

魚類生理學

施璪芳 編著

水產出版社

魚類生理學

施璩芳 編著

水產出版社

國立中央圖書館出版品預行編目資料

魚類生理學 / 施琮芳編著 — 初版 — 基隆市
：水產出版；臺北縣新店市；農學社總經銷
，1994[民83]
面：21公分
參考書目：面
ISBN 957-8596 14-6 (精裝)

1. 魚—生理

388.518

83005620

版權所有 翻印必究

魚類生理學

著者：施琮芳
出版者：水產出版社
社長：賴春福
發行人：楊益林
登記證：局版臺業字第4877號
地址：台灣206基隆市七堵區崇智街46號
電話：886-2-4566505
傳真：886-2-4565815
劃撥帳號：14756022水產出版社
總經銷：農學有限公司
地址：台北縣新店市寶橋路235巷6弄6號2樓
印製：正陽彩色印刷有限公司
ISBN：957-8596-14-6 定價：600元
1994（民國八十三年）9月18日初版一刷
本書經中國農業出版社授權出版

內 容 簡 介

本書根據魚類的器官系統，比較深入地闡述了魚類生理學的基本原理，著重介紹魚類生理機能特點。主要內容有魚類的血液和血液循環、呼吸和鰓、消化和吸收、代謝及營養、排泄與滲透調節、內分泌、生殖、肌肉與神經、中樞神經系統、感覺器官等。共十一章，插圖100多幅。

本書可供從事科研、教學人員，廣大漁業科技人員以及水產院校有關專業學員閱讀和參考應用。

前 言

魚類生理學是從動物生理學發展出來的一個分支，是一門較年青的學科。主要研究正常魚體的生理機能，在整體中各部分機能活動的相互協調、以及和周圍環境相互作用中各種機能的適應性和變化規律。

魚類在脊椎動物中雖然比較低等而原始，但它已具有進入較高級和完善的系統和器官。雖然從外部形態上與其它脊椎動物很不相同，但在生理機能上有共同的規律。是比較生理學研究中的一個典型代表材料。

魚類生活在水中，具有特殊的生理機能特點。例如魚類在水中有水的自然浮力，可以不費很大力氣來維持它在水層中的姿勢，只要用鰭的划動就可自由自在地游泳，不需要發達的四肢。水中含氧較少，魚要通過鰓的作用泵入大量的水，從中取得氧氣，並在鰓中進行氣體交換。它的鰓、腎等器官有各種特殊的滲透調節機能，使它能在不同鹽度的水域中生活。各種魚類有不同的食性，故它有不同的消化機能。魚類的生殖方式，更是多種多樣，各具其獨特的生理特性。魚類是變溫動物，在水溫變動中也要有相應的生理適應。大部分魚類的許多感覺器官與陸生脊椎動物有很大區別，某些方面比人類更為敏銳。因此魚類生理學是能引起人們產生極大興趣的一門學科。

魚類生理學的進展，與漁業發展有很密切的關係。例如，由於在河川興建大型水壩，就需要採取對魚類進行繁殖保

護的措施，魚類生理學家在這方面進行了大量工作，保證魚類在水域環境改變後能正常進行繁殖。我國四種家魚池塘繁殖成功後，魚類生殖和內分泌生理學得到深入發展。為了解決養殖魚類所需要的飼料，使魚類有足夠可消化利用和必需的营养物質，開展了魚類營養和消化生理學的研究。為了提高捕撈效率，掌握各種魚類對各種捕撈手段的反射活動，魚類感官和神經生理學已引起極大的重視，並進行了一系列研究工作。因此，魚類生理學是根據漁業生產的需要而發展起來的。

目前，人們對魚類生理學知識的需求，日趨迫切，為了滿足漁業科技研究者、教學人員以及水產院校學生的需要，特編著此書，比較系統和深入地介紹了魚類生理學原理，其中有一些是與其它脊椎動物共有的，同時書中著重介紹魚類的生理機能特點。希望對科研、教學工作的開展，有所幫助；也希望能應用於漁業生產。

本書編著過程中，得到許多魚類生理學專家的支持，提供資料和論文，並得到華中農業大學青年教師曾贈、蔡永久等先生的幫助，絕大部分插圖，是華中農業大學植保系李琦先生繪制的，在此對他們的支持和幫助，表示感謝。

編著者

1989.12 於武漢

目 錄

第一章 血液	1
第一節 概述	1
一、機體內環境恒定性	1
二、血液的機能	2
三、血液的組成	3
四、血量	4
第二節 血漿的化學成分與理化特性	5
一、血漿的化學成分	5
二、血液的理化特性	9
第三節 血細胞的生理	14
一、紅細胞	14
二、白細胞	20
三、血小板（凝血細胞或血栓細胞）	23
第四節 紅細胞的凝集與血型	23
第五節 血液凝固	25
一、血液凝固的生理意義	25
二、血液凝固的機制	25
第二章 血液循環	27
第一節 概述	27
第二節 心臟節律性	29
一、自動節律性	29
二、心臟的傳導性和收縮性	32
三、心臟興奮性和收縮性的關係	33
四、心臟機能的合體性	35
五、心肌收縮的全或無性質	36

第三節	理化因素對心肌特性的影響	36
第四節	心電圖	38
第五節	心動周期與心輸出量	40
一、	心搏周期與心率	40
二、	心輸出量	42
第六節	血管的類型和生理特性	43
一、	動脈	43
二、	毛細血管	44
三、	靜脈	44
四、	微循環	45
第七節	血壓	46
第八節	心血管系統的調節	49
一、	神經調節	49
二、	體液調節	50
第九節	組織液和淋巴液	53
第三章	呼吸與鰓	55
第一節	呼吸生理的概述	55
一、	魚類呼吸器官的種類	55
二、	呼吸的方式	61
第二節	鰓的呼吸	67
一、	鰓的呼吸運動	67
二、	氣體交換與運輸	72
三、	呼吸的調節	87
四、	影響呼吸的因子	89
第三節	鰓的機能	96
一、	鰓的呼吸機能	96
二、	鰓的靜體力學機能(比重調節機能)	98
三、	鰓的感覺機能	102
四、	鰓的發聲機能	103
第四章	消化和吸收	105

第一節 概述	105
一、消化對機體的意義	105
二、消化管的活動概述	106
三、消化腺活動概述	110
第二節 口咽腔和食道	112
第三節 胃的消化	114
一、概述	114
二、胃的運動形式	117
三、胃液的性質、成分和作用	118
四、魚類胃液分泌活動的調節	122
第四節 腸內的消化	123
一、概述	123
二、腸的運動	128
三、腸液的性質、成分及其作用	129
四、腸內分泌的調節	133
五、腸內微生物	134
第五節 消化和吸收	135
一、消化	135
二、吸收	137
第五章 新陳代謝及營養	144
第一節 概述	144
第二節 各類物質代謝及其營養意義	145
一、糖類	145
二、脂類	151
三、蛋白質	158
第三節 水和無機鹽的代謝	167
一、水和鈉、鉀、氯的代謝	167
二、鈣、磷、鎂的代謝	170
三、鐵、銅、鋅、鎳、錳的代謝	172
第四節 維生素的營養意義	174

一、脂溶性維生素	174
二、水溶性維生素	176
第五節 能量代謝	179
一、概述	179
二、能量代謝的研究方法	181
三、影響能量代謝的因素與基礎代謝率	182
四、魚類的耗氧率	184
第六章 排泄與滲透	193
第一節 概述	193
第二節 腎的機能	194
一、腎臟、腎單位及腎的血液循環	194
二、腎小球的濾過作用	197
三、腎小管的重吸收作用	201
四、腎小管（和集合管）的分泌作用	206
五、腎臟的調節酸鹼度機能	210
六、腎臟的神經體液調節	215
第三節 魚類的滲透調節	222
一、狹鹽性魚類	222
二、廣鹽性魚類	234
三、溯河性魚類	236
四、降河性魚類	238
第七章 內分泌	240
第一節 概述	240
一、激素的一般特征	240
二、激素的種類	241
三、激素的作用原理	242
第二節 各內分泌腺的生理機能	245
一、甲狀腺	245
二、胰島腺	253
三、嗜鉻組織	261

四、腎間組織、腎上腺皮質·····	263
五、腦垂體的結構與機能·····	271
六、性腺·····	286
七、其它內分泌腺或激素·····	286
第三節 各內分泌腺之間的相互關係·····	292
第四節 神經分泌的概念和垂體激素分泌的釋放因子	296
一、神經分泌的概念·····	296
二、腺垂體分泌的釋放因子·····	297
第八章 生殖·····	303
第一節 概述·····	303
第二節 性腺·····	305
一、原始生殖細胞及性分化·····	305
二、精巢·····	306
三、卵巢·····	321
第三節 卵泡生長和成熟的體液性調節·····	341
一、腦垂體對卵巢活動的調節·····	341
二、下丘腦和卵巢活動的關係·····	343
三、性腺和腦垂體、下丘腦之間的關係·····	345
四、人工誘導產卵技術的依據和進展·····	346
第四節 環境因子和神經系統對性腺活動的調節·····	348
一、光照·····	348
二、濕度·····	349
三、其它因子·····	351
第九章 肌肉與神經·····	355
第一節 肌肉的收縮·····	355
一、肌肉的微細結構和收縮原理·····	355
二、肌肉收縮中的生理特性·····	361
三、肌肉收縮的機械變化·····	362
四、肌肉收縮的代謝·····	365
第二節 神經肌肉的興奮性·····	369

一、概述	369
二、刺激的強度和時間	369
三、興奮的指標	370
四、興奮性變化	370
第三節 神經肌肉的生物電現象	371
一、膜電位變化	371
二、膜電位變化的離子學說	374
三、動作電位的特點	376
第四節 神經的傳導	377
一、概述	377
二、神經傳導的一般生理特徵	377
三、神經傳導的代謝	379
第五節 神經肌肉傳遞	380
第六節 魚類電器官的生理	382
一、發電器官概述	382
二、發電器官的放電	385
第十章 中樞神經系統	387
第一節 概述	387
第二節 反射活動的一般規律	389
一、反射概念	389
二、反射弧	390
三、中樞神經元的聯繫方式	390
四、中樞神經系統的興奮過程	392
五、中樞神經系統內的抑制作用	393
六、受體學說和神經遞質	395
七、中樞神經系統內的協調活動	397
八、條件反射	398
第三節 魚類的中樞神經系統各部位功能	399
一、端腦	399
二、間腦	401

三、中腦	404
四、小腦（後腦）	406
五、延髓	407
六、脊髓	410
第四節 植物性神經系統	413
一、植物性神經系統的一般結構特徵	413
二、交感神經與副交感神經一般的生理機能特點	
概述	413
三、魚類植物性神經系統的研究及其特點	414
第十一章 感覺器官	419
第一節 概述	419
一、感受器的基本機能是轉換能量	419
二、感覺的敏感性和適宜性	419
三、感覺閾值和適應	420
第二節 眼的機能	420
一、概述	420
二、眼的感光機能	423
第三節 聽覺側線系統	436
一、側線—皮膚感覺器	436
二、聽覺器官—內耳—迷路器官	440
第四節 嗅覺和味覺	447
一、嗅覺	447
二、味覺	452
第五節 小結	455
參考文獻	456

第一章 血液

第一節 概述

一、機體內環境的恆定性

有機體內含有大量的液體，總稱體液，按其所在部位，可分為兩大部分：一部分在細胞內構成細胞原生質主體的是細胞內液，另一部分在細胞外面，稱為細胞外液。細胞外液包括血液中的液體部分——血漿，組織間隙液、淋巴液和腦脊液。血漿在血管之內，組織液分布在組織細胞之間。外界的水分和其他營養物質，都是先進入血液，然後彌散到組織間隙液中再供給細胞，組織細胞生成的代謝產物則經組織間隙液，轉經血漿而後排出體外。

這幾部分體液是彼此隔開而又互相聯繫的。細胞內液與組織間隙液之間有細胞膜，水分和一切能透過細胞膜的物質可進行交換；在組織液和血漿之間隔有毛細血管壁，水分和一切能透過毛細血管的物質，也可進行交換。

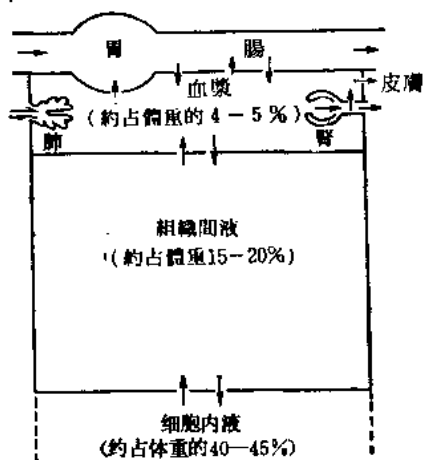


圖 1-1 體液的分布及體內外物質交換示意圖
(仿趙以炳等，1978)

血漿是血液的液體部分，血漿除水分外，還含有多種化學物質。血液中還含有許多血細胞，它們分散地懸浮在血漿中。血液通過魚鰓（肺）、腎臟、腸、胃、皮膚等處與體外環境進行物質交換，因此在體內、外物質交換中，血液起著極為重要的作用。

細胞外液是細胞直接浸浴所在，也是細胞生活的環境，雖然是細胞的外環境，但對機體而言是內環境。因為對整個機體而言，它所生存的外界環境，才稱之外環境。

魚類和其它生物一樣，生存的外界環境變化很大。但是其內環境由於多種調節機制作用，它的理化特性（特別如滲透壓、酸鹼度等）及化學成分只在一定範圍內變動，變化甚小。這說明內環境具有相對恆定性，這是內環境穩定的自穩態。

為什麼必須保持保持內環境恆定性？因為機體的新陳代謝過程、興奮中的生物電活動等基本生理活動要求恆定的理化條件。因此，內環境的相對恆定，是機體正常生命活動的必要條件。但由於機體不斷進行新陳代謝，內環境中的組成也是變動的。這種內環境的相對恆定只是運動中的平衡，指的是其中理化因素的變動不超過一定範圍。各種物質的新陳代謝，各器官的活動，以及整體的各種活動都是在神經、內分泌等調節系統的作用下進行的，如調節機制失常，內環境的相對穩定就可能破壞。

二、血液的機能

魚類血液的機能與高等動物一樣有多種，主要分為以下幾方面：

(一)運輸及聯繫與調節各部分功能

機體營養所需要的氧、水分、蛋白質、糖類、脂類、無機鹽、維生素等物質，都分別由呼吸器官和消化器官從外界

攝入，進到血液；然後由血液轉運於全身各部分組織，供新陳代謝之用。組織代謝所產生的二氧化碳、水及其它代謝最終產物如尿素、肌酐和各種酸性物質，也都先匯集於血液，然後經各個排泄渠道，如鰓（肺）、腎及腸管排出體外。血液還將內分泌腺產生的激素送到全身，起著聯繫和調節的作用。

(二)維持內環境理化特性的相對恒定

血液通過運輸與交換機能，所含水量和各種電解質相對穩定，它不斷地流動著，保證了組織器官內環境各種理化因素的平衡。例如血漿中的蛋白質、紅細胞中的血紅蛋白；血漿中的碳酸氫鈉與碳酸；磷酸氫二鈉和磷酸二氫鈉等都是強有力的緩沖對，具有抗酸和抗鹼的作用，保持pH值的相對恒定。這樣就能維持組織器官的正常興奮性。

(三)機體防禦機能

血液中的單核球和多形核白細胞對於細菌和外侵物、外來微生物和體內壞死組織，具有吞噬分解作用。血漿中還含有許多免疫物質如抗毒素和溶解素等（稱抗體），能對抗和消滅外來細菌和毒素（稱抗元），從而免於傳染性疾病的發生，就是免疫作用。血液中的淋巴細胞是參與機體免疫作用的。某些硬骨魚類血液中含有凝聚素、溶血素對進入機體的細菌和異物起分解作用。當機體損傷造成出血時，血液能夠在傷口發生凝固，堵主傷口，起保護作用。魚類的鰓部或皮膚受損後出血、鰓部和皮膚粘液中的凝血酶，可使之凝固止血。全身性藥物的作用，也要通過血液運行來實現。

由此可見，血液的功能對魚類生命活動聯繫面很廣，而且具有重要意義。

三、血液的組成

血液由液體的細胞間質——血漿與懸浮於其中的血細胞

組成。血細胞可分為紅細胞、白細胞與血小板。血漿中含有大量水分，還有多種化學物質。

如在抽出的血液中，加入一些抗凝劑（如草酸鉀、枸橼酸鈉等），在試管中攪動後經離心沉澱，試管中血液分為兩層：上層透明液體為血漿，下層為血細胞，其中包含暗紅色的紅細胞和一些白色物質（即白細胞和血小板）。紅細胞在全血液中所占容積百分比，稱為紅細胞比容。在魚類中因種類及營養的不同而有變化。一般血細胞佔27%左右，最高佔36%（如鯉魚），最低佔16%（細鮫鱗類），血細胞比容大小可反映血液中血細胞數量多少。

如果把血液放入試管，不加抗凝劑，攪動血液，血液凝固成絲狀，剩下的液體，稱為血清。在血液凝固中，血漿內容發生一系列變化。因此，血清和血漿的化學組成是有顯著區別的。

四、血量

血量是指在循環系統中的全部血液容量，體內血液的總含量因種類、性別、年齡、體質和個體居住環境及活動性的不同而有差異，在同一個體處於不同情況也會有變動。但在正常情況下，差異和變動範圍不大，因此血量是相對穩定的。

魚類血液總量在軟骨魚類約佔體重的5%，硬骨魚類約佔1.5—5.0%。淡水魚類血液的總量佔體重的1.79—5.0%，而海洋魚類則是1.76—4.44%。許多硬骨魚為1.8—3.8%，小鯛魚為1.8；鰻2.9；鱈為4.6；虹鱔2.8—3.5；鱈1.9—2.4；鯽2.5—3.0；鰻魚1.8—2.4，領針魚4.0—5.9；長蛇齒魚2.8。有人認為原始的魚比進化的魚血量要少些；活動的魚比靜止的血量要多些。但這也不盡然，如鮭科魚有較的血量，它確實相當活躍，但也相當原始（表1—1）。