

综 述

CT结肠造影筛查早期结肠癌的研究现状与进展

1.内蒙古医科大学研究生学院

(内蒙古 呼和浩特 010110)

2.国际蒙医医院影像中心

(内蒙古 呼和浩特 010020)

包乌日丽嘎¹ 娜布其¹ 王利东^{2,*}

【摘要】计算机断层结肠造影(CTC)是一种非侵入性的早期结肠癌筛查方法,具有准备过程相对简便、所需成本较低、可评估结肠内外结构、多种后处理技术显示早期结肠癌等优势。与其他筛查技术相比,CTC是一种更安全、准确的选择。本文就CTC应用于筛查、监测早期结肠癌、结肠息肉的研究现状与进展进行综述。

【关键词】CT结肠造影;结肠息肉;超低剂量CTC

【中国分类号】R445.3

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.07.058

Research Status and Progress of CT Colonography in Screening Early Colon Cancer

BAO Wu-ri-li-ga¹, NA Bu-qi¹, WANG Li-dong^{2,*}.

1. Graduate School, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China

2. Imaging center, Inner Mongolia International Mongolian Hospital, Hohhot 010020, Inner Mongolia Autonomous Region, China

ABSTRACT

Computed tomographic colonography is a non-invasive screening method for early colon cancer, which has the advantages of relatively simple preparation, low cost, evaluation of internal, and external structure of the colon, and a variety of post-processing techniques to show early colon cancer. Compared with other screening techniques, CTC is a safer and more accurate choice. This article reviews the research status and progress of the application of CTC in screening and monitoring early colon cancer, and colon polyps.

Keywords: CT Colonography; Colonic Polyps; Ultra-low Dose CTC

据报道,结肠癌(colon cancer, CC)是美国第二最常见的癌症死亡原因,为导致癌症性死亡的主要原因之一,且患病群体逐渐年轻化^[1]。美国预防服务工作组(US Preventive Services Task Force, USPSTF)建议从50岁开始对所有患者进行结肠癌的常规筛查^[2]。结肠癌的发展是一个循序渐进的过程,即正常上皮细胞通过良性中间病变(主要是腺瘤性息肉,但也包括锯齿状息肉)经过5~10年甚至更长时间恶变为腺癌^[3],这是结肠癌筛查概念的基础。因此,对于结肠息肉的检出显得尤为重要,然而,现有的指南并没有规定结肠息肉筛查具体的检查方式。便潜血试验、X线钡剂灌肠和纤维结肠镜检查是常见的结肠息肉筛查手段,这些检查方法各有利弊。便潜血试验操作简便,但其敏感度低,易产生假阳性。X线钡剂灌肠可多体位、动态清晰地观察肠道粘膜变化,了解肠道功能性改变,但不能评价肠管外的情况。结肠镜(colonoscopy, CS)可直接观察结肠息肉的大小、性状并即时取活检,是诊断的“金标准”,但该方法有创,病人耐受度较差。自1994年,Levine等^[4]首次提出CT结肠造影,随着CT仿真内镜(computed tomographic virtual endoscopy, CTVE)、多平面重建(multi-planar Reformation, MPR)、表面遮盖(surface shaded display, SSD)、容积再现(volume Rendering, VR)、虚拟分割(virtual dissection, VD)及导航技术(Navigator)等图像后处理技术不断成熟,使其对结肠息肉的诊断准确性大大提高,CTC已逐步应用于结肠息肉的筛查。CTC可全方位、多角度对结肠息肉进行综合观察分析,能清晰显示结肠息肉及肠外(包括肠周及腹盆腔)病变,可为临床治疗方案的选择提供更多更有价值的信息,其有望成为替代结肠镜的结肠癌筛查新方法。

1 CTC方法学进展

结肠镜(colonoscopy, CS)是筛查结肠息肉的首选方法,但行结肠镜检查前,需要进行严格的物理肠道准备,虽然保证了检查效果,但是多数患者对CS的接受程度较低,尤其是那些有结肠镜禁忌症、年老体弱、认知障碍以及有肠道手术史的患者。CTC的优势是准备过程不需要严格地导泻及清洁肠道,只需口服对比剂标记肠道内粪便,故可有效提高病人对检查的接受程度。

近年来,许多研究者就如何在不影响检查效果的情况下,提高CTC肠道准备过程的接受度进行了探索。Buccicardi等^[5]对264例存在结肠癌发病风险的患者进行随

【第一作者】包乌日丽嘎,女,主要研究方向:结肠影像学。E-mail: 290735056@qq.com

【通讯作者】王利东,男,主任医师,主要研究方向:心血管、乳腺、结肠影像诊断学。E-mail: doctorlidong@163.com

机对照实验,其中通过检查前两天内口服水溶性碘造影剂和泛影葡胺的肠道内容物标记法所得到的影像,能够较好地显示被标记的粪便与结肠息肉,与传统导泻方案有着相似的结肠息肉检出效率。Kim等^[6]对50mL碘海醇和100mL泛影葡胺两种对比剂的标记效果进行研究:利用碘海醇标记肠道内容物,结肠内会产生更多的泡沫,但是两者在标记肠道内容物的质量方面具有相同的效果。Bellini等^[7]将95例患者随机分为限制饮食组和标准饮食组,比较两种饮食方案的肠道准备效果和患者的接受度,发现两组肠道准备质量没有统计学差异($P=0.07$),而标准饮食组的患者接受度明显高于限制饮食组($P=0.0107$)。Utano等^[8]运用新型高渗泻剂(抗坏血酸+聚乙二醇)配合口服泛影葡酸钠进行低张减容肠道准备,发现400mL组、600mL组的CTC图像质量不低于800mL组。

2 CTC监测结肠息肉的研究现状与进展

由于CTC对结肠息肉定位准确,使其成为了能监测结肠息肉生长速度的唯一方式。通过CTC监测结肠息肉的生长速度,能够确定结肠息肉是否有恶性行为,从而制定临床治疗计划。在结肠癌的发生过程中,虽然结肠息肉的患病率很高,但只有大约5%的结肠息肉最终进展为结肠癌,其余的息肉不会转化为恶性肿瘤^[3]。目前的治疗方法是一经发现即切除这些结肠息肉,但普遍切除息肉的策略是一种低效的方法,常导致过度的资源利用、过高的成本和各种并发症。针对这一现象,2005年美国癌症学会(American Cancer Society, ACS)推荐将CTC报告和数据系统(C-RADS)^[9]作为原发结肠癌评估标准: C0: 检查不充分(包括肠道准备或肠道充气不足)或需要等待既往检查进行比较; C1: 正常结肠或良性病变(息肉小于6mm、脂肪瘤或憩室等),建议5~10年的常规筛查; C2: 不确定的发现或中等大小息肉(息肉6~9mm,数量小于3),建议监测或结肠镜下行息肉切除; C3: 息肉,可能是进展性腺瘤(息肉 ≥ 10 mm,或者两个以上6~9mm的息肉),建议在结肠镜下行息肉切除; C4: 结直肠肿块,倾向恶性(肠腔变窄,肿物侵犯肠外),建议结合外科手术会诊。中国临床肿瘤学会(Chinese Society of Clinical Oncology, CSCO)2020年版结直肠癌诊疗指南^[10]建议50~74岁个体应行粪便隐血试验进行结直肠癌筛查,其中阳性者应行结肠镜检查,后续每年至少进行一次粪便隐血试验进行筛查;直接行结肠镜检查的50~74岁个体,阴性者5年行结肠镜检查一次,阳性者根据肿瘤大小和病理类型在1~3年后行结肠镜复查,后续如未发现肿瘤复发,可延长间隔至3~5年;有结直肠腺瘤病史、结直肠癌家族史和炎性肠病的高危人群应每年参加结直肠癌筛查,进展期结直肠腺瘤(直径 ≥ 1 cm,或伴绒毛状结构或伴高级别瘤变)患者应在诊断后1~3年内复查结肠镜,如未发现腺瘤复发,后续间隔可延长至3~5年,非进展期腺瘤患者应在诊断后2~3年内复查结肠镜,如未发现腺瘤复发,后续间隔可延长至3~5年。日本大肠癌研究会(Japanese Society for Cancer of the Colon and Rectum, JSCCR)于2019年出版的《大肠癌治疗指南》^[11]建议:无论早期结肠癌大小和肉眼类型如何,只要发生粘膜内或者粘膜下浸润,均应进行干预,其中 ≤ 2 cm者行结肠内窥镜息肉切除术,

而对于尚未恶变的结肠息肉,JSCCR没有做出过多的解释。对于结肠息肉的处理,各国都根据实际情况制定了处理标准,但是在临床实践中,为了减少息肉恶化的风险,绝大多数结肠息肉都在行结肠内窥镜的同时进行切除,即使这样要耗费更多的人力物力以及医疗资源。对于结肠息肉的治疗方法,国际上还没有统一的标准,其临床意义和治疗规范还存在争议。

近些年的研究认为,比起结肠息肉的大小、形态和位置等静态监测数据,结肠息肉的生长速度可能更能说明问题。随着CT结肠造影(CTC)作为结肠息肉筛查工具的出现,有了随时间轴纵向追踪结肠息肉的检查手段^[12]。CTC是结肠息肉监测的理想工具,通过其他检查手段确定前后两次检查中的息肉是否在同一个位置是很困难的,但是CTC可以做到精确定位,而且除了线性尺寸测量外,CTC还有评估体积的显著优势。Pickhardt等^[13]对53例患者的58处锯齿状腺瘤/息肉(SSA/SSP)与113例患者的114处非进展期管状腺瘤(TAs)进行了5年左右纵向观察追踪。结果显示,锯齿状腺瘤/息肉(SSA/SSP)组的年均体积增长率为+12.7%/年,而非进展期管状腺瘤(TAs)组为+36.4%/年,差异有统计学意义($P=0.028$);在组织病理学上,无一例锯齿状息肉表现为低度不典型增生、高度不典型增生或浸润性癌。所有非进展期TAs都含有低度不典型增生。因此,有理由认为CTC对于结肠息肉的纵向观察是有意义的。既往大量研究和临床经验已经证实:较大的结肠息肉(≥ 1 cm)倾向于恶性,较小的息肉(≤ 5 mm)倾向于良性,但最具争议性的中等大小息肉(6~9mm)的生物学行为可能会对早期结肠癌的筛查产生较大影响,所以6~9mm的结肠息肉就成为了CTC监测的主要目标。Pickhardt等^[14]曾对这些中等大小的息肉进行了为期三年的随访监测,发现10%的中等息肉在CTC图像上完全消退,40%的中等息肉显示总体体积负增长,建议息肉体积增长率 $>29\%$ /年即表明组织学上已经恶化。CTC可以在5~10年的观察期内准确监测结肠息肉的生长速度,用以判断结肠息肉是否恶变为结肠癌。而对于经CTC监测未表现出恶性行为的结肠息肉,可能会重新制定临床治疗计划甚至取消,既减少了患者行结肠息肉切除术的痛苦,又使国家医疗资源得到更好的分配和利用。

3 CTC应用于结肠镜检查不全患者的研究现状与进展

结肠镜检查不全是指行结肠镜检查时,因患者难以忍受、肠腔狭窄或肠道准备不充分等原因,未能显示从直肠到盲肠的整个结肠。而CTC的肠道准备过程简便、肠道清洁要求低,而且结肠息肉检出率很高,是很多结肠镜检查不全患者的选择之一。据报道,结肠镜检查不全的概率在4%到25%之间^[15]。Qureshi等^[16]回顾性分析了2891例行结肠镜检查的患者,其中有5%的结肠镜检查不全。结肠镜检查不全的原因包括解剖异常(特别是乙状结肠)、明显的憩室、阻塞性肿块和狭窄、结肠环成角或固定,另外术后粘连、痉挛、结肠准备不良、女性或低身高体重指数(body mass Index, BMI)也有可能导致结肠镜检查失败。Tsurumaru等^[17]对108例接受CTC检查的结肠镜检查不全患者进行回顾性研究,结肠镜检查不全的原因在CTC上表现出了特征,与较大的肿瘤横截面、肠腔狭窄有关,差异

有统计学意义。

研究表明,有8%~13%的结肠癌患者发生大肠梗阻^[18]。此时,结肠镜无法显示梗阻近端的肠道情况,非常容易造成漏诊。欧洲胃肠道内窥镜学会(European Society of Gastrointestinal Endoscopy, ESGE)和欧洲胃肠道和腹部放射学学会(European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology, ESSAR)共识指南建议^[19]:因CTC对结肠癌和结肠息肉都有很高的诊断准确性,应在结肠镜检查不全后当日或次日行CTC以防漏诊。Flor等^[20]评估了70例结肠镜检查不全而行CTC检查的闭塞性结肠癌患者,其中有27例(39%)在CTC发现一个或多个6mm甚至更大的同步结肠息肉。Offermans等^[21]及其团队对210名因梗阻性结直肠癌导致结肠镜检查不全的患者行CTC检查,其中有6例(2.9%)在CTC上显示梗阻性结肠癌近端的结肠癌征象,其中有3例(1.4%)因此改变了手术计划。Iwata等^[22]报道了一例81岁妇女,结肠镜发现两处结肠癌,但因肠腔狭窄、出血等导致结肠镜检查不全,随后行CTC检查,最终确诊为肠道内三处原发性结肠癌而改变了手术方式。虽然梗阻性结肠癌近端同步肿瘤的患病率很低,但术前检测同步肿瘤是有必要的,不仅可以防止二次手术,同时也能防止同步肿瘤进展到晚期。而且对于没有改变手术方式的患者,CTC对同步进展期肿瘤有很高的阴性预测价值,而结肠镜可能要推迟到术后12个月才可以进行。此外,CTC还能优化患者的术前信息,如为外科医生评估结肠的长度和质量(例如广泛的憩室),在对比剂增强CTC扫描时,可以同时获得与肿瘤相关的肠系膜血管解剖信息,这可能会影响手术方式和预期手术时间。基于这些原因,CTC可以考虑作为梗阻性结肠癌患者以及因年老体弱等原因,无法配合完成结肠镜检查患者的一站式检查手段。

4 CTC在结肠外病变的现状与进展

很多结肠息肉、结肠癌患者同时患有结肠外的某些疾病,其中一些可能会影响结肠息肉、结肠癌患者的既定治疗计划。因此,在筛查结肠息肉的同时,同样应该了解结肠外疾病。CTC具有检测结肠外疾病的能力,在筛查和诊断结肠癌方面有着不可替代的优势。然而美国预防服务工作组(US Preventive Services Task Force, USPSTF)在2016年提出了质疑,他们认为:CTC结肠外病变的发现会导致不必要的诊断和治疗,如果CTC没有偶然发现,这些病变也许不会危及患者的身心健康。但近年来的一些研究,打消了USPSTF的这一顾虑。Taya等^[23]回顾性分析了2011至2017年间行CTC检查的388名患者,结肠外病变根据C-RADS进行评定^[9],即将肠外发现分成5个等级:E0:检查缺陷;E1:正常检查或解剖变异;E2:临床非重要的发现;E3:可能不重要的,无充足特征证实的发现;E4:潜在的重要发现。结果发现,E1和E2患病率89%;E3患病率4%;E4患病率7.2%,其中包括3例结肠外恶性肿瘤和3例腹主动脉瘤。该研究中的E3患病率低于其他相似的研究报告的E3患病率9%~13.9%。这可能是由于Taya团队中的受试者多为男性中老年患者,所以缺少了子宫及双侧附件区的疾病。Pickhardt等^[24]对44项研究的49676例患者资料进行整合分析

发现在无症状筛查人群中,CTC可见的结肠外疾病,需要医疗干预者占4%,建议复查者占8%。CTC在筛查和诊断人群中成功检测到具有临床意义的结肠外发现,这无疑是对患者是有益处的。CTC作为一种无创的、有效的结肠息肉筛查方法,不仅能发现结肠息肉,同时对有重要意义的肠外病变有相当高的诊断价值,大大提高了CTC的诊断效能。

同样,一些研究显示有其他癌症病史的患者结肠癌的发病率也会增加。Larson等^[25]对9487位患者进行研究,发现有结肠外癌症病史(不包括黑色素瘤、基底细胞癌)组的结肠癌患病率明显高于对照组($P=0.028$),在这些患者中,患有头颈部癌(口腔癌、喉癌)、膀胱癌、有肺癌既往史,以及放疗后的霍奇金淋巴瘤患者,结肠癌患病率更高,证明了在癌症幸存者人群中,结肠癌患病率较无癌症病史者高。因此,在临床中进行结肠息肉筛查时,应该特别关注有恶性肿瘤病史的患者。同样,CTC显示这些患者的结肠外疾病(除原发的已知癌症病史)的患病率也增加了,这可能会对癌症幸存者具有特别重要的意义。通过这种方式,CTC为那些复发或有第二原发性恶性肿瘤风险的患者提供了一种新的检查手段,不仅能够筛查结肠息肉,还可以同时发现结肠外的病变。

5 CTC降低辐射剂量的新进展

随着CT后处理技术不断成熟,CTC广泛应用于临床,如何在保证图像质量的前提下降低辐射剂量,成为了放射科工作者的使命。既往众多学者对降低辐射剂量的方法进行过诸多研究,包括降低峰值电压、降低电流-时间、增大螺距、使用降噪滤波器等,但均因增加图像噪声而影响结肠息肉检出。

近些年众多研究证实,在使用迭代重建技术时,CTC在保持图像质量的情况下降低辐射剂量的方案是可行的。在Flicek等^[26]的研究中,仰卧位使用50mAs,俯卧位使用25mAs联合40%自适应统计迭代重建(ASIR)。当使用ASIR时,CTC辐射剂量可以比未使用ASIR时降低50%,而不会对图像质量造成任何重大影响。Millerd等^[27]证明,使用基于模型的迭代重建(MBIR)的CTC中的辐射剂量可以减少60%。

自动管电流调制(automatic tube current modulation, ATCM)技术是基于个体化因素、解剖结构的不对称以及扫描区域内组织构成对X线衰减差异较大这一事实,沿角度平面(XY轴)和长轴(Z轴)方向上,实时调控管电流输出,减少不同投照角度上不必要的X线输出并按照事先设定的图像质量参考水平获取图像,同时优化辐照剂量的方法。Cianci等^[28]首次将超低剂量CT这个概念引入CT结肠造影中,将超低剂量方案(自动管电流调制ATCM,迭代重建SAFIRE)与低剂量方案(管电流设置为55mA,滤波反射投影FBP)进行对比。研究显示与低剂量方案相比,超低剂量方案的CT容积剂量指数(CTDI vol)和有效剂量显著降低($P<0.0001$),且超低剂量方案的总平均有效剂量($0.98\pm0.30\text{mSv}$)明显低于低剂量方案($2.69\pm0.74\text{mSv}$)($P<0.0001$)。此外,超低剂量方案的图像噪声(28.6 ± 5.7)低于低剂量方案(29.8 ± 6.2),但两种方案之间的差异无统计学意义($P=0.09$),超低剂量方案的图像质量虽然较低剂量方案有所降低,但是最大差距不超过1分。Cianci等^[28]的研究表明,

通过调制管电流, CTC的辐射剂量可以进一步降低63%, 达到亚mSv采集。同时将迭代重建(SAFIRE)和自动管电流调制(ATCM)应用于超低剂量CTC检查时, 可以在不影响图像质量的前提下显著降低辐射剂量。

6 CTC在人工智能方面的进展

计算机辅助诊断(computer aided diagnosis, CAD)系统应用在CTC的主要目的是识别读者遗漏的病变, 从而提高放射科医生的诊断效能。Summers等^[29]的研究表明, 应用CAD软件后, 6~9mm的结肠息肉的检出率的敏感度提高了11%, 而特异度没有显著变化。计算机辅助诊断系统不仅能帮助放射科医生提高结肠息肉的筛查率, 还能在一定程度上缩短筛查时间。Boone等^[30]让10名没有经验的放射科医生和16名有经验的放射科医生分别对102例CTC图像进行评估, 发现在使用CAD后, 没有经验的放射科医生对息肉的诊断敏感性提高了14.1%, 特异度下降了6.1%, 但是对于有经验的放射科医生, 敏感度和特异度的变化均无统计学差异(4.6%, -2.7%)。CAD的出现, 对于结肠息肉检出效率的提高是毋庸置疑的, 尤其是对于新手读者。希望计算机辅助诊断系统能够尽早普及到基层医院CTC, 协助医生提高癌症筛查效率, 改善目前医疗资源分配不均的现状, 让更多患者受益。

7 结论与展望

随着不断深入的研究, CTC有效弥补了结肠镜及其他筛查方式在筛查与监测结肠息肉、早期结肠癌中表现出的弊端, 也更容易被受检者接受。而且随着放射科医生专业能力的提高和计算机影像处理技术的不断成熟, 其诊断准确性也不断提高。尤其是对于身体基础状态不理想的中老年人, CTC无疑为他们提供了一种更加可行的结肠息肉筛查手段。随着CTC越来越多地应用于结肠息肉的筛查与监测, 可以有效延长结肠癌患者的生存期、减少病死率。当然, 目前CTC还有一些不尽人意的地方, 一是对于小于6mm的结肠息肉, CTC的检出率还很低; 二是扁平息肉在CTC上可仅表现为结肠粘膜的增厚, 所以CS仍然是最好的检测手段; 三是CTC的图像质量会受到患者肠道准备情况、设备性能、操作者的熟练程度等多种因素的影响; 四是虽然肠穿孔、脾破裂等并发症的发生率非常少, 但是也不能忽略。CTC目前的这些不足也正是放射科工作者需要研究和探索的方向。

参考文献

- [1] Siegel R L, Miller K D, Goding S A, et al. Colorectal cancer statistics, 2020 [J]. CA Cancer J Clin, 2020, 70(3): 145-164.
- [2] Bibbins-Domingo K, Grossman D C, Curry S J, et al. Screening for colorectal cancer US preventive services task force recommendation statement [J]. J Am Med Assoc, 2016, 315(23): 2564-2575.
- [3] Nolthenius C J T, Boellaard T N, de Haan M C, et al. Evolution of screen-detected small (6-9mm) polyps after a 3-year surveillance interval: Assessment of growth with CT colonography compared with histopathology [J]. Am J Gastroenterol, 2015, 110(12): 1682-1690.

- [4] Levine M S, Yee J. History, Evolution, and current status of radiologic imaging tests for colorectal cancer screening [J]. Radiol, 2014, 273(2s): S160-S80.
- [5] Buccicardi D, Grosso M, Caviglia I, et al. CT colonography: patient tolerance of laxative free fecal tagging regimen versus traditional cathartic cleansing [J]. Abdom Imaging, 2011, 36(5): 532-537.
- [6] Kim B, Park S H, Hong G S, et al. Iohexol versus diatrizoate for fecal/fluid tagging during CT colonography performed with cathartic preparation: comparison of examination quality [J]. Eur Radiol, 2015, 25(6): 1561-1569.
- [7] Bellini D, De Santis D, Caruso D, et al. Bowel preparation in CT colonography: Is diet restriction necessary? A randomised trial (DIETSAN) [J]. Eur Radiol, 2018, 28(1): 382-389.
- [8] Utano K, Takayanagi D, Nagata K, et al. A novel volume-reduced CT colonography regimen using hypertonic laxative (polyethylene glycol with ascorbic acid): randomized controlled trial [J]. Eur Radiol, 2019, 29(10): 5236-5246.
- [9] Zalis M E, Barish M A, Choi J R, et al. CT colonography reporting and data system: a consensus proposal [J]. Radiol, 2005, 236(1): 3-9.
- [10] 中国临床肿瘤学会指南工作委员会结直肠癌工作组. 中国临床肿瘤学会结直肠癌诊疗指南2020版 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [11] Hashiguchi Y, Muro K, Saito Y, et al. Japanese Society for Cancer of the Colon and Rectum (JSCCR) guidelines 2019 for the treatment of colorectal cancer [J]. Int J Clin Oncol, 2020, 25(1): 1-42.
- [12] Pickhardt P J, Pooler B D, Kim D H, et al. The natural history of colorectal polyps: Overview of predictive static and dynamic features [J]. Gastroenterol Clin North Am, 2018, 47(3): 515-536.
- [13] Pickhardt P J, Pooler B D, Matkowskyj K A, et al. Volumetric growth rates of sessile serrated adenomas/polyps observed in situ at longitudinal CT colonography [J]. Eur Radiol, 2019, 29(9): 5093-5100.
- [14] Pickhardt P J, Kim D H, Pooler B D, et al. Assessment of volumetric growth rates of small colorectal polyps with CT colonography: a longitudinal study of natural history [J]. Lancet Oncol, 2013, 14(8): 711-720.
- [15] O'Shea A, Murray T, Morrin M M, et al. Incidence of clinically significant perforation at low dose non-contrast CT and its value prior to same day CT colonography following incomplete colonoscopy [J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45(4): 1044-1048.
- [16] Qureshi A, BiBi S, Madhotra R. Body mass index & low C1R in colonoscopy! [J]. Gastroenterol Hepatol Bed Bench, 2018, 11(2): 125-30.
- [17] Tsurumaru D, Nishimura Y, Kai S, et al. Factors of incomplete colonoscopy for stenosing colorectal cancer: CT colonography features [J]. Jpn J Radiol, 2020, 38(10): 973-978.
- [18] van Hooft J E, Veld J V, Arnold D, et al. Self-expandable metal stents for obstructing colonic and extracolonic cancer: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline-Update 2020 [J]. Endoscopy, 2020, 52(5): 389-407.
- [19] Spada C, Stoker J, Alarcon O, et al. Clinical indications for computed tomographic colonography: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) and European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR) Guideline [J]. Endoscopy, 2014, 46(10): 897-915.
- [20] Flor N, Ceretti A P, Luigiano C, et al. Performance of CT Colonography in Diagnosis of Synchronous Colonic Lesions in Patients With Occlusive Colorectal Cancer [J]. AJR Am J Roentgenol, 2020, 214(2): 348-54.

- [21] Offermans T, Vogelaar F J, Aquarius M, et al. The added clinical value of performing CT colonography in patients with bstructing colorectal carcinoma[J]. *Gastroenterol Rep(Oxf)*, 2018, 6(3): 210–214.
- [22] Iwata T, Ando K, Komatsu S. Usefulness of CT colonography for a patient with three synchronous primary descending colon cancers [J]. *Gan To Kagaku Ryoho*, 2019, 46(5): 957–959.
- [23] Taya M, McHargue C, Ricci Z J, et al. Comparison of extracolonic findings and clinical outcomes in a screening and diagnostic CT colonography population[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2019, 44(2): 429–437.
- [24] Pickhardt P J, Correale L, Morra L, et al. JOURNAL CLUB: Extracolonic findings at CT colonography: Systematic review and meta-analysis[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211(1): 25–39.
- [25] Larson M E, Pickhardt P J. CT Colonography screening in extracolonic cancer survivors: Impact on rates of colorectal and extracolonic findings by cancer type[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2019, 44(1): 31–40.
- [26] Flicek K T, Hara A K, Silva A C, et al. Reducing the Radiation Dose for CT colonography using adaptive statistical iterative reconstruction: A pilot study[J]. *Am J Roentgenol*, 2010, 195(1): 126–131.
- [27] Millerd Patrick J, Paden Robert G, Lund Jeffrey T, et al. Reducing the radiation dose for computed tomography colonography using model-based iterative reconstruction[J]. *Abdominal imaging*. 2015, 40(5): 1183–1189.
- [28] Cianci R, Delli Pizzi A, Esposito G, et al. Ultra-low dose CT colonography with automatic tube current modulation and sinogram-affirmed iterative reconstruction: Effects on radiation exposure and image quality[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2019, 20(1): 321–330.
- [29] Summers R M, Liu J, Rehani B, et al. 对CT colonography computer-aided polyp detection: Effect on radiologist observers of polyp identification by CAD on both the supine and prone scans[J]. *Acad Radiol*, 2010, 17(8): 948–959.
- [30] Boone D, Mallett S, McQuillan J, et al. Assessment of the Incremental benefit of computer-aided detection (CAD) for interpretation of CT colonography by experienced and inexperienced readers[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0136624.

(收稿日期: 2020-12-23)