

^{201}Tl 心肌SPECT图像定量分析的进展*

北京红十字朝阳医院 张金谷

提 要: 概要介绍了近年来发展的 ^{201}Tl 心肌运动负荷SPECT图像的五种定量分析方法及其优缺点和目前所处的阶段。

^{201}Tl 心肌运动负荷SPECT显像作为一种无创性心肌缺血性疾病的诊断方法与平面显像相比,不但所受本底影响较小,而且可以完成横断面、冠状面、矢状面断层和以心脏水平长轴、矢状长轴和短轴的心肌断层像而做三维显示,从而使其临床用途大大增加^[1、2]。

但是,如果用人的视觉来判断众多的心肌剖面像,不但繁琐费时,而且其诊断的正确性也受医生的经验与熟练程度影响。因此,不少学者企图探讨:①能否使用较少的心肌剖面像汇集判断;②能否对心肌梗塞区或缺血区作正确的定位和划出范围;③采用何种显示方法更易于被人们所了解;④能否用短时间把图像处理完毕并自动作出诊断。因此,近年出现了一系列三维的心肌图像定量分析方法。兹就其现状作一概述。

一、靶心图(Bull's eye)方法^[3、4]

此法作为 ^{201}Tl 心肌SPECT定量分析方法之一,是在运动负荷状态下, ^{201}Tl 的心肌短轴剖面分布与3~4小时 ^{201}Tl 心肌再分布图的短轴剖面 ^{201}Tl 洗出率(washout Ra^t , WOR)用极座标来表示的功能图,称之为Bull's eye。

Bull's eye的表示方法:使用Bull's eye程序,用运动负荷及再分布的 ^{201}Tl 心肌短轴剖面像作成靶心图。如果运动负荷像与再分布像的采集时间不同,则后者的32帧平

面像均作时间校正。负荷与再分布图均以心尖部为中心、基底部为边缘,使各短轴像依次排列,各断层面每 9° 一划分,共分割为40段,并自动作成圆周轮廓曲线的最大计数。以负荷-Bull(EX-Bull)及再分布-Bull(RD-Bull)的 ^{201}Tl 再分布的相对浓度差异显示其功能图像,计算在两者相对应的心肌部位的洗出率(WOR)。该图像称为洗出-Bull(WO-Bull),它是以WOR在41%以上部分用同一色彩表示,而不足41%部分则根据其低值百分比的不同程度,用不同色彩表示。心肌内 ^{201}Tl 洗出的半减期,是指心肌内 ^{201}Tl 3~4小时之间的WOR,这个41%的值是可变的。同一病例各心肌部分的WOR也不一样,其最大、最小和平均WOR均由软件来表示。最后,关于WO-Bull功能图像的制作,必须是EX-Bull与RD-Bull相对应的心肌各部分完全吻合才行。

Bull's eye对心肌灌注异常的诊断:EX-Bull显示有灌注缺损区,而RD-Bull显示灌注缺损区消失或轻微缺损时,则可认为是由于运动负荷使心肌缺血。如果EX-Bull¹显示缺损区而在RD-Bull仍呈相同改变时,则可认为有心肌坏死存在。

成田等^[4]报告,运动负荷静脉注射 ^{201}Tl 时,心率平均为 143 ± 21 /分钟(110~177)的正常受试者,EX-Bull及RD-Bull图像的 ^{201}Tl 心肌分布是一致的,各例间最大与最小WOR之差平均为 $18 \pm 4\%$ (14~26%),

最大WOR为 $49 \pm 6\%$ (40~59%), 最小WOR为 $40 \pm 7\%$ (32~55%)。注射 ^{201}Tl 时的心率和最大WOR、最小WOR、平均WOR之间均呈有意义的正相关。如果在注射 ^{201}Tl 时的心率超出110/分钟, 而WOR不足30%的心肌区域即可认为有心肌缺血。另外, 对127例冠心病患者, 在运动负荷静脉注射 ^{201}Tl 时, 平均心率为 135 ± 35 /分钟(82~160), 其中有12例心率不足110/分钟(6例为2支病变, 6例为3支病变)。将患者心率超出110/分钟的115例SPECT图像的视觉判断与Bull's eye法合用, 结果为: ①1支病变36例: 视觉判断正确率和视觉与Bull's eye法合用判断正确率均为78%; ②2支病变43例: 视觉判断正确率为49%, 误判为1支病变者47%。视觉与Bull's eye法合用判断正确率为53%, 误判为1支病变者38%; ③3支病变36例: 视觉判断正确率为25%, 误判为1支病变者17%, 误判为2支病变者58%。视觉与Bull's eye法合用的判断正确率为47%, 误判为1支和2支病变者分别为8%和45%。

以上2支、3支病变的正确判断率较玉木和伊藤报道的低, 后二者的病变正确判断率分别为2支病变77%及69%, 3支病变为76%及80%〔5、6〕。

Bull's eye法的优点: 由于本法使用SPECT短轴像并以靶心图的方式显示, 对心肌灌注异常的部位、区域与左心室的关系容易掌握, 易于病变的检出和定量观察。

存在的问题: 松田认为, 本法在前壁容易出现假阳性, 在室隔和下壁容易出现假阴性〔7〕。岛田认为, 此法由于用靶心图表示, 在外周与中心部的扩大与缩小率不同, 对缺损区域评估有过大或过小的可能〔8〕。今井等认为, 当心梗的发生在心尖部普遍存在时用本法显示过小, 而在心底部普遍存在时又表示过大〔10〕。正是因为此法存在如此多的问题, 尽管它已在临床应用较为普遍, 但仍不

能不使人们去探索更为完善的方法。

二、心肌展开图法〔8、9〕

展开图的制作: 使用心脏短轴断层像, 从左心室底部到心尖部的心腔内侧做短轴切割(A), 就各切片最大计数制做圆周剖面曲线(Circumferential Profile Curve), 自各最大计数点(C)到中心点的距离(L)测量(B), 按各最大计数点到中心的距离, 取其中最大距离为半径r, 取周长1为各层面心肌壁的周长(C), 各切片周长1的长度的像素线(pixel-line)做剖面的等分, 以下壁6点的方向为中心, 从中心向左右两侧填入剖面的值, 把得到的像素线从心尖到基底部分序排列制成心肌展开图。

用此法所测模型结果: 在心肌模型内填入直径为2、3、4、5 cm缺损, 用本法测得的缺损面积与真实的缺损面积有良好的线性关系。前壁缺损 $r=0.999$ 、下壁缺损 $r=0.990$, 证明本法定量性好。

在未合并室壁瘤的心肌梗塞6例中应用本法算出的梗塞面积与用 ^{99m}Tc -RBC法求出的左室EF值呈有意义的负相关, $r=0.943$ 。本法也可用作判断预后的重要指标。

但本法也有其本身的缺点, 如对没有心腔的心尖部就无法做出圆周剖面曲线, 因此也就不能表示心尖部的缺损。此外, 各层面均以最大计数1000作正常值, 但心梗后的心尖部室壁瘤的全周性缺损在某些情况下缺损部位以最大计数1000作为正常依据, 则无法表示这一部位的缺损。

三、“子弹”显示法(Bullet)〔9〕

图像制作: 使用 ^{201}Tl 六层面左室短轴断层像组成。这六层面图像分别取自心底部靠近基底的二层, 心尖部靠近心尖的二层和在二者中间的二层作成。各层的圆周剖面分析, 从左室感兴趣区的中心每隔 6° 引出一放射形直线, 求其线上的最大计数。因为每

一层的测定点是60个,六层共有360个测定点,将其中最大值定为100%。正常人12例,平均年龄34.5岁,所测得正常值 $\bar{x} \pm 2SD$,设定80%为正常值下限,凡不满80%的部分为心梗部位,80~100%之间为可疑界限。

本法是以图像外形与实际心脏形态近似的“子弹”来表示的:“子弹”的尖部相当于心尖部位,其对侧相当于基底部。对六层的左室短轴像的圆周剖面分析结果,可以判断是否有心肌梗塞,即根据 ^{201}Tl 吸收百分率和洗出率用“子弹”的表面来表示。通常是从“子弹”的前面和后面观察结果。

本法的优点:它所表示的病变部位与冠状动脉造影结果相似,易于被人所了解和掌握。它不仅可以作为各种心脏病的 ^{201}Tl 吸收百分率和洗出率的定量分析,还可以用作门电路心血池断层分析,显示有无室壁运动异常和左心局部功能等,其临床应用的范围将是很广泛的。

四、立体图像法 (Stereo-View) [7]

图像的制作:

①左室轮廓的确定:用 ^{201}Tl 心肌再分布短轴像,从心尖到基底部共取10层面,将其叠加求出面积的中心,并以此中心作为各层面的中心,再以最大计数的45%为阈值,用等计数法求出各断面的轮廓,并对各断面的中心和不整齐轮廓的最大距离进行补正。尽可能地使用原来的左心室形态做真实像,并将此轮廓做5次傅里叶函数变换,经平滑后从心尖到心底部做左心室立体图像重建。

② ^{201}Tl 心肌分布的计数表示:用上法求出左室轮廓之后,将每个层面做51等分,全部10层分为510段 (Segment),把各层面中心和轮廓上的相邻两点为准,并算出扇形领域内的平均计数值,在立体图像上显示该段相对应值的颜色。从最高值到30%用128种颜色表示。

③洗出率和梗塞区的表示:求出各段洗

出率的均数及标准差,以 $\bar{x} - 1SD$ 定为各段的正常下限值。已知在心尖部、室间隔、高侧壁、心基底部和前壁洗出率有降低的倾向。各段洗出率之值以不同颜色表示,正常区域为黄到红色,缺血区域为绿到兰色,它们在立体图像上易于区别。

但是,心肌梗塞区域的洗出率不一定是低值,为此,使用 ^{201}Tl 吸收%值来判断梗塞区域,即 ^{201}Tl 吸收%在负荷即刻和再分布像在65%以下的部位,即便行冠状血流重建术,也几乎看不到这一部位室壁运动的改善。从冠状血流方面看,本法作为定量的评价是有用的,也可作为冠状血流重建术的疗效判定。正常人11例立体图像洗出率的下限值 ($\bar{x} - 1SD$) 各段间从43.2~49.1%。

本法虽然是以洗出率为主的定量评价法,但 ^{201}Tl 吸收百分率、计数的绝对值也是量化的依据。不过用计数绝对值表示时,检查方法的标准化是非常重要的。本法的临床有用性还有待于深入研究。

五、灌注领域法 [9]

梗塞图 (Infarction map) 的制作:采用 ^{201}Tl 短轴断层像从心尖到心底共分10层,以顺时针为方向,以前壁作为0°,每10°一个断面,算出关于36点线上全像素的计数,把全断面最高计数指示线作为100%,求圆周轮廓曲线。从10例正常人得到的轮廓曲线 $\bar{x} - 2SD$ 作为正常下限,其以下区域作为梗塞区域。因此将正常区域作为100%, Tl 摄取率低下的部位及其低下的程度以三维图表示,有 Tl 摄取异常的区域用二维图表示,做成地图状。作为定量评价的指标,从三维图正常下限回到计数%的瘢痕缺损10个断面的总和,求出从二维图对全部左室面积的缺损百分比例,通过上图可以算出瘢痕缺损,缺损百分比。

(下转第246页)

基因表达调控的研究可以从本质上阐明修复基因的启动及基因水平对修复功能的控制。可以肯定,随着DNA损伤修复机理的进一步阐明,损伤与修复的定向控制将在放射分子生物学、肿瘤放射治疗学等许多学科有广泛的应用前景。

参 考 文 献

1. El-Metainy, et al; Radiat Res 1973, 55: 324
2. Henner WD, et al; J Biol Chem 1982, 257: 11750
3. Duplaa AM, et al; Int J Radiat Biol 1985, 48: 19
4. Mitzel-landbeck, et al; Biochim Biophys Acta 1976, 432: 145
5. Tilby MJ, et al; Radiat Res 1984, 98: 284
6. Natarajan AT, et; Mutat Res 1978, 52: 137
7. Bryant PE, et al; Int J Radiat Biol 1984, 46: 57
8. Kamp LM, et al; Mutat Res 1984, 132: 189
9. Radford IR, et al; Int J Radiat Biol 1985, 48: 45
10. Bradley MO, et al; Nucleic Acids Res 1979, 7: 793
11. 郑秀龙, 等: 辐射研究与辐射工艺学报 1985, 3(1): 28
12. Ahnstrom G, et al; Int J Radiat Biol 1974, 26: 493
13. Sargent EV, et al; Radiat Res 1985, 102: 176
14. Suzuki F, et al; Expl Cell Res 1980, 127: 299
15. Giaccia A, et al; Somatic Cell Molec Genet 1985, 11(5): 485
16. Kanter PM, et al; Int J Radiat Biol 1980, 38: 483
17. 赵芳, 等: 生物化学与生物物理学报(印刷中) 1989.
18. 郑秀龙: 生物物理学报 1987, 3: 311
19. Collins A, et al; Nucleic Acids Res 1979, 7: 1311
20. 孟祥顺, 等: 辐射研究与辐射工艺学报 1984, 2(4): 45
21. 杨立锡, 等: 生物化学与生物物理学报 1988, 20: 212
22. 蒋逸风, 等: 辐射研究与辐射工艺学报(印刷中) 1989.
23. Seki S, et al; Biochim Biophys Acta 1980, 606: 246
24. Lindahl, et al; Proc Natn Acad Sci USA 1974, 71: 3649
25. Kane CM, et al; J Biol Chem 1981, 256: 3405
26. Gossard F, et al; Eur J Biochem 1978, 82: 321
27. Deutsch WA, et al; J Biol Chem 1979, 254: 2099

(上接第267页)

本法的自动诊断程序已广泛应用于二维图像的诊断。

参 考 文 献

1. Holman BL, et al; J Nucl Med 1981, 22: 849
2. Maublant J, et al; Eur J Nucl Med 1981, 6: 289
3. Garcia EV, et al; J Nucl Med 1985, 26: 17
4. 成田充启, 他: 映像情报(M) 1987, 19: 943
5. 玉木良良, 他: 核医学 1983, 20: 1299
6. 伊藤綱朗, 他: 核医学 1986, 23: 43
7. 松田宏史: 映像情报(M) 1988, 20: 387
8. 岛田智好, 他: 核医学 1987, 24: 853
9. 久保田昌宏, 他: 核医学 1987, 24: 1577
10. 今井嘉門, 他: 核医学 1987, 24: 865
11. 堀合恭弘, 他: 核医学 1988, 25: 293