·心肌血流定量 ·

建立低可能性稳定性冠心病患者 CZT SPECT 负荷门控心肌灌注显像的左心室功能参数 正常参考值

孟晶晶 焦建 解小芬 牟甜甜 常智 李珺奇 师志勇王彦琳 张爽 贠明凯 米宏志 张晓丽首都医科大学附属北京安贞医院核医学科,北京 100029 通信作者:张晓丽, Email; xlzhang68@126.com

【摘要】 目的 拟建立低可能性稳定性冠状动脉粥样硬化性心脏病(SCAD)患者的碲锌镉 (CZT) SPECT 负荷门控心肌灌注显像(G-MPI)的左心室功能参数正常参考值。方法 回顾性收集 2022 年 3 月至 2022 年 8 月间于首都医科大学附属北京安贞医院行 CZT SPECT 运动负荷或药物负荷 G-MPI 的疑诊 SCAD 患者 348 例[男 146 例、女 202 例,年龄(58±10)岁]。定量门控 SPECT(QGS)分 析获得左心室舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)、左心室射血分数(LVEF), EDV 和 ESV 分 别经体表面积(BSA)校正后获得 EDV 指数(EDVI)和 ESV 指数(ESVI)。采用两独立样本 t 检验、单 因素方差分析及 Mann-Whitney U 检验分析数据,采用多元线性回归分析影响 EDV、ESV、EDVI、ESVI 和 LVEF 的因素。结果 共 314 例低可能性 SCAD 患者[男 128 例、女 186 例,年龄(58±10)岁]和 34 例 正常对照(NC)者[男 18 例、女 16 例,年龄(55±10)岁],2组不同性别患者的临床特征和左心室功能 参数差异均无统计学意义(z值:-1.74~-0.02,t值:-1.16~1.17,均 P>0.05)。以 95% CI 为低可能性 SCAD 患者的左心室功能参数界值,女性和男性的 EDV、ESV、EDVI、ESVI 上限分别为 84 和 111 ml、 30 和 44 ml、47 和 54 ml/m²、17 和 21 ml/m²,LVEF 的下限分别为 58%和 55%。低可能性 SCAD 患者女 性的 EDV[(58±13)和(77±17) ml]、ESV[(16±7)和(26±9) ml]均小于男性(t值:10.65、10.35,均 P< 0.001), 而 LVEF 高于男性[(72±7)%和(67±6)%; t=-6.23, P<0.001]。性别相同的不同年龄组间左 心室功能参数差异均无统计学意义(F值:0.12~2.19,均P>0.05)。多元线性回归分析发现性别和体 质量是左心室 EDV、ESV 和 LVEF 的影响因素(β 值: -0.380~0.358,均 P<0.05)。结论 建立了 CZT SPECT 低可能性 SCAD 患者负荷 G-MPI 的左心室功能参数正常参考值。左心室 EDV 、ESV 和 LVEF 存在性别差异,女性 EDV、ESV 小于男性,而 LVEF 高于男性。在临床实践中要考虑性别对左心室功 能参数的影响。

【关键词】 冠心病;心肌灌注显像;心室功能,左;体层摄影术,发射型计算机,单光子;参考值基金项目:扬帆计划重点医学专业(重点培育专业)(ZYLX202110)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20221123-00352

Establishment of the normal reference values of left ventricular function parameters evaluated by CZT SPECT stress gated myocardial perfusion imaging in low-likelihood of stable coronary artery disease

Meng Jingjing, Jiao Jian, Xie Xiaofen, Mou Tiantian, Chang Zhi, Li Junqi, Shi Zhiyong, Wang Yanlin, Zhang Shuang, Yun Mingkai, Mi Hongzhi, Zhang Xiaoli

Department of Nuclear Medicine, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China Corresponding author: Zhang Xiaoli, Email: xlzhang68@126.com

[Abstract] Objective To establish the normal reference value of left ventricular function parameters by cadmium-zinc-tellurium (CZT) SPECT stress gated myocardial perfusion imaging (G-MPI) in low-likelihood of stable coronary artery disease (SCAD). Methods From March 2022 to August 2022, 348 consecutive SCAD patients (146 males, 202 females, age (58 ± 10) years) who underwent exercise or pharmacological stress G-MPI (CZT SPECT) in Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University were retrospectively recruited. Left ventricular end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV), and left ventricular ejection fraction (LVEF) were acquired using quantitative gated SPECT (QGS) analysis. EDV and ESV were corrected by body surface area (BSA) to obtain EDV index (EDVI) and ESV index (ESVI), respectively. Independent-sample t test, one-way analysis of variance and Mann-Whitney U test were used for

data analysis. The influences of EDV, ESV, EDVI, ESVI and LVEF were analyzed by multiple regressions for linear models. Results There were 314 patients with low-likelihood of SCAD (128 males, 186 females, age (58±10) years) and 34 normal controls (18 males, 16 females, age (55±10) years). There were no significant differences of basic clinical characteristics and left ventricular function parameters in different genders between 2 groups (z values: from -1.74 to -0.02, t values: from -1.16 to 1.17, all P > 0.05). Using the 95% CI as the cut-off value for left ventricular function parameters in patients with a low-likelihood of SCAD, the upper limits of EDV, ESV, EDVI and ESVI in females and males were 84 and 111 ml, 30 and 44 ml, 47 and 54 ml/m², 17 and 21 ml/m², respectively, and the lower limit of LVEF in females and males were 58% and 55%, respectively. In the low-likelihood of SCAD group, the EDV ((58±13) vs (77± 17) ml) and ESV ((16±7) vs (26±9) ml) of females were smaller than those of males (t values: 10.65, 10.35, both P<0.001), while LVEF of females was higher than that of males $((72\pm7)\% vs (67\pm6)\%; t=$ -6.23, P<0.001). However, there were no significant differences in left ventricular function parameters among different age groups with the same gender (F values: 0.12-2.19, all P>0.05). Based on multiple regression for linear models, the primary predictors of EDV, ESV and LVEF were gender and weight (β values: from -0.380 to 0.358, all P<0.05). Conclusions Normal reference values of left ventricular function parameters are established by CZT SPECT stress G-MPI in low-likelihood of SCAD patients. Left ventricular EDV and ESV of females are smaller than those of males, while LVEF of females is higher than that of males. The influence of gender on left ventricular function parameters should be considered in clinical practice.

[Key words] Coronary disease; Myocardial perfusion imaging; Ventricular function, left; Tomography, emission-computed, single-photon; Reference values

Fund program: Key Medical Specialties of Sailing Program (Key Cultivation Specialties) (ZYLX202110) DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20221123-00352

SPECT 心肌灌注显像(myocardial perfusion imaging, MPI)是循证医学证据最充分的无创性准确检 测心肌缺血的方法,负荷 MPI 正常的患者预后良 好[1]。门控 MPI(gated MPI, G-MPI)技术在准确评 估心肌缺血的同时,一站式获得左心室舒张末期容 积(end-diastolic volume, EDV)、收缩末期容积(endsystolic volume, ESV) 和左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) 等多项左心室功能 参数。该技术对稳定性冠状动脉粥样硬化性心脏病 (stable coronary artery disease, SCAD)患者的精准诊 断、危险分层、疗效评价和预后评价均有重要意 义[1-2]。但目前 G-MPI 左心室功能参数以欧美人群 的研究数据为主[3],缺少中国人群 G-MPI 相关研究 数据。因神经体液和激素水平等生理差异的影响, 国外研究报道 G-MPI 左心室功能参数在正常人的 女性和男性之间明显不同[4];张运院士团队采用超 声心动图也发现中国人群的心功能参数具有显著的 性别差异,并在此基础上建立了不同性别的超声心 动图正常参考值[5]。本研究旨在针对正常人和低 可能性 SCAD 患者,建立中国人群男性和女性负荷 G-MPI 左心室功能参数正常参考值。

资料与方法

1.研究对象。回顾性收集 2022 年 3 月至 2022 年 8 月间首都医科大学附属北京安贞医院临床疑诊 SCAD 患者, 所有患者行运动负荷或药物负荷 G-MPI。纳入标准:(1)根据胸痛性质、性别、年龄, 推断患者患 SCAD 的验前概率(pre-test probability,

PTP)^[6],选取 PTP 为低概率(PTP<15%)和中低概率(15%≤PTP≤65%)者;(2)静息心电图正常或超声心动图心腔大小、室壁运动和左心室收缩功能均正常;(3)运动负荷试验或药物负荷试验心电图阴性;(4) MPI 的负荷总积分(sum stress score, SSS)<4分^[7]。排除标准:(1)有陈旧性心肌梗死、冠状动脉血运重建术史;(2)既往有心肌炎、瓣膜性心脏病、肥厚性心肌病、心律失常(心房颤动和频发室性心动过速);(3)肝肾功能不全;(4)病史资料不全及 MPI 图像质量不佳者。符合上述条件判断为低可能性 SCAD 患者^[8]。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

最终 348 例患者纳入本研究,其中男 146 例、女 202 例,年龄(58±10)岁。其中符合低可能性 SCAD 标准,且无糖尿病、高血压以及高脂血症等危险因素,经冠状动脉造影或冠状动脉 CT 血管造影证实冠状动脉未见明显狭窄者作为正常对照(normal control, NC)组^[9]。收集患者临床资料,包括身高、体质量、心绞痛症状、吸烟史、高血压病史、糖尿病史、高脂血症病史、心肌梗死史及 SCAD 家族史。根据身高、体质量分别计算患者的体质指数(body mass index, BMI)和体表面积(body surface area, BSA)[BSA=0.006 1×身高(cm)+0.012 4×体质量(kg)-0.009 9]。

2.显像方法。显像仪器为碲锌镉(cadmium-zinc-tellurium, CZT)心脏专用机(以色列 Spectrum Dynamics 公司);显像剂为⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈(methoxyisobutylisonitrile, MIBI),放化纯>95%,购

自原子高科股份有限公司,注射剂量为 740 MBq。 采用次极量运动踏车试验的患者检查前 24~48 h 停用 β 受体阻滞剂、硝酸酯类、钙通道阻滞剂等影响心率或扩张冠状动脉的药物;采用腺苷药物负荷 试验的患者需提前 48 h 停用氨茶碱类药物,24 h 停 用含咖啡因的食物或饮料。G-MPI 具体流程参照文献[10]。CZT SPECT CZT 心脏专用机 G-MPI 采集 图像,患者体位保持在成像椅 65°~70°的直立位,矩 阵为 64×64×46×8,放大倍数为 1,每个心动周期分为 8 帧。获得心脏短轴、水平长轴和垂直长轴图像。

3. MPI 图像分析。所有图像由 2 位有经验的核医学科医师共同阅片。采用 17 节段 5 分法^[7],获得SSS,以 SSS<4 分为 MPI 正常,SSS≥4 分为 MPI 异常。选取负荷 G-MPI 图像,应用定量门控 SPECT (quantitative gated SPECT, QGS)软件(美国 Cedars-Sinai 医学中心)对重建后的门控心肌灌注图像进行量化分析,获得左心室 EDV、ESV 和 LVEF。EDV 和 ESV 分别经 BSA 校正后获得 EDV 指数(EDV index, EDVI)、ESV 指数(ESV index, ESVI)。

4.统计学处理。使用 IBM SPSS 22.0 软件对研究数据进行统计学分析。符合正态分布的定量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,2 组间比较采用两独立样本 t 检验,多 组间比较采用单因素方差分析;不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1,Q_3)$ 表示,2 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验,多组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验;定性资料以频数(百分比)表示,组间差异比较采用 X^2 检验或 Fisher 确切概率法。采用多元线性回归分析左心室 EDV、ESV、EDVI、ESVI 和 LVEF 的影响因素。P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1.一般资料。348 例患者中,34 例符合 NC 组标准,其中男 18 例(52.9%)、女 16 例(47.1%),年龄(55±10)岁;其余314 例为低可能性 SCAD 患者,其中男128 例(40.8%)、女 186 例(59.2%),年龄(58±10)岁。

2. 2 组不同性别患者临床特征、左心室功能参数的比较(表 1)。NC 组男性和女性的体质量、身高、BSA 及 EDV 差异均有统计学意义(t=3.06,z值: $-3.99\sim-2.56$,均 P<0.05),男性均高于女性;而低可能性 SCAD 组男性的体质量、身高、BSA、BMI、糖尿病史、吸烟史、EDV、ESV、EDVI、ESVI 均明显大于女性(z值: $-13.65\sim-2.12$, χ^2 位:4.66、90.18,t位: $6.02\sim10.65$,均 P<0.05);而女性年龄和 LVEF 明显大于男性(t位:-2.90、-6.23,P位:0.004、<0.001)。

以 95% CI 为低可能性 SCAD 患者的左心室功能参数界值,女性和男性 EDV、ESV、EDVI、ESVI 上限分别为 84 和 111 ml、30 和 44 ml、47 和 54 ml/m^2 、17 和 21 ml/m^2 ,LVEF 的下限分别是 58%和 55%。

3. 2 组间同性别患者临床特征、左心室功能参数的比较(表 1)。2 组间女性患者的体质量、身高、BMI、BSA 和 EDV、EDVI、ESV、ESVI、LVEF 差异均无统计学意义(z 值: $-1.55\sim-0.05$,t 值: $-1.16\sim1.17$,均P>0.05);2 组间男性患者的上述指标差异也均无统计学意义(z 值: $-1.74\sim-0.02$,t 值: $-1.09\sim0.88$,均P>0.05)。

4.低可能性 SCAD 组不同年龄组间临床特征、左心室功能参数的比较(表 2)。所有左心室功能参数在男性和女性不同年龄组间差异均无统计学意义 (F 值:0.12~2.19,均 P>0.05);女性不同年龄组间身高差异有统计学意义 (H=12.04, P=0.002),而体质量、BMI和BSA差异无统计学意义(H 值:0.92~4.45,均 P>0.05);男性不同年龄组间的身高、体质量、BMI和BSA差异均有统计学意义(H 值:8.56~17.50,均 P<0.05),年龄越大,身高、体质量、BMI和BSA越低。

5.影响左心室功能参数的相关因素(表 3)。以患者年龄、性别、身高、体质量为自变量,分析 EDV、ESV、EDVI、ESVI、LVEF 的影响因素,发现性别和体质量均为 EDV、ESV 和 LVEF 的影响因素(β 值:-0.380~0.358,均 P<0.001);经 BSA 校正后,性别是 EDVI的影响因素($\beta=-0.326$, P<0.001),而性别和体质量均是 ESVI 的影响因素(β 值:-0.380、0.157,P 值:<0.001、0.019)。

讨 论

与传统 SPECT 设备相比,采用 CZT 探测器的新型心脏专用机的空间分辨率和探测效率得到大幅度提高,G-MPI 的图像质量显著改善,并减少注射显像剂的剂量,缩短采集时间,降低患者的辐射剂量^[11-12]。在临床实践中,负荷 G-MPI 正常的患者可不行静息 MPI,不仅可以减少患者的辐射剂量、检查时间和检查费用,还可以最大限度利用有效的医疗资源^[13]。既往研究表明,G-MPI 获得的左心功能参数与其他影像学检查的结果相关性好^[14-15]。建立不同性别的负荷 MPI 左心功能参数正常参考值,对规范用好 G-MPI 技术,使心脏专用机更好服务于临床,进一步提升 MPI 的临床价值具有重要意义。迄今为止,缺乏中国人群左心功能参数正常参考值,为

组别 例数 年龄(岁) 体质量(kg) 身高(m) $BMI(kg/m^2)$ $BSA(m^2)$ SCAD 家族史(例) 正常对照组 男性 18 53 ± 10 72(67,83) 1.72(1.68, 1.76) 24.4(22.7,26.7) 1.95(1.87, 2.09) 5 女性 16 56 ± 10 62(57,74) 1.62(1.56, 1.67) 24.1(20.8,28.1) 1.75(1.67,1.88) 2 检验值 -0.99^{a} -3.99 -0.76-3.111.21^b 0.271 P 值 0.329 0.010 < 0.001 0.463 0.001 合并症(例) 吸烟史 EDV ESV EDVI ESVI LVEF 例数 组别 (例) (ml) (ml) (ml/m^2) (ml/m^2) (%) 糖尿病 高血压 高脂血症 正常对照组 0 男性 18 0 0 8 73 ± 11 23 ± 7 38 ± 7 12 ± 4 68 ± 7 女性 0 0 0 0 16 60 ± 15 19±7 34 ± 8 10 ± 4 70 ± 8 检验值 9.30^{b} 1.32a 3.06^{a} 2.03^{a} 1.46a -0.50^{a} *P* 值 0.0030.0040.051 0.1550.1970.620组别 例数 年龄(岁) 体质量(kg) 身高(m) BMI(kg/m²) BSA(m²) SCAD 家族史(例) 低可能性 SCAD 组 男性 128 78(69,87) 33 56 ± 10 1.71(1.68, 1.76) 25.7(23.9,28.4) 1.99(1.87, 2.11) 女性 186 60 ± 10 64(58,70) 1.59(1.55, 1.63) 25.4(22.6,27.5) 1.75(1.66, 1.84) 42 检验值 -11.16 $0.02^{\rm b}$ -2.90^{a} -9.36-13.65-2.12P 值 0.004 < 0.001 < 0.001 0.034 < 0.001 0.883 合并症(例) 吸烟史 EDVI ESVI EDV ESV LVEF 例数 组别 (例) (ml/m^2) (ml) (ml) (ml/m^2) (%) 糖尿病 高血压 高脂血症 低可能性 SCAD 组 男性 128 45 85 87 65 77 ± 17 26±9 38 ± 8 13 ± 4 67 ± 6 女性 186 42 98 103 5 58 ± 13 16±7 33 ± 7 9 ± 4 72 ± 7 检验值 4.66^{h} $1.71^{\rm b}$ 1.25^{b} 90.18^{b} 10.65^a 10.35a 6.02^{a} 7.86a -6.23ª

表 1 正常对照组和低可能性 SCAD 组男性和女性患者临床特征和左心室功能参数比较 $[\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1,Q_3)]$

注: "为t 值, ^b为 X^2 值, ^c为Z 值, ^c为无数据; BMI 为体质指数, BSA 为体表面积, EDV 为舒张末期容积, EDVI 为 EDV 指数, ESV 为收缩末期容积, ESVI 为 ESV 指数, LVEF 为左心室射血分数, SCAD 为稳定性冠状动脉粥样硬化性心脏病

< 0.001

< 0.001

< 0.001

此,本研究建立中国人群低可能性 SCAD 患者基于不同性别的左心功能参数正常参考值。

0.031

0.190

0.263

P 值

本研究发现,NC 组和低可能性 SCAD 组的临床 基线资料、左心功能参数差异均无统计学意义(均 P> 0.05),提示本研究纳入的低可能性 SCAD 患者可用 于建立 G-MPI 的左心功能参数正常参考值。本研 究发现,男性和女性的左心功能参数有差异,女性 EDV、ESV 小于男性, LVEF 高于男性, 经 BSA 校正 后女性 EDVI 和 ESVI 仍小于男性,与张运院士团队 的超声心动图研究结果一致[5],也与既往多项 MPI 研究报道一致[16-19]。多元线性回归分析发现,性别 和体质量均是 EDV、ESV、ESVI、LVEF 的影响因素, 经 BSA 校正后只有性别是 EDVI 的影响因素,提示 在临床实践中,判断患者心功能是否正常,需要按照 性别区别对待。而 NC 组女性与男性的左心功能参 数中,仅发现 EDV 差异存在统计学意义,推测可能 与 NC 组的入选人数较少,且体质量普遍较轻有关, 尤其是 NC 组男性患者体质量偏轻,导致女性和男 性的 EDVI、ESVI 以及 LVEF 差异无统计学意义。 同时,本研究还分析了年龄对心功能参数的影响,发现男性随年龄增长,体质量逐渐减轻,而左心室容积逐渐下降,LVEF有逐渐上升的趋势,但差异无统计学意义;而女性不同年龄组间无论是体质量还是左心功能参数均未发现这种趋势。

< 0.001

< 0.001

< 0.001

本研究与既往多项研究有不同之处^[16-19]。不同种族之间左心室功能参数存在一定的差异,本研究女性 EDV 和 ESV 的上限分别是 84 ml 和 30 ml,而男性的上限分别为 111 ml 和 44 ml,女性和男性 LVEF 的下限分别是 58% 和 55%。美国学者报道 1 513 例 Bruce 运动试验正常者的运动负荷 G-MPI 心功能参数,女性 EDV 和 ESV 的正常上限分别是 91 ml 和 40 ml,男性分别为 119 ml 和 55 ml, LVEF 分别为 50% 和 43%^[16], EDV 和 ESV 均大于中国人群,而 LVEF 明显低于中国人群。Li 等^[19]对 89 例男性和 86 例女性低危 SCAD 患者采用德国 Siemens 设备行运动负荷 G-MPI,其心功能参数与本研究的结果非常接近,提示不同设备和负荷方法对低危 SCAD 患者心功能参数的影响较小。然而我国与既往报道的同为亚洲

< 0.001

体质量 身高 BMI BSA EDVI ESVI LVEF EDV ESV 组别 例数 (kg) (m) (kg/m^2) (m^2) (ml) (ml) $(ml/m^2)(ml/m^2)$ (%) 女性 <55 岁 50 65(56,75) 1.60(1.56,1.63) 25.2(22.0,28.8) 1.79(1.65,1.91) 59 ± 14 17 ± 7 33 ± 7 9 ± 3 72 ± 7 ≥55 岁且<65 岁 64(59,70) 1.60(1.57, 1.63) 25.3(22.5,27.0) 1.75(1.69, 1.84) 59±12 17±7 34±6 10 ± 4 72 ± 8 ≥65 岁 63(56,66) 1.57(1.52, 1.61) 25.8(23.3,27.5) 1.73(1.63,1.80) 56 ± 14 15 ± 7 32 ± 7 9±4 72 ± 7 检验值 1.50 12.04 0.92 4.45 1.75a 1.16^{a} 0.76^{a} 0.76^{a} 0.20^{a} *P* 值 0.473 0.002 0.633 0.108 0.1770.314 0.469 0.468 0.820 BMIBSA 体质量 身高 EDV ESV **EDVI ESVI** LVEF 组别 例数 $(\,kg/m^2\,)$ (kg) (m) (m^2) (ml) (ml) $(ml/m^2) (ml/m^2)$ (%) 男性 <55岁 53 83(75,90) 1.74(1.70,1.77) 27.7(25.0,30.5) 2.07(1.97,2.17) 81 ± 16 27 ± 9 39 ± 7 13 ± 4 67±6 ≥55 岁且<65 岁 78(68,87) 1.71(1.69,1.76) 25.3(23.4,28.7) 2.00(1.85, 2.11) 26 ± 8 38±9 66±7 44 75 ± 17 13 ± 4 1.70(1.66,1.74) ≥65 岁 70(66,79) 24.7(23.0,26.8) 1.89(1.84, 2.01) 73 ± 18 23 ± 9 12 ± 4 69 ± 7 38 ± 9 检验值 17.50 8.56 12.25 16.29 2.19^{a} 1.92a 0.12^{a} 0.39^{a} 1.50^{a}

表 2 不同性别低可能性 SCAD 患者不同年龄组间临床特征和左心室功能参数的比较 $[\bar{x}\pm s]$ 或 $M(Q_1,Q_3)$]

注: "为 F 值,余为 H 值,8MI 为体质指数,BSA 为体表面积,EDV 为舒张末期容积,EDVI 为 EDV 指数,ESV 为收缩末期容积,ESVI 为 ESV 指数,LVEF 为左心室射血分数,SCAD 为稳定性冠状动脉粥样硬化性心脏病

0.002

表 3	多元线性回归分析的左心室功能参数的影响因素
100	

< 0.001

0.014

参数	变量	eta值	P 值	
EDV(ml)	性别	-0.282	< 0.001	
	年龄	-0.053	0.261	
	体质量	0.336	< 0.001	
	身高	0.091	0.223	
ESV(ml)	性别	-0.334	< 0.001	
	年龄	-0.045	0.355	
	体质量	0.358	< 0.001	
	身高	-0.010	0.900	
$EDVI(ml/m^2)$	性别	-0.326	< 0.001	
	年龄	-0.047	0.417	
	体质量	-0.011	0.876	
	身高	-0.005	0.954	
ESVI(ml/m ²)	性别	-0.380	< 0.001	
	年龄	-0.037	0.501	
	体质量	0.157	0.019	
	身高	-0.080	0.353	
LVEF(%)	性别	0.293	< 0.001	
	年龄	-0.012	0.833	
	体质量	-0.253	< 0.001	
	身高	0.120	0.175	

黄种人群的日本人的数据不尽相同,中国女性的年龄、身高、体质量和 BSA 均高于日本女性,但两者的 EDV、ESV 以及 LVEF 在数值上较为接近,而经 BSA 校正后的 EDVI 和 ESVI 均低于日本女性;中国男性年龄较日本男性年轻,身高、体质量、BSA 和 BMI 均大于日本男性,但左心室容积小于日本男性,LVEF高于日本男性^[18]。日本的研究认为,性别是影响左心室容积和 LVEF 的主要因素,而年龄和体质量是次要因素^[18]。与 Li 等^[19]的研究相比,虽然本研究

患者年龄较大,但心功能参数比较接近,提示年龄可能对中国人群的心功能参数影响较小,而不同人种、不同性别的心功能参数正常参考值有差异,充分体现了建立中国人群 G-MPI 心功能参数正常参考值的必要性和重要性。

0.151

0.886

0.675

0.227

0.116

本研究不足之处:本研究为单中心回顾性研究,所有数据采用 CZT SPECT 心脏专用机获得,采用QGS 软件处理图像,多元线性回归仅分析身高、体质量、年龄和性别对左心功能参数的影响,而没有探讨其他技术因素的影响。而临床实践中,不同设备固有属性不同、采用不同显像剂、注射不同剂量、门控采集条件不同、定量分析软件和图像重建方法的不同均可能会影响左心室容积和 LVEF^[20]。本研究的结果供其他单位参考,不同实验室可根据具体使用的设备和条件,建立自己实验室的 G-MPI 正常参考值。最后,非常有必要建立基于中国人群正常人的前瞻性、大样本、多中心的 G-MPI 数据库,以便更好服务于临床实践。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 孟晶晶:研究实施、论文撰写、数据分析;焦建、解小芬、常智、李珺奇、师志勇、王彦琳、张爽:研究实施;牟甜甜、负明凯、米宏志:研究指导;张晓丽:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- [1] Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes [J]. Eur Heart J, 2020, 41(3): 407-477. DOI:10.1093/eurheartj/ehz425.
- [2] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组,中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组,中国医师协会心血管

- 内科医师分会血栓防治专业委员会,等.稳定性冠心病诊断与治疗指南[J].中华心血管病杂志,2018,46(9):680-694. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.09.004.
- Section of Interventional Cardiology of Chinese Society of Cardiology, Section of Atherosclerosis and Coronary Artery Disease of Chinese Society of Cardiology, Specialty Committee on Prevention and Treatment of Thrombosis of Chinese College of Cardiovascular Physicians, et al. Guideline on the diagnosis and treatment of stable coronary artery disease[J]. Chin J Cardiol, 2018, 46(9): 680-694. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.09.004.
- [3] Rubeaux M, Xu Y, Germano G, et al. Normal databases for the relative quantification of myocardial perfusion[J]. Curr Cardiovasc Imaging Rep, 2016, 9: 22. DOI:10.1007/s12410-016-9385-x.
- [4] Nickander J, Themudo R, Sigfridsson A, et al. Females have higher myocardial perfusion, blood volume and extracellular volume compared to males—an adenosine stress cardiovascular magnetic resonance study[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 10380. DOI:10.1038/ s41598-020-67196-y.
- [5] Yao GH, Zhang M, Yin LX, et al. Doppler Echocardiographic Measurements in Normal Chinese Adults (EMINCA): a prospective, nationwide, and multicentre study[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016,17(5): 512-522. DOI:10.1093/ehjci/jev330.
- [6] Diamond GA, Staniloff HM, Forrester JS, et al. Computer-assisted diagnosis in the noninvasive evaluation of patients with suspected coronary artery disease [J]. J Am Coll Cardiol, 1983, 1(2 Pt 1): 444-455. DOI:10.1016/s0735-1097(83)80072-2.
- [7] Dorbala S, Ananthasubramaniam K, Armstrong IS, et al. Single photon emission computed tomography (SPECT) myocardial perfusion imaging guidelines: instrumentation, acquisition, processing, and interpretation[J]. J Nucl Cardiol, 2018, 25(5): 1784-1846. DOI;10.1007/s12350-018-1283-y.
- [8] Amsterdam EA, Kirk JD, Bluemke DA, et al. Testing of low-risk patients presenting to the emergency department with chest pain; a scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2010, 122 (17): 1756-1776. DOI: 10. 1161/CIR. 0b013e3181ec61df.
- [9] Genders TS, Steyerberg EW, Alkadhi H, et al. A clinical prediction rule for the diagnosis of coronary artery disease: validation, updating, and extension[J]. Eur Heart J, 2011, 32(11): 1316-1330. DOI;10.1093/eurheartj/ehr014.
- [10] 常智,董薇,牟甜甜,等. IQ-SPECT 心肌灌注显像中衰减校正对可疑冠心病患者诊断价值的研究[J].心肺血管病杂志, 2021, 40(1): 69-73. DOI:10.3969/j.issn.1007-5062.2021.01.015. Chang Z, Dong W, Mou TT, et al. Diagnostic value of attenuation correction on IQ-SPECT myocardial perfusion imaging in patients with suspected coronary heart disease[J]. J Cardiovasc Pulm Dis, 2021, 40(1): 69-73. DOI:10.3969/j.issn.1007-5062.2021.01. 015.
- [11] 张梦岩,汪娇,庞泽堃,等. CZT SPECT 心肌血流定量显像对高危冠心病患者的诊断价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2022, 42 (8): 467-472. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210113-00006. Zhang MY, Wang J, Pang ZK, et al. Diagnostic value of myocardial blood flow quantitative imaging with CZT SPECT in patients with highrisk coronary artery disease[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(8): 467-472. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210113-00006.

- [12] 庞泽堃,汪娇,陈越,等.移动校正对 CZT SPECT 心肌血流定量显像影响的初步研究[J].中华核医学与分子影像杂志,2022,42(5):279-283. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20201101-00398.
 - Pang ZK, Wang J, Chen Y, et al. Primary study of motion correction effect on myocardial blood flow quantitative imaging with CZT SPECT[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(5): 279-283. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20201101-00398.
- [13] Gowd BM, Heller GV, Parker MW. Stress-only SPECT myocardial perfusion imaging: a review[J]. J Nucl Cardiol, 2014, 21(6): 1200-1212. DOI:10.1007/s12350-014-9944-y.
- [14] Tian Y, Zhao M, Li W, et al. Left ventricular mechanical dyssynchrony analyzed by Tc-99m sestamibi SPECT and F-18 FDG PET in patients with ischemic cardiomyopathy and the prognostic value [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020, 36(10): 2063-2071. DOI: 10.1007/s10554-020-01904-7.
- [15] 张飞飞,王建锋,邵晓梁,等.门控心肌灌注显像评价急性心肌梗死早期左心室舒张不同步及其影响因素的实验研究[J].中华核医学与分子影像杂志,2022,42(3):154-159.DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200820-00319.
 - Zhang FF, Wang JF, Shao XL, et al. Assessment of left ventricular diastolic dyssynchrony and its influencing factors early after acute myocardial infarction by SPECT gated myocardial perfusion imaging; an experimental study [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42 (3): 154-159. DOI: 10. 3760/cma. j. cn321828-20200820-00319
- [16] Ababneh AA, Sciacca RR, Kim B, et al. Normal limits for left ventricular ejection fraction and volumes estimated with gated myocardial perfusion imaging in patients with normal exercise test results; influence of tracer, gender, and acquisition camera [J]. J Nucl Cardiol, 2000, 7(6): 661-668. DOI: 10.1067/mnc.2000. 109861.
- [17] Sharir T, Kang X, Germano G, et al. Prognostic value of poststress left ventricular volume and ejection fraction by gated myocardial perfusion SPECT in women and men; gender-related differences in normal limits and outcomes [J]. J Nucl Cardiol, 2006, 13(4); 495-506. DOI:10.1016/j.nuclcard.2006.03.019.
- [18] Nakajima K, Kusuoka H, Nishimura S, et al. Normal limits of ejection fraction and volumes determined by gated SPECT in clinically normal patients without cardiac events: a study based on the J-ACCESS database[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2007, 34(7): 1088-1096. DOI:10.1007/s00259-006-0321-1.
- [19] Li J, Guo L, Liu J, et al. Sex-specific reference limits of left ventricular ejection fraction and volumes estimated by gated myocardial perfusion imaging for low-risk patients in China: a comparison between three quantitative algorithms[J]. Quant Imaging Med Surg, 2022, 12(1): 144-158. DOI:10.21037/qims-21-347.
- [20] 胡帆,夏晓天,张晓,等.不同处理方法对心肌灌注显像心功能指标的影响[J].中华核医学与分子影像杂志,2017,37(9):564-567. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.09.009.
 - Hu F, Xia XT, Zhang X, et al. Influence of different image processing methods on mensuration of cardiac function in myocardium perfusion imaging [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2017, 37 (9): 564-567. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.09.009.

 (收稿日期:2022-11-23)