

# 鲢、鳙滤食及消化器官的发育、构造与食性的相互关系

孙晓明

孟庆闻

(浙江省水产局, 杭州 310007)

(上海水产大学, 200090)

**提 要** 本文通过大体解剖、显微解剖、组织切片及扫描电镜等方法研究鲢、鳙不同发育阶段滤食及消化器官与食性的相互关系。鳃耙左右侧对称, 从外向内面积递减。鲢全长 26mm 时, 分离的鳃耙间开始出现桥形横联; 全长 85mm, 开始形成外鳃耙网。鳃耙的分化发生于全长 41—99mm。成鱼鳃耙均有许多粘液孔; 仔鱼期鳃耙端部无粘液孔, 鳃耙沟中有少量粘液孔, 鳃耙基部侧缘有侧突的锥型。腭褶表面均有次级腭褶及微腭褶, 微腭褶表面有味蕾分布。腭褶内部、咽上器官周围及每一鳃耙管外围均有与滤食有关的肌纤维群。鲢、鳙肠管的长度及直径发育早期相同, 后期鳙的肠管短于鲢, 管径大于鲢。滤食下限规格, 鲢全长 7.8mm 时为 25 $\mu$ , 全长 56mm 以后为 10 $\mu$ ; 鳙终生为 25 $\mu$ 。着重探讨了进食过程及有关器官在进食过程中的作用。

**关键词** 鲢, 鳙, 个体发育, 滤食及消化器官, 形态构造与功能

鲢 *Hypophthalmichthys molitrix* 和鳙 *Aristichthys nobilis* 是典型的滤食性鱼类。方炳文(1928)对鲢、鳙成鱼的滤食器官作了较为详细的研究。维里根 B. B. (1958) 研究鲢幼鱼, 提出鳃耙间距在个体发育中恒定。倪达书(1954)讨论了鲢、鳙饵料问题。孟庆闻、苏锦祥(1960)对白鲢成鱼进行了系统解剖。Hossler(1979, 1983)用扫描电镜对鲮、底鳍鳃弓表面进行观察。刘焕亮(1981)对鲢、鳙的滤食器官作了较仔细的研究, 探讨了鳃耙管的机能。何志辉(1987)认为白鲢滤食下限规格 10—20 $\mu$ 。我们拟在前人工作基础上采用电镜等技术, 测量有关数据, 注意与滤食器官有关的肌群, 进一步探讨个体发育中有关器官的发育、构造与食性的相互关系。

## 材 料 和 方 法

鲢全长小于 56mm 及鳙全长小于 41mm 的标本采自上海青浦水产养殖场, 用 4% 福尔马林固定; 大于以上规格的标本采自绍兴县鱼种场, 用 10% 福尔马林固定。新鲜标本采自上海鱼市场。进行大体解剖、组织切片; 日产 ISI-DS130 扫描电镜观察。成鱼鳃耙依 Dingerkus(1979)用胰蛋白酶等制成骨骼染色标本。有关可量性状用测微尺作镜下测量, 可数性状在解剖镜或显微镜下用计数器计数。鳃耙面积用方格纸计数测量。肌肉体积采用液体称重法。

## 结 果

1、鲢、鳙的鳃耙 鲢、鳙的滤食器官由鳃耙、腭褶及咽上器官构成。取下从咽上器官的鳃耙管管口到鳃弓前端的4对鳃耙,由外向内分别编号为1—4,并测量各鳃耙的最长鳃耙(L)及每一鳃弓外列鳃耙的过滤面积(S)。从表1的数据说明个体发育中,左右侧

表1 鲢、鳙鳃耙长度(L-mm)及面积(S-mm<sup>2</sup>)的关系Table 1 Length (mm) and area (mm<sup>2</sup>) of the gill-rakers in the silver carp and bighead

| 鳃耙<br>全长<br>(mm) | L/S | 左 侧        |            |            |            | 右 侧        |           |           |           |
|------------------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                  |     | 1          | 2          | 3          | 4          | 1          | 2         | 3         | 4         |
| 8.8              |     | 0.26/0.294 | 0.15/0.198 | 0.14/0.187 | 0.12/0.135 | 0.27/0.299 | 0.16/0.21 | 0.15/0.20 | 0.12/0.13 |
| 25               |     | 0.92/2.70  | 0.63/1.90  | 0.44/1.20  | 0.40/1.00  | 0.90/2.60  | 0.61/1.80 | 0.47/1.40 | 0.39/1.00 |
| 66               |     | 2.1/15.4   | 1.7/13.3   | 1.7/12.3   | 1.5/10.1   | 2.0/14.4   | 1.7/13.0  | 1.6/12.2  | 1.5/10.4  |
| 452              |     | 17/1010    | 14/876     | 13/791     | 12/618     | 16.5/1032  | 14/868    | 13/770    | 12/631    |
| 14               |     | 0.27/0.21  | 0.16/0.15  | 0.16/0.13  | 0.12/0.10  | 0.27/0.20  | 0.17/0.14 | 0.16/0.13 | 0.13/0.10 |
| 41               |     | 1.3/6.1    | 0.92/4.60  | 0.86/4.10  | 0.69/3.00  | 1.30/6.40  | 0.90/4.50 | 0.82/3.90 | 0.65/2.90 |
| 465              |     | 18/1104    | 14/886     | 13/792     | 12/716     | 17.5/1082  | 14.5/906  | 13/793    | 12/685    |

鳃耙形态、大小都是对称的,性状是稳定的。

鲢、鳙每侧均有9列鳃耙,从外向内分别编号为1—9。测量其过滤面积(S),可见其过滤面积由外向内递减(表2)。

表2 鲢、鳙左侧鳃耙面积 S(mm<sup>2</sup>)的比较Table 2 Comparison of area (mm<sup>2</sup>) of the gill-rakers in the silver carp and bighead (left side)

| 鳃耙<br>全长<br>(mm) | S | 左 侧   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| 8.8              |   | 0.294 | 0.206 | 0.198 | 0.190 | 0.187 | 0.143 | 0.135 | 0.088 | 0.061 |
| 452              |   | 1010  | 944   | 876   | 832   | 791   | 724   | 618   | 503   | 394   |
| 14               |   | 0.208 | 0.140 | 0.149 | 0.137 | 0.125 | 0.105 | 0.097 | 0.081 | ..... |
| 465              |   | 1104  | 896   | 886   | 858   | 792   | 751   | 716   | 554   | 384   |

考虑到鱼的进食过程,着重观察了鳃耙不同部位耙长的变化(表3)。鳃耙中部的耙长从外向内渐递减,变化较平缓;近咽部耙长变化明显不同,相邻鳃弓间耙长相差不大,而同一鳃弓的内外鳃耙长度则相差明显,这在鱼类的进食中有重要意义。对鲢、鳙成鱼左 I 外列鳃耙作横切,可见鳃耙沟的后 1/3 段向下凹陷呈槽状。

镜下测量不同发育阶段鳃耙及鳃丝的最大长度(表4),由表4数据可见鲢、鳙发育早期鳃丝长度都大于鳃耙长度,随着发育的进行,这两个长度的比值渐趋1,鲢全长25mm,鳙全长约30mm时比值为1,此后比值小于1,即最长鳃耙长于最长鳃丝。

表3 鲢、鳙左侧鳃耙不同部位耙长 L(mm) 比较

Table 3 Comparison of the length (mm) of gill-rakers in different position in the silver carp and bighead (left)

| 鱼部         | 鳃耙部位 | 第 I 鳃弓 |    | 第 II 鳃弓 |      | 第 III 鳃弓 |      | 第 IV 鳃弓 |      | 咽  | 骨 |
|------------|------|--------|----|---------|------|----------|------|---------|------|----|---|
|            |      | 1      | 2  | 3       | 4    | 5        | 6    | 7       | 8    | 9  |   |
| 鲢<br>452mm | 中部   | 17     | 16 | 14      | 14   | 13       | 13   | 13      | 12   | 12 |   |
|            | 近咽   | 16     | 13 | 14      | 12   | 13       | 10   | 11      | 6    | 3  |   |
| 鳙<br>465mm | 中部   | 18     | 14 | 14      | 12.5 | 13       | 12.5 | 12      | 10.5 | 9  |   |
|            | 近咽   | 17     | 12 | 12      | 8    | 12       | 8    | 10      | 7    | 4  |   |

表4 鲢、鳙最长鳃耙、最长鳃丝与全长的关系(mm)

Table 4 Relationships between the gill-rakers length, gill filaments length and total length in the silver carp and bighead (mm)

|             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 鲢全长<br>(mm) | 7.8  | 8.8  | 11   | 14   | 15   | 17   | 22   | 25   | 30   | 56   | 85   | 100 | 125 | 160 | 230 |
| 鳃耙长<br>(mm) | 0.21 | 0.26 | 0.4  | 0.44 | 0.45 | 0.55 | 0.72 | 0.74 | 1.08 | 2.08 | 2.50 | 3.4 | 4.4 | 5.3 | 8   |
| 鳃丝长<br>(mm) | 0.35 | 0.36 | 0.48 | 0.49 | 0.6  | 0.61 | 0.70 | 0.74 | 0.98 | 1.73 | 2.00 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 4   |
| 鳙全长<br>(mm) | 12   | 14   | 16   | 20.5 | 24   | 30   | 41   | 99   |      | 135  |      | 160 |     | 225 |     |
| 鳃耙长<br>(mm) | 0.19 | 0.27 | 0.3  | 0.51 | 0.73 | 0.92 | 1.4  | 3.2  |      | 3.8  |      | 4.7 |     | 6.1 |     |
| 鳃丝长<br>(mm) | 0.31 | 0.37 | 0.43 | 0.71 | 0.82 | 0.87 | 1.3  | 2.0  |      | 2.8  |      | 3.4 |     | 5.3 |     |

鳃耙长度增长曲线基本上为一直线,全长小于 100mm 时,鲢、鳙差异不大,随着体长的增加,出现较显著差别(图 1)。鳃耙数量增长曲线呈一弧形,发育过程中,前期增长较快,鲢鳃耙数始终多于鳙,全长 30mm 以前,鳃耙数量增长速率比较一致;而全长 200mm 的鳙鳃耙数为 334,全长相同的鲢达 817。

个体发育的最初阶段,鲢、鳙鳃耙形态相似,后期出现分化。鲢全长小于 17.5mm,各鳃耙间相互分离,每一条鳃耙呈圆柱形,仅端部稍膨大,直径 20—30 $\mu$ ,鳃耙两侧缘有少量排列不规则的侧突,随着体长的增加,侧突数逐渐增加;全长 22mm 时鳃耙中部两侧出现发达程度不等,较侧突宽大的瘤状突起,横径约 20—50 $\mu$ ,全长 26mm 时开始出现 1—2 条联结相邻鳃耙间的骨质桥形结构;全长 26—56mm,鳃耙面积不断增大,骨桥数亦增加,全长 56mm,相邻鳃耙间骨桥多达 5—6 条,形成致密的内鳃耙网;全长 85mm,鳃耙已分化并形成简单的外鳃耙网,以后渐趋复杂,近鳃弓处外鳃耙网厚而坚;全长 452mm,鳃耙端部呈锐角状,中部及基部鳃耙厚度分别为 1.36 和 2.52mm。成鱼鳃耙均明显侧扁,可分为宽、窄两种鳃耙,每隔 6—8 条窄鳃耙就有一条宽鳃耙。外鳃耙网有许多孔道,开口均呈一倾斜角度指向鳃耙下后方,利于水流排出。内鳃耙网孔呈规则的矩形(图版-1~5)。

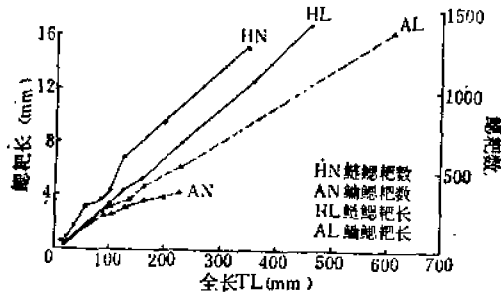


图 1 鳃耙数及长度(mm)与全长(mm)的关系  
Fig. 1 Relationship between number and length(mm) of gill-rakers and total length (mm)

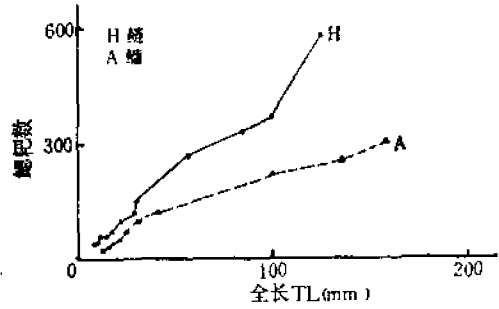


图 2 发育早期,鳃耙数与全长(mm)的关系  
Fig. 2 Relationship between number of gill-rakers and TL(mm) in early development stage

鳙鳃耙发育过程中始终分离,全长 41mm 以前与鲢相似,全长 99mm 已分化出侧扁的宽、窄及过渡型三种鳃耙。鳃弓两端均有一段区域未分化出宽、窄鳃耙,其未分化鳃耙的最大长度较一致,为 1.58—1.8mm。成鱼鳃耙外形见图版-6。

鲢、鳙鳃耙间距的变化不同,全长 10—12mm,两者鳃耙间距较接近;而后,鲢的耙间距稳定在约 20—30 $\mu$ ;鳙则随鱼体长度的增加而缓慢增加,全长 20mm 以前增长较快,此后则非常缓慢。鲢、鳙每一根鳃耙近鳃耙沟的一面,从上到下都有向左右侧缘突起的鳃耙侧突,相邻鳃耙间的侧突相互嵌合排列,在滤食过程中起重要作用。全长 16mm 以前鲢、鳙较相似,仅有零星侧突,而后发生差异,鲢鳃耙侧突增长缓慢,侧突间距稳定于 20—30 $\mu$ ,鳙鳃耙侧突长度增长较快,侧突间距也始终缓慢增加(表 5)。

表 5 个体发育中,鲢、鳙鳃耙与滤食有关性状的变化  
Table 5 Changes of filtering characters of gill-rakers  
Ontogenesis of silver carp and bighead

|   |                | 全 长(mm) | 7.8   | 8.8 | 11   | 14   | 15    | 17 | 22    | 25    | 30   | 56  | 85  | 100  | 125  | 160   | 280  |       |
|---|----------------|---------|-------|-----|------|------|-------|----|-------|-------|------|-----|-----|------|------|-------|------|-------|
| 鲢 | 侧突长( $\mu$ )   |         | 5     | 5   | —    | 5—8  | —     | —  | —     | —     | 5—10 | —   | —   | 6—10 | 8—11 | 8—12  | 8—12 |       |
|   | 侧突间距( $\mu$ )  |         | 40—50 | —   | —    | —    | —     | —  | 20—30 | —     | —    | —   | —   | —    | —    | 20—25 | —    |       |
|   | 鳃耙厚度( $\mu$ )  |         | —     | —   | —    | —    | 15—25 | —  | —     | —     | —    | —   | —   | —    | —    | 20—30 | —    | 30—40 |
|   | 耙间距( $\mu$ )   |         | 25    | 25  | —    | —    | —     | —  | —     | —     | —    | —   | —   | —    | —    | —     | —    | —     |
|   | 矩形滤孔长( $\mu$ ) |         | —     | —   | —    | —    | —     | —  | —     | —     | —    | —   | —   | —    | —    | —     | —    | —     |
|   |                | 全 长(mm) | 12    | 14  | 16   | 20.5 | 24    | 30 | 41    | 99    | 135  | 160 | 225 | 452  |      |       |      |       |
| 鳙 | 侧突长( $\mu$ )   |         | 5     | 5   | 5—10 | —    | 10—15 | —  | —     | 12—18 | —    | —   | —   | —    | —    | 20—30 | —    | 25—35 |
|   | 侧突间距( $\mu$ )  |         | 40—50 | —   | —    | —    | —     | —  | —     | —     | —    | —   | —   | —    | —    | —     | —    | —     |
|   | 鳃耙厚度( $\mu$ )  |         | 15—25 | —   | —    | —    | —     | —  | —     | —     | —    | —   | —   | —    | —    | —     | —    | —     |
|   | 耙间距( $\mu$ )   |         | 20—30 | —   | —    | —    | —     | —  | —     | —     | —    | —   | —   | —    | —    | —     | —    | —     |

鳃耙超微结构,鲢全长 8.8mm 时,鳃耙端部较平滑,每个侧突由 3—4 个表皮细胞覆盖组成,位于基部的粘液孔较少,全长 390mm,鳃耙端部已左右愈合联成一片,耙端及侧壁有许多粘液孔。鳙全长 14mm 时,鳃耙几无粘液孔;全长 380mm,耙壁粘液孔分布密度约 300—400 万个/ $\text{mm}^2$ ,侧突排列规则,每个侧突由 10—30 个表皮细胞覆盖而成。鳃

耙基部有排列成行的小突起,由4—10个表皮细胞覆盖而成,推测为侧突的雏型(图版-7,8)。

**2. 腭褶** 口腔内壁9条纵行粘膜褶突,其高度变化与相应鳃耙长度成正比,如全长85、100、125、160、230mm的鲢,最长鳃耙依次为2.5、3.4、4.4、5.3、8.0mm,最高腭褶为2.3、3.0、3.5、5.0、7.0mm。低倍扫描电镜显示,每一腭褶上又有许多较小的粘膜突起褶,是为次级腭褶,排列不规则,鲢次级腭褶排列紧密,长短不一,长100—2000 $\mu$ ;宽度较稳定,约150 $\mu$ 。高倍扫描电镜显示鲢、鳙的次级腭褶上均有更小的突起,是为微腭褶,其表面有味蕾,味蕾具粗、细两型绒毛。组织切片显示腭褶从外向内为复层鳞状上皮层、固有膜及粘膜下层,油镜观察粘膜下层中有大量纵、横行肌纤维(图版9~11)。

**3. 有关肌肉** 咽上器官的鳃耙管在咽鳃骨与内壁粘膜之间以及鳃耙管外周有一厚层环状肌肉,命名为围耙管肌(图版12);咽上器官外侧有鲢、鳙特有的舌咽鳃肌,起点位于舌颌骨内侧,止点位于咽鳃骨,这两种肌肉收缩,均压缩鳃耙管腔。此外测量了与咽骨活动有关咽部肌群的体积,有外咽匙肌、内咽匙肌、上耳咽骨肌、咽骨缩肌、腹面后横肌、咽部横肌;从对照组草鱼说明食性不同,肌肉发达程度也不同(图3,表6)。

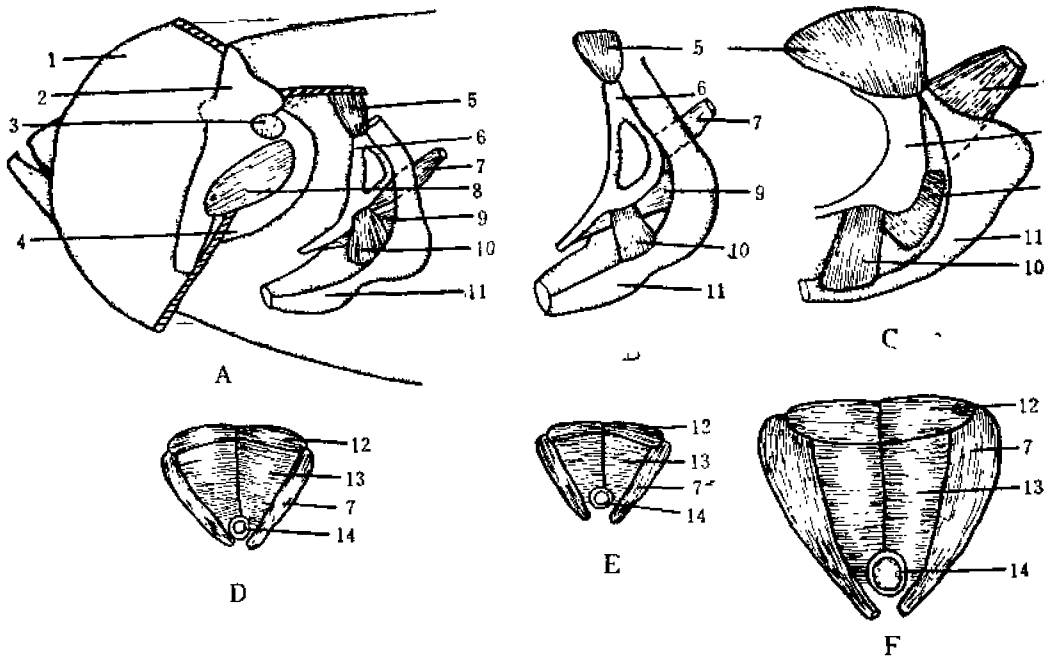


图3 鲢、鳙和草鱼咽部肌肉

Fig. 3 Pharyngeal muscles of the silver carp, bighead and grass carp

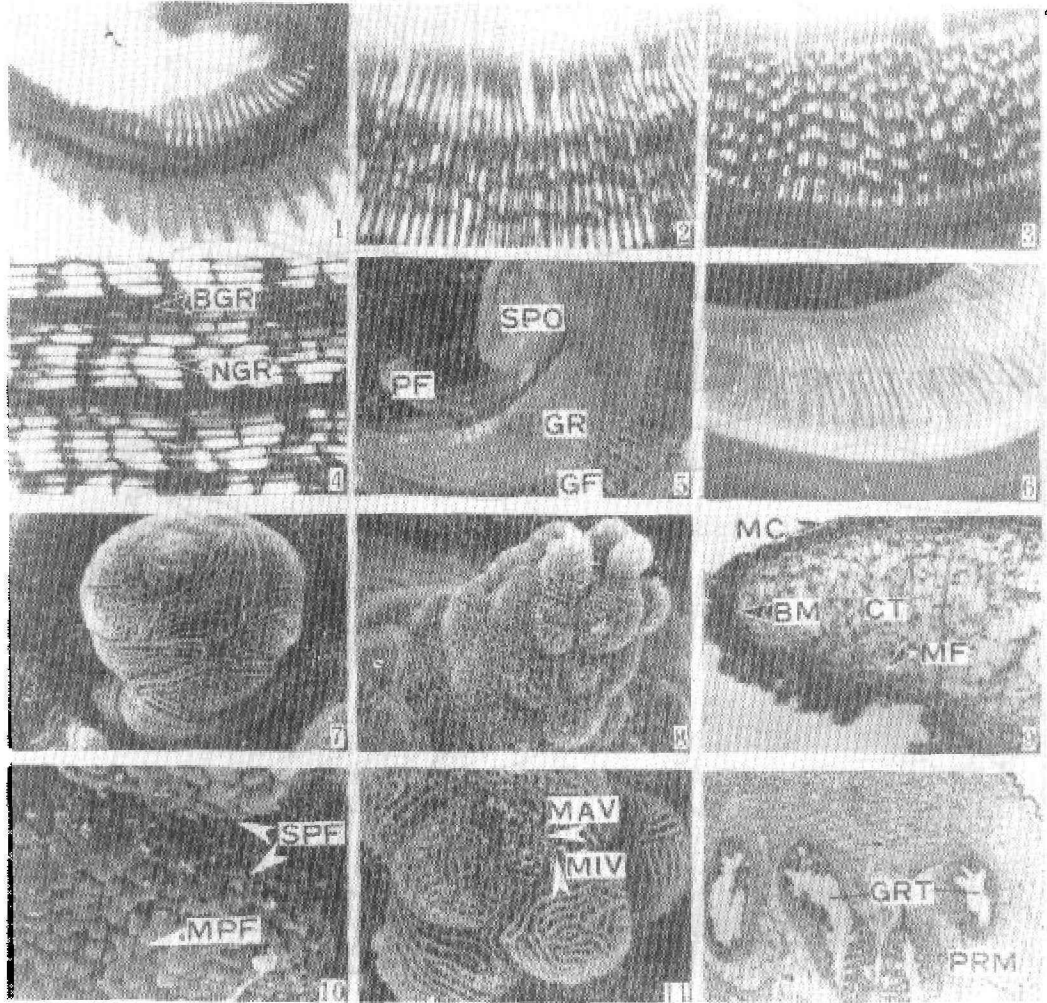
A, D. 鲢; B, E. 鳙; C, F. 草鱼。A-C. 侧视; D-F. 腹视

1. 鳃盖; 2. 舌颌骨; 3. 伪鳃; 4. 腭褶; 5. 上耳咽骨肌; 6. 咽骨; 7. 咽骨缩肌; 8. 舌咽鳃肌; 9. 内咽匙肌; 10. 外咽匙肌; 11. 匙骨; 12. 咽部横肌; 13. 腹面后横肌; 14. 食道。

**4. 肠管发育** 肠长与鱼体全长呈一幂函数关系,随着鱼体长度的增加,肠长的增长速率也相应增加。早期发育中,鲢、鳙肠管长度较接近,全长15—20mm后,鲢肠长大于鳙,后期则差别更大,全长300mm的鲢,肠管长1850mm,同样长度的鳙肠长1350mm。

表 6 鲢、鳙及草鱼有关肌肉的体积( $V\text{-mm}^3$ )Table 6 Volume ( $\text{mm}^3$ ) of some muscles in the silver, bighead and grass carp

| 体<br>积<br>种<br>类 | 肌肉 | 舌咽鳃肌 | 外咽匙肌 | 内咽匙肌 | 上耳咽骨肌 | 咽骨缩肌 | 腹面后横肌 | 咽部横肌 |
|------------------|----|------|------|------|-------|------|-------|------|
| 鲢(TL=452mm)      |    | 380  | 100  | 80   | 480   | 140  | 850   | 40   |
| 鳙(TL=465mm)      |    | 460  | 160  | 160  | 380   | 70   | 560   | 40   |
| 草鱼(TL=470mm)     |    | —    | 500  | 920  | 8500  | 2000 | —     | 480  |

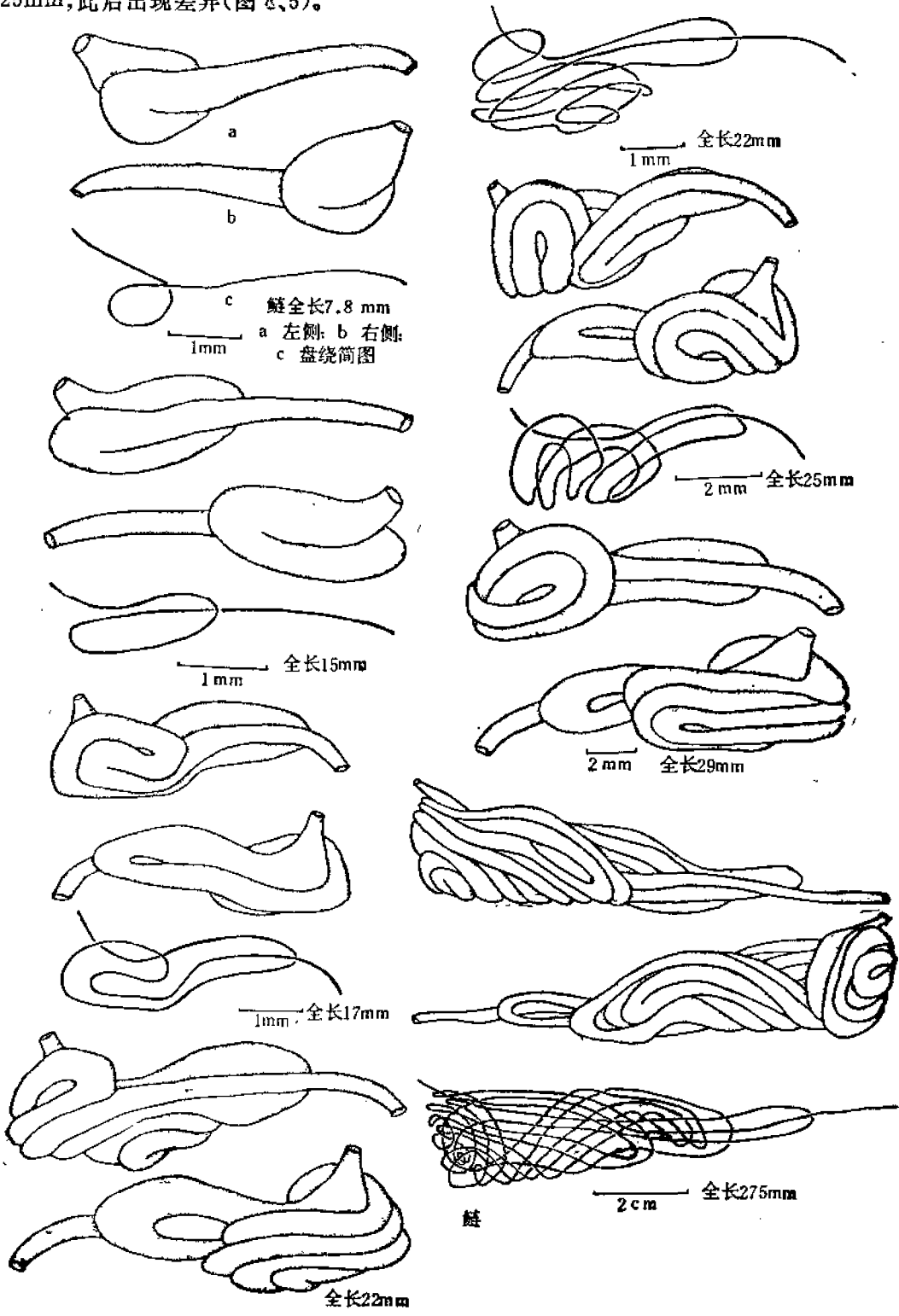


图版 Plate

1. 全长 11mm 鲢的鳃耙。2. 全长 30mm 鲢的鳃耙。3. 全长 56mm 鲢的鳃耙。4. 鲢成鱼内鳃耙网。TGR 宽鳃耙, NGR 窄鳃耙。5. 鲢成鱼腭褶(PF), 咽上器官(SPO), 鳃耙(GR), 鳃丝(G.F)。6. 鳙成鱼鳃耙。7. 鳃耙沟中侧突(鲢成鱼)。8. 鳃耙侧突(鳙成鱼)。9. 腭褶切片, 示基膜(BM), 结缔组织(CT), 粘液细胞(MC), 肌纤维(MF)(鲢)。10. 腭褶, 次级腭褶(SPF)和微腭褶(MPF)(鲢成鱼)。11. 腭褶味蕾, 粗绒毛(MAV)和细绒毛(MIV)(鲢成鱼)。12. 鲢咽上器官横剖面, 鳃耙管(GRT)和咽耙管肌(PRM)。

鳃肠管直径增长大于鳃, 全长 200mm 的鳃肠径 2.3mm, 鲢 1.5mm, 全长小于 30mm 时, 两者肠径较接近。鲢、鳃肠管早期形态相同, 开始都是一对简单的肠襻, 出现第二对肠

襻时,全长均为 15—16mm 左右;出现五对肠襻形成稳定结构时全长也一致,约为 24—25mm,此后出现差异(图 4、5)。



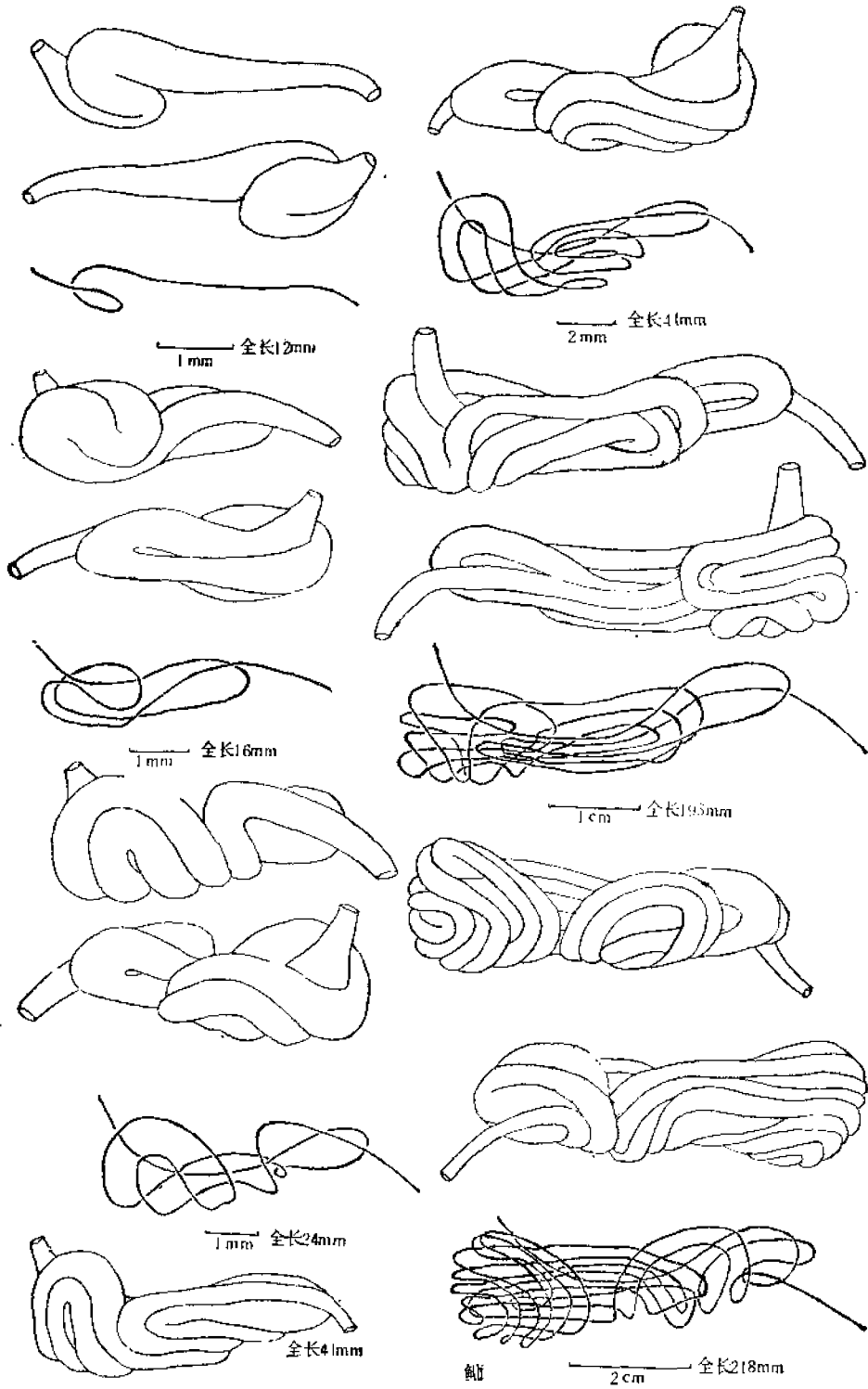


图4 鲢、鳙的肠管发育

Fig. 4 Development of intestine tube of silver carp and bighead



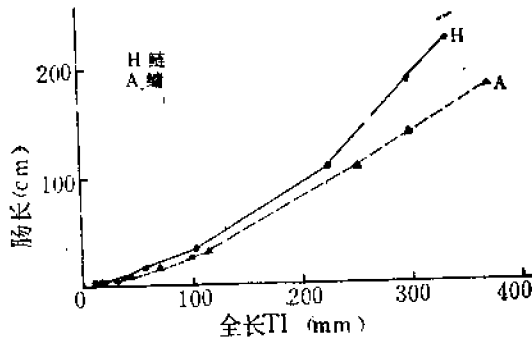


图5 肠长与全长(mm)的关系

Fig. 5 Relationship between intestinal length and TL(mm)

## 讨论和结语

### (一) 鲢、鳙的滤食规格

鲢全长 7.8mm, 鳃耙少且短, 基本上不具滤食功能, 此时主要用口器吞食, 主食浮游动物; 全长 22mm, 鳃耙增多和加长, 耙间距 20—30 $\mu$ , 侧突亦明显增多, 侧突长 5—10 $\mu$ , 推知滤食下限规格为 10—25 $\mu$ , 食物中浮游动植物均有; 全长 56mm 开始出现矩形滤孔, 形成内鳃耙网, 随着发育的进行, 滤食的最小间隙越来越趋于一致, 即小规格的浮游植物所占比例越来越大与成鱼趋同; 全长 420mm 的成鱼, 矩形滤孔长径 100—150 $\mu$ , 短径(耙间距) 20—30 $\mu$ , 两条长边(即鳃耙)的侧缘有一系列侧突, 突长约 10 $\mu$ , 侧突间距 20—25 $\mu$ , 大多交互排列, 左右嵌合, 因此滤食下限规格为 10 $\mu$ 。

鳙滤食的最小规格由鳃耙间隙、鳃耙侧突长度及其间距决定。全长 12mm, 鳃耙上几无侧突, 此时亦主要吞食适合其口器大小的浮游动物; 全长 99mm, 耙间距 40—60 $\mu$ , 侧突长 15—20 $\mu$ , 侧突间距 40—50 $\mu$ , 因此滤食下限规格约为 20—30 $\mu$ ; 全长 452mm 的成鱼, 耙间距为 50—70 $\mu$ , 侧突长 25—35 $\mu$ , 侧突间距 65 $\mu$ , 推知滤食下限仍为 25 $\mu$  左右, 可见鳙个体发育中滤食规格不变。

### (二) 鲢、鳙的进食过程

鲢、鳙为典型的滤食取食方式, 由鳃耙、腭褶及咽上器官共同完成滤食功能。同一鳃弓上的两列鳃耙基部靠拢并形成鳃耙沟, 相邻鳃弓的鳃耙端部相接, 因此从左到右, 18 列鳃耙形成一过滤装置, 水流从口腔进入鳃腔时, 相应大小的浮游生物被滤下。个体发育中, 全长 8.8—452mm 的鲢, 左 I 鳃耙长从 0.26mm 增至 17mm, 而宽度增加颇少, 从 15—25 $\mu$  增至 30—40 $\mu$ , 因此宽鳃耙及外鳃耙网起重要的支持作用; 此外, 外鳃耙网内有许多大小不一的管状穿孔, 开口方向均指向后下方的鳃孔, 既利于水流排出, 又减小了水流对鳃耙的冲击力; 鳙个体发育中, 鳃耙长度增加 100 倍的同时, 鳃耙厚度只增加 3 倍左

右,但鳃耙的宽度增加明显,全长400mm,宽鳃耙的长宽比值约为6,窄鳃耙该比值约20,较鳃耙粗壮,杆部较宽阔,均有规律地斜行排列,指向后下方的鳃孔。电镜观察鳃耙及鳃耙沟中都有粘液孔分布,故滤下的食物可粘附于鳃耙上。组织切片发现腭褶的粘膜下层中有许多横纹肌分布,腭褶的背方有较强大的咽上肌,因此腭褶在每一鳃弓的内、外鳃耙间能前后左右蠕动;次级腭褶及微腭褶的存在,使表面粗糙,故腭褶的蠕动可使附于鳃耙上的食物下移至鳃耙沟中;腭褶表面密布味蕾,具味觉功能。鳃耙沟的后1/3段下凹成槽状,在大量粘液作用下,可将食物粘集成团。咽上器官的鳃耙管为一封闭的管道,管壁有咽鳃软骨支持,全长370mm的鳃,管径约4mm,管长(左1)约30—40mm,可见其管腔具一定的容积,管外有发达的围耙管肌,与咽上器官外侧强大的舌咽鳃肌共同作用可使鳃耙管腔内水流冲至鳃耙沟中,使沟中食物团上浮。横剖咽前区,可见各鳃耙长度从外向内呈明显的阶梯式递减,左右咽骨上附第九列鳃耙在咽部形成一近似“漏斗”的结构,上浮的食物团沿着递减的阶梯进入“漏斗”而后入咽部。

### (三) 肠管与食性的关系

全长300mm的鲢,肠长1850mm,相同长度的鳙,肠长1350mm,鳙主食浮游动物,但分析其肠长与全长比值,仍属较长类型,推测食物中也有一定数量的浮游植物;鲢、鳙鱼体越小,则差异亦小,全长30mm以下的鲢、鳙肠管直径较接近,此后发生变化,鳙肠管直径随体长的增加,明显地大于鲢。全长200mm鲢、鳙的肠径分别为1.5和2.3mm。这种个体发育中早期相同,后期分化的现象与食性转变有关,全长小于22mm,两者主食浮游动物,因此肠管长度和直径基本相同;此后,鲢食物中浮游植物比例增多,肠长和肠径与鳙的差异也越来越大了。

### 参 考 文 献

- [1] 刘焕亮,1981. 鲢、鳙的滤食器官。大连水产学院学报,(1):13—33。
- [2] 何志辉,1987. 再论白鲢的食物问题。水产学报,11(4):351—358。
- [3] 何志辉、李永函,1975. 论白鲢的食物问题。水生生物学集刊,5(4):541—548。
- [4] 孟庆闻、苏锦祥,1960. 白鲢的系统解剖。科学出版社(京)。
- [5] 孟庆闻等,1987. 鱼类比较解剖。科学出版社。
- [6] 倪达书,1954. 花鲢和白鲢的食料问题。动物学报,6(1):59—71。
- [7] 维里根 B. B. (李重华译)1958. 白鲢幼鱼的年龄变化与生物学的关系。园艺,(8):27—30;(9):21—25。
- [8] Dingerkus, G. and L. D. Uhler, 1979. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Techn.*, 52(4): 229—232.
- [9] Fang, P. W., 1928. Notes on the Gill-rakers and their related structures of *Hypophthalmichthys nobilis* and *H. molitrix*. *The Science Society of China, Nanking, China.*
- [10] Hossler F. E. et al., 1979. The gill arch of the mullet, *Mugil cephalus*. *J. Exp. Zool.* 208: 379—398.
- [11] —, 1988. Morphology of taste buds on the gill arches of the mullet *Mugil cephalus* and the killifish *Fundulus heteroclitus*. *The American Journal of Anatomy*, 166: 299—312.

## DEVELOPMENT AND STRUCTURE OF THE FILTER AND DIGESTIVE ORGANS AND THEIR RELATIONS WITH THE FOOD HABITS IN SILVER CARP AND BIGHEAD

Sun Xiaoming

(Zhejiang Province Fisheries Bureau, Hangzhou 310007)

Meng Qingwen

(Shanghai Fisheries University, 200090)

**ABSTRACT** The different stages of the development and morphological changes of the filter and digestive organs in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead (*Aristichthys nobilis*) were observed with tissue section, gross anatomy, microscope and scanning electron microscope. At both sides of the head, the gill-rakers of these species are almost equal in numbers and the dimensions gradually decreased from outer to inner side. When the silver carp reaches the total length of 26mm, the separable gill-rakers begin to appear in 1-2 transverse bridges and connected with each others. TL. 85mm, they gradually appear in gill-raker's net (sieve plate). When the bighead reaches TL. 41-99mm, they begin to differentiate board and narrow gill-raker. A lot of mucous pores are found at the gill-rakers in adult, but without at its tip, only a few at its groove in larvae and the lateral margin of gillrakers appear in model papillae. At the surface of palatine folds there are secondary and micro-palatine folds, and also the taste buds scattered at the top of the micropalatine folds. There are many muscle fibers in the inner side of the palatine folds, the each gill-raker's tube and outer side of supra-pharyngeal organs. The length and diameter of intestine tube are similar in the early stage of both species. Afterward, its length is shorter and the diameter is larger in bighead. It has found that the filter size has close relation to the gap and papillae of gill-rakers. According to the information gathered of the silver carp, TL 7.8mm the filter size is 25 $\mu$  in lower limitation, and 10 $\mu$  in adult. As to the bighead, the filter size is 20-30 $\mu$  throughout its ontogenesis. The feeding progress and the function of relative organs are discussed in detail.

**KEYWORDS** *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, ontogenesis, filter and digestive organs, morphological structure and function