

## · 学术探讨 ·

## 中医脉诊位数形势属性的检测方法探讨\*

徐元景 牛欣

脉诊是中医的一项传统的重要诊法,脉诊的现代研究是结合医学的一个重要组成部分,脉诊数字化的客观指标,可以规范脉诊术语,交流脉诊经验和研究成果,促进中医脉学的现代化,利于中医的国际化交流和推广,作为中医医疗病历的重要组成部分,数字化脉诊图具有可记录性、可重复性,在解决科研、临床、医疗纠纷中具有重要的文献价值,有利于初学者掌握和推广脉诊技术,适用于新兴的远程医疗和网上会诊。

传统中医将脉象分为 28 种基本常见脉象、10 余种“怪脉”和为数众多的复合脉,分类的标准不统一。历来就有主张将脉象分纲别类的论述,如晚清医家周学海提出:“盖求明脉理者,须将位、数、形、势四字讲得真切,便于百脉无所不赅,不必立二十八脉名可也。”但中医脉象的“位数形势”属性必须落实到具体的生物物理学属性,才有可能找出它们的客观规律。

## 1 脉象的“位数形势”属性及产生机理

现代中医取脉多取寸口脉,其主要切取的是桡动脉的一段,桡动脉在腕部皮下组织的深度、搏动的强弱、桡动脉的管径、桡动脉管壁的弹性均因人而异,桡动脉在搏动时,受到从动脉血管壁传播而来的心脏搏动的波动、从远端小血管反射回来的动脉反射波和血液对动脉壁的冲击的影响,会形成桡动脉的径向扩张和轴心运动。动脉血中的成分、血液流变学特性也具有个体差异,这些生物学的特性形成了中医复杂多变的脉象的基础,因此客观描述一种脉象也需要考虑多种因素和多学科的知识。

中医脉象的“位”的属性描述脉象位置的浅深,体现为中医脉浮、脉沉两方面。脉浮的形成,多因外邪侵袭肌表,体内卫阳之气奋起反抗,故脉气鼓搏于外,管径扩张、轴心位移的增大,进而造成脉浮;生理情况下的脉浮,是脉动位置较浅之故。以上均可以从管径、轴心位移,特别是管周组织的力学性质的改变规律来加以解释。沉脉主里,从病机来讲,里实之脉沉多因邪伏

于里,正气被遏,气血困聚于里,体表气血减少所致,使脉气不能充达于外;而里虚之脉沉,系因正气不足,鼓动无力,脉气失于敷布,失于升举。无论何种脉沉,在桡动脉局部表现出的脉动信息,总归是管径的变小、轴心位移的减小,以及管周软组织的力学性质及厚度不同程度的改变。造成这些局部特征的动力因素,除了各种病证引起全身自主神经功能改变以及心血管功能的影响外,在桡动脉局部主要是管壁主动张力的增加,管周组织的基础紧张度增高,因而对桡动脉的束缚作用加强。在桡动脉内部,由于血流速度和加速度的改变,径向的被动扩张和轴向的被动伸展均受到了束缚,故脉动位置深沉,蛰伏于皮下筋骨之间。

中医脉象的“数”的属性主要指脉搏的频率和节律。中医 28 脉中,迟脉、缓脉、数脉、疾脉和结、代、促脉主要由此属性来描述。脉的至数和节律取决于心脏的心率和节律,一般是“心动脉应”。心率或律的改变必引起同样的脉率/律的改变。因此脉律不齐的原因,从心律不齐的原因中即可得到;但脉律不齐发生后寸口局部的血管运动情况、血流动力学改变的规律可结合其他属性的变化规律,从大量临床资料的测量分析中寻找答案。

中医脉象属性中所称的“形”和“势”是指脉的波动形态和趋势状态,形与势是中医指下最具特色、描述最多,难以截然分开且难于检测计量的两个概念,它包含了脉动的多种物理量。

脉“形”的大、小、长、短属性是脉诊指下最基本的指感形态。从研究寸口桡动脉局部的运动规律考虑,对脉形的“大、小”的脉,突出其“大”这一具体性质,暂以指感脉道宽度作为标准。脉体“长、短”则以切诊定其三部的搏动范围,确定能否满部与不足而定出。28 脉中,以脉宽度为主要特征的有洪脉、大脉和细脉;以脉长度为主要特征的有长脉、短脉。

脉势描述脉的活动趋势,又可以细分为脉的力度(虚实)、流利度(滑涩)和紧张度(弦濡)。虚脉举之无力,按之空豁,实脉举按均有力,故鉴别二者当根据举、按、寻三种脉图综合判断。滑脉往来流利,应指圆滑,脉滑变时血流阻力下降、脉管径向扩张率大,常常伴有脉位偏浮,脉率偏数,脉力偏胜,涩脉脉细而行迟,往来艰涩,脉涩变时心输出量下降、血流量减少、流速减慢、

\* 国家自然科学基金资助项目(No. 39970884),2001 年国家中医药管理局重点课题,教育部网上合作中心课题

北京中医药大学(北京 100029)

通讯作者:徐元景, Tel: 010-64286010, E-mail: webabout@yahoo.com.cn 万方数据

动脉血管顺应性降低,这些变化均可客观定量地测出。

### 2 基于脉搏压力图的脉诊“位数形势”属性研究

“位”是脉象显现的空间位置,对每一位受试者的脉均加以 3 种固定的压强,以模拟中医切脉时手指加在受试者桡动脉上举、按、寻的过程,并分别记录下此时的脉搏图像。可以看出不同取法压力下,所采得的压力脉图的波形高度(HAB)是不同的。根据文献资料,脉诊最适压力为浮取 10kPa;中取 15kPa;沉取 20kPa。根据脉波的主波高度变化与所加压力变化做出取法-波高曲线,可以得出最适的取法压力。图诊脉时通过判断在何种压强下,脉图主波最高,可以得出脉位“浮—沉”的属性。

为了实现取法-波高曲线,要求压力传感器提供两种压力(再换算为压强)信息:静压力和脉动压力。在较早的研究中,受传感器的测量能力限制,我们曾经使用在脉动压力传感器后的加压气囊中打气加压,测定气囊中气压值,再换算为静压力。目前已经可以使用一个传感器组件同时取得两种压力的信号,大大简化了测量手续,提高测量精度,在相关软件配合下实现了信号实时采集和属性分析。

“数”用压力脉搏波的频率和节律即可描述,借助心电图可以比较容易的实现。数脉为 90 次/min 以上,迟脉不足 60 次/min,平脉为 60~90 次/min,疾脉为一息七至(约 120 次/min 以上),它们之间可以用 QRS 波群的频率来量度。结脉为脉率比较缓慢而有不规则的歇止,代脉为有规则的歇止,促脉指脉率较快或快慢不定,间有不规则的歇止。三者之间也可以通过 QRS 波群的频率和节律来区分。

“脉”形的大、小、长、短属性用压力传感器点阵检测最为合适,由于受传感器的尺寸和制造工艺的限制,大多数研究者采取的是用压力传感器独取“关脉”的方法,脉形的探测进展不大。近年来有金观昌<sup>[1]</sup>报道使用 PVDF(聚偏二氟乙烯)薄膜做成 3×4 和 9 个测量点排成一列的两种传感器点阵,可以检测到寸、关、尺三部脉和脉的宽度信息。由于 PVDF 材料静态感应电压不随静态压力改变而改变,因此得不到取脉的静压力,使其应用受到一定的限制。但是这一新材料的应用为中医脉象传感器解决了方便而廉价的脉宽信息提取的问题,所以仍受到研究者的关注,如果与其他的脉搏传感器联合应用有广阔的前景。

“脉”势”的虚、实属性可以从脉图“举、按、寻”曲线中脉力随指压增加而变化的趋势中得出:脉虚时轻取指感有力,稍加压力时指感立即减弱或消失,脉图为无根型;脉实时指压增加而指感脉力不减,脉图为满

实型。

对于单探头的脉搏波传感器,可以借助心电图、心音图描记出 QRS 波群的 Q 波起点与脉搏波的主波起点的时间差,结合体外测量相应的血管长度,可以计算出脉搏波的传导速度;如果有寸、关、尺三部脉同时采取的脉搏波传感器,测定脉搏波的传导速度可以更直接。根据脉搏波的传导速度可进一步表征出血管的弹性系数。一般认为弦脉时动脉顺应性降低,而滑脉时动脉顺应性增加。王炳和<sup>[2]</sup>报道脉搏波传导速度为平脉 6.38m/s、滑脉 6.53m/s、弦脉 7.74m/s、细脉 5.88m/s;弦脉脉搏波的速度比平脉有显著性的增大、细脉有所减小、而滑脉与平脉相比差异无显著性。脉搏波的传播速度与动脉壁的杨氏模量密切相关,动脉内压增加时,管壁的杨氏模量 E 也将变大, Frank 指出,增加平均动脉压会使动脉脉搏波速度增大。动脉硬化(E 变大)者比同年龄阶段的正常人明显增大,脉象多呈现出弦脉。另外,从脉图的时域分析也可以鉴别各种脉型,弦脉的脉图端直劲急,呈宽大主波;滑脉脉图呈双峰波;涩脉主波低平,升降均缓且有顿挫。

### 3 基于现代影像学的脉诊“位数形势”属性研究

表征脉的相对位置、大小、长短和运动轨迹的最直观的方法是应用现代影像学的手段,如超声、CT、核磁等。牛欣<sup>[3]</sup>利用彩色 Doppler 超声成像技术检测到寸口桡动脉等处血管的径向张缩、轴向收缩和轴心位移组合成的三维运动,提出与脉管三维运动有关的脉象变化规律(1)脉位浮、沉变化时桡动脉的径向扩张、轴心位移程度以及管上组织厚度均有改变(2)脉形的大小与脉管直径的大小以及脉管的轴心位移的大小有关。脉体长者,桡动脉在寸、关、尺三部的搏动范围大,轴向伸长量也大,脉体短者所测得的搏动范围和轴向伸长量均小,脉形弦者,脉管搏动范围和轴向伸长量也较大。(3)脉势实变者寸口桡动脉的径向扩张率、轴向伸长量、管壁的搏动范围以及轴心位移的程度均较大;脉势虚变者,寸口桡动脉径向扩张率较小,管径的椭圆程度较大,轴心位移可以减小或增大。同时应用该技术还可以在活体上直接观察到中医所谓的“斜飞脉”、“反关脉”及在寸口处并行的“双管脉”。

赵玉霞等<sup>[4]</sup>利用多普勒超声心动图对弦脉、滑脉、弦滑脉、涩脉和平脉 5 个脉象组的 10 项血流动力学指标进行了对比分析,从心输出量、周围血管阻力和左室射血时间等方面探讨了这些脉的异同。

虽然现代影像学的检测方法可以直观地看到桡动脉的搏动和血液的流动,但是它的检测费用昂贵、手续

复杂,不适合大量地推广应用,一般只是用于脉象形成机理的研究。

#### 4 其他分析方法在脉的属性研究中的应用

中医从《内经》时代就提出遍诊法,如“三部九候法”等,从理论上说,在生物体的多个部位、应用多重手段采取的生物信号将比单纯的寸口压力诊脉得到更多的信息。中医脉诊的客观属性研究中也不应局限于“独取寸口”。新的现代“诊断屋”的概念希望集成目前认可的诊断技术,形成现代诊断的新模式,扩展中医传统的“遍诊法”以应用于临床。

阻抗血流图是基于生物体容积变化时会引起被检测体的电阻抗变化的原理而设计的。生物体的某一节段或区域,当由于某种原因而引起其容积的扩大或缩小时,该节段的电阻抗特性也随之变化。生物体中短暂性的容积变化,主要是由血液的流动所造成。因此阻抗血流图记录此种阻抗变化,即可间接推测血流情况,是寸口脉诊属性的又一种表现形式。

桡动脉血流图的波形基本可分为陡直型、三峰型、转折型、单峰型等。正常血流图 80% 以上为陡直型。当外周阻力增高或血管阻塞时,则可出现转折型、单峰型。血管紧张度降低时可出现速降波。上升时间反映了肢体血管的弹性及阻力。当血管弹性减弱,血管阻塞,阻力增高时,上升时间就明显延长。血流图波形的重搏波主要反映血管弹性及其搏动程度。当血管弹性减弱,血管阻塞,搏动性血容量降低时,重搏波明显性减弱、隐约甚至消失。波幅反映了肢体血流搏动性的供应强度,当血管受损或阻塞时,血液供应减少,波幅亦明显降低。利用 Kubicek 公式可以计算出桡动脉处的血流量。中医所称的“洪脉”、“大脉”有“滔滔满指、脉体宽大”的特征,应该与该处血管的血流量大有关;而“细脉”、“涩脉”相应的血流量则会有所减少,这为检测目前不易测定的脉形宽窄提供一条可能的途径。

指容积脉波的测量,是通过光电转换的形式将随心动周期出现的末梢血液充盈的脉动波形显示出来。这种脉动的变化,从一个侧面反应了心血管系统尤其是微循环的功能状态,对微循环状态的评价及心血管病的防治可提供重要信息。指尖光电透射式容积脉波的主波高度主要反应局部血流量的大小,波幅愈高,血流量愈大。其一阶导数为速度波,这种波形在血管阻力增大时,下降支出现明显的几个折点,分别反应外周阻力的变化、细动脉及小动脉阻力的大小和末梢静脉回流的阻力。加速度脉波基本波形的几个折点因心血管和微循环的功能状态有明显差别。

杨子彬等<sup>[5]</sup>用脉波法无创伤测量法进行了动物实

验,说明用脉波法测试的心输出量以及其他有关心功能参数,对临床判断心脏功能有重要的参考价值。脉波法测量心输出量无创伤、操作简便,可重复检测。

声学:物体的振动即可产生声波,桡动脉处动脉血管壁振动而发出的声波是一种微弱的次生信号,它可以间接地反映桡动脉运动形式。通过声学耦合腔和放大电路,并对采集到的信号进行频谱分析,可以区分出中医的 4 种脉象。

其他的检测方法,如实验室生化检测的全血粘度、红细胞变形能力等也可以在一定程度上表征影响中医脉象的因素。

#### 5 数据处理技术的应用

数据处理是从采集到的中医脉诊信号中提取出有用的信息的重要步骤。基于目前的高速度、大容量的微机系统,使用现代数学成熟理论实时处理中医脉诊信号已经成为可能。传统的数据处理方法包括时域特征点分析、功率谱分析、统计学处理等,均取得了大量的有效数据。同时,我们更尝试引入新的数学方法,探讨脉诊属性的新的现代表达。

脉搏波的时域特征点分析应用得最早,方案相对成熟,大多数时域特征点得到公认。通过多元回归及其他统计学方法,也可以得到脉诊参数与某些疾病的相关性方程。

混沌理论在医学上的应用总的说来尚处于初级和探索的阶段,如用于分维分析、功率谱分析以及早期的标准差分析等。心率的调整也可能属于分形过程。正常健康人的窦性节律即使在静息状态也不是严格规则的,而是以一种复杂的方式涨落。并且在多种不同的时间间隔数量级上存在自相似的涨落,即健康的变异性分形。心率的涨落主要是由于自主神经系统的控制,因此其分形特征可以反映自主神经系统的状态。用心率信号功率谱分析结果提取的混沌指数用以表示系统处于不同可能状态的数量。该状态数反映了功率谱从而反映了心率信号变异的复杂程度。心率信号分析应用于急性心肌梗塞、二尖瓣脱垂、直立性低血压、冠心病、扩张性心脏病均有报道,取得了初步的成果。尚未见到混沌理论在中医脉诊信息处理上的报道,但分形维数反映了信号在不同尺度下的粗糙性和破碎性,它不仅描述了波形中的起伏,同时也描述了这种起伏的顺序,即同时反映了信号的频率信息和相位信息。即使脉诊信号频谱十分相似,它们的时域信号却可以大相径庭,分维值可以很好地反映这一特征。从初步的实验结果来看,可能为中医的脉诊信息提取提供一条新的途径。

### 6 实现中医脉诊的位数形势属性检测的可行方案

6.1 单一属性的脉 传统中医将脉象分为 28 种基本常见脉象、10 余种“怪脉”和为数众多的复合脉,其中“28 脉”中还可以细分为最基本且只包含“位数形势”属性中的一种属性的脉,并由这些脉组合成“28 脉”中的其他脉及复合脉。探讨清楚这些只包含“位数形势”属性中的一种属性的脉,并且用现有手段检测出其客观属性并判断出来是中医脉诊客观化的基础工作。现根据《中医诊断学》六版教材,分析如下(1)已经明确数字化的脉:已经明确数字化的脉指应用现代心电图的方法可以简单、明确地判定的单脉,包括根据脉率判断的迟脉( $< 60$  次/min)、缓脉( $60 \sim 70$  次/min)、数脉( $> 90$  次/min)、疾脉( $> 120$  次/min);根据脉律判断的代脉(有规律间歇)。另外结脉(缓、不规则间歇)和促脉(数、不规则间歇)是由“不规则间歇”加上一种单脉(“缓”或“数”)来组成的。上述脉用计算机分析比较简单,主要检测脉搏波主波的频率和节律,有大量的心电图判读经验供参考,临床医生手诊争议也不大,中医脉象中按“数”的属性区分的脉主要集中于此。

(2)未明确数字化的单一属性的脉 按脉象“位”的属性分为浮脉、沉脉。检测方法:检测取法:波高曲线。影像学检测血管的径向张缩、轴向收缩和轴心位移。

按脉的“形”的属性又可细分为:按宽度分类的有大脉、细脉;按脉的长度分类的有长脉、短脉。检测方法:应用传感器点阵检测脉宽、脉长。影像学检测血管的径向张缩、轴向收缩和轴心位移。

按脉的“势”的属性又可细分为:按脉的力度分类的有虚脉、实脉;检测方法:动态加压绘出压力-波高图。按脉的流利度分类的有滑脉、涩脉;按脉的紧张度分类的有弦脉。检测方法:应用压力脉搏图特征点,阻抗血流图,指容积脉波分析血管弹性、血流量等参数。

6.2 28 脉中由单一属性的脉衍生而来的脉 28 脉中的其他脉象均可以使用前面已经分析出的“单脉”衍生而来。一种衍生方式是单脉属性程度的加深或减弱,如“伏脉”是沉的程度更深的“沉脉”;“紧脉”是弦的程度更深的“弦脉”。另一种衍生方式是几种“单脉”的组合。通过分析出单一属性脉的特征,可以组合成这些脉象。

### 6.3 相兼脉 《中医诊断学》六版教材还例举了

15 种“相兼脉”,均可以由“单脉”组合而来。如“浮数脉”由“脉浮”和“脉数”组成,余皆类次。

综合上述纷繁复杂的中医脉象,可以拆分为有限的几种“单脉”,探讨清楚这些“单脉”的脉象属性,使用现代化手段客观、定量的检测,运用合理的数学模型分析和判定出“单脉”,即可以执简驭繁地组合出各种中医脉象。

从中医脉诊的寸关尺部位(甚至是遍诊法)最大限度的提取可利用的生物信号并且结合中医传统的脉学理论的解释,得出能执简驭繁、指导临床实践的现代脉诊信息是中医脉诊研究的永恒主题,因此一种好的脉诊信息检测仪应该具备价格合适、使用方便、重复性好等特点。从目前的检测手段来看,压力传感器已经比较成熟,三探头甚至更多点阵的压力传感器已有样机问世,而且压力脉搏图研究时间最长、积累的数据最丰富,应该保留并发扬。阻抗血流图为检测目前不易测定的脉形宽窄提供一条可能的途径,同时可间接推测血流情况,其检测技术也得到公认,重复性好;指容积脉波已经应用于临床,用于血氧监测、心率监测等,通过大样本的数据积累,不仅可以应用于中医脉诊,甚至可以用于脑等重要器官的血流量和血氧检测,有较广阔的应用前景。综合以上的检测手段,配合后期的计算机数据时域、频域、统计学及其他数学处理,提取有效的中医脉诊信息,可以为临床科研、远程医疗、中医病历的客观化提供较为理想的使用平台。

### 参 考 文 献

- 1 金观昌,余 淼,鲍乃铿. PVDf 多点脉搏波计算机辅助测试系统研究. 清华大学学报(自然科学版) 1999 ;39(8):117—120.
- 2 王炳和,杨 相敬林. 一种无创测定桡动脉脉搏波速度的方法及影响脉搏波速度的因素. 生物医学工程学杂志 2000 ;17(2):179—182.
- 3 牛 欣,杨学智,傅骢远,等. 桡动脉的三维运动与脉诊位数形势. 中国中西医结合杂志 1994 ;14(7):435—437.
- 4 赵玉霞,张 运,肖 洪,等. 应用多普勒超声技术对脉象血流动力学机理的研究. 山东医科大学学报 1996 ;34(4):315—318.
- 5 杨子彬,林孟珍. 脉搏波法无创检测心输出量的实验研究. 北京生物医学工程 1991 ;10(1):31—36.

(收稿 2002-12-01 修回 2003-03-10)