

回顾性心电门控结合心电编辑在 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像中的应用

周旭辉 严超贵 谢红波 孟俊非 李向民 李子平 陈星

【摘要】 目的 探讨回顾性心电门控技术结合心电编辑在 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像 (MSCTA) 中的应用价值。方法 因临床拟诊冠心病而行冠状动脉 64 层 MSCTA 检查的患者 67 例, 其中 37 例扫描中出现期前收缩(房性 17 例, 室性 20 例), 16 例心电信号出现错误触发点, 14 例部分 R 波上触发点缺失而导致 R-R 间期不等。对患者的心电信号进行编辑, 结合回顾性心电门控技术和后处理工作站重组编辑后的图像。12 例患者在 MSCTA 后 4 ~30 d 行冠状动脉导管造影 (CAG) 检查。结果 1 例房性期前收缩患者未能实施心电编辑。66 例 763 段冠状动脉中质量为优、良、中和差者分别为 473 (62.0%)、213 (27.9%)、51 (6.7%) 和 26 段 (3.4%); 可用于诊断的血管为 737 段 (96.6%)。12 例患者冠状动脉 MSCTA 检查结果与 CAG 检查进行对照, MSCTA 诊断血管狭窄程度 $\geq 50\%$ 的敏感性为 84.6% (22/26); 诊断血管狭窄程度 $< 50\%$ 的敏感性为 83.3% (10/12); 诊断血管狭窄的特异性为 96.3% (105/109), 阴性预测值为 97.2% (105/108)。结论 回顾性心电门控配合心电编辑冠状动脉 MSCTA 能明显改善患者期前收缩和心电信号中触发点错误的图像质量, 扩大了冠状动脉 MSCTA 检查的适应证范围。

【关键词】 冠状血管造影术; 体层摄影术, X 线计算机

The application of the retrospective electrocardiographic gating technique combined with electrocardiographic editing in 64 multislice spiral CT coronary angiography ZHOU Xu-hui, YAN Chao-gui, XIE Hong-bo, MENG Quan-fei, LI Xiang-min, LI Zi-ping, CHEN Xing. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

【Abstract】 Objective To assess the value of the retrospective electrocardiographic gating technique with electrocardiographic editing in 64 multislice spiral CT coronary angiography (MSCTCA). Methods Sixty-seven patients with suspicion of coronary artery disease underwent coronary angiography with 64 MSCT, including arrhythmia ($n = 37$, 17 with atrial extrasystoles and 20 with ventricular extrasystoles), unequal R-R intervals resulted from the absence of trigger points on partial R waves ($n = 14$) and inaccurate trigger points ($n = 16$). The images were reconstructed with the retrospective electrocardiographic gating technique after electrocardiographic signal editing and processed on the postprocessing workstation. Results The electrocardiographic signal editing was failed in one patient with atrial extrasystole. According to the image quality, 763 segments of coronary arteries in 66 patients were defined as excellent ($n = 473$, 62.0%), good ($n = 213$, 27.9%), moderate ($n = 51$, 6.7%) or poor ($n = 26$, 3.4%) and divided into 4 groups. The images of 737 segments (96.6%) of coronary arteries were diagnostable. The results of CT angiography in 12 patients were compared with coronary angiography (CAG), and the sensitivity of 64-slice spiral CT for the $\geq 50\%$ stenosis and $< 50\%$ stenosis were 84.6% (22/26) and 83.3% (10/12), respectively. The specificity was 96.3% (105/109) and the negative predictive value was 97.2% (105/108) in the diagnosis of coronary artery stenosis. Conclusion The retrospective electrocardiographic gating technique combined with electrocardiographic signal editing expands the applications of 64 MSCTCA.

【Key words】 Coronary angiography; Tomography, X-ray computed

多层螺旋 CT 无创冠状动脉成像已得到较为广泛的临床应用, 具有稳定的窦性心律, 且平均心率在 70 次/min 以下, 被学界普遍认为是检查成功的重要前提条件, 扫描过程中患者心率变动剧烈和心律不

齐仍然是检查成功的主要障碍之一^[1-4], 对于部分心律不齐患者的无创冠状动脉成像国内报道不多^[4-5], 应用回顾性心电门控结合心电编辑对心律不齐患者冠状动脉成像的研究笔者未见国内外系统报道, 本研究旨在探讨这一方法在 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像 (MSCTA) 中的应用价值。

资料与方法

一、临床资料

选择本院 2005 年 9 月至 2007 年 1 月间因临床拟诊冠心病行 64 层 MSCTA 的患者共 1457 余例, 其中有 37 例(2.5%) 患者在扫描过程中出现期前收缩, 包括房性 17 例(期前收缩出现 1 次者 12 例、间断出现 2 次者 4 例、连续出现 2 次者 1 例); 室性 20 例(期前收缩出现 1 次者 8 例, 间断出现 2 次者 8 例, 间断出现 3 次者 4 例); 另有 30 例患者为窦性心律且平均心率均 < 70 次/min, 扫描后心电信号显示 16 例出现异位触发点, 14 例部分 R 波上触发点缺失。67 例中男 45 例, 女 22 例, 年龄 42 ~ 78 岁, 中位年龄 52 岁。12 例患者在 MSCTA 后 4 ~ 30 d 行冠状动脉导管造影(CAG) 检查。所有患者均呼吸控制良好, 无严重心、肾功能不全。

心律失常的类型根据患者临床病史并结合扫描过程中与 CT 机连接的外置式心电信号仪显示的心电图(导联) 来判定。

二、扫描方法

1. 主要设备: 使用 Toshiba Aquilion 64 层 MSCT 机辅以 Medrad CT 型双筒高压注射器和 Vitrea 3.8 工作站进行 CT 扫描和图像后处理, 心电编辑由 CT 机配置的软件完成。

2. 患者准备: 扫描前对患者进行呼吸训练, 以达到理想的屏气状态, 所有 67 例患者配合满意。

3. 扫描程序: 管电压为 120 ~ 135 kV, 管电流 350 ~ 400 mA, 数据采集通道为 64 层 \times 0.5 mm, 机架转速 400 ms, 螺距 0.175 ~ 0.225。以 4.0 ~ 4.5 ml/s 流率经肘静脉注入 65 ~ 80 ml 碘海醇(370 mg I/ml), 并以相同流率追加 40 ~ 45 ml 生理盐水, 扫描采用 Sure-Start 软件触发, 阈值设定为 200 HU。扫描时患者取仰卧位, 范围覆盖隆突下至膈肌下 2 cm, 患者处于浅吸气后屏气状态, 屏气时保持胸部、腹部和喉头静止, 同步记录心电信号, 扫描时间 7 ~ 11 s。所有患者均未服用药物控制心律, 无碘对比剂过敏。

三、图像重建

1. 图像重建参数: 所有患者图像重建均采用回顾性心电门控进行, 重建视野 180 mm \times 180 mm ~ 240 mm \times 240 mm, 软组织函数, 层厚 0.5 mm, 重叠 0.3 mm。观察图像的窗宽 500 HU, 窗位 70 HU。

2. 心电信号编辑: 浏览心电信号, 判断有无异位触发点或 R 波上触发点缺失, 相应地去掉异位

触发点或在 R 波上添加缺失的触发点; R-R 间期不等为房性或室性早搏引起, 去掉提早出现的 R 波上的触发点。

3. 心电信号编辑后图像重建时相选择: 参照文献[3], 选择心脏中部的一个层面分别用相对时相法(在 R-R 间期的 0 ~ 99% 以 1% 的间隔重建 100 幅图像) 和绝对时间法(从 R 波之后 0 ms 开始, 以 10 ms 时间间隔重建整个 R-R 间期得到多幅图像) 获得该层面的不同时相的重建图像, 选择血管断面显示最清晰的时相重建整个心脏, 以尽量减少血管搏动伪影。在 Vitrea 3.8 工作站进行容积重组(VR), 利用冠状动脉探针软件逐段分析判断有无狭窄和测量狭窄率, 并对每个血管节段进行曲面重组(CPR) 显示。

四、图像评价

1. 冠状动脉节段: 按照美国心脏病协会的标准^[6], 并结合笔者的经验, 冠状动脉节段定义为管腔直径 ≥ 1.5 mm 的冠状动脉及其分支, 一般分为 15 个节段。

2. 图像质量评价标准: 由 2 名有经验的高年资主治医师独立完成对冠状动脉节段和图像质量的评价, 出现分歧时以取得一致意见为准。图像质量分为优异(管腔连续完整, 管壁锐利, 无伪影)、良好(管腔连续完整, 管壁轻度伪影)、中等(管腔连续, 管壁中度伪影, 但可以作出诊断) 和差(管腔出现错层、中断, 管壁严重伪影)^[3], 其中图像质量为中等以上可用于诊断, 如果成像质量介于 2 个标准之间, 以低标准列入统计。

3. 按照编辑后患者心率情况分组: 30 例编辑后心电信号规整, 平均心率为 50 ~ 70 次/min 者为 A 组, 该组全部采用了相对时相法 R-R(75% ~ 80%, 相当于舒张中、晚期) 重组容积数据; 30 例编辑后平均心率 50 ~ 70 次/min 的期前收缩患者为 B 组, 该组中 16 例采用绝对时间法、14 例采用相对时相法 R-R(75% ~ 80%, 相当于舒张中、晚期) 重组心脏容积数据; 6 例编辑后平均心率 71 ~ 83 次/min 的期前收缩患者为 C 组, 该组全部采用了绝对时间法(R 波后 300 ~ 360 ms, 相当于收缩期) 重组容积数据; 1 例无法实现心电编辑。

4. CAG 结果分析: 冠状动脉插管采用 Seldinger 方法股动脉入路, 分别行左、右冠状动脉造影, 对比剂种类和浓度等同于 MSCTA。血管造影由心内科医师完成, 在不知道 MSCTA 结果的情况下评价造影结果, 分别记录正常冠状动脉、狭窄程度 $< 50\%$

和 50% 节段的数目。

五、统计分析

图像质量的比较分析采用多个独立样本(等级资料)的非参数秩和检验(Kruskal-Wallis test)。以 CAG 造影结果为金标准,计算 MSCTA 诊断冠状动脉病变的敏感性、特异性和阴性预测值。统计学分析由统计软件包 SPSS 10.0 完成, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

30 例心电信号出现触发点异位或缺失的患者经心电编辑软件处理后 R-R 间期恢复规整,平均心率为 50 ~70 次/min。37 例期前收缩的患者有 36 例按照编辑后的心电信号进行了 VR 技术,另 1 例在扫描中连续出现 2 次房性期前收缩,心电编辑使心脏容积数据出现容积间隙而无法重组。

66 例患者共显示冠状动脉节段 837 段,有 74 段因为血管细小未纳入统计分析,对 763 段冠状动脉血管节段进行成像质量分析(图 1 ~13):质量优、良、中和差分别为 473 (62.0%)、213 (27.9%)、51 (6.7%) 和 26 段 (3.4%);成像质量优良率为 686 段 (89.9%),可用于诊断的血管为 737 段 (96.6%)。A 组 30 例分析血管 361 段,质量优、良、中和差分别为 229 (63.4%)、107 (29.6%)、23 (6.4%) 和 2 段 (0.6%);B 组 30 例分析血管 338 段,成像质量优、良、中和差分别为 210 (62.1%)、84 (24.9%)、26 (7.7%) 和 18 段 (5.3%);C 组 6 例分析血管 64 段,质量优、良、中和差分别为 34 (53.1%)、22 (34.4%)、2 (3.1%) 和 6 段 (9.5%)。统计学分析 3 组患者冠状动脉成像质量差异无统计学意义($\chi^2 = 3.50, P = 0.17$)。

本组中 12 例行 CAG 的患者,MSCTA 共分析冠状动脉血管 147 段,诊断狭窄程度 $\geq 50\%$ 血管 24 段,狭窄程度 $< 50\%$ 血管 15 段,正常血管 108 段;CAG 诊断狭窄程度 $\geq 50\%$ 血管 26 段,狭窄程度 $< 50\%$ 血管 12 段,正常血管 109 段。MSCTA 诊断血管狭窄程度 $\geq 50\%$ 的敏感性为 84.6% (22/26),诊断血管狭窄程度 $< 50\%$ 的敏感性为 83.3% (10/12),诊断血管狭窄的特异性为 96.3% (105/109),阴性预测值为 97.2% (105/108) (图 1 ~13)。冠状动脉 MSCTA 低估了 5 个血管节段的病变,过度评价了 5 段血管。

讨 论

1. 心电编辑和图像重组:回顾性心电门控可在

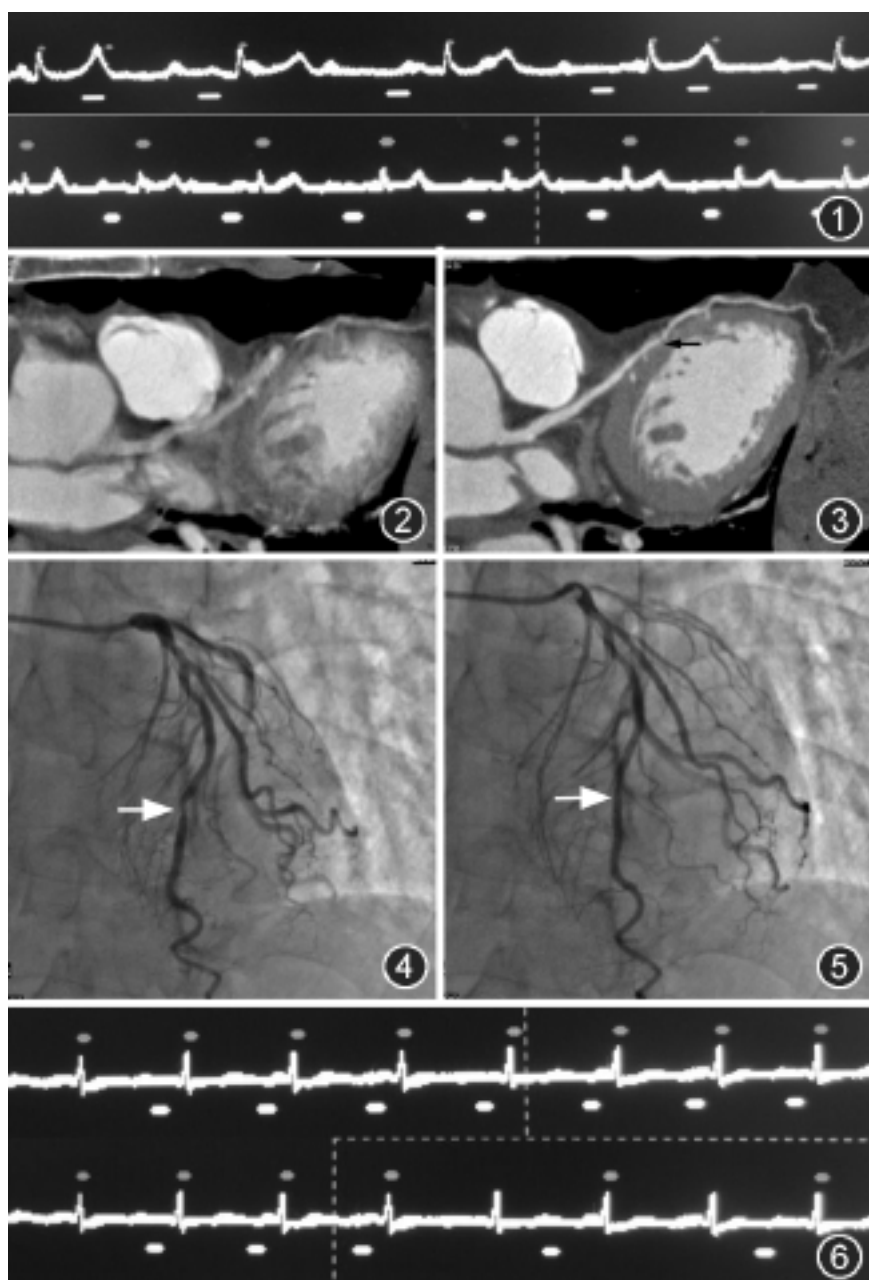


图 1 ~5 78 岁,男。图 1 为心电信号编辑前,显示 2 个异位触发点位于高尖的 T 波上,去掉异位触发点后 R-R 间期规整,并见采集窗发生相应变化。图 2 为编辑前左侧冠状动脉前降支曲面重组(CPR)像,显示血管伪影严重(R-R 间期 75% 时相)。图 3 为编辑后 CPR 像显示冠状动脉图像质量优异,前降支中段见心肌桥(R-R 间期 75% 时相)。图 4,5 为冠状动脉导管造影,显示前降支中段心肌桥形成,于收缩期有重度狭窄(图 4 箭),舒张期管腔恢复正常(图 5 箭),与 64 层 CT 冠状动脉成像结果相符。图 6 58 岁,男。为心电信号编辑前,显示 2 个 R 波上的触发点缺失,添加触发点后 R-R 间期规整,并见采集窗发生相应变化。

扫描完成后对同步获取的心电信号进行编辑,以选择较为理想的时相进行图像重组。心电信号中的触发点根据电压阈值产生,电压阈值可根据患者心电资料自动调节^[7],大多数情况下触发点总位于 R 波上,如果患者心电生理异常,可能会出现异位触发点或者部分 R 波上触发点缺失,导致 R-R 间期不等。本组 30 例出现异位触发点或部分 R 波上触发点缺失的患者编辑后 R-R 间期稳定,相对时相法重组后统计显示图像质量优良率达 93.0%,与文献报道具有稳定窦性心律且平均心率为 50 ~70 次/min 的患者的结果近似^[2,6]。

扫描时因期前收缩而提早出现的 R 波会导致图像重组的采集窗同时涉及舒张期和收缩期而出现



图 7 ~9 与图 6 同一患者。图 7 为编辑前曲面重组(CPR)像,显示冠状动脉右支中断,伪影严重(R-R 间期 75% 时相)。图 8 为编辑后 CPR 像,显示图像质量优异,冠状动脉右支散在钙化,中远段交界处见低密度斑块伴血管腔中度狭窄(箭,R-R 间期 75% 时相)。图 9 为冠状动脉造影(CAG),显示右冠状动脉中远段交界处血管腔中度狭窄,与 64 层 CT 冠状动脉成像结果相符。图 10 ~13 73 岁,男。图 10 为心电信号编辑前,显示 1 个房性期前收缩,见相应的触发点和采集窗;编辑后去掉期前收缩 R 波上的触发点,并见采集窗发生相应变化。图 11 为编辑前左侧冠状动脉前降支 CPR 像,见中段血管错层(R-R 间期 75% 时相)。前降支散在钙化,近段有低密度斑块伴血管腔中度狭窄病变。图 12 为编辑后前降支 CPR 像,显示前降支散在钙化,近段有低密度斑块伴血管腔中度狭窄病变(箭,R-R 间期 75% 时相)。图 13 为 CAG,显示前降支近段节段性中度狭窄,所见与 64 层 CT 冠状动脉成像相符(箭)

明显伪影。根据自适应性心脏 VR 技术原理,去掉 R 波上的触发点后系统会自动从相邻心动周期中获取资料来插入补偿^[1,8],编辑后采集窗同时发生了相应变化(图 1, 6, 10)。本组 36 例期前收缩的患者经心电编辑后重组图像质量优良率为 87.1%,表明通过心电编辑能明显提高期前收缩患者冠状动脉 MSCTA 质量,同时本研究结果也显示了期前收缩和心率加快导致成像质量优异率下降(63.4%、62.1%、53.1%)、成像质量差的比例上升(0.6%、5.3%、9.5%)的趋势。图像质量下降的原因考虑与多节段重组有关,心率变化剧烈可能造成扇区分离或重叠,致使图像质量明显下降^[4,8]。本组有 1 例患者,扫描中连续出现 2 次房性期前收缩,编辑后相应的 R-R 间期过长,对应心率为 25 次/min,重组后出现容积间隙。笔者注意到该患者扫描时机架转速为 0.4 s,螺距为 0.225,理论上能适应的最低心率必

须 34 次/min^[8],因此,心电编辑时去掉部分触发点有可能会产生容积间隙,应用时应考虑到这一点。

2. 重组图像时相的选择:重组图像的时相分为相对时相法和绝对时间法,绝对时间法重组的采集窗主要依赖于心脏收缩期的稳定,受 R-R 间期变化的影响较小,国外研究表明,绝对时间法较相对时相法能获得更优良的图像质量,尤其对于心率较快的患者^[3]。根据心脏的生理特征,在每个心动周期中,心脏在等容收缩期和舒张期运动幅度最小,其持续时间与心率紧密相关,心率加快时舒张期的缩短更为明显,此时应用绝对时间法在收缩末期能获得更优良的图像质量,本组中编辑后平均心率 > 70 次/min 的期前收缩患者均选择了绝对时间法在收缩末期重组也证实了这一点。本组编辑后平均心率 70 次/min 的期前收缩患者重组时相选择具有不确定性,需要个性化处理,考虑与扫描中期前收缩出现的频率(需要去掉的触发点的数量)和患者编辑前的平均心率有关,去除单个期前收缩触发点平均心率减低不明显,而去除

多个期前收缩触发点则会导致平均心率明显减低。本研究结果受限于样本量和多数患者平均心率较低且多为偶发期前收缩,有关心电编辑对平均心率较快和频发期前收缩患者的冠状动脉 MSCTA 质量分析有待进一步研究。

3. 冠状动脉 MSCTA 和 CAG 的对照:本组 12 例患者 MSCTA 和 CAG 对照显示其诊断血管狭窄程度的敏感性和特异性均较高,表明心电信号编辑能明显改善部分期前收缩和心电信号中出现触发点异常患者的冠状动脉 MSCTA 图像质量,具有一定的临床实用价值,从而扩大了冠状动脉 MSCTA 的适应证范围。

参 考 文 献

- [1] Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, et al. CT of coronary artery disease. Radiology, 2004, 232: 18-37.
- [2] Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT

- coronary angiography with 64-slice technology: first experience. Eur Heart J, 2005, 26: 1482-1487.
- [3] Herzog C, Aming-Erb M, Zangos S, et al. Multi-detector row CT coronary angiography: influence of reconstruction technique and heart rate on image quality. Radiology, 2006, 238: 75-86.
- [4] 董智, 朱杰敏, 刘喆, 等. 心率过快、心律不齐及起搏器置入患者的电子束 CT 冠状动脉成像. 中华放射学杂志, 2006, 40: 273-276.
- [5] 王继琛, 丘建星, 王鹤, 等. 心电图编辑软件在 CT 冠状动脉成像中的应用价值. 中国医学影像技术, 2006, 22: 1481-1488.

- [6] 王怡宁, 金征宇, 孔令燕, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像初步研究. 中华放射学杂志, 2006, 40: 797-801.
- [7] Hoffmann MH, Shi H, Manzke R, et al. Noninvasive coronary angiography with 16-detector row CT: effect of heart rate. Radiology, 2005, 234: 86-97.
- [8] 毛定飏, 张国桢, 滑炎卿. 多层螺旋 CT 冠状动脉成像. 北京: 科学技术文献出版社, 2005: 55-61.

(收稿日期: 2007-10-09)

(本文编辑: 任晓黎)

第十一届全国腹部影像学会议暨广东省放射学分会腹部学组 第一届年会征文通知

由中华医学会放射学分会腹部学组主办、广东省医学会放射学分会承办的“第十一届全国腹部影像学会议”定于 2008 年 5 月 29 日至 6 月 2 日在广州市东方宾馆举行, 广东省放射学分会腹部学组第一届年会将同时召开。本届会议将安排著名的国内外专家讲座、优秀论文代表发言、英语论文演讲比赛、疑难病例讨论等多种形式的学术交流活动。与会者将获得国家级继续教育学分证书。欢迎广大同道踊跃投稿、报名。

1. 征文内容: 凡未正式公开发表的腹部普通 X 线、CT、MRI、正电子发射计算机断层成像(PET)、介入放射学、超声诊断学、分子影像学、放射学管理、质量控制及放射技术学等方面的论著、讲座、述评、综述、短篇报道和病例讨论等。

2. 征文要求: 按中华医学会系列杂志稿约要求撰写

800 字左右标准结构式摘要, 包括目的、方法、结果和结论四要素。欲参加英文论文演讲比赛的代表请投英文文稿。截稿日期: 2008 年 3 月 31 日。

3. 投稿方式: (1) 网上在线投稿: 通过组委会开通的“网上投稿”系统投稿, 网址为: <http://www.rc-csr.org/ccral1/>。(2) 电子邮件投稿: 电子邮箱地址: zyliu75@yahoo.com.cn, 主题请注明“腹部影像征文”。(3) 邮寄投稿: 采用 Word 格式打印并需同时附软盘或光盘(恕不退稿)。投稿请注明作者单位、详细通信地址、手机号码及邮政编码。来稿请在信封上注明“腹部影像征文”。邮寄地址: 广州市中山二路 106 号, 广东省人民医院影像医学部放射科郑君惠或刘再毅医师收, 邮政编码: 510080。

(第十一届全国腹部影像学会议筹备委员会)

· 书 讯 ·

《轻松做医学影像检查》出版

由王骏等创作的大型医学影像科普读物《轻松做医学影像检查》出版发行。

该书分为 7 章 93 个问答, 系统介绍了患者普遍关心的医学影像检查前准备、检查路线与手续, 各种检查的选择及收费等问题, 从多角度、深层次阐述各类医学影像检查的适应证、禁忌证。对如何选择经济而有效的检查项目, 就医学影像检查花费大、检查频率高、专业性强的特点给予了深入浅出的阐述。语言生动活泼, 是作者从上百家报刊、杂志、网站上发表的数百篇医学影像的科普文章中精选 25 万字编辑成册, 可指导您更好、更快地与医师进行沟通, 合理利用有限的医疗资源, 为您明明白白学习医学影像检查知识、轻轻松松进行医学影像检查指点迷津, 其内容涵盖 X 线、CT、MRI、DSA、超声、核医学、介入治疗、分子功能成像等医学影像相

关领域。

我国医学影像技术学界著名专家、中华医学会影像技术分会主任委员秦维昌教授为该书作序时评价: 本书使读者对疾病的影像检查、治疗方法有一个基本的了解, 让患者对影像检查有一定发言权和选择权, 有利于增进医患沟通。特别是在当前, 对建立和谐医患关系是一个很好的途径。希望广大想了解影像医学知识的人不妨从本书开始, 逐渐深入。

该书已由人民军医出版社出版发行, 各地新华书店经销。若需此书者, 可直接寄 31 元(含包装费、邮费、挂号费)至: 南京三牌楼新门口 4 号 7 幢 402 室王骏收, 邮编: 210003。

(王骏)