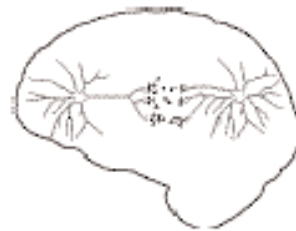


化学信使



动作电位沿轴突被传达到叫做突触的某一特定地区,轴突在此与其它神经元的树突联接,它组成突触前的神经末梢,一个小间隙将它与树突棘上突触后部分分离开。负责动作电位沿轴突传播的电流无法横跨突触间隙,横跨这个突触间隙要靠叫作神经递质的化学信使来完成。

化学递质被包装在球状袋子里,可随时释放而横跨突触的交接点

存贮和释放

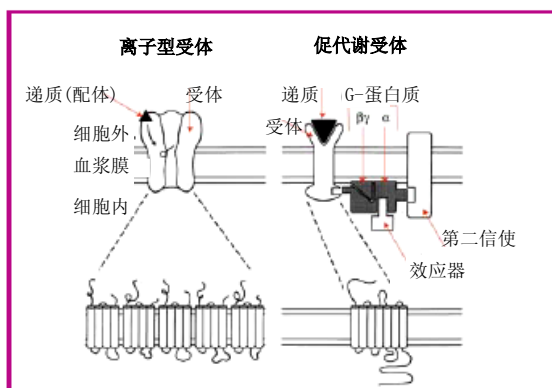
在轴突终止端,神经递质被储存在叫**突触小泡**的微小的球状袋子里,一些小泡起存贮作用,另一些靠近神经末梢的小泡则有随时释放的作用。动作电位的到达导致让钙离子(Ca^{++})进入的离子通道开放,这激活了作用在一系列突触前蛋白质的酶,这些突触前蛋白质被冠上异乎寻常的名字象“*snare*”、“*tagmin*”和“*brevin*”—是近代科学历险记里角色的好名字。神经科学家刚发现这些突触前的蛋白质可作标记和圈套,引起可以释放的突触小泡与膜融化、打开、而使化学信使从神经末梢释放。

然后,这个信使扩散横跨称为**突触间隙**的20毫微米的间隙。当突触小泡的膜被吞回到神经末梢时,它们重新组合,在神经末梢里再装满神经递质,于下一个循环过程中释放。化学信使惊人的快速—在少于一毫秒内,便可到达突触间隙的另一边,它与下个神经元的膜上叫做**受体**的一种特殊分子结构相互作用。胶质细胞也潜伏在突触间隙周围,其中一些有如微型吸尘器,叫**运载体**,它的工作是吸入突触间隙

的递质,清除掉多余的化学信使,这样,为下一个动作电位清除道路。但这些化学递质不会被浪费—胶质细胞处理递质后,送它回到神经末梢上的储存小泡里被储存起来,为将来使用。胶质细胞的家务清理不是神经递质在突触里被清除的唯一方式,有些时候,神经细胞将递质分子直接地泵入它们的神经末梢,另一些时候,递质在突触间隙被别的化学分子分解掉。

打开离子通道的信使

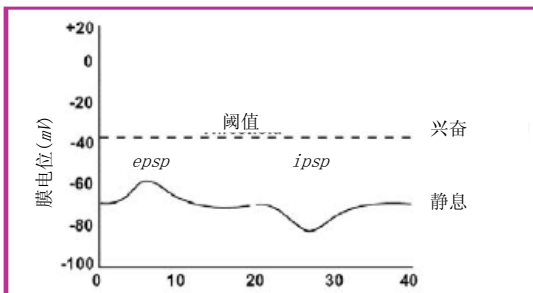
神经递质与受体之间的相互作用,就象钥匙与锁。递质(钥匙)与受体(锁)的附着常导致一离子通道的开放;这些受体叫做离子型受体(见图)。如果离子通道允许正离子(Na^+ 或 Ca^{++})进入,流入的正性电流导致兴奋,产生膜电位的摆动,叫兴奋性突触后电位(epsp)。典型的情况是,很大数量的突触聚合在一个神经元上,同一时刻,一些是兴奋,一些是不兴奋的,当这些兴奋性突触后电位的总和达到产生一个脉冲的阈值时,一个新的动作电位会形成,产生的信号将在接收神经元的轴突上传导,正如在前一章所述。



离子型受体(左边)有一离子通过的通道(譬如 Na^+ 和 K^+),通道由五个亚单位排列而成。促代谢受体(右边)没有通道,但它与在细胞膜内的G-蛋白质耦合,而传递信息。

在脑内主要的兴奋性神经递质是谷氨酸，神经运动的高度精确性要求一些神经元的兴奋要与另一些神经元的抑制活动相伴，这就带出了**抑制性**。在**抑制性突触**，受体被激活导致离子通道开放，负性离子的内流改变细胞膜的电位，叫抑制性突触后电位(ipsp)(见图)，这拮抗膜的去极化，因此在神经元的细胞体上起动一个动作电位，抑制性神经递质有两个— γ -氨基丁酸和氨基乙酸。

突触传导是一个非常迅速的过程：从动作电位到达突触至下个神经元产生兴奋性突触后电位十分快速—1/1000秒。不同的神经元必须定时将谷氨酸发送出去，才能使接收神经元的兴奋性突触后电位积累起来触发一新冲动；同样地，抑制作用也需要在一定的时间间隔里运作才能起有效的关闭作用。



兴奋性突触后电位(epsp)是在膜电位从-70mV到靠近0mV的移动。抑制性突触后电位(ipsp)则有相反的作用。

调节信使

在大量地研究兴奋性和抑制性神经递质的同时，我们发现了从神经元发放出来的其它化学成分，它们大多数与神经元膜上另外一套不同的叫做**促代谢受体**的蛋白质互作用，从而影响神经元的结构。这些受体不包含离子通道，不一定存在于突触区，最重要的是，它不导致动作电位的起动。我们现在认为这些受体在神经元里面起适应或调节浩大的化学过程的作用，这些受体的活动叫做**神经调制**。

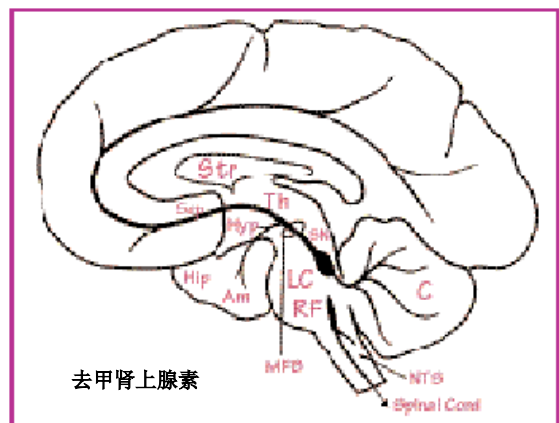
促代谢受体常见于复杂的微粒，它连接细胞外递质和细胞内影响新陈代谢的酶。当神经递质被认识而且与促代谢受体耦合时，受体桥梁连接的膜内叫G蛋白质的分子和其它与膜耦合的酶被一同激活。递质与促代谢受体的识别点的连接可与点火开关相比拟，它不象离子型受体那样在膜上打开一个通道让离子通过，而是激发细胞内第二信使的活动，从而引起一系列的生物化学改变(见图)，神经元的新陈代谢

的引擎被起动，继而运作得以进行。神经调制的作用包括改变离子通道、受体、运载体、甚至基因表达。这些改变的起动较慢，作用时间比由兴奋性和抑制性递质激活的过程要长，它们的作用延伸到突触之外。虽然它们不起动作电位，但是，它们对神经网络里的冲动有很大的作用。

辨认信使

在许多信使之中，作用在G蛋白质耦合的受体有**乙酰胆碱**、**多巴胺**和**去甲肾上腺素**。释放这些递质的神经元不但对细胞有多种多样的作用，而且它们的解剖组织是不同寻常的。因为它们相对地数量小，但它们的轴突发送广布脑内(见图)，在人脑中，只有1600个去甲肾上腺素神经元，但它们发送轴突到所有脑和脊髓部。这些神经调制性递质不发出精确的知觉信息，而是微调分散的神经细胞集体去提高它们的执行功能。

在新奇和应激反应下，去甲肾上腺素会释放，从而帮助个体组织对这些挑战的复杂回应，许多网络也需要“知道”个体有应激反应。多巴胺作用在脑控制正情感功能(见章节4)的中心区域，使动物在某些特定情况下有奖励的作用。乙酰胆碱，相反地，有两个方式，它既作用在离子型受体上，又作用在促代谢受体上。它是第一个被发现的神经递质，它使用离子结构发信号从运动神经元、横跨神经肌肉交接点到条纹的肌肉纤维。它也可能作为神经调制，例如，当您集中注意于某事—在脑子里细微调节神经元只收取相关的信息。



去甲肾上腺素细胞所在地蓝斑(LC)。这些细胞的轴突分部于中脑，譬如下丘脑(Hyp)，小脑(c)和大脑皮层。