

## · 临床研究 ·

术前 CT 评估左胸小切口冠状动脉  
旁路移植技术复杂性\*

张鲁锋\*\* 傅元豪 凌云鹏 冯海波

(北京大学第三医院心脏外科, 北京 100191)

**【摘要】 目的** 评估术前胸部 CT 数据预测左胸小切口冠状动脉旁路移植手术 (minimally invasive cardiac surgery-coronary artery bypass grafting, MICS CABG) 操作复杂性的价值。 **方法** 分析 2018 年 1 月 ~ 2022 年 7 月 30 例多支 MICS CABG 术前胸部 CT 数据, 包括心尖 - 气管隆突线 (apical-carina line, A-C 线), 升主动脉右缘与正中连线距离 (right aorta-middle line, R-M 线), 升主动脉前壁与胸骨后缘连线距离 (top-aorta line, T-A 线), 升主动脉 - 主肺动脉上缘连线与水平线之间角度 (aorta-pulmonary angle, A-P 角), 心尖与正中连线 (apical-middle line, A-M 线) 与左侧胸腔最大横径 (left-thoracic line, L-T 线) 之间的比值即左侧心胸比 (cardiothoracic ratio, CTR)。自制“MICS CABG 技术操作者评估量表”, 包括切口位置、乳内动脉显露、乳内动脉获取复杂程度、升主动脉显露效果、升主动脉操作难度、升主动脉近端吻合、前降支系统远端吻合、回旋支系统远端吻合、右冠状动脉系统远端吻合、止血与关胸 10 个条目, 术者根据各条目难易程度进行评分, 由易到难用 1 ~ 10 分表示。分析术前 CT 数据与 MICS CABG 技术操作者评估量表各条目评分之间的相关性。 **结果** A-C 线与“乳内动脉显露” ( $r=0.877, P<0.001$ ) 和“乳内动脉获取复杂程度” ( $r=0.872, P<0.001$ ) 具有高度相关性; T-A 线与“升主动脉显露效果” ( $r=0.561, P=0.001$ ) 具有相关性; A-P 角与“升主动脉显露效果” ( $r=-0.835, P<0.001$ ) 具有高度相关性, 与“升主动脉操作难度” ( $r=-0.612, P<0.001$ ) 和“升主动脉近端吻合” ( $r=-0.598, P<0.001$ ) 具有相关性; A-M 线与“回旋支系统远端吻合” ( $r=0.629, P<0.001$ ) 具有相关性; 左侧 CTR 与“回旋支系统远端吻合” ( $r=0.923, P<0.001$ ) 和“右冠状动脉系统远端吻合” ( $r=0.782, P<0.001$ ) 具有高度相关性。 **结论** 术前 CT 数据可以帮助预测 MICS CABG 的技术复杂程度, 建立完善、综合的术前影像分析系统有助于安全、有效地实施 MICS CABG 技术。

**【关键词】** 小切口技术; 冠状动脉旁路移植手术; 电子计算机断层扫描; 技术评分

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2023)01-0008-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2023.01.003

**Correlation Between Preoperative CT Analysis and Technique Complexity in Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Surgery** Zhang Lufeng, Fu Yuanhao, Ling Yunpeng, et al. Department of Cardiac Surgery, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: Zhang Lufeng, E-mail: zhanglufeng@bjmu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To evaluate the predictive value of preoperative Computed Tomography (CT) data in minimally invasive cardiac surgery-coronary artery bypass grafting (MICS CABG). **Methods** From January 2018 to July 2022, 30 patients whose CT data was analyzed preoperatively underwent MICS CABG procedure for the treatment of coronary artery disease. The operator filled “MICS CABG technical evaluation scale” for complexity score postoperatively. Data was analyzed to find out the correlation of score and CT parameter for each patient. CT parameters include apical-carina line (A-C line), right aorta-middle line (R-M line), top-aorta line (T-A line), aorta-pulmonary angle (A-P angle), apical-middle line (A-M line) and left thorax line (L-T line), together with the left cardiothoracic ratio. We developed MICS CABG Technical Evaluation Scale, including 10 items which were

\* 基金项目: 首都卫生发展科研专项 (首发 2020-2-4096); 北京大学第三医院创新转化基金 (BYSZYHKC2020118)

\*\* 通讯作者, E-mail: zhanglufeng@bjmu.edu.cn

incision, exposure of LIMA, complexity for LIMA harvesting, exposure of ascending aorta, complexity of aortic manipulation, proximal anastomosis, distal anastomosis in left anterior descending system, distal anastomosis in left circumflex system, distal anastomosis in right coronary artery system, and hemostasis and wound closure. Score of each item ranges from 1 to 10 as the technique complexity evolved. Correlation of preoperative CT parameter with technique complexity score was analyzed. **Results** The A-C line showed high correlation with exposure of LIMA ( $r=0.877, P<0.001$ ) and complexity for LIMA harvesting ( $r=0.872, P<0.001$ ). The T-A line showed correlation with exposure of ascending aorta ( $r=0.561, P=0.001$ ). The A-P angle showed correlation with complexity of aortic manipulation ( $r=-0.612, P<0.001$ ) and proximal anastomosis ( $r=-0.598, P<0.001$ ), as well as high correlation with exposure of ascending aorta ( $r=-0.835, P<0.001$ ). The A-M line showed correlation with distal anastomosis in left circumflex system ( $r=0.629, P<0.001$ ). The left cardiothoracic ratio showed high correlation with distal anastomosis in left circumflex ( $r=0.923, P<0.001$ ) and right coronary artery system ( $r=0.782, P<0.001$ ). **Conclusions** Preoperative CT data analysis shows predictive value in complexity of MICS CABG procedure. Comprehensive imaging system is helpful for performing safe and effective MICS CABG procedure.

**[Key Words]** Minimally invasive technique; Coronary artery bypass surgery; Computed Tomography; Technical evaluation scale

经左前外侧胸部小切口冠状动脉旁路移植手术 (minimally invasive cardiac surgery-coronary artery bypass surgery, MICS CABG) 在直视下完成移植血管吻合, 目的是构建精准、通畅的移植血管近、远端吻合口。左胸小切口直视单支冠状动脉旁路移植手术技术用于左侧乳内动脉与冠状动脉前降支 (left anterior descending artery, LAD) 的旁路移植手术<sup>[1]</sup>, 学习曲线较短, 操作者易于掌握。左胸小切口多支冠状动脉旁路移植手术学习曲线较长, 操作者需要掌握切口选择、乳内动脉获取、近端吻合口构建以及远端吻合口构建等主要步骤<sup>[2,3]</sup>。有限的手术空间增加了升主动脉、冠状动脉与旁路移植血管吻合的难度, 医生由正中切口向左胸小切口冠状动脉旁路移植手术转换的过程中面临新的挑战。电子计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 是评估冠心病患者胸腔骨性结构与血管走行、制定手术方案的无创检查方式, 术前 CT 评估对于制定手术计划、评估手术风险具有重要的临床意义<sup>[4]</sup>。

我们自制“MICS CABG 技术操作者评估量表”, 包括切口位置、乳内动脉显露、乳内动脉获取复杂程度、升主动脉显露效果、升主动脉操作难度、升主动脉近端吻合、前降支系统远端吻合、回旋支系统远端吻合、右冠状动脉系统远端吻合、止血与关胸 10 个条目, 将术前 CT 数据与各条目得分进行相关性分析, 预测 MICS CABG 手术操作的复杂程度, 为构建完善、综合的术前影像分析系统提供依据。

## 1 临床资料与方法

### 1.1 一般资料

MICS CABG 纳入标准: 与常规经胸部正中切口非体外循环下冠状动脉旁路移植手术相同, 即术前冠脉造影检查证实 2 支及以上冠状动脉血管存在超过 70% 的狭窄; 择期手术。

排除标准: ①CT 显示升主动脉钙化斑块; ②肺功能及胸部 CT 检查显示肺功能难以耐受术中单侧肺通气; ③血流动力学不稳定的急诊手术; ④胸廓畸形或外伤史, 不适于经左侧胸部切口手术。

纳入 2018 年 1 月 ~ 2022 年 8 月多支 MICS CABG 30 例, 男 22 例, 女 8 例。年龄 37 ~ 81 岁, ( $62.4 \pm 9.3$ ) 岁。身高 150 ~ 180 cm, ( $166.8 \pm 8.6$ ) cm; 体重 50 ~ 107 kg, ( $71.7 \pm 12.4$ ) kg; BMI 20.05 ~ 33.02,  $25.63 \pm 2.93$ 。稳定性心绞痛 21 例 (70%), 不稳定性心绞痛 9 例 (30%)。术前冠状动脉造影检查明确为冠状动脉狭窄, 其中 19 例左前降支、回旋支和右冠状动脉三支血管病变, 其余 11 例为两支血管病变。超声心动显示左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 40% ~ 78%, ( $63.83 \pm 10.5$ )%, 左室舒张末内径 (left ventricular end diastolic dimension, LVEDD) 3.7 ~ 6.2 cm, ( $4.93 \pm 0.56$ ) cm。胸部正位 X 线片上测量心胸比 (cardiothoracic ratio, CTR, 心脏横径与胸廓横径之比) 0.39 ~ 0.66, ( $0.52 \pm 0.07$ )。吸烟史 10 例, 合并高血压 16 例, 糖尿病 10 例。

## 1.2 方法

1.2.1 MICS CABG 方法 由 2 位术者完成 MICS CABG,左前外侧胸部切口定位于正对心尖部位的肋间,30 例均从左前外侧第 5 肋间长 6 ~ 8 cm 小切口进入,显露心脏并获取左侧乳内动脉。详细步骤参见本课题组以往发表的文章<sup>[2,5]</sup>,主要包括切口位置选择、左乳内动脉的显露与获取、升主动脉与移植血管近端吻合口的构建、移植血管远端吻合口的构建 4 个步骤。

1.2.2 CT 指标的界定和获取 根据不同截面上的解剖定位,同时考虑 MICS CABG 手术中主要操作步骤中主要血管显露与操作的关系,我们选取心尖 - 气管隆突线 (apical-carina line, A-C 线),升主动脉右缘与正中中线连线距离 (right aorta-middle line, R-M 线),升主动脉前壁与胸骨后缘连线距离 (top-aorta line, T-A 线),升主动脉 - 主肺动脉上缘连线与水平线之间角度 (aorta-pulmonary angle, A-P 角),心尖与正中中线之间连线 (apical-middle line, A-M 线)与左侧胸腔最大横径 (left-thoracic line, L-T 线)之间的比值即左侧心胸比 (左 CTR)。

评估构建近端吻合口技术操作复杂程度的指标:由于 MICA CABG 切口位置距离升主动脉近端吻合位置较远,选择以下指标判断升主动脉侧壁钳夹和近端血管吻合的操作复杂程度。在 CT 冠状面,心尖 (即切口位置)与气管隆突 (即升主动脉钳夹的位置)之间的直线距离可以反映操作者进行近端血管吻合操作时与操作目标的距离,即心尖 - 气

管隆突线 (A-C 线) (图 1)。在 CT 横断层气管隆突平面 (即升主动脉近端血管吻合平面),选取升主动脉右缘与胸骨正中线之间的距离 (R-M 线)表示升主动脉的右侧偏移程度;升主动脉前壁与胸骨之间的 T-A 线表示升主动脉前方空间;升主动脉 - 主肺动脉上缘连线与水平线之间的 A-P 角 (顺时针为正,逆时针为负)表示主肺动脉遮挡升主动脉的程度 (图 2)。

评估构建远端吻合口技术操作复杂程度的指标:在胸部 CT 心尖横断面水平,选取左侧心胸比 (CTR)评估心脏在左侧胸腔内的空间占比,定义为心尖 - 正中中线 (A-M 线)与左侧胸腔最大横径 (L-T 线)之间的比值 (图 3)。

每一例手术后由一位研究人员使用计算机图像分析系统定量测定上述指标,通过计算机软件自动得出上述 5 条径线长度以及 A-P 角的角度,均精确到小数点后 2 位。

1.2.3 MICS CABG 技术操作者评估量表 自制“MICS CABG 技术操作者评估量表” (表 1),共 10 个条目:①切口位置;②乳内动脉显露;③乳内动脉获取复杂程度;④升主动脉显露效果;⑤升主动脉操作难度;⑥升主动脉近端吻合;⑦前降支系统远端吻合;⑧回旋支系统远端吻合;⑨右冠状动脉系统远端吻合;⑩止血与关胸。2 位术者完成 MICS CABG 后,根据手术过程中每个环节的操作实施难易程度进行评分,由易到难用 1 ~ 10 分表示。1 ~ 3 分属于“简单”,4 ~ 7 分属于“中等”,8 ~ 10 分属于“复杂”。

表 1 MICS CABG 技术操作者评估量表

评价项目	评价要求	简单			中等			复杂		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 10
切口位置	心尖位于切口中央,位置合适									
乳内动脉显露	乳内动脉显露,包括上、中、下段									
乳内动脉获取复杂程度	获取乳内动脉操作难易程度									
升主动脉显露效果	升主动脉位置以及是否易于显露									
升主动脉操作难度	钳夹升主动脉易于操作,显露满意,打孔位置、大小合适									
升主动脉近端吻合	近端吻合位置、操作满意,易于打结									
前降支系统远端吻合	血管显露、固定、切开、吻合									
回旋支系统远端吻合	血管显露、固定、切开、吻合									
右冠状动脉系统远端吻合	血管显露、固定、切开、吻合									
止血与关胸	显露与操作难度									

## 1.3 统计学方法

使用 SPSS25.0 软件进行统计学分析,计量资料

用  $\bar{x} \pm s$  表示,计数资料使用百分比表示。2 组数据之间的相关性采用 Pearson 相关系数  $r$  表示,  $|r| >$

0.5 表示两组数据之间具有相关性,  $|r| > 0.7$  表示两组数据之间具有高度相关性。 $P < 0.05$  即认为两个变量之间的相关性具有显著性意义。

2 结果

30 例 MICS CABG 术前胸部 CT 数据见表 2。

30 例 MICS CABG 手术均顺利完成。术后操作者评估量表得分, 切口位置  $1.97 \pm 0.55$ , 乳内动脉显露  $2.6 \pm 1.25$ , 乳内动脉获取复杂程度  $2.5 \pm 1.38$ , 升主动脉显露效果  $3.47 \pm 1.34$ , 升主动脉操作难度  $3.67 \pm 1.16$ , 升主动脉近端吻合  $3.77 \pm 0.96$ , 前降支系统远端吻合  $1.73 \pm 0.51$ , 回旋支系统远端吻合  $3.27 \pm 1.58$ , 右冠状动脉系统远端吻合  $3.07 \pm 1.21$ , 止血与关胸  $1.53 \pm 0.50$ 。

将一般资料中的身高、体重、BMI、LVEF、LVEDD、CTR 与操作者评估量表进行相关性分析, 见表 3, “身高”与“乳内动脉显露”( $r = 0.506, P = 0.004$ )和“乳内动脉获取复杂程度”( $r = 0.520, P = 0.003$ )具有相关性, 其余项目如体重、BMI、LVEF、

LVEDD 和 CTR 均与操作者评估量表的得分无相关性。

术前 CT 测量指标与操作者评估量表得分的相关性分析见表 3 和图 4, A-C 线与“乳内动脉显露”( $r = 0.877, P < 0.001$ ) (图 4A) 和“乳内动脉获取复杂程度”( $r = 0.872, P < 0.001$ ) (图 4B) 具有高度相关性; T-A 线与“升主动脉显露效果”( $r = 0.561, P = 0.001$ ) 具有相关性; A-P 角与“升主动脉显露效果”( $r = -0.835, P < 0.001$ ) (图 4C) 具有高度相关性, 与“升主动脉操作难度”( $r = -0.612, P < 0.001$ ) 和“升主动脉近端吻合”( $r = -0.598, P < 0.001$ ) 具有相关性; A-M 线与“回旋支系统远端吻合”( $r = 0.629, P < 0.001$ ) (图 4D) 具有相关性; L-T 线与“回旋支系统远端吻合”( $r = -0.500, P = 0.005$ ) 和“右冠状动脉系统远端吻合”( $r = -0.519, P = 0.003$ ) 具有相关性; 左侧 CTR 与“回旋支系统远端吻合”( $r = 0.923, P < 0.001$ ) (图 4E) 和“右冠状动脉系统远端吻合”( $r = 0.782, P < 0.001$ ) (图 4F) 具有高度相关性。

表 2 30 例 MICS CABG 术前胸部 CT 数据

项目	最小值	最大值	均值	标准差
心尖 - 气管隆突线 (A-C 线) (cm)	118.03	188.81	154.115	15.853
升主动脉右缘与正中线连线 (R-M 线) (cm)	12.57	40.04	27.352	6.003
升主动脉前壁与胸骨后缘连线 (T-A 线) (cm)	9.42	54.23	25.556	10.715
升主动脉 - 主肺动脉上缘连线与水平线之间角度 (A-P 角) (°)	-72.00	45.00	23.760	25.481
心尖与正中线之间连线 (A-M 线) (cm)	50.62	109.65	80.474	10.610
左侧胸腔最大横径 (L-T 线) (cm)	95.41	132.00	118.108	10.561
左侧心胸比 (左 CTR)	0.47	0.84	0.685	0.095

3 讨论

与正中开胸冠状动脉旁路移植手术相比, MICS CABG 技术具有创伤小、康复快的优点<sup>[6]</sup>。医生通过术前影像学或其他无创检查资料预估手术复杂程度, 在开展技术的早期阶段选择合适病例, 对于顺利度过学习曲线具有重要意义。MICS CABG 术中近端吻合口的构建比胸部正中切口非体外循环下冠状动脉旁路移植手术 (off-pump coronary artery bypass grafting, OPCAB) 更为复杂。OPCAB 操作时的近端吻合辅助器械如 Enclose、Heartstring 等<sup>[7]</sup> 受限于操作空间以及结构设计而无法应用于 MICS CABG, 使用侧壁钳夹住主动脉后进行手工近端吻合是 MICS CABG 常用的方法。本研究通过筛选术前胸部 CT

中与 MICS CABG 操作关键步骤有关的参数资料, 由具备丰富经验的操作者根据手术操作相关的复杂程度术后填写“操作者评估量表”, 将影像客观数据与操作者主观评分进行相关性分析, 研究结果表明, 心尖 - 隆突距离 (A-C 线) 与乳内动脉获取, 主 - 肺动脉角度 (A-P 角) 与近端吻合口构建, 左侧心胸比与远端 (回旋支和右冠状动脉) 吻合口构建具有高度相关性; 升主动脉到胸骨之间距离 (T-A 线) 与近端吻合口构建具有相关性。本研究结果可以帮助操作者术前通过 CT 数据选择合适病例, 以保证手术安全有效。在 MICS CABG 操作步骤中, 近端吻合口构建和远端 (回旋支和右冠状动脉) 吻合口构建对于手术效果更具有决定意义, 因此主 - 肺动脉角度 (A-P 角) 和左侧心胸比是操作者更应关注的数值,



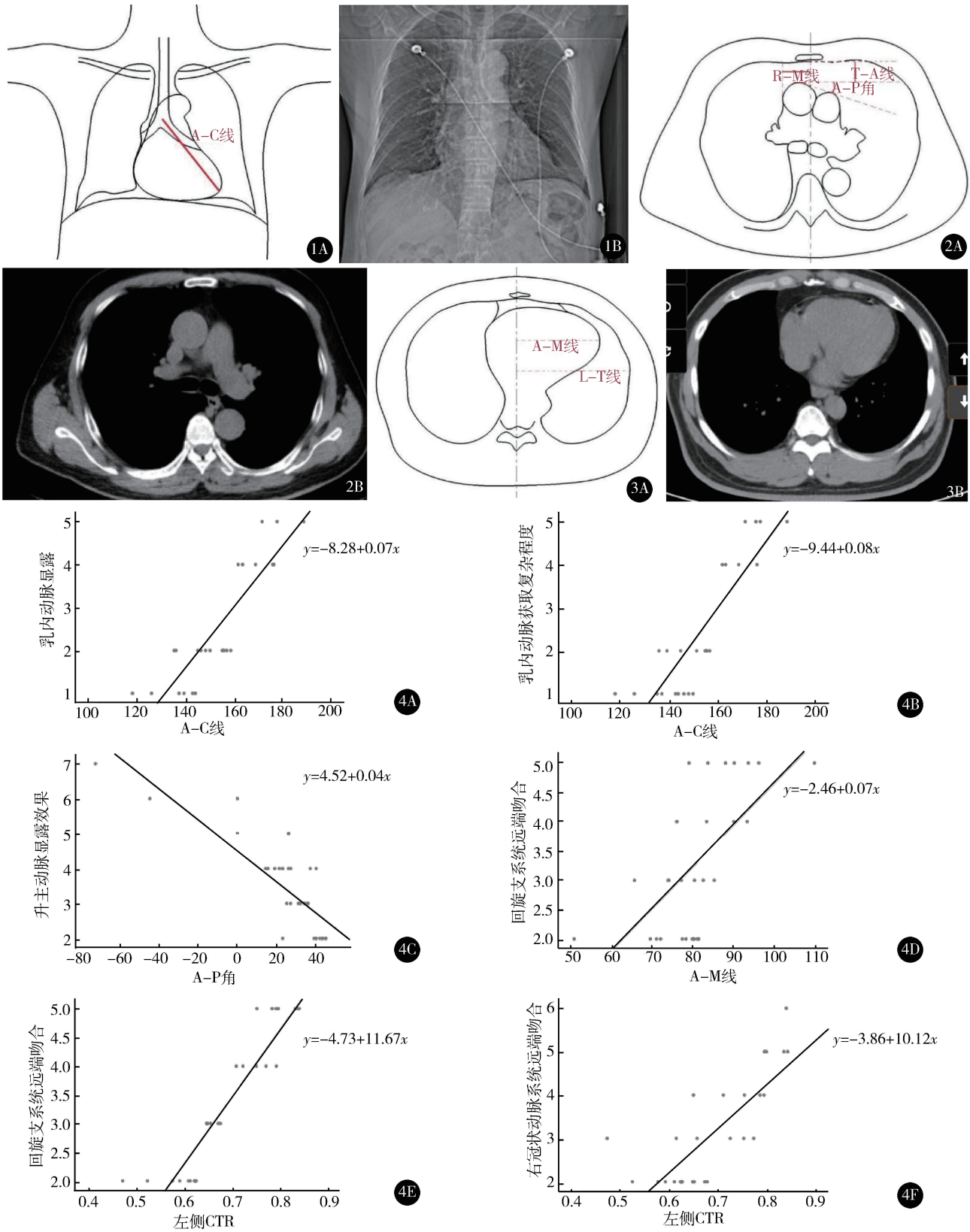


图1 A-C线长度表示心尖至气管隆突之间的距离 图2 R-M线长度表示升主动脉的右侧偏移程度;T-A线长度表示升主动脉前方空间;A-P角表示主肺动脉遮挡升主动脉的程度 图3 左侧心胸比(CTR)为A-M线与L-T线长度的比值 图4 术前CT测量指标与操作者评估量表得分的相关性:A. A-C线与“乳内动脉显露”;B. A-C线与“乳内动脉获取复杂程度”;C. A-P角与“升主动脉显露效果”;D. A-M线与“回旋支系统远端吻合”;E. 左侧CTR与“回旋支系统远端吻合”;F. 左侧CTR与“右冠状动脉系统远端吻合”

表 3 一般资料、术前 CT 测量值与操作者评估量表得分的相关性分析结果

指标	统计值	切口位置	乳内动脉显露	乳内动脉获取复杂程度	升主动脉显露效果	升主动脉操作难度	升主动脉近端吻合	前降支系统远端吻合	回旋支系统远端吻合	右冠状动脉系统远端吻合	止血与关胸
一般资料											
身高	r 值	0.100	0.506	0.520	-0.002	0.147	0.292	-0.195	-0.436	-0.465	-0.105
	P 值	0.600	0.004	0.003	0.992	0.439	0.117	0.302	0.016	0.010	0.579
体重	r 值	-0.189	0.197	0.217	0.138	0.319	0.442	-0.060	-0.342	-0.370	-0.164
	P 值	0.317	0.296	0.250	0.467	0.086	0.014	0.752	0.064	0.044	0.386
BMI	r 值	-0.368	-0.133	-0.097	0.168	0.319	0.375	0.067	-0.115	-0.149	-0.169
	P 值	0.045	0.484	0.610	0.374	0.086	0.041	0.725	0.547	0.431	0.372
LVEF	r 值	-0.308	-0.188	-0.221	-0.120	-0.077	-0.109	0.042	-0.185	0.028	0.328
	P 值	0.097	0.320	0.242	0.527	0.687	0.567	0.825	0.328	0.885	0.077
LVEDD	r 值	0.280	0.303	0.390	-0.017	0.173	0.163	-0.060	0.216	-0.046	0.114
	P 值	0.134	0.104	0.033	0.930	0.359	0.391	0.755	0.252	0.810	0.549
CTR	r 值	0.021	0.139	0.079	0.103	-0.015	0.128	0.078	0.414	0.445	0.075
	P 值	0.914	0.465	0.677	0.589	0.939	0.501	0.682	0.023	0.014	0.695
CT 测量值											
A-C 线	r 值	-0.078	0.877	0.872	-0.400	-0.189	-0.002	-0.129	0.066	-0.070	-0.085
	P 值	0.683	0.000	0.000	0.028	0.317	0.993	0.497	0.731	0.714	0.653
R-M 线	r 值	-0.118	-0.049	-0.018	0.001	0.106	0.110	-0.119	0.117	0.145	0.021
	P 值	0.536	0.799	0.923	0.996	0.578	0.561	0.532	0.538	0.444	0.912
T-A 线	r 值	0.020	-0.219	-0.213	0.561	0.486	0.483	-0.047	-0.394	-0.407	-0.175
	P 值	0.915	0.246	0.258	0.001	0.007	0.007	0.806	0.031	0.025	0.356
A-P 角	r 值	-0.178	0.300	0.307	-0.835	-0.612	-0.598	0.153	0.268	0.128	-0.012
	P 值	0.346	0.107	0.099	0.000	0.000	0.000	0.420	0.152	0.500	0.951
A-M 线	r 值	0.174	0.412	0.406	-0.057	0.026	0.190	-0.256	0.629	0.455	0.200
	P 值	0.356	0.024	0.026	0.765	0.889	0.313	0.173	0.000	0.012	0.289
L-T 线	r 值	0.185	0.356	0.304	0.219	0.224	0.303	-0.326	-0.500	-0.519	-0.134
	P 值	0.329	0.053	0.103	0.244	0.234	0.103	0.079	0.005	0.003	0.479
左 CTR	r 值	0.042	0.149	0.167	-0.168	-0.097	-0.007	-0.024	0.923	0.782	0.283
	P 值	0.827	0.433	0.377	0.374	0.611	0.971	0.898	0.000	0.000	0.129

注: BMI, 体重指数; LVEF, 左室射血分数; LVEDD, 左室舒张末内径; CTR, 心胸比; A-C 线, 心尖-气管隆突距离; R-M 线, 升主动脉右缘-正中线距离; T-A 线, 升主动脉前壁-胸骨后缘距离; A-P 角, 主-肺动脉角度; A-M 线, 心尖-正中线距离; L-T 线, 左侧胸腔最大横径

对于 A-P 角度较小(或者为负角度)、左侧心胸比较大者,应谨慎实施 MICS CABG 手术。

本研究着眼于 MICS CABG 术前影像学资料,结合操作者评估量表进行相关性分析,筛选与操作复杂程度相关的指标,以指导选择合适病例接受 MICS CABG 手术,增加手术获益,减少治疗过程中存在的风险。今后将以此为依据构建完善、综合的 MICS CABG 术前影像分析系统。

参考文献

1 Manuel L, Fong LS, Betts K, et al. LIMA to LAD grafting returns patient survival to age-matched population; 20-year outcomes of MIDCAB surgery. Interact CardioVasc Thorac Surg, 2022, 35 (4): ivac243.

2 Zhang L, Fu Y, Gong Y, et al. Graft patency and completeness of revascularization in minimally invasive multivessel coronary artery bypass surgery. J Card Surg, 2021, 36:992-997.

3 张磊磊,谢周良,权晓强,等. 微创冠状动脉旁路移植术对冠心病多支病变的临床疗效评价. 中华医学杂志, 2022, 102 (34): 2696-2701.

4 Miller CL, Kocher M, Kowek LH, et al. Use of computed tomography (CT) for preoperative planning in patients undergoing coronary artery bypass grafting (CABG). J Card Surg, 2022, Oct 2. Epub ahead of print.

5 宫一宸,崔仲奇,张鲁峰,等. 左胸小切口多支动脉化冠状动脉旁路移植术 64 例的有效性和安全性分析. 中国胸心血管外科临床杂志, 2021, 28(2): 191-197.

6 Liang L, Liu JJ, Kong QY, et al. Comparison of early outcomes associated with coronary artery bypass grafting for multi-vessel disease conducted using minimally invasive or conventional off-pump techniques; a propensity-matched study based on SYNTAX score. J Cardiothorac Surg, 2022, 17(1): 144.

7 Falk V, Walther T, Gummert JF. Anastomosis devices for coronary artery bypass grafting. Exp Rev Med Devices, 2005, 2(2): 223-233.

(收稿日期:2022-10-14)

(修回日期:2022-11-24)

(责任编辑:王惠群)