

FDU 脑科学 11. 动机和情绪

11.1 动机

动机: 产生行为的驱动力 (例如需求、欲望)

所有引起、支配和维持生理和心理活动的过程.

- ① 源于生物体内 (内驱力)
- ② 源于外部环境和文化因素 (诱因)

我们这里主要研究源于生理的动机 (并产生了相应的行为)

Maslow 需求理论: 基本需求、心理需求、个人成就需求 (社会支持)

动机与 "战或逃效应":

三种生理效应 (3F effect)

- ① 抵抗外界不良环境 (fight)
- ② 逃离外界不良环境 (flight)
- ③ 冻结反应 (Freeze) (遇到外界刺激时产生的僵直反应)

涉及动机功能的脑区:

(涉及动机和情绪的脑区大多在皮层以下, 这与我们以前研究的高级脑功能不同)

- ① 杏仁核 (Amygdala): "flight" and "freeze" (**外界刺激**)
前额叶皮层对杏仁核有很强的控制.
- ② 下丘脑 (Hypothalamus) 和垂体: "fight"
下丘脑与杏仁核离得很近, 第三脑室能够直接分析从脊髓传递上来的体液变化.
- ③ 扣带皮层 (Cingulate Cortex, CC)
扣带皮层在左右脑的高速通路上
边缘系统 (limbic system): 前扣带回、后扣带回、压后皮层、海马体——控制了我们很多本能行为
- ④ 膝状体 (Thalamus) (**内在感知**)
感官信号传入大脑的第一站.

多巴胺是动机功能的通用神经递质.

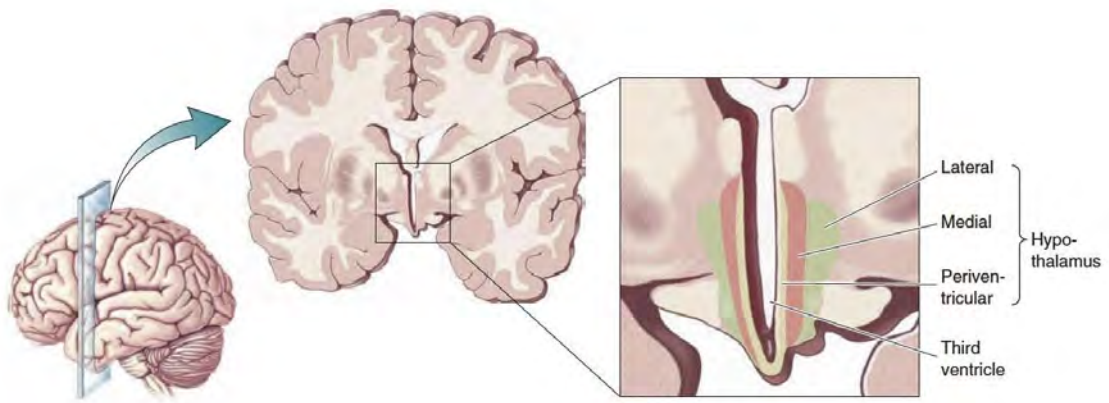
11.2 下丘脑

(稳态调控系统)

下丘脑可以直接分析第三脑室传递过来的体液, 来调控我们的体温和血液成分 (**自稳态**)

血液稳态: 血量、血压、酸碱度、血氧、血糖.

- 下丘脑通常分为三个区: 外侧区、内侧区和室周区



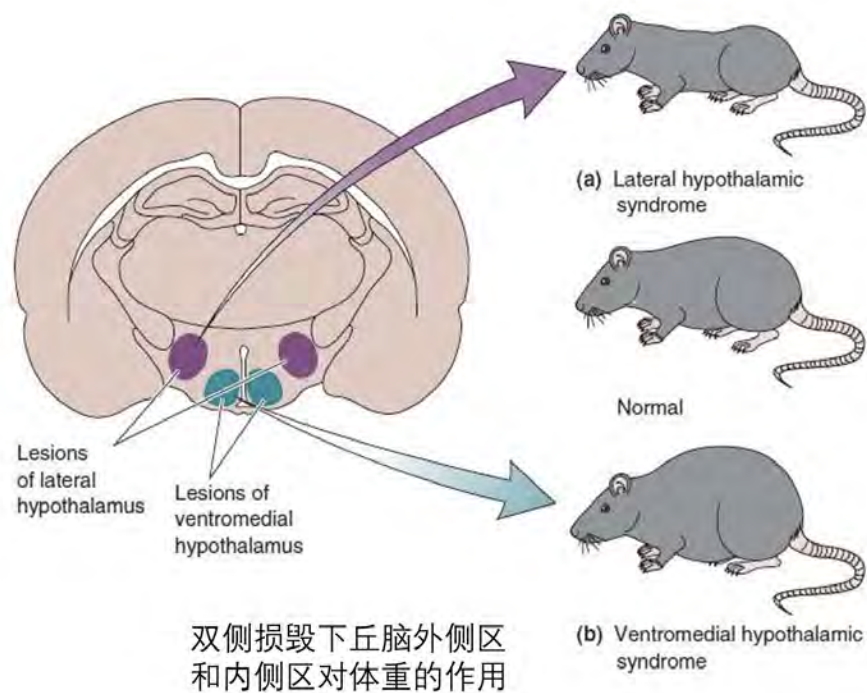
- 室周区接受来自下丘脑其他区、脑干和端脑的传入
(脑干接受和处理脊髓穿上来的体感信息, 例如节律运动)
下丘脑监控脑干的节律运动: 例如监控血氧, 当血氧低时让脑干加快呼吸节律
- 室周区的神经分泌细胞分泌激素进入血液

(摄食行为)

下丘脑的两个亚区相互拮抗.

(类似地: 纹状体的两个亚区相互拮抗, 调节多巴胺分泌; 兴奋性神经元附近一定有抑制性神经元)

- 下丘脑外侧区 (Lateral hypothalamus): (饥饿中枢)
 - 起始中心 (诱发食欲)、增加食欲、刺激进食
 - 损毁后, 饥饿动物也没有进食欲望
- 下丘脑内侧区 (Ventromedial hypothalamus): (饱腹中枢)
 - 停止中心、降低食欲、终止进食
 - 损毁后持续摄食, 体重增加



控制摄食行为的激素——**瘦素** (leptin)

瘦素由脂肪细胞释放, 通过血液传递对下丘脑神经元的直接作用来调节体重.

瘦素可以抑制饥饿感, 减少食物摄入.

在能量储备充足时, 瘦素水平较高, 传递给大脑的信号会降低食欲;

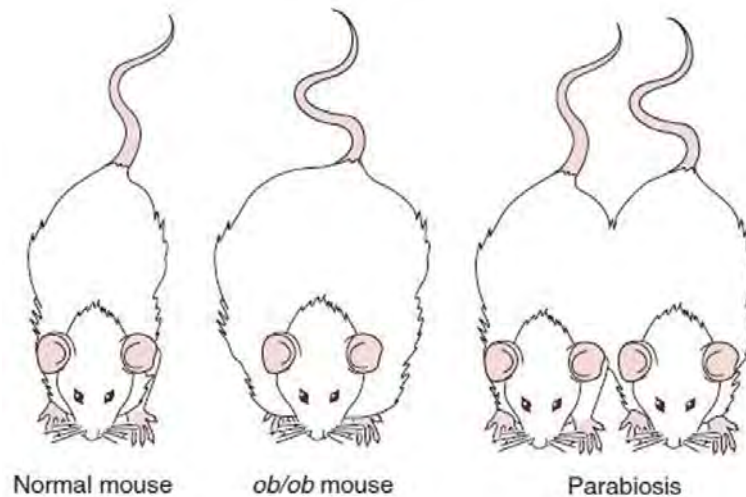
相反, 瘦素水平较低时, 饥饿感增强, 鼓励进食.

瘦素不仅影响食欲, 还通过促进能量消耗来帮助维持体重平衡.

联体小鼠实验:

证明了 **ob** 基因产生的瘦素存在于血液中.

正常小鼠的血液输送到 (**ob** 基因敲除) 肥胖小鼠的身体里, 最后肥胖小鼠的体脂率下降.



光遗传: 利用光敏感蛋白来抑制或激活神经细胞.

实验发现了直接刺激下丘脑的神经元可以引发进食行为.

11.3 多巴胺

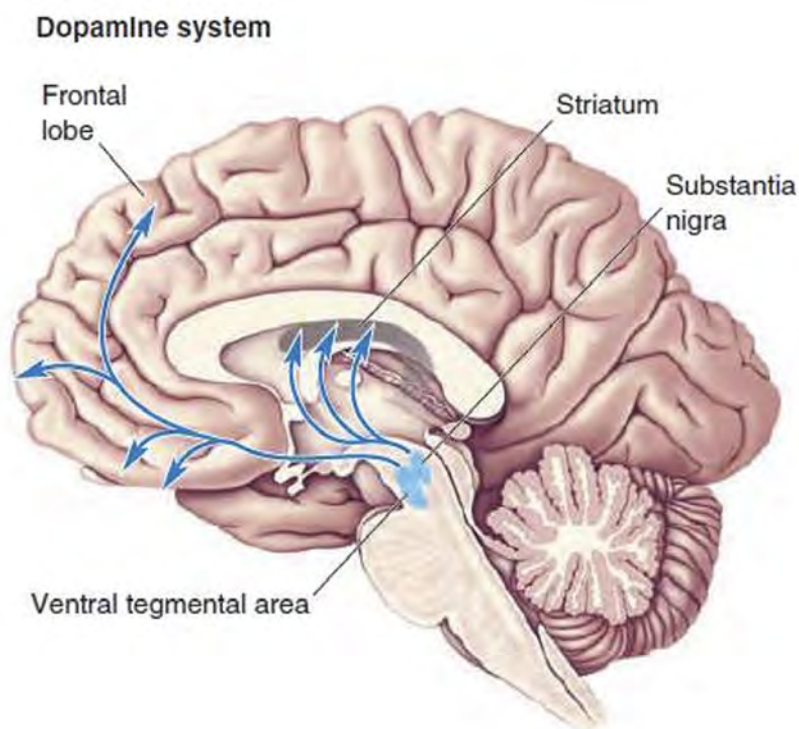
(动机的底层逻辑: 奖赏和惩罚)

大脑中的奖赏系统和惩罚系统 (rewarding and punishment system)

(不只是由多巴胺调控的)

多巴胺 (Dopamine, DA)

- 大多数多巴胺能神经元都位于中脑的**黑质** (Substantia nigra, SN) 和**腹侧被盖区** (Ventral tegmental area, VTA)
(一旦中脑的多巴胺能神经元损毁, 则人会逐渐 "冻结", 因为多巴胺还与运动相关)
- 前者大量投射到**纹状体** (Striatum)
后者大量投射到**边缘皮层**和**额叶皮层**



多巴胺系统在情绪调控的作用:

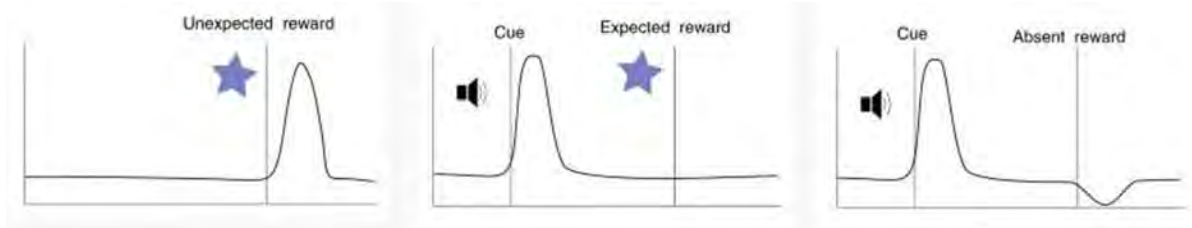
- **欢乐-寡欢假说 (hedonia and anhedonia):**

多巴胺在与正面的奖励相关的主观愉悦感中起着关键作用，而多巴胺的减少会导致愉悦感的丧失。可以在产生动机的过程中逐步积累。

- **奖赏预测误差假说 (reward prediction error):**

多巴胺神经元仅对预料外的奖励结果 (可以是好的结果也可以是坏的结果) 产生快速的间歇式激发。在期望奖励大于实际奖励时，出现负的预测误差，导致多巴胺的抑制；而当实际奖励超出预期时，正的预测误差会导致多巴胺的激活。响应的大小随奖励大小而增加。

(类似于 Pavlov 的实验: 习惯了以后，给一个新奇的刺激会引发多巴胺释放)



强化学习 (Reinforcement Learning, RL)

一个智能体 (agent) 怎么在一个复杂不确定的环境里面去极大化它能获得的奖励。

- 正常强化: 摄食、饮水、运动、性行为
- 异常强化: 物质依赖与成瘾
(此时腹侧被盖区 (VTA) 被异常激活)

成瘾行为的多巴胺假说 (觅药行为)

动机显著性 (incentive salience) 假说:

奖励并非单一过程，包含了**喜欢** (liking) 和**渴望** (wanting) 两个独立的成分，多巴胺只是传达了奖励中「渴望」的部分，而不涉及「喜欢」的部分。

- 在动机产生时，**多巴胺**负责标记外界刺激的重要性和显著性。
当某种刺激 (例如食物、金钱或药物) 被标记为显著时，
大脑会将注意力集中于此并驱使个体采取行动以获取该刺激 (即「渴望」的部分)
多巴胺通过赋予刺激显著性，引导个体产生动机并采取行动，
但它本身并不是直接产生愉悦感的化学基础。
- 「喜欢」的部分是由**五羟色胺**控制的。
- 在药物成瘾的情况下，吸毒者可能已经不再享受药物带来的直接愉悦感，但他们仍然会强烈渴望获得药物。
这种强烈的渴望可能源自多巴胺在奖励系统中的作用，而不完全是因为获得药物本身的愉悦感。
成瘾者的奖励系统常常处于过度激活状态，导致他们对诱发奖励的刺激产生异常强烈的反应。
- 在成瘾过程中，个体的大脑奖励系统会对药物或其他成瘾物质产生过度学习，
即奖励的预测与实际奖励之间的差距越来越小，进而让个体更加强烈地「渴望」这些物质。
正如在强化学习中，**奖赏预测误差** (Reward Prediction Error, RPE) 调整着行为，
成瘾者的大脑也通过奖赏预测误差强化了对药物的渴望。

多巴胺与疾病:

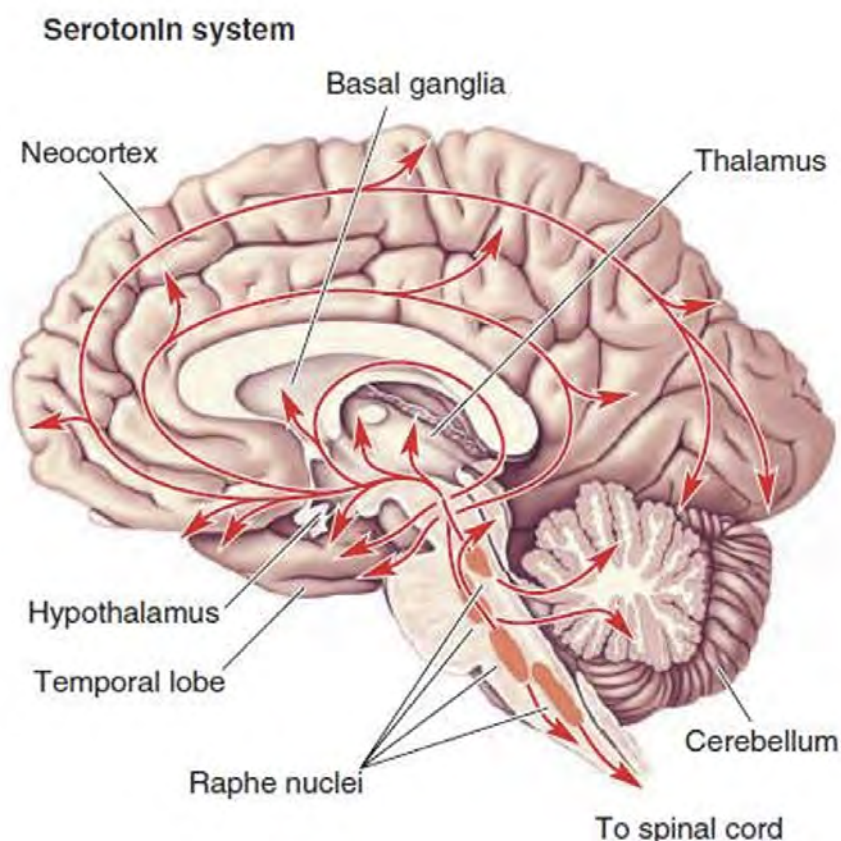
- 多巴胺对运动控制起重要作用，帕金森病就是多巴胺能神经元变性引起严重的多巴胺减少所致 (黑质的多巴胺分泌减少，导致无法进行运动控制)
- 多巴胺能神经元还参与学习和认知行为中的注意力和动机过程中的冲动活动 (动机与注意力是强相关的)
- 补充多巴胺疗法也用于治疗重度抑郁症、精神分裂症

11.4 五羟色胺

(脑内弥散调节系统)

五羟色胺 (5-HT), 又名血清素

- 大多数脊椎动物的五羟色胺能神经元都位于中缝核 (Raphe Nuclei), 位于脑干中线
- 五羟色胺的神经投射激活遍布于整个大脑 (记忆力调控、和乙酰胆碱一起调节睡眠)
- 最早在血清里发现, 但它不能透过血脑屏障 (BBB), 所以在外周和中枢两个系统中是独立的 (肠道内摄取五羟色胺是无法影响到大脑的)
- 五羟色胺是一种抑制性神经递质, 有三种主要受体: 5-HT_{1A}, 5-HT_{1B}, 5-HT_{1C} 不同的受体介导不同的神经反应, 可以同时介导兴奋性和抑制性两种神经传递
- 可能因药物滥用而受损
- 与强迫症和冲动有关



与多巴胺有很强的互补作用.

期待时不发放 (这与多巴胺相反)、闻到食物气味时发放、吃到食物时达到顶峰.

(与满足感有关, 提高五羟色胺水平的药物可以作为食欲抑制剂)

(化学作用对心智的调节)

上行投射的五羟色胺和多巴胺能神经元的活性会调控认知决策过程 (压力水平、唤醒程度、情感的变化)

11.2 情绪与情感

11.2.1 定义

达尔文定义了六种基本情绪: 愤怒、厌恶、惊讶、喜悦、悲伤和恐惧

人类共同的祖先拥有相同的基础情感表达系统, 这套系统作为基因的一部分被遗传下来.

- 情绪难以使用语言定义, 它就是这些难以用语言定义的状态的集合

- 情绪作为一种具有物种保守性的功能，对生存来说至关重要——"趋利避害，做出更利于生存的选择"
- 激发适应性行为 (adaptive behaviors)，通过生存、繁殖、亲属选择促进基因传递
- 复合情绪 (complex emotions) 或次级情绪 (secondary emotions) 是在基本情绪上发展出来的复杂情绪
- 与社会认知和自我评价等相关，受到所处文化和环境的影响，通常具有社会属性和道德属性

情绪的定义:

- 情绪是个体受到某种刺激所引发的一种状态
- 情绪既是主观感受，又是客观生理反应 (心率、血压、呼吸、血管容积等)
- 情绪是一种很复杂的生理和心理状态，与一系列认知功能 (注意力、反应力、记忆力等) 有关

情绪反应:

- 生理反应: 植物神经系统和内分泌系统发生急剧而广泛的变化
 - 不随意肌 (瞳孔运动、体毛运动)
 - 循环系统 (脉搏、血量分布、血压) 呼吸系统 (呼吸频率、呼吸量)
 - 腺活动 (消化液分泌、出汗)
- 外在表达:
 - 面部表情、肢体动作
 - 声音变化、言语表达
- 伴随情绪而来的思想信念 (belief) 和认知评估 (cognitive appraisal, 如动机、冲动行为等)

两种主要的情绪理论及其神经环路:

- **James-Lange 学说: 外周理论**
情绪由身体器官对刺激所产生的生理变化所引起，情绪是对身体变化的知觉
情绪感染的模仿-反馈机制
(大脑解读身体的感知)
- **Cannon-Bard 学说: 丘脑理论 (中枢理论)**
(丘脑收集整合身体的感知，传递给皮层)
情绪并非外周变化的必然结果，情绪产生的中心机制在中枢神经的丘脑
(例如刚出生的孩子并不会因看到蛇而恐惧)
脑的地位更加突出，通过先天遗传或后天获得的知识经验。
情绪过程是大脑皮层对丘脑的抑制解除后清脑功能亢进的结果，
人的情绪体验与生理反应同时发生，受丘脑控制。

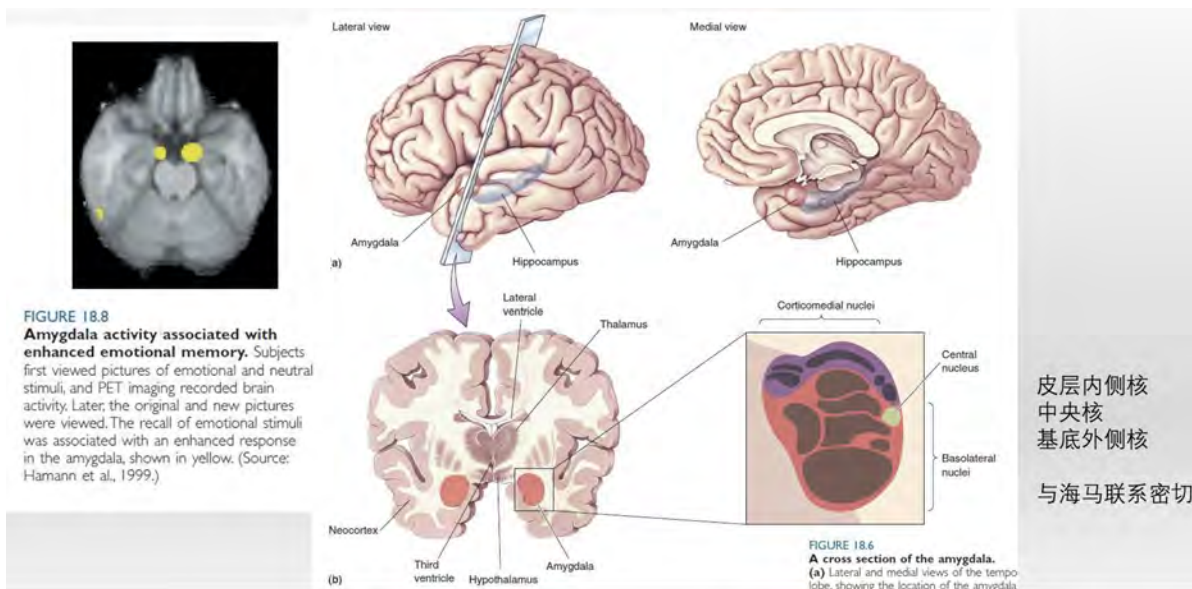
情绪相关的神经环路具有重叠性和保守性。

重要的脑区: **脑干、丘脑、前额叶、杏仁核、纹状体**

11.2.2 杏仁核

负面情绪反应——杏仁核——恐惧性条件反射

- 生理刺激 (例如电击) 中央核
- 心理刺激 (回想起被电击的经历) 基底外侧核



额叶皮层对情绪的控制:

Phineas Gage 是第一位因左侧前额叶皮层机械损伤造成人格、社会性和情绪性行为改变的病例。(语言、运动功能以及基本认知能力得以保存)

- **眶额叶皮层 (Orbitofrontal Cortex):**
负责情绪调节和决策。损伤此区域会导致冲动行为和缺乏社会约束力。
- **背外侧前额叶 (Dorsolateral Prefrontal Cortex):**
与计划能力、工作记忆和理性决策相关。

Elliot (EVR) - The Modern Phineas Gage

一位具备天生领导才能的 35 岁会计师, IQ 高于平均水平。

手术切除脑膜瘤后导致眶额叶皮层损伤, 出现强迫症症状和决策障碍, 情感淡漠、破产、失业、离婚...但在与额叶相关的工作记忆、认知灵活性和认知抑制等测试中表现正常。

具身认知 (embodied cognition)

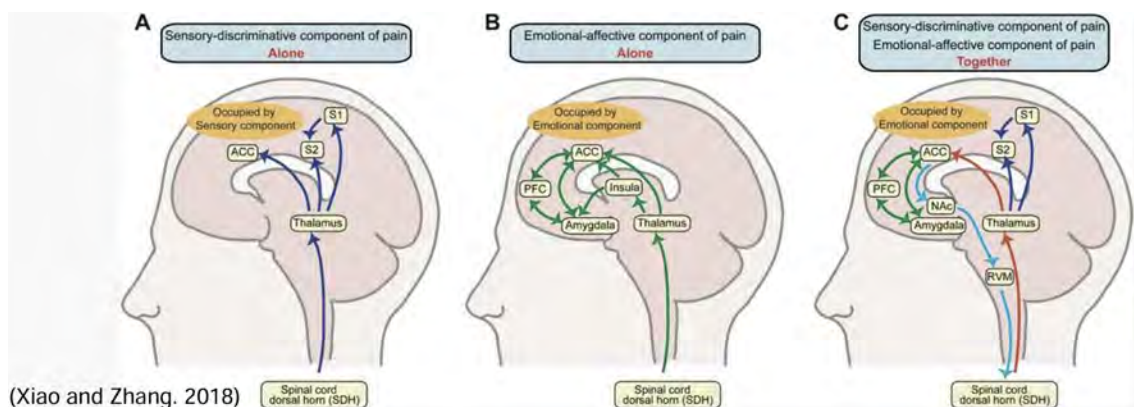
它主张认知过程不仅仅发生在大脑中, 而是与身体的感知、动作以及与环境的互动密切相关。

根据这一理论, 人的认知能力 (如思维、推理、决策等) 不仅依赖于大脑的活动, 还受到身体感知、运动和与外界环境的互动的影响。

其基本思想是: **我们的身体经验、感知和动作塑造并制约着我们的认知过程**

这一观点挑战了传统的认知理论, 后者通常将认知视为仅仅是大脑中的计算过程, 而忽视了身体和环境的作用。

- 额叶的**前扣带回 (ACC)** (隶属于边缘系统) 控制疼痛 (生理痛) 和抑郁 (心理痛)



- 额叶的**前扣带回 (ACC)** 还控制**疼痛共情**。
人们会对本国人更容易产生疼痛共情 (文化属性对生理属性的影响)
相比陌生人, 人们对自己的亲人和爱人更容易产生疼痛共情。
小鼠更愿意帮助同笼饲养而非异笼饲养的同伴, 让其免受疼痛困扰。

情绪只有正负，不分好坏。

(正性情绪 & 负性情绪)

情绪与情感的区别和联系:

- **情绪** (emotion): 短暂，强烈，由具体的外界刺激诱发 (★)
- **情感** (affect)/心境 (mood): 持久，温和，常没有具体的外部诱因
- 在科学研究中，我们都只讨论情绪而不讨论情感 (考试时也不能混淆!)
- 情绪与情感是在进化上保守的功能
- 情绪和情感是指人对客观事物的态度体验， 是人的需要是否得到满足的反映

区分标准	情绪	心境（情感）
原因是否自知	能自知	可能不自知
造成原因	具体事物	不明确
结果表现形式	行为和表情方面	认知方面
可控性	不可控	可控
持续时长	短暂	持久
强度	强烈	温和
稳定性	不稳定	较稳定

情感障碍:

- 抑郁 (不可控制地低落)
- 躁狂 (不可控制地兴奋) (这与 ADHD 多动症有一些相似症状)
- 双向 (在两个极端之间摇摆)

情绪调节的认知 + 行为疗法

- 眶额叶调控负面情绪
- 刺激眶额叶皮层可以用于治疗 PTSD
- 虚拟现实 (VR)、增强现实和混合现实等数字行为疗法可用于治疗恐惧引起的焦虑症状 (例如社交恐惧症)

情感计算:

关于情感、情感产生以及影响情感方面的计算，

赋予计算机像人一样的观察、理解和生产各种情感特征的认知能力。

但需要注意伦理和道德问题，避免滥用和伤害用户。