

YU  
LEI  
SHENG  
LI  
XUE

王义强 黄世蕉 赵维信  
宋天复 施琰芳 编著

# 鱼类生理学

9.4

上海科学技术出版社

责任编辑 张雪娟

**鱼类生理学**

王义强 黄世蕉 赵维信 编著  
宋天复 施糠芳

上海科学技术出版社出版  
(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 397,000

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

印数: 1-6,500

ISBN 7-5323-1480-4/Q·28

定价: 5.60元

## 前 言

随着我国渔业生产的发展和四化建设的需要, 鱼类生理学作为基础理论和应用科学已经成为一门十分重要的学科。因此有一本既作为系统学习生理学理论, 又有一定的应用参考价值的《鱼类生理学》是当前迫切需要的书。

鱼类生理学在国外编著的已有不少, 从 1936 年 Wunder 编写的《中欧淡水鱼类生理学》和川本信之的《鱼类生理学》, 至目前 Hoar 和 Randall 合编的已出版了十卷的《鱼类生理学》巨著, 已不下十部专著之多, 其中有三部已译成中文版。这些著作都提供了大量的资料, 尤其是 Hoar 和 Randall 的巨著内容极其丰富, 促进了鱼类生理学的发展。但这些著作都有各自的特点, 其中有的局限于地区性, 有的偏重于资料累积, 有的则照顾到系统性, 有的则是以比较的形式编写的。而且其中不少著作是要求在读过动物生理学的基础上才能阅读, 这对广大读者无论从理解上和所需时间上都有一定困难。

为了使本书能够适合我国国情, 适应广大读者需要, 本书编写的特点是: ①按照一般生理学教科书的系统性编排章节顺序, 以鱼类内容为主, 并在目前对某些鱼类的规律尚未完全弄清的情况下, 适当结合有关高等动物的机能活动, 照顾学科完整性, 加强基础理论, 以利于作为高等学校鱼类生理学教材使用, 且可供水产研究人员参考; ②加强鱼类生殖、营养代谢、感觉器官等章节, 以利渔业生产方面的人工繁殖、人工饲料、鱼类行动等工作应用参考; ③鱼类种类很多, 从低等到高等, 有不少特殊性, 这里是以真骨鱼类为主。

在编写中, 我们感觉到形成本门学科体系上, 还存在不足之处, 鱼类和高等动物在很多结构和生理活动方面具有共性, 但也有其特殊性, 在某些特殊性方面, 目前研究得还不深入, 有关的邻近学科提供的基础也薄弱, 这和当前生产上要求解决问题的现状差距甚远。所以, 本书的编写只是完整系统的《鱼类生理学》初编, 只是工作的开始, 尚需广大水产工作同志不断充实。

书中如有不妥之处, 欢迎广大读者惠予指正。

编著者

一九八九年二月

# 目 录

第一章 绪论	1
第一节 鱼类生理学的研究对象及其与渔业生产的关系	1
一、鱼类生理学的研究对象	1
二、鱼类生理学与渔业生产的关系	2
第二节 鱼类生理学的发展简史	2
一、古代生理学	2
二、近代生理学的发展	2
三、现代生理学的发展	3
四、鱼类生理学的发展简况	4
第三节 生理学的研究方法	4
一、生理学研究中所遵循的原则	4
二、生理学的研究方法	5
第四节 生命活动的基本生理特征	6
一、新陈代谢	6
二、兴奋性	7
三、适应性	7
第五节 机体机能的调节	7
一、神经调节	7
二、体液调节	8
三、自动调节和反馈概念	8
第二章 神经与肌肉	10
第一节 神经与肌肉的兴奋性	10
一、刺激的特性	10
二、神经肌肉兴奋的特性	11
第二节 肌肉收缩的特性	14
一、骨骼肌的结构	14
二、肌肉收缩的特性	15
三、肌肉收缩的机制	18
第三节 神经冲动的特性	20
一、神经的结构	20
二、神经兴奋的传导	21
第四节 神经肌肉间兴奋的传递	22
一、运动终板	22
二、神经肌肉接点的兴奋传递	23
三、影响神经肌肉间兴奋传递的因素	23
第五节 鱼类的发电器官	24
一、发电器官的一般结构	24

二、发电器官的放电 .....	25
三、发电器官的生物学意义 .....	27
<b>第三章 中枢神经系统</b> .....	<b>29</b>
<b>第一节 中枢神经系统的结构与功能</b> .....	<b>29</b>
一、中枢神经系统的结构 .....	29
二、中枢联系 .....	32
三、中枢神经系统内的兴奋过程 .....	36
四、中枢神经系统内的抑制过程 .....	37
五、中枢神经系统内的协调活动 .....	39
六、条件反射 .....	40
<b>第二节 中枢神经系统各级部位的机能</b> .....	<b>41</b>
一、脊髓 .....	41
二、延脑 .....	42
三、后脑或称小脑 .....	42
四、中脑 .....	43
五、间脑 .....	44
六、端脑或称前脑 .....	46
<b>第三节 植物性神经系统的机能</b> .....	<b>47</b>
一、植物性神经系统的解剖学 .....	47
二、交感神经与副交感神经的生理机能 .....	49
三、植物性神经系统外周部分的突触递质 .....	50
四、植物性神经系统的营养性机能 .....	51
<b>第四章 感觉器官</b> .....	<b>52</b>
<b>第一节 概述</b> .....	<b>52</b>
一、鱼类感觉器官的机能及其生理意义 .....	52
二、感受器的分类 .....	52
三、感受器的基本特征 .....	52
<b>第二节 视觉</b> .....	<b>54</b>
一、鱼类眼球的结构与机能 .....	54
二、有色视觉与无色视觉 .....	58
三、鱼类视网膜的电现象 .....	60
<b>第三节 听侧感受器的机能</b> .....	<b>62</b>
一、侧线的结构与机能 .....	62
二、迷路器官 .....	63
<b>第四节 嗅觉与味觉</b> .....	<b>65</b>
一、化学感受的概念 .....	65
二、鱼类嗅、味觉器官的结构 .....	66
三、鱼类的嗅、味觉及其电生理现象 .....	68
<b>第五节 触觉和电感受</b> .....	<b>70</b>
<b>第五章 血液</b> .....	<b>71</b>
<b>第一节 机体的内环境和血液机能的概述</b> .....	<b>71</b>
一、体液和内环境的概念 .....	71

二、血液的机能 .....	71
第二节 血液的化学组成和理化特性 .....	72
一、血液的化学组成 .....	72
二、血液的理化特性 .....	73
第三节 红细胞 .....	75
一、红细胞的形态和数量 .....	75
二、血红蛋白 .....	77
三、红细胞的特性 .....	78
四、红细胞的生成 .....	80
五、红细胞凝集 .....	81
第四节 白细胞 .....	82
一、白细胞的数量、分类和机能 .....	82
二、凝血细胞 .....	83
第五节 血液的凝固 .....	84
一、血液凝固的基本过程 .....	84
二、血凝的加速和延缓 .....	84
三、纤维蛋白的溶解 .....	85
第六章 血液循环 .....	86
第一节 概述 .....	86
第二节 心脏生理 .....	86
一、心脏的自动节律性 .....	86
二、心脏兴奋的传导性 .....	88
三、心肌的兴奋性和收缩性 .....	88
四、心肌的“全或无”现象 .....	90
五、心脏的生物电现象 .....	90
第三节 心动周期与心输出量 .....	92
第四节 理化因素对循环系统的影响 .....	93
第五节 各类血管的机能特点 .....	93
一、各类血管的结构及其机能特点 .....	93
二、血压与血流 .....	94
三、微循环及其生理意义 .....	95
四、组织液和淋巴液 .....	96
第六节 心血管活动机能的调节 .....	96
一、心血管的神经支配及其作用 .....	97
二、心脏活动的调节中枢 .....	98
三、循环机能的反射性调节 .....	98
四、循环机能的体液性调节 .....	99
第七章 呼吸及鳃 .....	100
第一节 呼吸生理的概述 .....	100
一、呼吸生理的概念 .....	100
二、鱼类的呼吸方式 .....	101
第二节 鳃的呼吸机能 .....	101

一、鳃的结构 .....	101
二、鳃呼吸的机械运动 .....	102
三、鱼类的呼吸频率 .....	103
第三节 气体的交换与运输 .....	104
一、氧的化学结合与运输 .....	104
二、二氧化碳的化学结合与运输 .....	106
第四节 呼吸机能的调节 .....	108
一、呼吸中枢及呼吸调整中枢 .....	108
二、呼吸运动的调节 .....	108
第五节 鳔的机能 .....	110
一、鳔的形态结构 .....	110
二、鳔的机能 .....	111
<b>第八章 消化</b> .....	<b>114</b>
第一节 消化生理概述 .....	114
一、消化的意义 .....	114
二、消化机能的进化 .....	114
三、消化管的模式结构 .....	114
四、消化腺的分泌机制和消化液的作用 .....	115
五、消化管平滑肌的一般特性 .....	117
第二节 口腔和食道 .....	117
第三节 胃内的消化 .....	118
一、鱼类胃粘膜的结构和胃液 .....	119
二、胃液分泌的调节 .....	125
三、鱼类胃内消化与哺乳类的比较 .....	126
第四节 幽门垂 .....	126
第五节 肠内的消化 .....	128
一、肠的形态和组织结构 .....	128
二、肠的运动 .....	130
三、肠液的消化 .....	131
第六节 影响消化的因素 .....	136
一、食性和消化酶的关系 .....	136
二、发育阶段和消化的关系 .....	137
三、季节与消化的关系 .....	138
四、运动与消化的关系 .....	139
第七节 吸收 .....	139
一、吸收的部位 .....	139
二、吸收机制 .....	140
三、各种营养物的吸收 .....	142
四、消化吸收率 .....	146
<b>第九章 新陈代谢与营养</b> .....	<b>148</b>
第一节 概述 .....	148
一、新陈代谢是生命活动的基础 .....	148

二、营养的概念 .....	148
第二节 各种营养素代谢及其营养意义 .....	149
一、糖类 .....	149
二、蛋白质 .....	150
三、脂肪 .....	155
四、水盐代谢 .....	157
五、维生素 .....	161
第三节 能量代谢与全身总代谢 .....	164
一、能量的来源、贮存和利用 .....	164
二、能量代谢的测定 .....	165
三、能需量 .....	168
<b>第十章 排泄与渗透调节</b> .....	<b>173</b>
第一节 概述 .....	173
一、排泄、排泄物和排泄途径 .....	173
二、肾脏与肾单位 .....	173
三、尿的物理化学性质 .....	174
四、鱼类肾脏的功能特点 .....	176
第二节 肾的机能 .....	177
一、肾的血液循环 .....	177
二、肾小球的滤过作用 .....	177
三、肾小管的重吸收作用 .....	180
四、肾小管和集合管的分泌和排泄作用 .....	182
五、肾脏的调节酸碱度机能 .....	183
六、肾机能的调节 .....	183
第三节 鱼类的渗透调节 .....	188
一、狭盐性鱼类 .....	189
二、广盐性鱼类 .....	190
三、溯河性鱼类 .....	191
四、降河性鱼类 .....	191
<b>第十一章 内分泌</b> .....	<b>192</b>
第一节 概述 .....	192
一、内分泌腺和激素 .....	192
二、内分泌腺组织的形态学特征 .....	192
三、激素作用的一般特征 .....	194
四、激素合成和分泌的机制 .....	195
五、激素作用的机制 .....	196
六、内分泌腺机能的研究方法 .....	198
第二节 甲状腺 .....	202
一、甲状腺与甲状腺激素 .....	202
二、甲状腺激素的生理作用 .....	204
三、甲状腺机能的调节 .....	206
第三节 胰岛 .....	207



一、内分泌胰岛的解剖学和细胞学 .....	207
二、胰岛素 .....	208
三、胰高血糖素 .....	209
四、生长抑素 .....	210
五、胰多肽 .....	210
第四节 嗜铬组织和肾间组织 .....	211
一、儿茶酚胺类——肾上腺髓质激素 .....	212
二、皮质类固醇激素——肾间组织(肾间腺)激素 .....	214
第五节 下丘脑与脑垂体 .....	217
一、下丘脑的促垂体激素 .....	218
二、脑垂体 .....	218
第六节 其他内分泌腺 .....	227
一、松果体 .....	227
二、尾垂体 .....	227
三、甲状旁腺和后鳃腺 .....	227
四、斯坦尼氏小体 .....	228
<b>第十二章 生殖</b> .....	<b>229</b>
第一节 鱼类性腺的机能形态学 .....	229
一、性腺的分化 .....	229
二、精巢 .....	230
三、卵巢 .....	231
四、产生性类固醇激素的组织 .....	231
第二节 鱼类的性激素 .....	233
一、鱼类卵巢合成的主要类固醇激素 .....	233
二、鱼类精巢合成的主要类固醇激素 .....	234
三、性类固醇激素的生物合成 .....	235
四、类固醇发生和活性的调节 .....	235
五、性腺类固醇激素的生理作用 .....	239
第三节 卵子生长和成熟 .....	242
一、卵黄蛋白 .....	242
二、卵黄发生的机制 .....	243
三、卵母细胞的最后成熟 .....	245
四、排卵 .....	254
五、人工诱导成熟亲鱼卵母细胞最后成熟、排卵和产卵 .....	255
第四节 鱼类性活动的内分泌调节和环境因子对生殖的影响 .....	256
一、鱼类性活动的内分泌调节 .....	256
二、环境因子和生物因子对鱼类生殖活动的影响 .....	258

# 第一章 绪 论

## 第一节 鱼类生理学的研究对象及其与渔业生产的关系

### 一、鱼类生理学的研究对象

鱼类生理学是以鱼类机体整体和各部分的机能活动为研究对象的。

有机体的生存和各种活动是各部分机能活动统一的结果，而各部分的机能活动都具有各自的特殊结构基础、机理特征和变化规律。例如有机体的运动、繁殖、生长等整体性活动都是由血液循环、呼吸、消化、排泄、内分泌以及肌肉和神经等器官系统所特有的结构形式和协调的机能活动的结果，也是它们适应内外环境变化的协调性活动的结果。这些活动是有秩序的，而不是杂乱无章的，是相互促进或相互制约的，而不是各自孤立的或简单的总和。

生理学是研究这些活动规律的科学，鱼类生理学只是生理的一个分支，是以鱼类为对象的。

生理学最初是从医学和畜牧兽医等社会生产实践的发展和知识累积而发展起来的一门基础理论科学，随着科学的深入发展，根据不同对象、不同活动特征、不同组织结构，生理学分出了许多分支。但这些分支不外乎从以下四个方面来研究：

1. 从整体方面研究：有机体是以整体形式而生存的，它体内的各器官的机能活动都是围绕整体的生命活动而进行的。所以它们之间是相互影响和相互协调的，相互促进和相互制约的。因此，在研究各器官机能活动时，必须从整体出发，例如有机体的血液循环是根据机体活动的需要而调节的。另外，有机体生存在多变的环境中，在适应环境的过程中，有机体的生理活动是随着所处的环境的变异而不断变化和发展的，从而出现机能和结构的适应特点。例如有些鱼类呼吸器官是以鳃上器官、肠道等器官呼吸的，这是由于它们长期在缺水的或缺氧的条件下生存，从而发生呼吸器官的适应性改变所致。

2. 从器官活动方面研究：着重研究各器官的活动特点和这些活动对于机体的作用，以及影响和控制它们的因素等，从而了解各器官活动的规律，例如对心脏活动的研究是探讨心搏的周期特点、心搏的起始部位、心脏各部分在心搏过程中的协调活动、影响心搏的因素等，从而了解心脏活动的规律以及它在机体整体中的作用。

3. 从细胞活动方面研究：每一器官的活动是与组成该器官的细胞的生理活动分不开的，而细胞的生理特点又是和构成该细胞的细胞器的活动、组成该细胞的物质的理化特性和生物特性分不开，所以器官的活动实质上在很大程度上是组成该器官的各细胞活动过程中的物理化学和生物学活动过程。例如线粒体是细胞内进行生物氧化和氧化磷酸化的主要场所，是细胞的主要能量供应站；又如细胞膜上的载体可选择性地将某物质从膜的一侧运输到另一侧，完成物质的转运等等。

4. 从分子活动方面研究：它是研究细胞内各种蛋白质、脂类、糖类等分子结构和它们的生理活动。例如骨骼肌的肌凝蛋白分子构成粗肌丝和横桥，在一定条件下，与肌纤蛋白分子结合，拖动细肌丝滑行而收缩；又如细胞膜在它的脂质双层分子构成的薄膜中镶嵌着球状

蛋白质分子,在酶和离子的作用下,它的构型发生变化,使这个离子的专属通道开放或封闭,改变膜对离子的通透性。

## 二、鱼类生理学与渔业生产的关系

生理学既是社会生产实践的产物,鱼类生理学也不例外。在渔业生产中,随着鱼类养殖业的发展,养殖鱼类的苗种需求量增大,人们势必从事生殖生理、内分泌生理等方面的研究,以获得人工繁殖的苗种;养殖鱼类的饲料问题待解决,人们势必从事消化、营养生理等方面的研究,以便获得适口的全营养的配合饲料;随着捕捞业的发展,对鱼类资源的保护、鱼类的行动规律、鱼类的感觉等方面,都须深入研究,以便根据鱼类的特点提高捕捞技术、增加鱼类资源。

只有对生产对象的活动规律和影响它的环境因子有充分的了解后,才能对生产对象的环境施加有效的生产和改造措施,从而定向地促使它发展成为优良的养殖品种,促使它在养殖条件下,能够繁殖后代,能够适应和利用广泛而廉价的天然饵料和人工合成饵料,能够生长速度快,尽可能在较短的时间内达到商品规格。另一方面,了解有些经济鱼类在自然环境中的动态,它们对环境的各种物理、化学因子的反应,从而采取有效的保护资源措施和捕捞措施。

由此可见,鱼类生理学是渔业生产的理论基础之一,是制定渔业技术措施和法规的根据之一。它可以直接或间接影响生产效益。

## 第二节 鱼类生理学的发展简史

任何一门学科的发展史,都说明学科的发展不是孤立的,而是与其他学科的发展有依赖关系。鱼类生理学是从动物生理学发展出来的一个分支,而动物生理学又是在医学和畜牧兽医学的发展中形成的一门学科。

### 一、古代生理学

我国古代生理学是随古代医学而逐渐兴起的。早在三千年以前,我国已经建立了相当发达的医学。据“周礼”记载,当时临床医学已经分成内科、外科、膳食(营养卫生)和兽医四科。公元前二世纪(秦末汉初)出现了我国第一部医学经典著作——《黄帝内经》,建立了祖国医学最根本的指导思想——阴阳五行学说。它从朴素的唯物主义观点和辩证法观点解释人与自然的关系,说明人体内部脏腑之间的相互关系。其中《素问》一书,有很大部分是陈述人体生理学知识,指导着医学和生理学的发展。

畜牧兽医学和家畜生理学的历史也十分悠久,早在公元前十世纪,我国已经有了关于针灸治疗兽病的记载,公元三世纪左右,对针灸的理论和方法,已经有了比较系统的总结,并在公元五世纪流传到国外。汉代的著作中,已经详细记载了家畜的阉割术。

在国外,随着古代医学而对人体和动物生理的知识,有了不少贡献。当时各国的宗教势力极大,支配着思想界,但仍有朴素的唯物主义思想出现。公元前四世纪古希腊名医希波克拉底(Hippocrates)创气质学说,以整体观点看有机体的机能。公元二世纪古罗马名医盖伦(Galen)从人体解剖的知识推论生理机能,并进行过初步的动物活体解剖,对医学贡献很大。

### 二、近代生理学的发展

生理学真正成为一门实验性的科学是从十七世纪开始的。当时西欧资本主义正在兴起,

社会生产力开始有了新的发展,这就为近代自然科学的发展创造了条件。1628年英国内科医生威廉哈维(William Harvey)出版了一本《心与血的运动》名著,这是历史上第一次以明确的实验论证了血液循环的方式、途径和规律。同时他创造了近代生理学的活体解剖实验法,开辟了实验生理学的道路。

在十七至十八世纪,显微镜的发明和物理学、化学的迅速发展,都为生理学的发展提供了良好的条件。意大利组织学家马尔庇奇(Malpighi)利用显微镜发现了毛细血管是联系动脉和静脉之间的结构,从结构上证实了哈维对循环系统的推论。法国哲学家笛卡尔(Decartes)根据角膜被接触刺激即引起眨眼反应等现象,首先提出了反射的概念,认为动物体的每一活动都是对于外界一定刺激的反应,犹如光投到镜子上被反射出来一样。他的这种反射概念虽是一个想象,并没有实验根据,但对当时来说,却是进步思想,并对以后神经系统生理学的发展有着启蒙作用。俄国科学家罗蒙诺索夫(Ломоносов)首创物质与能量不灭定律,法国化学家拉瓦锡(Lavoisier)的关于燃烧和呼吸原理为机体新陈代谢的研究奠定了基础。意大利学者伽尔佛尼(Galvani)发现肌肉收缩时能产生电流,这开辟了电生理研究的新领域,对兴奋的过程及其本质问题的研究起了重要作用。

到了十九世纪上半期,生理学已得到迅速的发展,许多学者对机体内的个别器官生理机能方面提供了大量宝贵资料,对生理学的理论性工作作出很多贡献。英国著名生理学家谢灵顿(Sherrington)以客观实验证据丰富了反射理论,阐明了神经系统活动的一些基本规律,对中枢神经系统低级中枢部位的反射活动做了研究,对机体整体协调活动提供了理论基础。十九世纪中叶,俄罗斯著名生理学家巴甫洛夫(Павлов)通过对循环系统和消化腺机能的神经调节问题的研究,创立了高级神经活动,说明了完整机体在与周围环境相互作用下进行活动的规律,对思维、精神活动的研究提供了实验研究方法。

### 三、现代生理学的发展

十九世纪后叶和本世纪以来,生理学进入了系统化的境界,它通过神经活动和内分泌的研究把机体各器官活动连系成一个整体。同时随着其他学科和技术的发展而向纵深发展,它已不是停留在器官的生理机能上,而是深入到研究细胞活动的作用机制,以分子水平解释发生机能作用的动因。它已发展到跳出医学的范围而被广泛运用于生产实践,为国计民生造福。

在生理学发展的同时,随着社会实践和生产需要,生理学分出了许多分支。目前从医学出发,它分出了正常生理学和病理生理学;从研究对象出发,分为人体生理学、动物生理学、家畜生理学、鱼类生理学、昆虫生理学和比较生理学等;从机体活动的特点出发,分为运动生理学、高山生理学、潜水生理学和高空生理学等;从机体结构出发,分为细胞生理学、组织生理学等。

我国现代生理学只有几十年的历史。初期阶段工作是少量零星的,1926年成立了中国生理学会,随后创办了《中国生理学杂志》,对我国生理学的发展起了一定的推动作用。从此我国生理学工作得到比较广泛的开展,出现了不少杰出的生理学家,积累了大量资料。

解放后,生理学获得了新生。1950年中国科学院成立了生理生化研究所,之后单独分开成立生理研究所。1951年出版《生理学报》。在接受了巴甫洛夫学说的观点,明确了生理学的研究方向,生理学得到全面而迅速的发展。近年来进一步吸收了西方的生理学观点,结合我国传统医学辩证观点,不仅在理论上深入的探讨,而且在医学、生物学、畜牧、养殖等

方面的发展起了很大的促进作用。1980年成立了上海脑研究所,把中枢神经系统活动的研究和其他系统的研究引向新的水平。

#### 四、鱼类生理学的发展简况

鱼类生理学的出现也只有几十年的历史。在早期,各国科学家们从经济上和科学上的需要,做了一些零星实验,积累了一些资料,散见于各国所出版的有关生物学期刊中。1936年翁德(W. Wunder)编著了局限于地区范围的《中欧淡水鱼的生理学》,同年川本信之较系统地编写了《鱼类生理学》,1941年苏联普契科夫(H. Пучков)较系统地编写了《鱼类生理学》教材。四十年代后期和五十年代初期,学者们对鱼类生理的研究显著增多,1957年由勃朗(M. E. Brown)主编了比较全面而系统的《鱼类生理学》,同年匹克福特(G. E. Pickford)和阿兹(E. H. Atz)系统地合写了《鱼类垂体生理学》,经典著作,近十几年,霍尔(W. S. Haar)和朗德(D. J. Randall)等用了十多年的时间,编著了一部目前包括十卷的极为全面的《鱼类生理学》巨著。

我国解放后,尤其在1958年以来,鱼类生理工作随着生产发展的形势而开展起来,为了解决养殖生产上的家鱼苗种供应问题,全国许多单位进行了家鱼人工繁殖的研究。广东省水产研究所和中国科学院实验生物研究所等单位先后都用注射鲤鱼脑垂体和绒毛膜促性腺激素的方法,促使“家鱼”产卵、受精成功。同时武汉大学和中国科学院水生生物研究所等单位结合家鱼人工繁殖工作,进行组织生理的研究。六十年代开始,随着养殖高产的形势,不少单位从事营养生理的研究。由于新技术,如同位素示踪、电子显微镜、免疫细胞化学和放射免疫等技术的应用,上海水产大学和中山大学等单位对鱼类生理学工作向纵深发展。1979年全国鱼类学会成立了实验鱼类学小组,对鱼类生理工作起了一定促进作用。

### 第三节 生理学的研究方法

有机体的生理机能活动是很复杂的,它的各部分活动之间又是相互影响和相互协调、相互促进和相互制约的,而且与环境密切相关。因此在进行生理研究时,特别要注意研究方法,否则就不能反映正常的生理机能。

#### 一、生理学研究中所遵循的原则

(一)结构与机能的统一原则 有机体的基本结构单位是细胞,细胞的种类很多,进行着各自特殊的新陈代谢活动,执行着特殊的机能,例如上皮细胞分布在消化道内表面的柱状细胞,具有特殊的分泌作用或吸收作用,分布在肾小球外表面的扁平细胞,具有特殊的滤过作用等。又如肌肉细胞有收缩的功能,神经细胞有传导兴奋的功能等等。

但是在整体内这些组织都不是单独地发挥它们的机能作用的,而是和其他组织按一定方式排列,形成各种器官,执行其特殊的功能。例如心脏是四种基本组织所组成的一种特殊器官,具有推动血液流动的特殊功能;肠道也是四种基本组织所组成的另一种特殊器官,它具有磨碎和消化食物、分泌消化酶和吸收营养物的特殊功能。两种器官的四种基本组织在结构上有不同,排列方式也不同,故实行着特殊的功能。

所以,结构与机能是统一的,什么样的结构就有什么样的机能。要了解组织的机能,必须先了解其结构。

(二)局部与整体的统一原则 机体各局部的机能活动虽有其特定的表现形式,但它是

不能脱离整体而存在的,它是整体的一部分,是为整体服务的;反之,整体活动的表现形式,虽也有其特殊性,但不是局部活动的简单总和,它的存在是为局部活动创造条件。二都是相互依存,又是本质上相互区别的。例如消化器官具有其特定的活动形式,进行消化,它的存在是为整体提供营养,为整体服务;反之,消化器官的活动不是孤立的,它的活动需要有整体的其他器官活动才能得到维持,它本身细胞的营养也需要通过整体支配而获得,它的代谢废物也要通过排泄系统排出体外。

另外,整体内的营养物质贮藏有限,当整体内的一个局部器官作为当时主要活动部位而需要大量能量时,其他局部器官可暂时受到一定程度的抑制,节约能量的消耗,以保证主要活动部位能量的需要。这种整体内的调节,一般都是由神经或体液担任的。所以全身各种器官系统的机能活动是相互联系、相互协调的整体性活动。在了解有机体的机能活动时,必须从整体概念出发。往往有些器官活动是在离体实验时表现的现象,与在整体内时表现得并不一样。

(三)机体与环境的统一原则 有机体一切活动不能脱离环境而存在,环境是它生存的条件。对有机体来说,环境是提供食物和氧的来源,也是代谢废物排出的场所,又是施加各种能促进有机体活动的刺激来源,只有这些刺激才能使有机体正常地生存下去,如果这些条件不存在或改变了,则有机体失去了这些刺激,也就不能生存,或者通过变态以适应新环境而生存。例如光对有机体是一种刺激,只有在光的刺激下,有机体才能看到食物去主动摄取,看到敌害而主动躲避,甚至接受光的刺激能促进细胞分泌特殊的化学物质,有利于生存和繁殖。

当机体把外界环境的刺激感受以后,把它传到神经中枢部位,一方面发生感觉,另一方面由神经中枢下达运动信号,使有机体各部位发生相应的活动以适应这种刺激。例如有机体感受了运动信号后,立即发生全身骨骼肌协调的收缩,同时消化系统受到抑制,呼吸加强等一系列整体性内部活动。有些动物当环境改变,即形成它迁居的原因,以适应生存。到了人类,除自然环境能对他的生理机能发生影响外,社会环境乃至语言都可作为影响人体生理机能活动的动因。

## 二、生理学的研究方法

生理学是一门实验性较强的学科,它必须通过一定的实验手段,包括解剖、处理以及控制条件,配合使用相应的生理仪器,使平时肉眼不能观察到的内部的或微细的生理变化予以形象化而被观察到,同时找出它的因果关系,并通过演绎和归纳法发现其活动规律。

在实验过程中,通过解剖与处理,往往会使用有机体或组织发生一定的损伤,危及机能活动,甚至生命。因此,生理实验材料主要是使用动物,只有在不影响健康的情况下,才允许在人体上进行实验。

由于鱼类机体内的一些生理机能原则上与其他脊椎动物没有根本不同。所以在恰当地估计它与其他动物的区别的前提下,用一些其他动物实验资料,可以帮助对鱼类基本生理功能的理解。

生理学既是实验性很强的科学,对实验研究方法极为重要。生理学的研究方法,大致分为分析法和综合法两类:

(一)分析法 它着重进行有机体的部分结构的实验观察,研究它在脱离整体情况下的机能活动,这就能使人们深入掌握这一部分结构的生理知识。但是它不足以完全代表这部

分在正常整体内的情况,甚至有时竟与正常情况相反。因此,分析法只能反映零星的生理知识。再用综合法在整体内验证,才能得到较全面的知识。

分析方法中,常常使用的是离体器官实验法和活体解剖实验法。前者是从活的或刚死的动物身上取下所要研究的器官,置于人工环境中,如放在培养剂中,使之在短时间内保持其生理机能,进行实验观察。后者则是使动物处于麻醉状态,进行活体解剖,对所要研究的器官进行实验观察。这两种实验方法的进行过程都不能持久,实验后动物不能生存,故也常被称为急性实验法。

(二)综合法 它是以健康完整的有机体为观察对象,是在同外界环境保持比较自然的关系的情况下进行实验,以观察和分析体内某一完整系统生理机能。有时实验前必须先进行无菌外科手术,在不损害机体完整的前提下,把所研究的器官暴露出来,以便直接观察。例如机体在正常完整情况下的胃液分泌等。在进行综合性实验过程中,无论观察哪一部分活动,都必须严格注意有机体本身当时的情况及其所处的环境,否则不能获得正确的结果。这种研究方法,事实上是在综合的原则下进行生理活动的分析研究。由于这种动物可以长期进行实验,所以这种实验方法被称为慢性实验法。

各种实验方法都有它的优点和它的特殊目的。实验方法是为特殊目的而设计的,所以各有其局限性。例如离体器官实验方法不能用来阐明完整机体内器官的活动规律;反之,慢性实验方法也不能用以研究某一器官本身的基本生理特性。所以生理学研究工作必须按研究目的选择实验方法,同时考虑到此方法的局限性,以便对实验结果做出正确的估价。

在生理实验中所用的许多仪器或工具,如机械的、电的、光的和化学的,它们的性能也会影响正确的结果。所以仪器工具的发展和新技术的发展,对生理学的发展也有极大的促进作用。

#### 第四节 生命活动的基本生理特征

任何动物机体的生命活动和各种机能活动都表现了它们共有的基本的生理特征,没有这些特征生命活动就不存在,它们也是生命活动的基础。因此,在系统地叙述生理学之前,须先对其基本生理特征有所了解。

##### 一、新陈代谢

有机体一方面不断地摄取外界物质,以构成它自己的组织或转变为能量储存之,这称为组成代谢。另一方面同时又不断地分解它自己的组织和储存的能量以释放能量,产热和做功,这称为分解代谢,并把分解后的终产物排出体外。这种与外界不断进行物质交换的过程,在体内不断进行各种物质转变的过程以及物质与能量不断相互转变的过程,都是新陈代谢的具体内容。在机体内,组成代谢和分解代谢是密切联系的,是相互影响、相互制约的。由于任何物质里都含有潜在的能量,所以在分解时必伴有能量的释放,而物质在合成时必有能量贮存。故在物质代谢的同时,必有能量代谢。总的说来,新陈代谢的过程包括了有机体和外界环境间的物质交换与能量交换,包括了有机体内部的物质转变与能量转移。新陈代谢是有生命的有机体所特有的现象,它为各种生命活动提供了物质基础和能量。新陈代谢一旦停止,机体也就死亡。

新陈代谢固然是所有有机体所共有的特征,但是不同的机体,或同一机体在不同的时间

以及同一机体内不同的组织器官,其代谢过程和水平都是不同的。

## 二、兴奋性

当机体的周围环境或组织器官的内环境发生变化时,常引起机体内代谢过程的改变和外表活动的改变,这表明机体或组织器官对于环境的变化能够感受并发生反应。这种反应对于机体的存在具有重大意义。但并不是任何一个环境变化都能引起机体反应,只有那些能被机体所感受的变化才能引起反应。这种能被机体感受而引起机体发生一定反应的环境变化,叫做刺激。刺激与反应是两个密切联系的概念,由于刺激的作用,机体才能发生反应。换句话说,机体的反应都是由某种刺激所引起的。机体对刺激发生反应的这种特性,称为应激性,也称为兴奋性。

机体或组织器官在接受刺激而发生反应时,其表现可以有两种形式:一种是由安静变为活动,或由活动弱变为活动强;另一种是由活动变为相对静止,或活动强变为活动弱。前一种反应称为兴奋,后一种反应称为抑制。抑制是兴奋的反面,意味着兴奋的减弱或不易发生兴奋。所以,抑制反应必须以兴奋反应为前提,死的组织既不能发生兴奋,也无所谓抑制反应。因此,机体最基本的反应形式是兴奋。

兴奋性是有机体所共有的一种基本生理特征,它是以新陈代谢为基础的。不同组织或同一组织在不同情况下,其兴奋性是不同的。一般说来,动物越高等,它的兴奋性越高。各种组织中,以神经组织的兴奋性为最高;活动性较少的组织,如结缔组织,兴奋性最低。

## 三、适应性

机体或其部分组织对内、外环境的变化能够发生机能和结构上相应的变化,即谓之适应性。它可以使机体与环境保持动态平衡,以维持机体的生存,克服由于环境变化所引起的危害,例如低等动物的体色随着周围环境颜色的改变而改变。这种适应性是以兴奋性为基础的。在生物进化过程中,适应性的发展对于生物种族的生存与发展,起着重要作用。动物越高等,其适应性也越强,到了人类,由于能从事社会劳动,已不仅单纯依靠生理反应来被动地适应环境,而是能通过思维和劳动,主动地改造自然环境使之适合于自己的生理需要,这是更高一级的适应。

# 第五节 机体机能的调节

机体各部分机能活动之所以有整体性、互相协调、对不同的刺激发生适应性的反应,都是通过机体的调节机制所实现的。机体对各组织器官的调节有两种基本形式,即神经调节和体液调节。

## 一、神经调节

神经调节的基本方式是反射。反射的结构基础是反射弧,它包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器等五个部分。感受器是接受刺激的组织或器官,并且把刺激转变为神经冲动。传入神经是把感受器所产生的神经冲动传到神经中枢。神经中枢是反射弧的中枢部位,在这里更换神经元。传出神经是把神经中枢的神经冲动传到效应器。效应器是把传出神经传来的神经冲动传到反应的组织或器官。

从反射弧的结构看,反射概念意味着施加于机体某种刺激必然会引起某种反应,刺激与反应之间具有必然的联系,这联系的结构基础是神经系统。神经系统是控制和协调机体各



组织器官活动的枢纽。

反射分为非条件反射和条件反射两类。非条件反射是动物的基本反射活动，它具有固定的反射途径，所以它是先天的、不变的；条件反射是动物在其生活过程中随着生活实践而建立起来的，即一些动因本与一些反射无关，由于生活实践而将两者联系起来，所以它是后天获得的。比较两种反射，前者是初级的、简单的和固有的，而后者是高级的、复杂的和暂时的，且是联系广泛的。对于动物来说，后者更具有适应意义，但后者是以前者为基础的。

## 二、体液调节

体液调节是指机体某些细胞产生的特殊的化学物质借助血液循环的运输到达全身各处，从而引起某些特定器官发生效应。动物机体的一些代谢产物，如  $\text{CO}_2$ 、乳酸和激素等，就是借助体液循环的途径对机体的机能活动进行调节的，从而使各器官的活动得到一定程度的协调。

比较体液调节和神经调节的特点，前者靠递质传递，速度缓慢，受影响的部位比较广泛；后者靠神经冲动传播，迅速而精确。另外，前者的作用时间较持久，对于调节机体的一些持续性活动，特别是植物性机能和组织的代谢过程，具有重要意义。

许多生理机能活动既受神经调节，又受体液调节，两者是相互补充。也有些生理活动，直接受体液调节，间接受神经调节。所以两者是不能截然分开的过程。实际上，神经调节本身，其末梢就分泌化学物质以调节器官活动。所以有人认为机能活动的调节就是神经——体液调节，但是越是高等的动物，神经系统的调节活动越处于重要和主导地位。

## 三、自动调节和反馈概念

神经或体液对生理机能的调节，并不是简单的过程，或者说并不是使器官发生了反应就完成了，而必须使受调节的器官发生最适宜的反应，在时间上、空间上和强度上都精确地适合于机体的需要。事实上，机体的许多调节活动都不是一次调节就能达到精确的目的，而是以所谓“自动调节”的过程实现的。自动调节是指机体的生理过程自己调节自己，这是保证调节过程的精确性的重要机制之一。例如血糖过高时，引起胰岛素分泌增加，胰岛素的分泌可降低血糖水平，而血糖的降低又引起胰岛素减少分泌，血糖就不再下降，反而又逐渐升高。一旦升高，又引起胰岛素分泌。机体就这样自动调节血糖水平。这种血糖升高所引起的胰岛素分泌增加的结果，反过来又成为调节本身胰岛素分泌降低的原因来校正自己的工作，使血糖保持在一定的水平上，称为“反馈”。或者说，刺激引起的效应反过来作为刺激，再经感受器引起效应，以校正原来的效应活动(图 1-1)。

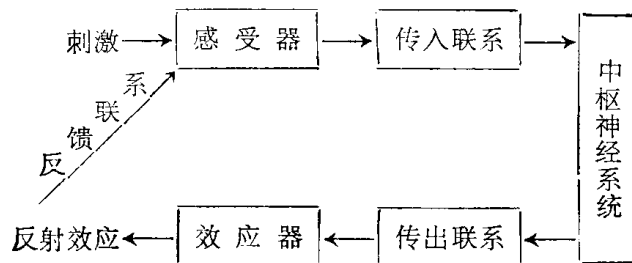


图 1-1 反馈调节模式图

总之，在完整的有机体中，各生理机能活动是密切联系、相互协调，经常保持机体机能的相对稳定，并且对外界环境进行适应性的反应。机体机能的协调性、相对稳定性和适应性，