

细胞通讯机制假说

Hypthesis of the Cell Signalling

姚孝明

(武汉铁四院科研所, 武汉 430063)

仅用化学过程来解释细胞通讯机制是不够的。同样,仅用微小神经网络单元来概括或试图用电过程与化学过程的相互转化过程来描述也不足以说明细胞结构特性的方方面面。细胞,这一生命基本单元远比我们想象的要复杂。作者认为,经典的以及近期的许多观察都仅仅是其行为的一个侧面,更为本质的规律有可能要通过揭示这些行为以及这些行为之间的联系而获得。本文介绍的便是在这一认识指导下获得的假说。这一假说不仅可以使许多貌似不相关的现象联系起来,也为当今最令人关注的意识问题的探索提供了新视角。

对于细胞的化学通讯已有非常丰富的材料及观察实例。研究人员甚至已掌握了由细胞膜到核的信号传送所诱发的一系列分子反应。然而目前关于电信号,尤其是波,不是被看成电脉冲与化学过程相互转化的一个环节,就是被当成突如其来的怪客。

我们要问:弗勒利克(Fröhlich)的生物体本征频率从何处来?弗里曼(Freeman)的混沌脑电波又从何处来?细胞间的通讯当真如埃利奥特(Elliot)指出的仅由化学过程完成,电脉冲仅仅是来自一个化学过程,随即又用来激发另一化学过程的起电势而已吗?电脉冲的传导与化学过程的传导有没有各自单独的途径?两者之间又是怎样联系起来的呢?

不难发现,沿着生命体自组织性、自相似性的发展线索,上述问题的回答都可归结为对细胞通讯中电行为与化学行为统一命题的解答。本文在现有的观察和研究的基础上介绍了作者最近研究的结果:细胞通讯机制假说。

一、重要的观察与结果

在系统地阐述本理论之前应该首先阐明理论所赖以形成并得以发展的,可以为大家所接收的观察与结果。

1. 细胞的基本结构

关于细胞的结构研究已有很多年了。最早的细

胞观察是较为稳定的膜与核结构。近来有人采用彭曼(S. Penman)的标本制作法发现了膜与核之间的交织走行的纤维网架及其结构上稳定的意义,并发现功能简单的细胞其纤维网架也简单。同时发现这些由碳元素组成的纳米级纤维材料具有高导电率,从而推断细胞结构有可能是一种立体集成电路(参见《科技导报》94. No3 郑文岭、马文丽一文)。这些发现是卓越的,但其推断也立即遭遇到一系列新的问题:这一推断暗示纤维网架通道仅仅是个电信号通道,那么这电信号来自哪里,又发往何处?它与细胞膜核之间的离子通道如何联系?它又如何给核内DNA蛋白质进行加电记忆存储?一旦电信号已发送出去,记忆过程是否就结束了呢?很明显,不解决上述问题,就不能如上文作者所声称的那样能解释许多现象。

2. 变化电场下的化学反应过程

借助经典物理学的方法不难准确计算出匀强电场下单个电子或离子的运动轨迹。同样根据这种计算也可以确定匀强电场下某个化学反应的结果与没有施加电场的结果的差异。当有几种组合可能存在时,可以预期,相应的电场通过作用于反应系统内的电性分布而获得对反应结果的对应选择。这一结果充分显示出变化的电场对化学反应过程的控制能力。另一方面,考虑多个离子簇团的运动行为,由于离子间的相互电作用,应可推知整体上表现出离子分布状态的动态变化,这种变化例如可通过化学反应去完成。如果这一变化足够大,那么根据计算,匀强电场应表现出受扰的脉动行为来,并发出相应强度的电磁波。再将含膜电位在内的生物结构电场的概念与之稍作类比,马上就可觉察到电场有可能就是联系细胞内电过程与化学过程的纽带。

由此可进一步推断如下:

(1)细胞内纤维网架与细胞核共同构成一神经网络,其中细胞核充当隐含单元的作用,纤维网架一端连在核上,另一端连在膜表组成细胞的基本框架,并构成细胞的电信号的基本通路。因此当信号

从膜的某一部分流入时它必经隐含单元加权后由膜的另一部分流出。

(2)细胞的化学通道对细胞的网络通道的影响有两个途径:一是通过改变膜电位分布,二是通过改变核内电性分布以及化学反应过程。这两个途径并非总是独立的。通过穿越核表的分子与离子交换可改变各自的反应图式,从而使两者连绵一气,共同产生信号的反馈作用,例如产生本征场振荡、胞内场脉动信号等等。同样,网络通道则通过改变加在膜与核上的电场来控制细胞内的离子、电子分布以及相应的化学反应连锁过程。这一推断充分表明,脉冲信号以及化学信号的发展场有各自的图式与途径,它们的信号推演过程通过电场相互间联系起来成为有机的一体。

二、细胞通讯机制

基于上述观察与推断结果,可以导出统一的细胞的电过程与化学过程的通讯机制如下:

1. 信号来源

一般而言,电过程与化学过程具有自身的信号来源,例如外场导致的电脉冲信号,化学反应连锁过程中产生的化学信号等等。借助场扰动的方式,这两个过程的信号所导致的过程相互影响形成关联信号。例如,化学信号诱发的一系列反应改变了胞内离子分布从而也就改变了化学过程中的离子场,当变化较显著时即产生相应的电脉冲;类似地,通过网络通道的电信号改变作用于化学过程的场强分布而获得对化学过程中离子分布的控制作用,进而改变化学反应的路线,诱发出新的化学信号。

2. 信号传输

脉冲(波)信号通过胞内神经网络经核内隐含单元加权处理后发送出去。化学信号通过化学递质与膜表受体的某种结合,打开离子通道来完成传递任务。一般情况下,核内隐含单元通过实时的电性分布的动态变化对输入脉冲电信号实施反作用。这种反作用可被视为加权处理。因此波信号的传输引发的机体反应多是习惯性、经验性的。所有传输通道都是双向通道。当脉冲信号不规则交变时表现为电磁波形式,具有传输速度快的特点。

3. 信号选择

化学信号只有与合适的化学分子结合才能发挥作用;波信号则通过相干激发加强。波信号与化学信号朝相互加强或削弱的方向发展,亦即,波信号的相干激发将诱发相应方向的化学分子的大量产生,而非相干扰动则造成反应分子的不同分布,进而影响化学过程的定向选择。反之,化学过程的定向性由离子分布的改变经隐含单元加权而得到表达。同时也正是通过这一加权表达确定了波信号

的记忆选择性。由于一细胞内化学过程的同步脉冲有可能要几个相邻细胞的脉冲信号的共同触发才能达成,信号选择的模式也就更加多样化。

4. 信号处理

信号的处理除与传输通道有关之外还与时间有关。快捷处理通过场扰动促使现有化学基因的重组达成。由这一过程导致的场反馈信息加载到波信号,从而产生习惯性反应结果,或产生某种无意识反应,连反应的人自己也觉得惊异,后者常与反应者的活动经历有关。伴随上述快捷处理的是较缓慢的化学过程。快捷处理的波信号作用于核内的DNA,使其各区段的电性分布发生改变,从而获得不同的化学反应模式,导致基因变异。这一与记忆有关的过程具有两个不同的表达形式,其一是展开旧记忆,其二是建立新记忆。因此,站在这一角度上,所谓遗忘其实是新的电分布破坏了原有的电分布以及DNA片断重组形式的结果,而所谓回忆则是通过触发脉冲引发的化学过程产生的相应继发脉冲经由相干增强促成记忆展开过程的结果。此外,这也说明了波信号传送出去后,记忆过程并没有结束,这是因为相应的化学过程较缓慢。这一结果有可能为记忆过程的研究提供探索性的新图式。

5. 细胞信号

不是所有的信号都必须传出去,一些信号是关于细胞自身的生长、分裂、变异的,称之为细胞信号。一般而言,这一信号可经由网络通道和离子通道传导并经核内基因重排而达成。理论上这一过程亦应为双向的,因此,变异的基因重组后改变了细胞结构也改变了内在的本征场,如果这一变化足够显著的话,那么机体内应存在相应的波信号。可以推知,对信号的不同功能及其与细胞结构的关系的探讨有可能揭示出细胞自身的演化过程,并为生命问题的探索提供新的线索。

三、结束语

越来越多的证据表明,作为生命基本单元的细胞并不是一块僵死的木板,其结构是多条线索相互交织而成的,任一侧面的单一研究都会留下其外部表象中无法阐明的一面。只有把这些表象归结到一个大过程并从物理学及生物化学上区分每一表象的内在过程,找出其间整体上的联系才有可能揭示出这一过程的本质,为宏观上各种现象例如细胞结构的相对稳定性及其可生可灭的运动性等的认识提供合理的依据。

本文提出的细胞通讯机制假说正是基于上述认识,并是在现有的观察与结果的基础上推导而得的,因而具有普适性。例如,可用于免疫系统、神经

(下转第37页)

费短缺

从总体上看,我国科学家包括从事基础性研究的多数科学家的整体素质还不能满足深入开展国际科学合作的要求;表现在利用我国现有的科学资源和优势开展国际合作的规模和取得的成效不理想,合作中不能正确处理扩大开放与自力更生的关系,不能贯彻“以我为主”和保持相对独立性的统一,使我国的知识产权不能得到有效的保护。同时,从事基础性研究国际合作与交流的管理人员的知识结构还不能完全适应和满足国际合作的要求,对开展国际科学合作与交流具有直接的影响。同时,由于国情所限,国家对基础性研究国际合作的投入不足,也从一个方面制约了国际合作的开展。

4. 合作中的自主创新能力不强

创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。如果自主创新能力上不去,一味靠技术引进,就永远难以摆脱技术落后的局面。基础性研究领域的国际合作也不例外。如果合作的方式、方法、渠道僵死不变,合作就难以充满生机和活力。基础性研究领域的国际科学合作应同其发展的趋势和实际需要结合起来,充分利用我们已有的优势学科领域,在合作中不断发挥自身的优势、增强创新意识,并不断开拓和充实、完善新形势下的国际合作模式。

三、增强基础性研究国际科学合作能力的对策

基础性研究的国际化趋势,促进了科技人才的流动和技术的交流,推动了国际合作以及调整各方权益关系的国际法律保护制度日趋完善。但是,我国的基础性研究领域的国际科学合作与交流不论从管理体制、人才培养、经费投入以及法规等方面都还不能适应进一步发展的需要。尽快改进和克服目前存在的问题与不足,增强我国科学研究的国际科学合作能力,已成为当务之急。基础性研究的国际合作与交流,应从以下方面入手。

第一,改善科技管理体制,尽快落实我国的重点基础学科的优先资助领域,制订相应学科的国际科学合作战略。

(上接第17页)

系统、循环系统等等。当然,每个系统具有自身的一些特性,如特殊的化学反应成分与过程、特殊的波信号传导途径、特殊的细胞之间的关联,甚至连群体演化中所处的地位也各不同,然而它们又必然基于这同一机制而相互关联着。

因此,这种统一的机制有可能成为融系统论与

加强国家的宏观调控,建立统一的基础性科学国际科学合作与交流的协调机构,全面制订重点学科领域及其国际合作计划、战略,具体落实我国的对外合作与交流的优先领域是必要的。这样便于根据国家科技发展战略三个层次的目标,集中和充分利用有限的资金,形成重点突破的资助格局。现阶段,应优选那些结合我国的特色和优势可以带动新的产业革命,给国民经济和社会发展带来重大效益的学科领域的国际合作项目进行重点投入;优先、重点和连续资助自然科学基金的重大、重点项目和国家重点实验室、部门开放实验室;重视对交叉学科和新兴学科的扶植,积极主动地、有计划地参与重大的国际研究计划。同时注意正确处理扩大开放和自力更生的关系,利用多渠道、多层次和全方位的格局,实现多方位与世界接轨。

第二,积极创造条件,培养一批高水平的、跨世纪的国际型科研人才和管理人才

当今世界各国的政治、经济、军事、贸易等综合国力的竞争,实质上就是科技之争,竞争的焦点在于人力资源的质和量;拥有一支高水平的科研和管理人才队伍,是国家能否后来居上、兴旺发达的关键所在。但是,由于我国的财力有限,不可能全面出击,只能通过“百千万人才工程”计划,发现、扶持和采取各种办法重点培养一批热爱祖国、遵纪守法、训练有素,在基础性研究领域能够按照国际惯例进行公开竞争、占据世界科学前沿的中青年人才。同时,重视吸引和积极争取更多的优秀留学人员归国定居,也是我们获得高层次人才的一条重要捷径。而且,要有计划地、有组织地培养和造就一大批知识结构合理、熟练掌握项目管理与组织技能、善于研究和把握国际合作趋势、创造性地拓展国际合作与交流渠道的优秀的管理人才。

第三,不断增加基础性研究领域国际科学合作的经费额度,拓展科研经费的来源和渠道,积极引导企业参与科技投入;加强国际信息交流,紧跟国际科技信息时代科学数据共享的步伐,建立国际交流合作信息网络;加强对别国科技政策的研究,并研究市场经济条件下开展国际交流合作的环境与对策,完善我国国际科学合作领域基础性研究的知识产权保护制度。

(责任编辑 刘先曙)

控制论以及信息论于一体的典型范例。由上述结果可见,它成功地使许多貌似不相关的现象联系起来,使得相对稳定的单元运动起来,可生可灭起来,因而有理由预期,这一理论假说将为有关生命的探索,如记忆、思维、意识等问题及其人工模拟研究提供一个全新的视角与方法。(责任编辑 蔡德诚)