

白暨豚气管和肺的解剖和组织学的研究*

刘仁俊 林克杰

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

白暨豚的肺分左右2叶,不分小叶,肺门位置高。气管分叉成左右主支气管和气管支气管,气管支气管分叉点的位置较高,情形与拉河豚相近。3条主支气管进入肺以后便成为肺内支气管树的主干,其分支的分布区可暗示假定肺叶的存在(共5叶,左2右3)。

从气管起一直到呼吸性支气管都存在软骨组织。气管的粘膜上皮为假复层纤毛柱状上皮,夹有杯状细胞。主支气管为单层柱状上皮,无杯状细胞。小支气管和细支气管又变为假复层纤毛柱状上皮,杯状细胞少。细支气管以下逐步改变为单层柱状上皮和立方上皮。各级支气管均未见腺体存在。从呼吸性细支气管到肺泡管的通道口,有括约肌存在。各级支气管一直到肺泡壁均有平滑肌存在,从断续出现到连续的环层。弹性纤维在整个气管均很丰富。

早在十七世纪末 Hunter (1787) 已开始了鲸类气管和肺的解剖学研究^[5,9]。十八世纪末, Weber (1886) 等进行了气管的组织学研究^[5,9]。嗣后, Miller (1940) 等进行了肺的组织学研究^[5]。近年来,由于电子显微镜的应用,将这方面的研究工作推进到了一个新的水平,如 Fanning 和 Harrison (1973—1974) 等比较深入地研究了南澳大利亚宽吻海豚 (*Tursiops truncatus*) 肺的亚显微结构^[4,5]。

关于淡水豚类的呼吸系统, Burmeister (1867, 1869) 和 Anderson (1879) 曾分别对拉河豚 (*Pontoporia blainvillei*) 和恒河豚 (*Platanista gangetica*) 做了简要的描述^[7]。山崎英雄 (Fusao ramsaki) 在 1974 年报道了拉河豚和恒河豚的器官重量^[6], 并于 1977 年比较详细地研究了拉河豚肺的形态特征, 对肺的显微结构也作了简要的描述^[7]。至于白暨豚 (*Lipotes vexillifer* Miller) 的气管和肺, 迄今仅有陈宜瑜等 (1975) 做过简略的形态描述^[1]。作者对白暨豚的气管和肺进行了解剖和组织学的研究。本文报道这一研究结果。

材 料 与 方 法

形态学材料取自 5 头标本, 编号是: 73-X-1409 ♂, 74-I-001 ♀, 74-I-002 ♀, 79-I-01 ♀, 79-I-02 ♀。标本用甲醛溶液保存。

组织学材料取自 79-I-01 和 79-I-02 两号新鲜标本, 一部分用波氏 (Bouin) 液固定, 另一部分用 10% 甲醛溶液固定。气管及肺外支气管按部位取材, 肺内 3.5 毫米以下各级

1979年11月10日收到。

* 工作中得到湖北医学院戎诚兴副教授热心指导, 本所刘沛霖同志曾参加标本解剖, 何楚华等同志协助摄制照片, 在此一并致谢。

支气管直到肺主质，取其一分支的整体材料。除气管及肺外支气管外，其他均做连续切片，厚度为 6—9 微米。绝大多数片子用海氏（Heidenhain）苏木精与伊红染色，并辅以德氏（Delafield）苏木精伊红染色。

为了了解气管、各级支气管及肺内有无括约肌系列的存在及弹性纤维的情况，亦进行了 Weigert 法染色。

外 部 形 态

气管 白豮豚气管短而粗，横截面呈扁圆形。整个气管分出 3 条主干支气管，即气管支气管、右主支气管和左主支气管（表 1）。气管支气管下行时在近肺门处经两级分支成 4 支，然后进入右肺。右主支气管也在近肺门处经两级分支成 4 支进入右肺。左主支气管在远离肺门处分出一侧支（左次支气管），这一侧支也经两级分支成 4 支后进入左肺。左主支气管在近肺门处又分出一侧支，然后进入左肺（图版 I:1, 2）。

表 1 白豮豚气管和肺的测量（单位：厘米）

标 本 号	73-X-1409	74-I-001	74-I-002	79-I-01	79-I-02
体 长	206	250	253	191	245
气 管 长	8	12	12	5.7	9.1
左主支气管长	13	22	22	10.8	13.9
右主支气管长	9	16	17.5	11.4	15.6
气管支气管长	7	10	12	10.4	10.5
左次支气管长	9	13	15	4.7	6.6
左 肺 长	30	41	49	25.7	35.5
左 肺 宽	10	17	22	8.6	12.7
右 肺 长	32	40	46	24	35
右 肺 宽	10	20	18	9.3	15.0

73-X-1409, 74-I-001, 74-I-002 三号标本的数据引自陈宜瑜等的资料。

整个气管由 17—18 个软骨环片组成，其中，在气管支气管分出之前的环片数为 13—15 个。这一段的环片，长短宽窄不一，有的甚至分叉，全部没有闭合，排列也不规则（图 1）。而在气管支气管分出以后的一段气管（环片数 3—4）环片是完全闭合的，但形状亦不规则。气管以下的肺外各级支气管的软骨环片，虽然形状并不规则，但绝大多数是闭合的。在气管上段的内壁表面有粘膜褶。

肺门的位置极高。以 79-I-02 号标本为例，右肺上面的肺门（即气管支气管及其分支入口处），其上缘仅离右肺前端 1.3 厘米。下面的肺门区（即右主支气管及其分支入口处）亦约在右肺的五分之一处。左肺的肺门区亦在左肺的五分之一到三分之一处（图 2；图版 I:1）。

肺 白豮豚肺的外形与其他豚类相似，分为左右 2 叶，表面光滑，不分小叶，也没有

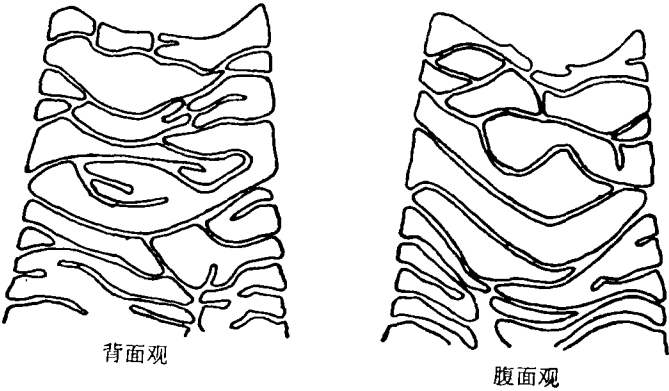


图 1 白暨豚气管软骨环结构示意图

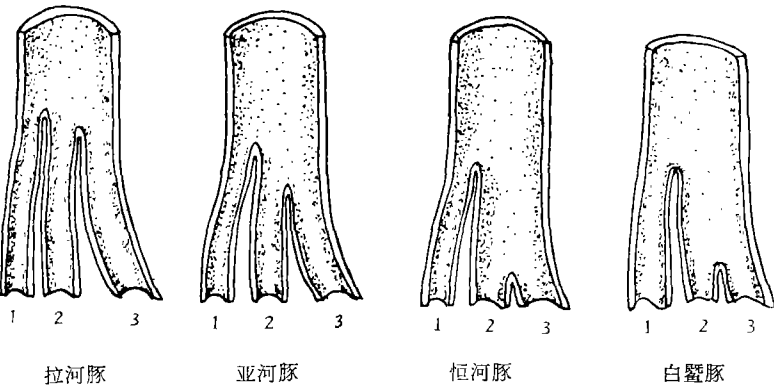


图 2 四种淡水豚气管支气管分叉位置示意图

1——气管支气管； 2——右主支气管； 3——左主支气管。
前三个种的材料引自山崎英雄等^[7]

分小叶的痕迹(图版 I:1, 2)。两叶肺均为内侧及前端厚,外侧边缘及后缘薄。整个肺背面隆起,腹面稍凹,覆盖于心脏、肝脏等器官上面。横隔膜则在肺的中部斜行而过。

测量了四头标本肺的重量。肺重相当于体重的 1.34—1.93%,平均为 1.6%。通常右肺比左肺稍重一些,但 73-X-1409 号标本例外(表 1, 2)。

左、右肺动脉均位于左右主支气管入肺门处的上方背内侧。左右肺静脉则紧贴在左右主支气管的下方。

表 2 白暨豚肺重和肺重对体重的比例

标本号	性别	体长(厘米)	体重(公斤)	肺 重 (克)			比例(%)
				总重	左	右	
73-X-1409	♂	206	95	1600	825	775	1.68
74-I-001	♀	250	224	3000			1.34
74-I-002	♀	253	237	4550	2125	2425	1.93
79-I-02	♀	245	142.5	2075	1000	1075	1.46

支气管树 白暨豚的肺柔软而富于弹性,主要是由肺内一系列软骨性支气管所支持的(这种支气管分支系统,是传导空气的空气动力学系统)。将支气管系统从肺实质中分离出来,便形成一个完整的支气管树(图版 II:6)。白暨豚支气管树的形状与拉河豚相类似。

气管分叉形成3条主干支气管,其分支分别成锐角从肺门伸入肺内。左右主支气管各自成为左右肺内支气管树的主干,并靠内侧略成弧形延伸至肺的后端,其管径往后逐渐变小。

以下着重描述 79-I-01 号标本的支气管树:气管支气管经二级分支成4条次支气管进入右肺前部,其中第三条最粗(直径1厘米)。上面2支向侧部和前端伸延,并不断分支。下面2支向下斜侧伸展,直达右肺的约三分之一处为止。

右主支气管在近肺门处经二级分支成4支伸入肺内,最下一支最粗为主干,直径1.5厘米。上面2支进肺后又不断分支并伸展于右肺的中部。下面2支中,较上的一支向肺背部伸展。较下的一支(主干)向内侧略成弧形向后端伸延,并不断分支,结束于最后的小分支。这下面2支的伸展区占据右肺近二分之一的区域。

左主支气管经几级分支后成6支伸入左肺内。上面2支进肺后不断分支,伸展于左肺前部约三分之一的区域。下面4支中最下的一支最粗(直径1.5厘米)为主干。它们进肺后向左肺中后部伸展。主干向内侧略成弧形向肺后端伸延,并不断分出侧支,直到最后的小分支。以上4支的伸展区约占左肺的三分之二。

组 织 学 观 察

气管 白暨豚的气管,由一些形状不规则的透明软骨片为支架,骨片之间以弹性纤维形成的韧带相联系,构成一个嵌合致密的管道。管壁的结构分为3层(图版 II:8,9)。

粘膜: 上皮为假复层纤毛柱状上皮,夹有杯状细胞。基底膜明显。固有膜里含有丰富的弹性纤维、动静脉血管、神经纤维、淋巴组织和浆细胞。

粘膜下层: 与固有膜之间并无明显界限。这层结缔组织比较疏松。人与一般陆生哺乳动物在粘膜下层有腺体,在白暨豚的粘膜下层里,我们用铁钒苏木精和 H.E. 染色,均未发现有腺体存在。

软骨纤维层(外膜): 为软骨和结缔组织所构成。软骨与软骨之间有极其丰富的弹性纤维,并布以血管和神经等。

支气管 气管分出的气管、支气管,左右主支气管在肺外各分出数根分支,进入肺内以后其主干又各分出数根到十多根大的侧支,这些侧支大多数向肺外侧部分发出。从组织结构上看,与气管大体相同,所不同的是软骨环片不像气管那样很不规则,而是大多数为完整的环片。另外粘膜上皮为单层柱状上皮,无杯状细胞存在。粘膜下层有大量的平滑肌。支气管的肺外部分和肺内部分组织结构基本相同,只是往后管壁亦逐渐变薄。管壁结构仍可分为3层(图版 III:10,11):粘膜、粘膜下层和软骨纤维膜。

粘膜: 粘膜的厚度随着支气管的下行和逐步分支而变薄,上皮为单层柱状上皮,无杯状细胞,上皮深部基膜明显可辨。固有膜中有丰富的弹性纤维。另外还有弥散的淋巴组

织和淋巴小结。

粘膜下层: 也由疏松的结缔组织所构成, 未见腺体存在, 有动静脉血管和淋巴细胞等。

软骨纤维膜: 由软骨和疏松结缔组织组成。软骨随支气管的分支而变细变薄。结缔组织内含有血管、淋巴管及神经纤维。

肺

肺的一般结构: 白暨豚的肺与其他豚类一样, 肺质松软, 富有弹性, 内含大量肺泡。由于存在大量肺泡, 更由于在呼吸性支气管和肺泡管之间存在括约肌构成的闭锁结构, 使白暨豚的肺能够承受很大的压力和充分进行气体交换, 以适应较长时间的潜水生活。

肺表面覆有一层光滑的浆膜, 即胸膜脏层。表面光滑湿润, 可减少肺在呼吸运动时与胸壁的摩擦。浆膜是由一层疏松结缔组织和覆盖在表面的一薄层间皮组成。间皮下面有一层发达的胶原纤维。在结缔组织中有大量的动静脉血管, 神经纤维束。在浆膜中并含有大量的弹性纤维(图版 I:5)。

支气管由肺门进入肺内以后, 逐级分支, 形成支气管树。它的各级分支的名称, 我们仍沿用一般哺乳动物的名称来表示。支气管分支再分支, 统称为小支气管。小支气管到直径 1 毫米以下时, 称细支气管。细支气管的末段称为终末细支气管。以后管壁上有肺泡开口者为呼吸性细支气管。呼吸性细支气管的分支为肺泡管和肺泡囊, 肺泡管和肺泡囊壁上全是肺泡的开口。

肺的组织结构: 白暨豚的肺与其他哺乳动物相似, 由肺实质(支气管树和肺泡)和肺间质(结缔组织, 血管和淋巴管等)组成。从组织切片中, 还见到了大量的杆菌和被杆菌破坏的肺组织。白暨豚的肺按其功能, 同样可以分为导管部分和呼吸部分。

(1) 肺的导管部分: 包括小支气管、细支气管和终末细支气管。其组织结构情况大致如下(图版 III:12, 13; 图版 IV:14, 15):

A. 粘膜: 从小支气管开始, 上皮从支气管的单层柱状上皮逐步变为假复层纤毛柱状上皮, 以后到终末细支气管又逐步变为单层立方上皮, 在小支气管和细支气管有极少量的杯状细胞存在到不复存在。

B. 肌层: 随着支气管树的分支, 管径逐渐变小, 平滑肌束从断断续续到形成连续的环行层并围绕于管壁。

C. 粘膜下层: 随着支气管树分支的逐渐变细, 粘膜下层亦逐渐变薄。未见腺体存在。

D. 软骨纤维膜: 软骨随着支气管树的不断分支而成不规则的软骨片。白暨豚的软骨与陆生哺乳动物不同, 后者到细支气管软骨即行消失, 而白暨豚一直到呼吸性支气管还有软骨存在。但不象其他鲸类(如海豚)那样, 一直到肺泡管还有软骨。呼吸性支气管具有软骨, 使肺能够承受更大的压力, 这是鲸类动物对潜水生活的适应。白暨豚的潜水深度可能不如海豚, 因而表现为这部分的软骨不如海豚发达。白暨豚小支气管以下软骨的另一特点是, 从气管和主支气管的透明软骨过渡到弹性软骨(图版 I:3, 4)。

(2) 肺的呼吸部分: 包括呼吸性细支气管、肺泡管、肺泡囊和肺泡等结构, 统称肺的呼吸部分(图版 IV:16, 17)。

A. 呼吸性细支气管: 为终末细支气管的分支。每个终末细支气管可分出 2 枝或 2

枝以上的呼吸性细支气管,由此再行分支,管壁大致与终末细支气管相似。但因有肺泡通连,所以上皮呈现移行性改变,即管壁上皮的单层纤毛柱状上皮移行为立方上皮。

B. 肺泡管: 是呼吸性细支气管的分支,也是几个肺泡囊的共同通道,四周都是肺泡的开口,看不到完整的管壁。在肺泡囊或肺泡开口处,由大量平滑肌形成膨大部分(图版II:7)。

C. 肺泡囊: 是几个肺泡共同开口的地方,用 Weigert 法染色,可见有丰富的弹性纤维束存在。

D. 肺泡: 是圆形或扁圆形的囊泡。相邻肺泡之间的组织称肺泡隔,白暨豚的肺泡隔比人或其他陆生哺乳动物的肺泡隔厚得多。用 Weigert 法染色可见肺泡隔和肺泡壁存在发达的平滑肌和弹性纤维。在肺泡隔中还有丰富的毛细血管网和各种结缔组织。

讨 论

现存 4 种淡水豚的气管和肺的外部形态和内部结构,既有共同之处,也有不同点。从气管的外部形态看,4 种淡水豚都从气管分出 3 条主干支气管,即气管支气管和左、右主支气管,但气管支气管分叉点的位置却各不相同。在拉河豚,此分叉点的位置与左、右主支气管分叉点的位置几乎在同一水平线上。在亚河豚(*Inia geoffrensis*)其位置稍上^[7];而白暨豚和恒河豚相似,位置更上(图 2)。

关于气管支气管的名称,不同的学者有不同的称呼。山崎英雄(1977)称其为右支气管(他们把拉河豚从气管分支出来的 3 条支气管主干称之为左、中、右支气管),而陈宜瑜等称之为右动脉上支气管(他们把白暨豚从气管分支出来的支气管看作 4 条,其名称分别为左、右主支气管和左右动脉上支气管)。我们在本文内称为气管支气管。从发生上看,气管支气管是属于一般哺乳动物的右肺顶叶支气管移位的产物。对各种哺乳纲的代表来说,其支气管树的结构特征首先表现于右肺顶叶支气管的变动上。它可以稍稍向相反的方向——前方(颅侧)或转移至气管的分支处(宛如气管分支,例如狗及其他动物),或更加显著的直接发源于气管上。这种情况总是常见于右侧。像白暨豚等多数鲸目就属于这一类。气管支气管系右肺顶叶支气管移位后的专用名称,已为大家通用,所以我们认为仍用这个名称为宜。

白暨豚肺重平均占体重的 1.6%。山崎英雄等(1974, 1977)的资料,肺重占体重的百分比,恒河豚为 1.44% (4 头标本的平均值),拉河豚为 1.21% (14 头标本的平均值)。可见白暨豚肺的重量比较大。

白暨豚的右肺大于左肺,但与其他几种淡水豚比较,其差异似乎没有其他几种淡水豚的显著。

白暨豚支气管树的树型与拉河豚相似,只是左右主支气管的主干入肺后向内侧略成弧形,往后端伸延,而在拉河豚几乎成一直线。

白暨豚的左、右肺不分叶,但与拉河豚一样,根据支气管树的分布情况,显示出假定肺叶的存在(大致可分 5 个区,左 2 右 3)。气管支气管的分支分布于右肺前部,相当于其他哺乳动物的右肺顶叶(上叶)。右主支气管在肺内的 2 条主干,分支于右肺中部的分布区,

相当于其他哺乳动物的右肺心叶(中叶),分支于右肺后部的分布区,相当于其他哺乳动物的右肺隔叶(下叶)。左次支气管的分支在左肺上部的分布区,相当于其他哺乳动物的左肺顶叶,左主支气管分支在左肺中下部的分布区,相当于其他哺乳动物的左肺隔叶。

白暨豚与其他鲸类一样,在适应水环境生活的过程中发生了与其他哺乳动物不同的一系列变化,软骨组织在支气管树结构中的分布情况就是其中之一。但软骨组织的分布情况在鲸类中也有差别。有些深潜水的鲸类从气管一直分布到肺泡管,如白鲸(*Delphinapterus leucac*),而白暨豚与拉河豚一样,只分布到呼吸性细支气管。显然,用这种软骨组织来加固各级支气管壁,是为了对抗外界水环境的压力。Scholander (1940) 认为,这种以软骨组织为坚强支架的气管及支气管系统,可使营深潜水生活的鲸目动物从潜水病中解脱出来^[8]。根据他的意见,在外界压力的影响下,空气首先从肺泡里被压出来,但是由于支气管及细支气管管壁的坚固性,空气被阻止在支气管和细支气管里,这样就阻止了氮扩散到血液里去。这种氮在血液里达到一定水平,在动物急剧上浮的时候就会引起潜水病。

山崎英雄等(1977)的研究指出,拉河豚气管和各级支气管的软骨均为透明软骨。白暨豚则不同,其气管和左、右主支气管为透明软骨,而小支气管以下为弹性软骨,这样就更增加了白暨豚各级支气管的坚固性。

关于恒河豚和亚河豚气管和肺的组织学研究至今未见报道。山崎英雄等(1977)虽对拉河豚气管和肺进行了组织学研究,但由于材料不足,仅做了一些简要的描述。

根据他们的报道,拉河豚气管和支气管的上皮,由于已经损坏,其确切的性质无法鉴定,但他们认为极像假复层上皮,次支气管的上皮由 2—3 层柱状细胞组成。他们认为整个呼吸道的特征是没有杯状细胞以及在粘膜下层中无腺体存在。

我们的研究发现,白暨豚的粘膜上皮有一个移行过程,即气管为假复层纤毛柱状上皮,主支气管为单层柱状上皮,小支气管到细支气管又为假复层纤毛柱状上皮,以后从细支气管到呼吸性细支气管,又逐步移行为单层柱状上皮和立方上皮。气管的上皮中夹有杯状细胞,主支气管没有,小支气管及细支气管又有杯状细胞出现,但极少。粘膜下层中亦未见有腺体存在。

许多学者(Leonard F. Belanger, 1940; George B. Wislocki, 1942; C. E. Клейнебергер 1956, 等)报道了鲸类肺的细支气管、终末细支气管甚至肺泡管存在一系列强有力的括约肌系统^[2,3]。山崎英雄(1977)认为拉河豚没有那种括约肌。我们用 Weigert 法染色,观察到白暨豚呼吸性细支气管进入肺泡管的通道口上存在括约肌(图版 IV:16)。白暨豚的主支气管一直到肺泡都有不同程度的平滑肌存在,开始断断续续地出现,随着支气管的分支而逐渐增多,一直到形成完整的环层。整个气道系统均有丰富的弹性纤维存在。

参 考 文 献

- [1] 陈宜瑜等, 1975. 关于白暨豚的一些形态解剖资料. 水生生物学集刊, 5(3): 360—379.
- [2] Leonard, F. Belanger, 1940. A study of the histological structure of the respiratory portion of the lungs of aquatic mammals. *The American Journal of Anatomy*, 67: 437—469.
- [3] Wislocki, G. B., 1942. The lungs of the cetacea, with special reference to the harbor porpoise [*Phocaena phocaena*, (Linnaeus)]. *The Anatomical Record*, 84: 117—124.
- [4] Harrison, R. J. and J. C. Fanning. 1973—1974. Anatomical observations on the south Australian bottle-nosed dolphin (*Tursiops truncatus*). *Investigations on cetacea*, V: 202—217.

- [5] Fanning, J. C. and R. J. Harrison, 1974. The structure of the trachea and lungs of the south australian bottle-nosed dolphin. *Functional Anatomy of Marine Mammals*, 2: 231—252.
- [6] Toshire Kamiya and Fusao Yamasaki (山崎英雄), 1974. Organ weights of *Pontoporia blainvillei* and *Platanista gangetica* (Platanistidae). *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, 26: 265—270.
- [7] Fusao Yamasaki (山崎英雄), Kyoze Takahashi and Toshiro Kamiya, 1977. Lungs of franciscana (*Pontoporia blainvillei*), with special references to their external aspects, weights and bronchial ramifications. *Sonderabdruck aus Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 53(6): 337—357.
- [8] Клейненберг, С. Е., 1956. Особенности дыхания китообразных. Усп. Совр. Биол., 41(3):366—380.
- [9] Яблоков, А. В., Белькович, В. М. и В. И. Борисов, 1972. Киты и дельфины. Изд-во. «наука» Москва, Р. 125—144.

STUDY ON THE ANATOMY AND HISTOLOGY OF TRACHEA AND LUNG OF *LIPOTES VEXILLIFER* MILLER

Liu Renjun and Lin Kejie

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

The morphology and histology of the trachea and lung of *Lipotes vexillifer* Miller have been studied.

The lung of *Lipotes* is divided into two lobes, namely, the right and the left lobe. Lobulus pulmonis does not exist, and hilus pulmonis is in a high position. The trachea is divided into the right and left truncus bronchialis magistralis and bronches trachealis. The bronchialis trachealis branches off in a rather high position, which is similar to that in *Pontoporia*. After entering the lung, the three truncus bronchialis magistralis become the trunk of arbor bronchialis. The distribution of the branches indicates, the existence of lobes which consist of two in the left and three in the right.

Tissue of cartilage is found throughout the trachea and the respiratory bronchiole. The epithelium of the trachea is a pseudostratified columnar ciliated epithelium mingled with goblet cells. The epithelium of truncus bronchialis magistralis is simple columnar epithelium without any goblet cells. The small bronchus and bronchiole then becomes pseudo-stratified columnar ciliated epithelium with a few goblet cells. The bronchiole gradually becomes simple columnar epithelium and cuboidal epithelium. No glands were discovered in any part of the truncus bronchialis. At the entrance from the respiratory bronchiole to the alveolar duct, sphincter muscle exists. Muscles exist from all parts of truncus bronchialis to the alveolar walls as interrupted on successive rings. The complete trachea is rich in elastic fibers.

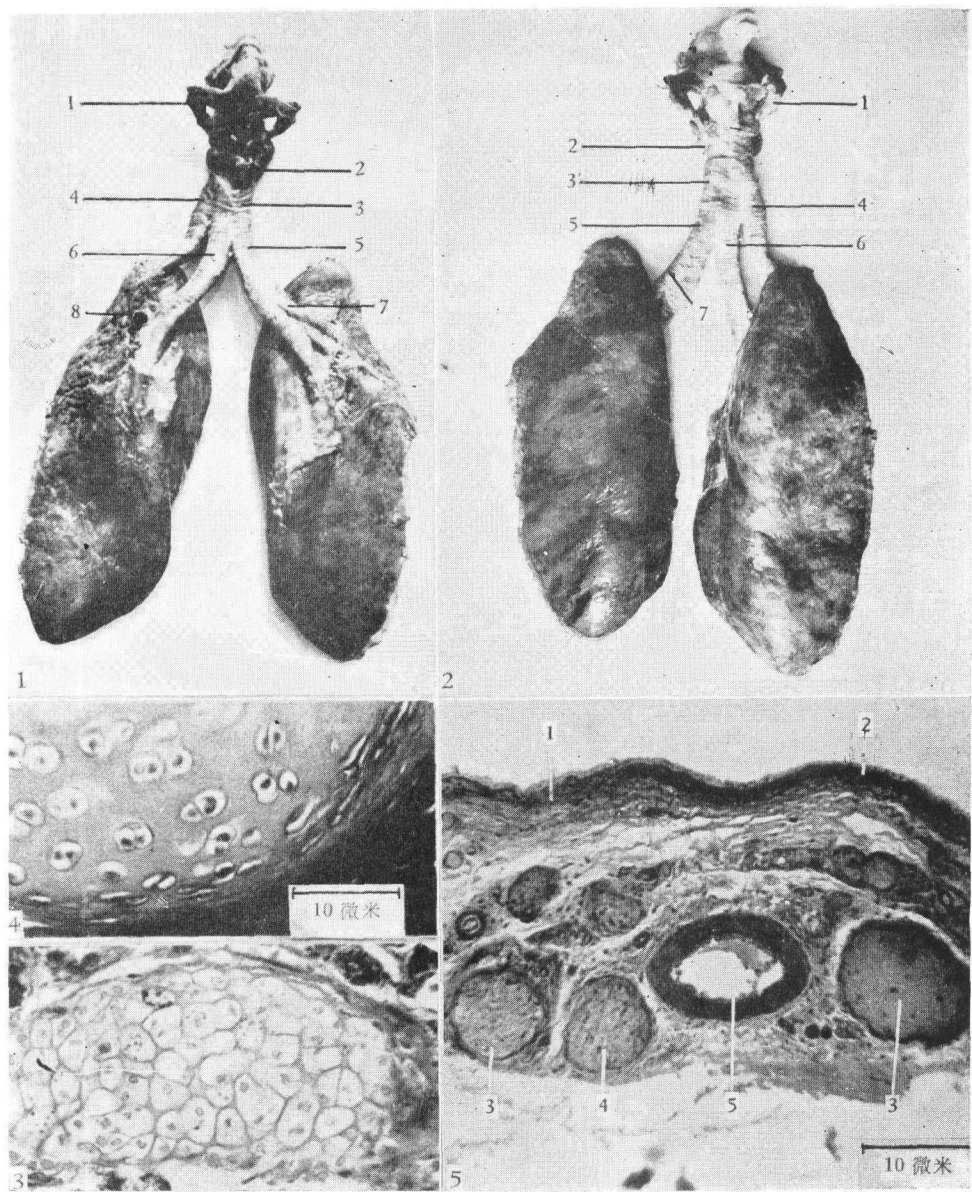


图 I 白鲨豚肺腹面观
1——甲状软骨； 2——环状软骨； 3——气管； 4——气管支气管； 5——左主支气管； 6——右主支气管； 7——左次支气管； 8——肺动脉。
图 2 白鲨豚肺背面观。结构名称同图 I
图 3 示白鲨豚气管的透明软骨
图 4 示白鲨豚小支气管的弹性软骨
图 5 白鲨豚肺的浆膜
1——间皮； 2——胶原纤维； 3——静脉； 4——神经束； 5——动脉。

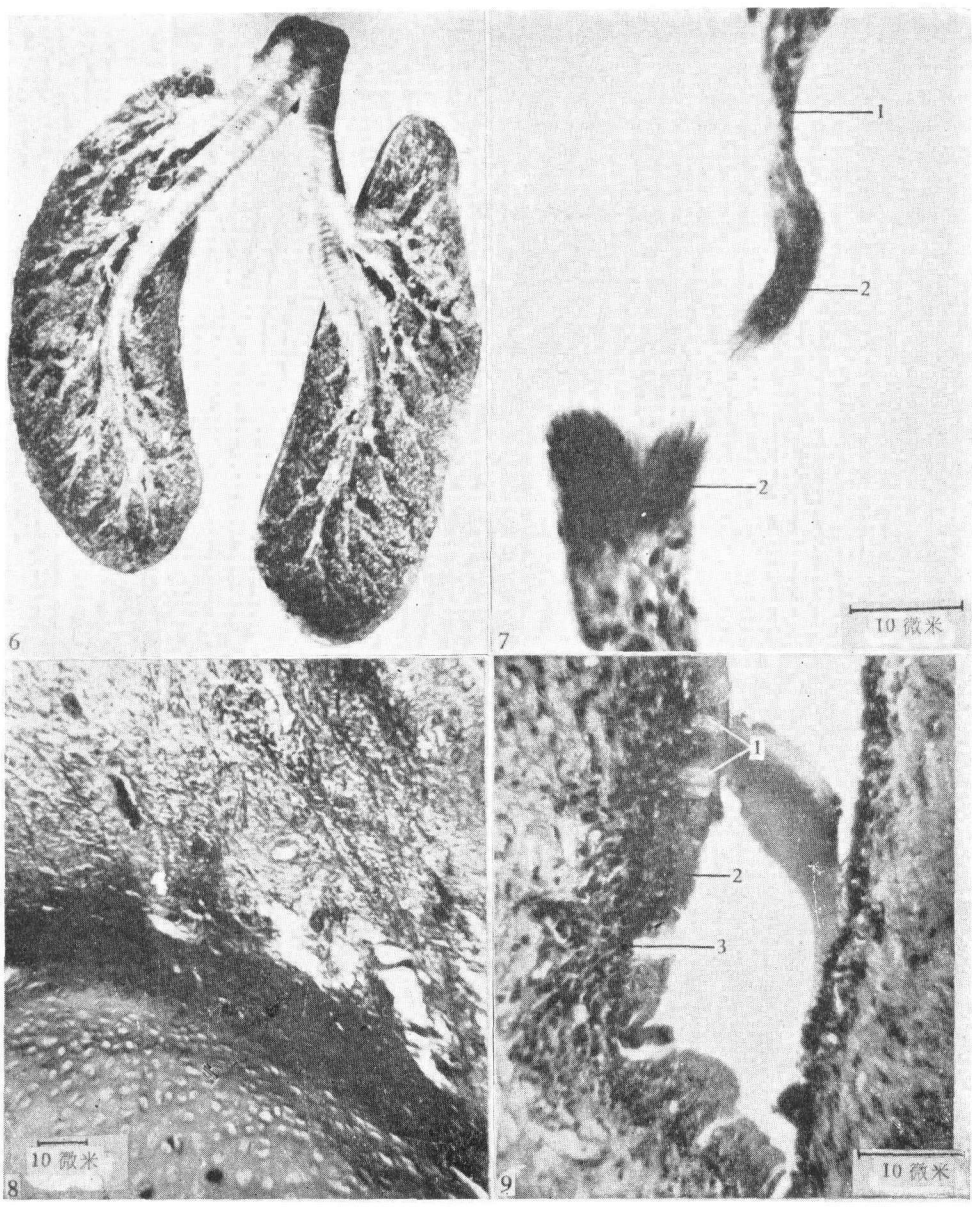


图 6 肺内支气管树
图 7 肺泡隔放大
1——肺泡隔； 2——肺泡管壁。
图 8 气管，示软骨及弹性纤维
图 9 气管的粘膜上皮
1——杯状细胞； 2——假复层纤毛柱状上皮； 3——基底膜。

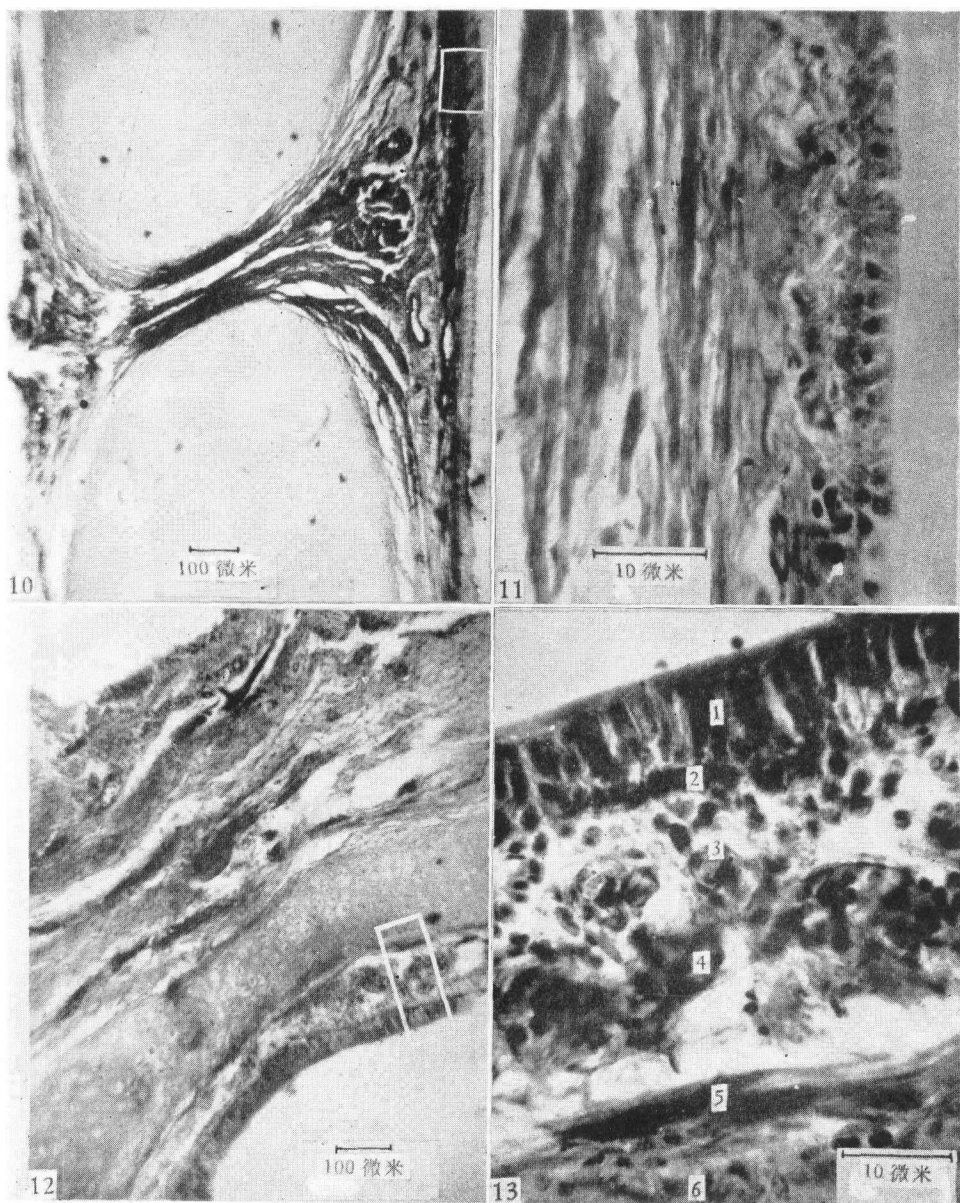


图 10 主支气管的管壁结构

图 11 图 10 标出部分的放大。示单层柱状上皮及平滑肌分布情况

图 12 小支气管的管壁结构

图 13 图 12 标出部分的放大

1——假复层纤毛柱状上皮； 2——基底膜； 3——固有膜； 4——粘膜下层； 5——平滑肌；
6——软骨。

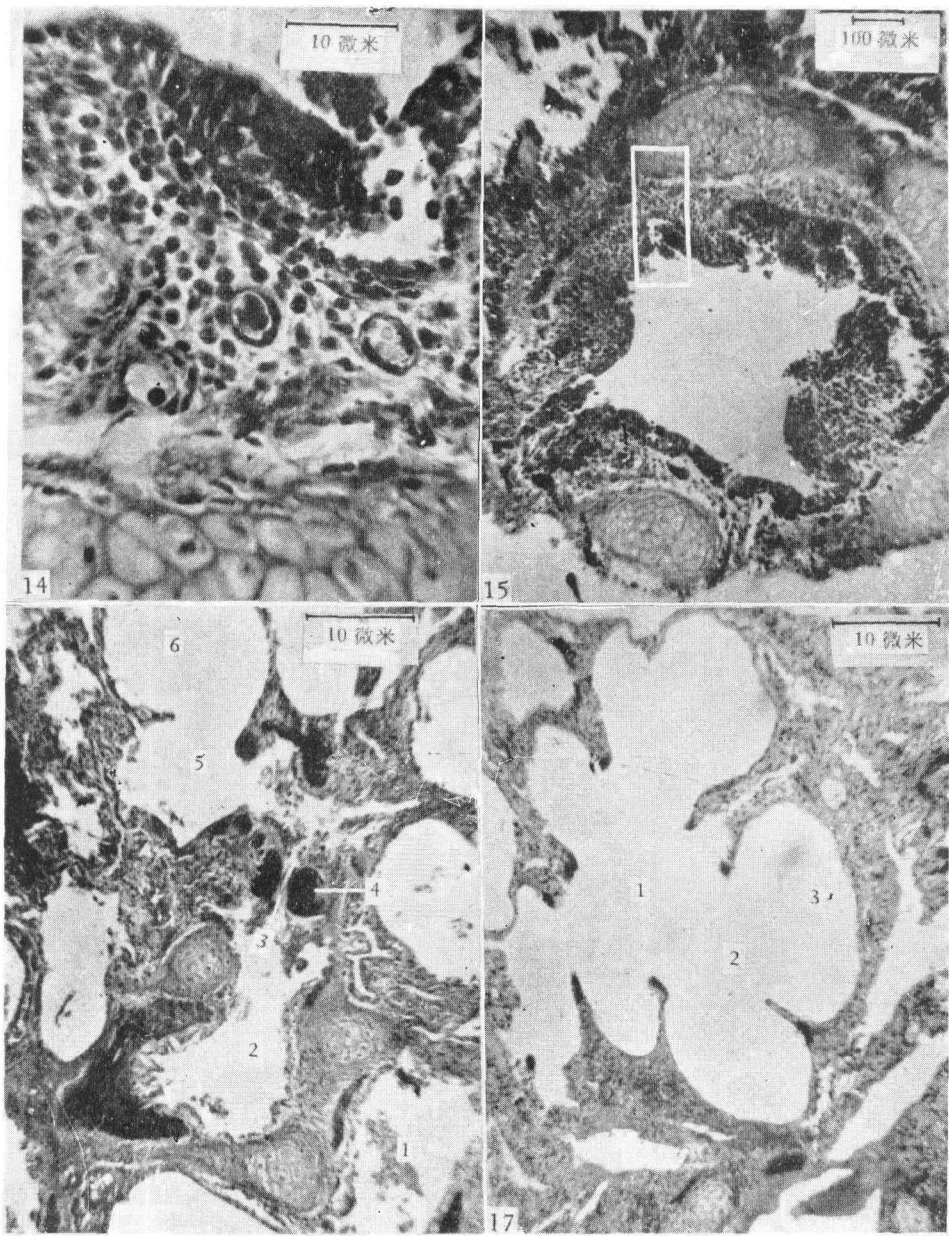


图 14 图 15 标出部分的放大，示细支气管管壁结构

图 15 细支气管管壁结构

图 16 示空气从呼吸性细支气管到肺泡的通路

1——细支气管； 2——呼吸性细支气管； 3——空气从呼吸性细支气管到肺泡管的通道； 4——括约肌； 5——肺泡囊； 6——肺泡。

图 17 示肺泡管，肺泡囊和肺泡结构情况

1——肺泡管； 2——肺泡囊； 3——肺泡。