

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00445

饥饿对星斑川鲽消化器官形态结构和组织学的影响

张升利¹, 梁拥军¹, 孙向军¹, 苏建通¹, 姜志强³, 郭忠宝², 马静³

1. 北京市水产科学研究所, 北京 100068;

2. 广西水产研究所, 广西 南宁 530021;

3. 大连海洋大学 农业部海洋水产增养殖学重点开放实验室, 辽宁 大连 116023

摘要: 在温度(19±1)℃、盐度 32±1 的条件下, 对相同规格体质量为(26.02±0.30) g 的星斑川鲽(*Platichthys stellatus*) 分别饥饿 5、10、15 d(设为 S5、S10、S15 组), 恢复投喂 20 d。采用石蜡切片方法观察星斑川鲽消化器官形态结构, 分析饥饿和再投喂对其组织学的影响。形态结构方面, S5 组变化相对较小, 而 S10、S15 组变化明显, 表现在胃体积缩小, 壁变薄; 肠管壁变薄变透明, 肠系膜因脂肪基本消失而萎缩; 肝体积明显缩小, 颜色由原来的粉红色变为深黄色。组织结构方面, S5 组变化相对较小, 而 S10、S15 组均有不同程度的损伤, 表现在胃上皮细胞高度减小, 细胞界限变得不清晰, 胃腺细胞收缩, 分泌颗粒减少; 肠皱壁高度下降, 上皮细胞高度显著降低, 纹状缘高度减小甚至消失, 杯状细胞有不同程度的增加; 肝组织致密, 肝细胞体积缩小, 脂质空泡数量减少, 细胞界限不明显, 排列不规则, 细胞内分泌颗粒减少。恢复投喂后, 各实验组消化器官形态和组织结构均有不同程度的恢复, 恢复投喂结束时, 仅 S5 组恢复到对照组水平, S10、S15 组均未达到对照组水平。结果表明, 星斑川鲽饥饿耐受时间为 5~10 d, 超过此范围会对星斑川鲽消化系统组织结构造成不可修复的损害。

关键词: 星斑川鲽; 饥饿; 消化器官; 组织学

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)03-0445-08

组织学是定性描述鱼类营养状况比较常用的方法, 其最突出的特点是直观、可靠、容易解释。组织学指标是鱼类营养状况的最好指示物^[1-2]。目前鱼类养殖生产中, 由于饵料供应不稳定或成本等原因, 不规则停食和投饵是普遍存在的现象。国内外已有许多学者对大西洋鲱(*Clupea harengus*)和鲽(*Pleuronectes platessa*)^[3]、虹鳟(*Salmo gairdneri*)^[4]、南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen)^[5]、美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)^[6]等做过饥饿和再投喂的相关研究。相关研究显示, 鱼类在饥饿过程中消化系统组织结构的变化极其显著。饥饿及其引起的补偿生长是鱼类营养生理学研究的一个新领域, 对这一领域的研究有助于了解鱼类在补

偿生长过程中的特点、规律和生理机制, 为研究鱼类生长提供理论依据, 同时为研究其他水生经济动物的补偿生长提供参考。

星斑川鲽(*Platichthys stellatus*), 英文名 Starry flounder, 又称星突江鲽^[7], 隶属鲽形目(Pleuronectiformes)、鲽科(Pleuronectidae)、鲽亚科(Pleuronectinae)、川鲽属, 俗称珍珠鲽、沼鲽等, 是鲽类中的大型鱼种^[8]。其肌肉中含有丰富的胶原蛋白, 口感独特、味道鲜美, 具有较高的营养价值及经济价值, 是欧洲、日本最受欢迎的比目鱼类之一。近几年其人工养殖在国内发展迅速, 但在营养需求及日常管理方面存在较多问题。国外对星斑川鲽的研究较早也较多^[9-10], 中国对星斑川鲽的研

收稿日期: 2011-07-27; 修订日期: 2011-11-29.

基金项目: 辽宁省科技厅重大项目(2008203002).

作者简介: 张升利(1982-), 男, 工程师, 主要从事水产动物繁殖养殖技术研究. Tel: 13426476977; E-mail: zhangshengli998@163.com

通信作者: 姜志强, 教授. Tel: 0411-84762875; Email: zhqjiang@dlfu.edu.cn

究仅近几年才见诸报道^[11-17], 尚未见饥饿和再投喂对其消化器官形态结构和组织学影响的报道。本研究通过观察星斑川鲈在不同饥饿时间下以及恢复投喂后消化器官形态及组织结构变化情况, 探讨其补偿生长的生理机制, 同时为鱼类的补偿生长研究提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料来源与驯化

实验所用星斑川鲈体质量(26.02 ± 0.30) g, 为大连湾海珍品养殖场提供。2008 年 2 月运回后暂养 10 d 适应环境。适应期间每日 2 次(7:30、17:30)投饵(升索鲈配合饵料), 达饱食状态, 及时清理残饵及粪便。待摄食生长正常后, 随机选取健康、规格相近的星斑川鲈进行实验。

1.2 实验条件及管理

2008 年 3 月实验在大连海洋大学农业部海洋水产增养殖学重点开放实验室进行。将体质量为(26.02 ± 0.30) g 的星斑川鲈按照 14 尾/箱置于水族箱(50 L)中养殖, 实验所用海水采自大连市黑石礁海区, 经沉淀、砂滤后使用。水温控制在(19 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 盐度为 32 ± 1 , pH 值为 7.90 ± 0.15 , 保持昼夜连续充气, 每日全量换水 2 次(残饵粪便清理完毕后换水)。

1.3 实验设计

实验设 4 组进行, 分别饥饿 0 d(对照组 S0)、5 d(S5)、10 d(S10)、15 d(S15), 然后分别恢复投喂 20 d, 实验共进行 35 d。每组 14 尾鱼, 每组设置 3 个重复, 实验用的 12 个水族箱按完全随机化区组设计进行排列。

1.4 实验方法

分别在实验开始、饥饿结束及恢复投喂结束时随机取 2 尾星斑川鲈解剖, 并取其胃、肠、肝, Bouin 氏液固定, 24 h 后用 70%酒精冲洗并保存, 常规方法脱水, 常规石蜡切片, 厚度为 5 μm , Olympus 显微镜观察、拍照, 随机测定 20 个平行数据, 取平均值作为消化管数量性状。

1.5 数据与图像分析处理

实验数据的统计分析采用 SPSS13.0 和 Excel2003 进行, 实验所得图片采用 Photoshop7.0

进行处理。

2 结果与分析

2.1 消化器官形态结构的变化

星斑川鲈消化系统分为消化管和消化腺两部分。消化管主要包括食道、胃、和肠。食道壁较薄, 纵剖其内壁有纵褶, 后缘与胃相接处界限明显; 胃稍膨大, 胃壁较厚, 有褶皱突向管腔; 肠具有弹性, 肠系膜含有丰富的脂肪。消化腺为肝, 其为粉红色, 较大, 中间有缢痕, 分为 2 叶。

饥饿结束时, S5 组变化相对较小, 而 S10、S15 组变化明显, 胃体积缩小, 壁变薄, 肠变短、变细, 并逐渐失去弯曲形状, 肠管壁变薄变透明, 肠系膜脂肪基本消失而萎缩; 肝体积明显缩小, 颜色由原来的粉红色转变为深黄色。

恢复投喂至实验结束, S5 组恢复至对照组水平, S10 和 S15 组有不同程度的恢复, S10 组恢复优于 S15 组。

2.2 消化器官组织结构的变化

2.2.1 胃 对照组胃上皮为单层柱状细胞, 基核为近圆形, 细胞间界限明显, 胃腺细胞中含有嗜酸性的分泌颗粒, 腺细胞排列规整(图版 I-1)。饥饿结束时, S5、S10、S15 组上皮细胞高度均减小, 且各组上皮细胞的高度均与对照组呈极显著差异($P < 0.01$, 表 1)。同时随着饥饿时间的延长细胞界限逐渐不清晰, 胃腺细胞收缩, 分泌颗粒减少(图版 I-4、I-7、I-10)。恢复投喂后各组上皮细胞高度均恢复至对照组水平(表 1), 但 S15 组的腺腔仍然较小(图版 I-19)。S5、S10、S15 组肌层厚度随饥饿时间的延长呈先上升后下降的趋势, 各饥饿组与对照组差异均极显著($P < 0.01$, 表 2)。恢复投喂至实验结束, 各饥饿组肌层厚度均呈上升趋势, 但只有 S5 组在实验结束时恢复至对照组水平, S10、S15 组未达到对照组水平, 且与对照组差异显著(S10 组: $P < 0.01$; S15 组: $P < 0.05$, 表 2)。

2.2.2 肠 肠上皮为单层柱状细胞, 游离端具有排列整齐的纹状缘, 细胞间夹杂有一定数量的杯状细胞(图版 I-2)。饥饿后, S5 组肠组织结构变化不明显(图版 I-5), 但上皮细胞高度显著低于对照

组($P<0.01$, 表 3)。而 S10 和 S15 组肠组织表现出不同程度的损伤, S10、S15 组肠直径变小, 皱襞高度下降, 上皮细胞的高度显著降低($P<0.01$, 表 3), 但是结构比较完整; S10 组纹状缘高度减小, S15 组纹状缘消失, 且随着饥饿时间的延长, 杯状细胞有不同程度的增加(图版 I-8、I-11)。恢复投喂至实验结束时, S5、S10 组纹状缘高度增加, 柱状上皮细胞高度接近对照组($P>0.05$); S15 组肠上皮细胞高度增加, 纹状缘明显, 但仍显著低于对照组($P<0.01$, 表 3)(图版 I-14、I-17、I-20)。S5、S10、S15 组肌层厚度随饥饿时间的延长呈先上升后下降的趋势, 各饥饿组与对照组差异极显著

($P<0.01$, 表 4)。恢复投喂至实验结束, 各饥饿组肌层厚度均呈上升趋势, 但只有 S5 组恢复至对照组水平, 差异不显著($P>0.05$); S10、S15 组仍未达到对照组水平, 且与对照组差异极显著($P<0.01$, 表 4)。

2.2.3 肝 正常肝肝细胞内充满体积较大的脂质空泡, 细胞核被挤到一侧, 细胞界限明显(图版 I-3)。饥饿结束时, S5 组无明显变化(图版 I-6), 而 S10、S15 组不同程度地表现为肝组织致密, 肝细胞体积缩小, 脂质空泡数量减少, 细胞界限不明显, 排列不规则, 细胞内的分泌颗粒减少, 肝血窦明显(图版 I-9、I-12)。恢复投喂过程中, S5、S10

表 1 星斑川鲮饥饿和再投喂后胃上皮细胞高度的变化

Tab. 1 Height changes of stomach epithelia of *Platichthys stellatus* at the end of starvation and re-feeding.

$n=3; \bar{x} \pm SD; \mu m$

组别 group	饥饿结束 at the end of starvation	恢复投喂结束 at the end of re-feeding		
S0	52.63±2.63	53.51±4.02	50.88±1.52	52.63±2.63
S5	45.61±1.52**	56.14±4.02		
S10	40.35±1.52**		48.25±1.52	
S15	29.82±1.52**			52.63±1.08

注: **表示与对照组差异极显著($P<0.01$)。

Note: ** donates significant difference compared with control at 0.01 level.

表 2 星斑川鲮饥饿和再投喂后胃肌层厚度的变化

Tab.2 Thickness changes of stomach muscle layer of *Platichthys stellatus* at the end of starvation and re-feeding

$n=3; \bar{x} \pm SD; \mu m$

组别 group	饥饿结束 at the end of starvation	恢复投喂结束 at the end of re-feeding		
S0	135.09±4.02	195.61±1.52	216.67±1.52	237.72±4.02
S5	178.07±3.04**	192.98±4.02		
S10	193.86±1.52**		203.51±3.04**	
S15	153.51±1.52**			226.32±5.26*

注: *表示与对照组差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$)。

Note: * donates significant difference compared with control at 0.05 level and ** donates significant difference at 0.01 level.

表 3 星斑川鲮饥饿和再投喂后肠上皮细胞高度的变化

Tab. 3 Height changes of gut epithelia of *Platichthys stellatus* at the end of starvation and re-feeding

$n=3; \bar{x} \pm SD; \mu m$

组别 group	饥饿结束 at the end of starvation	恢复投喂结束 at the end of re-feeding		
S0	38.60±1.52	44.74±2.63	38.60±1.52	44.74±0.00
S5	30.70±1.52**	43.86±4.02		
S10	26.32±0.00**		39.47±2.63	
S15	24.56±1.52**			38.60±1.52**

注: **表示与对照组差异极显著($P<0.01$)。

Note: ** donates significant difference compared with control at 0.01 level.

表 4 星斑川鲈饥饿和再投喂后肠肌层厚度的变化
 Tab. 4 Thickness changes of gut muscle of *Platichthys stellatus* at the end of starvation and re-feeding

$n=3; \bar{x} \pm SD; \mu\text{m}$

组别 group	饥饿结束 at the end of starvation	恢复投喂结束 at the end of re-feeding		
S0	40.35±1.52	60.53±2.63	89.47±4.56	92.98±1.52
S5	56.14±4.02**	60.53±0.00		
S10	78.95±2.63**		72.98±1.52**	
S15	64.91±1.52**			77.19±3.04**

注: **表示与对照组差异极显著($P<0.01$).

Note: ** donates significant difference compared with control at 0.01 level.

组肝细胞增大, 脂滴数量明显增多、增大, 细胞界限恢复清晰(图版 I-15、I-18); S15 肝细胞增大, 脂滴数量有所增加, 但肝细胞排列比较混乱(图版 I-21)。实验结束时各实验组基本恢复至对照组水平。

3 讨论

3.1 饥饿对消化器官形态及组织结构的影响

本实验研究表明, 星斑川鲈饥饿后, 其胃、肠、肝均发生不同程度的变化。形态结构表现为: 胃体积缩小, 胃腺腔变小; 肠变短、变细, 肠管壁变薄、变透明; 肝体积明显缩小, 颜色由原来的粉红色转变为深黄色。这与哲罗鱼(*Hucho taimen*)^[1]、南方鲈(*Silurus meridionalis* Chen)^[5]、美国红鱼^[6]、美洲黄盖鲈(*Pleuronectes americanus*)^[18]、河鲈(*Perca fluviatilis*)^[19]、日本黄姑鱼(*Nibea japonica*)^[20]在饥饿后发生的变化相一致。高露姣等^[21]在饥饿对杂交鲟(*Huso huso*♀×*Acipenser baeri*♂)消化系统发育影响的研究中亦有类似报道。组织结构上表现为胃皱襞和上皮细胞高度均降低, 胃肌层厚度随饥饿时间的延长呈先上升后下降的趋势。这与李霞等^[6]对美国红鱼的报道相一致。推测其原因, 可能是鱼在饥饿过程中为了适应不良环境而将能量储存在肌肉内, 以备在长时间饥饿过程中保证能量供应, 因此胃肌肉层厚度在短时间饥饿时加厚, 而随着饥饿时间的延长, 其厚度逐渐下降。胃腺细胞明显收缩, 胃腺杂乱, 分泌颗粒减少; 肠的直径变小, 皱襞高度降低, 柱状上皮细胞高度减小, 纹状缘变得不规则甚至消失,

肠肌层厚度呈先上升后下降的趋势。其胃肠肌层厚度的变化规律与李霞等^[6]对美国红鱼的报道, 与楼宝等^[20]对日本黄姑鱼的报道相一致, 而与宋昭彬等^[5]对南方鲈的研究结果不同。推测其原因可能与胃肌层的变化相似。肝萎缩并变得非常致密, 肝细胞体积缩小, 排列不规则, 脂质空泡数量减少, 细胞内的分泌颗粒减少, 这亦与李霞等^[6]对美国红鱼的报道、楼宝等^[20]对日本黄姑鱼的报道相一致。

由于饥饿, 外源能量无法获得, 其维持生命活动所需的能量必须通过消耗自身的组织来获得。这必然会引起某些器官发生变化。在犬齿牙鲈(*Paralichthys dentatus*)^[2]、虹鳟^[4]、美国红鱼^[6]、南方鲈^[5,22]和大西洋鳕(*Gadus morhua*)^[23]等多种鱼类中均观察到由于饥饿引起的胃、肠及肝等结构的变化。

对比 S10、S15 组饥饿前后胃组织细胞结构的变化, 笔者认为星斑川鲈经过较长时间的饥饿后, 即使及时得到食物补充, 也难以恢复到初始时的良好生理状态。主要是由于饥饿 10、15 d 后胃结缔组织增生, 褶皱减少, 柱状上皮细胞高度下降, 胃腺细胞萎缩, 造成细胞生理机能严重受损。与其他学者的研究相对比, 发现饥饿对鱼类胃造成损伤的程度, 在不同种类的鱼表现不一。Burnstock^[24]研究发现, 饥饿对大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)胃影响显著。而 Macleod^[4]研究了饥饿对太平洋鲑(*Oncorhynchus* spp.)、洄游虹鳟及非洄游虹鳟胃解剖学特征的影响, 发现太平洋鲑饥饿后胃变化显著, 而非洄游虹鳟胃几乎

无变化。犬齿牙鲈^[2]、南方鲷^[5]和美国红鱼^[6]饥饿后与星斑川鲷胃组织结构的变化相似,而与虹鳟^[4]和大西洋鲱^[23]有所不同。

在肠的组织结构上,饥饿致使星斑川鲷肠黏膜变得不连续、不紧密,上皮细胞高度严重下降,纹状缘萎缩,不光滑,甚至局部脱落等。这与犬齿牙鲈^[2]、大西洋鲱和鲈^[3]、南方鲷^[5]、美国红鱼^[6]、大西洋鲱^[23]和金头鲷(*Sparus aurata* L.)^[25]在饥饿过程中肠的形态和组织学变化相类似。由此可见,不同种类的鱼对饥饿的耐受力 and 适应性存在差别,但在由于饥饿引起的肠组织结构的变化上却大致相同。

在肝组织结构上,星斑川鲷在饥饿过程中,肝体积缩小,肝细胞体积缩小,细胞间界限不明显,脂肪滴减少,与饥饿后美国红鱼^[6]、日本黄姑鱼^[20]、施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)^[26]肝组织结构的变化相似。为维持生命活动,不同种类的鱼对不同器官贮存的营养物质动用存在差异,同时对能量的利用种类和顺序也有所不同。如草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)饥饿时主要消耗糖类和脂肪,蛋白质含量变化不明显^[27];南方鲷幼鱼、大西洋鲱和欧洲鳗鲡(*Anguilla anguilla*)在饥饿初期阶段主要消耗身体储存的糖原和脂肪,而随着饥饿时间的延长主要消耗蛋白质^[28-29];美国红鱼饥饿过程中主要利用脂类作为能量的补充^[6];而真鲷(*Pagrosomus major*)在饥饿过程中则优先将蛋白质作为能量物质,然后利用脂类^[30]。本研究发现,星斑川鲷饥饿后胃、肠、肝变化非常显著,且肝的损伤程度和恢复速度要较胃和肠明显,说明星斑川鲷在饥饿过程中首先动用肝中能量来补充自身需要,这与李霞等对美国红鱼的报道类似^[6]。

3.2 饥饿后再投喂对消化器官组织结构的影响

高露姣等^[26]报道了施氏鲟在饥饿 7、14 和 21 d 后恢复投喂 30 d 各组组织结构恢复情况,肝恢复最快,胃和肠次之,本研究中发现同样规律。李霞等^[6]通过对饥饿和恢复投喂后美国红鱼消化器官结构变化以及鱼体生长情况的研究,得出消化器官组织结构的恢复与补偿生长现象的出现存在

密切关系,本研究也得到相同结论。通过比较饥饿和恢复投喂后星斑川鲷消化器官结构的变化和生长状况,可以看出消化器官组织结构的恢复与星斑川鲷的生长保持高度的一致性。在恢复投喂实验结束时, S5 组体质量恢复至对照组水平,表现出超补偿生长的特点,而 S10、S15 组体质量低于对照组水平^[16]。与此同时 S5、S10、S15 组胃、肠、肝亦有不同程度的恢复, S5 组恢复到对照组水平,而 S10、S15 组均未达到对照组水平,且 S15 组的恢复情况与 S10 组相比较差。实验结果说明饥饿处理时间越长,消化器官组织结构损伤程度就越大,恢复到正常生理状态就越困难。这也说明消化器官组织结构和功能是相辅相成的,恢复得越好,其生理功能就越强,其生长就越快,从而从组织学角度揭示了星斑川鲷产生补偿生长的机理。虽然目前对鱼类饥饿引起的补偿生长的机制有不同看法,但只有鱼类自身的组织结构达到正常状态时,其生长等生命活动才能正常进行。

参考文献:

- [1] 张永泉, 刘奕, 徐伟, 等. 饥饿对哲罗鱼仔鱼形态、行为和消化器官结构的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(4): 330-336.
- [2] Bisbal G A, Bengtson D A. Description of the starving condition in summer flounder, *Paralichthys dentatus*, early life history stages [J]. Fish Bull, 1995, 93: 217-230.
- [3] Ehrlich K F, Blaxter J H S, Pemberton R. Morphological and histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae[J]. Mar Biol, 1976, 35: 105-118.
- [4] Macleod M G. Effects of salinity and starvation on the alimentary canal anatomy of the rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson[J]. J Fish Biol, 1978, 12: 71-79.
- [5] 宋昭彬, 何学福. 饥饿对南方鲷仔稚鱼消化系统的形态和组织学影响[J]. 水生生物学报, 2000, 24(2): 155-159.
- [6] 李霞, 姜志强, 谭晓珍, 等. 饥饿和再投喂对美国红鱼消化器官组织学的影响[J]. 中国水产科学, 2002, 9(3): 211-214.
- [7] 李思忠, 王惠民. 中国动物志: 硬骨鱼纲-鲷形目[M]. 第 1 版. 北京: 科学出版社, 1995: 91-255.
- [8] Neilson J S. Fishes of the world[M]. 3rd ed. Toronto: John Wiley & Sons Inc, 1994: 105-106.
- [9] Yusa T. Eggs and larvae of flatfishes in the coastal waters of

- Hokkaido. I. Embryonic development of the starry flounder *Platichthys stellatus*[J]. Bull Hokkaido Region Fish Res Lab, 1957, 15: 1-14.
- [10] David P, Paul S. Early life history of the starry flounder, *Platichthys stellatus*, reared through metamorphosis in the laboratory[J]. Trans Am Fish Soc, 1979, 108: 326-327.
- [11] 李迪, 陈四清, 刘志鸿, 等. 星斑川鲷染色体核型分析[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(2): 20-25.
- [12] 王波, 刘振华, 孙丕喜, 等. 星斑川鲷胚胎发育的形态观察[J]. 海洋学报, 2008, 30(2): 130-136.
- [13] 刘世禄, 王波, 刘振华, 等. 星斑川鲷的营养分析与评价[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(6): 18-24.
- [14] 丁立云, 张利民, 王际英, 等. 饲料蛋白水平对星斑川鲷幼鱼生长、体组成及血浆生化指标的影响[J]. 中国水产科学, 2010, 17(6): 1285-1292.
- [15] 崔立娇, 张利民, 王际英, 等. 饲料中添加锌对星斑川鲷幼鱼生长、生理生化指标和机体抗氧化的影响[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(1): 114-121.
- [16] 梁拥军, 孙向军, 张升利, 等. 饥饿后再投喂对星斑川鲷生长、摄食的影响[J]. 水产科学, 2011, 30(3): 125-131.
- [17] 孙向军, 梁拥军, 张升利, 等. 饥饿后再投喂对星斑川鲷生化组成以及能值的影响[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(1): 24-31.
- [18] Maddock D M, Burton M P M. Some effects of starvation on the lipid and skeletal muscle layers of the winter flounder, *Pleuronectes americanus*[J]. Can J Zool, 1994, 72: 1672-1679.
- [19] Mehner T, Wieser W. Energetics and metabolic correlates of starvation in juvenile perch(*Perca fluviatilis*)[J]. J Fish Biol, 1994, 45: 325-333.
- [20] 楼宝, 史会来, 骆季安, 等. 饥饿和再投喂对日本黄姑鱼代谢率和消化器官组织学的影响[J]. 海洋渔业, 2007, 29(2): 140-147.
- [21] 高露姣, 陈立侨, 宋兵, 等. 饥饿对杂交鲟消化系统发育的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2006, 15(4): 442-446.
- [22] 付世建, 邓利, 张文兵, 等. 南方鲇幼鱼胃和肝脏的组织结构及其在饥饿过程中的变化[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1999, 24(3): 336-342.
- [23] Kjrvik E, van der Meeren T, Kryvi H, et al. Early development of the digestive tract of cod larvae, *Gadus morhua* L., during start - feeding and starvation[J]. J Fish Biol, 1991, 38: 1-15.
- [24] Bumstock G. The morphology of the gut of the brown trout (*Salmon trutta*)[J]. Q J Microscop Sci, 1959, 100: 183-198.
- [25] Yufera M, Pascual E, Polo A, et al. Effect of starvation on the feeding ability of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae at first feeding[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1993, 169: 259-272.
- [26] 高露姣, 陈立侨, 赵晓勤, 等. 施氏鲟幼鱼的饥饿和补偿生长研究——对消化器官结构和酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 2004, 11(5): 413-419.
- [27] 沈文英, 林浩然, 张为民. 饥饿和再投喂对草鱼鱼种生物化学组成的影响[J]. 动物学报, 1999, 45(4): 404-412.
- [28] Larsson A, Lewander K. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. [J]. Comp Biochem Physiol, 1973, 44: 367-374.
- [29] Wilkin N P. Starvation of herring, *Clupea harengus* L.: Survival and some gross biochemical changes[J]. Comp Biochem Physiol, 1967, 23: 503-518.
- [30] 吴立新, 董双林. 水产动物继饥饿或营养不足后的补偿生长研究进展[J]. 应用生态学报, 2000, 11(6): 943-946.

Effects of starvation and subsequent feeding on morphological and histological structure of digestive system in *Platichthys stellatus*

ZHANG Shengli¹, LIANG Yongjun¹, SUN Xiangjun¹, SU Jiantong¹, JIANG Zhiqiang³, GUO Zhongbao², MA Jing³

1. Beijing Fisheries Research Institute, Beijing 10068, China;

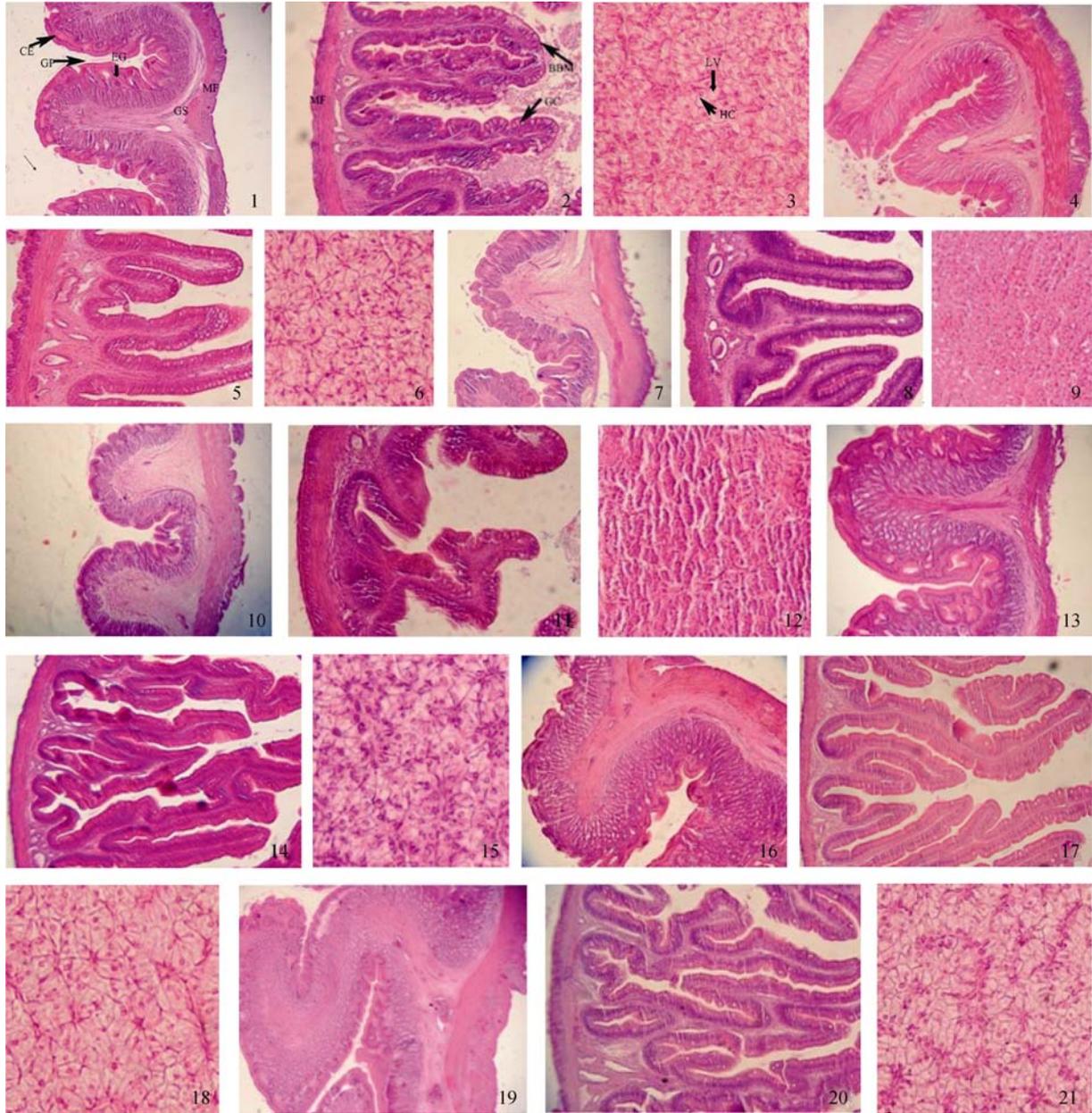
2. Guangxi Institute of Fisheries, Nanning 530021, China;

3. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Agriculture, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China

Abstract: We evaluated the effects of starvation and subsequent re-feeding on the structure of digestive system in *Platichthys stellatus*. We documented changes in morphological and histological structure by observation of paraffin-sectioned gut tissue. Groups of fish (mean weight 26.02±0.30 g) were starved for 5 (S5), 10 (S10), or 15 (S15) days. A control group was fed as normal. All fish were held at at (19±1)°C and 32±1 salinity. We observed changes in the morphological structure of individuals in groups S10 and S15. The gastric volume decreased and the gastric wall thinned; the tube wall of the intestine was thinner and transparent while the mesentery was shrunken. The hepatopancreas was atrophied and its color changed from pink to deep yellow. The changes in structure were more evident in groups S10 and S15 than S5. The height of the epithelial cells, gastric gland cells, and the secretory granules in the stomach all decreased and the cell boundary became blurred. There was a decrease in the height of the epithelial cells and the rugae in the intestine. The striated border also decreased in height, and was even absent in some individuals. We observed an increase in the number of goblet cells, the hepatic tissue was compacted, and there was a decrease in lipid volume and the number of secretory granules in hepatic cells, while the cell boundary become blurred. We observed some degree of recovery following resumption of feeding. Our results suggest that *P. stellatus* are able to tolerate 5–10 d starvation, beyond which irreparable damage is likely to occur to the histological structures of the digestive system.

Key words: starvation; digestive system; histology; *Platichthys stellatus*

Corresponding author: JIANG Zhiqiang. Tel: +86 411-84762875, E-mail: zhqjiang@dlfu.edu.cn



图版 I 不同实验组星斑川鲽胃、肠以及肝的组织结构

1. S0组胃腺, $\times 200$; 2. S0组肠, $\times 200$; 3. S0组肝, $\times 400$; 4. S5组饥饿后胃腺, $\times 200$; 5. S5组饥饿后肠, $\times 200$; 6. S5组饥饿后肝, $\times 400$; 7. S10组饥饿后胃腺, $\times 200$; 8. S10组饥饿后肠, $\times 200$; 9. S10组饥饿后肝, $\times 400$; 10. S15组饥饿后胃腺, $\times 200$; 11. S15组饥饿后肠, $\times 200$; 12. S15组饥饿后肝, $\times 400$; 13. S5组恢复投喂结束时胃腺, $\times 200$; 14. S5组恢复投喂结束时肠, $\times 200$; 15. S5组恢复投喂结束时肝, $\times 400$; 16. S10组恢复投喂结束时胃腺, $\times 200$; 17. S10组恢复投喂结束时肠, $\times 200$; 18. S10组恢复投喂结束时肝, $\times 400$; 19. S15组恢复投喂结束时胃腺, $\times 200$; 20. S15组恢复投喂结束时肠, $\times 200$; 21. S15组恢复投喂结束时肝, $\times 400$. BBM: 纹状缘; CE: 柱状上皮细胞; EG: 嗜酸性分泌颗粒; GC: 杯状细胞; GP: 胃小凹; GS: 黏膜下层; HC: 肝细胞; LV: 脂质空泡; MF: 肌层.

Plate I Histological structure of stomach, intestine and liver in *Platichthys stellatus* of different groups

1. Gastric glands of S0, $\times 200$; 2. Intestines of S0, $\times 200$; 3. Liver of S0, $\times 400$; 4. Gastric glands of S5 after stivation, $\times 200$; 5. Intestines of S5 after stivation, $\times 200$; 6. Liver of S5 after stivation, $\times 400$; 7. Gastric glands of S10 after stivation, $\times 200$; 8. Intestines of S10 after stivation, $\times 200$; 9. Liver of S10 after stivation, $\times 400$; 10. Gastric glands of S15 after stivation, $\times 200$; 11. Intestines of S15 after stivation, $\times 200$; 12. Liver of S15 after stivation, $\times 400$; 13. Gastric glands of S5 after subsequent feeding, $\times 200$; 14. Intestines of S5 after subsequent feeding, $\times 200$; 15. Liver of S5 after subsequent feeding, $\times 400$; 16. Gastric glands of S10 after subsequent feeding, $\times 200$; 17. Intestines of S10 after subsequent feeding, $\times 200$; 18. Liver of S10 after subsequent feeding, $\times 400$; 19. Gastric glands of S15 after subsequent feeding, $\times 200$; 20. Intestines of S15 after subsequent feeding, $\times 200$; 21. Liver of S15 after subsequent feeding, $\times 400$. BBM: striated border; CE: columnar epithelial cells; EG: eosinophilia granule GC: goblet cells; GP: gastric pits; GS: submucous layer; HC: hepatic cell; LV: lipid vacuole; MF: muscular layer.