

生物化学与生物的层次性

蔡耀垣

(农业生物系)

提 要

生物体是一个有层次结构的整体,对不同水平的层次进行研究,应由不同的学科分工去完成。生物化学与生物的层次性有着密切的关系。本文试用辩证唯物主义的物质层次结构理论,阐述生物体的亚分子层次、分子层次、细胞及亚细胞层次、组织和器官层次以及生物个体(整体)层次的主要特点及其相互关系,而生物化学的任务应是立足于研究对象的整体,着重研究细胞的分子层次,同时兼顾生物的其他层次,最后回到整体层次来解释整体的生命现象,使生物化学真正成为一门生气勃勃的动态科学。

生物化学可以认为是生命的化学,它是介于生物学与化学之间的边缘科学。它的任务是用辩证唯物论的观点研究生物体的化学组成及其在生命过程中的化学变化规律。生物体的化学成分很复杂,有许多有机分子和无机离子,也有各种各样的生物大分子,如多糖类的纤维素、淀粉、蛋白质和核酸。这些大分子、小分子在生物体内都担负着不同的任务。生命过程中的化学变化就是指生物体的新陈代谢。生物体内的各种化学组成都是通过生物体与其周围环境之间进行新陈代谢(同化作用和异化作用)的结果^[1]。生物体的新陈代谢是生命过程中最基本的特征。关于什么是生命的本质问题,一百多年前恩格斯就指出,生命的本质“就在于蛋白体的化学组成部分的不断地自我更新”^[2]。我国分子生物学家邹承鲁指出,“生物体各种组成部分的自我更新或新陈代谢是生命活动的本质”^[3]。所以,从生物化学研究的任务和内容来看,它是生物学科中极为重要的基础理论科学,在生物学界引起了普遍的重视。恩格斯曾指出:“生理学当然是生命物体的物理学,特别是它的化学,但同时它又不再专门是化学,因为一方面它的活动范围被限制了,另一方面它在这里又升起了更高的阶段。”^[4]。由此可以认为,生物化学也不再是专门的化学,它的活动范围是在生命体之中,就是说它已进入一个内容更丰富、更深层次的生命领域之中,在这里它已上升到了更本质的阶段。

生物化学研究的对象是有生命的机体(包括植物、微生物、动物和人类等),而生物体是一个有层次结构的整体。生物体的层次性是丰富多采的,它包括亚分子水平(或量子水平)、分子水平、细胞和亚细胞水平、组织器官水平以及整体(个体)水平。向宏观发展还有群体、群落等层次。由于生物体具有复杂的层次性,便形成与此相适应的各门学科,即具有层次结构的学科体系^[5]。如量子生物学——分子生物学与生物化学——

细胞生物学——普通生物学、生理学——生物进化论、遗传学——生态学及宇宙生物学等等。

生物体是有层次结构的整体，同时又有其不同的生长发育过程（胚胎期、幼年期、成长期、成熟期、衰亡期）。因此，生物体的层次结构也要随着个体发育的不断发展变化而引起各层次组成、结构与功能的变化。所以生物体的层次结构不是固定不变的。生物体的层次结构除了随着个体发育过程而变化，还要受不断变化的环境因素的影响。因此，生物的层次结构，随着个体发育过程以及环境条件影响，构成了生物化学研究对象的复杂性。生物化学正是研究这样复杂的生命体的化学组成以及生命活动的化学本质。认识到这一点，才能更深刻地去理解本门学科的任务，才能更深刻了解本学科的研究对象，也才能懂得各门学科之间应如何去分工，互相配合，共同为生命科学作出各自的贡献。

二

本文着重讨论生物化学与生物体各层次的相互关系。

亚分子层次（或量子层次）

它是生物大分子的亚分子、化学键、电子为研究对象。一个生物大分子是由许多亚分子组成的，各组分是有区别、有分工、有协同，形成一个小的自组织系统。例如酶，它有活性中心，还有催化活性的部位，抑制活性的部位，有与底物结合的部位，也有类似电开关一样的能打开和关闭活性中心的部位等等。这些部位统一协同才使酶分子具有专一性和高效率的特性。

生物大分子本身又是一个有层次结构的小系统。例如蛋白质的一级结构是氨基酸之间靠强的电磁相互作用维系成最稳定的结构，其二、三、四级结构是靠弱的电磁相互作用维系成的相对不稳定的空间结构。它在体内的代谢是通过键的断裂和偶联，从而促使生物大分子的合成和分解。此外，生物大分子还具有大的共轭体系，这与生物的能量和信息传递有密切的关系。

对于亚分子层次的研究相应地出现了量子生物学。它是从生物大分子的电子水平来阐述生命过程的一门学问。量子生物学研究的主要内容是生物大分子之间的相互作用力，分子的电子结构及其反应活性、分子间的空间构型和生物分子的特异作用与识别机制等。Pullman称它为电子生物化学（electronic biochemistry）；Sozent Györgyi则称它为亚分子生物学（Submolecular biology）^[6]。1970年国际量子生物学会（ISQB）的成立标志着量子生物学作为一门学科领域的新开端。

分子生物学和生物化学都是从分子水平去研究生命运动，但是要真正了解生命的化学变化的本质，必须从生物大分子的亚分子运动入手，从生物亚分子的核外电子运动规律入手，也就是从量子生物学入手。所以，分子生物学和生物化学以及量子生物学的关系十分密切。

分子层次

分子生物学和生物化学都是研究生物体的分子层次。生物化学的研究内容包括细胞

内的小分子（如水、无机盐类及小肽、核苷酸等）和生物大分子（如糖类、脂类、蛋白质及核酸等）及其在生物代谢过程中的化学变化。而分子生物学研究的核心内容是通过生物体的主要物质基础，特别是蛋白质和核酸等生物大分子的结构和运动规律，以及生物膜的结构和功能等的研究，来探讨生命现象的本质^[3]。所以它比生物化学所研究的分子层次，内容更集中、更深刻，与量子生物学更接近。

生物大分子是生命体重要的物质基础。每个生物大分子都形成一个小的自组织系统，具有无机界找不到的复杂而又有顺序的结构和独特的生理功能。生物体内大、小分子也不是机械的堆积，而是形成一个自组织系统（即小的层次结构）。

细胞及亚细胞

——超分子复合体（如核糖体、酶复合系统等）

（颗粒量 10^6-10^9 ）

——生物大分子（如多糖类、脂类、蛋白质、核酸等）

（分子量 10^3-10^9 ）

——结构单位（如核苷酸、氨基酸、单糖、脂肪酸等）

（分子量100—350）

——代谢中间产物（如丙酮酸、柠檬酸、苹果酸等）

（分子量50—250）

——无机小分子（如 CO_2 、 H_2O 、 O_2 、 N_2 、 NH_4^+ 及无机离子等）

（分子量18—44）

必须明确，无论生物大分子的结构达到如何复杂和精密，并形成其自组织系统，它们还是不能单独地构成生命体，生命体必须建立在“多分子复合体”的基础上，即以蛋白质和核酸为基础的多物质体系，这是符合生命起源的化学进化观点的。

因此，学习生物化学，首先要统观生物体的层次结构（大层次），再着重于生物分子层次中的自组织系统（小层次）进行研究。生物化学若脱离生物体的层次结构（大层次）及生物分子层次的自组织系统（小层次），孤立地进行“生物体化学组成”和“化学变化”的研究，已经不符合当代科学发展的要求，也容易陷入盲目的“分子热”之中。二十世纪的自然科学已发展成为多层次的、整体化的、综合的体系，对研究对象应采用层次分析和层次综合的方法，认识并运用物质层次结构理论是二十世纪自然科学发展所提出的重要任务^[5]。

生物的电子层次（亚分子或量子层次）与生物分子层次关系密切。正如前面所提到的，生物化学的任务是要研究细胞内分子的组成、结构及功能；同时研究生物代谢过程中的化学变化。化学变化过程就是旧分子破坏，新分子产生的过程，是组成分子的原子重新组合成为新分子的过程，也是化学键的改组，即旧键破坏，新键建立的过程。组成分子的原子是由带正电荷的原子核和在核外高速运动并带负电荷的电子所组成。通常原子核不参予化学变化，因此，化学变化的实质只是核外电子运动状态发生改变，研究化学变化就要从核外电子运动规律入手，这样便进入到电子水平（或量子层次。）因为研究生物分子的微观层次——生物分子、原子、电子、质子、中子要应用量子力学的理论和方法，来探索生命活动的本质，必然产生“量子生物学”。总之，把生物层次推进到电

子水平上来探索生物化学及分子生物学的本质。量子生物学的诞生仅有十多年的历史,已显示出其强有力的生命力^[7]。研究生物化学一定要密切注视着量子生物学的进展。

当我们研究生物大分子的结构和功能的同时,不要忽视了生物小分子(水、无机盐类,有机小分子等),它们参与了生物大分子的新陈代谢,影响着大分子的属性,包括影响构型的变化,从而导致功能的变化;同时,小分子也参与了生物信息的传递和表达等重要的生命活动。因此,它是生物分子层次中不可缺少的组成部分。我们知道,单一的生物大分子,不能单独构成生命体。从单个的生物大分子到具有生命运动的活体,还需要在高一级层次中进一步组织起来才可接近生命。从生物大分子(分子量 $10^3\sim 10^9$)组成超分子复合体(或多分子复合体系,粒子量 $10^6\sim 10^{10}$)时,就形成为细胞内的核糖体、染色体、酶复合体系、收缩系统等,它们只分别具有生物催化、传递、复制等功能,但不具有完善的生命特征,可是,当它们进入下一步的组合和相互作用,便接近于生命了。

细胞与亚细胞层次

细胞是生物形态结构和生命活动的基本单位,即是一个独立的生命单位,是在以上的层次的基础上组成具有独特结构和功能的生命单位,它是由简单的生物分子(如氨基酸、核苷酸、脂肪酸、单糖等)组成生物大分子;由生物大分子组成超分子复合物;再由超分子复合物装配成细胞器;各种细胞器和其他的结构便组成了细胞。近代生物化学愈来愈多地涉及到细胞及其细胞器的结构。近代生物化学的基本目标不仅是阐述中间代谢的反应机理和本质,而且还要确定这些变化是在细胞的那个部位发生,以及在细胞各部位发生的生化变化在空间上与时间上是如何协调的。要完成这一基本目标,我们不能简单地搬用一般的物理和化学原理,对有机生命复杂的矛盾运动加以机械的解释,而必须认识到,生命活动是一种比具体的物理和化学过程更为高级的物质运动形式。因此,生物化学除了运用化学、物理的理论和方法,同时还要注重生物学的理论和方法来研究生命的化学。生命的化学变化过程主要在细胞及亚细胞层次中进行,学习生物化学必须具备一定的细胞生物学知识,这样便可使所学的生化内容建立在细胞学的基础之上。

细胞与细胞之间靠细胞连丝相互联系,使细胞又组成了更高级的层次——组织和器官。

组织和器官的层次

这一层次都分别是由不同类型的细胞组成的,这些不同类型的细胞又是由同一个受精卵分化出来的,它们都含有相同的基因,相同的DNA,相同的遗传信息,含有发育成为一个完整个体所需要的全部遗传信息。但在形状上、功能上、代谢特征上各不相同,这就涉及到基因表达的调节控制问题,而这个问题又是通过DNA和蛋白质的相互作用而实现的。所以器官(组织)分化的机理与生物化学有密切关系。由于生物化学研究的个体对象不同(如植物、动物、人体等),具体的组织、器官或系统的形态和功能都有比较明显的差异。因此,生物化学可根据具体对象涉及这个层次的有关问题,但不是生物化学研究的主要内容。

生物个体的整体层次

这是生物化学研究的具体的整体对象。我们的立足点是研究对象的整体(如植物、

动物或人体等），着重点是细胞的分子层次，不论对分子层次（或亚分子层次）研究如何深入，最终都要回到整体层次来解释整体的生命现象，并应用于实践。

生物体是一个有层次结构的整体，又是一个动态发展的整体，也是一个开放的体系，它无时无刻不在与周围环境进行物质与能量交换。生物化学的立足点放在研究对象的整体特点上，就会使我们的研究方法和思维方法进入一个新的境界——出现一个立体的、动态的、有序的、开放的层次结构整体和进行立体思维。这种思维方法对其它层次的研究也同样重要^[9]。

生物个体层次向宏观方向发展还有群体、群落的生态领域，生态学与生物化学也有密切的关系，但普通生物化学一般不涉及这一层次的相互关系。

三

生物体的层次结构以及各层次本身的自组织系统（小层次），都存在层次与层次之间的相互联系、相互依赖、相互制约的关系。低一级层次是高一级层次的基础，高一级层次包含着低一级层次，但不等于是低一级层次的总和，而是“大于”和“高于”低一级层次之和，因为它已出现低一级层次所没有的结构、功能及其规律性，并对低层次起支配作用。

分子层次所研究的生物大分子（特别是蛋白质和核酸）是生物体最重要的生命物质基础，当对蛋白质、酶、核酸等生物大分子的化学组成、结构及运动规律研究之后，就能揭示个体水平和细胞水平上的代谢、生长、发育、遗传等生命现象的本质和机理。整体水平与细胞水平是生物分子与电子层次产生出来的，但是又进一步出现了新的结构实体，出现了新的生理功能和新的规律，如生物体与环境的统一规律、适应性规律，生存竞争与自然选择的规律、整体和细胞的遗传变异规律等等。同时，由于整体与细胞层次对生物分子与电子层次有支配、限制和影响作用，使生物体内的化学变化与非生命的化学变化进程有本质的区别。生物化学变化过程是在酶的催化作用下自我完成、自我调控的过程。因此，生物化学是低层次（非生命物质层次）与高层次（生命的物质层次）的连结点，具有承上启下的作用。

生物体除具有层次结构外，还有其系统发育与个体发育的过程。生物的个体发育（胚胎、幼年、少年、青年、成年、老年、衰老死亡等阶段）与生物化学关系更直接，因为生物体的层次结构是随着其生长发育过程的阶段性而变化，使生物体的层次性成为一个动态发展的层次结构，除了从静态观点了解生物层次结构之外，还要从动态观点去研究生物的层次结构。比如，为什么生物体在不同的阶段中，其形态与功能有如此差异？分子层次的研究认为，可能是每个阶段有专一性的酶系统来控制着不同阶段的专一性代谢类型以及体内其他物质（如激素系统等），因此能对生长发育阶段加以控制。而各阶段专一性酶系的合成又受核内的基因控制，而基因表达的时间和空间（部位）的程序性又受内、外环境的相互作用而产生新的编码影响。因此，选择性地开放（或关闭）不同（阶段）的基因群，合成（阶段）专一的蛋白质（酶系），才表现出特殊（阶段）的形态结构和功能。显然，这是一个复杂的过程，也是生物层次结构动态发展的内部原

因,也是生物体演化,细胞分化的原因,这是当前生物学中有待进一步探讨的问题^[8]。但从中可以了解到生物化学在各层次之间所起的作用。

因为生物化学是介于生物学与化学之间的边缘科学,这样,生物化学与生物的层次性有着密切的关系。只要我们运用辩证唯物主义的物质层次结构理论,立足于我们研究对象的整体,兼顾了解生物的各个层次以及各层次之间的相关性,而着重于细胞的分子层次进行研究,阐明生命现象的化学本质,这样就能使生物化学真正成为一门生气勃勃的动态科学。

参 考 文 献

- [1] 沈同等,1980,《生物化学》(1—5页)人民教育出版社。
- [2] 恩格斯,1970,《反杜林论》78,人民出版社。
- [3] 邹承鲁,1978,《现代科技简介》445,科学出版社。
- [4] 恩格斯,1971,《自然辩证法》234,人民出版社。
- [5] (日)永田亲义,1975,《量子生物学入门》陶宋晋等译,孙玉昆校,(1—6),上海科技出版社。
- [6] 罗克,1980,生命的奥秘在于微观世界,《百科知识》第4期。
- [7] 陈汉源,1978,《现代科技简介》489,科学出版社。
- [8] 苏越,1982,论立体思维,《人材》第4期。

BIOCHEMISTRY AND THE CHARACTERISTIC OF STRATA OF ORGANISMS

Cai Yaoyoun

(Department of Agrobiolgy)

ABSTRACT

An organism is a whole with various structural strata. The researches into the different levels of strata of organisms should be shared out by different scientists in various fields of sciences. Biochemistry is closely related to the characteristics of strata of organisms. In the present article it is tried to expound the principal characteristics of the strata in the sub-molecule, in the molecule, in the cell and the sub-cell, and in the tissue and the organ of organisms. It is also intended to elucidate the principal characteristics of the strata in the individual organism as a whole and their interrelations by means of the theory of the substance's stratiform structure of Dialectical Materialism. The aim of biochemistry is to study the whole of an object with an emphasis on researching the stratum orders of the molecules in the cell as well as other biotic strata. It is, finally, to study all strata as a whole to explain the phenomena of life of a whole organism so as to make biochemistry a vigorous field of dynamic science.