

# 白鲟消化道形态学与组织学的初步观察\*

姚 承 昌

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

## 提 要

白鲟消化道具有肉食性鱼类的典型特征, 其口咽腔结构既适合捕食又适合吞食与滤食水生动物。咽后消化道可分为食道、胃后行支、胃前行支、小肠、瓣肠、直肠与肛门。幽门盲囊似一致密器官, 小肠与瓣肠连接处有一特殊淋巴器官, 肛门两侧有腹孔。

白鲟口咽腔被覆层扁平上皮, 上皮内有味蕾分布。咽后消化道组织分层为粘膜(无粘膜肌层)、粘膜下层(小肠及瓣肠前部无)、肌层与外膜。粘膜上皮为单层柱状上皮, 由纤毛柱状细胞、一般柱状细胞和杯状细胞组成, 其间还散在有颗粒细胞和游走细胞。食道后部与胃的一般柱状细胞为分泌粘液的细胞, 肠内的一般柱状细胞为吸收细胞。胃后行支及部分前行支固有膜内有消化腺, 其余各部的固有膜为致密层。小肠前中部粘膜形成蜂窝状粘膜窦, 无肠腺。除食道前部肌层中有横纹肌外, 其余部的肌层均为平滑肌。外膜内结缔组织有的致密有的疏松, 外膜表面细胞柱状或立方形或扁平。

**关键词** 白鲟, 鱼类消化道, 鱼类组织学, 扫描电镜, 珍稀动物, 腹孔

鱼类鲟形目的匙吻鲟科中, 仅有栖息于北美水域的匙吻鲟 *Polyodon spathula* 和特产于我国长江流域的白鲟 *Psephurus gladius* (Martens) 它们是古老鱼类的后裔, 对研究鱼类的起源与演化, 有重要的动物学意义。迄今为止, 有关白鲟的研究报道尚不太多<sup>[1]</sup>。本文对白鲟的消化道进行了较详细的解剖观察与组织学研究, 使用扫描电镜对消化道内表面进行了观察, 与匙吻鲟消化道的形态结构进行了比较, 并探讨了消化道结构及其摄食适应性。因而, 对研究白鲟的生物学、鱼类组织学和脊椎动物比较解剖学有一定的意义。

## 材 料 与 方 法

标本采自江苏省常熟县, 体长 71.5—96.5 厘米。对新鲜或福尔马林固定的标本进行解剖研究。用于光镜研究的组织, 由 Bouin 氏液或 10% 中性福尔马林或 Schaffer 氏液固定, 常规石蜡包埋, 切片厚 6—8 微米, 部分组织连续切片, Delafield 氏苏木精-伊红片染或整染观察。另外, P. Mayer 氏粘液卡红染色法染粘液; 高碘酸-Schiff 法 (P. A. S.)

\* 本文是作者在南开大学学习时硕士论文的一部分, 曾得到导师袁传忠先生的热忱指导, 从默老师提出许多有益意见, 童远瑞老师帮助鉴定寄生虫, 本所陈宜瑜老师阅读全文并提出宝贵意见, 一并致以衷心感谢。

1) 四川省长江水产资源调查组、湖北省长江水产研究所, 1976。《长江鲟鱼类的研究》。

1986年10月9日收到。

勘定糖元。用于扫描电镜研究的组织,先戊二醛和锇酸双固定(食道组织在双固定前已经过 10% 中性福尔马林固定),经醋酸戊酯置换,临界点干燥与高真空喷金, S-450 扫描电镜下观察并照相。有关鱼类消化道的文献中,常用“贲门胃”、“幽门胃”、“十二指肠”等解剖术语,根据白鲟消化道的形态,笔者认为使用这些解剖术语不合适,而用“胃后行支”、“胃前行支”和“小肠”等代替。

## 观察结果

**1. 口咽腔** 上颌有唇瓣,瓣上有一行丘状感觉器,下颌无唇瓣。上、下颌及口咽腔被覆层扁平上皮,上皮内有粘液分泌细胞、颗粒细胞和游走细胞。颌上的齿圆锥形,排列不规则,平均高约  $607\mu\text{m}$ ,基部直径约为  $286\mu\text{m}$  (体长:  $80.0\text{cm}$ )。齿由其下方的类骨质组织上穿透皮肤而成(图 1, 图版 I:1)。

口咽腔底部前方,是鳃弧的汇合部,鳃弧的另一汇合部,其边缘锯齿状,位于口咽腔顶的后部。鳃弧及其汇合部表面,布满小齿,有人称为楯鳞。小齿圆锥形,略弯曲,生长方向各异,高约  $114\mu\text{m}$ ,基部直径约为  $79\mu\text{m}$  (体长  $82.0\text{cm}$ )。小齿由真皮中的骨板不断上拱增大,中部变尖穿透皮肤而成。小齿四周皮肤的扁平上皮细胞多边形,细胞界限明显。粘液分泌细胞丰富,散在于扁平细胞之间,含颗粒絮状物。小齿周围皮肤表面可观察到指状突起,它们大多基部细,游离端钝圆,可能为即将脱落的衰老细胞。腔底后部中央处皮肤无小齿,扁平上皮细胞呈六边形或不规则多边形,游离面有凹点。最大细胞直径约为  $17.5\mu\text{m}$  (体长:  $86.0\text{cm}$ )。口咽腔顶的前部皮肤上也无小齿。

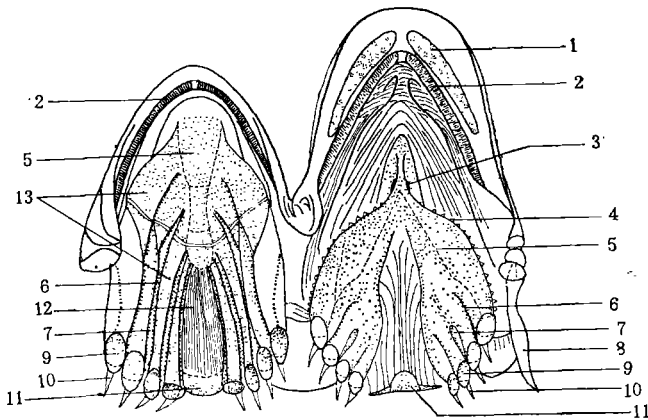


图 1 白鲟口咽腔的顶底面

Fig. 1 The floor and roof of oropharynx cavity.

1. 丘状感觉器带; 2. 齿带; 3. 喷水孔开口; 4. 锯齿状结构; 5. 鳃弧汇合部及其表面小齿; 6. 鳃耙; 7. 鳃裂; 8. 鳃盖缘膜; 9. 鳃弧; 10. 鳃瓣; 11. 后咽; 12. 腔底后部中央; 13. 鳃弧表面小齿。

1. hillock belt; 2. tooth belt; 3. spiracle opening; 4. sawlike structure; 5. conjunction of gill arches with fine teeth; 6. gill raker; 7. gill slit; 8. opercular flap; 9. gill arch; 10. gill lamella; 11. postpharynx; 12. midarea of rear floor; 13. fine teeth on gill arch

味蕾分布于口咽腔各处上皮内,还见于口角、吻须及其附近皮肤。

白鲟鳃耙位于鳃弧两侧。第一鳃弧的外侧鳃耙扁平状,与口咽腔壁(即发达的鳃盖内面)相贴或与腔顶后部的锯齿状结构交错。其余鳃弧的鳃耙针状,不露出腔面,相邻鳃弧的鳃耙彼此犬牙交错,构成一个网栅。匙骨表面有角质化的颗粒状突起,鳃丝与其相贴。可见,鳃耙、鳃盖及其发达的缘膜等,构成一个有效的滤食系统,且在吞咽饵料时又不损伤鳃耙(图1;图版I:2—4;图版III:13)。

**2. 食道** 咽后为一肉质管道,将其分为前1/3的食道、中1/3的食道-胃过渡区和后1/3的胃后分支。食道壁厚,管腔面有纵行皱襞,皱襞上有次级皱襞。食道前部被覆层扁平上皮,表层细胞的游离面有网格状微褶(microridges)。上皮内有粘液分泌细胞。随着后行,细胞层数逐渐减少,细胞也逐渐变高,到食道后部,变成单层柱状上皮。上皮主要由两种细胞构成,一种为纤毛柱状细胞,胞体中部细,顶部与下部稍粗,似哑铃状,核位于基部。纤毛发达,因粘液作用,呈火焰状;另一种为一般柱状细胞,较粗,核位于基底,胞质空泡状。P. Mayer 氏粘液卡红染色表明,该细胞为分泌粘液的细胞。P. A. S. 反应表明,粘液富含糖元。闭锁网与基膜明显。上皮内还有游走细胞(图版I:5, 6;图版III:14)。

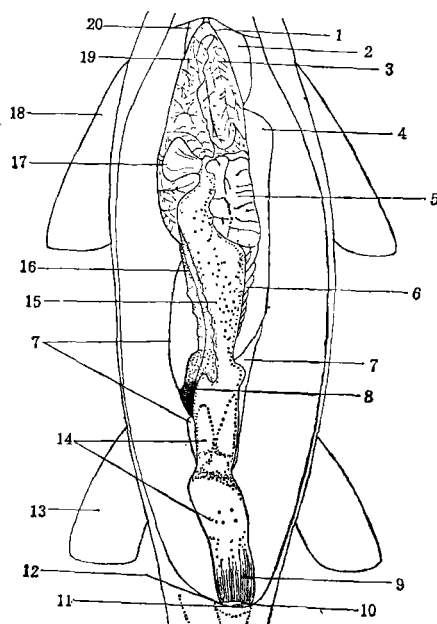


图2 白鲟内脏腹面观

Fig. 2 The viscera of *Psephurus gladius* (ventral view).

- 1.心腹膈膜; 2.鳃; 3.肝左叶; 4.胃前行支; 5.幽门盲囊; 6.胃肠系膜;  
7.性腺; 8.脾; 9.直肠; 10.肛门; 11.泄殖孔; 12.腹孔; 13.腹鳍; 14.瓣  
肠; 15.小肠; 16.胰-肠支; 17.胆囊; 18.胸鳍; 19.肝右叶; 20.食道  
1. pericardial septum, 2. pneumatic cyst, 3. left liver lobe, 4.  
forward limb of stomach, 5. pyloric caecum, 6. mesenterium, 7.  
sex gland, 8. spleen, 9. rectum, 10. anus, 11. cloacal orifice,  
12. abdominal pore, 13. ventral fin, 14. valvular intestine, 15.  
small intestine, 16. ad-intestinal branch of pancreas, 17. gall bla-  
dder, 18. pectoral fin, 19. right liver lobe, 20. esophagus

固有膜为致密的结缔组织,无粘膜肌层。粘膜下层的结缔组织疏松,血管与淋巴管丰富,还有神经组织。肌层主要由环行的横纹肌组成,间有平滑肌。横纹肌纤维上有特殊的强嗜酸性环带,界限明显,宽窄不一,分布无规律,有待深入研究(图版 III:15)。外膜的结缔组织致密,近肌层处有肠肌丛神经细胞。外膜表面细胞立方形。

食道-胃过渡区的固有膜中已有零星消化腺出现。肌层由平滑肌纤维组成,内层环行,外层纵行。该区背部与鳔相贴,相贴处内有一斜行孔道,由此相通,因而无明显鳔管。匙吻鲟鳔管开口于咽与食道的收缩处,与白鲟不同<sup>[22]</sup>(图 2)。

**3. 胃** 胃后行支与食道-胃过渡区相连,向后延伸且逐渐增粗,至小肠与瓣肠连接处,突然转折向前,为前行支。前行支更粗大,呈桶状,壁较薄。在与小肠相连处,骤然变细,为胃肠括约处。前行支与后行支相连部是胃弯。胃后行支管腔面纵行皱襞发达,在转向前行支时,皱襞散得很开,数目增加不明显,往头侧,逐渐不发达(图 2, 3)。

胃腔面有许多长短不一、形状各异的凹陷,为胃小凹。纤毛柱状细胞的纤毛明显。一般柱状细胞游离面圆形或形状不规则,大小不一,最大细胞直径约为  $4.3\mu\text{m}$  (体长:  $86.0\text{cm}$ )。细胞游离面有微绒毛,多分布在细胞外周,中央区少(图版 II:7, 8)。

胃后行支上皮与食道后部的相似。一般柱状细胞空泡状,也为分泌粘液的细胞,含糖元(图版 III:17),主要分布在胃小凹内。但纤毛柱状细胞较少,且纤毛也不如食道的发达。固有膜内有发达的管状消化腺,开口于胃小凹,由于扭曲厉害,有的切面呈圆形腺泡状。腺腔比哺乳类的大,腺细胞仅 1 种,低柱状或锥形,核在中央或底部,圆形,核膜明显,核仁 1—3 个,常染色质发达。胞内含细小分泌颗粒。消化腺层很厚,腺体间的薄层结缔组织中,可见微血管和平滑肌纤维。无粘膜肌层。粘膜下层的结缔组织较疏松,弱嗜酸性,含淋巴管与血管。肌层为平滑肌,可分三层,内层纵行较薄,中层环行较厚,外层肌纤维走向不规则。肌层内有神经细胞,外膜结缔组织致密,富含血管,表面细胞扁平或立方形(图版 III:16)。

胃弯部组织结构同胃后行支。

胃前行支的粘膜上皮细胞比后行支的上皮细胞排列整齐,纤毛柱状细胞随前行趋于无。胃小凹间的一般柱状细胞不呈空泡状,仅在胞体顶部有小空泡,随着胃前行支向头侧延伸,胃小凹变少变深,且有分支,以致有的切面呈粘膜窦状。近胃弯处的固有膜内有消化腺,但随前行逐渐减少以至消失,而结缔组织相对增厚,成为致密的结实层(stratum compactum),其内有少量微血管与淋巴管。无粘膜肌层。粘膜下层结缔组织疏松,血管与淋巴管较多。肌层与后行支的相似,仅外层纵行。外膜结缔组织致密,表面细胞扁平(图版 III:18、19)。在向肠过渡中,粘膜逐渐形成粘膜窦,粘膜下层逐渐消失,肌层增厚,具括约作用。

**4. 肠** 可分为小肠、瓣肠和直肠。

(1) 小肠 位于体腔腹面中央,前粗后细,紧贴胃前行支腹面向尾侧延伸,越过胃的后界与瓣肠相连。肠壁致密、伸缩性小。在小肠最前部的背面有胆、胰管开口<sup>[9]</sup>。小肠前部内腔较大,往后,肠腔渐小。肠壁也渐薄,但变薄程度小于内腔变小程度。管腔面有许多凹陷,由纵行的皱襞弯曲形成,故小肠前部腔面皱襞呈网状,但愈往尾侧,皱襞渐变直,纵行走向越明显,凹陷也消失。皱襞上尚有纵行的次级皱襞(图 3, 图版 II:9)。

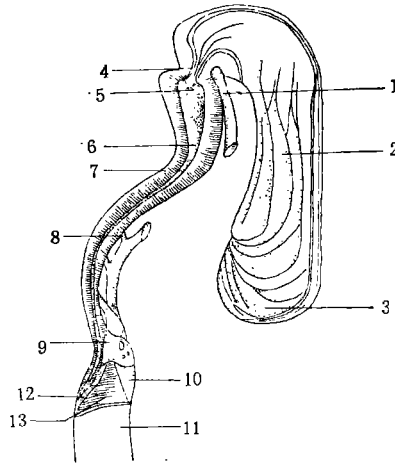


图3 白鲟胃和肠矢切面(左面观)

Fig. 3 The sagittal section of stomach and intestion (left-side view).

1. 胰幽门盲囊支; 2. 胃前行支; 3. 胃弯; 4. 胃和肠连接部; 5. 胆、胰管开口处; 6. 小肠内腔; 7. 小肠壁; 8. 胰-肠支; 9. 特殊淋巴器官; 10. 瓣肠壁内面; 11. 瓣肠壁外面; 12. 螺旋瓣内表面; 13. 螺旋瓣外表面  
1. ad-pyloric caecum branch of pancreas; 2. forward limb of stomach; 3. stomach bend; 4. conjunction of stomach and intestine; 5. opening of bile and pancreatic duct; 6. cavity of small intestine; 7. wall of small intestine; 8. ad-intestinal branch of pancreas; 9. lymphatic organ; 10. innersurface of valvular intestine; 11. outersurface of valvular intestine; 12. innersurface of valvula spiralis; 13. outersurface of valvula spiralis

小肠前部粘膜形成蜂窝状粘膜窦,其占肠壁总厚的较大比例。弓鳍鱼 *Amia* 等硬鳞鱼的肠粘膜也呈蜂窝状粘膜窦<sup>[19]</sup>,因而这可能是硬鳞鱼类的特征之一。粘膜窦外周为致密的结缔组织,且有分支伸入窦内,上皮细胞附着于其上。在近腔面,粘膜窦开放,上皮细胞暴露于肠腔(图 III, 20)。

粘膜上皮细胞柱状,细胞排列拥挤,细胞界限不明显,有一般柱状细胞、纤毛柱状细胞和杯状细胞。杯状细胞数量少,核位于基底,核上胞质弱嗜酸性。P. Mayer 氏粘液卡红染色表明,细胞内含有粘液。P. A. S. 反应表明,粘液富含糖元。电镜观察到的上皮细胞间的凹孔,可能为杯状细胞所在处。一般柱状细胞具微绒毛,其游离面多边形或不规则,大小不一,最大细胞直径  $6.8\mu\text{m}$  (体长: 73.5cm)。P. Mayer 氏粘液卡红染色表明,该细胞不分泌粘液,所以不同于胃与食道后部的一般柱状细胞,一般认为是吸收细胞<sup>[3,12]</sup>。光镜下只可见肠柱状细胞及其纹状缘,较难分辨一般柱状细胞和纤毛柱状细胞。因为该处纤毛柱状细胞不呈哑铃状,两者胞核均位于胞体中下部。上皮内有游走细胞和颗粒细胞。结实层薄,与粘膜窦的结缔组织相连续。无肠腺,无粘膜肌层,也无粘膜下层。肌层较薄,纵肌间有少量环肌。浆膜结缔组织疏松,较薄。与哺乳类和大多数其他鱼类不同,部分外膜呈褶皱状,表面细胞柱状,甚至间皮细胞间还有游走细胞(图版 II:10; 图版 IV:21, 22)。

小肠中部组织基本同前部,但肌层主要是纵肌,其内外有薄层环肌。外膜表面细胞扁平。

小肠后部无蜂窝状粘膜窦,上皮内无一般柱状细胞,但杯状细胞很多,结实层薄,内层环肌较厚,外层纵肌较薄。外膜:表面细胞立方形。

小肠前部左侧有幽门盲囊,腹观似长方形,侧观耳状,不分叶,表面有凹痕。有孔与肠相通,几乎无内腔,仅近开孔处有不明显的空隙,似一个致密的器官(图2)。匙吻鲟的幽门盲囊与白鲟的明显不同,较大,腹观似扇形,有不甚明显的分叶,但内部有分枝的腔(体长:100—120cm)<sup>[22]</sup>。白鲟幽门盲囊的实质部也为蜂窝状粘膜窦,窦内上皮细胞与小肠前部的上皮细胞相似,仅杯状细胞较多,颗粒细胞较少。实质部外被薄层平滑肌,外膜结缔组织致密,表面细胞扁平(图版IV:23)。小肠与幽门盲囊连接处,粘膜层无明显变化,只是蜂窝状粘膜窦逐渐充满整个幽门盲囊。

小肠在向瓣肠过渡中,粘膜形成的皱襞变大。

(2) 瓣肠 可分为前后两部。前部有锥状螺旋瓣,4—6个,顶端朝前,彼此相叠,消化物以顺时针方向旋转后行。后部的螺旋瓣不发达,仅为不完全环形突起(图2—4)。

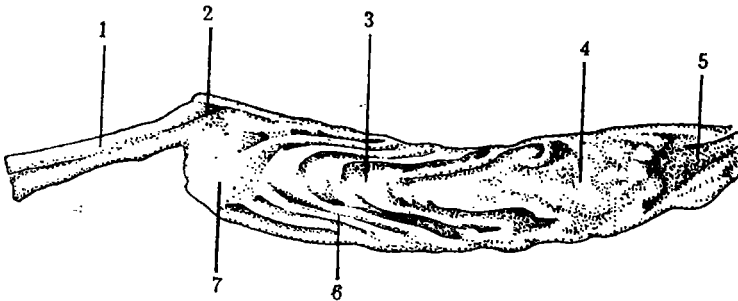


图4 白鲟瓣肠矢切面(右面观)

Fig. 4 The sagittal section of valvular intestine (right-side view).

1. 小肠; 2. 肠腔; 3. 瓣肠前部; 4. 瓣肠后部; 5. 直肠; 6. 螺旋瓣; 7. 特殊淋巴器官  
1. small intestine; 2. intestinal cavity; 3. fore part of valvular intestine; 4. rear part of valvular intestine; 5. rectum; 6. valvula spiralis; 7. lymphatic organ

瓣肠前部粘膜形成的环形皱襞较平坦,其不时分支或融合。与小肠相似,上皮细胞拥挤,有一般柱状细胞,纤毛柱状细胞和杯状细胞。前两种细胞核呈卵圆形,位于胞体下部,核上胞质弱嗜酸性。杯状细胞很多。上皮内还有许多游走细胞和颗粒细胞。有的颗粒细胞柱状,纵贯上皮,可见分泌现象。颗粒细胞也见于上皮下的结缔组织。结实层薄,与皱襞内的结缔组织相连。无粘膜肌层和粘膜下层。内肌层环行,外肌层纵行,较薄。外膜结缔组织疏松,表面细胞扁平。

螺旋瓣两表面的环形皱襞与肠壁的相似,但皱襞排列既紧密又整齐。上皮细胞也与肠壁的相似,很拥挤,但纤毛柱状细胞较多,且纤毛较粗长。一般柱状细胞游离面圆形或形状不规则,微绒毛多分布在四周,中央区无微绒毛。最大细胞的直径约为  $4.8\mu\text{m}$  (体长:82cm)。杯状细胞较少。螺旋瓣及其皱襞内的结缔组织疏松,内含丰富的血管与淋巴管(图版II:11, 12; 图版IV:27)。

瓣肠后部粘膜形成的皱襞较宽,上皮内纤毛柱状细胞的纤毛发达,杯状细胞丰富,但无一般柱状细胞。上皮内尚有游走细胞与颗粒细胞。结实层不明显,在粘膜下层出现,含血管与淋巴管。内肌层环行,外肌层较薄,纵行。肌层间有神经组织。外膜的结缔组织

表 1 白鲟咽后消化道各部组织的比较 (体长: 80.0 厘米)  
Tab. 1 The comparison of different parts in the digestive tract after pharynx (Length: 80.0cm)

组织与细胞		部 位										
		食道后部	胃后分支	胃前分支	小肠前中部	幽门盲囊	小肠后部	瓣肠前部	螺旋瓣	瓣肠后部	直肠	
上 皮	一般柱状细胞	有(分泌粘液)	有(分泌粘液)	有(分泌粘液)	有	有	无	有	有	无	无	
	纤毛柱状细胞	有(纤毛发达)	有	有(近头侧无)	有	有	有	有	有(纤毛发达)	有(纤毛发达)	有(纤毛发达)	
	杯状细胞	无	无	无	较少	较多	很多	很多	较少	极多	极多	
食道、胃有游走细胞而无颗粒细胞,其余各部均有这两种细胞												
粘 固 膜 下 层	平均厚度 (μm)	4200.0	1575.0	735.0	26.8	25.0	280.0	53.6	—	472.5	962.5	
	平均厚度/该部壁平均厚度(%)	71.6	51.5	23.2	0.6	—	15.5	2.9	—	31.2	44.1	
	其 他	无粘膜肌层。食道固有膜为致密的结缔组织,胃后分支及部分前行支固有膜含消化腺,其余各部固有膜为结实层,无肠腺。粘膜下层的结缔组织有的疏松,有的致密,但小肠及瓣肠前部无粘膜下层										
肌 层	平均厚度 (μm)	1400.0	1225.0	1837.5	630.0	250.0	196.4	525.0	—	437.5	735.0	
	平均厚度/该部壁平均厚度(%)	29.3	40.0	58.0	14.4	—	10.9	28.1	—	28.9	33.7	
	肌纤维及其走向	横纹肌,平滑肌少量,主要环行,杂有纵行	平滑肌,主要环行,其内纵行或走向不规则	同左	平滑肌,主要纵行,且渐向环行过渡	平滑肌,主要走向不规则	平滑肌,内环行,外纵行	同左	—	平滑肌,内环行,外纵行不规则	平滑肌,内环行,外走向不规则	
外 膜	平均厚度 (μm)	35.7	32.1	71.4	44.7	17.9	103.6	64.3	—	78.6	117.9	
	平均厚度/该部壁平均厚度(%)	0.6	1.0	2.3	1.0	—	5.7	3.4	—	5.2	5.4	
	结缔组织	致密	致密	致密	疏松	致密	疏松	疏松	—	致密	致密	
	表面细胞形状	立方	立方或扁平	扁平	柱状或扁平	扁平	立方	扁平	—	扁平	立方	
	各部壁平均总厚度 (μm)	5863.2	3059.6	3168.9	4376.5	—	1805.0	1867.9	—	1513.6	2182.9	

1. position; 2. cell and tissue; 3. rear part of esophagus; 4. backward limb of stomach; 5. forward limb of stomach; 6. fore and middle part of small intestine; 7. pyloric caecum; 8. rear part of small intestine; 9. fore part of valvular intestine; 10. valvula spiralis; 11. rear part of valvular intestine; 12. rectum

致密,表面细胞扁平(图版 IV:28)。

在瓣肠与小肠相连处的背方,有一特殊淋巴器官,似球状,实质部含长弧形的腔,每个腔径在矢切面处最大,向左右两侧渐变小。腔朝球心分层排列,各腔彼此不相通。因腔内和腔间的结缔组织中充满淋巴细胞。因此称该器官为淋巴器官,可能为白鲟所特有(图版 IV:24—26)。

(3) 直肠 管腔面有粘膜形成的纵行皱襞。上皮由丰富的杯状细胞及具发达纤毛的纤毛柱状细胞组成。上皮内还有游走细胞和颗粒细胞。结实层不明显,粘膜下层发达,含神经组织、血管与淋巴管。内肌层环行,肌束疏松,束间有结缔组织。外肌层肌纤维走向不规则。外膜结缔组织致密,表面细胞立方形(图 2)。

**5 肛门** 横裂状。紧贴其两侧边缘各有一腹孔,腹腔由此与体外相通,不易察见。肛门后缘正中为泄殖孔(图 2)。

肛门前缘被单层柱状上皮,左右两侧被立方或扁平上皮。上皮内纤毛柱状细胞较多,杯状细胞少。结实层不明显,粘膜下层内血管与淋巴管丰富,肌层主要为环肌。肌层外为体表皮肤。

咽后消化道组织各部间的比较见表 1。

## 讨 论

在外部形态上,白鲟与匙吻鲟的消化道相似。但白鲟为肉食性鱼类,匙吻鲟却主要摄食浮游生物(Fitz, 1966)<sup>[49]</sup>。一般认为肉食性鱼类消化道短,植食性鱼类消化道长。但鱼类消化道结构与食性的相关性究竟如何,尚有争议。不同的个体发育阶段、不同的种群密度与季节变化均会引起食性变化。另外,食性还与体型及物种的系统发生有关<sup>[48]</sup>。这两种鲟消化道结构虽然相似,食性却不相同,可能与它们的系统发育有关。匙吻鲟幼体有触须和牙齿胚基<sup>[22]</sup>,表明其祖先可能是肉食性的。在白垩纪,匙吻鲟科的分布中心可能在北太平洋的“海盘地带”,当白令海峡的冷水冲来时,这两种鲟被迫进入两岸河川,或沿大陆棚南移以适应不同生态环境<sup>1)</sup>。白鲟仍然保持肉食性,而匙吻鲟为适应环境变化改浮游生物为食,但其原来的消化道结构基本保持不变,只是逐渐演化了一些结构,如鳃耙变得长而密,胃前支有脂肪棒(rods of fat)等,以利有效地滤食<sup>[22]</sup>。

白鲟的肛门两侧有腹孔,这和匙吻鲟相同,过去尚未有此报道。有些学者认为,𩚰、鳃鳐、板鳃类、全头类、内鼻孔类、软骨硬鳞鱼类、全骨类与极少的硬骨鱼有腹孔。腹孔的功能尚不详,可能与排泄及生殖有关<sup>[1,3,10,22]</sup>,也可能用于排出体腔内多余的液体,以调节腹压<sup>[2,7]</sup>。

白鲟能突口捕食,这不同于匙吻鲟。Motta (1984) 认为<sup>[20]</sup>,突口捕食在有效地捕食或在捕食中逃避敌害,都有重要作用。白鲟为肉食性鱼类,口在头部腹面,吻又硕大,因而,突口捕食更为必须。笔者曾对暂养在池塘中的白鲟进行过初步观察,发现白鲟不游动时,口及鳃盖稍开,仰腹静卧于池塘边。至于白鲟是否有如渔民所反映的习性,即仰腹静卧时

1) 施白南, 1984。长江鲟鱼类的地理分布。中国动物学会成立五十周年年会暨第十一届会员代表大会论文摘要汇编。364—365 页。



以香“鳃”引诱鱼虾进入张开的口及鳃腔,吃“自来食”,有待于深入观察与研究。

在显微结构上,白鲟与匙吻鲟的消化道组织结构也相似。由于它们食性不同,相似的组织或细胞的功能却不尽相同。如匙吻鲟口咽腔内的粘液分泌细胞所分泌的粘液将微小食物粘在一起后咽下,与其食浮游生物的习性一致<sup>[22]</sup>,而白鲟的粘液分泌细胞所分泌的粘液可以推测是用来润滑腔面,利于吞咽饵料。另外,它们也有各自特有的组织或器官,有的还起着相同的作用。如匙吻鲟肠组织内有派伊尔氏淋巴集结(Peyer's patches),以防御线虫、绦虫等寄生虫的感染<sup>[22]</sup>,白鲟无这种淋巴结,但有特殊的淋巴器官以防止消化道中高氏线虫 *Goezia* (*Goezia*) sp. 和棘头虫 *Acanthocephala* 等的寄生(图版 II:9)。需要指出的是,白鲟肠的一般柱状细胞对粘液染色呈负反应,然匙吻鲟肠膨大部(相当于白鲟的小肠前部)的上皮细胞对粘液染色却几乎都呈正反应。因为该部肠应为消化吸收,上皮主要由营吸收功能的一般柱状细胞构成,而非以分泌粘液的细胞为主。因而该报道可能有误<sup>[22]</sup>。

和大多数有胃鱼类一样,白鲟与匙吻鲟的食道跟胃的分界也不明显。白鲟在食道-胃过渡区,即鳔开口的附近,已有零星消化腺出现。Weisel (1973) 认为<sup>[22]</sup>,只要该部有腺体,尽管少且分散,该部就属胃。据此,白鲟的鳔开口于胃;但有人认为,消化腺在食道已有分布,这是鲟鱼类的特点<sup>1)</sup>,因而,该部仍属食道。笔者同意前者的观点,因为此观点提出了在显微水平上划分有胃鱼类食道与胃界限的形态依据。白鲟消化道内的消化腺仅限于胃,无肠腺。有文章报道白鲟“十二指肠(即本文的小肠)内部腺体发达”是不正确的<sup>[9]</sup>。

白鲟几乎整个消化道上皮中均有纤毛柱状细胞。匙吻鲟、铲鲟 *Scaphirhynchops*、弓鳍鱼和雀鳢 *Lepidosteus ossensis* 等古老鱼类后裔的消化道上皮内也有纤毛细胞。某些板鳃类及四个月至出生前人胎儿的食道上皮也出现纤毛细胞。由此推测,纤毛细胞在消化道内存在,是一种原始形态<sup>[4,6,17,19,22]</sup>。另外,腹孔、喷水孔与螺旋瓣的存在,也为原始形态<sup>[7]</sup>。

白鲟消化道上皮中有游走细胞和颗粒细胞。游走细胞在鱼类消化道上皮中很常见,究竟这是何种细胞,学者们说法不一,但似乎都认为是与机体防御或免疫有关,如淋巴细胞、白血细胞或能起局部免疫反应的浆细胞<sup>[11-14,21]</sup>。白鲟的颗粒细胞嗜酸性强弱不一,和 Ezeasor 等(1980)报道的嗜伊红颗粒细胞相似<sup>[15]</sup>,但不形成“颗粒层(stratum granulosum)”。Kapoor 等(1975)报道<sup>[18]</sup>,颗粒细胞分布于鱼类消化道的不同部分,颗粒嗜酸性、嗜碱性或两者都有之。有关文章很多,但无一致意见。

## 参 考 文 献

- 【1】 上海水产学院等,1961。鱼类学(上册)。农业出版社。
- 【2】 马克勤、郑光美,1984。脊椎动物比较解剖学。高等教育出版社。
- 【3】 方肇寅等译(U. 威尔士、V. 斯托赫著),1979。比较动物细胞学与组织学。科学出版社。
- 【4】 王有琪,1960。组织学。第108页。科学出版社。
- 【5】 西南师范学院生物系动物教研组,1960。白鲟鱼的解剖。西南师范学院学报(自然科学版), (2): 79—85。
- 【6】 吴尚忠译(尾崎允雄著),1983。鱼类消化生理(上册)。上海科学技术出版社。
- 【7】 杨白仑译(A. S. 罗默、T. S. 帕尔森著),1985。脊椎动物身体。科学出版社。
- 【8】 秉志,1960。鲤鱼解剖。第93—94页。科学出版社。
- 【9】 姚承昌,1987。白鲟肝脏和胰脏组织学与形态学研究。水生生物学报, 11(1): 68—71。
- 【10】 夏康农、郝天和,1955。脊椎动物比较解剖学。第22页。商务印书馆。

- [11] 倪达书, 洪雪峰, 1963. 草鱼消化道组织学的研究. 水生生物集刊, (3): 1—25.
- [12] Al-Hussaini, A. H., 1949. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits: anatomy and histology, *Quart. J. Micr. Sci.*, 90: 109—139.
- [13] Blake, I. H., 1930. Studies on the comparative histology of the digestive tube of certain teleost fishes. *J. Morph. & Physiol.* 50: 39—70.
- [14] Chaudhry, H. S. and Khandelwal, O. P., 1961. The anatomy and histology of the alimentary tract of *Oreinus plagiostomus* (Heckel). *Ann. Zool. Japon.* 34(3): 139—152.
- [15] Ezeasor, D. N. and Stokoe, W. M., 1980. A Cytochemical light and electron microscopic study of the eosinophilic granule cells in the gut of the Rainbow Trout *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 17: 619—634.
- [16] Fitz, R. B., 1966. Unusual food of a paddlefish (*Polyodon spathula*) in Tennessee. *Copeia*. (2): 356.
- [17] Hopkins, B. S., 1895. On the enteron of American ganoids. *J. Morph.* 11: 441—442.
- [18] Kapoor, B. G. et al., 1975. The alimentary canal and digestion in teleosts. *Adv. Mar. Biol.*, 13: 109—239.
- [19] Macallum, A. B., 1886. The alimentary canal and pancreas of *Acipenser*, *Amia* and *Lepidosteus*. *J. Anat. Phys.* 20: 604—636.
- [20] Motta, P. J., 1984. Mechanics and functions of jaw protrusion in teleost fishes: a review. *Copeia*. (1): 1—18.
- [21] Noaillac-Depeyre, J. and Gas, N., 1979. Structure and function of the intestinal epithelial cells in the Perch (*Perca fluviatilis*) *Anat. Rec.* 195: 621—640.
- [22] Weisel, G. F., 1973. Anatomy and histology of the digestive system of the paddlefish (*Polyodon spathula*). *J. Morph.*, 140: 243—256.

## PRELIMINARY OBSERVATION ON THE MORPHOLOGY AND HISTOLOGY OF THE ALIMENTARY TRACT OF THE CHINESE PADDLEFISH *PSEPHURUS GLADIUS* (MARTENS)

Yao Chengchang

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan)

### Abstract

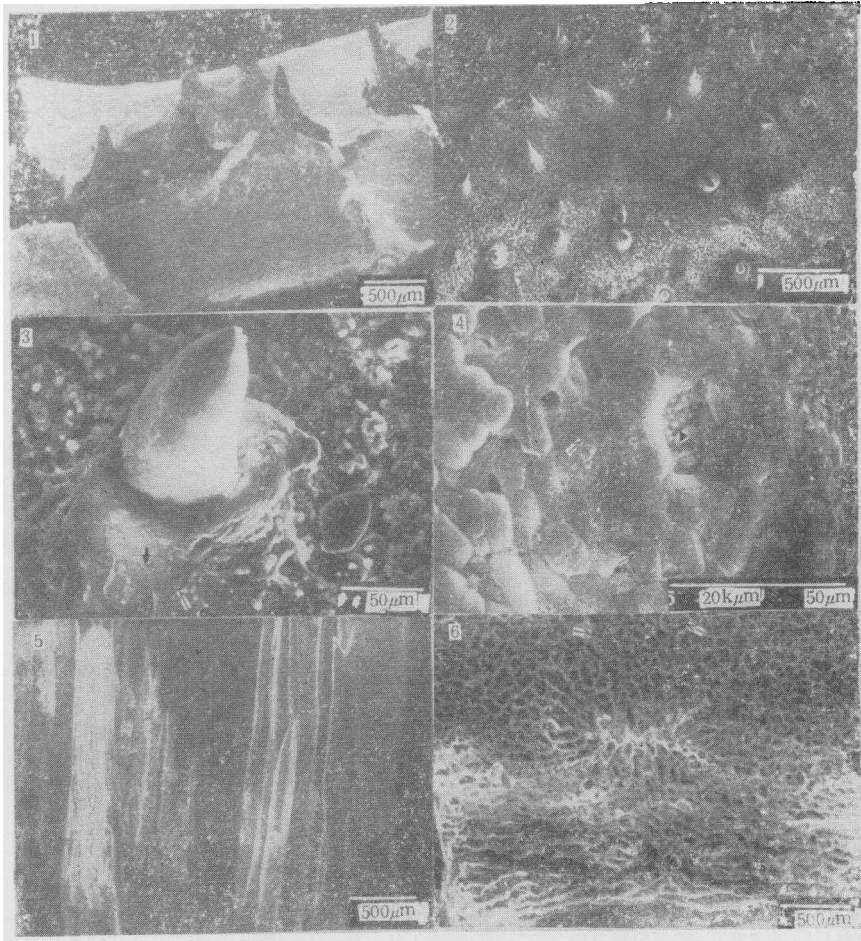
The Chinese paddlefish is one of the rare fishes in the world. Just on the ventral surface of the semitranslucent sword-shaped snout, it has an inferior bell-shaped mouth which can protrude for predation. The buccopharyngeal cavity is big with fine teeth located at the floor and roof of the skin. A pair of spiracles are present in the roof as well. The opercular flaps are well-developed and the gill rakers are on the sides of the gill arch, forming dense network. Thus, the structure of the cavity is adequate for capturing and filter-feeding. Like most of carnivorous fish, the digestive tract of the Chinese paddlefish is short but complex. It can be divided into esophagus, backward limb of stomach, forward limb of stomach, small intestine, valvular intestine (containing valvula spiralis), rectum and anus. No demarcation line is recognized between esophagus and stomach. The pneumatic cyst attaches and opens to the region of esophagus-gaster transition. Pneumatic duct is not visible outside. Pyloric caecum has no division or lobes and provides hardly space for chyme. In the conjunction between small and valvular intestine, a particular lymphatic organ is present. There are abdominal pores on each side of the anus and a cloacal orifice on the back extremity. *Goezia* (*Goezia*) sp. and

a species belonging to acanthocephala parasites in the tract have been found also.

The buccopharyngeal cavity is covered by stratified squamous epithelium in which there are mucus-secreting cells and granular cells. Taste buds are found in the skin of the roof and floor of the cavity, also found around the mouth corner, barlets and nearby area. The tract after pharynx consists of mucous membrane (without muscularis mucosae), submucosa (absence in the small intestine and the fore part of valvular intestine), lamina muscularis and adventitia. The fore part of esophagus bears stratified squamous epithelium, in which there are flat cells having netlike microridges and mucus-secreting cells. The tract posterior to the fore part of esophagus is covered by simple columnar epithelium in which ciliary columnar cells are distributed. The simple columnar cells with microvilli in the rear part of esophagus and stomach are secretory mucus cells and in intestine are absorbing cells (lacking in the rear part of small intestine, the rear part of valvular intestine and rectum). Goblet cells begin to appear in small intestine and become more and more backward. Goblet cells and secretory mucus cells contain glycogen. Wandering cells and granular cells are also found in the simple columnar epithelium.

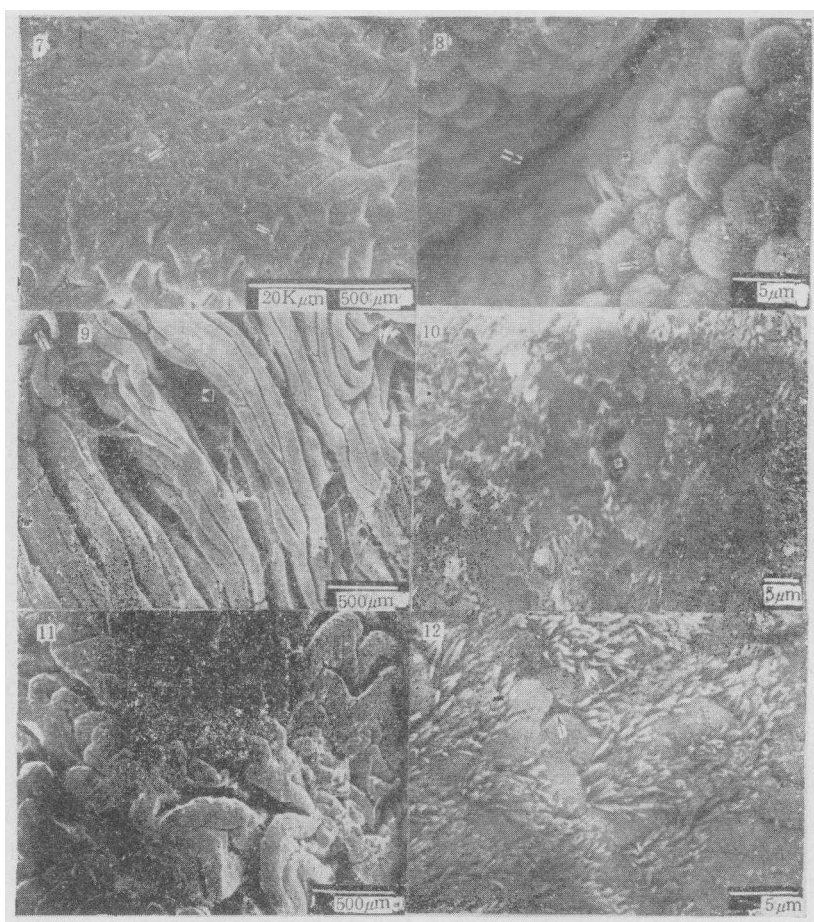
The mucous membrane of small intestine is honeycombed. The core of the compact pyloric caecum is honeycombed as well. The distribution of the digestive gland is only confined to the tunia propria of the backward limb and a certain area of forward limb of stomach, while the tunia propria at other parts become stratum compactum. The lamina muscularis in the fore part of esophagus is mainly striated muscle and in the rest parts of the tract is smooth muscle. The cells covering on the adventitia are either columnar or cuboidal or flat.

**Key words** *Psephurus gladius*, fish digestive tube, fish histology, SEM, rare animal, abdominal pore



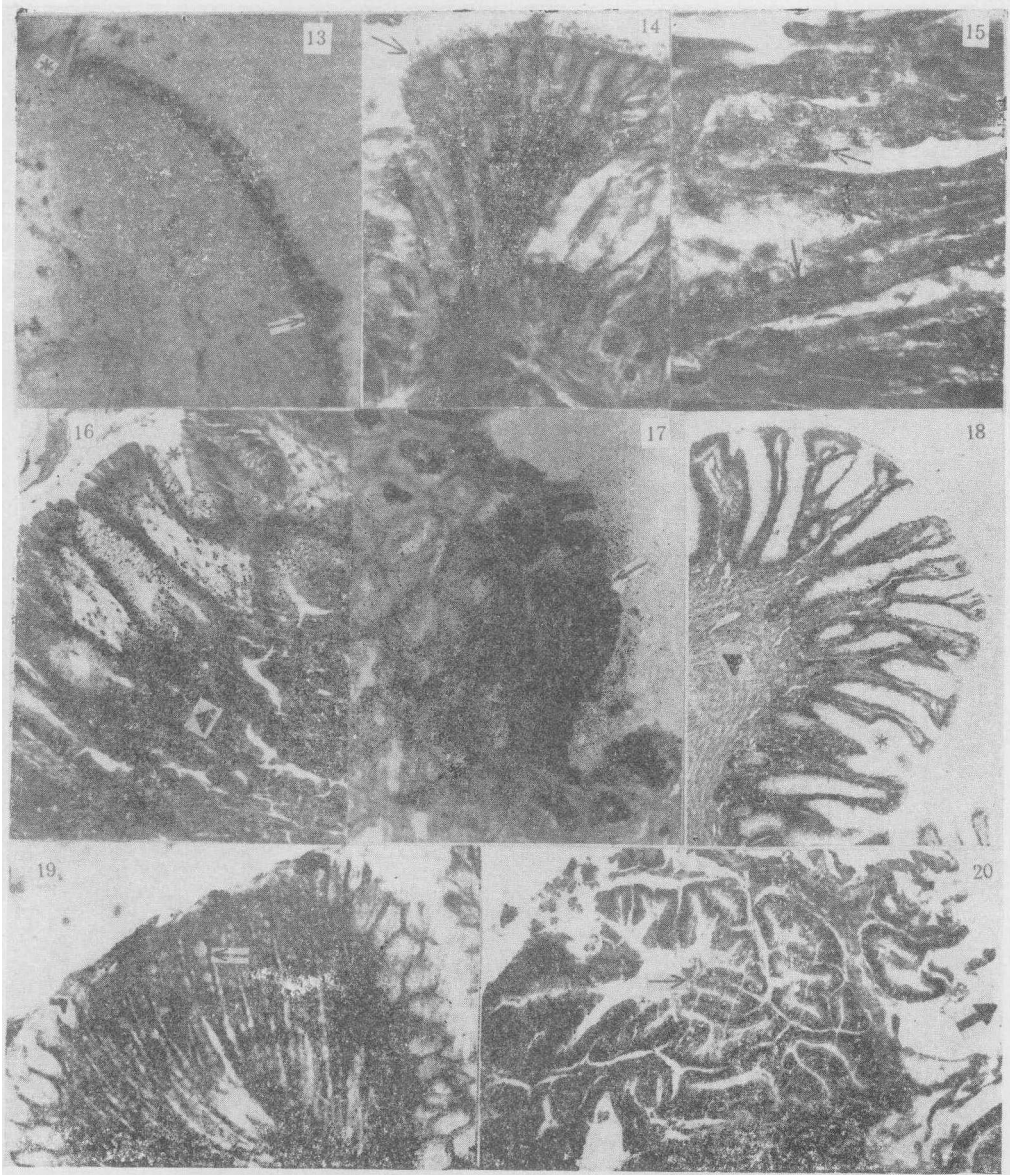
1. 颌上圆锥形齿, 排列不规则; 2. 鳃弧汇合部表面。小齿圆锥形, 生长方向各异; 3. 上图的进一步放大, 示单个小齿。小齿略弯曲, 其周围皮肤有指状突起(\*), 上皮细胞界线明显(↑), 粘液分泌细胞散在其间(↑); 4. 口腔腔底后部中央表面无小齿, 扁平上皮细胞六边形或形不规则, 其游离面有凹点(↑), 粘液分泌细胞内有分泌颗粒(\*), 味蕾(▲)散在于上皮细胞之间; 5. 食道腔面的初级皱襞与次级皱襞; 6. 食道前部腔面, 示上皮细胞游离面微褶(↑)。

1. Conical teeth on jaw; 2. Fine teeth on the surface of conjunction of gill arches, growing in different directions; 3. Further amplification of fig. 2, showing projections (\*) on the skin around a fine tooth, border (↑) between flat cells and mucus-secreting cells (↑); 4. Hexagonal or irregular flat cells on the centre of rear floor, showing small concavities (↑) on the cellular surface, mucus-secreting cells (\*) and a taste bud (▲); 5. Primary and secondary mucous folds in esophagus; 6. Flat cells bearing microridges (↑) in the fore part of esophagus.



7.胃前行支中部腔面,形状各异的凹陷为胃小凹(↑); 8.上图的进一步放大,示一般柱状细胞的微绒毛多分布在游离面的外周(↑),中央区少。纤毛柱状细胞(\*)分布在一般柱状细胞间。图左方凹陷为胃小凹(↑); 9.小肠腔面的初级皱襞与次级皱襞。初级皱襞间形成凹陷(▲)。可见棘头虫寄生于肠壁(↑); 10.上图的进一步放大,示一般柱状细胞与纤毛柱状细胞。上皮细胞间有凹孔(\*); 11.瓣肠腔壁内表面,皱襞虽扭曲但趋于环行; 12.螺旋瓣皱襞表面,一般柱状细胞的微绒毛(↑)分布于细胞外周。纤毛柱状细胞的纤毛发达。

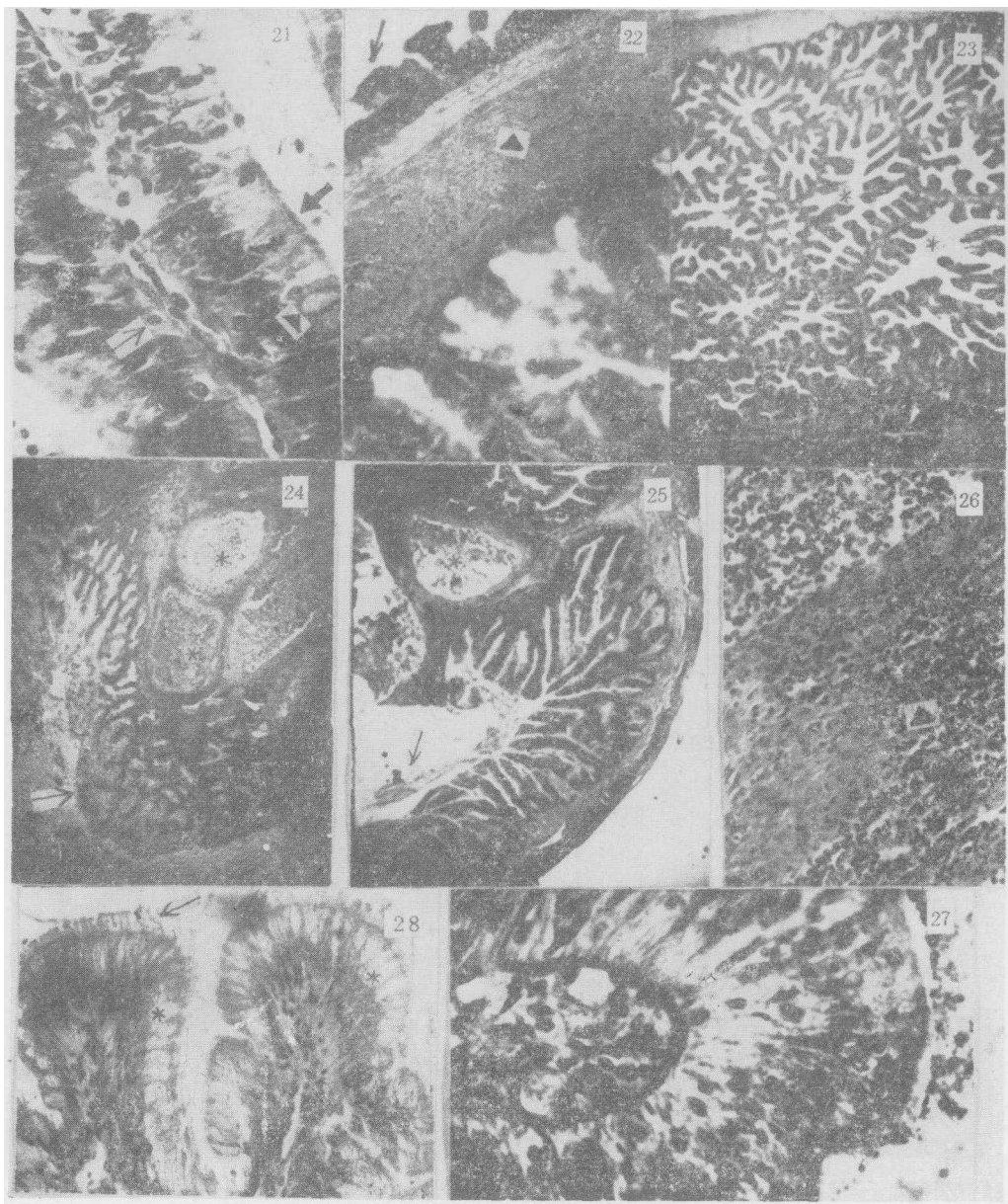
7. Innersurface of stomach, showing stomach pits (↑); 8. Further amplification of fig. 7, indicating simple columnar cells with peripheral microvilli (↑), ciliary columnar cells (\*) and stomach pits (↑); 9. Primary and secondary mucous folds in small intestine, showing caves (▲) between primary folds. A parasite (↑) belonging to acanthocephala is also shown; 10. Further amplification of fig. 9, showing simple columnar cells, ciliary columnar cells and hollows (\*) in small intestine; 11. Innersurface of valvular intestine; 12. Surface of valvula spiralis, showing simple columnar cells with peripheral microvilli (↑) and ciliary columnar cells.



13. 鳃弧汇合部皮肤, 示小齿(\*)和味蕾(↑)。×67; 14. 食道后部粘膜上皮, 示纤毛柱状细胞的纤毛(↑)发达。分泌粘液的柱状细胞膨大呈空泡状。×670; 15. 食道后部肌层内的横纹肌纤维, 示肌纤维上特殊的嗜酸性强的环带(↑)。×670; 16. 胃后行支粘膜。胃小凹(\*)内上皮细胞核上胞质空泡状, 固有膜内有发达的消化腺(▲)。×168; 17. 胃后行支一般柱状细胞内含糖元(↑), 其下方消化腺不含糖元 (P. A. S. 反应)。×168; 18. 胃前行支头侧处粘膜。胃小凹(\*)变浅变深, 且有分支; 固有膜为致密层(▲), 无消化腺。×67; 19. 胃前行支头侧处粘膜上皮细胞排列整齐。胃小凹间的上皮细胞不呈空泡状, 仅有小空泡(↑)。无纤毛柱状细胞。×670; 20. 小肠前部的蜂窝状粘膜窦(近腔面)(↑)。上皮细胞暴露于肠腔(↑)。×67

13. Section showing a taste bud (↑) and a fine tooth (\*) in the epithelium at the conjunction of gill arches. ×67; 14. Epithelium of the rear part of esophagus, showing cilia (↑) on the ciliary columnar cells and swelling secretory mucus columnar cells. ×670; 15. Section showing striated muscle fibers with particular eosinophilic rings (↑) in the rear part of esophagus. ×670; 16. Section of the mucosa of the backward limb of stomach, showing gastric pits (\*) and digestive glands (▲). ×168; 17. The glycogen in the gastric epithelial cells (↑) (P. A. S.). ×168; 18. Section of the mucosa of the fore part of forward limb of stomach, indicating rarer but deeper gastric pits (\*) and stratum compactum (▲); gastric glands absent. ×67; 19. Epithelial cells in the fore part of forward limb of stomach. Arrow (↑) shows vacuoles in the cells; ciliary columnar cells absent. ×670; 20. Section showing honeycombed mucosa (↑) and epithelium exposing to the cavity (↑) of the fore part of small intestine. ×67.





21. 小肠粘膜窝内上皮。示具纹状缘(↑)的小肠柱状细胞、杯状细胞(▲)和游走细胞(↑)。×670; 22. 小肠前部的肌层(▲)及外膜(↑)。示外膜呈褶状, 表面细胞柱状。×168; 23. 幽门盲囊实质部为蜂窝状粘膜窝(\*)。×25; 24. 特殊淋巴器官矢切面。示内部的腔(\*)及该器官外面的肠粘膜上皮(↑)。×25; 25. 特殊淋巴器官(\*)与瓣肠(↑)的连接部。×25; 26. 特殊淋巴器官腔内(\*)与腔间结缔组织中(▲)充满淋巴细胞。×250; 27. 螺旋瓣皱襞内结缔组织中淋巴管丰富。上皮细胞很拥挤。×670; 28. 瓣肠后部上皮。示纤毛发达的纤毛柱状细胞(↑)和丰富的杯状细胞(\*)。×330。

21. Epithelium in the honeycombed mucosa of small intestine, showing columnar cells with striated border (↑), goblet cells (▲) and wandering cells (↑). ×670; 22. Section of lamina muscularis (▲) and serosa (↑) from the fore part of small intestine, showing fold-shaped adventitia covered by columnar cells. ×168; 23. Section of pyloric caecum consisting of honeycombed mucosa (\*). ×25; 24. Section of a part of the particular lymphatic organ, showing internal cavities (\*) and intestinal epithelium (↑). ×25; 25. Section of the conjunction between the lymphatic organ (\*) and valvular intestine (↑). ×25; 26. Lymphocytes permeating the lymphatic organ in the cavities (\*) and the connective tissue (▲). ×250; 27. Section of the folds in valvula spiralis, showing crowded epithelial cells and lymphatic capillaries in connective tissue. ×670; 28. Section showing ciliary columnar cells with developed cilia (↑) and goblet cells (\*) in epithelium of the rear part of valvular intestine. ×330.