

- KATP-channels in the cardioprotection of preconditioning and postconditioning by sevoflurane in the rat in vivo. *Anesth Analg*, 2005, 101:1252-1260.
- 37 El Azab SR, Rosseel PM, De Lange JJ, et al. Effect of sevoflurane on the ex vivo secretion of TNF-alpha during and after coronary artery bypass surgery. *Eur J Anaesthesiol*, 2003, 20:380-384.
- 38 Conzen PF, Fischer S, Detter C, et al. Sevoflurane provides greater protection of the myocardium than propofol in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery. *Anesthesiology*, 2003, 99:826-833.
- 39 Bein B, Renner J, Caliebe D, et al. The effects of interrupted or continuous administration of sevoflurane on preconditioning before cardio-pulmonary bypass in coronary artery surgery: comparison with continuous

- propofol. *Anaesthesia*, 2008, 63:1046-1055.
- 40 De Hert SG, Van der Linden PJ, Crombeecke S, et al. Choice of primary anesthetic regimen can influence intensive care unit length of stay after coronary surgery with cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*, 2004, 101:9-20.
- 41 Yu CH, Beattie WS. The effects of volatile anesthetics on cardiac ischemic complications and mortality in CABG: a metaanalysis. *Can J Anaesth*, 2006, 53:906-918.
- 42 Preckel B, Bolten J. Pharmacology of modern volatile anaesthetics. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2005, 19:331-348.

(收稿日期:2014-08-17)

doi:10.3969/j.issn.1002-7386.2015.01.039

· 综述与讲座 ·

灵芝孢子粉抗肿瘤活性的研究进展

王卫霄 吕艳茹 姚苗苗 张晓静 杜晓欣 赵素芬

【关键词】 灵芝孢子粉;抗肿瘤活性

【中图分类号】 R 979.1 【文献标识码】 A 【文章编号】 1002-7386(2015)01-0105-04

灵芝[*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst]是一种珍贵的药用真菌,属于担子菌门(Basidiomycota)担子菌纲(Basidiomycetes)多孔菌科(Polyporaceae)灵芝属(*Ganoderma*),又称“灵芝草”、“仙草”、“长生草”,在我国有悠久的药用历史^[1]。传统中医视之为名贵滋补类药材,有扶正固本、延年益寿之功效。灵芝孢子(*Ganoderma lucidum* spore)是灵芝生长成熟期从菌盖弹射出来极其细小的种子,为灵芝的生殖细胞,是灵芝的精华部分,具有灵芝的全部遗传活性物质,主要有效成分除多糖类、三萜类、肽类,还富含多种氨基酸、寡糖、脂肪酸以及微量元素。灵芝孢子是灵芝的一种繁殖结构,具有坚韧的外壁,破壁后更有利于机体的吸收,其中含有比灵芝更丰富的多糖肽、腺嘌呤核苷、蛋白质、酶类、硒元素等特殊成份,其药理作用主要有抗肿瘤^[2-4],抗炎、保肝、降血清胆固醇、降血糖、抗辐射、增强免疫功能^[5],抗病毒作用^[6],并对神经、心血管和呼吸系统有调节改善作用。有研究表明灵芝孢子粉可增强免疫功能,并对多种移植性动物肿瘤有明显的抑制作用^[7,8]。近年来,对灵芝孢子粉的抗肿瘤研究和利用越来越受到国内外学者的重视,尤其在加拿大、美国以及亚洲国家如中国、韩国、日本对其有

较为深入的研究。本文对灵芝孢子在肿瘤治疗方面的研究进展进行综述。

1 灵芝及灵芝孢子的结构及生物学性状

我国现有灵芝属真菌 66 种,分布于我国多达 23 个省市,多为野生,主要有灵芝(*Ganoderma lucidum*) (又名红芝、赤芝),紫芝(*G. japonicum*)即中国灵芝,薄盖灵芝(*G. capense*),树舌芝(*G. applanatum*),云芝(*G. polystictus*)等。其中以灵芝和紫芝药用价值最高,被视为珍贵的中药材。在《中华人民共和国药典》上收入作为药材灵芝来源的是赤芝[*Ganoderma lucidum* (Leys. exFr.) Karst]或紫芝[*Ganoderma japonicum* (Fr.) Lloyd]^[9]。目前国家卫生部已批准灵芝为食品新资源;《美国草药药典与治疗概要》也收录了灵芝。

灵芝孢子是灵芝的种子细胞呈褐色卵形,大小为(8.5~11.2) μm × (5.2~6.9) μm (1~2) μm,细胞壁是极其坚固的双层结构骨架,褐色内层壁上有许多针状小突起伸入透明光滑的孢子壁外层^[10]。

灵芝孢子内含有比灵芝更丰富的多糖肽、腺嘌呤核苷、蛋白质、酶、三萜类、有机锗、微量元素等成分^[11],其所含有的灵芝多糖、灵芝酸、有机锗、有机硒等营养物质是灵芝子实体的数十倍,并且其在增强机体免疫功能和抑制肿瘤的药效方面远远超过其母体灵芝^[7,12-14]。

2 灵芝孢子的破壁

组成灵芝孢子细胞壁的物质为几丁质和肽聚糖(Peptidoglycan),由于聚糖链上所存在的肽键数量多,

作者单位:052160 河北省藁城市人民医院妇产科(王卫霄);河北医科大学(吕艳茹、姚苗苗、张晓静、杜晓欣);河北医科大学第二医院妇产科(赵素芬)

通讯作者:赵素芬,050000 河北医科大学第二医院;

E-mail:zhaosfchina@hotmail.com

交联程度紧密致使结构十分致密,导致强度很高,质地坚硬,且耐酸碱。灵芝孢子粉的活性部位主要在壁内,服用未破壁的灵芝孢子后必须依靠胃酸和人体的生物酶的作用,将细胞壁溶解后,孢子细胞内的营养物质才能被人体所吸收。因为孢子细胞在人体内停留时间有限,限制了人们对孢子内有效物质的消化吸收,极易造成孢子细胞的浪费;同时也限制了对其化学成分及生物活性成分的研究。为利于孢子细胞内营养物质在人体内快速释放而达到充分利用灵芝孢子内的有效物质以提高药效的目的,须对灵芝孢子进行破壁处理,破壁处理后的孢子壁则残缺不全,内容物呈不规则团块状。

采用物理手段及一般的化学方法很难破坏灵芝孢子的双层壁,有效的灵芝孢子破壁方法可以促进其生物活性成分的提取及药用价值的研究。常用的破壁方法有酶法、振动磨法和超微粉碎法^[15],过冷液氮淬冷法^[16,17],低温玻璃化破碎法^[17]等。李淑芳等^[18]利用萌发破壁法、超微粉碎法、酶解法这三种方法的综合法破壁,取得满意的破壁率。洪亮^[19]采用超音速气流破壁法破壁可使灵芝孢子粉破壁率达到 98% 以上,该法破壁的灵芝孢子醇提取物及水提取物的抗氧化活性比未破壁者明显升高。破壁后醇提取物的 DPPH(1,1-二苯基苦基苯肼)、ABTS(2,2'-偶氮-双(3-乙苯基-噻唑啉-6-硫酸)和羟自由基清除率的 EC50 较未破壁灵芝孢子粉分别低 46.53%、77.11% 和 69.51%,FRAP 值和 ORAC 值分别高出 287.87% 和 30.18%。倪江洪等^[20]的研究中破壁孢子提取液的多糖含量明显高于不破壁孢子,而且破壁孢子中多糖更容易提取。鲍幸峰^[21]等研究了破壁前后灵芝孢子粉多糖的提取,提示在 37℃、沸水浴及水煮条件下,破壁比未破壁孢子的多糖释放能力分别强 118.4%、87.5% 和 69.6%。

3 灵芝孢子的生物活性物质及其抗癌活性

灵芝所含化学成分复杂,目前已知的有糖类(还原糖和多糖)、氨基酸、蛋白质、多肽、甾类、三萜类、挥发油、香豆精苷、生物碱、树脂、油脂、多种酶类、微量元素等。包括了人体所必需的营养物质,同时还是人体健康所必需的膳食纤维的很好来源。

灵芝的有效化学成分一直是人们关注的焦点。现已知灵芝多糖类化合物和灵芝三萜类化合物是灵芝的关键药效成分^[22]。其成分分为醇溶性和水溶性两种,醇溶性物质为灵芝孢子油,其中脂肪酸占 70% 左右(大部分是不饱和脂肪酸),三萜类物质占 20% 左右;水溶性物质主要为灵芝多糖类化合物。

3.1 灵芝孢子粉多糖 灵芝孢子粉多糖(Canoderma

Lucidum spore polysaccharide)是灵芝孢子粉的主要有效成分,是灵芝孢子重要药理活性的体现者,具有多种药理学活性。灵芝孢子粉多糖的相对分子质量在 50 000 以上,主要以 β -葡聚糖为主^[12,23]。此外,还有甘露葡聚糖、阿拉伯半乳糖、肽多糖、杂多糖、半乳糖等。

灵芝多糖具有抗肿瘤及提高肌体免疫活性的功能^[24,25],是灵芝具有扶正固本的主要有效成分。灵芝多糖的抗肿瘤作用最初发现于移植性肉瘤小鼠的腹水中^[26]。多糖的化学结构与其生物活性功能关系密切,当多糖的分子量 $> 1 \times 10^4$ 时才显示出强的抑制肿瘤的活性,且 α -葡聚糖和 β -葡聚糖的抗癌功能也有区别, α 型结构多无活性^[27],其在主链上的取代度和侧链长度(且活性强弱与多糖链支的程度及支链上羟基取代的数量)是决定水溶液中的构象和 β -D-(1-3)葡聚糖具有生物活性的非常重要的因素^[28,29]。灵芝多糖的抗癌活性是通过与 β -葡聚糖结合的补体受体 3(CR3)介导的^[30]。倪惠芳等^[31]试验,2 组小鼠分别先服灵芝多糖和蒸馏水,然后在其足趾上接种肺癌细胞和结肠癌细胞,再连续给服灵芝多糖和蒸馏水,连续服 10 d,结果服灵芝多糖鼠足趾肺癌细胞瘤重为 0.52 g,肠癌细胞瘤重为 0.475 g,而对照组瘤重分别为 1.21 g 和 0.945 g,灵芝多糖对肿瘤的抑制率达 50% 以上。进一步分析发现服过灵芝多糖的小鼠血清中含有丰富的肿瘤免疫因子如白细胞介素-2(IL-2)、肿瘤坏死因子(TNF- α)和干扰素(α IFN),表明灵芝多糖是通过提高机体肿瘤免疫因子抑制肿瘤生长。李建军等^[8]给 Balb/c 小鼠皮下接种 S-180 肉瘤后,灵芝提取物(GLE)5、10、20 g(生药)/kg 及灵芝多糖灌胃,共 10 d,可显著抑制 S-180 肉瘤生长,其抑瘤率分别为 22.77%、41.58% 和 60.89%。灵芝多糖与环磷酰胺(cyclophosphamide, Cy)并用还能增强后者的抗肿瘤作用。

灵芝多糖可以通过刺激自然杀伤细胞、T 细胞、B 细胞及巨噬细胞的免疫应答而激活宿主的免疫反应而抑制了肿瘤的形成和转移^[32]。灵芝多糖具有化学预防作用,这种作用是通过诱导谷胱甘肽转移酶(GST)的活性来调节的^[33]。有研究发现灵芝的不同部位提取出来的灵芝多糖的抗肿瘤活性也不相同^[34]。

3.2 三萜类化合物 三萜类化合物是灵芝中另一类主要的有效成分,是灵芝药用功效的主要物质基础之一^[35],其化学结构为高度氧化的羊毛甾烷衍生物,具有较高的脂溶性,分子量一般为 400~600。三萜类化合物化学结构较复杂,目前已知有 7 种不同的母核结

构,在母核上有多个不同的取代基,常见有羧基、羟基、酮基、甲基、乙酰基和甲氧基等。由于灵芝三萜类化学成分结构的多样性,并且其种类多,化学结构多样,因此其具有较广泛的药理作用^[36,37],如保肝、抗肿瘤、抗微生物、抗高血压;抗 HIV-1 及 HIV-1 蛋白酶活性;抑制组胺释放;抑制血管紧张素转化酶;抑制血小板聚集;抗氧化等重要作用^[38]。

三萜类萜烯酸是其主要苦味成分^[39],如灵芝酸(gandenin acid) A、B、C、D、E、G、I、L、 α 、DM、ma、mb、mc、md、mg;赤芝酸(lucidinic acid) A、B、C、D、E、F、O; tsugaric acid A、B。首次分离到三萜类化合物的主要成分灵芝酸 A (ganoderic acid A) 和灵芝酸 B (ganoderic acid B) 是于 1982 年由 Kubota 等^[39]完成的,之后相继有新的三萜类化合物自灵芝孢子分离得到^[6,40],目前各种灵芝中分离到的三萜类化合物已达 100 多种。Tothjo 等^[41]首次报道了灵芝三萜类化合物的药理活性,利用提取得到的 6 种有细胞毒活性的三萜类化合物 ganoderic acid U、V、W、X、Y 和 Z 进行体外实验,结果表明三萜类化合物能明显抑制小鼠肝癌(HTC)细胞的增殖。Lin 等^[42]分离到灵芝醛 A 和双氢灵芝醛 A,体外实验表明两者有较强的抑瘤活性,对人肝癌细胞和 KB 细胞 ED50 值均在 1~11 $\mu\text{g}/\text{ml}$,并且以灵芝醛 A 作用最强。Kimura 等^[43]的研究表明三萜成份 ganoderic acid F 在 100~200 mg/kg 能抑制脾脏的实体瘤生长,并且能明显抑制肿瘤细胞转移;当三萜成份达到 800 $\mu\text{g}/\text{ml}$,可抑制肿瘤血管生成。灵芝酸可以通过阻断人肝癌细胞株 BEL7402 细胞周期 G1 期向 S 期转变,使细胞周期停滞从而抑制癌细胞的生长,在浓度 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 时,其抑制率可以达到 70%^[44]。灵芝三萜可以诱导 HeLa 细胞 G0-G1 期停滞,蛋白质组学研究显示它可以导致蛋白质 14 的可调节型表达,蛋白质 14 对细胞增殖,细胞周期、凋亡和氧化应激起着重要的作用^[45]。灵芝三萜对多种肿瘤细胞的生长和转移都有抑制作用。自南方灵芝(*Ganoderma australe*)分离出的 applanoxidic acid A、C、F 和 G 可以抑制人早幼粒白血病细胞系(HL-60 cell line)的生长与增殖^[46]。

参考文献

- 郭春沅. 灵芝的药理研究综述. 中国食用菌, 1998, 17: 34-35.
- 吴珍珠. 灵芝孢子抗肿瘤的作用机制. 细胞与分子免疫学杂志, 2006, 22: 836-837.
- Calvino E, Manjon JI, Sancho P, et al. *Ganoderma lucidum* induced apoptosis in NB4 human leukemia cells; involvement of Akt and Erkl. *J Ethnopharmacol*, 2010, 128: 71-78.
- Lin Zb, Zhang Hn. Anti-tumor and immunoregulatory activities of *Ganoderma lucidum* and its possible mechanisms. *Acta Pharmacol Sin*, 2004, 25: 1387-1395.
- Yeh Cm, Yeh Ck, Hsu Xy, et al. Extracellular expression of a functional recombinant *Ganoderma lucidum* immunomodulatory protein by *Bacillus subtilis* and *Lactococcus lactis*. *Appl Environ Microbiol*, 2008, 74: 1039-1049.
- Min Bs, Nakamura N, Miyashiro H, et al. Triterpenes from the spores of *Ganoderma lucidum* and their inhibitory activity against HIV-1 protease. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 1998, 46: 1607-1612.
- Lu Qy, Jin Ys, Zhang Q, et al. *Ganoderma lucidum* extracts inhibit growth and induce actin polymerization in bladder cancer cells in vitro. *Cancer Lett*, 2004, 216: 9-20.
- 李建军, 雷林生, 余传林 等. 灵芝多糖抗肿瘤作用的免疫学相关性研究. *中药材*, 2007, 30: 71-73.
- 国家药典委员会主编. 中华人民共和国药典. 第 1 部. 北京: 化学工业出版社, 2000. 147.
- 陈体强. 灵芝、紫芝担孢子及其孢壁的超微结构. *福建农业学报*, 1998, 13: 34-40.
- 林志彬, 王鹏云. 灵芝孢子及其活性成分的药理研究. *北京大学学报(医学版)* 2006, 38: 541-547.
- 张秀娟, 徐春红, 于慧茹, 等. 灵芝多糖与灵芝孢子粉生物活性的差异. *哈尔滨商业大学学报(自然科学版)*, 2005, 21: 555-557.
- Akihisa T, Nakamura Y, Tagata M, et al. Anti-inflammatory and anti-tumor-promoting effects of triterpene acids and sterols from the fungus *Ganoderma lucidum*. *Chem Biodivers*, 2007, 4: 224-231.
- Liu X, Wang JH, Yuan JP. Pharmacological and anti-tumor activities of *ganoderma* spores processed by top-down approaches. *J Nanosci Nanotechnol*, 2005, 5: 2001-2013.
- 张守勤. 灵芝孢子使用方法与破壁技术研究进展. *农业机械学报*, 2004, 35: 160-162.
- 周顺华, 陶乐仁, 刘宝林, 等. 一种新的灵芝孢子破壁工艺-过液氮淬冷破壁. *食品科学*, 2002, 23: 80-83.
- 周顺华, 刘宝林, 焦岩, 等. 一种新的低温玻璃化破碎技术. *低温工程*, 2000, 117: 19-24.
- 李淑芳, 张志军, 李海德. 灵芝孢子油提取研究及灵芝孢子破壁技术的研究. *中国食用菌*, 2008, 27: 34-36.
- 洪亮. 破壁灵芝孢子粉的制备及体外抗氧化活性研究. *浙江食用菌*, 2009, 17: 55-58.
- 倪江洪, 宋炳生, 李汉宝, 等. 灵芝孢子破壁对其多糖提取率的影响. *中草药*, 2002, 33: 422.
- 鲍幸峰, 方积年. 赤芝孢子粉破壁前后多糖释放能力比较研究. *中国中药杂志*, 2001, 26: 326-328.
- Harhaji Trajkovic LM, Mijatovic SA, Maksimovic-Ivanic DD, et al. Anti-cancer properties of *Ganoderma lucidum* methanol extracts in vitro and in vivo. *Nutr Cancer*, 2009, 61: 696-707.
- 赵桂梅, 张丽霞, 于挺敏, 等. 灵芝孢子粉水溶性多糖的分离、纯化及结构研究. *天然产物研究与开发*, 2005, 17: 182-185.
- 李平作, 章克昌. 灵芝孢外多糖的分离纯化及生物活性. *微生物学报*, 2000, 40: 217-220.
- Bao XF, Dong Q, Fang JN. Structure and Conformation Behavior of a Glucan from Spores of *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karstl. *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)*, 2000, 32: 557-561.
- Miyazaki T, Nishijima M. Studies on fungal polysaccharides. XXVII. Structural examination of a water-soluble, antitumor polysaccharide of *Ganoderma lucidum*. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 1981, 29: 3611-3616.
- 殷勤燕. 灵芝抗肿瘤作用的研究现状. *中国食用菌*, 1996, 15: 28.
- Bao X, Liu C, Fang J, et al. Structural and immunological studies of a major polysaccharide from spores of *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. *Carbohydr Res*, 2001, 332: 67-74.
- Misaki A, Kakuta M, Sasaki T, et al. Studies on interrelation of structure and antitumor effects of polysaccharides: antitumor action of periodate-modified, branched (1 goes to 3)-beta-D-glucan of *Auricularia auricula-*

- judae, and other polysaccharides containing (1 goes to 3)-glycosidic linkages. *Carbohydr Res*, 1981, 92:115-129.
- 30 Yan J, Vetvicka V, Xia Y, et al. Beta-glucan, a "specific" biologic response modifier that uses antibodies to target tumors for cytotoxic recognition by leukocyte complement receptor type 3 (CD11b/CD18). *J Immunol*, 1999, 163:3045-3052.
- 31 倪惠芳, 闵三弟, 臧珍娣, 等. 灵芝多糖抑制小鼠足趾肺癌细胞生长. *食用菌学报*, 1996, 3:21-26.
- 32 Wasser Sp. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2002, 60:258-274.
- 33 Kim Hs, Kacew S, Lee Bm. In vitro chemopreventive effects of plant polysaccharides (*Aloe barbadensis miller*, *Lentinus edodes*, *Ganoderma lucidum* and *Coriolus versicolor*). *Carcinogenesis*, 1999, 20:1637-1640.
- 34 Yue Gg, Fung Kp, Leung Pc, et al. Comparative studies on the immunomodulatory and antitumor activities of the different parts of fruiting body of *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma* spores. *Phytother Res*, 2008, 22:1282-1291.
- 35 Koyama K, Imaizumi T, Akiba M, et al. Antinociceptive components of *Ganoderma lucidum*. *Planta Med*, 1997, 63:224-227.
- 36 罗俊, 林志彬. 灵芝三萜类化合物药理作用研究进展. *药学学报*, 2002, 37:574-578.
- 37 高建莉, 禹志领. 灵芝三萜类成分研究进展. *中国食用菌*, 2005, 24:6-11.
- 38 Boh B, Berovic M, Zhang J, et al. *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds. *Biotechnol Annu Rev*, 2007, 13:265-301.
- 39 Kubota T Ay, Miura I, et al. Structures of ganoderic acid A and B, two new lanostane type bitter triterpenes from *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. *Helv Chim Acta* 1982, 65:611-619.
- 40 Min Bs, Gao Jj, Nakamura N, et al. Triterpenes from the spores of *Ganoderma lucidum* and their cytotoxicity against meth-A and LLC tumor cells. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 2000, 48:1026-1033.
- 41 Tothjo, Luubanggetguyourisson. Lesacides ganoderiques T à Z: triterpenes cytotoxi quesde *Ganoderma lucidum* (Polyporacée). *Tetrahedron Lett*, 1983, 24:1081.
- 42 Lin Cn, Tome Wp, Won Sj. Novel cytotoxic principles of Formosan *Ganoderma lucidum*. *J Nat Prod*, 1991, 54:998-1002.
- 43 Kimura Y, Taniguchi M, Baba K. Antitumor and antimetastatic effects on liver of triterpenoid fractions of *Ganoderma lucidum*; mechanism of action and isolation of an active substance. *Anticancer Res*, 2002, 22:3309-3318.
- 44 Yang Hl. Ganoderic acid produced from submerged culture of *Ganoderma lucidum* induces cell cycle arrest and cytotoxicity in human hepatoma cell line BEL7402. *Biotechnol Lett*, 2005, 27:835-838.
- 45 Yue Qx, Xie Fb, Guan Sh, et al. Interaction of *Ganoderma* triterpenes with doxorubicin and proteomic characterization of the possible molecular targets of *Ganoderma* triterpenes. *Cancer Sci*, 2008, 99:1461-1470.
- 46 Francisco León Mv, Augusto Rivera, et al. Novel Cytostatic Lanostanoid Triterpenes from *Ganoderma australe*. *Helvetica Chimica Acta*, 2003, 86:3088-3095.

(收稿日期:2014-08-12)

doi:10.3969/j.issn.1002-7386.2015.01.040

· 综述与讲座 ·

肠道菌群与微生态制剂

庞超 王玉珍

【关键词】 肠道菌群; 小肠细菌过度生长; 微生态制剂

【中图分类号】 R 333.5 【文献标识码】 A 【文章编号】 1002-7386(2015)01-0108-03

肠道菌群与人体有着非常密切的联系,越来越多的研究显示,正常菌群在消化、免疫和抗病方面有着不可替代的作用,而菌群失调更是与许多疾病的发生、发展及转归密切相关。本文就肠道菌群的组成、数量、与疾病的关系及微生态制剂的应用做一综述。

1 胃肠道菌群的概况

肠道微生态系统是人体最复杂的微生态系统。成人胃肠道中定植着 1 000 ~ 1 150 种菌种,微生物数量多达 1 013 ~ 1 014 个,约为人体细胞总数的 10 倍以上^[1],主要由需氧菌、厌氧菌和兼性厌氧菌组成,其中厌氧菌占 99% 以上,仅双歧杆菌和类杆菌就占细菌总数的 90% 以上^[2]。正常情况下,由于胃酸的杀菌作用和肠

蠕动,小肠近端细菌的种类及数量极少,主要需氧菌,而回盲部近端细菌数可高达 109 cfu/ml,主要为革兰阴性厌氧菌。至结肠,细菌种类和数量明显增加,浓度可高达 1 012 cfu/ml,主要由厌氧菌如双歧杆菌、类杆菌、乳酸杆菌和梭菌构成,其中厌氧菌约为需氧菌数量的 100 ~ 1 000 倍^[3]。肠内菌群保持共生或拮抗关系,维持微生态平衡。

2 肠道菌群的功能

肠道正常菌群与宿主存在共生关系,宿主为肠道菌群生存提供营养环境,肠道菌群则能影响肠道多种功能,为宿主提供自身不能完成的生理功能。

无菌动物学研究发现肠道菌群参与黏膜免疫系统的调控,无菌小鼠与正常小鼠相比,其肠相关淋巴组织发育差,产生分泌型 IgA 的浆细胞数量减少,CD4 阳性 T 细胞百分数下降,肠道 T 细胞数下降^[4]。肠道菌群还能通过细胞壁成分激活宿主免疫系统使免疫细胞活

作者单位: 050017 石家庄市,河北医科大学研究生学院(庞超);
河北省人民医院消化科(王玉珍)

通讯作者: 王玉珍, 050000 河北省人民医院消化科;

E-mail: wyzhen211@126.com