

研究工作

体表因素同心脏关系的医学数学研究

王 立 乾

(兖州矿务局总医院, 山东省, 邹县)

提 要

用现代医学数学的方法, 对 3000 个原始数据进行分析研究发现, 在单因素状态下, 影响正常人心脏的三个主要因素是: 体表面积、体重和身高。三个次要因素是: 性别、年龄和舒张压。通过体表 10 因素逐步回归分析, 制定了心脏六个个体化标准公式, 通过内、外标本验证其正确率在 95% 左右, 高于国内、外现行的群体化标准。证实了国内统一标准中对男性室间隔厚度正常范围的规定欠妥, 应予修正。此个体化标准公式同国外类似公式作了对照。

由于超声心动技术的发展, 正常人心脏定量测量的标准已经形成。有人又以性别、或年龄、或体表面积确定人群组别的正常数据。要认识人群标准的科学性和局限性, 并进一步建立个体化标准, 判断心脏是否由于病理性因素所扩大, 并同现行传统判断方式进行比较。我们对 169 份病例, 3000 个原始数据, 用电子计算机处理, 初步获得了一些结果, 现介绍如下。

对象选择及数据采集

选择 100 例正常人作为内标本*。另选 69 例正常人和心脏病患者作为外标本**。

正常人, 从健康人群选取, 要求无心、脑、肾及高血压等慢性病史, 心脏望、扪、叩、听、X 线、心电图检查无异常者。然后, 对他们测量以下 10 个指标, 分别称为 $x_1 \cdots x_{10}$ 。

x_1 : 性别 (男为 1, 女为 0)。

x_2 : 年龄 (周岁)。

x_3 : 身高 (cm), 作为人体纵向指标, 脱鞋准确测量。

x_4 : 体重 (kg), 测量时脱掉外衣, 内衣估量扣除。

x_5 : 锁骨中线间距 (cm), 男性可用两乳头间距代替。端坐, 双臂自然下垂, 测量两锁骨中线间的距离, 作为人体横向指标。

x_6 : 胸骨长 (cm)。是从胸骨角到胸骨体下缘间的距离, 测量要求同 x_5 , 作为胸部纵向指标, 同 x_3 关系密切。

x_7 : 体表面积 (m^2), 由 x_3 和 x_4 计算而得, 属计算指标。公式:

$$x_7 = 0.0061x_3 + 0.0128x_4 - 0.1529$$

x_8 : 中指同身寸 (mm)。测量时用右手, 使中、拇指弯曲, 两指尖相接触, 近似呈圆形, 食指伸直, 测中指中节两指横纹之间的距离。

x_9 : 收缩压 (mmHg)。按 WHO 标准测量。

x_{10} : 舒张压 (mmHg)。按 WHO 标准测量。

因变量以 y 表示, 用“XJY-6 型心脏机能诊断器”对心脏进行 M 型超声探查, 按要求在各规定区拍摄照片, 用“ZD-20 显微阅读仪”按规定标准测量以下指标:

y_1 : 主动脉根部内径 (mm, 下同), 在四区

* 指参加形成个体化标准公式的标本。

** 指未参加形成个体化标准公式者, 而用于验证上述公式正确率的标本。

测量。

y_2 : 左心房内径,在四区收缩末期测量。

y_3 : 右心室舒张末期内径,在二 b 区测量。

y_4 : 左心室舒张末期内径,在二 a 区测量。

y_5 : 左心室后壁厚度,在二 a 区舒张末期测量。

y_6 : 室间隔厚度,在二 a 区舒张末期测量。

外标本中的病人,均有病史、体征、X 线及心电图异常,有相应的病理基础。外标本亦作 x 、 y 值的测量。

对优化方程进行实践检验,将内、外标本中每个人的体表因素回代入方程,电算出预测值并同实测值比较,计出内、外标本的正确率。同其它人群标准进行判定正确率的比较,观察其优劣性。

结 果

一、单因素对心脏的影响

如不考虑自变量(x)间的相互影响,仅比较每个 x 单独对 y (因变量)的影响,可比较标准回归系数的绝对值,绝对值大对 y 影响大;绝对值小对 y 影响亦小。标准回归系数按其绝对值大小顺序列于表 1。

从表 1 看出,对心脏影响居第一位的因素是 x_7 , x_7 对 y_3 、 y_4 、 y_6 的影响均居首位,对 y_1 、 y_5 的影响居第三位,对 y_2 居第四位,均呈正相关。对心脏影响居第二、三位的分别是 x_4 、 x_3 。而居第四、五、六位的分别是 x_1 、 x_2 、 x_{10} 。 x_1 对 y 呈正相关,故一般说男性心脏大于女性。正常范围的舒张压,主要影响同体循环有直接关系的左心房、左心室及室间隔。 x_5 、 x_6 、 x_8 、 x_9 对心脏影响甚微。

体表面积是由身高、体重算出,在计算标准回归系数时,没有考虑自变量的相互影响,故可同 x_4 、 x_3 同居重要位置。

表 1 自变量同因变量的标准回归系数

* Y(I)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y_1	0.427	0.364	0.353	0.318	0.238	0.217	0.205	0.172	0.157	0.102
	X_1	X_3	X_7	X_4	X_6	X_8	X_5	X_{10}	X_2	X_9
Y_2	0.285	0.262	0.239	0.225	0.203	0.165	-0.114	0.108	0.103	-0.001
	X_{10}	X_9	X_4	X_7	X_5	X_1	X_2	X_3	X_6	X_8
Y_3	0.472	0.221	-0.218	0.217	-0.206	-0.164	0.089	-0.085	0.047	0.041
	X_7	X_8	X_3	X_2	X_5	X_4	X_1	X_6	X_{10}	X_9
Y_4	0.279	0.271	0.268	0.233	0.228	0.208	0.174	0.125	0.113	-0.049
	X_7	X_4	X_3	X_1	X_{10}	X_3	X_6	X_9	X_8	X_2
Y_5	0.338	0.233	0.22	0.192	0.143	0.142	0.134	0.1	-0.098	0.095
	X_2	X_3	X_7	X_4	X_{10}	X_2	X_5	X_1	X_6	X_8
Y_6	0.304	0.299	0.236	0.223	0.219	0.2	0.185	0.148	0.114	-0.009
	X_7	X_4	X_1	X_8	X_3	X_9	X_{10}	X_2	X_5	X_6

* 此栏为按标准回归系数绝对值排序

二、逐步回归对自变量的选择

用 10 个自变量对每个因变量进行逐步回

归分析,当 F 检验值定为 3.3 时,优化方程选入变量: $y_1: x_1, x_{10}$ $y_2: x_2, x_4, x_{10}$ $y_3: x_2, x_8$ $y_4: x_2, x_5, x_{70}$ $y_5: x_2, x_3, x_{60}$ $y_6: x_6, x_7, x_{80}$

一般回归系数是有单位的，其绝对值不能彼此比较其对 y 影响的大小，逐步回归主要结果列于表 2。

表 2 逐步回归主要结果

$y(i)$	$b(0)$	$b(i)$			R	F
y_1	20.166	2.5 $b(1)$	0.244 $b(5)$		0.463	13.253
y_2	20.416	-0.037 $b(2)$	0.058 $b(4)$	0.074 $b(10)$	0.386	5.607
y_3	11.667	0.061 $b(2)$	0.25 $b(8)$		0.332	5.992
y_4	34.28	-0.085 $b(2)$	0.037 $b(5)$	8.626 $b(7)$	0.359	4.739
y_5	-1.521	0.042 $b(2)$	0.074 $b(3)$	-0.37 $b(6)$	0.458	8.50
y_6	3.715	-0.207 $b(6)$	2.359 $b(7)$	0.141 $b(8)$	0.374	5.188

注 $b(0)$: 常数项
 $b(i)$: 一般回归系数
 R : 复相关系数

用以上变量的一般回归系数，连同其常数项，组成 $y(i)$ 的优化回归方程，能否代表心脏信息，拟合程度如何，可通过优化方程同一般多元(10 元)方程的 R 、 F 值比较看出，(方法略)结果见表 3。

表 3 优化方程同一般回归方程 R 、 F 值比较表

y	优 化 方 程			多 元 方 程		
	R	F	P	R	F	P
y_1	0.463	13.253	<0.01	0.49	2.818	>0.05
y_2	0.386	5.607	<0.01	0.45	2.256	>0.05
y_3	0.332	5.992	<0.01	0.423	1.945	>0.1
y_4	0.359	4.739	<0.01	0.424	1.948	>0.1
y_5	0.458	8.50	<0.01	0.523	3.353	>0.01
y_6	0.374	5.188	<0.01	0.413	1.825	>0.1

从表 3 看出，优化方程选择了比一般多元方程少(7—8 个)的变量，有效的提高了方程的 F 值。以 y_1 为例说明，由 $b(1)$ 和 $b(5)$ 组成对主动脉的优化方程，代表了主动脉信息量的 46.3%(R)，用 10 因素的多元方程，提供给 y_1 的信息量为 49%，可见因素及计算量增加了四倍，而所提供的信息量仅增加了 2.7%。并可见优化方程选择了两因素，剔除了其它 8 因素， F 值由 2.818 提高到 13.253。可以得出结论，用 x_1 、 x_5 组成的优化方程，有 99% 的可靠性，代表

了主动脉的信息，是有显著性的($P < 0.01$)。
其它各因变量优化方程，其 P 值均小于 0.01，故亦可作出同样或类似的结论。

三、对选入变量的验证

优化方程选入的变量同标准回归系数居前三位对 y 影响显著的变量加以比较，见表 1 和表 2。可以发现，标准回归系数绝对值大的变量，在优化方程中未被选入；而绝对值小的却被选入了。最明显的是在标准回归系数中居第五位的 x_2 ，在优化方程中显然跃居第一位，而 x_6 、 x_7 、 x_8 、 x_{10} 几乎并列第二位。居标准回归系数第二的 x_4 ，在优化中几乎落选。用标准回归系数和逐步回归选出的变量，二者孰能更好地代表心脏信息呢？以 y_4 为例，将标准回归系数选出的变量进行多元回归其 $F = 3.427$ 、 $R = 0.311$ 。而 y_4 的优化方程 $F = 4.739$ 、 $R = 0.359$ 。显然以优化方程选出的变量代表心脏信息为好。

四、预报方程式

在逐步回归分析中，根据预定 F 值的不同和选取变量个数的不同，所得优化方程，选其 R 、 F 值最理想的录下：

$$\begin{aligned} Y_1 &= 20.17 + 2.50 X_1 + 0.24 \times 5 \\ Y_2 &= 20.42 - 0.07 X_2 + 0.06 \times 4 \\ &\quad + 0.07 X_{10} \\ Y_3 &= 11.67 + 0.06 X_2 + 0.25 X_8 \\ Y_4 &= 34.28 - 0.09 X_2 + 0.04 X_5 \\ &\quad + 8.63 X_7 \\ Y_5 &= -1.52 + 0.04 X_2 + 0.07 X_3 \\ &\quad - 0.37 X_6 \\ Y_6 &= 3.71 - 0.21 X_6 + 2.36 X_7 \\ &\quad + 0.14 X_8 \end{aligned}$$

以上公式所列变量的意义及单位同前，以下从实践方面检验其正确性。

五、实测值同预测值

对 100 例正常人的 y_1 — y_6 六个实测值及用预报公式算出的预测值，分别计算其最大值、最小值、均值和标准差，如表 4。

表 4 实测值同预测值比较

	最大值		最小值		均 值		标 准 差	
	预测	实测	预测	实测	预测	实测	预测	实测
y_1	33.87	34	19.17	20	26.79	26.87	2.54	2.84
y_2	34.65	35	16.77	18	26.19	26.44	3.60	3.31
y_3	26.25	30	17.99	15	20.01	20.04	2.34	2.46
y_4	54.48	56	33.26	33	38.2	45.73	4.74	5.06
y_5	12.08	13	5.72	6	7.62	8.37	1.46	1.61
y_6	10.74	12	5.31	6	6.34	8.41	1.39	1.45

从表 4 看出,正常人 y 值的最大值、最小值及均值,预测同实测结果是很符合的。这就表明,用每个人的预测值,作为其个体化标准,就整个正常人群而论,应该是适用的。这样,把某个人的体表因素,用优化公式,得出的预测值,加减二倍的标准差,作为该个体的正常范围,把这样的标准称为个体化标准。

六、个体化标准与统一标准的波动范围

统一标准^[2]与个体化标准的正常波动范围如表 5。从表 5 可以看出,个体化标准,大大缩小了正常值的波动范围,这是由于消除了年龄、性别、身高、体重等的差异。统一标准是人群标准,这就必然存在个体差异而导致有较大的波动范围,所以个体化标准对轻型病例能早期诊断,优于统一标准。

表 5 正常值波动范围表

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
统一标准	14	15	10	15	4.0	4.9
个体化标准	5.08	6.20	4.68	9.48	2.92	2.74

七、内标本的正确率

将超声心动图诊断标准和个体化标准公式输入计算机。100 例内标本的实测值,用不同的标准加以判断,最后确定各标准的正确率,并将个体化标准正确率同其它标准^[2,3-5]正确率两两进行显著性检验。对 100 例内标本个体化标准的判别 y_1 — y_6 的正确率,就 99% 的可靠性而言,一般没有显著差别。然而其正确率 y_2 、 y_3 、 y_6 个体化标准均高于其它标准, y_1 、 y_4 、 y_5 其正

确率也较高。至于 y_3 、 y_4 、 y_6 同统一标准有较明显的差异,主要与统一标准的范围较小有关(其它三个标准^[3-5]也反证了这一问题)。下面就这一问题进行分析(见表 6): 如 y_6 , 统一标准中男性标准,对内标本的判定正确率仅为 25%,同个体化标准正确率(96%)的 u 值为 9.59, $P < 0.01$,故二者有显著差别。统一标准中,男性心室间隔最小值 9.3mm,最大值 10.4mm,波动范围在 1.2mm 内(其它标准均在 4—6mm 内),这是不可思议的。也可以说用均值 9.85mm,加减二倍标准差的范围($S = 0.3mm$),要包括正常男性人群的 95% 以上,也同样是不可思议的,故该值应予以修正。

表 6 各标准室间隔厚度及标本判别正确率

标 准*		最小 值	最大 值	均值	标准 差	内标本 正确率	外标本 正确率
[3]标准		7	12	9		96	88
[4]标准		5	10	7.9	1.3	92	99
[5]标准		7	11	9		92	91
[2]标准	男	9.3	10.4	9.85	0.3	25	27.3
	女	6.9	11.7	9.32	1.2	96.9	93
个体化标准		5.31	10.74	6.34	1.37	96	97

* 下列的 [3]、[4]、[5]、[2] 标准即参考文献所列标准

八、外标本正确率

一套良好的预测公式,仅对内标本有良好的判定效果还是不够的。还必须对外标本有合乎要求的判定正确率,才有临床应用价值。69 例外标本: 其中正常人 19 例,各种心脏病 50 例,包括风湿性心脏病 15 例,心肌病 11 例,高血压性心脏病 9 例,动脉硬化性心脏病 6 例,先天性心脏病 4 例,心肌炎 2 例,左房粘液瘤、贫血性心脏病、风心合并高心病各一例。处理方法完全同内标本,其结果除个别项目外,个体化标准同其它标准,在 $P = 0.01$ 水平上,没有显著差别,但个别项目同某个其它标准,如 y_2 是有显著差别的,但个体化标准优于其它标准。

就外标本正确率而言, y_4 为 91%, y_1 、 y_3 分别为 93%、94%, 其它均在 95% 以上,根据统

计学要求,正确率在 95% 以上,就是很符合的。

外标本的 y_0 ,统一标准的正确率亦很低,仅 2.73%; u 值为 8.16; $P < 0.01$,同其它标准亦有较明显的差别,这也证明了以上提出的统一标准,男性室间隔厚度正常值应予修正的理由。

讨 论

一、本文以体表 10 个可测量因素作自变量,以 M 型超声的 6 个常用参数作因变量,分析了心脏房、室及大血管等同体表因素的相关性,在不考虑自变量相互影响的前提下,单因素对心脏的影响大致可分为三类: 1. 重要的: 体表面积、身高、体重。2. 比较重要的: 性别、正常范围的舒张压、年龄。3. 影响甚微的: 正常范围的收缩压、锁骨中线间距、胸骨长、中指同身寸。

这就不难看出,在现行探讨人群心脏指标的资料中,为减少个体差异的影响,以单因素如性别、或年龄、或体表面积分组,比不分组法要适用、科学;本文也说明,这种单因素分组法,所能消除的个体差异是很有限的。

二、人们常说: 一个人的心脏、同他自己的拳头大小相似。这就是心脏粗略的个体化标准。人作为一个整体,心脏的大小同很多因素有关,基于这种观点,用多因素逐步回归分析,建立个体化标准,比单因素法更科学。用内、外标本回代人公式,取得了 95% 左右的正确率,优于现行的单因素标准。

三、本文验证了“人体各部位超声探查方法和正常统一标准(草案)”^[2] 中的正常男性室间隔厚度范围,发现它是不妥当的,适用性太小,判定正确率太低。我认为: 最小值以 7 mm、最大值以 12 mm、均值以 8.14 mm、标准差以 1.33 mm 较为适宜,本文介绍的个体化标准 y_0 公式也较为适用。

四、探讨个体化标准,国外也曾有人进行过这方面尝试^[6],但没有命名。Popp RL (1982) 提出了从体重和年龄预测正常超声心动图测量数值的方程式:

$$\text{左室舒张末期内径 (mm)} = 22.4 \text{ 体重 (kg)}^{+0.213} - 0.03 \text{ 年龄} - 7.2 \pm 12\%$$

$$\text{左室收缩末期内径 (mm)} = 1.42 \text{ 体重 (kg)}^{0.213} - 0.03 \text{ 年龄} - 4.1 \pm 18\%$$

$$\text{室间隔厚度 (mm)} = 1.88 \text{ 体重 (kg)}^{0.32} + 0.03 \text{ 年龄} + 1.5 \pm 18\%$$

$$\text{左室游离壁厚度 (mm)} = 1.92 \text{ 体重 (kg)}^{0.32} + 0.03 \text{ 年龄} + 1.1 \pm 16\%$$

以上用体重和年龄两因素预测心脏的四个指标,应当说其方法是可取的,然而只用固定的两因素进行预测,其效果肯定不如多因素所形成的个体化标准公式。

五、个体化标准所预测出的人群最大值、最小值、均值同其它标准基本一致,故个体化标准有广泛的人群适用性,有较高的人群正确率。而某个人的个体化标准波动范围,只有人群正常波动范围的 $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$,这正是消除了个体差异

所致。

由病理性因素引起心房、室及大血管的体积已经扩大,但尚未超出群体标准最大值的病例,其它标准是无能为力的,这可显示出个体化标准独到的优越性和先进性。

六、该标准的 y 值,由 M 型超声所得,故公式完全适用于 M 型超声的心脏测量,对 B 型超声亦有参考判定价值,本文探讨个体化标准的方法,亦适用于其它内部脏器,如: 肝、脾、肾等个体化标准的制定。

参 考 文 献

- [1] 黄正南等:《医用多因素分析》,湖南科技出版社,16, 1980。
- [2] 徐智章等:《中华物理医学杂志》,3, 183, 1980。
- [3] 董承琅,陶寿洪:《实用心脏病学》,上海科学技术出版社,211, 1978。
- [4] 张楚武等:《超声心动诊断学》,新疆人民出版社,36, 1978。
- [5] 林永福等译:《超声心动图学》,科学出版社,146, 1978。
- [6] Popp RL: *Am. J. Cardiol.*, 5, 1312, 1982。

[本文于1986年9月6日收到]