

STUDY ON HIND WING VENATION OF LUCANIDAE (COLEOPTERA , SCARABAEOIDEA) AND ITS SIGNIFICANCE IN SYSTEMATICS

HU Xiao-Yan^{1,2}, BAI Ming², WAN Xia^{1*}, YANG Xing-Ke²

1. School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230601, China

2. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract A study is made on the hind wing venation of Lucanidae. The survey is based on an examination of 43 species belonging to 19 genera from six lucanid subfamilies following the taxonomic system of Bartolozzi & Sprecher (2006). Characters of hindwing venation, RA₄ and RP₁ fused or not, the apex of RA₃₊₄ folded or not, can be important and useful to differ subfamilies in Lucanidae. The taxonomic status

of Dorcinae will be valid based on the hind wing venation, this subfamily cannot be included into the Lucaninae which was referred by the taxonomic system of Holloway. *Aegus* should be put in Odontolabinae, *Prismognathus* and *Cyclommatus* belong to Lucaninae. All the results in this papers also revealed that hind wings are quite significant to discuss the taxonomy of problematic *Dorcus* (s. l.).

Key words Coleoptera, Lucanidae, hind wing venation, difference, taxonomic significance.

锹甲科昆虫后翅脉相分析及其分类学意义探讨

胡晓燕^{1,2} 白明² 万霞^{1*} 杨星科²

1. 安徽大学资源与环境工程学院 合肥 230601

2. 中国科学院动物进化与系统学重点实验室, 中国科学院动物研究所 北京 100101

摘要 采用 Bartolozzi & Sprecher (2006) 分类系统, 对锹甲科 6 亚科 19 属 43 种个体后翅脉相进行研究, 从亚科阶元对翅脉性状进行描述与比较分析, 初步探讨了后翅脉相的分类学意义: 1) RA₄ 脉与 RP₁ 脉是否融合以及 RA₃₊₄ 端部是否反折等特征在不同亚科间差异明显, 可作为亚科分类检索的重要特征; 2) 刀锹甲亚科 Dorcinae 与锹甲亚科 Lucaninae 代表性属种后翅翅脉特征存在显著不同, 表明 Holloway (2007) 将两者合并的结论并不适用于古北、东洋界种类; 3) 盾锹甲属 *Aegus* 应归入奥锹甲亚科 Odontolabinae; 柱锹甲属 *Prismognathus* 和环锹甲属 *Cyclommatus* 应归入锹甲亚科 Lucaninae; 4) 不同属间后翅翅脉特征为探讨疑难属广义刀锹甲属 *Dorcus* (s. l.) 的分类问题提供了参考。

关键词 鞘翅目, 锹甲科, 后翅翅脉, 区别, 分类学意义。

中图分类号 Q964

锹甲科昆虫因其形态复杂、行为特异、地理分布广泛而成为研究鞘翅目起源与进化的重要类群之一。目前世界已知 100 多属 1 800 余种 (含亚种), 中国分布有 27 属 267 种 (万霞等, 2010)。但其分类学研究长期落后, 种类鉴定混乱, 属间关系不清, 许多属的分类地位变更频繁, 整个科缺少依据充分、统一的分类系统。寻求可用于准确鉴定种类及确立高级阶元分类地位的有效形态指标是解决分类混乱问题的必要途径。后翅作为形态学研究的重要指标被用于鞘翅目各代表类群的分类及系统进化研究中

(Khalaf, 1970; Scholtz, 1990; Kukalová-peck *et al.*, 1993, 2004; Zherikhin *et al.*, 1995; Ge *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2007; Hong *et al.*, 2010), 但目前有关锹甲科后翅形态的研究并不多。Holloway (1963, 2007) 共研究了新西兰 30 种锹甲的后翅, 对其是否完整或退化、后翅与鞘翅长度比例等特征做了记述。Browne *et al.* (1995, 1998) 则对 15 种锹甲的后翅翅基、翅关节做了比较分析。仅 Kukalová-peck *et al.* (1993) 记述了 3 种锹甲的后翅翅脉。但上述研究或仅限于个别区域 (新西兰) 或为科上阶元的系统关

* Corresponding author, E-mail: wanxia@ahu.edu.cn

This research was supported by National Key Basic Research Program of China (973 Program) (2011CB302102), National Natural Science Foundation of China (30900144, 31071954, 31010103913) and Main Direction Program of Knowledge Innovation of Chinese Academy of Sciences (KSCX2-EW-G-4). (国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 2011CB302102、国家自然科学基金 (30900144, 31071954, 31010103913) 和中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-EW-G-4) 的资助)

Received 27 Jan. 2011, accepted 20 Dec. 2011.

系分析,并没有从锹甲科下阶元进行后翅脉相的研究。已有的锹甲科分类系统(表1)也均未有涉及后翅的相关探讨和分析。

表1 锹甲科的主要分类系统比较

Table 1. The comparison of the main classification of Lucanidae.

建立学者	锹甲科分类系统	分类系统特点
MacLeay, 1819	Aesalidae, Syndesidae, Lamprimidae, Lucanidae (s. s.)	最早的锹甲分类系统
Hope & Westwood, 1845	Aesalidae, Syndesidae, Lucanidae, Lamprimidae	基本与 MacLeay (1819) 相同,但各个(亚)科所包括的属不同
Van Roon, 1910	Sinodendrinae, Aesalinae, Syndesinae, Lucaninae, Dorcinae, Figulinae, Cladognathinae, Chiasognathinae, O dontolabinae,	严格意义上的锹甲科分类系统,但未有提供确切的分类依据
Sharp & Muir, 1912	Lucanidae (s. l.) 分为 Lamprimidae, Sinodendronida, Lucanidae (s. s.)	早期锹甲分类工作中,首次利用生殖器结构对分类进行尝试
Arrow, 1950	Aesalinae, Lucaninae, Figulinae, Penichrolucaninae	该4亚科分类系统是指世界已知所有种类,还是仅指印度地区,在文中未有清楚表述
Didier & Séguy, 1953	Sinodendrinae, Aesalinae, Syndesinae, Lucaninae, Lampriminae, Dorcinae, Figulinae, Cladognathinae, Chiasognathinae, Chalcodinae	根据口器、触角、眼、前胸背板等特征编制检索表,内容最为丰富,但部分属的分类地位较混乱,未被广泛使用
Benesh, 1960	Sinodendrinae, Aesalinae, Syndesinae, Penichrolucaninae, Lucaninae, Lampriminae, Dorcinae, Figulinae	该分类系统被部分研究者使用,但没有提供亚科和族检索表,也没有说明该分类系统的依据,没有考虑生殖器结构
Kikuta, 1986	Lampriminae, Aesalinae, Ceruchinae, Sinodendrinae, Syndesinae, Lucaninae	提供了亚科和族的检索表,但记述过于简单,未被接受
Lawrence & Newton, 1995	Syndesinae, Aesalinae, Penichrolucaninae, Lucaninae, Lampriminae, Nicaginae	最简洁的分类系统,为多数研究金龟总科的学者采用
Bartolozzi & Sprecher, 2006	Aesalinae, Syndesinae, Lucaninae, Dorcinae, Figulinae, O dontolabinae	该系统包括古北、东洋界有分布的各亚科,没有提供详细的划分依据是目前欧洲锹甲科分类研究者使用较多的系统 主要根据成虫外部形态特征及雌雄外生殖器特征,并认为雄性生殖器是锹甲分类中最稳定和最重要的特征,是当前北美锹甲研究者使用较多的分类系统,但该系统主要是基于研究新西兰锹甲种类得出的结论,缺少对东洋、古北界种类的讨论,尤其对有关 Lucaninae 包含的众多属种间的关系缺少系统、深入研究
Holloway, 2007	Aesalinae, Syndesinae, Lucaninae, Lampriminae	最新的分类系统,基于 Krell (2007) 的化石分类系统;对于各亚科及亚科下各族的划分没有提供依据和详细阐述
Patrice Bouchard <i>et al.</i> , 2011	Protolucaninae (fossil), Aesalinae, Ceruchitinae, Syndesinae, Lampriminae, Lucaninae, P aralucaninae (fossil)	

本文根据 Bartolozzi & Sprecher (2006) 的分类系统,选取了6亚科19属43种代表性锹甲种类,对其后翅翅脉进行了比较形态学研究,归纳比较了其在亚科及属级阶元上的特征,初步探讨了后翅翅脉在锹甲科系统分类研究中的意义,并对该分类系统及当前使用的 Holloway (2007) 分类系统存在的问题进行了讨论。

1 材料与方

本文选取19属43种锹甲,标本信息见表2,标本分别保存于中国科学院动物研究所和安徽大学。其中,纹锹甲亚科 Aesalinae 2属2种、悉锹甲亚科 Syndensinae 1属1种后翅翅脉图参照 Holloway (2007) 及 Kukalová-peck *et al.* (1993)。后翅翅脉

命名主要采用后者的命名系统。所有种类均为干制标本,回软后,用镊子取下或眼科剪剪下后翅,置于载玻片上展开;利用 Olympus SZ 61 体视解剖镜观察;数码相机 (Canon A640) 拍摄后翅照片。

2 结果与分析

2.1 锹甲科后翅翅脉特征

后翅无色、浅黄至棕黄,透明或半透明,翅脉棕黄至棕褐色,长度与身宽之比 (L/W) 超过2.5,有的甚至超过3,如安达刀锹甲 *D. antaeus*、缝前锹甲 *P. suturalis*、剪齿前锹甲 *P. forficula*、美颚莫锹甲 *M. melliana*、皮埃尔莫锹甲 *M. pieli* 和卡拉锹甲 *L. klapperichi* 等。翅脉较退化,ScP 在近基部 1/2 处与 ScA 明显分离,前径脉 RA 长,端部分叉。ScA, RA,

表 2 研究标本信息

Table 2. List of specimens information of Lucanidae.

物种	标本信息
刀锹甲亚科 Dorcinae	
玳瑁盾锹甲 <i>Aegus chelifera specularis</i> Jakowleff, 1900	1 ♂, Tonkin, Hoa-Binh, 1940-08, leg. A. de Cooman
艾斯环锹甲 <i>Cyclommatus elsae</i> Kriesche, 1920	1 ♂, 福建武夷山瞭望台, 海拔 1 100 m, 2010-08-16, 胡晓燕采
安达刀锹甲 <i>Dorcus antaeus</i> Hope, 1842	1 ♂, 广西兴安护城, 海拔 350 m, 1983-08-03, 姚世华采
大刀锹甲华南亚种 <i>Dorcus curvidens hopei</i> (Saunders, 1854)	1 ♂, 采集信息不详
尼泊尔半刀锹甲 <i>Hemisodorcus nepalensis</i> (Hope, 1831)	1 ♂, 西藏墨脱, 海拔 2 750 m, 1982-08-13, 韩寅恒采
红足半刀锹甲 <i>Hemisodorcus rubrofemoratus</i> (Vollenhoven, 1865)	1 ♂, 吉林苇沙河, 1941-08-05, 采集者不详
中华半刀锹甲 <i>Hemisodorcus sinensis</i> Boileau, 1899	1 ♂, 云南泸水姚家坪, 海拔 2 500 m, 1981-06-06, 张学忠采
美颚莫锹甲 <i>Macrodercus melliana</i> (Kriesche, 1920)	1 ♂, 福建武夷山瞭望台, 海拔 1 100 m, 2010-08-18, 胡晓燕采
皮埃尔莫锹甲 <i>Macrodercus pieli</i> (Didier & Séguy, 1953)	1 ♂, 福建武夷山, 2010-08-17, 胡晓燕采
直颚莫锹甲 <i>Macrodercus recta</i> (Motschulsky, 1857)	1 ♂, 吉林省洮安县幸福, 1979-09, 采集者不详
达乌柱锹甲 <i>Prismognathus dauricus</i> (Motschulsky, 1860)	1 ♂, 黑龙江帽儿山, 1940-08-18, 采集者不详
戴维柱锹甲指名亚种 <i>Prismognathus davidis davidis</i> Deyrolle, 1878	1 ♂, 河北省兴隆雾灵山, 海拔 550 m, 2006-08-08, 姚建采
双斑前锹甲 <i>Prosopocoilus biplagiatus</i> (Westwood, 1855)	1 ♂, 云南西双版纳勐腊, 海拔 620 ~ 650 m, 1959-06-08, 蒲富基采
黄褐前锹甲 <i>Prosopocoilus blanchardi</i> (Parry, 1873)	1 ♂, 北京居庸关, 海拔 280 m, 1961-08-15, 王书永采
剪齿前锹甲 <i>Prosopocoilus forficula</i> (Thomson, 1856)	1 ♂, 福建武夷山瞭望台, 海拔 1 100 m, 2009-08-08, 万霞采
细颚前锹甲 <i>Prosopocoilus gracilis</i> (Saunders, 1854)	1 ♂, 福建武夷山, 2005-08-09, 采集者不详
锐突前锹甲 <i>Prosopocoilus melli</i> Kriesche, 1922	1 ♂, 福建武夷山定位站, 海拔 607 m, 2010-08-15, 胡晓燕采
缝前锹甲 <i>Prosopocoilus suturalis</i> (Olivier, 1789)	1 ♂, 海南岛琼海县南俸农场, 1997-06-16, 采集者不详
中华拟鹿锹甲 <i>Pseudorhaetus sinicus</i> (Boileau, 1899)	1 ♀, 福建武夷山星村镇桐木村三港, 海拔 704 m, 2010-08-15, 钟芳采
瑞齿扁锹甲 <i>Serrognathus reichiei reichiei</i> (Hope, 1842)	1 ♂, 西藏聂拉木, 海拔 2 250 m, 1974-05-17, 张学忠采
泰坦扁锹甲华南亚种 <i>Serrognathus titanus platymelus</i> (Saunders, 1854)	1 ♂, 福建武夷山, 挂墩, 海拔 1 300 m, 2010-08-13, 胡晓燕采
狭锹甲亚科 Figulinae	
简颚锹甲 <i>Nigidius parryi</i> (Bates, 1866)	1 ♂, 广西田林老山分场, 2002-06-04 ~ 05, 杨秀娟采
长碾锹甲 <i>Nigidius elongatus</i> Boileau, 1902	1 ♂, 海南岛尖峰天池, 海拔 750 m, 1980-03-25, 王书永采
锹甲亚科 Lucaninae	
福运锹甲 <i>Lucanus fortunei</i> Saunders, 1854	1 ♂, 福建武夷山挂墩, 海拔 1 200 m, 2009-08-08, 万霞采
福仁锹甲 <i>Lucanus fryi</i> Boileau, 1911	1 ♀, 云南泸水姚家坪, 2 500 m, 1981-06-04, 廖素柏采
斑股锹甲 <i>Lucanus maculifemoratus</i> Motschulsky, 1861	1 ♀, 安徽岳西鹞落坪, 海拔 1 000 m, 2010-07-15, 胡晓燕采
靓艳锹甲 <i>Lucanus oberthuri</i> Planet, 1897	1 ♂, 四川峨眉山, 1994-07-13, 采集者不详
黄斑锹甲 <i>Lucanus parryi</i> Boileau, 1899	1 ♂, 安徽岳西鹞落坪, 海拔 1 000 m, 2010-07-16, 胡晓燕采
巨叉锹甲 <i>Lucanus planeti</i> Planet, 1899	1 ♂, 云南师宗, 1993-07-14, 采集者不详
卡拉锹甲 <i>Lucanus klapperichi</i> Bomans, 1989	1 ♂, 福建武夷山挂墩, 海拔 1 200 m, 2010-08-13, 钟芳采
戴维异锹甲 <i>Pseudolucanus davidis</i> Deyrolle, 1878	1 ♂, 四川汶川县卧龙镇, 海拔 2 730 m, 2004-07-25, 万霞采
奥锹甲亚科 Odontolabinae	
福建大新锹甲 <i>Neolucanus maximus fujitai</i> Mizunuma, 1994	1 ♂, 福建武夷山瞭望台, 海拔 1 100 m, 2010-08-18, 钟芳采
亮光新锹甲 <i>Neolucanus nitidus</i> (Saunders, 1854)	1 ♂, 福建武夷山瞭望台, 海拔 1 100 m, 2010-08-16, 胡晓燕采
缝斑新锹甲 <i>Neolucanus parryi</i> Leuthner, 1885	1 ♂, 福建武夷山挂墩, 海拔 1 200 m, 2010-08-14, 晏绍飞采
华新锹甲 <i>Neolucanus sinicus</i> (Saunders, 1854)	1 ♂, 西藏樟木, 海拔 2 200 m, 1981-05-19, 胡胜昌采
华美奥锹甲 <i>Odontolabis fallaciosa</i> Boileau, 1901	1 ♂, 广西贺县姑婆山, 1981-06-17, 张旺采
扁齿奥锹甲 <i>Odontolabis platynota</i> (Hope & Westwood, 1845)	1 ♀, 福建武夷山瞭望台, 2009-08-08, 万霞、雷辰利采
中华奥锹甲 <i>Odontolabis sinensis</i> (Westwood, 1848)	1 ♀, 福建武夷山瞭望台, 海拔 1 100 m, 2010-08-17, 胡晓燕采
西奥锹甲 <i>Odontolabis siva</i> (Hope & Westwood, 1845)	1 ♂, 海南琼海, 1976-07, 采集者不详
纹锹甲亚科 Aesalinae	
翼角蜡翅锹甲 <i>Holloceratognathus passaliformis</i> (Holloway, 1998)	1 ♂, New Zealand, 仿 Holloway, 2007
圆瘤毛翅锹甲 <i>Mitophyllus gibbosus</i> (Broun, 1884)	1 ♂, New Zealand 仿 Holloway, 2007
悉锹甲亚科 Syndensinae	
德芙角锹甲 <i>Ceruchus dawei</i> Boucher et Kral, 1997	1 ♂, 四川宝兴蜂桶寨, 海拔 2 500 ~ 3 200 m, 1997-06-09, 周海生采
钺颚悉锹甲 <i>Syndesus cornutus</i> (Fabricius, 1801)	New Zealand, 仿 Kukalová-Peck & Lawrence, 1993

MP₁₊₂, CuA 和 AP₃₊₄ 脉粗壮, 骨化强烈; RA₄, RP₂, RP 以及 AA₃₊₄ 脉中等程度骨化; RP₁, MP₃, MP₄, AA₁₊₂ 和 J 脉骨化程度弱。

本文根据 Bartolozzi & Sprecher (2006) 的分类系统, 对隶属于 6 亚科 19 属 43 种锹甲的后翅脉序进行了研究分析, 各亚科的后翅翅脉表现出不同特征。

2.2 各亚科后翅翅脉特征

2.2.1 刀锹甲亚科 *Dorcinae* (图 1~21)

RA₃₊₄ 端部多无反折 (图 2 左上), 少数形成反折 (图 4 右上), 如艾斯环锹甲 *C. elsae*, 达乌柱锹甲 *P. dauricus*, 戴维柱锹甲指名亚种 *P. davidis davidis* 等; RA₄ 端部向顶角方向延伸但未达顶角; RP 端部 2/3 骨化强烈; RP₁ 基部 1/3 处起与 RA₄ 脉近平行, 在超过 RA₄ 基部 2/3 处或近端部融合; MP₁₊₂ 到达翅缘, 并在翅缘处形成缺刻 (图 1 箭头所示); MP₃、MP₄ 均接近翅缘, MP₄ 长度超过 MP₃ 的 2/3, 但少数种类如艾斯环锹甲 *C. elsae* 的 MP₄ 脉退化, 几乎消失; CuA 端部略后弯, 接近翅缘; AA₁₊₂ 与 CuA 未连接, 非常接近, 但莫锹甲属个体 AA₁₊₂ 不到两脉间距的 1/2; AA₃₊₄ 形状弯曲, 接近翅缘, 无缺刻; AP₃₊₄ 基部显著膨大骨化, 膨大部分占该脉总长的 1/3; J 脉接近或长于 AP₃₊₄ 的 1/2。

2.2.2 狭锹甲亚科 *Figulinae* (图 22~23)

RA₃₊₄ 端部反折; RA₄ 端部向顶角方向延伸但未达顶角; RP 端部 1/3 骨化强烈; RP₁ 很弱, 基部远离 RA₄, 在超过 RA₄ 的 1/2 处与其融合; MP₁₊₂ 到达翅缘, 无缺刻; MP₃ 远离翅缘, MP₄ 接近翅缘, 两脉接近等长; CuA 接近翅缘, 端部略后弯; AA₁₊₂ 与 CuA 连接; AA₃₊₄ 形状很直, 不接近翅缘, 有缺刻; AP₃₊₄ 基部膨大骨化并占该脉总长的 1/2; J 脉短于 AP₃₊₄ 的 1/2。

2.2.3 锹甲亚科 *Lucaninae* (图 24~31)

RA₃₊₄ 端部反折; RA₄ 端部向顶角方向延伸且到达顶角; RP 骨化强烈或至少端部 2/3 骨化强烈; RP₁ 骨化弱, 基部 1/3 处起与 RA₄ 脉近平行, 在 RA₄ 端部 1/3 处两脉融合; MP₁₊₂ 到达翅缘且具缺刻; MP₃、MP₄ 均接近翅缘, MP₄ 长度超过 MP₃ 的 3/4, 有时近等长; CuA 接近翅缘, 端部略后弯; AA₁₊₂ 与 CuA 非常接近, 但未连接; AA₃₊₄ 有时直有时略弯, 未达翅缘且部分具缺刻; AP₃₊₄ 基部膨大骨化并占该脉总长的 1/2; J 脉长度接近或短于 AP₃₊₄ 的 1/2。

2.2.4 奥锹甲亚科 *Odontolabinae* (图 32~39)

RA₃₊₄ 端部反折; RA₄ 端部向顶角方向延伸但未达顶角; RP 端部 2/3 骨化强烈; RP₁ 与 RA₄ 近平行, 在接近 RA₄ 端部或端部 1/3 处与其融合; MP₁₊₂ 到达翅缘, 具缺刻; MP₃、MP₄ 均接近翅缘, MP₄ 长

度明显超过 MP₃ 的 2/3, 但少数种如扁齿奥锹甲 *O. platynota* MP₁₊₂ 既不达翅缘也无缺刻, MP₄ 长度不足 MP₃ 的 1/2; CuA 接近翅缘, 端部略后弯; 奥锹甲属 AA₁₊₂ 与 CuA 连接, 新锹甲属则不连接; AA₃₊₄ 形状弯曲, 未达翅缘, 无缺刻; AP₃₊₄ 基部膨大骨化并长于该脉总长的 1/3 而不到 1/2; J 脉短, 短于 AP₃₊₄ 的 1/2。

2.2.5 悉锹甲亚科 *Syndensinae* (图 40~41)

RA₃₊₄ 端部反折; RA₄ 端部不向顶角方向延伸, 即显著远离顶角 (图 40 红色箭头); RP 端部 1/2 骨化强烈; RP₁ 骨化弱, 远离 RA₄, 端部接近顶角; MP₁₊₂ 到达翅缘, 并在翅缘处形成缺刻; MP₃、MP₄ 均接近翅缘, MP₄ 长度明显超过 MP₃ 的 2/3; CuA 骨化强烈, 端部较直 (图 40 蓝色箭头), 到达翅缘; AA₁₊₂ 与 CuA 连接; AA₃₊₄ 形状较直, 到达翅缘并具缺刻; AP₃₊₄ 骨化强烈, 基部明显粗壮, 接近翅缘; J 明显长于 AP₃₊₄ 的 1/2。

2.2.6 纹锹甲亚科 *Aesalinae* (图 42~43)

RA₃₊₄ 端部不反折; RA₄ 端部向顶角方向延伸但未达顶角; RP 端部 2/3 骨化强烈; RP₁ 靠近 RA₄, 较短; RP₂ 到达翅缘, 无缺刻; MP₁₊₂ 到达翅缘, 无缺刻; MP₃、MP₄ 均到达翅缘, MP₄ 长度不超过 MP₃ 的 1/2; CuA 到达翅缘, 端部略后弯 (图 39 蓝色箭头); AA₁₊₂ 与 CuA 连接; AA₃₊₄ 形状弯曲, 到达翅缘; AP₃₊₄ 基部膨大骨化并占该脉总长的 1/2。

3 讨论

通过对 6 亚科 19 属 43 种锹甲后翅翅脉特征的比较分析, 对其分类学意义进行如下讨论。

3.1 RA₄ 脉与 RP₁ 脉是否融合、RA₃₊₄ 端部反折与否能够用于亚科阶元的分类检索

通过对上述属种的后翅脉相分析, 可以发现 RA₄ 脉与 RP₁ 脉是否融合、RA₃₊₄ 端部反折与否可作为亚科阶元分类的重要特征, 并能够将本文所涉及的 6 亚科区分开 (如下所示)。

- 1. RA₄ 脉与 RP₁ 脉不融合 2
- RA₄ 脉与 RP₁ 脉融合 3
- 2. RA₄ 脉端部不向顶角方向延伸, 即显著远离顶角 悉锹甲亚科 *Syndensinae*
- RA₄ 脉端部向顶角方向延伸, 但未达顶角 纹锹甲亚科 *Aesalinae*
- 3. RA₃₊₄ 脉端部有反折 4
- RA₃₊₄ 脉端部无反折 刀锹甲亚科 *Dorcinae*
- 4. RA₄ 脉端部向顶角方向延伸到顶角 锹甲亚科 *Lucaninae*
- RA₄ 脉端部向顶角方向延伸但未达顶角 5
- 5. AP₃₊₄ 基部膨大骨化部分超过该脉总长的 1/2 奥锹甲亚科 *Odontolabinae*
- AP₃₊₄ 基部膨大骨化部分占该脉总长的 1/2 狭锹甲亚科 *Figulinae*

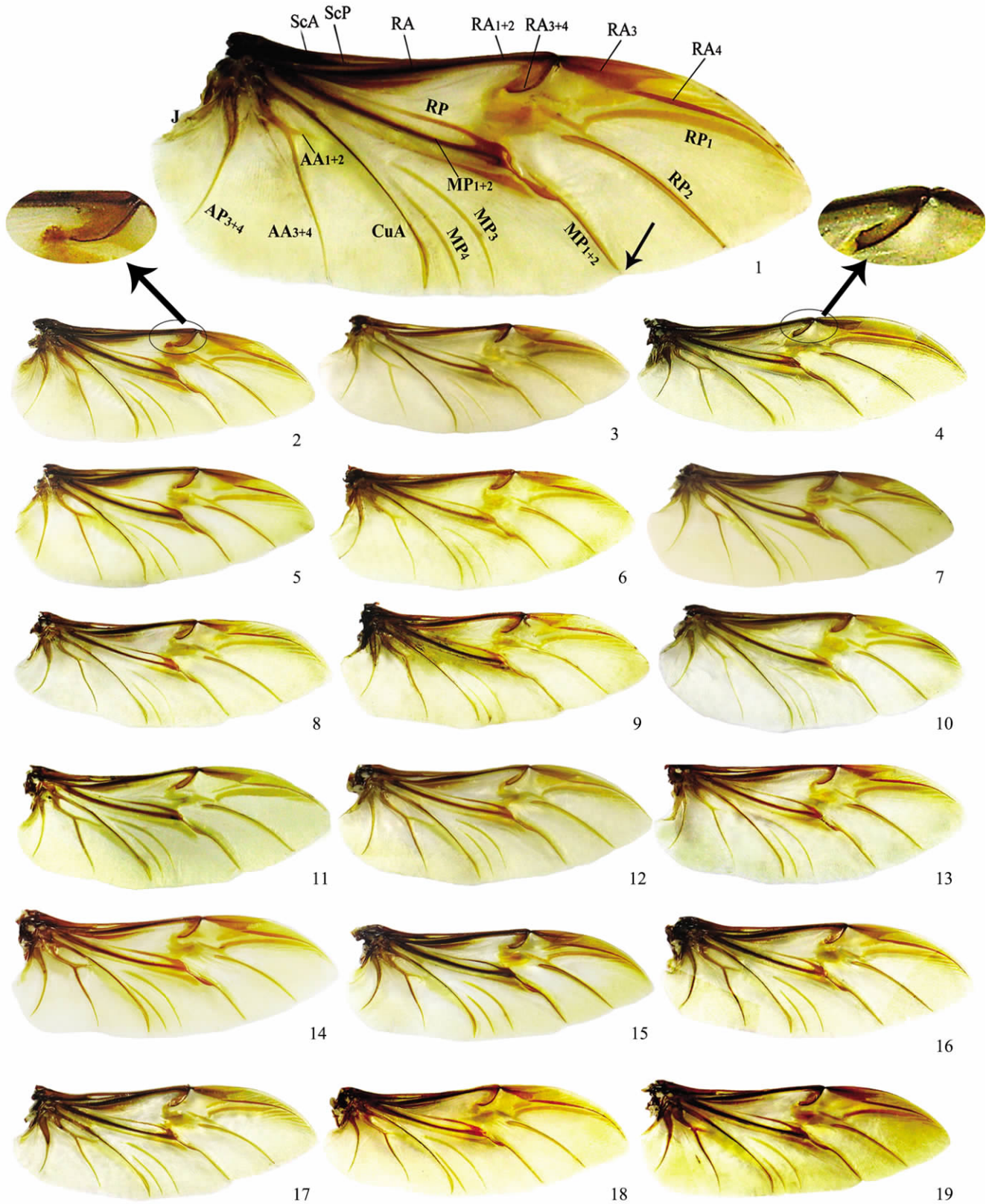


图 1~19 刀锹甲亚科代表性种类的后翅

Figs 1-19. Hind-wings of typical species in Dorcinae.

1. 安达刀锹甲 *D. antaeus* 2. 大刀锹甲华南亚种 *D. curvidens hopei* 3. 玳瑁盾锹甲 *A. chelifer specularis* 4. 艾斯环锹甲 *C. elsae*
5. 尼泊尔半刀锹甲 *H. nepalensis* 6. 红足半刀锹甲 *H. rubrofemoratus* 7. 中华半刀锹甲 *H. sinensis* 8. 美颚莫锹甲 *M. melliana*
9. 皮埃尔莫锹甲 *M. pieli* 10. 直颚莫锹甲 *M. recta* 11. 达乌柱锹甲 *P. dauricus* 12. 戴维柱锹甲指名亚种 *P. davidis davidis* 13. 双斑前锹甲 *P. biplagiatus*
14. 黄褐前锹甲 *P. blanchardi* 15. 剪齿前锹甲 *P. forficula* 16. 细颚前锹甲 *P. gracilis* 17. 锐突前锹甲 *P. melli*
18. 缝前锹甲 *P. suturalis* 19. 中华拟鹿锹甲 *P. sinicus*

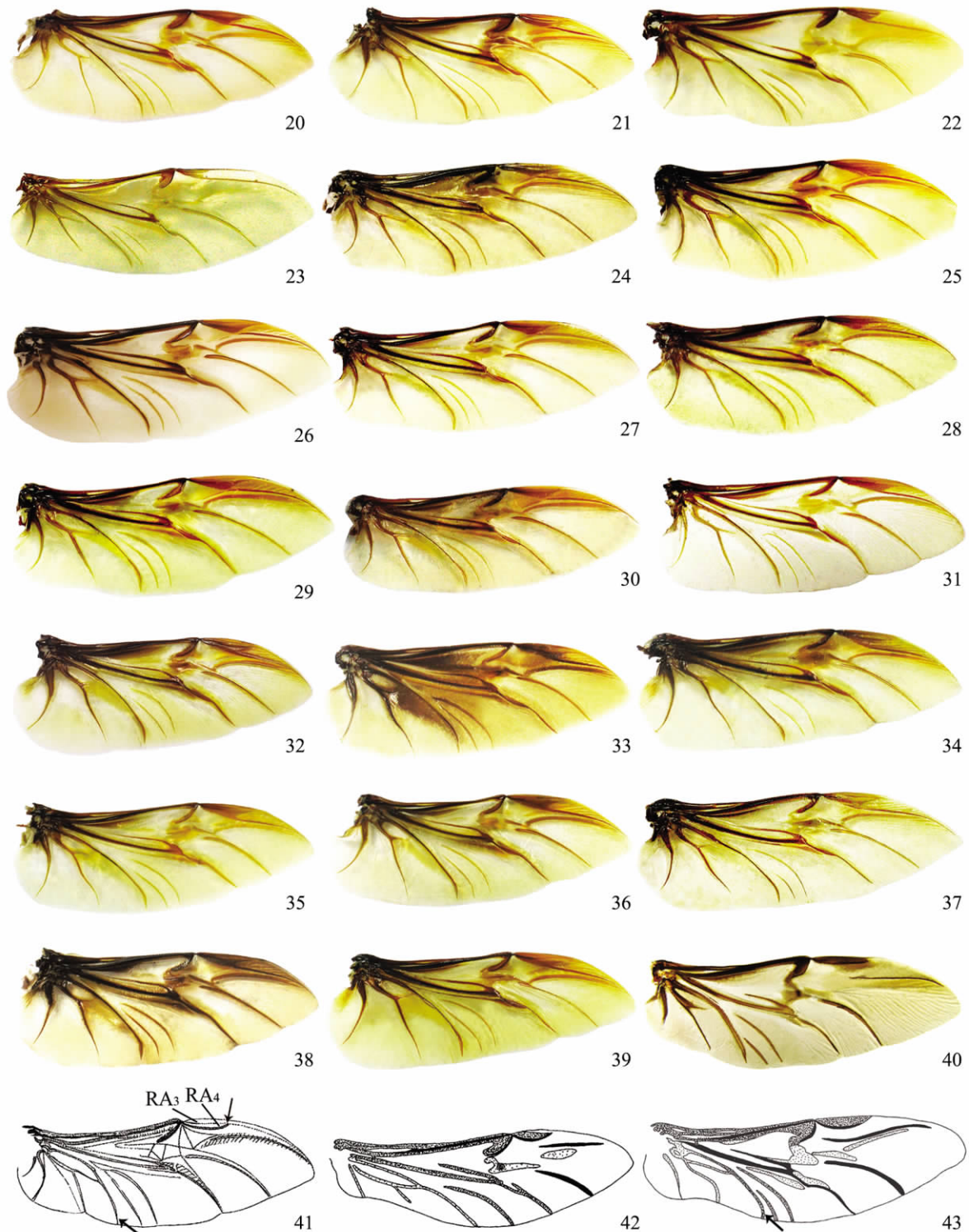


图 20 ~ 43 刀锹甲亚科、狭锹甲亚科、锹甲亚科、奥锹甲亚科、纹锹甲亚科及悉锹甲亚科代表性种类的后翅

Figs 20 - 43. Hind-wings of typical species in Dorcinae, Figulinae, Lucaninae, Odontolabinae, Aesalinae and Syndensinae.

20 ~ 21. 刀锹甲亚科 Dorcinae 20. 瑞齿扁锹甲 *S. reichei reichei* 21. 泰坦扁锹华南亚种 *S. titanus platymelus* 22 ~ 23. 狭锹甲亚科 Figulinae 22. 简颚锹甲 *N. parryi* 23. 长碾锹甲 *N. elongates* 24 ~ 31. 锹甲亚科 Lucaninae 24. 福运锹甲 *L. fortune* 25. 福仁锹甲 *L. fryi* 26. 斑股锹甲 *L. maculifemoratus* 27. 靓艳锹甲 *L. oberthuri* 28. 黄斑锹甲 *L. parryi* 29. 巨叉锹甲 *L. planeti* 30. 卡拉锹甲 *L. klapperichi* 31. 戴维异锹甲 *P. davidis* 32 ~ 39. 奥锹甲亚科 Odontolabinae 32. 福建大新锹甲 *N. maximus fujitai* 33. 亮光新锹甲 *N. nitidus* 34. 缝斑新锹甲 *N. parryi* 35. 华新锹甲 *N. sinicus* 36. 华美奥锹甲 *O. fallaciosa* 37. 扁齿奥锹甲 *O. platynota* 38. 中华奥锹甲 *O. sinensis* 39. 西奥锹甲 *O. siva* 40 ~ 41. 悉锹甲亚科 Syndensinae 40. 德芙角锹甲 *C. dewei* 41. 钺颚悉锹甲 *S. cornutus* (仿 Kukulová-Peck & Lawrence, 1993) 42 ~ 43. 纹锹甲亚科 Aesalinae 42. 翼角蜡翅锹甲 *H. passaliformis* 43. 钺颚毛翅锹甲 *M. gibbosus* (仿 Holloway, 2007)

3.2 后翅翅脉特征表明刀锹甲亚科不应被归入锹甲亚科

在锹甲科现有分类系统中,有关刀锹甲亚科 Dorcinae 的分类地位一直缺少深入的研究(表1)。Bartolozzi & Sprecher (2006) 承袭前人的研究结果,认为该亚科是独立的亚科,因没有给出具体的研究依据;Holloway (2007) 则将其并入锹甲亚科 Lucaninae 中,该分类系统主要基于新西兰的锹甲种类而建立,但刀锹甲亚科 Dorcinae 和锹甲亚科 Lucaninae 已知大多属种均分布于东洋、古北界,且都缺少系统深入的研究。这2个分类系统实际上都没有对刀锹甲亚科 Dorcinae 分类地位提供有力的证据。本研究表明:该亚科的后翅翅脉特征中,RA₃₊₄ 端部不反折,RA₄ 端部未达顶角,RP₁ 与 RA₄ 融合的位置在超过 RA₄ 基部 2/3 处或近端部;AP₃₊₄ 基部膨大部分占该脉总长 1/3 等,这与锹甲亚科 Lucaninae 完全不同。与此同时,万霞等(2007) 对刀锹甲亚科 Dorcinae 代表性属种的外部形态、雌雄外生殖器结构的研究也表明,它们与锹甲亚科 Lucaninae 的代表性属种间存在稳定显著的差异。因此,认为 Bartolozzi & Sprecher (2006) 分类系统中刀锹甲亚科 Dorcinae 的独立分类地位是成立的,而 Holloway (2007) 将该亚科归入锹甲亚科 Lucaninae 是不合适的,其分类系统不适用于古北、东洋界的锹甲分类研究。今后将继续从形态及分子标记角度对刀锹甲亚科 Dorcinae 分类地位进行进一步研究。

3.3 后翅翅脉特征表明盾锹甲属、柱锹甲属、环锹甲属应移出刀锹甲亚科

在本文采用的 Bartolozzi & Sprecher (2006) 分类系统中,盾锹甲属 *Aegus*、柱锹甲属 *Prismognathus*、环锹甲属 *Cyclommatus* 3 属都被归入刀锹甲亚科 Dorcinae,但它们分别表现出不同的后翅翅脉特征:盾锹甲属 *Aegus* 的后翅 RA₃₊₄ 端部有反折;AP₃₊₄ 膨大部分超过总长的 1/3 而不及 1/2;J 脉短于 AP₃₊₄ 的 1/2 等,这与奥锹甲亚科 Odontolabinae 中的新锹甲属 *Neolucanus* 高度相似;而柱锹甲属 *Prismognathus*、环锹甲属 *Cyclommatus* 后翅翅脉的 RA₃₊₄ 脉端部有反折,RA₄ 端部向顶角方向延伸且到达顶角;AP₃₊₄ 粗大膨胀部分占总长的 1/2。这与锹甲亚科 Lucaninae 的代表属锹甲属 *Lucanus* 高度相似。结合前期对相关属种的雌雄外生殖器比较(万霞等,2007) 及 Hosoya *et al.* (2005) 基于 16S rRNA 的属间关系研究,作者认为盾锹甲属 *Aegus*、柱锹甲属 *Prismognathus* 和环锹甲属 *Cyclommatus* 3 属应从刀锹甲亚科 Dorcinae 中移出,将盾锹甲 *Aegus* 移入奥锹甲亚科 Odontolabinae,而柱锹甲属 *Prismognathus* 和环锹甲属

Cyclommatus 应移入锹甲亚科 Lucaninae。

3.4 后翅翅脉特征为解决广义刀锹甲属的分类疑难问题提供了更多依据

广义刀锹甲属 *Dorcus* (*s. l.*) 是世界锹甲科分类中的疑难属,也是刀锹甲亚科 Dorcinae 的主要组成属种。自 Arrow (1950) 建立该广义属后,其内涵经历了一系列极其复杂的分类变迁,成为当前困扰锹甲科分类学研究的关键属之一。目前争论主要在于 4 属(狭义刀锹甲属 *Dorcus* (*s. s.*)、扁锹甲属 *Serrogathus*、莫锹甲属 *Macrodorcas* 和半刀锹甲属 *Hemisodorcas* 的属间关系上。这些属或被作为独立有效属(Benesch, 1960; Bartolozzi & Sprecher, 2006; Holloway, 2007), 或作为异名属而合并入一个广义刀锹甲属 *Dorcus* (Nagai & Mizunuma, 1994), 或作为广义刀锹甲属 *Dorcus* 的亚属(Krajeck, 2001; 2003)。但这些观点都没有提供详细、全面的分类学依据。在本研究中这 4 属代表性种类的后翅翅脉特征存在相似性:RA₃₊₄ 端部有反折;MP₁₊₂ 到达翅缘,并有缺刻;AP₃₊₄ 基部显著膨大骨化并占该脉总长的 1/3 等。但同时又有差异:狭义刀锹甲属 *Dorcus* (*s. s.*) 的 RA₄ 脉与 RP₁ 脉融合处接近 RA₄ 端部;扁锹甲属 *Serrogathus* 的 AA₁₊₂ 与 CuA 非常靠近,莫锹甲属 *Macrodorcas* 的 AA₁₊₂ 短且不靠近 CuA 等。这些异同可以为今后研究探讨该 4 属属间关系及分类地位提供更多佐证。

由于锹甲科分类研究中遗留下来的诸多问题尚未解决,重建能够反映该科自然系统发育关系的分类系统,还需要积累大量的形态学和分子系统学研究数据,而后翅翅脉作为重要的形态特征,在锹甲科的系统分类学研究中具有重要意义,能够为未来锹甲科分类系统的修订和完善提供更多科学参考。

REFERENCES

- Arrow, G. J. 1950. The fauna of India, including Pakistan, Ceylon, Burma and Malaya. 4. Coleoptera Lamellicornia-Lucanidae and Passalidae. In: Sewell, R. B. S. (ed.), Taylor and Francis, London. XI + 275 pp., 23 pls.
- Bartolozzi, L. and Sprecher-uebersax, E. 2006. Lucanidae. In: Löbl, I. and Smetana, A. (eds.), Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 3. Apollo Books, Stenstrup. 690pp.
- Benesch, B. 1960. Lucanidae. In: Hincks, W. D. (ed.), Coleopterorum Catalogus Supplementa Pars 8. W. Junk, Gravenhage, Netherlands. 178 pp.
- Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H. C., Newton, A. F., Reid, C. A. M., Schmitt, M., Slipiński, S. A. and Smith, A. B. T. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, 88: 1 - 972.
- Browne, D. J. and Scholtz, C. H. 1995. The phylogeny of the families of Scarabaeoidea (Coleoptera) based on characters of the hind wing articulation, wing base and wing venation. *Syst. Entomol.*, 23: 145 - 173.

- Browne, D. J. and Scholtz, C. H. 1998. Evolution of the scarab hind wing articulation and wing base: a contribution toward the phylogeny of Scarabaeoidea (Scarabaeoidea: Coleoptera). *Syst. Entomol.*, 23: 307–326.
- Didier, R. and Séguy, E. 1953. Catalogue illustrées Lucanides du Globe. Texte. Lechevalier, Paris. *Encyclopédie Entomologique (A)*, 27: 1–223, 136 figs.
- Dolin, V. G. 1975. Wing venation of click beetles (Coleoptera, Elateridae) and its importance for taxonomy of the family. *Zool. Zhur.*, 54 (11): 1618–1633.
- Feng, B., Chen, L. and Wu, G-Y 2010. Study on the venation of prionini (Coleoptera, Cerambycidae, Prioninae) from China. *Acta Zootax. Sin.*, 35 (4): 685–695. [动物分类学报]
- Ge, S-Q, Yang, X-K, Wang, S-Y, Li, W-Z and Cui, J-Z 2003. Comparative morphology of hind-wing venation of chrysomelinae. *Acta Zootax. Sin.*, 28 (3): 374–380. [动物分类学报]
- Holloway, B. A. 1963. Wing development and evolution of New Zealand Lucanidae (Insecta: Coleoptera). *Trans. R. Soc. N. Z.*, 3 (11): 99–116, 35 figs.
- Holloway, B. A. 2007. Lucanidae (Insecta: Coleoptera). Fauna of New Zealand 61, Published by Manaaki Whenua Press, New Zealand. 254 pp.
- Hope, F. W. and Westwood, J. O. 1845. A catalogue of the Lucanoid Coleoptera in the collection of the Rev. F. W. Hope, M. A., F. R. S., President of the Entomological Society of London, with descriptions of the new species therein contain. Bridgewater E., London. 31pp.
- Hosoya, T. and Araya, K. 2005. Phylogeny of Japanese stag beetles (Coleoptera: Lucanidae) inferred from 16S mtrRNA gene sequences, with reference to the evolution of sexual dimorphism of mandibles. *Zool. Sci.*, 22 (12): 1305–1318.
- Khalaf, K. T. 1970. Wing venation and phylogenetic relationships in Mordellidae (Coleoptera: Heteromera). *Fla. Entomol.*, 53 (3): 153–160.
- Kikuta, T. 1986. On the higher taxa of the stag beetle family Lucanidae. In: Aoki, J. (ed.), Papers on Entomology Presented to Professor Takeshiko Nakane in Commemoration of His Retirement. Jap. Soc. Coleop., Tokyo. 277 pp.
- Krajcik, M. 2001. Lucanidae of the world. Catalogue – Part I. Checklist of the Stag Beetles of the World (Coleoptera: Lucanidae), Stampata in proprio, Most, Czech Republic. 108 pp.
- Krajcik, M. 2003. Catalogue – Part II. Encyclopaedia of the Lucanidae (Coleoptera: Lucanidae). Published by Krajcik, M., Plzen, Czech Republic. 197 pp.
- Krell, F. T. 2007. Catalogue of fossil Scarabaeoidea (Coleoptera: Polyphaga) of the Mesozoic and Tertiary, Version 2007. *Denver Museum of Nature and Science Technical Report*, 8: 68.
- Kukalová-Peck, J. and Lawrence, J. F. 1993. Evolution of the hindwing in Coleoptera. *Can. Entomol.*, 125: 181–258.
- Kukalová-Peck, J. and Lawrence, J. F. 2004. Relationships among coleopteran suborders and major endoneopteran lineages: Evidence from hind wing characters. *Eur. J. Entomol.*, 101: 95–144.
- Lawrence, J. F. and Newton, A. F. J. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). In: Pakaluk, J. and Slipinski, S. A. (eds.), Biology, Phylogeny and Classification of Coleoptera: papers celebrating the 80th Birthday of Roy A. Warszawa Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Crowson.
- MacLeay, W. J. M. 1819. Lucanidae. In: Bagster (ed.), Horae Entomologicae: or essay on the Annulose Animals. 1 (1). London. XXX + 523 pp.
- Mizunuma, T. and Nagai, S. 1994. The Lucanid Beetles of the World. In: Fujita, H. (ed.), Mushi-sha Iconographic Series of Insects, Tokyo. 1: 338 pp.
- Sanmartin, I. and Martin-Piera, F. 2003. First phylogenetic analysis of the subfamily Pachydeminae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Melolonthidae): the Palearctic Pachydeminae. *J. Zool. Syst. Evol. Res.*, 41 (1): 2–46.
- Scholtz, C. H. 1990. Phylogenetic trends in the Scarabaeoidea. *J. Nat. Hist.*, 24: 1027–1066.
- Sharp, D. and Muir, F. 1912. The comparative anatomy of the male genital tube in Coleoptera. *Trans. Ent. Soc. Lond.*, 477–642, pls 42–78.
- Van Roon, G. 1910. Coleopterorum Catalogus. Pars 8. In: Junk (ed.), Lucanidae, Berlin. 70 pp.
- Wan, X. and Yang, X-K 2007. Study on the Systematics of Lucanidae (Coleoptera: Scarabaeoidea). A Dissertation of PhD degree. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing. 343pp, 13 plates of genitalia, 17 plates of habitus.
- Wan, X., Bai, M., Cui, J-Z and Yang, X-K 2010. Six new record species of Lucanidae (Coleoptera) from China. *Acta Zootax. Sin.*, 35 (1): 247–250. [动物分类学报]
- Yang, Y-X and Ren, G-D 2007. Hind-wing morphology of *Mylabris* Fabricius (Coleoptera, Meloidae) from China. *Acta Zootax. Sin.*, 50 (4): 429–434. [动物分类学报]
- Zherikhin, V. V. and Gratshev, V. G. 1995. A comparative study of the hind wing venation of the superfamily Curculionoidea with phylogenetic implications. In: Pakaluk, J., Slipinski, S. A. (eds.), Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera. Papers celebrating 80th Birthday of Roy A. Crowson. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. pp. 634–777.