

者只排除 45%；11 个月后，不吸烟者已排除 90%，而吸烟者只排除 50%。可见，吸烟者的自清除能力远不如不吸烟者。图 10 是这组实验的自清除曲线图。吸烟者排除异物能力的降低，是由于吸烟损伤了肺泡的功能，这可能是吸烟者容易患肺癌、肺气肿和肺纤维性病变的原因之一。

4. 视网膜磁场 它由视网膜电流产生。最近已用超导量子干涉式磁强计测出。其随时间的变化叫视网膜磁图(MRG)，它可以用于检查眼睛的某些疾病。与视网膜电图(ERG)相比，受试者与探测器之间没有肉体上的接触，从而避免了接触电位和参考点的影响。另外，MRG 能提供更多的信息，是一种潜在的临床手段。

5. 肝磁化率测量 近几年来，美国一些大学用超导量子干涉式磁强计测量心、肝、脾组织磁化率的变化，用以诊断某些疾病^[15,16]。如在肝中， $\eta < 10^{-5}$ (即含铁量不足)是单纯性营养不良； $\eta > 10^{-2}$ (即含铁量过剩)是“库利氏贫血”症和“色素性肝硬化”症。与其它诊断手段相比，这是一种快速、非侵入，无损伤的诊断手段。目前已取得初步成果，为临床应用打下了基础。

结 语

人体磁性活动的研究至今只有十几年的历史。目前，这方面的研究多处于方法与理论的探讨阶段，有的刚开始向临床过渡。由于生物磁信号有许多独特的优点，并能与生物电信号互相印证和取长补短，一些欧美国家对这一研

究领域非常重视，许多物理学家、生物物理学家、生物学家、医学家等投入这一新领域。目前，这方面的研究已经受到我国有关单位的注意。一些科学工作者初步开展了这方面的研究，如南开大学和一些单位协作，在人体磁场研究上取得了初步成果。此外，近几年来我国在气功、经络和人体特异功能的研究中，发现一些有关电磁活动现象。可以预计，人体磁性活动研究将对人体科学的基础研究和生物学中的应用，乃至最终揭示生命活动的奥秘做出重要贡献。

参 考 文 献

- [1] Baule, G. and McFee, R.: *Am. Heart. J.*, 66, 95, 1963.
- [2] Cohen, D.: *Rev. Phys. Appl.*, 5, 53, 1970.
- [3] Cohen, D.: *IEEE Trans. Magn.*, 6, 344, 1970.
- [4] Stroink, G. et al.: *Third Workshop on Biomagnetism*, Berlin. p. 289, 1980.
- [5] Van Bree, J. L. M. J. et al.: *Appl. Sci. Res.*, 29, 59, 1974.
- [6] Williamson, S. J. et al.: *Future Trends in Superconductive Electronics*, 160, 1978.
- [7] Brenner, D. et al.: *IEEE Trans. Magn.*, 13, 365, 1977.
- [8] Hess, D. W.: in ref. [4], p. 261.
- [9] Eghrari, I. R. et al.: in ref. [4], p. 222.
- [10] Cohen, D.: *Science*, 161, 784, 1968.
- [11] Cohen, D.: *Science*, 175, 664, 1972.
- [12] Williamson, S. J. and Kaufman, L.: *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 22, 129, 1981.
- [13] Cohen, D.: *Science*, 180, 745, 1973.
- [14] Cohen, D.: *Science*, 204, 514, 1979.
- [15] Farrell, D. E. et al.: in ref. [4], p. 212.
- [16] Bastuscheck, C. M. et al.: in ref. [4], p. 216.

[本文于1981年8月26日收到]

粘菌的自组织现象及其对生物学研究的意义*

王 身 立

(复旦大学遗传研究所)

盘基网柄菌 (*Dictyostelium discoideum*) 是粘菌的代表种。孢子是它新一代生命的开始。孢子在温湿的环境中萌发，形成变形虫状的单

细胞动物体。它能伸出伪足捕食细菌。当营养

* 本文是作者1981年“生物自组织讨论会”上发言部分内容，经补充修改而成。

条件不良或虫体老化时,许多单个的粘菌便聚集起来,自组织成一个多细胞的集合体。

实验表明,粘菌细胞的凝集是以一种化学物质作为信号而进行的。最初把这种化学信号物质称为“魔聚素”(acrasin,由粘菌所属的Acrasiales目而得名),后来鉴定了它的化学成分,是3',5'-环腺苷酸(cAMP)。当凝集作用将要发生时,由一个初始细胞(可能是年龄最大的)最先发放cAMP的化学信号。附近的细胞收到信号后,便向初始细胞靠拢,并且也发放它们本身的cAMP信号,再影响远一些的细胞。这种发放cAMP的链锁反应,就导致许多细胞以初始细胞为中心而聚集,并且自组织成一个包含有一万至十多万细胞的集合体^[1]。

在细胞水平上生物自组织的一个经典例子,是海绵细胞的自然群集现象。不同种的海绵用人工方法分开成分散的细胞,然后再混和到培养液里,这些被分散开的海绵细胞能彼此识别,按同种细胞群集,形成互不相混的多细胞海绵个体。研究表明,海绵同种细胞的识别,是靠细胞表面上特异性糖蛋白的作用。这类糖蛋白分子里,蛋白质和杂多糖约各占一半。杂多糖是海绵细胞表面物种特异性的承担者,即不同种的海绵细胞表面的糖蛋白分子中含有不同的特异性杂多糖成分。有趣的是,糖蛋白分子也是粘菌细胞凝集时种属特异性的承担者,虽然,海绵细胞表面的糖蛋白与粘菌糖蛋白的化学成分大不相同。

粘菌细胞表面的这类糖蛋白,要到粘菌发育到多细胞的粘连时期才出现。因此,变形虫状的单个粘菌细胞凝集时是没有种属特异性的。凝集信号cAMP也是一种非特异性物质。一小块蘸有cAMP溶液的滤纸片,可以作为凝集中心,引起任何一种粘菌细胞的凝集。但不同种的粘菌却不能最后形成多细胞的集合体,而同种的粘菌细胞会彼此识别,各自形成不同的集合体,在液体培养基中稍加摇振,就分开成由同种细胞凝集成的各别的细胞团了。这说明不同种的粘菌在发育到多细胞的粘连阶段后,会产生不同的特异性糖蛋白。这类糖蛋白被称

为发育调节凝集素(developmentally regulated lectins)。实验表明,盘基网柄菌和紫粘菌(*Polysplondylium pallidum*)就具有不同的凝集素。目前已经分别从六种粘菌中分离得到了六种不同的凝集素,它们的物化性质有所差别,免疫特性亦各异,能分别粘连同种粘菌细胞,而对异种粘菌无作用。但对人和动物的红血球却又都有凝集作用,表明它们属于同一类化学物质。

粘菌的自组织现象对于生物进化的研究具有重要意义。在动物学中,粘菌属于原生动物门;在植物学中,则划入真菌门(亦有另列粘菌门的)。粘菌的幼体阶段是单细胞的变形虫,到成熟时则自组织成一个多细胞的植物体。生物学教科书上讲到动植物界面上的生物时,常举眼虫为例。眼虫除了具有叶绿体,能进行光合自养之外,与植物并无更多的共同点。因此,粘菌比起眼虫来,是一个更好的例子。

此外,粘菌也是处于单细胞与多细胞界面上的生物,对于研究多细胞生物的起源,也具有重要意义。在它的生活史中先后具有单细胞和多细胞的形态,这比起由一团未分化的细胞组成的单一形态的生物体——团藻来,也更能说明问题。

对于粘菌的研究还有助于人们认识多细胞动物内分泌和神经系统的起源。cAMP是引起粘菌单个变形虫状细胞发生聚集作用的“激素”。聚合而成的多细胞体,以最初发放cAMP信号的那个细胞为中心,形成一个明显的“顶部”。细胞愈集愈多,顶部则愈堆愈高,终于在重力的作用下倾倒下来,形成一个蛞蝓状的幼虫体。这时,顶部就变成了幼虫体的“头部”,它继续发放脉冲性的cAMP信号。当发放cAMP信号时,邻近的细胞便靠近它一些,于是虫体发生一次收缩;在脉冲信号的间隔期中,细胞与细胞之间又稍远离一点,便发生一次松弛。而邻近顶部的细胞在收到脉冲性的cAMP信号后,又发放它们本身的cAMP脉冲信号,再影响更远一些的细胞的运动。于是,粘菌的蛞蝓状幼虫体就在顶部的指挥下进行波状运动。这里,cAMP又起着类似高等动物“神经介质”的作用

了,它能传递指挥机体运动的信号。

对于粘菌来说,cAMP 既起着激素的作用,又具有神经介质的功能。这启发人们设想,激素与神经介质是否有共同的起源呢?而更有趣的是,对于高等动物来说,cAMP 既是激素的第二信使,又是神经介质的第二信使^[2,3]。在生物进化史上,作为“第二信使”的 cAMP 倒是先出现的。在细菌中即已行使着基因调控功能^[4-6]。随着生物的发展,以后才分化出激素和神经介质等等“第一信使”来。而第一信使又都通过 cAMP 这个早已出现的、共同的第二信使起作用。动物体的调节控制机制才日益复杂化了。

粘菌的蛞蝓状幼虫体的顶部,不断发放脉冲性的 cAMP 信号,指挥整个多细胞生物体的运动,似可比拟为高等动物的脑。而 cAMP 又是顶部所分泌的“激素”,因此,这个顶部又有点象高等动物的内分泌中心——垂体前叶。那么,动物的神经系统和内分泌系统是否有共同的起源呢?在胚胎发生上,它们都是属于外胚层的。

单个的变形虫状粘菌细胞以 cAMP 作为集结信号,这可以与昆虫的一种外激素——集结激素相比拟。而粘菌聚集成多细胞体之后,cAMP 就不会再发放到机体之外去,而成为“内激素”了。那么,内激素与外激素是否也有共同的起源呢?

粘菌的蛞蝓状幼虫体进一步发育,它以土壤为基质固着起来,不再活动了,形成一个休眠状态的机体,很有点象昆虫的“蛹”。以后就分化出子实体来,完全变成一个真菌,成为植物了!这是生物进化史上最早的“变态”,对于探讨多细胞动物变态的起源,也是具有一定意义的。粘菌由动物“变态”而成为植物,这在生物学上还是唯一的一个例子。

高等生物线粒体和叶绿体的“内共生”起源学说,近几年来颇为流行,即认为线粒体和叶绿体是原始单细胞鞭毛生物摄入原核生物后而共生于其细胞内。粘菌生活史的初期是单个的变形虫状细胞,有利于从外界摄入共生体。这一点,对于粘菌来说,目前虽无直接证据,但在粗糙脉孢菌(*Neurospora crassa*)中有一个叫做“粘菌品系”的突变型,失去了细胞壁,成为单个细胞的原生质体,原生质体可以摄取高等植物的叶绿体,一个原生质体最多可摄取叶绿体四十个左右。摄入的叶绿体在球粒体内虽然失去了外膜,但仍具有较高的放氧活性^[6]。这似乎是叶绿体共生起源学说的一个得力的佐证。

日本学者田矢洋一说:“分子生物学第一阶段的结束,如以遗传信息解读机制得到揭晓为标志的话,第二阶段则正在向着阐明细胞分化、胚胎发育、生命进化以及精神活动的目标前进。在此时刻,分子生物学家发现了研究分化的最适材料——粘菌”^[7]。此话的确不虚啊!

参 考 文 献

- [1] Gerisch, G. and Malchow, D.: *Advances in Cyclic Nucleotide Research* (eds. Greengard, P. and Robison, G. A.), Vol. 7, p. 49, Raven Press, New York, 1976.
- [2] Cramer, H. and Schultz, J.: *Cyclic 3',5'-Nucleotides: Mechanisms of Action*, John Wiley and Sons Ltd, London et al. 1977.
- [3] Folco, G. and Paoletti, R.: *Molecular Biology and Pharmacology of Cyclic Nucleotides*, Elsevier/North-Holland, Amsterdam and New York, 1978.
- [4] 王身立、戴君惕:《生物化学与生物物理进展》,1967年,第3期,第49页。
- [5] 王身立:《国外医学分子生物分册》,1980年,第2卷,第4期,第183页。
- [6] Vasil, I. K. and Giles, K. L.: *Science*, **190**, 680, 1975.
- [7] 田矢洋一:现代化学(日), (4), 30, 1978.

[本文于1981年10月31日收到]