

- following prednisolone therapy[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1967, 39(1): 76-83.
- [17] Sasaki GH, Pang CY, Wittliff JL. Pathogenesis and treatment of infant skin strawberry hemangiomas: clinical and in vitro studies of hormonal effects[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1984, 73(3): 359-370.
- [18] 俞松, 刘文英, 唐耘熯, 等. 糖皮质激素治疗血管瘤的实验研究[J]. *中华医学杂志*, 2005, 85(16): 1121-1124.
- [19] 陈光, 黄庆军, 王永海. 平阳霉素抑制血管瘤血管内皮细胞增殖的体外实验[J]. *北京口腔医学*, 1999, 7(1): 29-30.
- [20] Hou J, Wang M, Tang H, et al. Pingyangmycin sclerotherapy for infantile hemangiomas in oral and maxillofacial regions: an evaluation of 66 consecutive patients[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 40(11): 1246-1251.
- [21] Luo QF, Zhao FY. The effects of Bleomycin A5 on infantile maxillofacial haemangioma[J]. *Head Face Med*, 2011, 7: 11.
- [22] Luo Q, Zhao F. How to use bleomycin A5 for infantile maxillofacial haemangiomas: clinical evaluation of 82 consecutive cases[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2011, 39(7): 482-486.
- [23] 刘文书, 明智慧. 平阳霉素治疗口腔颌面部血管瘤 552 例分析[J]. *中国误诊学杂志*, 2010, 10(36): 9044-9045.
- [24] 郑家伟, 陈传俊, 张志愿. 平阳霉素瘤内注射治疗口腔颌面部血管瘤、血管畸形的系统评价[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2003, 1(2): 102-105.
- [25] 李莉辉. 头面部血管瘤患儿家长的心理问题分析及护理对策[J]. *赣南医学院学报*, 2014, 34(5): 820.

(收稿日期: 2017-03-19)

## 深部真菌感染研究进展

朱丽芳 综述, 李 强 审校(成都航天医院检验科, 四川 成都 610100)

【关键词】 真菌病/诊断; 真菌病/治疗; 危险因素; 实验室技术和方法; 综述

doi: 10.3969/j.issn.1009-5519.2017.16.028

文献标识码: A

文章编号: 1009-5519(2017)16-2484-04

目前, 随着免疫低下人群增加, 广谱抗生素、皮质类固醇激素、免疫抑制剂的大量使用, 以及器官(骨髓)移植、气管插管、介入手术等医疗侵入性操作的广泛开展, 导致真菌感染发病率不断上升<sup>[1-3]</sup>。真菌感染可分为浅部真菌感染和深部真菌感染, 浅部真菌感染指表层皮肤、毛发及指甲受到真菌感染, 是一种常见病、多发病, 一般不会致人死亡<sup>[4]</sup>; 深部真菌感染指表皮角质层以下深部皮肤结构、黏膜、肌肉、血液及内脏器官遭受真菌感染, 其危害性大, 病死率高, 通常称为侵袭性真菌病<sup>[5]</sup>。20 世纪 80 年代以来侵袭性真菌病发病率逐渐升高, 日益成为危害人类健康及生命安全的重要因素, 特别是免疫功能低下者、伴严重基础疾病住院患者等<sup>[6-7]</sup>。因此, 对深部真菌感染的研究具有切实的意义, 本文就深部真菌感染研究进展作一综述, 以期能有助于临床诊疗。

### 1 危险因素

当某些高危因素存在时应警惕深部真菌感染的发生, 常见危险因素如下。

**1.1 年龄** 年龄虽非一个独立的危险因素, 但随着年龄增长, 各系统生理功能减弱, 机体免疫力下降, 对病原菌入侵的反应及抵抗力下降, 加上老年患者常合并多种慢性病, 增加了真菌感染发病率<sup>[8]</sup>; 另一方面, 1 岁以下婴幼儿由于免疫系统尚未发育成熟, 较其他年龄段儿童更易发生深部真菌感染<sup>[4]</sup>。

**1.2 药物的使用** 长期应用广谱抗生素、糖皮质激素、免疫抑制剂等。广谱抗生素的大量长期使用造成人体内正常菌群失调、机体微生态失衡, 使感染真菌的概率增加<sup>[9]</sup>。黄婷婷等<sup>[8]</sup>研究表明, 一些抗生素可促进真菌的

生长, 增加其毒力, 引发二重真菌感染。糖皮质激素及免疫抑制剂的使用可造成患者免疫力下降, 为深部真菌感染提供了可能。

**1.3 基础性疾病** 如肺部真菌感染常继发于肺疾病, 王静<sup>[10]</sup>分析了 62 例呼吸内科住院患者真菌感染的临床资料, 研究结果支持这一结论。其他基础疾病还包括糖尿病、肿瘤、贫血、低蛋白血症、艾滋病、白血病、慢性肾病、慢性心功能不全、多脏器功能衰竭、循环系统疾病等<sup>[4, 8]</sup>。杜贻豹等<sup>[11]</sup>研究了普外科深部真菌感染疾病构成, 结果显示, 主要有急性胰腺炎、肝、胆、胰、胃肠道恶性肿瘤等。

**1.4 侵入性操作** 侵入性操作首先破坏了人体正常组织及解剖结构, 如中心静脉导管等体腔导管可破坏人体天然屏障, 为真菌的入侵打开门户; 心、肺及胸腔部位的操作更使得真菌可与肺部直接接触, 为感染提供了可能<sup>[9]</sup>。其他侵入性操作, 如器官(骨髓)移植、气管插管、使用呼吸机、留置导尿管、介入手术等也是真菌感染高危因素<sup>[2, 12]</sup>。此外, 住院时间过长(>2 周)<sup>[11]</sup>, 特别是在重症监护病房住院时间大于 5 d 者<sup>[4]</sup>, 也会增加真菌感染的风险。临床应警惕上述危险因素, 以便及时进行诊治。

### 2 病原学分布

真菌感染的流行病学正在发生变化<sup>[13]</sup>。如今在全球范围内引起严重感染的条件致病真菌种类逐年增加, 但最重要的仍是念珠菌属<sup>[7]</sup>。而国外流行病学调查研究发现, 念珠菌属中占比最高的白念珠菌临床分离率有所降低, 非白念珠菌比例正在升高<sup>[7]</sup>。国内许多研究也支持这一观点<sup>[14-15]</sup>。国内某三甲医院的一项调查结果却显示, 在该院所有念珠菌血症患者中, 热带念珠菌的分离

率居首位(28.6%),超过了白念珠菌(23.3%),其后为近平滑念珠菌(19.5%)及光滑念珠菌(8.3%)<sup>[16]</sup>。这也表明就某具体医院而言,存在非白念珠菌发病率高于白念珠菌的情况。除念珠菌属外,隐球菌属、酵母菌属、毛孢子菌属、毕赤氏酵母菌属、红酵母菌属等导致的感染也存在很大危害,致死率高<sup>[14,17]</sup>。

马丽等<sup>[18]</sup>则认为,曲霉菌是继念珠菌属之后引起深部真菌感染的第 2 位条件致病真菌。刘波<sup>[2]</sup>分析了所在医院真菌分布的科室,结果显示,重症医学科占比最高(23%),其次为呼吸科(19%)、血液科(18%)、肿瘤科(13%)、风湿免疫科(11%)等;标本的真菌检出率以痰液最高(38%),其次为血液(27%)、尿液(23%)等,与黄淑芬<sup>[1]</sup>的研究结果有所出入。黄淑芬<sup>[1]</sup>研究表明,老干科感染率最高。表明真菌感染的科室分布及阳性标本来源有所区别,可能与医院科室结构及是否正确留取标本有关。

### 3 实验室检查

深部真菌感染的传统实验室检查方法有直接镜检、真菌培养及组织病理学检查。但这些方法耗时长,阳性率低,标本易污染,已越来越难以满足日益增加的临床需求。而一些新技术的使用使真菌的早期诊断成为可能。

**3.1 直接镜检** 直接镜检是真菌检查最经典的方法,有快速、简便的特点<sup>[19]</sup>,分为浮载液直接镜检及涂片染色直接镜检<sup>[20]</sup>。检查结果对荚膜组织胞浆菌病、皮炎芽生菌及马尼菲青霉菌等具有确诊意义<sup>[19]</sup>。但其阳性率低,阴性结果不能排除真菌感染<sup>[21]</sup>。刘昶等<sup>[22]</sup>认为,真菌感染高危患者反复痰涂片镜检平均 3.5 次时特异性和灵敏度较高,可提高早期诊断效率。

**3.2 真菌培养** 真菌培养仍为真菌学检查的“金标准”,可直接观察真菌形态、明确病原菌种类,结合药敏试验可为临床诊治提供可靠依据。采用显色培养基及商品化试剂盒鉴定酵母菌,可较好满足临床需求<sup>[5]</sup>。但另一方面真菌培养具有耗时长、易污染、灵敏度低、无法区分定植菌及感染菌等缺点<sup>[20]</sup>。一般培养需 3~7 d,甚至更长时间,加上其灵敏度低,不能为临床提供早期诊断依据。而真菌感染早期诊断是抗真菌治疗成败的关键<sup>[23]</sup>,若过于依赖真菌培养结果可能会错过治疗的最佳时期。

**3.3 组织病理学检查** 该方法对真菌感染的诊断具有确诊意义<sup>[19]</sup>,若在组织切片中观察到真菌孢子及菌丝,是深部真菌感染的有力诊断证据,结合特殊染色,甚至比直接镜检及真菌培养诊断的意义更大<sup>[5,19]</sup>。但该方法具有创伤性,部分患者难以忍受,进而取材受限,加上在有凝血功能异常和血小板减少等症状的危重患者中并不适用,从而采用此方法确诊的病例较少<sup>[1]</sup>。通过切片、染色等处理耗时长,也不利于早期诊断<sup>[1,19]</sup>。

**3.4 血清学检查** 血清学检查是目前诊断深部真菌感

染的重要手段包括抗原、抗体检测及代谢产物检测。该方法可快速获得结果,有助于早期诊断<sup>[5]</sup>。

**3.4.1 (1,3)- $\beta$ -D-葡聚糖定量检测**[(1,3)-beta-D-glucan detection, G test, G 试验] (1,3)- $\beta$ -D-葡聚糖广泛存在于真菌细胞壁中,是其特有成分,占细胞干质量的 50% 以上<sup>[23]</sup>。人体细胞、病毒、原核生物等不含有该成分,这一特点使其成为检测深部真菌感染的理想标志物<sup>[22]</sup>。真菌进入机体血液或深部组织被吞噬细胞吞噬消化后,从细胞壁中释出(1,3)- $\beta$ -D-葡聚糖,使血液及其他体液中该成分含量增高<sup>[24]</sup>。而浅部真菌感染及定植真菌的(1,3)- $\beta$ -D-葡聚糖未被释放,在体液中的含量不增高<sup>[21]</sup>。因此,G 试验阳性是诊断深部真菌感染的有力依据。但 G 试验一般不用于接合菌及新生隐球菌感染的诊断,因为在接合菌和新生隐球菌的细胞壁中不含有该成分或含量极低,加上新生隐球菌的厚壁荚膜难以将其释放,故其在血清中含量一般不升高<sup>[23]</sup>。G 试验是一种无损伤的早期诊断方法<sup>[25]</sup>。罗佳等<sup>[23]</sup>研究表明,G 试验检测真菌感染的阳性率高于真菌培养,且用时较短,仅需 2 h 即可得出结果,将其与真菌培养相结合,检测的灵敏度、特异性、阳性预测值、阴性预测值均比单独使用其中一种方法高,其认为 G 试验能及时、灵敏地反映早期感染,结合真菌培养,可提高深部真菌感染诊断率,及时指导临床。但同时应注意避免假阳性的产生,如污染、应用某些抗肿瘤药物及蛋白制剂、应用纤维素膜进行血液透析、菌血症患者等<sup>[1,26]</sup>。G 试验的缺陷在于其仅提示有无侵袭性真菌病,不能确定菌种和菌属<sup>[23]</sup>,重症患者只能先经验用药,待真菌培养及药敏试验结果出来后再调整用药<sup>[26]</sup>。黄淑芬<sup>[1]</sup>认为,此缺陷可转化为另一种优势,因其可快速确定有无深部真菌感染,可用于罕见条件致病真菌的检测,进而及时给予治疗。

**3.4.2 半乳甘露聚糖抗原检测**(galactomannan, GM test, GM 试验) 半乳甘露聚糖是曲霉菌细胞壁中的抗原成分<sup>[27]</sup>,曲霉菌在菌丝生长期将其释放到机体中,常在感染曲霉菌后 5~8 d 开始升高<sup>[21]</sup>。在感染者出现临床症状及影像学检查发现异常前数天机体内循环中半乳甘露聚糖即可表达阳性,灵敏度、特异性可达 80% 以上<sup>[25]</sup>。GM 试验是早期诊断深部曲霉菌感染的实用筛选方法,联合 G 试验可提高侵袭性曲霉菌病诊断率<sup>[21]</sup>。GM 试验采用酶联免疫吸附试验法检测血清中半乳甘露聚糖含量,已有商品化试剂盒<sup>[21]</sup>。除血清外,GM 试验标还可取自尿液、脑脊液及支气管肺泡灌洗液等<sup>[25]</sup>。

**3.5 分子生物学检查** 该方法是国内外真菌感染诊断及研究的热点,特异性强、灵敏度高,是深部真菌感染早期诊断的大趋势<sup>[5]</sup>。利用聚合酶链反应(polymerase chain reaction, PCR)技术扩增待测样本中的真菌 DNA 序列,是一种快速、灵敏的诊断方法,包括实时荧光定量 PCR、DNA 随机扩增多态性分析、巢式 PCR 及核糖体

RNA 基因序列分析等方法。但分子生物学方法成本较高、操作复杂、未标准化,还未大规模用于临床<sup>[5,20-21]</sup>。此外,该方法只能判断标本中是否存在真菌,而不能明确是定植菌、污染菌还是感染菌,还不能替代传统检测方法。但随着技术的提高,可靠数据库的建立,该方法会为侵袭性真菌病的诊断带来革命性的进展<sup>[5]</sup>。此外,影像学技术<sup>[28]</sup>、电镜技术<sup>[20]</sup>、隐球菌荚膜多糖抗原检测<sup>[5]</sup>、血小板检测<sup>[21]</sup>等方法也可用于深部真菌感染的诊断。不同方法各有优劣,应尽可能多种方法联合检测,快速、准确地为临床提供实验室诊断结果。

#### 4 临床诊治

深部真菌感染临床症状不典型,且常被基础疾病所掩盖,诊断有赖于实验室检查<sup>[9-10,18]</sup>,这也对实验室早期诊断提出了要求。当患者存在深部真菌感染的危险因素时临床医生也应警惕感染的发生。目前,深部真菌感染的诊断分为确诊、拟诊、疑诊 3 个层次,临床医生可结合危险因素、微生物学证据及其他辅助检查进行综合评估<sup>[5]</sup>。

深部真菌感染的治疗一般分为预防性、经验性及治疗性(病原性)治疗。高危患者应以预防为主,可降低患病率及病死率;疑诊患者应给予经验性治疗,其存活率高于确诊后再行抗真菌治疗者;已确诊病原菌的患者可根据相应的药敏试验结果给予针对性治疗<sup>[11]</sup>。

目前,抗真菌药物主要有氮唑类(氟康唑、伊曲康唑和伏立康唑等)、多烯类(两性霉素 B 及其衍生物等)及棘白菌素类(卡泊芬净、米卡芬净和阿尼芬净等)<sup>[4,29]</sup>。其中氮唑类仍是抗真菌感染的首选药物,以氟康唑为主,伊曲康唑和伏立康唑使用率也在逐年上升<sup>[14]</sup>。但随着临床的大量使用,氟康唑耐药菌株逐年增加,且曲霉菌及克柔念珠菌对其天然耐药,光滑念珠菌中度天然耐药<sup>[30]</sup>。耐药菌的增加也使得对现有药物的优化、改良及开发新结构成了目前氮唑类药物的研究重点<sup>[29]</sup>。

两性霉素 B 抗真菌效果较好,因其具有肝、肾毒性,不良反应多,临床较少使用,但对耐氮唑类药物的念珠菌感染仍推荐使用<sup>[30]</sup>。此外,为扩大该药物应用范围,也出现了一系列改良剂型,如两性霉素 B 脂质体、两性霉素 B 分散体等<sup>[29]</sup>。

5-氟胞嘧啶(核苷类药物)可致严重肝、肾毒性,也较少用于临床。但对难治性感染两性霉素 B 与 5-氟胞嘧啶联用疗效优于单用氟康唑<sup>[15]</sup>。而对新生隐球菌性脑膜炎、侵袭性曲霉病等严重深部真菌病两性霉素 B 仍为首选药物<sup>[4]</sup>。

棘白菌素类药物问世时间较短,其通过抑制真菌细胞壁合成(1,3)- $\beta$ -D-葡聚糖,从而破坏细胞壁结构的完整,使细胞渗透压平衡被打破,最终导致真菌细胞溶解、死亡。棘白菌素类药物作用机制独特,具有广谱的抗菌效果,安全性较高,且无交叉耐药性,与其他药

物联用治疗深部真菌感染是当前的研究热点<sup>[29]</sup>。

#### 5 小 结

深部真菌感染越来越严重地危害人类的健康与生命安全。对高危因素的患者应以预防为主,警惕真菌感染的发生。早期诊断是成功治疗深部真菌感染的关键,应联合应用多种实验室检查方法,及时诊断以反馈临床。由于耐药菌株的增加,正确选择抗真菌药物及多种药物的联用有助于改善预后、降低病死率。应充分利用实验室检查结果、结合流行病学、临床资料及经验综合判断,以期快速诊断,早期治疗。

#### 参考文献

- [1] 黄淑芬. G 试验早期诊断深部真菌感染的临床价值[J]. 临床合理用药, 2014, 7(5): 38-40.
- [2] 刘波. 临床患者深部真菌感染菌群分布情况及耐药性分析[J]. 中国当代医药, 2017, 24(3): 135-137.
- [3] Kim JY. Human fungal pathogens: why should we learn?[J]. J Microbiol, 2016, 54(3): 145-148.
- [4] 任晓慧, 周有骏, 陈新, 等. 深部真菌感染及其治疗药物研究现状[J]. 武汉工业学院学报, 2012, 31(1): 22-27.
- [5] 桑建军, 潘炜华, 廖万清. 深部真菌感染早期诊断的现状与策略[J]. 上海医药, 2014, 35(9): 4-7.
- [6] Sardi JC, Scorzoni L, Bernardi T, et al. Candida species: current epidemiology, pathogenicity, biofilm formation, natural antifungal products and new therapeutic options[J]. J Med Microbiol, 2013, 62(Pt 1): 10-24.
- [7] Silva S, Negri M, Henriques M, et al. Candida glabrata, Candida parapsilosis and Candida tropicalis: biology, epidemiology, pathogenicity and antifungal resistance[J]. FEMS Microbiol Rev, 2012, 36(2): 288-305.
- [8] 黄婷婷, 王佳贺. 老年肺部真菌感染危险因素的研究进展[J]. 实用老年医学, 2016, 30(12): 977-979.
- [9] 王立敏, 梁显泉, 龚修云, 等. 急诊重症监护室 376 例肺部真菌感染患者的临床分析[J]. 实用心肺脑血管病杂志, 2015, 23(1): 49-53.
- [10] 王静. 呼吸内科住院患者肺部真菌感染 62 例临床资料分析[J]. 中外医疗, 2016, 35(18): 79-80.
- [11] 杜貽豹, 韩晓东, 狄建忠, 等. 普外科深部真菌感染的危险因素与防治措施[J]. 中国现代普通外科进展, 2014, 17(10): 826-828.
- [12] Ayala-Navarrete LI, Mechanicos AA, Gibson JM, et al. The pontin series of recombinant alien translocations in bread wheat: single translocations integrating combinations of Bdv2, Lr19 and Sr25 disease-resistance genes from Thinopyrum intermedium and Th. ponticum[J]. Theor Appl Genet, 2013, 126(10): 2467-2475.
- [13] Singaravelu K, Gúcsér A, Nosanchuk JD. Genetic determinants of virulence-Candida parapsilosis[J]. Rev Iberoam Micol, 2014, 31(1): 16-21.
- [14] 李德东, 单文治, 胡静, 等. 国内临床常见致病真菌及其对唑类药物的敏感性分析[J]. 中国药物应用与监测, 2016, 13(2): 121-124.
- [15] 秦晓峰, 王英, 吴建华, 等. 院内深部念珠菌感染菌种分布和耐药性分析[J]. 中国真菌学杂志, 2016, 11(3): 166-168.
- [16] Ma CF, Li FQ, Shi LN, et al. Surveillance study of species distribution, antifungal susceptibility and mortality of nosocomial candidemia in a tertiary care hospital in China[J]. BMC Infect Dis, 2013, 13: 337.
- [17] Ding X, Yan D, Sun W, et al. Epidemiology and risk factors for nosocomial Non-Candida albicans candidemia in adult patients at a tertiary care hospital in North China[J]. Med Mycol, 2015, 53(7): 684-690.
- [18] 马丽, 陈杭薇, 李雪辉, 等. 肺曲霉菌病的临床研究进展[J]. 中华医院

- 感染学杂志, 2016, 26(16): 3835-3837.
- [19] 葛敏. 侵袭性肺部真菌感染诊治进展[J]. 医学理论与实践, 2013, 26(7): 866-867.
- [20] 陈雨华, 许传先, 孙伟峰. 深部真菌感染的实验室诊断[J]. 医疗装备, 2016, 29(1): 73-74.
- [21] 陈凌, 朱玲玲. 早产儿深部真菌感染的早期诊断及预防[J]. 现代医学, 2014, 42(12): 1489-1493.
- [22] 刘昶, 谢苗荣. 肺部真菌感染实验室早期诊断方式研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2016, 15(8): 821-823.
- [23] 罗佳, 黄杰, 王启明. G 实验和真菌培养在艾滋病病人深部真菌感染中的联合诊断[J]. 四川生理科学杂志, 2014, 36(4): 173-175.
- [24] Jain S, Das S, Gupta N, et al. Frequency of fungal isolation and antifungal susceptibility pattern of the fungal isolates from nasal polyps of chronic rhinosinusitis patients at a tertiary care centre in north India[J]. Med Mycol, 2013, 51(2): 164-169.
- [25] 封凯旋, 马斌, 黄晓丽, 等. 血浆(1,3)- $\beta$ -D-葡聚糖检测对呼吸机相关性肺部真菌感染诊断的临床价值研究[J]. 医学研究杂志, 2015, 44(3): 115-118.
- [26] 程洁, 张晓微, 彭玲, 等. G 试验对肺结核患者肺部真菌感染的早期诊断价值[J]. 安徽医学, 2016, 37(9): 1111-1113.
- [27] Gefen A, Zaidman I, Shachor-Meyouhas Y, et al. Serum galactomannan screening for diagnosis of invasive pulmonary aspergillosis in children after stem cell transplantation or with high-risk leukemia[J]. Pediatr Hematol Oncol, 2015, 32(2): 146-152.
- [28] 王春宇. CT 检查对肺部真菌感染患者的临床诊断价值[J]. 中国民康医学, 2016, 28(5): 52-53.
- [29] 杨芳, 申元英. 抗真菌药物耐药机制的研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2015, 25(18): 4317-4320.
- [30] 陈勇, 韩黎. 深部真菌医院感染及其耐药性现状[J]. 中国消毒学杂志, 2016, 33(4): 372-375.

(收稿日期: 2017-04-20)

## FFRCT 诊断冠心病的意义

黄月 综述, 柯大智<sup>△</sup> 审校(重庆医科大学附属第二医院老年病科, 重庆 400010)

【关键词】 冠心病; 冠状血管造影术; 心血管疾病; 放射摄影术, 介入性; 超声检查, 介入性; 综述

doi: 10.3969/j.issn.1009-5519.2017.16.029 文献标识码: A 文章编号: 1009-5519(2017)16-2487-04

随着生活水平的不断提高, 冠心病已成为危害人类健康的常见疾病。疾病早期, 患者无明显的临床症状, 该阶段可持续很长时间, 但冠心病主要的临床表现为心绞痛、急性心肌梗死或心源性死亡。在许多发展中国家, 冠心病仍是死亡的主要原因<sup>[1]</sup>; 且预计在接下来的几十年中仍然如此<sup>[2]</sup>。因此, 冠心病的早期诊治成为医学人士不断追求的目标。目前, 对冠心病的诊断手段有很多, 除“金标准”的冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)外, 还有冠状动脉 CT 血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)等, 其能评估冠状动脉的解剖学狭窄, 却对功能学评估欠佳, 而血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)检查能对冠状动脉功能学进行评估, 但因其为有创性且费用高, 限制了其广泛使用。基于冠状动脉 CT 的血流储备分数(fractional flow reserve based on coronary computed tomographic angiography, FFRCT)实现了在无创条件下有机地将功能学和解剖学相结合, 对冠心病的诊断具有重要意义。

### 1 诊断冠心病的常用检查手段

**1.1 CAG** CAG 是目前诊断冠心病的“金标准”, 能直接、客观地反映冠状动脉狭窄部位、病变严重程度及冠

状动脉狭窄范围。但不足的是, CAG 对冠状动脉病变的血流动力学变化和生理学功能评价有限, 特别是对中度冠状动脉狭窄<sup>[3]</sup>。由血管重建和强化药物治疗的临床转归研究项目的分支项目分析发现, 大约 40% 患者通过 CAG 诊断为冠状动脉显著狭窄, 然而并没有诱发心肌缺血或在单光子发射体层成像上仅有小的灌注缺损<sup>[4]</sup>。因此, CAG 可能会高估冠状动脉狭窄病变的严重程度, 从而影响其对冠状动脉病变诊断的准确性。

**1.2 CCTA** CCTA 检查是一种非侵入性检查, 能检查冠心病患者冠状动脉及分支血管的病变情况, 可测量管腔狭窄程度<sup>[5]</sup>。CCTA 诊断和排除冠心病的精确性已被相关研究证实<sup>[5]</sup>。随着多排螺旋 CT 设备的不断更新换代, 其时间和空间分辨率不断提高, CCTA 检查诊断冠心病的灵敏度也在提高(阴性预测值可达 100%)<sup>[6]</sup>。说明 CCTA 可作为一种可靠的检查手段用于排除疑似冠心病患者的筛查方法而用于临床。然而, CCTA 不能检测到冠心病患者是否有血流动力学改变, CCTA 检查证实的冠状动脉狭窄中不到 50% 被 CAG 验证是由狭窄引起的心肌缺血<sup>[7]</sup>。相对于 CAG, CCTA 可能会过高地评估冠状动脉狭窄的严重程度<sup>[8]</sup>。

**1.3 血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)检查**

<sup>△</sup>通信作者, E-mail: kedazhili@163.com。