

· 临床研究 ·

合并和不合并糖尿病的冠心病患者¹⁸F-FDG PET/CT 心肌代谢图像质量及其影响因素

朱紫薇¹ 常智¹ 史晓鹏² 解小芬¹ 李全¹ 孟晶晶¹

皮颖斐¹ 曹雪¹ 焦建¹ 卢霞¹ 周迎生² 张晓丽¹

¹首都医科大学附属北京安贞医院核医学科、分子影像中心 100029; ²首都医科大学附属北京安贞医院内分泌科 100029

通信作者:张晓丽, Email: xlzhang68@126.com

【摘要】目的 研究合并及不合并糖尿病(DM)患者¹⁸F-脱氧葡萄糖(FDG) PET/CT 心肌代谢显像的图像质量(IQ)及影响图像质量的因素。**方法** 回顾性纳入 2016 年 6 月至 2018 年 2 月于北京安贞医院诊断的冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)患者 196 例[男 174 例,女 22 例;DM 64 例;年龄(57±10)岁]。患者均行¹⁸F-FDG PET/CT 心肌代谢显像,显像前采用口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法调节患者血糖。采用目测分析五分法进行 IQ 评分,分为 IQ 好(0~2 分)和 IQ 差(3~4 分)。对患者进行分组:非 DM+IQ 好组(组 1)、DM+IQ 好组(组 2)、DM+IQ 差组(组 3),分析可能影响 IQ 的因素:空腹血糖(FBG)、峰值血糖(PBG)、注射¹⁸F-FDG 时血糖(BG_{注射})、口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量、血糖浓度增高率[(PBG - FBG)/FBG, %] 和血糖浓度降低率[(PBG - BG_{注射})/PBG, %]。组间差异比较行单因素方差分析,采用 Spearman 相关分析各参数与 IQ 评分的相关性,采用 logistic 回归分析预测 IQ 的独立影响因子。**结果** 196 例患者中,组 1 有 132 例(67.3%)、组 2 有 53 例(27.1%)、组 3 有 11 例(5.6%)。3 组间 FBG、PBG、口服葡萄糖量、血糖浓度降低率和静脉注射胰岛素总剂量差异均有统计学意义(F 值:13.074~38.371, 均 $P<0.05$)。IQ 与 FBG、PBG、BG_{注射}、静脉注射胰岛素总剂量和血糖浓度降低率均呈正相关(r_s 值:0.142~0.262, 均 $P<0.05$),口服葡萄糖量与 IQ 呈负相关(r_s = -0.324, $P<0.05$)。Logistic 回归分析示,FBG、PBG、BG_{注射}、口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量是所有患者 IQ 的影响因素,对应比值比(OR)分别为 0.687(95% CI: 0.633~0.746)、0.786(95% CI: 0.746~0.829)、0.631(95% CI: 0.595~0.716)、0.897(95% CI: 0.873~0.922)、0.680(95% CI: 0.618~0.748), 均 $P<0.01$ 。口服葡萄糖量是 DM 患者 IQ 的影响因素[$OR=0.940$ (95% CI: 0.904~0.960), $P<0.01$]。**结论** 无论有无 DM,FBG、PBG、BG_{注射}、口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量均可影响¹⁸F-FDG PET/CT 心肌代谢 IQ,而口服葡萄糖量是影响冠心病合并 DM 患者 IQ 的重要因素。宜严格按照指南,采用口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法调节血糖浓度,并给予个体化调整,尽可能获得高质量的心肌代谢图像,同时避免患者发生低血糖。

【关键词】 冠状动脉疾病;糖尿病;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X 线计算机;脱氧葡萄糖

基金项目:国家自然科学基金(81571717);首都临床特色应用研究(Z181100001718071)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191012-00231

¹⁸F-FDG PET/CT images quality and its impact factors in diabetic and non-diabetic patients with coronary artery disease

Zhu Ziwei¹, Chang Zhi¹, Shi Xiaopeng², Xie Xiaofen¹, Li Quan¹, Meng Jingjing¹, Pi Yingfei¹, Cao Xue¹, Jiao Jian¹, Lu Xia¹, Zhou Yingsheng², Zhang Xiaoli¹

¹Department of Nuclear Medicine, Laboratory for Molecular Imaging, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China; ²Department of Endocrinology, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China

Corresponding author: Zhang Xiaoli, Email: xlzhang68@126.com

[Abstract] **Objective** To evaluate the image quality (IQ) of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET/CT imaging and identify its influential factors in diabetes mellitus (DM) and non-DM patients with coronary artery disease (CAD). **Methods** A total of 196 consecutive CAD patients (174 males, 22 females, 68 DM; age: (57±10) years) in Beijing Anzhen Hospital between June 2016 and February 2018 were retrospectively analyzed. All patients underwent ¹⁸F-FDG myocardial PET/CT imaging. The standardized fasting+oral glucose loading (OGL) and intravenously injection of insulin protocol was performed. According to the

FDG uptake by myocardium, background activity in blood and other visceral organ nearby the heart, the IQ was visually evaluated and scored by 0~4. Zero~two was considered as good IQ, 3~4 was regarded as poor IQ. Patients were divided into three groups: group 1 (non-DM+good IQ), group 2 (DM+good IQ), group 3 (DM+poor IQ). Factors which may affect IQ were analyzed, which including OGL, the injection dose of insulin, fasting blood glucose (FBG), peak blood glucose (PBG), blood glucose (BG) level at ¹⁸F-FDG injection ($BG_{injection}$), BG increasing rate ((PBG-FBG)/FBG, %), and BG decreasing rate ((PBG-BG_{injection})/PBG, %). One-way analysis of variance, Spearman correlation analysis and logistic regression analysis were used for data analysis. **Results** There were significant differences (F values: 13.074~38.371, all $P < 0.05$) of FBG, PBG, OGL, BG decreasing rate and the injection dose of insulin among group 1 ($n=132$, 67.3%), group 2 ($n=53$, 27.1%), group 3 ($n=11$, 5.6%). All those parameters, except for OGL, were positively correlated with FDG PET/CT IQ (r_s values: 0.142~0.262, all $P < 0.05$). OGL was negatively correlated with IQ ($r_s = -0.324$, $P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that FBG (odds ratio (OR) = 0.687, 95% CI: 0.633~0.746), PBG ($OR = 0.786$, 95% CI: 0.746~0.829), $BG_{injection}$ ($OR = 0.631$, 95% CI: 0.595~0.716), OGL ($OR = 0.897$, 95% CI: 0.873~0.922), the injection dose of insulin ($OR = 0.680$, 95% CI: 0.618~0.748) were predictive factors (all $P < 0.01$) for good IQ in all patients. For DM patients, OGL was the only predictive factor for good IQ ($OR = 0.940$, 95% CI: 0.904~0.960; $P < 0.01$). **Conclusions** FBG, PBG, $BG_{injection}$, OGL, the injection dose of insulin can predict IQ for all patients with CAD. For DM patients with CAD, OGL is the only predictive factor for good IQ. A good IQ of ¹⁸F-FDG PET/CT could be obtained in majority of CAD patients, with the standardized fasting + OGL and intravenously injection of insulin protocol and adjust according to the personal status, and prevent the hypoglycemia from happening.

【Key words】 Coronary artery disease; Diabetes mellitus; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Deoxyglucose

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81571717); Capital Clinical Characteristics Research Project (Z181100001718071)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191012-00231

冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)死亡率逐年增高^[1]。¹⁸F-脱氧葡萄糖(fluorodeoxyglucose, FDG)PET/CT心肌葡萄糖代谢显像是国际上公认的评估冠心病患者心肌存活的重要手段,对接受再血管化治疗的患者有十分重要的预后预测价值,可为临床诊疗方案的制定提供重要依据^[2~4]。规范化的调节血糖流程是获取¹⁸F-FDG PET/CT心肌代谢显像高质量图像及准确评估心肌存活的先决条件,口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法是目前临床应用最多的方法^[5~6]。

冠心病和糖尿病(diabetes mellitus, DM)的发病率逐年攀升,患者合并糖代谢紊乱、脂代谢紊乱^[6],这明显增加了获取高质量¹⁸F-FDG PET/CT心肌代谢显像图像的难度,尤其对于DM合并心力衰竭患者,如何在获取高质量代谢图像和避免发生低血糖之间取得平衡是一个难点。本研究通过分析本中心常规采用口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法调节血糖,评估合并DM及不合并DM的冠心病患者的¹⁸F-FDG PET/CT心肌代谢显像图像质量(image quality, IQ)及其影响因素,拟为临床提供经验及切实可行的指导性建议。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析从2016年6月至2018年2月于首都医科大学附属北京安贞医院诊

断为冠心病的患者196例,年龄(57 ± 10)岁,其中男174例,女22例。196例中,64例为DM患者,132例为非DM患者。入选标准:经标准口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法调节血糖^[5~6],且完成¹⁸F-FDG PET/CT心肌代谢显像的冠心病患者。排除非空腹行¹⁸F-FDG PET/CT心肌代谢显像的患者。研究经本院伦理委员会审核批准(批件号:2016041X),所有患者均签署知情同意书。

2. 调节血糖方法。本中心根据指南采用空腹口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法调节血糖^[5]。应用自动血糖仪(美国强生One Touch)及配套血糖试纸(葡萄糖氧化酶法)。患者空腹8 h以上,测量其空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)浓度(mmol/L),并根据血糖浓度口服葡萄糖(28.9 ± 10.5)g(中国大冢制药有限公司,规格:20 ml/支);DM患者在口服葡萄糖同时口服阿昔莫司0.25 g(1粒)。40~60 min后再次测量血糖,获得峰值血糖(peak blood glucose, PBG)浓度(mmol/L),静脉给予一定剂量的胰岛素(江苏万邦生化医药集团有限责任公司,规格:10 ml/400 U),同时DM患者再次服用阿昔莫司1粒。每隔20~30 min测量患者血糖浓度,并根据血糖浓度分次给予胰岛素,直至血糖浓度降至5.5~7.7 mmol/L。记录注射¹⁸F-FDG时的血糖浓度,以 $BG_{注射}$ 表示(mmol/L),静脉注射(197.6 ± 29.6) MBq ¹⁸F-FDG(北京原子高科股份有限公司产品)。

操作过程中给予的口服葡萄糖量及胰岛素注射剂量按照 2016 年指南标准^[5]: (1) 血糖浓度分别在 2.8~5.7、5.8~6.2、6.3~7.2、7.3~7.8 和 7.9~8.9 mmol/L 时, 口服葡萄糖量分别为 40~50、30~40、25~30、20~25 和 10~20 g; (2) 血糖浓度分别在 7.22~7.77、7.78~8.89、8.90~9.99 和 10.00~11.11 mmol/L 时, 静脉注射胰岛素总剂量分别为 1、2、3、5 U, 血糖浓度 > 11.11 mmol/L 时则通知临床医师及内分泌科医师共同指导, 调节血糖浓度, 并完成代谢显像; 如果患者病情重, 合并 DM 病史长, 取消当天检查, 调节血糖浓度稳定后再完成检查。

3. 显像方法。心肌代谢显像仪器为德国 Siemens PET/CT (Biograph mCT 型) 仪。图像采集时间为 10 min, 每个心动周期采集 8 帧图像, 矩阵 128×128, 放大倍数 1.0。采用有序子集最大期望值迭代法对 PET 图像进行重建(迭代 2 次, 子集数为 21), 通过后处理工作站(Siemens Syngo Application)获得左心室心肌的短轴、垂直长轴和水平长轴断层图像。

4. IQ 评分方法及分类^[6]。由 2 位有经验的核医学科医师根据既往临床实践判读图像, 目测分析心肌的¹⁸F-FDG 摄取程度、显影清晰程度, 血液本底和心脏邻近非靶器官(主要指肝、胃肠道)、脊柱的¹⁸F-FDG 摄取程度, 评分标准如下: (1) 0 分: 质量优, 心肌显影清晰, 血液本底极低, 非靶器官无放射性摄取; 1 分: 质量良, 心肌显影清晰, 血液本底低, 非靶器官无放射性摄取; 2 分: 质量中, 心肌显影清晰, 有一定的血液本底, 非靶器官或脊柱可见轻度放射性

摄取; 3 分: 质量差, 心肌显影欠清晰, 血液本底高, 非靶器官或脊柱可见明显放射性摄取, 一定程度上影响诊断; 4 分: 质量极差, 心肌摄取不清晰, 血液本底非常高, 非靶器官、脊柱可见明显的放射性摄取, 明显影响诊断或无法诊断。各评分示意图见图 1。

根据是否影响心肌存活的判断分为 IQ 好和 IQ 差, 前者指心肌代谢图像分析结果可靠, IQ 评分为 0~2 分; 而 IQ 差指 IQ 评分 3~4 分: 心肌代谢图像一定程度上影响临床诊断(3 分)或者明显影响临床诊断、无法诊断(4 分)。结合 DM 病史和 IQ 评分分类对患者进行分组: 组 1(非 DM+IQ 好), 组 2(DM+IQ 好) 和组 3(DM+IQ 差)。

5. 可能影响 IQ 的指标。分析可能影响 IQ 的指标, 包括 FBG、PBG、BG_{注射}、血糖浓度增高率[(PBG-FBG)/FBG, %]、血糖浓度降低率[(PBG-BG_{注射})/PBG, %]、静脉注射胰岛素总剂量(U)、口服葡萄糖量(g)。

6. 统计学处理。采用 IBM SPSS 19.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 定性资料用频数(构成比)表示。定性资料间的差异比较用 χ^2 检验和 Fisher 确切概率法, 正态分布变量多组间均数的比较用单因素方差分析和最小显著差异 t 检验, 2 组间比较不符合正态分布及方差齐性时采用 Mann-Whitney U 检验。行 Spearman 相关分析探讨 IQ 与口服葡萄糖量、FBG、PBG、BG_{注射} 和血糖浓度降低率之间的相关性, 并行 logistic 回归分析探讨影响患者 IQ 评分的独立因素。 $P < 0.05$ 为差

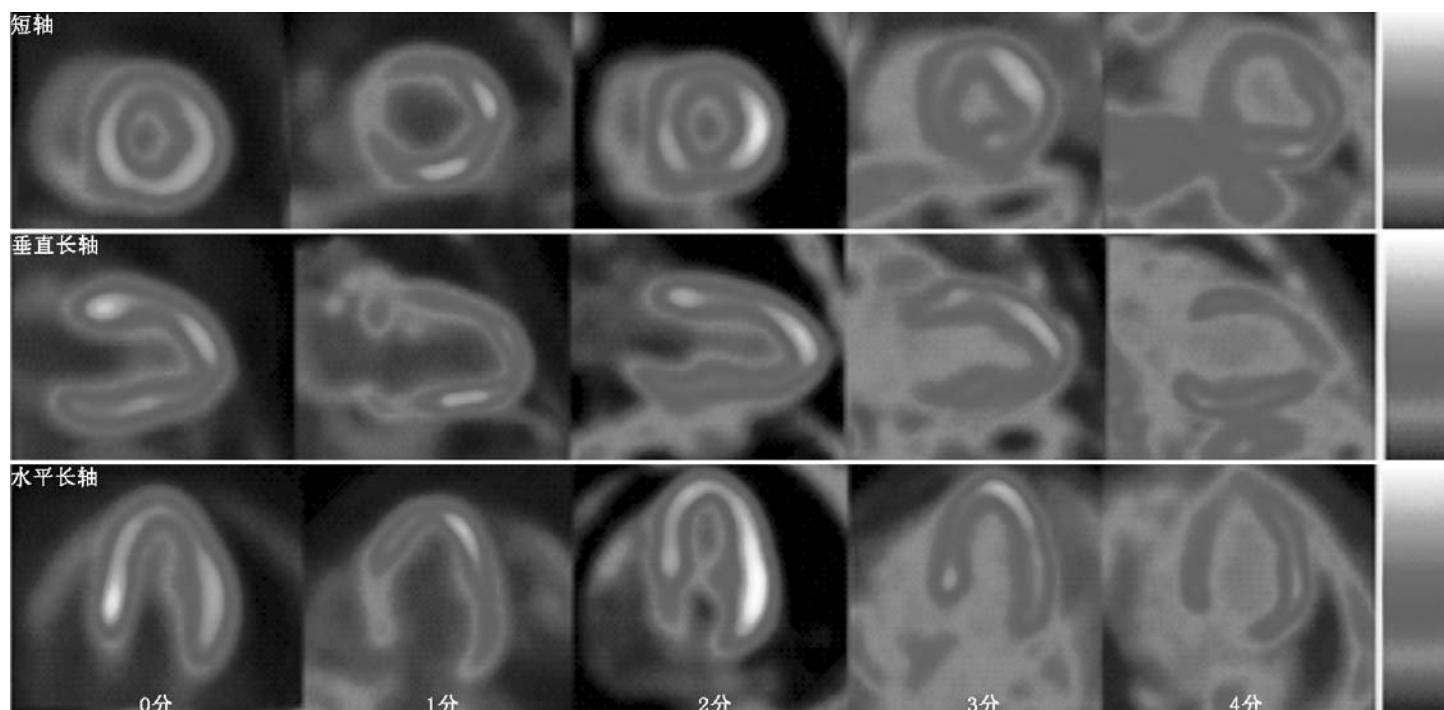


图 1 ¹⁸F-脱氧葡萄糖(FDG) PET 心肌代谢显像图的目测分析评分示意图

异或相关性有统计学意义。

结 果

1. 64 例 DM 患者中,11 例(17.2%) IQ 差,0、1、2、3、4 分患者数分别为 31、13、9、5、6 例;而 132 例非 DM 患者 IQ 均好(100%,132/132),0、1、2、3、4 分患者数分别为 104、22、6、0、0 例。2 组患者 PET 心肌代谢 IQ 评分分布差异有统计学意义($\chi^2 = 33.88, P < 0.01$)。2 组患者典型病例显像图见图 2。

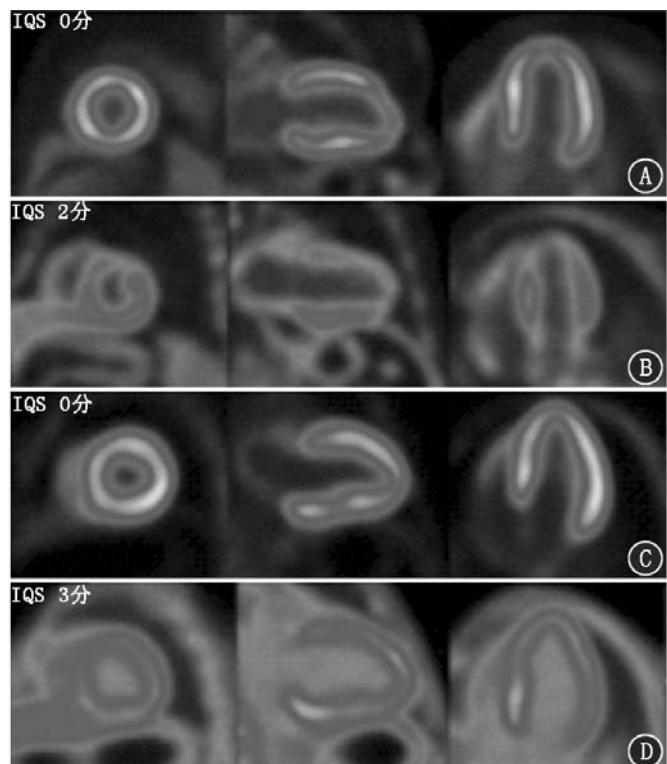


图 2 患有糖尿病和无糖尿病的冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)患者¹⁸F-脱氧葡萄糖(FDG)PET 心肌代谢显像图及评分(IQS 为图像质量评分)。A.患者女,71岁,否认糖尿病病史,空腹血糖(FBG)6.4 mmol/L,口服葡萄糖40 g后60 min 测定峰值血糖(PBG)10.0 mmol/L,静脉注射胰岛素4 U后30 min 测得¹⁸F-FDG 注射时血糖(BG_{注射})6.4 mmol/L;B.患者男,56岁,否认糖尿病病史,FBG 5.3 mmol/L,口服葡萄糖40 g后60 min 测定PBG 7.4 mmol/L,静脉注射胰岛素2 U后30 min 测得BG_{注射} 6.5 mmol/L;C.患者男,65岁,糖尿病病史13年,口服降糖药物控制,FBG 7.3 mmol/L,口服葡萄糖30 g后60 min 测定PBG 13.8 mmol/L,分2次静脉注射胰岛素10 U,60 min 后BG_{注射} 6.5 mmol/L;D.患者男,70岁,糖尿病病史13年,口服降糖药物控制,FBG 8.8 mmol/L,口服葡萄糖20 g后60 min 测定PBG 18 mmol/L,分2次静脉注射胰岛素9.5 U,60 min 后BG_{注射} 6.3 mmol/L

非 DM 患者中有 11 例 PBG < 7.7 mmol/L,其 FBG 为(5.22±0.70) mmol/L,口服葡萄糖量为(36.4±9.2) mmol/L,静脉注射胰岛素总剂量为(1.8±0.8) U, PBG 为(7.37±0.14) mmol/L。

2. 结合 IQ 评分分类和 DM 病史的不同组间比

较(表 1)。组 1 有 132 例(67.3%,132/196),组 2 有 53 例(27.1%,53/196),组 3 有 11 例(5.6%,11/196)。3 组间患者年龄、性别、体质量指数、是否合并高脂血症等差异均无统计学意义(F 值:1.112 和 1.728, χ^2 值:0.747 和 4.329, 均 $P > 0.05$)。调节血糖相关参数中,除 BG_{注射} 外,FBG、PBG、口服葡萄糖量和静脉注射胰岛素总剂量在 3 组间差异均有统计学意义(F 值:27.505~38.371, 均 $P < 0.01$),其中组 1 的 FBG、PBG 和静脉注射胰岛素总剂量均明显低于组 2 和组 3(均 $P < 0.01$),而口服葡萄糖量高于组 2 和组 3($P < 0.05$)。3 组间血糖浓度增高率差异无统计学意义($F=1.407, P>0.05$);而血糖浓度降低率差异有统计学意义($F=13.074, P<0.05$),组 1 的血糖降低率明显低于组 2 和组 3(均 $P < 0.05$)。

3. 不同 IQ 评分组别患者指标比较(表 2)。IQ 好的患者(185 例)与 IQ 差的患者(11 例)的口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量、BG_{注射}、FBG 和 PBG 间差异均有统计学意义(t 值: $-3.54 \sim 4.72$, 均 $P < 0.05$)。IQ 与 FBG、PBG、BG_{注射} 和血糖浓度降低率均呈正相关(r_s 值:0.142~0.262, 均 $P < 0.05$);口服葡萄糖量与 IQ 呈负相关($r_s = -0.324, P < 0.05$)。Logistic 回归分析示,FBG、PBG、BG_{注射}、口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量是所有患者 IQ 的影响因素,对应比值比(odds ratio, OR)分别为 0.687(95% CI: 0.633~0.746)、0.786(95% CI: 0.746~0.829)、0.631(95% CI: 0.595~0.716)、0.897(95% CI: 0.873~0.922) 和 0.680(95% CI: 0.618~0.748)(均 $P < 0.01$)。口服葡萄糖量是影响 DM 患者葡萄糖代谢 IQ 的唯一因素 [$OR = 0.940$ (95% CI: 0.904~0.960), $P < 0.01$]。

讨 论

调节血糖水平以获取高质量的心肌代谢图像对于准确评估存活心肌非常重要。由于冠心病合并 DM 的发病率逐年增高^[7],且不少患者依从性差,没有接受规范的药物治疗,明显增加了心肌代谢显像的调节血糖难度。为了能够提供切实可行的经验,本研究以进行心肌存活评估的冠心病患者为研究对象,分析了心肌代谢 IQ 及其影响因素。

本中心调节血糖浓度的方法和流程严格根据指南^[5],综合考虑多种因素并采取相应措施,以获得高质量图像。本研究结果示,纳入分析的 132 例非 DM 患者代谢 IQ 均好,其中 78.8%(104/132)的患者图像质量非常好(0分),仅有 4.5%(6/132)患者

表 1 3 组冠心病患者一般临床资料及调节血糖中相关指标的比较

组别	例数	男性 [例(%)]	年龄 (岁; $\bar{x} \pm s$)	BMI (kg/m ² ; $\bar{x} \pm s$)	高脂血症 [例(%)]	FBG (mmol/L; $\bar{x} \pm s$)	口服葡萄糖量 (g; $\bar{x} \pm s$)
组 1	132	123(93.2)	56.5±10.7	26.3±3.4	35(26.5)	6.21±1.11	34.16±9.41
组 2	51	43(84.3)	59.0±10.0	26.0±3.1	13(25.5)	8.09±2.01 ^b	24.45±8.54 ^a
组 3	11	8	59.6±8.3	25.9±2.3	6	8.86±2.28 ^c	19.82±7.83 ^b
检验值		0.747 ^a	1.112	1.728	4.329 ^a	35.685	30.562
P 值		0.093	0.331	0.187	0.115	<0.01	<0.01

组别	例数	PBG (mmol/L; $\bar{x} \pm s$)	静脉注射胰岛素 总剂量(U; $\bar{x} \pm s$)	BG _{注射} (mmol/L; $\bar{x} \pm s$)	血糖浓度增高率 (%; $\bar{x} \pm s$)	血糖浓度降低率 (%; $\bar{x} \pm s$)
组 1	132	10.34±1.93	4.48±2.05	6.34±0.81	68.98±31.23	36.54±14.53
组 2	51	12.46±2.20 ^b	8.02±3.76 ^b	6.47±1.07 ^b	58.92±31.47	46.91±11.14 ^b
组 3	11	13.07±1.94 ^c	9.45±4.42 ^c	7.01±0.98 ^c	53.69±33.76	46.10±5.44 ^c
检验值		27.505	38.371	2.911	1.407	13.074
P 值		<0.01	<0.01	0.057	0.247	<0.01

注: BG_{注射} 为注射¹⁸F-脱氧葡萄糖(FDG)时的血糖,BMI 为体质质量指数,FBG 为空腹血糖,PBG 为峰值血糖; 血糖浓度增高率=(PBG-FBG)/FBG×100%, 血糖浓度降低率=(PBG-BG_{注射})/PBG×100%; 组 1 为非糖尿病(DM)+图像质量(IQ)好(0~2 分)的冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)患者, 组 2 为患有 DM+IQ 好的冠心病患者, 组 3 为 DM+IQ 差(3~4 分)的冠心病患者;^a 为 χ^2 值, 余为 F 值, ^b 组 1 与组 2 比, $P<0.05$; ^c 组 1 与组 3 比, $P<0.05$

表 2 不同 IQ 评分组患者的指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	口服葡萄糖量 (mmol/L)	静脉注射胰岛素 总剂量(mmol/L)	BG _{注射} (mmol/L)	FBG (mmol/L)	PBG (mmol/L)
IQ 好	185	31.50±10.13	5.44±3.07	6.38±0.88	6.73±1.64	10.93±2.21
IQ 差	11	19.82±7.83	9.45±4.42	7.01±0.98	8.86±2.28	13.07±1.94
t 值		4.72	-2.97	-2.09	-3.07	-3.54
P 值		<0.01	0.013	0.023	0.011	0.004

IQ 评分为 2 分, 均可以满足临床诊断需求。纳入患者中, PBG<7.7 mmol/L 的有 11 例, 均为非 DM 患者, IQ 均好。

DM 可导致骨骼肌中葡萄糖合成肌糖原的速率降低, 肝细胞中肝糖原的合成率降低, 血液中游离葡萄糖水平高以及胰岛素抵抗性均可导致心肌对¹⁸F-FDG 的摄取降低, IQ 差^[8-9]。本中心在临床常规实践中, 根据指南对 DM 患者给予阿昔莫司口服, 而且针对 FBG>7.7 mmol/L、糖耐量异常的患者也采用该法, 以抑制血清脂肪酸水平, 从而改善心肌葡萄糖代谢的 IQ^[10]。本研究中非 DM 患者 FBG、PBG、静脉注射胰岛素总剂量、血糖浓度降低率明显低于 DM 患者, 而口服葡萄糖量高于 DM 患者, 符合指南和临床实践中根据患者特点进行调节血糖的规律。虽然采取了各种措施, 但仍有 7.8% (5/64) 的 DM 患者 IQ 评分为 3 分, 对存活心肌的判断有一定影响, 9.4% (6/64) 的 DM 患者 IQ 评分为 4 分, 影响对心肌存活的判断。IQ 好与差的 DM 患者 BG_{注射} 分别为 (6.47±1.07) 和 (7.01±0.98) mmol/L, 均符合指南标

准^[5]。这也解释既往报道的心肌存活临床试验对于临床治疗方案的指导价值为何会受中心经验的影响^[11]。

既往研究表明,¹⁸F-FDG PET/CT 心肌代谢显像 IQ 与 DM 患者 FBG 呈负相关^[12-14]。也有研究表明年轻 DM 患者心肌细胞摄取¹⁸F-FDG 的能力与正常人心肌细胞摄取¹⁸F-FDG 的能力差异无统计学意义^[15]。本研究结果示, FBG、PBG、BG_{注射}、静脉注射胰岛素总剂量、血糖浓度降低率和口服葡萄糖量均为影响心肌代谢 IQ 的因素, 除口服葡萄糖量外, 余均与 IQ 评分呈正相关, 即血糖水平越高, IQ 越差。Logistic 回归分析示, FBG、PBG、BG_{注射}、口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量是所有患者 IQ 的影响因素($P<0.01$)。但是, 在临床实践中需注意, 根据检查当日的 FBG, 对于 DM 患者, 要尽可能给予指南推荐的口服葡萄糖量的高限, 以最大可能地刺激内源性胰岛素的分泌。如果血糖升高不理想, 即使给予口服阿昔莫司, 静脉注射足量的外源性胰岛素, 注射 FDG 时的血糖水平达指南要求, 获得图像质量不满

意的概率也比较高,这可以解释本研究发现口服葡萄糖量是影响 DM 患者 IQ 的唯一因素($P<0.01$)。需说明的是,本研究仅有 11 例 DM 患者 IQ 不理想(占总患者的 5.6%,占 DM 患者的 17.2%),一方面表明本中心在临床实践中采用措施获得了较满意的 IQ,同时分析结果也有待在后续临床工作中增加样本量予以验证。

笔者建议,在调节血糖以便于心肌代谢显像的临床实践中,重点关注如下几点:(1)按照患者血糖浓度给予足量的糖负荷,以充分刺激内源性胰岛素的分泌,如果口服葡萄糖后 40 min 血糖水平升高不理想,可以继续延长等待时间或者增加葡萄糖口服葡萄糖量进行个体化调整;(2)静脉注射胰岛素降低血糖时,注射胰岛素的剂量、次数和间隔时间及口服葡萄糖量要根据患者自身情况进行个体化调整,考虑患者 BMI、腰围指数、详细的 DM 病史及用药情况(口服降糖药物及胰岛素用量)、心功能参数(左心室射血分数和心脏大小)等诸多因素,对于心功能差的患者,降低血糖速度要慢,根据患者的具体情况,可以延长静脉注射胰岛素后测定血糖水平的间隔时间(>30 min);(3)本研究中非 DM 患者 BG_{注射} 为 (6.34 ± 0.81) mmol/L,符合指南标准($5.5 \sim 7.7$ mmol/L)^[5]。但一定要注意预防低血糖发生^[16],反复和患者及其家属讲解低血糖的症状、风险和注意事项,可以根据 BG_{注射},在注射¹⁸F-FDG 后的一定时间后(最好>20 min,尽可能延长此时间),分次让患者进食鸡蛋等蛋白质类食物以及少量碳水化合物,避免发生低血糖。一旦发生低血糖,立即口服葡萄糖溶液并测定血糖浓度,给予进一步处理。

本研究也有局限性:(1)胰岛素抵抗性是影响 DM 患者 IQ 的重要因素,但是笔者总结本研究资料时没有获取全面评估胰岛素抵抗性相关的血清学指标检测数据,因此未能深入探讨胰岛素抵抗性对 IQ 的影响;(2)胰岛素使用时间对调节血糖及 IQ 的影响也需要进一步评价;(3)IQ 分析根据目测判断,没有采用半定量指标;(4)本研究为单中心研究。将在今后的研究中完善以上问题。

综上,本研究显示,调节血糖要严格按照指南调节血糖浓度,并进行个体化调整,FBG、PBG、BG_{注射}、口服葡萄糖量、静脉注射胰岛素总剂量是冠心病患者(无论是否合并 DM)的¹⁸F-FDG PET/CT 心肌代谢 IQ 的影响因素,而口服葡萄糖量是影响 DM 患者 IQ 的唯一因素。对于不合并 DM 的冠心病患者,采用口服葡萄糖+静脉注射胰岛素法调节血糖,给予

足量葡萄糖负荷,保证一定的血糖浓度增高率,以及静脉注射胰岛素以保证一定的血糖浓度降低率,可以使 IQ 得到保证;对 DM 患者,除注意上述因素外,考虑个体差异较大,应嘱咐患者在检查前几天严格控制饮食,并请内分泌专科医师给予规范药物治疗方案,采取综合措施控制血糖,尽可能降低检查当日的空腹血糖水平,并给予指南推荐的糖负荷高限,以获得高质量的心肌代谢图像。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- Hansson GK. Inflammation, atherosclerosis, and coronary artery disease [J]. N Engl J Med, 2005, 352(16): 1685-1695. DOI: 10.1056/NEJMra043430.
- Partington SL, Kwong RY, Dobala S. Multimodality imaging in the assessment of myocardial viability [J]. Heart Fail Rev, 2011, 16(4): 381-395. DOI: 10.1007/s10741-010-9201-7.
- 张晓丽, 刘秀杰, 胡盛寿, 等. ¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像对左心室室壁瘤患者长期预后的价值[J]. 中华核医学杂志, 2008, 28(6): 361-364. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2008.06.001.
Zhang XL, Liu XJ, Hu SS, et al. Long-term survival of patients with left ventricular aneurysm assessed by ⁹⁹Tcm-MIBI SPECT and ¹⁸F-FDG PET [J]. Chin J Nucl Med, 2008, 28(6): 361-364. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2008.06.001.
- 杨彦松, 王跃涛. 再血管化治疗中存活心肌作用的再认识[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2017, 37(5): 301-304. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.05.012.
Yang YS, Wang YT. Reconsideration of the role of viable myocardium in revascularization [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2017, 37(5): 301-304. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.05.012.
- Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS, et al. ASNC imaging guidelines/SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures [J]. J Nucl Cardiol, 2016, 23(5): 1187-1226. DOI: 10.1007/s12350-016-0522-3.
- Ghosh N, Rimoldi OE, Beanlands RS, et al. Assessment of myocardial ischaemia and viability: role of positron emission tomography [J]. Eur Heart J, 2010, 31(24): 2984-2995. DOI: 10.1093/euroheartj/ehq361.
- Filler LA, Edwards JL. Metabolomics in diabetic complications [J]. Mol Biosyst, 2016, 12(4): 1090-1105. DOI: 10.1039/c6mb00014b.
- Huitink JM, Visser FC, van Leeuwen GR, et al. Influence of high and low plasma insulin levels on the uptake of fluorine-18 fluorodeoxyglucose in myocardium and femoral muscle, assessed by planar imaging [J]. Eur J Nucl Med, 1995, 22(10): 1141-1148. DOI: 10.1007/bf00800596.
- Naito R, Miyauchi K. Coronary artery disease and type 2 diabetes mellitus [J]. Int Heart J, 2017, 58(4): 475-480. DOI: 10.1536/ihj.17-191.
- Dutka DP, Pitt M, Pagano D, et al. Myocardial glucose transport and utilization in patients with type 2 diabetes mellitus, left ventricular dysfunction, and coronary artery disease [J]. J Am Coll Cardiol,

- 2006, 48(11): 2225-2231. DOI:10.1016/j.jacc.2006.06.078.
- [11] Abraham A, Nichol G, Williams KA, et al. ^{18}F -FDG PET imaging of myocardial viability in an experienced center with access to ^{18}F -FDG and integration with clinical management teams: the Ottawa-FIVE substudy of the PARR 2 trial [J]. J Nucl Med, 2010, 51(4): 567-574. DOI:10.2967/jnumed.109.065938.
- [12] Bornfeldt KE, Tabas I. Insulin resistance, hyperglycemia, and atherosclerosis [J]. Cell Metab, 2011, 14(5): 575-585. DOI:10.1016/j.cmet.2011.07.015.
- [13] 沈锐, 刘秀杰, 史蓉芳, 等. 氧甲吡嗪在糖尿病患者 ^{18}F -FDG 心肌代谢显像中的作用 [J]. 中华核医学杂志, 2005, 25(4): 224-227. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2005.04.011.
Shen R, Liu XJ, Shi RF, et al. Feasibility of ^{18}F -FDG myocardial metabolism imaging following oral acipimox in patients with diabetes mellitus [J]. Chin J Nucl Med, 2005, 25(4): 224-227. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2005.04.011.
- [14] 田月琴, 史蓉芳, 郭风, 等. 皮下注射胰岛素对冠心病合并糖尿病 ^{18}F -FDG 心肌显像的影响 [J]. 中华核医学杂志, 2001, 21(5): 284-285. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2001.05.011.
Tian YQ, Shi RF, Guo F, et al. Effect of subcutaneous injection of insulin on ^{18}F -FDG myocardial imaging in diabetics [J]. Chin J Nucl Med, 2001, 21(5): 284-285. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2001.05.011.
- [15] Sarikaya I, Elgazzar AH, Alfeeli MA, et al. Status of F-18 fluorodeoxyglucose uptake in normal and hibernating myocardium after glucose and insulin loading [J]. J Saudi Heart Assoc, 2018, 30(2): 75-85. DOI:10.1016/j.jsha.2017.07.001.
- [16] Pattison DA, Hicks RJ. Molecular imaging in the investigation of hypoglycemic syndromes and their management [J]. Endocr Relat Cancer, 2017, 24(6): R203-R221. DOI:10.1530/ERC-17-0005.

(收稿日期:2019-10-23)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊有关论文中法定计量单位的书写要求

本刊法定计量单位实行国务院 1984 年 2 月颁布的《中华人民共和国法定计量单位》,并以单位符号表示。具体使用参照 1991 年中华医学会编辑出版部编辑的《法定计量单位在医学上的应用》一书。正文中时间的表达,凡前面带有具体数据者应采用 d、h、min、s, 而不用天、小时、分钟、秒。注意单位名称与单位符号不可混合使用,如 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{天}^{-1}$ 应改为 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; 组合单位符号中表示相除的斜线多于 1 条时应采用负数幂的形式表示,如 $\text{ng}/\text{kg}/\text{min}$ 应采用 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 的形式; 组合单位中斜线和负数幂亦不可混用,如前例不宜采用 $\text{ng}/\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 的形式。在叙述中,应先列出法定计量单位数值,括号内写旧制单位数值; 但如同一计量单位反复出现,可在首次出现时注出法定计量单位与旧制单位的换算系数,然后只列法定计量单位数值。凡是涉及人体及动物体内的压力测定,可使用 mm Hg 或 cm H₂O 为计量单位,但首次使用时注明与 kPa 的换算系数。原子量改为相对原子质量(Ar)。分子量改为相对分子质量(Mr)。关于浓度,只有“B 的物质的量浓度”(B 代表物质的基本单元)可以称为“B 的浓度(c_B)”,定义为“B 的物质的量除以混合物的体积”,单位为“mol/m³”或“mol/L”。正确使用以下量的名称:(1)以 B 的体积分数(φ_B)取代习用的 B 的体积百分浓度(V/V);(2)以 B 的质量分数(ω_B)取代习用的 B 的质量百分浓度(W/W 或 m/m);(3)以 B 的质量浓度(ρ_B)取代习用的以“W/V”或“m/V”表示的浓度,单位为“kg/L”或“kg/m³”。量的符号一律用斜体字,如吸光度(旧称光密度)的符号为 A,“A”为斜体字。

本刊编辑部