

硬骨鱼肥大细胞的研究进展

许乐仁, 江 萍, 高登慧, 杨筱珍

(贵州大学 动物医学系, 贵州 贵阳 550025)

摘要:有关肥大细胞,在某些啮齿动物及人类中研究已比较深入,但在鱼类及其他低等脊椎动物中研究较少。硬骨鱼 (teleostean fish) 肥大细胞 (MC), 常被称为嗜酸性粒细胞 (EGC), 或肥大细胞/嗜酸性粒细胞 (MC/EGC), 本文对有关研究进展作一综述并对硬骨鱼肥大细胞的发生、组织化学性质、细胞颗粒介质及其在鱼类健康与疾病中可能的功能意义等进行讨论, 旨在深入研究鱼类重大疾病的发生机理提供基础依据。

关键词:硬骨鱼; 肥大细胞; 嗜酸性粒细胞

中图分类号: Q952

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2003)05-0425-06

肥大细胞 (mast cells, MC) 在人与动物体内广泛分布, 是一种重要的免疫细胞, 其胞浆颗粒内含有多种生物活性物质, 如生物胺、蛋白多糖、中性蛋白酶等。肥大细胞通过脱颗粒释放出上述生物活性物质而对人类及动物的抗病能力发挥重要作用, 与人类和动物的某些变态反应性疾病、寄生虫感染、某些非特异性炎症及肿瘤性疾病等密切相关^[1-2]。自 Ehrlich 首次在大白鼠结缔组织中发现并命名肥大细胞以来, 人们对啮齿动物和人类肥大细胞的生物学特性进行了广泛而深入的研究^[1-2]。目前, 这一领域的研究已成为免疫学发展中的一个重要课题。对某些啮齿动物及人类肥大细胞的研究已经比较深入, 但关于鱼类及其他低等脊椎动物肥大细胞的研究很少。迄今为止, 人们对肥大细胞生物学的知识主要源于对啮齿动物和人类肥大细胞的研究。根据其组织化学、形态学及其分布的明显差异, 啮齿动物的肥大细胞被区分为粘膜肥大细胞 (mucosal mast cell, MMC) 和结缔组织肥大细胞 (connective tissue mast cell, CTMC), 而人类的肥大细胞则根据其胞浆颗粒内中性蛋白酶组分的差异, 被区分为仅含类胰

蛋白酶 (tryptase) 的 T 肥大细胞 (MC_T), 同时含类胰蛋白酶及类糜蛋白酶 (chymase) 的 TC 肥大细胞 (MC_{TC}) 以及仅含类糜蛋白酶的 C 肥大细胞 (MC_C) 等^[1-2]。近 10 年来, 对猪、牛、绵羊、山羊及鸡等动物肥大细胞的研究也取得一些进展^[3-5]。已有的研究证实, 不同动物的肥大细胞之间存在着明显的种属差异性^[1-5]。

与快速发展的哺乳动物, 特别是人类免疫学相比, 鱼类免疫学的研究还相对比较薄弱。对鱼类肥大细胞的研究国内还仅仅是开始, 国外虽然已经有了一些关于鱼类及其他低等脊椎动物肥大细胞的研究, 但还有很多问题有待阐明。随着水产养殖业的迅速发展, 鱼类免疫学及其相关的免疫细胞基础生物学研究具有更为重要的意义。本文结合国内外最近的研究成果, 对硬骨鱼肥大细胞的研究进展进行综述, 旨在深入研究鱼类重大疾病的发生机理提供基础依据。

1 硬骨鱼肥大细胞的存在及其组织化学性质

对硬骨鱼肥大细胞的研究可追溯到 1 个世纪前, Gulland^[6]报道了大西洋鲑 (*Salmo salar*) 肠粘膜中存在着细胞胞浆中具有嗜酸性颗粒的细胞层。之后 Greene^[7]在大鳞大马哈鱼 (*Oncorhynchus tshawytscha*) 中也有类似的发现并称之为“颗粒层” (stratum granulosum), 但当时并未将它们与肥大细胞的

收稿日期: 2003-04-02; 修订日期: 2003-06-16.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30060065).

作者简介: 许乐仁 (1944-), 男, 教授, 主要从事动物病理学和细胞生物学的教学与科研工作. Tel: 0851-6810042, E-mail: xuleren@yahoo.com

概念联系在一起。

1923年, Michels通过乙醇固定, 乙醇硫堇染色, 在鲤(*Crprinus carpio*)和白鱼(*Leuciscus sp.*)的鳃和肠系膜铺片中证实了肥大细胞的存在。其胞浆颗粒被染呈兰色^[8]。这一发现后来被 Duthie^[9]重复证实。Romieu^[10]采用 Bouin 氏液固定, 甲苯胺兰染色, 在太阳鱼(*Orthogoriscus mola*)的结缔组织中见到了多量胞浆呈现兰紫色的肥大细胞。Temkin 等^[11]及 Chiarini - Gareia 等^[12]分别采用 Helly 氏液固定, 异丁烯酸包埋, 甲苯胺兰染色技术, 在鲫(*Carassius auratus*)及虎利齿脂鲤(*Hoplias malabaricus*)的肠道中观察到对甲苯胺兰异染性的肥大细胞。采用大鼠肥大细胞的经典染色技术(如 MAFF 固定, 石蜡包埋, 甲苯胺兰或阿尔新兰染色)也在狗鱼(*Esox lucin*)等的肠组织中证实了大量异染性肥大细胞的存在^[13]。最近, 许乐仁等^[14-15]和杨筱珍等^[16]采用鉴定哺乳动物和禽类肥大细胞的组织化学技术(Carnoy 氏液固定, 石蜡包埋, 阿尔新兰染色)首次证实了草鱼(*Ctempharyngodon idella*)及胡子鲶(*Claris fuscus lacepeda*)的头肾、胸腺等淋巴器官及肠道中存在肥大细胞。目前, 已能在多种硬骨鱼中证实含有异染性胞浆颗粒的肥大细胞。这些细胞对甲苯胺兰和硫堇染料具有异染性, 还可在阿尔新兰染色, 藏红 O 复染时呈兰色。与哺乳动物粘膜肥大细胞十分相似的是, 硬骨鱼肥大细胞对水溶性固定剂高度敏感且甲醛可阻断其异染性染色^[17-18]。在许乐仁等^[14-15]的研究中, 中性缓冲福尔马林(NBF)显著地阻断了阿尔新兰及甲苯胺兰对胡子鲶肥大细胞的着染能力, 而杨筱珍等^[16]的研究中, NBF 固定的草鱼组织中阿尔新兰及甲苯胺兰染色则完全不能鉴定出肥大细胞。

硬骨鱼肥大细胞的另一个重要的组织化学特征是胞浆颗粒的“嗜酸性”性质。一些研究者注意到某些硬骨鱼的肥大细胞可具有嗜碱性或嗜酸性, 或同时具有嗜酸性和嗜碱性 2 种胞浆颗粒, 并发现其染色性质可以从嗜碱性逐渐变化为嗜酸性。特别是在有寄生虫感染的肠道, 嗜碱性的肥大细胞从固有膜迁移至上皮层呈现嗜酸性。类似于某些哺乳动物肠道肥大细胞进入肠上皮内形成的所谓“球形白细胞”(globule Leucocytes)。当采用伊红染色时, 硬骨鱼的肥大细胞的“嗜酸性”表现为可被染成红色^[13,17]。

1969年, Reite^[18]采用乙醇固定, 80%酒精伊红

染色时, 大马哈鱼(*Oncorhynchus mykiss*)鳃组织中的肥大细胞胞浆颗粒出现异染性。1971年, Robert 等^[18]在对鲈鱼(*Chaetodon aurita*)皮肤的研究中, 首次使用了嗜酸性粒细胞(eosinophilic granule cells, EGC)来命名那些在形态学和某些组织化学性质上与肥大细胞极为相似、但在 HE 染色时呈红染颗粒的表皮层细胞。EGC 的概念提出后, 研究者在多种硬骨鱼类的多种组织器官中证实了 EGC 的存在, 这一术语也被接受并广泛使用。对同一细胞的 2 种命名(MC 及 EGC)常同时或分别出现在不同的研究报告中, 1998年 Reite^[20]综述了硬骨鱼中这类细胞的研究概况, 并将其称为肥大细胞/嗜酸性粒细胞(MC/EGC), MC/EGC 似乎更能说明这类细胞的特性。

一些研究发现, 硬骨鱼 MC/EGC 颗粒中的嗜碱性和嗜酸性组分的相对强度存在着明显的种间差异性, 但在某一家系的硬骨鱼间其相似性却很强。典型的隆头鱼科(Labrid)鱼中 MC/EGC 颗粒主要是嗜酸性的, 而嗜碱性颗粒强度弱且很难显示, 而鲑 MC/EGC 中的嗜碱性及嗜酸性 2 种成分均较强且均可显示, 狗鱼 MC/EGC 中则主要含嗜碱性成分^[20]。

部分研究者对硬骨鱼中 EGC/MC 的存在及其性质仍有不少质疑。Sire 等^[21]根据组织化学研究认为, 虹鳟肠固有膜中的确可以证实某些细胞类似于哺乳动物粘膜肥大细胞(MMC), 它们含少量组织胺及硫酸软骨素。而在他们所见的 EGC 的颗粒中并不含有哺乳动物肥大细胞通常具有的组织胺, 但含有过氧化物酶, 因此, 可能相当于哺乳动物的嗜酸性白细胞与肥大细胞并不是一类细胞。Noya 等^[22]对隆头鱼额鲷(*Sparus aurata* L.)鳃中的一种 PAS 阳性粒细胞进行了光镜和电镜观察, 认为这种细胞在形态上类似于嗜碱性白细胞和肥大细胞并具有异染性。近来, Passantino 等^[23]对硬头鲈(*Salmo gairdneri* Richardson)的血涂片及组织切片中的颗粒性细胞进行了检查并试图与人类的颗粒性血细胞及肥大细胞进行比较, 结果发现, 所见到的颗粒性白细胞均为嗜中性白细胞, 未见到嗜酸性白细胞与嗜碱性白细胞, 组织中也未发现肥大细胞。Sveinbjems-son 等^[24]在大西洋鲑(*Salmo salar*)肠固有膜 EGC 中证实了其分泌颗粒中存在溶菌酶, 且鉴定潘氏细胞(Paneth cells)的组织化学染料 phloxine tartrazine 也可与之呈阳性反应。最近, Paulsen 等^[25]也证实了大西洋鲑肠道 EGC 中含有溶菌酶, 且能在双硫脲

法反应中被染色,因而也认为类似于哺乳动物的潘氏细胞并可能是锌代谢的中心成分。

多数研究者认为,硬骨鱼的 MC/EGC 的组织化学性质与哺乳动物的 MMC 相似,其形态也类似某些哺乳动物的肥大细胞。在电镜下可见,MC/EGC 的胞浆中具有特征性的胞浆颗粒,颗粒内充满电子密度均匀的基质。基质的电子密度可能存在差异,但未见在人类和绵羊肥大细胞中描述过的特殊的亚显微结构^[1-2, 14-16, 25-26]。MC/EGC 在脱颗粒时可见颗粒出现空泡,基质电子密度降低等脱颗粒变化,电镜下偶尔可见到处于核分裂中的 MC/EGC^[20]。

2 硬骨鱼肥大细胞的发生及个体发育

对啮齿动物的研究业已证实,肥大细胞源于骨髓干细胞,无胞浆颗粒的肥大细胞前体离开骨髓后经血液循环运输,进入组织后在某些微环境因子的作用下分化成熟,形成某一亚群的肥大细胞。因而循环血液中不存在分化成熟的肥大细胞。体内具有异染性的嗜碱性白细胞也源于骨髓干细胞,但其在骨髓内分化成熟后即进入循环血液中^[1-2]。然而现有的研究,包括最近许乐仁等^[4]对鸡肥大细胞的研究,并不能排除禽类的肥大细胞直接源于循环血液中的嗜碱性白细胞的可能性。

关于硬骨鱼的肥大细胞的发生至今尚未见依据充分的研究,Barber 等^[28]曾描述了亚口鱼(*Catostomus commersoni*)的结缔组织和血液中存在一种 PAS 阳性的嗜酸性颗粒的白细胞(eosinophilic granular leucocytes),但未发现嗜碱性白细胞,他们认为这种嗜酸性颗粒白细胞是肥大细胞和血液中嗜碱性白细胞的前体。

Bergeron 等^[29-30]在硬骨鱼肠道 EGC 的成长和超微结构研究中发现,随着虹鳟幼鱼的生长发育,其 EGC 的核仁数量和粗面内质网显著减少,但幼鱼的 EGC 中含有更多的电子致密的胞浆颗粒。他们认为这些细胞成熟的最后阶段是在肠组织中发生。因为并未发现 EGC 的前体细胞,因此推论这些细胞的早期发育阶段是在其他器官中进行的。

基于在多种硬骨鱼肠道中的观察,Jorden^[31]认为肠道上皮中 EGC 来源于上皮下呈嗜碱性或异染性的颗粒细胞,即肥大细胞的迁移。即 EGC 是肥大细胞的成熟阶段而肥大细胞则是 EGC 的未成熟阶段。然而 MC/EGC 是否存在像哺乳动物那样的无

颗粒前体细胞阶段,以及在何种器官存在这种前体细胞目前尚不清楚。

头肾是硬骨鱼主要的造血器官,在光镜及电镜下证实,头肾中存在肥大细胞提示了一种可能性^[14-16,26],即如同哺乳动物肥大细胞源于骨髓干细胞分化的前体细胞那样,硬骨鱼的 MC/EGC 也可能源于头肾组织分化的 MC/EGC 前体细胞^[14-16]。

许乐仁等^[14-15]在草鱼淋巴网状组织电镜观察时,多次在微血管内外发现肥大细胞,其间并无任何差异。Powell 等^[32]在大马哈鱼鳃的血管内外也都见到 EGC 的存在,它们与血管内皮细胞的密切关系似乎是 EGC 从血管内向外迁移的证据。但尚不能排除组织中的 EGC/MC 可能源于血液中形态与功能相近的颗粒细胞,而这种颗粒细胞又可能源于硬骨鱼造血组织(如头肾)中的某种有待确定的无颗粒前体细胞。考虑到硬骨鱼及更低等的脊椎动物在生物进化体系中远不如哺乳动物那样精细和复杂,也不能排除硬骨鱼造血组织中某种前体细胞进入血液时即已具备胞浆颗粒。这些前体细胞在不同的微环境中可分化形成类似哺乳动物的具有不同性质的颗粒细胞,如血液中嗜酸性白细胞和(或)嗜碱性白细胞,进入组织中形成的 MC 和(或)EGC,迁移至上皮内成熟形成的 MC/EGC 或“球形白细胞”等。如同哺乳动物的 CTMC 和 MMC 在不同的微环境中可以相互转化一样^[1],硬骨鱼的 MC/EGC 可能在分化发育的不同阶段及不同的微环境中也会形成不同类型的颗粒,并具有相互转化性。

3 硬骨鱼肥大细胞可能的生物学意义

现有的研究已证实,哺乳动物的肥大细胞胞浆颗粒内含有多种生物学活性介质,肥大细胞通过胞浆颗粒释放介质而发挥生理功能^[1-2]。但迄今,对硬骨鱼 MC/EGC 颗粒中的介质及其作用的研究还不多。有人曾试图用组织化学技术证实硬骨鱼的 MC/EGC 存在类似哺乳动物肥大细胞的中性蛋白酶,但没有成功。硬骨鱼 MC/EGC 能被低 pH 的甲苯胺兰或阿尔新兰着染,似可说明它们像哺乳动物肥大细胞一样具有葡聚糖胺(glycosaminoglycan)性质,在虎利齿脂鲤(*Hoplias malabaricus*)肠组织经硫酸小檗碱染色可见黄色荧光,提示了其肥大细胞中具有肝素样物质^[20]。

鉴于哺乳动物的肥大细胞均含有组织胺^[1-2],有不少研究者关注硬骨鱼的 MC/EGC 中是否含有

组织胺,但所得结果是组织胺含量很低,甚至不能检出。Reite 在比较了不同脊椎动物体内组织胺含量水平后发现,除肺鱼(*Protopterus annectens*)的组织胺水平较高外(4.5~5.8 $\mu\text{g/g}$),鱼类和两栖类体内的组织胺水平显著低于爬行动物和哺乳类。因而推论,硬骨鱼及其他一些脊椎动物的确存在不含或很少含组织胺的 MC/EGC,但同时也有对组织胺敏感性低的血管系统。既然硬骨鱼的 MC/EGC 与哺乳动物的 MMC 相似,因此,值得注意的是哺乳动物 MMC 的组织胺含量也比 CTMC 低得多^[20]。

啮齿动物肥大细胞中含有的血管素(5-羟色胺)在硬骨鱼中至今未能证实,但血管素对硬骨鱼的血管平滑肌有强烈效应。能导致哺乳动物肥大细胞释放组织胺的 48/88 复合物,可使大马哈鱼(*Oncorhynchus mykiss*)和罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)的 EGC 迅速脱颗粒^[20,33]。哺乳动物的粘膜肥大细胞和硬骨鱼的 MC/EGC 均与神经末梢关系密切。辣椒素, P-物质等也可能引起虹鳟 EGC 脱颗粒。提示与哺乳动物的肥大细胞类似,EGC 可能也受神经的控制^[20]。

Sueinbjemsson 及 Paulsen 等^[24-25]分别证实了大西洋鲑(*Salmo salar* L.)肠道 EGC 中溶菌酶的存在。说明了 EGC 在宿主防御系统方面的重要作用。最近 Matsuyama 等^[34-35]报道罗非鱼肥大细胞溶解物(tMC-lysates)可引起注射部位血管通透性增高,并可增加血管内皮细胞对中性白细胞的粘附性。

硬骨鱼的 MC/EGC 在炎症刺激下的反应似乎与哺乳动物也有相似之处。在硬骨鱼类受某些寄生虫感染或持续炎症反应时,与哺乳动物肥大细胞的反应类似,可见 MC/EGC 的显著增加和局部集聚^[20,36-38]。如棘头虫感染,鲑肠道 MC/EGC 显著增多;外寄生虫感染的虹鳟真皮局部出现大量 EGC 样细胞,大西洋鲑溃疡性皮炎时 EGC 入侵鼻腔上皮层等。Bielek 等^[26]报告了鲫(*Carassius auratus*)腹腔炎症时头肾中的中性白细胞和肥大细胞的排空。最近 Sigh 等^[39]报告了褐鳟(*Salmo trutta*)皮肤寄生虫实验性感染时,皮肤中肥大细胞的密度在第7天显著降低,第9天时几乎全部排空,提示了感染后肥大细胞脱颗粒反应。真骨鱼 MC/EGC 的脱颗粒并非细胞毒性反应。脱颗粒的 MC/EGC 可以再生,重新出现胞浆颗粒而恢复其形态与功能。

Noya 等^[37]根据对隆颈愈额鲷(*Sparus aurata*)的 EGC 的研究发现,与其他颗粒性细胞不同的是,

EGC 在体内并不摄食细菌。细菌胞外产物腹腔内注射引起了 EGC 向血液和其他组织移动并导致其结构发生变化。Matsuyama 等^[38]证实了在急性炎症反应中 EGC 的脱颗粒与中性白细胞渗透出的相关性,在罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)的鳃内注射甲醛灭活的大肠杆菌,导致鳃内 EGC 迅速脱颗粒和中性白细胞的渗出。

在人类的神经纤维瘤中肥大细胞是一个重要的成分。雀鲷(damselfish)的神经纤维瘤(DNF)是自发性 I 型神经纤维瘤的良好动物模型。Vicha 等^[40]发现自发性或实验性的 DNF 中均具有高密度的 EGC。使人更加相信硬骨鱼的 EGC 等同于哺乳动物的肥大细胞。

最近 Silphaduang 等^[41]和 Woga 等^[42]在鱼的肥大细胞中发现 1 种新的抗菌肽而引起科学界的广泛关注,该抗菌肽被命名为 Piscidins。该研究不但有力地证实了 MC/EGC 在硬骨鱼防御反应中的重要作用,而且对利用肥大细胞抗菌肽防治鱼类致病菌,特别是对多抗生素耐药性致病菌株具有潜在意义。

4 结语

硬骨鱼 MC/EGC 的研究正日益受到鱼类免疫学者的关注。目前的研究初步证实,硬骨鱼 MC/EGC 与哺乳动物粘膜肥大细胞(MMC)有相似特点,但又不等同于已知的任何哺乳动物肥大细胞。除了物种之间的差异性应该考虑外,还必须用生物进化的观点对不同物种所处的进化阶段及生存环境来分析研究对象。但毫无疑问的是,对硬骨鱼 MC/EGC 的认识有助于对肥大细胞生物学知识的深化,也有助于对鱼类免疫系统及其功能的理解,对于阐明鱼类疾病的发生机理和采取合理的防治手段都具有重要的意义。在硬骨鱼的 MC/EGC 生物学研究中,还有许多问题需要进一步研究:

- 1) MC/EGC 的起源及分化,以及其与嗜酸性白细胞/嗜碱性白细胞的可能相关性,甚至可能的同一性。
- 2) MC/EGC 的胞浆颗粒中的生物活性物质及其生物学及病理生物学意义。
- 3) MC/EGC 在鱼类免疫体系中的地位和作用。
- 4) MC/EGC 中抗菌肽的潜在价值。

参考文献:

- [1] Galli S L. New insight into "The riddle of the mast cells" micro-

- environmental regulation of mast cell development and phenotypic heterogeneity [J]. *Lab Invest*, 1990, 60:146-157.
- [2] 许乐仁. 肥大细胞的中性蛋白酶[J]. *解剖科学进展*, 2002, 8:249-253.
- [3] Xu L R, Carr M M, Bland A P, et al. Histochemistry and morphology of porcine mast cells [J]. *Histochem J*, 1993, 25:516-522.
- [4] Xu L R, Ou D Y, Gao D H. Characterization of mast cells in chicken [J]. *J Anim Vet Adv*, 2003, 2(1):38-43.
- [5] 江 萍, 许乐仁. 六种动物含类胰蛋白酶肥大细胞的酶组化分析[J]. *畜牧兽医学报*, 1997, 28:416-421.
- [6] Guiland G L. The minute structure of the digestive tract of salmon, and the changes which occur in it in fresh water [J]. *Anat Anzeiger*, 1898, 14:441-455.
- [7] Greene C W. Anatomy and histology of the alimentary tract of the king salmon [J]. *US Bureau of Fisheries Bulletin*, 1912, 32:73-100.
- [8] Michels N A. The mast cell in the lower vertebrates [J]. *Cellule*, 1923, 33:338-462.
- [9] Duthie E S. The origin, development and function of the blood cells in certain marine teleosts, Part I, Morphology [J]. *J Anat* 1939, 73:396-412.
- [10] Romieu M. Contribution a l'etude des mastocytes des poissons osseux [C]. *Societe de Biologie, Paris; Comptes Rendus*. 1924, 91:655-657.
- [11] Temkin R J, McMillan D B. Gut-associated lymphoid tissue (GALT) of the goldfish, *Carassius auratus* [J]. *J Morphol*, 1986, 190:9-26.
- [12] Chisairini-Garcia H, Ferreira R M A. Histochemical evidence of heparin in granular cells of *Hoplias malabaricus bloch* [J]. *J Fish Biol*, 1992, 41:155-157.
- [13] Reite O B. The mast cell nature of granular cells in the digestive tract of the pike, *Esox lucius*; similarity to mammalian mucosal mast cells and globule leucocytes [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1996, 6:363-369.
- [14] Xu L R, Yang X Z, Gao D H et al. Mast cells in two species of freshwater fishes, grass fish (*Ctenopharyngodon idella*) and cat fish (*Claris fuscus lacepede*) [J]. *J Anim Vet Adv*, 2003, 2(3):191-195.
- [15] 许乐仁, 杨筱珍, 高登慧. 草鱼淋巴器官中的肥大细胞[J]. *水产学报*, 2003, 27(3):233-237.
- [16] 杨筱珍, 高登慧, 许乐仁. 胡子鲶肥大细胞的组织化学及形态学[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(2):106-110.
- [17] Reite O B. Mast cell/eosinophilic granule cells of salmonids: staining properties and responses to noxious agents [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1997, 7:567-584.
- [18] Reite O B. Phylogenetical persistence of the non-mast cell histamine store of the digestive tract; a comparison with mast cell histamine [J]. *Experientia*, 1969, 25:276-277.
- [19] Roberts R J, Young H, Milne J A. Study on the skin of plaice (*Pleuronectes platessa* L.). I, The structure and ultrastructure of normal plaice skin [J]. *J Fish Biol*, 1971, 4:87-98.
- [20] Reite O B. Mast cell/eosinophilic granule cells of teleostean fish; a review focusing on staining properties and functional responses [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 1998, 8:489-513.
- [21] Sire M F, Vernier J M. Partial characterization of eosinophilic granule cells (EGCs) and identification of mast cells of the intestinal lamina propria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Biochemical and cytochemical study [J]. *Biol Cell*, 1995, 85:35-41.
- [22] Noya M, Lamas J. Morphology and histochemistry of a PAS-positive granular cell in the gills of the gilthead seabream, *Sparus aurata* L [J]. *J Anat*, 1996, 189:439-443.
- [23] Passantino L, Partruno R, Ranieri G et al. The rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) granular leukocytes and mast cells system versus the human one. Cytochemical and cytochemical characters in these two species phylogenetically poles apart [J]. *Ital J Anat Embryol*, 2000, 105:133-142.
- [24] Sveinhjornsson B, Olson R, Paulsen S. Immunocytochemical localization of lysozyme in intestinal eosinophilic granule cells (EGCs) of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. [J]. *J Fish Dis*, 1996, 19:349-355.
- [25] Paulsen S M, Sveinhjornsson B, Robertsen B. Selective staining and disintegration of intestinal eosinophilic granule cells in Atlantic salmon after intraperitoneal injection of the zinc chelator dithi-zone [J]. *J Fish Biol*, 2001, 58:768-775.
- [26] Bielet E, Bigai J, Chadzinska M, et al. Depletion of head kidney neutrophils and cells with basophilic granules during peritoneal inflammation in the goldfish, *Carassius auratus* [J]. *Folia Biol*, 2000, 47:33-42.
- [27] 高登慧, 许乐仁, 王开功. 绵羊肥大细胞的超微结构研究[J]. *贵州农学院学报*, 1995, 14(2):19-22.
- [28] Barber D L, Westermann J E M. Morphological and histochemical studies on a PAS-positive granular leucocyte in blood and connective tissues of *Catostomus commersoni* Lacepede (teleostei; pisces) [J]. *Ame J Anat* 1975, 142:205-220.
- [29] Bergeron T, Woodward B. The development of the stratum granulosum of small intestine of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. *Can J Zool*, 1982, 60:1513-1516.
- [30] Bergeron T, Woodward B. Ultrastructure of the granular cell in the small intestine of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) before and after stratum granulosum formation [J]. *Can J Zool*, 1983, 61:133-138.
- [31] Jorden H E. On the nature of the basophilic granulocytes of the blood and the tissues [J]. *Anat Rec*, 1926, 33:89-106.
- [32] Powell M D, Wright G M, Burka J F. Eosinophilic granule cells in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: evidence of migration? [J]. *J Fish Biol* 1990, 37:495-497.
- [33] Powell M D, Wright G M, Burka J F. Degranulation of eosinophilic granule cells induced by capsaicin and substance P in the intestine of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) [J]. *Cell Tissue Res*, 1991, 266:469-474.

- [34] Matsuyama T, Iida T. Influence of tilapia mast cell lysate on vascular permeability [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2001, 11: 549 – 556.
- [35] Matsuyama T, Iida T. Tilapia mast cell lysates enhance neutrophil adhesion to cultured vascular endothelial cells [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2002, 13: 243 – 250.
- [36] Vallejo A N, Ellis A E. Ultrastructural study of the response of eosinophilic granule cells to *Aeromonas salmonicida* extracellular products and histamine liberators in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson [J]. *Dev Comp Immunol*, 1990, 13: 133 – 148.
- [37] Noya M, Lamas J. Response of eosinophilic granule cells of gilt-head seabream (*Sparus aurata*, Teleostei) to bacteria and bacterial products [J]. *Cell Tissue Res*, 1997, 287: 223 – 230.
- [38] Matsuyama T, Iida T. Degranulation of eosinophilic granule cells with possible involvement in neutrophil migration to site of inflammation in tilapia [J]. *Dev Comp Immunol*, 1999, 23: 451 – 457.
- [39] Singh J, Buchmann K. Associations between epidermal thinnin-positive cells and skin parasitic infections in brown trout *Salmo trutta* [J]. *Dis Aquat Organ*, 2000, 41: 135 – 139.
- [40] Vicha D L, Schmalz M C. Morphology and distribution of eosinophilic granulocytes in damselfish neurofibromatosis, a model of mast cell distribution in neurofibromatosis type I [J]. *Anticancer Res*, 1994, 14: 947 – 952.
- [41] Silphaduang U, Noya E J. Peptide antibiotics in mast cell of fish [J]. *Nature*, 2001, 414: 268 – 269.
- [42] Noya E J, Piscidin S U. A novel family of peptide antibiotics for fish [J]. *Drug News Perspect*, 2003, 16: 87 – 92.

Progress of mast cells research in teleostean fish

XU Le-ren, JIANG Ping, GAO Deng-hui, YANG Xiao-zhen

(Department of Animal Medicine, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Mast cells have been studied extensively in mammals, especially in rodents and human, but little is known in fish and other lower vertebrates. The literature on teleostean mast cells (MC), or so called eosinophilic granule cells (EGC) or mast cells/eosinophilic granule cells (MC/EGC) in teleosts, combined with our work in this field was reviewed in this paper. The discussion was made on the occurrence, histochemical properties, cytoplasmic granule mediators of teleostean mast cells and their possible functional significance on fish health and diseases.

Key words: teleostean fish; mast cells; eosinophilic granule cells, research progress

欢迎订阅 2004 年度《渔业致富指南》(半月刊)

“前瞻性”、“科学性”、“实用性”和“可读性”一直是本刊不变的办刊方针和不断发展壮大的基础,同时也是本刊赢得广大读者信赖的关键之所在。

渔业信息、水产商情、专家论坛、致富典例、实用技术、名特水产、海水养殖、病害防治、科研园地、读者信箱十大栏目让您经营有方,致富得道。

本刊邮发代号:38-320,每本定价2元,全年24期48元。地址:湖北省武汉市东湖路96号,邮政编码:430071,编辑部电话:027-87812348,传真:027-87311934,联系人:黄凯勤。