

专论与综述

山龙眼科植物化学成分与药理作用研究进展

康胜利¹, 李 丹², 华会明², 刘明生^{1*}

(1. 海南省热带药用植物研究开发重点实验室, 海南 海口 571101; 2. 沈阳药科大学中药学院, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要:山龙眼科植物主要分布于大洋洲和非洲南部, 亚洲和南美洲也有分布。我国有4属, 均隶属于银桦亚科, 分布于西南、南部和东南各省区。研究表明, 山龙眼科植物中存在多种类型的化学成分, 以酚及其苷类化合物为多。该科植物具有多种生物活性, 尤其在抗肿瘤、抗病毒和抗衰老性痴呆等药物方面可提供许多有参考价值的先导化合物。

关键词:山龙眼科; 生物碱; 酚类; 抗肿瘤; 抗衰老性痴呆

中图分类号:R282.71

文献标识码:A

文章编号:1674-5515(2009)06-0321-06

山龙眼科(Proteaceae)植物约1300种, 分属60属, 多为乔木或灌木, 稀为多年生草本植物, 主要分布于大洋洲和非洲南部, 亚洲和南美洲也有分布。我国有4属(其中2属为引种)24种、2变种, 主要分布于中国西南、南部和东南各省区。山龙眼科又分为若干亚科, 我国4属均隶属于银桦亚科(Subfam. Grevilleoideae Engl.)。据《中国植物志》、《中国中药资源志要》、《中华本草》等记载, 山龙眼科植物能行气活血、祛瘀止痛, 可用于跌打损伤、肿痛、外伤出血; 具有收敛解毒的功效, 可用于治疗泄泻、食物中毒和烧烫伤; 具有止痛、安神功效, 可治头痛、失眠; 具清热解毒功能, 可治腮腺炎、皮炎。海南省中部山区居民用裂叶山龙眼 *Helicia longipetiolata* (Merr.) Sleum 治疗恶性肿瘤^[1]。国内外学者对山龙眼科植物进行了大量植物化学、药理学研究。笔者对山龙眼科植物的化学成分和生物活性研究进行综述, 以期为该科植物的深入研究提供参考。

1 化学成分

山龙眼科植物中的主要化学成分为生物碱、酚及其苷、萜醌、黄酮苷等。

1.1 生物碱类

自 Bick 等^[2]于20世纪70年代初首次从山龙

眼科植物 *Bellendena montana* 花中分离得到生物碱类物质起, 从该科植物 *Agastachys odorata* R. Br.、*Bellendena montana* R. Br.、*Darlingia darlingiana* L. A. S. Johnson. 和 *D. ferruginea* J. F. Bailey、*Knightia deplanchei* Vieill ex Brongn. & Gris 和 *K. strobilina* R. Br.、*Triunia erythrocarpa* R. Br. 中分离得到的生物碱超过40种, 主要为吡咯烷类和莨菪烷类^[3-4]。其中莨菪烷类又可分为单取代莨菪烷类、2,3-二取代莨菪烷类、3,6-二取代莨菪烷类、三取代莨菪烷类和吡喃莨菪烷类等。我国产山龙眼科主要品种山龙眼属和假山龙眼属植物中未见含生物碱成分的报道。

1.1.1 吡咯烷类

吡咯烷类生物碱(图1-A)的取代基(R)多为苯丙烯酰基或苯戊烯酰基和其羰基及双键的还原产物, 除古豆碱(hygrine, R=乙酰基, 1)外, 有 dehydrodarlinine(2)、darlinine(3)、epidarlinine(4)、dehydrodarlingianine(5)、darlingianine(6)、dihydrodarlingianine(7)、tetrahydrodarlingianine(8)、isodarlingianine(9)^[5]。

1.1.2 单取代莨菪烷类

山龙眼科植物中的单取代莨菪烷型生物碱在环

基金项目 国家自然科学基金项目(30560180)

作者简介 康胜利(1955—), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向为天然产物研究与开发。E-mail: kangshenli@163.com

*** 通讯作者** 刘明生(1960—), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事热带药用植物研究与开发。

Tel: (0898)66893460, E-mail: pharmacy1999@hotmail.com

内可能存在双键,如 ferruginine (10)、 3α -(*p*-hydroxybenzoyloxy) trop-6-ene(11)^[6-7]。该类生物碱母核见图 1-B 或-C。

1.1.3 2,3-二取代莨菪烷类

2,3-二取代莨菪烷类化合物有 ferrugine (12)、 3α -benzoyloxy-2 α -hydroxybenzyltropene (13)、acetylknichtinol (14)、knightinol (15)、chalcostrobamine(16)、 3α -苯甲酰氧基-2 α -苄基莨菪烷(17)、 3α -乙酰氧基-2 α -苄基莨菪烷(18)^[6,8-10]。该类生物碱母核见图 1-D。

1.1.4 3,6-二取代莨菪烷类

3,6-二取代莨菪烷类生物碱(图 1-E)包括 6β -hydroxy- 3α -acetoxytropene (19)、 6β -acetoxo- 3α -isobutoxytropene(20)、 6β -isobutoxy- 3α -acetoxytropene(21)、 6β -acetoxo- 3α -tigloyloxytropene(22)、 3α -hydroxy- 6β -benzoyloxytropene(23)、 3α -cinnamoyloxy- 6β -hydroxytropene(24)^[7, 11-12]。

1.1.5 三取代莨菪烷类

三取代莨菪烷类生物碱(图 1-F 和-G)有 6β -羟基- 3α -苯丙烯酰氧基-2 α -苄基莨菪烷(25)、 6β -苯甲酰氧基- 3α -羟基-2 α -苄基莨菪烷(26)、 6β -苯甲酰氧基- 3α -羟基-2 α -羟基苄基莨菪烷(27)、knightolbinol (28)、knightolamine(29)^[8-10]。

1.1.6 吡喃莨菪烷类

这是一类结构特别的生物碱(图 1-H),其结构为莨菪烷核与 γ -吡喃酮环骈合而成。包括 strobiline (30)、bellendine (31)、isobellendine (32)、darlingine(33)、5, 11-dihydroisobellendine(34)、5, 11-dihydrodarlingine (35)、2, 3-dihydrobellendine (36)、2, 3-epidihydrobellendine(37)、2, 3-dihydro-

darlingine(38)、dihydrostrobiline (39)、strobamine (40)、strobamine (41)、darlingine N-oxide (42)、10-hydrodarlingine(43)^[3-4, 9, 11-12]。

1.2 酚及其苷类

含酚及其苷类的山龙眼科植物主要存在于假山龙眼属 *Heliciopsis* Sleum.、山龙眼属 *Helicia* Lour.、银桦属 *Grevillea* R. Br.、帕洛梯属 *Protea* L. 等植物中。见表 1。

1.2.1 酚苷类

酚苷类化合物在山龙眼科植物中的分布具有一定的特异性,存在形式也多种多样,且主要从叶中获得。值得关注的有对苯二酚苷类(以熊果苷为代表,图 2-I)。这类成分的特点是葡萄糖 C₆-OH 被不同的有机酸酯化,如从国产调羹树 *Heliciopsis lobata* (Merr.) Sleum. 中分离得到数种熊果苷衍生物^[1,13-14],在银桦 *Grevillea robusta* A. Cunn. 和非洲的帕洛梯属中也得到类似产物^[15-16]。另一类值得关注的酚苷是以对甲基苯酚为基本结构的衍生物,其甲基碳原子呈不同氧化态,如醇、醛、酯等(图 2-J,-K)。这类酚苷类主要存在于山龙眼属植物中,如云南产保保栗果 *H. clivicoa* W. W. Smith^[17]、焰序山龙眼 *H. pyrrhobotrya* Kurz.^[18],日本产小果山龙眼 *H. cochinchinensis* Lour.^[19]等。此类成分主要来源于植物的果实中,具有较好的医疗价值。这类酚苷不但有葡萄糖苷,也存在阿洛糖苷衍生物,如 helcidol 的苷元与具有镇静、镇痛作用的天麻苷(gastrodin)苷元相同,区别仅在于组成苷的糖不同。

从帕洛梯属植物中分离得到一系列三羟基酚苷衍生物(图 2-L,-M)^[16],苷的构成形式与熊果苷型类似,即在糖链的羟甲基位置上有一酰基,多为苯甲

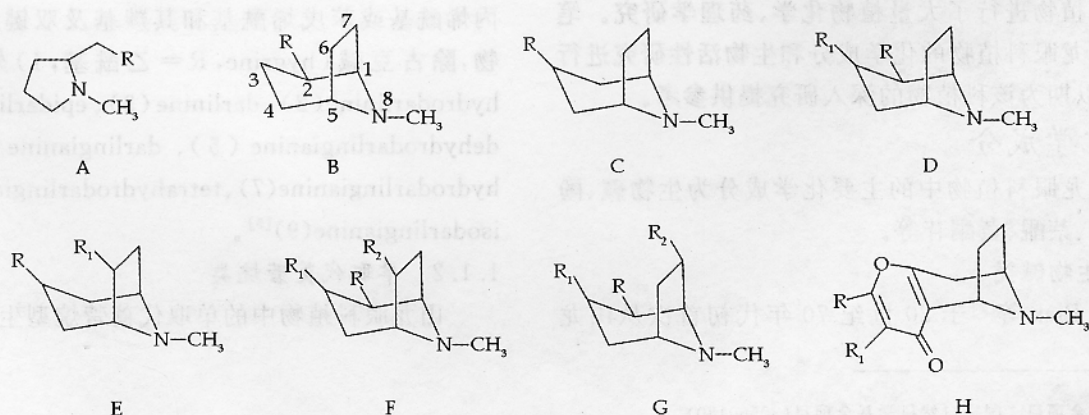
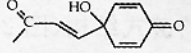


图 1 山龙眼科植物中主要生物碱的母核结构

表1 山龙眼科植物中的酚及其苷类衍生物

编号	化合物	母核	取代基	
			R ₁	R ₂
44	熊果苷(arbutin) ^[1]	I	H	
45	robustaside A[6'-(4"-hydroxy-cinnamoyl) arbutin] ^[13-15]	I	对羟基桂皮酰	
46	robustaside B[6'-(3",4"-dihydroxy-cinnamoyl) arbutin] ^[13-15]	I	咖啡酰	
47	robustaside C[6'-(4"-O-β-glucopyranosyl-3"-hydroxy-cinnamoyl) arbutin] ^[15]	I	对-O-葡萄糖基-咖啡酰	
48	robustaside D ^[15]	I		
49	6'-E-(2"-methyl-2"-butenoyl) arbutin ^[14]	I	2"-甲基丁烯酰	
50	6'-E-(2"-hydroxymethyl-2"-butenoyl) arbutin ^[13]	I	2"-羟甲基-丁烯酰	
51	eximine ^[16]	I	苯甲酰	
52	保保栗苷(clivicolide) ^[17-18]	J	葡萄糖基	乙氧甲酰基
53	豆腐果苷(helicide) ^[17-18]	J	阿洛糖基	甲醛基
54	4'-glucopyrasylxy benzoaldehyde ^[17-18]	J	葡萄糖基	甲醛基
55	helicidol ^[19]	J	阿洛糖基	羟甲基
56	焰苣苷(pyrrhobotryide) ^[18]	K	阿洛糖-阿洛糖基	
57	2,4-dihydroxyphenyl-[6'-O-(3-hydroxyphenylpropanoyl)]-O-β-D-allopyranoside ^[16]	M	3-羟基苯丙酰-阿洛糖基	
58	2,4-dihydroxyphenyl-[6'-O-benzoyl]-O-β-D-allopyranoside ^[16]	M	苯甲酰-阿洛糖基	
59	2,4-dihydroxyphenyl-[6'-O-benzoyl]-O-β-D-glucopyranoside ^[16]	M	苯甲酰-葡萄糖基	
60	3,4-dihydroxyphenyl-[6'-O-benzoyl]-O-β-D-glucopyranoside ^[16]	M	苯甲酰-葡萄糖基	
61	grevilloside A ^[20]	N	戊烯醇基	
62	grevilloside B ^[20]	N	戊醇基	
63	grevilloside C ^[20]	N	戊酸基	
64	grevilloside D ^[20]	N	丁醇基	
65	grevilloside E ^[20]	N	丁酸基	
66	grevilloside F ^[20]	N	丙烯酸基	
67	1,3-dihydroxy-5-[14'-(3",5"-dihydroxyphenyl) tetradecenyl]benzene ^[21-22]	O	十四烷基	
68	1,3-dihydroxy-5-[14'-(3",5"-dihydroxyphenyl)-cis-7'-tetradecenyl]benzene ^[21]	O	顺式十四(7')烯基	
69	grevirobstol A ^[15]	O	十六烷(6',9')二烯基	
70	grevirobstol B ^[15]	P	十六烷基	
71	robustol ^[15]	Q	十二烷基	
72	kermadecin E ^[23]	S		
73	kermadecin A ^[23]	S	C ₂₀ -C ₂₄ -OH 缩合为吡喃环	
74	kermadecin B ^[23]	S	C ₂₀ -C ₂₂ -OH 缩合为吡喃环	

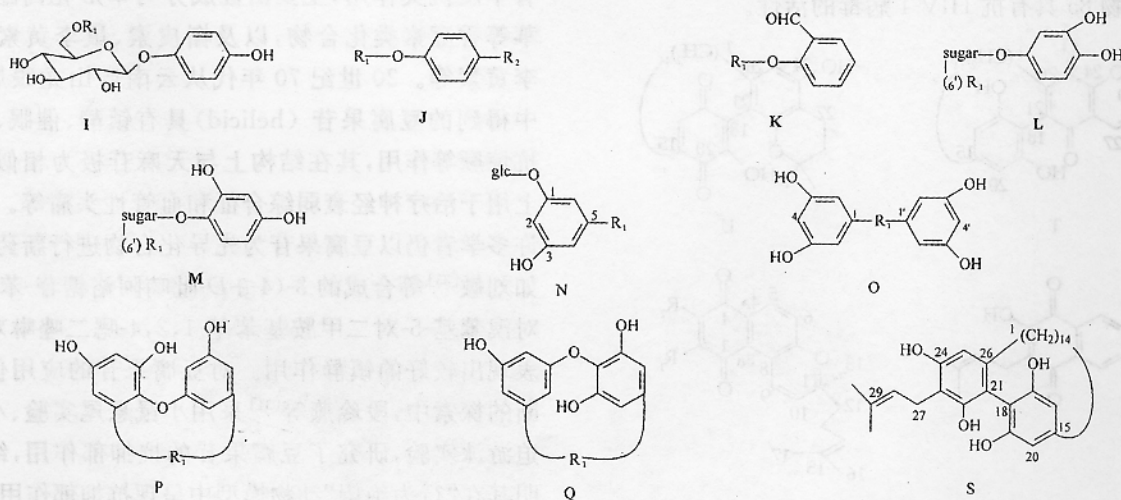


图2 山龙眼科植物中的酚及其苷类化合物的母核结构

酰基(这在熊果苷型中少见)。所形成的苷可为葡萄糖苷,也可阿洛糖苷。从银桦属植物中分得间苯二酚苷的5-羟基取代物 grevilloide A~F(图2-N)。

1.2.2 间苯二酚衍生物及其二聚体

从银桦属植物中得到多种类型的间苯二酚二聚体。这类物质又可分为2种:一是间苯二酚结构处于分子两端的链式结构(图2-O),烃链以14碳链者多见;另一种是在链式结构的基础上,2个间苯二酚单元间又发生连接,可直接链接,也可通过氧桥链接,由此形成一个大环状物质(图2-P,-Q,-S),链式部分多为14碳烷,也有12和16碳链及其烯烃结构的,苯核上可能因含有异戊烯基而缩合为吡喃环。

1.3 醌类

山龙眼科植物中存在许多醌类化合物,包括前述的间苯二酚环式二聚物类型,如 kermadecin C(75,图3-T)和 kermadecin F(76,图3-U)。从洛美塔属 *Lomatia* R. Br. 植物中分离得到的醌类主要为萘醌类衍生物,如胡桃醌(juglone, 77)、萘茜(naphthazarin, 78)、指甲花醌(lawsone, 79)、洛吗剔醇(lomatiol, 80)、拉帕醌(lapachol, 81,图3-V)、valdivione(82)、3,3'-bi-lawsone(83)、2-methoxyjuglone(84)^[24-27]。从 *Conospermum* 属植物 *C. incurvum* Lindley 中分离得到萘醌衍生物的多聚物,如 conocurvone(85,相当于图3-W的三聚物,即 $R_1=R_2=W$)及其前体 teretifolione B(86,图3-W, $R_1=OH, R_2=H$)、3-methylteretifolione B(87)、3-methylteretifolione B methyl ether(88)、8-geranyl-2,7-dihydroxy-3-methyl-1,4-naphthoquinone(89)^[26]。其中化合物85具有抗HIV-1病毒的活性。

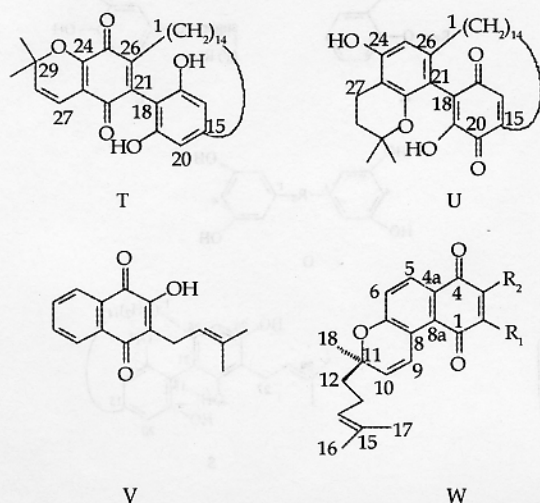


图3 山龙眼科植物中几种重要的醌类化合物类型

1.4 黄酮类

除了从山龙眼科植物中得到槲皮素(querce-tin)、鼠李素(rhamnetin)、杨梅素(myricetin)等常见的黄酮类成分外, Morimura 等^[19]从小果山龙眼中分离得到以紫杉叶素、香橙素和柚皮素等二氢黄酮为苷元的5-O-葡萄糖苷类物质, Wu 等^[28]从深绿山龙眼 *Helicia nilagirica* Beed. 的叶中分离得到3个黄酮寡糖苷 helicianeose A(90)、helicianeose B(91)、helicianeose C(92)。

1.5 其他

从 *Bleasdalea bleasdalei* (F. Muell) A. C. SM. et J. Haas. 中分离得到一大戟烷型三萜类物质(24E)-3 β -hydroxy-7, 24-euphadien-26-oic acid(93)^[29]。生长于非洲的 *Leucadendron* 属植物中普遍含有羟基桂皮酸的碳苷衍生物(如 leucodrin, 94)^[30]。从多种山龙眼科植物的叶中分离得到苯丙酸类衍生物,除以游离方式存在的外,尚有许多以酯苷形式存在于植物中,如从小果山龙眼中得到的苯丙素酚酯苷类有 *p*-羟基桂皮酸葡萄糖酯苷和异阿魏酸葡萄糖酯苷^[19]。吴彤等^[31]从深绿山龙眼中分离得到2个植物脑苷化合物。

2 药理作用

山龙眼科植物是古老树种,主要分布在澳洲和非洲。在南非一些地区,该科植物 *Protea nitida* 的花蜜被用作滋补药和治疗咳嗽的药物^[16]。在智利民间, *Lomatia hirsute* (Lam.) Diels ex Macbr. 的树叶用于治疗咳嗽、支气管炎和哮喘等病症, Erazo 等^[32]对其抗炎活性进行了研究,结果发现该植物具有中度抗炎作用,主要活性成分为伞形花内酯、茛菪萜等香豆素类化合物,以及槲皮素、鼠李黄素、异鼠李黄素等。20世纪70年代从云南产山龙眼属植物中得到的豆腐果苷(helicid)具有镇静、催眠、止痛、抗惊厥等作用,其在结构上与天麻苷极为相似,临床上用于治疗神经衰弱综合征和血管性头痛等。目前,许多学者仍以豆腐果苷为先导化合物进行新药研究,如刘敏^[33]等合成的3-(4- β -D-吡喃阿洛糖基-苯基)-4-对溴苯基-5-对二甲胺基苯基-1,2,4-噁二唑啉对小鼠表现出较好的镇静作用。对豆腐果苷的应用仍在不断的探索中,段玲燕等^[34]采用小鼠悬尾实验、小鼠强迫游泳实验,研究了豆腐果苷的抗抑郁作用,结果表明其在“行为绝望”动物模型中呈现抗抑郁作用。

2.1 抗肿瘤

何平等^[35]采用体内外实验对一些海南特有植

物的水粗提物进行了抗癌作用筛选。体外美兰法试验表明,裂叶山龙眼和海南山龙眼 *Helicia hainanensis* Hayata 具有细胞毒活性。在体内试验中,给接种 S_{180} 瘤株的小鼠 ig 上述 2 种植物的水粗提物 20 g/(kg·d),结果 2 个提取物的生长抑制率分别为 43%、54%。曾报道从 *Conospermum teretifolium* R. Br. 中分离得到的萘醌类衍生物拉帕醌具抗肿瘤作用,Ⅰ期临床试验虽未得出阳性结论,但仍有试验表明该物质对动物身上某些瘤株具有明显抑制作用。至今依然有人以拉帕醌为先导化合物进行合成研究。有研究显示,制备的拉帕醌的 2 种双键氢化衍生物对肺癌、乳腺癌、黑色素瘤、卵巢癌等显示活性^[36]。*Kermadecia elliptica* Brongniart & Gris 树皮的醋酸乙酯提取物对 KB 细胞呈现出较强的活性,质量浓度为 1、10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时分别产生 44%、100% 的抑制率。通过活性跟踪法,从该提取物中分离得到 8 个间苯二酚大环二聚物,体外细胞毒试验表明,化合物 73、74 均具有较强的活性,对 L1210 细胞株生长的 IC_{50} 分别为 6.3、4.1 $\mu\text{mol}/\text{L}$,对 KB 细胞株的 IC_{50} 分别为 3.6、4.4 $\mu\text{mol}/\text{L}$ ^[23]。

DNA 聚合酶 β (DNA pol β) 的功能主要是在碱基切除修复的过程中填补单核苷酸缺口,通常情况下在体内呈恒定的低水平表达^[37]。在对癌症的化疗中,烷化剂和可引起 DNA 链断裂的药物如博来霉素、顺铂、新制癌菌素等使癌细胞损伤而产生药效,但此时 DNA pol β 就会修复这些受损的 DNA,导致降低抗癌药的疗效,或者增加抗癌药物的用量。选择性地降低 DNA pol β 的高活性将有助于抗癌药物发挥作用。因此,筛选和寻找 DNA pol β 抑制剂也是探求新的抗肿瘤手段的途径之一。从山龙眼科植物中发现多种酚类衍生物(链式和环式间苯二酚二聚物)和三萜衍生物(大戟烷型三萜)具有体外抑制 DNA pol β 的活性:从 *Panopsis rubescens* (Pohl) pittier det. S. McDaniel 中得到间苯二酚链式二聚体化合物 67、68,对大鼠 DNA pol β 显示出良好的抑制作用, IC_{50} 分别为 5.8、6.5 $\mu\text{mol}/\text{L}$ ^[21];从 *Bleasdalea bleasdalei* (F. Muell) 中分离得到 (24E)-3 β -hydroxy-7,24-euphadien-26-oic acid (93) 也具有很好的 DNA pol β 抑制作用,研究人员分别将 25 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 该化合物和 75 nmol/L 博来霉素溶液加入癌细胞 P-388D₁ 培养基中,对癌细胞几乎无作用,若将这 2 种药液同时加入时,存活的癌细胞减少了 48%,表明化合物 93 抑制 DNA pol β 活性后,

大大提高了博来霉素的抗癌效果,这是首次报道大戟烷型三萜具有此类生物活性^[29]。

2.2 抗老年性痴呆

随着人类平均寿命的延长,老年性痴呆已经成为影响人类晚年生活质量的主要疾病之一。在老年性痴呆症中,阿尔茨海默病约占 70%。阿尔茨海默病是一种中枢神经系统进行性退变疾病,病因未明,但胆碱能神经系统受损是公认的原因之一。许多研究表明,对烟碱乙酰胆碱受体 (nAChR) 具有高度亲和性的物质有助于这类疾病的治疗。从 *Darlingia* 属植物中得到的莨菪烷型生物碱 ferruginine 具有不同寻常的结构特征,对 nAChR 受体具有高度亲和力,许多研究者以此化合物为模板,设计和寻找更有效的化合物^[38]。与 ferruginine 结构相似的物质有 anatoxin 和 norferruginine。

2.3 抗 HIV

从澳大利亚植物 *Conospermum incurvum* Lindley 中分离得到的 conocurvone 是由 3 个萘醌单元构成的聚合物,显示出非常强的抗 HIV 活性,被认为能够防止 T 细胞受 HIV 病毒感染后发生细胞病变。构-效关系研究表明,该三聚物的中心核部分可能是抗病毒活性的关键^[26,39-40],因为该化合物的前体,无论是单体物(图 3-W)或 1,4-萘醌二聚物类,在体外均不显示抗病毒活性。

3 结语

国内外大量研究表明,山龙眼科植物资源具有极高的开发和利用价值,其化学成分和生物活性研究进展向人们提供了极有价值的启示,如三聚萘醌的抗病毒活性,酚类聚合物对 DNA pol β 活性的抑制等,这些将有助于从新的角度设计药物,但这些研究尚缺乏动物和临床研究的支持。我国有山龙眼属及假山龙眼属植物 20 余种,目前进行过化学成分和生物活性研究的种类尚少,对一些活性成分的研究也有待深入,如 helicidol 与天麻苷的结构极为相似,但未见二者在生物活性及治疗价值方面的比较研究。因此,有必要对山龙眼科植物的化学和生物活性成分进行更深入和系统的研究,以便为新药的研发提供更多的启迪。

参考文献

- [1] 刘明生,何泉泉,靳德军,等.海南裂叶山龙眼的化学成分研究[J].中国药学杂志,2005,40(12):893-894.
- [2] Bick I R C, Bremner J B, Gillard J W. Proteaceae, methyl (*p*-hydroxybenzoyl) acetate and an alkaloid, bellendine, from *Bellendena montana* [J]. Phytochemistry, 1971, 10 (2):

- 475-477.
- [3] Butler M S, Katavic P L, Davis R A, *et al.* 10-Hydroxydarlingine, a new tropane alkaloid from the Australian proteaceous plant *Triunia erythrocarpa* [J]. *J Nat Prod*, 2000, 63 (5): 688-689.
 - [4] Katavic P L, Butler M S, Quinn R J, *et al.* Tropane alkaloids from *Darlingia darlingiana* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 52 (3): 529-531.
 - [5] Bick I R C, Gillard J W, Leow H M. Alkaloids of *Darlingia darlingiana* [J]. *Aust J Chem*, 1979, 32 (11): 2523-2536.
 - [6] Bick I R C, Gillard J W, Leow H M. Alkaloids of *Darlingia ferruginea* [J]. *Aust J Chem*, 1979, 32 (11): 2537-2543.
 - [7] Bick I R C, Gillard J W, Leow H M, *et al.* Alkaloids of *Agastachys odorata* [J]. *Aust J Chem*, 1979, 32 (9): 2071-2076.
 - [8] Lounasmaa M, Pusset J, Sevenet T. Benzyl-2 tropanes et γ -pyranotropanes, alcaloïdes de *Knightia strobilina* [J]. *Phytochemistry*, 1980, 19 (5): 949-952.
 - [9] Lounasmaa M, Pusset J, Sevenet T. Benzyl-2 pseudotropanes et dihydro γ -pyranotropanes, alcaloïdes de *Knightia strobilina* [J]. *Phytochemistry*, 1980, 19 (5): 953-955.
 - [10] 杨峻山. 莨菪烷生物碱的研究概况 [J]. *药学学报*, 1982, 17 (11): 868-880.
 - [11] Bick I R C, Gillard J W, Leow H M. Alkaloids of *Bellendena montana* [J]. *Aust J Chem*, 1979, 32 (8): 1827-1840.
 - [12] Griffin W J, Lin G D. Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids [J]. *Phytochemistry*, 2000, 53 (6): 623-637.
 - [13] He Q Q, Liu M S, Jin D J, *et al.* Phenolic glycosides from leaves *Hopciopsis lobata* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2006, 8 (4): 373-377.
 - [14] Liu M S, Kong L Y, Fong W F, *et al.* A new phenolic glucoside from the leaves of *Heliciopsis lobata* [J]. *Fitoterapia*, 2008, 79 (5): 398-399.
 - [15] Ahmed A S, Nakamura N, Meselhy R M. Phenolic constituents from *Grevillea robusta* [J]. *Phytochemistry*, 2000, 53 (1): 149-154.
 - [16] Verotta L, Orsini F, Pelizzoni F, *et al.* Polyphenolic glycosides from African proteaceae [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62 (11): 1526-1531.
 - [17] 赵劲萍, 潘维恩, 陈维新. 倮倮果化学成分的研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 1991, 3 (3): 7-11.
 - [18] 赵劲萍, 潘维恩, 陈维新. 焰序山龙眼植物化学成分的研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 1992, 4 (4): 35-40.
 - [19] Morimura K I, Gatayama A, Tsukimata R, *et al.* 5-O-Glucosyldihydroflavones from the leaves of *Helicia cochinchinensis* [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67 (24): 2681-2685.
 - [20] Yamashita Y, Matsunami K, Otsuka H, *et al.* Grevillosides A-F: glucosides of 5-alkylresorcinol derivatives from leaves of *Grevillea robusta* [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69 (15): 2749-2752.
 - [21] Deng J Z, Starck S R, Hecht S M. Bis-5-alkylresorcinols from *Panopsis rubescens* that inhibit DNA polymerase β [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62 (3): 477-480.
 - [22] Varma R S, Manju M S, Parthasarathy M R. New phenolic constituents of *Grevillea robusta* wood [J]. *Phytochemistry*, 1976, 15 (9): 1418-1419.
 - [23] Jolly C, Thoison O, Martin M T, *et al.* Cytotoxic turrianes of *Kermadecia elliptica* from the New Caledonian rainforest [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69 (2): 533-540.
 - [24] Michael M, Ronald H T. Naphthaquinones in *Lomatia species* [J]. *Phytochemistry*, 1973, 12 (6): 1351-1353.
 - [25] Ashok R M, Ronald H T. Binaphthoquinones in *Lomatia ferruginea* [J]. *Phytochemistry*, 1975, 14 (3): 801-802.
 - [26] Dai J R, Decosterd L A, Gustafson K R, *et al.* Novel naphthoquinones from *Conospermum incurvum* [J]. *J Nat Prod*, 1994, 57 (11): 1511-1516.
 - [27] Simonsen H T, Adersen A, Berthelsen L, *et al.* Ethnopharmacological evaluation of Radal (leaves of *Lomatia hirsuta*) and isolation of 2-methoxyjuglone [OL]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2006-06-29 [2009-07-09]. <http://www.biomedcentral.com/1472-6882/6/29>.
 - [28] Wu T, Kong D Y, Li H T. Chemical components of *Helicia nilagirica* beed. I. Structure of three new flavonol glycosides [J]. *Chin Chem Lett*, 2002, 13 (11): 1071-1074.
 - [29] Deng J Z, Starck S R, Sun D A, *et al.* A new 7,8-Euphadien-type triterpenoid from *Branckenridgea nitida* and *Bleasdalea bleasdalei* that inhibits DNA polymerase β [J]. *J Nat Prod*, 2000, 63 (10): 1356-1360.
 - [30] Glennie C W, Perold G W. Biogenesis of the C-glycoside leucodrin in *Leucadendron argenteum* [J]. *Phytochemistry*, 1980, 19 (7): 1463-1466.
 - [31] 吴彤, 孔德云, 李惠庭. 深绿山龙眼中二个新的植物脑苷的结构鉴定 [J]. *药学学报*, 2004, 39 (7): 525-527.
 - [32] Erazo S, Garcia R, Backhouse N, *et al.* Phytochemical and biological study of Radal *Lomatia hirsuta* (Proteaceae) [J]. *J Ethnopharmacol*, 1997, 57 (2): 81-83.
 - [33] 刘敏, 李颖, 尹述凡. 3-(4- β -D-吡喃阿洛糖基-苯基)-4-芳基-5-芳基-1,2,4-噁二唑啉的合成及其镇静活性的研究 [J]. *有机化学*, 2008, 28 (2): 348-352.
 - [34] 段玲燕, 肖涵, 袁燕, 等. 豆腐果苷抗抑郁作用的初步研究 [J]. *中国实用医药*, 2008, 3 (29): 107-108.
 - [35] 何平, 陈艳梅, 胡汉杰, 等. 25种海南特有植物抗癌筛选结果初步报告 [J]. *海南医学*, 1994, 5 (2): 93-94.
 - [36] Hussain H, Krohn K, Ahmad V U, *et al.* Lapachol: an overview [J/OL]. *ARKIVOC*, 2007 (2): 145-171 [2009-07-09]. <http://www.arkat-usa.org/get-file/23192/>
 - [37] 方明珠, 王志举, 赵国强, 等. 卵巢癌组织中DNA聚合酶 β 检测 [J]. *中国现代医学杂志*, 2008, 18 (11): 1493-1495.
 - [38] Gundisch D, Harms K, Schwarz S, *et al.* Synthesis and evaluation of diazine containing bioisosteres of (-)-ferruginine as ligands for nicotinic acetylcholine receptors [J]. *Bioorg Med Chem*, 2001, 9 (10): 2683-2691.
 - [39] Tandon V K, Chhorb R B. Current status of anti-HIV agents [J]. *Curr Med Chem*, 2005, 4 (1): 3-28.
 - [40] Laatsch H. Conocurvone-prototype of a new class of anti-HIV active compounds [J]. *Angew Chem Int Ed Engl*, 1994, 33 (4): 422-424.

(收稿日期 2009-05-16)