

松果腺的分泌功能与生殖

柳建昌

(中国科学院动物研究所)

在临床上发现, 男孩性早熟与松果腺发生肿瘤有关。但其直接原因, 长期未被阐明。一种观点认为, 性腺早熟直接取决于该腺体分泌物的释放; 另一种看法认为, 这与间脑产生肿瘤造成的机能损伤有关; 有的认为, 哺乳类的松果腺是系统发生过程中退化了的器官, 没有什么特殊功能。

但是, 随着实验生物学、特别是神经内分泌学的发展, 对松果腺的结构、功能以及其内分泌物质的生物化学等, 都有了深入的认识。

一、松果腺的特点

所有脊椎动物的松果腺都是由胚胎时期的间脑衍生出的。虽然鸟类和哺乳类只有一个松果腺, 但是低等脊椎动物的松果腺“系统”则更为复杂一些: 通常是由两个独特部分构成, 一个是颅内的松果器官, 紧贴于间脑顶部; 另一个是更表层的副松果腺器官(爬行动物如蜥蜴的这个器官称谓颅顶眼)。

鸟类与哺乳类动物的松果腺器官是腺状的, 有分泌颗粒; 鱼类、两栖及爬行动物则具有光接受性能的感觉细胞; 低等脊椎动物的副松果腺器也有光接受性能。蜥蜴的颅顶眼在形态学上是高度发展的类眼器官, 在视网膜内并含有结构完善的光接受器及角膜与晶体, 有神经细胞, 以光接受器与轴突相连系, 由轴索传至脑的其它部分。神经生理的证据说明, 低等脊椎动物的松果腺与副松果腺均有光感受性能, 而鸟类的松果腺与幼年哺乳类动物的松果腺亦被证明有光接受能力。

哺乳类的松果腺受到来自颈上神经节的交

感神经节的节后纤维的支配(图1)^[13]。

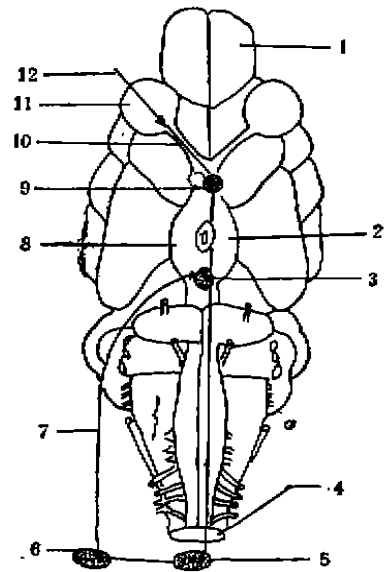


图1 哺乳类松果腺机能的传导途径

1.嗅球; 2.正中前脑束; 3.松果腺; 4.脑干; 5.脊髓; 6.颈上神经节; 7.节后交感神经元; 8.正中隆起; 9.视上核; 10.视网膜丘下通路; 11.眼睛; 12.光线

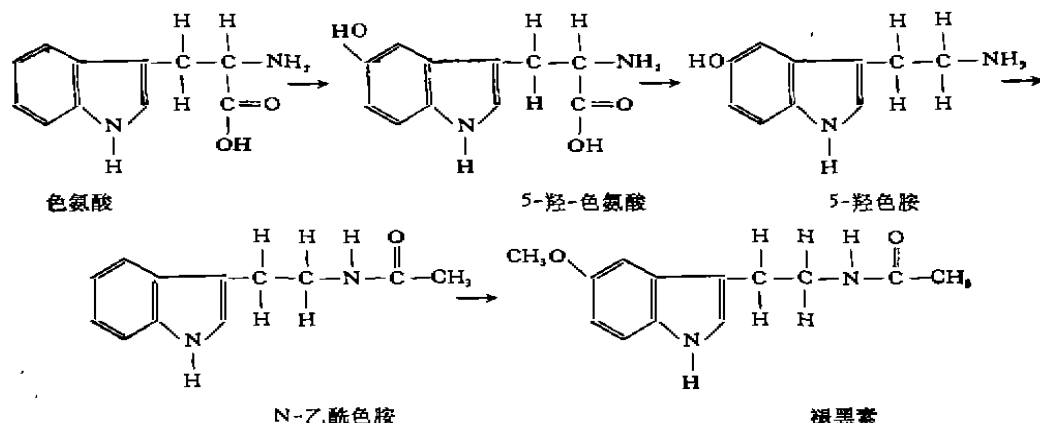
光线对松果腺机能具有强有力的调节作用。它的传导途径包括: 视网膜-丘脑下部通路, 视交叉上核向丘脑下部结节区的投射; 丘脑下部结节区向外侧部投射, 后者再经脊索、交感节前纤维到达颈上神经节, 调节松果腺的机能。目前认为视交叉上核是哺乳类动物脑中周期性活动的起点, 由此发出的节律性信号调节着松果腺及其它器官的周期性活动。

二、松果腺的激素

(一) 吲哚类 早在1941年 Fiske 即曾

报告过,将大鼠置于恒光照下,能使其发情期增长。后来 Lerner 等^[6,9]从牛松果腺中分离出一种物质,它能在两栖类黑素细胞中聚积色素颗粒,使蛙的皮肤变浅,经分离鉴定为 5-methoxy-N-acetyl tryptamine, 5-甲氧基色胺称为褪黑素 (melatonin)。它是由松果腺细胞从血液中摄取的色氨酸及其羟化酶逐步合成的。合成过

程中有一个被称谓羟基吲哚氧位甲基转换酶 (简称 HIOMT), 过去不少研究报告中,从测定该类酶活性来判定褪黑素的分布及其合成与分泌的动向。褪黑素不同于哺乳类体内的其它吲哚,它含有一个甲氧基的侧链,其生物合成过程:



色氨酸通过色氨酸羟化酶的催化作用,转化为 5-羟色氨酸;这个氨基酸又通过芳香化酶 L-氨基酸脱羧酶,转化为单胺-5-羟色胺(这是神经元及肠道嗜铬细胞产生的生物活性物质,被称谓神经递质,由肠道嗜铬细胞可放出该类物质进入血液,被血小板吸收)。在哺乳动物的松果腺内,5-羟色胺通过两个酶促反应,即经 5-羟色胺-N-乙酰转换酶和羟基吲哚氧位甲基转换酶,转化为褪黑素。

过去认为去甲肾上腺素是蛙类最强的天然皮肤变白剂,但是褪黑素的活性比它还强 10 倍;剂量小至 10^{-13} 克/毫升,即可使两栖类动物的皮肤发生可见性变化。褪黑素在松果腺中的含量很低(大鼠松果腺内含 0.5—1 毫微克),它受光周期的影响,每天经受着高低起伏的波动,参与对其它激素的作用,综合性地调节着有关系统的生理机能活动。

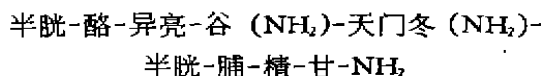
近年来的研究证实,除了松果腺内能合成与分泌褪黑素以外,视网膜、哈德氏腺以及胃肠道的嗜铬细胞,均有合成褪黑素的能力,但是它的功能意义尚待研究。

哺乳类的褪黑素,作为神经激素调节体内

许多生理活动,但是否影响皮肤的色素与健康,是当前宇宙生物学家尤为关注的问题。此外,在松果腺 HIOMT 的作用下,还能合成一些其它的吲哚类化合物,如 5-甲氧基色醇, 5-羟基色醇等,虽然作用类似于褪黑素,但活性较差。

(二) 肽类激素——8-精加压催产素 (8-arginine vasotocin, AVT) AVT 是 1963 年首次在牛的松果腺中发现,并被鉴定出是一肽类结构,由于它有催产素的五肽环和加压素的三肽侧链,且其侧链第 8 位为精氨酸,故此得名。

AVT 氨基酸的排列程序为:



已经证实,人及鼠胎松果腺的实质细胞(室管膜细胞)合成 AVT,这也发现于成年哺乳动物的松果腺中,并报告能引起抗性腺与促性腺效应。如将 AVT 给处于性分化阶段的新生小鼠注射,可增强生殖器官的生长,并能达到成体状态;如果 AVT 在脑子的性分化之后注射,则性腺、副性腺器官的生长,会受到抑制。

不同种类动物,其松果腺中 AVT 的含

量不同(见表 1)。

表 1 非哺乳类脊椎动物松果腺浸液中, AVT 的两次 RIA 测定及生物测定结果

| 种属 | RIA-II | RIA-I | 生物测定 |
|-----|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| 八目鲵 | (13) 未测得 ($<1\text{pg}$) | 23.9 ± 2.5 | 10.5 ± 2.0 |
| 鲑属 | (11) 124 ± 17 | 193.0 ± 48.0 | 136.0 ± 39.0 |
| 蛙 | (12) 324 ± 27 | 556 ± 53.0 | 492.0 ± 77.0 |
| 乌龟 | (8) 181 ± 118 | 247.0 ± 120.0 | 314.0 ± 127.0 |
| 蜥蜴 | (8) 210 ± 74 | 416.0 ± 150.0 | 383.0 ± 129.0 |
| 蛇 | (10) 245 ± 89 | 353 ± 129.0 | 328.0 ± 127.0 |
| 鹌鹑 | (12) 44 ± 21 | 94.0 ± 24.0 | 119.0 ± 12.0 |
| 鸡 | 31 ± 15 | 189.0 ± 9.0 | 163.0 ± 32.0 |

成体动物的单侧卵巢被切除, 另一侧则出现代偿性肥大, 是对促性腺素增加的反应, 也是由于血液中雌激素水平减少而引起的, 如给这类动物第 III 脑室或腹腔直接注入 AVT, 则卵巢的代偿性肥大即受到抑制; 向脑室注射的量较向腹腔中的少。虽然催产素无此生理效应, 但有关的八肽, 包括 AVP-加压素、亮氨酸-加压素及 4-亮氨酸-AVP, 也表现出抑制卵巢代偿性肥大的作用。所有这些活性化合物都具有一个共同的环状结构及 8 位上的硷性氨基酸。如以巯基乙醇处理这些活性化合物, 则维持环状结构必需的二硫键即告瓦解。

AVT 显示了对 5α -还原酶及单胺氧化酶(MAO) 活性的效应, 类似褪黑素的情况, 即 AVT 或类似肽可证明具有以前属于褪黑素的生理调节作用。抗促性腺肽已从牛的松果腺中分离出来, 它可抑制垂体 LH, 这个肽不是 AVT, 因为它在生物测定中没有类似催产素活性表现, 也没有精氨酸的过滤物, 而在离体情况下, 从大鼠腺垂体释放的 LH 及 FSH 是不受浓度范围超过 10^{-18} — 10^{-7} moles/升的 AVT 的影响的。这些研究支持关于 AVT 作用在丘脑下部水平的论点。同时也提示了 AVT 对生殖系统抑制作用的特异性。

三、光线、松果腺分泌与生殖

近年来有大量的实验研究证实, 松果腺是神经内分泌器官, 它所合成的吲哚类激素及肽

类激素能够调节许多生理功能, 尤其对生殖系统的结构与功能的影响最为突出。松果腺的分泌功能变化又与光周期密切相关。

早期的动物实验证明, 切除幼年雌大鼠的松果腺, 可使卵巢增重、阴道提早开口, 青春期提前到来; 切除成年雌大鼠的松果腺, 则出现发情。在切除幼年雄性大鼠的松果腺时, 则使其睾丸、前列腺和精囊的重量增加, 而在注射松果腺提取液后, 受试雄鼠的前列腺和精囊出现萎缩。类似的结果也见之于豚鼠。对上述手术的雌鼠移植松果腺组织或注入该组织液, 将延缓其阴道开口, 使卵巢重量下降等; 对由于切除一侧卵巢而出现的代偿性肥大, 也可通过注入松果腺浸液而受到抑制。

松果腺浸液尚抑制 PMSG/hCG 引起的排卵, 松果腺组织提取物也能使垂体重量减轻, 使垂体分泌的 FSH 及 LH 减少, 相反, 行松果腺切除术的动物, 则常出现垂体-性腺轴活动过度兴奋的现象。

近年来研究多集中于探讨光周期、松果腺及褪黑素在控制性腺及生殖周期等方面的作用。

褪黑素与松果腺肽对生殖的影响

褪黑素与松果腺分泌的抗促性腺肽(PAGs) 与上述哺乳动物松果腺所特有的钙沉淀(脑沙) 的相关作用(见图 2)^[9,11]。由于松果腺肽与神经垂体八肽结构类似, 证明 PAGs 亦

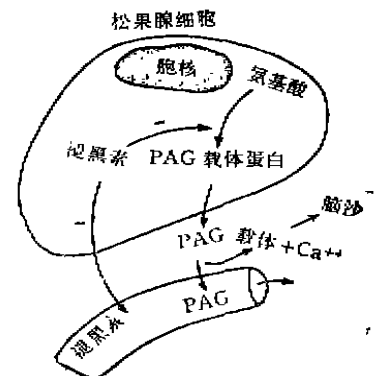


图 2 松果腺的褪黑素与抗促性腺肽(PAG)对生殖影响的假定作用

结合并贮存在一运载蛋白上。后叶激素运载蛋白类似物 (Neurophysin-like) 已从牛及人松果腺中分离出来。PAGs 的分泌机制亦相同。PAGs 以胞吐作用形式进入间隙液, 同时并以“胞吐碎屑”沉积到分泌管壁。PAGs-载体复合物与 Ca^{++} 相互影响, 产生出 Ca^{++} -载体复合物, 它引起游离 PAGs 的释放, 并进入血液。 Ca^{++} -运载蛋白复合物与“胞吐碎屑”相互影响, 产生脑沙。褪黑素通过在松果腺细胞内抑制 PAGs 的合成或释放, 或在两方面都抑制而起作用。

松果腺在没有视网膜或切除神经节的情况下, 均能反应环境的光照影响, 也证明, 光线能穿透鸡的颅顶骨。另外, 有些禽类的松果腺或某些影响它们的结构, 可能起着光感受器的作用。鸟有发育完善的哈德氏腺, 这器官对鸡是光感受器, 光线透过颅骨进入脑区, 而丘脑下部能对光照起反应。

日本鹌鹑在光照与黑暗为 8:16 小时的情况下, 引起睾丸重量的锐减; 当给鸟用橙红色染料覆盖头部时, 即便再置于光暗为 8:16 小时, 睾丸却再未减重; 如头部以绿色覆盖, 则睾丸重量又再行降低。但是如将鹌鹑的松果腺摘除, 再以红色覆盖头部, 放置恒暗环境, 仍可引起睾丸重量的下降, 说明鹌鹑的松果腺是长波光的感受器。也说明松果腺在其它鸟类如麻雀中具有光感受器的特性。

光照对鹌鹑睾丸重量的影响, 主要由于光照诱导对促性腺素分泌产生了波动较大的变化引起的。如果将鸟暴露于长光照的环境中, 可使血浆 LH 及 FSH 水平升高达 7 倍。切除性腺的鹌鹑, 在短光照状态下, LH 为 0.5 毫微克/毫升, 如将其迁移到长光照条件下, 则血浆 LH 上升达 100 毫微克/毫升以上; 在短光照条件下, 血浆 FSH 为 20 毫微克/毫升, 而在长光照的环境中则上升至 5000 毫微克/毫升, 如将手术动物再转移到短日照条件下, 则在两周内重又恢复到基础水平^[7]。

具体分析显示出三个单独时相 (图 3): 当将鸟由光暗为 8:16 的条件下移到光暗为 20:4

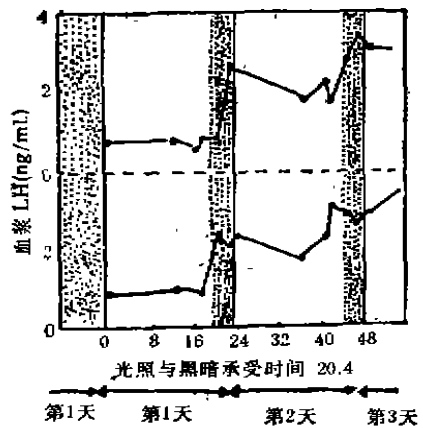


图 3 最初两天, 2 只雄鹌鹑承受光照与黑暗 (20:4) 时, 血浆 LH 含量的变化

的最初几天, ① LH 处于基础状态, 但是约到 20 小时的时候, LH 就开始上升, 并继续经过较短的黑夜到次日的白天; ② 当在第 2 天时, 血浆 LH 水平或保持恒定, 或者下降; ③ 但是约经 18 小时, LH 重又升高。第 3 天有时跟第 2 天一样, 继而周期受破坏, 激素水平一直达最高水平。

四、各种光周期对某些动物生殖的影响

在哺乳类中经常被用来进行光周期试验的叙利亚地鼠 (Syrian hamster, *Mesocricetus auratus*), 该种动物是一种春季产仔的动物, 它维持年生殖周期需要一定光周期来保证。雄性地鼠只有在较长的光周期 (≥ 12.5 小时光照/日), 才能较长期地保持其生殖能力 (见图 4)^[7]。

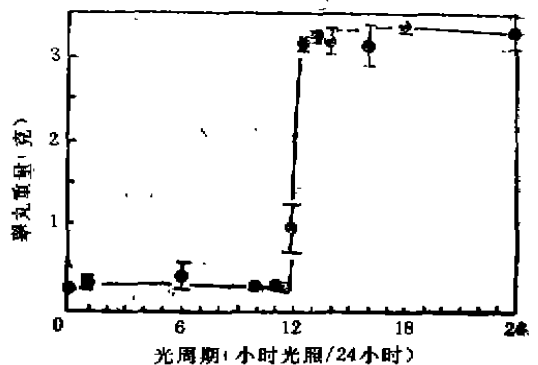


图 4 光周期反应曲线。图中点表示每对睾丸的重量。此组地鼠在该光周期中已达 12—14 周, 维持性腺功能的最低光周期为 12.5 小时

但是,如果将动物转移到光周期短的环境中,在10周之内引起睾丸的萎缩。如要恢复性腺功能需重新转到长光照的条件下,再经约25周^[11]。

为给地鼠行松果腺切除术后,再被置于短光照环境中,性腺亦不出现衰退,将装有褪黑素的硅胶囊,埋植在经手术后动物的皮下,置长光照条件下,亦使地鼠睾丸肥大。

利用人工光照促使某些哺乳动物繁殖季节提前,不少例子用于珍稀毛皮动物方面,即对乏情动物在秋冬季节补充光照,或者在日间结束后进行,或者全部进行人工“全日照”,模拟夏季的光周期,可促进繁殖季节提前几个月到来。

雪貂的生殖系统对光线尤为敏感,仅0.42呋·烛光(光暗之比为14:10)即足以促使提前发情。对光照明显发情反应约需6周(即从人工光照开始到出现发情)才可显示。有实验证明,在光暗为14:10的情况下,35—40天即出现发情;如果以光暗为8:16小时处理雪貂,经4—6周可提早抑制发情。

暴露于恒光照条件下的大鼠,其松果腺小,且没有HIOMT活性;而处于恒定黑暗环境中的大鼠,其松果腺增大,HIOMT活性也高。

在两极生活的动物的松果体,跟温带或热带动物的同类腺体,其大小差别极为显著。海象、企鹅和海豹的身体大小虽然跟狗一样,但它们的松果体却比狗的大5—10倍。两极动物的松果体的季节变化特别显著,在夏季,松果腺的活动完全停止;在冬季,松果腺的分泌活动极度增强,产生大量的褪黑素,抑制生殖活动,从而避免在猎食困难的隆冬受孕怀孕,这是在进化过程中,生理机能适应自然环境变化的明证^[12]。

五、松果腺切除术产生的影响

前面已经提到松果腺及其分泌物功能与光照的密切关系和对生殖的重要影响,同时,对其它激素的作用,也颇引人注意。

1. 有研究报道,给大鼠施行松果腺切除术,势必引起甲状腺肥大,使甲状腺素产量升高,并使¹³¹I-碘的渗入增加,而褪黑素则能逆转这种

作用。

2. 大鼠的松果腺切除术,可引起肾上腺静脉血中醛固酮含量增高,并使血浆皮质酮的含量提高3倍。将褪黑素、5-甲氧基色醇或5-羟色醇等注射到大鼠侧脑室后,可使血浆皮质酮的水平明显下降。

3. 大鼠松果腺切除术(或连续光照)可引起垂体促黑激素(MSH)水平升高;如给大鼠静脉注射褪黑素,则将引起MSH的迅速下降。

4. 如给大鼠的垂体直接灌注褪黑素,则不能改变血浆促性腺素的含量,因褪黑素可能作用于脑,或抑制LH-RH的释放,因而判定丘脑下部可能是褪黑素的目标器官。

5. 松果腺切除术对鸟类的光周期是很少影响的,但是对麻雀(*Passer domesticus*)运动周期节律及低体温的节律调节,会由于切除松果腺而消失,麻雀在松果腺切除后,会出现不协调的运动活性,但仍能维持光周期的效应,证明其运动活性不受光周期直接控制。

在自然环境中褪黑素的生物合成有很严密的昼夜节律性,同时也受人工光照与黑暗的影响。通常从午夜12点——凌晨2时,生物合成达到高峰,此时松果腺中,褪黑素的含量最高,而后合成逐渐减少,至中午12时降至最低值。在血浆中褪黑素的含量变化也有昼夜节律性,如大鼠血浆中,在午夜为45微微克/毫升,而在日间仅为10微微克/毫升。

以放射免疫测定技术测得家兔脑脊液中褪黑素的含量,夜间较日间高17倍;绵羊和人类也有类似的节律,人类血浆褪黑素的含量,夜间较日间高4倍;尿中排出量夜间较日间高5—7倍。

在哺乳动物松果腺中,褪黑素合成酶系的活性,也显示出昼夜的节律性,如大鼠的N-乙酰转移酶的生物活性值,夜间活性较日间活性高50—100倍;而HIOMT的生物活性也有以上的节律。

六、哈德氏腺与松果腺的功能

哈德(Harder 1964)曾首先叙述过鹿的

该类腺体因以得名。在所有脊椎动物眼睛的后方,有此类腺体,腺体中有微红的卟啉色素,在光照条件下变化明显。大鼠在12日龄前的哈氏腺中,有很少卟啉;失明的12日龄大鼠,其松果腺中五羟色胺以及 HIOMT 活性,在黑暗(暗/光)中照常增高;但是如果哈氏腺也被摘除,则这种昼夜的节律即行丧失。在大鼠的哈氏腺中,也证明存在着褪黑素,如继续给予光照,则引起大鼠哈氏腺的增大及 HIOMT 活性的升高。哈氏腺中的 HIOMT 与松果腺及视网膜中的不同,明显的差别是,继续光照可降低松果腺的重量及其中 HIOMT 的活性。这种发现对于了解松果腺啉噪或哈氏腺中啉噪的总含量,对生殖或松果腺影响的过程很重要。

七、哺乳动物的褪黑素及松果腺对其组织、细胞的影响^[10]

1. 黑素细胞 如给鼬 (*Mustela ermin*) 注射褪黑素,则将引起白色皮毛的生长,表现出典型的冬春季颜色,而不是褐色。

2. 毛的生长 褪黑素能够抑制正常小鼠或松果腺切除术的小鼠毛的生长。如将水貂置于短光照 (6L/18D)¹⁾ 或给予补注褪黑素(或埋植),则将导致夏毛的提早脱落及冬毛的提前生长^[5]。我们亦获得同样的结果。显然,水貂在冬毛生长问题上,光照的影响是通过松果体的褪黑素为媒介的。

3. 结缔组织 松果腺切除术能够降低皮下结缔组织的通透性。

4. 肾上腺皮质 对刺激醛固酮释放,需要松果腺物质“促肾上腺肾小球素”(adrenoglomerulotropin) 的作用。

5. 甲状旁腺 行施松果腺切除术的大鼠,将引起甲状旁腺的肥大。如给注松果腺浸液或褪黑素,则可减少腺体的肥大。

6. 心血管系统 松果腺浸液具有垂体后叶加压素活性,可能由于存在 AVT 之故。

7. 免疫反应 缓慢注射松果腺浸液,可导致白血球增多、淋巴结肥大和脾脏内有丝分裂活性增多,可能是对抗原的简单的免疫反应。

8. 甲状腺 褪黑素或松果腺浸液,通过腺垂体释放的 TSH 调节出现,抑制甲状腺的功能。

9. 对中枢神经系统 显示出抑制作用,褪黑素能减弱苯丙胺引起的小鼠兴奋,能增强苯巴比妥的抑制作用。正常人口服褪黑素(3克/日)可致镇静和睡眠。给小鸡注射后,引起睡眠现象;如给大鼠脑室注射抗褪黑素抗体,可对抗内源性褪黑素的功能,引起癫痫样放电或惊厥,主要由于体内褪黑素减少之故。切除小鸡的松果腺,则引起血中和脑内褪黑素的消失。

八、松果腺的机能调节

松果腺的机能除受光线因素影响外,还受支配它的交感神经的调节,此外,还有性类固醇激素以及应激刺激等因素,对松果腺的机能也有影响。

从系统发生(从低等脊椎动物如鱼类、两栖、爬行、鸟类和哺乳类)看,由于松果腺对光信息特别敏感,故又被称为动物和人的第三只眼睛。当光线照射到视网膜上,膜上的感觉细胞随之就转换成一种神经信号脉冲,传递至大脑,在反应光刺激强度的松果腺内,合成与分泌相应的信息激素,参予并影响其它的细胞、组织与器官的生理活动。

除了松果腺以外,眼睛的视网膜是褪黑素的另一来源。但是在血液循环中,褪黑素的水平如在夜间升高,是由松果腺来源决定的。作为一种光接受器眼睛的视网膜,必然影响褪黑素的昼夜节律性。

前面已经提到过,光周期对鸟类和哺乳类性腺功能的影响。爬行动物如蜥蜴 (*Anolis*) 的睾丸生长,对不同的光/暗周期所呈现的变化也很大;在24小时的光暗周期中,长光照(光暗为16:8)经常会诱发睾丸的生长;而短光照(光暗为6:18)则不能。

已经证明,动物在继续光照条件下,松果腺中合成与分泌的褪黑素的浓度会急剧下降,这与 HIOMT 的含量过低有关,因为该酶能激发

1) L代表光照,D代表黑暗。

五羟色胺转变为褪黑素的进程；褪黑素的合成与分泌减少，导致垂体促性腺素（FSH及LH）分泌的增强，而这种变化的结果又进一步促进了卵巢中卵泡的生长与成熟，有利于动物的繁殖。

交感神经对松果腺机能的调节具有重要的作用。松果腺受到来自颈上神经节后纤维的直接调节（图1），切除颈上神经节或切断其节前纤维，则松果腺中酶活性的节律性变化即行消失。

动物由于长期处于黑暗而引起的性腺萎缩效应，由于切除两侧的颈上神经节而得以逆转。交感神经末梢释放的神经递质或血中的肾上腺髓质激素，均可作用于松果腺表面 β 受体，激活腺苷酸环化酶系统，从而刺激松果腺激素的合成。

哺乳类大鼠的松果腺在器官培养中，如在培养基中补加去甲肾上腺素，刺激N-乙酰转换酶的活性；磷酸二酯酶抑制剂（茶碱，3-异丁-1-甲基黄嘌呤，RO 20-174），环-AMP类似物（单丁酰 CAMP，二丁酰 CAMP）及霍乱病毒等，在松果腺的器官培养中，均能引起N-乙酰转移酶的活性增高。提示这些因素与松果腺中酶的活性变化及松果腺激素的产生密切相关。

九、类固醇激素对松果腺机能的影响

雄激素（睾酮、二氢睾酮）能抑制松果腺内单胺氧化酶（MAO）的活性，反而又使褪黑素的生产增加。在大鼠行睾丸切除术后，将引起松果腺内激素合成的下降；但如给手术动物注射外源性睾酮后，则手术效应得以逆转。

雌激素对松果腺的单胺氧化酶则有刺激效应；给动物注射外源性雌二醇，不仅引起松果腺细胞的形态学改变，使松果腺中的DNA、RNA以及蛋白质的含量增加；同时还降低去甲肾上腺对松果腺细胞膜的作用。

肾上腺皮质激素水平的升高，可减少松果腺的单胺氧化酶的活性，并使褪黑素产量增加。

切除垂体或注射组胺，则通过降低HIOMT

活性而抑制褪黑素的合成。

急性应激刺激对松果腺的活性，可能通过对交感神经的刺激造成；慢性的应激刺激（例如饥饿）亦能增加褪黑素的合成。通过肾上腺髓质的应激刺激而引起的松果腺功能变化，甚至在白天，褪黑素的水平也将急剧升高，这种效应主要归因于循环中的肾上腺素，而不是由于神经递质去甲肾上腺素水平上升引起的。应激在肾上腺切除术动物中，未曾出现褪黑素升高的情况，而松果腺去神经支配的大鼠却仍然有反应。有假说认为，褪黑素与ACTH、后叶加压素、促乳素等，都是一类应激激素。

雌性大鼠在切除卵巢后，前列腺素（PGE、PGF $_{2\alpha}$ ）在松果腺中的水平明显提高，同时，垂体LH含量变化也与松果腺中的PGs水平有“同步”关系。松果腺中PGs的分泌也与正常性周期小鼠子宫组织的含量变化表现出相应的一致^[1,2]。

十、松果腺机能的交感神经调节

由颈上交感神经节发出神经纤维支配松果腺的功能（图1、5），其调控方式是：当交感神经兴奋时，在其末梢释放去甲肾上腺素，后者作用于松果腺上的 β -肾上腺素能受体，激活了腺苷酸环化酶，使C-AMP的生物合成增加，从而激活了N-乙酰转移酶，促进褪黑素的生物合成。这一过程受 β -肾上腺素能受体阻断剂选择性地抑制，而不受 α -受体阻断剂的影响。

根据松果腺及其合成与分泌的激素对一定的光周期存在严格依赖性的特点，因此，无论对实验动物（包括鱼类、两栖、爬行、鸟类及哺乳类）及某些野生珍禽及毛皮兽类等的良种培育、繁殖种群等，必须考虑光照因素对于调节松果腺功能的意义。因为有机体对光线的生物学反应及松果腺功能失调，会导致动物及人类有机体产生包括生殖功能障碍的许多疾病，其相互关系已受到国内外有关部门的注意。对环境中光照强度及光谱能量比例的检测，相当重要，因为这些因素对动物和人类神经内分泌功能的调节，影响颇大。有人用大鼠进行过研究，如全光

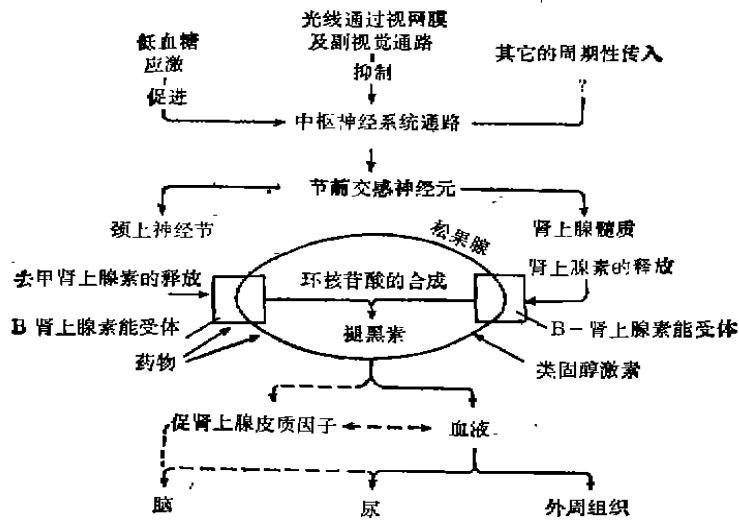


图5 松果腺激素的控制与效应*

谱白光的强度 ($0.5 \mu\text{W}/\text{平方厘米}$) 或相当于月光强度 10 倍的环境, 褪黑素合成受抑制约达 50%; 褪黑素的合成酶, 当有机体处在绿光下, 将受到最大程度的抑制; 而在红光环境中, 则几乎没有影响。光谱的这种作用与眼睛视紫质对光谱的吸收效应是相等的, 由于大鼠视网膜含有感光色素的杆状视觉细胞构成。

此外, 松果腺功能作用的发挥, 又与其它内分泌腺及有关激素相互连系, 相互制约, 共同参予维护生命活动。所以根据不同种属动物对光周期节律季节性与生理性需要的特点, 建立相应合理的光暗周期比例, 不仅对生殖生物学研究具有理论价值, 而且对珍贵禽兽和其它经济动物的生产, 争创更多更大的经济效益均有实际意义。

参 考 文 献

- [1] 柳建昌等 1981, 正常情期小鼠子宫组织中前列腺素 F(PGF) 的含量变化。动物学报, 27(1), 29—33。
 [2] 葛仁勇 1982 大鼠松果腺中前列腺素含量与卵巢功能的关系的初步研究。生理学报, 34(2) 228—232。
 [3] 伊藤真次 1982 人体昼夜节律 吴今义译 重庆出

版社

- [4] 法布里坎特, J. D. 1988 在 2010 年的毛皮动物饲养业——后四分之一世纪毛皮动物繁殖将会出现许多新进展。毛皮动物饲养 (1):53。贾治民译
 [5] Chesman D. W. and B. L. Foriss 1970 Isolation and characterization of a gonadotropin-inhibiting substance from the bovine pineal gland. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 133: 1254—1256.
 [6] Follett B. K. D. E. Follett 1981 Biological clocks in seasonal Reproductive Cycles. *Proc. Bristol: Scientechica.*
 [7] Eeroer A. B. et al., 1959 Structure of melatonin. *J. Am. Chem. Soc.* 81: 6084—6087.
 [8] Norris D. O. 1980 Miscellaneous Regulatory Substances In: "Vertebrate Endocrinology", 409—412, Philadelphia Lea and Febiger, Published in Britain by Bailliere Tindall, London printed in the United States of America.
 [9] Quay W. B. 1970 Endocrine effects of the mammalian pineal. *Am. Zool.* 10: 237—246
 [10] Reiter, R. J. et al. 1976 New horizons of pineal research. *Am. Zool.* 16: 93—101.
 [12] Reiter R. J. et al 1984 Relative Efficacy of Melatonin and 5-Methoxytryptamine in Terms of Their Antigonadotrophic and Counterantigonadotrophic Actions in Male Syrian Hamsters. *J. Pineal Res.* 1: 91—98.
 [12] Wurtman R. J. 1980 Neuroendocrinology, Eds. Krieger, D. T. and J. C. Hughes Sinauer Associates Inc. Publishers Sunderland Massachusetts. 103.

* 图5中的字母"B"应为" β ".