

• 心脏介入 Cardiac intervention •

64 排螺旋 CT 检测冠状动脉罪犯病变积分
对急性冠脉综合症的诊断价值

赵莉芳, 廖鹏翡, 缪培智, 李 宁, 许永华, 顾水明

【摘要】 目的 应用 64 排螺旋 CT(64-SCT)检测冠状动脉罪犯病变指标,包括斑块类型、斑块衰减(PA)、重构指数(RI),并计算钙化积分(CS)及罪犯病变积分(CLS),探讨其对急性冠脉综合征(ACS)的诊断价值。**方法** 2009 年 1 月至 2010 年 12 月对 110 例临床明确诊断冠心病(CAD)患者行 64-SCT 检查,其中 ACS 43 例,稳定型心绞痛(SAP)67 例。测量患者冠状动脉罪犯病变指标,包括斑块类型、PA、RI,并计算 CS 及 CLS。比较 ACS 和 SAP 两组患者上述指标的差别。**结果** ACS 组比 SAP 组拥有更多的点状钙化(92.30% 比 9.1%, $P < 0.05$)、更低的 PA(41.32 ± 21.08 比 90.37 ± 48.19 , $P < 0.01$)、更高的 RI(1.29 ± 0.42 比 0.89 ± 0.45 , $P < 0.01$)、更低的 CS(71.43 ± 6.74 比 154.41 ± 19.02 , $P < 0.05$)及更高的 CLS(1.15 ± 1.12 比 1.06 ± 0.63 ; $P < 0.01$)。CLS > 2.0 可以区分 ACS 和 SAP,其灵敏度和特异度分别为 97.7%和 67.3%。**结论** CLS 可用于区分 ACS 和 SAP,对 ACS 的早期诊断具有一定价值。

【关键词】 急性冠脉综合征; 罪犯病变; 计算机断层成像

中图分类号:R 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2012)-06-0456-05

Clinical value of coronary culprit lesion score determined by 64-slice spiral CT scanning in diagnosing acute coronary syndrome ZHAO Li-fang, LIAO Pen-fei, MIAO Pei-zhi, LI Ning, XU Yong-hua, GU Shui-ming. Department of Cardiology, Xuhui District Central Hospital, Shanghai 200031, China

Corresponding author: GU Shui-ming, E-mail: shuiminggu@sina.com

【Abstract】 Objective To evaluate the coronary culprit lesion indicators determined by 64-slice spiral CT scanning in diagnosing acute coronary syndrome (ACS). **Methods** During the period from Jan. 2009 to Dec. 2010, a total of 110 patients with clinically-proved coronary heart disease received 64-slice spiral CT scanning in authors' hospital. The diseases included ACS ($n = 43$) and stable angina pectoris (SAP, $n = 67$). The coronary culprit lesion indicators, including the plaque type, the plaque attenuation, the remodeling index, the calcium score and the culprit lesion score, were measured and calculated. The results were compared between ACS group and SAP group. **Results** The incidence of spotty calcification in ACS group was 92.30% which was significantly higher than that in SAP group (9.1%) with $P < 0.05$. The plaque attenuation in ACS group was 41.32 ± 21.08 , which was significantly lower than that in SAP group (90.37 ± 48.19) with $P < 0.01$. The difference in remodeling index was statistically significant ($P < 0.01$) between ACS group (1.29 ± 0.42) and SAP group (0.89 ± 0.45). The calcium score of ACS group was 71.43 ± 6.74 , which was much lower than that of SAP group (154.41 ± 19.02) with $P < 0.05$. The culprit lesion scores of ACS group and SAP group were 1.15 ± 1.12 and 1.06 ± 0.63 , respectively, the difference between the two groups was statistically significant ($P < 0.01$). Taking culprit lesion score > 2.0 as the reference standard, ACS could be distinguished from SAP, with the sensitivity and specificity being 97.7% and 67.3%, respectively. **Conclusion** The culprit lesion score can be used to distinguish ACS from SAP, which has a certain value in

diagnosing early ACS. (J Intervent Radiol, 2012, 21; 456-460)

【Key words】 acute coronary syndrome; culprit lesion; computed tomography

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2012.06.004

基金项目:上海市卫生局科研基金资助项目(2009257)

作者单位:200031 上海市徐汇区中心医院内科(赵莉芳、缪培智、李 宁、顾水明),放射科(许永华);江苏大学临床医学院(廖鹏翡)

通信作者:顾水明, E-mail: shuiminggu@sina.com

冠状动脉(冠脉)易损斑块的识别对急性冠脉综合征(ACS)的早期诊断具有重要意义。血管内超声(IVUS)可以识别易损斑块,具有常规冠脉造影(CAG)无法比拟的优势,可用于区分 ACS 和稳定型心绞痛(SAP)^[1],但该项检查为侵入性检查。近年来,多层螺旋 CT 因其较高的空间分辨率,可用于评价冠脉狭窄程度及斑块特征^[2],并可检测罪犯病变的重构指数(RI)、钙化积分(CS)等。本研究应用 64 排螺旋 CT(64-SCT)检测冠脉罪犯病变积分等,探讨其对 ACS 的早期诊断价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

1.1.1 研究对象 2009 年 1 月至 2010 年 12 月在本院行 64-SCT 检查及 CAG 检查患者 310 例,从中选取 43 例 ACS 患者和 67 例 SAP 患者纳入本研究,患者平均年龄分别为(68 ± 13)岁和(69 ± 12)岁。两组患者在性别、年龄、危险因素、伴随疾病及实验室指标等方面差异均无统计学意义($P > 0.05$),罪犯病变在左前降支(LAD)最易发生,见表 1。

表 1 两组患者一般临床特征 (例)

罪犯血管	稳定型心绞痛(67 例)	急性冠脉综合征(43 例)
左前降支	45(67.2%)	21(48.8%)
左回旋支	6(8.9%)	3(7.0%)
右冠状动脉	16(23.9%)	19(44.2%)

1.1.2 诊断标准 ①SAP: 加拿大心血管协会(CCS)1 或 2 级的典型胸痛。②不稳定型心绞痛^[3]: 1 个月内新发生心绞痛或原有心绞痛性质发生改变,伴心电图改变或心肌灌注现象等提示有心肌缺血证据。③非 ST 段抬高心肌梗死根据最新指南^[4]诊断。

1.1.3 排除标准 ①ST 段抬高心肌梗死、曾行冠脉血管重建术;②房颤或未控制的心律失常;③瓣膜性心脏病、心肌病、非粥样硬化性心脏病(大动脉炎、血管炎);④重度心力衰竭(NYHA III 或 IV 级);⑤肝肾功能不全(丙氨酸氨基转移酶升高 2 倍,血肌酐 > 132.6 μmol/L 或肌酐清除率 < 60 ml/min);⑥既往有对比剂过敏史。

1.1.4 罪犯病变的确定 罪犯血管的确定:CAG 显示 ≥ 50% 的狭窄,相应供血部位有 ST 段或 T 波缺血型改变。ACS 罪犯病变的确认:①管腔内充盈缺损(或血栓);②边缘游离于管腔的溃疡;③管腔对比剂滞留;④夹层;⑤管壁多处不规则。SAP 罪犯病变的确认:罪犯血管内狭窄最严重处。如果血管存

在多处狭窄,狭窄最重部位判定为罪犯病变;如果血管多处狭窄的严重程度相同,最近侧部位判定为罪犯病变。

1.2 方法

1.2.1 冠状动脉 64-SCT

1.2.1.1 参数设置及扫描过程: 64-SCT 数据通过 Philips Brilliance 64-slice CT 获得。扫描参数如下:探测器准直 64 mm × 0.8 mm,机架旋转时间 400 ms,管电压 120 kVp,管电流 381 mAs,螺距 0.2,扫描时间 8 ~ 10 s。若患者检查前心率 > 70 次/min 则给予美托洛尔口服。采用双筒高压注射器,大约 75 ml 的碘对比剂以 5 ml/s 的速率经静脉注入,紧接着注入 20 ml 生理盐水。扫描时患者屏住呼吸,平卧扫描正位定位像,于气管隆突下 1 cm 层面设定监视层面、感兴趣区(ROI)于胸主动脉处,触发阈值为 140 Hu。

1.2.1.2 图像后处理:原始数据经后门控技术重建,重建后图像转移到工作站(EBW 4.0; Philips)。用 Comp cardiac 后处理软件行容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、多平面重组(MPR)、曲面重组(CPR)。重建时相一般在 75% R-R 间期。检测直径 > 2 mm 的冠脉。窗宽和窗位分别为 800 ~ 1300 Hu 和 100 ~ 300 Hu。冠脉依据修正的美国心脏学会(AHA)分类法分为 17 个节段。每 1 个独立斑块确定 1 处罪犯病变,如果存在 2 个或多个独立斑块,则选取狭窄最重处的斑块。

1.2.1.3 斑块特征分析:①斑块类型。非钙化斑块密度比对比剂增强的管腔更低;钙化斑块密度比对比剂增强的管腔更高;点状钙化:纵轴图像上 < 3 mm 大小及横断面图像上呈单边形态;大量钙化指钙化程度超过点状钙化。②斑块衰减(PA)。选取横断面上 3 个远离管腔、钙化及心外膜脂肪的 ROI (面积 < 0.5 mm²) 的平均值,以 Hu 表示。横断面图像上,手工描绘出血管轮廓以测量其面积。③重构指数(RI)。为罪犯病变血管面积与血管平均面积(即近侧和远侧血管横断面面积的平均值)的比率。④钙化积分。根据平扫结果利用 CaScoring 软件分析,取 130 Hu 为阈值,标记冠状动脉钙化灶,自动计算出冠状动脉钙化的体积及积分总数。参照 Rumberger 等确定的标准分为无钙化或轻度钙化(0 ~ 100)、中度钙化(101 ~ 400)、重度钙化(> 400)。⑤罪犯病变积分(CLS)。定义为所有罪犯病变指标积分的总和,包括斑块类型、PA、RI,见图 1。

1.2.2 冠脉造影 应用 Philips 数字血管造影机,配有冠脉定量分析软件。以股动脉或桡动脉为穿刺径

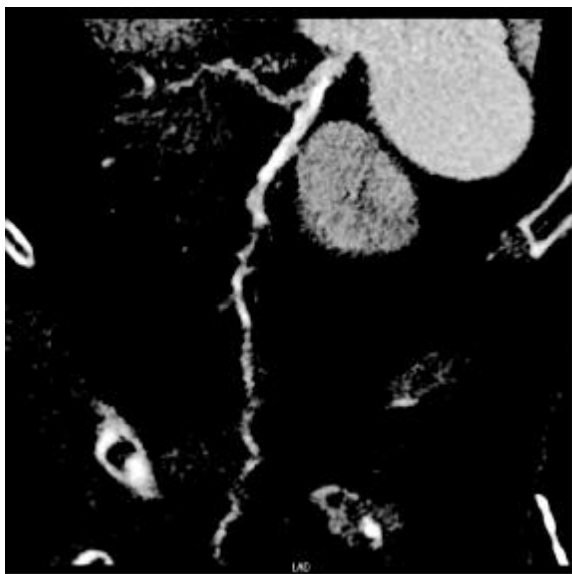


图1 三维重建显示血管壁钙化

路,穿刺成功后经鞘管内注入肝素 3 000 u,对比剂采用欧乃派克。按 Judkins 法将造影导管分别送到左、右冠脉开口,依次行选择性 CAG,同步记录造影影像,常规多体位曝光投照,根据多个角度选择狭窄最严重的影像。冠脉有至少 1 处狭窄 $> 25\%$ 确定为该支血管病变,单纯左主干病变记为双支病变,根据病变范围可分为单支、双支、多支病变;根据冠脉狭窄面积分为轻度狭窄 $< 50\%$, 中度狭窄 $50\% \sim 75\%$, 重度狭窄 $\geq 75\%$ 。

1.3 统计学处理

数据采用 SPSS11.0 统计软件处理。定量数据用均数 \pm 标准差表示,均数的比较采用 Student's *t* 检验及 χ^2 检验。构建受试者工作特征(ROC)曲线以确定最优截断点,预测 ACS。变异采用 Pearson 相关系数评价。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 斑块特征

ACS 组患者罪犯病变钙化、非钙化斑块各占 60.5%和 39.5%, SAP 组分别为 70.1%和 29.9%,组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。ACS 组患者罪犯病变点状钙化、大量钙化各占 92.3%和 7.7%, SAP 组为 19.1%和 80.9%,组间差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

表2 64-SCT 罪犯病变斑块特征 [例(%)]

组别	非钙化斑块	钙化斑块	点状钙化	大量钙化
急性冠脉综合征(43 例)	17 (39.5)	26 (61.5)	24 (92.3)	2 (7.7)
稳定型心绞痛(67 例)	20 (29.9) ^a	47 (70.1) ^a	9 (19.1) ^a	38 (80.9) ^a

与急性冠脉综合征组相比 ^a $P < 0.05$

2.2 PA

ACS 组的 PA 值明显低于 SAP 组 (90.37 ± 48.19 比 41.32 ± 21.08 , $P < 0.001$) 见表 3。RI 的 ROC 将 60.0 Hu 作为截断点区分 ACS 患者时,其灵敏度、特异度、阳性预测值 (PPV)、阴性预测值 (NPV) 分别为 85.7%、73.5%、76.9%、96.1%。

2.3 RI

ACS 组罪犯病变的血管狭窄面积明显大于 SAP 组 (19.23 ± 10.89 比 13.19 ± 12.32 , $P < 0.01$), ACS 组患者的 RI 明显高于 SAP 组 (1.29 ± 0.42 比 0.89 ± 0.45 , $P < 0.01$), 见表 3。RI 的 ROC 在 RI 为 1.05 时, 其灵敏度、特异度、PPV、NPV 分别为 80.0%、77.8%、77.9%、80.1%。

表3 64-SCT 罪犯病变指标 ($\bar{x} \pm s$)

罪犯病变指标	稳定型心绞痛 (67 例)	急性冠脉综合征 43 例)
斑块衰减	90.37 \pm 48.19	41.32 \pm 21.08 ^a
病变处血管面积	13.19 \pm 12.32	19.23 \pm 10.89 ^a
血管参考面积	15.54 \pm 7.23	15.53 \pm 5.78
冠脉重构指数	0.89 \pm 0.45	1.29 \pm 0.42 ^a
罪犯病变积分	1.15 \pm 1.12	1.06 \pm 0.63 ^a

与稳定型心绞痛组比 ^a $P < 0.01$

此外, PA 和 RI 受试者间变异的 Pearson 相关系数分别为 0.978 和 0.976。

2.4 ROC 曲线及冠脉 CLS 预测 ACS 的 Logistic 回归分析

经多变量分析,优势比在非钙化或点状钙化为 11.52, PA ≤ 60 Hu 为 12.4, RI ≥ 1.05 为 10.56。经校正 64-SCT 所有参数后, 综合斑块类型, PA 及 RI 设定如下积分: 非钙化或点状钙化为 1.2; PA < 60 为 1.2; RI ≥ 1.05 为 1.1。ACS 组的 CLS 明显高于 SAP 组 (1.15 ± 1.12 比 1.06 ± 0.63 , $P < 0.01$, 表 3)。CLS 的 ROC 曲线显示 CLS 为 2.0 时可以明确区分 ACS 和 SAP (灵敏度 97.1%, 特异度 67.6%, $P < 0.01$), PPV、NPV 分别为 75.6%、95.8%。ROC 曲线上对 ACS 的预测方面, CLS 比 PA 和 RI 拥有更大的曲线下面积(AUC, 表 4)。此外,在校正了传统危险因素后, Logistic 回归分析显示 CLS 是 ACS 的主要预测因素(表 5)。

表4 冠状动脉罪犯病变指标对 ACS 的预测价值

预测指标	曲线下面积	95%CI
斑块衰减	0.879	0.812–0.976
冠脉重建指数	0.816	0.723–0.942
罪犯病变积分	0.911	0.875–0.978

表 5 ACS 罪犯病变积分多元分析

参数	优势比	95%CI
性别	0.40	0.06-3.15
年龄	0.89	0.87-1.09
糖尿病	5.15	0.41-55.15
高血脂	0.36	0.04-4.50
吸烟	1.42	0.22-11.43
肥胖	0.33	0.01-9.76
罪犯病变积分	9.13	2.57-31.18

3 讨论

病理学及 IVUS 研究提示大的脂质核心、小的钙化及正性重构与罪犯病变相关^[5-6]。目前,IVUS 是评价 CAD 罪犯病变的标准方法,其提示的斑块逆转可以预测心血管事件的发生^[7]。近年来,多层螺旋 CT 用于罪犯病变指标,即斑块类型、血管重构、冠脉及冠脉支架再狭窄程度的非侵入性评估^[8]。多层螺旋 CT 通过 CT 值反映斑块密度间的差异,进而反映其主要成分的不同,故可对斑块定性诊断,评估其稳定性。早期的研究认为 IVUS 与多层螺旋 CT 对斑块类型的判定相一致^[9]。

斑块易损性与冠脉狭窄程度间无相关性^[10]。易损斑块是可能快速进展为罪犯斑块的粥样病变,一般认为典型的易损斑块由大脂质核心、薄纤维帽、高浓度巨噬细胞及少许平滑肌细胞或胶原等成分组成。这表明斑块的形态、组成和炎症反应比管腔的狭窄程度对心血管事件的预测更为重要。因此,临床上早期有效识别出易损斑块,并进行相应治疗,将有可能预防心肌梗死和猝死,减少心血管事件发生。

目前,多层螺旋 CT 对斑块的分类无统一标准。本研究对斑块类型的测量,着重强调点状钙化及非钙化,以此评价斑块稳定性,提高了多层螺旋 CT 对 ACS 诊断的效率。文献报道的罪犯病变大多只关注管腔狭窄程度等大体形态改变,本研究罪犯病变的确定则以斑块为基础,结合冠脉 RI,可反映冠脉管壁的细微形态改变。

本研究结果显示,与 SAP 组相比,ACS 组的冠脉罪犯病变表现为更多的点状钙化,更低的 PA 及更高的 RI,与最新的 IVUS 研究报道相符^[5-6]。

Leber 等^[10]认为多层螺旋 CT 对非钙化斑块、钙化斑块、混合性斑块的检出率分别为 83%、95%、94%。本研究中,ACS 组患者罪犯病变钙化、非钙化斑块各占 60.5%、39.5%,而 SAP 组分别为 80.1%、29.9%,组间差异有统计学意义($P < 0.05$);ACS 组患者罪犯病变点状钙化、大量钙化各占 92.3%、

7.7%,而 SAP 组为 19.1%、80.9%,组间差异有统计学意义($P < 0.05$),且本研究提示冠状动脉钙化率均随着年龄的增长而增高,在各年龄段分组,ACS 组平均 CS 均低于 SAP 组,与 Pundziute 等^[9]的研究结果较为一致。

虽然,单纯依据斑块的 PA 很难鉴别出脂质丰富的软斑块和纤维斑块,大的脂质核心代表低的 PA 仍被公认为易损斑块的特征之一^[1]。Schroeder 等^[11]推荐将 60 Hu 作为 64-SCT 有意义的界限用于区分软斑块和纤维斑块。Kim 等^[12]则建议将 60.2 Hu 作为区分软斑块和纤维斑块的临界值。

正性重构是易损斑块的另一形态学特征。本研究结果显示 ACS 患者罪犯病变的 RI 显著增高,将 RI = 1.05 作为正性重构的截断点时,与 Hoffmann 等^[13]的研究结果一致,其灵敏度、特异度分别为 80%和 77.8%。

然而,易损斑块并不能单纯以斑块类型、PA 及 RI 中的任一个来判断。我们研究了包括斑块类型、PA 及 RI 的 CLS。以 CLS ≥ 2.0 作为区分 ACS 患者的截断点时,其敏感度为 97.7%、特异度为 67.3%。CLS 预测 ACS 具有比其他指标更高的灵敏性和相似的特异度。

总之,多层螺旋 CT-CLS 能识别冠脉易损斑块,区分 ACS 患者。多层螺旋 CT 也许能成为 CAD 患者危险分层有价值的非侵入检查。

[参考文献]

- [1] Ando H, Amano T, Matsubara T, et al. Comparison of tissue characteristics between acute coronary syndrome and stable angina pectoris. An integrated backscatter intravascular ultrasound analysis of culprit and non-culprit lesions[J]. Circ J, 2011, 75: 383 - 390.
- [2] 张勇,曹中朝,刘滨松. 64 排螺旋冠脉 CT 与冠脉造影在老年人冠心病中的诊断价值[J]. 慢性病学杂志, 2010, 12: 996 - 998.
- [3] Task Force for the Diagnosis and Treatment of Non-ST-Segment Elevation Acute Coronary Syndromes of the European Society of Cardiology, Bassand JP, Hamm CW, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of non-ST-segment elevation acute coronary syndromes[J]. Eur Heart J, 2007, 28: 1598 - 1660.
- [4] Thygesen K, Alpert JS, White HD, et al. Universal definition of myocardial infarction[J]. Circulation, 2007, 116: 2634 - 2653.
- [5] Ueda M. Clinical relevance of coronary artery calcification, as a risk factor for plaque rupture: viewpoint from pathology[J]. Clin Calcium, 2010, 20: 1656 - 1662.
- [6] Hong YJ, Jeong MH, Choi YH, et al. Differences in intravascular

- ultrasound findings in culprit lesions in infarct-related arteries between ST segment elevation myocardial infarction and non-ST segment elevation myocardial infarction [J]. J Cardiol, 2010, 56: 15 - 22.
- [7] Dohi T, Miyauchi K, Okazaki S, et al. Plaque regression determined by intravascular ultrasound predicts long-term outcomes of patients with acute coronary syndrome [J]. J Atheroscler Thromb, 2011, 18: 231 - 239.
- [8] 萧毅, 弓静, 田建明, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉造影评价冠状动脉支架再狭窄[J]. 介入放射学杂志, 2007, 16: 312 - 315.
- [9] Pundziute G, Schuijff JD, Jukema JW, et al. Evaluation of plaque characteristics in acute coronary syndromes: non-invasive assessment with multi-slice computed tomography and invasive evaluation with intravascular ultrasound radiofrequency data analysis[J]. Eur Heart J, 2008, 29: 2373 - 2381.
- [10] Leber AW, Becker A, Knez A, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: a comparative study using intravascular ultrasound [J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47: 672 - 677.
- [11] Schroeder S, Kuettner A, Leitritz M, et al. Reliability of differentiating human coronary plaque morphology using contrast-enhanced multislice spiral computed tomography: a comparison with histology [J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28: 449 - 454.
- [12] Kim SY, Kim KS, Lee YS, et al. Assessment of non-calcified coronary plaques using 64-slice computed tomography: comparison with intravascular ultrasound [J]. Korean Circ J, 2009, 39: 95 - 99.
- [13] Hoffmann U, Moselewski F, Nieman K, et al. Noninvasive assessment of plaque morphology and composition in culprit and stable lesions in acute coronary syndrome and stable lesions in stable angina by multidetector computed tomography [J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47: 1655 - 1662.

(收稿日期:2012-04-18)

(本文编辑:侯虹鲁)

· 消 息 ·

《介入放射学杂志》优秀论文奖表彰名单(四)

本刊自收集省部级以上获奖论文以来,得到广大作者、专家、教授的支持,已经连续发表三期,已经表彰的专家有:崔进国、田建明、陈晓明、姜卫剑、倪才方、狄镇海、王永利、韩新巍、程永德、祖茂衡等教授,在此深表谢意!此工作对宣传杂志、宣传作者都有利。我们将继续收集,继续刊登,欢迎广大作者继续提供。现表彰第四批名单:

秦永文,等:解放军第二军医大学附属长海医院

缺损性先天性心脏病介入治疗系列研究及相关器械研制与临床应用 2009 年获国家科技进步奖 二等奖

1. 秦永文, 赵仙先, 李卫萍, 等. 应用自制封堵器经导管闭合膜部室间隔缺损. 介入放射学杂志, 2002, 11: 130 - 131
2. 穆瑞斌, 秦永文. 膜部室间隔缺损封堵器的研制和临床应用进展. 介入放射学杂志, 2004, 13: 181 - 184
3. 王胜强, 秦永文, 胡建强, 等. 经静脉房间隔穿刺法建立房间隔缺损动物模型. 介入放射学杂志, 2004, 13: 159 - 160
4. 胡建强, 秦永文, 王胜强, 等. 经静脉穿刺制备犬室间隔缺损模型的实验研究. 介入放射学杂志, 2004, 13: 161 - 163
5. 秦永文, 赵仙先, 吴弘, 等. 应用国产封堵器闭合室间隔缺损修补术后残余漏. 介入放射学杂志, 2007, 16: 516 - 519
6. 袁运杰, 秦永文, 汤敬东, 等. 应用自体血管制作的犬动脉导管未闭模型. 介入放射学杂志, 2006, 15: 552 - 554
7. 秦永文, 赵仙先, 吴弘, 等. 自制非对称型室间隔缺损封堵器的初步临床应用. 介入放射学杂志, 2004, 13: 101 - 103
8. 秦永文, 赵仙先, 郑兴, 等. 自制封堵器闭合膜部室间隔缺损的疗效评价. 介入放射学杂志, 2004, 13: 104 - 107
9. 秦永文, 吴弘, 赵仙先, 等. 膜部瘤型室间隔缺损的介入治疗. 介入放射学杂志, 2006, 15: 6 - 9
10. 秦永文, 赵仙先, 吴弘, 等. 嵴内型和肺动脉瓣下型室间隔缺损的经导管封堵治疗. 介入放射学杂志, 2004, 13: 486 - 489

结构性心脏病介入治疗新技术研究与应用 2011 年获国家科技进步奖 二等奖

1. 顾明标, 宗刚军, 白元, 等. 经导管主动脉瓣置换的实验方法和影像分析. 介入放射学杂志, 2009, 18: 217-219
2. 宗刚军, 白元, 吴弘, 等. 经导管肺动脉瓣植入的实验研究. 介入放射学杂志, 2007, 16: 623-626