

1. 耳的构造与信号提取:

内耳毛细胞 (内毛细胞/外毛细胞) → 螺旋神经节细胞 → 耳蜗核 (传入).

声音特征提取: 频率 (特征频率)、强度 (dB 值), 不同强度刺激下的神经放电模式差异.

2. 声源定位机制:

双耳时间差 (ITD): 通过听神经相位锁定放电和巧合检测器探测, 最小可识别 10 微秒差异.

视觉校准: 声源定位受视觉信号调节 (跨模态整合).

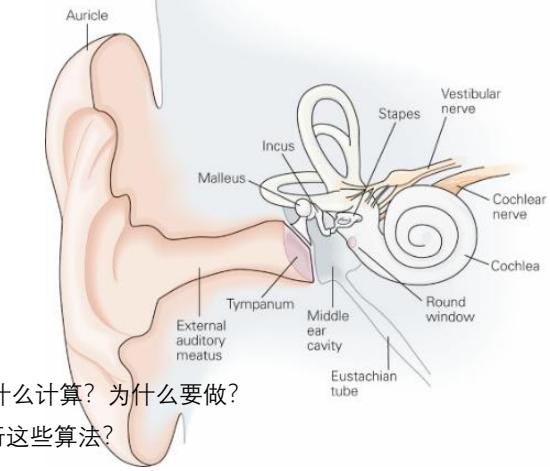
3. 听觉皮层组织:

初级听觉皮层: 特征频率拓扑排列.

高级听觉皮层: 编码“听觉物体”(如语音、音乐).

1. 大脑启发人工智能的不同层面: 学习层面: 系统如何逐渐学会做它要做的事? 计算层面: 系统在做什么计算? 为什么要这样做?

算法 / 表征层面: 选用什么算法 / 方法来做这些计算? **物理实现层面**: 系统具体是如何构成并运行这些算法?



2. 硅神经元与类脑芯片:

早期成果: Mahowald and Douglas (1991 Nature), 模拟神经元膜电位与动作电位.

现代进展: Neurogrid (Kwabena Boahen, 斯坦福): 实时模拟 100 万个神经元、数十亿突触, 功耗仅 5 瓦 (远超超级计算机能效).

SpiNNaker (Steven Furber, 曼彻斯特): 模拟 10 亿个简单神经元或数百万个复杂神经元, 基于 ARM 架构.

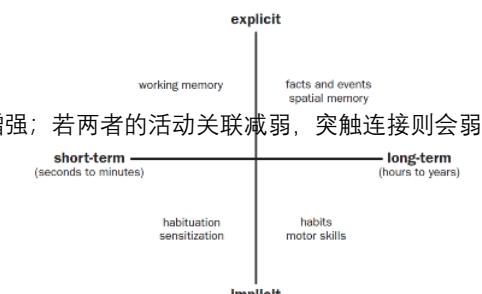
冯诺依曼架构与类脑架构的差异: 将中央处理器 (含控制单元、算术逻辑单元), 存储单元与输入输出设备分离, 数据和指令共用存储器并按顺序执行的计算机架构, 其功耗密度远高于大脑. 类脑架构基于神经元并行处理, 能效更高.

3. 脑机接口 (BCI): 解码运动皮层神经元活动, 转化为电机指令, 控制外部设备或直接刺激脊髓. 恢复脊髓损伤患者的运动功能

1. 记忆的类型: 短期记忆、长期记忆. 外显记忆. 内隐记忆.

长期记忆的两种形式: 内隐记忆: 无需有意识回忆即可表现出的记忆, 依赖潜意识加工 (启动效应、程序性 (技能与习惯) 记忆、联想学习、非联想学习); 外显: 可主动回忆并陈述的记忆, 依赖意识加工 (事实 (语义) 记忆、事件 (情景) 记忆)

关键病例: H.M. (双侧海马切除后, 短期记忆无法转化为长期记忆).



2. 突触可塑性:

Hebb 规则: 当神经元 A 的电活动 (放电) 持续引发神经元 B 的电活动时, A 与 B 之间的突触连接会增强; 若两者的活动关联减弱, 突触连接则会弱化, 这是学习、记忆的神经基础之一

长时程增强 (LTP): 是突触连接强度持久增强的神经现象, 是学习与记忆的关键神经基础 (高频强刺激)

输入特异性, 仅局限于被激活的突触通路

协同性, 弱输入与突触后神经元的兴奋状态协同

关联性, 强输入激活突触后神经元时, 同时输入的弱输入通路会被同步增强

海马 CA3→CA1 突触中, 突触后 NMDA 受体 (突触前释放谷氨酸、突触后去极化同时满足才激活) 对 LTP 诱导有关键作用

脉冲时序依赖可塑性 (STDP) 通过突触前 - 后神经元的放电时序, 双向调控突触效能。“赫布法则”的时序精细化版本

2. 海马的功能: 位于大脑内侧颞叶, 与内嗅皮层 (传入传出) 紧密连接

包括齿状回 (dentate gyrus)、CA3 区 (CA3 的内部环路、记忆编码、线索回忆)、CA1 区, 是海马处理记忆信息的核心功能区,

长期记忆的存储: 最终依赖皮层突触连接强度的持久性改变.

3. 海兔的缩鳃反射: 明确短期记忆依赖蛋白修饰, 长期记忆依赖基因表达 (坎德尔 2000 年诺贝尔生理学或医学奖)

1. 情绪控制的核心神经环路: 前额叶皮层区域 (DLPFC, mPFC 等) 通过神经连接, 向杏仁核 amygdala、腹侧纹状体 ventral striatum 传递调控信号, 实现“高级认知脑区对边缘系统情绪 / 奖赏结构的调控”

2. 抑郁症的单胺假说: 大脑单胺类神经递质 (5-羟色胺、去甲肾上腺素) 水平下降导致抑郁.

突触前神经元释放单胺递质至突触间隙, 递质与突触后受体结合发挥情绪调节作用; 作用后, 部分递质被“再摄取转运体”回收至突触前神经元, 部分被“单胺氧化酶 (MAO) ”分解. 单胺氧化酶 (MAO) 会分解突触间隙 / 突触前神经元内的单胺递质, 导致突触间隙中可发挥作用的递质数量减少, 加剧单胺功能不足. MAOIs 通过抑制单胺氧化酶的活性, 减少单胺递质的分解; 同时, 图中“再摄取抑制剂分子”结合再摄取转运体, 减少递质的回收 —— 最终使突触间隙保留更多单胺递质, 增强其情绪调节作用, 缓解抑郁症状.

3. 快速抗抑郁机制:

胡海岚团队: 抑郁症与缰核的簇状放电相关, 氯胺酮通过阻断簇状放电, 释放对奖赏中心的抑制.

竺淑佳团队: GluN1/GluN2A 受体是氯胺酮的作用靶点, 解析其结合位点.

4. 物理疗法: 深部脑刺激 (DBS): 鞍背扣带回 (ACC)、胼胝体下区 (SCC) 等. 经颅磁刺激 (TMS): 刺激背外侧前额叶 (DLPFC) 电休克疗法 (ECT): 用于严重抑郁.

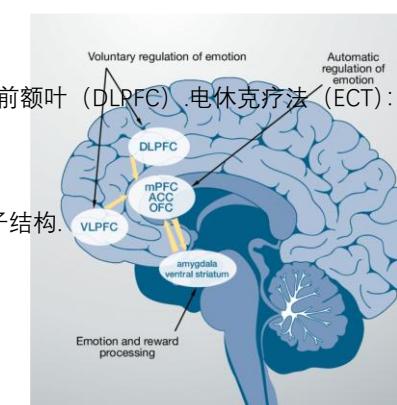
1. 语言学习:

发展时间线: 12 个月理解简单词汇 → 18-26 个月说出 2 词短语 → 24 个月掌握 200-300 词 → 30 个月形成成人样句子结构.

关键期: 3-7 岁为语言学习关键期 (Johnson and Newport 1989), 错过后语法能力难以达到母语水平.

环境影响: 真人暴露的学习效果优于视听/音频单独暴露.

2. 自我意识: 镜子实验 (Mirror test), 通过标记识别自身镜像, 是自我意识的重要指标.



十一、高频考点总结（重点背诵）

1. 关键人物与诺贝尔奖

人物	贡献	诺贝尔奖年份
Edgar Adrian	神经元活动的频率编码	1936
A.L Hodgkin & A.F. Huxley	动作电位的离子机制、HH 模型	1963
Walther Nernst	提出 Nernst 电位公式	1920

2. 核心公式与参数

- Nernst 电位公式: $E_X = \frac{RT}{4F} \ln \frac{[X]_{out}}{[X]_{in}}$
- 关键离子浓度: K^+ (胞内 400mM/胞外 20mM)、 Na^+ (胞内 10mM/胞外 440mM)
- HH 模型门控变量: m (Na^+ 激活)、 n (K^+ 激活)、 h (Na^+ 失活)

3. 核心机制速记

- 动作电位: 去极化 (Na^+ 内流) → 复极化 (K^+ 外流) → 不应期 (Na^+ 通道失活)
- LTP/LTD: 高频→LTP ($NMDA \rightarrow Ca^{2+} \rightarrow AMPA$ 插入); 低频→LTD ($AMPA$ 内吞)
- 视觉通路: 背侧 (Where/how)、腹侧 (What)
- 语言区: Broca (表达)、Wernicke (理解)
- 抑郁症: 单胺假说→SSRI; 快速抗抑郁→氯胺酮阻断缰核簇状放电

4. 记忆分类与神经基础

- 外显记忆 (海马依赖) vs 内隐记忆 (皮层/基底节依赖)
- 短期记忆 (秒至分钟) vs 长期记忆 (突触可塑性依赖)

5. 反射环路

- 膝跳反射: 肌梭→感觉神经元→抑制性中间神经元→伸肌运动神经元激活、屈肌抑制