

有机体进化过程中 心理的发展

H. H. 拉德吉納-科特斯

科学出版社

有机体进化过程中心理的发展

H. H 拉德吉纳-科特斯著

张 述 祖 译

科 学 出 版 社

1 9 6 5

Н. Н. ЛАДЫГИНА-КОТС
РАЗВИТИЕ ПСИХИКИ В ПРОЦЕССЕ
ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ

Советская наука

1958

内 容 简 介

本书按照进化系统评述了动物心理学领域中的主要研究成果，探讨了心理的起源与发展问题。对灵长目，特别是高级猿类方面的材料尤多侧重。其中也批判了完形派关于动物“智慧”的拟人论观点。有些地方还联系到农牧等业的生产实际。

有机体进化过程中心理的发展

Н. Н. 拉德吉纳-科特斯 著

张 述 祖 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 117 号

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1965 年 10 月第 一 版 开本：850×1168 1/32

1955 年 10 月第一次印刷 印张：6 3/16

印数：0001—1,450 字数：163,000

统一书号：13031 · 2186

本社书号：3326 · 13—11

定价：[科六] 0.95 元

目 录

引言	1
第一章 无脊椎动物行为的特点	5
单细胞有机体	5
多细胞动物	12
腔肠动物	15
蠕虫	20
节肢动物	25
第二章 灵长目以下脊椎动物行为的特点	56
鱼纲	58
两栖纲	69
爬虫纲	76
鸟纲	81
哺乳纲(灵长目以下)	102
第三章 灵长目行为的特点	116
猿类的感受性和神经过程的特点	117
猿类的活动形式	125
猿类使用工具的活动的实验研究	146
关于低级猿类的实验	
关于高级猿类的实验	
高级猿类的口音信号和动物对口音的条件反射的分析	178
结语	185

引 言

许多卓越的研究家力图通晓客观世界，认识自然规律和人的本质以及人的生活与活动的规律性。这些人的心目中有许多重大问题，其中占中心地位而且极其复杂的一个问题，就是心理和意识的起源与发展问题。

解决这个问题具有重大的理论意义和思想意义。这个问题似乎是唯心主义和唯物主义两种对立的世界观的代表人物若干世纪以来一直进行着的残酷争夺的战略基地。

唯心主义者主张精神居于首位，认为人的心理和意识的起源是超自然的。

与唯心主义者相反，唯物主义者用自然的方法来解释心理的起源，即用自然界的物质力量的活动（这种活动是遵循着客观规律的）来解释心理的起源。

恩格斯说：“唯物论的世界观不过是对自然界本来面目的了解，不附加以任何外来的成分……”¹⁾。

从唯物主义的观点看来，研究自然现象就在于把它们当作物质运动的形式来加以考察。物质运动的根源就在物质本身之中。物质运动、变化、发展的原因在于内部矛盾的产生。矛盾力量的斗争、量变向质变的转化，从而使物质运动由一种形式转化为另一种形式。

整个宇宙，一切无机界和有机界，全部动、植物世界，包括人类和人类社会在内，都处在运动、变化和发展的状态之中。“物质的运动，不仅是粗糙的机械运动、单纯的位置变动，而且还是热和电、电和磁的应力、化学的化合和分解、生命、并且最后是意识。”²⁾

1) 恩格斯：自然辩证法，人民出版社，1962年，第163页。

2) 恩格斯：自然辩证法，人民出版社，1962年，第18页。

由于从唯物一元论的哲学立场上运用了唯一有成效的辩证方法,心理和意识的发展问题才得到真正科学的阐明。

研究人员在分析周围现实的时候,由于运用辩证方法,得以查明物质的变化及其各种运动形式的转化的规律性,从而揭露了自然的规律。

马克思主义哲学广泛而深刻地分析了关于生物和人类起源的进化论的大量科学资料,证明物质是第一性的,而心理和意识是第二性的。

关于心理起源的问题恩格斯写道:“有机体从少数简单形态到今天我们所看到的各种各样复杂形态一直到人类为止的发展系列,基本上是确定了。因此,不仅有了可能来说明有机的自然产物的现存代表,而且也为人精神的精神的史前时代,为从简单的无构造的但有刺激感应的最下等有机体的原形质起到能够思想的人脑为止的各个发展阶段的追溯提供了基础。如果没有这个史前时代,那末能够思想的人脑的存在仍然是一个奇迹。”¹⁾

意识的本身也是经历了长期进化的。在带有“动物性”的“羣居意识”的基础上,借助于社会生产、需要的增长和劳动的分工,使人类产生了“纯粹的意识”。这种人类的意识能在理论思维中运用抽象概念和范畴。

“意识一开始就是社会的产物,而且只要人们还存在着,它就仍然是这种产物。”²⁾

动物没有意识。马克思和恩格斯说:“人可以按意识而和动物区别开”,而这种区别是在劳动的发展过程中出现的。在劳动中人们开始生产他们生存所必需的资料,此时他们就有意识地去制服自然力量。人类的特点就在于他们那种对自己、对自然、对别人以及对周围世界中在他面前所发生的一切现象的有意识的态度。人的意识是一种特殊的具有动物所无的新质的对现实的反映方式。

虽然反映是一切物质所固有的属性,但反映的形式则依存于

1) 恩格斯:自然辩证法,人民出版社,1962年,第162页。

2) 马克思恩格斯全集,第3卷,人民出版社,1960年,第34页。

物质运动形式的质的差异。

每一种物体依据外界影响的性质和本身的性质而回答外界影响的能力,就是反映的表现。

活的有机物和非生物比起来,具有特别性质的反映形式——感应性,在这种基础上,活的有机体在它们的进化过程中发生了更高的反映形式,即与感觉、知觉、表象、思维和意识相联系的无条件反射和条件反射。

伟大的自然科学家巴甫洛夫,以其有关高级神经活动的著名实验研究对于与意识作用有关的神经-生理过程作出了严密的说明。

依巴甫洛夫看来,“意识是大脑两半球一定部分在某个瞬间和某些条件下具有最佳适的(大约是中等度的)兴奋性时所呈现的神经活动。在这个瞬间,大脑两半球其余一切部分都处于应激性多少降低的状态。在大脑两半球的最佳适应应激性的部分中,容易形成新的条件反射,并且顺利地建成分化。因此,在这个瞬间,这可以说是大脑两半球的创造性部分。大脑两半球的应激性降低的其他部分却没有这种能力;此时这些部分的机能最多只是在有相应刺激物的情况下定型地发生那些从前已建成的反射”¹⁾。

进化心理学的材料十分确定地证明,在心理发展的不同水平上的反映形式各有其质的独特性。这些材料证明动物有机体在种系发展过程中所表现的对周围世界的反映形式(心理)与它们的身体、神经系统、脑以及感官等的结构进化有紧密联系。

这种进化决定于动物的生存条件和生活方式,这是由于有机体和环境的紧密联系,由于周围条件对有机体的影响、有机体和它们的反映形式是在这些条件的影响下形成的。

生物进化的基本因素是自然选择的过程,自然选择能够保留适应于某种环境的生命形态,而淘汰不适应于这种环境的生命形态。米丘林学说是创造性的达尔文主义,它不把有机体的发展理

1) 巴甫洛夫全集,第3卷,上册,人民卫生出版社,1962年,第221—222页。

解为平凡的进化,而认为是新质在旧质内部的孕育,前者一开始时是和后者对立的,新质的特点经过量的逐渐积累和它对旧质的斗争过程,形成了与旧质有原则区别的新的属性组合和自己的独特存在规律。

在继续进化的过程中,动物的外形和结构的适应性变化是和它们的行为与心理的变化,是和它们相应于外界环境的变化而来的活动的改造紧密地相结合的。

由此看来,在生物机体的进化过程中,动物的行为和心理是作为决定动物在生活场所生存的机体的适应属性而出现的¹⁾。

我们考察在种系发展中生物机体对周围世界的反映形式的不断进化时,看到随着动物由低级形态向高级形态的过渡,它们反映周围世界的形式也愈来愈多样化: 它们的分析-综合活动的水平提高了,对落于有机体的外部世界的多种多样的刺激物的分析变得精确了,综合变得复杂了。由于这样,有机体在进化过程中就发生了使自己与外部世界取得平衡的日益巨大的可塑性。这种可塑性在有自觉思维的人类(*Homo sapiens*)达到特别高度的发展。

由此看来,高级反映形式即意识的产生是在物质本身的长期发展过程中实现的。

1) A. H. 谢维尔切夫(Северцев): 进化与心理。M. 和 C. 萨巴什尼科夫出版社, 1922 年。

第 一 章

无脊椎动物行为的特点

单細胞有机体

一切物质，由最简单的无生命的无机物质到较复杂的有机物质以至最高级最复杂的物质——人脑，都具有反映的属性，即具有回答或反应外界影响的能力。

反映的形式是极其多样的，但反映的每种形式都是和不同的物质运动联系着的，都具有在性质上不同于其他反映形式的特点。

和环境处于不断相互影响之下，形成了完整系统的活的有机体，它们为了保持生存就必须具有特殊的反映形式——感应性。

感应性就是以反应来回答外界环境影响的能力。

作为感应性这一现象的特点的基本过程，无论在植物或在动物原则上相同，但在具体表现上则彼此之间有本质的区别。

动物与植物相反，它们能够通过移动来改变自己与环境的联系，来反应有利和有害的刺激物，趋近前者而避开后者。

在进化过程中，活的有机体(植物和动物)由于要适应那种变化着而且又影响着它们的环境，于是它们的感应性就在它们和生存条件的不断统一中发展。但只有动物才由于移动的生活方式和结构的复杂化，而在继续进化的过程中发生了较高的反映形式，这种反映形式表现为与感觉、知觉、思维相联系的神经活动。

感应性把有机物质即有生命的物质和无机物质区别开：有机体借助于感应性来主动地反应外界影响。作用于有机体的环境，即使在稳定的条件下也并不总是引起有机体同样的反应，非生物界没有这种情况。

我们在单细胞原生动物身上就可以看到简单的感应性，它表现为以某种反应来回答外界影响的能力。

原生动物在接受环境影响(光、温度)的时候，以刺激所引起的运动来反应它们，这种刺激改变着有机体内原生质的性质。每一刺激都直接转化为运动。在刺激与反应之间没有界线。如果说动物经受到刺激的影响，那就是说它在运动。

原生动物的运动反应(趋性)是由各种不同的外界影响所引起的，如由光引起的是光趋性，由温度引起的是温度趋性，由化学性刺激引起的是化学性趋性，由机械性刺激引起的是触动(топотаксисы)趋性；在实验情况下用电刺激引起的是电趋性。

在不同纲的原生动物(根足纲、纤毛纲、鞭毛纲)身上，这些反应相应于动物身体结构的差异、移动方式(借助于伪足、纤毛运动、鞭毛运动)和各种刺激物对动物的生物学意义而有不同的外部形式。

同一生物个体例如变形虫，对待不同食物(细菌、鞭毛虫、纤毛虫)就有不同的反应方式。甚而至于对待同一种食物，变形虫在不同时候的反应也不是一样的。

观察变形虫的食物反应可以发现它不只对食物是有选择地对待的，即在远距离就可对食物的适合性有化学性的鉴别，而且在有些情况下还追捕逃逸的猎物(另外一种变形虫)(图1)。同类的变形虫在相互接触时则不相互摄食。

变形虫对同样的机械刺激物的反应随它和这种刺激物发生接触的条件而不同。例如当变形虫在水中遇到固体的东西时，它就放射式地展开伪足爬向固体，从而轻易地接触到固体上的食物；可是当它在遇到水面上上的小棒这样的固体物时，它就把伪足撤向和不可食的物体位置相反的一边。这两种反应的适应意义是非常明显的。

由此看来，甚至象变形虫这样的原生动物也绝对不是勒卜(Loeb)所说的自动机器，而是能够适当地适应外界条件，区别不同刺激物(温度、光、化学影响、机械影响、电影响)的不同强度的有机

体。

应当指出，原生动动物虽然是作为一个完整的有机体来反应外界影响的，但它们的细胞的不同部分对不同的环境影响的感受性却不是一样的。



图1 一种变形虫捕捉另一种变形虫

原形质的外层(外层质)具有最大的感应性。外层质比原形质的内部(内质)较早地受到周围环境的刺激。正是外层质对任何刺激都有很强的反应，比内质有较大的感应性。在原形质的外层还进行着很强的生物化学性的物质代谢，正因如此，细胞的这部分就成为感应性最强的地方，而使感应性较低的部分服从于它的影响。从感应性最高的点把刺激最后传布到感应性最低的区域。例如在机械影响之下(机械接触)，草履虫的接近口凹的那些纤毛具有最大的感应性。喇叭虫用前端来感受温度刺激而用全身来感受化学性刺激；草履虫则只用口凹区的前端来感受化学性刺激和温度刺激。

研究原生动物的适应性反应的复合，即研究它们在回答几种不同刺激物时的行为，研究原生动动物对刺激物的分化以及它们的反应的变化(反应表现的时间长短和出现的快慢)，使我们能够确定出感应性这种反映能力所表现的一系列有趣的规律性。

原生动动物最原始的分析方式表现为区别不同种类的刺激物的

强度，以及那种有时是经过试探才出现的适应性反应。原生动物以积极的反应来回答有利于机体生命活动、提高机体活动性的刺激(化学的、温度的、光的)，对那些

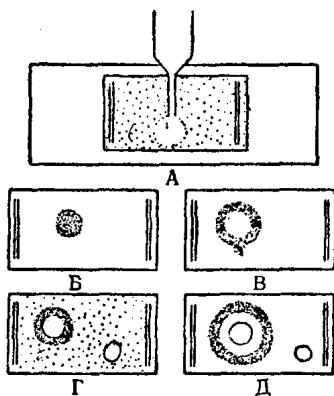


图2 草履虫对化学刺激的反应

以某种原因而有害于机体的刺激物则予以消极的反应。例如对化学性刺激物的反应(化学性趋性)常依所用的化学物质的浓度而不同(图2)。

如果在草履虫所在的盖片(A)下的水里加入一滴引起消极化学性趋性的1/2%氯化氢(HCl)溶液，那么草履虫就会游开，使这一滴溶液的内部形成一个没有草履虫的空隙；如果加入盖片下面的是引起积极化学性趋性的1/50%氯化氢溶液，那么草履虫就密集到这一滴溶液里来(B)；如果在盖片下加入浓度很大的醋酸，则使草履虫离开这一滴醋酸的中心而分布在浓度对它们适宜的周围(B)。如果同样这些草履虫是在既有二氧化碳气泡又有空气泡的水中(Г)，那么它们就向离二氧化碳气泡近处集中，而不向空气泡集中，它们对空气泡表现中性反应。加重二氧化碳的浓度，就使草履虫向二氧化碳浓度适中的地方移动(Д)。

草履虫的化学趋性的表现，受影响它们的化学物质分配的不平均情况所制约，即受由此而引起的扩散场的制约，所谓扩散场即指接近于扩散中心或与之有一定距离的区域。扩散场是由于所接触的物质分配不平均而出现的¹⁾。在温度刺激物的影响下，草履虫也出现温度趋性，即随着环境中温度的变化而发生的运动。对草履虫的生活活动最适宜的温度是24—28℃，如果在一个横置的玻璃管中装入草履虫，使管一端的温度高至30℃，而另一端的温度低至10℃，那么所有的草履虫都会集中到温度为27—28℃的位

1) B. A. 巴夫洛夫(Павлов): 感应性及其表现形式。“苏联科学”，1954年，俄文版第43页。

置上。

原生动物的积极反应不仅表现为游向有利的刺激物(食物)而消化它,而且还可能结合着追踪活动,甚至还能扑杀猎物(如栉水虫属就能这样)。原生动物的反应依存于有机体的生理状态,也依存于刺激物的种类和它作用于有机体从而使其生理状态发生变化的时间长度,同一刺激物作用的时间长度不同,自然要引起对该刺激物的反应的变化。这些反应的特点不只受种系经验,即某种刺激物对动物的生物学意义的制约,而且也受与动物个体经验有关的适应性反应的制约,总之,如饥、饱、疲劳、有机体对刺激物的习惯性以及其他能够改变有机体生理状态的因素,都可以制约原生动物的反应特点。

某些外国的学者如勒卜(Loeb)、彭(Bohn)、维尔旺(Verworn)等¹⁾,认为原生动物的一切反应(对光、对温度、对电、对引力)都是有机体的自动性的位移式机械反应,即认为这些反应都是按照物理、化学的规律性而发生,并且受原生动物身体结构的双重对称性(形态的和化学的对称)所制约。另外的许多学者其中特别是甄宁士(Jennings)则持相反的看法而不同意这种机械式的理论,他们深刻而多方面地研究了原生动物的行为²⁾,注意到原生动物行为中许多足以反驳上述那种机械式解释的特点。

对勒卜关于趋性的理化理论提出卓越批评的是瓦格纳尔(B. Вагнер)³⁾,他指出生物反应的下列特点:

- 1) 生物是作为一个完整的有机体而反应外界刺激物的。
- 2) 生物有机体常常进行试探性的反应,这种反应先行于其对刺激物的最后定向。
- 3) 同一原生动物不仅对不同的刺激物,而且对同一刺激物的反应也是有变化的。
- 4) 在同一刺激物的长时间作用下,原生动物的反应在变化

1) J. 勒卜: 动物的被迫运动,趋性和行为。莫斯科, 1918 年。

2) H. S. 甄宁士: 低等有机体的行为。莱比锡, 1919 年。

3) V. 瓦格纳尔: 比较心理学的生物学基础。第 1 卷, 沃立弗书局, 莫斯科, 1910 年, 俄文版第 187—228 页。

着。

5) 反应随有机体过去的经验而变化。

6) 新的刺激物引起原生动物的新反应。

7) 同样一种原生动物对同样一种刺激物因其伴随的条件不同而发生不同的反应。

这些事实证明,原生动物并非不加区别地回答环境影响,不是象自动反应的机器那样,而是作为一个内部不断进行着变化的有机体来改造着所接受到的刺激,从而产生着不同的反应。这种反应的差别不只依存于外界的因素,而且也依存于内部的因素,即有机体的生理状态。

这样看来,原生动物的反应不是被动的而是主动的,是与有机体对周围条件的生物性适应相结合而保证其生存的反应。

原生动物以原形质激动的方式来反映周围现实时,以多样性的外部表现为其特点,这种反映可以看做高等动物的基本生物性行为方式(求食、自保、繁殖)的雏形。与这些行为方式相应,有机体接受了对自己有利的适宜影响,而避开了对自己有害的刺激物。

原生动物能否形成暂时联系是一个非常有趣的问题。

首先是俄国科学家麦塔里尼科夫(С. М. Метальников)¹⁾在他的实验中指出原生动物的这种能力。他指出鞭毛虫如果曾有机会吞过某些可食和不可食的微粒,它们就能够“学会”辨别可食与不可食的微粒。但后来这种说法被驳倒了²⁾。

德国科学家卜拉姆施泰特(F. Bramstedt)曾经建立起鞭毛虫(草履虫)对中性刺激物(如光)的间接性反应,如果这种光曾经和对原生动物有生物学意义的刺激(如温度)有过联系的话³⁾。卜拉

1) С. 麦塔里尼科夫: 鞭毛虫能学会选择食物么? 生物学实验知识, 第 13 卷, 第 1 期, 1913 年。

2) X. C. 科什托扬茨(Коштойаиц): 比较生理学基础。第 2 卷, 苏联科学院出版, 1957 年, 俄文版第 160 页。

3) F. 卜拉姆施泰特: *Paramecium caudatum* *Stilonichia* 的训练研究。生理学杂志, 第 22 卷, 1935 年。

姆施泰特认为草履虫对光是无所谓的。当光与对它们有利的温度结合若干次以后,它们就不管温度如何而向光聚集,这就是说在它们身上已形成了暂时联系,对中性刺激物产生了新的反应方式,中性刺激物对它们已成了别的有益的东西的信号。可是由波兰科学家捷姆波夫斯基(J. Dembowski)用同样的草履虫所做的检查实验,对卜拉姆斯泰特的结论提出了重要的更正。

捷姆波夫斯基用下面的方式布置了检查实验。他把鞭毛虫装在中部发亮而两边黑暗的毛细管中。当鞭毛虫在游行中经过亮部与暗部的交界处而进入黑暗部分时就会受到电击。鞭毛虫一般对光是无所谓的,可是经过一系列的实验以后,它们就不再向毛细管的暗部游动而停留在亮部。这样的行为似乎也证明在鞭毛虫身上出现了对光的条件反应,光由中性刺激物变成阳性条件刺激物。捷姆波夫斯基用控制的变式把自己的实验继续做下去,在变式的实验中他沿着毛细管的两端改变着管中发亮的区域(即亮光的界线),他发现不管有光无光,鞭毛虫依然游向管中它们早先所停留过的部分,这里已非管的亮部而成为管的暗部¹⁾。显然,光对鞭毛虫并没有起信号刺激物的作用,转移反应是在原来所选定的它们曾在其处受过电击的那些地点发生的。

捷姆波夫斯基解释鞭毛虫的这种行为特点如下:他设想鞭毛虫在某些经常停留的地点由于进行物质代谢,把某些化学性的元素分泌在外界环境中,这些东西是鞭毛虫来到这些地点时所发生的反应的直接(无条件的)刺激物。虽然如此,捷姆波夫斯基对这个问题还是做了如下的保留,即实验用的草履虫身上既然没有感光成分,因而不是这类实验的适宜对象,所以上面的实验对草履虫能否对光信号形成暂时联系的问题不能给出确定的回答。他原则上不排除在原生动物身上形成暂时神经联系的可能性。

果然,用羣体原生动物钟形虫做了实验的俄国科学家普拉维里西科夫(Н. Н. Плавильшиков),报导他经过140—160次的实验,

1) 捷姆波夫斯基: *Paramaecium caudatum* 对光的条件反应。实验生物学报,第15卷,第1期,1950年,第1—17页。

在这种羣体动物身上看到对条件刺激物(红光或蓝光)的收缩反应¹⁾。这种光先前曾与总能引起回答性反应的无条件刺激物(机械接触)结合过。

由此看来,在具有感应性这种雏形反映形式的原生单细胞有机体身上,我们已经看到对信号的反应,即看到对早先是中性刺激物的反应的能力。它们表现出对溶解在水中的各种物质的化学性趋性、温度趋性、压力趋性、光趋性等,它们也表现出对水的温度的反应,在与固体物接触,或在接受到光的影响时也有反应(在鞭毛虫身上看到)。

原生动物的感受性是和它们对周围环境中的元素(环境中对有机体发生积极影响或消极影响的东西)的分析相结合的。原生动物借助于感受性而建立起有机体与外部世界的联系,制约着它们对生存条件的适应。

下面那种说法看来是完全可信的,“当地球上初出现生命的时候,或在生命存在的早期,有生物所接受的物质影响,可能完全是无生命的,说得更确切点,即完全是物理-化学的性质”²⁾。

无怪乎象我们上面所指出的,就连现代的原生动物也主要是反应物理-化学的影响。

多細胞动物

由单细胞有机体发展而来的多细胞动物表现出较高的反映形式。多细胞动物由于有较复杂的生存条件,而发生了身体的变化,出现了遮获、收缩的组织,以及肌肉组织和传导兴奋的神经组织,形成了专门的感受细胞羣或感受器,用以感受周围环境中不同性质(不同种类)的刺激物(化学的、温度的、机械的、光的、音的)。

在更高等的多细胞动物身上,这些感受器改造为复杂的分析

-
- 1) H. H. 普拉维里西科夫: 关于原生动物 *Carchesium lachmanii* 感应性现象的观察。俄国生物学报,第7卷,第1—2期,国家出版局,1928年,第1—14页。
 - 2) B. A. 巴夫洛夫: 感应性及其表现形式。“苏联科学”,1954年,俄文版第15页。

器(感官),这是由感受装置(感受器)、传入神经纤维和与之相应的位于中枢神经系统中的神经细胞(神经元)所组成的。复杂的分析器的出现扩大和加深了动物在周围环境中的定向,使它不仅有可能通过感受器来感受由外面来的刺激,而且能够精确分析自己的知觉,区别它们的类型和性质。

感官和它们的机能特化都是由于有机体与环境相互作用而产生的,环境制约着感官的形成。感官的形成保证了有机体对周围世界的更细致、更精确、更完善的反映¹⁾。马克思确定地强调指出感官是生物机体全部历史发展的产物。

在有机体的前进发展过程中,在他们对环境的适应过程中,感官的形成保证了它们对来自外部和内部环境的刺激有愈来愈妥善的反映。

分析器的发展与对多细胞动物的不断进化有极端重大意义的神经系统和脑的发展紧密联系着。

札瓦尔金(A. A. Заварзин)在分析多细胞动物的神经系统相应于其他组织的发展而发展的情况时,提出下面的主张,即神经系统是在和肌肉系统的紧密结合之下发生的,几乎可以说是肌肉系统引起了“神经系统的活动”²⁾。

神经系统在它发展的开始阶段是作为统一的神经-肌肉系统的组成部分而加入其中的。在这个统一的系统中开始了神经系统与肌肉系统的分化。后来才发生了原来是组成这个统一整体的机能成分的划分。它们开始发展为相互依属的神经系统和肌肉系统。札瓦尔金以这些系统在有机体种系进化中的发展为例来证明这种假说。

在单细胞有机体身上,似乎是由神经和肌肉成分组成所谓肌丝这样的收缩元素,由此而引起纤毛虫对刺激的回答性反应。类

1) B. A. 巴夫洛夫:感应性及其表现形式。“苏联科学”,1954年,俄文版第105页。

2) A. A. 札瓦尔金:神经系统比较组织学大纲。著作选,第3卷,苏联科学院出版,1950年,俄文版第18页及以后。