

第六章 呼吸系统

讲授重点：

- 1、鳃的构造
- 2、辅助呼吸器官的类型
- 3、鳔的类型和机能

第一节 鱼类的鳃

- 鳃的一般构造（以真骨鱼类为例）

鳃是由咽部后端两侧发生的，在胚胎时期咽头内胚层发生一些成对的鳃笼，向外侧面伸展，冲向中胚层，与此同时，正对鳃囊的外胚层向内凹入，形成鳃沟，两者继续发展，逐渐接近，最后穿孔形成鳃裂，咽头内腔借此裂与外界交通，前后鳃裂以鳃间隔分开，鳃间隔基部有鳃弓支持，鳃间隔两侧发生鳃片，一般鱼类的鳃片是内胚层发生的。

鳃裂开裂于咽喉的一侧称内鳃裂，开裂于体外的称外鳃裂。

鳃位于头部两侧的鳃腔中，外面复以鳃盖，多数硬骨鱼类有五对鳃弓，第 1-4 对鳃弓外缘着生两列片状物，其由无数梳齿状物组成，外观排列紧密整齐，此片状物为鳃片，梳齿状物是鳃丝，每一鳃片由无数鳃丝排列而成，每一鳃丝的两侧又有许多与之垂直的小突起，是为鳃小片。相邻两鳃丝的鳃小片不是相对排列，而是相互嵌合。

在两列鳃片间，有结缔组织的支持物，称鳃间隔。软骨鱼类的鳃间隔发达，而硬骨鱼类的鳃间隔趋于退化。

鳃小片是气体交换的场所，一般由单层上皮细胞包围着结缔组织的支持细胞所组成，这样使鳃小片内部空间呈张于的状态，这些空间又称为窦状隙，从入鳃动脉来的血液经一再分支使存于窦状隙中，在此进行气体交换，血液与水仅隔着很薄的鳃小片的壁。所以鲜活的鱼鳃看起来总是鲜红的。鳃小片的数目不仅随种类而有所差异，即使同种的不同个体，也不完全相同。

在鳃小片上还分散着一些粘液细胞及其他腺细胞，在鳃丝中尚有一些招待氯离子运转任务的氯细胞，属于嗜酸性细胞，分布于鳃丝的外侧，有血管相联系，在海水鱼类中氯细胞的游离面还存在着排泄小泡，而在淡水鱼类中都不存在。氯细胞是执行排出氯离子的生理机能。

每一鳃弓外缘有两列鳃片，每一列鳃片称为半鳃，每一鳃弓前后的两个半鳃，合为一个全鳃。

二、硬骨鱼类的鳃

1、鳃位于头部两侧的鳃腔中，外面复以骨质的鳃盖。

2、一般有五对鳃裂，开口于鳃腔。

3、鳃弓为硬骨。

4、硬骨鱼类第五对鳃弓上没有鳃片，因此多数硬骨鱼类只有四对全鳃。也有少数鱼类仅有三对全鳃和一个半鳃，如杜父鱼，也有仅有三对全鳃的，如鮫、鰻、黄鲢等。

5、鳃间隔不发达或几乎消失。

每一鳃弓内侧有两行鳃耙，各种鱼类鳃耙的形态、数目不相同，此系取食器官，与呼吸作用无关，但可保护鳃片。

三、软骨鱼类的鳃

（一）板鳃类

1、无鳃盖

2、鳃弓的软骨

3、多数板鳃鱼类具 5 对鳃裂，少数具六对及七对，舌弓后面有一半鳃，第 1-4 鳃弓都有两个半鳃，第 5 鳃弓没有鳃，所以共有九个半鳃。

4、鳃间隔发达，隔中有鳃条软骨支持，鳃片末端部分游离，但短于鳃间隔，此类鱼的鳃间隔很长，宽大呈板状，故取板鳃鱼类之名。

（二）全头亚纲

1、舌弓后面生长皮膜状的假鳃盖。皮膜上下端与体壁愈合，仅后方开孔，这种鳃盖没有骨骼支持，故为假鳃盖。

2、鳃的构造与板鳃类有些类似，但仅具四对鳃裂，第 5 对鳃裂已封闭，共有八个半鳃，舌弓半鳃存在。

3、鳃间隔比板鳃类短，已有部分鳃丝伸出鳃间隔。

四、幼鱼的呼吸器官

1 、外鳃

有些鱼类在胚胎或幼鱼期，当正式鳃未长出之前，往往出现一种鳃片状的构造，称为外鳃（又称幼鱼鳃），当正式鳃出现时，外鳃消失。

外鳃根据它来源的胚层不同，又可分为两种。

内胚层性外鳃：多见于板鳃类幼鱼（胎儿），是一种丝状物，以各鳃孔伸出，甚至以喷水孔伸出，外鳃可能很长，有的几乎等于体长，如电鳗类的外鳃很长，有的几乎伸达尾部末端，这种外鳃不仅可呼吸，也有吸收营养的能力。这种外鳃起源于真鳃的突起，是内胚层发生的。

外胚层性外鳃：多见于肺鱼类（澳洲肺鱼除外），多鳍鱼类、泥鳅和鲑鱼的幼鱼也有丝状外鳃，成鱼时消失。这种外鳃是外胚层发生的，属于表皮的突出物。

2 、鳍褶、卵黄囊

一般幼鱼（真骨鱼类）当鳃未生出前，可借鳍褶及卵黄束上的微血管网进行呼吸。

五、伪鳃、喷水孔鳃、舌弓鳃

1 、伪鳃

在许多真骨鱼类的鳃盖内方长着一个明显程度不一的半鳃，称为伪鳃，在发生上讲，一般认为它与喷水孔鳃同源，不能吸进氧气，但与二氧化碳的排泄有关，尤其在具有辅助呼吸器官的鱼类，伪鳃上有十分丰富的碳酸酶，它加速了碳酸分解为 CO_2 与水。

伪鳃分为两种：

自由伪鳃：在解剖学、组织学方面同真鳃没有很大差别，只是比较细小些，它形状明显，与第一鳃弓的鳃片相对，真骨鱼类的隆头鱼科、鲾科等均属之。

包埋伪鳃：这种伪鳃外方被以结缔组织，表面不易辨出，其结缔组织包裹程度不一，有的只是填塞了鳃小片的空隙，而鳃丝仍然游离，有的是鳃丝，鳃小片全被封埋，结缔组织深深沉入内部，这类伪鳃只见于真骨鱼类，如白鲢，鲤鱼等。

2 、喷水孔鳃

多数板鳃类及鲟鲤类在喷水孔的前壁长着一个细小的半鳃，即喷水孔鳃，成鱼对仅留鳃的痕迹。从呼吸角度来看无意义，是一种伪鳃。

3 、舌弓鳃

在鲟鱼、全骨类、板鳃类的舌弓上，长着一个完整的半鳃，即舌弓鳃，它内腹侧主动脉送入浊血，能进行气体交换，与一般鳃功能相同，所以属真鳃。

第二节 鱼类的辅助呼吸器官

大多数鱼类一离开水就要死亡，通常鳃孔大的种类更比鳃孔小的种类死得快。但有少数鱼类可以暂时离开水或者在含氧量极少的水中生活，这些鱼往往是除了鳃以外，还有一些能直接呼吸空气的特殊结构，如皮肤、肠、咽喉壁、鳃上器官等，这种兼管呼吸作用的构造，称为辅助呼吸器官。具有辅助呼吸器官的鱼类，多分布于热带和亚热带。

一、皮肤

鳗鲡能够离开水生活相当长时间，它们常常在夜间由水中游上陆地，经过渐湿的草地，迁移至别处水中。它离开水时，是利用其潮湿的皮肢来呼吸的，血液透过极薄的皮肤，直接从空气中进行气体交换。特别是降河入海产卵的亲鳗，由内陆沟洪池塘向河口移动的过程中，更是依靠这种辅助呼吸器官帮助它从一个水团转移到另一个水团。据研究在 $7-8^{\circ}\text{C}$ 的低温情况下，鳗鲡皮肤呼吸作用能达到整个呼吸量的 $\frac{3}{5}$ ，其它如鲶鱼、弹涂鱼、黄鳝等鱼的皮肤血管较多，都有呼吸作用。

二、肠管

泥鳅每当夏季水温升高，水体含氧量很低时，发现它经常游到水的表面，把口伸出水面，吞下一口气后又潜入水下，当水中含氧量愈少，这种吞取空气的动作次数愈多，泥鳅直接吸取空气的能力主要依靠其肠的特殊作用。每当夏季，泥鳅肠壁的柱状上皮细胞改变的扁平上皮细胞，细胞间出现微血管，它所吞取的空气可以透过很薄的肠壁与血液进行气体交换，多余的空气以及从血液中放出的 CO_2 一齐从肛门排出去。泥鳅在其它季节不进行肠呼吸。肠呼吸期不摄食。

一些鲶类也有用肠呼吸的，它们在粘膜层生出许多褶丝和突起，以助呼吸。

三、口咽腔粘膜

黄鳝居住在稻田里，秋后田里水放干后，它能钻入泥底的洞穴中，经几个月而不死，这是由于黄鳝口咽腔内壁的扁平表皮细胞下面布满血管，可以利用它来呼吸空气，黄鳝的鳃较退化，平时也依靠口咽腔粘膜协助呼吸，它也能在水中营呼吸作用。

弹涂鱼、电鳗的咽喉表皮，亦有呼吸作用。

四、鳃上器官

胡子鲶、乌鳢、攀鲈及斗鱼等鱼的鳃弓一部分骨骼特化成一种鳃上器官，可以直接利用空气中的氧气进行气体交换，这种器官是辅助呼吸器官中最重要的一种。

胡子鲶的鳃上器官是分别由第二及第四鳃弓上的肉质突出而形成，在鳃弓背面呈二簇树枝结构，富含血管，没有骨骼支持，鳃上器官包藏在鳃腔后背方的鳃上腔内。胡子鲶在干燥季节时，营穴居生活，依靠这种器官可以数目不死。

乌鳢的鳃上器官是由第一鳃弓的上鳃骨和舌颌骨内面的骨质突起所构成。舌颌骨的突起突出于鳃腔前方，外形似耳朵，第一鳃弓上鳃骨突出于鳃腔后部，外形近似三角形，骨片上覆有颇厚的粘膜组织，这些骨位于鳃腔前背方的鳃上腔内，鳃上腔及鳃上器官布满血管。乌鳢依靠这种鳃上器官，在炎热干燥的季节，可以钻进泥里成蛰伏状态，靠气呼吸而生存，它可以较长时间离水面不致死亡。

攀鲈的鳃上器官由第一鳃弓的咽鳃骨，上鳃骨突出，形成骨质瓣，覆以具丰富血管的表皮，骨质瓣边缘曲折、呈波状，作同心圆排列，似花朵，由于其排列曲折迷离，故常被称为迷路器官，攀鲈的鳃上器官包藏在一个宽大的鳃上腔内，鳃上腔与鳃腔完全隔开。攀鲈在旱季水涸时能埋藏在泥内数月之久，平时，可以出水到陆上觅食，或到相当远的地方去寻找适宜生活的场所。

斗鱼的鳃上器官与攀鲈类似，骨质瓣边缘稍波曲，盘旋成简单的“丁”字形。

五、气囊

印度产的囊鳃类有 1 对管状长囊，自鳃腔往后穿过脊椎附近的肌肉伸至尾部。囊内壁上血管丰富，生活时充满空气，能在陆上生活一段时间。双肺鱼也有小型气囊 1 个。

第三节 鱼类的鳔

大多数硬骨鱼类的体腔上部、消化管与脊柱之间有一大而中空的囊状器官，此即鳔，鳔内充满着氧气、二氧化碳及氮等气体。

一、鳔的形态构造

鳔的形状多种多样，有圆形、圆锥形、心形、马蹄形、管状（鲟针鱼）、长卵形（鲈鱼）、纺锤形（香鱼）等等。鳕鱼的鳔前端有一对育囊状突起，石首鱼类的鳔多有许多小分支，有的分支呈树枝状，分枝状态在石首鱼种中是种间分类特征之一。

多数鱼类的鳔是单个的囊状结构，不少种类可分两个宝，也有一或三宝的，鳔的前后室隔壁上有孔相通。少数低等硬骨鱼类，如肺鱼、多鳍鱼的鳔是左右两叶，大多数鱼类的鳔长在食道背面，少数在腹侧面，如澳洲肺鱼，有个别在腹面，如美洲肺鱼及非洲肺鱼。

根据鳔管的有无，鳔可分为两大类：一类为喉鳔类，即终生有鳔管与食道相通，如鲱形目、鲤形目等鱼类的鳔。另一类为闭鳔类，鳔管退化或消失，与食道无联系，如鲈形目鱼类的鳔。

闭鳔类的鳔，前腹面内壁有红腺（或叫气腺）及微血管网，即该处的表皮细胞特化为长方形腺细胞，同时内凹，成为简单的腺体，其下方布满血管，鳔内气体由此分泌。鳔后背方有一个较薄的卵圆窗，为气体吸收区。卵圆窗由薄层细胞构成，并分布了许多血管，边周有括约肌，即由环肌及辐射状肌组成，当环肌收缩时，卵圆窗缩小，气体吸收减弱或停止，当辐射肌收缩时，卵圆窗变大，鳔内气体通过卵圆窗渗入邻近的血管里，即吸收气体。

喉鳔类的鳔，红腺不明显或不发达，但有鳔管与食道相通，所以鳔内气体来源可以从空气中摄取，由口经食道、鳔管入鳔，同时也由鳔管排气。

鳔受迷走神经的肠支及交感神经的腹腔神经节双重支配，迷走神经控制分泌气体，交感神经控制气体吸收。

鳔的壁主要是结缔组织弹性纤维组成，并富于胶质。有些鱼类的鳔大而厚，有滋补身体的效能。

圆口类、软骨类无鳔。

低等硬骨鱼类，如肺鱼类、多鳍鱼等的鳔具有肺的作用，其内部被纤维隔成许多小气室，小气囊等，可以直接呼吸空气。

真骨鱼类鳔的形态变化较大，底栖种类鳔不发达或缺，如鲈形目无鳔，鳅类的鳔都很小，在骨质小囊中，上层快速游泳的种类如金枪鱼、马鲛鱼等也无鳔。

二、鳔的功能

真骨鱼类的鳔是一种重要的比重调节器官，同时在感压、发声方面也有一定作用，少数鱼类的鳔有肺的作用。

（一）调节比重

鱼类在不同深度借放气或吸气来调节鱼体比重，使它和周围水的比重一样，这样鱼可以不费力地停留在不同水层。如当一条鱼从深水游到浅水时，水的压力减小，鳔内气体膨胀，身体比重减轻，并接近外界环境的水比重，使鱼停留在新的水层，相反，当鱼由浅水游向深水时，水的压力增大，鳔内排出气体，使鱼体比重增加，并接近外界水的比重，使鱼能停留在这一水层，调节鳔内气体以适应于不同深度的水层中生活，在缓慢的上升或下降时比较有用处，而对于急剧的上升或下降则反而成为一个妨碍。因而一些快速游泳的鱼类无鳔。

鳔是一个比重调节器官，但不是升降沉浮的运动器官，它仅能帮助升降，鱼的升降运动主要还是靠鳍和肌肉的运动。

（二）呼吸作用

低等硬骨鱼类，如肺鱼、多鳍鱼、弓鳍鱼等的鳔具有肺的作用，可以直接呼吸空气。

（三）感觉作用

鱼受到压力变化时，鳔内气体压缩或减稀，鳔能起测压计或水中传声器的作用。有些鱼类的鳔与内耳发生程度不同的联系，这些鱼往往有较强的听觉和感觉压力的能力。

沙璫鳔的前端有两条细管通入头颅与内耳相接。锯鳞鱼和深海鳕鳔的前端有一对盲囊，它与内耳相连接，鲤形目鱼类的韦伯氏器连接于鳔与内耳之间，它的带状骨和舶状骨与内耳之围淋巴腔接触，与内淋巴窦发生关系。

鱼类中不论由韦伯氏器或由鳔的细管、盲囊，凡与鳔相联络，比之没有这种联络的，都能有较好的听觉，能感觉较高频率和较低强度的声音，外界声音传到鱼体时，鳔能加强这种声波的振幅。

鳔依靠韦伯氏器等与内耳接触，增强了感觉压力的反应，它使由于外界压力的变化而引起鳔内气体增减的反应十分敏感。

（四）发声作用

鳔在产生声音方面起着重要作用，鳔对附近器官所产生的声音起着共鸣器的作用，如鳞鲀科肩带中的匙骨和后匙骨上摩擦，以及咽齿摩擦而发声，鳍就起共鸣器的作用，使声音扩大。

鳔管放气时往簇会发出声音，如欧洲鳗鲡及一些鲤科鱼类。

鳔发声另一重要方面是有些鱼类具有特殊的发音肌，如大小黄鱼鳔外面附有两块长条状色稍深的肌肉，称为鼓肌，中间有韧带与鳔相连，此肌收缩时，则使鳔发生咕咕声，有经验的渔民能依声音的强弱确定鱼群的大小及距离的远近，甚至能区别雌雄。