

翠云草总生物碱对小鼠 S180 实体瘤的抑制作用* Inhibition Effect of Total Alkaloid of *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring on S180 Solid Tumor in Mice

苏恒海^{1,2}, 孙会静^{1,2}, 李丽¹, 周静^{1**}

SU Heng-hai^{1,2}, SUN Hui-jing^{1,2}, LI Li¹, ZHOU Jing¹

(1. 广西中医药大学, 广西南宁 530222; 2. 广西壮族自治区人民医院, 广西南宁 530021)

(1. Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning, Guangxi, 530222, China; 2. The People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi, 530021, China)

摘要:【目的】研究翠云草 *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring 总生物碱(TAS)对小鼠腋下 S180 实体瘤的抑制作用及抗肿瘤机制。【方法】分析空白对照组、5-FU 阳性药对照组、TAS 大和中剂量(300 mg·kg⁻¹、150 mg·kg⁻¹)组 S180 实体瘤重抑制率、NF-κB 及 COX-2 的表达量,并观察各组切片。【结果】TAS 对 S180 实体瘤具有抑制作用。TAS 大、中剂量(300 mg·kg⁻¹、150 mg·kg⁻¹)组的瘤重、NF-κB 和 COX-2 的表达量均显著低于空白对照组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。【结论】TAS 能明显抑制 S180 实体瘤的生长,其抗肿瘤机制可能是通过抑制 NF-κB 和 COX-2 的表达,继而抑制向肿瘤输送养份和氧气的血管的生长,从而实现抗肿瘤作用。

关键词: 翠云草 总生物碱 抗肿瘤 作用机制

中图分类号: R285.5 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2015)06-0646-05

Abstract:【Objective】The total alkaloid of *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring (TAS) was extracted, and then its inhibition effect on S180 solid tumor in mice and the antitumor mechanism were studied.【Methods】The weight inhibition rate against S180 solid tumor, the expression of NF-κB and COX-2 were analyzed in the blank control group, 5-FU positive control group, and TAS large and middle dose groups (300 mg·kg⁻¹ and 150 mg·kg⁻¹ body weight), combined with observation of the sections from different groups.【Results】All the tumor weigh and the NF-κB / COX-2 concentration in the TAS high- and mid- dose groups (300 mg·kg⁻¹ and 150 mg·kg⁻¹) were statistically less than those in the control group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$).【Conclusion】TAS can curb or suppress tumor growth. Its antitumor mechanism is probably to inhibit the expression of NF-κB / COX-2, thereby to inhibit the growth of the blood vessel around the tumor, by which tumor growth is curbed or suppressed.

Key words: *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring, total alkaloid, anti-tumor, mechanism

收稿日期: 2015-07-10

作者简介: 苏恒海(1985—), 男, 主管药师, 硕士研究生, 主要从事医院临床药学研究。

* 广西自然科学基金项目(2012GXNSFAA053147), 广西中药质量标准研究重点实验室开放课题基金项目(桂中重开 201105)和广西“百人计划”项目(J13168)资助。

** 通讯作者: 周静(1975—), 女, 博士, 主要从事药理学研究, E-mail: gardenia_zhou@hotmail.com。

0 引言

【研究意义】翠云草 *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring 为卷柏科植物翠云草的全草, 于秋季采收, 去尽泥土后以鲜品或晒干入药。翠云草味微淡、苦, 性寒, 具有清热解毒, 利湿通络, 止血生肌, 化痰止咳功效, 内服用于治疗黄疸型肝炎、痢疾、高热惊厥、胆囊炎、肾炎、肠炎、吐血、便血、风湿性关节炎; 外

用可治荨麻疹、乳痈、外伤出血及烫伤火伤^[1,2]。【前人研究进展】翠云草是最主要的卷柏科植物中药材之一,但目前与翠云草相关的研究报道很少,仅涉及化学成分研究^[3]、有效成分提取方法与工艺技术研究^[4]、药理学研究^[5]、生药学鉴定研究^[6]、栽培技术和盆景应用研究^[7]等。【本研究切入点】生物碱是人类最早从植物中提取的药用成分之一,也是卷柏科植物的重要化学成分和重要药理活性成分^[8]。对翠云草中生物碱类化学物质的提取、分离、纯化及药理学研究尚未见有文献报道。【拟解决的关键问题】从翠云草中提取总生物碱,并开展抗肿瘤活性及其作用机制研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 药物及试剂

翠云草总生物碱(TAS):自制;5-氟尿嘧啶(5-FU):上海旭东海普药业有限公司,规格:10 mL:0.25 g,批号:20130319;小鼠NF- κ B的ELISA检测试剂盒:上海童耀生物科技有限公司,批号:20130814,由96孔ELISA板、NF- κ B标准品溶液(18 ng/L)、标准品和试样的稀释液、生物素抗体、生物素稀释液、生物素抗体结合物、生物素抗体结合物稀释液、洗涤液、沉淀剂、终止液、封板膜等组成;小鼠环氧化酶-2(COX-2)的ELISA检测试剂盒:上海研谨生物科技有限公司,批号:20130527,由96孔ELISA板、COX-2标准品溶液(180 U/L)、标准品稀释液、酶标试剂、试样稀释液、显色剂A液、显色剂B液、终止液、浓缩洗涤液、封板膜等组成。

1.1.2 实验动物及细胞株

昆明种小鼠(KM),5~6周龄,雄性,体重17~21 g,购自湖南斯莱克景达实验动物有限公司,许可证:SCXK(湘)2014-0004,质量合格证:HNASLKJ20142357,动物室温度(25±2)℃,相对湿度(60±2)%,可自由摄食和饮水;S180肉瘤细胞株,广西壮族自治区人民医院实验中心提供。

1.1.3 仪器

十万分之一天平克电子天平:瑞士梅特勒-托利多,型号:XS105DU;石蜡包埋机:徕卡,型号:EG1150H+C;全自动石蜡切片机:赛默飞世尔,型号:HM355S。

1.2 方法

1.2.1 翠云草总生物碱(TAS)的制备

翠云草于2013年10月采自于广西上林县拥军村大明山脚下,经广西中医药研究院赖茂祥研究员鉴

定为卷柏科植物翠云草的全草,采后立即晒干。将干翠云草切碎,置SS316不锈钢渗漉筒中,加2.5%盐酸水没过药面,室温浸泡过液后漉出,收集相当于药材12倍量的漉出液;漉出液过滤,滤液流过732阳离子交换树脂(H⁺型),水洗柱后用3%氢氧化钠水溶液洗脱,收集洗脱液,调pH值为9.0,减压浓缩至相当于生药重量的1/4(V/W);浓缩液用2倍量95%乙醇作醇沉处理,静置72 h后滤取上清液,减压回收溶剂至稀膏;续用4倍量95%乙醇作醇沉处理,静置72 h后滤取上清液,减压回收溶剂至稀膏,减压干燥(温度不高于60℃),得翠云草总生物碱,得率1.83%(每克干膏相当于54.64 g药材干品)。

1.2.2 荷瘤小鼠的制备^[9]

取S180细胞,计数,用纯净水稀释成每毫升中含细胞约为 5×10^6 个的细胞悬液。吸取0.2 mL细胞悬液接种于40只KM小鼠左腋下,成为荷瘤小鼠。将荷瘤小鼠随机分为4组,每组10只,即空白对照组(纯净水)、5-FU阳性药对照组(25 mg·kg⁻¹·d⁻¹)、TAS大、中剂量组(300 mg·kg⁻¹·d⁻¹、150 mg·kg⁻¹·d⁻¹)。所有荷瘤小鼠在接种S180细胞24 h后,i.g给药,1次·d⁻¹,给药容积为0.2 mL/10 g体重,空白对照组给予等体积纯净水,连续14 d。末次给药12 h后,将小鼠脱颈处死,剥取瘤体,称重(W),瘤重抑制率为 $R = (W_{\text{空白组均值}} - W_{\text{药物组均值}}) / W_{\text{空白组均值}} \times 100\%$ 。

1.2.3 COX-2表达量的测定

供试样品的制备:剥离的实体瘤称重后,逐一编号,加入适量PBS(pH值为7.4),用液氮迅速冷冻保存备用(解冻后仍需在2~8℃下保存)。取出所需编号的实体瘤,吸干体表液体,观察后切下所需部位肿瘤组织,精密稳定,匀浆,3500 r/min离心20 min,收集上清,即为肿瘤组织液(供试样品)。供试样品在投入检测时再做适当稀释。

COX-2标准曲线的绘制:酶标板上设标准品孔12孔,在第1,2孔中各加初始浓度为180 U/L的标准品原液100 μ L,然后加标准品稀释液50 μ L,混匀;接着从第1,2孔中各取100 μ L分别加到第3,4孔,再在第3,4孔中分别加标准品稀释液50 μ L,混匀;然后第3,4孔中各取50 μ L弃掉,再各取50 μ L分别加到第5,6孔中;依此类推,直至第9,10孔;第11,12孔中各加入浓度为0 U/L(空白孔)的标准品50 μ L。稀释后各孔的样品量都是50 μ L,最后形成浓度系列为120 U/L、80 U/L、40 U/L、20 U/L、10 U/L、0 U/L,每个浓度占2孔。测定OD值后,以COX-2表达量为横坐标(X),以OD值为纵坐标(Y),绘制标

准曲线($Y=126.1862X+3.8457, R=0.994$)。

COX-2 表达量的测定:用 COX-2 含测 ELISA 试剂盒完成。每孔先加样品稀释液 40 μL ,然后加供试样品液 10 μL ;用封板膜封板后置 37 $^{\circ}\text{C}$ 温育 30 min;揭掉封板膜,弃去液体,甩干,每孔加满洗涤液,静置 30 s 后弃去,如此重复 5 次,拍干;每孔加入酶标试剂 50 μL (标准品孔同样加,空白孔除外);用封板膜封板后置 37 $^{\circ}\text{C}$ 温育 30 min;揭掉封板膜,弃去液体,甩干,每孔加满洗涤液,静置 30 s 后弃去,如此重复 5 次,拍干;每孔先加入显色剂 A 50 μL ,再加入显色剂 B 50 μL ,轻轻震荡混匀,37 $^{\circ}\text{C}$ 避光显色 15 min;每孔加终止液 50 μL ,终止反应;以空白调零,450 nm 波长下测定各孔的吸光度(OD 值),根据标准曲线计算 COX-2 的表达量。最后结合稀释倍数,计算出肿瘤组织液中 COX-2 的表达量。每一个实体瘤平行做 4 复孔,取平均值。

1.2.4 NF- κB 表达量的测定

供试样品的制备方法同 1.2.3 节。

NF- κB 标准曲线的绘制:方法类似 COX-2 标准曲线的绘制,最后形成的浓度系列为 12 ng/L、6 ng/L、3 ng/L、1.5 ng/L、0.75 ng/L、0 ng/L(空白孔),每个浓度占 2 孔。测定 OD 值后,以 NF- κB 表达量为横坐标(X),以 OD 值为纵坐标(Y),绘制标准曲线($Y=13.3981X+0.1528, R=0.991$)。

NF- κB 表达量的测定:用 NF- κB 含测 ELISA 试剂盒完成。在各孔中加入标准品溶液或试样溶液各 100 μL ,37 $^{\circ}\text{C}$ 孵育 90 min;加入 100 μL 生物素化抗体工作液,37 $^{\circ}\text{C}$ 孵育 60 min;洗涤 3 次,加入 100 μL 酶结合物工作液,37 $^{\circ}\text{C}$ 孵育 30 min;洗涤 5 次,加入 90 μL 底物溶液,37 $^{\circ}\text{C}$ 孵育 15 min 左右;加入 50 μL 终止液后,立即在 450 nm 波长处测量 OD 值,根据标准曲线计算 NF- κB 表达量。最后结合稀释倍数,计算出肿瘤组织液中 NF- κB 的表达量。每一个实体瘤平行做 4 复孔,取平均值。

1.2.5 切片检查^[10]

剥离的实体瘤,用甲醛浸泡固定,经石蜡包埋切片。切片依次经过二甲苯 I、II、III 梯度脱蜡,100%、95%、90%、80%、70% 梯度乙醇液中各 5 min,蒸馏水中水化 3 min,苏木精中染色约 30 min,自来水冲洗约 15 min,1% 的盐酸乙醇液(盐酸 1 份+70%乙醇 100 份)中褪色约 30 s 见红,颜色较浅即可,自来水中使其恢复蓝色,蒸馏水中漂洗 1 次,50%、70%、80% 乙醇中各 5 min 脱水,0.5% 伊红乙醇液对比染色 5 min,95% 乙醇中洗去多余的红色,无水乙醇中 5 min,用吸水纸吸去多余的乙醇,二甲苯-乙醇等量混

合液、纯二甲苯 I、II 中各约 5 min,最后中性树胶封片,HE 染色后于 400 \times 高倍镜下观察并拍照。

1.2.6 数据处理

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,应用 SPSS19.0 统计软件进行单因素方差分析,如 $P < 0.05$ 则认为有统计学显著性差异。

2 结果与分析

2.1 对 S180 实体瘤生长的影响

由表 1 可知,与空白对照组比较,5-FU 阳性药对照组和 TAS 大剂量组(300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)的实体瘤重量明显偏小($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),虽然中剂量组(150 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)也有偏小的趋势,但未显示出统计学显著性差异($P > 0.05$)。结果表明 TAS 对 S180 肉瘤肿瘤有抑制作用。

表 1 对小鼠体内实体瘤的抑制作用($\bar{x} \pm s, n=10$)

Table 1 Effects on inhibition of S180 cells *in vivo* ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别 Group	日剂量 Daily dose ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	实体瘤重量 Weight of solid tumor(g)	瘤重抑制率 Tumor weight inhibition rate(%)
空白对照组 Blank control group		2.239 \pm 0.461	—
5-FU 阳性药对照组 5-FU positive drug control group	25	1.584 \pm 0.380**	29.27
TAS 中剂量组 TAS middle dose group	150	1.938 \pm 0.541	13.42
TAS 大剂量组 TAS large dose group	300	1.686 \pm 0.476*	24.68

注:经组间 t 检验,与空白对照组比较,* 在 $P < 0.05$ 水平上显著,** 在 $P < 0.01$ 水平上显著。

Note: * and ** indicate statistical significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level compared with the control group (t -test).

2.2 NF- κB 和 COX-2 表达量测定

NF- κB 是一种多功能的细胞核转录因子,可通过控制多种细胞因子的表达和生存基因的转录,达到控制细胞生长、生存的作用;NF- κB 在肿瘤细胞的生存、发展、扩张等各个阶段都发挥重要作用^[11],因此 NF- κB 是一个抗肿瘤的重要靶点。COX-2 是与 NF- κB 信号通路相关的酶,在正常细胞中表达极低,甚至不表达,但在缺氧状态下肿瘤细胞可促成血管高度表达 COX-2;COX-2 的启动因子中有能与 NF- κB 特异结合的基因系列,两者结合可调高 COX-2 的表达水平^[12]。也就是说,NF- κB 表达增加,可通过调高 COX-2 的表达来达到促进肿瘤血管生长,向肿瘤增加供应养份和氧气,促进肿瘤的发展。因此 COX-2 也是一个抗肿瘤的重要靶点。由表 2 显示,与空白对照组比较,5-FU 阳性药对照组没有表现出统计学显

著性差异 ($P > 0.05$), TAS 大、中剂量组 ($300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 的 NF- κ B 和 COX-2 表达量明显偏低 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 说明 TAS 能很好地抑制 NF- κ B 和 COX-2 表达, 也就是说, TAS 可能是通过抑制 NF- κ B 和 COX-2 的表达, 最终抑制向肿瘤输送养份和氧气的血管的生长, 从而实现抗肿瘤的作用。

表 2 对小鼠 S180 实体瘤组织液 NF- κ B 和 COX-2 表达的影响 ($\bar{x} \pm s, n=10$)

Table 2 Effects on concentration of NF- κ B and COX-2 in vivo ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别 Group	日剂量 Daily dose ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	NF- κ B ($\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$)	COX-2 ($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)
空白对照组 Blank control group		6.36 ± 1.76	297.22 ± 57.24
5-FU 阳性药对照组 5-FU positive drug control group	25	5.84 ± 1.61	289.37 ± 60.09
TAS 中剂量组 TAS middle dose group	150	$4.35 \pm 0.98^{**}$	$203.16 \pm 51.73^{**}$
TAS 大剂量组 TAS large dose group	300	$3.78 \pm 1.53^{**}$	$182.43 \pm 50.43^{**}$

注: 经组间 t 检验, 与空白对照组比较, $**$ 在 $P < 0.01$ 水平上显著。
Note: $**$ indicates statistical significance at $P < 0.01$ level compared with the control group (t -test).

2.3 切片检查

由切片可见, 空白对照组的肿瘤细胞体积大, 形状不规则, 胞浆增多, 分布不均匀, 胞核体积增大, 数量增多, 形态畸形, 核分裂相明显, 其内容物溢出, 炎症反应明显, 细胞大小相差悬殊, 细胞彼此染色深浅不一, 细胞间彼此重叠, 界限不清。

5-FU 阳性药对照组和 TAS 大剂量 ($300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 组的肿瘤细胞体积减小, 胞核固缩, 核染色质变深, 大核分裂相明显少于空白对照组, 瘤床内散在瘤坏死灶, 瘤细胞部分消失, 细胞膜破裂, 内容物溢出, 炎症反应较明显, 退化坏死的癌细胞周围可见细胞碎片。

切片检查结果表明 TAS 能明显抑制 S180 实体瘤的生长, 这与瘤重抑制率、NF- κ B 和 COX-2 的表达量结果相互印证。

3 结论

TAS 能明显抑制 S180 实体瘤的生长, 其抗肿瘤机制可能是通过抑制 NF- κ B 和 COX-2 的表达, 继而抑制向肿瘤输送养份和氧气的血管的生长, 从而实现抗肿瘤作用。

参考文献:

[1] 谢宗万. 全国中草药汇编[M]. 北京: 人民卫生出版社, 广西科学 2015 年 12 月 第 22 卷第 6 期

1975:206.

Xie Z W. The Compilation of National Chinese Herbal Medicine [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1975:206.

[2] 国家中医药管理局. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999:132.

State Administration of Traditional Chinese Medicine. Chinese Herbal Medicine [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1999:132.

[3] 郑俊霞, 郑扬, 张磊, 等. 翠云草中酸酯类成分研究[J]. 中成药, 2013, 35(4):750-753.

Zheng J X, Zheng Y, Zhang L, et al. Isolation and identification of the acids and esters from *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2013, 35(4):750-753.

[4] 郑扬, 郑俊霞, 颜秋萍, 等. 纤维素酶法提取翠云草总黄酮的工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(4):859-861.

Zheng Y, Zheng J X, Yan Q P, et al. Study on the extraction process of total flavonoids of *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring by cellulase method [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2012, 23(4):859-861.

[5] 应华忠, 王德军, 徐孝平, 等. 翠云草平喘作用的实验研究[J]. 江西科学, 2004, 22(5):379-381.

Ying H Z, Wang D J, Xu X P, et al. Experimental study on the antiasthmatic effects of *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring [J]. Jiangxi Science, 2004, 22(5):379-381.

[6] 刘义梅, 刘霞, 陈科力. 翠云草的生药鉴别研究[J]. 中国药师, 2014, 17(2):232-234.

Liu Y M, Liu J, Chen K L. A pharmacognostical study on *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring [J]. China Pharm, 2014, 17(2):232-234.

[7] 白巧. 以翠云草为基质的 3 种园艺植物空中压条繁殖试验[J]. 热带农业科学, 2000, 3:10-12.

Bai Q. Three kinds of horticultural plants air layering test with *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring as a substrate [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2000, 3:10-12.

[8] 邱丹缨, 温扬敏, 苏齐, 等. 兖州卷柏生物碱的抗氧化活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(3):442-445.

Qiu D Y, Wen Y M, Su Q, et al. Study on antioxidant activity of *Selaginella tamariscina* in Yanzhou [J]. Nat Prod Res Dev, 2015, 27(3):442-445.

[9] 毕跃峰, 郑晓珂, 冯卫生, 等. 卷柏抗肿瘤药理作用研究[J]. 河南中医学院学报, 2003, 18(3):12-13.

Bi Y F, Zheng X K, Feng W S, et al. Study of anti-tumor effects of *Selaginella tamariscina* [J]. J Henan Univ Tradit Chin Med, 2003, 18(3):12-13.

[10] 程钧,万磊,刘廷,等.小鼠视网膜组织石蜡切片制作方法的探讨[J].眼科新进展,2009,17(3):161-164.
Cheng J, Wan L, Liu T, et al. Study on mouse retina tissue paraffin production methods[J]. Recent Adv in Ophthalmol, 2009,17(3):161-164.

[11] 王婧,陈信义,侯丽,等.茶多酚对小鼠 Lewis 肺癌移植瘤中 NF- κ B、COX-2、Survivin 表达的影响[J].中国肺癌杂志,2012,15(5):271-276.
Wang J, Chen X Y, Hou L, et al. Effects of tea polyphenols on the expression of NF- κ B, COX-2 and survivin in Lewis lung carcinoma xenografts in mice[J]. Chinese

Journal of Lung Cancer, 2012, 15(5): 271-276.

[12] 黄琼.丹左合方对 AD 大鼠血清 CRP、COX-2、IL-6 及海马 NF- κ B、iNOS 的影响[J].时珍国医国药,2014,24(10):2316-2318.
Huang Q. Effects of NF- κ B, iNOS in hippocampus and CRP, COX-2, IL-6 in serum with Dan Zuo Hefang on alzheimer disease rats[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2014, 24(10): 2316-2318.

(责任编辑:竺利波)

《广西科学》致谢 2014—2015 年审稿专家

《广西科学》在主办单位,以及主编、编委和审稿专家的大力支持下,圆满完成了 2015 年 1~6 期的编辑和出版工作。专家们在百忙中承担繁重的审稿任务,他们严谨治学的态度以及无私的奉献精神保证了《广西科学》的学术质量。同时,编辑和投稿作者也有幸得到了审稿专家的帮助。《广西科学》编辑部在此谨向以下审稿专家致以诚挚的敬意和谢意!并祝各位在新的一年里身体健康,万事如意!

丁兰平	丁向东	王 萌	王 勤	王 瑁	王一兵	王为东	王志萍	王青艳
王彦昌	王祥红	邓雁如	韦 宵	韦宇拓	韦志杨	冯春华	农旭华	刘小玲
刘长春	刘布鸣	刘幽燕	刘洪波	刘雄民	朱 坤	朱志斌	江 涛	祁 超
许晓东	严红革	何 斌	何铁光	何斌源	吴仁海	吴烈善	吴琴瑟	吴群英
宋金明	张乔民	张鸿雁	李东飞	李秉正	李谊纯	李陶深	李瑞杰	杨 勇
杨兵初	杨章旗	沈爱国	苏 琴	陆光涛	陆登俊	陈 波	侍茂崇	周本杰
庞 浩	易湘茜	武 波	郑媛媛	郑德凤	姜 岷	胡小波	赵进创	赵慧敏
郝林华	唐 立	唐赛春	徐尚进	莫 宁	莫竹承	贾洪飞	高劲松	高晓清
高程海	梁 和	梁世楚	阎 冰	黄日明	黄寿先	黄国强	黄庶识	温远光
童 茵	童张法	蒋承建	窦衍光	蒙健宗	赖茂祥	鲍献文	廖咏梅	管卫兵
裴道武	谭伟福	樊治平	滕建文	潘为高	潘红平	黎广钊	黎晓峰	

注:专家名单按姓氏笔画顺序排序,截止到 2015 年 11 月 30 日。

《广西科学》编辑部
2015 年 12 月 30 日