

汞、铬离子对黄鳝头肾组织结构的影响

罗朝晖^① 袁建军^② 黄周英^② 谢嘉华^{②*} 廖雅芳^② 林秋霞^② 林雪平^② 张世伟^②
(^①上饶师范学院生命科学系 上饶 334001; ^②泉州师范学院生物学系 泉州 362000)

摘要: 采用毒性实验方法, 用不同浓度的汞离子(Hg^{2+})、铬离子(Cr^{6+}) 分别处理黄鳝(*Monopterus albus*), 经1、2、4、8 d 后光镜观察黄鳝头肾组织结构及免疫细胞数量的变化。结果表明, 对照组黄鳝头肾实质内未见肾单位结构, 主要由淋巴组织、造血组织和血窦构成。淋巴组织主要由淋巴细胞密集排列成淋巴索或聚集成团状; 造血组织主要由红细胞密集排列成细胞索或聚集成团状。淋巴组织和造血组织在头肾实质中各占据一定的区域或相间分布, 且分别被血窦所分隔。黑色素巨噬细胞分散于淋巴细胞之间, 数量较少, 排列较松散, 尚未集结成明显的球状体。经两种重金属离子分别染毒后的黄鳝头肾与对照组相比, 组织结构表现出相似的变化, 即随着重金属离子浓度的增加和染毒时间的延长, 头肾组织中的黑色素巨噬细胞聚集成黑色素巨噬细胞中心, 并逐渐增大、增多, 最后减少; 淋巴组织逐渐松散, 排列稀疏混乱, 淋巴细胞界限逐渐不清晰, 呈退化趋势, 数量减少。红细胞大量破坏, 血窦扩张。与 Cr^{6+} 相比, Hg^{2+} 对头肾组织结构的毒性影响更大, 病变现象更为明显。

关键词: 黄鳝; 铬离子; 汞离子; 头肾; 组织结构

中图分类号: X171.5 文献标识码: A 文章编号: 0250 3263(2008) 05 120 08

Effects of Hg^{2+} and Cr^{6+} on the Head-kidney Histological Structure of *Monopterus albus*

LUO Zhao-Hui^① YUAN Jian-Jun^② HUANG Zhou-Ying^② XIE Jia-Hua^{②*} LIAO Ya-Fang^②
LIN Qiu-Xia^② LIN Xue-Ping^② ZHANG Shi-Wei^②

(^①Department of Life Science, Shangrao Normal College, Shangrao 334001;

^②Department of Biology, Quanzhou Normal College, Quanzhou 362000, China)

Abstract: Based on the toxicological experimental method, the changes of microscopic structures and the number of immune cells of head kidney of the Ricefield Eel (*Monopterus albus*) were investigated after the fish was exposed separately under different concentrations of mercury ions (Hg^{2+}) and the chromium ions (Cr^{6+}) on day 1, 2, 4, 8. The results showed that: in control, head kidney parenchyma consisted of the lymphatic tissue, hematopoietic tissue and sinusoid, nephrons were absent. The lymphatic tissue was primary composed of lymphocytes which crowdedly arranged to the lymphocyte rope or gathered the group. The hematopoietic tissue mainly consisted of the red blood cells which crowdedly arranged to the cell rope or gathered the group. Lymphatic tissue and hematopoietic tissue respectively occupied the certain region or interval distributed, and separated by sinusoids. The less melanomacrophage that scattered between the lymphocytes loose arranged, not formed obvious spherical body. Comparing with the control, histological structure of fishes exposed to two kinds of heavy metal ions displayed similar changes. Along with

基金项目 福建省泉州市科技计划项目(No. 2004N24), 福建省教育厅科技计划项目(No. JA06015);

* 通讯作者, E-mail: xjh921258@tom.com;

第一作者介绍 罗朝晖, 男, 副教授; 主要从事动物生理方面的教学和研究; E-mail: luoh@ sina.com.

收稿日期: 2007-12-15, 修回日期: 2008-07-03

increasing of the heavy metal ion concentration and lengthening of the treatment time, melanophage gathered melanophage centre, and gradually increased in the number and distribution, then reduced. Lymphatic tissue gradually loosed, the arrangement was sparse and chaotic. The lymphocytes border was unclear, the number gradually reduced, and showed retrogressive tendency. The red blood cells were massively damaged, sinusoid was expanded. The influence of Hg^{2+} on histological structures of head kidney of the Ricefield Eel was greater than Cr^{6+} , and the pathological phenomenon was more obvious too.

Key words: *Monopterus albus*; Cr^{6+} ; Hg^{2+} ; Head kidney; Histological structure

近年来环境污染已成为世人最关注的问题之一,工业的三废、农业的杀虫剂以及城市的废弃物等,使水环境受各种有机污染物、无机污染物、重金属离子和放射性物质的污染,导致水生生物特别是鱼类的生存受到威胁。重金属污染,特别是铬离子(Cr^{6+})、汞离子(Hg^{2+})作为一类主要的污染物,对鱼类的毒害作用,也日益受到人们的关注。

黄鳍(*Monopterus albus*)是我国主要名优淡水鱼类之一。随着养殖水体环境的恶化,黄鳍自然资源越来越少。与哺乳动物不同的是,硬骨鱼类没有骨髓和淋巴结,其淋巴器官主要是胸腺、头肾、脾和黏膜淋巴组织^[1],它们是免疫细胞发生、分化、成熟、定居和增殖以及产生免疫应答的场所。迄今为止,有关硬骨鱼类免疫器官的形态结构,国内外学者已有一些研究^[2-5],但关于黄鳍头肾在重金属污染下毒理变化的组织学研究尚未见报道。本文应用光镜技术对不同浓度的 Hg^{2+} 、 Cr^{6+} 处理前后黄鳍头肾形态结构及免疫细胞数量进行比较研究,为进一步了解重金属对鱼类免疫系统的影响提供实验依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料 黄鳍购自泉州新门菜市场,体重(31.17 ± 4.11) g,体长(33.92 ± 2.65) cm。实验前在 $90\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 45\text{ cm}$ 的塑料水族箱中暂养 5 d,不投食。实验时挑选外观正常、健康、活泼的个体进行处理。实验用水为曝气的自来水, pH 6.9~7.2,用加热器使水温保持在(20 ± 1) °C。氯化汞($HgCl_2$,分析纯)和重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$,分析纯)用蒸馏水配成 1 000 mg/L

母液,实验时稀释成所需浓度。

1.2 实验方法

1.2.1 急性毒性实验 正式实验前先进行预实验,采用静水法,不投食。实验持续 96 h,每 48 h 换实验液一次,每次换 1/3,并及时清除死鱼。根据预实验,求出 Cr^{6+} 对黄鳍全部致死的最低浓度和全部存活最高浓度分别为 $LC_{100} = 100\text{ mg/L}$, $LC_0 = 30\text{ mg/L}$; Hg^{2+} 对黄鳍全部致死的最低浓度和全部存活最高浓度分别为 $LC_{100} = 1.8\text{ mg/L}$, $LC_0 = 0.3\text{ mg/L}$ 。

按照急性毒性实验方法^[6],根据预实验的结果,正式实验的浓度按等对数间距设置, Cr^{6+} 污染组的浓度为 0 mg/L(对照组)、30.00、41.00、55.00、74.00、100.00 mg/L; Hg^{2+} 污染组的浓度为 0 mg/L(对照组)、0.30、0.47、0.74、1.16、1.80 mg/L,各设置 2 个平行组。实验时每组随机放鱼 6 尾,实验药液体积为 10 L。连续观察 96 h,记录实验鱼的中毒症状、死亡时间、死亡数量。

采用寇氏法(Karber 法)^[7]计算半致死浓度(LC_{50}),求得 96 h 汞 $LC_{50} = 0.75\text{ mg/L}$,铬 $LC_{50} = 60\text{ mg/L}$ 。由此得出 Cr^{6+} 对黄鳍的急性毒性属于高毒, Hg^{2+} 对黄鳍的急性毒性属于剧毒^[8]。

1.2.2 慢性毒性实验 根据 96 h LC_{50} 确定正式染毒实验的 Cr^{6+} 浓度分别为 0、12、16、20 mg/L; Hg^{2+} 浓度分别为 0、0.15、0.20、0.25 mg/L。每组放鱼 5 尾,实验共进行 8 d,分别于暴露开始后 0、1、2、4、8 d 取材。

1.2.3 观察及数据处理 黄鳍断头处死,迅速解剖,取出头肾用 Bouin's 液固定,常规石蜡切片,切片厚 6~8 μm ,H.E 染色,Olympus 显微镜观察细胞形态,Olympus IX51 显微摄影。同时

对每个组的免疫细胞分布密度进行统计。计数方法是:在显微镜下每组每尾鱼随机取 3 个视野,使用目测微尺量度。在 600 倍 0.0064 mm^2 的视野(一个正方形视野中,边长为 0.08 mm)下计数出各类免疫细胞个数。所有数据用 *t*-检验方法检测其差异显著性。

2 结果

2.1 黄鳍头肾的解剖结构

黄鳍头肾位于胸腔内,呈红色条带状,左右头肾分别于心腹隔膜处与左右体肾相连。

2.2 对照组黄鳍头肾的组织结构

黄鳍头肾无被膜,外周仅数层胶原纤维平行排列。组织切片观察,头肾实质内未见肾单位结构,主要由淋巴组织、造血组织和血窦构成,包括淋巴细胞、红血细胞、粒细胞、巨噬细胞等。其中,淋巴细胞和红血细胞占绝大部分。进入头肾的动脉反复分支形成血窦,血窦吻合成网并汇集成头肾静脉再汇入后主静脉。血窦间即为淋巴组织和造血组织填充。淋巴组织主要由淋巴细胞构成,头肾实质中的淋巴细胞密集排列成淋巴索或聚集成团索状,形成头肾中的淋巴组织。淋巴细胞胞体多为圆形,具有大的细胞核和较少的细胞质。胞核圆形,位于细胞中间,被苏木精深染为蓝色;胞质嗜碱性,围在细胞核周围,染成浅蓝色,有的在细胞核凹陷处有少量胞质,细胞结构较为清晰。造血组织主要由红血细胞构成,红血细胞密集排列成细胞索或聚集成团索状,构成造血组织。淋巴组织和造血组织在头肾实质中相间分布(图版 I: 1),或各占据一定的区域(图版 I: 2, 3)。粒细胞数量较多,分散于淋巴组织和造血组织中,但以淋巴组织中居多,常靠近血管分布(图版 I: 4)。粒细胞比淋巴细胞大,胞体为圆形或椭圆形,细胞核染成深紫红色,多为圆形或椭圆形,偏于细胞的一侧。胞质淡蓝色或淡红色,比较均匀,有的含有较多的细小颗粒。头肾实质内可见幼稚的淋巴细胞和红血细胞。

黑色素巨噬细胞多数分散于淋巴细胞之间,数量较少,排列较松散,个别有聚集的趋势,

但尚未集结成明显的球状体。其细胞界限不清,胞质中含染成淡黄色的颗粒(图版 I: 2)。

前肾间组织埋藏在头肾淋巴组织内,个别位于头肾组织外,主要包含肾间细胞。肾间细胞胞体较大,呈柱状或不规则形。细胞核圆形,靠近基底部,细胞质较多,染成红色。前肾间组织周围被一层明显的结缔组织被膜包裹而与淋巴组织分隔开来,整体染色较淋巴组织区域浅(图版 I: 5)。

头肾实质中还可见到类似于哺乳类的甲状腺滤泡。

2.3 实验组重金属对黄鳍头肾组织结构的影响

为叙述方便,将两种重金属各分为低(12 mg/L Cr^{6+} 、 0.15 mg/L Hg^{2+})、中(16 mg/L Cr^{6+} 、 0.20 mg/L Hg^{2+})、高(20 mg/L Cr^{6+} 、 0.25 mg/L Hg^{2+})3 个浓度组进行比较。随着重金属 Cr^{6+} 、 Hg^{2+} 离子浓度的增加和染毒时间的延长,黄鳍头肾的组织结构表现出较为明显的时间和剂量累积效应。相比之下, Hg^{2+} 的毒性大于 Cr^{6+} 的毒性,故 Hg^{2+} 对黄鳍头肾组织结构的毒性影响更大。

2.3.1 染毒 1 d 的黄鳍头肾组织结构

在 Cr^{6+} 染毒组,与对照组相比,低浓度组所有黄鳍的头肾组织结构变化不大。到中浓度组,淋巴组织致密,淋巴细胞开始密集。黑色素巨噬细胞逐渐聚集并集结成球状体,形成黑色素巨噬细胞中心(图版 I: 6)。黑色素巨噬细胞中心常位于血管附近,外多无扁平细胞层包裹,也没有结缔组织被膜。到高浓度组,黑色素巨噬细胞中心逐渐增多。

在 Hg^{2+} 染毒组,低浓度组中,淋巴组织致密,黑色素巨噬细胞中心已开始形成,随着浓度的增大,黑色素巨噬细胞中心增多、增大,其内的颗粒颜色也逐渐加深,由浅黄色逐渐变为棕黄色。

2.3.2 染毒 2 d 的黄鳍头肾组织结构

在 Cr^{6+} 染毒组,低浓度组的黄鳍头肾组织中淋巴细胞和粒细胞大量增殖,出现较多有黄棕色颗粒的黑色素巨噬细胞,有的黑色素巨噬细胞中心开始形成。在中、高 Cr^{6+} 浓度组中均可见到

较多的黑色素巨噬细胞中心。高浓度 Cr^{6+} 组中血管内皮细胞变形,核由长梭形变弯曲。

相比之下,在 Hg^{2+} 染毒组,低浓度组中的黑色素巨噬细胞已经集结形成大的黑色素巨噬细胞中心,随着浓度的加大,黑色素巨噬细胞中心越来越多,颗粒颜色也不断加深,到高浓度组,淋巴组织开始松散。

2.3.3 染毒 4 d 的黄鳍头肾组织结构 解剖观察黄鳍头肾出现不同程度的变化,颜色较暗,有的甚至发黑。高浓度组的变化更为明显。

在 Cr^{6+} 染毒组,低浓度组中出现大面积、间断分布的黑色素巨噬细胞中心,浓度越高,分散现象越明显。淋巴组织分布区域相对缩小,有的个体可见结缔组织被膜增厚并伸入头肾实质中,将实质分割成若干区域(图版 I:7)。

相比之下, Hg^{2+} 染毒组低浓度组中黑色素巨噬细胞中心开始减少,淋巴组织松散,细胞排列无序(图版 I:8)。在中、高浓度组,红细胞

与淋巴细胞大量破坏,血窦扩张,出现淋巴细胞退化区(图版 I:9),且随着浓度的增高,病变范围也逐渐扩大。

2.3.4 染毒 8 d 的黄鳍头肾组织结构变化 解剖观察发现黄鳍头肾变化更大,颜色发黑的现象更为普遍。

此时 Cr^{6+} 各浓度组的黄鳍头肾组织结构与染毒 4 d 后的变化大体一致,有些部位淋巴细胞退化。黑色素巨噬细胞中心仍大量分布,但体积明显减小。粒细胞数量减少,高浓度组中个别个体粒细胞聚集现象明显。

Hg^{2+} 各浓度组中,黄鳍头肾组织疏松,淋巴细胞排列更加无序,退化区更明显,高浓度组中甚至出现局部无细胞区。黑色素巨噬细胞中心明显减少。

2.4 头肾免疫细胞分布密度 Cr^{6+} 染毒组与 Hg^{2+} 染毒组头肾各种免疫细胞的分布密度分别见表 1、表 2。

表 1 Hg^{2+} 染毒黄鳍头肾免疫细胞的分布密度(细胞数/0.02 mm²)

Table 1 The distribution density of the immune cells in the head kidney of the Hg^{2+} challenged Ricefield Eel (Cells/0.02 mm²)

染毒时间(d) Treatment time	染毒浓度(mg/L) Treatment concentration	淋巴细胞 Lymphocytes	粒细胞 Granulocytes	黑色素巨噬细胞 Melano macrophages
1	0	59.80 ± 1.48	8.60 ± 1.14	4.40 ± 1.14
	0.15	64.40 ± 2.70*	13.60 ± 1.82**	12.40 ± 1.14**
	0.20	68.20 ± 2.05*	15.80 ± 1.92**	15.20 ± 4.49**
	0.25	63.40 ± 2.70*	12.00 ± 1.58**	17.80 ± 4.32**
2	0	60.20 ± 2.05	8.40 ± 1.34	4.60 ± 1.52
	0.15	70.60 ± 1.67*	17.80 ± 0.84**	22.60 ± 8.71**
	0.20	66.20 ± 3.11**	16.00 ± 1.22**	24.60 ± 9.63**
	0.25	57.40 ± 0.89*	16.20 ± 1.79**	25.80 ± 9.58**
4	0	58.20 ± 1.64	9.80 ± 1.30	4.20 ± 1.48
	0.15	56.80 ± 1.48	10.40 ± 1.14	14.00 ± 3.54**
	0.20	54.40 ± 2.88*	11.20 ± 1.30	12.80 ± 3.11**
	0.25	50.20 ± 2.57*	9.20 ± 1.30	10.80 ± 2.17**
8	0	59.20 ± 1.79	9.20 ± 1.30	4.80 ± 1.10
	0.15	48.80 ± 2.86**	8.00 ± 1.22	8.60 ± 0.55**
	0.20	46.80 ± 2.77*	7.20 ± 1.30*	8.00 ± 1.87**
	0.25	40.20 ± 2.17*	6.50 ± 1.00**	7.40 ± 1.14**

* 表示处理组与对照组之间差异显著, $P < 0.05$; ** 表示处理组与对照组之间差异极显著, $P < 0.01$ 。

* Represents significant difference ($P < 0.05$); ** Represents remarkably significant difference ($P < 0.01$).

表 2 Cr⁶⁺ 染毒黄鳍头肾免疫细胞的分布密度(细胞数/0.02 mm²)Table 2 The distribution density of the immune cells in the head kidney of the Cr⁶⁺ challenged Ricefield Eel (Cells/0.02 mm²)

染毒时间(d)	染毒浓度(mg/L)	淋巴细胞	粒细胞	黑色素巨噬细胞
Treatment time	Treatment concentration	Lymphocytes	Granulocytes	Melan macrophages
1	0	59.80 ± 1.48	8.60 ± 1.14	4.40 ± 1.14
	12	66.80 ± 1.30*	14.60 ± 1.14**	7.60 ± 3.21**
	16	71.20 ± 2.49**	14.20 ± 0.84**	13.60 ± 2.70**
	20	73.60 ± 1.14**	14.00 ± 1.73**	15.60 ± 5.86**
2	0	60.20 ± 2.05	8.40 ± 1.34	4.60 ± 1.52
	12	79.40 ± 1.52**	17.00 ± 2.12**	20.40 ± 7.77**
	16	79.80 ± 3.03**	18.20 ± 2.17**	23.20 ± 9.09**
	20	78.60 ± 1.82**	16.00 ± 1.41**	22.60 ± 7.16**
4	0	58.20 ± 1.64	9.80 ± 1.30	4.20 ± 1.48
	12	65.60 ± 5.03**	12.00 ± 1.22*	13.20 ± 3.42**
	16	61.80 ± 2.39*	11.40 ± 1.34*	12.60 ± 3.91**
	20	55.20 ± 2.95*	11.80 ± 1.64*	12.00 ± 3.54**
8	0	59.20 ± 1.79	9.20 ± 1.30	4.80 ± 1.10
	12	60.60 ± 2.51	8.40 ± 0.89	9.60 ± 2.07**
	16	55.20 ± 1.79*	7.80 ± 0.45*	9.80 ± 1.10**
	20	51.20 ± 0.84*	7.80 ± 0.84*	9.00 ± 2.00**

* 表示处理组与对照组之间差异显著, $P < 0.05$; ** 表示处理组与对照组之间差异极显著, $P < 0.01$ 。

* Represents significant difference ($P < 0.05$); ** Represents remarkably significant difference ($P < 0.01$).

由表 1、表 2 可以看出,随着染毒时间的延长及染毒浓度的增加,淋巴细胞、粒细胞和黑色素巨噬细胞在单位面积内的数量先增加后减少。

3 讨论

3.1 鱼类头肾的功能 鱼类头肾起源于前肾,在胚胎时期,头肾具有泌尿机能。但到成体,不同种类的鱼,其头肾结构和功能差异较大。鱼类头肾的主要功能是参与免疫反应还是造血,尚无定论。Saftner 等^[9]报道头肾中分布有许多功能性肾单位,且与后肾典型的肾单位很难区分, Meseguer 等^[10]及 Fishelson^[11]认为,鱼类的头肾在形态上类似于哺乳类的骨髓,因而是一个重要的造血器官;而龚宁等^[3]则提出,头肾的主要功能是参与免疫应答;还有一些作者^[4,5]认为,鱼类头肾作为一个淋巴器官,同时具有造血和免疫的功能。本研究观察黄鳍头肾的组织结构中不含肾单位,其实质由淋巴组织、造血组织和血窦构成,表明黄鳍头肾的功能应不再与泌尿有关,而兼有免疫和造血两种功能。

3.2 重金属污染的毒理探讨 铬和汞是常见的重金属污染物。铬的常见价态有+6和+3,六价铬易被鱼体吸收,吸收方式是通过鱼体表面进入体内,并在体内被还原,以有机络合物的形式存在,鱼类对铬的吸收累积随时间延长而增加^[12]。铬过量可影响体内氧化-还原和水解过程,并与核酸、核蛋白结合,干扰酶系统而引起生物中毒^[13]。水环境中的汞主要以无机汞的形态存在,水体中的汞在微生物的作用下可转化为有机汞,通过呼吸系统、消化系统和体表接触等途径吸收,并经过水生生物的食物链而富集^[14]。进入体内的汞被氧化为二价汞离子而发挥毒性作用。汞离子易与蛋白质及其他活性物质的巯基结合,形成较稳定的巯醇盐,使许多重要的含有巯基活性中心的酶失去活性。汞作用于细胞膜巯基、磷酸基,改变其结构及正常功能^[15],从而导致组织细胞与细胞膜的损害。Kotsanis 等^[16]研究了虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)经重金属处理后体内血液学参数及组织学的变化,结果表明,实验组白细胞总数和淋巴细胞数均较正常组显著减少,且淋巴细胞的结构也发

生了变化。本实验观察也发现,随着染毒时间的延长和浓度的增加,头肾外结缔组织增生并侵入头肾组织,淋巴细胞分布区域逐渐缩小,导致淋巴细胞数量减少。同时,随着污染物毒性的增加,头肾中的部分淋巴细胞结构逐渐变得不清晰,细胞退化,严重的完全解体而形成无细胞区。表明在重金属污染情况下,鱼类头肾特异性免疫功能有所下降。

3.3 重金属污染对黄鳝头肾组织结构的影响

重金属污染主要表现为对黄鳝头肾中淋巴细胞、粒细胞和黑色素巨噬细胞数量的影响。

黑色素巨噬细胞是由多形淋巴细胞经早、中、晚三个阶段发育形成的巨噬细胞,超微结构的研究表明,早期的黑色素巨噬细胞具有清除血液中可溶的或颗粒状物质的作用,并随着发育的进程而逐渐丧失吞噬能力^[17]。黑色素巨噬细胞常集结形成黑色素巨噬细胞中心,通常位于头肾组织的基质中,靠近血管分布。形成黑色素巨噬细胞中心只是为了有效地消化被吞噬的物质^[18],它的最重要的功能之一是作为衰老和损伤细胞(包括红细胞)碎片重新组装的代谢站^[19]。在低污染环境中,黑色素巨噬细胞中心的大小和数量增加,以增强其吞噬活动,清除细胞碎片,发挥细胞防御系统的能力,起到非特异性免疫功能的作用。本研究结果也表明,在污染物毒性相对较小,污染浓度较低、时间较短时,黑色素巨噬细胞中心的大小和数量随染毒时间和浓度的增加而增加。黑色素巨噬细胞中心的扩散能有效地保护组织免受破坏。

但当高浓度、长时间、毒性大的汞污染时,则黑色素巨噬细胞中心的大小和数量减少,表明随着污染的加重,巨噬细胞的细胞结构被破坏。由于巨噬细胞坏死,阻断了黑色素巨噬细胞的集结发育,巨噬细胞的吞噬功能因而受到抑制。此时,鱼类的非特异性免疫反应被抑制。

研究表明,粒细胞、黑色素巨噬细胞和淋巴细胞之间存在着密切的关系。当粒细胞和巨噬细胞数量增加时淋巴细胞数量减少,同时红细胞退化增加^[19]。本研究结果与此略有差异,即粒细胞、黑色素巨噬细胞和淋巴细胞的数量基

本呈现同步变化,推测这种差异的存在可能与环境污染种类、污染浓度和污染时间有关,因为对免疫细胞的统计分析发现,Cr⁶⁺染毒第2 d,粒细胞、黑色素巨噬细胞和淋巴细胞均增殖达到高峰,而Hg²⁺染毒第2 d,粒细胞和黑色素巨噬细胞增殖达到高峰,但淋巴细胞的数量却随着染毒浓度的增加呈下降趋势。此外,Low等^[20]在离体淋巴细胞增殖实验的研究结果也表明,当Hg²⁺浓度达到0.09 mg/L时,头肾淋巴细胞增殖受到抑制,当Hg²⁺浓度达到0.18 mg/L时,淋巴细胞受到不可逆转的损害,数量迅速减少,本研究的结果与已有报道一致。

综上所述,当重金属污染物毒性低、污染浓度较低、污染时间较短时,刺激鱼类的特异性和非特异性免疫功能产生一定的增强作用,头肾组织中的淋巴细胞、粒细胞和黑色素巨噬细胞数量均显著增多。但当重金属污染物毒性增大、污染浓度和时间增加时,则鱼类的特异性和非特异性免疫功能均遭到破坏,表现为头肾组织中的淋巴细胞、粒细胞和黑色素巨噬细胞数量均显著下降,鱼类健康受到严重损害。

参 考 文 献

- [1] Press C M L, Evensen O. The morphology of the immune system in teleost fishes. *Fish & Shellfish Immunology*, 1999, 9: 309~ 318.
- [2] 胡成钰,洪一江,王军花等.植物血凝素对兴国红鲤头肾和脾脏的比较组织学研究. *水生生物学报*, 2002, 26 (5): 489~ 492.
- [3] 龚宁,聂其灼.鲤鱼头肾显微结构研究. *山地农业生物学报*, 2001, 20(1): 20~ 24.
- [4] 卢全章.草鱼头肾免疫细胞组成和数量变化. *动物学研究*, 1998, 19(1): 11~ 16.
- [5] 李长玲,曹伏君,刘楚吾等.花尾胡椒鲷脾脏和头肾显微结构的观察. *海洋通报*, 2002, 21(2): 30~ 36.
- [6] 周永欣,章宗涉.水生生物毒性试验方法.北京:农业出版社,1989,36~ 44.
- [7] 王心如.毒理学实验方法与技术.北京:人民卫生出版社,2003,34~ 51.
- [8] 祝寿芬,裴秋玲.现代毒理学基础.北京:中国协和医科大学出版社,2003,370~ 383.
- [9] Safer A M A, Tytler P, Ef Sayed N. The structure of the head kidney in the mudskipper, *Periophthalmus koereuteri*

- (pallas). *Journal of Morphology*, 1982, **174**: 121~ 131.
- [10] Meseguer J, Lopez Ruiz A, Garcia Ayala A. Reticular endothelial stroma of the head kidney from the seawater teleost gilthead seabream (*Sparus aurata* L.): An ultrastructural and cytochemical study. *Anatomical Record*, 1995, **241**: 303 ~ 309.
- [11] Fishelson L. Cytomorphological alterations of the thymus, spleen, head kidney, and liver in cardinal fish (*Apogonidae*, *Teleostei*) as bioindicators of stress. *Journal of Morphology*, 2006, **267**: 57~ 69.
- [12] 王校常, 孙锦荷, 张勤争等. 铬的水生生物学效应研究进展. *核农学通报*, 1995, (4): 190~ 193.
- [13] 廖自基. 微量元素的环境化学及生物效应. 北京: 中国环境科学出版社, 1992, 288.
- [14] 甘居利, 贾晓平, 蔡文贵. 水生动物体汞污染的生物学特征. *动物学杂志*, 1999, **34**(4): 48~ 52.
- [15] 纪云晶. 实用毒理学手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1991, 401~ 445.
- [16] Kotsanis ByN, Iliopoulou Georgoudaki J, Kapata Zoumbos K. Changes in selected haematological parameters at early stages of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, subjected to metal toxicants: arsenic, cadmium and mercury. *Journal of Applied Ichthyology*, 2000, **16**: 276~ 278.
- [17] 张耀光, 罗泉笙, 钟明超, 长物. 肾脏黑色素巨噬细胞发育过程的超微结构变化. *水生生物学报*, 1997, **21**(2): 187~ 189.
- [18] Tsujii T, Seno S. Melanin macrophage centers in the aglomerular kidney of the sea horse (Teleosts): morphological studies on its formation and possible function. *Anatomical Record*, 1990, **226**: 460~ 470.
- [19] Agius C, Roberts R J. Melanin macrophage centres and their role in fish pathology. *Journal of Fish Diseases*, 2003, **26**: 499 ~ 509.
- [20] Low K W, Sin Y M. Effects of mercuric chloride and sodium selenite on some immune responses of blue gourami, *Trichogaster trichopterus* (Pallus). *The Science of the Total Environment*, 1998, **214**: 153~ 164.

图 版 说 明

黄鳝头肾组织的显微图像

1. 头肾实质: 示淋巴组织(↑)和造血组织(*)相间分布, ×380; 2. 头肾实质: 示单独分布的淋巴组织, * 示淋巴细胞索, ↑↑ 示血窦, ↑ 示黑色素巨噬细胞, ×760; 3. 头肾实质: 示单独分布的造血组织, * 示红细胞索, ↑ 示血窦内皮细胞核, ×760; 4. 头肾实质: 示粒细胞, * 示血管, ↑ 示粒细胞, ×760; 5. 前肾间组织(↑), ×760; 6. 染毒1 d 高浓度 Cr⁶⁺ 组中黄鳝头肾实质: 示黑色素巨噬细胞中心(↑)和血管(*), ×380; 7. 染毒4 d 低浓度 Cr⁶⁺ 组: 示结缔组织(↑)增生并向头肾实质(*)内侵入, ×190; 8. 染毒4 d 低浓度 Hg²⁺ 组: 示淋巴细胞排列无序, 血窦扩张, ↑ 示淋巴细胞索, ×760; 9. 染毒4 d 高浓度 Hg²⁺ 组: 示淋巴细胞退化, ↑ 示退化的淋巴细胞, * 示淋巴细胞退化区, ×760。

Explanation of Plate

Microscopic figure of the head kidney of Ricefield Eel

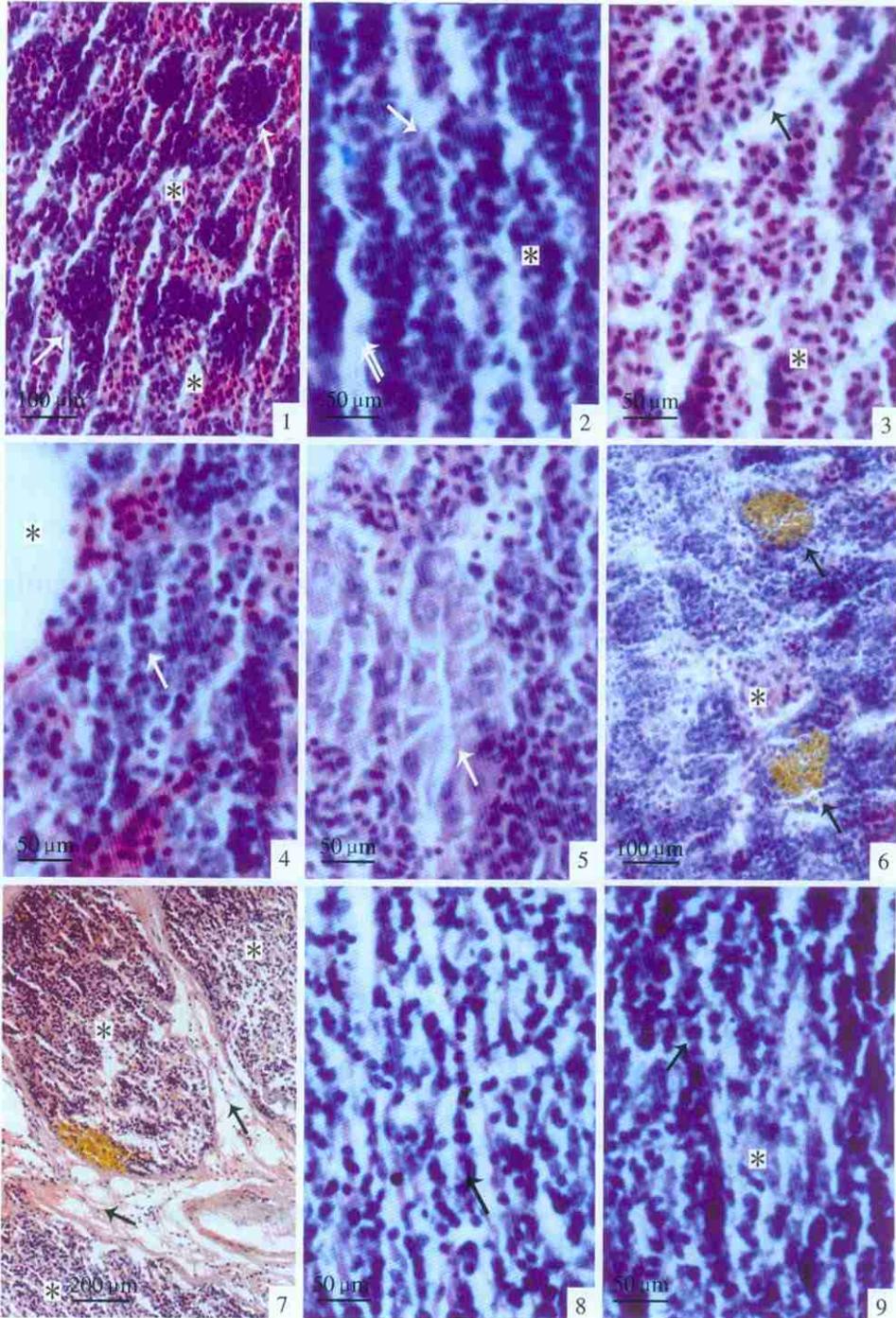
1. Head kidney parenchyma, showing lymphatic tissue (↑) and hematopoietic tissue (*) interval distribute, ×380; 2. Head kidney parenchyma, showing lymphatic tissue of solitary distribution (* showing lymphocyte rope; ↑↑ showing sinusoid; ↑ showing melanin macrophage), ×760; 3. Head kidney parenchyma, showing hematopoietic tissue of solitary distribution (* showing red blood cell rope; ↑ showing endothelial cell nucleus of sinusoid), ×760; 4. Head kidney parenchyma, showing granulocyte (* showing blood vessel; ↑ showing granulocyte) ×760; 5. Anterior interrenal tissue (↑) ×760; 6. Head kidney parenchyma exposed under higher concentration of Cr⁶⁺ (20 mg/L) for 1 day, showing melanin macrophage centre (↑) and vessel(*) ×380; 7. Head kidney parenchyma exposed under lower concentration of Cr⁶⁺ (12 mg/L) for 4 days, showing hyperplastic connective tissue (↑) invaded head kidney parenchyma(*) ×190; 8. Head kidney parenchyma exposed under lower concentration of Hg²⁺ (0.15 mg/L) for 4 days, showing lymphocyte arranged disorderly, sinusoid was expanded(↑ showing lymphocyte rope) ×760; 9. Head kidney parenchyma exposed under higher concentration of Hg²⁺ (0.25 mg/L) for 4 days, showing degenerative lymphocyte (↑) and degenerative region of lymphocyte ×760.

罗朝晖等: 汞、铬离子对黄鳍头肾组织结构的影响

图版 I

LUO ZhaoHui *et al.*: Effects of Hg²⁺ and Cr⁶⁺ on the Head-kidney Histological Structure of *Monopterus albus*

Plate I



图版说明见文后