



全民科学素质行动  
科学教育专栏

[脑科学与科学教育]

## 脑的功能回路举例 (4)

### ——愉快和成瘾

文\_韦 钰

韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，中国少数民族教育学会理事长，国家教育咨询委员会委员。曾任教育部副部长、中国科协副主席。



在 50 多年以前，对愉快的脑神经机制和回路研究就已经开始了。近年来，科学家十分关注有关人正向情感和幸福感的研究，对愉快情绪脑功能回路的研究成为了研究热点。但是对愉快的定义，在不同学科的学者中，仍然存在争执。作为高等动物的人，有了高级思维以后，需要满足的远不止是基本的生存需求，有许多愉快的感觉会来自对其他许多事物的需求和参与的活动，会基于个人认为是否重要和是否值得拥有加以判断。对所有宗教式追求者来说，世界远比直接袭入我们感知的事物大得多，丰富得多。在这篇评论里，我们将首先介绍人和动物相似的与“愉快”（被满足）有关的基本神经回路。在本文的后面略为介绍一下最近有关的进展和研究思路。

脑中有几个区域的激活都会使人在心理上产生满足的效应，其中有一个特定通路的激活会产生最为强烈的愉快感觉。这个通路是内侧前脑束 MFB (medial forebrain bundle)。从网状结构开始，这个轴突束相继经过背盖区、下丘脑的外侧，进一步与核聚体、杏仁核、隔膜、前额皮层和丘脑连接，构成了所谓的奖赏回路 (reward circuit)。奖赏回路所包括的核心脑区

是腹侧背盖区和核聚体。在这个奖赏回路中，还包括和其他一些脑区的连接通路，这些连接都是双向的（见图 1<sup>[1]</sup>）。

当感觉信息输入到前额皮层，激活奖赏回路有关的各个脑区，信息进而汇聚于下丘脑，激活腹侧背盖区（图 1 中红色路径所示）。腹侧背盖区通过 MFB（图 1 中蓝色路径所示），激活奖赏回路中的核聚体，产生行为反应，并使前额皮层加强注意和控制。类似于恐惧情绪发生时的情况，下丘脑也会激活全身的激素系统，从而影响人身体的状况。在奖赏回路中包含的神经元主要是多巴胺神经元。奖赏回路是脑内多巴胺神经递质起作用的主要回路。

与奖赏回路相联系而产生的行为是正向增强行为 (reinforce behavior)。虽然对正面增强行为的解释并不一定包含快乐的概念，有的行为主义者施行的训练，常常不能令人愉快。但是对人性来说，这两个想法大多数情况下是同步的。当我们问到，为什么会投入到逐渐增强的行为时，经常会表述为，因为这种行为提供了快乐的主观体验。所以一般认为，与正面增强行为有关的脑区也是和愉快感受的有关脑区相一致的。

愉快情绪有利于许多正向的动机

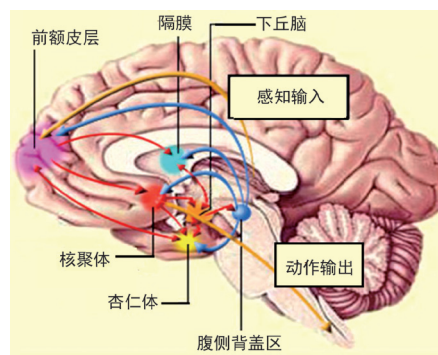


图 1 脑中的奖赏回路

和行为，如学习、爱、合作和健康等。但是，当需求快感的欲望不能控制时，会产生伤害自己和别人的行为。成瘾行为就是典型的例子，包括药物依赖、毒瘾和网瘾，以及攻击行为等。这些行为对人的危害，特别是对青少年的危害是很大的。多巴胺递质通路上的突触发生了病变，是这种成瘾行为形成的主要原因。

像毒品在进入身体几秒内就会使脑的突触发生很大的变化，不需要经过人的感官，会很快和很强烈地直接激活奖赏回路，产生一种强烈的欢愉的震撼。如图 2<sup>[2]</sup> 所示，当图上绿色所示的甲安非他明（一种兴奋剂）进入神经元，会使得突触前的神经元释放大量的多巴

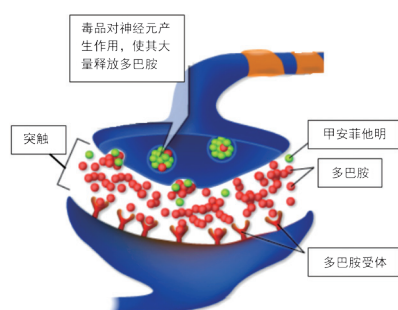


图2 毒品改变了突触的结构

胺(红色所示)。多巴胺分子进入突触间的间歇,被突触后神经元膜上的多巴胺受体吸收,想要让脑回到平衡状态,只有减少突触后多巴胺受体的数量(图3<sup>[3]</sup>)。为了再次获得欢愉感觉的高潮,毒品滥用者就要增加吸入毒品的剂量,从而会产生对毒品的耐药性。耐药性是一种补偿机制,会使药品的效果逐渐下降,迫使吸入者增加毒品剂量,以保持已经无法控制的令其陶醉的快感。同时,前额皮层原来对行为的控制调节作用也会因此而减弱,加剧毒品对人行为的控制能力,以致即使成瘾者已经很少快感了,仍然止不住对毒品的摄取。

人脑的可塑性使人容易产生药品依赖性。当其使用的特定药品停止使用时,神经元已经不能适应原来未使用药品时的生化环境了,会产生抑制不住的苦恼和渴求。为了消除这种药品的依赖性,就需要一段时间停止吸入,直到神经元重新学习如何在没有药品的情况下正常工作。

以上只是对成瘾行为的一个简单

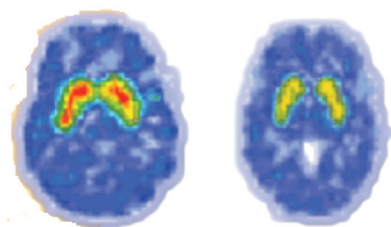


图3 成瘾的脑的正电子断层扫描图

(红色表示多巴胺受体的存在,左图所示是正常人的脑图;当人滥用甲安非他明时,如右图所示,脑中的多巴胺受体会大大减少)

描述,事实上药品对奖赏回路和多巴胺通路的影响要复杂得多,受影响的也不只是奖赏回路。所以一旦成瘾,不管是药物成瘾还是网瘾,都是一种不易治疗的疾病。在青春期前后的青少年处于最容易上瘾的年龄段,因为他们的奖赏回路已经发育到了成年人的水平,而由于前额皮层发育尚未完成,所以控制能力较差。在这个年龄段里,家长和教师都要十分注意防止青少年发生成瘾行为。

近年来,愉快和幸福成为了正向心理学研究的前沿热点。根据新的研究结果,愉快可视作包括多个分量的有意识的复杂心理概念。愉快刺激常常被称为奖赏刺激,或是简称为奖赏。但是必须指出,这里的“奖赏”一词意味着脑和心智中对刺激产生反应的一个活动的进程,而不是刺激本身。奖赏也不是一个单一的过程,而是一个复杂的进程,包含几个不同的心理分量。每一个分量又包含了无意识的部分和有意识的部分,它们分别对应着不同的神经生物机制。仔细地进行实验设计,可以区分这些不同的机制。不论是不同的分量,还是它们的有意识部分和无意识部分,都可能同时存在,都会发生相互之间的交互作用。奖赏的3个主要分量和这些分量的进一步细分是:

(1) 喜爱(liking):它实际上是奖赏中的愉快成分或者说是享受快感的分量。愉快包含2个部分。①核心的喜爱反应,它并不需要意识的参与;②愉快情绪中有意识的体验部分。用通俗一点的话来表述,它是由脑感知的认知机制参与核心喜爱反应,进一步加工处理后形成的。

(2) 向往(wanting):它是奖赏的动机部分,它包含了2个部分。①对有利于生存的事或物的渴望,如食物和性爱,它们常常是一种内隐的需求,并不需要是有意识的;②对利益的渴求或是对认知目的追求,这部分是有意识的动机。

(3) 学习(learning):联想、

再现或是根据以往的经验对未来产生的预期。因学习产生的预期也可以分成2类。①明晰的或是认知上的预期;②内隐知识和联合条件反射产生的预期(巴甫洛夫条件反射和工具性联合学习)。

上述这些过程所对应的脑回路有部分是独立不相互重叠的部分;有的是部分重叠的<sup>[4, 5]</sup>。依照新的研究结果,脑中与享受乐感有关的核心脑区和回路,如图4所示。

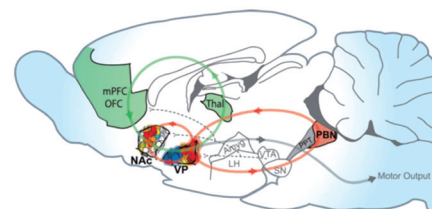


图4 与乐感相关的重点脑区和回路

(图中主要的脑区NAc(核壳)、VP(苍白球)、VTA(背盖区)、PBN(脑干的臂旁核)、Thal(丘脑)、OFC(眶额皮层)、mPFC(内侧额皮层);红色标出的脑回路主要与无意识的“乐感”有关,绿色标出的脑回路表示认知机制的参与)

和图1中所给出的传统脑区相比,图4<sup>[4]</sup>中新增了苍白球的脑区,除了神经递质多巴胺以外,强调了类鸦片活性肽等其他神经递质的作用,而且增加了与有意识部分对应的脑回路(绿色环路所示)。有兴趣的读者可以从参考资料[4, 5]中得到更多的信息。

该文章获2011年度教育部人文社会专项项目(“基础教育阶段技术和设计教育的国际比较研究”项目批准号:11JDGC026)支持。

### 主要参考资料

- [1] The Pleasure Centres, <http://thebrain.mcgill.ca>
- [2] Alter the Brain's Reward Pathway, <http://www.utah.edu/Drugs>
- [3] Drugs, Brains, and Behavior: The Science of Addiction, <http://www.NIH.usa.gov>
- [4] Susana Peciña, Kyle S. Smith, and Kent C. Berridge, Hedonic Hot Spots in the Brain, the Neuroscientist, Volume 12, Number 6, 2006
- [5] Kent C. Berridge and Morten L. Kringsbach, Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals, Psychopharmacology DOI 10.1007/s00213-008-1099-6 January 2008 # Springer-Verlag 2008