

# CT结肠造影的应用现状及前景

周碧, 程英升, 赵俊功

周碧, 赵俊功, 上海交通大学附属第六人民医院放射科 上海交通大学影像医学研究所 上海市 200233

程英升, 同济大学附属第十人民医院影像临床医学中心 上海市 200072

程英升, 教授, 主任医师, 主要从事胃肠影像诊断学和血管与介入放射学研究。

作者贡献分布: 本文写作由周碧完成; 指导及审校由程英升与赵俊功完成。

通讯作者: 程英升, 教授, 200072, 上海市, 同济大学附属第十人民医院影像临床医学中心, cjr.chengysh@vip.163.com

电话: 021-66301136

收稿日期: 2009-07-24 修回日期: 2009-08-24

接受日期: 2009-08-24 在线出版日期: 2009-08-28

## Current status and future prospects of the clinical application of computed tomography colonography

Bi Zhou, Ying-Sheng Cheng, Jun-Gong Zhao

Bi Zhou, Jun-Gong Zhao, Department of Radiology, the Sixth People's Hospital of Shanghai Jiao Tong University; Institute of Medical Imaging, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China

Ying-Sheng Cheng, Medical Imaging Center, the Tenth People's Hospital of Tongji University, Shanghai 200072, China

Correspondence to: Professor Ying-Sheng Cheng, Medical Imaging Center, the Tenth People's Hospital of Tongji University, Shanghai 200072, China. cjr.chengysh@vip.163.com

Received: 2009-07-24 Revised: 2009-08-24

Accepted: 2009-08-24 Published online: 2009-08-28

## Abstract

Computed tomography colonography (CTC) is a recently developed technique for colonic and rectal diseases. After using the multi-slice spiral CT (MSCT) to rapidly scan the aerated colon and rectum, the original images are post-processed using advanced imaging software to acquire a series of reconstruction images. Possessing the advantages of simpleness, rapidness, safety and noninvasiveness, CTC is more easily accepted by patients. As MSCT technology and computed software are constantly being improved, the image quality and diagnostic reliability of CTC have been enhanced greatly. CTC not only has high sensitivity and specificity for detecting polyps over one centimeter but also shows clear advantage in accurate preoperative diagnosis

and staging of colorectal carcinoma.

**Key Words:** Computed tomography colonography; Colorectal carcinoma; Colorectal polyps

Zhou B, Cheng YS, Zhao JG. Current status and future prospects of the clinical application of computed tomography colonography. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2009; 17(24): 2439-2443

## 摘要

CT结肠造影(computed tomography colonography, CTC)为新近发展起来地结直肠癌病变检查手段, 是用多排螺旋CT技术将充气扩张的全结肠薄层扫描后的原始数据经相应的计算机软件处理后获得的一系列重建图像。因其简单、快速、安全、非侵入性等优点, 易于被患者接受。随着多层螺旋CT(multi-slice spiral computed tomography, MSCT)的应用和计算机软件不断改进, CTC的图像质量和分析能力有了明显改善, CTC对1 cm以上息肉有很高的敏感性和特异性, 且在结直肠癌的准确诊断和正确的术前分期中显示了明显的优势。

**关键词:** CT结肠造影; 结直肠癌; 结直肠息肉

周碧, 程英升, 赵俊功. CT结肠造影的应用现状及前景. 世界华人消化杂志 2009; 17(24): 2439-2443

<http://www.wjgnet.com/1009-3079/17/2439.asp>

## 0 引言

CT结肠造影(computed tomography colonography, CTC)是将多排螺旋CT技术(4排以上)和相应的计算机软件结合, 对全结肠薄层扫描后的数据资料进行二维和三维重建, 在较大范围内显示结肠结构性病变的技术<sup>[1]</sup>。因其操作简单、扫描成像快捷、安全无痛苦、患者耐受性好、检出率高以及并发症少等优点, 在结肠疾病的检测和诊断中发挥着越来越重要的作用<sup>[2-6]</sup>。1994年, CTC在23届世界胃肠放射学年会上首次展现后, 立即受到放射界和医学界的重视, 近十几年来许多学者对此进行了动物实验及临床研究<sup>[7-10]</sup>, 目前该技术相对较成熟并日益普及。本文归纳

## ■背景资料

CT结肠造影(CTC)是将多排螺旋CT技术和相应的计算机软件结合, 对充气扩张的全结肠薄层扫描后的数据资料进行各种后处理, 在较大范围内显示结肠结构性病变的技术。因其操作简单、扫描成像快速、患者耐受性好、检出率高及并发症少等优势, 在结肠疾病的诊断中发挥着越来越重要的作用。

## ■同行评议者

郭晓钟, 教授, 中国人民解放军沈阳军区总医院消化内科; 王健生, 教授, 西安交通大学医学院第一附属医院肿瘤外科

## ■研发前沿

随着CT扫描设备和计算机技术的迅速发展,许多新技术如:数字减影肠道清洁术、异物及粪便电子标记、自动寻找息肉的计算机软件等正逐渐用于CTC检查中,成为CTC检查的研究热点。

国内外文献资料对CTC的检查方法、图像后处理、临床应用现状及前景作一综述。

## 1 检查方法

**1.1 肠道准备** 良好的肠道准备对于获得高质量CTC图像十分重要,一般要求肠道清洁、干燥、充分扩张,肠腔内尽可能少的液体和粪便,以降低诊断的假阳性率和假阴性率<sup>[2,7-8]</sup>。国内一般于检查前2 d无渣饮食或少渣饮食,检查前1 d流质饮食,检查前当晚口服20%甘露醇500 mL配加5%葡萄糖1000 mL。也有检查前晚口服硫酸镁50-100 g,并饮水1000-2000 mL。国外多于检查前1 d口服4 L稀释的聚乙二醇电解质溶液<sup>[11-12]</sup>,或磷酸苏打溶液:45 mL亚硫酸钠,加服4片比沙可啶缓泻片(便塞停)以及1片比沙可啶栓剂<sup>[13-17]</sup>。Macari *et al*<sup>[14]</sup>研究发现,口服磷酸苏打溶液可使结肠黏膜清洁的同时变干燥,对比聚乙二醇电解质溶液能明显减少肠腔残留液体,更有利于CTC检查。

研究表明扫描前5-10 min肌肉注射解痉药(如654-2 10-20 mg或胰高血糖素1 mg),可以降低胃肠道张力,抑制肠蠕动,减轻肠痉挛,改善肠道扩张,从而提高图像质量<sup>[18]</sup>。因此,无禁忌证患者应尽量使用平滑肌松弛剂改善图像质量。CT扫描前应经肛门注入足量气体使肠壁充分扩张舒展,并形成强对比密度差,可提高CTC检查的敏感性<sup>[19]</sup>。一般根据患者的耐受程度,左侧卧位,经直肠导管(最好为带气囊导管)注入空气1000-2000 mL,直至患者有明显腹胀感,可根据CT定位扫描图像确认肠腔气体充盈程度。有报道<sup>[19]</sup>称注入CO<sub>2</sub>优于空气,可减少肠道痉挛。

**1.2 扫描方法** 联合应用仰卧位和俯卧位<sup>[20]</sup>,使肠腔内残留的粪便、液体及肠管内气体质量新分布,有利于萎陷肠管的复张,而且容易区分粪便和息肉样病变,从而大大增加CTC检查敏感度,减少假阳性的发生。Fletcher *et al*<sup>[21]</sup>研究发现,仰卧位加俯卧位扫描后CTC对>1.0 cm息肉的敏感性由70%上升至85%,对0.5-1.0 cm息肉的敏感性由75%上升至88%。扫描参数一般采用管电压120 kV,管电流50-100 mA,矩阵512×512,FOV 35-40 cm,螺距1.5-2.0,扫描层厚3.0 mm,重建间隔1.25-2.0 mm。扫描范围包括直肠、盲肠和整个结肠,也可以根据解决问题的需要扫描特定部分。扫描时嘱患者屏气,以减少呼吸伪影。

## 1.3 图像后处理

**1.3.1 多平面重建(multiplanar reformation, MPR):**

将原始容积数据经小间隔重建处理,然后利用计算机处理软件获得任意层厚的多方位(冠状位、矢状位及任意角度)的二维重建图像,可显示肠腔内、外及肠壁的结构,且用曲线法将结肠拉直,并可测量病变的长度及到痔环的距离,有助于指导结肠癌手术计划的制订。

**1.3.2 CT仿真结肠镜(CT virtual colonoscopy, CTVC):** 使用专门的软件,利用影像后处理功能可在任意CT断面上进入任何肠腔,形成模拟内镜影像,向头端或尾端方向,在腔内循腔道“漫游”,显示该节段内肠腔的内部结构,并赋以伪彩色。CTVC是把观察点置于肠腔内,能更直观地从任意方向观察病变,类似于肠镜检查。

**1.3.3 表面遮盖显示(shaded surface display, SSD):** SSD可显示整个结肠外形及病变肠管的狭窄,并结合切割法较好地显示病变向肠腔内突出的情况,类似于单对比结肠造影检查。该技术快速简便,但被观察物表面下方的结构缺乏解剖细节。

**1.3.4 透明显示:** 该技术是将透视法与容积再现技术结合起来,把视点置于充气结肠腔内,建成自内部观察结构的三维图像。克服SSD影像对病变的遮盖,能清楚显示管腔狭窄、肠壁增厚及肠腔内软组织肿块,产生类似结肠气钡双重造影效果,并通过三维旋转可从任意方向观察病变。

## 2 CTC的临床应用

**2.1 对息肉的诊断** 息肉是突出于黏膜面隆起性病变的总称,其中腺瘤性息肉被公认为结肠癌最主要的癌前病变,且腺瘤性息肉愈大,数目愈多,恶变机率就愈大。直径>10 mm的息肉恶变率为10%,>20 mm的息肉恶变率为30%,而<5 mm的息肉恶变率小于0.1%<sup>[10]</sup>,故对大于10 mm息肉的预防性摘除可大大增加结肠癌患者的生存率。因此,CTC对息肉的诊断价值,成为众多学者研究的重点。Iannaccone *et al*<sup>[22]</sup>在CTC与常规结肠镜(conventional colonoscopy, CC)对比研究中发现:CTC对息肉的敏感性分别为100%(≥10 mm),83.3%(6-9 mm)及51.3%(≤5 mm)。Sosna *et al*<sup>[23]</sup>对1324名患者总计1411枚息肉进行统计学分析得出:CTC对息肉的敏感性为95%(≥10 mm),85%(6-9 mm)及65%(≤5 mm)。Pickhardt *et al*<sup>[24]</sup>报道:CTC对息肉的敏感性为97.4%(≥10 mm),95%(≥8 mm)及84.6%(≥6 mm),特异性分别为96.0%,92.2%及79.6%。Macari *et al*对68例无症状的普通人群CTC和CC检查结果对比认为:CTC对直径≥10 mm息肉的敏感度和特异度很高,真

阴性率也较高(达到89.7%), 而对于直径 $<5$  mm和6-9 mm的息肉不够理想, 敏感度分别为11.5%和52.9%<sup>[25-26]</sup>。总体而言, CTC对检测恶变率较高的息肉(直径 $\geq 10$  mm)具有良好的价值, 但对小腺瘤( $\leq 5$  mm)及扁平息肉的发现较困难<sup>[27-29]</sup>。同时, 也应注意在CTC检查结肠息肉时, 由于肠道充气不足、投影错误、扁平息肉或呼吸运动伪影等原因可能会引起误诊偏差, 造成假阳性结果偏高。此外, 需要和正常结肠结构、粪便、脂肪瘤等相鉴别。

**2.2 对结肠癌的诊断** 癌表现为腔内不对称的或环周性的肠壁增厚或大的息肉样充盈缺损。CTC各种成像方法综合使用能够准确定位结肠癌的部位, 清晰显示组织密度、肿瘤大小、侵犯肠壁的范围和相邻脏器是否受累、腹腔淋巴结及远处脏器是否转移<sup>[30-33]</sup>(这点明显优于传统结肠镜检查), 为肿瘤进行准确的分型、分期提供依据。有文献报道<sup>[34]</sup>称CTC对明显的结肠癌阳性检出率为100%, 且无假阳性和假阴性。

结肠癌术后患者一般主张每6-9 mo随访1次, 以尽早发现复发以及新生的小病灶, 结肠镜由于其痛苦性而使多数人拒绝, CTC成为重要的替代者。有文献报道<sup>[35]</sup>增强CTC对浸润性结肠癌术后局部复发的诊断准确率为94%。

**2.3 对传统结肠镜失败患者的诊断** 由于部分患者一般情况差, 无法忍受结肠镜的痛苦或是结肠腔严重狭窄均能导致结肠镜检查失败, 有5%-15%的患者在结肠镜检查时不能完整观察整个结肠, 而CTC检查可以弥补结肠镜失败的不足。Fenlon *et al*<sup>[36-37]</sup>对29例梗阻性肠癌的患者进行了CTC检查, 结果发现17个梗阻远端肠袢并发新生物, 包括2个腺瘤和5个 $>1.0$  cm的息肉。Royster *et al*<sup>[38]</sup>研究了20例患者CTC与传统结肠镜的结果显示: CTC能检查全部患者的完整肠腔, 而传统结肠镜仅能完整检查12例患者的肠腔。Neri *et al*<sup>[39]</sup>对34例结肠镜检查失败的患者进行CT结肠成像, 显示全部病例均能顺利完成检查, 结肠镜漏检10个肿瘤和3个伴发肿瘤, CTC全部检测出。由于结肠癌不全性肠管狭窄行结肠镜检查的检测敏感度和特异度仅为56%和92%, 而CTC分别为100%和90%, 明显优于结肠镜。因此CTC技术是一项对阻塞性结肠癌术前评估整个结肠的有效方法。

**2.4 对结肠外病变的诊断价值** CTC不仅可以用于检查结肠内病变的情况, 而且还可评估结肠外组织和邻近的腹腔、盆腔器官, 这是纤维结

肠镜及钡灌肠等不具有的优点。诸如: 肝脏、卵巢、淋巴结等组织器官有无转移; 腹主动脉瘤、肾癌、囊肿等伴发疾病, 有些发现具有重要临床意义, 影响治疗计划和治疗方案。Hara *et al*<sup>[40]</sup>对264例患者行CTC检查, 约50%的患者发现了肠外病变。其中有重要临床意义的占11%, 包括2例 $>4$  cm的腹主动脉瘤, 2例无症状的肾上腺腺瘤和肠管腹股沟疝。其他的发现如不定性的肺结节、肾上腺肿物、气胸等。Hellström *et al*<sup>[41]</sup>研究发现85%病例有结肠以外的额外所见, 其中23%的患者有重要所见, 13%的患者有自己所不知道的重要所见。这些结肠外病变的早期发现有助于患者的早期治疗, 同时也节约了患者的医疗费用。

**2.5 对结肠癌普查的价值** 对结肠癌发病高危人群进行早期筛查和干预, 可降低大肠癌的发生率及病死率。传统的大便潜血试验方法虽简单, 但检查敏感性和特异性均较低, 且受试验方法、样本留置、检测间隔时间等影响变异较大, 另外假阳性率较高, 普查价值不大。乙状结肠镜仅可对乙直肠部分作检测, 不能显示整个结肠, 并有10%-15%乙状结肠肿瘤漏诊, 且并发结肠穿孔率为1/20 000<sup>[36,42]</sup>。结肠双对比造影操作复杂, 对操作者的经验、技巧要求较高, 且部分患者可有不适感以及结肠穿孔的危险。结肠镜检查准确性高, 可检查整个结肠, 同时进行活检和息肉摘除, 但检查费用高, 具有创伤性, 患者难以耐受, 有5%-15%患者行结肠镜检查失败, 且有结肠穿孔、息肉摘除后的出血等并发症。CTC对于发现恶变率高的息肉( $\geq 10$  mm)的敏感性和特异性均较高, 近乎可以和结肠镜媲美, 而且创伤小、无并发症危险, 检查过程快、作出结论快, 费用较低, 将其用于普查方法容易被患者接受, 但不能摘除息肉和对病变组织进行活检。从理论上讲, CTC较目前的其他结肠肠普查方法有明显的优势, 随着扫描和采集速度的提高、软件系统的改进等技术进展, CTC将会更加有效。德国已于2002-10实行结直肠癌的CTC筛查, 英国也有36%的单位可提供CTC检查。

### 3 CTC的优缺点

**3.1 CTC的优点** (1)为非侵入性检查、检查方便快捷、耐受性好、患者乐于接受, 尤适用于年老体弱和有严重心、脑、肺部疾患不能耐受结肠镜者。(2)全结肠(自直肠至盲肠)的腔内检查成功率高(纤维内窥镜约为60-80%, CTC为90%),

### ■创新盘点

本文综述了CTC的基本操作方法、各种后处理方法, 以及在各种结肠病变中的诊断价值, 尤其是在结直肠癌普查及术前分期中的临床应用, 信息量较全面, 总结CTC的应用现状, 提出了其应用前景。

### ■应用要点

本文介绍并指出了CTC各种后处理图像的特点及优劣势,对放射科医生在观察不同病变及不同观察目的时选择恰当的后处理方法有一定帮助。

对梗阻性肠癌患者在内窥镜检查无法越过病变时段时,可显示狭窄上方肠腔情况<sup>[27-28]</sup>。(3)利于观察结肠镜难以发现的盲区病变,包括结肠袋、结肠皱襞后方、结肠折曲处、回盲部等<sup>[42]</sup>。(4)可评估结肠外组织和邻近的腹腔、盆腔器官情况。(5)对直径>1.0 cm大小的腺瘤诊断特异性和敏感性较高,可用于结肠癌的普查<sup>[36,42-43]</sup>。(6)几乎无肠穿孔、出血等并发症。

3.2 CTC的缺点 (1)组织特异性较差,不能显示病变颜色,不能发现充血水肿等炎性病变。(2)影像分辨率不够,对直径<0.5 cm的病变及较平坦病变(病灶隆起≤2 mm)容易遗漏<sup>[44-45]</sup>。(3)对肠道准备要求较高,粪渣残留、充气不足可造成误诊;患者呼吸、移动伪影可造成假象。(4)无法替代纤维结肠镜检查活检和息肉摘除功能。(5)具有一定的电离辐射性。

## 4 结论

与纤维结肠镜相比,CTC的应用还处于初级阶段,其检查的可行性、安全性和患者良好的顺应性已得到相当程度的肯定,但其深度及广度尚有待进一步探索和提高。近年来,随着CT扫描设备和计算机技术的飞速发展,计算机软件对异物、粪便的标记和电子净化技术的运用,自动寻找息肉软件的开发,我们有理由相信,CTC在结肠肿瘤的早期诊断中具有广泛的临床应用范围和令人振奋的发展前景。

## 5 参考文献

- Vos FM, van Gelder RE, Serlie IW, Florie J, Nio CY, Glas AS, Post FH, Truyen R, Gerritsen FA, Stoker J. Three-dimensional display modes for CT colonography: conventional 3D virtual colonoscopy versus unfolded cube projection. *Radiology* 2003; 228: 878-885
- Hara AK, Johnson CD, Reed JE, Ahlquist DA, Nelson H, Ehman RL, McCollough CH, Ilstrup DM. Detection of colorectal polyps by computed tomographic colography: feasibility of a novel technique. *Gastroenterology* 1996; 110: 284-290
- Johnson CD, Hara AK, Reed JE. Computed tomographic colography (Virtual colonoscopy): a new method for detecting colorectal neoplasms. *Endoscopy* 1997; 29: 454-461
- Hara AK, Johnson CD, Reed JE, Ahlquist DA, Nelson H, MacCarty RL, Harmsen WS, Ilstrup DM. Detection of colorectal polyps with CT colography: initial assessment of sensitivity and specificity. *Radiology* 1997; 205: 59-65
- Fenlon HM, Nunes DP, Clarke PD, Ferrucci JT. Colorectal neoplasm detection using virtual colonoscopy: a feasibility study. *Gut* 1998; 43: 806-811
- Vining DJ. Virtual endoscopy: is it reality? *Radiology* 1996; 200: 30-31
- Dachman AH, Lieberman J, Osnis RB, Chen SY, Hoffmann KR, Chen CT, Newmark GM, McGill J. Small simulated polyps in pig colon: sensitivity of CT virtual colography. *Radiology* 1997; 203: 427-430
- Hara AK, Johnson CD, MacCarty RL, Welch TJ, McCollough CH, Harmsen WS. CT colonography: single- versus multi-detector row imaging. *Radiology* 2001; 219: 461-465
- van Gelder RE, Venema HW, Serlie IW, Nio CY, Determann RM, Tipker CA, Vos FM, Glas AS, Bartelsman JF, Bossuyt PM, Laméris JS, Stoker J. CT colonography at different radiation dose levels: feasibility of dose reduction. *Radiology* 2002; 224: 25-33
- Beaulieu CF, Jeffrey RB Jr, Karadi C, Paik DS, Napel S. Display modes for CT colonography. Part II. Blinded comparison of axial CT and virtual endoscopic and panoramic endoscopic volume-rendered studies. *Radiology* 1999; 212: 203-212
- Edwards JT, Mendelson RM, Fritschi L, Foster NM, Wood C, Murray D, Forbes GM. Colorectal neoplasia screening with CT colonography in average-risk asymptomatic subjects: community-based study. *Radiology* 2004; 230: 459-464
- van Gelder RE, Birnie E, Florie J, Schutter MP, Bartelsman JF, Snel P, Laméris JS, Bonsel GJ, Stoker J. CT colonography and colonoscopy: assessment of patient preference in a 5-week follow-up study. *Radiology* 2004; 233: 328-337
- Fenlon HM, Ferrucci JT. Virtual colonoscopy: what will the issues be? *AJR Am J Roentgenol* 1997; 169: 453-458
- Macari M, Lavelle M, Pedrosa I, Milano A, Dicker M, Megibow AJ, Xue X. Effect of different bowel preparations on residual fluid at CT colonography. *Radiology* 2001; 218: 274-277
- Chen SC, Lu DS, Hecht JR, Kadell BM. CT colonography: value of scanning in both the supine and prone positions. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 172: 595-599
- McFarland EG, Brink JA. Helical CT colonography (virtual colonoscopy): the challenge that exists between advancing technology and generalizability. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 549-559
- Macari M, Berman P, Dicker M, Milano A, Megibow AJ. Usefulness of CT colonography in patients with incomplete colonoscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 561-564
- Taylor SA, Halligan S, Goh V, Morley S, Bassett P, Atkin W, Bartram CI. Optimizing colonic distention for multi-detector row CT colonography: effect of hyoscine butylbromide and rectal balloon catheter. *Radiology* 2003; 229: 99-108
- Macari M, Bini EJ. CT colonography: where have we been and where are we going? *Radiology* 2005; 237: 819-833
- Laks S, Macari M, Bini EJ. Positional change in colon polyps at CT colonography. *Radiology* 2004; 231: 761-766
- Fletcher JG, Johnson CD, Welch TJ, MacCarty RL, Ahlquist DA, Reed JE, Harmsen WS, Wilson LA. Optimization of CT colonography technique: prospective trial in 180 patients. *Radiology* 2000; 216: 704-711
- Iannaccone R, Catalano C, Mangiapane F, Murakami T, Lamazza A, Fiori E, Schillaci A, Marin

- D, Nofroni I, Hori M, Passariello R. Colorectal polyps: detection with low-dose multi-detector row helical CT colonography versus two sequential colonoscopies. *Radiology* 2005; 237: 927-937
- 23 Sosna J, Morrin MM, Kruskal JB, Lavin PT, Rosen MP, Raptopoulos V. CT colonography of colorectal polyps: a metaanalysis. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 181: 1593-1598
- 24 Pickhardt PJ, Choi JR, Hwang I, Butler JA, Puckett ML, Hildebrandt HA, Wong RK, Nugent PA, Mysliwiec PA, Schindler WR. Computed tomographic virtual colonoscopy to screen for colorectal neoplasia in asymptomatic adults. *N Engl J Med* 2003; 349: 2191-2200
- 25 Macari M, Megibow AJ. Pitfalls of using three-dimensional CT colonography with two-dimensional imaging correlation. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176: 137-143
- 26 Hara AK, Johnson CD, Reed JE, Ehman RL, Ilstrup DM. Colorectal polyp detection with CT colonography: two- versus three-dimensional techniques. Work in progress. *Radiology* 1996; 200: 49-54
- 27 Macari M, Bini EJ, Jacobs SL, Naik S, Lui YW, Milano A, Rajapaksa R, Megibow AJ, Babb J. Colorectal polyps and cancers in asymptomatic average-risk patients: evaluation with CT colonography. *Radiology* 2004; 230: 629-636
- 28 Kay CL, Evangelou HA. A review of the technical and clinical aspects of virtual endoscopy. *Endoscopy* 1996; 28: 768-775
- 29 Kay CL, Kulling D, Hawes RH, Young JW, Cotton PB. Virtual endoscopy--comparison with colonoscopy in the detection of space-occupying lesions of the colon. *Endoscopy* 2000; 32: 226-232
- 30 孔祥林, 陈岩, 宋冰, 张文婧, 孙涛, 郝明利, 姜缤, 温连庆, 夏爽, 沈文. 应用螺旋CT结肠成像方法诊断结肠占位病变. *天津医药* 2005; 33: 240-241
- 31 孔祥林, 宋冰, 张文婧, 顾建华, 郝明利, 姜缤, 温连庆, 夏爽, 沈文. 螺旋CT结肠成像术在结肠癌分型中的应用. *天津医药* 2006; 34: 811-812
- 32 Nicholson FB, Barro JL, Bartram CI, Dehmeshki J, Halligan S, Taylor S, Kamm MA. The role of CT colonography in colorectal cancer screening. *Am J Gastroenterol* 2005; 100: 2315-2323
- 33 Filippone A, Ambrosini R, Fuschi M, Marinelli T, Genovesi D, Bonomo L. Preoperative T and N staging of colorectal cancer: accuracy of contrast-enhanced multi-detector row CT colonography--initial experience. *Radiology* 2004; 231: 83-90
- 34 Morrin MM, Farrell RJ, Keogan MT, Kruskal JB, Yam CS, Raptopoulos V. CT colonography: colonic distention improved by dual positioning but not intravenous glucagon. *Eur Radiol* 2002; 12: 525-530
- 35 Fletcher JG, Johnson CD, Krueger WR, Ahlquist DA, Nelson H, Ilstrup D, Harmsen WS, Corcoran KE. Contrast-enhanced CT colonography in recurrent colorectal carcinoma: feasibility of simultaneous evaluation for metastatic disease, local recurrence, and metachronous neoplasia in colorectal carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 178: 283-290
- 36 Fenlon HM, McAneny DB, Nunes DP, Clarke PD, Ferrucci JT. Occlusive colon carcinoma: virtual colonoscopy in the preoperative evaluation of the proximal colon. *Radiology* 1999; 210: 423-428
- 37 Fenlon HM, Ferrucci JT. First International Symposium on Virtual Colonoscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 565-569
- 38 Royster AP, Fenlon HM, Clarke PD, Nunes DP, Ferrucci JT. CT colonoscopy of colorectal neoplasms: two-dimensional and three-dimensional virtual-reality techniques with colonoscopic correlation. *AJR Am J Roentgenol* 1997; 169: 1237-1242
- 39 Neri E, Giusti P, Battolla L, Vagli P, Boraschi P, Lencioni R, Caramella D, Bartolozzi C. Colorectal cancer: role of CT colonography in preoperative evaluation after incomplete colonoscopy. *Radiology* 2002; 223: 615-619
- 40 Hara AK, Johnson CD, MacCarty RL, Welch TJ. Incidental extracolonic findings at CT colonography. *Radiology* 2000; 215: 353-357
- 41 Hellström M, Svensson MH, Lasso A. Extracolonic and incidental findings on CT colonography (virtual colonoscopy). *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182: 631-638
- 42 Rubin GD, Beaulieu CF, Argiro V, Ringl H, Norbash AM, Feller JF, Dake MD, Jeffrey RB, Napel S. Perspective volume rendering of CT and MR images: applications for endoscopic imaging. *Radiology* 1996; 199: 321-330
- 43 Spinzi G, Belloni G, Martegani A, Sangiovanni A, Del Favero C, Minoli G. Computed tomographic colonography and conventional colonoscopy for colon diseases: a prospective, blinded study. *Am J Gastroenterol* 2001; 96: 394-400
- 44 Rogalla P, Meiri N, Rückert JC, Hamm B. Colonography using multislice CT. *Eur J Radiol* 2000; 36: 81-85
- 45 Pescatore P, Glücker T, Delarive J, Meuli R, Pantoflickova D, Duvoisin B, Schnyder P, Blum AL, Dorta G. Diagnostic accuracy and interobserver agreement of CT colonography (virtual colonoscopy). *Gut* 2000; 47: 126-130

#### 同行评价

本综述全面系统地介绍了CTC的原理、检查方法及临床应用,并客观地评价了其优缺点,使医务工作者可以较为全面地了解这一技术,对临床实践具有较好的指导意义。

编辑 李军亮 电编 何基才