

数字减影造影测量左室容积及射血分数的研究

叶剑定 凌美玲 李志明 郭德文

【摘要】 目的: 通过心室定量模拟实验, 比较长度-面积法和视频密度法测量心室不同收缩及显影状态室腔容积和射血分数(EF)的准确性。方法: 对室壁不同运动状态及室腔显影不均的单、双向造影像, 分别以长度-面积法和视频密度法测量室腔容积和 EF 并与实际值比较。结果: 双向造影的长度-面积法 EF 测量值与实际值无显著性差异($P > 0.05$); 单向造影的测量值在局部室壁运动减弱时差异显著($P < 0.01$); 视频密度测量法在室腔内造影剂混合不均时测量值有显著差异($P < 0.01$)。结论: 室壁运动正常的左室 DSA, 单向造影的长度-面积法可替代双向造影测量心室 EF; 局部室壁运动异常时, 双向造影测量的正确性较高; 视频密度测量法可用于中心静脉法 DSA 测量左室 EF 而不宜用于选择性左室造影。

【关键词】 数字减影血管造影 长度-面积法 视频密度测量法 左室射血分数

Study on measurement of left ventricular volume and ejection fraction in digital subtraction angiography Ye Jianding, Lin Meiling, Li Zhiming, et al. Department of Radiology, Shanghai Chest Hospital, Shanghai 200030

【Abstract】 Objective: The area-length and videodensitometry methods were employed to calculate left ventricular (LV) volume and ejection fraction (EF) quantitatively in analog experiments in DSA. The measurement values were compared with real values so as to choose the best measuring method in order to improve the accuracy of quantitative diagnosis in clinical use. **Methods:** On single-plane and biplane DSA images (including cases with normal ventricular wall motion, hypokinesia and insufficient mixing of contrast medium in ventricular cavity) the area-length method and videodensitometry method were used to calculate the volume and EF respectively. **Results:** The result of biplane area-length method was found to be more accurate than those obtained with other two methods in abnormal wall motion and insufficient mixing of contrast medium, the error of EF was nonsignificant ($P > 0.05$); but in the calculation of LV volume and EF by single-plane area-length method, the error of EF was significant ($P < 0.01$) when there was hypokinesia of local wall motion. The error of EF obtained with videodensitometry method also was significant ($P < 0.01$) when there was insufficient mixing of contrast medium in the ventricle. **Conclusion:** The single-plane area-length method is suitable for cases who do not have abnormal wall motion and may replace biplane area-length method in clinical practice; but in cases having hypokinesia of local wall motion, the result of biplane area-length method was more accurate. The videodensitometry method cannot be used in selective LV DSA because of insufficient mixing of contrast medium, but it can be used in intravenous DSA with accurate result.

【Key words】 Digital subtraction angiography Area-Length method Videodensitometry Left Ventricular Ejection Fraction (LVEF)

心室造影测量心室容积及左室射血分数(Left Ventricular Ejection Fraction LVEF)是各种测量方法(如超声、同位素、MR等)中应用最早、准确性相对较高的方法之一^[1,2], 但仍有诸多影响其准确性的客观因素。本研究通过体外定量模拟实验的 DSA 测量分析, 分别比较长度-面积测量法(Area-length method 简称面积法)和视频密度测量法(Videodensitometry 简称密度法)在单向(RAO 30°)和双向(RAO 30° LAO 60°)造影中, 测量心室不同收缩及显影状态下, 室腔容积和 EF 的准确性。

材料和方法

1. 模型建立

心室射血分数模拟装置由动力驱动、压力转换和

传导、模拟心室及计量 3 部分组成。动力驱动采用主动脉内球囊反搏仪(Datascope sys. 83 IABP), 产生的真空负压和压缩空气通过输出管与一聚乙烯囊相连, 该囊置于充满液体的密闭有机玻璃容器, 该容器与带计量刻度的模拟心室(乳胶囊)通过连接管相连, 连接管上有 2 个接管孔, 分别作插导管及排气之用(图 1)。

2. 工作原理

IABP 产生的压缩空气及真空负压通过输出管作用于聚乙烯囊, 使之膨胀与回缩, 其体积变化通过容器内水的排出与回落致模拟心室的乳胶囊扩张、收缩, 乳胶囊的体积改变可通过计量管内水位变化的刻度记录。实验时动态收集乳胶囊扩张、收缩的图像。乳胶囊扩张, 计量管内液面上升, 缩小时, 液面下降, 分别代表心室的舒张与收缩。

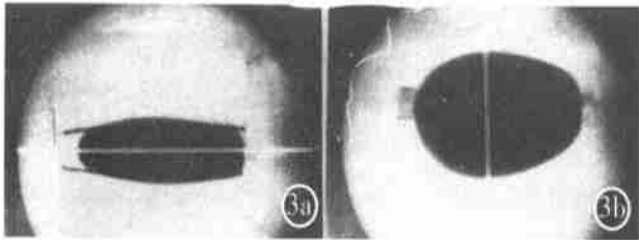
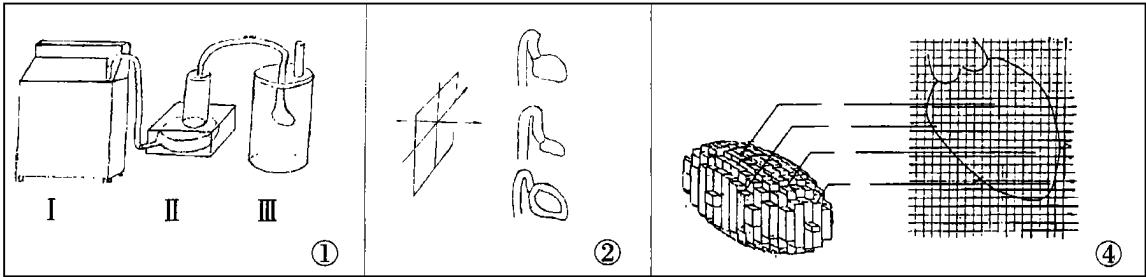


图1 心室射血分数模拟装置: ①iv动力驱动, ②压力转换和传导, ④模拟心室及计量。图2 单向造影面积测量法以二维平面像假设三难容积变化示意图。图3 单向造影面积测量法的EF值与投照角度和病变室壁关系模拟图: a) 凹陷腔壁与投照射线切线位; b) 凹陷腔壁与投照射线垂直位。图4 密度测量法以二维图像反映三维空间的体积变化示意图。

3. 造影设备及运算

东芝 KXO-2050 心血管造影机及 DFP-50A 减影装置, 造影及采像条件 320mA, 65~ 75kV, 512× 512 矩阵, 25 帧/秒, Mark-4 高压注射器。注射速率 5ml/s, 每次 10ml。计算方法: 单向造影面积法(Simpson's 法)和密度法采用 DFP-50A 心功能测定软件。本实验在测量时, 对显影腔内单位体积的造影剂密度值进行定量。在舒张末和收缩末图像上, 取乳胶囊与连接管处长 15mm、宽 10mm(连接管内径)为感兴趣区域(Region of Interest ROI), 测量该区域总密度值, 除以 ROI 的容积(圆柱体), 即得到该图像单位体积的密度值(D/ml), 以室腔总密度值(由计算机获得)除以该单位体积密度值, 得到腔内容积。双向造影面积测量法 $V_t = 0.928V_c - 3.8^{[1]}$, 放大率采用物体至增强器距离测量数值输入修正。

4. 实验设计

①模拟心室均匀收缩、舒张。经插入囊内的导管注入造影剂, 实时记录乳胶囊收缩、舒张时的容积。

②模拟显影腔内造影剂混合不均。在排气孔内插入另一导管, 于造影同时注入 10ml 生理盐水(球囊扩张期), 使腔内造影剂与水混和不均, 造影采像、计量同上。

③模拟局部室壁运动减弱。于乳胶囊侧壁粘贴一薄塑胶片, 使局部收缩减弱。取运动减弱囊壁与增强器垂直和切线位。

结果及意义

单、双向造影的面积法及视频密度法测量正常室

壁运动、局部室壁运动减弱及腔内造影剂混和不均时的室腔容积及 EF 值见表 1~ 3。

表1 室壁运动正常(造影剂混合均匀)

	EDV(ml)	ESV(ml)	EF(%)
实际容量	132	64	52
双向造影 (面积法)	140±10.0	71±2.0	49±3.2
单向造影 (面积法)	137±7.6	60±3.2	56±2.0
单向造影 (面积法)	130±9.3	59±2.0	55±1.8
单向造影 (密度法)	140±11.3	71±7.5	49±2.7
单向造影 (密度法)	138±6.1	67±5.7	52±2.8

表2 室壁运动正常(造影剂混合不均)

	EDV(ml)	ESV(ml)	EF(%)
实际容量	140	69	51
双向造影 (面积法)	145±6.1	67±2.0	54±3.1
单向造影 (面积法)	135±11.4	63±4.0	53±1.8
单向造影 (面积法)	141±6.9	72±3.6	49±3.6
单向造影 (密度法)	119±9.3	72±5.3	39±1.0
单向造影 (密度法)	121±11.3	73±5.4	40±1.7

表3 局部室壁运动异常(造影剂混合均匀)

	EDV(ml)	ESV(ml)	EF(%)
实际容量	115	57	50
双向造影 (面积法)	125±8.7	71±10.0	52±5.1
单向造影 (面积法)	110±10.0	60±8.5	38±2.1
单向造影 (面积法)	112±9.0	59±6.1	67±2.5
单向造影 (密度法)	121±8.5	71±7.2	58±3.1
单向造影 (密度法)	127±4.4	66±4.1	48±2.2

注: 表 1~ 3 中各数值为 3 次测量的平均值, 单向造影面积法和密度法项内两行数据分别为 2 个互相垂直投影像的测量值。

1. 双向造影面积测量法无论在正常室壁运动、局部运动减弱和腔内显影密度不均中, EF 实际值与测量值无显著性差异($P > 0.05$)。

2. 单向造影面积测量法在局部室壁运动异常时, 由于心室容积(主要是收缩末)与实际值误差较大, 致 EF 测量值过大(投射射线垂直病变区)或过小(投照与病变区切线位), $P < 0.01$ 。

3. 以密度法分别测量双向造影的 2 个投照体位室腔容积和 EF, 在造影剂混合不均时, 误差较著(主要是低估), EF 的 P 值 < 0.01 , 混合均匀时, 则不论室壁运动正常与否, 测量值仍有较高的准确性(各方法测量结果判断见表 4)。

表 4 各值结果判断

	室壁运动 正 常	局部室壁 运动减弱	室腔内造影 剂混合不均
双向造影 (面积法)	-	-	-
单向造影 (面积法)	-	++	-
单向造影 (密度法)	-	-	++

注:“-”差异无显著性,“++”差异非常显著。

讨 论

造影测量 LVEF 的常用方法有长度-面积法和视频密度法^[1, 4], 前者是几何学上的体积测量, 包括双向造影的椭圆体容积计算法和单向造影的 simpson's 计算法等^[1, 3], 后者则是计算机对某一设定区域内密度变化比率的测量^[4]。由于临床造影病例心室壁运动多样性(如局部室壁运动减弱和室壁瘤等), 导致心腔几何形态不规则改变以及所测心腔显影密度不均匀性(如左室造影经二尖瓣排入的不含造影剂血对腔内造影剂不均匀稀释), 影响了测量的准确性。

1. 室壁运动正常, 单、双向造影的面积法和密度法的应用价值

室壁运动正常时, 室腔的几何形态改变较规则。单、双向造影的面积测量法均有较高的准确性; 此时如腔内显影均匀, 密度法也具有较高的准确性。因此, 室壁运动正常, 单向左室造影的面积法或密度法能替代双向造影测量。

2. 局部室壁运动异常, 单、双向造影的面积法及密

度法的应用价值

单向心室造影的面积法是以二维的平面像假设三维容积的变化(图 2)。因此当局部室壁运动异常时, 单向造影面积法的 EF 测量值随投射射线与病变室壁的位置不同而不同(图 3a, b)。这是由于室壁运动减弱主要为收缩功能的下降, 收缩末室腔容积的测量值在垂直病变投照像上比实际值小而在切线位投照像则比实际值大, 舒张末容积均接近实际值。在双向造影的面积法中, 由于有另一体位室腔内径的修正、密度法则通过计算机对密度值的测量, 均仍保持较高的准确性。因此局部室壁运动减弱较著时, 需以双向造影(面积法)或单向造影(密度法)准确测量 EF 及心室容积。

3. 室腔显影密度不均, 面积法和密度法的应用价值

由于面积法为几何学的测量, 当室腔周壁显影良好时, 不影响单、双向造影面积法测量的准确性。密度法测量的前提是所测区域内无人为的显影密度缺损区, 尽管它能以单向造影图像通过密度差异检测, 较真实地反映三维空间的体积变化。但由于该方法仅能获得舒张与收缩期心腔内密度变化的百分比率; 且选择性左室造影经二尖瓣排入不含造影剂血形成腔内显影缺损区, 导致密度法测量 LVEF 的误差。实验显示其测量误差有高度显著性($P < 0.01$), 因此密度测量法不宜用于选择性左室造影。但当以静脉法行右房或右室 DSA 测量 LVEF, 则仍有较高的准确性。

参考文献

1 Dodge HT, Sandle H. The use of biplane angiocardiology for the measurement of left ventricular volume in man. Am. Heart J, 1960, 60: 762.
2 Kentaro Matsumura, Emiko nakase. Determination of Cardiac Ejection Fraction and Left Ventricular Volume: Contrast-Enhanced Ultrafast Cine MR Imaging Vs IV Digital Subtraction Ventriculography. AJR, 1993, 160: 979.
3 Mathias CD, Gerhard HM. Quantification of the Left Ventricular Volumes and Function with Cine MR Imaging: Comparison of Geometric Models with Three dimensional data. Radiology, 1993, 188: 371.
4 Trenholm BC, Winter DA. Computer Determination of Left Ventricular Volume Using Videodensitometry Med. Biol Eng Comput, 1972, 10: 163.

(1999-06-29 收稿)