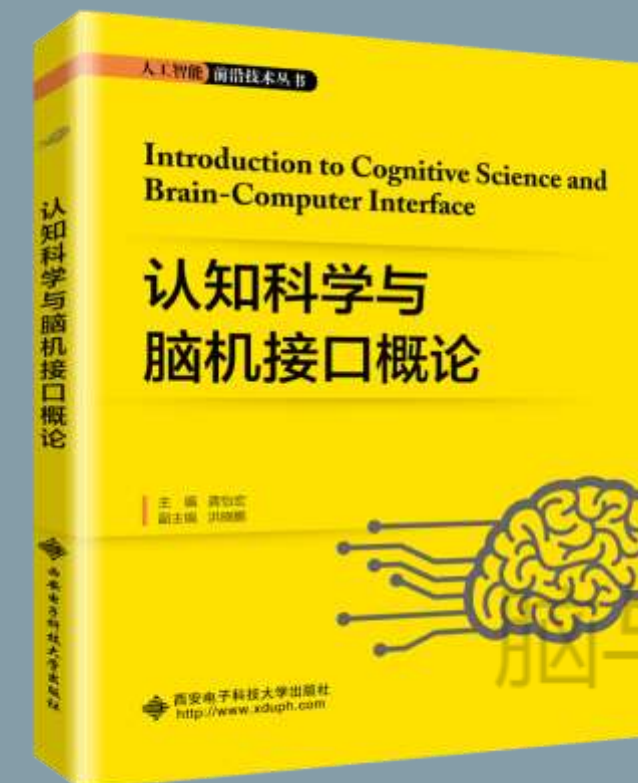
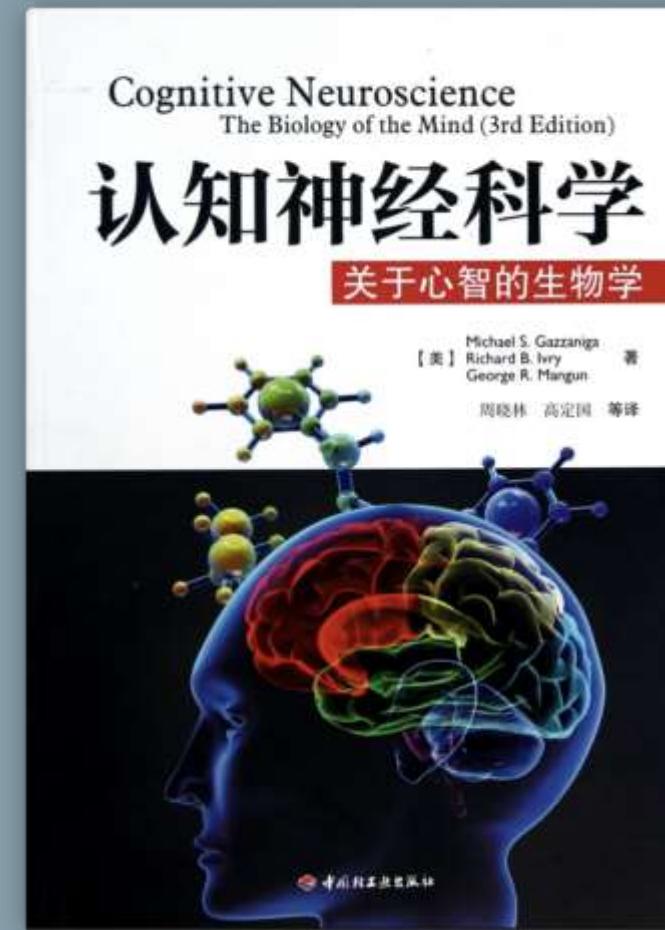
实践与参观：脑科学展馆

教材安排

- 《脑与认知科学基础》,刘洪波、冯士刚编著,清华大学出版社
- 《认知神经科学》, Gazzaniga 等著,周晓林 高定国等译,中国轻工业出版社

参考书:

- 《认知科学与脑机接口概论》, 龚怡宏著, 西安电子科技大学出版社
- 《Principle of Cognitive Neuroscience》,Purves等, Sinauer Sinauer Associates, 2013第二版



考核方式

平时成绩 (40%)

考勤 (5%)

平时作业 (15%)

期末作业 (20%)



期末成绩 (60%)

期末考试 (闭卷)

- 选择题、简答题、论述题
-

授课人介绍



刘丽 博士
教授、博士生导师 北京师范大学
认知神经科学与学习国家重点实验室
联系方式: lilyliu#bnu.edu.cn
研究领域: 脑发育与儿童读写能力发展



祁婷 博士
副研究员、硕士生导师
人工智能学院 脑认知与智能医学
联系方式: ting.qi#bupt.edu.cn



甄宗雷



丁国盛



宋艳



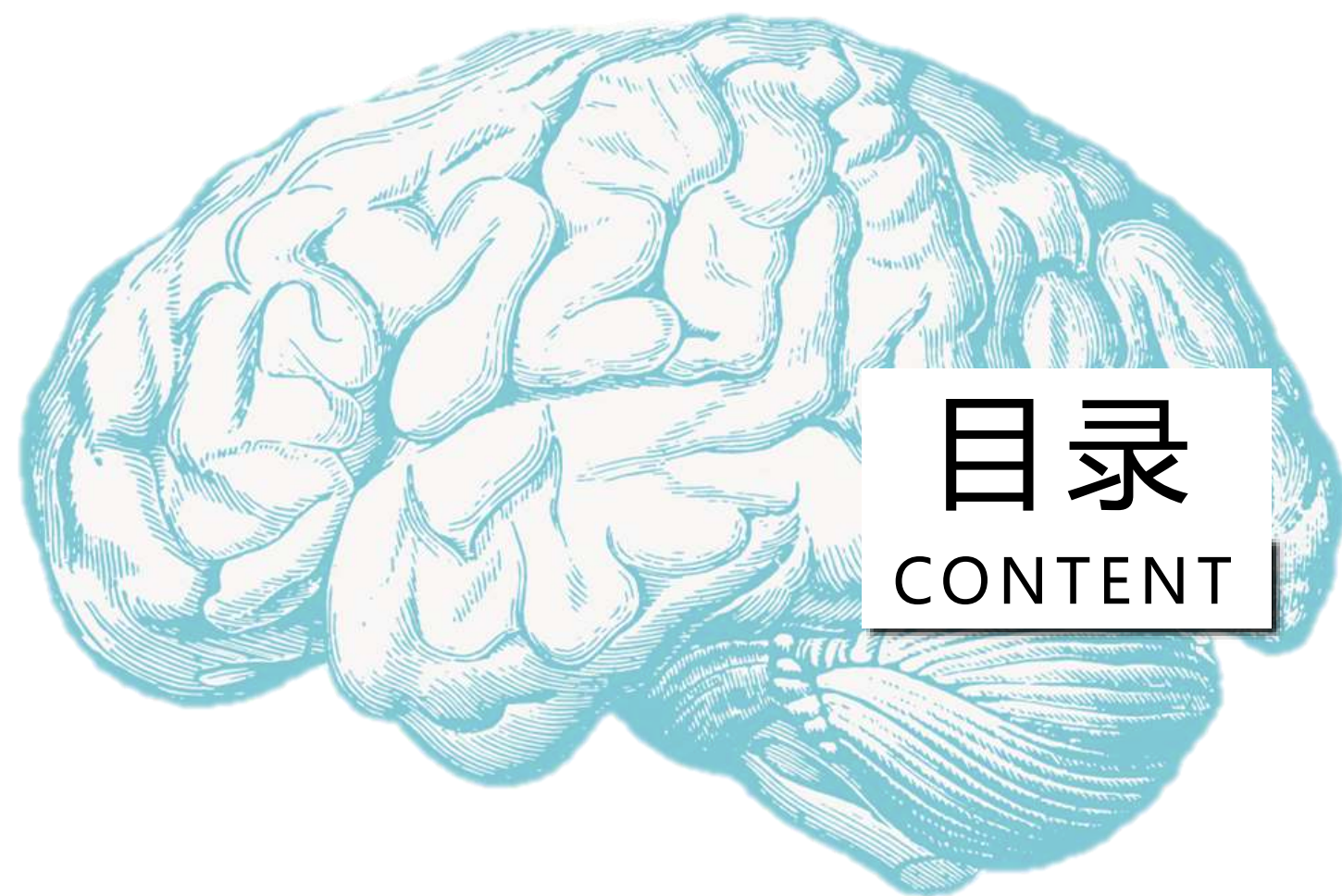
南云

- 教授、博士生导师
- 研究视觉和决策的神经机制，神经编解码模型
 - 双语表征与加工的神经基础
 - 视觉注意、儿童脑电、脑电与近红外同步记录
 - 音乐学习脑机制，儿童音乐发展对语言、社会等高级认知功能的影响

脑与认知科学

Part II: 脑与认知科学概览

脑与认知科学



A

什么是脑与认知科学

B

为什么学习脑与认知科学

C

认识我们的脑

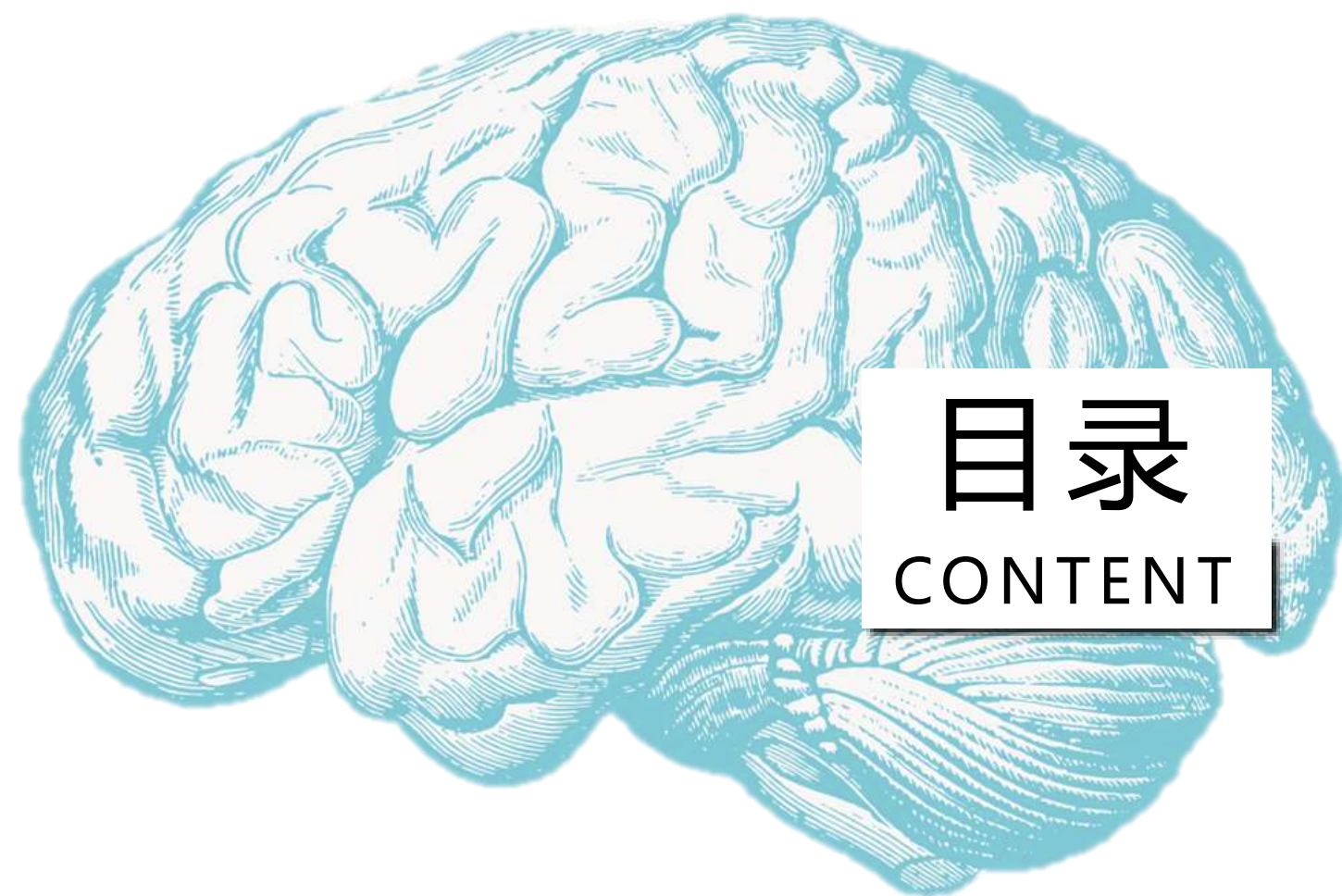
D

脑与认知科学简史

脑与认知科学

本章关键知识点

- 1、脑与认知科学的定义
- 2、脑与认知科学与人工智能的关系
- 3、认知与元认知，以及两者的区别
- 4、大脑的功能定位学说



A

什么是脑与认知科学

B

为什么学习脑与认知科学

C

认识我们的脑

D

脑与认知科学简史

脑与认知科学

什么是认知科学 (Cognitive Science)

认知科学是研究人类认知的本质及规律，揭示人类心智奥秘的科学。

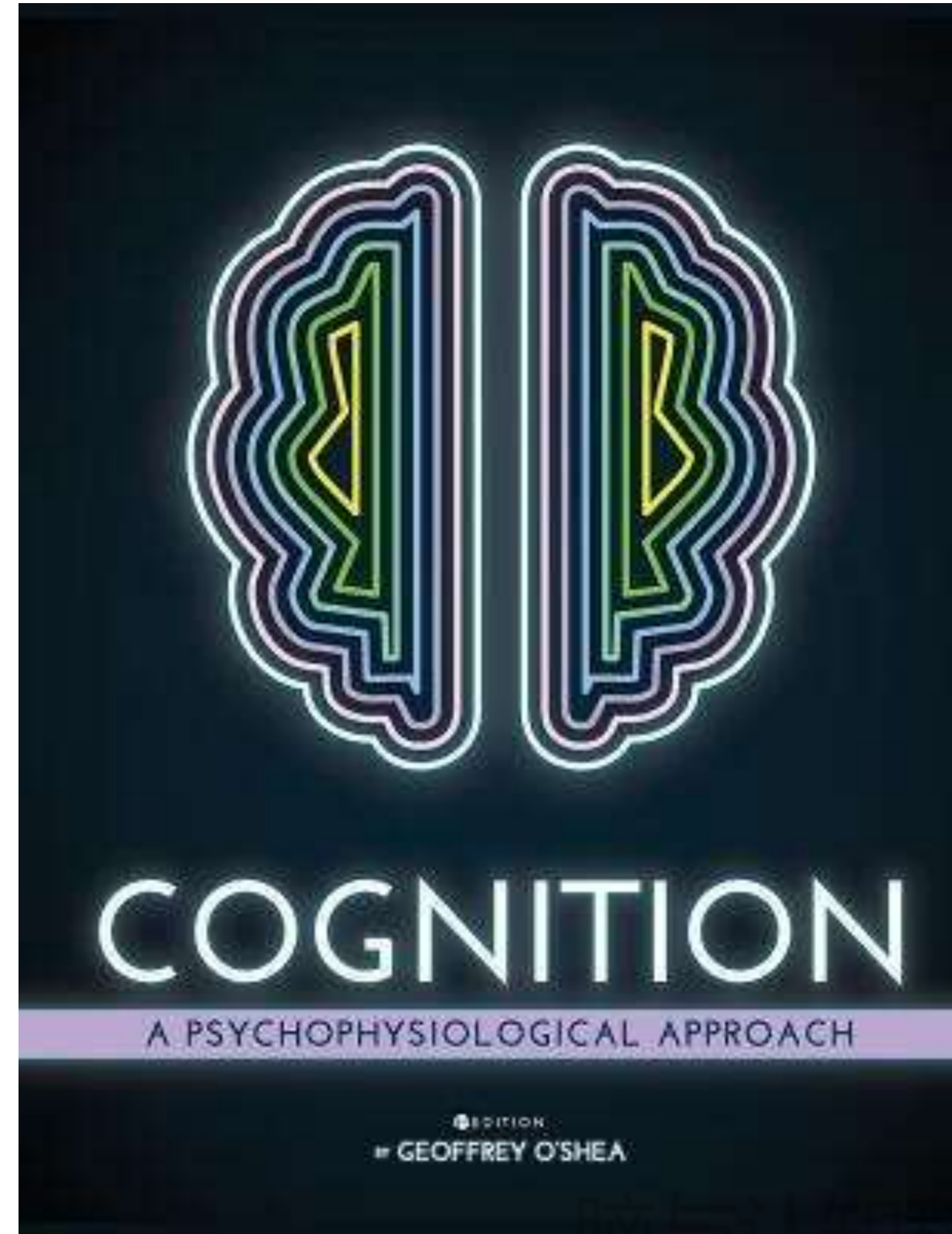
- 知识是如何存储的？
- 我们是如何学习和记忆的？
- 我们的注意能够保持多长的时间？
- 我们为什么会遗忘？
- 我们为什么会产生虚假记忆？
-

认知 (Cognition) 的概念

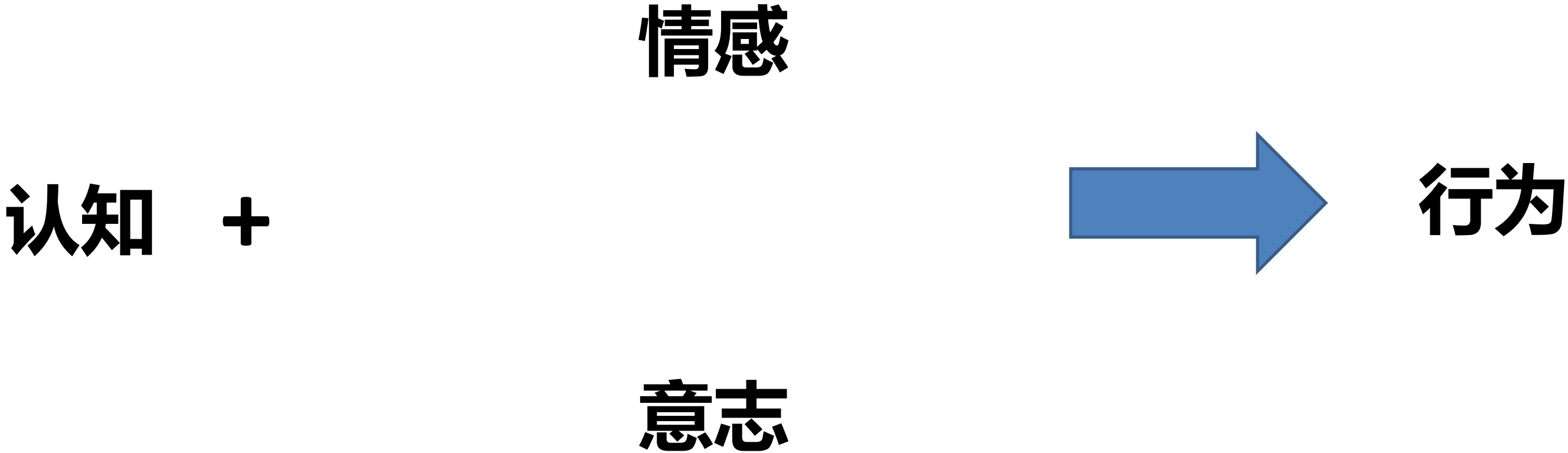
认知：主体自身以及与外界交互中的**能动**和过程的总称。人类的认知活动包括知觉、注意、记忆、语言、推理、思考等多个层次和方面。

认知：人脑的信息加工过程。

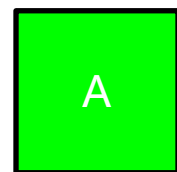
特点：有意识、主动地



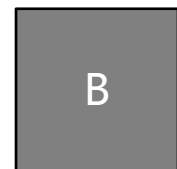
认知 (Cognition) 的概念



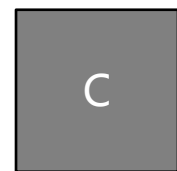
以下哪些行为或过程属于认知？



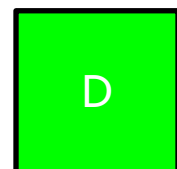
记忆一首歌词



感到快乐



直觉判断某个情况



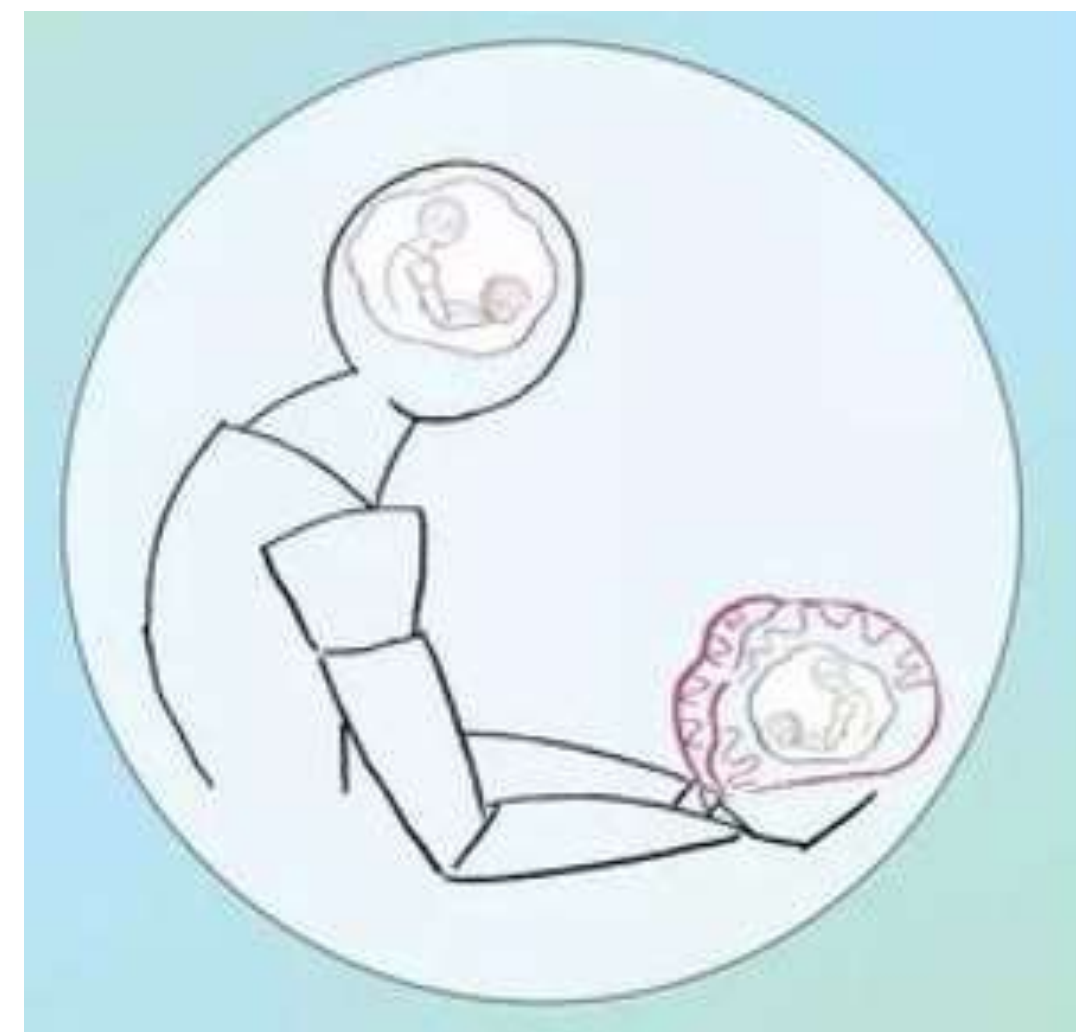
学习新的技能

脑与认知科学

提交

认知与元认知

元认知：对认知的认知。对认知对象、认知过程进行主动的**监测以及连续的调节和协调**，是高级认知的重要内容。



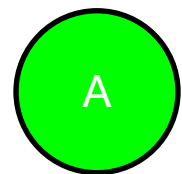
Patrick L. Daubenmire

脑与认知科学

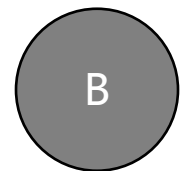
元认知和认知的区别

方面	认知	元认知
对象	外在、具体 (如阅读的对象是文字)	内在、抽象 (主体自身正在进行的认知活动)
内容	对认知对象进行某种智力操作 (对文字辨识和理解进而把握内容)	对认知活动进行调节和监控 (如阅读时修改策略等)
作用方式	直接使认知主体取得认知活动的进展 (阅读文章便可把握大意)	通过对认知活动调控间接影响主体认知活动 (通过自我检查确认主体阅读是否达到预期目标)
发展速度	婴儿期具有一定认知能力	幼儿到学前期仅有肤浅的元认知能力

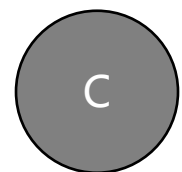
以下哪些行为或过程属于元认知？



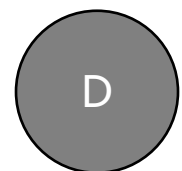
监控自己理解某个概念的能力



体验情感波动



记忆信息的细节

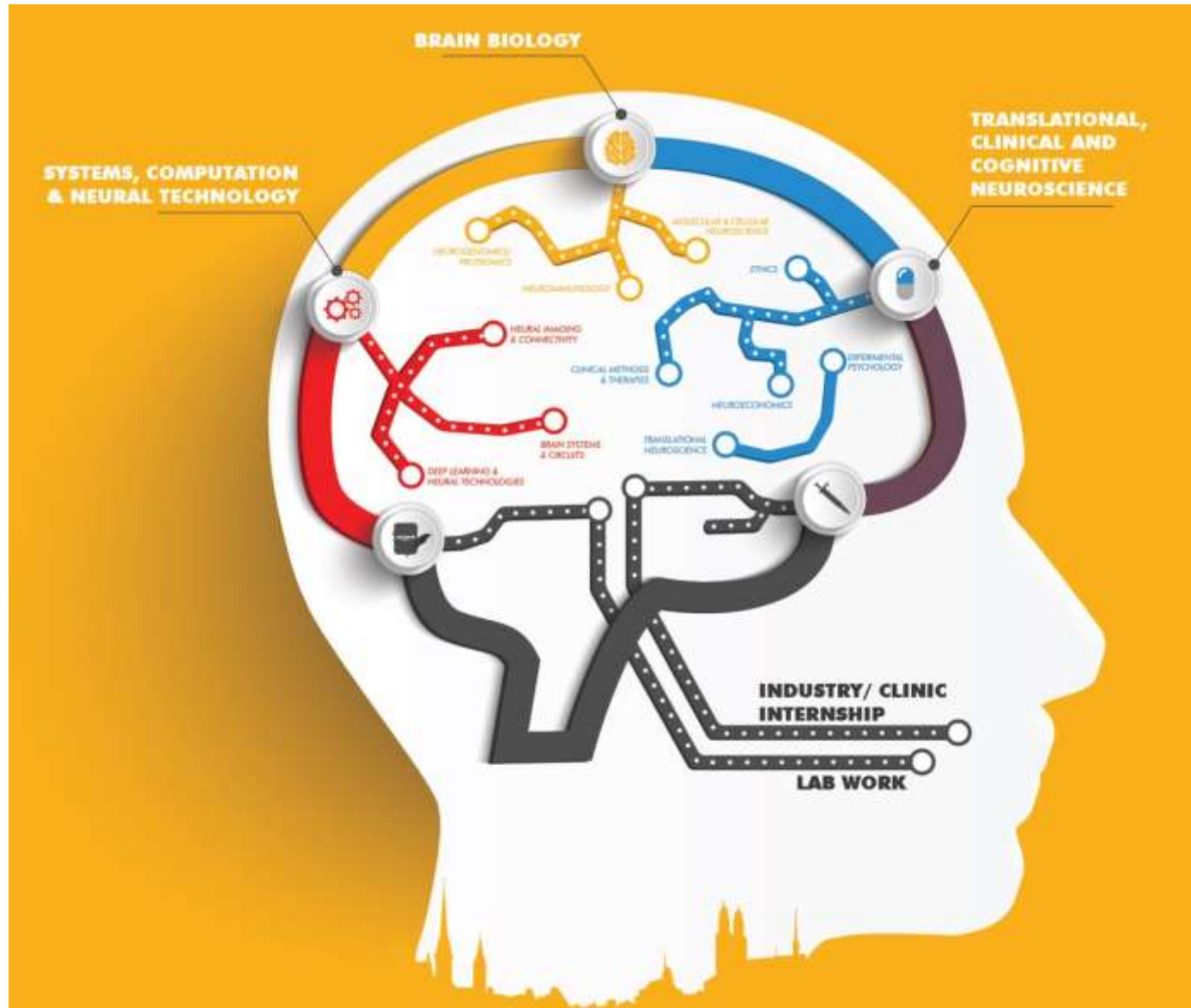


随机选择答案

脑与认知科学

提交

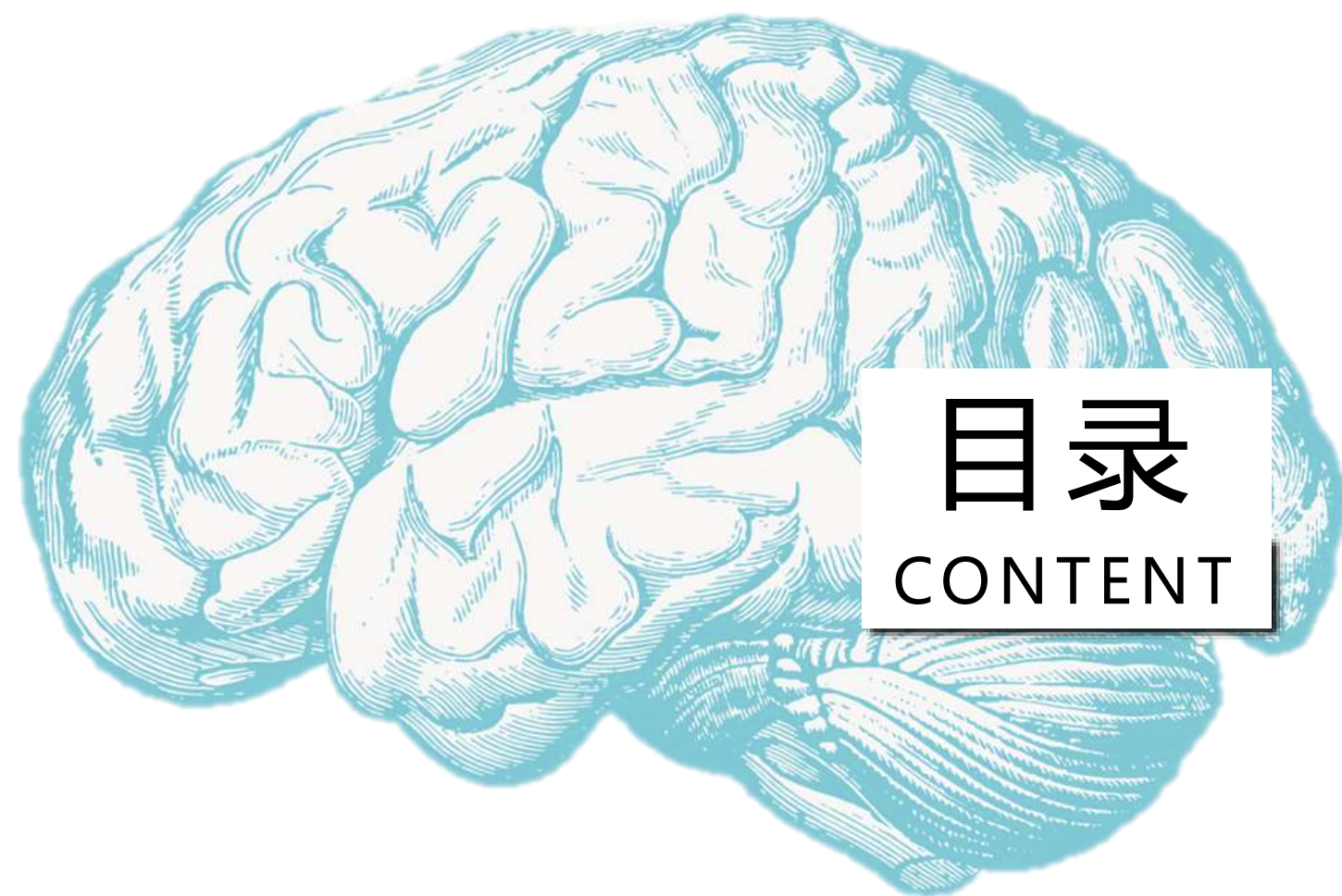
什么是脑与认知科学？（认知神经科学）



一门致力于理解大脑如何工作、大脑结构和功能如何影响行为以及大脑最终如何使我们具有心智能力的学科

Brain and Cognitive Sciences
Cognitive Neuroscience

脑与认知科学



A

什么是脑与认知科学

B

为什么学习脑与认知科学

C

认识我们的脑

D

脑与认知科学简史

脑与认知科学

人工智能学科的诞生

1956年，美国达特茅斯学院开会探讨“如何用机器模拟人的智能”，并首次提出了“人工智能（Artificial intelligence, AI）”的概念，标志着人工智能学科的诞生。

1956 Dartmouth Conference: The Founding Fathers of AI



John MacCarthy



Marvin Minsky



Claude Shannon



Ray Solomonoff



Alan Newell



Herbert Simon



Arthur Samuel



Oliver Selfridge



Nathaniel Rochester

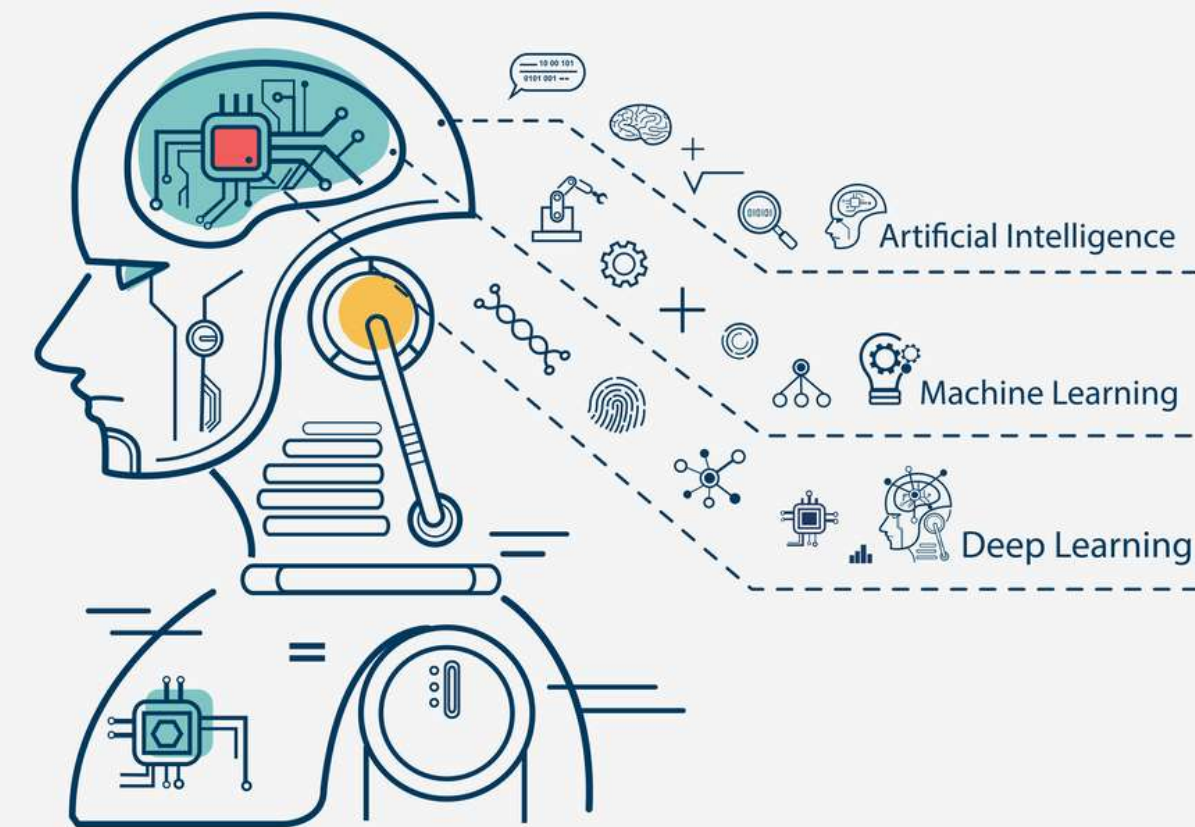


Fred Moore

与认知科学

当前人工智能面临的瓶颈

- 数据瓶颈
- 算力限制
- 泛化能力
- 算法的可解释性和透明度
- 伦理和隐私问题
- 技术风险和安全问题



脑与认知科学

发展新一代人工智能的核心基础科学问题：

新一代人工智能的核心基础科学问题： 认知和计算的关系

Read
more

陈霖

中国科学院生物物理研究所 北京 100101



认知和计算的 4 个方面关系

- 认知的基本单元和计算的基本单元的关系
- 认知神经表达的解剖结构和人工智能计算的体系结构的关系
- 认知涌现的特有精神活动现象和计算涌现的特有信息处理现象的关系
- 认知的数学基础和计算的数学基础的关系

脑与认知科学

人脑：自然智能的高级形态

脑与认知科学帮助我们认识人脑，在万年进化训练后具备低耗能且紧密的复杂网络。人工智能试图了解智能的机理与实质，人脑作为通用智能的唯一样本，为人工智能的发展提供重要参照。

新一代人工智能的基础研究：脑与认知科学

脑与认知科学

一个重要应用：脑机接口

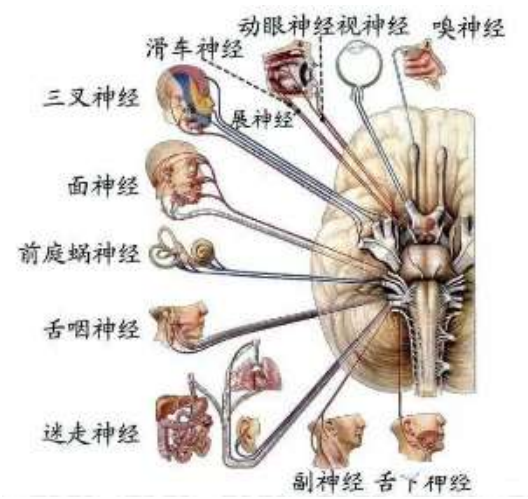
脑与认知科学

自然形式下的人机接口

人



外周神经系统



效应器



行为控制
(运动的输出)

机



操作





眼动仪

脑与认知科学

脑机接口技术 (Brain-Computer Interface, BCI)

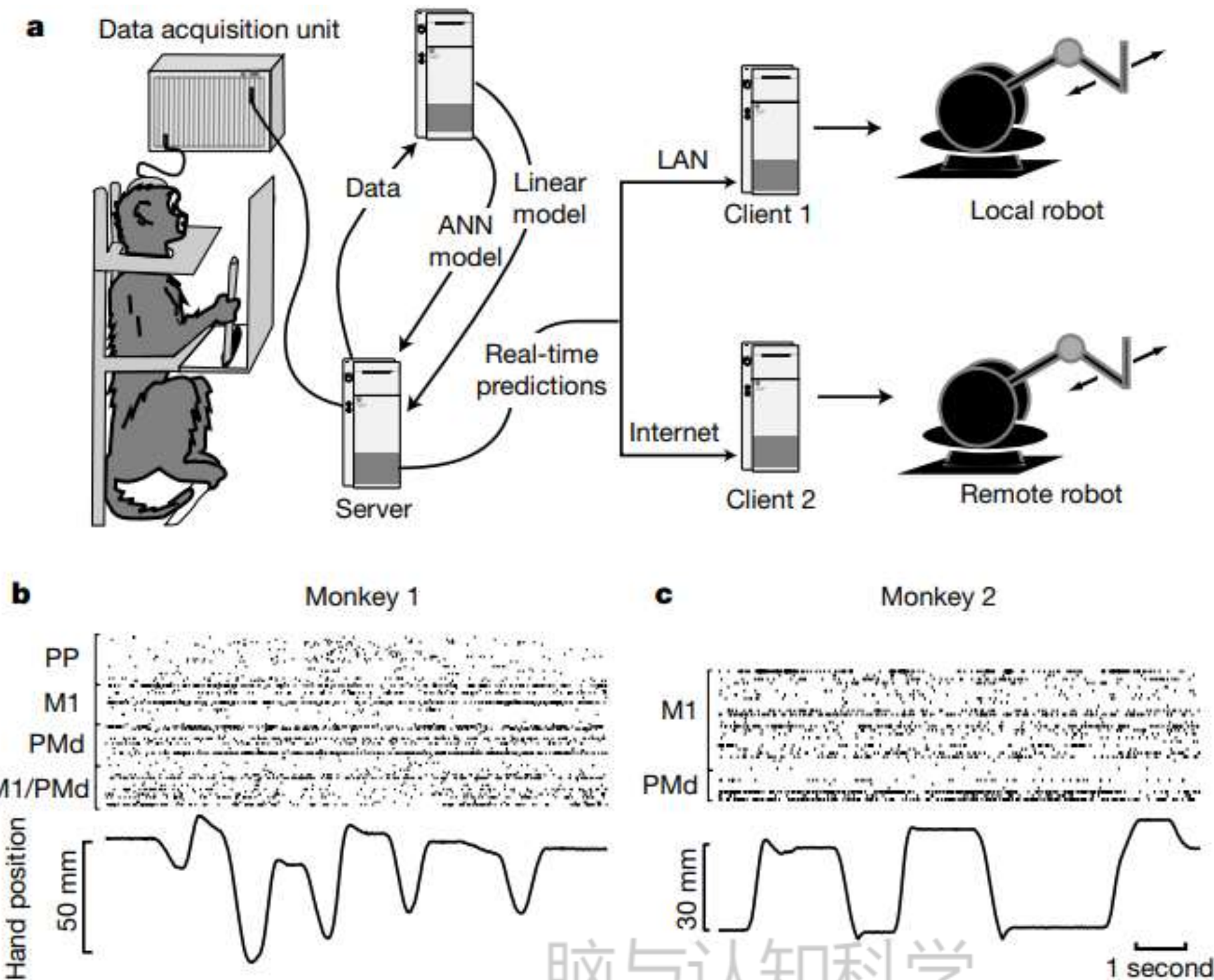
脑机接口技术

- 通过直接在大脑与外部环境之间建立一种**不依赖于外周神经和肌肉的通道**，从而实现大脑与外部设备的直接交互
- 自然接口：自然进化塑造了视听等感官以及运动、语言等作为脑与环境进行信息交互的自然接口  **大脑-肢体-外部设备**
- 脑机接口：通过对于脑活动信息的检测和调控，在脑与外部世界建立直接的信息通讯接口直接建立**大脑-外部设备**  **大脑-外部设备**

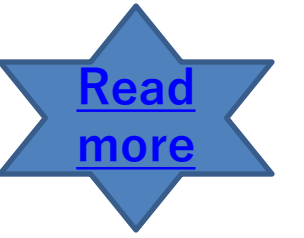
脑机接口的重要事件

2000年，nature杂志首次报道从恒河猴大脑皮层成功获得脑电信号，并在机械臂上再现了猴子的伸手和抓握动作。核心在于实现了“猴子想，机器人执行”。

这项研究是脑机接口领域的重要里程碑，展示了从猴子大脑中获取脑电信号并实时控制机器人的可能性。



脑机接口的重要事件



2012年，脑机接口设备协助瘫痪病人实现对机械臂进行操控

脑与认知科学

脑机接口的重要事件

In this video demo, we decode the participant's intended responses directly from his brain activity.

UCSF

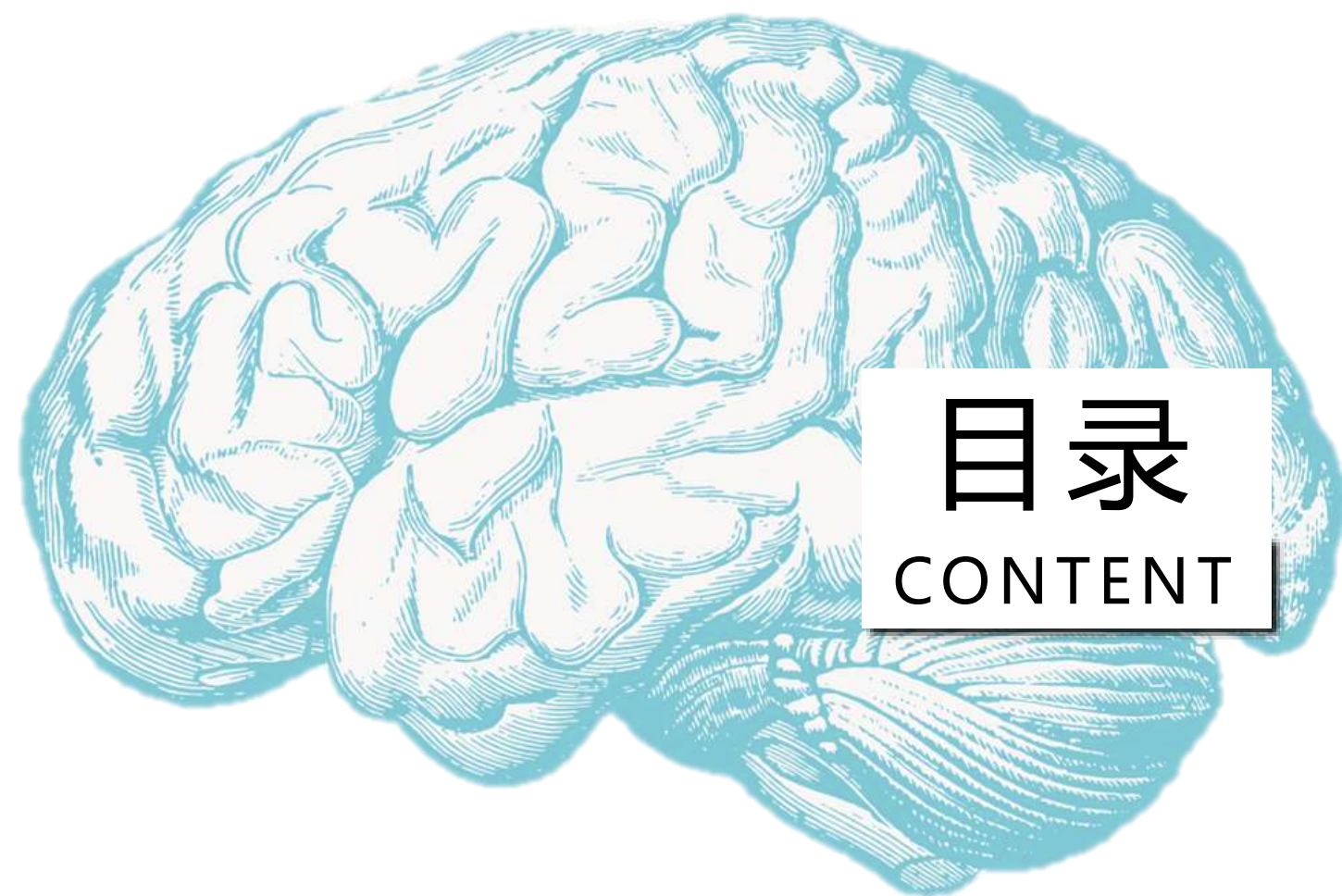
解码瘫痪合并构音不全患者的语言



人脑与计算机的区别

脑与认知科学

作答



A

什么是脑与认知科学

B

为什么学习脑与认知科学

C

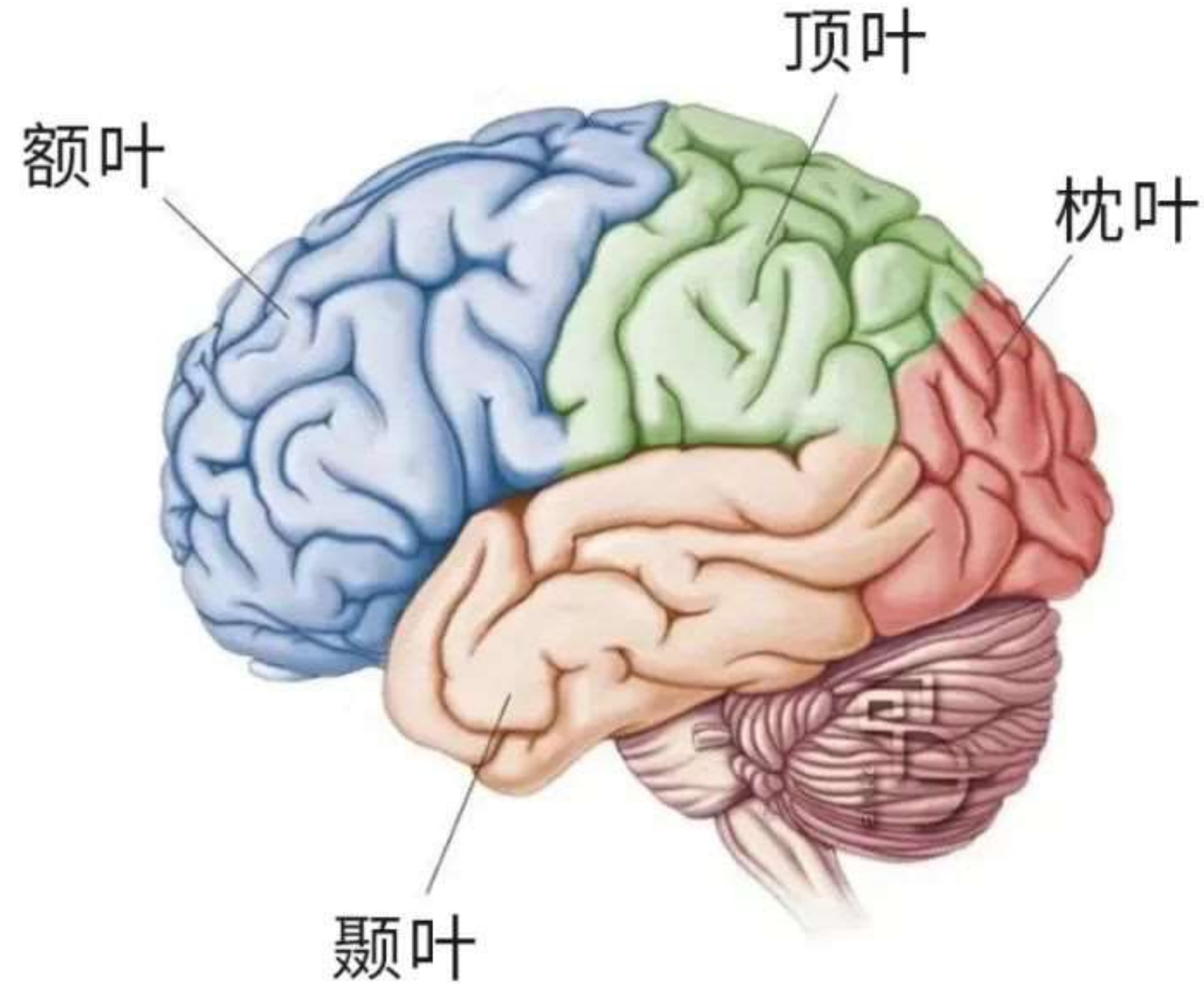
认识我们的脑

D

脑与认知科学简史

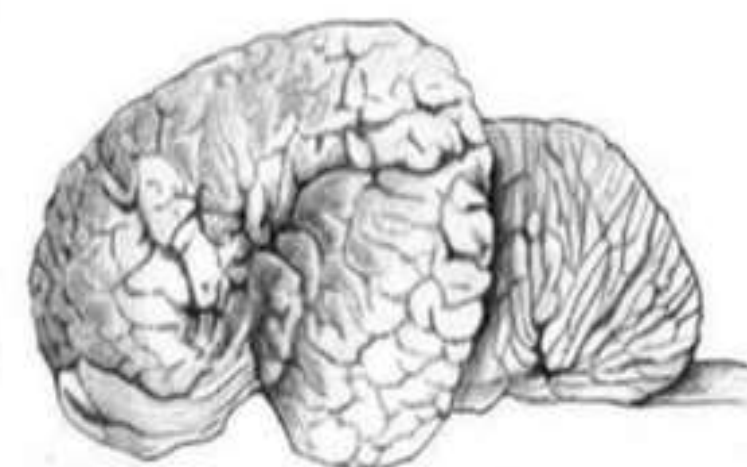
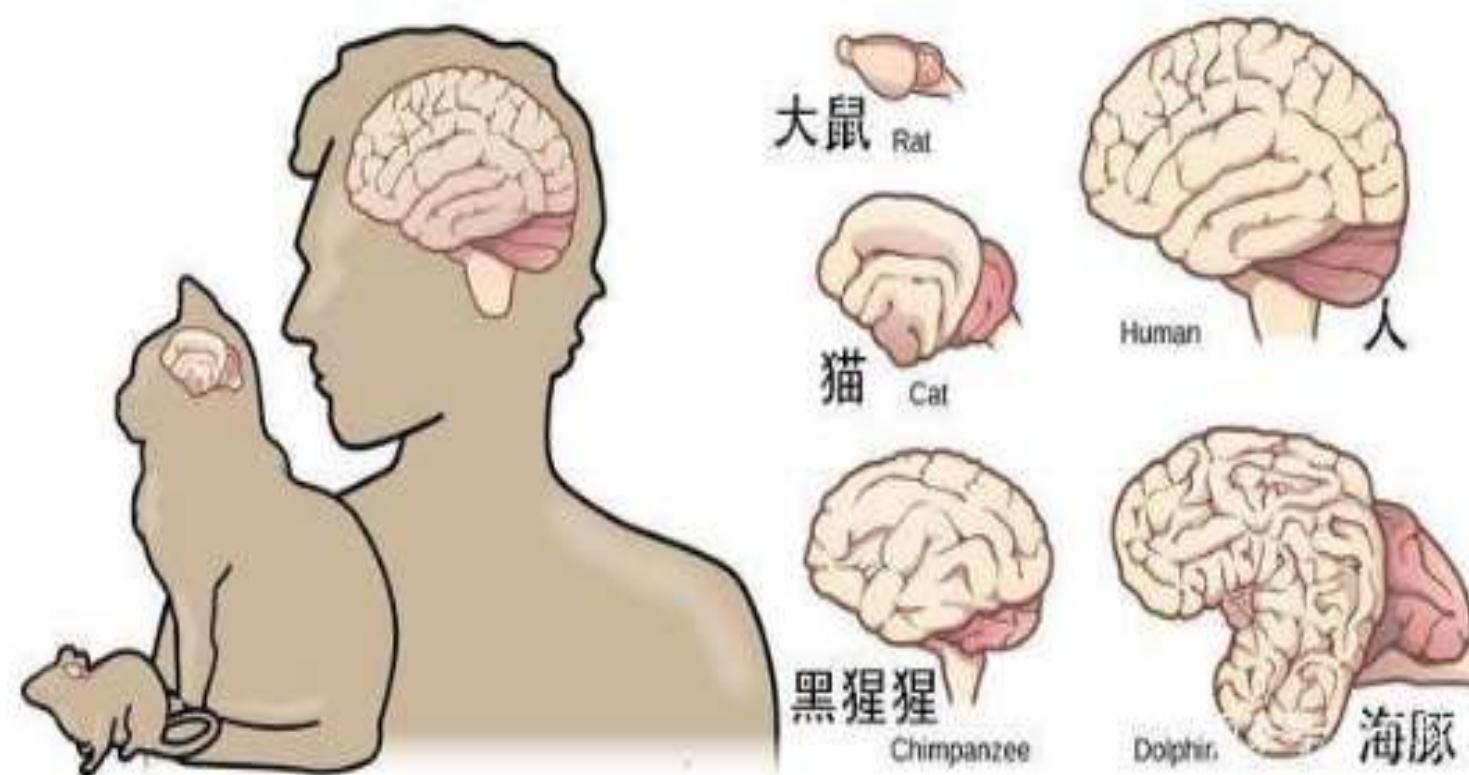
脑与认知科学

从表面宏观形态看脑的结构



脑侧视图

人脑与其它动物脑的比较



脑与认知科学

从磁共振影像看脑的结构

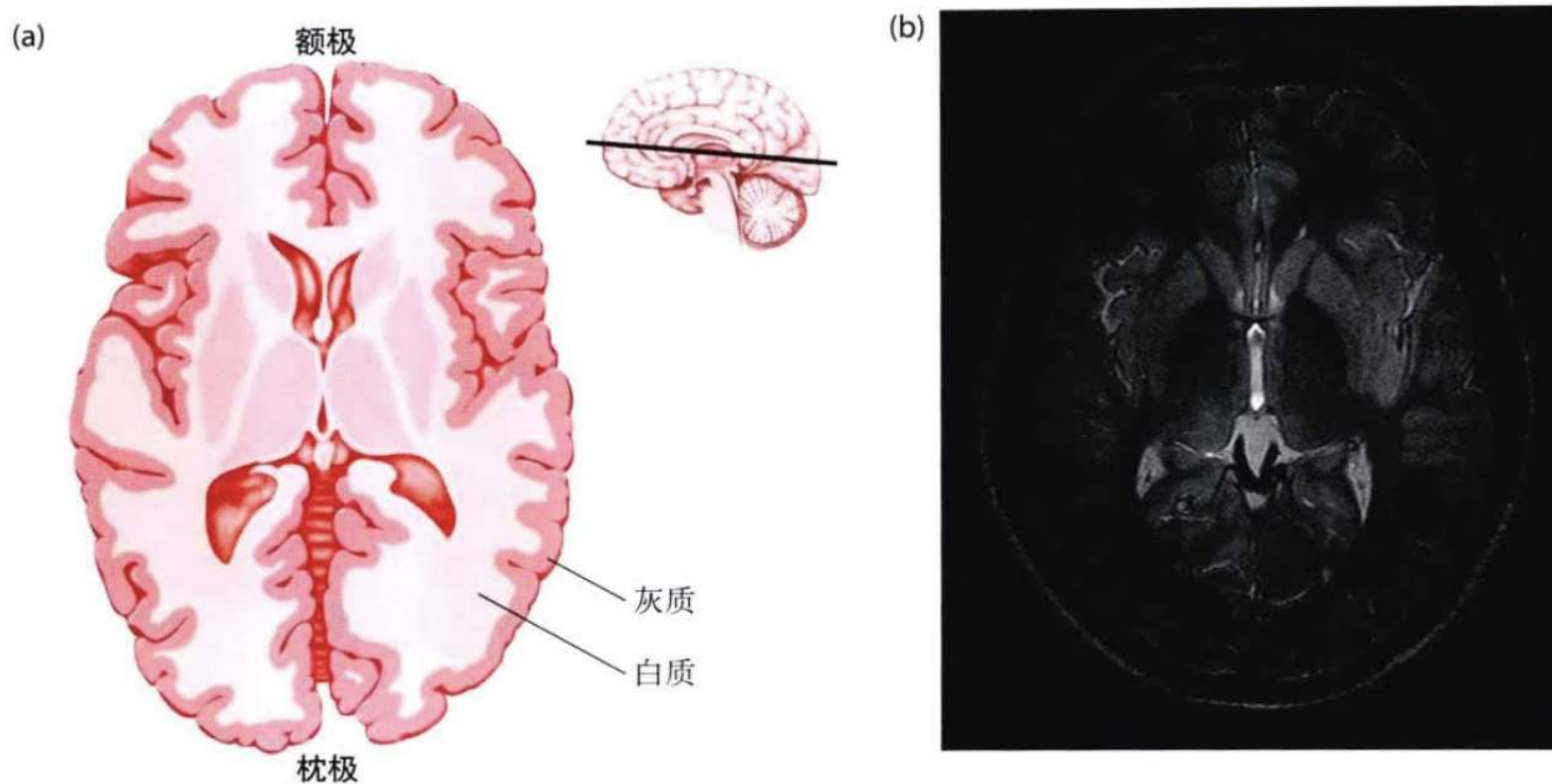


图 3.9 (a) 为沿着右图中的黑线对脑进行横切形成的水平切面。图中显示的白质是由髓鞘化的轴突组成的，而灰质则主要由神经元组成。本图中的灰质在两个半球表面形成高度折叠的连续体。(b) 为与 (a) 相近的一个切面，是用高分辨率的 MRI 得到的人类大脑的结构像。这一 T2 图像是用 4 特斯拉的扫描仪（高场强的扫描仪）以 512×512 的矩阵得到的。在 T2 图像中，白质的颜色比灰质的颜色更深，并能够显示出颅骨和头皮。

微观结构

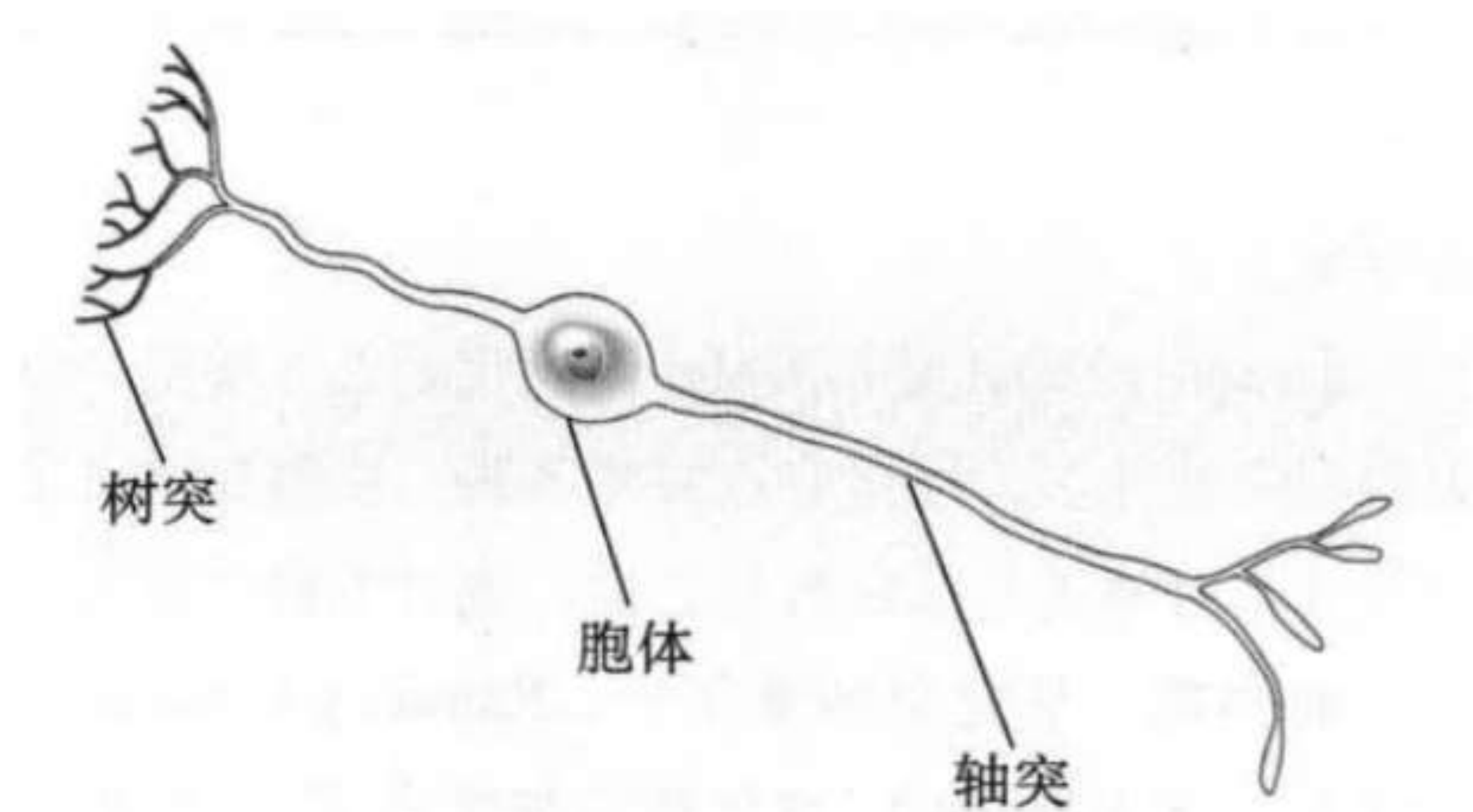


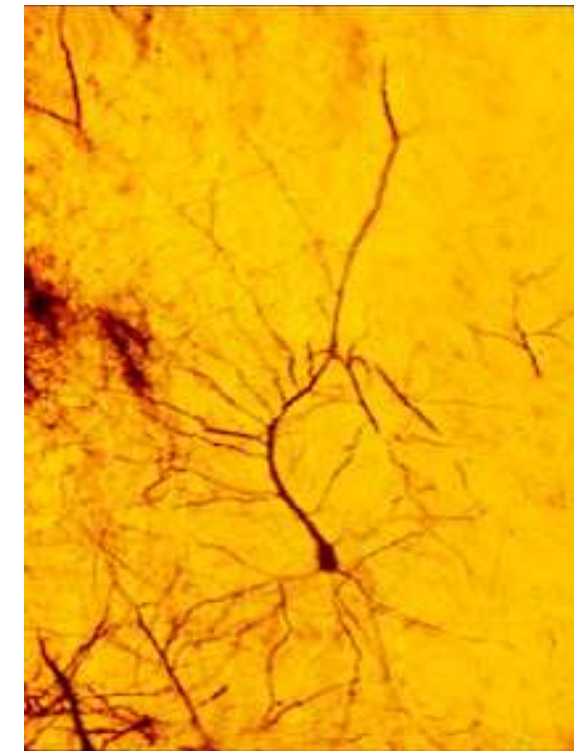
图 1.13 一个视网膜双极细胞，图中标出了该神经元的轴突和树突。

神经解剖学：脑的微观结构单元—神经元

- 意大利人Golgi发明了一种向**单个神经元**注入银的染色法（golgi染色）
- 认为大脑是个**合胞体**，是一团共用一个细胞膜的连续组织（神经网络理论）



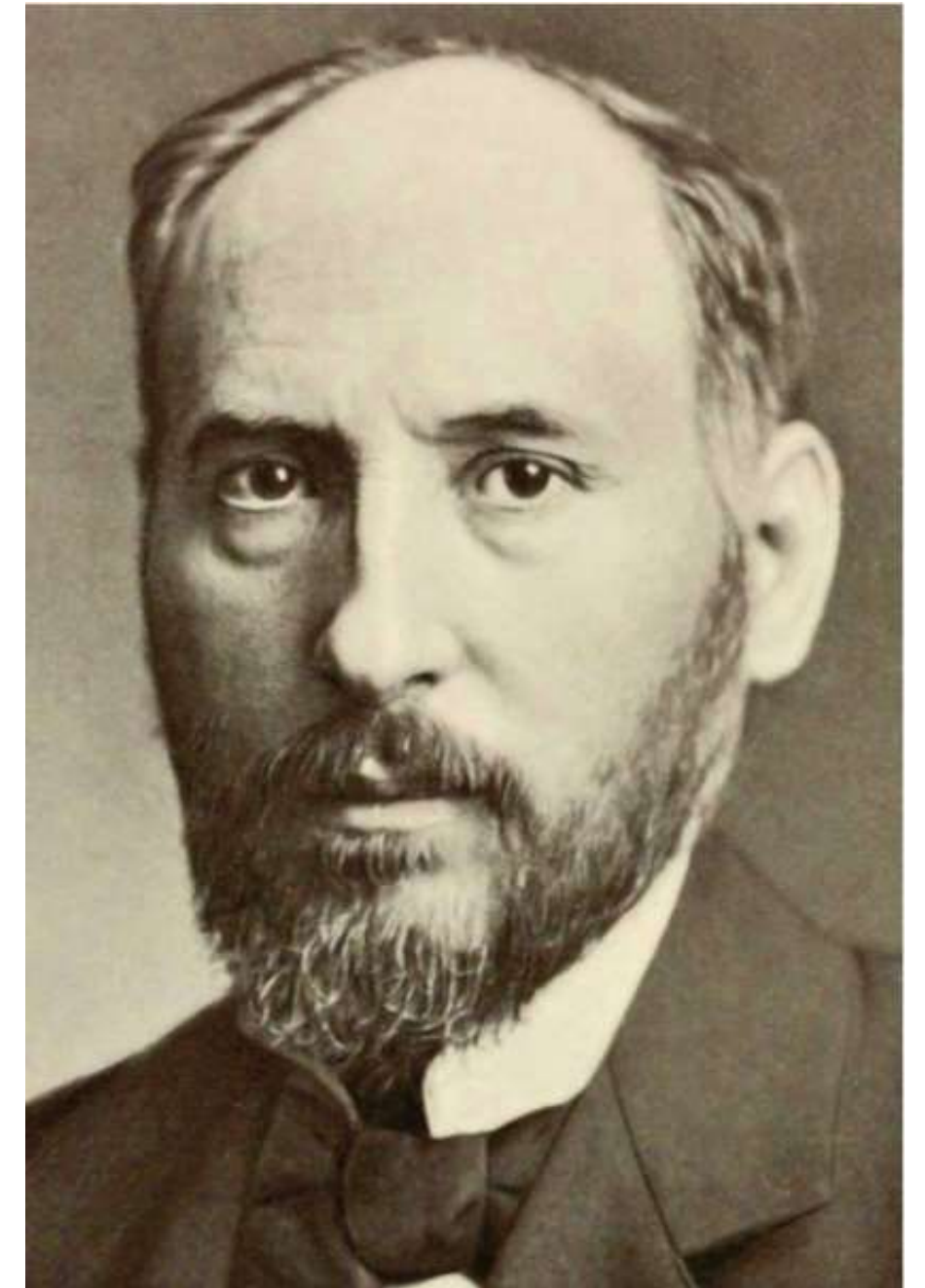
Camillo Golgi
(1843-1926)
诺贝尔奖得主



Golgi 染色

神经解剖学：脑的微观结构单元—神经元

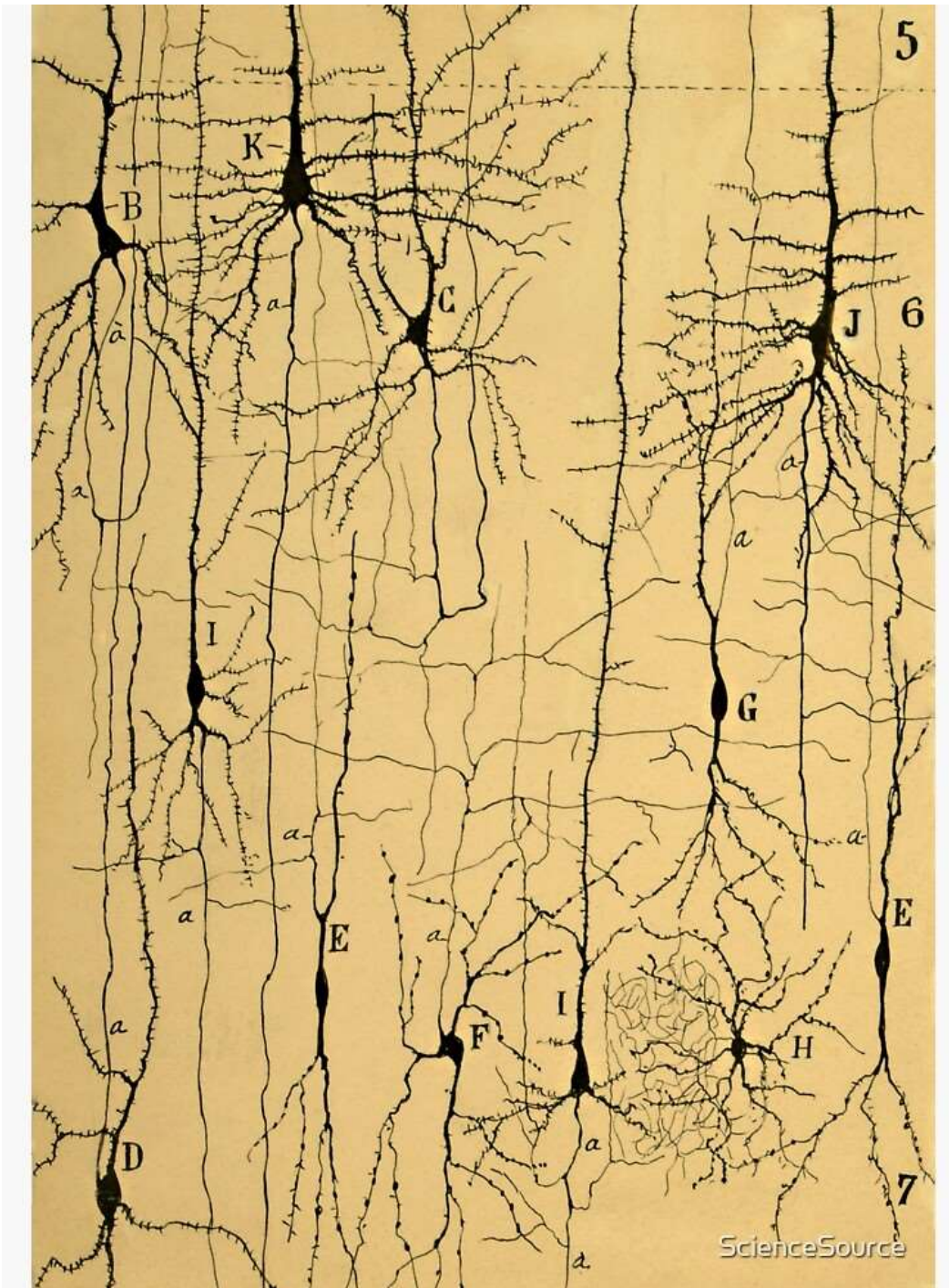
- 利用高尔基染色研究了许多脑区的神经元形态和不同脑区的细胞构筑（cytoarchitecture）
- **首位鉴别出神经元单一性的人**
- **神经元内的电传导是单向的，只能由树突传到轴突**
- 第一个阐明**神经元学说**的人：提出脑内的神经元细胞间的信息传递方式可能是通过某种接触的方式（突触传递）
- 20世纪50年代电镜发明后，这一学说得到最终证实



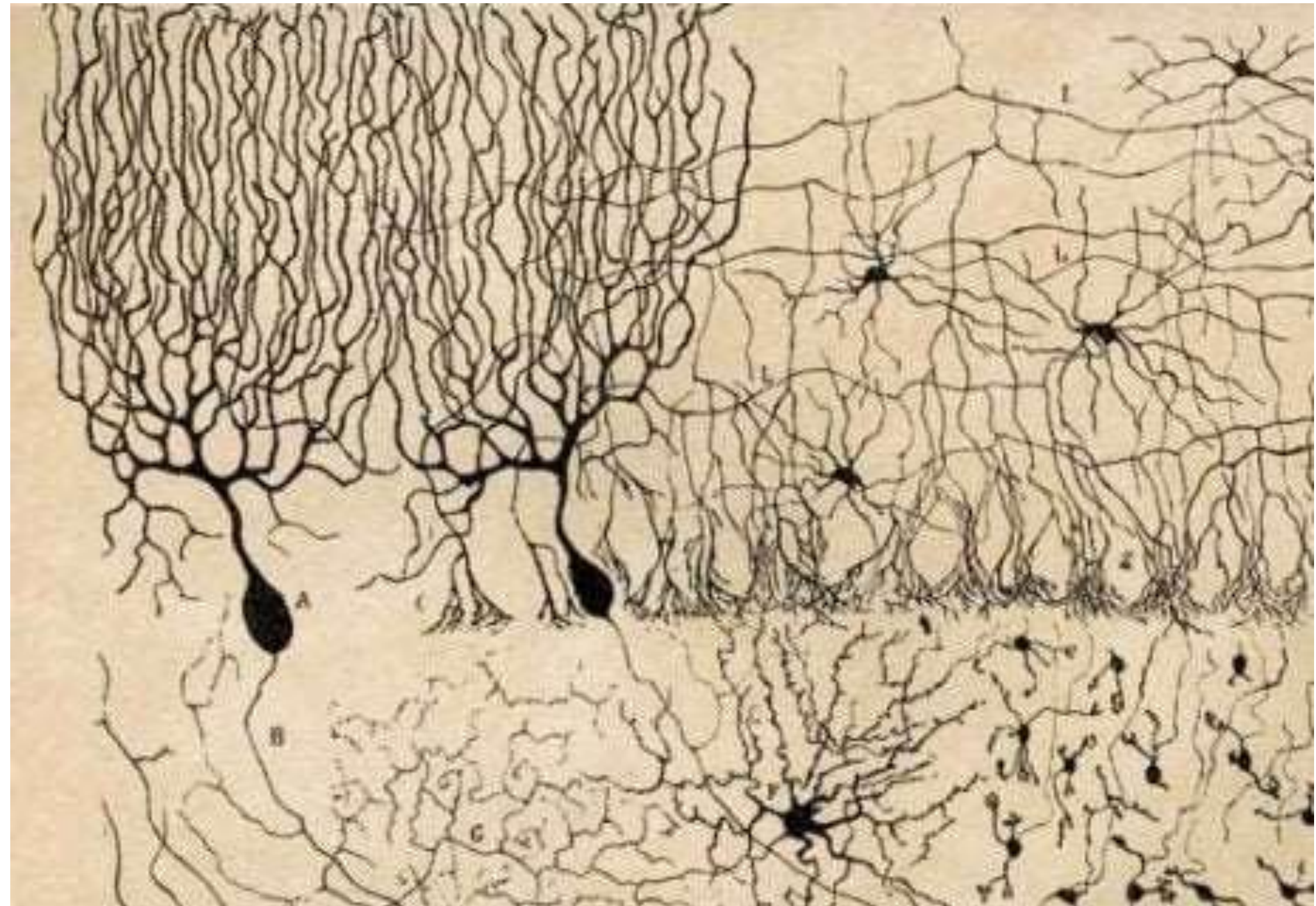
Santiago Ramón y Cajal
(1852–1934)
诺贝尔奖得主

脑与认知科学

Cajal对大脑的描绘: the beautiful brain



不同类型的神经元



Purkinje neurons
浦肯野神经元

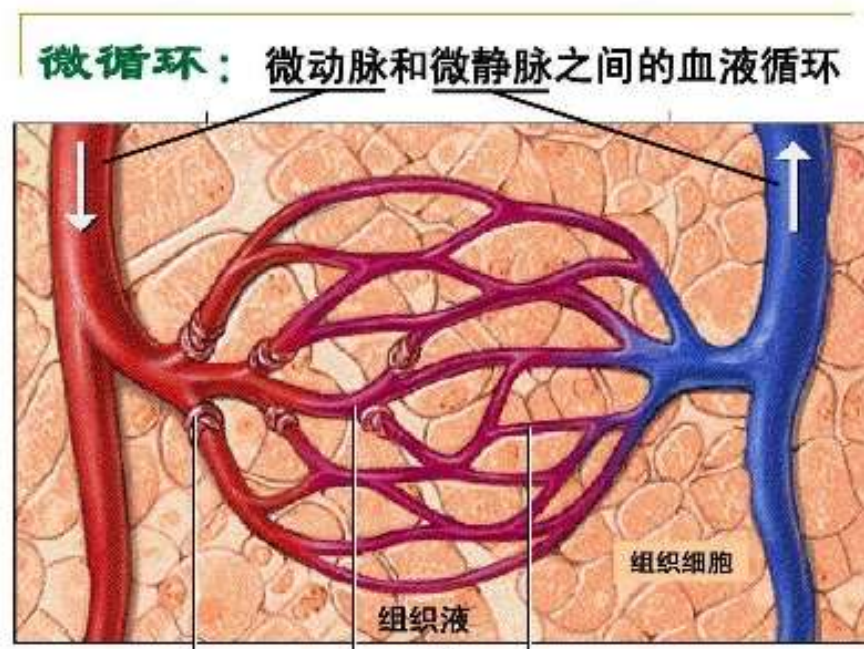
神经网络理论 VS 神经元学说

神经网络理论 (Reticular Theory)

- 不同神经元的突起相互融合形成连续的网状结构
- 认为大脑是个合胞体，是一团共用一个细胞膜的连续组织



Camillo Golgi.
(1843-1926)



神经元学说 (neuron doctrine)

- 神经元是神经系统的结构单位
- 这些细胞单位在解剖上是分离的，通过特定的结构接触而不是相互贯通的

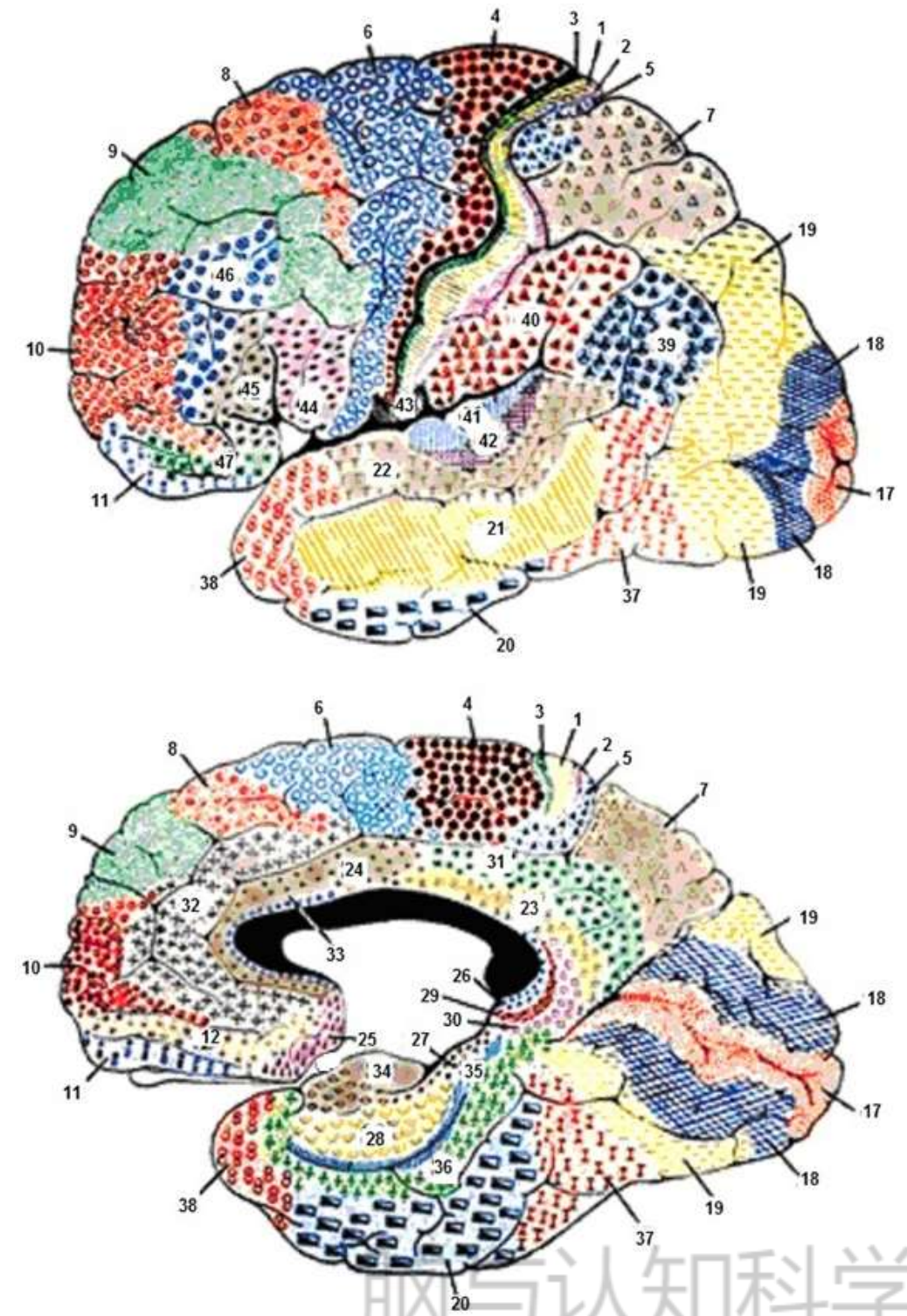


Santiago Ramón
y Cajal
(1852-1934)

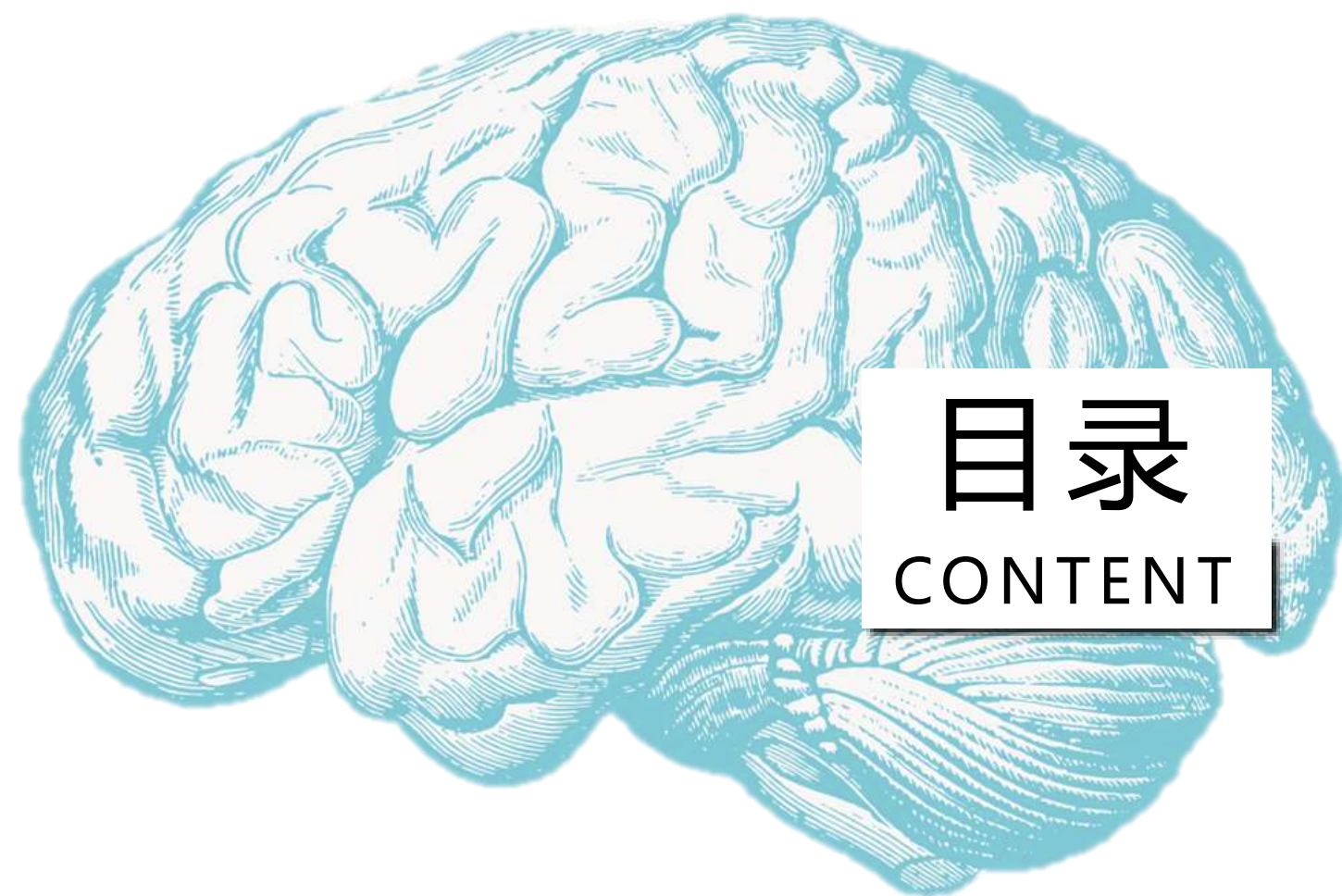
脑与认知科学

细胞结构学（cytoarchitectonics）:脑区的细胞构筑

德国神经解剖学家Korbinian Brodmann采用组织染色法将大脑划分为51个不同的区域，探讨不同脑区间细胞如何不同



Brodmann基于细胞结构和排列的大脑分区



A

什么是脑与认知科学

B

为什么学习脑与认知科学

C

认识我们的脑

D

脑与认知科学简史

脑与认知科学



1650 年的某一天，
Anne Green 被处以绞刑。
被确认死亡后，由
Thomas Willis 和
William Petty 医生运走，
准备**解剖**以供医学研究。
但是...

脑与认知科学

神经病学家与解剖学家

Thomas Willis是第一个将异常行为与脑结构变化联系起来的解剖学家

- 创造了“神经病学neurology”这个术语
- 发现偏瘫与脑干部分损伤有关
- **首先提出特定的脑损伤与特定行为缺陷有联系**



Thomas Willis (1621–1675)
临床神经科学创始人之一

颅相学 (phrenology)

受Thomas Willis以特定脑区损伤将影响行为观点

(定位主义, localizationist) 的影响:

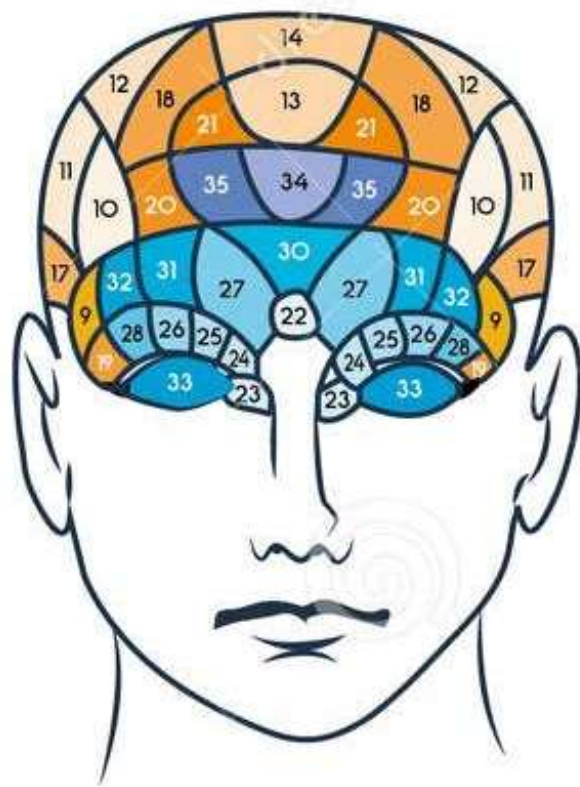
- 由Franz Joseph Gall和J. G. Spurzheim领导
- 大脑有35个左右的特异性功能, 这些功能由特异性的脑区负责
- 如果一个人比其他人更经常地使用某种能力, 那么其大脑代表这项能力的部分就会长大
- 这种大脑的局域生长会导致其上头骨的突起



Franz Joseph Gall (1758-1828)
奥地利内科医生、神经解剖学家

脑与认知科学

颅相学 (phrenology)



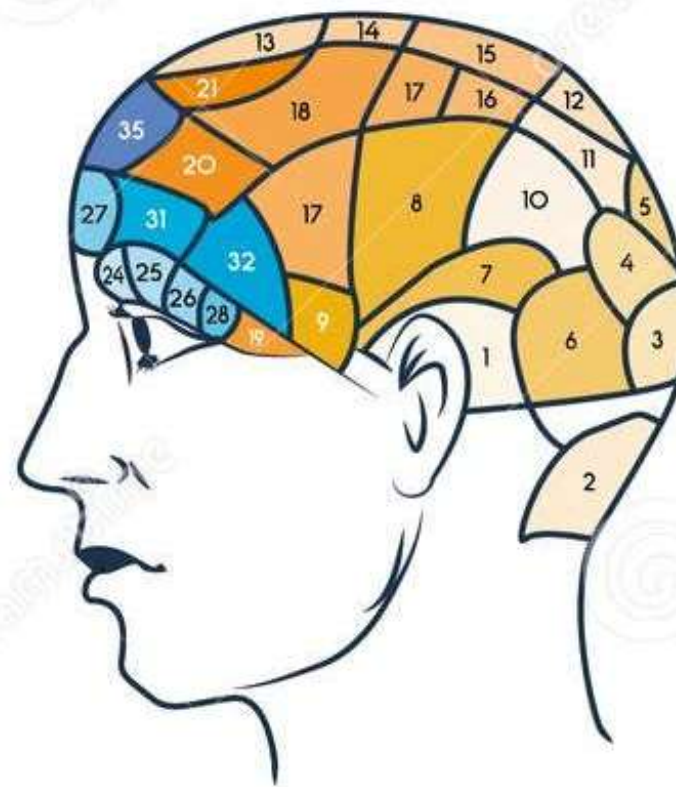
Emotions

Propensities

1. Destructiveness
2. Attractiveness
3. Love for children
4. Adhesiveness
5. Constancy
6. Combativeness
7. Secretiveness
8. Susceptibility
9. Constructiveness

Feelings

10. Cautiousness
11. Comfort
12. Self-esteem
13. Benevolence
14. Veneration
15. Firmness
16. Conscientiousness
17. Hope
18. Wonder
19. Ideality
20. Joy
21. Imitation



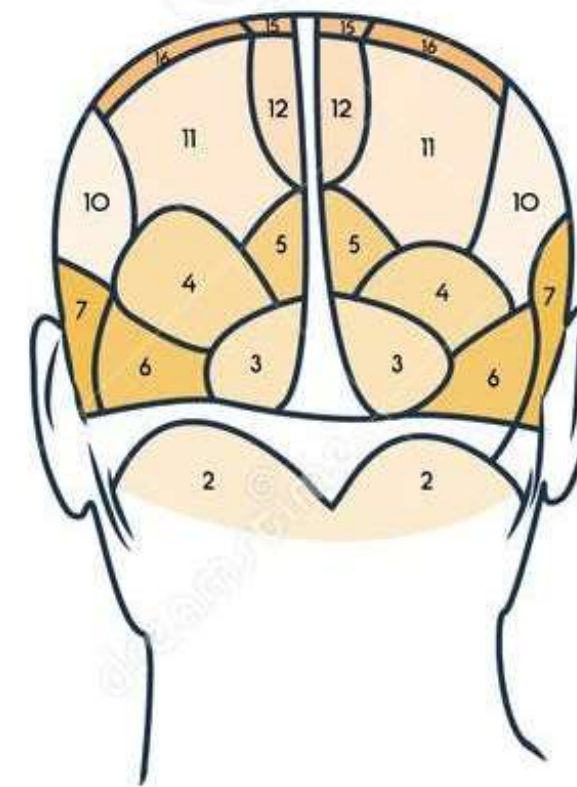
Intelligence

Perception

22. Individuality
23. Form
24. Size
25. Weight & steadiness
26. Coloring
27. Locality
28. Order
29. Number
30. Eventuality
31. Time
32. Tune
33. Language

Reflexivity

34. Comparison
35. Causality

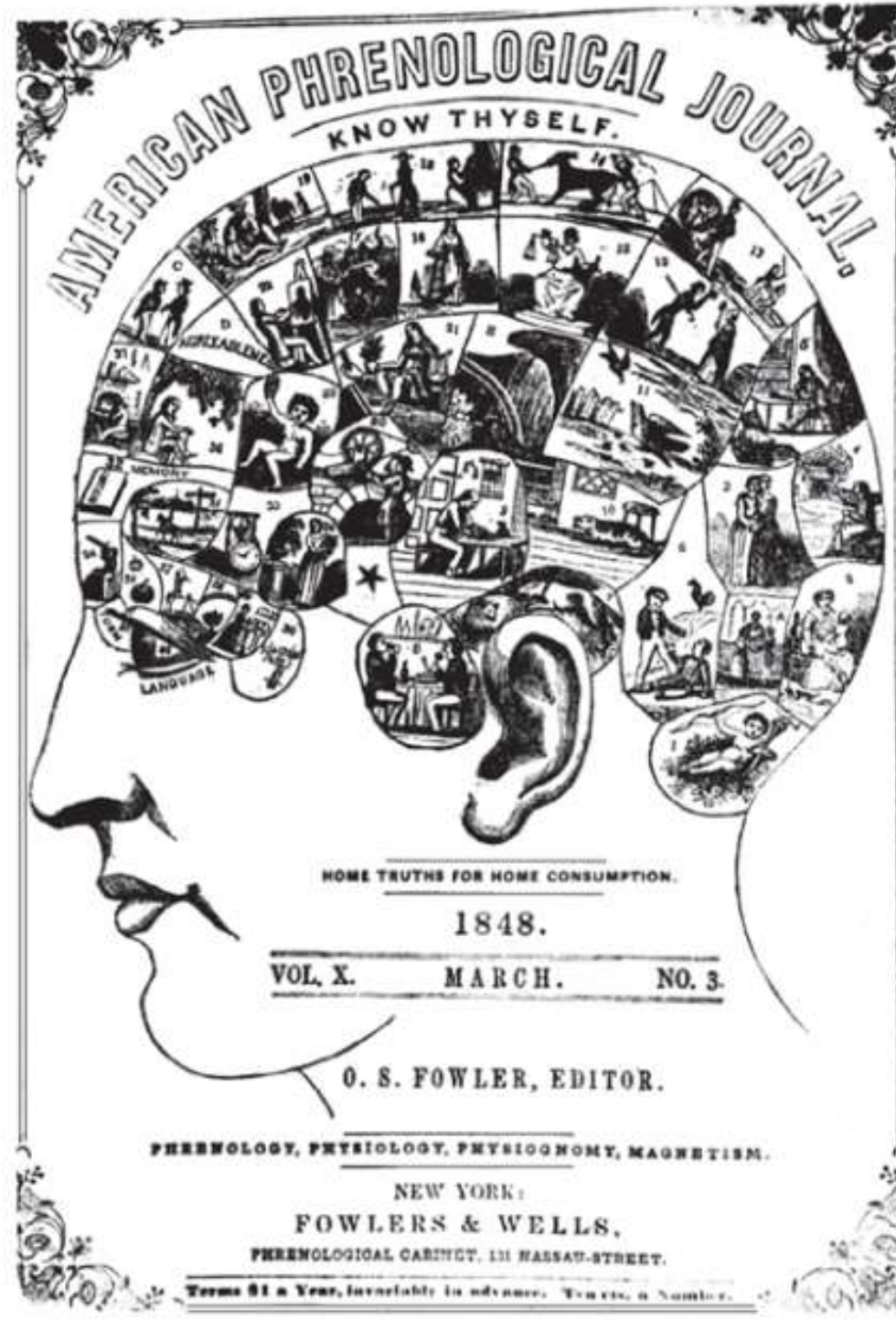


脑与认知科学
Phrenology

颅相学 (phrenology)



对美国总统进行的 的颅相学分析



颅骨上人格特征分布 的颅相学图



论婚姻和睦与颅相关系的著作



天庭饱满是否是颅相学？

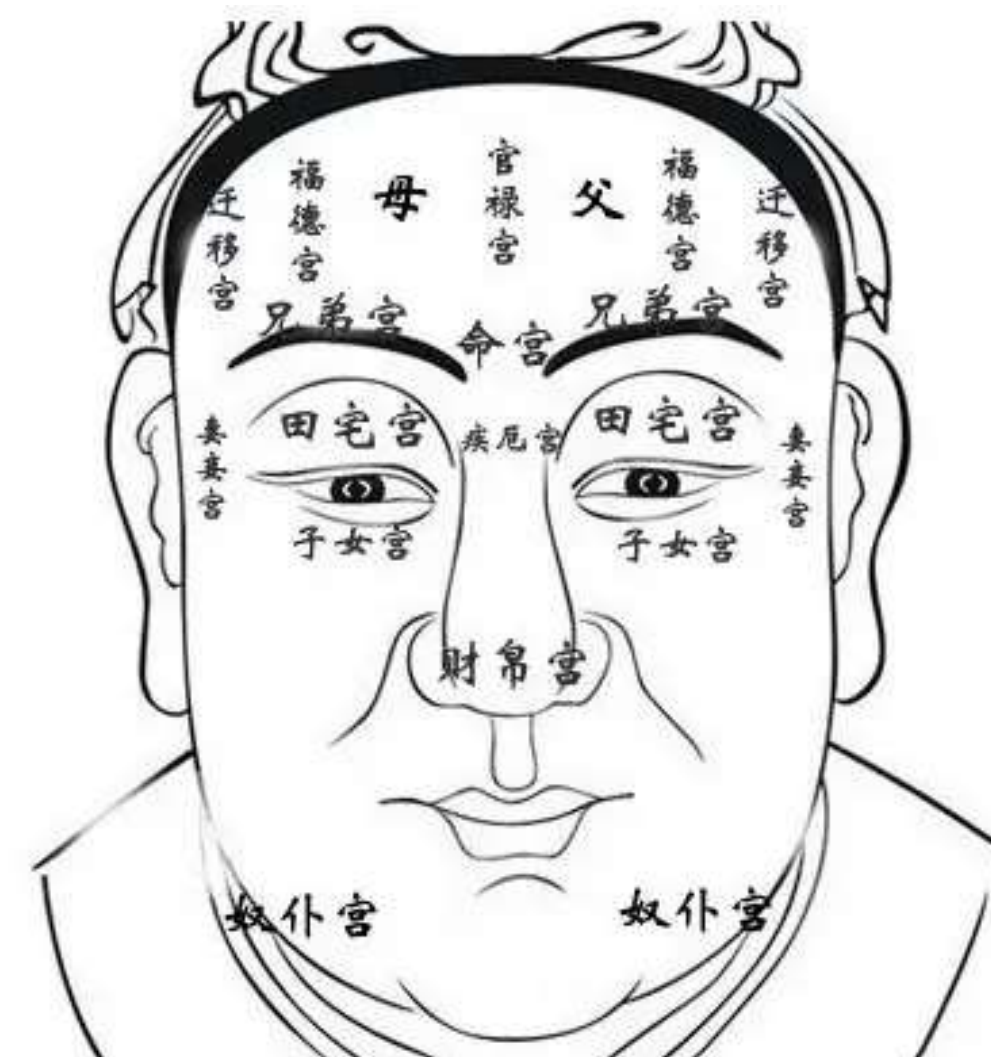
脑与认知科学

作答

天庭饱满

- 额头上、中、下部都长得宽大、均匀且较突出

一般来说，前额叶参与高级认知加工过程，推理、执行控制能力等



脑与认知科学

颅相学 (phrenology)

颅相学影响了19世纪精神病学与现代神经科学的发展。继承了Willis 经过科学检验的观念：**不同的大脑功能存在于分立的脑区，奠定了现代神经科学的基石。**



Franz Joseph Gall (1758-1828)
奥地利内科医生、神经解剖学家

脑与认知科学

布洛卡与失语症

法国Paul Broca 报告了史上最著名的神经学案例

- 这位病人可以理解语言，但不能讲话
- 这位病人可以说一些东西，单词tan
- 他的病人脑损伤的确切位置是左侧额叶下部（Broca区）
- 这项发现影响深远，特定脑区的损伤导致了特定语言功能的障碍



Paul BROCA, 1865



Brain of the
patient of Paul
Broca who died
1865



威尔尼克与失语症

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)

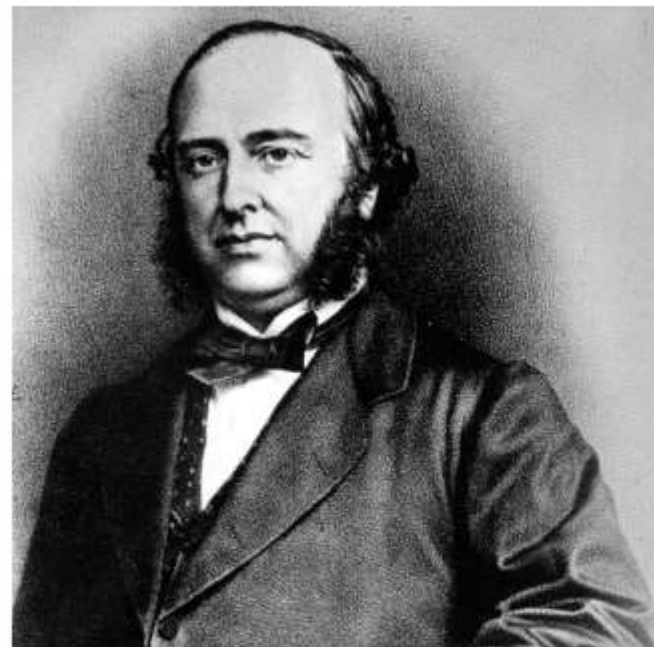


布洛卡与威尔尼克失语症

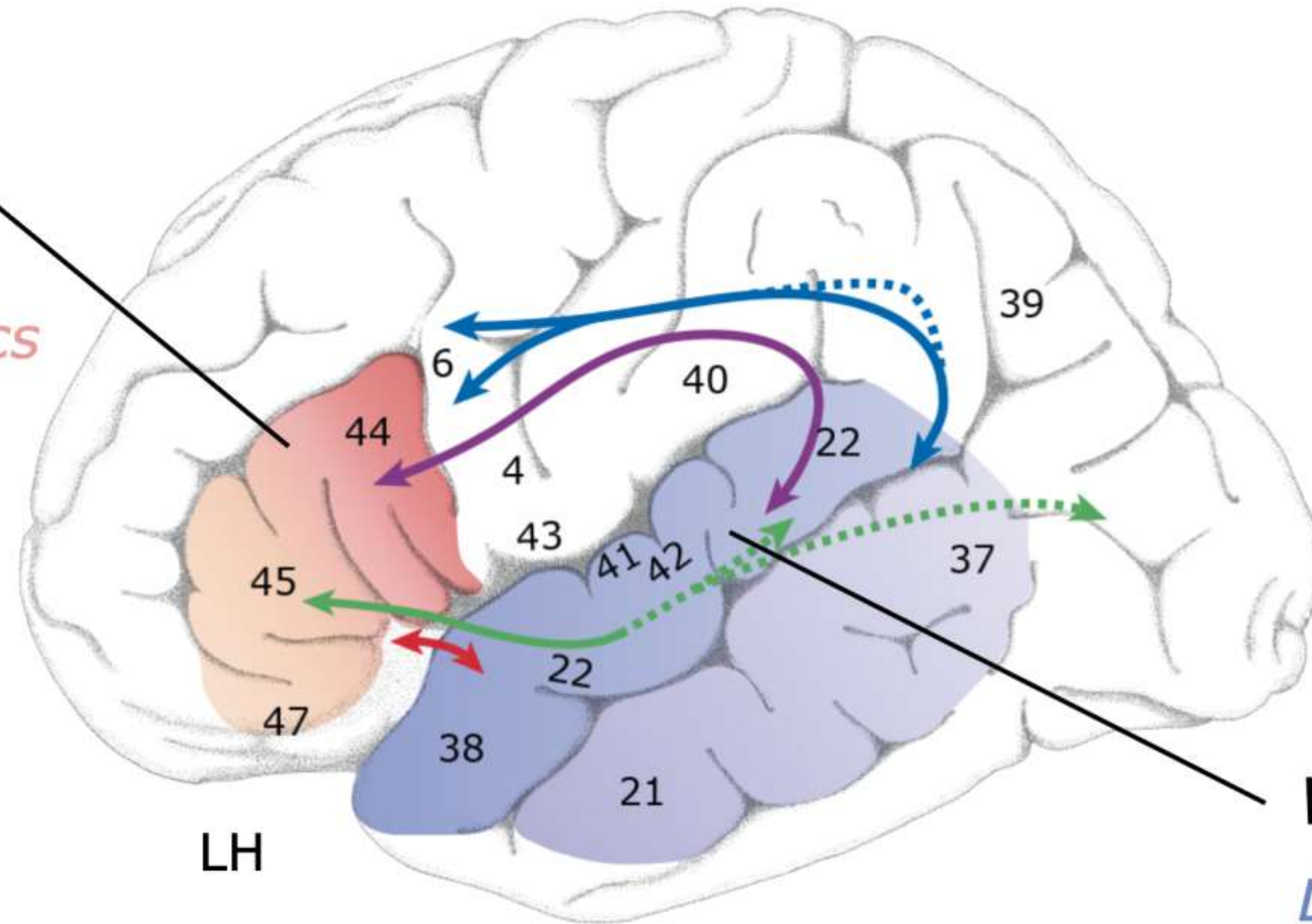
Broca's area

BA 44 *Syntax*

BA 45 *Semantics*



Paul Broca, 1865



Carl Wernicke, 1874

Wernicke's area

Lexicon

脑与认知科学

思考？

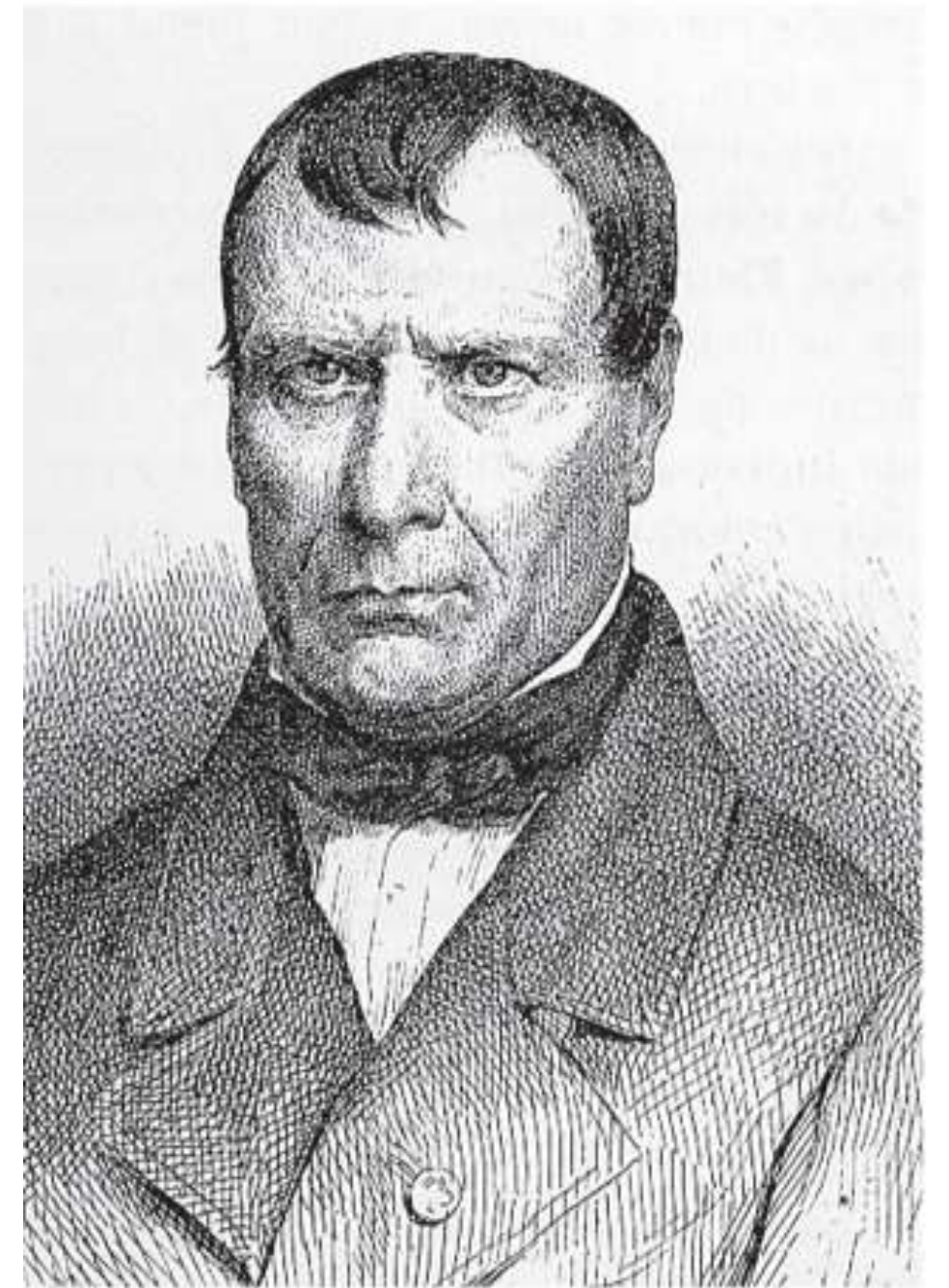
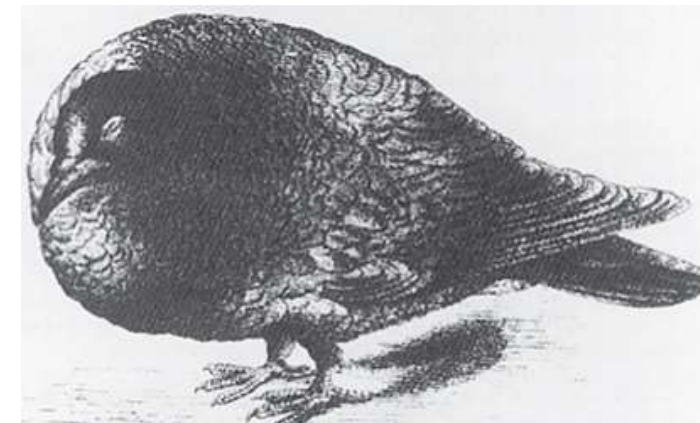


心智是由整个大脑以整体方式工作而产生的，还是由大脑各特异性部分相互独立（至少部分地）工作而产生的？

聚集场理论 (aggregate field theory)

语言和记忆这种专门化的加工由一些特定的脑区完成的观点遭到反对：

- 鸟类研究发现，特定脑区受损病不引起特定的行为缺陷
- **大脑作为一个整体参与行为**
- **一切的感觉，一切的知觉，一切的意志占据了同一个器官。这样，感觉、知觉和意志的官能实际是同一种官能**



Marie-Jean-Pierre Flourens
生理学家 (1794–1867)

英国神经病学家Jackson的发现

- 注意到病人很少彻底丧失一项功能
- 大脑的许多区域都参与到一项行为中



John Hughlings Jackson
英国神经学家(1835-1991)



大脑的定位学说是完全正确的吗？

脑与认知科学

作答

大脑的定位学说是完全正确的吗？

- 尽管特定的神经区域负责某项独立的功能，但这些区域组成的网络以及它们之间的相互作用才是产生人类表现出的整体、综合性为的原因
- 关于“部分”的认识必须在它们与整体的关系中被理解

脑与认知科学的现在.....



我们身处一个脑科学蓬勃发展的时代！

脑与认知科学

人类脑计划



- 促进各国的协调和全球脑科学研究领导；
 - 提供协作互动平台；
 - 面向全球民众，信息共享、转化应用分享和传播专业知识；
- 2017年 • 关注神经科学的未来发展。

美国	BRAIN计划 2013年1亿美元		<ul style="list-style-type: none">• 工具的开发和使用• 获取神经系统及相关疾病的基础知识	BRAIN计划 2.0 & BRAIN 2025 2020年>5亿美元	<ul style="list-style-type: none">• 在技术工具开发的基础上，转向技术集成和大脑新发现
欧盟	HBP 2013年起 10年10亿欧元		<ul style="list-style-type: none">• 把神经科学的计算模型用于计算机技术• 开发先进的ICT技术	HBP SGA2 3年8800万欧元	<ul style="list-style-type: none">• 开发大脑模型• 模拟大脑功能
日本			Brain/MINDS (2014年30亿日元)	<ul style="list-style-type: none">• 基于猕猴大脑的基础、技术、临床研究	Brain/MINDS Beyond <ul style="list-style-type: none">• 研究范围扩展到人类和非人类灵长类动物
加拿大	Brain Canada Foundation (6年1亿加元) <ul style="list-style-type: none">• 理解大脑的工作模式，辅助推动大脑疾病的预防、诊断和治疗			Canadian Brain Research Strategy <ul style="list-style-type: none">• 理解大脑机制，处理健康挑战，构建人工智能• 加快政策、社会、健康和经济发展	
澳大利亚			Australian Brain Alliance <ul style="list-style-type: none">• 发展新的治疗手段；帮助提高脑力成长；• 研发新药物、医疗设备；发展可穿戴技术	Australian Brain Initiative <ul style="list-style-type: none">• 先进的神经科技产业体系• 中早期职业发展平台	
韩国	脑科学研究推进计划 (2008-2017) (10年1.5万亿美元)		<ul style="list-style-type: none">• 重大神经疾病、脑技术与信息技术融合	韩国脑科学计划 (5年3400亿韩元) <ul style="list-style-type: none">• 4个技术主题+4个研究生态主题• 神经伦理学制度、教育与宣传	
中国	脑科学与类脑智能被列为《“十三五”科技创新规划》“科技创新2030重大项目” <ul style="list-style-type: none">• 北京脑科学与类脑研究中心• 上海脑科学与类脑研究中心				
<div>2011122013141516201718192020</div> <div>脑与认知科学</div>					

脑与认知科学

人类脑计划

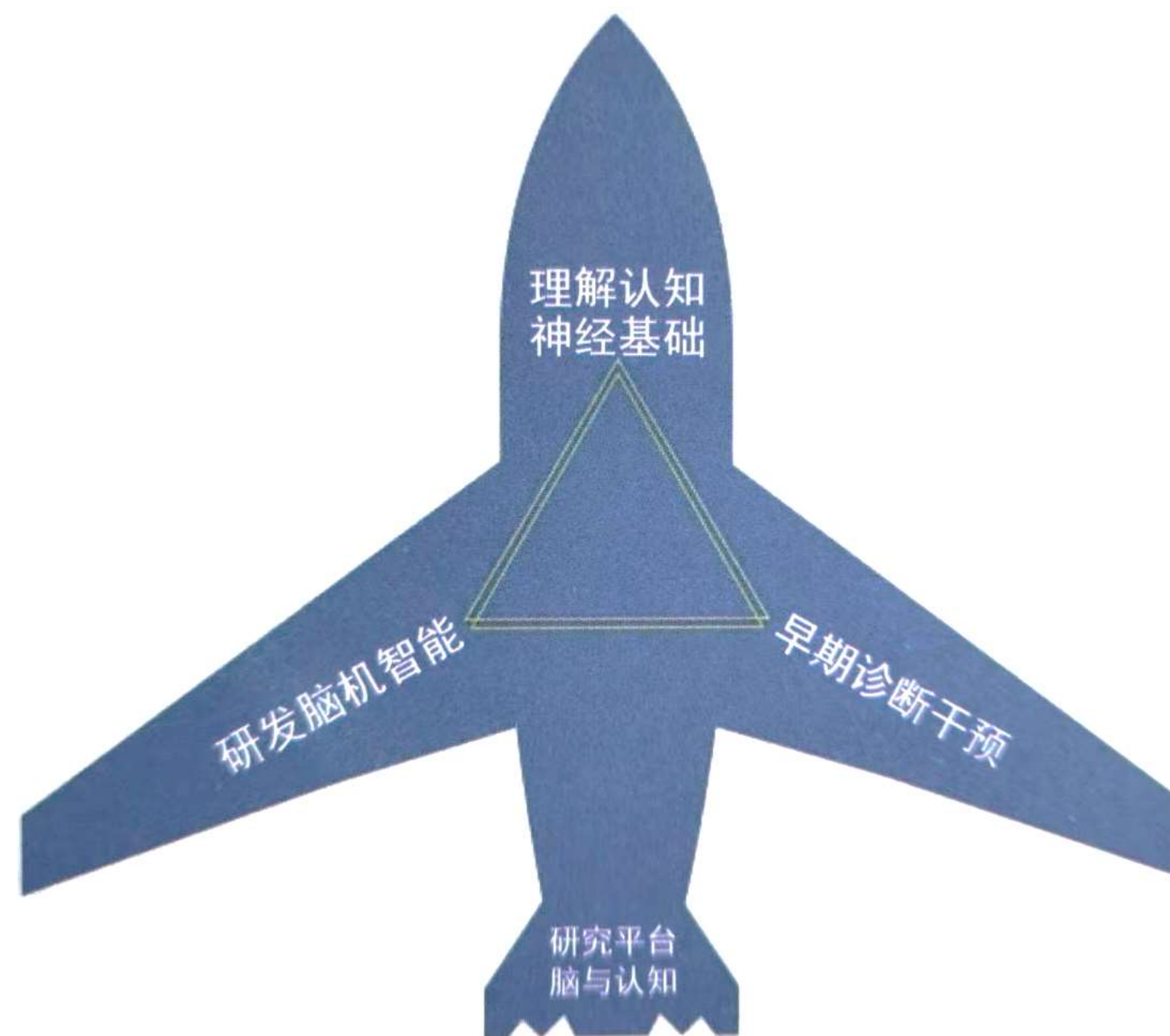
人类脑计划包括了神经科学和信息科学等相结合研究脑与认知，其目标是利用先进技术和工具，从分子、亚细胞、细胞、分区、组织、通路、系统、全脑和行为等不同层级上，分析、处理、整合、建模、仿真与虚拟脑与认知，以及脑机结合增强脑。

脑与认知科学

中国脑计划

科技创新 2030
“脑科学与类脑研究”

中国脑科学计划以“**一体两翼**”为结构，即以研究脑认知的神经原理为基础，用以研发重大脑疾病的治疗方法和推动新一代人工智能的发展。



脑与认知科学

儿童青少年脑智发育研究

科技创新2030—“脑科学与类脑研究” 重大项目五大攻关方向之一

我国政府在2021年发布的“十四五规划和2035年远景目标纲要”中，将“儿童青少年脑智发育研究”作为科技创新2030—“脑科学与类脑研究”重大项目五大攻关方向之一。

“中国学龄儿童脑智发育队列研究”是该方向的主体项目，受到科技部的定向支持，由北京师范大学牵头、全国76家在心理学、教育学、儿童医学、系统科学等学科上具有优势的单位共同参与。

项目将通过对我国三万余名学龄儿童脑智发育状况的持续追踪，绘制脑发育图谱，阐释脑智发育机制，建立脑智发育综合测评系统与中国标准，形成脑智提升的有效方法技术，为儿童青少年健康成长和全面发展提供支撑。

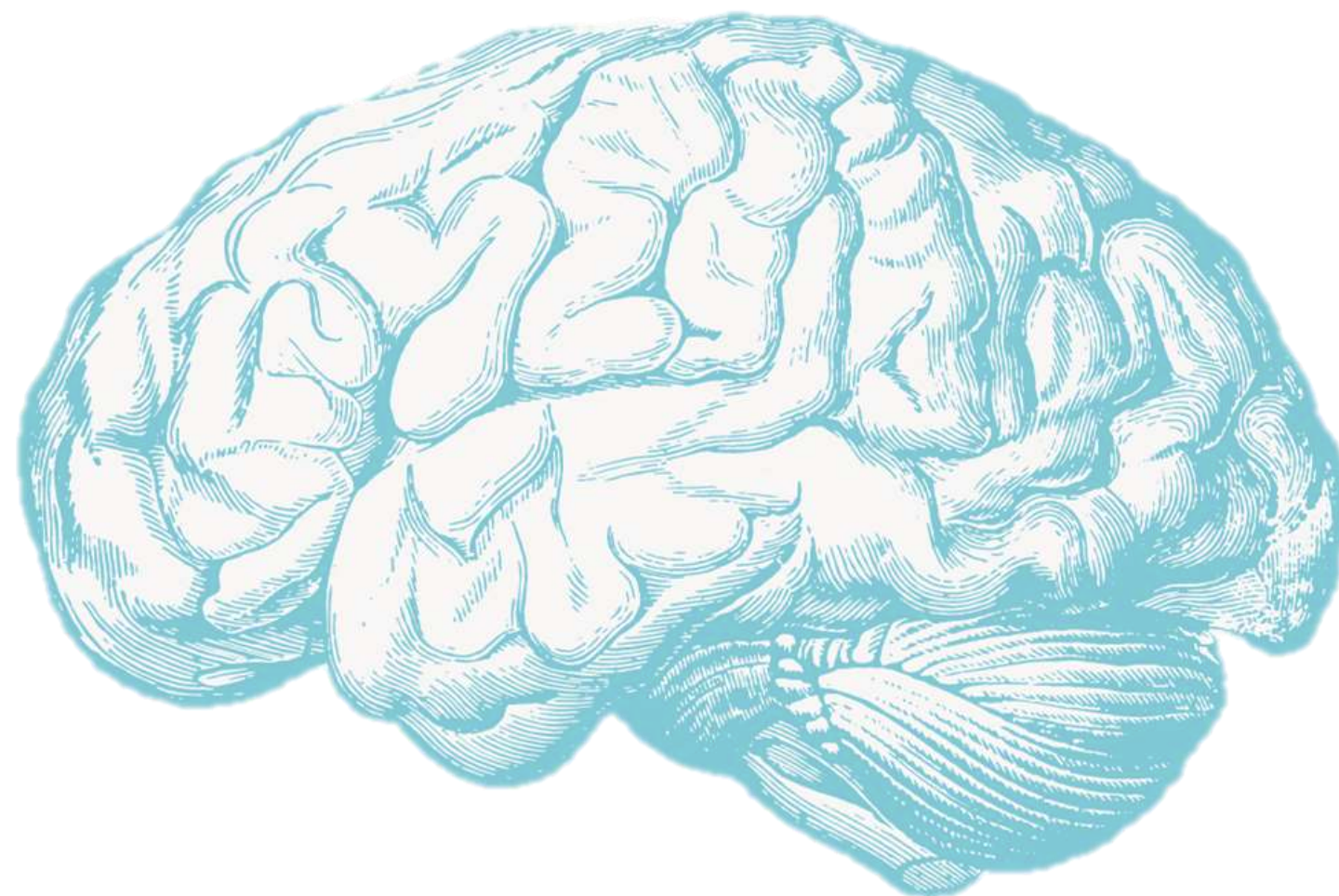


脑与认知科学



思考题

- 1、当前人工智能有“元认知”吗？
- 2、哪些历史证据证明人类的脑活动可以产生心智？
- 3、哪些科学证据支持/反对脑的定位学说？



【下一讲】 神经科学研究 方法与技术

脑与认知科学