

- [10] Kumlien E, Nilsson A, Hagberg G, et al. PET with ^{11}C -deuterium-deprenyl and ^{18}F -FDG in focal epilepsy [J]. Acta Neurol Scand, 2001, 103(6): 360-366.
- [11] Fedi M, Reutens D, Okazawa H, et al. Localizing value of alpha-methyl-L-tryptophan PET in intractable epilepsy of neocortical origin[J]. Neurology, 2001, 57(9): 1629-1636.
- [12] Chugani DC, Chugani HT, Muzik O, et al. Imaging epileptogenic tubers in children with tuberous sclerosis complex using alpha- ^{11}C -methyl-L-tryptophan positron emission tomography[J]. Ann Neurol, 1998, 44(6): 858-866.

文章编号: 1001-098X(2003)04-0171-03

双核素心肌 SPECT 的研究进展

金玉新

摘要: 目前, 核素心肌 SPECT 仍是诊断冠心病及缺血性心脏病的准确、非创伤性检查手段。传统显像多采用 ^{201}Tl 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -甲氧基异丁基异腈)或 ^{18}F -FDG(^{18}F -氟代脱氧葡萄糖)静脉注射后行单核素 SPECT 心肌显像, 为了解决单核素心肌显像的缺点, 很多学者对双核素心肌 SPECT 的双核素药物、显像方法及临床应用进行了研究, 并取得了满意的结果。

关键词: 双核素; 心肌; 钨放射性同位素; $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -甲氧基异丁基异腈; ^{18}F -氟代脱氧葡萄糖; 单光子发射体层显像
中图分类号: R817.4 **文献标识码:** A

The progress of dual-isotope myocardial perfusion SPECT

JIN Yu-xin

(Department of Nuclear Medicine, The First People's Hospital of Baiyin, Gansu Baiyin 730900, China)

Abstract: Myocardial perfusion SPECT is a relative accurate uninvase method of detecting coronary heart disease and ischemia myocardiopathy, which is traditionally using $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, ^{201}Tl as well as ^{18}F -FDG. Futher, in order to resolve the disadvantages of mono-isotope myocardial perfusion SPECT, more and more attention are payed to radiopharmaceuticals, method and application of dual-isotope myocardial perfusion SPECT and great achievement has been gotten.

Key words: dual-isotope; myocardial perfusion; single-photon emission computed tomography; ^{201}Tl ; $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi; ^{18}F -deoxyglucose

为了减少单核素心肌 SPECT 的检查次数及缩短检查时间, 在一次检查中获取较多的信息, 并有效区别单核素心肌显像的“假阳性”、“假阴性”, 在 20 世纪 90 年代初期, Lowe VJ 等^[1]利用心脏模型对双核素心肌显像的可行性、优越性和局限性作了研究性分析, 接着国内外很多学者用

双核素心肌 SPECT, 心肌血流灌注、心肌细胞存活能力及心脏功能进行了研究, 取得了满意结果。

1 采用的双核素药物及用药方式

1.1 ^{201}Tl 与 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -甲氧基异丁基异腈)

这两种药物虽然进入心肌细胞的机制不同, 但有相似的生物学行为和药理学特性, 它们在心肌的分布具有明显的血流相关性。这两种药物是目前应用最广泛的双核素心肌显像剂, 用药剂量分别为 111~130MBq(^{201}Tl)和 740~1110MBq($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI), 主要采用以下两种方式给药: (1)在静息状态下静脉注

收稿日期: 2002-12-20

作者简介: 金玉新 (1971-), 男, 甘肃省白银市第一人民医院核医学科 (白银, 730900) 主治医师, 主要从事核医学显像研究。

校审者: 复旦大学华山医院核医学科 林祥通, 刘兴党
上海市华东医院核医学科 顾兆祥

射 ^{201}Tl 后 30 min 行 SPECT, 然后行运动负荷或药物负荷试验, 再静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI, 30 min 时进脂肪餐, 60 min 时再行 DISA (双核素同时采集) SPECT; (2) 先行运动负荷或药物负荷试验, 静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI, 30 min 时进脂肪餐, 50 min 时在静息状态下静脉注射 ^{201}Tl , 60 min 时开始行 DISA SPECT (可于静脉注射 ^{201}Tl 前先行 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 单核素心肌负荷显像)。这两种方法主要用于心肌灌注显像及门控心肌显像测定心室功能。

1.2 ^{18}F -FDG (^{18}F -氟代脱氧葡萄糖) 和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI

^{18}F -FDG 为心肌代谢显像剂, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 为心肌血流灌注显像剂, 采用这两种药物行 DISA SPECT 可对心肌梗死患者的心肌缺血范围及缺血心肌细胞的存活情况做出准确判断。用药方式为在静息状态下口服 25~50g 葡萄糖 (监测血糖水平, 必要时给予皮下注射胰岛素), 40 min 时静脉注射 ^{18}F -FDG, 然后在静息或负荷试验状态下静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI, 100 min 时开始采集图像。药物剂量分别为 370MBq (^{18}F -FDG) 和 925MBq ($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI)。

2 数据采集方法及图像重建

2.1 ^{201}Tl 和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI SPECT 的数据采集方法

受检者检查前的准备与单核素心肌显像法相同, 按常规心肌采集方法进行双核素采集, SPECT 配用低能高分辨率准直器, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像使用 140keV 能峰; ^{201}Tl 图像使用 70keV 能峰。由于双核素采集过程存在两种核素相互散射干扰, 主要是高能核素的散射射线对低能核素采集窗口的影响 (以康普顿散射为主) 而干扰图像质量, 因此可分别采集两种核素的图像, 即于静脉注射 ^{201}Tl 后先行 SPECT, 然后静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 后再行 SPECT, 方法与常规单核素显像相同^[2,3]。此外, 也可采用三个能窗同时行 DISA SPECT 检查: $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像采用 20% 能窗; ^{201}Tl 图像采用 20% 能窗; 第三能窗采集干扰图像, 采用 105keV 能峰, 10% 能窗; 然后用 ^{201}Tl 能窗计数扣除干扰能窗的计数而得到校正图像。Lowe VJ 等^[1] 研究发现, 在双核素采集过程中通过使用第三能窗采集散射干扰图像, 然后用扣除的方法或调整两种核素的相对剂量或调整能窗均可有效降低对低能核素图像的干扰。该研究还证实, ^{201}Tl 采集能窗设置在 10% 既能有效减低 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 的散射干扰, 又能获得较为满意的图像质量。双核素门控心肌

SPECT 同样配用低能高分辨率准直器, 采用 3 个能窗同时采集, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像使用 140keV 能峰, 20% 能窗; ^{201}Tl 图像使用 70keV 能峰, 20% 能窗; 第 3 个能窗采用 105keV 能峰, 10% 能窗采集散射干扰图像, 方式与单核素门控心肌 SPECT 方法相同, 所得图像计数扣除散射干扰图像计数, 这样可显著减少散射干扰对图像的影响^[2,3]。

2.2 ^{18}F -FDG 与 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI DISA SPECT 的数据采集方法

SPECT 配用超高能准直器, 双探头呈 90°, 每个探头采集 90°, 共 180°; 3°/帧, 共 60 帧; 放大倍数为 1.25, 矩阵 64×64。 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像采用 140keV 能峰, 20% 能窗; ^{18}F 图像采用 511keV 能峰, 20% 能窗; 散射干扰图像采用 170keV 能峰, 15% 能窗。同样, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像计数扣除干扰图像计数, 即可获得较好质量的图像^[4,5]。

2.3 图像重建

对所采集图像的重建均采用滤波反投影法, Butterworth 滤波重建三维图像, 获得心肌短轴、垂直长轴及水平长轴的体层图像。 ^{201}Tl 和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 心肌灌注显像图像重建时, ^{201}Tl 图像滤波函数 cutoff 采用 0.25, order 采用 5; $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像滤波函数 cutoff 范围 0.45~0.60, order 采用 2.5。双核素门控 SPECT 图像重建时, ^{201}Tl 图像滤波函数 cutoff 范围 0.20~0.25, order 范围 4~5; $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像滤波函数 cutoff 范围 0.25~0.40, order 采用 5^[2,3]。 ^{18}F -FDG 与 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 采集图像重建时, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 图像滤波函数 cutoff 范围 0.30~0.45, order 采用 10; ^{18}F -FDG 图像滤波函数 cutoff 范围 0.35~0.40, order 采用 10^[4,5]。

3 临床应用

3.1 在冠心病诊断方面的应用

Nakamura M 等^[6] 对 81 例经冠状动脉造影确诊为冠心病的患者 (男性 65 例, 女性 16 例, 平均年龄 65±9 岁) 行 ^{201}Tl 静息和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 负荷试验 DISA SPECT, 结果显示, 双核素显像的灵敏度和特异性分别为 99% 和 83%, 当冠状动脉狭窄程度 ≥ 75% 时, 其准确率更高; 对 20 例患者行静息 ^{201}Tl 单核素 SPECT 及 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 负荷单核素显像与双核素显像校正后所得 ^{201}Tl 图像及 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 图像结果进行比较, 发现两种方法无显著差异。可见, 双核素心肌 SPECT 可提高冠心病诊断的灵敏度、特异性

及可靠性。

3.2 对心肌缺血的判断

双核素心肌 SPECT 更能准确判断心肌是否缺血。Weinmann P 等^[10]对 231 例患者先行 ^{201}Tl 心肌静息灌注显像, 然后行运动负荷 $^{99\text{Tc}}\text{-MIBI}$ 心肌显像, 结果发现 ^{201}Tl 静息显像中 19 例疑为胸部放射性衰减所致的核素异常分布, 在负荷显像中证实为正常, 而对 ^{201}Tl 显像表现为正常的 47 例患者负荷显像表现为缺血, 26 例心肌梗死瘢痕的显像中, 两种方法具有类似的缺损。运动负荷 $^{99\text{Tc}}\text{-MIBI}$ 心肌显像克服了 ^{201}Tl 显像的组织衰减现象, 并在显像时心脏已处于静息状态, 排除了心脏剧烈运动对图像的影响, 两种显像的结合提高了诊断的准确性, 且检查时间短于传统的运动-再分布检查法, 表明双核素显像可较好地鉴别心肌显像的“假阳性”及“假阴性”。

3.3 在心肌门控显像中的应用

Constantinesco A 等^[12]对 17 例冠心病患者(男 14 例, 女 3 例, 平均年龄 63.7 岁, 其中 13 例为陈旧性心肌梗死患者)及 3 例正常志愿者行双核素门控心肌显像, 其中, 17 例冠心病患者按射血分数值分为 2 组: 第 1 组 10 例, LVEF (左心室射血分数) = $59\% \pm 8\%$; 第 2 组 7 例, LVEF = $34\% \pm 10\%$; 对照组 3 名志愿者, LVEF = $61\% \pm 2\%$ 。所有受检者先行 ^{201}Tl 负荷及 4h 后行 ^{201}Tl 再注射再分布 SPECT 心肌灌注显像, 然后静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{-}$ 人血清白蛋白后 15 min 行双核素心肌门控 SPECT, 用 3 个能窗同时采集, 所得 ^{201}Tl 能窗计数扣除干扰能窗计数后重建得双核素 ^{201}Tl 校正图像与单核素 ^{201}Tl 图像对比, 二者无明显差异。对 3 组受检者 ^{201}Tl 校正图像短轴处理得到极坐标靶心图, 行定量计算获得局部摄取 ^{201}Tl 的比值, 并对门控图像作计算机处理, 获得心室壁局部运动范围: 对照组为 $0.5\sim 14.5\text{mm}^2$; 第 1 组为 $3\sim 26\text{mm}^2$; 第 2 组为 $7\sim 9\text{mm}^2$ 。经检验, 第 2 组与对照组及第 1 组之间存在显著差异 ($P < 0.0001$), 3 组的室壁运动与其对 ^{201}Tl 摄取率及射血分数呈线性相关, 即射血分数低, 则局部摄取率低, 局部室壁运动异常。因此, 双核素门控心肌显像对冠心病的诊断是可靠的, 可以同时获得多种信息, 从不同方面反映心脏功能的状态。

3.4 在缺血心肌存活力检测方面的应用

Delbeke D 等^[4]对 15 例经冠状动脉造影确诊为冠心病的患者行静息 $^{99\text{Tc}}\text{-MIBI}$ 和 $^{18}\text{F}\text{-FDG}$ 心肌 DISA SPECT, 结果表明, 冠状动脉狭窄大于 70% 者的, 灵敏度为 100%, 诊断准确率达 93%。由此可见, 双核素心肌 SPECT 显像对心肌血流灌注、心肌细胞存活力的判断均有重要价值。

4 优、缺点及应用前景

所有的试验研究表明, 双核素心肌 SPECT 提高了对缺血性心脏病的诊断准确率, 心肌灌注与代谢同时显像对缺血心肌细胞的存活力的判断明显优于单核素 SPECT, 其敏感性和特异性与 PET 相似。此法可通过一次显像获得心肌负荷与静息血流灌注、心室功能及室壁运动情况等多种信息, 检查时间明显短于传统的单核素显像法, 可减少患者检查次数及降低检查费用。然而, 双核素显像时两种核素相互散射干扰对图像的影响及受检者照射剂量的增高是其不能完全避免的缺点, 相信随着核医学仪器的不断改进及新型药物的研制, 这种局限性将会得到改善, 双核素心肌 SPECT 技术也会广泛地应用于临床。

参考文献:

- [1] Lowe VJ, Greer KL, Hanson MW, et al. Cardiac phantom evaluation of simultaneously acquired dual-isotope rest thallium-201/stress technetium-99m SPECT images [J]. J Nucl Med, 1993, 34: 1998-2006.
- [2] Constantinesco A, Mertz L, Brunot B. Myocardial perfusion and function imaging at rest with simultaneous thallium-201 and technetium-99m blood-pool dual-isotope gated SPECT [J]. J Nucl Med, 1997, 38(3): 432-437.
- [3] Germano G, Erel J, Kiat H, et al. Quantitative LVEF and qualitative regional function from gated thallium-201 perfusion SPECT [J]. J Nucl Med, 1997, 38(5): 749-754.
- [4] Delbeke D, Videlefsky S, Patton JA, et al. Rest myocardial perfusion / metabolism imaging using simultaneous dual-isotope acquisition SPECT with technetium-99m-MIBI / fluorine-18-FDG [J]. J Nucl Med, 1995, 36(1): 2110-2119.
- [5] Fukuchi K, Katafuchi T, Fukushima K, et al. Estimation of myocardial perfusion and viability using simultaneous $^{99\text{Tc}}\text{-}$ tetrofosmin—FDG collimated SPECT [J]. J Nucl Med, 2000, 41(8): 1318-1323.
- [6] Nakamura M, Takeda K, Ichihara T, et al. Feasibility of simultaneous stress $^{99\text{Tc}}\text{-sestamibi}$ / rest ^{201}Tl dual-isotope myocardial perfusion SPECT in the detection of coronary artery disease [J]. J Nucl Med, 1999, 40(6): 895-903.
- [7] Weinmann P, Foulst JM, Le Guludec D, et al. Dual-isotope myocardial imaging: feasibility, advantages and limitations. Preliminary report on 231 consecutive patients [J]. Eur J Nucl Med, 1994, 21(3): 212-215.