

troimidazole (BMS181321): A positive imaging agent for detecting myocardial ischemia [J]. J Nucl Med, 1995, 36: 1078-1086.

- [16] Melo T, Duncan J, Ballinger JR, et al. BRU59-21, a second-generation ^{99m}Tc-labeled 2-nitroimidazole for imaging hypoxia in tumors[J]. J Nucl Med, 2000, 41: 169-176.
- [17] Suzuki T, Nakamura K, Kawase T, et al. Biodistribution of hypoxic marker, ^{99m}Tc-HL91[J]. Kaku Igaku, 2001, 38: 333-341.
- [18] Okada RD, Johnson G, Nguyen KN, et al. HL-91-technetium-99m: a new marker of viability in ischemic myocardium[J]. J Nucl Cardiol, 1999, 6: 306-315.

- [19] Fujibayashi Y, Cutler CS, Anderson CJ, et al. Comparative studies of Cu-64-ATSM and C-11-acetate in a acute myocardial infarction model: ex vivo imaging of hypoxia in rats [J]. Nucl Med Biol, 1999, 26: 117-121.
- [20] Watanabe Y, Kusuoka H, Fukuchi K, et al. Contribution of hypoxia to the development of cardiomyopathy in hamsters[J]. Cardiovasc Res, 1997, 35: 217-222.

(收稿日期: 2003-09-22)

文章编号: 1001-098X(2004)03-0117-04

心肌灌注显像常见伪影分析

程旭

摘要 伪影是造成心肌灌注显像出现假阳性的主要原因之一, 有必要对造成伪影的因素、伪影的表现形式和校正方法进行系统、全面的认识。心肌灌注显像中的伪影主要可归结为: 与检测仪器有关的伪影, 与病人因素有关的伪影, 与图像处理有关的伪影, 以及与非冠状动脉疾病有关的伪影等。

关键词 心肌; 灌注显像; 伪影

中图分类号 R817.4 文献标识码 A

Artifacts of myocardial perfusion imaging

CHENG Xu

(Department of Nuclear Medicine, Renji Hospital, Shanghai Second Medical University, Shanghai 200001, China)

Abstract Artifacts are a significant source of false positive of myocardial perfusion imaging. It is essential to recognize and understand various reasons of artifacts in myocardial perfusion imaging. The main artifacts of SPECT myocardial perfusion imaging include artifacts associated with instrumentation, artifacts caused by patient, artifacts due to image process and artifacts related to non-coronary artery disease.

Key words myocardium; perfusion imaging; artifacts

伪影是造成心肌 SPECT 灌注显像出现假阳性的主要原因之一。造成心肌灌注显像伪影的因素有许多, 主要可归结为: 与检测仪器有关的伪影, 与病人因素有关的伪影, 与图像处理有关的伪影, 与非冠状动脉疾病有关的伪影等。

1 与检测仪器有关的伪影

1.1 泛源视野(flood field)的不均匀性

多种情况可以造成泛源视野出现均匀性不一

作者单位: 200001 上海第二医科大学附属仁济医院核医学科

致, 例如光电倍增管受损、准直器受损、相关的电子设备或碘化钠晶体存在缺陷等。进行 SPECT 时, 泛源视野的缺损将导致“环行伪影”的产生^[1]。应定期对固有泛源视野进行常规检测, 并定期进行带准直器的非固有泛源视野检测, 对所得图像进行视觉判断或定量分析。

1.2 旋转中心偏离

旋转中心是 SPECT 的数据反投影到容积矩阵的中心点, 数据重建中, 中心的定位是否准确对于重现解剖结构和记数率的分布是至关重要的。旋转

中心的偏差将会导致图像模糊以及出现 SPECT 心肌灌注显像缺损的伪影, 心肌图像还可能会出现歪斜、扭曲等。应该至少每周对每个探头进行一次旋转中心的校正^[2]。

1.3 照像机探头倾斜

对于一个带有可变角多探头的 SPECT 系统而言, 如果其中一个探头存在倾斜, 那么各个探头将不能准确记录相同的图像。与旋转中心偏离相似, 在经过反投影以及对图像重建后, 所得的心脏图像也会出现局部的心肌灌注伪影。

2 与病人因素有关的伪影

2.1 位移

在 SPECT 采集期间, 病人常会有纵向、横向的移动或转动。病人位移是造成 SPECT 心肌灌注伪影最常见的原因。病人位移产生的伪影与旋转中心偏离导致的伪影两者之间原理相似。伪影的部位与采集时位移的方向和时间有关。判断移动最简单也是最好的方法是将未处理的原始体层图像进行电影显示。由于位移, 心脏在 SPECT 采集的不同时间定位在不同的位置, 经过滤波反投影后数据被反投影到容积矩阵的不同点, 导致图像重合误差的产生。图像上常见心室壁有对称性缺损, 缺损的边缘可见有放射性浓聚影逐渐消退, 称为“飓风征”^[3]。国内的学者对位移造成的伪影进行研究后发现: 在上移过程中影响最明显的部位是下壁, 其次下侧壁; 在下移时前侧壁、下壁、间隔等受影响较重; 在左向移动时对间隔影响最明显, 其次是下壁; 右向移动时对前侧壁及下壁的影响明显。

多探头 SPECT 系统虽然缩短了图像采集的时间、减少了病人位移的可能, 但是在多探头采集时, 病人位移对图像造成的影响会更加明显。在采集前向病人充分告知采集情况以及让病人的腰部和膝部保持放松对减少病人的移动会有很大帮助。

如果病人在采集过程中发生位移, 可以采取一些补救方式。如果用的是 ^{99m}Tc 标记的显像剂, 没有显像剂再分布的情况下可以进行重复采集; 还可以对 SPECT 采集的各个平面投影图像通过手动方式向头端或相反方向移动以校正病人位移所带来的影响。目前有几种计算机软件可以自动地发现和校正病人纵向或横向的位移^[4], 但是在使用这些软件时, 图像处理者必须通过电影显示的方式仔细检查

校正过的平面投影图像, 以确保病人的位移得到完全的校正。

2.2 软组织衰减

在 SPECT 心肌灌注显像中, 全身或局部的软组织衰减都会对图像造成影响。由于在进行 180° 采集时(右前斜 45°至左后斜 45°), 左室后侧壁的底部距离探头最远, 所以这个部分是心脏衰减最明显的部分。体型肥胖的病人全身的软组织衰减会导致计数密度的降低并影响图像的质量, 因此, 肥胖者后侧壁的底部常会出现缺损伪影。

更为常见的是固定的、局部的软组织衰减造成的伪影, 如横膈、膨隆的腹部、左乳房和胸侧壁的肌肉和脂肪组织等衰减所造成的伪影。在显像前注意观察病人的体型特点、检查后通过电影显示观看投影图像有助于医生对该伪影的判断。

左乳房衰减可能会导致左室的前壁、侧壁甚至是下壁出现位置相对固定的灌注缺损的伪影^[5]。伪影的程度和部位主要与乳房的厚度和位置有关, 因此在给女性进行显像前应要求病人脱下胸罩以减小乳房的厚度。如果在负荷和静息采集时乳房的位置不一致(例如穿戴不同的内衣), 将导致在负荷和静息图像上的不同部位出现衰减伪影。

由横膈造成的局部衰减通常产生一个固定的下壁或下侧壁的缺损。在运动负荷后横膈会向上移动导致缺损出现, 而静息时由于横膈位置恢复正常使得图像出现可逆性缺损。横膈伪影常见于肥胖的病人, 对于有腹水或者正在进行腹膜透析的病人则更加明显。

俯卧位显像已经被证实能减小横膈衰减所致的伪影^[7]。当病人俯卧位时, 心脏轻度向上移位, 横膈被推向下, 通过增大左室下壁与横膈的距离减少了横膈衰减所造成的影响。俯卧位与仰卧位显像时心脏与探头之间的相对位置会有所不同, 俯卧位的间隔和心尖部位的计数率可能会相对增加而侧壁的计数则相对差一点。也有人采用坐位显像来减少横膈的影响, 显像中病人坐在检查椅上, 探头与地面垂直并环绕病人的胸部进行旋转^[7]。病人采用坐位时横膈与心底的间距加大有助于减少横膈衰减对图像造成的影响。

在进行 ^{201}Tl 负荷/静息 SPECT 时可见一种较特殊的横膈衰减伪影: 在病人进行完运动试验后呼吸变深, 在吸气末时横膈的位置较低, 因此运动试验

后立刻进行仰卧位的 SPECT 图像采集时,病人的心脏位置相对靠近身体下方,但是在 SPECT 的采集进程中病人的呼吸逐渐恢复规律,心脏逐渐向上移动,从而导致伪影产生。由于心脏是呈垂直方向运动的,所以伪影所形成的缺损在左室下壁和前侧壁最为明显。因此,在进行 ^{201}Tl 图像采集前,应让病人在运动后休息约 15min,直到病人的呼吸频率恢复正常后再进行图像采集^[8]。

目前,在许多 SPECT 系统上提供的衰减校正和散射校正有助于减少甚至消除软组织衰减所造成的伪影,结合门控显像更有助于减少组织衰减伪影所导致的假阳性,提高检测的特异性。但是应该注意的是,各种校正系统的校正能力并不相同^[9],而且对于无冠心病被检者而言,衰减校正和散射校正可能会导致左室的前壁、心尖等部位出现伪影^[10]。

2.3 心脏周围非靶器官放射性浓聚导致的伪影

心肌显像剂如 ^{201}Tl 、 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI ($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -甲氧基异丁基异腈)等会在肝脏中聚集,然后随肝胆管进入肠道甚至返流入胃内。这些非靶器官的放射性浓聚灶如果距离左室下壁太近则会引起缺损伪影。通过计算肝/心放射性计数的比值可以对这种伪影进行判断,进食脂肪餐促进胆汁排泄、延迟采集、以及改用俯卧位等方式也可以通过改变肝脏、胃与心脏的相对位置来减少伪影。

3 图像处理过程中产生的伪影

3.1 滤波

SPECT 系统均带有相应的滤波用于图像处理,其所提供的滤波依据的是所获得的 SPECT 图像具有足够的计数率并且病人为普通体形,如果计数率过低或过高,或是病人的体形异常,应充分意识到厂家提供的滤波对图像处理所造成的影响。截止频率过低将导致图像清晰度和对比分辨率下降,视觉上将减小真正灌注异常的范围和严重程度;而增加截止频率将加强高频信息,同时增加噪音,影响了图像的质量,还会导致缺损被加大。计数率对图像也会产生影响,例如,如果截止频率保持不变而计数率下降,则真正的灌注缺损以及局部的衰减伪影可能会表现得更明显且范围更大^[11]。

3.2 散射

横膈下浓聚的显像剂释放出的光子经过康普顿散射后可能会影响到左室下壁的放射性计数,人为

增加左室下壁的计数率,使正常人的下壁变成相对的“热区”或掩盖真正的下壁灌注缺损。如果使用通用平行孔准直器取代高分辨率准直器,由于 ^{201}Tl 的散射角度比 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 要大,所以前者的散射伪影较后者更常见。

3.3 左心室心尖、心底的选择

在对图像进行处理时应准确选择左室的心尖和心底部,如果切线的间距过近,有可能不能完全包括左室心尖和心底部,则重建后的图像在心尖和心底部会出现缺损伪影。准确地选择心尖和心底还有助于排除邻近肠道甚至胃内放射性的干扰。

4 与非冠状动脉疾病相关的伪影

4.1 左束支传导阻滞

在运动心肌灌注的研究中,左束支传导阻滞患者在间隔部可能会出现可逆性灌注缺损^[12]。间隔的血流减少是由于间隔部与心室舒张充盈之间不同步所致。心率增高时不同步的程度要比静息时更严重,导致间隔出现可逆性灌注缺损。使用 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MIBI 作为显像剂比 ^{201}Tl 对左束支传导阻滞患者诊断冠心病具有更高的特异性^[12]。使用潘生丁或腺苷的药物负荷试验来取代运动负荷试验可以减小左束支传导阻滞所造成的间隔部伪影^[13],因为这些药物只有轻微的正性变时作用,几乎不会加重间隔的非同步性,使得间隔的灌注保持相对稳定从而避免了伪影。门控 SPECT 采集特别是参考舒张末期图像与非门控采集相比可以有效地消除左束支传导阻滞所致的间隔缺损伪影,避免假阳性的产生^[14]。

4.2 左室肥厚

高血压患者常见有间隔部的计数率相对增加,有文献报道,正常人在 ^{201}Tl 心肌显像中侧壁和间隔的计数率比值大约为 1.2:1,而高血压或心肌梗死者这个比值会减小甚至倒置,在重建图像上可能会出现位置相对固定的缺损伪影。在高血压和其他左室肥厚患者的 SPECT 显像中,部分患者由于前壁和后壁的乳头肌肥厚可能会导致左室的前侧壁和后侧壁出现“热区”,继而使心脏的其他部位出现相对缺损伪影。

单纯的乳头肌肥厚或局限性心尖部肥厚可能会导致局部放射性摄取的增加,在定量分析和靶心图中出现伪影。由于心尖部的计数率较高,导致左室的中央和基底部的周围出现相对的计数率减低,表

现为心脏的基底部分出现灌注异常。

4.3 间隔

由于间隔的基底部分是由膜性组织组成,所以在大多数患者中,间隔的长度要比侧壁短,在SPECT心肌灌注显像中,这会导致间隔的基底部分出现明显的灌注缺损。间隔的膜性组成占整个间隔的比例在不同个体中差异很大,因此在体层图像的分析中,应通过水平长轴的图像来比较间隔与侧壁的长度来判断间隔膜性组织的长度。

4.4 门控伪影

在门控SPECT图像采集中,如果病人的心率发生改变则过长或过短的心动周期会被剔除,如果每个投影面的采集时间固定,则造成每个投影面采集到的心动周期的数量不同,继而导致各投影面图像的计数率不同,在图像重建后会出现灌注伪影。但也有研究者报道,只有严重的心律失常如室颤等才会导致明显的灌注缺损^[15]。

综上所述,造成心肌灌注显像伪影的原因是多方面的。因此,在实际工作中,应通过结合病人的病史资料、对投影图像进行电影显示以及采用门控技术等方式来对伪影进行准确的鉴别,提高诊断的准确性。

参 考 文 献

- [1] Leong LK, Kruger RL, O'Connor MK. A comparison of the uniformity requirements for SPECT image reconstruction using FBP and OSEM techniques [J]. J Nucl Med Technol, 2001, 29(2): 79-83.
- [2] Groch MW, Erwin WD. Single-photon emission computed tomography in the year 2001: instrumentation and quality control[J]. J Nucl Med Technol, 2001, 29(1): 12-18.
- [3] Fitzgerald J, Danias PG. Effect of motion on cardiac SPECT imaging: recognition and motion correction [J]. J Nucl Cardiol, 2001, 8(6): 701-706.
- [4] Matsumoto N, Berman DS, Kavanagh PB, et al. Quantitative assessment of motion artifacts and validation of a new motion-correction program for myocardial perfusion SPECT[J]. J Nucl Med, 2001, 42(5): 687-694.
- [5] Araujo W, DePuey EG, Kamran M, et al. Artfactual reverse distribution pattern in myocardial perfusion SPECT with technetium-99m sestamibi[J]. J Nucl Cardiol, 2000, 7

(6): 633-638.

- [6] Araujo W, DePuey EG, Kamran M, et al. A comparison of Tl-201 stress-reinjection-prone SPECT and Tc-99m-sestamibi gated SPECT in the differentiation of inferior wall defects from artifacts[J]. Nucl Med Commun, 2000, 21(8): 719-727.
- [7] Johnson LL, Tauxe EL, Smith KR. Comparison of supine and upright SPECT myocardial perfusion imaging[J]. J Am Coll Cardiol, 1995, 25: 363A.
- [8] Blagosklonov O, Sabbah A, Verdenet J, et al. Poststress motionlike artifacts caused by the use of a dual-head gamma camera for (201)Tl myocardial SPECT[J]. J Nucl Med, 2002, 43(3): 285-291.
- [9] O'Connor MK, Kemp B, Anstett F, et al. A multicenter evaluation of commercial attenuation compensation techniques in cardiac SPECT using phantom models[J]. J Nucl Cardiol, 2002, 9(4): 361-376.
- [10] Banzo I, Carril JM, Jimenez-Bonilla J, et al. Effect of attenuation correction and scatter compensation on the ^{99m}Tc-MIBI myocardial perfusion spect in patients without coronary artery disease[J]. Rev Esp Med Nucl, 2002, 21(6): 417-425.
- [11] Funahashi M, Shimonagata T, Mihara K, et al. Application of pixel truncation to reduce intensity artifacts in myocardial SPECT imaging with Tc-99m tetrofosmin[J]. J Nucl Cardiol, 2002, 9(6): 622-631.
- [12] Funahashi M, Shimonagata T, Mihara K, et al. ^{99m}Tc-MIBI stress-rest myocardial perfusion scintigraphy in patients with complete left bundle branch block [J]. Cardiovasc J S Afr, 2001, 12(5): 252-256.
- [13] Nigam A, Humen DP. Prognostic value of myocardial perfusion imaging with exercise and/or dipyridamole hyperemia in patients with preexisting left bundle branch block[J]. J Nucl Med, 1998, 39(4): 579-581.
- [14] Nigam A, Humen DP. Clinical validation of technetium-99m MIBI-gated single-photon emission computed tomography (SPECT) for avoiding false positive results in patients with left bundle-branch block: comparison with stress-rest nongated SPECT[J]. Clin Cardiol, 2003, 26(4): 182-187.
- [15] Abufadel A, Eisner RL, Schafer RW. Differences due to collimator blurring in cardiac images with use of circular and elliptic camera orbits[J]. J Nucl Cardiol, 2001, 8(4): 458-465.

(收稿日期: 2003-11-17)