

炫速双源 CT 前瞻性心电门控技术评价左心室功能的临床应用价值

王思凯¹,何其舟¹,郑洪川²,范 颂³,余 飞¹,斯光晏^{1△}

(1. 西南医科大学附属中医医院放射影像科 646000; 2. 西南医科大学附属中医医院超声科 646000;
3. 西南医科大学循证医学中心 646000;)

[摘要] **目的** 探讨炫速双源 CT 前瞻性心电门控技术评价左心室功能的准确性及可行性。**方法** 收集西南医科大学附属中医医院行炫速双源 CT 冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)和 M 型超声心动图(M-UCG)检查的 48 例患者,同一患者两种检查方法的间隔时间在一周内,将患者 CCTA 原始数据重建载入 Syngo. via 后处理工作站,应用心功能分析软件自动计算出左室舒张末期容积(LVEDV),左室收缩末期容积(LVESV),左室每搏输出量(LVSV)及左室射血分数(LVEF),将其分别与 M-UCG 所测结果进行比较分析。**结果** 炫速双源 CT 所测得 LVEDV、LVESV、LVSV、LVEF 均较 M-UCG 所测值小,两种检查方法所测 LVEDV 和 LVSV 参数值差异有统计学意义(t 值分别为 -3.013 、 -2.918 , $P < 0.05$),LVESV 和 LVEF 参数值差异无统计学意义(t 值分别为 -0.352 、 -1.542 , $P > 0.05$);两种检查方法所获得的 LVEDV、LVESV、LVSV、LVEF 四项心功能参数间呈直线相关(r 值分别为 0.91 、 0.83 、 0.72 、 0.69 , $P < 0.001$)。**结论** 炫速双源 CT 前瞻性心电门控技术定量评价左心室功能方面准确可靠,可成为疑似或确诊冠心病患者的一站式无创性检查方法,无需额外增加辐射剂量及对比剂剂量。

[关键词] 心室功能,左;体层摄影术,螺旋计算机;炫速双源 CT;前瞻性心电门控技术;M 型超声心动图

[中图分类号] R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2016)26-3668-03

Clinical application of CT-SOMAROM definition flash prospectively ECG-gating in evaluating left ventricular function

Wang Sikai¹, He Qizhou¹, Zheng Hongchuan², Fan Song³, Yu Fei¹, Si Guangyan^{1△}

(1. Department of Radiology, the Affiliated TCM Hospital of Xinan Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China; 2. Department of Ultrasound, the Affiliated TCM Hospital of Xinan Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China; 3. Evidence Based Medicine Center, Xinan Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China)

[Abstract] **Objective** To discuss the accuracy and feasibility of CT-SOMAROM Definition Flash prospectively ECG-gating in the quantitative assessment of left ventricular function parameters. **Methods** 48 patients who underwent cardiac CT-SOMAROM Definition and M-mode echocardiography (M-UCG) examination in one week were collected. The original data of coronary CT angiography (CCTA) was reconstructed and loaded to the post-processing workstation with the Syngo. via. All the parameters including left ventricular end diastolic volume (LVEDV), left ventricular end systolic volume (LVESV), left ventricular stroke volume (LVSV), and left ventricular ejection fraction (LVEF) were calculated with the cardiac function analysis software. Then the data were compared with the results measured by M-UCG respectively. **Results** The values of LVEDV, LVESV, LVSV, LVEF, which were measured by the CT-SOMAROM Definition Flash, were lower than the results measured by the M-UCG; LVEDV, LVSV were different between CT-SOMAROM Definition Flash and M-UCG ($t = -3.013, -2.918, P < 0.05$); LVESV, LVEF were not different ($t = -0.352, -1.542, P > 0.05$); The respective values of LVEDV, LVESV, LVSV, LVEF were linear correlated ($r = 0.91, 0.83, 0.72, 0.69, P < 0.01$). **Conclusion** Quantitative assessment left ventricular function with CT-SOMAROM Definition Flash prospectively ECG-gating is accurate and reliable, so CT-SOMAROM Definition Flash prospectively ECG-gating can become one-stop noninvasive examination method for patients who are suspicious or confirmed coronary heart disease, without the need of additional radiation exposure and contrast agent.

[Key words] ventricular function, left; tomography, spiral computed; CT-SOMAROM definition flash; prospectively ECG-gating; M-mode echocardiography

左心室收缩功能在各种心脏病诊断、治疗及判断预后方面具有重要的临床意义^[1];尤其是冠心病患者,了解冠状动脉狭窄程度的同时,心功能的准确评价同样重要,故能准确评价冠状动脉病变及左心室功能的一站式检查方法是临床医师和影像医师共同关注的课题。目前最常用的心功能检查方法是超声心动图,国内外有较多关于多层螺旋 CT(multi-slice spiral computer tomography, MSCT)与超声心动图评价左心室功能的对比研究,但多数利用 MSCT 回顾性心电门控技术,很少研究用 MSCT 前瞻性心电门控技术评价左心室收缩功能。随着技术的发展,炫速双源 CT 的应用越来越多,故本文以 M 型超

声心动图(M-mode echocardiography, M-UCG)作为对照,探讨炫速双源 CT 前瞻性心电门控技术定量评价左心室收缩功能准确性及可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择于 2014 年 2 月至 2015 年 5 月西南医科大学附属中医医院行炫速双源 CT 冠状动脉 CT 血管成像(coronary CT angiography, CCTA)的患者 48 例,其中男 26 例,占 54.2%,女 22 例,占 45.8%,年龄 39~81 岁,平均(60.00±11.35)岁,所有患者在 CCTA 检查一周内行 M-UCG 检查,纳入试验研究的患者检查前均被告知其检查方法及时

间,并取得患者本人及家属同意。排除标准:两种方法检查时间间隔超过 1 周;有碘对比剂过敏,显著心功能过缓,失代偿性心功能不全,源性性休克,严重心肝肾功能不全及高血压危象患者。每位患者检查前 2 min 舌下含服硝酸甘油,有硝酸甘油禁忌证者除外(如心肌梗死早期、严重贫血、青光眼、颅内压增高、硝酸甘油过敏者)。

1.2 炫速双源 CT 扫描 使用炫速双源 CT 前瞻性心电门控技术,扫描范围从气管隆突下方及至膈顶下方 1 cm,范围约 12~14 cm,靶视野约 150~200 mm,探测器宽度为 128 mm×0.6 mm,管电压选择 120 kV,管电流采用自适应调控技术,3~4 个心动周期完成整个心脏扫描,于每个 R-R 间期的 20%~100%曝光,采用触发实时监测扫描,感兴趣区(region of interest, ROI)选择在升主动脉根部,阈值 100 HU 时,延迟 5 s 启动扫描。采用双筒高压注射器,经肘前静脉注射,注射对比剂前用 20~25 mL 生理盐水进行测试,注射速度 5.5~6.0 mL/s(大于本次对比剂注射速度),然后注射非离子型对比剂(优维显或碘海醇),造影剂总量为 1.0~1.5 mL/kg,注射速度 4.0~5.0 mL/s,对比剂使用完毕后,追加注射 50 mL 生理盐水,注射速度为 4.0~5.0 mL/s。

1.3 图像后处理 将 CCTA 原始数据(R-R 间期 20%~100%数据)每隔 5%重建一组数据,共计 17 组数据,重建层厚和重建间隔均为 0.6 cm,将重建数据传到 Syngo. via 后处理工作站,进入心功能分析软件,心功能分析软件以心内膜与血池之间的密度对比为基础,自动勾划出心内膜面及心外膜面,若勾画出错,由人工修正,左室流出道及乳头肌包含在血池内,根据时间容积曲线确定收缩末期及舒张末期,自动计算出 LV-EDV、LVESV、LVSV、LVEF。

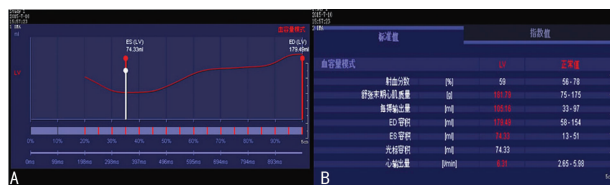
1.4 超声心动图检查 所有患者均由超声科两名中级以上职称医师独立检查完成,试验前经过培训,统一检查机器型号及测量方法,应用 Phillip IE22M 型超声心动图仪,S5 探头,取标准左心室长轴切面,由前向后依次获取左心室前壁运动曲线、室间隔运动曲线及左心室后壁运动曲线,在波群曲线上测量左心室舒张末期和收缩末期内径后,超声心动仪自动计算出左心室收缩功能指标。

1.5 统计学处理 数据收集后采用 Excel2007 建立数据库,数据分析采用 SPSS21.0 统计软件,进行描述性统计和双侧配对 *t* 检验,以 *P*<0.05 为差异具有统计学意义,并对两种检查方法所测结果进行 Pearson 线性相关分析。

2 结果

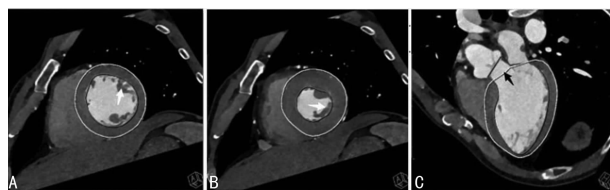
2 例患者收缩末期位于 R-R 间期 25% 的位置,35 例收缩末期位于 R-R 间期 30% 的位置,11 例收缩末期位于 R-R 间期 35% 的位置;37 例舒张末期位于 R-R 间期 90% 的位置,8 例舒张末期位于 R-R 间期 95% 的位置,3 例舒张末期位于 R-R 间期 100% 的位置。炫速双源 CT 所测射血分数低于 55% 有

15 例,M 型超声心动图所测射血分数低于 55% 有 17 例,两种检查方法所测射血分数同时低于 55% 有 12 例。部分病例所得炫速双源 CT 及 M 型超声测量左心室功能图见图 1~3,炫速双源 CT 测量左心室容积时,其左心室流出道及乳头肌包含在血池内。



A:炫速双源 CT 的左心室时间-容积曲线;B:炫速双源 CT 测量左心室功能各项指标。

图 1 典型病例炫速双源 CT 测量左室功能结果(女,61 岁)



A、B 示炫速双源 CT 同一层面左心室轴位图像,分别显示舒张末期及收缩末期的心内外膜情况,黑线代表心内膜面,白线代表心外膜面;C:炫速双源 CT 不同平面舒张末期图;白色箭头所示为乳头肌,黑色箭头所示为左心室流出道。

图 2 典型病例炫速双源 CT 显示左心室心内外膜情况(男,45 岁)

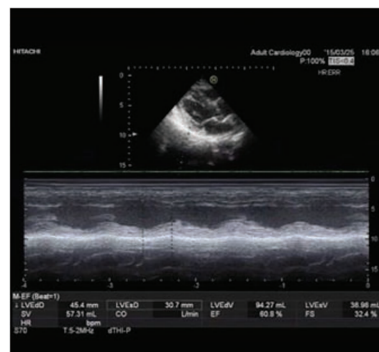


图 3 典型病例 M 型超声测量左心功能图及其结果(男,67 岁)

炫速双源 CT 与 M-UCG 所测心功能参数及统计学分析,见表 1,其中炫速双源 CT 所测值均较 M-UCG 所测值小,两种检查方法所测收缩末期容积及射血分数两项心功能参数无统计学差异。两种检查方测量值呈直线相关,差异具有统计学意义。

表 1 两种检查方法测量值及其统计分析结果

心功能参数	参数测值($\bar{x} \pm s$)		<i>t</i> 检验		Pearson 相关分析	
	炫速双源 CT	M-UCG	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
LVEDV(mL)	99.23±32.41	105.34±32.28	-3.013	0.004	0.91	<0.001
LVESV(mL)	43.65±22.46	44.35±24.07	-0.352	0.726	0.83	<0.001
LVSV(mL)	55.57±15.76	60.28±13.65	-2.918	0.005	0.72	<0.001
LVEF(%)	57.38±11.31	59.22±9.12	-1.542	0.130	0.69	<0.001

3 讨 论

超声心动图能检查具有适时动态、可移动性、无辐射、无需造影剂、快捷、廉价、无禁忌证等优点,故被临床视作左心室功能检查的首选方法,其测量心功能参数的敏感性和特异性分别是 68% 和 77%^[2]。超声心动图计算心腔容积时将左心室腔假想成椭圆形,故其准确性存在一定的误差,尤其是室壁瘤形成、局部运动异常等引起心腔不规则时,其测量误差更大^[3]。

炫速双源 CT 机架内装有两套球管和两套对应的 128 层探测器系统,这两套采集系统安装在相同扫描平面,互成 94° 角位置,时间分辨率提高到 75 ms,空间分辨率达到了 0.17 mm^[4]。而时间分辨率是冠状动脉成像最具决定性的参数,使心率受限问题得以解决,拓宽了 CCTA 检查的应用范围,患者不需要服用 β -受体阻滞剂控制心率,避免药物对心功能评估的影响。双源 CT 行 CCTA 检查较单源 CT 检查的辐射量有所降低^[5];同时本研究所有患者进行 CCTA 检查时采用前瞻性心电门控技术,其较回顾性心电门控技术剂量明显降低。

本次研究采用炫速双源 CT 与 M-UCG 测量左心室收缩功能参数值进行对比研究分析,与文献[6-8]报道不完全一致。本研究发现炫速双源 CT 所测心功能参数值均较 M-UCG 所测值小,两种检查方法所测 LVEDV 和 LVSV 参数值差异具有统计学意义,原因可能是:(1)两种检查方法计算心腔容积原理不同。M-UCG 对左心容积的测量是用 Teichholz 校正公式法,是把左心室假想成一个椭圆形,极大程度依赖于左心室形态的假设,而心腔不可能是一个标准的椭圆形,因而有很大的局限^[9]。炫速双源 CT 计算左心室容积时采用的是 Simpson 法,利用了微积分原理,将被测物体平行地分割为若干厚度相同的薄片,只要其厚度足够薄,就可以近似为每一个薄片上下平面的面积是相同的。该薄片的体积可通过平面面积和厚度的乘积近似计算出来,累积计算出每一薄片的体积之和则得到,被测物体的体积,具有高度的准确性。所以这种算法更接近左心室的真实形态和容积,因此这种方法更可靠、更准确^[10]。(2)M-UCG 空间分辨率低,定位不够准确,易受声窗影响,检查过程受主观因素影响大,如操作者的经验和手法,可重复性差。炫速双源 CT 空间分辨率高,多平面重组清晰显示心脏解剖结构,根据心肌与心腔的 CT 值差异自动或半自动勾画出心内膜,定位准确,受人为因素影响小,对心内膜的定界更加客观准确,可重复性高。(3)冠状动脉 CT 血管成像时是向心腔内快速注入大量造影剂和生理盐水,增加了心脏前负荷,且检查前口服硝酸甘油,而 M-UCG 检查过程未使用任何药物干预。(4)两种检查不是在同一天完成,血流动力学有可能发生改变。(5)样本数量不够大。两种检查方法所获得 LVESV 和 LVEF 两项心功能参数值差异无统计学意义,且两种检查方法所获得的 LVEDV、LVESV、LVSV、LVEF 4 项心功能参数间呈直线相关,与上述文献报道一致。而评价左心功能最常用的指标就是 LVEF,是临床对心脏疾病患者,特别是对冠心病患者制定诊疗方案、判断预后及随访的重要指标。同时曾有研究报告,对于缺血性心脏病的预后,LVESV 是最有价值的预测因素,两种检查方法所获得的 LVESV 和 LVEF 值差异无统计学意义^[11],表明炫速双源 CT 和 M-UCG 对于 LVESV 和 LVEF 的评估同样准确可靠。

炫速双源 CT 是一种无创性检查方法,具有扫描速度快、覆盖范围广、时间、空间分辨率高的优点,应用前瞻性心电门控技术降低辐射剂量。患者做一次 CCTA,不接受额外辐射剂量

和增加对比剂剂量,即可获得心脏解剖结构及冠状动脉形态学和心脏射血功能学两项指标。既往研究发现,MSCT、超声心动图与左心室功能评价金标准 MRI 比较中,发现 MSCT 较超声心动图更准确的反映左心室功能参数,具有更好的相关性,MSCT 测量左心室功能的结果准确可靠^[12-16]。

总之,本研究显示炫速双源 CT 前瞻性心电门控技术定量评价左心室功能方面准确可靠,为临床医生对冠心病患者做出而准确的评估提供全面客观有用的证据,可成为可疑或确诊冠心病患者的一站式无创性检查方法。

参考文献

- [1] Secchi F, Giardino A, Nardella VG, et al. MRI and CT in the evaluation of congenital heart diseases [J]. *Pediatr Med Chir*, 2010, 32(6): 260-269.
- [2] Groothuis JG, Beek AM, Meijerink MR, et al. Towards a noninvasive anatomical and functional diagnostic work-up of patients with suspected coronary artery disease [J]. *Neth Heart J*, 2010, 18(5): 270-273.
- [3] Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification; a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2005, 18(12): 1440-1463.
- [4] 刘国荣, 李月春, 孙凯, 等. 炫速双源 CT 心脑血管病诊断 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 9-11.
- [5] Ohnesorge BM, Flohr TG, Becker CR, et al. Multi-slice and Dual-source CT in Cardiac Imaging [D]. Springer Berlin Heidelberg, 2007: 335-357.
- [6] 胡春峰, 徐凯, 袁莹莹, 等. 双源 CT 评价冠状动脉狭窄与左心室功能的临床应用价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2012, 28(8): 1192-1196.
- [7] 袁世俊, 陈继, 朱锦勇, 等. 256 排螺旋 CT 与超声心动图检测左心室功能的临床对比研究 [J]. *中国临床医学*, 2013, 20(3): 386-387.
- [8] 牛媛媛. 双源 64 层螺旋 CT 评价左心室功能的临床应用研究 [D]. 宁夏: 宁夏医科大学, 2013.
- [9] 王纯正, 徐智章, 王新房, 等. 超声诊断学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 80.
- [10] 刘国荣. 炫速双源 CT 心脑血管病诊断 (精) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013.
- [11] Norris RM, White HD, Cross DB, et al. Prognosis after recovery from myocardial infarction; the relative importance of cardiac dilatation and coronary stenoses [J]. *Eur Heart J*, 1992, 13(12): 1611-1618.
- [12] Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S, et al. Cardiac functional analysis with multi-detector row CT and segmental reconstruction algorithm: comparison with echocardiography, SPECT, and MR imaging [J]. *Radiology*, 2005, 234(2): 381-390.
- [13] 高波. MSCT、超声心动图与 MRI 评价 (下转第 3673 页)

肘内翻、Wolkmann 缺血挛缩、关节僵硬等严重并发症,可能是与手术时间较长,反复复位,且不能确定固定是否牢靠,导致术后复位丢失等有关。同时,经皮复位内固定术需要在 C 臂下进行操作,患者和医生都将长时间面临辐射损伤风险。而对于手法整复失败,低位性骨折,开放性骨折,或伴有血管障碍和神经损伤者,则应行切开复位克氏针内固定术。Queally 等^[10]研究则为,对于青少年肱骨髁上骨折应尽早、彻底地处理血肿,以利于复位固定和减少并发症。本研究所有骨折均为 Gartland III 型骨折(即明显移位且无骨皮质接触),骨膜完全剥离,稳定性丧失,单纯闭合复位难度大,手术时间长,患者和医生都长时间面临辐射损伤风险,外侧小切口辅助复位经皮克氏针固定有效解决了上述难题。切开复位内固定建议 8 h 内急诊进行,最长 24 h 内紧迫进行,最长不要超过骨折后 5 d,因为 5 d 后骨化性肌炎的可能性明显增加。术前应仔细检查桡动脉搏动和神经系统功能,手术时切口避免太靠上,以致桡神经受损,术中尽量保护干骺端骨膜,肱骨小头处进针时需先摸清尺神经沟,避免操作时损伤尺神经。术后根据情况考虑是否引流及抗生素使用,麻醉清醒后需仔细检查血供及神经系统情况,排除骨筋膜室综合征,必要时行二次手术探查。

儿童肱骨髁上骨折,临床中仍缺乏统一的治疗方法。一些学者认为除了合并神经、血管损伤和手法复位失败才考虑手术外,其余均应该首选非手术治疗^[5,11-12],也有一些学者认为手术治疗是一种可靠的方法^[13-14]。本研究通过回顾性分析本院 2010 年 6 月至 2014 年 6 月急诊收治的 108 例肱骨髁上骨折患者,根据治疗方式的不同,分成观察组和对照组,通过术后严密的随访,定期复查肘关节 X 线片,了解骨折愈合情况,是否出现 Volkman 挛缩、神经损伤、创伤性关节炎及肘内翻畸形等并发症。结果发现,外侧小切口辅助复位克氏针内固定术组患者术后肘关节功能评分优良率为 97.9%,明显高于闭合复位经皮克氏针内固定组的 85.0%,术后肘内翻、肘外翻的发生率分别为 4.2%、0%,也优于闭合复位经皮克氏针内固定组的 16.7%和 3.3%。两组治疗方法在神经损伤发生率、骨化肌炎发生率上无差异,分别为 4.2%、2.1%和 8.3%、5.0%。

综上所述,虽然目前在儿童肱骨髁上骨折治疗方式选择上仍没有大多数学者所能接受的治疗模式,各种治疗方法研究结果也各不相同。但本研究依据本院实际情况,综合各项研究数据,对比两种治疗方法疗效发现,治疗急诊儿童肱骨髁上 Gartland III 型骨折,在排除既往手法复位病史,开放性骨折,或伴有血管障碍和神经损伤时,外侧小切口辅助复位经皮克氏针内固定术好于闭合复位经皮克氏针内固定术。

参考文献

[1] Louahem DM, Bourelle S, Buscayret F, et al. Displaced medial epicondyle fractures of the humerus; surgical

treatment and results. A report of 139 cases[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2010, 130(5): 649-655.

- [2] Sibinski M1, Sharma H, Sherlock DA. Lateral versus crossed wire fixation for displaced extension supracondylar humeral fractures in children [J]. Injury, 2006, 37(10): 961-965.
- [3] Donnelly M, Green C, Kelly IP. An inconvenient truth; treatment of displaced paediatric supracondylar humeral fractures[J]. Surgeon, 2012, 10(3): 143-147.
- [4] Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL. Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Sixteen years' experience with long-term follow-up [J]. J Bone Joint Surg Am, 1974, 56(2): 263-272.
- [5] Omid R, Choi PD, Skaggs DL. Supracondylar humeral fractures in children[J]. J Bone Joint Surg Am, 2008, 90(5): 1121-1132.
- [6] Mangwani J, Nadarajah R, Paterson JM. Supracondylar humeral fractures in children; ten years' experience in a teaching hospital[J]. J Bone Joint Surg Br, 2006, 88(3): 362-365.
- [7] Kasser JR. Location of treatment of supracondylar fractures of the humerus in children[J]. Clin Orthop Relat Res, 2005, 434: 110-113.
- [8] 高广凌, 吴宇峰. 闭合复位结合内固定治疗肱骨髁上骨折 63 例[J]. 上海中医药杂志, 2000, 10(1): 29.
- [9] 张义敏, 梁光伟, 常德寿, 等. 闭合复位交叉克氏针固定治疗肱骨髁上骨折[J]. 中医正骨, 2005, 17(6): 38.
- [10] Queally JM, Paramanathan N, Walsh JC, et al. Dorgan's lateral cross-wiring of supracondylar fractures of the humerus in children; a retrospective review [J]. Injury, 2010, 41(6): 568-571.
- [11] 孙铭谦, 樊金宝, 张绍唐. 儿童肱骨髁上骨折治疗方法临床分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2006, 5(1): 57-58.
- [12] Mulpuri K, Hosalkar H, Howard A. AAOS clinical practice guideline: the treatment of pediatric supracondylar humerus fractures[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2012, 20(5): 328-330.
- [13] 孙国强, 刘红旗. 应用不同入路切开复位交叉克氏针内固定治疗儿童肱骨髁上骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(4): 306-307.
- [14] Beaty JH. Elbow fractures in children and adolescents [J]. Instr Course Lect, 2003, 52: 661-665.

(收稿日期: 2016-01-28 修回日期: 2016-04-26)

(上接第 3670 页)

价左心功能的比较研究[D]. 中国医科大学, 2006.

[14] 顾敏, 李康, 马千红, 等. 128 层 CT 与 MRI 评价左心室功能与结构的对比研究[J]. 重庆医学, 2013, 42(23): 2718-2721.

[15] 曾国飞, 方正, 郭大静, 等. 对比研究 320 排动态容积 CT 与 3.0T MRI、超声心动图评价左心室功能的临床价值

[J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(12): 1714-1718.

[16] 包洪靖, 巩武贤, 牟晓飞, 等. 双源 CT 在主动脉瓣置换术前左心功能评价中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2011, 21(12): 1802-1805.

(收稿日期: 2016-02-18 修回日期: 2016-04-26)