

· 论 著 ·

域发喷剂敷料对糠秕马拉色菌体外抑菌活性的实验研究

高瑞佳¹ 刘士瑞² 孙瑾鹏³ 樊靖华¹ 李福秋²

(1. 西安市中心医院, 西安 710004; 2. 吉林大学第二医院, 吉林 130041; 3. 大连皮肤病医院, 大连 116021)

【摘要】 目的 采用琼脂平板扩散法(打孔法)和微量液基稀释法两种体外药敏实验方法,观察域发喷剂敷料及其主要成分(微生物源性抗菌肽)对头皮脂溢性皮炎常见的马拉色菌体外抑菌活性。方法 不同浓度域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽为实验组,采乐洗剂(浓度 2% 酮康唑洗剂)、域发喷剂敷料空白溶剂为对照组,用琼脂平板扩散法(打孔法)和微量液基稀释法测试体外对马拉色菌的抑制作用,同时测定 MIC(最小抑菌浓度)值。结果 域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽、采乐洗剂均对马拉色菌有不同程度的体外抑制作用,其抑菌效果与药物浓度呈正相关。域发喷剂敷料的 MIC 值为 0.977 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 、微生物源性抗菌肽的 MIC 值为 3.907 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。结论 域发喷剂敷料安全性高,不易产生耐药性,副作用少,有较好地抑制马拉色菌作用,使用方便,可用于临床上头皮脂溢性皮炎的治疗。

【关键词】 域发喷剂敷料;脂溢性皮炎;马拉色菌;微生物源性抗菌肽;体外抑菌;MIC

【中图分类号】 R 379.9 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1673-3827(2023)18-0019-05

Experimental study on the *in vitro* antibacterial activity of Medi hair spray dressing against *Malassezia*

GAO Ruijia¹, LIU Shirui², SUN Jinpeng³, FAN Jinghua¹, LI Fuqiu²

(1. Xi'an Central Hospital, Xi'an 710004, China; 2. The Second Hospital of Jilin University, Jilin 130041, China; 3. Dalian Dermatology Hospital, Dalian 116021, China)

【Abstract】 **Objective** Two *in vitro* drug sensitivity test methods, agar plate diffusion method (punch method) and microfluid-based dilution method, were used to observe the *in vitro* antibacterial activity of Medi hair spray dressing and its main components (Microbial antimicrobial peptide) against common *Malassezia* on the surface of seborrheic dermatitis lesions of the head. **Methods** Medi Hair Spray Dressing with different concentration, microbial antimicrobial peptide were used as the experimental group, and Caile lotion (concentration 2% ketoconazole lotion), blank solvent of Medi Hair Spray Dressing were used as the control group, and the diameters of the inhibition zone were compared in each group. The inhibitory effect on *Malassezia in vitro* was tested by agar plate diffusion method (punch method) and microdilution method, and the MIC (minimum inhibitory concentration) values were also determined. **Results** Medi Hair Spray Dressing and microbial antimicrobial peptide inhibited *Malassezia* to varying degrees *in vitro*, and the effect was positively correlated with drug concentration. Medi Hair Spray Dressing MIC was 0.977 $\mu\text{L}/\text{mL}$; microbial antimicrobial peptide MIC was 3.907 $\mu\text{L}/\text{mL}$. **Conclusion** Medi Hair Spray Dressing is safe, and has a better inhibition of *Malassezia* effect.

【Key words】 Medi Hair Spray Dressing; seborrheic dermatitis; *Malassezia*; microbial antimicrobial peptide; *in vitro* anti-fungal activity; MIC

[Chin J Mycol, 2023, 18(1): 19-23]

脂溢性皮炎(seborrheic dermatitis, SD)是临床上常见的慢性炎症性皮肤病,反复发作,可伴有

不同程度的瘙痒。确切病因及发病机制尚未完全阐明,目前研究表明,发病机制可能与遗传因素、免疫缺陷、真菌感染、激素水平、神经及环境因素等有关,马拉色菌是引起脂溢性皮炎的一种常见病原菌。治疗头皮脂溢性皮炎的常用方法包括抗真菌

作者简介:高瑞佳,女(汉族),硕士,住院医师, E-mail: 136772749@qq.com

通信作者:李福秋, E-mail: lifuqiu1234@126.com

治疗。抗菌肽在医学、食品、养殖等众多领域具有远大的发展前景及应用价值,尤其在医学领域备受关注。域发喷剂敷料主成分为一种新型高分子聚合复合物,它的核心成分为抗菌肽,是微生物来源,针对头皮脂溢性皮炎具有抑菌、控油、修复皮损,改变局部微生物生长环境,起到缓解和治疗的作用,临床应用前景良好。本文拟通过域发喷剂敷料对马拉色菌体外抑菌活性的实验研究,对域发喷剂敷料的抑菌活性及有效性进行初步探讨,为临床治疗头皮脂溢性皮炎提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验菌株

马拉色菌标准株(*Malassezia furfur*),菌种编号:BNCC 337308,购买于北京北纳创联生物技术研究院,中国普通微生物菌种保存中心。

1.2 实验药物

域发喷剂敷料(粤顺械备 20190023 号)、域发喷剂敷料空白溶剂、微生物源性抗菌肽:博汇美萃生物工程技术(广东)有限公司;采乐洗剂(浓度 2%酮康唑洗剂):国药准字:H20000588 西安杨森制药公司。

1.3 培养基(自己配制)

固体培养基:琼脂 60 g,牛胆汁(干燥)20 g,吐温 40 10 g,单油酸甘油酯 2.5 g,蒸馏水 1.0 L;液体培养基:麦芽汁 60 g,牛胆汁(干燥)20 g,吐温 40 10 g,单油酸甘油酯 2.5 g,蒸馏水 1.0 L。

1.4 琼脂平板扩散法(打孔法)

培养基的制备 按以上比例称取各成分,待其充分融化后高压灭菌 15 min,制成马拉色菌平皿培养基。

马拉色菌标准株活化 吸取适量无菌水溶解菌粉,均匀涂布于平皿培养基上,置于 29℃培养箱。

菌悬液的制备 将马拉色菌标准株接种于固体培养基上,每 72 h 传代培养 1 次,传代 2 次,制成菌悬液,菌含量大概为(1.0 ~ 2.0) × 10⁶CFU/mL。

抑菌活性的测定 将 0.5 mL 菌液均匀涂布在培养基上,用直径 10 mm 无菌打孔器打孔;将域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽、采乐洗剂、域发喷剂敷料空白溶剂原液及稀释成不同浓度的药液分别加入到不同孔内,加满为止,放入 37℃恒温孵育箱。

结果判读 用数显游标卡尺测量抑菌圈直径,

分别计算出每种药液不同浓度的抑菌圈直径平均值与标准差。

质控 阳性对照为接种菌悬液,不含药液,阴性对照为不接种菌悬液。

1.5 微量液基稀释法

参考 NCCLS-M27A 方案,将含单油酸甘油酯作为药敏试验的液体培养基。

药液加样 高压灭菌马拉色菌液体培养基,在超净工作台上,96 孔板中每孔加 100 μL 液体培养基,在第 1 孔内分别加 100 μL 浓度为 125 μL/mL 的域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽、采乐洗剂、域发喷剂敷料空白溶剂反复吹打后从第 1 孔中吸取 100 μL 到第 2 孔,连续倍比稀释至第 10 孔,并从第 10 孔吸取 100 μL 弃掉;第 11 孔为加液体培养基和菌悬液的阳性对照,第 12 孔为仅含液体培养基的阴性对照。最后在每孔中加入马拉色菌菌悬液各 100 μL,此时从第 1 孔至第 10 孔药物的终浓度分别为 62.5 μL/mL、31.25 μL/mL、15.625 μL/mL、7.813 μL/mL、3.907 μL/mL、1.954 μL/mL、0.977 μL/mL、0.489 μL/mL、0.245 μL/mL、0.123 μL/mL。将 96 孔板放入 37℃恒温孵育箱。

结果判读 48 h 后观察菌落生长情况,观察到马拉色菌菌落漂浮在液体培养基中,菌落非常清晰,呈乳白色,采用读取结果。用移液枪分别吸取各孔内的培养物 20 μL,点种于马拉色菌平皿培养基上,48 h 后观察菌落生长情况。最终的 MIC 值为点种于平皿培养基后没有菌落生长所对应的药物浓度。

质控 以不含药液,加 100 μL 液体培养基、100 μL 生理盐水、100 μL 菌悬液作为阳性对照;以不含菌悬液,加 100 μL 药液、100 μL 液体培养基、100 μL 生理盐水作为阴性对照。

1.6 统计学处理

应用统计学软件 SPSS20.0 进行数据分析、处理,统计学方法为 *t* 检验和单因素方差分析, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 琼脂平板扩散法(打孔法)

不同浓度域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽、采乐洗剂、域发喷剂敷料空白溶剂对马拉色菌的抑菌直径见表 1~4 及图 1~4;比较不同稀释倍数的抑菌圈直径的大小见表 5 及图 5。

表 1 域发喷剂敷料体外马拉色菌的抑菌直径结果

Tab. 1 Antifungal diameter results of *Medi Hair Spray Dressing* *in vitro*

组别	质量浓度/ mg · g ⁻¹	抑菌圈直径/mm	
		标准菌株 $\bar{x} \pm s$	平均值
域发喷剂敷料	0.8	31.87 ± 0.51	31.87
域发喷剂敷料	0.2	30.11 ± 0.27	30.11
域发喷剂敷料	0.04	21.47 ± 0.90	21.47
域发喷剂敷料	0.008	19.89 ± 1.31	19.89
域发喷剂敷料	0.0016	14.53 ± 0.22	14.53
域发喷剂敷料	0.00032	0	0
阳性对照组	0	0	0
阴性对照组	0	0	0

表 2 微生物源性抗菌肽体外马拉色菌的抑菌直径结果

Tab. 2 Antifungal diameter results of microbial antimicrobial peptide *in vitro*

组别	质量浓度/ mg · g ⁻¹	抑菌圈直径/mm	
		标准菌株 $\bar{x} \pm s$	平均值
微生物源性抗菌肽	0.8	24.59 ± 1.29	24.59
微生物源性抗菌肽	0.2	20.10 ± 0.98	20.10
微生物源性抗菌肽	0.04	16.17 ± 0.44	16.17
微生物源性抗菌肽	0.008	0	0
微生物源性抗菌肽	0.0016	0	0
微生物源性抗菌肽	0.00032	0	0
阳性对照组	0	0	0
阴性对照组	0	0	0

表 3 采乐洗剂体外马拉色菌的抑菌直径结果

Tab. 3 Antifungal diameter results of Caile lotion *in vitro*

组别	质量浓度/ mg · g ⁻¹	抑菌圈直径/mm	
		标准菌株 $\bar{x} \pm s$	平均值
采乐洗剂	20	32.07 ± 0.39	32.07
采乐洗剂	5	30.49 ± 0.40	30.49
采乐洗剂	1	25.53 ± 2.38	25.53
采乐洗剂	0.2	22.42 ± 1.13	22.42
采乐洗剂	0.04	17.38 ± 0.85	17.38
采乐洗剂	0.008	0	0
阳性对照组	0	0	0
阴性对照组	0	0	0

表 4 域发喷剂敷料空白溶剂体外马拉色菌的抑菌直径结果

Tab. 4 Antifungal diameter results of blank solvent of *Medi Hair Spray Dressing* *in vitro*

组别	质量浓度/ mg · g ⁻¹	抑菌圈直径/mm	
		标准菌株 $\bar{x} \pm s$	平均值
域发喷剂敷料空白溶剂	562.5	13.55 ± 0.81	13.55
域发喷剂敷料空白溶剂	140.625	0	0
域发喷剂敷料空白溶剂	28.125	0	0
域发喷剂敷料空白溶剂	5.625	0	0
域发喷剂敷料空白溶剂	1.125	0	0
域发喷剂敷料空白溶剂	0.225	0	0
阳性对照组	0	0	0
阴性对照组	0	0	0

表 5 不同稀释倍数下的抑菌圈平均直径

Tab. 5 Mean diameters of inhibition zone at different dilutions

样品	(mm)					
	原液	稀释 4 倍	稀释 20 倍	稀释 100 倍	稀释 500 倍	稀释 2500 倍
域发喷剂敷料	31.87	30.11	21.47	19.89	14.53	0
采乐	32.07	30.49	25.53	22.42	17.38	0
微生物源性抗菌肽	24.59	20.10	16.17	0	0	0
域发喷剂敷料空白溶剂	13.55	0	0	0	0	0
域发喷剂敷料/采乐洗剂	99.38%	98.75%	84.1%	88.7%	83.6%	0
微生物源性抗菌肽/采乐洗剂	76.68%	65.92%	63.34%	0	0	0
域发喷剂敷料空白溶剂/采乐洗剂	42.25%	0	0	0	0	0

2.2 微量液基稀释法

实验得出：域发喷剂敷料作用于马拉色菌

MIC 值为 0.977 μL/mL；微生物源性抗菌肽作用于马拉色菌 MIC 值为 3.907 μL/mL(见图 6)。

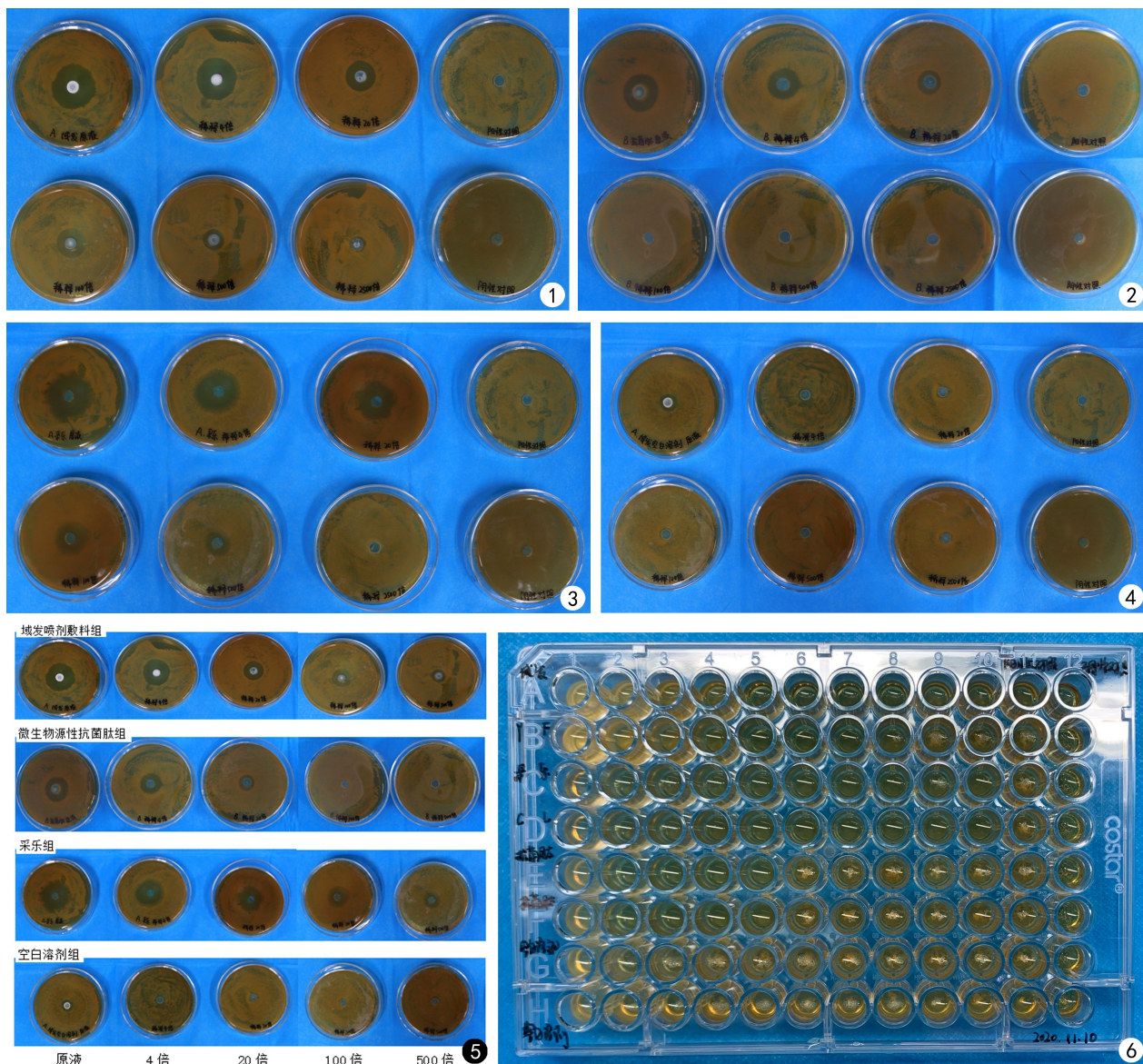


图 1 域发喷剂敷料对马拉色菌的体外抑菌:琼脂平板扩散法(打孔法)培养 72 h 图 2 微生物源性抗菌肽对马拉色菌的体外抑菌:琼脂平板扩散法(打孔法)培养 72 h 图 3 采乐洗剂对马拉色菌的体外抑菌:琼脂平板扩散法(打孔法)培养 72 h 图 4 域发喷剂敷料空白溶剂对马拉色菌的体外抑菌:琼脂平板扩散法(打孔法)培养 72 h 图 5 比较不同稀释倍数下每种药物的抑菌圈直径 图 6 域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽和采乐洗剂体外抑制马拉色菌:微量液基稀释法培养 48 h

Fig. 1 *In vitro* antifungal activity of Medi Hair Spray Dressing against *Malassezia*; agar plate diffusion method(punch method)culture for 72 h Fig. 2 *In vitro* antifungal activity of microbial antimicrobial peptide against *Malassezia*; agar plate diffusion method(punch method) culture for 72 h Fig. 3 *In vitro* antifungal activity of Caile lotion against *Malassezia*; agar plate diffusion method(punch method) culture for 72 h Fig. 4 *In vitro* antifungal activity of blank solvent of Medi Hair Spray Dressing against *Malassezia*; agar plate diffusion method (punch method)culture for 72 h Fig. 5 The inhibition zone diameters of each drug at different dilutions were compared Fig. 6 *In vitro* inhibition of *Malassezia* by Medi Hair Spray Dressing, microbial antimicrobial peptide and Caile lotion; microliquid-based dilution method culture for 48 h

3 讨 论

马拉色菌属于嗜脂性酵母,是人体皮肤正常菌群的一部分,广泛存在于人类和动物皮肤上,在头皮、外耳道、面部、胸背部等皮肤表面可分离出。作

为一种常见的条件致病菌,马拉色菌在某些致病因素的作用下,可引起各种相关性皮肤病^[1],如花斑糠疹、脂溢性皮炎、马拉色菌毛囊炎、特应性皮炎、银屑病、甲真菌病等^[2-3],这些疾病均与马拉色菌的定植密切相关。

市面上有许多去屑洗发水和医用洗发剂用于治疗头皮脂溢性皮炎,这些洗剂中大多数含有酮康唑、二硫化硒、硫氧吡啶锌等活性成分。对于许多头皮屑和脂溢性皮炎的患者来说,现有的去屑产品使用几个周期后便会出现不满意的效果,容易复发。

域发喷剂敷料是一种新型高分子聚合复合物为主成分的抗菌敷料,主要是由基质和主成分两部分组成,基质是由甘油、卡波姆和丁二醇等组成;主成分为一种新型高分子聚合复合物,也由基质和核心成分两部分组成,基质是季铵盐类高分子聚合物,核心成分为抗菌肽。其中季铵盐类高分子聚合物为核心成分载体,不仅起到载体作用,还发挥清洁去脂的功能,间接达到控油抑菌的疗效;核心成分抗菌肽,为微生物来源抗菌肽,具有抑菌功能。该新型高分子聚合复合物是通过季铵盐类高分子聚合物和抗菌肽的协同实现增效作用,从控油、抑菌、修复皮损 3 个方面缓解脂溢性皮炎的主要症状。

抗菌肽又称抗微生物肽或者宿主防御肽,是抗生素的理想替代品之一^[4],在生物体内广泛存在。抗菌肽作用机制与抗生素不同^[5],其具有抗细菌、抗真菌、抗病毒、抗肿瘤、免疫调节等功能^[6-8],抗菌肽是一种新型抗感染药物多肽,不易引起微生物耐药性,其抗真菌作用机制可能为:①阻断和破坏真菌细胞壁的合成;②作用与真菌细胞内线粒体等细胞器,抑制真菌细胞呼吸;③作用于真菌细胞膜,增加细胞通透性^[9],不易产生耐药性^[10],具有热稳定性、耐受性、pH 值稳定性、消化酶稳定性等生物学特征^[11],具有良好的发展前景,临床应用日益广泛。其来源可分为天然抗菌肽和人工抗菌肽。天然抗菌肽又分为动物源性抗菌肽、植物源性抗菌肽和微生物源性抗菌肽等,与动植物源抗菌肽及其他 AMPs 相比,微生物源抗菌肽的研究应用相对缓慢,但具有种类多、功能多样、易大规模获取、生产时限短等优点^[12],因此,微生物源抗菌肽更具发展前景,深受研究者的关注^[13]。

本研究通过琼脂平板扩散法(打孔法)证实了域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽及采乐洗剂在体外均对马拉色菌有不同程度的抑制作用,其抑菌效果与药物浓度呈正相关,三组比较未见明显差异($P > 0.05$);随着域发喷剂敷料浓度的递减,即原液稀释的倍数增加(原液至稀释 4 倍),抑菌圈直径

有所变小,但下降幅度不大,其对马拉色菌的抑制作用与采乐洗剂相当,两组比较未见明显差异($P > 0.05$);域发喷剂敷料浓度更低,即原液稀释的倍数更大(稀释 20~2500 倍),抑菌圈直径明显变小,到稀释至 2500 倍时失去抗菌活性,其对马拉色菌的抑制作用弱于采乐洗剂,相当于采乐洗剂抑菌作用的 80%~90%,两组比较差异有统计学意义($P < 0.05$);微生物源性抗菌肽对马拉色菌的抑制作用弱于域发喷剂敷料、采乐洗剂,每组间比较差异有统计学意义($P < 0.001$)。通过微量液基稀释法证实了域发喷剂敷料的 MIC 值为 0.977 $\mu\text{L}/\text{mL}$;微生物源性抗菌肽的 MIC 值为 3.907 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。

本实验中,域发喷剂敷料、微生物源性抗菌肽及采乐洗剂对马拉色菌均有不同程度的抑制作用,抑菌试验结果采乐洗剂组抑菌作用最强,其次是域发喷剂敷料组、微生物源性抗菌肽组。采乐洗剂是含有酮康唑的治疗头皮脂溢性皮炎的常用洗剂,效果显著。但域发喷剂敷料是一种新型高分子聚合物复合物为主成分的抗菌敷料,其主要成分微生物源性抗菌肽也具有较强的抗真菌作用,通过阻断和破坏真菌细胞壁的合成、抑制真菌细胞呼吸、增加真菌细胞通透性等发挥作用,从而抑制马拉色菌的生长,其次域发喷剂敷料是一种混合物,各物质间相互协同,促使主要成分最大限度地发挥抗真菌作用。

综上,域发喷剂敷料安全性高,不易产生耐药性,不良反应少,使用方便,值得推广应用。

参考文献

- [1] 郑晓欢,郑荣昌,温炬,等. 马拉色菌常见相关疾病的研究进展[J]. 国际医药卫生导报, 2018, 24(15): 2227-2229.
- [2] PARK H, OH J, LEE Y, et al. Inflammasome-mediated inflammation by *Malassezia* in human keratinocytes: A comparative analysis with different strains[J]. Mycoses, 2020;64(3):292-299.
- [3] GAITANIS G, MAGIATIS P, HANTSCHKE M, et al. The *Malassezia* genus in skin and systemic diseases[J]. Clin Microbiol Rev, 2012, 25(1): 106-141.
- [4] 周捷,宁静,于伟,等. 从专利角度分析微生物源抗菌肽研发现状及研发思路[J]. 沈阳药科大学学报, 2019, 36(8): 750-754.
- [5] 奚锦,王文佳,罗绂重,等. 抗菌肽的研究现状[J]. 贵阳中医学院学报, 2019, 41(6): 88-90.

(下转第 41 页)

- [26] 余远遥. 中医特色治疗皮肤病[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 2020:38.
- [27] 李红毅, 陈达灿. 皮肤病学[M]. 北京:科学出版社, 2020:68.
- [28] 徐光勇, 周春英, 孙龙, 等. 甲癣洗剂对正常指甲生长速度影响的研究[J]. 中国中西医结合杂志, 2009, 29(10): 938-939.
- [29] 李世珍. 手足甲癣案[J]. 中国针灸, 2002, 22(5): 66.
- [30] 张会娜. 王萍扶正法治疗甲真菌病探析[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(6): 3407-3409.
- [31] 蒋岚, 孙丽蕴. 中医古代文献对于头疮的病名释义及证治述要[J]. 中国医药导报, 2022, 19(1): 123-127.
- [32] 肖国士, 潘开明. 皮肤病名医医案精选[M]. 北京:北京名世文化文化传媒有限公司, 2017:28-29.
- [33] 孙晓莉, 李宗民. 中药酊剂外搽治疗小儿头癣 85 例疗效观察[J]. 临床合理用药杂志, 2011, 4(23): 91.
- [34] 张丽丽. 黄柏洗剂联合复方酮康唑软膏治疗小儿头癣 22 例[J]. 实用中西医结合临床, 2012, 12(5): 70-72.
- [35] 张昌秦, 陈逸梦, 林雪娟. 六一散加枯矾治疗脚湿气 50 例[J]. 光明中医, 2015, 30(7): 1446-1447.
- [36] 王东, 王强, 任凯芳. 中药塌渍合并盐酸特比萘芬乳膏治疗股癣 60 例[J]. 中国实用医药, 2015, 10(30): 21-22.
- [37] KHAN M S, AHMAD I, CAMEOTRA S S. *Carum copticum* and *Thymus vulgaris* oils inhibit virulence in *Trichophyton rubrum* and *Aspergillus* spp[J]. Braz J Microbiol, 2014, 45(2): 523-531.
- [38] 张石群, 林辉, 苗琦, 等. 覆盆子提取物联合唑类药物抗真菌活性研究[J]. 中国真菌学杂志, 2012, 7(1): 4-7.
- [39] 陶茂灿, 夏修蛟, 曹毅. 黄连解毒汤体外抗真菌活性及其与西药的联合药敏试验研究[J]. 中华中医药学刊, 2009, 27(3): 585-587.
- [40] 王莉, 茅伟安, 吴建华. 药用植物源抗真菌药增效剂研究进展[J]. 中国真菌学杂志, 2014, 9(4): 248-251.
- [41] 夏雅静, 吴永卓, 雷佳银, 等. 我国中草药抗真菌的回顾性分析[J]. 皮肤病与性病, 2019, 41(1): 26-29.
- [42] 王玉连, 吴建华. 中药抗真菌作用研究进展[J]. 世界临床药物, 2018, 39(9): 638-642.

[收稿日期] 2022-04-30

[本文编辑] 卫凤莲

(上接第 23 页)

- [6] AGARWAL G, GABRANI R. Antiviral peptides: identification and validation [J]. Int J Pept Res Ther, 27(1): 149-168.
- [7] MERCER D, TORRES M, DUAY S, et al. Antimicrobial susceptibility testing of antimicrobial peptides to better predict efficacy [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2020, 10: 326. DOI: 10.3389/fcimb.2020.00326.
- [8] CHEN C, LU T. Development and challenges of antimicrobial peptides for therapeutic applications [J]. Antibiotics (Basel), 2020, 9(1): 24.
- [9] 黄小建, 李跃龙, 戚南山, 等. 抗菌肽的生物学活性及其在畜禽生产中的作用 [J]. 动物医学进展, 2020, 41(12): 115-119.
- [10] 李云香, 姚倩, 任玫, 等. 抗菌肽作用机制研究进展 [J]. 动物医学进展, 2019, 40(9): 98-103.
- [11] 徐珂, 张丽萍, 张园园, 等. 微生物源抗菌肽表达系统研究进展及改造策略 [J]. 河北科技大学学报, 2019, 40(5): 454-460.
- [12] 陈亮, 李瑞静, 黄亮, 等. 微生物抗菌肽及其在动物生产中的应用 [J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(2): 15-19.
- [13] PISOSCHI A, POP A, GEORGESCU C, et al. An overview of natural antimicrobials role in food [J]. Eur J Med Chem, 2018, 143: 922-935. DOI: 10.1016/j.ejmech.2017.11.095.

[收稿日期] 2021-08-02

[本文编辑] 陈雪红