

FDU 脑科学 12. 学习和记忆

- 期末考试: (问答题)
 - 疾病的重要病例
 - 重要实验
 - 不同脑区的功能 (重点提到的脑区) (★)
 - 神经研究方法
 - 神经传递
 - 视觉、听觉、感觉
 - 注意力关键实验 (★) (哪些实验可以测试哪种关键功能)
 - 动机情绪 (★)
 - 学习记忆 (★)
 - 于玉国老师布置的作业题 (★)

12.1 概念与分类

学习: 获得新信息和新知识的神经过程.

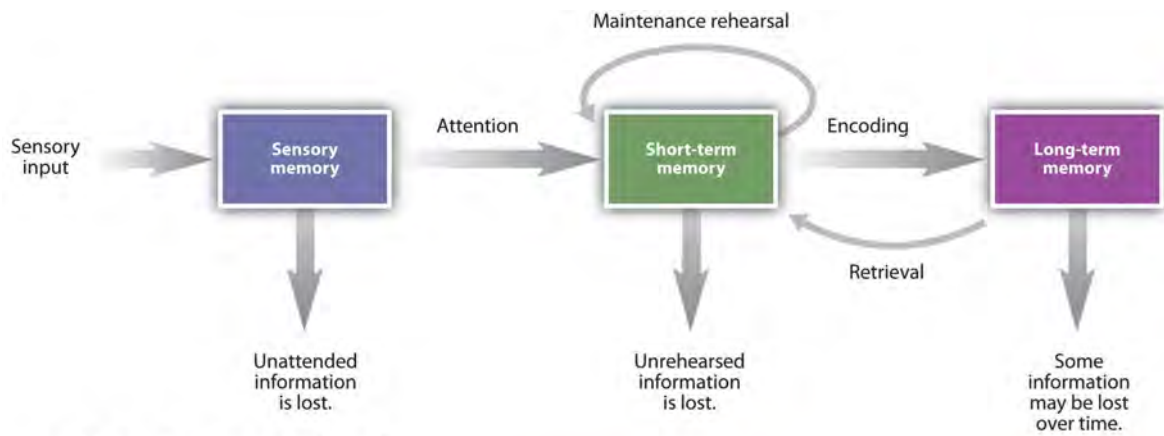
记忆: 对所获取信息的编码、巩固、保存和读出的神经过程.

记忆是一个动态的过程, 不断在遗忘.

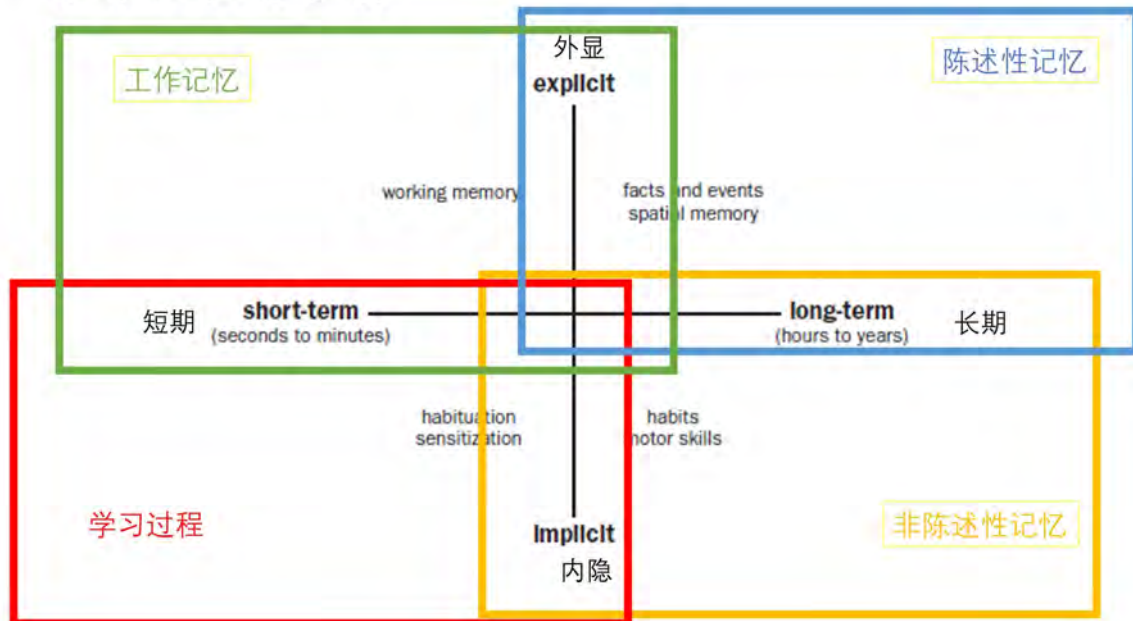
感官记忆是记忆过程的起点, 它负责从感官输入中接收外界信息.

短期记忆负责暂时保存和处理被注意的信息, 无复述时信息因自然衰减遗忘.

长期记忆负责将信息长时间保存, 信息未得到巩固会逐渐消退.



学习记忆的分类



- **外显记忆 (陈述性记忆)**
对事实、事件、情景以及它们间相互关系的记忆能用语言来描述。
事实——语意记忆 (独立于个人经验的一般的事实性知识)
事件——情景记忆 (对个人经历的记忆, 包括时间、地点、人物等情境相关的细节)
受退行性疾病影响最严重的就是情景记忆。
- **内隐记忆 (非陈述性记忆)**
不需要有意识参与且难以用语言描述的记忆。
启动效应 (Priming effect) 先前经验对当前任务的促进作用, 表现为反应速度加快、正确率提高等。
(这是证实内隐记忆的主要标志之一, 以前的经验不仅仅是情景记忆)
程序性记忆 (Procedural, 包括技巧、习惯): 储存技能、习惯和程序化行为的记忆。
经典条件反射: (个体对特定刺激形成的无意识反应模式) 肌肉记忆 (**小脑**)
习得性的情绪反应 (Emotional responses): 因以前的经历产生的不由自主的情绪变化的过程。
- **工作记忆**是短期记忆的主动 (外显) 部分, 负责对信息进行加工和操作。
它是复杂认知任务 (如学习、推理、问题解决) 的核心。

12.2 脑区环路

以前的错误认识: Karl Lashley 假说 (质量作用原理)

记忆损伤的程度与切除皮层区域的大小相关, 而与具体位置无关。

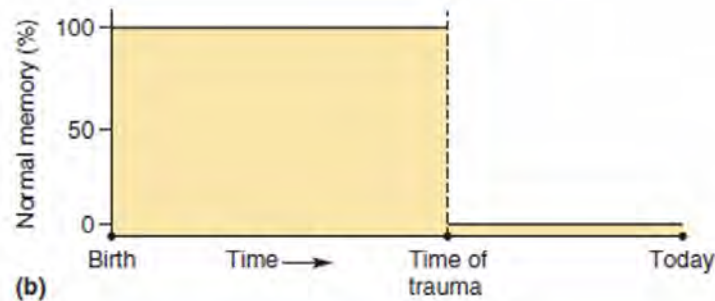
换言之, 该假说认为记忆在大脑内分散存储。

12.2.1 陈述性记忆

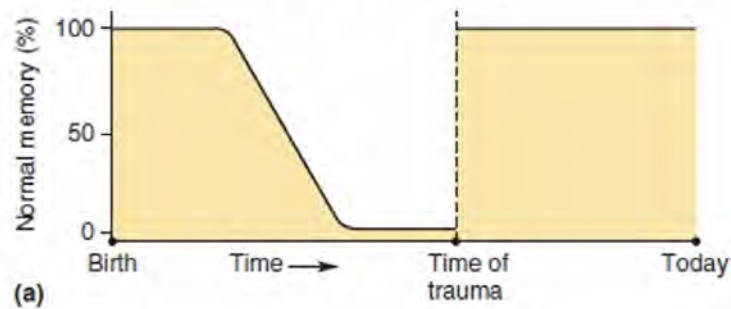
颞叶切除 (包括海马体、海马旁回、内嗅皮层、梨状皮质, 以及杏仁核) 与陈述性记忆.
(颞叶在太阳穴处)

Henry Molaison 产生严重的顺行遗忘症和部分的逆行遗忘症.

- 顺行遗忘指患者难以将新经历或新信息编码为长期记忆.
- 逆行遗忘指患者无法回忆起遗忘发生前的记忆.



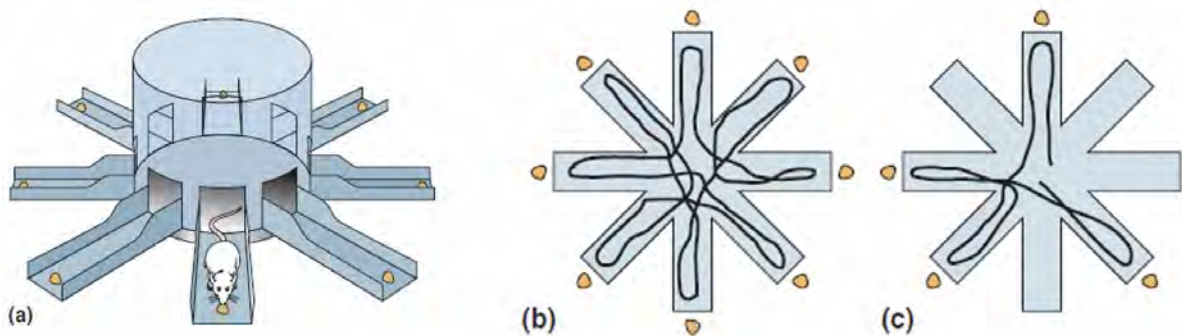
顺行遗忘
Anterograde amnesia



逆行遗忘
Retrograde amnesia

- 童年的记忆正常, 有短时工作记忆, 能形成程序性记忆.
(海马切除无法建立新记忆, 但不影响程序性记忆)
- 情感记忆不存在于海马脑区中
(Henry Molaison 不记得医生, 但与医生握手时犹豫了, 因为昨天手被医生的戒指扎到了)
- 海马编码新的情景记忆.

海马脑区参与空间记忆 (Spatial Memory)

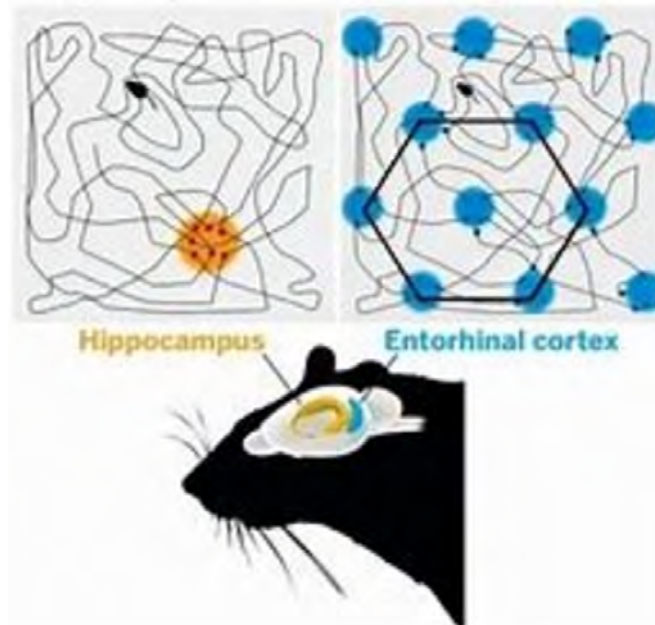


(海马体受损的小鼠不记得哪些通道没有走过, 因此不能找到所有通道内的食物)

空间记忆是表征外界环境地理位置或者方向的记忆,

与海马中的**位置细胞** (Place cell) 和**内嗅皮层的网格细胞** (Grid cell) 相关

- 海马的位置细胞在个体经过某个熟悉的位置时会发放
- 内嗅皮层的网格细胞在个体经过一定距离和方向后发放 (pattern 呈正六边形)



12.2.2 工作记忆

工作记忆: 最经典的**短时外显记忆**

指在执行认知任务过程中, 用于信息的暂时储存与加工的资源有限的系统.

短时间记下顺序数字 497616 并不是工作记忆.

(没有复杂的信息处理或操作, 仅是简单的记忆存储)

只有短时间记下并提取此记忆去执行任务 (例如倒着回忆数字 497616 为 616794) 才是工作记忆.

(工作记忆是一种动态的、以任务为导向的记忆系统, 不仅要暂时存储信息, 还要对信息进行操作、加工或整合)

(前额叶与工作记忆)

延缓性非匹配样任务 (delayed non-match to sample, DNMS)

要求实验动物选出一件之前没有见过的事物.

可以增长延迟时间来增加任务难度.

前额叶被损毁会导致使用不了工作记忆.

- **样本阶段 (Sample Phase)**

实验动物 (如猴子) 在实验开始时会接触到一个样本物体 (如一块积木)

它可以观察或触摸该物体以获取初步信息.

- **延迟阶段 (Delay Phase)**

样本物体从动物面前移走, 进入一个延迟期.

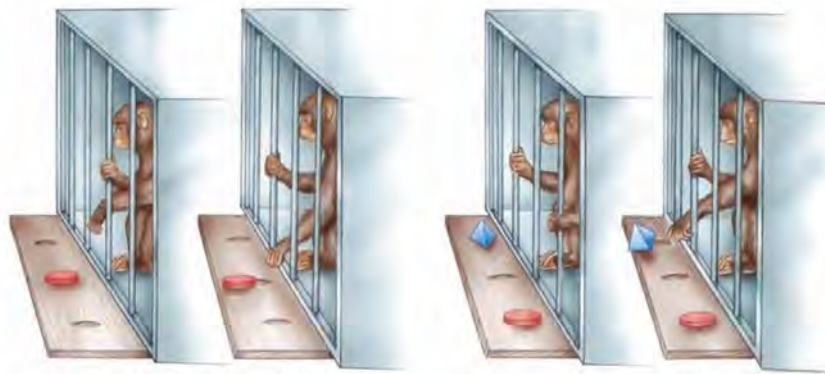
延迟时间可以根据实验需求调整, 通常从几秒到几分钟.

在此期间, 动物需要保持对样本物体的记忆, 这一过程依赖于前额叶的工作记忆功能.

- **测试阶段 (Test Phase)**

动物会同时被呈现两件物体: 一个是先前见过的样本物体, 另一个是新物体.

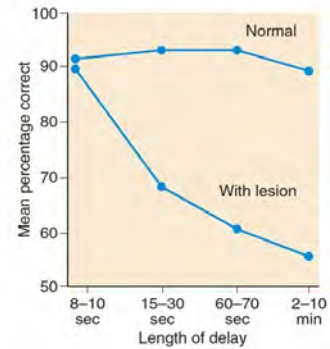
动物需要通过选择新物体 (非匹配物体) 来完成任务.



延缓性非匹配样任务 (delayed non-match to sample, DNMS)

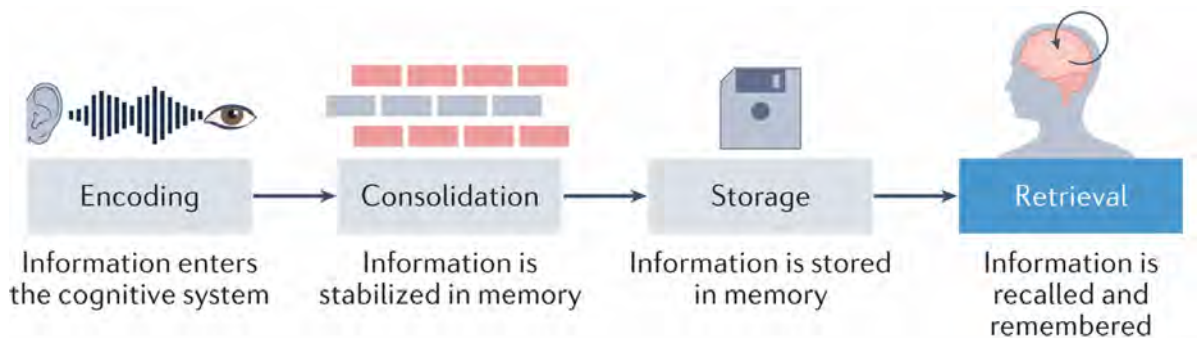
灵长类实验：内嗅颞叶——海马，杏仁核，内嗅皮层

小鼠实验：前额叶、海马、杏仁核、内嗅皮层



12.2.3 存储

海马区和前额叶参与短期记忆，但长时程记忆 (外显记忆-陈述性记忆) 存在于皮层中。
(视觉记忆存在于视觉皮层，听觉记忆存在于听觉皮层，感觉记忆存在于感觉皮层)



前额叶与海马脑区在记忆过程中的相互作用:

新记忆的产生可能会影响已有记忆的巩固.

记忆的调用也会对记忆产生影响 (记忆是不可靠的)

12.3 神经基础

大脑可塑性 (Plasticity):

大脑对外界 (环境) 进行适应，并发生改变的过程，通过细胞的可塑性实现.

- 结构可塑性 (神经元的连接数目增多\减少)
- 功能可塑性 (脑区的传输信息更多了，连接活性提高了)

突触可塑性: 细胞之间的连接强度可调

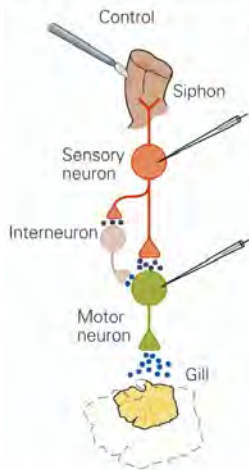
- **突触结构改变:** 突触连接增多或减少
- **突触功能改变:** 长时程增强或抑制 (LTP/LTD)
长时程可塑性 (long-term plasticity)

Kandel 在模式动物**海兔**上发现了长时程可塑性，因为它们的神经系统简单，而且有易观察的行为改变.

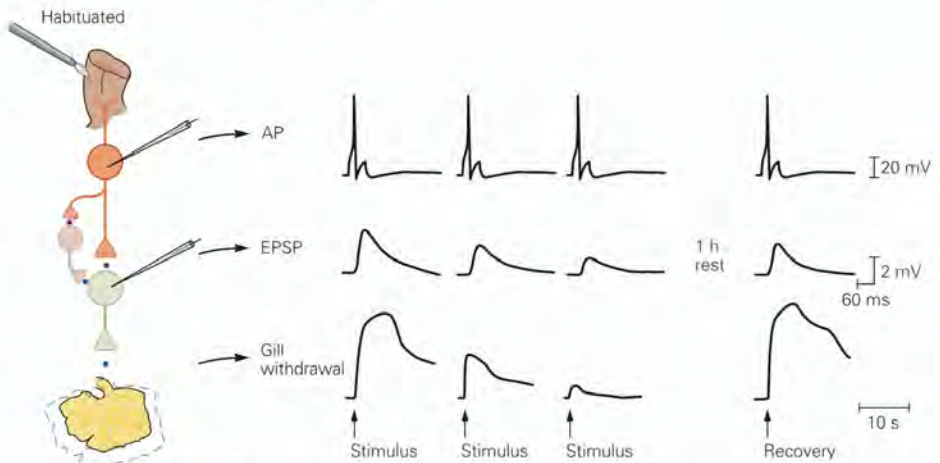
- 海兔的缩鳃反射——接受频繁刺激后**习惯化** (habituation) (生物体节能的一种表现)
感觉神经元反应没有改变，而运动神经元响应减弱 (可通过休息消除)
- 引入新的刺激与旧刺激配对，激活新的感觉神经元——**敏感化** (sensitization)
感觉神经元反应没有改变，而运动神经元响应更加剧烈

海兔缩鳃反应：学习——习惯化 (Habituation)

B Gill-withdrawal reflex circuit

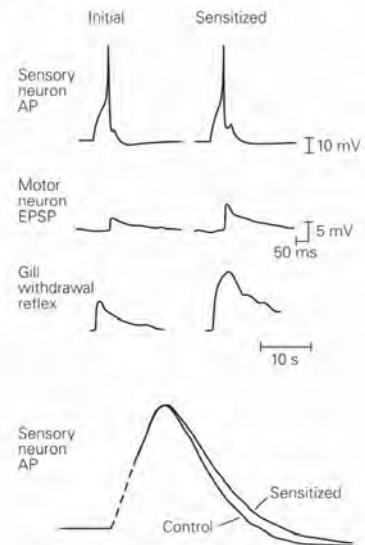
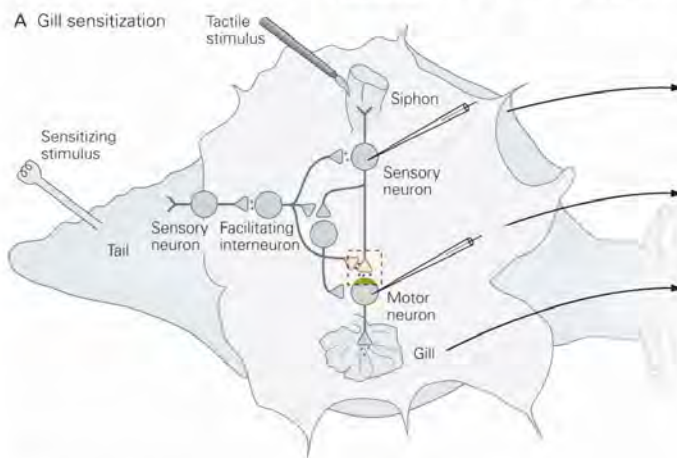


C Habituation



突触前配对：学习——敏感化 (Sensitization)

A Gill sensitization

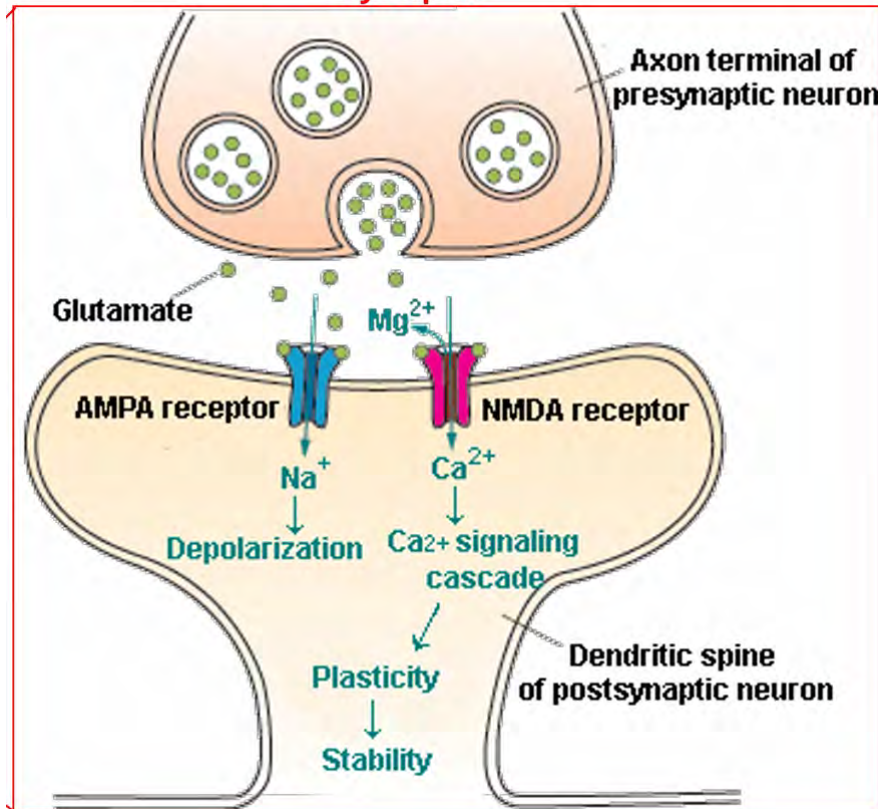


B Presynaptic facilitation involves two molecular pathways

突触结构: (以谷氨酸 (Glu) 型突触为例)

- 一个神经元的轴突棘: 突触前
- 突触间隙
- 另一个神经元的树突棘: 突触后

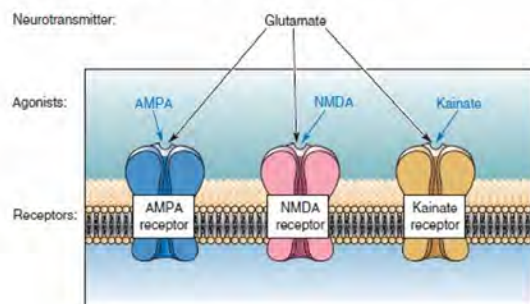
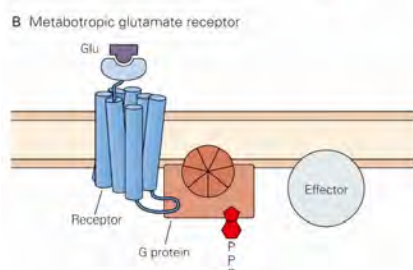
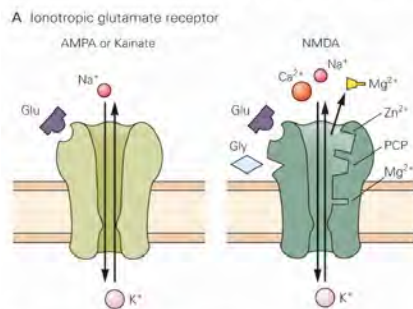
Synapse



神经递质类型、释放的囊泡数量、突触后受体类型、受体数量的改变就产生了突触功能可塑性。

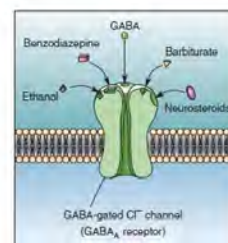
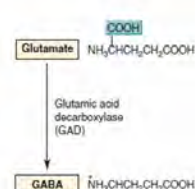
- 对谷氨酸 (Glu) 最敏感的是 AMPA 受体。
- NMDA 受体要求 AMPA 受体先激活，膜电位改变，然后 NMDA 受体的 Mg 离子被移除，通道打开。

兴奋性 Glu 和抑制性 GABA 的受体通路



兴奋性神经元

AMPA受体
NMDAR受体



抑制性神经元

沉默突触 (silent synapse)

这种突触只有 NMDA 受体，没有 AMPA 受体，导致 AMPA 受体无法先激活来引发 NMDA 受体激活。这种突触在正常状态下不被激活 (但有着正常的突触结构)

只有膜上插入了特征性的 AMPA 受体时，此突触才能成为有活性的突触。

在发育的关键期，海马区有大量沉默突触，学习的后备军 (需要时可以很快成为成熟的突触，节能的一种体现)

幼儿时期会产生很多无意义的突触，青少年时期会修剪无意义的突触，成年后稳定。

- 沉默突触在基础条件下无法进行神经传递.
- 沉默突触转变为功能性突触是突触发育的第一步.

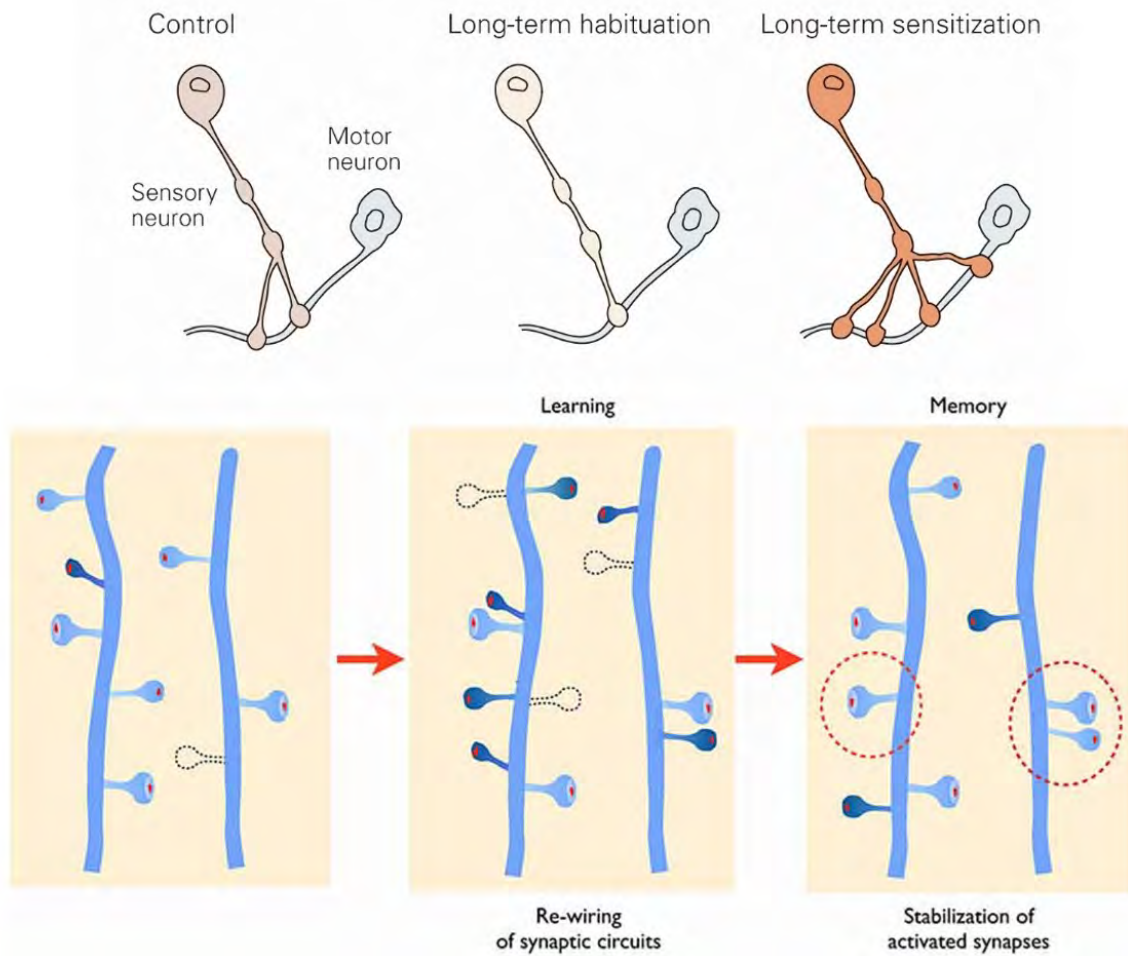
沉默突触与成瘾有关: 启动自我保护, 避免异常的兴奋导致神经凋亡?

(把 AMPA 受体从成熟突触上撤下来, 将突触沉默, 但结构不发生改变)

ADHD 患者也会产生沉默突触来自我保护.

突触连接数量实现**突触结构可塑性**.

- 长时程的习惯化会减少突触连接数量
- 长时程的敏感化会增加突触连接数量
- **(记忆的微观体现)** 新的突触长成成熟的突触固定下来, 就实现了学习巩固记忆的过程.



(成年海马新生神经元与记忆索引)

海马有四个脑区: DG, CA1, CA2, CA3 (其中 CA2 比较小, 其他三个区比较重要)

成年人只有海马的 DG 区会产生新的神经元, 很可能与新记忆的产生有关.

并且把新旧记忆进行分辨、索引和追溯 (否则会产生记忆的错配)

The End