

## 蚊蝎蛉捕捉足构造

谭江丽, 花保祯\*

(西北农林科技大学昆虫博物馆 植保资源与病虫害治理教育部重点开放实验室 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 依据光学显微镜和扫描电镜观察, 对扁蚊蝎蛉 *Bittacus planus* Cheng 和缠绕蚊蝎蛉 *Bittacus implicatus* Huang et Hua 成虫足的外部形态、肌肉组织及超微结构进行了描述和绘图。蚊蝎蛉成虫三对足结构相似, 均为捕捉式, 以高度特化的跗节捕捉猎物, 各跗分节间具发达的关节、凹槽和爪缩肌肌腱膨大区, 第4和第5跗分节的齿形成嵌合构造, 在昆虫纲中为该类群独有特征。首次发现胫节伸肌 b 由腿节基部发出的一小块三角形肌肉组织和一条长肌腱组成; 爪缩肌肌腱在第5跗分节凹槽末端有一突起, 收缩时突起羁绊于凹槽内的“Y”字形底托。分析了成虫捕食行为与捕捉足构造之间的关系, 并简要比较了蚊蝎蛉捕捉足与螳螂捕捉足的结构特点。

**关键词:** 长翅目; 蚊蝎蛉科; 蚊蝎蛉属; 捕捉足; 形态; 肌肉; 超微结构

中图分类号: Q964 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2008)07-0745-08

Structure of raptorial legs in *Bittacus* (Mecoptera: Bittacidae)

TAN Jiang-Li, HUA Bao-Zhen\* (Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Integrated Management, Ministry of Education/Entomological Museum, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The morphology, musculature, and ultrastructure of legs of *Bittacus planus* Cheng and *B. implicatus* Huang et Hua adults were described and illustrated based on observations with optical microscopy and scanning electron microscopy. Adult hangingflies have three pairs of legs with similar structure, all being raptorial with grasping structure formed from the fourth and fifth tarsomeres, unique in Insecta. It has been found for the first time that the femoro-tibial extensor b is composed of an elongate thin tendon arising proximally from a small triangular femoral muscle. The tendon of pretarsal flexor is modified into a strong flexor muscle in a shuttle-shaped swollen area, bearing distally a process which is blocked by a Y-shaped pedestal in a notch. The relationships between the predating habits of adults and the structure of raptorial legs were analyzed, and the characteristics of the raptorial legs of hangingflies and mantids are tentatively compared.

**Key words:** Mecoptera; Bittacidae; *Bittacus*; raptorial leg; morphology; musculature; ultrastructure

昆虫胸足一般由6个能活动的节组成。与节肢动物门( Arthropoda )其他纲相比, 昆虫纲( Insecta )胸足有以下3个特征: (1) 前跗节只有一条肌肉即爪缩肌, 分别来自于腿节和胫节, 一条长的肌腱连接到前跗节基部, 跗节内无肌肉着生; (2) 除蜻蜓外, 无第2转节; (3) 胫节与腿节之间的膝节( patella )消失( Snodgrass, 1935 )。大多数昆虫的足为行走器官, 但由于生活环境和习性不同, 足的形态和功能发生了不同程度的特化。如螳螂, 部分猎蝽, 螳蝽及螳蛉等捕食性昆虫, 前足特化为捕捉足, 其基节延长, 腿节

腹面有槽, 胫节可以折嵌到腿节的槽内, 腿节和胫节上着生锐刺; 捕捉猎物时, 由腿节和胫节夹住猎物。

蚊蝎蛉( hangingfly )属于长翅目( Mecoptera )蚊蝎蛉科( Bittacidae ), 其成虫具不分节的尾须, 幼虫具复眼和中单眼, 是联系全变态类( Holometabola )与半变态类( Hemimetabola )昆虫的重要纽带。据化石研究, 蚊蝎蛉起源于上三叠纪, 是现生全变态类昆虫中最古老的类群之一( Krzeminski, 2007 )。蚊蝎蛉成虫捕食性, 三对足结构相似, 均为捕捉式, 以第4和第5跗分节形成捕捉构造; 以前足悬于枝条或叶片, 后足

基金项目: 国家自然科学基金资助项目( 30370179 )

作者简介: 谭江丽, 女, 1972年4月生, 河南巩义人, 博士研究生, 主要从事昆虫形态学与分类学研究, E-mail: tanjiangli@sina.com

\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: huabzh@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2008-01-04; 接受日期: 2008-05-12

和中足捕捉猎物,这种方式为该类群所特有(谭江丽和花保祯, 2006)。然而,迄今只有少数研究涉及蚊蝎蛉足的结构。Miyake(1913)绘制了日本一种蚊蝎蛉的外部形态; Setty(1940)研究北美蚊蝎蛉生物学时简要述及蚊蝎蛉肌肉,但对足肌描述粗略。Rober(1944)仔细研究了蚊蝎蛉的足,分析了足的结构和功能; Storch 和 Chadwick(1968)观察了 *Bittacus strigosus* Hagen 胸部及足基节的肌肉组织; Hepburn(1970)绘制了蚊蝎蛉腿节肌肉,以及 4、5 跗分节和爪的结构。然而,这些研究中绘图尚欠精确,未能全面揭示足在结构上的特殊之处。作者解剖观察了蚊蝎蛉足的肌肉组织,并采用扫描电镜观察了蚊蝎蛉捕捉足的结构特征,以期对蚊蝎蛉的行为学和系统发育研究提供新的依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究材料

选用秦岭山区广布种扁蚊蝎蛉 *Bittacus planus* Cheng, 1949 成虫作为主要观察对象,于 2007 年 7 月下旬采自陕西省户县朱雀森林公园。另外还选取大巴山区常见的缠绕蚊蝎蛉 *B. implicatus* Huang et Hua, 2006(蔡立君等, 2006)成虫的跗节进行电镜扫描观察,标本于 2007 年 8 月上旬采自陕西省南郑县黎坪森林公园。

### 1.2 标本处理与观察

采集的新鲜标本用 Bouin 固定液(苦味酸饱和溶液:福尔马林:冰醋酸 = 15:5:1)固定 24 h,转移至 70% 酒精中保存备用。蚊蝎蛉各对足除基节外结构基本相同,故除基节外均以相对较粗短的后足作为绘图对象。在 SMZ1500 Nikon 立体显微镜下解剖观察、拍照并绘图。

扫描电镜观察:用镊子取下新鲜蚊蝎蛉的足,在 4% 戊二醛(磷酸缓冲液, pH7.2)中固定 6 h 后,经酒精梯度脱水,醋酸异戊酯置换两次(每次 30 min); 然后进行 CO<sub>2</sub> 临界点干燥、喷金,在 JEOL6360 扫描电镜下观察、数码拍照。

## 2 结果与分析

### 2.1 蚊蝎蛉足的结构

蚊蝎蛉足细长,基节(coxa)粗短,转节(trochanter)小,腿节(femur)长而粗壮,胫节(tibia)最长,跗节(tarsus)分 5 亚节,前跗节(pretarsus)为单爪

(claw)(图 1)。基节和转节着生稀疏细毛,腿节、胫节和第 1、2 跗分节(tarsomeres)密生细刚毛,成行排列,3~5 跗分节上的细毛行列不明显。腿节、胫节和 1~4 跗分节上着生有一些粗黑刚毛,其中跗节上的粗刚毛位于足腹缘,功能相当于螳螂足胫节和腿节的锐刺,捕捉时用于挟持猎物,以防猎物挣脱。转节到前跗节内的肌肉组织包括腿节舒展肌(femoral reductor)、胫节伸肌(tibial extensor)、胫节屈肌(tibial flexor)、爪缩肌(pretarsal flexor)(含腿节和胫节分支)、跗节伸肌(tarsal extensor)和跗节屈肌(tarsal flexor)(图 2)。

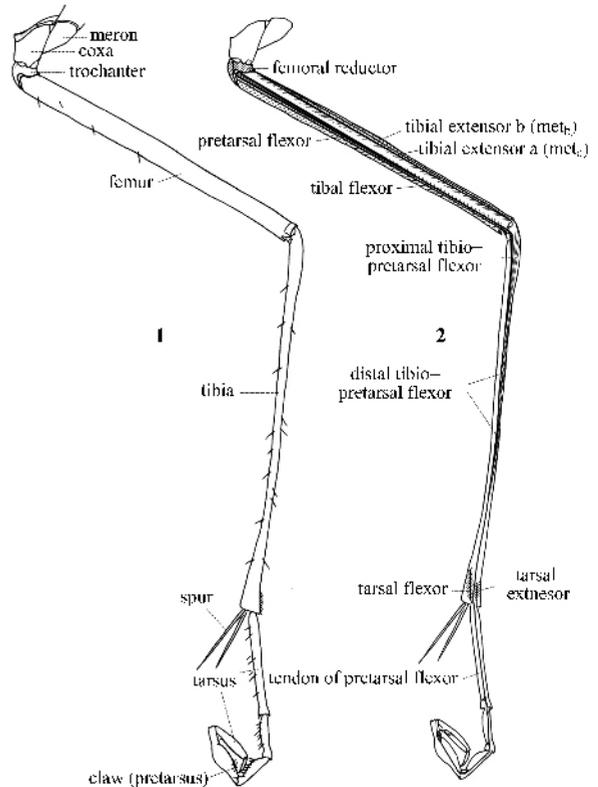


图 1~2 扁蚊蝎蛉的后足

Figs. 1-2 Hind leg of *Bittacus planus*

1: 外形 Profile; 2: 肌肉组织示意图 Diagram of musculature.

**2.1.1 基节(Coxa):**蚊蝎蛉足基节粗壮,与侧基突支接处形成关节窝(pleural articular socket)。前足基节在基部仅侧基突一处关节(图 3、4)。中、后足基节比前足粗大,基脊沟向下延伸,与基节的侧沟重合,形成大的后基片(meron)。中足和后足与侧板连接为双关节构造,但基转前片(trochantin)强烈退化,未形成有力的关节(图 5、7);与具叉腹片的支接处亦形成关节窝(sternal articular socket),其中足关节窝周围凸出成球状,而后足关节窝为一浅凹陷(图 6、8)。基节下部有前、后两个关节突(anterior/

posterior coxotrochanteral articulation)与转节相接,后关节突与转节背缘的突起相关键。中足的后关节突位于后基片下端(图6),从而后基片与转节直接相关

键,而后足后关节突与后基片无关,位于基节里侧末端(图8)。

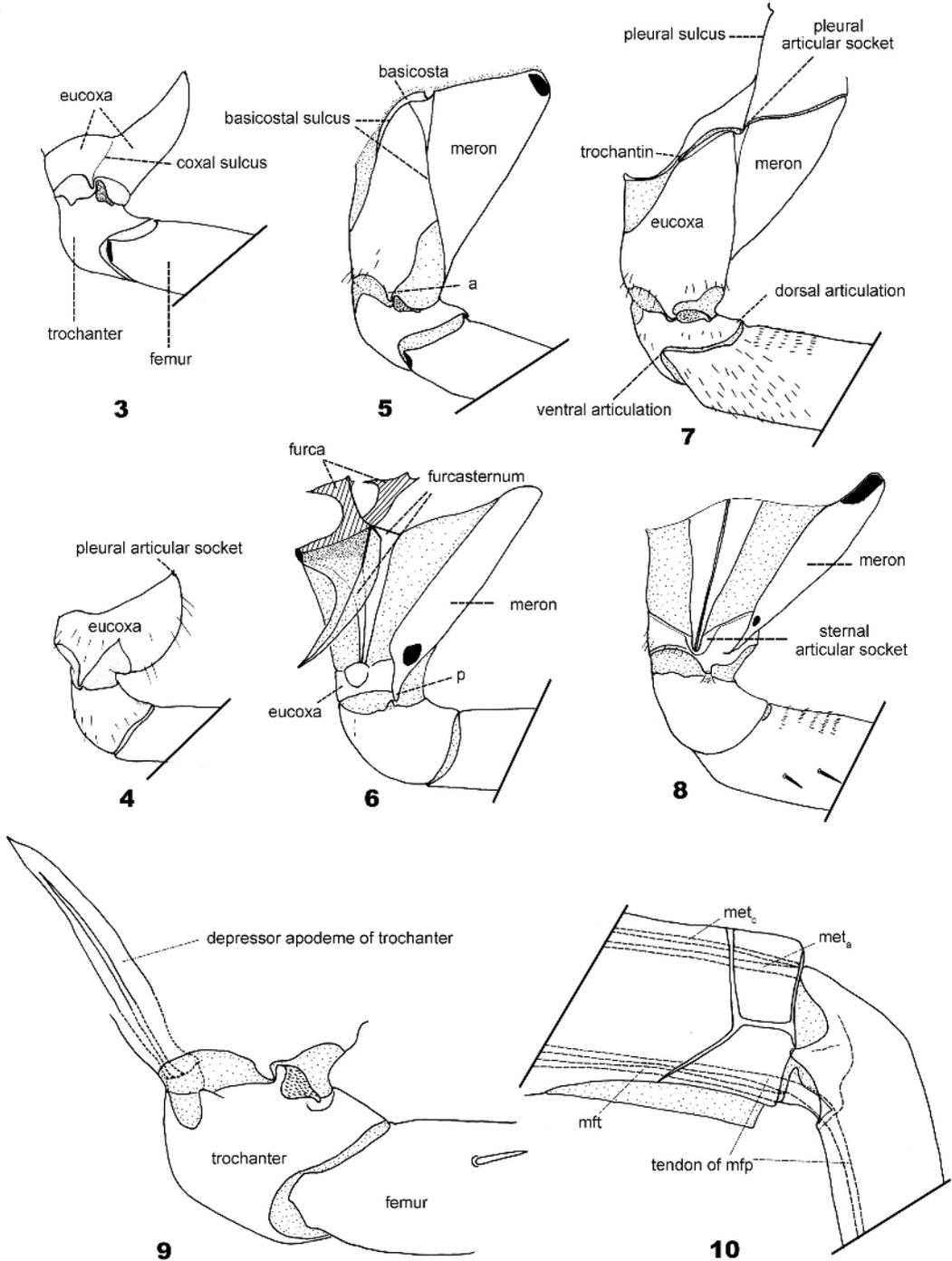


图 3~10 扁蚊蝎蛉足的关键

Figs. 3-10 Articulations of legs in *Bittacus planus*

3 5 7 : 左足基部侧面观,示基节和转节 Base of left legs, showing coxa and trochanter, lateral view : 3 : 前足 Fore leg ; 5 : 中足 Mid leg ; 7 : 后足 Hind leg. 4 6 8 : 右足基部内侧观 Base of right legs, showing coxa and trochanter, mesal view : 4 : 前足 Fore leg ; 6 : 中足 Mid leg ; 8 : 后足 Hind leg ; 9 : 后足转节,侧面观 Hind trochanter, lateral view ; 10 : 后足腿节与胫节关键,侧面观 Articulation of hind femur with tibia, lateral view. met : 胫节伸肌 Tibial extensor ; mft : 胫节屈肌 Tibial flexor ; mfp : 爪缩肌 Pretarsal flexor ; a : 基节和转节的前关节 Anterior coxotrochanteral articulation ; p : 基节和转节的后关节 Posterior coxotrochanteral articulation.



**2.1.2 转节(Trochanter):**转节很小,基部以前、后关节与基节相关键,端部与腿节则以背、腹关节相接(图3~8),但转节与腿节紧密相连,几乎不活动,这对关节实际上不起作用。转节外侧边缘与基节关联处有一密生感觉毛的小骨片,背缘前角有一强大肌腱伸入基节内(图9),转节的5条降肌着生于其上;而3条升肌着生在基节背缘(Rober,1944)。转节与基节间有一宽大的膜质区,因而可以一定程度向前或向后扭动。转节内只有一条肌肉——腿节舒展肌(femoral reductor),充满整个转节,肌肉末端止于腿节基部(图2)。

**2.1.3 腿节(Femur):**腿节长圆柱状。基部与转节固接在一起,末端同胫节以前、后关节相接,腹面有一“V”字形凹槽,胫节因而可以向内折叠,直至紧贴腿节(图1,10)。

腿节内部有3组肌肉,其中胫节伸肌(tibial extensor)和胫节屈肌(tibial flexor)几乎与腿节等长,均止于胫节基部;前跗节缩肌(pretarsal flexor)肌肉组织发达,相当于腿节长度的3/5,末端连接一条很长的肌腱一直向端部延伸,通过胫节和跗节,连接在

爪基部的掣爪片(unguitractor plate)上。胫节伸肌2条,即胫节伸肌(tibial extensor)a,meta和b,metb,末端均着生于胫节基部背面的突起上;其中meta发达,为羽状横纹肌;而metb仅基部一小块三角形肌肉组织与腿节基部相连,其余部分为一根光滑的细长肌腱,与Rober(1944)报道的a,b均为羽状不同。胫节屈肌1条,为发达的羽状横纹肌,末端着生在位于胫节基部“V”字形缺刻内的一个能活动的“T”字形小骨片上,该骨片内壁凹且光滑,作用如同滑轮的凹槽,托起爪缩肌肌腱。爪缩肌在腿节内位于胫节屈肌之上并与之紧贴,与胫节伸肌之间隔着1条粗大的气管(图11)。

**2.1.4 胫节(Tibia):**胫节细圆筒状,长于腿节,末端有2个不等长端距,密被微毛,像2只毛刷,起清洁、整理附节作用。胫节以发达的前、后双突关节与腿节在水平方向相关键(图12~14);胫节末端与跗节单关节相接,胫节末端向内凹陷形成一圈骨化程度高的内骨(图16),内骨中央形成两个近似圆形的孔,背面的孔即关节窝与基跗节关联,腹面的孔连接距基部,基跗节和距能灵活转动。

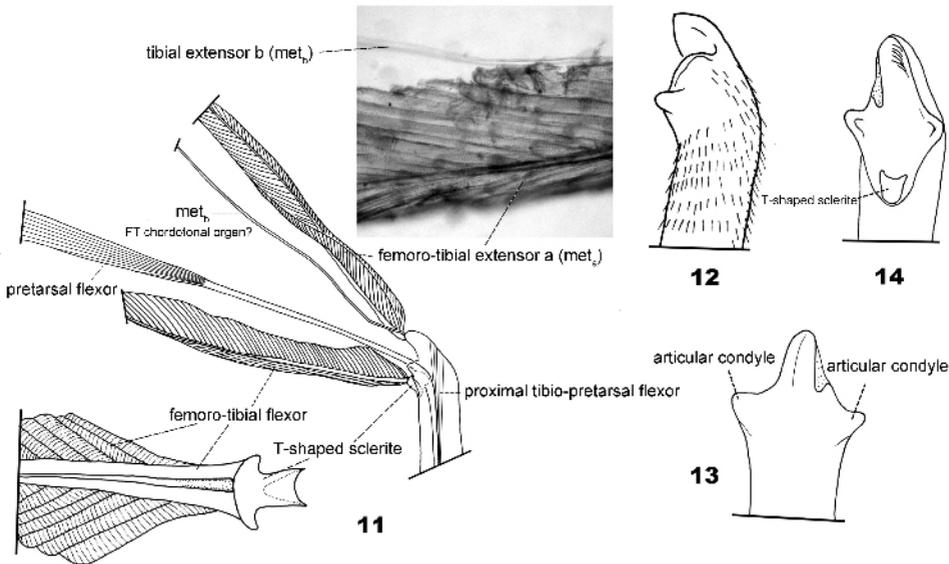


图 11~14 扁蚊蝎蛉胫节基部

Figs. 11-14 Basal tibia of *Bitacus planus*

11: 腿节内肌肉 Muscles from femur; 12-14: 双突关节 Dicondyle: 12: 前面观 Anterior view; 13: 外侧观 Lateral view; 14: 内侧观 Mesal view.

胫节内沿爪缩肌肌腱有许多肌纤维分支,每根肌纤维与胫节伸肌和屈肌的羽状分支一样,均具横纹。肌纤维在胫节近基部明显成一束,称为胫节基部爪缩肌(proximal tibial pretarsal flexor),但这样的肌纤维丝一直在胫节中部甚至接近胫节末端仍存在,这些肌肉组织称为胫节远端爪缩肌(distal tibial

pretarsal flexor)(图2)。胫节端部2条短小的羽状横纹肌末端连接于基跗节基部,分别为跗节伸肌(tarsal extensor)和屈肌(flexor),屈肌较伸肌长且发达(图17)。

**2.1.5 跗节(Tarsus):**蚊蝎蛉用跗节捕捉猎物,因而跗节较特化。跗节分5个亚节(跗分节

tarsomeres)。与其他昆虫不同，蚊蝎蛉跗分节之间具发达的关节、凹槽和爪缩肌肌腱上膨大区内的肌肉组织，亚节可以向内折叠；第4、5跗分节腹面具齿，节间为双凹槽结构，第5跗分节能折叠至第4节之上。

基跗节(Basitarsus)最长，基部的关节突半球形(图17,18)，端部内侧形成“U”字形凹槽；基跗节基部关节突部位排列着许多鳞片状突起，有些突起下有小感觉孔(图25)。2、3跗分节基部关节突发达，近三角形，与前一节端部凹槽内的半球形关节窝相关键。1~3跗分节里侧有许多黑色粗刚毛大致排成两列，这些刚毛在捕食时用于挟持猎物以防挣脱(图19,20,23)。第4跗分节基部两侧具能活动的粗刚毛2~3根(扁蚊蝎蛉)或仅具1根(缠绕蚊蝎蛉)；腹面中央有一排齿，约25颗，齿间缝隙大，齿基部阔、端部尖，侧面波状纹饰；齿两侧密被刚毛，每侧

的刚毛沿齿毛刷状整齐排列，大致成两行，紧挨齿的一行比另一行排列紧密(图29)；端部“U”字形凹槽长于1~3节的凹槽(图21,26,27)。第5跗分节基部为“V”字形凹槽，腹面与第4跗分节一样，有一排齿和刷状刚毛，但齿基部窄而端部阔，约23颗，齿间缝非常狭窄，各齿连成一线，齿侧面斜纹刻饰(图22,27,30)。第5跗分节可以折叠到第4跗分节上，呈铡刀形，齿齿相对，刷状毛相交(图31,32)，用于牢牢夹住猎物身体的一部分。第5跗分节基部两侧各有一类似韧带的无色半透明筋膜(fascia)紧密连在第4跗分节凹槽两边缘的弧形内骨中央，犹如两侧形成的关节，因而第5跗分节受爪缩肌拉力后向内折叠，却很难从第4跗分节的槽内脱出(图22)，拉力消失后，该“韧带”回复弹性形变，跗分节又能很快张开。

各跗分节凹槽内面结构复杂。位于凹槽基部的

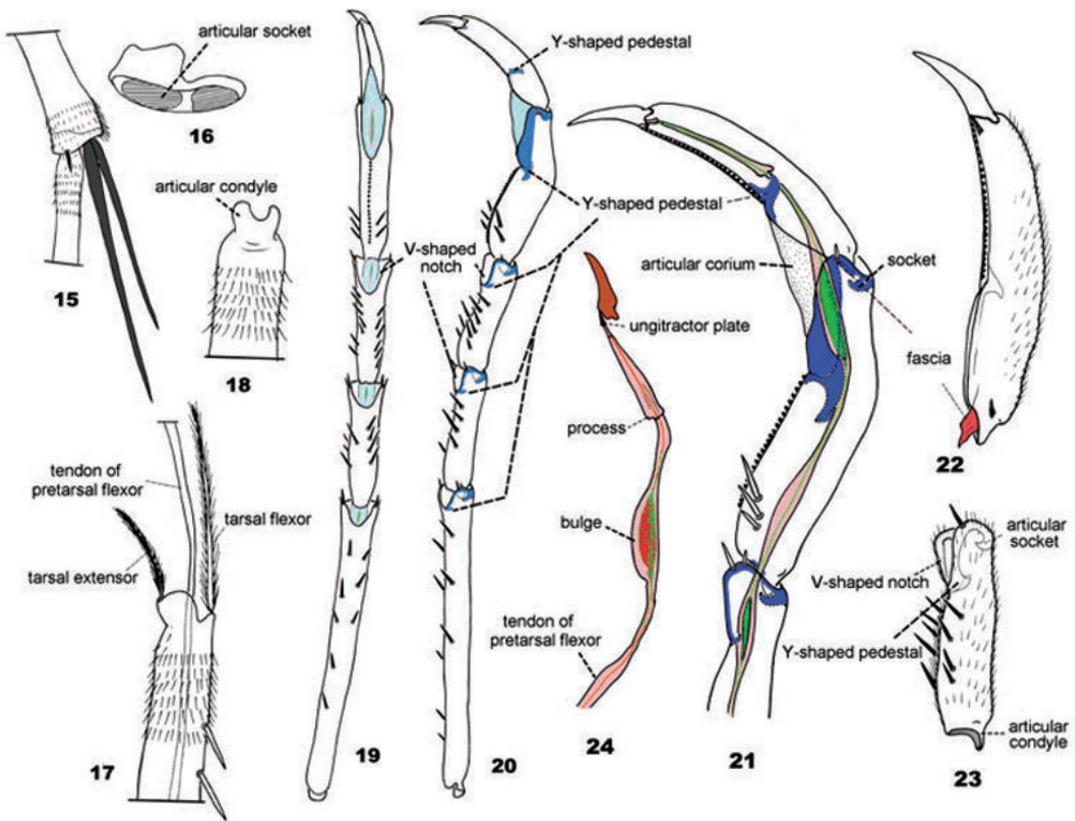


图 15~24 扁蚊蝎蛉的跗节及前跗节

Figs. 15-24 Tarsus and pretarsus in *Bittacus planus*

15：胫节与基跗节连接处，示胫节端距 Articulation of tibia with basitarsus showing two spurs of distal tibia；16：胫节末端内骨 Inner sclerite at distal tibia；17：跗节伸肌和屈肌 Tarsal extensor and flexor；18：基跗节基部关节突 Articular condyle of basitarsus；19：跗节和前跗节，腹面观 Tarsus and pretarsus, ventral view；20：同前，后面观 same, lateral view；21：4~5跗分节和爪内部透视图，示内骨和肌腱 Scenograph of tarsomeres 4-5 and pretarsus showing inner sclerites and tendon of pretarsal flexor；22：端跗节和爪，示槽内部的“Y”字形底托、基部两侧连接第4跗分节的膜 Distal tarsomere and pretarsus showing Y-shaped pedestal, articular corium connected with the 4th tarsomere；23：第3跗分节 Tarsomere 3；24：与爪相连的4、5跗节肌腱 Distal part of tendon of pretarsal flexor.

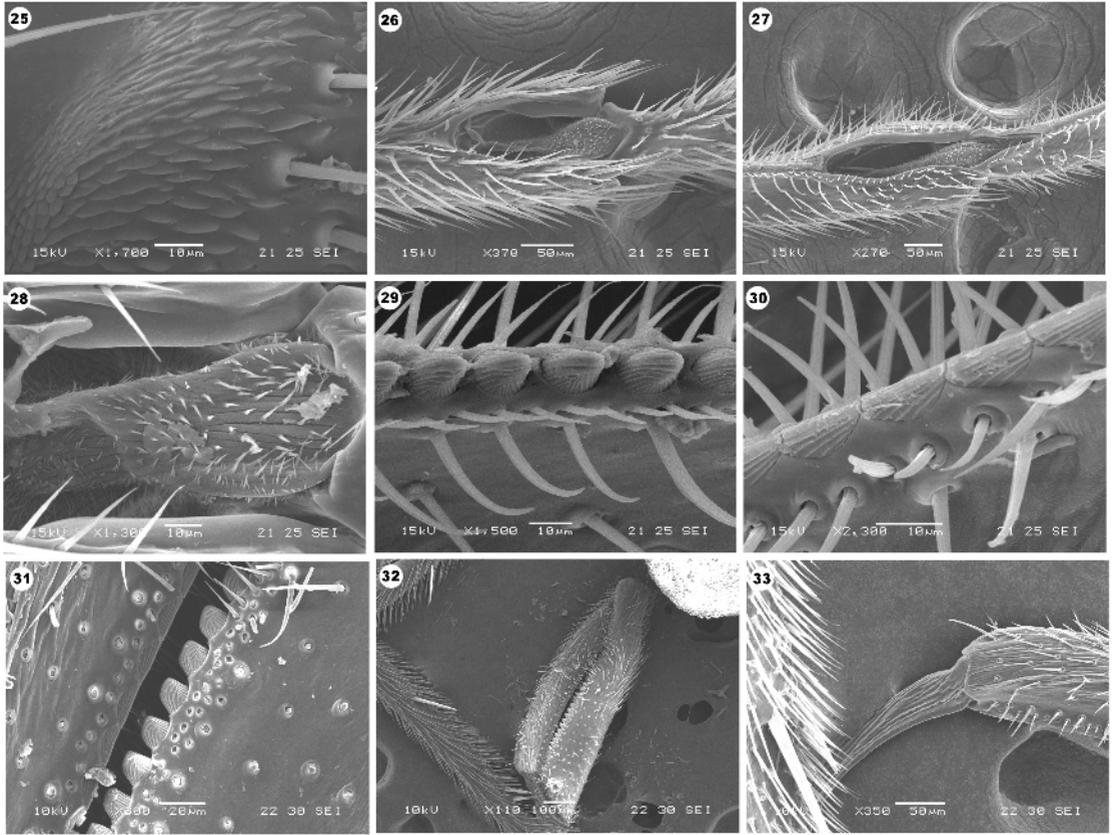


图 25 ~ 33 蚊蝎蛉足的局部超微结构

Figs. 25 - 33 Scanning electron microscopy of legs in *Bittacus* spp.

25 - 30 : 缠绕蚊蝎蛉 *B. implicatus* : 25 : 基跗节基部, 示鳞片状突起和感觉孔 Base of basitarsus, showing scale-shaped processes and pores ; 26 : 跗分节 3 与 4 连接处的凹槽及膜 Articulation of tarsomeres 3 with 4, showing notch and articular corium ; 27 : 跗分节 4 与 5 连接处的凹槽 Articulation of tarsomeres 4 with 5, showing two notches ; 28 : 跗分节 2 与 3 连接处的膜, 示膜上微刺 Articulation of tarsomeres 2 with 3 showing small spines on the articular corium ; 29 : 第 4 跗分节内侧齿及齿两侧刚毛 Teeth and setal rows on inner side of tarsomere 4 ; 30 : 第 5 跗分节内侧齿及刚毛 same of tarsomere 5. 31 - 33 : 扁蚊蝎蛉 *B. planus* : 31 : 跗分节 4 与 5, 示内侧齿相对 Tarsomeres 4 and 5, showing the opposed teeth ; 32 : 跗分节末 3 节及爪, 示各节捕捉时向内折叠 Distal three tarsomeres and pretarsus, showing fold of tarsomeres ; 33 : 前跗节(爪) Pretarsus (claw).

内骨呈亚三角形, 底边愈合, 顶端分歧, 形成“Y”字形底托 (pedestal), 类似滑轮槽, 对肌腱起限制和支撑作用, 其中第 4 跗分节凹槽内的底托最大; 内骨在凹槽端部中央形成半球形关节窝 (图 20, 21)。凹槽连接到下一节基部的膜 (articular corium) 起始于凹槽基部亚三角形内骨, 两侧沿凹槽侧面内骨着生, 连到下一节关节孔内壁 (图 21); 膜结构在电镜下呈纵纤维状, 类似张力纤维, 表面被微刺 (图 28)。

蚊蝎蛉的爪缩肌肌腱在昆虫纲中可能最为独特。肌腱延伸到基跗节后, 有 4 处明显的梭形膨大区 (bulge) 分别位于各跗节交界处。膨大区内有发达的肌肉组织, 两侧有纤细的肌纤维连接到下一节 (图 21, 24)。与捕捉猎物相对用力最大有关, 第 4, 5 跗分节间的膨大区最大, 内部的肌肉组织也最发达。尤为奇特的是, 在第 5 跗分节内, 肌腱在凹槽末端处

有一个横向突起 (process) (图 24), 突起被“Y”字形底托所阻 (图 21, 22), 加上双凹槽相互嵌套, 槽口相向, 肌肉收缩时, 从第 5 跗分节近中部而非前跗节基部施力, 肌纤维几乎拉成直线, 因而第 5 跗分节能迅速折叠于第 4 跗分节之上。

**2.1.6 前跗节 (Pretarsus):** 特化为尖锐的单爪 (claw), 两侧以关节突与端跗节相相接, 内面基部有一暗褐色骨片, 连接从腿节一直延伸到此的爪缩肌肌腱 (tendon-like apodeme of depressor of pretarsus), 从功能上看, 该骨片即掣爪片 (unguitractor plate) (图 24, 39)。

## 2.2 蚊蝎蛉捕食行为与结构的联系

由于蚊蝎蛉翅基部狭窄, 前、后翅之间没有明显的连锁, 飞行能力较弱, 多以前足悬于枝叶下, 细长的中足伸向两侧, 后足向下张开形成一个控制区, 等

待猎物靠近时捕食(图 34)。当猎物靠近任何一只中足或后足时,该足的第 5 跗分节迅速折到第 4 节上,夹住猎物的身体或附肢(足或翅等),各跗分节向内折卷,跗节的粗刚毛围住猎物,使其无法挣脱(图 35)其他足协助握持或转动猎物,而后胫节折向腿节,腿节向上提,将猎物提起(图 36),送到口器下方以供取食。

从形态上看,细长的腿节和胫节保证了较大的有效控制区;但爪缩肌肌腱过长,势必造成跗节收缩不够迅速、有力,肌腱在各跗分节间的梭形膨大区内的

肌肉弥补了该不足,肌肉收缩保证了各跗节握持有力;各跗分节间发达的关节和凹槽使其能够向内折叠,从而能持握猎物,第 4、5 跗分节上的齿和刷状刚毛能有效夹住猎物,跗节内面的粗刚毛可防止猎物挣脱;4、5 跗分节“V”形凹槽相对,膜质区加大,爪缩肌肌腱在近爪端的横向突起,使缩肌着力点提前到跗分节中部,折叠迅速;跗分节间的膜类似纵肌结构,保证纵向抗拉力强;另外胫节基部的“T”字形骨片以及各跗节凹槽基部的“Y”字形底托对爪缩肌肌腱的限制和支撑作用保证了爪缩肌伸缩自如。

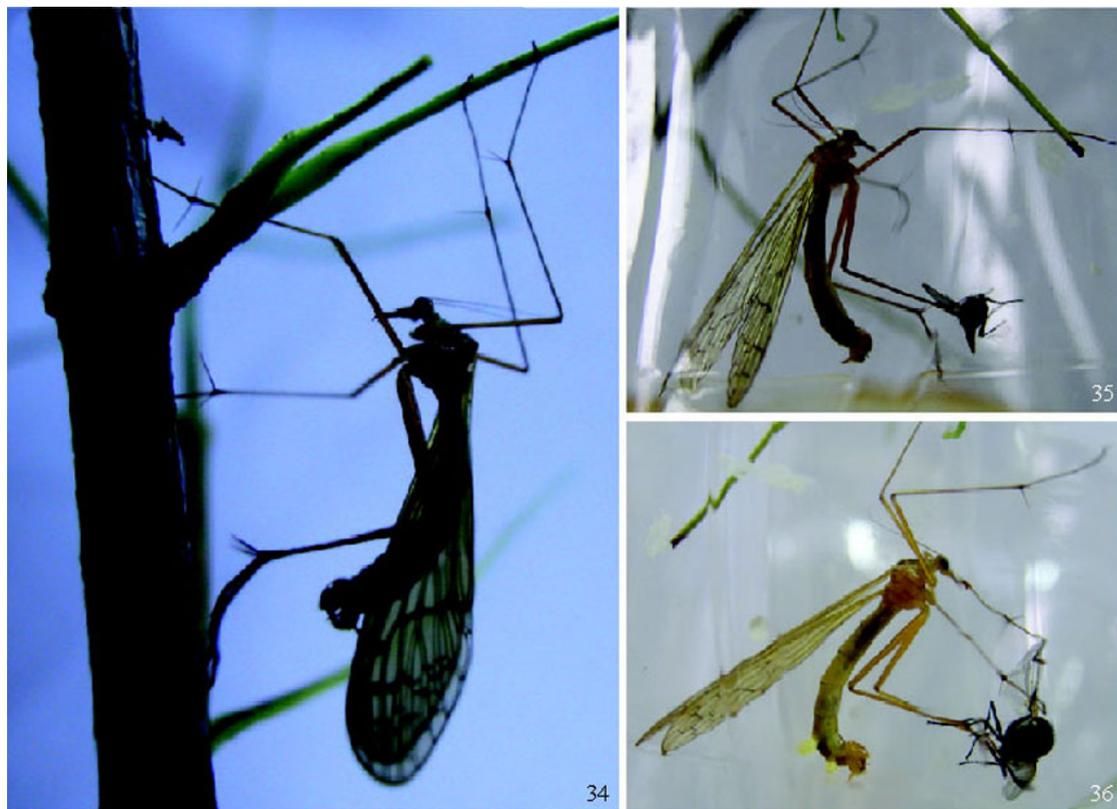


图 34 ~ 36 蚊蝎蛉的捕捉行为

Figs. 34 - 36 Hunting behavior of *Bittacus* spp.

34: 缠绕蚊蝎蛉休息状 *B. implicatus* at rest; 35: 扁蚊蝎蛉后足夹住猎物 *B. planus*, a hind leg grasping a house fly; 36: 扁蚊蝎蛉中、后足抓持猎物 *B. planus*, mid and hind legs grasping a house fly.

### 3 讨论

蚊蝎蛉足的外部形态虽然出现了一定程度特化,但与昆虫足的肌肉模式结构(Snodgrass, 1935)相比,自转节到前跗节,肌肉组织的条数没有明显变化。由于捕捉足各节运动中用力大小不同,相应的肌肉发达程度明显不一样,蚊蝎蛉捕捉靠跗节和前跗节,所以爪缩肌的肌肉明显发达,尤其在腿节内,肌肉超过腿节的 3/5,为长的平行横纹肌,各跗节间特化的膨大区内肌肉又加强了收缩力。而螳螂的捕

捉足不仅用力部位的肌肉发达,肌肉的数目也有所增加,螳螂的捕捉靠胫节和腿节,所以胫节伸肌和屈肌最发达,尤其是屈肌有翼状肌和平行肌共 2 条;而爪缩肌的肌肉组织很小,在腿节腹面近基部,不发达;螳螂的腿节内除了上述肌肉外,还有很小一条起自转节,插入到胫节的屈肌(trochanteral tibial flexor)(Gray and Mill, 1985)。

与蝎蛉科的步行足相比,蚊蝎蛉足的结构在跗节出现显著特化,前跗节仅具 1 爪,跗节各亚节具发达的关节。但它们的肌肉组织非常相似。Hepburn (1970)认为长翅目昆虫的足特化时多取决于各节间

关联部位的改变,而不是肌肉的缺失;而在其他长翅总目中的趋势是特化时一些肌肉会缺失,本研究结果支持这一观点。

同其他有翅亚纲昆虫相比,长翅目基节与胸部的关联受到限制并减少,一般意义上的基前转节缺失。长翅目中足基节特殊之处在于与转节关联的后关节直接与后基片相关(Hepburn, 1970)。本研究结果与之一致。

作者发现,爪缩肌肌节分支存在着近端和远端两组,而Hepburn(1970)和Rober(1944)均未绘出爪缩肌肌节远端分支。他们还认为第5跗分节关节突基部两侧到第4跗分节凹槽基部各有一条肌肉相连,但作者详细解剖多次均未发现,仅发现其所绘肌肉着生的位置有结缔组织膜紧密连接到第4跗分节末端两侧的弧形骨片内,就像一对前后关节,且富有弹性,能在受力后迅速产生扭曲形变,从而向第4跗分节折叠,不受力时又能很快恢复,打开跗节。蚊蝎蛉第4跗分节末端的肌肉有无及其作用尚需进一步证实,此部位结缔组织的结构和作用机理还需进一步探讨。

关于腿节内的胫节伸肌b, Rober(1944)和Hepburn(1970)均认为同a一样呈羽状,但我们解剖发现,扁蚊蝎蛉 *Bittacus planus* 和缠绕蚊蝎蛉 *B. implicatus* 胫节伸肌b着生位置与a相同,仅在腿节基部有很小一束肌肉与腿节相连,其他部位为线状,类似肌腱。这条肌肉太小,可能对足的运动作用不大。类似的结构在螳螂 *Hierodula membranacea* 和 *Periplaneta americana* 腿节中也有报道,超微结构证实与直翅类昆虫前、中足内的听觉器官同源,并被称为 femoro-tibial chordotonal organ (Gray and Mill, 1985)。在蝎蛉科昆虫未见有胫节伸肌b的报道(Hasken, 1939; Hepburn, 1970),作者解剖染翅蝎蛉 *Panorpa tinctoria* 时也未见到(未发表资料),该结构究竟是肌肉还是听觉器官,它与欧美种类是否存在种间差异,在系统发育中有什么作用,尚需进一步研究。

蚊蝎蛉4、5跗分节内侧的2排齿上的波状纹饰在所观察过的2种蚊蝎蛉间差别不大,不足以作为种类鉴定的依据,齿的个数在不同种类间稍有差别。基跗节基部的鳞片状突起结构以及感觉孔的作用尚不清楚。

本研究首次发现扁蚊蝎蛉 *Bittacus planus* 捕捉足跗节末端有延长力臂的结构,与Rober(1944)和Hepburn(1970)的结论不同。由于研究对象相当细小,Rober(1944)和Hepburn(1970)可能并没有真正解

剖到爪缩肌肌腱末端,仅根据光透射出的模糊图案绘制。

蚊蝎蛉足的捕捉结构与螳螂相比存在下列不同点:(1)虽然两者都是夹子式锁死结构,内侧具刺或粗刚毛以阻止猎物逃脱,但螳螂用的是前足腿节和胫节,而蚊蝎蛉用的是中足和后足跗节,捕捉夹子是4、5跗分节;(2)螳螂前足基节延长,而蚊蝎蛉三对足均细长,基节短,腿节和胫节长;(3)捕食者视野的扩大,在螳螂中靠延长前胸、收起前足来实现,而在蚊蝎蛉中则依靠细长的前足将虫体悬挂于枝条或叶片下,头部伸过前足腿节水平位置来实现。

### 参考文献 (References)

- Cai LJ, Huang PY, Hua BZ, 2006. Two New Chinese *Bittacus* Latreille (Mecoptera: Bittacidae) from Michangshan Mountains. *Entomotaxonomia*, 28(2): 127-130. [蔡立君, 黄蓬英, 花保祯, 2006. 米仓山蚊蝎蛉二新种记述. 昆虫分类学报, 28(2): 127-130]
- Cheng FY, 1949. New species of Mecoptera from Northwest China. *Psyche*, 56(4): 139-172.
- Gray PTA, Mill PJ, 1985. The musculature of the prothoracic legs and its innervation in *Hierodula membranacea* (Mantidae). *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 309: 479-503.
- Hasken W, 1939. Der Thorax von *Panorpa communis* L. *Zool. Jahrb. Abt. Anat. Ontog.*, 65: 295-338.
- Hepburn HR, 1970. The skeleto-muscular system of Mecoptera: the thorax. *Kans. Univ. Sci. Bull.*, 48: 801-844.
- Huang PY, Hua BZ, 2005. Four new species of the Chinese *Bittacus* Latreille (Mecoptera, Bittacidae). *Acta Zootax. Sinica*, 30(2): 393-398.
- Krzeminski W, 2007. A revision of Eocene Bittacidae (Mecoptera) from Baltic amber, with the description of a new species. *Afr. Invert.*, 48(1): 153-162.
- Miyake T, 1913. Studies on the Mecoptera of Japan. *J. Coll. Agr. Imper. Univ. Tokyo*, 4(6): 265-400.
- Rober H, 1944. Die Raubbeine der Bittaciden. *Zool. Jahrb. Anat.*, 68: 399-414.
- Setty LR, 1940. Biology and morphology of some North American Bittacidae (Order Mecoptera). *Am. Midl. Nat.*, 23(2): 257-353.
- Snodgrass RE, 1935. Principles of Insect Morphology. McGraw-Hill, New York. 667 pp.
- Storch RH, Chadwick LE, 1968. Thoracic structure of the adult mecopteran, *Bittacus strigosus* Hagen (Mecoptera: Bittacidae). *J. Morph.*, 126(2): 199-210.
- Tan JL, Hua BZ, 2006. Behaviors of the hangingfly *Bittacus planus*. *Chin. Bull. Entomol.*, 43(3): 348-351. [谭江丽, 花保祯, 2006. 扁蚊蝎蛉的行为学观察. 昆虫知识, 43(3): 348-351]