

·基础研究·

心肌脂肪酸代谢显像剂 ^{18}F -FTHA 的自动化合成与生物学分布研究

何玉林 张晓军 李剑波 张国建 张锦明 王雪梅

010050 呼和浩特, 内蒙古医科大学附属第一医院核医学科(何玉林、李剑波、张国建、王雪梅); 100853 北京, 解放军总医院核医学科(何玉林、张晓军、张锦明)

通信作者: 何玉林, Email: hyl-0215@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.06.009

【摘要】目的 实现心肌脂肪酸代谢显像剂 14(R,S)-[^{18}F]-氟-6-硫杂十七烷酸(^{18}F -FTHA)的全自动化合成, 并评价其在正常昆明小鼠体内的生物学分布特征。**方法** 采用自动化合成模块以苄基-14-(R,S)-对甲苯磺酰基-6-硫代十七烷酸脂为前体合成 ^{18}F -FTHA。并对其物理(性状、放射性活度、比活度、半衰期和放射性核纯度)、化学(化学纯度、放射化学纯度和室温稳定性)和生物学(毒性、无菌和细菌内毒素)性能进行鉴定。昆明小鼠 20 只, 采用随机数字表法分为 4 组(每组 5 只), 经小鼠尾部静脉分别注射 ^{18}F -FTHA 显像剂 7.4 MBq(体积<0.2 mL), 注射后 15、30、60、90 min 时各处死 1 组, 分别取心脏、肝脏、脾、肺、肾脏、肌肉和骨等主要器官和血液, 称重并测定放射性计数, 计算每克组织百分注射剂量率(%ID/g)。组间数据比较采用配对 t 检验。**结果** 合成时间约 50 min, 合成产率为(10.0±1.7)%。 ^{18}F -FTHA 注射液为含 10%乙醇的无菌、无内毒素、无色澄清透明溶液, pH 值为 6~7, 比活度为 65 GBq/mmol, 放射性核纯度≥99%, 放化纯度>98%。正常昆明小鼠体内生物学分布实验结果显示, ^{18}F -FTHA 在血液中清除快, 心肌摄取高, 非靶器官摄取较低。在注射显像剂后 60 min 时, 心肌、肺和肝脏的放射性摄取分别为(19.04±4.87)%ID/g、(3.05±0.52)%ID/g 和(5.99±2.96)%ID/g, 心肌与肺的摄取比值为 6/1($t=0.27$, $P=0.01$), 心肌与肝脏的摄取比值为 3/1($t=0.75$, $P=0.02$), 差异均有统计学意义; 肝脏摄取呈先高后低的趋势, 在 15 min 和 30 min 时肝脏摄取略高于心肌摄取。**结论** 实现了 ^{18}F -FTHA 的自动化合成, 其放化纯度高, 稳定性好。物理、化学和生物学鉴定结果证实其安全可靠, 小鼠体内生物学分布实验证实其心肌摄取高于非靶器官, 可用于实验研究。

【关键词】 心肌代谢; 脂肪酸; 正电子发射断层显像术; 14(R,S)-[^{18}F]-氟-6-硫杂十七烷酸; 生物学分布

基金项目: 国家自然科学基金(81660295); 内蒙古自治区自然科学基金(2016MS(LH)0812)

Automated synthesis and biodistribution study of cardiac fatty acid metabolism imaging agent

^{18}F -FTHA He Yulin, Zhang Xiaojun, Li Jianbo, Zhang Guojian, Zhang Jinming, Wang Xuemei

Department of Nuclear Medicine, Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, China(He YL, Li JB, Zhang GJ, Wang XM); Department of Nuclear Medicine, the PLA General Hospital, Beijing 100853, China (He YL, Zhang XJ, Zhang JM)

Corresponding author: He Yulin, Email: hyl-0215@163.com

【Abstract】 Objective To achieve the fully automated synthesis of myocardial fatty acid metabolism imaging agent 14(R,S)-[^{18}F]fluoro-6-thia-heptadecanoic acid (^{18}F -FTHA), its biological distribution characteristics in normal Kunming mice were evaluated. **Methods** An automated synthesis module benzyl-14-tosyloxy-6-thia-heptadecanoate was used as precursor. The synthesis process was completed in four steps: nucleophilic substitution, alkaline hydrolysis, semi-preparative high-performance liquid chromatography, and solid-phase extraction. The physical(trait, activity, specific activity, half-life, and radionuclide purity), chemical (chemical purity, radiochemical purity, and room temperature stability), and biological properties (toxicity, sterility, and bacterial endotoxin) of the compound were identified. Twenty Kunming mice were randomly divided into four

groups, with five mice in each group. The imaging agent ^{18}F -FTHA 7.4 MBq(volume<0.2 mL) was injected through the tail vein. A group of mice was sacrificed at 15, 30, 60, and 90 min after injection, and the blood and main organs, such as heart, liver, spleen, lung, kidney, muscle, and bone, were obtained and weighed. The radioactivity count was measured by a gamma counter. The radioactive uptake(%ID/g) was calculated.

Results The total synthesis time was about 50 min. The synthetic yield was(10.0±1.7)%. The ^{18}F -FTHA is an injection containing 10% ethanol. The compound is a sterile, endotoxin-free, colorless clear solution. Its pH value is 6-7, specific activity is 65 GBq/mmol, radioactive nuclear purity is ≥99%, and radiochemical purity is >98%, which remained at >95% after 6 h at room temperature. Biodistribution experiments in normal Kunming mice showed that ^{18}F -FTHA rapidly cleared in the blood, and a high myocardial uptake and low non-target organ uptake were observed. At 60 min after injection, the radioactivity uptake of myocardium, lungs, and liver reached(19.04 ± 4.87) %ID/g, (3.05 ± 0.52) %ID/g and(5.99 ± 2.96) %ID/g, respectively. The heart-to-lung and heart-to-liver uptake ratios totaled 6/1 and 3/1, respectively. The liver uptake at 15 and 30 min was slightly higher than the myocardial uptake. **Conclusions** The synthesis of ^{18}F -FTHA, which features high radiochemical purity and good stability, has been automatically completed. Physical, chemical, and biological property identification results confirmed that the compound is safe and reliable. The biological distribution experiments on mice confirmed that myocardial uptake was higher than that of non-target organs. Thus, ^{18}F -FTHA is suitable for experimental research.

【Key words】 Cardiac metabolism; Fatty acid; Positron emission tomography; 14(R,S)-[^{18}F]fluoro-6-thia-heptadecanoic acid; Biodistribution

Fund programs: National Natural Science Foundation of China(81660295); Natural Science Foundation of Inner Mongolia Autonomous Region(2016MS(LH)0812)

脂肪酸是心肌能量的主要来源,其摄取与血流量和浓度成正比^[1]。脂肪酸从血液中清除的半衰期少于 2 min,并以 50%~60%的第一次提取分数浓缩在心肌细胞中。在心肌缺血或损伤时脂肪酸摄取和氧化量减少,因此脂肪酸摄取量的改变被认为是缺血和心肌损伤的敏感标志。

14(R,S)-[^{18}F]氟-6-硫杂十七烷酸(14(R,S)-[^{18}F]fluoro-6-thia-heptadecanoic acid, ^{18}F -FTHA)是脂肪酸代谢的长链脂肪酸底物,是一种假的长链脂肪酸,被组织吸收进入线粒体或掺入复合脂质,心肌中 ^{18}F -FTHA 摄取的累积量和摄取速率反映了长链脂肪酸的 β -氧化速率^[2]。 ^{18}F -FTHA 近年来被用于研究人类脂肪酸代谢,确定骨骼肌和心肌脂肪酸摄取率。在线粒体中, ^{18}F -FTHA 经历了 β -氧化的初始步骤^[3],之后因硫杂原子的存在使得进一步的 β -氧化被阻断,并被心肌组织捕获。这一特性使 ^{18}F -FTHA 在心肌细胞内富集,为 PET 显像提供了最佳信号。本研究着力实现 ^{18}F -FTHA 的自动化合成,并对其物理、化学和生物学性能进行鉴定。通过正常昆明小鼠体内的生物学分布实验确定其在心肌中的特异性摄取。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Minitrace 型回旋加速器、Tracerlab FX-_{FN} 型多功能合成器:美国通用电气公司;LC-20AT 型高效液相色谱仪:日本岛津公司;Simplicity 型超纯水机:美国 Millipore 公司。

甲醇、乙醇:德国 Merck 公司;二甲亚砜、氢氧化钠:美国 Sigma-Aldrich 公司;乙腈:加拿大 Premptar 公司;苄基-14-(R,S)-对甲苯磺酰基-6-硫代十七烷酸脂、氨基聚醚(K_{2.2.2}):德国 ABX 公司;Light QMA 柱、SPE C18 柱:美国 Waters 公司; ^{18}O -H₂O 水:美国 Cambridge 公司;超纯水为自行制备。

1.2 实验动物

昆明小鼠 40 只,体质量 18~20 g,4~6 周龄,清洁级,雌雄兼用,由内蒙古大学动物实验室提供。实验动物许可证号:SCXK(蒙)2016-0001。

1.3 方法

1.3.1 合成前的准备

^{18}F -FTHA 的合成是在 GE Tracerlab FX-_{FN} 自动

化合成器上完成,合成管路连接示意图见图1。瓶①~瓶⑩中分别加入不同溶液,瓶①: 3 mg K_2CO_3 溶于 0.5 mL 超纯水的溶液;瓶②: 15 mg K_{222} 溶于 1.0 mL 高纯乙腈的溶液;瓶③: 10 mg 苄基-14-(R,S)-对甲苯磺酰基-6-硫代十七烷酸脂溶于 1.0 mL 高纯乙腈的溶液;瓶④: 1.0 mL 0.2 mol/L 的 NaOH 溶液;瓶⑤: 1.2 mL 0.2 mol/L 的 HCl 溶液;瓶⑥: 2.0 mL 80% 甲醇溶液;瓶⑦和瓶⑧: 各为 15 mL 超纯水;瓶⑨: 1.0 mL 乙醇;瓶⑩: 60 mL 超纯水。QMA 柱依次用 10 mL 0.5 mol/L 的 $NaHCO_3$ 溶液和超纯水淋洗并吹干,安装在 V10 和 V11 阀之间。C18 柱依次用 10 mL 乙醇和超纯水淋洗并吹干,安装在 V15 和 V17 阀之间。

1.3.2 ^{18}F -FTHA 的自动化合成

由 Minitrace 型回旋加速器经 $^{18}O(p,n)^{18}F$ 核反应制备的 $^{18}F^-$, 传输到 Tracerlab FX_{FN} 的 ^{18}F 离子收集瓶后负压转移到 QMA 柱子上,经瓶①溶液洗脱到反应管,再加入瓶②溶液,加热干燥(过程为 65 °C 加热 65 s、120 °C 加热 90 s),同时抽真空。之后降温到 60 °C 加入瓶③溶液(120 °C 2atm 反应 6 min);降

温到 90 °C 加入瓶④溶液水解 5 min,加入瓶⑤溶液中和,降温到 40 °C 加入瓶⑥溶液混匀,注入半制备型高效液相色谱仪(制备柱: NM VP 250 mm×16 mm、流动相: $CH_3OH:H_2O=80:20$)进行纯化,收集产品至瓶⑩,与 60 mL 超纯水混合。将此含有产品的低浓度甲醇溶液以氦气压过 C18 柱,富集产品 ^{18}F -FTHA;富集产品的 C18 柱以瓶⑦和瓶⑧的超纯水洗涤 2 次去甲醇,最后由瓶⑨的乙醇从 C18 柱洗脱到产品收集瓶与 9 mL 生理盐水混合。 ^{18}F -FTHA 的合成路线图见图 2。

1.3.3 ^{18}F -FTHA 的质量控制

1.3.3.1 物理学鉴定

观察 ^{18}F -FTHA 物理性状,测定放射性活度、比活度、半衰期和放射性核纯度。比活度应不小于 37 GBq/mmol,用时间衰变法测定 ^{18}F 半衰期应为 109.8 min,放射性核纯度应大于 98%。

1.3.3.2 化学鉴定

用带有放射性检测器的分析型高效液相色谱仪鉴别所合成的产物,并测定其化学纯度、放射化学纯度和室温稳定性。高效液相色谱仪分析条件为分

析柱: Shim-peck VP-ODS 250 mm×4.6 mm 柱,紫外检测波长为 254 nm,放射性检测器: Bioscan Flow Count。流动相: $H_2O:CH_3COOH=80:19.6:0.4$,流速: 1 mL/min。 ^{18}F -FTHA 的鉴定采用标准品(FTHA)与产品(^{18}F -FTHA)共同进样方法。pH 值以精密 pH 试纸测定,室温放置 1、2、3、6 h 后分别测定其放射化学纯度的稳定性。

1.3.3.3 生物学鉴定

异常毒性实验采用昆明小鼠 20 只,每只尾静脉注射 37 MBq (0.5 mL) ^{18}F -FTHA,连续 48 h 观察小鼠有无不良反应和死亡现象。无菌检查以 ^{18}F -FTHA 注射液常规细菌培养 72 h 后观察有无细菌生长,细菌内

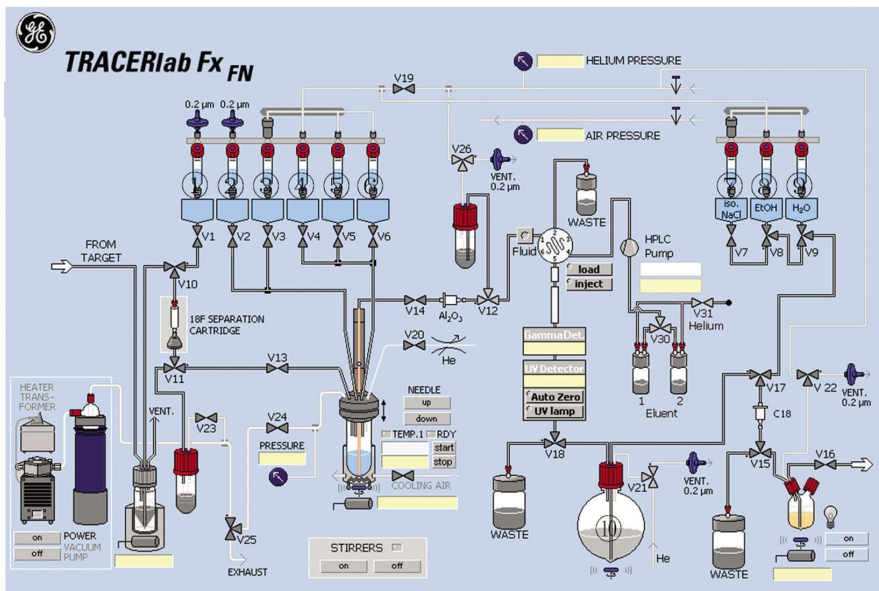


图1 Tracerlab FX_{FN} 自动化合成器的操作界面图

Fig.1 Operation interface of GE Tracerlab FX_{FN} automated synthesizer

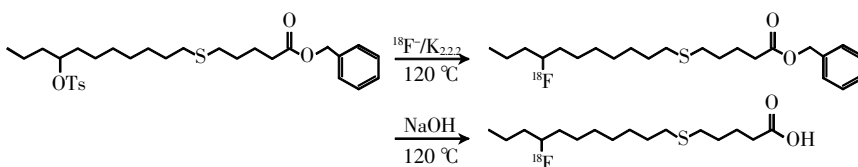


图2 14(R,S)- ^{18}F 氟-6-硫杂十七烷酸(^{18}F -FTHA)的合成路线图

Fig.2 Synthesis procedure of 14(R,S)- ^{18}F fluoro-6-thia-heptadecanoic acid

毒素检查以鲎试剂浊度法检测。

1.3.4 ^{18}F -FTHA 在正常小鼠体内的生物学分布

昆明小鼠 20 只（采用随机数字表法分为 4 组，每组 5 只）经尾静脉分别注射 ^{18}F -FTHA 显像剂 7.4 MBq（体积 < 0.2 mL）。注射后 15、30、60、90 min 时各处死 1 组小鼠，分别取心脏、肝脏、脾、肺、肾脏、肌肉和骨等主要器官和血液，称重并用 γ 计数仪测定其放射性计数，计算每克组织百分注射剂量率(%ID/g)。公式：每克组织百分注射剂量率 = 每克组织放射性计数/注射的总放射性计数 \times 100%，测得数据按时间推算算法进行衰减校正。

1.3.5 统计学分析

采用 SPSS 15.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间数据比较采用配对 t 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 ^{18}F -FTHA 的自动化合成

在 Tracerlab Fx_{FN} 自动化合成器上完成了 ^{18}F -FTHA 的自动化合成，总合成时间约为 50 min，其中前 30 min 为反应过程、后 20 min 为半制备型高效液相色谱仪分离过程。如图 3 所示，收集 16.2~17.8 min 的放射性组分为 ^{18}F -FTHA，未经衰减校正的放射化学产率为(10.0 \pm 1.7)%。

2.2 ^{18}F -FTHA 的质量控制

2.2.1 物理学鉴定

^{18}F -FTHA 注射液为含 10% 乙醇的无色澄清透明溶液，pH 值为 6~7，比活度为 65 GBq/mmol， ^{18}F 半衰期为(109.8 \pm 5.0)min，放射性核纯度 \geq 99%。

2.2.2 化学鉴定

分析测定结果显示， ^{18}F -FTHA 的放射化学纯度 > 98% (图 4)。 ^{18}F -FTHA 在分析性高效液相色谱

谱仪上的保留时间为 16.8 min。 ^{18}F -FTHA 室温放置 1、2、3、6 h 后的放射化学纯度均 > 95%。证明其辐射自分解量极微，室温环境中较为稳定。

2.2.3 生物学鉴定

小鼠尾部注射 ^{18}F -FTHA 后观察 48 h，小鼠活动正常，无任何不良反应及死亡现象发生。 ^{18}F -FTHA 注射液常规培养细菌 72 h，未见细菌生长。内毒素检测为阴性，内毒素含量小于 1 EU/mL。

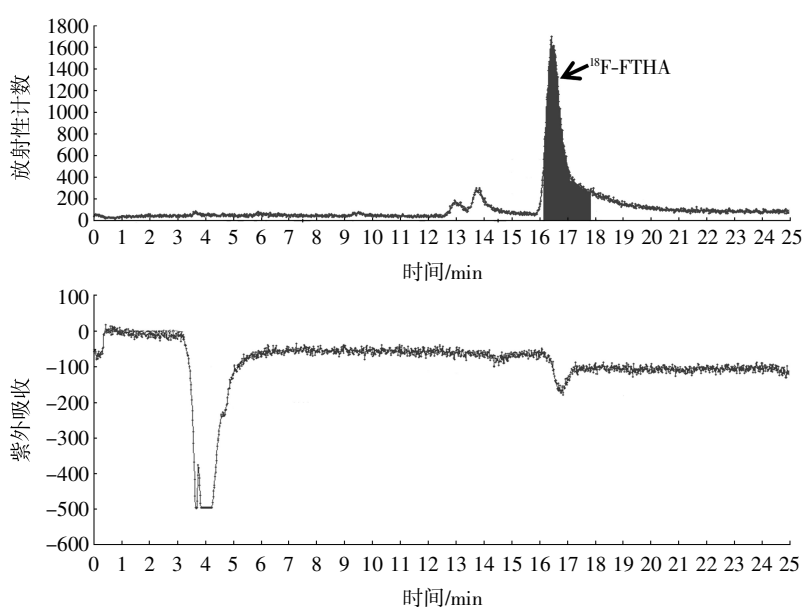


图 3 14(R,S)- ^{18}F 氟-6-硫杂十七烷酸 (^{18}F -FTHA) 的半制备型高效液相色谱仪纯化图
Fig.3 Semi-preparative high performance liquid chromatography purification of 14(R,S)- ^{18}F fluoro-6-thia-heptadecanoic acid

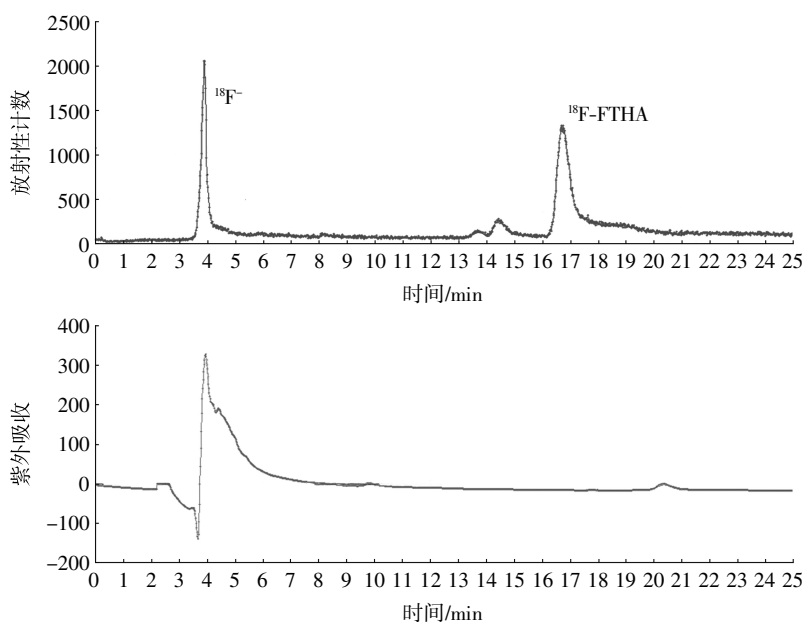


图 4 14(R,S)- ^{18}F 氟-6-硫杂十七烷酸 (^{18}F -FTHA) 的分析型高效液相色谱仪鉴别图
Fig.4 Identification of 14(R,S)- ^{18}F fluoro-6-thia-heptadecanoic acid by analytical high performance liquid chromatography

2.3 ^{18}F -FTHA 在正常小鼠体内的生物学分布

^{18}F -FTHA 在正常小鼠体内不同时间点的生物学分布结果见表 1。由表 1 可知, ^{18}F -FTHA 显像剂在血液中清除快, 心肌摄取高, 非靶器官摄取较低。在注射显像剂后的各个时间点心肌摄取均高于肺部摄取, 60 min 时心肌/肺的摄取比值为 6/1($t=0.27$, $P=0.01$), 90 min 时心肌/肺的摄取比值为 10/1($t=2.21$, $P=0.03$), 差异有统计学意义。肝脏摄取呈先高后低的趋势, 在 15 min 和 30 min 时肝脏摄取均高于心肌, 而 60 min 和 90 min 时心肌摄取均高于肝脏, 而且有较高的心肌与肝脏放射性摄取比值, 60 min 时心肌/肝脏的摄取比值为 3/1($t=0.75$, $P=0.02$), 90 min 时心肌/肝脏的摄取比值为 4/1($t=1.15$, $P=0.03$), 差异有统计学意义。

表 1 14(R, S)-[^{18}F]氟-6-硫杂十七烷酸(^{18}F -FTHA)在昆明小鼠体内的生物学分布($\bar{x}\pm s$, $n=5$)

Table 1 The biodistribution of ^{18}F -FTHA in Kunming mice

组织	放射性摄取率(%ID/g)			
	15 min	30 min	60 min	90 min
心肌	30.78±8.88	22.36±6.25	19.04±4.87	13.72±2.74
肝	38.27±7.42	26.39±3.75	5.99±2.96	3.34±1.34
肺	9.08±0.97	4.28±0.19	3.05±0.52	1.45±0.32
脾	1.62±0.47	1.06±0.14	0.47±0.12	0.40±0.11
肾	23.97±7.55	17.25±2.87	3.64±0.52	2.83±0.99
肌肉	3.79±0.53	2.37±0.21	1.75±0.20	1.19±0.18
骨	3.01±0.68	1.52±0.15	1.15±0.14	0.56±0.11
血	1.03±0.13	1.26±0.79	0.30±0.13	0.26±0.06

3 讨论

心肌代谢显像技术集中在 3 个关键领域: 葡萄糖代谢、脂肪酸代谢和氧化代谢。在这些领域已经研发了多种分子探针, 并且取得了相当大的成功, 特别是用于存活心肌的检测^[4]。

游离脂肪酸是高能量化合物, 是生物体组织的主要能量来源^[5]。生物体组织中的游离脂肪酸是以甘油酯的形式储存于所有器官中。当生物体组织需要提供能量时, 游离的脂肪酸以甘油三酯的形式从脂肪组织和肝脏快速移入体循环以满足生物体的能量需求^[6]。

心肌通过长链脂肪酸的 β -氧化获得大量的三磷酸腺苷(ATPs)以维持其代谢^[7]。葡萄糖、乳酸、酮和氨基酸是可用于心肌能量代谢的其他底物, 与其他器官相反, 心肌具有在缺血等紧急情况下切换

能量源的固有能力和维持稳定状态。在缺氧的状态下, 心肌转变成厌氧模式, 因为与 β -氧化相比糖酵解需要更少的氧气, 导致葡萄糖的使用量增加^[8]。这种心肌选择代谢能量底物的灵活性取决于底物可用性、底物的链长、氧供应、刺激、组织血管、激素效应和心脏负荷等因素。心肌组织的选择性摄取脂肪酸最佳的链长为 12~20 个碳原子^[9]。

本研究实现了由 17 个碳原子构成碳链的 ^{18}F -FTHA 的自动化合成, 碳链长度能满足心肌组织的选择性摄取脂肪酸最佳的链长为 12~20 个碳原子的要求^[9]。 ^{18}F -FTHA 在 GE Tracerlab FX_{FN} 合成器上的放射化学产率为(10.0±1.7)%, 与国产合成器相比, 产率相当^[10]。 ^{18}F -FTHA 的放射化学纯度较高, 且体外稳定性较好, 室温放置 6 h 时放射化学纯度仍>95%。物理、化学、生物学性能符合要求, 能满足临床需要。小鼠体内生物学分布研究结果表明含有 17 个碳原子链的 ^{18}F -FTHA 有很高的心肌摄取, 在注射后 60 min 达到峰值。从小鼠体内生物学分布数据分析推测 ^{18}F -FTHA 的 PET/CT 显像时间窗应在注射显像剂之后 60 min。但是本研究没有进行显像实验, 例如以大鼠心肌缺血模型的脂肪酸代谢显像验证显像剂的显像效果。另外半制备型高效液相色谱仪分离过程中用到的有毒溶剂甲醇在最终产品中的含量未能测定, 用于人体之前应进行相关检测, 把甲醇含量控制在可接受范围内。

^{18}F -FTHA 在血浆和身体组织中的不同脂质库之间的生物学分布和分配一直没有很好的表征, 并且没有关于 ^{18}F -FTHA 在脑、脂肪组织和胰腺等主要的代谢调节器官中的代谢过程的研究数据。现有的离体信息大多局限于心脏、骨骼肌和肝脏, 并且主要来源于小动物^[11], 但从啮齿动物到人类的外推需要非常小心。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展, 不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 何玉林、张晓军负责现场实验、论文的撰写; 李剑波、张国建负责数据统计分析; 张锦明、王雪梅负责方法的建立、论文的审阅。

参 考 文 献

- [1] Giedd KN, Bergmann SR. Fatty acid imaging of the heart [J]. Curr Cardiol Rep, 2011, 13(2): 121-131. DOI: 10.1007/s11886-010-0163-0.
- [2] Mather KJ, Hutchins GD, Perry K, et al. Assessment of myocardial

- metabolic flexibility and work efficiency in human type 2 diabetes using 16-¹⁸F-fluoro-4-thiapalmitate, a novel PET fatty acid tracer [J/OL]. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2016, 310(6): E452-460[2018-07-03]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26732686>. DOI: 10.1152/ajpendo.00437.2015.
- [3] Guiducci L, Grnroos T, Jrvisalo MJ, et al. Biodistribution of the fatty acid analogue ¹⁸F-FTHA: plasma and tissue partitioning between lipid pools during fasting and hyperinsulinemia[J]. *J Nucl Med*, 2007, 48(3): 455-462.
- [4] Yoshinaga K, Tamaki N. Imaging myocardial metabolism[J]. *Curr Opin Biotechnol*, 2007, 18(1): 52-59. DOI: 10.1007/978-3-319-61401-4_11.
- [5] Mittendorfer B, Liem O, Patterson BW, et al. What does the measurement of whole-body fatty acid rate of appearance in plasma by using a fatty acid tracer really mean?[J]. *Diabetes*, 2003, 52(7): 1641-1648. DOI: org/10.2337/diabetes.52.7.1641.
- [6] Tuunanen H, Ukkonen H, Knuuti J. Myocardial fatty acid metabolism and cardiac performance in heart failure[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2008, 10(2): 142-148.
- [7] McArdle B, Dowsley TF, Cocker MS, et al. Cardiac PET: metabolic and functional imaging of the myocardium[J]. *Semin Nucl Med*, 2013, 43(6): 434-448. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2013.06.001.
- [8] Korvald C, Elvenes OP, Myrmet T. Myocardial substrate metabolism influences left ventricular energetics in vivo[J/OL]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2000, 278(4): H1345-1351[2018-07-03]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Myocardial+substrate+meta.bolism+influences+left+ventricular+energetics+in+vivo>. DOI: 10.1152/ajpheart.2000.278.4.H1345.
- [9] Knuuti J, Tuunanen H. Metabolic imaging in myocardial ischemia and heart failure[J]. *Q J Nucl Med Mol Imaging*, 2010, 54(2): 168-176.
- [10] 张晓军, 刘健, 孙志军, 等. 多功能模块合成新肌显像剂 ¹⁸F-FTHA 及 Micro-PET 显像[J]. *同位素*, 2013, 26(4): 222-227. DOI: 10.7538/tws.2013.26.04.0222.
- Zhang XJ, Liu J, Sun ZJ, et al. Labeling and Imaging Study of Fatty Acid Analogue ¹⁸F-FHTA on Domestic Synthesis Module[J]. *Isotopes*, 2013, 26(4): 222-227. DOI: 10.7538/tws.2013.26.04.0222.
- [11] DeGrado TR, Wang S, Holden JE, et al. Synthesis and preliminary evaluation of ¹⁸F-labeled 4-thia palmitate as a PET tracer of myocardial fatty acid oxidation[J]. *Nucl Med Biol*, 2000, 27(3): 221-231.

(收稿日期:2018-07-04)

· 消息 ·

《国际放射医学核医学杂志》编辑部荣获 “天津市科技期刊优秀团队”奖

《国际放射医学核医学杂志》编辑部在2018年天津市科技期刊评优活动中荣获优秀团队奖,并在2018年11月8日召开的天津市科技期刊创新发展论坛暨2018年天津市科技期刊评优颁奖大会中获得表彰。

《国际放射医学核医学杂志》是中国科技核心期刊,作为学术性的专业刊物,我刊责无旁贷地肩负着促进放射医学和核医学事业的发展、及时提供新信息、介绍新技术的重任。本刊的办刊质量逐年上升,团队工作突出,本次获奖是对我们的鼓励和鞭策,也是对我们过去工作的肯定。

2018年天津市科技期刊评优活动是由天津市科技期刊学会组织,旨在为进一步增强天津市科技期刊出版队伍建设,促进人才培养,提高了编辑人员的素质,推进科技期刊出版业发展,提高科技期刊总体质量和水平,带动办刊团队脱颖而出。天津市科技期刊有近140种,本次评优活动共评出优秀团队19支、优秀编辑工作者10人、优秀青年编辑9人、优秀编辑部主任5人。

在本刊获奖之际,感谢广大编委、读者和作者对我们的支持、关心和帮助,我们会更加努力,办出高水平的学术期刊,开拓进取,再创佳绩。