DOI:10.16016/j.1000-5404.1981.02.009

100例原发性高血压患者血液动力学分析

第三附属医院内科 李华林 李言让 储 伟 侯 凡

野战外科研究所 陈惠荪 陆松敏 刁有芳 范成国 蔡为福

任何原因的高血压最终都归结为心输出量和外周阻力的平衡失调。为了研究高血压病人血液动力学平衡失调的实质，我们采用了直接式电阻抗容积描记法测定100例高血压病人和104例正常人的心输出量及其它有关指标，探索高血压病人的血液动力学分型及其对指导治疗和判断病程的作用。

对 象 及 方 法

病例选择：

100例原发性高血压病人，均收住院检查，作胸透、眼底检查、心电图及运动试验、血、尿常规、血脂及血钾、钠、尿钾、钠及血浆肾素活性检查。按不同年龄分青年(20—30岁)，中年（31—49岁）及老年(>50岁)三组。高血压分期标准采用1974年全国高血压分期标准。对照组正常人104人，男61人，女43人，年龄在20—64岁，经询问病史、查体、测血压及心电图检查均正常，排除心血管系统疾病。

检查方法：

心输出量测定于饭后约2小时进行，患者取坐位。测定时室温约20℃左右，首先测定安静时血压，然后卧床休息15分钟，取坐位测定心输出量，随后作双倍二级梯运动试验后立即再测心输出量及血压。检查前均停服降压药2周。

测定用的仪器为XLJ-2型双导血流图机及双导心电图机KS-200型，二者相连同时描记电阻抗容积图和心音图。用1.5cm宽镀银带状电极，两个发射电极置于上颈部和右小腿，两接受电极置于下颈部（喉结下）和第五肋缘下，均环绕一周，记录时受试者短暂摒气，纸速每秒50毫米，按Kubicek公式计算心输出量：[3][4][5]

$$Q = P \times \frac{L^2}{R_0^2} \times \triangle R \times f$$

Q：心输出量（毫升/分）

P：血液的导电系数（153欧姆·厘米）

L：接收电极间距离（厘米）

△R：电阻抗的变化

$$= 0.05\text{欧姆} \times \frac{\text{血流图波高}}{\text{标准信号波高}}$$

其中0.05欧姆为血流图机提供的标准阻抗。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

R_0：基础阻抗（欧姆）　f：心率（次/分）

总周围阻力采用下列公式计算：

$$\text{总周围阻力（T·P·R·）} = \frac{\text{平均动脉压(mmHg)}}{\text{心排血量（毫升/秒）}} \times 1332\text{达因·秒·厘米}^{-5}$$

平均动脉压＝舒张压＋1/3脉压

$$\text{心指数} = \frac{\text{心排出量（升/分）}}{\text{体表面积（平方米）}}$$

心排血量和总周围阻力的高值与低值的区分标准为：高值≧均值＋2SD，低值≦均值－2SD。

实验结果

一、高血压分期分布：属Ⅰ期者48例，Ⅱ期51例，Ⅲ期1例。

二、高血压按肾素分型：按本院的血浆肾素活性正常值分高、正、低三种，低肾素型50例（占50%），正常肾素型47例（占47%），高肾素型3例（占3%）。

三、104例正常人心输出量等有关指标用均数±标准差表标（下同），见表1。

四、100例高血压病人的心输出量等有关指标见表2。

表1　104例正常人心排血量等（平均值±标准差）

组别	例数	平均年龄(岁)	平均血压(mmHg)	运动前 心率 次/分	运动前 心搏量 毫升/次	运动前 心排出量 升/分	运动前 心指数 升/分·米²	运动后即刻 心率 次/分	运动后即刻 心搏量 毫升/次	运动后即刻 心排出量 升/分	运动后即刻 心指数 升/分·米²
男青年组	20	25.6	112/72	71±12	77.5±24.0	5.337±1.344	3.237±0.667	84±14	71.5±19.2	5.984±2.373	3.658±1.170
男中年组	23	39.7	119/73	74±11	67.0±17.2	4.911±1.106	2.929±0.697	85±15	67.3±16.0	5.509±1.720	3.398±0.915
男老年组	18	56.1	118/73	71±11	60.9±15.2	4.316±1.260	2.499±0.958	79±12	67.4±9.5	5.391±1.745	3.263±1.231
女青年组	17	24.9	103/66	73±10	64.8±13.5	4.703±0.981	3.107±0.811	92±18.7	68.0±16.6	6.054±0.990	4.109±0.640
女中年组	13	42.8	106/70	75±4	57.3±12.2	4.325±1.175	2.999±0.780	88±17	66.0±17.9	5.748±1.591	3.956±0.535
女老年组	13	53.8	115/75	71±11	48.5±24.5	3.425±0.681	2.439±0.487	79±10	5.31±10.8	4.217±1.081	2.946±0.707
正常人总平均	104	42.0	113/72	72±10	64.1±17.7	4.597±1.244	2.891±0.801	84±16	65.4±20.3	5.423±1.705	3.491±0.972

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.

表2　100例高血压病人的心排血量等（平均值±标准差）

组别	平均年龄	实验条件	平均血压 (mmHg)	心率 次/分	心搏出量 毫升/次	心排出量 升/分	心指数 升/分·米²
女中年组	43.0	运动前	159/99	78±2	50.6±4.1	4.193±0.250	3.742±0.162
n=41		运动后	161/96	98±3	58.1±2.3	5.614±0.355	3.739±0.233
男青年组	25.8	运动前	135/86	87±18	52.1±2.04	4.430±0.95	2.808±0.60
n=5		运动后	151/96	102±32	52.6±12.3	5.135±0.91	3.223±0.58
男中年组	43	运动前	161/101	78±4	53.4±3.6	4.073±0.247	2.540±0.153
n=19		运动后	157/100	87±5	61.0±3.9	5.067±1.179	3.074±0.735
男老年组	56.5	运动前	172/102	72±2	54.8±2.5	3.973±0.231	2.466±0.146
n=32		运动后	170/101	87±2	62.4±2.8	5.351±0.289	3.331±0.191
全部高血压病人	42.0	运动前	163/98	76±13	52.7±19.8	4.083±1.370	2.618±0.886
n=100		运动后	158/95	92±19	60.7±18.3	5.454±1.996	3.468±1.290

讨　论

一、关于实验方法：

电阻抗容积描记法测定心排出量，在国外已广泛使用[2][3]，国内也在推广使用[1][6][7][8]。关于实验方法的精确性国内外已作了许多工作，Demange 将其和染料稀释法相比较[5]；法国里昂心脏病医院将其和同位素稀释法相比较，日本吉良氏将其和电磁流量法相比较[2]；国内沈氏将其和电磁流量相比较都得到显著相关的结果。

作者在19条狗同时用电阻抗容积描记法和染料稀释法测定心排出量，发现二者显著相关[9]。然后又用此法测定26条狗（体重10kg左右）心排出量平均值为1.523升/分，18只家兔（平均体重2.4kg）心排出量平均值为218毫升/分，与 Odaira 报导数字完全一致。又测定9只猴（平均体重3.8kg）心排出量平均值为167毫升/公斤·分。

本实验用电阻抗容积描记法测104例正常人平均心排出量为4.597±1.244升/分，和吴襄报告结果完全一致，本组实验数据比较集中，能够反映出不同年龄和性别在不同生理条件下心排出量改变。因此我们认为非侵入性的电阻抗容积描记法所测得结果是可信的，是一种简便易行能重复测定和比较，可在临床研究中推广使用的方法。关于方法问题在“电阻抗容积描记法测定104例正常人心排出量”一文中已评述[10]。

二、关于100例高血压病人与104例正常人在心排出量等血液动力学方面比较：

在安静状态下高血压组的总外周阻力非常显著高于正常组，其分别为2709.29±1381.8达因·秒·厘米$^{-5}$与1598.4±239.76达因·秒·厘米$^{-5}$（$0.01<P<0.05$）；高血压组的心率显著快于正常组分别为76.4次/分与72.3次/分（$0.01<P<0.05$）；高血压组的心排量均非常显著低于正常组，分别为4.083±1.370升/分与4.597±1.244升/分（$P<0.01$）。双倍二级梯运动试验后，高血压组平均心率增加更多，两组比较相差非常显著。但运动后高血压组和正常人组之间在心搏出量，心排出量及心指数方面相差不显著（$P>0.05$），详见表3。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

表3　高血压组和正常组比较

实验条件	比较项目	平均数±标准差 正常组	平均数±标准差 高血压组	例数 正常组	例数 高血压组	t	P
运动前	外周阻力	1598.4±239.76	2709.29±1381.8	100	100	7.93	<0.01
	心率	72±10	76±13	104	100	2.5111	0.01<P<0.05
	心搏量	64.1±17.7	52.7±19.8	104	100	4.3275	<0.01
	心排出量	4.597±1.244	4.083±1.370	104	100	2.7237	<0.01
	心指数	2.891±0.801	2.618±0.886	104	100	2.5265	0.01<P<0.05
运动后	心率	84±16	92±19	76	100	3.1147	<0.01
	心搏量	65.4±20.3	60.7±18.3	76	100	1.5846	>0.05
	心排出量	5.423±1.705	5.454±1.996	76	100	0.1101	>0.05
	心指数	3.491±0.972	3.468±1.290	76	100	0.1338	>0.05

按年龄分组比较，高血压组的心搏出量、心排出量和心指数均低于正常组；心率则快于正常组，其中以男中年组的心搏量及男老年组运动后心率改变，两组间相差显著。

由于正常人按年龄分组其心搏量及心排出量是有差异的；是随年龄增加而递减，所以在判断高血压病人的心排出量是否正常时应与同年龄组的正常人的数值相比较为宜。

三、关于100例高血压病人心排出量等血液动力学改变：

高血压病人的心排出量和外周阻力的变化，一般认为轻度高血压心排出量增高而总周围阻力正常或略低；重度高血压则为低心排出量高外周阻力；中期高血压则介于二者之间。本文结果亦大致如此。

100例高血压病人中属高血压Ⅰ期者有48例，属Ⅱ期者51例，属Ⅲ期者1例，100例高血压患者分期比较其血液动力学详见表4，随着分期进展，表现为心排出量逐渐降低；总外周阻力逐渐增高。Ⅰ期和Ⅱ期在心排出量和总外周阻力之间比较相差均非常显著（P　0.01）。Ⅲ期患者仅一例，不便比较。

表4　100例原发性高血压患者分期血液动力学比较

	正常组	高血压组 总例数	Ⅰ期	Ⅱ期	Ⅰ、Ⅱ期间比较
例数	104	100	48	51	
平均动脉压（毫米汞柱）±SD	84.5±11.79	121.7±13.81	117.53±13.42	125.8±13.2	t=3.09 P<0.01
心排出量（升/分）	4.957±1.244	4.083±1.370	4.532±1.14	3.56±1.13	t=4.28 P<0.01
总外周阻力（达因·秒·厘米$^{-5}$）	1598.4±239.74	2709.29±1381.8	2170.1±136.6	3065.8±1013.9	t=6.21 P<0.01

100例高血压病人血液动力学各指标间相互关系显示平均动脉压与心排出量之间相关但无统计学意义（r = −0.049，P≧0.05），平均动脉压与总周围阻力呈正性相关（r = +0.291，P<0.01），心输出量与总周围阻力呈明显负相关（r = −0.866，P<0.01）。结果和沈氏报道一致[1]。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.

分期与血液动力学改变的关系

	正常心排正常阻力	正常心排高外周阻力	高心排正常阻力	低心排高外周阻力
Ⅰ期 n=48	27%	56%	17%	0
Ⅱ期 n=51	6%	59%	7%	28%

从表中可看出，原发性高血压病人Ⅰ期和Ⅱ期均以正常心排出量高外周阻力为主，属于所谓阻力型，治疗宜采用β-阻滞剂或血管扩张剂。属高心排正常阻力者，Ⅰ期有17%，Ⅱ期有7%，此型病例中大部分可认为是容量依赖型，尤其是Ⅱ期病例，治疗以首选利尿剂为宜。但对于Ⅰ期的高心排正常阻力者，可考虑有部份是由于心脏等因素导致单纯心排出量增高而产生高血压，可能不存在血容量的增多。这种病例多是轻度的或高血压早期或青年高血压患者。

表5　100例高血压病人心排量及外周阻力的分布

		例数			百分比(%)		
		高	正常	低	高	正常	低
心排出量	Ⅰ期	7	41	0	15	85	
	Ⅱ期	4	34	13	8	67	25
	Ⅲ期			1			
	合计	11	75	14	11	75	14
总外周阻力	Ⅰ期	30	18	0	62	38	
	Ⅱ期	45	6	0	88	12	
	Ⅲ期	1					
	合计	76	24		76	24	

从表5中看出，Ⅰ期病人中正常心排占85%，高排者占15%。无一例低排。Ⅱ期病人中正常心排为67%，较Ⅰ期为少，低心排占25%，说明心排随分期进展而降低。Ⅰ期病人属高外周阻力者占62%，而Ⅱ期则增至88%，说明外周阻力随分期进展而加重。高血压病人随着病程发展由正常心排高外周阻力逐渐向低心排高外周阻力方向发展。

高血压患者心排量在运动前后的变化可从表3看出，其运动后心排出量较安静状态有明显增加，从4.083±1.370升/分增至5.454±1.996升/分，而正常人运动前后心排出量分别为4.597±1.244升/分和5.423±1.705升/分，其增长量不如高血压病人显著，表明高血压患者心功能正常时，运动后由于心率增加较正常人增加为多，以及心室肌肥厚收缩有力，使心排出量增加显著。所以当高血压患者运动后心排增加较少或接近运动前数值则表明心功能已受损，若运动后反比运动前降低则受损较重，本组中有2例属此种情况，其症状较突出。所以比较患者运动前后的心排出量变化可作为判断其心脏功能的一种方法。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

四、高血压病人心电图改变与血液动力学改变的关系

100例高血压病人有心电图异常者60例，其中左室肥厚者23例，左室肥厚伴劳损者 5 例，有慢性冠状动脉供血不全者17例，束支传导阻滞者 5 例；心电图运动试验（双倍二级梯运动试验）阳性者30例。心电图改变及血液动力学改变两者的关系见下表：

血液动力学分型与心电图改变之间的关系

	正常心电图	左室肥厚	左室肥厚伴劳损	供血不全	束支传导阻滞	其它变化	运动试验阳性
正常心排正常阻力 n = 19	8	1	1	2	3	3	3
正常排出量高外周阻力 n = 58	28	11	3	11	1	2	13
高排出量正常阻力 n = 9	2	5	0	1	0	0	3
低排量高外周阻力 n = 14	0	6	1	3	1	0	11

本表中22个病人同时兼有两种异常心电图改变。

从表中可见，心排及阻力均正常者其心电图以正常为主；正常心排高外周阻力者异常占50%(左室肥厚及供血不足)；高排出量者以左室肥厚为主；低排高阻型则心电图100%异常，且其运动试验阳性占80%，在运动试验阳性的30例中有24例均属高外周阻力，其中有11例属于低排高阻型，占全部低排高阻型的71.5%。心电图及其运动试验的结果和血液动力学的改变是一致的，都能反映心脏受损程度，但心脏受损只有发展到一定程度才会出现心排出量的明显下降，所以高血压病人，一旦表现为低排出量则必然提示其病情较重，症状较明显。在14 例低心排出量的高血压病例中，有心电图异常者达 71.4 % (10/14)，有心电图运动试验阳性者达85.7% (12/14)，有胸透异常者达71.4% (10/14)；全部属Ⅱ期高血压。所以我们认为测定高血压病人心排量是一种较可靠的，简便易行判断高血压病人心功的检查方法。不存在心电图运动试验的假阳性问题，在临床上可配合其他检查对某些心血管疾病的诊断，判断病程、疗效及预后等方面可提供一定的参考价值。

五、100例高血压按肾素分型分析其血液动力学变化，不同肾素组之间是存在差异的。属高心排出量者以低肾素组为多，占12%，正肾素组中占 6 %，而高肾素组中则无一例。相反，高外周阻力则以高肾素组为高，高达 100 %，而低肾素组为70%，正肾素组为75%。这种差异可能反映出体内肾素对体内容量及血管阻力的影响。在低肾素组中有一部份可能是容量依赖性的，故其心排出量可以较高。而高肾素组则血管阻力因素的作用较重要。

电阻抗容积描记法测定心排血量，从动物试验检验其结果是可靠和稳定的，在 104 例正常人所测得的结果与文献报导一致。

100例原发性高血压的心排出量及总外周阻力与正常人相比，相差均非常显著（$P < 0.01$），按分期比较，Ⅰ期和Ⅱ期病例在心排出量及总外周阻力方面相差非常显著（$P < 0.01$），随高血压分期进展心排出量逐渐下降，总外周阻力逐渐增高。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

电阻抗容积描记法测定心排出量是一种无创伤，简便易行而又可重复进行的方法，对了解原发性高血压的血液动力学改变；对病程及疗效的判断；对指导治疗均有重要参考价值。

主要参考文献

（1）沈家琪等：原发性高血压患者血液动力学变化的临床分析。上海医学 3:23，1980。

（2）心输出量的简易测定法，载人航天1974年第四期P28—P35（引自“电子医学”译文通卷18号，164页）

（3）Demange J, et al: The possible use of electrical plethysmography in erogonomic studies applied to the armed forces. Revue des corps de santé 13(2):187, 1972

（4）Periced J, et al: Evaluation of non-intrusive methods for cardiac flow measurement. Revue de médicine Aéronautigue et spatiale 4 th Quartev 1968

（5）Vettes B, Demange J, et al: Hemodynamie response ob man to gradual ebbort as measured by means o an exteznal pzocess capable of being tuzned to account for the selection and control of aerospace personned, Revue de médecine Ae'ronautigue et spatiale n⁰ 39 1791 (Journal of Aerospace me'dicine)

（6）邓开伯：应用无创伤性阻抗法测定心输出量和心指数及其临床意义。心脏血管疾病2:115，1978

（7）邓开伯：冠心病阻抗微分波特征的初步分析。中华心血管病杂志3:205,1979

（8）沈幼棠等：用电磁流量法和阻抗法测定心搏量的比较。中华医学（外文版）2:79，1979

（9）三医大外研所二室：直接式电阻抗容积描记法和染料稀释法测定心排出量的相关和回归关系（待发表资料）

（10）陆松敏等：电阻抗容积描记法测定104例正常人心排出量（待发表资料）

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.