

蚱蜢的听器和发声器的研究^{*}

陈 去 惡

(中国科学院北京实验生物研究所)

一、导 言

蟬类雄性和雌性的腹部都有一对听器;在雄蟬腹部听器的前方还有一对发声器,能作高鳴。这两种器官在結構上很复杂,在生理上分別具有感声和发声两种机能,久已引起动物学家和生理学家的注意。

可是关于蟬类听器构造的研究并不多,远在1923年曾有 Vogel 作过一篇論文,以后在文献中就没有看到什么著作发表。Vogel 研究过7种蟬类听器的构造,同时对发声器也作了少許描写。

研究蟬类发声生理的著作主要的有 Meyers (1929)、Pierce (1948) 和 Pringle (1953) 等人的論文。他們見到,雄蟬的发声中包括有两种不同的頻率:一种为較高的基本頻率,是由发声膜振动所产生,属于阻尼振盪;(damped oscillation);另一种为較低的調幅頻率(modulation frequency),属于脈动性質,其次数同于发声肌的收縮次数,能将基本頻率調幅。

根据蔡邦华先生的著述,我国已知蟬科昆虫在120种以上(全世界約有3,000种),迄今未曾有人研究过我国所产蟬的听器和发声器之結構与生理,因此在教学方面既有需要,在普通生理方面亦缺此一环,作者将我国一种蚱蜢(体大,蟬蛻入药)先作了形态的研究,作为进一步研究其听觉和发声生理的基础。

在作者观察过程中发现在发声膜附近有一条肌肉和两个感觉器官(劍鞘器)都是前人所未曾記載过的;两个感官中,一个大的与发声膜有直接联系,在发声生理上必然具有一定意义,这些結構将在本文中加以敘述。

二、材料和方法

本研究所用的材料是北京近郊的一种蚱蜢, *Cryptotympana pustulata* Fabr. 出現于夏季,体長約4.5厘米。

拟作切片用的則剪下腹部1—5节,固定并保存于酒精 Bouin 液中。备作解剖用的則把整个蟬固定。材料投入固定液后,立即用減低压力的方法抽出其体内的空气,材料就会下沉。

切片前用 Diaphenol 将几丁軟化,处理時間的长短取决于材料的大小和室温的高低,

^{*} 本研究系在徐凤早教授指导下进行,所用材料蒙蔡邦华教授鑑定,又承貝时璋教授对本文提出許多宝贵意見,特在此深表謝忱。

最短为 5 日,最长曾至 18 日。用石蜡切片法,透明系用甲苯,蜡带用白明胶粘貼,染色主要用 Heidenhain 苏木精。

解剖用固定过的及新鮮的两种材料。作整封片的器官用曙紅,醋酸洋紅或 Harris 苏木精染色。

測定气室等的容积是用 2 毫升注射器或 1 毫升的結核菌素注射器向气室内注射液体石蜡,而从注射器上讀出数量。

文中所用的前方,后方,腹面,背面,向心端和离心端等位置均以蟬的正常姿势为准。

三、形态的观察

(一) 雄蟬的听器

1. 外部形态观察(图版 I:1) 雄蟬腹面有两块被称为音盖(o)的盾形几丁板,从胸部第三对足基部的后方伸出,向后到达第二腹节的后端,前后长约 8 毫米,左右寬約 9 毫米,它們的内側在体軸处互相接触。每个音盖的后外側、没有被它遮到的地方,有一个听囊(Sa),听囊略膨起,大約 1.1 毫米,在解剖鏡下可以見到其上有一个枪尖形的口沟,色浅黄,这是听囊内的角状器的开口(Ho)。

取下音盖(图版 I:2),就可以見到联系在胸部和腹部之間的白色的褶膜(Fm)和第一腹节兩側的側腔(Lc)的开口,側腔开口位在听囊的前方。在褶膜的后方为第一腹节腹板(Z),色橙黄;腹板的正中綫有一条隆起的脊,长 3 毫米,寬和高各約 1 毫米,这就是下面将提到的腹板管(St)的外觀。第一腹节腹板后方为听膜(T),听膜的面与腹平面約成 60° 的仰角,听膜的背面即为气室;仔細观察,还可以見到听膜的后外側部分上的听脊(Tr),是一条顏色較深的几丁片。

2. 解剖形态观察 为了便于說明,将听器分为以下四部分来敘述。

(1) 听神經(Tn): 蟬的中枢神經包括脑、咽下神經节和胸部三个紧接在一起的胸神經节,再向后去就沒有見到中枢神經节了。第一个胸神經节位在第一胸节的近后端,第二和第三胸神經节都在第二胸节內,且位置在第二对足基部的前方。經切片观察,确定听神經系出自第三胸神經节(图版 I:1, Tg III,)。二条听神經平行地向后走,在第一腹节上和一对中枢的腹神經索(图版 I:2, Vc)一起穿过腹板管,再向后行,到两个听膜的内后側,就分向左右走,紧貼在第二腹节的腹板上、沿着听膜后緣而入听囊。雄蟬听神經全长 2 厘米,直径約 70 微米。听神經之終点为听觉劍鞘器。

在距离听囊約 0.75 毫米之处,听神經分出一条支神經,直径約 30 微米。它向前到达第一腹节气孔附近,又分出一小支到听囊內側附近的一块小肌肉上;其主幹貼在第一腹节气管的背面,随着气管向背部前进,到第一腹节背血管的翼肌附近又分出一小支,进入背板的表皮;主幹最后再分为二支,都終止于翼肌上。

(2) 气室和听膜: 雄蟬的气室很大,其腔自第一腹节起伸到第三腹节中段,其容积約 1 毫升。发声肌虽占有气室的一部分空間,但实际上它們并不在气室之內,而是气室的膜包被 3 发声肌的前、背、后三面。气室的膜厚約 20 微米,有两层結構: 外面为单层的扁平細胞,約占 7 微米;內面为一层有波状褶的膜,約占 13 微米,沒有細胞結構,在染色上表現与几丁質相仿。

听膜在气室的腹方，是透明的几丁膜，里面没有表皮细胞层。它的长轴约 5.5 毫米，最宽处约 4 毫米，厚 3 微米；绝大部分表面是光滑的，但在左右两侧部分可以见到一些极细的皱纹。由于各部分对光谱的吸收和反射的不同，听膜上出现若干色环，在解剖镜下用电灯照明，所见到的色环为相间的红色和绿色的同心圆，最中央为绿色的斑，最外一层为灰色的边。

听膜很难着色；取下的整块听膜、曙红虽可透入，但着色极慢，夏天在室温下用酒精曙红染了 30 天，还不能全块着色。在染色中的表现是边缘和有破损之处先着色，渐渐向附近扩展；根据这一点，初步作一个假定：听膜至少应有三层结构，上下两面特别致密，足以阻止染料渗入，中间一层相对地较疏松，可被染料所透入，当听膜被取下来和表面有破损时，中间层在边缘和破损之处露了出来，染料才由这些地方进去，并在其中慢慢展开来。经过 Diaphenol 处理过的听膜，在切片上可被 Heidenhain 苏木精和酸性复红所显示。

在听膜外后侧部分，有一条几丁质比较厚的结构，色青黄，长约 1.5 毫米，这就是听脊（图版 I：2，Tr）。听脊向外侧的一端是和听觉剑鞘器上的锤状片相联的。

上面曾经提到听囊内侧附近的一块小肌肉，它是位于听膜最外侧背方的气室之背面。肌肉的基部附着在第三腹节腹板上气孔前方的一个几丁突起上；它的另一端向前，附着在第二腹节腹板外侧；肌肉腹面贴在气室膜上。肌肉全长 2.2 毫米，宽约 200 微米。

（3）听囊和角状器。第二腹节之左右两侧，各有一个听囊。听囊内为一个小腔，长径约 1.1 毫米，短径约 1 毫米，高约 0.7 毫米。它的外侧是腹板的几丁壁，厚约 0.13 毫米，内侧用气室的膜和气室隔绝。腔内有一个大的听觉剑鞘器，此外则充满血淋巴，在切片上常可见到残留的血球。

角状器（图版 I：3）是一个角状的几丁构造，在切片上（图版 I：4）可以看出它和听囊壁外层的几丁是联成一起的。在听囊腹面几丁壁上有一个枪尖形的口沟，尖端指向身体背后方，这就是角状器的开口（HO）。口沟向听囊内延伸，成为一个进入听囊的管（Tu），管的方向略折向腹面，它和口沟成为一个约 160° 的角。管长约 300 微米，横切面为椭圆形，长径 65 微米，短径 25 微米，管的末端是闭塞的。在口沟的底部，有一处几丁向外隆起，几乎和口沟的两边齐高（见图版 I：3 和 4，P）。由于口沟和管不在同一轴上，所以在一片切片上不能同时看到全部沟和全部管的纵切面。

（4）听觉剑鞘器（图版 I：2 和 5，Ts）。听觉剑鞘器在听囊内，离心端以扁形的伸长部分附着在角状器上，一小部分也附着在口沟钝端附近的听囊壁上；向心端膨大，略成桃形，包括听觉神经节和剑鞘体。听觉剑鞘器全长约 560 微米，宽 420 微米。

听觉剑鞘器约由 1,500 个剑鞘器单元组成；它的伸长部分包含所有单元的末端细胞和剑鞘体离心端的末端纤维；它的膨大部分包含全部剑鞘体和单元中其它的细胞，在切片上（图版 I：4）可以明显看到剑鞘体（Sc）有规则地排列成一行曲线。

每个剑鞘器单元（图版 II：7）主要包括三个细胞：末端细胞（Dc），中间细胞（Mc）和神经细胞（Nc）。在中间细胞内有剑鞘体（Sc），在神经细胞内有轴线（Af）结构。此外还有神经膜细胞（Na）和支持细胞（Spc）。

末端细胞极细，长短不大一致，约在 200—300 微米之间；它的离心端附着在角状器上，附着处的几丁成一个浅的凹坑；它的向心端被剑鞘体尖端所穿入，该处有一些网状纤

維 (R)。劍鞘體的末端纖維 (Tf) 貫穿末端細胞, 這條纖維是中空的細管, 一直到達角狀器, 以漏斗形的末端附着在几丁上。

劍鞘體為梭形, 長 24 微米, 直徑 2.4 微米; 它有三處加厚部分, 兩端和中段各有一處。軸綫粗約 0.4 微米, 離心端較細, 穿入劍鞘體, 向心端較粗, 伸達神經細胞核旁邊。在中間細胞內, 劍鞘體向心端附近, 有一個空胞 (V), 它被軸綫所貫穿。

神經細胞最大, 胞核也大, 且較圓; 胞核染色和其它細胞不同, 有較粗的染色塊, 染色塊分布較稀。神經膜細胞最小, 且比較細長。

支持細胞長短不一致, 內有和細胞軸平行的纖維 (F), 纖維和細胞向心端基部一起附着在鏟狀片上, 基部的纖維更明顯。

听觉劍鞘器神經細胞的向心端, 向內延長為听神經。在劍鞘器的向心部分、也即是在听神經與劍鞘器連接處的背方, 附着有一塊几丁質的鏟狀片 (圖版 I:5, Sp), 此片呈三角形, 長約 740 微米, 底寬約 280 微米。它的向心端和听膜上的听脊 (Tr) 的外側端相連接, 這樣, 它就和角狀器協同地從兩端把听觉劍鞘器拉住了, 這樣的拉着, 使劍鞘器緊張似絃, 所以又有“絃响器”之稱 (參閱圖版 II:13)。

在切片上可以看到听膜、听脊和鏟狀片它們是聯成一起的几丁構造。

(二) 雌蟬听器 and 雄蟬听器的比較

雌蟬听器的結構基本上與雄蟬相同, 雄蟬听器所有的各部分在雌蟬都有, 但有些相應部分在形態上與雄蟬所具有的略有差異。茲舉其重要的作比較于下:

1. 外部形态比較 雌蟬腹面的音蓋較短且較窄, 不如雄蟬那么顯目, 每塊長僅 2.5 毫米, 寬約 5 毫米, 但也足以保護住听膜。

把雌蟬拦腰拉斷 (圖版 I:6), 就可以見到腹面前端兩塊狹長的听膜 (T); 由于雌蟬沒有發声器, 沒有側腔, 沒有腹板管, 它的第一腹節就比雄蟬短, 第一腹節腹板極不發達只剩下支住听膜前緣、側緣和內緣的一付框架。把拉下的腹部, 從前方橫斷處看, 可以見到貼在腹面的新月形的气室。

2. 解剖形态比較 (1) 听神經: 雌蟬的听膜和听囊都更靠近胸部, 與胸神經節的距離較近, 在第一腹節上又沒有腹板管, 所以它的听神經就比雄蟬的短; 長約 1.2 厘米, 比雄蟬的短 0.8 厘米。

(2) 气室: 雌蟬的气室很小, 位在第一和第二腹節的腹方, 在气室內正中間有一個縱膈膜, 把气室分為對稱的左右二室, 二室的總容積約為 0.3 毫升, 几等於雄蟬气室容積的三分之一。

(3) 听膜: 雌蟬的听膜比雄蟬的狹窄, 長約 5.5 毫米, 寬約 1.3 毫米。听膜內側約有 2 毫米長的部分几丁質變厚 (Tp), 這部分顯然已經不能起听膜的正常作用。

雌蟬听膜上的听脊 (圖版 I:5 A) 比雄蟬的 (B) 長, 顏色較深, 形狀也不大相同。雌蟬听脊長約 2.3 毫米, 比雄蟬听脊長出 0.8 毫米。雌蟬听脊和听脊附近的听膜、上下兩面都有許多三角形的几丁質小突起, 每個突起大約長 3 微米, 其尖端指向腹面中綫, 雄蟬則沒有這種突起。

為了便于閱覽, 將以上比較各點簡化列入表 1。

表 1 雌雄蝉解剖形态比较

比 较 器 官	性 别	雄	雌
		雄	雌
音	盖	较大。长 8 毫米，宽 9 毫米。二盖在体正中綫相接触。	较小。长 2.5 毫米，宽 5 毫米。二盖不相接触。
听	神 經	长 2 厘米，通过第一腹节腹板管。	长 1.2 厘米，没有腹板管。
气	室	很大，自第一腹节至第三腹节，只有一室，容积 1 毫升。	较小，在第一及第二腹节腹方，新月形，有隔膜，分成左右二室，总容积 0.3 毫升。
听	膜	较大，长 5.5 毫米，宽 4 毫米。	较小。长 5.5 毫米；宽 1.3 毫米。内侧约 2 毫米的部分几丁变厚。
听	脊	较短，上下面光滑。长 1.5 毫米。	较长，上下两面有几丁突起。长 2.3 毫米。

为了便于了解，作者又将蝉（包括雄和雌）的右侧听器做了一个简明的图解（图版 II:13）。和外界空气接触的是听膜，它是一个接受外来声波的结构，听膜以它的听脊和镗状片相联，镗状片的离心端又附着有听觉剑鞘器，听觉剑鞘器由听神经通达中枢。

当声波冲击听膜（T）时，引起听膜的振动（图上直的箭头表示听膜的振动方向），听脊的位置处在听膜两侧的皱紋（Fo）之间，听膜上的振动可能在此处较强，听脊把所受到的振动传给镗状片（Sp），再由镗状片传到听觉剑鞘器（Ts）。在剑鞘器上，由于传入的振动撼动了剑鞘体，就激起神经细胞向中枢传入的神经冲动（图上弯曲箭头表示冲动的传入方向），而完成了听觉过程。

（三）发声器

雄蝉有发声器，雌蝉没有发声器。现将发声器分成以下四部分来叙述。

1. 侧腔和发声膜 雄蝉第一腹节两侧各有一个侧腔（图版 I:1,2; II:9 Lc），此腔略成三角锥形，尖顶向背方，开口向腹方；开口平时被音盖遮住。每个侧腔的容积约为 0.12 毫升。三角锥的向体轴的两个面是发声膜（Sm）和侧腔内侧壁，它们互相成一个约 90° 的角。三角锥外侧的一个面最大，系由第二腹节的侧板向前伸出所形成的，它的前端越过发声膜前缘，而与发声膜的前缘互相嵌住。

发声膜位在第一腹节前端，与体轴约成 45° 的角。它是浅黄色几丁质的膜（图版 II:8），自背方至腹方高约 6 毫米，前后宽约 5 毫米，厚约 20 微米。发声膜向身体外后侧拱起，它的反面凹下；膜上有棕色的、几丁较厚的长脊（Lr）三条，短脊（Sr）三条和“星状体”（Sb）一个。长脊为弓形，自背方伸向腹方；短脊和长脊相间；星状体在这些脊的后方，位置较上，它的上部有一个几丁较薄的卵圆形块（Os），长径 420 微米，短径 135 微米，星状体下部有四条向下的突出。星状体上端，从内面和拉柄（图版 II:9, Sh）相联，联接点恰在卵圆形块的前边缘。剪掉侧腔的外侧板，直接观察发声时发声膜的动作，使我们了解到：当发声肌收缩时，在膜上首先被拉动的是星状体，接着就波及全膜。将发声膜翻过一面，可以见到星状体和各个脊的隆起比在正面看时更高。

侧腔内侧壁接在发声膜后方，与体轴也约成 45° 的角，比发声膜厚而平，长约 6 毫米，上面有许多纹，在低倍解剖镜下看，有些象人类的指纹。

2. 发声肌 (图9) 二块发声肌 (Tm) 的腹面是貼在第一腹节腹板上, 它們的前、背、后三面为气室膜所色被; 它們的基部在第一腹节腹板正中綫处互相靠近, 但并不相接触, 因为腹板管 (St) 的背面伸出一块薄几丁片把这二块发声肌的基部隔开。二块发声肌的离心端斜向前上方, 且左右分开而成“V”形。每一块发声肌略呈梯形, 长 7 毫米, 下底寬 6.5 毫米, 厚 1.8 毫米, 上底寬 4 毫米, 厚 3.2 毫米。

每块发声肌約由 170 个初級肌束所組成, 每个肌束含有 5—12 条肌纖維。因为发声肌在气室之外, 所以从切片上看, 发声肌外所包被的气室膜的层次刚好与气室本身相反——在发声肌上, 扁平細胞层在內, 波状膜层在外。包被在发声肌外的气室膜上有成行排列的气孔 (S), 气管成排地进入发声肌。

发声肌离心端斜附着一块椭圆形的几丁片, 这是“末端片” (Dp)。此片色黄, 半透明, 长径 4 毫米, 短径 3.2 毫米, 厚約 0.1 毫米, 在解剖鏡下可以見到上面有环状的細紋。

末端片上, 斜伸出一条几丁质的細长的拉柄 (Sh), 它比較柔軟, 但是很韧, 長約 2 毫米, 基部寬約 1.2 毫米, 末端寬約 0.2 毫米。在末端片的反面、拉柄基部还有一块新月形的几丁突起, 使拉柄能更牢固地联在末端片上。

拉柄离心端联在发声膜的星状体上。在切片上可以看到末端片、拉柄和发声膜这三者是联成一气的。

3. 发声神經 (Vn) 一对发声神經起源于第三胸神經节, 平行后走, 穿过隔在胸腹之間的几丁片上的縫, 而到气室的背方, 貼在气室膜上分开向左右走, 到达左右发声肌的离心端背方, 在发声肌上又繞了約 180° 的弧, 到发声肌腹面, 才正式钻入发声肌, 在发声肌中蔓生許多小支。在封片中測得发声神經全长約 1.5 厘米, 直径約 70 微米。

4. 发声器附屬构造 在发声膜上及其附近, 作者見到以下一些器官, 为过去文献所未經記載过的。依其形态和位置, 初步推測其机能, 且提出其名称, 是否妥当, 留待生理实验方面的資料来作判断。

(1) 协作肌 (图版 II: 10, Am): 这块肌肉长 3.5 毫米, 寬 1.2 毫米。它的向心端附着在音盖的背面, 附着点是一个杯形的几丁突起, 我們称之为“基杯” (Bc), 基杯用它的杯口来承接这块肌肉的基部。肌肉离心端附着在发声膜反面的后下緣; 实际上这块肌肉是跨在胸部和腹部之間。基杯的位置略后, 而肌肉离心端則比較趋向身体前方。

用鑷子拉动这块肌肉, 能够使凹下的发声膜恢复原状, 且从位置上看来, 也很可能它原来就有这种作用。作者乃假定它的作用是在发声时帮助被拉柄 (Sh) 拉凹的发声膜复原。

(2) 声膜剑鞘器 (Ws): 在协作肌的腹面, 靠近外侧, 有一个带形的剑鞘器, 長約 2.8 毫米, 寬約 0.26 毫米。它的基部神經节处稍微膨大。基部附着在音盖的背面, 附着处有一个几丁突起 (B), 我們称之为“基突”, 位在基杯的外方。

剑鞘器离心端向外方斜伸, 到达发声膜反面的后下緣, 其附着点恰在协作肌附着点的下方 (图版 II: 11); 这个剑鞘器位置也是跨在胸部和腹部之間。

这个剑鞘器約含有 1500 个剑鞘器单元; 剑鞘体的位置非常靠近剑鞘器的基部, 从切片上可以看到它們排列成“V”形。末端細胞和剑鞘体的末端纖維极度延长, 約占剑鞘器全长的十分之九; 在末端細的向心端基部沒有見到网状纖維。单元的支持細胞极短。

从位置上看来, 这个剑鞘器直接附着到发声膜上, 在它們之間应有密切的关系; 发声

膜振动的频率和振幅以及由协作肌收缩所引起的发声膜的动作, 都可能引起这个剑鞘器的感觉, 所以作者假定它具有自感和自动控制的作用。

(3) 褶膜剑鞘器 (图版 II:10 和 II 11 Fs): 基杯的后方 (方向是向体前方), 有一个锥形的小剑鞘器, 在封片中量得长约 0.9 毫米, 宽约 0.18 毫米。它的末端一部分附着在基杯的基部, 一部分附着在附近的褶膜上 (图版 II:12); 基部附着在音盖的背面。它约含有 200 个剑鞘器单元, 剑鞘体排列成丛, 没有什么规则, 只是比较偏于一边。

用镊子拉动附近的褶膜 (Fm), 可以机械地牵动这个剑鞘器的末端, 所以作者假定这个剑鞘器是在褶膜紧张 (腹部向上翘时) 和松弛 (腹部向下放时) 时起感觉作用。

(4) 神经的来源: 协作肌、声膜剑鞘器和褶膜剑鞘器的神经 (图版 II:10 和 11, N) 是来自同一条。这种神经有一对, 左右各一, 它们出自第三胸神经节, 全长约 1.1 厘米, 直径约 60 微米。神经向后行, 到达音盖背面, 先分出一小支、通到褶膜剑鞘器, 主干再走约 1 毫米远, 就分为二支, 靠内侧的一支通到协作肌, 靠外侧的一支通到声膜剑鞘器。看来这是一条混合神经 (图版 II:11)。

四、摘 要

1. 本文研究蚱蝉的听器和发声器的构造, 所用材料为北京近郊夏季常见的一种蚱蝉 *Cryptotympana pustulata* Fabr.

2. 蝉的听器主要分为听膜、听觉剑鞘器和听神经三部分。听膜承受外界声波, 它又倚靠附属的几丁构造 (听脊和锤状片) 而把振动传给听觉剑鞘器, 后者引起神经冲动的产生, 再由听神经将这种冲动传到中枢。

3. 雄蝉和雌蝉听器的构造基本上是相同的, 只是相应部分在形态上和大小上有些差异。此外, 雌蝉没有发声器, 因此腹部形态也有些不同。

4. 作者在雄蝉发声器上发现一条肌肉 (协作肌) 和两个感官 (声膜剑鞘器和褶膜剑鞘器), 是过去文献中没有记述过的, 本文不仅详细描述了这些构造, 并且也初步推测它们的机能。

参 考 文 献

- [1] 徐凤早、沈立美: 1953. 蟋蟀科和螽斯科昆虫的足听器. 昆虫学报 2 (4): 284—98.
- [2] Hsü, F., W. T. Liu & L. M. Shen: 1952. The abdominal tympanal organs of some acrididae. *Acta Scientia Sinica* 1(1): 107—18.
- [3] Pierce, W. G.: 1948. *The Songs of Insects*. Harvard Univ. Press, Cambridge.
- [4] Pringle, J. W. S.: 1953. Physiology of Song in Cicadas. *Nature* 172(4371): 288—9.
- [5] Roeder, K. D.: 1953. *Insect Physiology*. Chapman & Hall, London.
- [6] Vogel, R.: 1923. Ueber ein tympanales Sinnesorgan, das mutmassliche Hoerorgan der Singzikaden. *Zeitschr. f. Anat. u. Entwickl.* 67: 190—231.
- [7] Wigglesworth, V. B.: 1950. *The principles of insect physiology*. Methuen & Co., London.

STUDIES OF THE TYMPANAL AND SOUND-PRODUCING ORGANS OF A CICADA, *CRYPTOTYMPANA PUSTULATA* FABR.

CHEN CHU-WOO

Institute of the Experimental Biology, Peking, Academia Sinica

1. This paper describes the structures of the tympanal and sound-producing organs of a cicada, *Cryptotympana pustulata* Fabr. It is commonly found in Peking and its vicinities in summer days.

2. The main parts of the tympanal organ of this species of cicada are the following: the tympanal membrane, the tympanal scoloparium and the tympanal nerve. The full realization of the sense of hearing is assumed to be dependent upon a series of devices: the tympanal membrane receives the sound waves from the exterior, the accessory chitinous structures (tympanal ridge and spatula) transmit the sound vibrations to the scoloparium, the latter gives rise to the nerves impulses in its nerve cells and, by way of the tympanal nerves, this kind of impulses proceeds to the central nervous system.

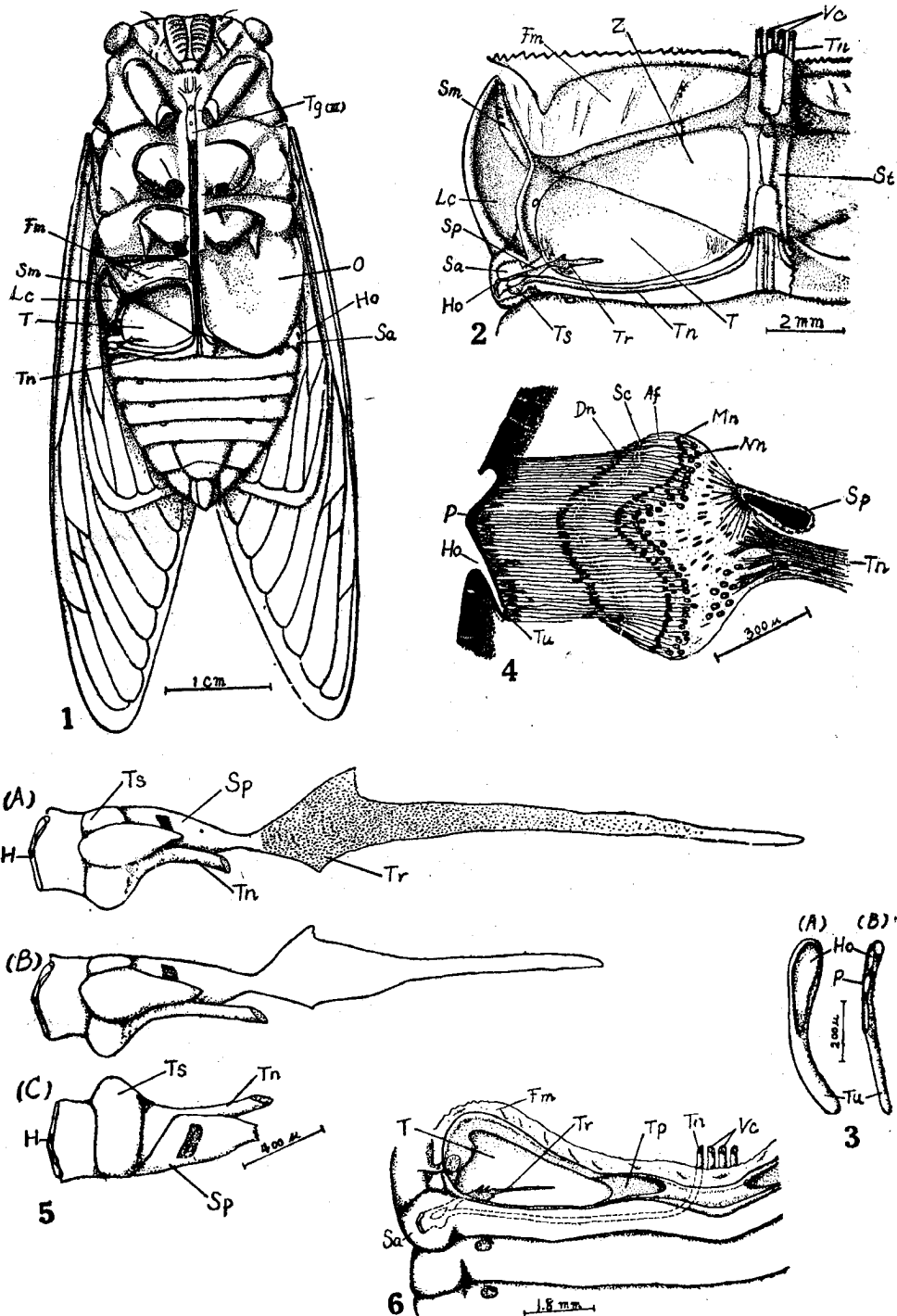
3. The tympanal organs in the male cicada are fundamentally the same in structural plan as in the female, only the form and size of their corresponding parts differ slightly. Furthermore, the female cicadas have no sound-producing organs, hence the morphology of certain of their abdominal segments is correspondingly different.

4. In the male sound-producing organs the author discovered one muscle (auxilliary muscle) and two sense organs (scoloparium of sound-producing membrane and scoloparium of folded membrane); all of them were not found to have been described in the past-day literature. The author not only described these structures morphologically in detail but also made some preliminary suggestions for their functions.

图版說明 (图中註字的解釋)

A	气 室	(air cavity)
Af	軸 綫	(axial fiber)
Ai	协作肌附着点	(insertion of auxilliary muscle)
Am	协作肌	(auxilliary muscle)
B	基 突	(basal process)
Bc	基 杯	(basal cup)
Cm	气室膜	(air-cavity membrane)
Dc	末端細胞	(distal cell)
Dn	末端細胞核	(nucleus of distal cell)
Dp	末端片	(distal plate)
F	纤 維	(fiber)
Fm	褶 膜	(folded membrane)
Fo	皺 紋	(folding)
Fs	褶皱劍鞘器	(scoloparium of folded membrane)
H	角状器	(horn)
Ho	角状器开口	(horn-opening)
Lc	側 腔	(lateral cavity)
Lr	长 脊	(long ridge)
Mc	中間細胞	(middle cell)
Mn	中間細胞核	(nucleus of middle cell)
N	神 經	(nerve)
Na	神經膜細胞	(neurolemma cell)
Nc	神經細胞	(nerve cell)
Nn	神經細胞核	(nucleus of nerve cell)
O	音 盖	(operculum)

Os	卵圆形块	(oval spot)
P	突 起	(process)
R	网状纖維	(reticular fiber)
S	气 孔	(spiracle)
Sa	听 囊	(tympanal sac)
Sb	星状体	(star-shaped body)
Sc	劍鞘体	(scolopale)
Sh	拉 柄	(string holder)
Sm	发声膜	(sound-producing membrane)
Sp	鐮状片	(spatula)
Spc	支持細胞	(supporting cell)
Sr	短 脊	(short ridge)
St	腹板管	(sternal tube)
T	听 膜	(tympanal membrane)
Tf	末端纖維	(terminal fiber)
Tg	胸神經节	(thoracic ganglion)
Tm	发声肌	(tone muscle)
Tn	听神經	(tympanal nerve)
Tp	变厚部分	(thickened part)
Tr	听 脊	(tympanal ridge)
Ts	听觉劍鞘器	(tympanal scoloparium)
Tu	管(角状器)	(tube)
V	空 胞	(vacuole)
Vc	腹神經索	(ventral nerve cord)
Vn	发声神經	(vocal nerve)
Ws	发声膜劍鞘器	(scoloparium of sound-producing membrane)
Z	第一腹节腹板	(sternite of first abdominal segment)



图版 I 說明

1. 雄蟬的腹面觀。右側音蓋已剪去，露出側腔(Lc)和听膜(T)等构造。且示出胸部三个胸神經节(TgIII表示第三个胸神經节)、听神經(Tn)的路徑和听觉劍韌器在听囊中的位置。

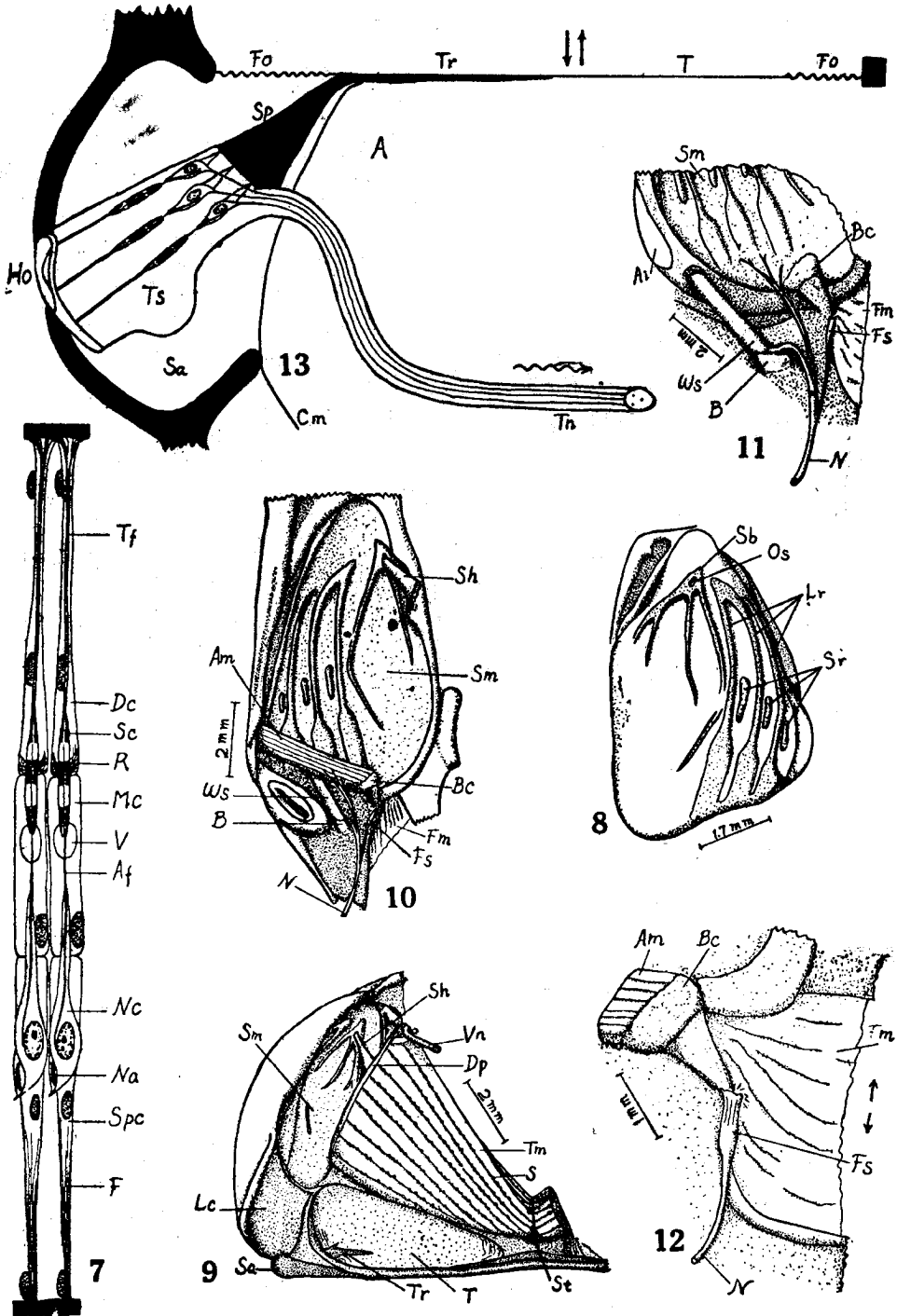
2. 雄蟬右側听器和發声器的外部形态，并剪开听囊(Sa)的一部分，示听觉劍韌器(Ts)的位置。

3. 右側角状器的“正面觀”(A)和“側面觀”(B)。

4. 右側听觉劍韌器的組織学結構(半图解)。

5. 角状器(H)、听觉劍韌器(Ts)、鏟状片(Sp)和听脊(Tr)的连接状况，且示雄蟬听脊长短的比較。(A)取自雌蟬(腹面觀)；(B)取自雄蟬(腹面觀)；(C)取自雄蟬(背面觀)。

6. 雌蟬右側听器的外觀，并示听神經(Tn)的路徑和听觉劍韌器在听囊(Sa)中的位置。听神經和劍韌器俱以虛線表示。



图版 II 說明

7. 两个劍鞘器单元的图解。

8. 雄蟬右侧发声膜的外观,即拱起的一面的形态。

9. 右侧发声器的解剖,示发声膜(Sm),发声肌(Tm)及发声神經(Vn)等。

10. 右侧发声膜凹面观。示协作肌(Am)、声膜劍鞘器(Ws)和褶膜劍鞘器(Fs)的形状和位置。

11. 同上,再度放大,协作肌已去掉,发声膜(Sm)切

断只剩一部分。示声膜劍鞘器(Ws)的形状和位置,以及分枝达拉协作肌、声膜劍鞘器和褶膜劍鞘器之神經(N)。

12. 显示基杯(Bc)后方的褶膜劍鞘器(Fs)。图中箭头示褶膜紧张过程中的拉开方向。

13. 右侧听器的图解。直的箭头表示听膜振动方向。弯曲的箭头表示神經冲动传入方向。