

我国板鳃鱼类的研究

杨圣云, 刘丽华, 陈明茹

(厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 我国对板鳃鱼类研究比较薄弱. 本文从演化和分类学地位、生物学研究、物种多样性和生化组分研究以及生物活性物质研究方面介绍了我国板鳃鱼类研究进展, 并对我国板鳃鱼类研究的发展方向提出几点建议.

关键词: 板鳃鱼类; 研究进展; 中国

中图分类号: Q 54

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006) S2-0109-07

板鳃鱼类是一种古老的鱼类, 它的系统发生史至少有 3 亿 5 千万年. 加拿大学者曾经在北冰洋地区发现 4 亿年前的完整鲨鱼化石, 这种化石比已经发现的最早的恐龙化石还要早 1.75 亿年^[1]. 在现代的鱼类分类学中, 板鳃鱼类也被认为是属于低等鱼类, 它们的形态演化方面保持了许多原始特征. 但在其他方面, 尤其是生殖系统和神经系统方面, 板鳃鱼类有很多先进的特点. 现代的软骨鱼类被分为两个大小不等的亚纲, 其中板鳃亚纲 (Elasmobranchii) 包括 128 个属约 600 种, 全头亚纲 (Holocephali) 包括 6 个属 28 种.

我国对软骨鱼类研究真正开始 20 世纪 20 年代末, 伍献文发表的《厦门鱼类志》(1929), 曾记载了狭纹虎鲨 (*Heterodonotus zebra*)、条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum*)、皱唇鲨 (*Triakis scyllium*)、白斑星鲨、瓦氏斜齿鲨 (*Scoliodon walbeehmi*) 等 6 种鲨鱼^[2]. 1931 年, 我国著名生物学家汪德耀^[3], 以 "横口鱼类孵化腺之研究" 为题, 在法国完成了博士论文, 确立了孵化腺酶在孵化过程中的作用, 后又有汤笃信、方宗熙等研究鲨鱼文章的发表. 1958 年, 朱元鼎对我国软骨鱼类资源与利用的问题作出详细的概述^[4]. 1960 年, 朱元鼎^[5]出版了《中国软骨鱼类志》. 之后, 由于历史原因, 我国软骨鱼类研究基本出现停滞状态, 直到 20 世纪 70 年代末才恢复工作, 朱元鼎、孟庆闻、苏锦祥等陆续出版了《中国软骨鱼类的侧线管系统及罗伦瓮和罗伦管系统的研究》^[6]; 以尖头斜齿鲨和鲈鱼 (*Lateolabrax japonicus*) 为代表的《鱼类比较解剖》^[7]; 以前鳍星鲨 (*M. kanekonis*) 和何氏鳐 (*R. hollandi*) 为代表的《鲨和

鳐的解剖》^[8]等著作, 在沿海各省编写的鱼类志中也包括了板鳃类. 以沈世杰、陈哲聪 (Chen-Tsung Chen) 为代表的台湾学者在板鳃鱼类研究方面也做了许多工作. 由于各种原因, 我国对板鳃鱼类研究还很薄弱, 且研究主要集中在几个方面.

1 板鳃鱼类演化和分类地位的研究

板鳃鱼类在形态特征的演化上保持了许多原始特征, 如内骨骼为软骨, 钙化不完全, 体被盾鳞, 无鳔, 无鳃盖, 鳃间隔发达等等, 因此在现代鱼类学分类中, 软骨鱼类被认为是低等鱼类. 但在神经系统和生殖方面, 软骨鱼类却有着许多先进的特点, 尤其是生殖方面, 软骨鱼类具有多种多样的生殖特异性^[9], 这些与硬骨鱼类有很大差异.

朱元鼎和孟庆闻^[6]撰写出版的《中国软骨鱼类的侧线管系统以及罗伦瓮和罗伦管系统的研究》是目前国内对软骨鱼类分类学比较权威的研究. 该书综述了 73 种中国软骨鱼类的 2 个系统的整个结构, 探讨了 2 个系统的变化性质和鱼类形态与生态之间的密切关系, 并依其形态结构特征调整了一些科、属、种的分类位置, 增设若干分类阶元, 叙述了软骨鱼类各分类阶元的主要形态特征, 探索了中国软骨鱼类的系统演化. 通过内部解剖的比较研究, 分析和观察各分类阶元侧线管和罗伦管系统的变化特征, 清楚地看出两者之间的相互关系, 以其亲缘关系和演化趋向获得深刻启示, 并参考了古鱼类学的资料, 提出了一个新的中国软骨鱼类分类系统, 侧孔总目新增设须鲨目、真鲨目、扁鲨目、锯鲨目; 下孔总目新增设锯鳐目和鰐目. 对软骨鱼类这种高级器官的研究在鱼类进化理论方面是一个超越前人的突破, 对于鱼类形态学、分类学, 以及进化理论方面都有广泛的影响. 1986 年, 孟庆闻^[10]等比较解剖了中国有代表性的 32 种鲨鱼脑颅,

收稿日期: 2006-11-16

基金项目: 福建省海洋渔业局; 福建省海洋生物多样性研究项目资助

作者简介: 杨圣云 (1950-), 男, 教授.

E-mail: yangsy@xmu.edu.cn

将鲨鱼脑颅分为 9 个式型和 12 个亚型, 认为这些特征可以作为分类的依据之一。

软骨鱼类现存种类较少, 缺乏中间过渡的种类, 所以在软骨鱼类内部的分类关系及系统进化关系还有很大争议。尽管大家一致同意用形态学方法来判定板鳃鱼类的系统发生史, 但是这其中还是存在很多问题^[11-12]。第一, 作为内骨骼的软骨很少能形成化石保留下来, 因此化石形态学方面的证据不够充分, 难以判断。第二, 理论上推测的现存板鳃鱼类的过渡类群, 在骨骼肌肉系统上存在很多有分歧的特征, 因此用这些形态特征不能很好地解释许多特征演化过程中有冲突的地方。第三, 板鳃类解剖学上的特征的趋同演化是非常普遍的, 导致一些类群的生态学角色也很相似。第四, 鲨鱼的形态学特征的变化不大, 因此可用于分类的同源性状很少。不同的分类标准导致得出差别非常大的分类结果。

随着现代生物学技术的发展, 分子生物学技术开始应用在生物进化和系统发育研究上, 分子技术成为研究鱼类系统与进化方面的一个十分重要的技术手段^[13]。国外已经开始这方面的研究, 如 Kitamura T. et al^[14]利用提取 DNA 的方法, 从分子水平上进行系统发育研究, 并同传统方法进行了比较, 这为分类研究提供了新途径。目前国内还没有人开展软骨鱼类的分子进化研究, 更没有对软骨鱼类和硬骨鱼类的系统进化进行分子水平上的研究。利用分子生物学技术分析 DNA 序列上的差异来比较软骨鱼类的亲缘和演化关系, 可以为软骨鱼类系统与进化研究提供最直接的证据, 从一个新的角度确定软骨鱼类的进化过程和进化地位及与硬骨鱼类的进化关系。

2 板鳃鱼类的生物学研究

和其它种类一样, 生物学研究是板鳃鱼类研究的一个重要部分。由于板鳃鱼类种群分布范围广, 多生活在外海, 多做长距离的洄游迁移, 而且板鳃鱼类个体一般较大, 难以大量取样, 所以生物学研究还比较薄弱。目前国内对板鳃鱼类生物学研究主要集中在年龄、生长及生殖生物学方面, 其它方面的工作进行较少。

2.1 板鳃鱼类的年龄、生长和食性的研究

年龄和生长在硬骨鱼类已经开展了许多研究, 研究和分析方法大多大同小异。年龄鉴定材料多用鳞片、鳍条、耳石和脊椎骨研究重点不外乎是种群年龄结构和生长特性的描述。虽然这方面的研究方法没有太多创新和进展, 但这方面的研究对于掌握鱼类种群结构和数量变动规律具有重要意义, 而且可以为资源

管理和保护提供科学依据。

软骨鱼类年龄鉴定的材料一般取自脊椎骨。由于是软骨, 多利用各种染色方法, 如茜素红 S 染色法、硝酸银染色法、硝酸钴染色法进行年轮的判断从而确定年龄。我国这方面的研究并不多。杨圣云等^[15]描述了闽南近海尖头斜齿鲨 (*Scoliodon laticaudus*) 脊椎上的年轮结构, 确定了年轮的形成周期以及时间, 并分析了其年龄结构, 同时给出它们的生长参数, 描述了尖头斜齿鲨的生长特性。胡灯进^[16]利用硝酸钴染色法对条纹斑竹鲨进行了年龄鉴定, 由此判断闽南近海条纹斑竹鲨种群的年龄结构、生长特性、以及体长体质量的相对生长率和生长指标, 并通过 Von Bertalanffy 生长方程描述条纹斑竹鲨的生长特征。

1989 年, 郑文斌^[17]初步研究了软骨鱼类的摄食食性。1996 年, 王军^[18]等对福建南部沿岸水域尖头斜齿鲨食性的分析表明: 尖头斜齿鲨以硬骨鱼类、头足类、长尾类和口足类为主要食料, 其营养级为 3.45, 年平均饱满指数为 0.945%, 摄食率为 76%, 其雌鱼在分娩期间仍有摄食, 但强度降低, 雌、雄个体食物组成无明显差异, 幼鱼摄食强度大于成鱼。

2.2 生殖生物学研究

板鳃鱼类复杂的生殖方式引起很多学者的兴趣, 这也是人们对板鳃鱼类研究最多最深入的方面。至今, 人类对板鳃鱼类的生殖方面的研究已经从早期的形态学观察和描述, 深入到对板鳃鱼类生殖系统方面的研究, 主要包括卵巢和卵子的发生, 精巢和精子的发生, 卵壳腺、胎盘结构和胚胎发育等方面。

我国对板鳃鱼类的生殖生物学方面的研究也不多。20 世纪 80 年代仅有阎淑珍^[19]观察了孔鳐卵壳形成及其排卵, 王者茂^[20-21]初步研究了孔鳐胚胎发育, 接着他又研究了皱唇鲨和白斑星鲨的生殖期。90 年代, 倪景辉^[22]研究了皱唇鲨食性与繁殖状况, 这些工作仅停留在简单地观察和描述, 没有深入地研究。1993 年, 郑文斌、丘书院^[23]在美国《Environmental Biology of Fishes》杂志上发表文章“斑纹犁头鳐 (*Rhinobatos hynni-cephalus*) 的生殖生物学”, 较系统地描述了斑纹犁头鳐雌雄生殖系统各器官(精巢、雄性生殖管道、鳍脚、卵巢、输卵管、卵壳腺、子宫)形态, 以及雌雄个体性成熟长度、排卵、妊娠和胚胎发育的情况。2000 年, 陈明茹等^[24-28]详细研究了尖头斜齿鲨 (*Scoliodon laticaudus*) 的生殖系统, 这些研究包括尖头斜齿鲨子宫、胎盘的形态和结构, 子宫和子宫壁在胚胎发育过程中的变化, 精巢的结构和精子发育, 并对胚胎发育进行了数理分析。这是目前国内对板鳃鱼类生殖生物学最为深入的研究。2002 年, 陈明茹等^[29]观察并初步研究了条

纹斑竹鲨的雌性生殖系统, 包括生殖系统的形态、怀卵量、成熟卵径和受精卵的形态. 2005 年, 胡灯进^[16]详细研究了条纹斑竹鲨的生殖系统, 包括雌雄生殖系统的结构、精子和卵子的发生、胚胎发育情况等.

板鳃鱼类生殖生物学的研究还包括对生殖周期、初次性成熟年龄和繁殖季节的研究, 初次性成熟是鱼类个体生活史的一个重大转折, 鱼类达到初次性成熟后, 则在一定季节进行繁殖, 这种在特定季节的繁殖是鱼类对环境条件长期适应的结果. 目前国内的报道见表 1.

3 板鳃鱼类的物种多样性

板鳃鱼类在海洋生态系统中处于食物链中的顶级营养层, 能影响其它多种海洋生物的生存和种群数量, 对海洋生态系统中生物群落的组成变化有着重要的影响. 板鳃鱼类的资源保护已经成为海洋生物多样性保护的重要内容^[24]. 我国利用鲨鱼的历史悠久, 自古就将鲨鱼作为药用和滋补品. 国际上由于捕捞技术的日益成熟, 全球鲨鱼市场的需求不断增加, 世界鲨鱼捕捞作业海区不断扩大, 加上鲨鱼正在成为其他渔业资源捕捞主要的兼捕产物, 鲨鱼资源已经受到较为严重的破坏^[30].

3.1 我国板鳃鱼类的种类和组成

1979年 8月和 1980年 4~ 10月, 国家水产总局南海水产研究所在南海北部进行大陆坡鱼类调查时, 采获软骨鱼类多种, 朱元鼎和孟庆闻等人在后来的几年陆续报道了中国鲨鱼的一些新种^[31- 35]. 这期间, 邓思明^[36]、刘继兴^[37]也报道了中国鲨鱼的新种. 而后就没有新种方面的报道.

据《中国鱼类系统检索》记载, 我国现有鲨鱼有 8 目, 19 科, 48 属, 92 种, 南海、东海及黄渤海均有鲨鱼分布^[38]. 朱元鼎、孟庆闻^[39]在 2001 年新编的《中国动物志》中记录的软骨鱼类有 217 种, 最新的资料表明, 中国记录的软骨鱼类多达 236 种左右, 其中板鳃鱼类有 230 种, 包括鲨类 8 目 21 科 146 种, 鳐类 3 目 17 科 84 种, 可分为 4 个群聚结构, 一是主要在黄海、渤海区

活动的, 约 43 种; 二是在东海海区活动的, 约 125 种; 三是在台湾海峡和台湾周边海域活动的, 约 166 种; 四是在南海海域活动的, 约有 159 种^[40]. 2006 年, 马彩华^[41]研究了南海鱼类生物多样性与区系分布, 记载了南海海域的板鳃鱼类共包括鲨类 6 目 96 种, 鳐类 3 目 84 种. 我国软骨鱼类资源是非常丰富的, 种类以南海最多, 产量则以东海、黄海为高^[42].

3.2 我国板鳃鱼类的资源情况

早在 1958 年, 朱元鼎^[4]对我国软骨鱼类资源与利用的问题做出详细的论述. 1995 年, 林承哲^[43]根据 80 年代末期福建海域的几次鲨鱼资源探捕调查结果, 对福建省小宗经济鲨鱼资源及其开发利用提出一些看法. 认为, 福建省捕鲨处于零敲碎打状态, 不能形成规模. 2004 年孙典荣^[44]分析了北部湾主要经济鱼类资源变动情况并探讨其保护对策, 其中提到曾是 20 世纪 60 年代底拖网渔获优势种的黑印真鲨, 1992 年以后的调查中均无渔获, 认为该鱼种在北部湾已基本绝迹. 2005 年, 张壮丽^[45]根据 1990 年以来在闽中、闽东渔场开展的鲨鱼延绳钓探捕调查, 以及东海区历次渔业资源调查中所取得的鲨鱼基础资料, 分析研究了东海区鲨鱼渔业概况、种类组成、渔场渔期、洄游分布以及主要渔获种类的群体组成和生态习性, 并建议进一步开展鲨鱼资源变动规律及现存资源量的调查研究, 以便为科学管理和利用鲨鱼资源, 保护海洋生物多样性提供依据. 2005 年, 张清榕和杨圣云^[40]详细阐述了中国软骨鱼类种类、地理分布及资源情况, 认为中国有丰富的软骨鱼类资源, 主要捕捞产区在中国南方. 中国软骨鱼类资源尚未出现大规模的衰退迹象, 但面临着越来越大的捕捞压力. 有必要制定涉及周边国家和地区的区域性鲨鱼保护的有关措施, 以维系中国鲨鱼资源的可持续利用.

3.3 我国板鳃鱼类人工养殖情况

2005 年, 刘宏良^[46]以天然条纹斑竹鲨做为亲鱼, 开展人工繁殖和养殖试验, 成功孵化出种苗并在对虾养殖池塘中养殖, 初步研究了条纹斑竹鲨的人工繁殖技术. 这是国内首次对鲨鱼人工养殖技术的报道. 2005

表 1 板鳃鱼类的生殖周期、初次性成熟年龄和繁殖季节

Tab 1 The reproductive periods, the age of first sexual maturing and the reproductive season of some Elasmobranch				
种类	生殖周期 /a	初次性成熟 年龄	初次性成熟体长 /mm	繁殖季节
尖头斜齿鲨 ^[24]	2		雄鱼 382~ 448 雌鱼 405~ 467	妊娠开始于 1~ 4 月, 同年的 6~ 8 月分娩
条纹斑竹鲨 ^[16]	1	3	雄鱼 600 雌鱼 626	12 月~ 翌年 6 月
中国团扇鳐	1	1		

年,黄良敏^[47]研究了条纹斑竹鲨对温度、盐度的骤变和渐变的承受范围,还对条纹斑竹鲨耗氧率的昼夜变化进行了研究,并对其在不同水温、不同规格条件下的耗氧率和窒息点进行了测定^[48]. 2006年,黄良敏^[49]等对条纹斑竹鲨进行了人工驯养试验,认为(1)条纹斑竹鲨对温度、盐度、溶氧等养殖条件总体要求不高,耐饥饿能力强,但对水质要求较高;(2)条纹斑竹鲨的食谱较广,可摄食小型鱼虾、软体动物等天然饵料及人工配合饲料等.

4 板鳃鱼类生化组成与生物活性物质的研究

板鳃鱼类的生化组成和生物活性物质的研究是目前国内研究最为深入的方面. 早期,人们对板鳃鱼类肝脏中大量的鱼肝油感兴趣,现在大量的研究集中于对鲨鱼生物活性物质的提取与应用.

4.1 板鳃鱼类生化组成的研究

与硬骨鱼相比,板鳃鱼类的肝脏占鱼体的比重很大,而且肝脏中脂肪含量很高,是板鳃鱼类的重要的储脂器官. 对板鳃鱼类的生化组成的研究也多集中在对板鳃类肝脏的研究,主要是肝油含量、脂肪酸和角鲨烯的含量的分析.

20世纪50年代,厦门大学海洋生物研究室郑重教授曾亲自领导对厦门海域鲨鱼进行分类、肝油分析和食料分析等方面研究,1954年同时发表了3篇文章,其中1篇就是《厦门鲨鱼的研究(一)肝油的分析》^[50]. 李玉山等^[51]测定了中国近海的姥鲨、鲸鲨、扁头哈那鲨和阔口真鲨肝油中角鲨烯的含量. 张豁中等^[52]对国产姥鲨肝油中脂肪酸和角鲨烯进行了分析测定. 宋修俭^[53]等人分析测定了阔口真鲨肝油中的脂肪酸和角鲨烯. 王海洪等^[54](1999)用深海鲨鱼制备角鲨烯和角鲨烷,认为肝油中角鲨烯的含量与鱼种及个体特性有关,除奇鳞刺鲨外,深海鲨鱼都含有较高水平的角鲨烯. 刘晓春^[55-59]从闽南近海采集了包括真鲨科(Carcharhinidae)、虎鲨科(Heterodontidae)、须鲨科(Orectobidae)、皱唇鲨科(Triakidae)、双髻鲨科(Sphymidae)、犁头鳐科(Rhinobatidae)、团扇鳐科(Platyrrhinidae)、鳐科(Rajidae)和魮科(Dasyatidae)等9科17种的近海暖水性小型鲨鳐类(路氏双髻鲨除外,属于外海大型鱼类,该实验采到的是其幼鱼),分析测定了闽南近海常见鲨鳐类肝油的理化常数和角鲨烯含量. 并且以“福建近海常见鲨鳐类的肝油脂研究”为题完成了他的博士论文,这是目前国内对鲨鱼肝油研究的最详细最深入的资料. 刘丽华^[60-61]详细研

究了闽南近海条纹斑竹鲨在同年龄、不同季节体内水分、粗脂肪和脂肪酸含量的变化,由此阐述这些变化与条纹斑竹鲨的个体发育和生殖活动的关系. 王军^[62]等采用薄层层析和气相层析法分离、检测了福建近海姥鲨(*Cetorhinus maximus*)幼鱼肝脏中角鲨烯含量.

赵中杰^[63]等(1997)用买来的鲨鱼软骨粉进行鲨鱼软骨的氨基酸分析,邓必阳等^[64](1999)对鲨鱼软骨营养成分分析评价认为鲨鱼软骨是补充人体微量元素的理想食品.

对板鳃鱼类无机成分方面的研究工作报道得很少. 茅力等^[65]用等离子发射光谱法测定了鲨鱼软骨粉中的无机元素,并用红外光谱仪和X射线衍射仪进行了结构分析,结果表明,鲨鱼软骨粉中的主要无机成分为 $1/2[\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$. 陈丽华等^[66]分析了闽南近海条纹斑竹鲨肌肉中的水分、灰分和热值. 郭卫东^[67]等分析了我国典型海域主要生物体微量元素含量,同年也报道了厦门海域鱼体稀土元素的生态化学特征,其中包括一些板鳃鱼类微量元素和稀土元素的组成特征.

4.2 板鳃鱼类生物活性物质的研究

我国在鲨鱼生理活性物质的研究方面也取得重大进展,其中研究较多的生物活性物质包括角鲨烯、鲨肝活性肽、鲨鱼软骨酸性粘多糖(AMPSS)、鲨鱼软骨血管生成抑制因子(SCAIF)等等. 从鲨鱼软骨中提取并发现具有抗肿瘤活性成分,已经进入二级临床实验阶段. 廖辉南等^[68]从姥鲨鱼肝油提取分离得到了具有重要生理功能的角鲨烯,并且用于临床作为保健抗疲劳药物. 1990年,周金煦^[69]介绍了角鲨烯的抗肿瘤和免疫调节作用. 2004年,赵振东^[70]详细介绍了关于角鲨烯的资源及其应用研究进展.

沈先荣等^[71]用鲨鱼软骨提取物作用于Hela细胞后进行扫描电镜观察,发现Hela细胞骨架发生凝聚和固缩,破坏了其结构的完整性,从而影响了细胞的一系列功能. 吕家本等^[72]发现鲨鱼软骨提取物对小鼠的B黑色素瘤经血道进行肺转移有明显的抑制作用. 于志洁等^[73]用鲨鱼软骨提取物对移植荷瘤的小鼠(口服和注射)和肺癌的小鼠(注射)进行实验,发现鲨鱼软骨提取物能明显抑制这两种肿瘤在小鼠体内的生长,延长小鼠的寿命. 王路等^[74-75]从姥鲨软骨中分离纯化得到一种新生血管抑制因子(SCDI),并对其生物活性进行了研究,结果表明SCDI对Ⅲ型胶原酶、内皮细胞DNA合成,角膜新生血管和荷瘤小鼠的肿瘤生长具有明显的抑制作用. 李东霞等^[76]把鲨鱼软骨多糖给小鼠腹腔注射,而后研究发现鲨鱼软骨多糖能促进小鼠胸腺和脾脏的生长,并有一定的浓度依赖关系. 鲨

鱼软骨多糖对胸腺和脾脏具有刺激作用, 能提高机体的免疫功能. 2002 年贾福星^[77]详细介绍了鲨鱼软骨血管生成抑制因子的研究进展. 2001 年, 吴浩^[78]从抗肿瘤和抗血管生成、抗氧化和抗自由基、抗炎、降血脂、抗血吸虫病以及临床应用等方面介绍鲨鱼软骨制剂的药理及临床研究进展.

5 其它方面的研究

吴冰等^[79, 80]对 4 尾条纹斑竹鲨基因组进行了 PAPD 分析, 并用 6 种限制性内切酶分析了这 4 条条纹斑竹鲨的线粒体 DNA. 赵艳景^[81]通过对条纹斑竹鲨鱼再生肝组织 cDNA 质粒文库的构建和鉴定, 建立了鲨鱼肝脏的部分切除模型, 获得了再生 24 h 的鲨鱼肝组织, 分离了再生肝组织的总 RNA 纯化了 mRNA. 于秋涛等^[82]以活体宽纹虎鲨的鳃软骨和鳍软骨组织为材料, 利用透明质酸酶 (hyaluronidase)、II 型胶原酶 (type II collagenase) 和胰蛋白酶 (trypsin) 进行消化获得游离软骨细胞, 对所得游离细胞连同软骨组织分别用含 20% 小牛血清的 MEM 培养液进行体外培养. 对软骨细胞体外培养条件的优化结果显示, 宽纹虎鲨鳍软骨细胞体外培养的最适 pH 为 7.2~7.6 最佳温度为 24℃, 成纤维细胞生长因子 (bFGF, basic fibroblast growth factor) 对软骨细胞作用不显著. 培养于 pH 7.2~7.6 的 MEM 培养液 (含 20% 小牛血清) 中的宽纹虎鲨鳍软骨组织, 在 24℃ 启动培养 3 d 后便有软骨细胞开始陆续从组织中迁出, 新迁出细胞的形态多为圆形, 随着培养时间的延长, 部分细胞形态逐渐转变成上皮样.

6 展 望

无论从鱼类学还是从海洋生态系统的角度出发, 对板鳃鱼类的研究是海洋生物学研究的主要内容. 然而, 国内对板鳃鱼类还缺乏系统、详细和深入研究. 因此, 需要加大对板鳃鱼类的研究力度, 主要应该包括以下几方面:

(1) 板鳃鱼类在动物系统进化中的地位问题. 由于板鳃鱼类在形态上, 保持了许多原始特征, 但在神经系统和生殖方面, 却有着许多先进的特点, 而且作为内骨骼的软骨很少能形成化石保留下来, 因此, 从传统的形态学、分类学、生物地理学以及古生物学的角度难以解决板鳃鱼类的系统进化地位问题. 目前, 分子生物学技术已成为研究鱼类系统进化方面的一个十分重要的技术手段, 同样适用于研究板鳃鱼类的系统进化和分类问题, 从分子水平上的研究软骨鱼类

和硬骨鱼类的系统进化以及比较软骨鱼类的亲缘和演化关系, 但需要注意与传统的系统进化和分类学方法相结合, 才可能得出正确的结果.

(2) 海洋板鳃鱼类生物学研究. 鱼类生物学是较传统的研究内容, 但它对鱼类学的理论发展、资源的合理利用和保护有积极的作用. 目前国内在这方面的研究甚少, 其中一个重要的原因是取样困难, 另外, 由于板鳃鱼类的特殊, 有些传统的研究方法也不适用, 如年龄的鉴定必须对骨骼进行染色. 由于板鳃鱼类生殖方式的多样性, 对其生殖生物学的研究同样存在困难. 因此, 有必要在研究方法和生物学取样等方法方面开展研究, 才能使板鳃鱼类的生物学研究有实质性进展.

(3) 海洋板鳃鱼类的生化生态学研究. 板鳃鱼类生物活性物质的开发与利用是非常诱人的领域. 但目前的研究大多是从物质分析的角度开展, 对这些活性物质的分离、提纯以及活性研究较少; 对生化生态学研究较少, 现有的研究表明, 板鳃鱼类的生物物质的含量与生物本身的生长、发育、生殖、洄游的生命活动有密切联系, 因此, 需要注意从生物学和生态学的角度开展生化生态学研究, 才能真正对板鳃鱼类生物活性物质有清楚的了解和合理的利用.

(4) 板鳃鱼类资源的合理开发、利用和保护. 鱼类生物研究表明, 全球 1 000 多种软骨鱼类中大约有 70% 的种类属于小型种群, 资源量比较少. 多数软骨鱼类的种群补充机制属于典型的 K 选择型, 性成熟迟, 种群繁殖力低, 繁殖期长, 个体寿命长, 个体大; 有较为完善的保护后代机制; 自然死亡率较低, 适应稳定的栖息环境, 对环境的急剧变化缺乏适应能力. 种群遭到过度捕捞、栖息环境被破坏, 其种群延续和恢复将受到严重威胁, 遭受破坏后难以迅速恢复. 而现代化的捕鱼和高额的利润使得大量的鲨鱼被捕杀. 近 20 年来, 全球的捕鲨业成为一种快速发展的行业. 而鲨鱼的生物活性物质的开发有可能使资源雪上加霜. 因此, 对板鳃鱼类物种多样性研究、资源的评估、栖息环境的保护, 资源的合理开发和管理已成为世界海洋渔业科学研究的一个重要领域, 而我国在这方面的研究比较薄弱.

参考文献:

- [1] 陈明茹. 闽南近海尖头斜齿鲨 (*Scoliodon laticaudus* M. J. & Henle) 的生殖生物学 [D]. 厦门: 厦门大学, 1997.
- [2] 丘书院. 现代福建鲨鳐类研究志略 [C]//丘书院海洋生物学文集. 1 版. 厦门: 厦门大学出版社, 1996: 384~385.
- [3] 汪德耀. 汪德耀论文选集 [M]. 1 版. 厦门: 厦门大学出版社, 1992: 600.
- [4] 朱元鼎. 中国软骨鱼类资源概述及其利用问题的商榷 [J]. 海洋与湖沼, 1958, 1(3): 325~336.

- [5] 朱元鼎. 中国软骨鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1960
- [6] 朱元鼎. 中国软骨鱼类的侧线管系统及罗伦瓮和罗伦管系统的研究 [M]. 1版. 上海: 上海科学技术出版社, 1980
- [7] 孟庆闻, 苏锦祥, 李婉端. 鱼类比较解剖 [M]. 1版. 北京: 科学出版社, 1987.
- [8] 孟庆闻. 鲨和鳐的解剖 [M]. 1版. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [9] 霍尔 W S 鱼类生殖生理学 - 内分泌组织与激素 [M]. 1版. 林浩然, 译. 广州: 中山大学出版社, 1987.
- [10] 孟庆闻, 苏锦祥, 朱元鼎. 中国鲨类脑颅的研究 [J]. 动物学报, 1986 (32) 4: 360-368
- [11] Fedhlem JD, McEachran JD. A revision of the electric ray genus *Diplobatis* with notes on the interrelationships of Narcinidae (Chondrichthyes Torpediniformes) [J]. Bull Fil St Mus Biol Sci 1984, 29: 171-209
- [12] Martin A P. Mitochondrial DNA sequence evolution in sharks: rates, patterns and phylogenetic inferences [J]. Mol Biol Evol 1995, 12: 1114-1123
- [13] 肖武汉, 张亚平. 鱼类线粒体 DNA 的遗传与进化 [J]. 水生生物学报, 2000, 24(4): 384-391.
- [14] Kitamura T, Takemura A, Watabe S et al. Molecular phylogeny of the sharks and rays of the Superorder Squalea based on mitochondrial cytochrome b gene [J]. Fish Sci 1996, 62: 340-343
- [15] 杨圣云, 丘书院. 闽南近海尖头斜齿鲨的年龄和生长 [C]//鱼类学会论文集 (第六辑). 北京: 科学出版社, 1997: 42-51.
- [16] 胡灯进. 闽南近海条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum* Bennett) 年龄生长和生殖生物学研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2005
- [17] 郑文斌, 丘书院. 软骨鱼类摄食习性 [J]. 福建水产, 1989, 4: 56-61.
- [18] 王军, 丘书院, 贺玉玲, 等. 福建南部沿岸水域尖头斜齿鲨的食性 [J]. 台湾海峡, 1996, 15(4): 400-406
- [19] 阎淑珍. 孔鳐卵壳形成及其排卵的初步观察 [J]. 海洋与湖沼, 1978, 9(2): 236-240
- [20] 王者茂. 孔鳐胚胎发育的初步观察 [J]. 水产学报, 1982, 6(2): 153-163.
- [21] 王者茂. 皱唇鲨和白斑星鲨生殖期的初步研究 [C]//鱼类学论文集 (第五辑). 北京: 科学出版社, 1986: 131-135
- [22] 倪景辉. 皱唇鲨食性与繁殖状况 [J]. 黄渤海海洋, 1992, 10(1): 42-46
- [23] Zheng Wenbin, Qiu Shuyuan. Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus* [J]. Envir Biol Fishes 1993, 38: 81-93
- [24] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云. 闽南近海尖头斜齿鲨的生殖生物学研究 [J]. 海洋学报, 2001, 23(3): 92-98
- [25] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云. 尖头斜齿鲨子宫的形态与结构 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2001, 40(1): 92-96
- [26] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云. 闽南近海尖头斜齿鲨的胎盘结构 [J]. 海洋科学, 2000, 50(8): 50-53
- [27] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云. 闽南近海尖头斜齿鲨的精巢结构及精子发育 [J]. 台湾海峡, 1999, 18(4): 393-397.
- [28] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云. 尖头斜齿鲨胚胎发育中的数理分析 [J]. 海洋科学, 2000, 24(9): 50-52
- [29] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云, 等. 条纹斑竹鲨雌性生殖系统的初步研究 [J]. 海洋科学, 2002, 26(5): 52-54
- [30] FAO. The International plan of action for the conservation and management of sharks [R]. The FAO Committee on Fisheries (COF): 1999
- [31] 朱元鼎, 孟庆闻, 胡蔼荪, 等. 南海深海软骨鱼类五新种 [J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(4): 301-308
- [32] 朱元鼎, 孟庆闻, 胡蔼荪, 等. 南海深海软骨鱼类四新种一新属一新科 [J]. 海洋与湖沼, 1981, 12(2): 103-114
- [33] 孟庆闻, 朱元鼎, 李生. 南海深海猫鲨科 4新种 [J]. 海洋与湖沼, 1985, 16(1): 43-50
- [34] 孟庆闻, 朱元鼎, 李生. 中国角鲨目𩾐盆科一新种 [J]. 动物分类学报, 1985, 10(4): 442-444
- [35] 朱元鼎, 孟庆闻, 刘继兴. 中国猫鲨科一新种 [J]. 动物分类学报, 1983, 8(1): 104-107.
- [36] 邓思明, 熊国强, 詹鸿禧. 东海深海鲨类两新种 [J]. 动物分类学报, 1985, 10(1): 102-106
- [37] 刘继兴. 中国真登属之一新种 [J]. 动物分类学报, 1983, 8(1): 101-102
- [38] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索 [M]. 北京: 科学出版社, 1987
- [39] 朱元鼎, 孟庆闻编著. 中国动物志·圆口纲、软骨鱼纲 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [40] 张清榕, 杨圣云. 中国软骨鱼类种类、地理分布及资源 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2005, 44: 207-212
- [41] 马彩华, 游奎, 李凤岐, 等. 南海鱼类生物多样性与区系分布 [J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(4): 665-67.
- [42] 赵传綢. 中国海洋渔业资源 [M]. 浙江: 浙江科学技术出版社, 1990
- [43] 林承哲. 福建海域鲨鱼资源及开发利用 [J]. 福建水产, 1995, 6: 38-41.
- [44] 孙典荣, 林昭进. 北部湾主要经济鱼类资源变动分析及保护对策探讨 [J]. 热带海洋学报, 2004, 23(2): 62-67.
- [45] 张壮丽. 东海区鲨鱼渔业资源状况 [J]. 福建水产, 2005, 8: 10-13
- [46] 刘宏良. 条纹斑竹鲨人工繁殖技术 [J]. 中国水产, 2005, 9: 48-50
- [47] 黄良敏, 谢仰杰, 吴漳德, 等. 条纹斑竹鲨对温度和盐度的耐受实验 [J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2005, 10(1): 12-17
- [48] 黄良敏, 谢仰杰, 刘涛, 等. 条纹斑竹鲨耗氧率的研究 [J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2005, 10(4): 305-310
- [49] 黄良敏, 谢仰杰, 吴蜀丰, 等. 条纹斑竹鲨的驯养实验 [J]. 水产科技情报, 2006, 33(1): 19-22
- [50] 张其永. 厦门鲨鱼的研究. (一)肝油的分析 [J]. 厦门大学

- 学报: 自然科学版, 1954 21- 29
- [51] 李玉山, 宋修俭, 张豁中. 几种国产鲨鱼肝油中角鲨烯含量测定 [J]. 海洋药物, 1987, 6(2): 8- 9
- [52] 张豁中, 金向群, 宋修俭. 国产姥鲨肝油中脂肪酸和角鲨烯的成分分析及含量测定 [J]. 中国海洋药物, 1991 10 (3): 7- 9
- [53] 宋修俭, 顾茂书, 陈少龙, 等. 国产阔口真鲨鱼肝油中脂肪酸和角鲨烯的成分分析及含量测定 [J]. 中国海洋药物, 1994 13(4): 26- 28
- [54] 王海洪. 用深海鲨鱼制备角鲨烯、角鲨烷 [J]. 东海海洋, 1999, 17(2): 43- 46
- [55] 刘晓春, 丘书院. 闽南及闽中近海常见板鳃类肝油的脂肪酸组成 [J]. 海洋学报, 2001, 23(2): 100- 108
- [56] 刘晓春. 福建近海常见鲨鲛类的肝油脂研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 1995
- [57] 刘晓春, 丘书院. 闽南近海常见鲨鲛类肝油的四种理化常数和角鲨烯含量 [J]. 台湾海峡, 1997, 16(4): 468- 472
- [58] 刘晓春, 丘书院. 闽南近海常见鲨鲛类肝脏的脂质组成 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1997 36(5): 769- 774
- [59] 刘晓春, 丘书院. 不同发育阶段尖头斜齿鲨肝油脂肪酸组成的变化 [J]. 动物学报, 2001, 47(3): 298- 303
- [60] 刘丽华, 杨圣云, 胡灯进, 等. 闽南近海条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum*) 肝脏含脂率的变化与性成熟的关系 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006 45(1): 90- 93
- [61] 刘丽华. 闽南近海条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum*) 脂肪酸的研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2006
- [62] 王军, 翁幼竹, 苏永全, 等. 福建近海姥鲨肝油中用鲨烯的分离测定 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2002 41 (4): 506- 508
- [63] 赵中杰, 张秀云. 鲨鱼软骨的氨基酸分析 [J]. 中国生化药物杂志, 1997, 18(2): 89- 90
- [64] 邓必阳, 张展霞. 鲨鱼软骨营养成分分析及其评价 [J]. 营养学报, 1999, 21(1): 104- 108
- [65] 茅力, 陈逸君, 朱育平, 等. 鲨鱼软骨粉中无机成分与形态分析 [J]. 现代仪器使用与维修, 1998, 4 20- 22
- [66] 陈丽华, 陈明茹, 杨圣云, 等. 闽南近海条纹斑竹鲨肌肉中水分、灰分及热值的分析 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2001 40(3): 817- 820
- [67] 郭卫东. 中国近海及南沙珊瑚礁生态系生物体中微量元素与稳定碳同位素研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 1999
- [68] 廖辉南, 郭鹏达, 江少平, 等. 姥鲨肝脏鲨烯的提取与鉴定 [J]. 生化药物杂志, 1985, 2(32): 28- 31
- [69] 周金煦, 李晓玉, 汤宝娣, 等. 角鲨烯的抗肿瘤和免疫调节作用 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 1990 4(2): 151- 152
- [70] 赵振东, 孙震. 生物活性物质角鲨烯的资源及其应用研究进展 [J]. 林产化学与工业, 2004 24(9): 107- 112
- [71] 沈先荣, 贾福星, 王玲, 等. 鲨鱼软骨抗肿瘤制剂的反应及其作用机制 [J]. 中国生化药物杂志, 1997 18(3): 123
- [72] 吕家本, 蒋定文, 于志洁, 等. 鲨鱼软骨提取物对 C57BL/6J小鼠 B16黑色素瘤肺转移的影响 [J]. 中国生化药物杂志, 1998 19(6): 387
- [73] 于志洁, 苏福强, 吕家本, 等. 鲨鱼软骨提取物对肿瘤的抑制作用 [J]. 中国生化药物杂志, 1998 2(19): 85- 87
- [74] 王路, 焦炳华, 廖辉南. 中国姥鲨软骨新生血管抑制因子的分离纯化及理化性质检测 [J]. 药物生物技术, 1997, 4 (1): 17- 21
- [75] 王路, 焦炳华, 廖辉南. 中国姥鲨软骨新生血管抑制因子的生物学活性研究. 药物生物技术, 1997, 4(3): 138- 143
- [76] 李东霞. 鲨鱼软骨活性物质研究进展 [J]. 中国海洋药物, 2000(4): 48- 51
- [77] 贾福星, 沈先荣. 鲨鱼软骨血管生成抑制因子的研究进展 [J]. 解放军药学报, 2002, 18(1): 34- 37
- [78] 吴浩, 袁伯俊, 焦炳华. 鲨鱼软骨制剂的药理及临床研究进展 [J]. 中国海洋药物, 2001, 82(4): 51- 62
- [79] 吴冰. 条纹斑竹鲨线粒体 DNA 的研究 [J]. 遗传, 1998 20(4): 23- 25
- [80] 吴冰. 条纹斑竹鲨基因组的 RAPD 分析初报 [J]. 遗传, 1999, 21(1): 4- 5
- [81] 赵艳景, 胡亚楠, 刘睿. 条纹斑竹鲨鱼再生肝组织 cDNA 质粒文库的构建和鉴定 [J]. 高技术通讯, 2005 5(5): 82- 86
- [82] 于秋涛, 樊廷俊, 汪小锋, 等. 宽纹虎鲨软骨细胞体外培养的启动 [J]. Marine Sciences 2005, 29(3): 33- 37

Progress of Elasmobranch in China

YANG Sheng-yun, LU Li-hua, CHEN Ming-ru

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract Elasmobranch study is weak comparatively in China. In this paper, a summary of present Elasmobranch study in China is made, which includes all the sides, such as studies on evolution, studies on reproductive biology, studies on biochemical component, studies on biologic active matter, studies on elasmobranchs resources.

Key words Elasmobranch; Progress; China