

回顾

- 神经元和神经系统
- 初级感知觉
 - 听觉、嗅觉、味觉、躯体知觉、视觉
- 高级认知活动
 - 物体识别、运动控制

学习与记忆

北京邮电大学-人工智能学院

zhongsuyu

zhongsuyu@bupt.edu.cn

大纲

- 引言
- 学习与记忆理论
- 记忆和大脑
- 记忆的细胞机制
- 总结

学习目标

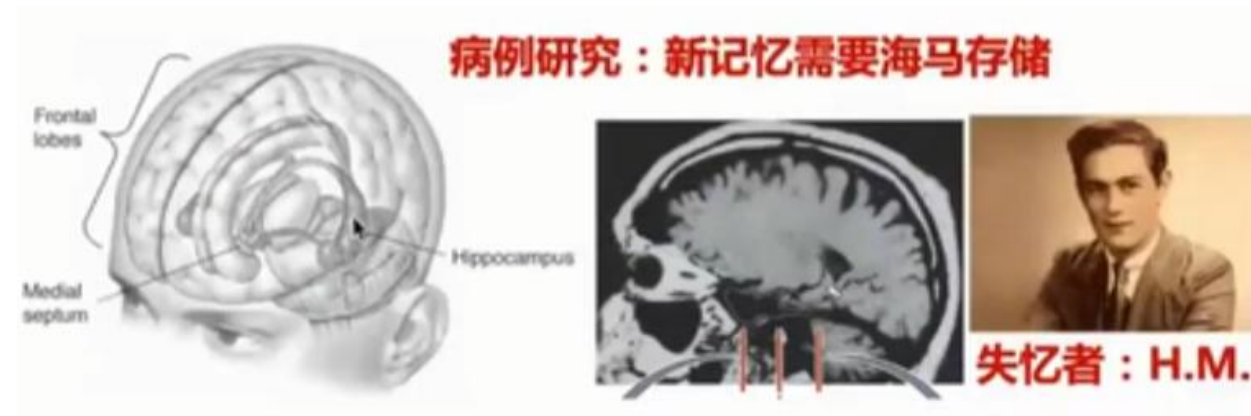
- 掌握记忆类型分类
- 掌握记忆的脑结构基础
- 了解记忆的细胞机制

引言

失忆症

➤ H. M.

- 癫痫症加剧 →
- 极端手术：双侧颞叶切除 →
- 癫痫症改善 →
- 无法形成新的长时记忆 →
- 现在采用单侧颞叶切除



学习与记忆理论

理论

➤ 基本概念

➤ 学习

➤ 获取新信息的过程

➤ 记忆

➤ 原始信息不再存在之后，保存、检索和使用有关信息的内部加工过程

➤ 记忆和学习的不可分



理论

➤学习和记忆三阶段假设

➤编码：对输入信息的处理

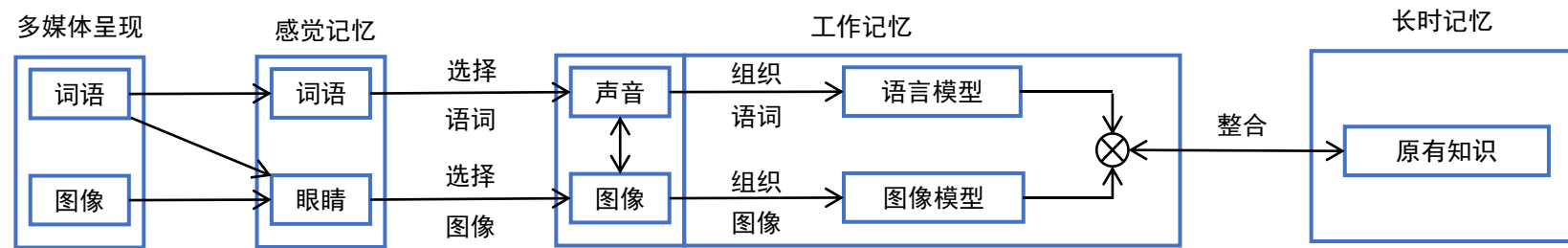
➤获取：对感觉通路和感觉分析阶段的输入信息进行登记

➤巩固：生成一个随时间的推移而增强的表征

➤存储：获取的信息在脑内贮存和保持的阶段

➤提取或：将贮存于脑内的信息提取出来使之再现于意识中的过程——回忆过程

学习和记忆的认知模型



多媒体学习为例,可以发现三种基本的认知过程:

- **选择:**对所呈现的语词和图像的相关部分予以注意,把感觉记忆中的信息转化到工作记忆中;
- **组织:**对已经选择的语词进行组织,以形成连贯的言语模型;对已经选择的图像进行组织,以形成连贯的图像模型;在工作记忆中深层加工信息;
- **整合:**将声音表征和图像表征相互联系起来,并与原有知识相结合;把长时记忆中的知识转换到工作记忆中,同时也调整长时记忆内容。

学习的认知模型

学习过程中最重要的是认知表征。

认知表征是指个体通过知觉而将其外在环境中的物体或事件转换为内在心理事件的过程, 人类获得知识的过程就是对事件进行认知表征的过程。

认知表征的实质其实就是**观念、事件和事物在心中是如何被储存和被概念化的**。

学习的认知模型有多重视角:

- 从**表征方式**来看, 有动作表征、形象表征和符号表征;
- 从**表征系统**方面来看, 有双重编码理论和表征丰富性理论;
- 从**表征资源**方面来看, 个体的认知资源是有限的, 表现出注意选择性;
- 从**表征方法**来看, 有图式理论、框架理论和语境有效性模型。

迁移学习

- 迁移学习中的迁移,是指一种学习对另外一种学习的影响;
- 通常是知识之间的迁移,还有动作技能、态度习惯方面的迁移,比如学钢琴对学手风琴影响,这些都属于迁移。
- 迁移根据迁移方向分为**顺向迁移**和**负向迁移**,简单理解,前者就是前对后的迁移,而后者则是后对前的迁移。
- 根据迁移的性质和结果划分,可以分为**正迁移**和**负迁移**,正迁移就是产生了积极的促进影响作用的迁移,负迁移则相反。
- 根据迁移内容的抽象与概括水平的不同划分,迁移可以分为**水平迁移**与**垂直迁移**。
- 根据迁移的内容不同,迁移可以划分为**一般迁移**和**具体迁移**。

元学习

- 生物脑的学习过程并非从零开始, 而是从学习之初, 就拥有并可以运用重要的先验知识, 这包含了物种在进化过程中学到的(生物学称之为系统发生), 以及个体在生活过程中学到的有关真实世界的关键知识。
- 读取这些知识, 以及借鉴如何将这知识作为先验信息注入神经网络结构从而实现小样本学习, 可能会是神经科学以及类脑算法设计中一个富于成果领域。(例如, 元学习是学习者意识到并逐渐控制自己已经习惯化了的感知、查询、学习和成长的过程, 这一过程体现了“学会学习”的内涵。)

记忆分类：根据记忆内容和经验对象划分

- 形象记忆：对感知过的事务具体形象的记忆。
- 逻辑记忆：以对概念、公式、规律等逻辑思维过程为内容的记忆。
- 情绪记忆：对自身体验过的情绪和情感的记忆。
- 动作记忆：对身体的运动状态和动作技能的记忆。

记忆的类型：根据记忆内容保持的时间长短

表 8.1 记忆的类型

		记忆特征			
		时间历程	容量	有意注意?	丧失机制
记忆类型	感觉	几毫秒至几秒	高	否	主要为衰退
	短时和工作	几秒至几分钟	有限 (7 ± 2 个项目)	是	主要为衰退
	长时非陈述性	几天至几年		否	主要为干扰
	长时陈述性	几天至几年	高	是	主要为干扰

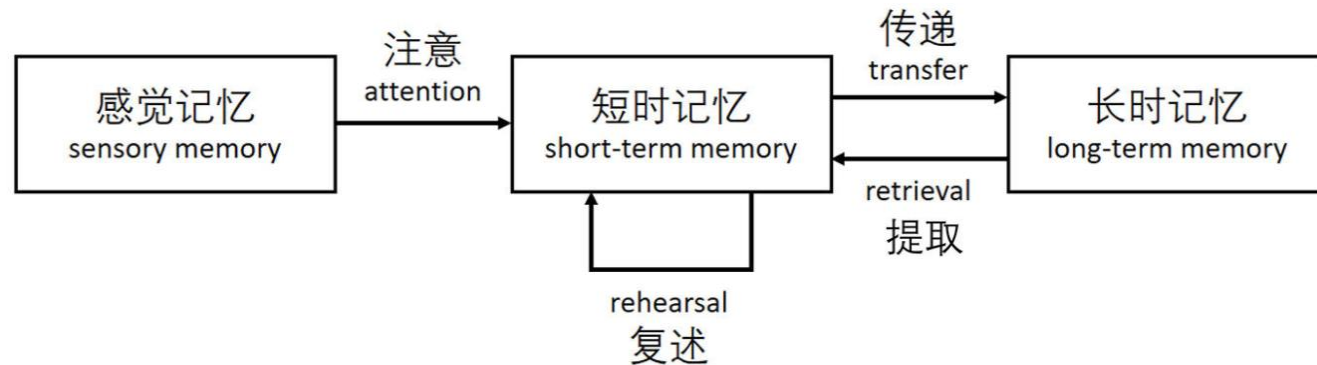
记忆模块模型—多重存储记忆模型 (Atkinson-Shiffrin, 1968)

认知心理学家Richard Atkinson和Richard Shiffrin于1968年提出了多重存储记忆模型

基本理论：信息首先被存储在**感觉记忆**中，被**注意选择**的事件将进入**短时记忆**。一旦进入短时记忆，如果事件被**复述**则可以进入**长时记忆**，并且信息在每一个阶段都可能遗失，其原因可能是衰退、干扰，或者两者的结合。

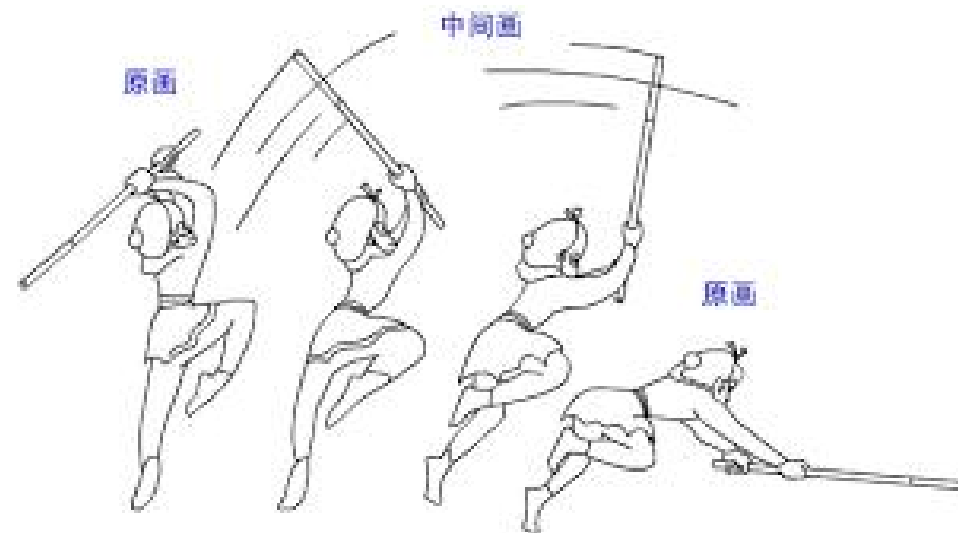
多重存储记忆模型有**两个重要**过程：

- **注意**：感觉记忆通过“注意”进入短时记忆。也就是对于感觉记忆如果没有受到注意，很快就消失了：如果受到注意，就进入短时记忆阶段。
- **复述**：短时记忆的保留时间也很短。但是，通过复述（重复背诵）可以使得信息在短时记忆中保持更长的时间并且可以存储到更加持久的长时记忆中。



感觉记忆（超短记忆/瞬时记忆）

- 短时间内对感觉刺激效果的保持
- 未注意
- 容量较大
- 听觉-声像记忆
 - 持续10s
- 视觉-图像记忆
 - 保持300-500ms

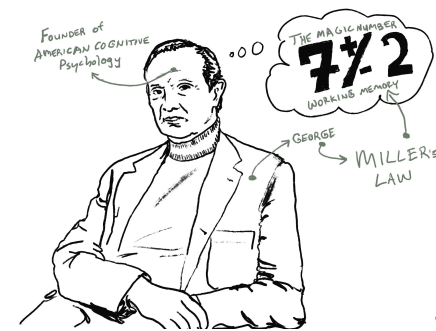


短时记忆

- 需要注意的参与
- 由多重存储模型假设，短时记忆是长时记忆的必要基础
- 但是是一些相反的病例表明二者是分离的：
 - K. F.
 - 左侧外侧裂周区皮质损伤
 - 短时记忆的**数字广度**低于正常人，但具有形成新的长时记忆能力
 - E. E.
 - 下顶叶和后上颞叶皮质损伤
 - 短时记忆低于正常水平，但具有形成新的长时记忆能力
 - H. M.
 - 内侧颞叶损伤
 - 具有正常短时记忆，但丧失形成新的长时记忆能力

工作记忆（短时记忆）

- 工作记忆指的是一个容量有限的系统, 用来**暂时保持和存储信息**, 是知觉、长时记忆和动作之间的接口, 因此是思维过程的一个基础支撑结构。
- 工作记忆也是指短时记忆, 但它强调短时记忆与当前人从事的工作的联系。由于工作进行的需要, 短时记忆的内容不断变化并表现出一定的系统性。
- 工作记忆可以认为是人们在完成认知任务的过程中将信息暂时储存的系统, 一个临时的心理“工作平台”。
- 代表一种**容量**有限的, 在短时间内保存信息(维持), 并对这些信息进行心理处理(操作)的过程
- 工作记忆的内容可以源于感觉记忆的感觉输入, 也可以从长时记忆中提取获得
- 时长: 几秒到几分钟
- 容量: 7 ± 2 个项目, 组块

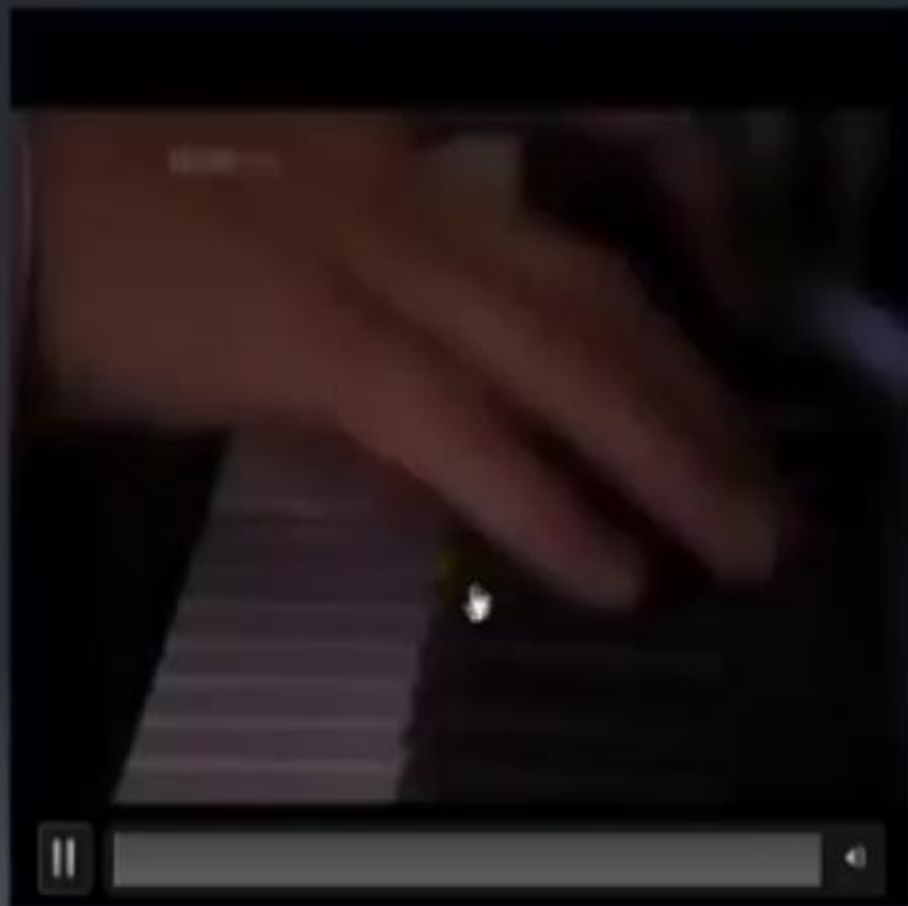


记住即将出现的字母串，再以正确顺序写出来

B C I F N A C I N A C N

C I A F B I N B A C N N

Short-term Memory



长时记忆

- 被储存相当长时间的信息被称为长时记忆。
- 参与脑区：**海马**
- 根据信息加工和储存内容的不同：
 - 陈述性记忆
 - 非陈述性记忆

以下哪个是陈述性记忆？哪个是非陈述性记忆？

学会坐电梯

学会骑自行车

长时记忆

- 陈述性（外显记忆）
 - 可以通过有意识的方式得到
 - 细分（心理学家：Endel Tulving引入）
 - 情节记忆：对于自身体验的记忆
 - 语义记忆：事实性世界知识

情节记忆vs语义记忆

情节记忆

- 个体体验
- 按特定时间组织
- 有意识回忆 (remembering)
- 容易忘记
- 情景相关的

语义记忆

- 和他人有共同知识参考点
- 不是按特定时间进行组织的
- 知道 (Knowing)
- 比情节记忆稍难忘
- 相对独立于情景

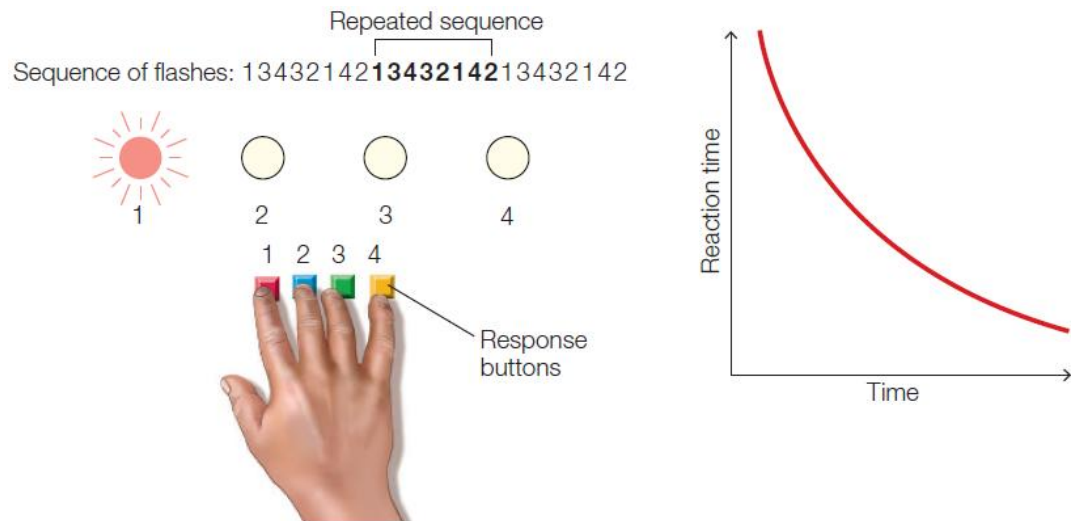
长时记忆

➤ 陈述性

- 可以通过有意识的方式得到
 - 情节记忆：对于自身体验的记忆
 - 语义记忆：事实性世界知识

➤ 非陈述性

- 难以(无法)通过有意识的方式得到
- 在外显记忆不存在的情况下，被学习并保存
 - 程序性记忆：各种自动化了的技能和认知技能学习
 - 经典条件反射：如图 $US \rightarrow UR$, $CS \& US \rightarrow CS \rightarrow CR$
 - 知觉表征系统：先前经验引起启动
 - 非联想性学习：重复刺激引起的反应增高或降低



序列反应时任务

长时记忆

➤ 陈述性

➤ 可以通过有意识的方式得到

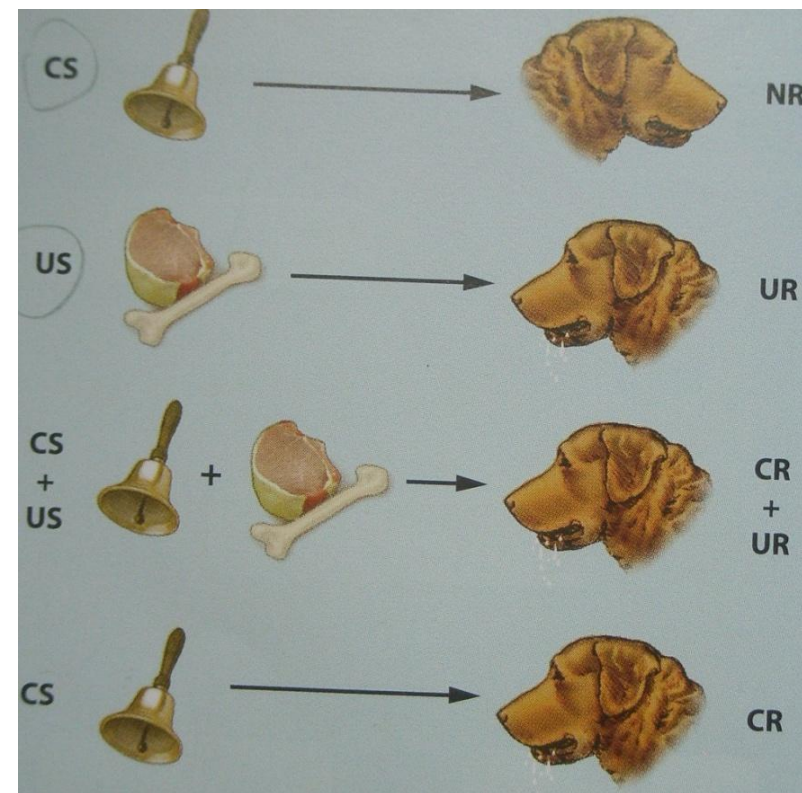
- 情节记忆：对于自身体验的记忆
- 语义记忆：事实性世界知识

➤ 非陈述性

➤ 难以(无法)通过有意识的方式得到

➤ 在外显记忆不存在的情况下，被学习并保存

- 程序性记忆：各种自动化了的技能和认知技能学习
- 经典条件反射：如图 $US \rightarrow UR$, $CS \& US \rightarrow CS \rightarrow CR$
- 知觉表征系统：先前经验引起启动
- 非联想性学习：重复刺激引起的反应增高或降低



长时记忆

➤ 陈述性

➤ 可以通过有意识的方式得到

- 情节记忆：对于自身体验的记忆
- 语义记忆：事实性世界知识

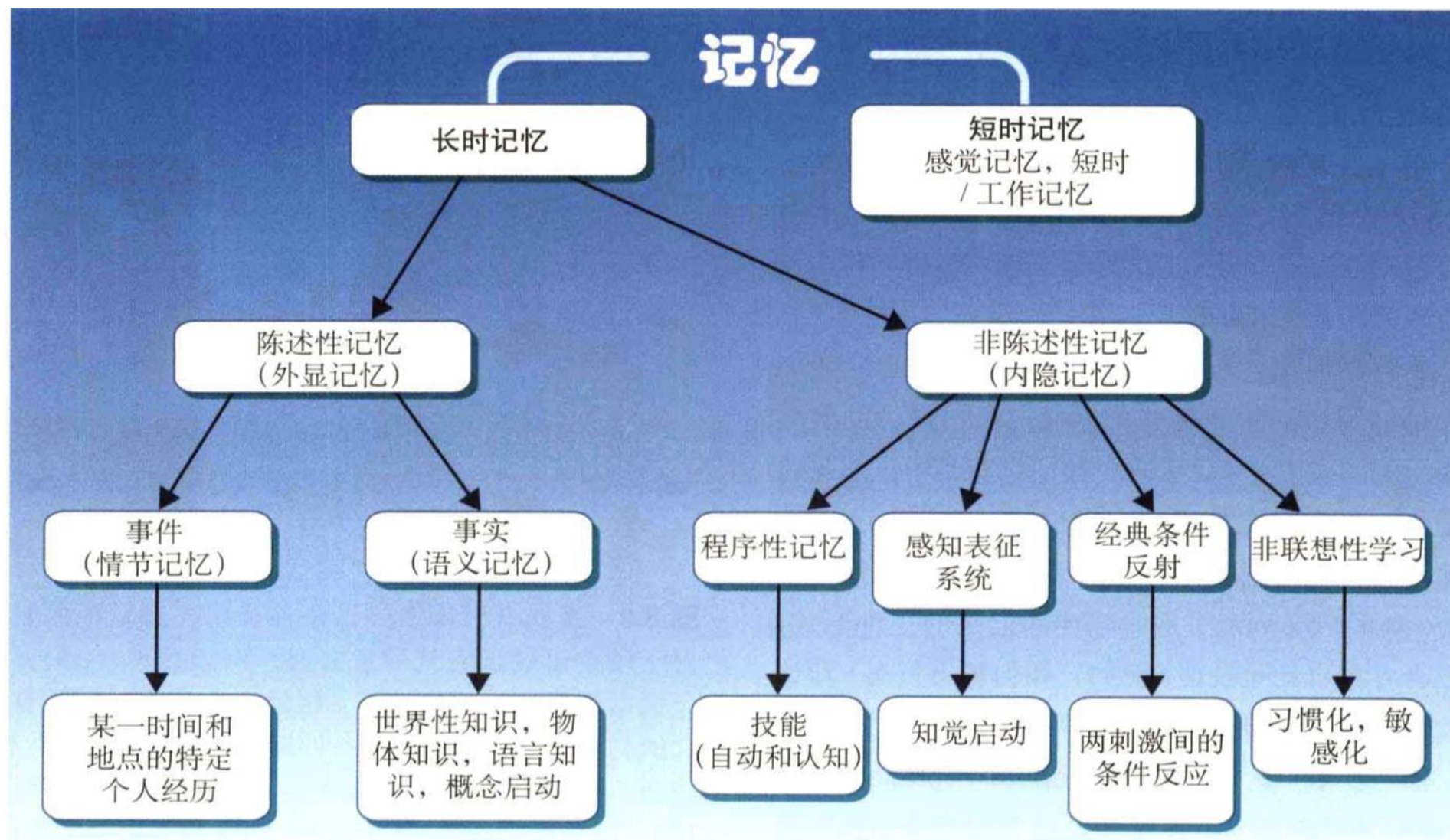
➤ 非陈述性

➤ 难以(无法)通过有意识的方式得到

➤ 在外显记忆不存在的情况下，被学习并保存

- 程序性记忆：各种自动化了的技能和认知技能学习
- 经典条件反射：如图 $US \rightarrow UR$, $CS \& US \rightarrow CS \rightarrow CR$
- 知觉表征系统：先前经验引起启动
- 非联想性学习：重复刺激引起的反应增高或降低

小结



记忆和大脑

学习与记忆的脑结构基础

➤ 新皮质

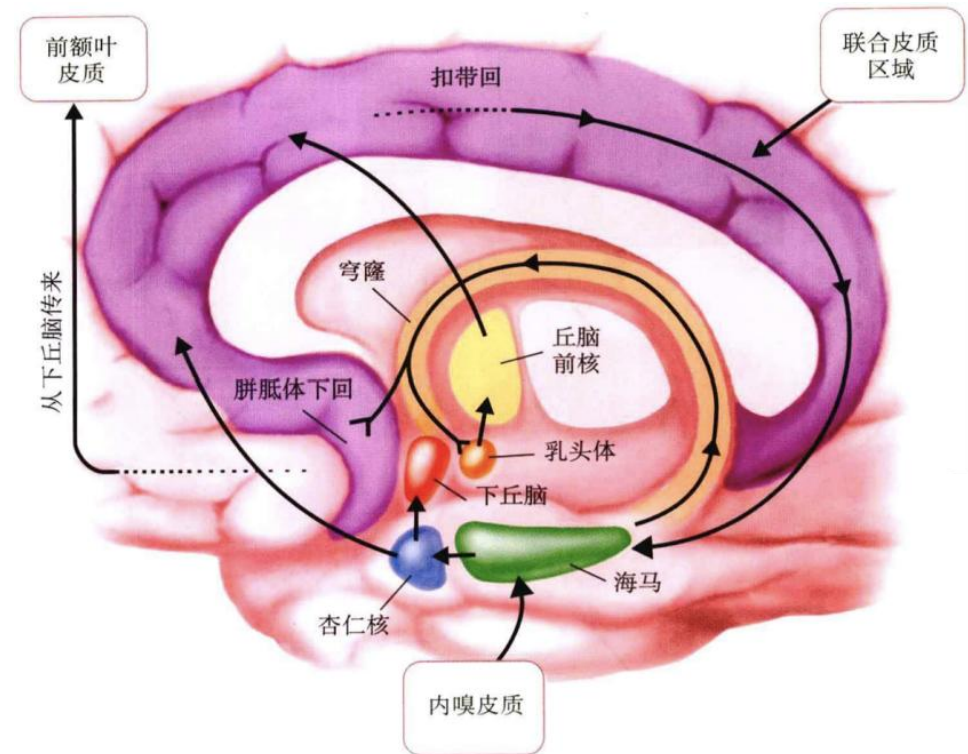
- 储存完全获得巩固的长时记忆的关键区域

➤ 内侧颞叶 (MTL)

- 包括杏仁核、海马、内嗅皮质、海马旁回皮质和嗅周皮质等
- 与其他区域(视、听、躯体感觉、情绪、运动等区)存在广泛神经连接(这种连接基本上都是双向的)的网络中心,因此MTL是长期记忆接收、绑定并分类信息的理想场所。
- 形成长时记忆

➤ 前额叶

- 主要是控制、操作、提取工作记忆,不负责存储
- 使记忆被有目的地利用,额叶可对其进行选择控制,使得记忆能有目的地被利用;
- 对内隐记忆和学习也有贡献,如果内隐记忆和学习需要搜索、组织、排序等操作,那么前额叶也会参与。



长时记忆受损的两种类型

➤ 顺行性遗忘

- 无法形成新的记忆
- 内侧颞叶(海马、海马旁回等)的损伤通常会直接导致**无法学习新信息**(顺行性遗忘)
- 间脑退化导致丘脑和内侧颞叶连接问题导致不能形成新的记忆(顺行性遗忘)。

➤ 逆行性遗忘

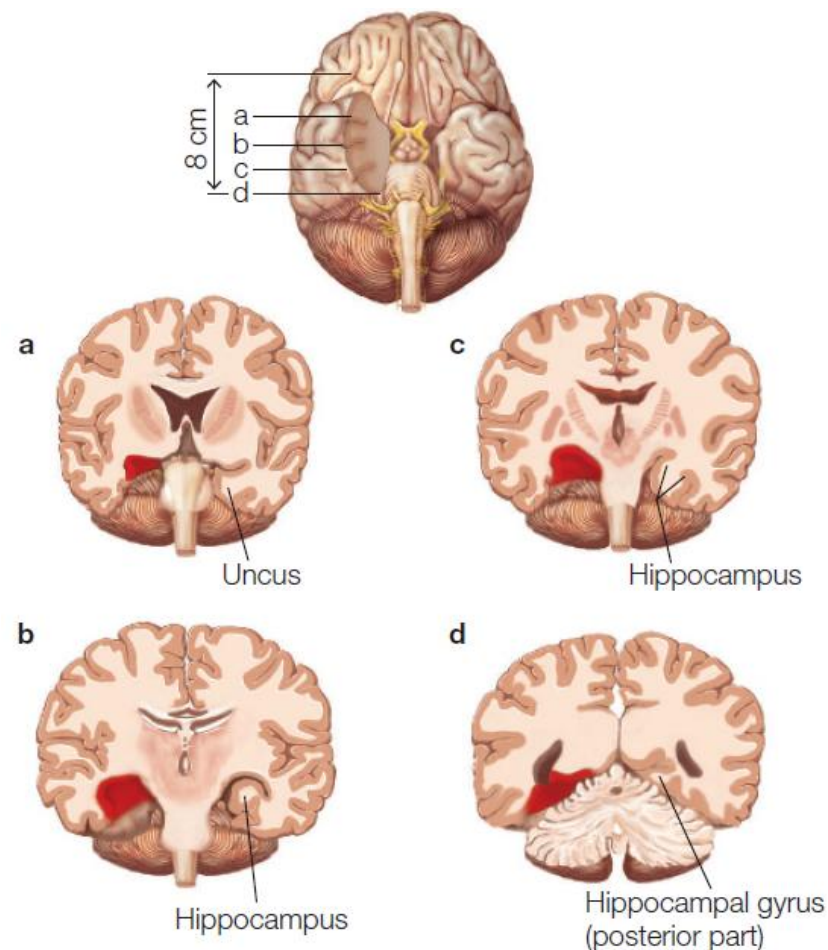
- 过去的事情遗忘了,新的记忆还是能够形成
- 新皮质损伤直接导致已有**记忆的缺失**(逆行性遗忘), 因为记忆是分布式存储在新皮质中;
- 颞叶前部外侧皮质也许和记忆提取有关, 损伤会造成严重的遗忘(逆行性遗忘)。

失忆症

- 器质性的
 - 脑损伤
 - 疾病
- 精神性的

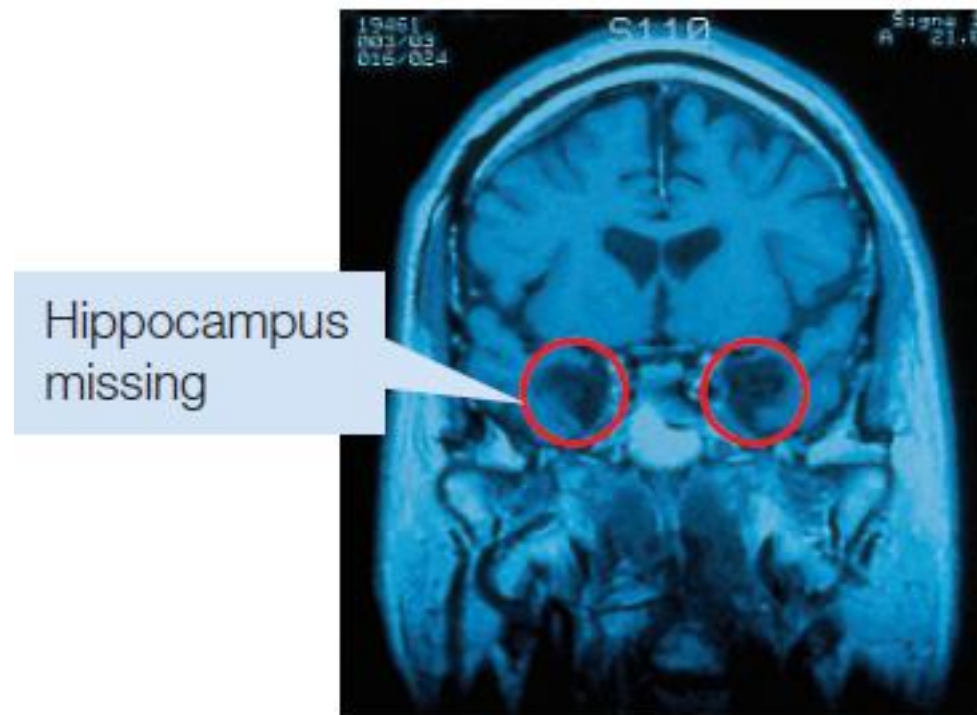
脑损伤

- H. M. (不能形成新的长时记忆)
 - 内侧颞叶损伤, 部分海马受损
- R. B. (顺行遗忘严重, 1-2年逆行遗忘)
 - 海马结构完整
 - 海马CA1区锥体细胞受损
- 海马对形成新的长时记忆重要

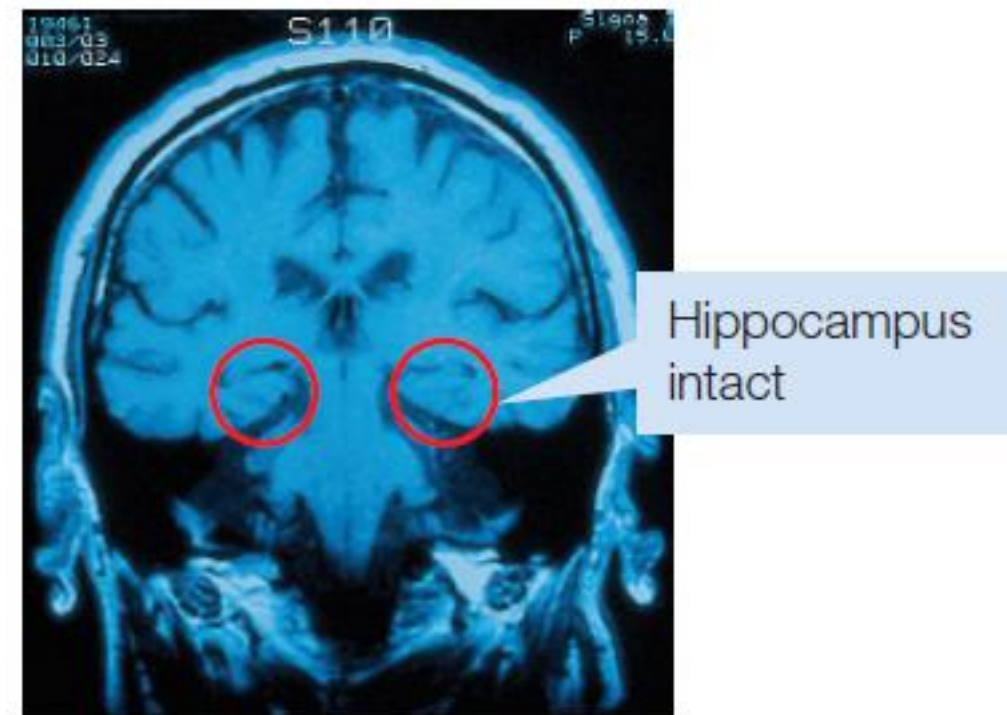


脑损伤

- 应用现代成像技术发现手术报告存在问题（海马后部保留）



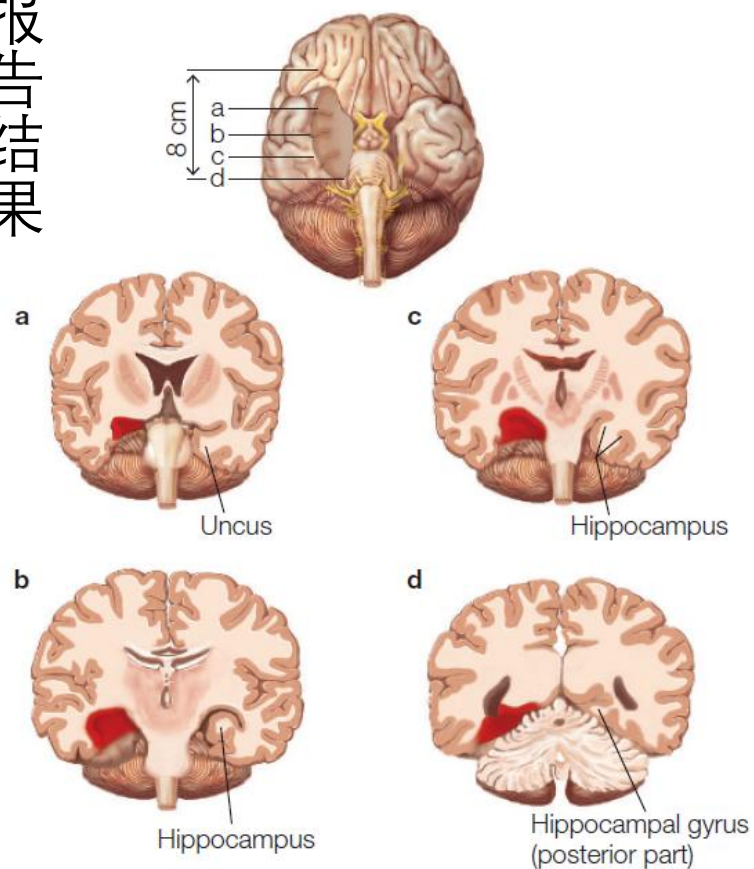
a Anterior



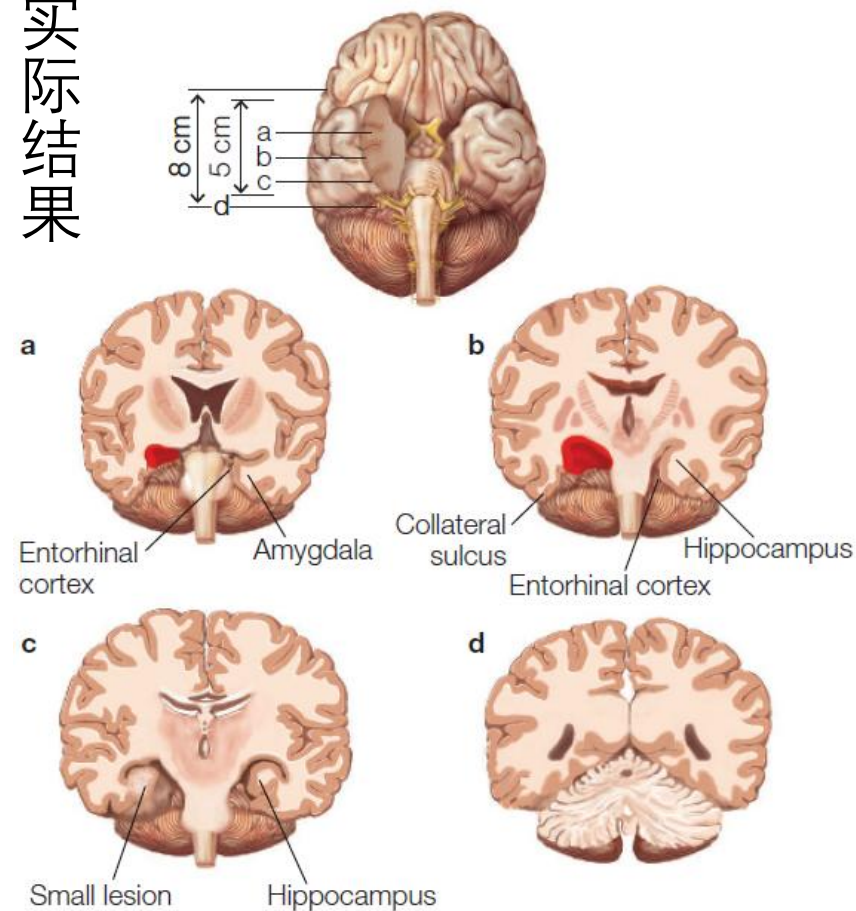
b Posterior

脑损伤

报告结果

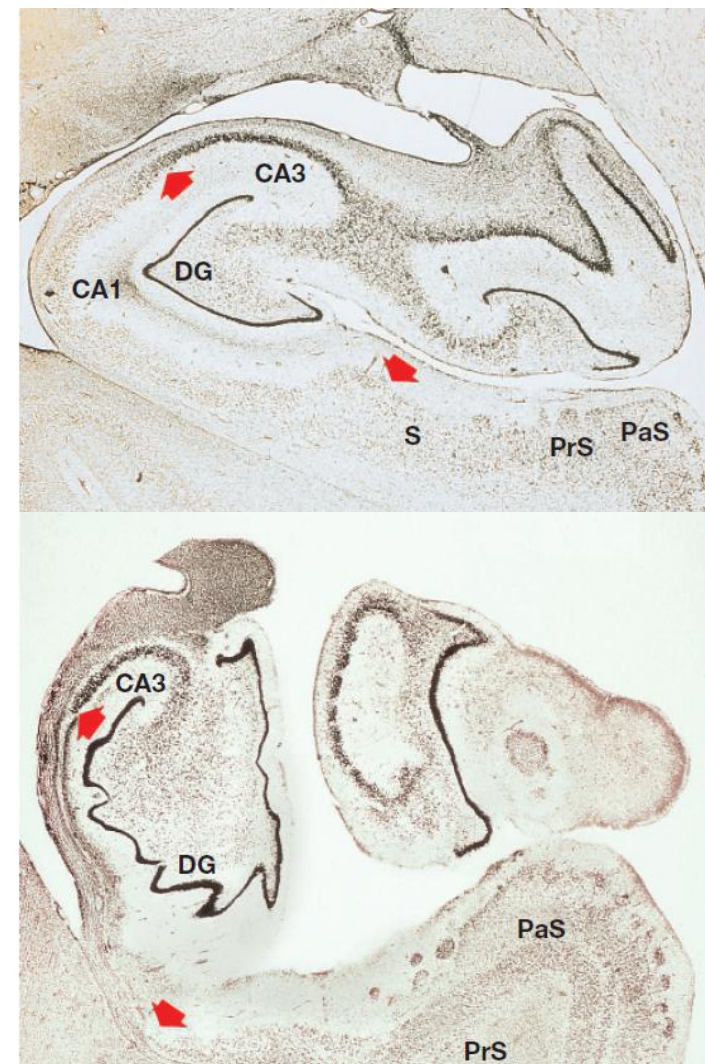
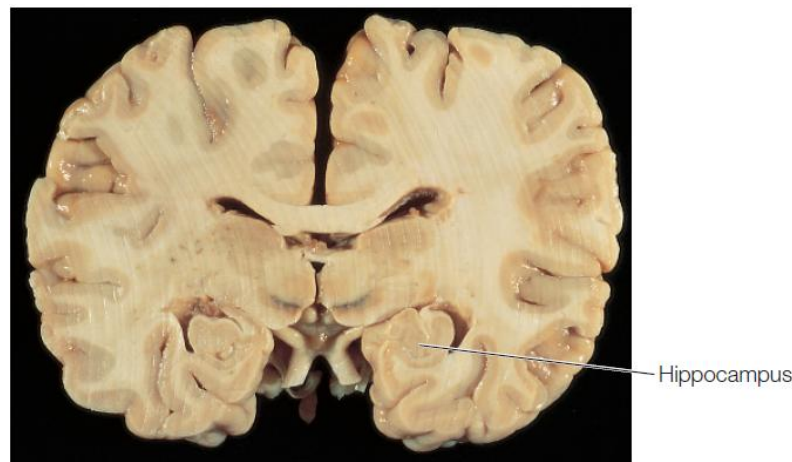


实际结果



脑损伤

- H. M. (不能形成新的长时记忆)
 - 内侧颞叶损伤，部分海马受损
- R. B. (顺行遗忘严重，1-2年逆行遗忘)
 - 海马结构完整
 - 海马CA1区锥体细胞受损

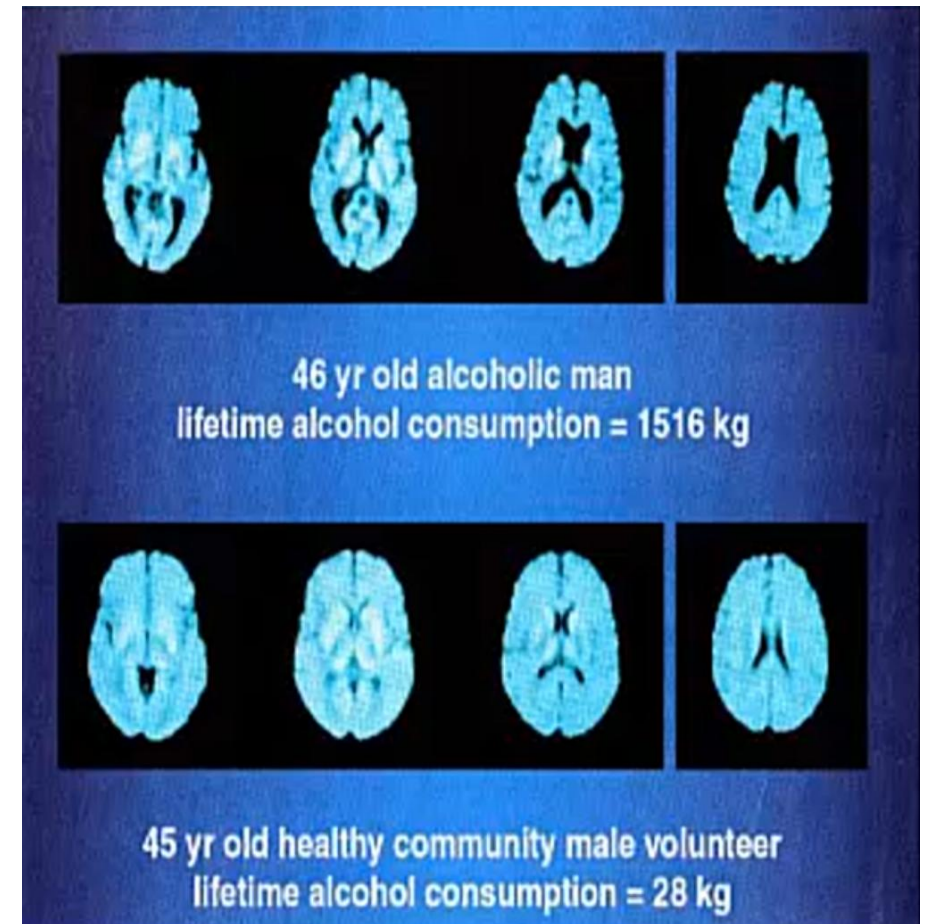


小结

- 海马对于形成新的长时记忆至关重要
- 长时记忆的形成与存储在脑区上是分离的
- 逆行性遗忘与内侧颞叶损伤有关，但仅影响近期的长时记忆
- 长时记忆在哪里存储？

疾病：酒精性科尔萨科夫综合症

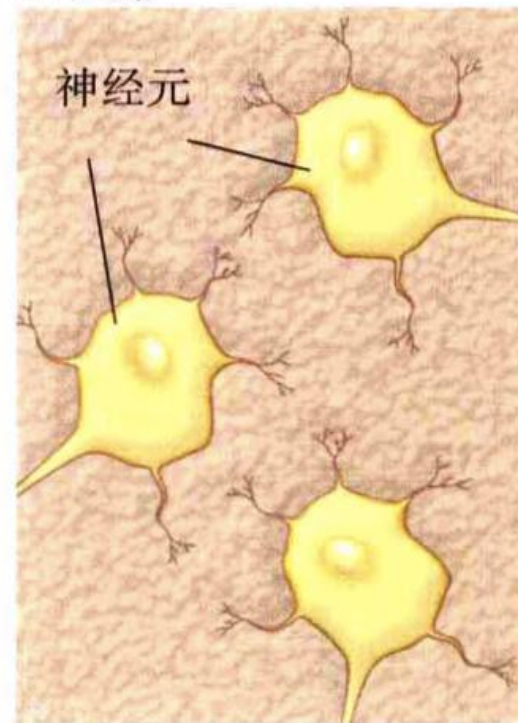
- 长期酗酒造成的间脑退化引发的遗忘症
- 内侧颞叶并未损伤
- 间脑退化，丘脑背内侧核团、乳头体，或两者皆有。
- 可能是间脑中线结构和内侧颞叶之间的连接被破坏，进而损害海马环路；



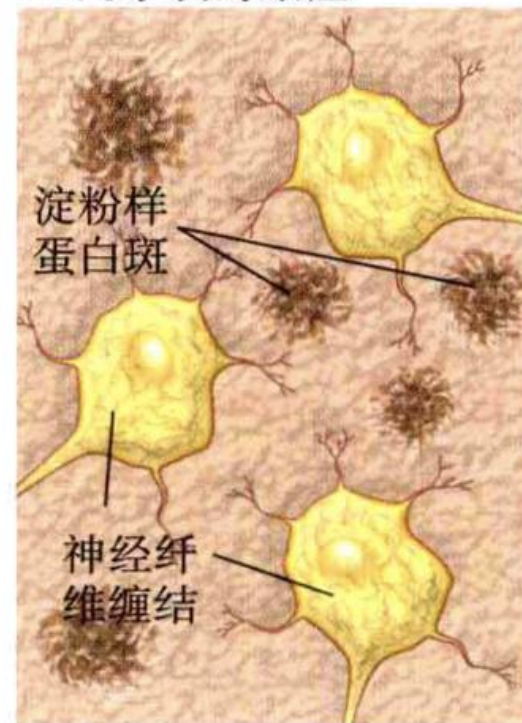
疾病：阿尔茨海默症

- 内侧颞叶萎缩，造成情节记忆的缺失
- 乙酰胆碱细胞大量死亡造成海马与前额叶皮质间的功能性连接障碍

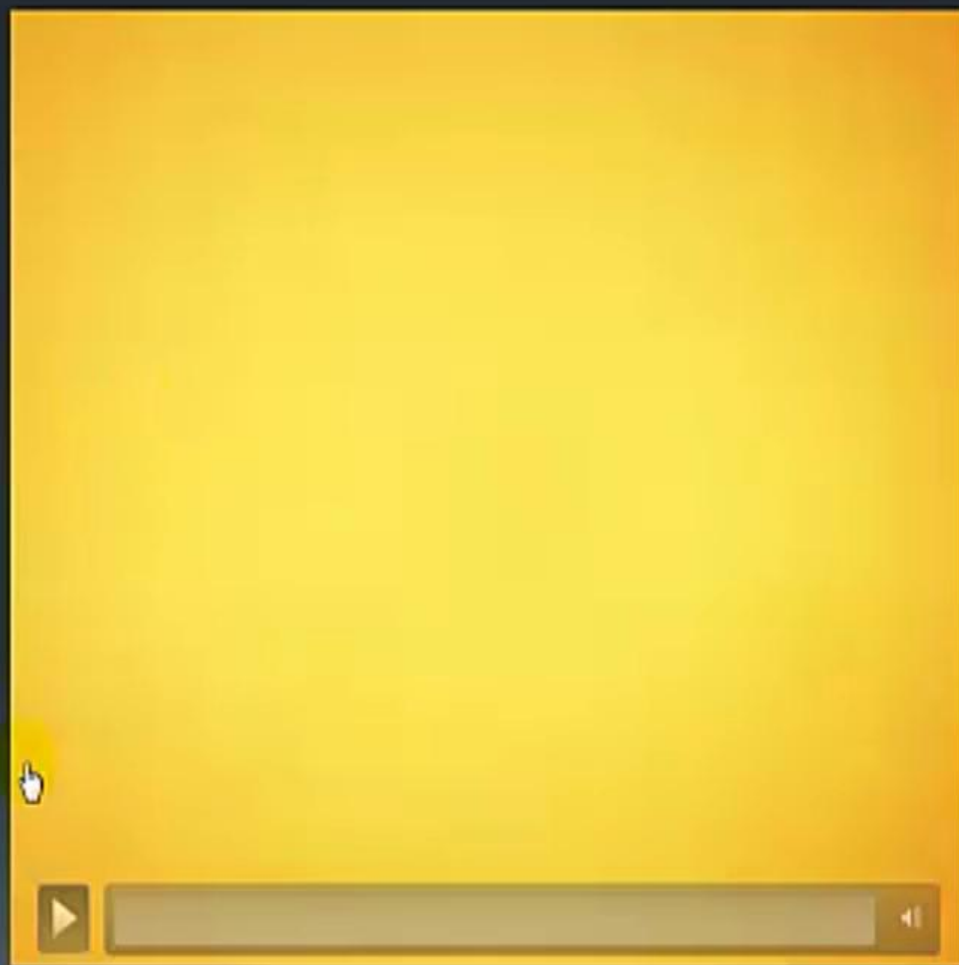
(a) 正常



(b) 阿尔茨海默症

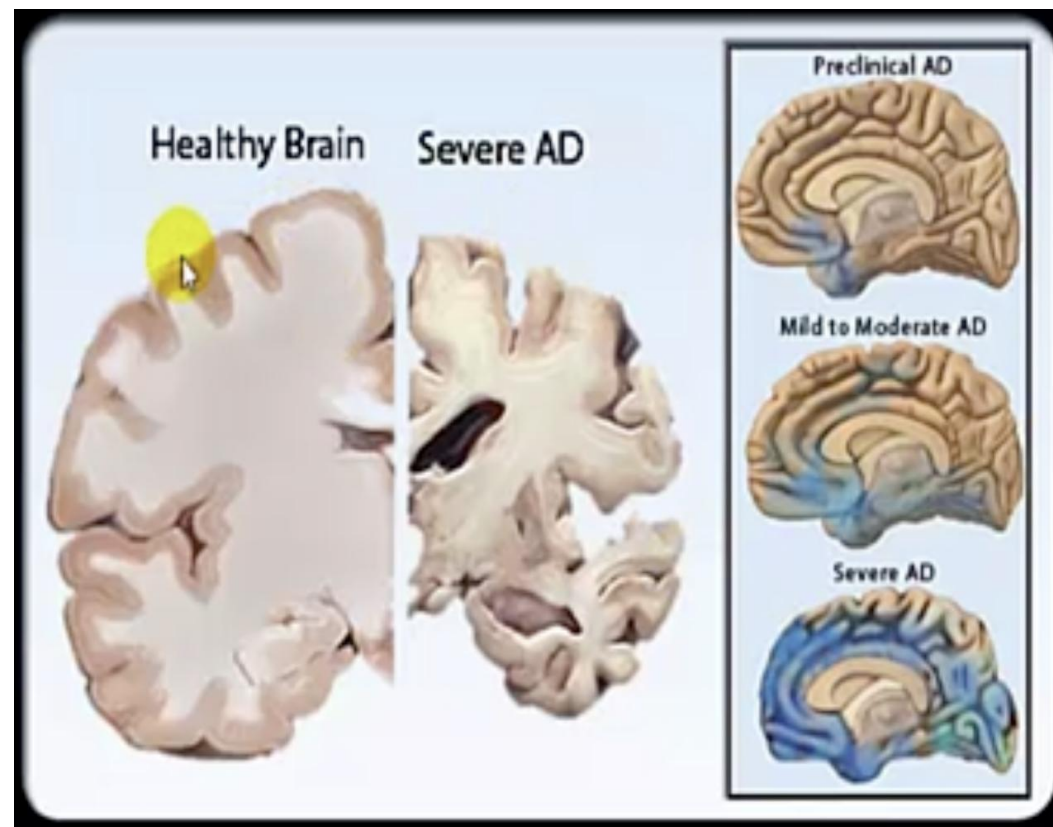


Alzheimer's Disease



阿尔茨海默症

- 阿兹海默症大脑和正常人
大脑对比



记忆的细胞机制

记忆的神经连接强化机制

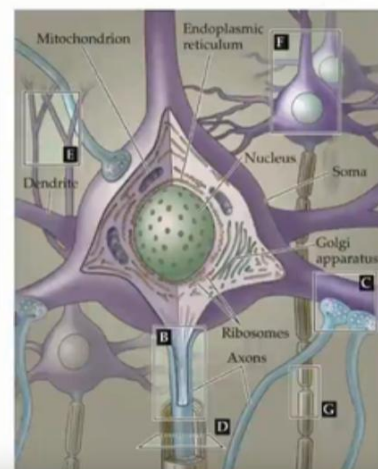
- Hebb定律：如果突触在突触后神经元被激活时激活，突触将被加强，这一现象被称为Hebbian Learning。
- 记忆是在神经网络中的神经元间突触接触强度变化的结果。

• 突触可塑性



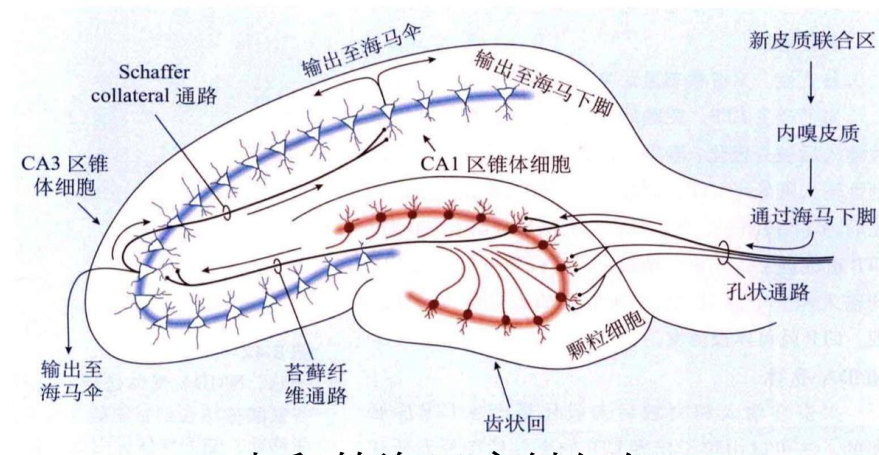
大脑皮层140亿细胞，36万亿个突触

科学推断：记忆的生物介质是突触可塑性

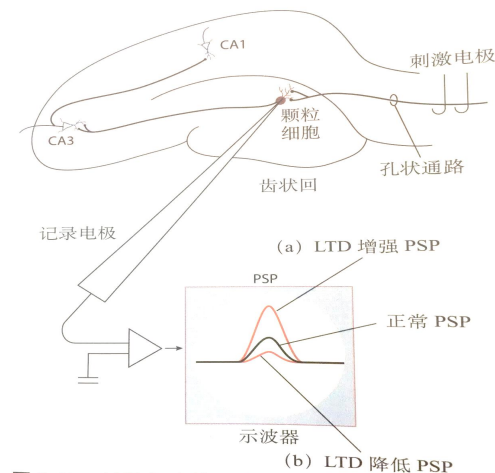


记忆的神经连接强化机制

- Long-Term Potentiation (LTP): 长时程增强
 - 短暂高频刺激突触前神经元，使细胞突触间的兴奋性连接增强并长期保持的现象。
- 海马中观测到的单细胞长时程增强记录
 - 孔状通路突触强度增高，后续刺激在齿状回颗粒细胞引发更高的突触后反应
 - 活的动物中可以持续几天甚至几周
 - 组织切片中可以持续几个小时

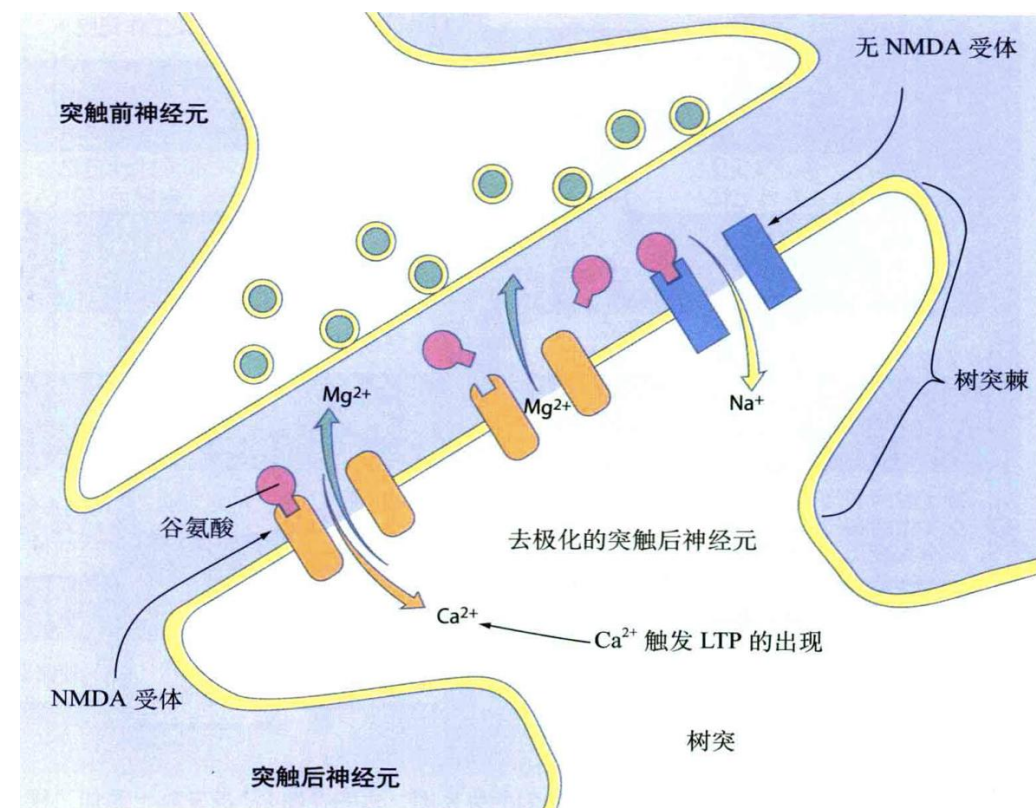


大鼠的海马突触组织
(细胞水平检测突触学习机制可塑性)



LTP的产生依赖于NMDA

- 接受兴奋输入去极化后，NMDA释放镁离子，接受钙离子
- 钙离子改变影响突触强度的酶（谷氨酸）的活动，增强突触
- LTP的维持可能不依赖于NMDA



总结

总结

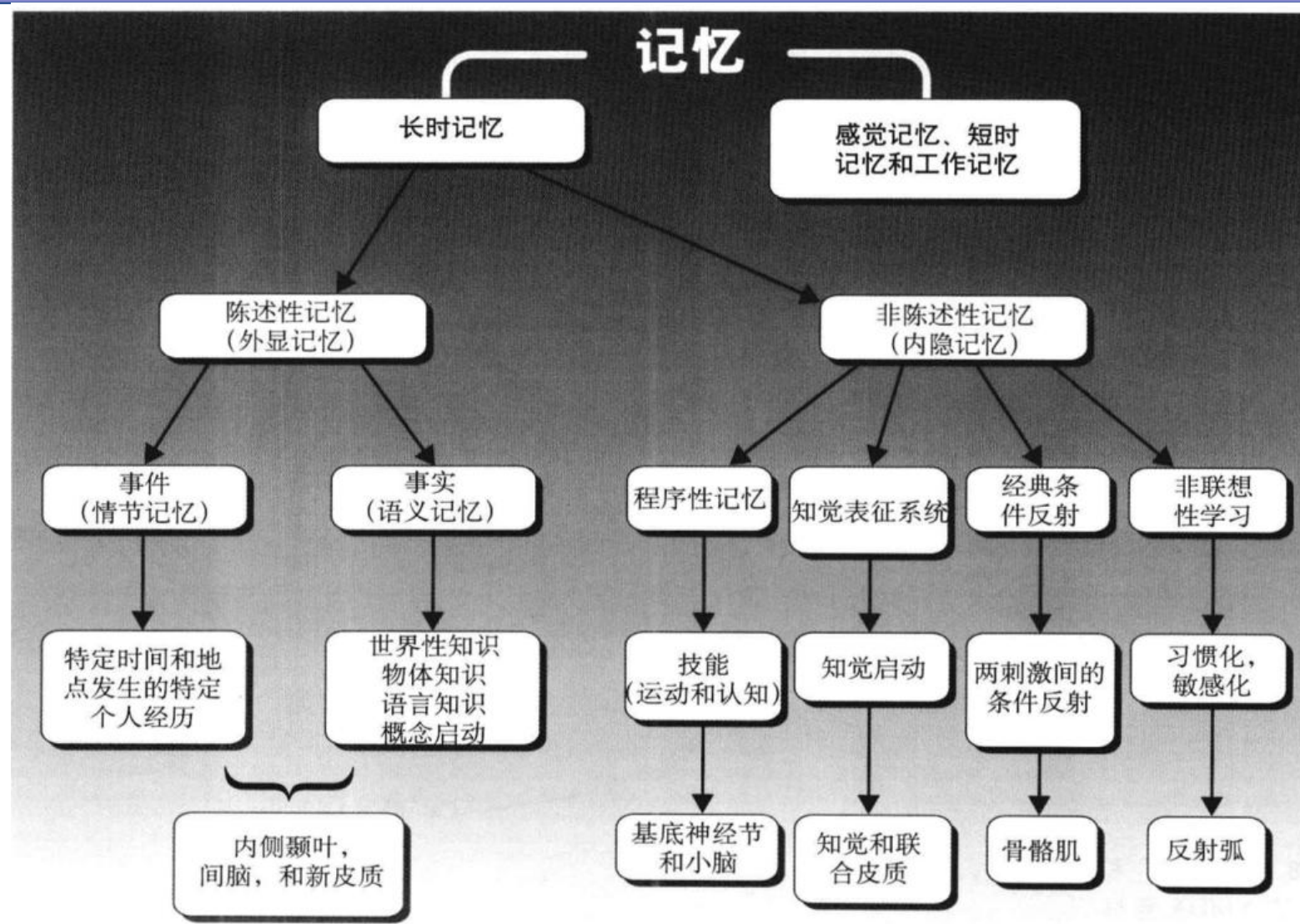


Fig 8.44

谢谢

课堂练习

- 1. 大部分有关记忆的细胞基础的研究都认为，记忆是在神经网络中的（ ）的结果。
 - a. 神经元数量增加
 - b. 神经元突触数量增加
 - c. 神经元间距离接近
 - d. 神经元间的突触接触强度变化

- 2. 酒精性科尔萨柯夫综合症是由（ ）受损引发的。
 - a. 内侧颞叶
 - b. 杏仁核
 - c. 海马
 - d. 间脑