

引用:李婷,张国强,王一男.中药挥发油对消炎生肌散经皮促透作用研究[J].中医药导报,2025,31(11):51-55.

# 中药挥发油对消炎生肌散 经皮促透作用研究\*

李 婷<sup>1</sup>,张国强<sup>2</sup>,王一男<sup>3</sup>

(1.徐州市中医院,江苏 徐州 221000;  
2.徐州市中心医院,江苏 徐州 221000;  
3.徐州医科大学药学院,江苏 徐州 221000)

**[摘要]** 目的:探讨消炎生肌散中辅料冰片和薄荷挥发油对药效成分龙胆苦苷和盐酸小檗碱的体外最佳促透条件。方法:采用水蒸气蒸馏法提取消炎生肌散挥发性成分和薄荷挥发油;采用气相色谱内标法测定消炎生肌散挥发性成分中冰片的含量;通过Franz扩散池法进行体外透皮实验,建立高效液相色谱法测定接收液中龙胆苦苷和盐酸小檗碱含量;比较不同浓度的冰片和薄荷混合挥发油对龙胆苦苷和盐酸小檗碱的透皮吸收效果。结果:消炎生肌散挥发性提取物中冰片为主要成分,平均含量为30.36%;冰片和薄荷挥发油联用能促进龙胆苦苷、盐酸小檗碱的体外透皮吸收,1%薄荷挥发油+1%冰片对两者的促透效果最佳。结论:消炎生肌散中冰片、薄荷挥发油有协同促透作用,具有“药辅合一”的特点。

**[关键词]** 消炎生肌散;挥发油;龙胆苦苷;盐酸小檗碱;透皮吸收

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-951X(2025)10-0051-05

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.2025.11.009

## Research on the Transdermal Penetration-Enhancing Effect of Volatile Oils from Chinese Herbal Medicine on Xiaoyan Shengji Powder (消炎生肌散)

LI Ting<sup>1</sup>, ZHANG Guoqiang<sup>2</sup>, WANG Yinan<sup>3</sup>

(1.Xuzhou City Hospital of TCM, Xuzhou Jiangsu 221000, China; 2.Xuzhou Central Hospital, Xuzhou Jiangsu 221000, China; 3.College of Pharmacy, Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 221000, China)

**[Abstract]** Objective: To investigate the optimal in vitro penetration conditions for the active ingredients (gentiopicroside and berberine hydrochloride) facilitated by the excipients (borneol and peppermint volatile oil) in the Xiaoyan Shengji Powder. Methods: Volatile components in Xiaoyanshengji Powder and peppermint volatile oil were extracted by steam distillation. The content of borneol in Xiaoyan Shengji Powder was determined by gas chromatography (GC) with the internal standard method. The transdermal absorption experiment was performed in vitro by Franz diffusion cells. High performance liquid chromatography (HPLC) was established to measure the content of gentiopicrin and berberine hydrochloride in the receiving solution, plotting drug-time curves, comparing the effects of different concentrations of mixed volatile oils of borneol and peppermint volatile oil on the transdermal absorption of gentiopicrin and berberine hydrochloride. Results: Borneol was the main component in volatile extracts of Xiaoyanshengji Powder with an average content of 30.36%. The combination of borneol and peppermint volatile oil promoted the in vitro transdermal absorption of gentiopicrin and berberine hydrochloride, and 1% borneol+1% peppermint volatile oil showed optimal penetration enhancement. Conclusion: Borneol and peppermint volatile oil in Xiaoyan Shengji Powder demonstrate synergistic effects on facilitating penetration.

**[Keywords]** Xiaoyan Shengji Powder; volatile oil; gentiopicrin; berberine hydrochloride; transdermal absorption

\*基金项目:徐州市卫生健康委药学科研项目(XWYXKY202310)

通信作者:张国强,男,主管药师,研究方向为中药药理

中药经皮给药制剂是以中医内病外治理论为指导,采用适宜方法和基质制成使中药有效成分经由皮肤吸收达到局部或全身治疗作用的一类专供外用的剂型<sup>[1]</sup>。中药挥发油因其低皮肤刺激性,安全使用潜力较高,同时存在一定的药理活性,能够与药物中的促透成分产生协同效果,兼具促渗与治疗的双重功能,体现出“药辅合一”的特色<sup>[2-5]</sup>。“药辅合一”作为中药制剂使用辅料的重要原则,蕴含着独特的中医智慧和用药理念<sup>[6-11]</sup>。

消炎生肌散由石膏(煅)、雄黄、硼砂、龙胆、黄柏、儿茶、青黛、甘草、蒲黄、血竭、炉甘石、冰片、薄荷、人中白(煅)组成。其主要挥发性成分是冰片、薄荷,可以促进药效成分由肌表直达腠理,达到治疗效果。现有研究中,中药挥发油促透效果的评价主要集中于单一挥发油对单一中药成分的经皮渗透能力,而忽视了制剂中复杂成分对经皮促透效果可能产生的影响。本研究从“药辅合一”的中药挥发油促进外用制剂透皮吸收的角度切入,研究消炎生肌散中的辅料冰片和薄荷挥发油对药效成分龙胆苦苷、盐酸小檗碱的促渗效果,旨在为消炎生肌散中富含挥发油成分药物的合理配伍提供参考。

## 1 材 料

1.1 主要试剂 冰片(合成龙脑)(安徽省聚参堂中药饮片有限公司,批号:221101);薄荷(徐州市中医院,批号:20240301)。以上两种药材样品经徐州市中医院药剂科左文副主任中药师鉴定为正品。消炎生肌散(徐州市中医院制剂室,批号:20240301);龙胆苦苷对照品(中国食品药品检定研究所,批号:110770-202219,纯度98.1%);盐酸小檗碱对照品(大连美伦生物技术有限公司,批号:F0126AS,纯度>98%)。

1.2 主要仪器 TRACE 1300型气相色谱仪(美国Thermo Fisher Scientific公司);Agilent 1260型高效液相色谱仪(美国Agilent Technologies公司);TP-6智能透皮试验仪(天津市津拓仪器科技有限公司);Vortex-Genie 2涡旋振荡器(美国Scientific Industries公司);KQ-500E型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

## 2 方 法

### 2.1 薄荷挥发油及消炎生肌散挥发性成分的制备

2.1.1 薄荷挥发油的制备 薄荷挥发油的提取采用《中华人民共和国药典》(2025年版)四部挥发油测定法甲法。称取28 g薄荷药材,经粉碎机粉碎,过40目筛后,置于500 mL圆底烧瓶中,加入投药量10倍的蒸馏水,浸泡0.5 h。连接挥发油提取装置和冷凝管,加热保持微沸至挥发油提取器中油量不再增加,停止加热,待冷却至水油完全分层后,收集上层薄荷挥发油,即得。

2.1.2 消炎生肌散挥发性成分的制备 称取25 g消炎生肌散,置于500 mL圆底烧瓶中,加入250 mL蒸馏水,采用水蒸气蒸馏法提取消炎生肌散中挥发性成分,加热至110 ℃,保持2 h,收集挥发油提取器中的白色半透明结晶,即为提取消炎生肌散中挥发性成分。分别以提取的料液比(1:5、1:10、1:20、1:30)、提取温度(95、100、105、110 ℃)、提取时间(1.0、1.5、2.0、3.0 h)作为单因素考察项,以消炎生肌散中挥发性成分冰片的提取率

为指标,对提取工艺进行优化。

### 2.2 气相色谱内标法测定消炎生肌散挥发性成分中冰片的含量

2.2.1 色谱条件 色谱柱:TG-5MS色谱柱(30.00 m×0.25 mm×0.25 μm);氢火焰离子化检测器(FID);进样口温度:220 ℃;FID温度:260 ℃;柱温:100 ℃(10 min);进样模式采用分流进样,分流比65:1;载气采用氮气,流速为40 mL/min;尾部吹气采用氮气,流速为20 mL/min;氢气流量为40 mL/min;空气流量为350 mL/min;进样量为1 μL。

2.2.2 溶液的制备 (1)内标溶液:称取水杨酸甲酯20 mg,精密称定,置于10 mL量瓶中,乙酸乙酯定容,摇匀,制成质量浓度为2 mg/mL的储备液,备用。(2)对照品溶液:称取冰片对照品40 mg,精密称定,置于10 mL量瓶中。精密移取内标溶液5 mL于量瓶中,乙酸乙酯定容,摇匀,制成含冰片质量浓度为4 mg/mL、水杨酸甲酯质量浓度为1 mg/mL的储备液,备用。(3)供试品溶液:精密称定提取的消炎生肌散挥发性成分100 mg,置于10 mL量瓶中,精密移取内标溶液5 mL于量瓶中,乙酸乙酯定容,摇匀,即得。

2.2.3 样品的含量测定 称取消炎生肌散挥发性成分适量,按“2.2.2”项下方法制成供试品溶液,按照“2.2.1”项下色谱条件进样3次,并记录冰片峰面积与内标物峰面积之比,代入标准曲线回归方程,内标法计算样品中冰片平均含量。

### 2.3 体外透皮吸收试验

2.3.1 供试品的制备 (1)消炎生肌散供试品:称取消炎生肌散0.14 g,加入14 mL甲醇超声20 min使药物充分溶解,制成每1 mL含10 mg消炎生肌散的供试品溶液,作为对照组。(2)添加挥发油的散剂供试品:取上述供试品溶液7份,各2 mL,依次加入不同比例的冰片和“2.1.1”项下提取的薄荷挥发油,制成含0.5%薄荷挥发油+0.5%冰片、0.5%薄荷挥发油+1%冰片、1%薄荷挥发油+0.5%冰片、1%薄荷挥发油+1%冰片、1%薄荷挥发油+1.5%冰片、1.5%薄荷挥发油+1%冰片、1.5%薄荷挥发油+1.5%冰片的供试品溶液,涡旋,使充分混合。

2.3.2 透皮试验方法 采用Franz扩散池装置,接收池体积为15.0 mL,有效扩散面积为3.14 cm<sup>2</sup>。向扩散池中加入转子,接收池中加入含20%甲醇的磷酸盐缓冲液(pH值=7.4)作为接收液,将大鼠皮肤固定在供给池与接收池中间,用马蹄夹夹紧,确保支管液面高出聚醚砜滤膜,排尽接收池中气泡。向供给池中加入“2.3.1”项下对照组和含不同比例挥发油的供试品溶液,并用封口膜密封供给池顶端,将扩散池置于(37.0±0.5)℃水浴中,调节电磁恒速搅拌350 r/min。分别于0.5、1.0、1.5、2.0 h时从接收池中抽取1 mL接收液,并立即补充等温同体积的接收液。

### 2.4 HPLC法测定接收液中龙胆苦苷和盐酸小檗碱含量

2.4.1 色谱条件 色谱柱:Inertsil C<sub>18</sub>色谱柱(250.0 mm×4.6 mm,3.5 μm);流动相:0.1%磷酸溶液(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~30 min,90%~10% A;30~35 min,10%~90% A);柱温:30 ℃;检测波长:254 nm;流速:1.0 mL/min;进样量:5 μL。

2.4.2 溶液的制备 (1)对照品溶液:精密称定龙胆苦苷和

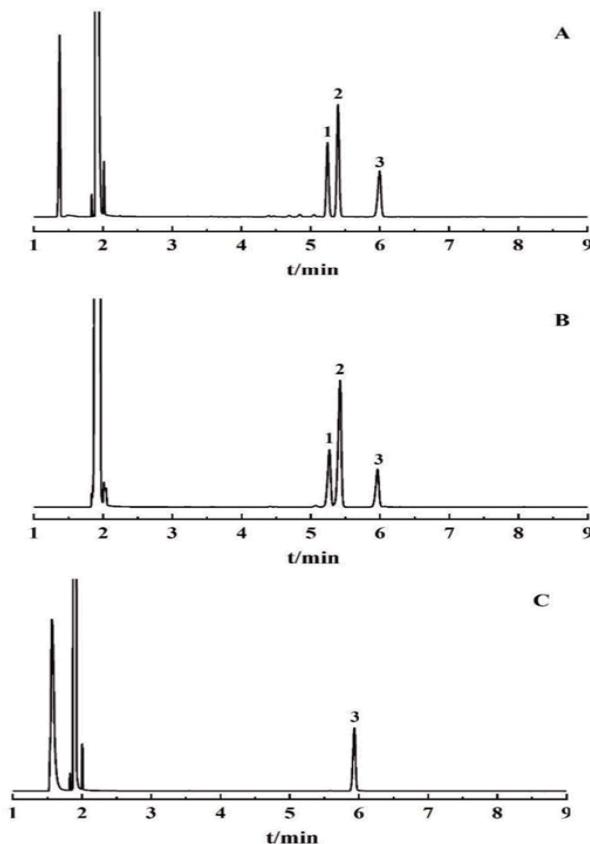
盐酸小檗碱的对照品各10 mg,置于10 mL量瓶中,加甲醇定容,摇匀,制成质量浓度为1 mg/mL的龙胆苦苷和盐酸小檗碱混合对照品储备液。(2)供试品溶液:从接收池中取各时间节点的透皮接受液1 mL,0.22 μm微孔滤膜过滤,取续滤液作为供试品溶液。(3)空白溶液:精密称定磷酸二氢钾2.721 8 g,加入100 mL蒸馏水,用氢氧化钠溶液调pH值至7.4后加入适量甲醇,制成含20%甲醇的磷酸盐缓冲液(pH值=7.4)作为空白溶液。

**2.5 不同比例的混合挥发油对龙胆苦苷和盐酸小檗碱透皮吸收效果的影响** 按“2.3.2”项下方法进行扩散实验,取0.5、1.0、1.5、2.0 h时对照组和含不同比例混合挥发油组的透皮接收液,用0.22 μm的微孔滤膜过滤,取续滤液,按照“2.4.1”项下色谱条件进样分析,测定接收液中龙胆苦苷和盐酸小檗碱的浓度,考察胆苦苷和盐酸小檗碱在不同比例的混合挥发油作用下的透皮吸收效果。

### 3 结 果

#### 3.1 消炎生肌散挥发性成分中冰片含量的测定

**3.1.1 专属性考察** 冰片中龙脑、异龙脑及内标物保留时间分别为5.268、5.422和5.963 min,且色谱峰分离度良好( $R>1.5$ ),表明方法专属性良好。(见图1)



注:A.对照品溶液;B.供试品溶液;C.内标溶液。1.异龙脑;2.龙脑;3.水杨酸甲酯(内标)。

#### 图1 气相色谱内标法测定消炎生肌散挥发性成分中冰片含量的色谱图

**3.1.2 线性关系考察** 冰片在0.25~4.00 mg/mL范围内线性关系良好,回归方程为 $y=1.433 9x+0.094 6, R^2=0.999 1$ ,回归曲线见图2。

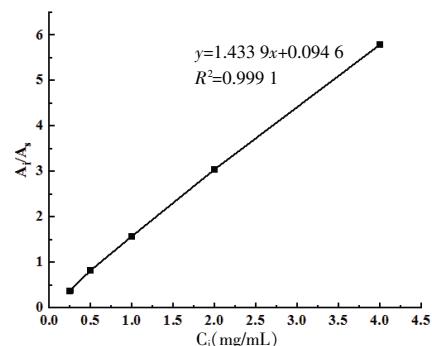


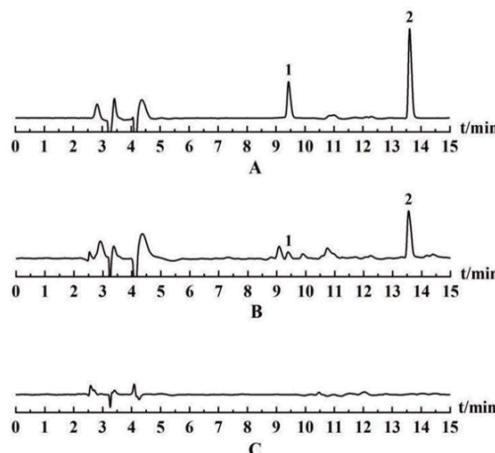
图2 冰片的标准曲线

**3.1.3 提取工艺优化** 料液比为1:5~1:20时挥发油中冰片提取率随料液比增大而增加,但料液比达到1:30时提取率反而下降,可能是过量的水性溶剂不利于挥发性成分的析出,故选择提取的料液比为1:20;提取温度95~100 °C时提取率随温度升高而增加,但温度增加至105、110 °C时提取率没有显著变化,故从节省能源的角度选择提取温度为100 °C;提取时间为1~2 h时挥发油中冰片提取率随时间增加而升高,增加至3 h提取率无明显变化,故选择提取时间为2 h。综上,提取工艺优化为料液比为1:20,提取温度为100 °C,提取时间为2 h。

**3.1.4 样品的含量测定** 采用优化后的提取工艺对消炎生肌散中的挥发性成分进行提取,根据标准曲线法计算消炎生肌散挥发性成分中冰片的平均含量为30.36%(n=3)。

#### 3.2 龙胆苦苷和盐酸小檗碱HPLC测定方法的建立

**3.2.1 专属性考察** 龙胆苦苷和盐酸小檗碱的保留时间分别为9.442 min和13.730 min,各组分色谱峰间分离度大于1.5,空白透皮接收液中其他成分对测定无干扰,表明此方法专属性良好。(见图3)



注:A.对照品溶液;B.供试品溶液;C.空白透皮接收液。

1.龙胆苦苷;2.盐酸小檗碱。

#### 图3 龙胆苦苷和盐酸小檗碱的HPLC图

**3.2.2 线性关系考察** 龙胆苦苷在0.195~3.125 μg/mL范围内线性关系良好,回归方程为 $y=6.529 1x+0.183 3, R^2=0.999 9$ ;盐酸小檗碱在0.195~3.125 μg/mL范围内线性关系良好,回归方程为 $y=15.826 0x-0.096 7, R^2=0.999 5$ ,回归曲线见图4。

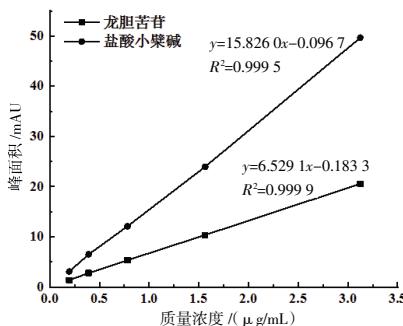


图4 龙胆苦苷和盐酸小檗碱的标准曲线

3.3 挥发油联用对龙胆苦苷和盐酸小檗碱体外透皮吸收的促进 挥发油的加入对药效成分龙胆苦苷和盐酸小檗碱的吸收有促进作用,不同混合比例的挥发油组,对龙胆苦苷和盐酸小檗碱的经皮促渗能力不同,其中1%薄荷挥发油+1%冰片对两者的促渗效果最为显著。而随着挥发油配比浓度的升高,混合挥发油对龙胆苦苷和盐酸小檗碱的透皮促渗效果下降。(见图5)

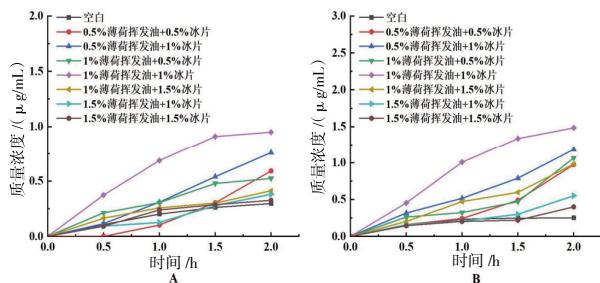


图5 龙胆苦苷(A)和盐酸小檗碱(B)在不同浓度挥发油作用下的渗透量

#### 4 讨 论

4.1 促渗剂和药效成分的选择 消炎生肌散中薄荷与冰片含挥发性成分,具有解热消炎作用。因其兼具促渗与治疗的双重功能,本研究选择薄荷油和冰片作为添加促渗剂进行后续研究<sup>[12-15]</sup>。然而消炎生肌散的主要挥发性成分为冰片中的龙脑、异龙脑。本研究检测了消炎生肌散中薄荷的挥发性成分薄荷醇,但因含量较低或提取不完全而无法被检出,故未对其进行含量测定。

龙胆和黄柏为消炎生肌散中发挥抗炎作用的主要药材,龙胆苦苷和盐酸小檗碱分别是龙胆和黄柏的主要药效成分。另外,龙胆苦苷和盐酸小檗碱均具有较强的抗炎活性,是改善炎症反应所致红、肿、热、痛症状的主要药效成分,因此本研究选择龙胆苦苷和盐酸小檗碱作为评价消炎生肌散透皮吸收状况的指标成分<sup>[16-17]</sup>。

4.2 薄荷挥发油和散剂中挥发性成分的提取 采用水蒸气蒸馏法提取薄荷挥发油时,加入投药量10倍量的蒸馏水且在加热提取前浸泡0.5 h,薄荷挥发油的提取率最高。本研究采取相同方法提取消炎生肌散中挥发性成分,挥发油提取器中的产物为白色半透明结晶。经气相色谱鉴别其主要成分为冰片。

4.3 气相色谱内标法的确定 根据消炎生肌散挥发性成分

的提取结果,本研究采用气相色谱法来测定提取物中冰片的含量。因水杨酸甲酯的沸点、保留时间与龙脑相近,本研究选择水杨酸甲酯为内标物。冰片中含有龙脑和异龙脑两种同分异构体成分,考察柱温设定为100℃时,龙脑峰与异龙脑峰的分离效果良好。该方法专属性、稳定性良好且加样回收率符合要求,因此适用于气相色谱含量测定<sup>[18-19]</sup>。

4.4 高效液相色谱法的建立 龙胆苦苷和盐酸小檗碱在254 nm处均有紫外吸收,故本研究采用HPLC-UV法测定接收液中两者的含量,配制混合对照品进样分析,并采用不同比例的乙腈、0.1%磷酸溶液等度洗脱。结果发现龙胆苦苷和盐酸小檗碱保留时间接近且峰形、分离度欠佳,而改为梯度洗脱后,分离效果良好<sup>[20-21]</sup>。

4.5 体外透皮试验的考察 Franz扩散池是通过模拟人体生理微环境,研究药物体外经皮通透性最常用的方法。因此,扩散池温度设置为(37.0±0.5)℃,pH值为7.4的磷酸盐缓冲液作为接收液。聚醚砜膜代替动物皮肤,可避免皮肤差异性等多因素的干扰<sup>[22]</sup>,但聚醚砜膜缺乏皮肤的自然屏障特性,为制剂改良提供的信息有限。为充分溶解消炎生肌散,本研究采用甲醇作为溶剂并超声处理。有研究表明,极性较大的溶剂作为挥发油和药物的载体,能够促进药物的透皮吸收<sup>[23]</sup>。龙胆苦苷、盐酸小檗碱为亲水性药物。在透皮接收液中加入适量甲醇,可增加两者在接收池中的溶解度,以确保实验满足漏槽条件。

单一透皮吸收促进剂的辅料比例一般为0.5%~3.0%不等<sup>[24]</sup>。本研究设置了0.5%、1.0%、1.5%的薄荷挥发油及冰片组成的混合促透剂组合,考察对龙胆苦苷和盐酸小檗碱透皮促渗效果。结果表明薄荷挥发油和冰片有协同促渗作用,与相关文献报道一致<sup>[25]</sup>,且在两者质量分数都为1%时,其促渗效果最为显著。薄荷挥发油的主要成分中含有烯萜类化合物。含氧烯萜可以与药物分子形成配合物,有助于药物的渗透<sup>[26]</sup>。挥发油的促渗作用不具有浓度依赖性,浓度升高后薄荷和冰片挥发油促渗效果下降,其原因有待进一步研究。一方面,龙胆苦苷和盐酸小檗碱有较强的亲水性,而薄荷挥发油作为一种亲脂性促渗剂,更适用于促进脂溶性药物的渗透。另一方面,冰片的水溶性较差,高浓度状态下在溶液中不能充分溶解。此外,消炎生肌散作为复方中药,其成分间的复杂理化性质及相互作用也会影响目标药效成分的渗透。

#### 5 结 论

本研究将消炎生肌散作为模型药物,阐述了中药经皮给药制剂中辅料成分对经皮促透效果产生的影响。冰片、薄荷挥发油质量分数均为1%且联用作为复合促渗剂时,两者对消炎生肌散中龙胆苦苷、盐酸小檗碱的协同促渗效果最佳,具有“药辅合一”作用。

#### 参考文献

- [1] 宋怡,周州,罗舒,等.中药经皮给药制剂的研究与应用探讨[J].四川农业科技,2023(8):118-122.
- [2] 胡恢权,程国旺,吴一峰,等.“药辅合一”理念在中药制剂

- 递药系统设计中的应用研究[J].中国中药杂志,2023,48(7):1800-1807.
- [3] 李越,陈金素,郭雪,等.基于“药辅合一”的中药挥发油现状与分析[J].中国现代中药,2022,24(4):564-569.
- [4] 姚俊宏,蒋秋冬,陈军,等.21种辛味中药挥发油透皮促渗效果的药性规律分析[J].中国实验方剂学杂志,2018,24(1):1-7.
- [5] 顾琦,朱学敏,魏旭超,等.温热药性对中药挥发油透皮促渗剂皮肤毒性的影响及其机制研究[J].中国中药杂志,2021,46(2):359-365.
- [6] 张定塑,傅超美,林俊芝,等.中药制剂的“药辅合一”及其应用价值[J].中草药,2017,48(10):1921-1929.
- [7] 高玲,黄诗雨,陈丽华,等.乳香、没药挥发油促九分散方中生物碱类成分的HaCaT细胞摄取及其机制研究[J].中草药,2021,52(8):2357-2364.
- [8] 江霞,马迅,刘万卉,等.透皮贴剂渗透性研究进展[J].中国药事,2023,37(3):312-320.
- [9] ZHU X M, LI Y, XU F, et al. Skin electrical resistance measurement of oxygen-containing terpenes as penetration enhancers: Role of stratum corneum lipids[J]. Molecules, 2019, 24(3):523.
- [10] SCHAFER N, BALWIERZ R, BIERNAT P, et al. Natural ingredients of transdermal drug delivery systems as permeation enhancers of active substances through the Stratum corneum[J]. Mol Pharm, 2023, 20(7):3278-3297.
- [11] 杨文国,朱学敏,吴凤烨,等.基于逐步判别法分析辛味中药挥发油“四气”药性、透皮促渗能力和化学成分的关联因素[J].中草药,2019,50(17):4219-4224.
- [12] 彭天托,李秀兰,彭君强,等.消炎生肌散辅助治疗溃疡期褥疮临床观察[J].实用中医药杂志,2019,35(3):300-301.
- [13] 黄兴雨,杨黎燕,尤静.薄荷挥发油研究进展[J].化工科技,2019,27(3):70-74.
- [14] LAN Y, WANG J Y, LI H, et al. Effect of menthone and related compounds on skin permeation of drugs with different lipophilicity and molecular organization of stratum corneum lipids[J]. Pharm Dev Technol, 2016, 21(4):389-398.
- [15] 吴渝锋,朱泽宇,陈靖南,等.冰片药理作用及冰片酯的研究进展[J].药学研究,2020,39(4):217-224.
- [16] 刘晓琳,吴文平,潘礼业,等.盐黄柏指纹图谱研究及质量标志物预测分析[J].天然产物研究与开发,2022,34(10):1647-1656.
- [17] 阮文辉,叶松华,冯夏珍,等.黄柏和酒黄柏中盐酸黄柏碱和盐酸小檗碱含量测定方法研究[J].山东化工,2023,52(1):112-117.
- [18] YI Q F, YAN J, TANG S Y, et al. Effect of borneol on the transdermal permeation of drugs with differing lipophilicity and molecular organization of stratum corneum lipids [J]. Drug Dev Ind Pharm, 2016, 42(7):1086-1093.
- [19] 李军,陈海燕,郝彩琴,等.不同透皮促渗剂对苦豆子凝胶剂中生物碱体外透皮吸收的影响[J].中国现代中药,2023,25(5):1071-1078.
- [20] HE M L, HU C, CHEN M J, et al. Effects of Gentiopicroside on activation of NLRP3 inflammasome in acute gouty arthritis mice induced by MSU[J]. J Nat Med, 2022, 76(1):178-187.
- [21] FAN X D, WANG J, HOU J C, et al. Berberine alleviates ox-LDL induced inflammatory factors by up-regulation of autophagy via AMPK/mTOR signaling pathway[J]. J Transl Med, 2015, 13:92.
- [22] ABD E, YOUSEF S A, PASTORE M N, et al. Skin models for the testing of transdermal drugs[J]. Clin Pharmacol, 2016, 8:163-176.
- [23] 王倩,喇林立,刘贵琴,等.丙二醇、氮酮、薄荷醇对黄香愈肤乳膏中盐酸小檗碱体外透皮吸收的影响[J].中国高原医学与生物学杂志,2022,43(2):114-120.
- [24] 叶小玲,赵莹,张超,等.天然冰片对布洛芬乳膏透皮吸收的影响[J].山东化工,2023,52(10):48-49,53.
- [25] 王敏,董雪荣,李静,等.不同促渗剂对蒿甲醚软膏体外透皮吸收的影响[J].世界中医药,2017,12(11):2795-2798.
- [26] CHEN J, JIANG Q D, CHAI Y P, et al. Natural terpenes as penetration enhancers for transdermal drug delivery[J]. Molecules, 2016, 21(12):1709.

(收稿日期:2024-12-18 编辑:蒋凯彪)