

对脉搏波谐波与脏腑共振观点的思考*

史宇兵¹, 刘 奇¹, 乔海法¹, 杨晓航¹, 刘 力^{1,2**}

(1. 陕西中医药大学/陕西中医诊疗技术装备研发协同创新中心 咸阳 712046;

2. 广东省新黄埔中医药联合创新研究院 广州 510000)

摘 要:脉搏波的研究在中西医的理论和实践中都占有重要地位。近年来有研究者提出了脉搏波谐波与脏腑共振的观点并用以解释脉搏波的成因和应用,对中医相关领域以及脉诊研究形成了较大的影响。为了探究该观点的实践可行性,本研究围绕其理论模型和主要内容,从中医的藏象理论和经络理论、西医的解剖结构、生物学观察、物理学的共振现象和血流动力学的血流传输诸方面展开论述和分析,并提出了该模型和观点中需要进一步改进和凝练的若干论述以供探讨。

关键词:脉搏波 动脉 血压 脏腑 血管 共振

DOI: 10.11842/wst.20240128001 CSTR: 32150.14.wst.20240128001 中图分类号: R241.1 文献标识码: A

从古代传统医学的脉诊到现代医学工程中的血流动力学研究,脉搏一直是医学的临床诊断和基础理论研究中一个备受关注的话题^[1]。古代中国、印度和阿拉伯的传统医学中都有通过探查患者手腕部的脉搏情况来推知病情的诊断技术^[2]。由于缺乏成熟的技术来量化脉搏的幅度和波形,传统医学是基于医生指下的主观感受,采用“病蚕食叶”“像青蛙跳动”这样的形象化比喻来描述脉搏^[2-3]。随着现代科学技术的发展,人们发明了血压计以对脉搏压力进行精确测量,运用数学、物理学和生理学知识对血管内的血流进行量化分析。关于脉搏的研究随之进入了崭新的阶段。McDonald和Womersley等人充分运用前人的研究工具和经验,对动脉血流血压的传输和变化机理进行了系统性的理论分析和实验研究^[4],成为近代脉搏波血流动力学研究的集大成者。费兆馥^[5]将现代血流动力学研究的方法和技术应用于阐释中医脉诊经典中描述的脉搏特征,为中医脉诊理论的现代研究开拓了新天地。

近30年来,王唯工等^[5-9]提出并推广了脉搏压力信

号的各主要谐波与重要脏器形成共振以维持脏器血流供应的观点。该观点认为对脉搏波波形进行傅里叶分解所得的前11个谐波分量的频率分别与人体的各重要脏腑及经络的频率一致,所以会产生共振,从而实现以最小的能量消耗向重要脏器供血。王唯工领导的研究组开展了一些实验研究已部分证实该观点(详情参见冯晨星等^[10]的评注),还基于该观点开发了脉诊仪商品^[11]。脉搏波谐波与脏器共振的观点(以下简称共振观点)得到了学术界尤其是中医界的广泛关注^[10,12-25]。其他研究者基于该观点进行了不少相关临床及实验室研究^[14-15,19,23-24,26-27],但未见对该观点的技术原理探讨。为了探究该观点的技术内涵和实践可行性,本研究对其展开分析。

1 脉搏波谐波与脏器共振的观点

为了阐释脉搏波谐波与脏器共振以实现血流供应的观点,王唯工提出了相关的血流通道结构模型。图1是根据相关论著^[7-9]中的叙述描绘出的血流通道结

收稿日期:2024-01-28

修回日期:2024-04-24

* 陕西省中医药管理局中医药科研项目(SZY-KJCYC-2023-018):基于计算机建模仿真和机电系统体外模拟实验探讨中医脉诊理论的血流动力学物理机理,负责人:史宇兵;陕西中医药大学优势特色与交叉学科支持计划(2022XKZC07):中医诊疗技术装备交叉学科建设经费,负责人:刘奇。

** 通讯作者:刘力(ORCID:0009-0006-4895-3689),教授,博士生导师,主要研究方向:中医内科、中医工程、中医技术与装备。

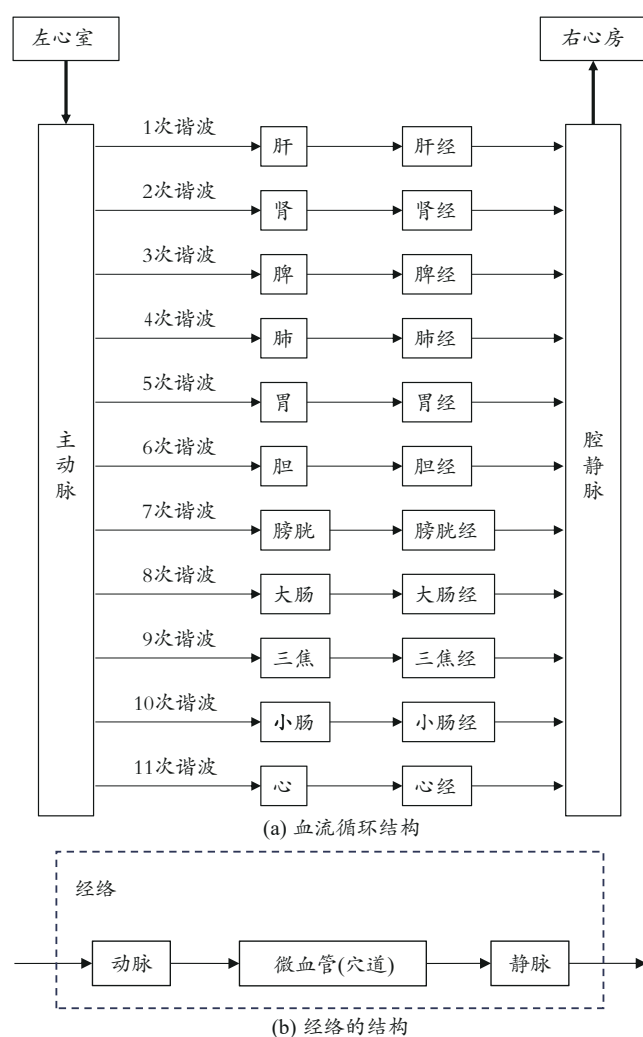


图1 谐波脏腑共振观点的血流通道结构模型

构模型图。基于该模型共振观点对脉搏波展开了多角度分析。其要点可以概括如下：

(1) 人体主要脏器的血流通路包含11条彼此独立且并联的由五脏六腑及相关经络构成的血管分支。各血管分支都直接连接在主动脉上,将所分配到的血液独立地供应给五脏六腑之一,再将流过脏器的血液汇集起来经过大的静脉回流到心脏^[7-9]。

(2) 经络,即上述的独立血管分支,是向各脏器供应血液的血管通路,由动脉、微血管网组成的穴道、还有静脉构成^[7-9]。

(3) 每个经络,即独立的血管分支,与所供应的脏器具有相同的振动频率。这些振动频率随不同的血管分支而异,并分别等于主动脉血压的前11个谐波中某一个的频率^[7-9]。这样,主动脉血压的前11个谐波分别与各血管分支中的经络和脏器发生共振,从而能够

以最优的效率将血液和能量按照不同频率,分频分别供应给这些脏器。如果共振条件被破坏,脏器就得不到血液供应而形成疾病甚至会导致人的死亡。(笔者注:共振观点一直没有说明振动的具体含义。根据其论著以及大量引用文献中的描述,本文认为该观点中的振动指动脉血压波动,而不是各脏器发生了机械振动。)

(4) 11个谐波与11条经络的对应关系按照从低到高的顺序为:1次谐波-肝经、2次谐波-肾经、3次谐波-脾经、4次谐波-肺经、5次谐波-胃经、6次谐波-胆经、7次谐波-膀胱经、8次谐波-大肠经、9次谐波-三焦经、10次谐波-小肠经和11次谐波-心经^[7-9]。

(5) 人体还有五脏六腑之外其他的重要器官如胰腺、生殖器官、脑、四肢等,对此可以按照功能相近以及就近归并的原则将相关的器官归入以上的血管分支中^[7]。以身体的肌肉为例,按所在位置依照血管共振的分布顺势进行分配,将脚上的肌肉归入肾经和胆经,将手及胸部的肌肉归于肺经和大肠经^[7]。(笔者注:这里共振观点对于经络的含义进行了修改,从前述定义的向脏腑供血的血管通路改变为传统中医经络腧穴学里所描述的运行气血的经络。这在一定程度上造成了概念的含义不清。)

(6) 前述各脏器除了具有与自己的经络相同的频率外,还有一个高于自身频率一个谐波的频率,并且各脏器同时连接到比自身频率高一次谐波的相邻经络上^[9]。比如,肝脏在肝经上,其频率对应于1次谐波,同时连接到对应于2次谐波的肾经上;肾脏本身属于对应于2次谐波的肾经,同时连接到对应于3次谐波的脾经上。其他脏器的情况以此类推。这样,心脏跳动输出1次谐波,激发肝脏和肝经发生共振。肝脏共振后会产生2次谐波,激发肾脏和肾经发生共振。顺序发展,就能激发所有的脏器和经络发生共振,以实现为所有脏器最优供血^[9]。人的胚胎发育过程中,各脏器就是按照该次序逐次发育的。

(7) 低等动物的经络系统不完善,各种动物按照从最低等到逐渐高等的次序,其经络数量顺次从1条增加到10条。比如,虫类生物只有1条经络即肝经;鱼类有2条经络,肝经和肾经;鸟类有6条经络;猴子有9条经络;猩猩有10条经络。只有人有完整的11条经络^[9]。

(8) 基于前述的谐波与经络脏腑的共振关系,测量脉动血压各谐波分量的幅值,就能发现相应脏器和经

络的血流供应状态及疾病^[7-9]。如果某个谐波出现幅值过大或者负能量(笔者注:这里的负能量的说法欠确切,物理上不存在负能量的概念。笔者认为共振观点这里的本意是指某个谐波的幅值低于正常值),则说明相应的经络和脏腑存在血流供应问题及疾病。另外,治疗某条经络和某个脏腑疾病的中药材、方剂以及针灸干预会有效地调节该经络和脏腑的血流状态^[7-9,26-27],表现为脉动血压中相应的谐波分量的幅值恢复正常。

2 共振观点中存在的问题

2.1 与中医理论不符

共振观点深入涉及到了中医理论中的藏象学和经络腧穴学。藏象学理论中的五脏六腑是对人体重要生理系统的功能性抽象,而不是解剖学的实指^[28-29]。中医藏象理论中,心主神明血脉;脾主运化统血,也主肌肉和四肢;肺主呼吸肃降,也主全身的皮毛;肾主生殖,也主骨髓,并非现代解剖学的泌尿功能;肝主疏泻藏血,也主筋爪。因此,中医学中一个脏腑的功能常包括西医学中几个脏器的功能,而西医里一个脏器的功能也常分散在中医学里多个脏腑的功能之中^[28]。共振观点将中医学的五脏六腑理解为西医解剖学的同名器官,存在着对中医和西医进行强制匹配的机械认识论倾向。

在中医的经络腧穴学体系中,人身存在由十二正经、奇经八脉、络脉、孙脉、经筋、经别构成的运行气血的复杂经脉网络^[28]。现代经络研究从血液和组织液的流动、声学传导、热成像等领域进行了探究^[30],至今尚未对经络的实质做出结论,但是可以肯定的是学术界从未认为经络就是血管。共振观点将经络认定为向五脏六腑的11个脏器供血的血管通路^[7-9],并基于此构建自己的研究体系,存在立论欠妥、根基不稳的问题。共振观点又将这样定义的经络与中医的经络根据表述的需要而互换使用^[7],这样的做法缺乏学术上的严谨。

共振观点提出将五脏六腑之外其他的重要器官的供血按照功能相近以及就近归并的原则归入五脏六腑的血管分支中^[7]。比如,将身体的肌肉按所在位置依照血管共振的分布顺势进行分配,具体是将脚上的肌肉归入肾经和胆经,将手及胸部的肌肉归于肺经和大肠经^[7]。从中医的角度来说,脾主肌肉,按共振观点的功能分类原则应该将全身肌肉归入脾经,而如果按共振观点的就近归并原则,则手脚的经络涉及了所

有的十二正经,而不仅仅是该观点所指定的脚上肌肉归入肾经和胆经,手部肌肉归于肺经和大肠经。这样,共振观点对于五脏六腑之外器官的供血情况的表述自相矛盾,实际上既不符合功能相近原则,也不符合就近归并原则。

2.2 与现代医学中主动脉血管分枝的解剖结构不符

现代解剖学的研究已经揭示,肝、肾、脾、胃等重要脏器的供血并非如共振观点所描述是通过各自独立的血管通路实现的。按照现代解剖学^[31],心脏射出的血液进入主动脉,主动脉分为升主动脉、主动脉弓和降主动脉三部分。升主动脉分枝形成左、右冠状动脉两个血管,为心肌供血。在主动脉弓部,有三个大的分支,即头臂干、左颈总动脉和左锁骨下动脉,向头部和左右上肢供血。降主动脉分为胸主动脉和腹主动脉两段。胸主动脉的血管分枝有壁支和脏支两类,其中的壁支向胸腔的脏器之外的相关组织供血;脏支主要有支气管支、食管支和心包支,向相关器官供血。腹主动脉的分枝血管也可分为脏支和壁支两类,其中壁支向腹腔除脏器外的相关组织供血,脏支包括成对和不成对的两类分枝。3对成对的分枝是肾上腺中动脉、肾动脉、睾丸动脉(女性为卵巢动脉),向相关器官供血。不成对的脏支包括腹腔干、肠系膜上动脉和肠系膜下动脉,它们形成复杂分枝网络,向胃、肝、脾、大小肠、胆囊、胰腺等供血。腹主动脉下行至第4腰椎下缘处分枝为左、右髂总动脉,为下肢供血。

本研究整理了医学文献中描述的主动脉主要脏支分枝及其所供应的脏器和组织,描绘成如图2所示的示意图。其中,五脏六腑这些器官以灰色底色突出显示。由图中可以看出,有的脏器是由多个血管分枝同时供血的,如胃和大小肠。也有多个脏器是由同一个上级血管经不同分枝供血的,如胃、肝、胆囊和脾。这些实际的血流供应关系与共振观点中描述的各脏器有完全独立的血流通道的假说并不一致。而且,在多个分枝向同一脏器供血的情况下,以及同一个上级血管经不同分枝供应多个脏器的情况下,共振观点对于血管和脏器的振动频率均无法给出逻辑自洽的解释。

2.3 与生物学实际不符

共振观点提出,只有人拥有完整的11条经络,而低等动物的经络系统不完善,各种动物按照从最低等到逐渐高等的次序,其经络数量顺次从1条增加到10条^[9]。

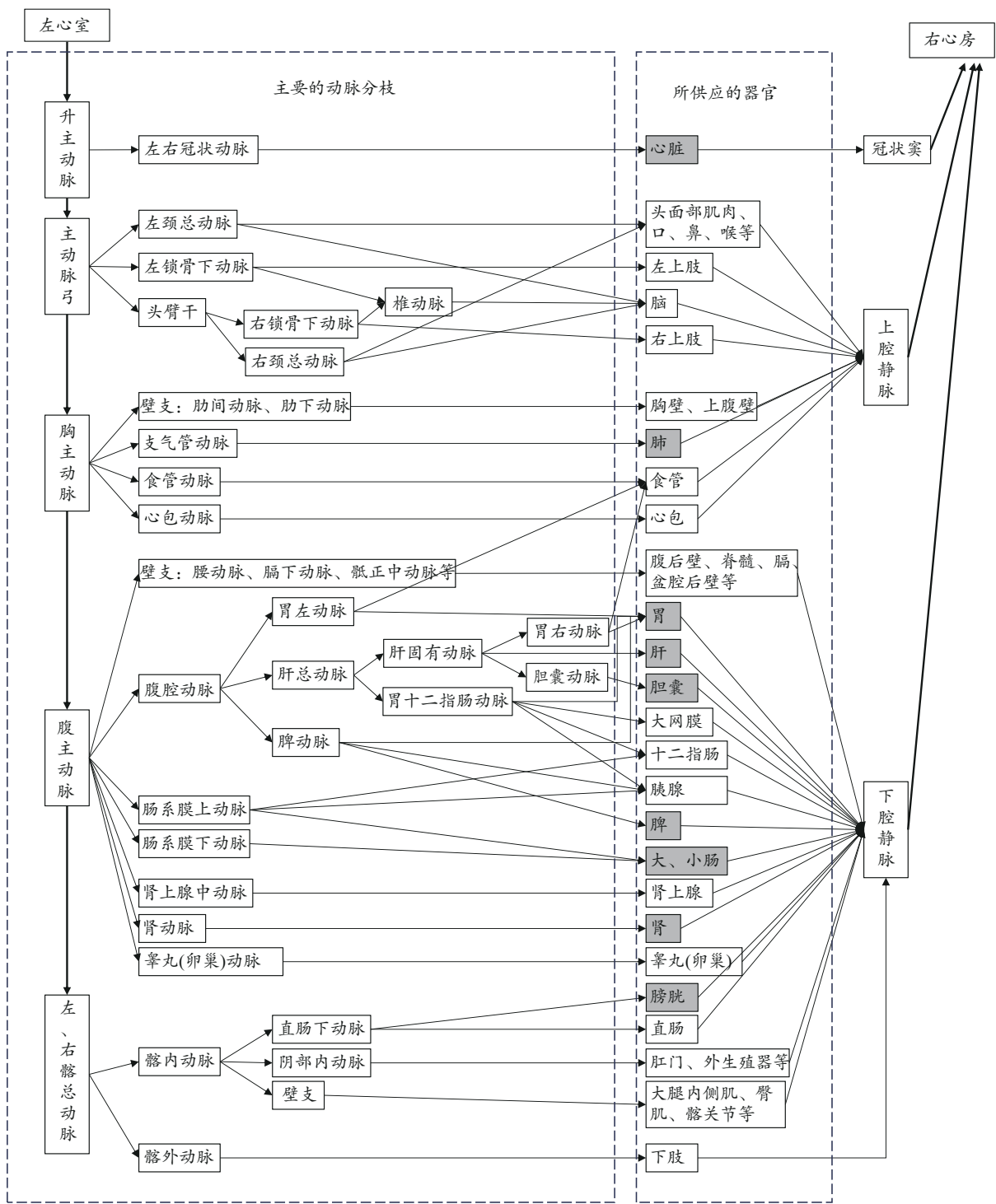


图2 主动脉的主要脏支分支及其所供应的脏器和组织情况

参照前述的经络与各次谐波的对应关系进行推理,没有相关经络则对应的脏器就得不到供血,那么除了人以外,其它动物的心脏都无法得到血液供应;猴子的小肠和心脏无法存在;而鸟类的膀胱、大肠、三焦、小肠、心脏都无法工作。很明显,这样的情况并非事实。

2.4 与物理学实际不符

从物理学的角度来说,心血管系统的功能与日常的自来水供水系统一样,就是实现有效而顺利地将所传输的液体送达目的地。而在自来水供水系统中,共振是一个需要极力避免的现象。当供水管路的设计

或安装有问题时,打开开关,管路会因为环境因素的扰动引发管路共振,产生剧烈的机械振动并发出强烈的噪声甚至啸叫,而管路中的出水却时断时续^[32-34]。心血管系统如果出现共振,也将发生同样的情况。实际的共振现象显然不是共振观点所设想的对器官的高效供血状态。

2.5 与血流动力学实际不符

2.5.1 与实际的有效谐波范围不一致

共振观点认为人体的脏腑供血由与前11次谐波共振的经络实现^[7-9]。这与主流文献的报道不一致。McDonald^[35]通过实验测量和理论分析指出脉搏波信号的有效谐波范围是前8次谐波。另有学者通过对脉搏信号的测量和分析发现正常情况下人体脉搏信号中几乎所有的能量都分布在0-10 Hz^[36-37],而患有较严重疾病及内脏损伤的人其脉搏波频谱中10-20 Hz分量的能谱会反常增加^[38-39]。以正常心率为72 bpm计算,则8次谐波对应的频率为 $8 \times 72/60 = 8 \times 1.2 = 9.6 \text{ Hz} \approx 10 \text{ Hz}$,所以10 Hz的测量结果与8次谐波的说法是一致的,而20 Hz对应于 $20/1.2 \approx 17$ 次谐波。共振观点则特意取了前11次谐波进行考察^[7-9],并未考虑学术界对于脉搏波有效谐波范围的共识,这可能是为了与五脏六腑的11个脏器数目相匹配,而没有考虑到实际的有效谐波范围。这种为了表述需要而忽略事实的情况会带来研究上的局限性。

2.5.2 共振条件难以满足而且非必要

共振观点认为脏器及其供血通路的频率与脉搏波的各谐波频率相同,这在实际上是一件很难达到的事情。自然形成的事物受各种因素影响,往往难以达到理想的期望情况。即使在实验室中通过技术手段严格控制培养条件以人工长出脏器和血管,也难以保证肾脏、脾脏、肺脏的频率分别是肝脏频率的2倍、3倍和4倍。即使按照共振观点的说法^[7-9],胚胎在发育过程中就因为适应心脏的跳动状态而自发生长成满足频率要求的脏器,人体日常的心率变化也会造成谐波与脏腑共振条件的偏离。正常情况下,人的标准心率大约是72 bpm,在睡眠时标准心率保持在41-66 bpm(下降至标准心率的约0.57-0.92倍)^[40],而且在睡眠时心率还存在 $5.74 \pm 3.21 \text{ bpm}$ 的波动范围^[41],在运动情况下心率更会变为静息状态的2.5倍。日常生活中随着人的情绪、运动、生理活动等状态改变,心率随时会发生变化。心率变化时,脉搏波各谐波分量的频率按照

心跳基础频率的倍数而随之改变。但是,各脏器和供血通路的频率不可能随时跟随心率的变化而调整并保持相同,尤其是那些对应于高次谐波的脏器和血管。例如,人在运动时心率是静息状态的2.5倍,以心率变化为 $72 \times (2.5 - 1) = 108 \text{ bpm}$ 计,则第1次谐波的频率变化为 $108/60 = 1.8 \text{ Hz}$,第5次谐波的频率变化为 $5 \times 108/60 = 9 \text{ Hz}$,第10次谐波的频率变化为 $10 \times 108/60 = 18 \text{ Hz}$ 。这些谐波对应的肝、胃、小肠都不可能发生这么大的频率变化。按照共振观点的说法,共振被破坏,脏器得不到供血,很快会发生严重后果^[7-9]。事实上,运动、睡眠和情绪波动造成人的心率变化是经常发生的,这虽然会对人有一定影响,却极少导致脏器得不到供血而产生严重后果。

为了论证共振条件的必要性和重要性,共振观点还断言心衰患者安装了人工心脏后,人工心脏不能产生脉搏,不能在脏器中形成共振,造成血液无法顺利进入脏器,最后发展为患者的组织淤血坏死,所以美国食品药品监督管理局只批准将人工心脏用于等待换心的患者身上^[7,9]。的确,当前临床常用的转子泵型人工心脏通常以恒定转速运行,代替患者衰败的心脏而为全身血循环提供动力,于是患者没有脉搏^[42-45]。按照共振观点的说法,这将无法形成器官和经络的共振,所以无法向脏器供血,患者的脏器会因此坏死。实际的情况是,除了因为人工心脏植入手术引起的感染、凝血等并发症外,大部分患者情况稳定,术后能够出院回归正常生活,并未因缺少共振而出现脏器供血障碍^[42-45]。由于供体心脏的短缺,心衰患者中等待5-7年甚至更长时间并依靠人工心脏保持血液循环而存活的病例大量存在^[46],患者都没有出现前述的因为共振缺失造成的脏器供血问题。由此可见,认为需要依靠共振才能向脏器供血的观点缺乏事实根据。

2.5.3 共振条件与实测的脏器血压响应不一致

从血流动力学的角度来看,如果像共振观点所说,各脏器和经络分别发生与脉搏波各谐波的共振^[7-9],那么在肝脏的供血动脉中测量到的血压信号应该是一个叠加在基准偏移量(即0次谐波)之上的1次正弦波谐波,在向肾脏供血的动脉中测到的是一个叠加在基准偏移量之上的2次谐波,其他脏器的供血动脉中情况以此类推。相应的血压变化应该如图3所示。图4是文献^[47]中记载的主动脉和冠状动脉血压变化的概略图。对比图3和图4可以发现,共振观点所

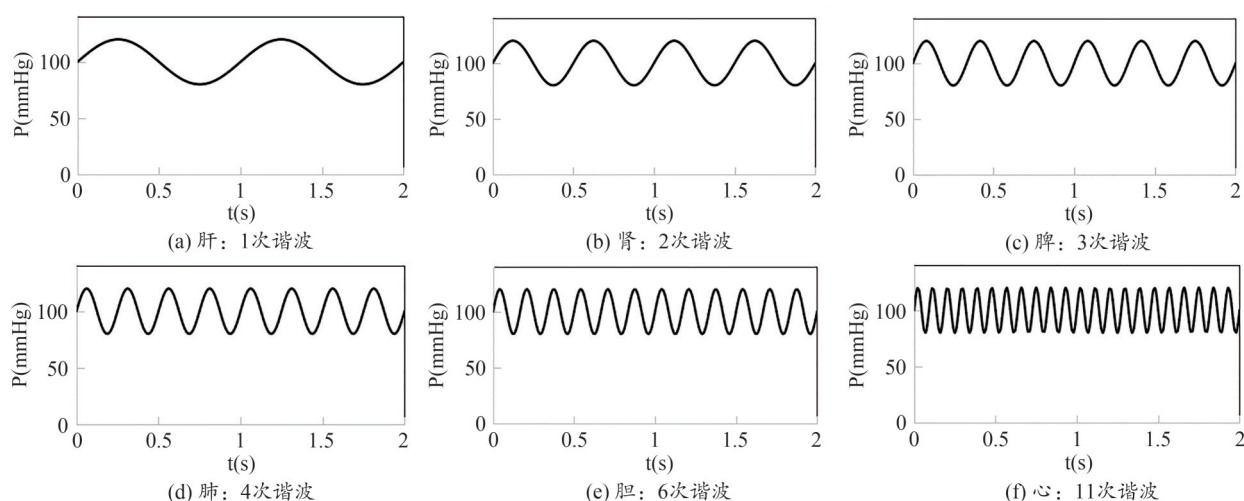
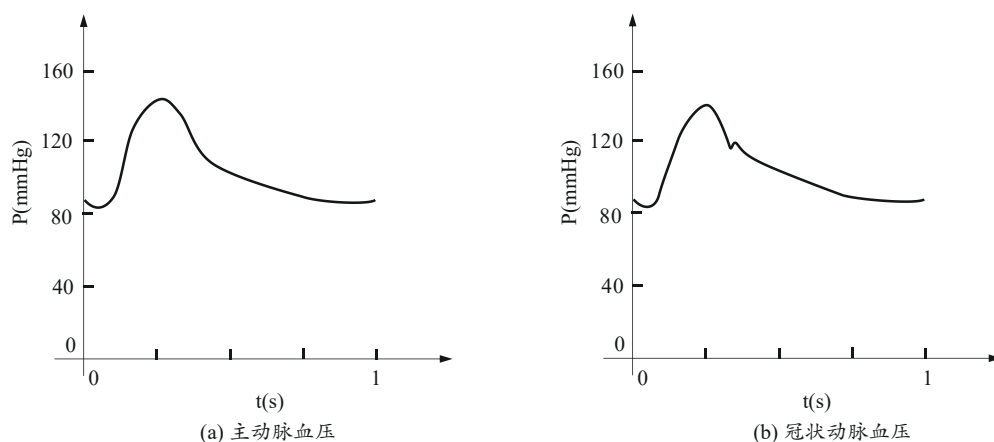


图3 符合共振模型要求的各脏器及经络处血压响应

注:图中P为压力,t为时间。

图4 临床实测的主动脉和冠状动脉血压变化曲线概略图(数据来源于^[47])

注:图中P为压力,t为时间。

预测的心经和心脏的11次谐波共振(图3f)在实测响应(图4)中并未发生。其他脏器和经络(共振观点所定义的经络,即脏器的供血动脉及静脉)的情况与此类似。应该说,共振观点所主张的各脏器中发生谐波共振而形成的如图3所示的理想正弦波血压响应在人体中并不存在。

再以中医诊脉为例。诊脉所取的寸口位于桡动脉近手腕处。桡动脉是主动脉弓处的分枝头臂干和左锁骨下动脉经肱动脉后的再下一级分枝^[31]。按照共振观点的分频供血的解释,头臂干(左锁骨下动脉)-肱动脉-桡动脉应该形成一个“经络”的动脉部分,与脉搏波的某个谐波具有相同的频率,从而与该谐波发生共振^[7-9],形成类似图3那样的谐波响应,这样才能向手臂供血。但是,临床上从未观察到如图3那样的桡

动脉血压波形。即使寸口处形成了如图3的某个谐波响应,按照共振观点中不同血管分支分频供血的要求,寸口处的波形只能是一个谐波,只能对应于一个单一的脏腑器官而无法反映其他脏腑的情况,如此也就无法实现中医的诊脉。这与共振观点中测量脉搏血压各谐波分量的幅值以发现相应脏器和经络的血流供应状态及疾病的表述又相互矛盾。因此,谐波共振观点在脉诊问题上无法令人信服。

2.6 其他欠严谨的表述

共振观点表述中还有不少欠严谨的表述,如其中提到心脏自身有十几个神经节,所以会自己找到患者身上的共振频率,通过调节各谐波的幅值实现向各脏器的分频供血^[9];脚上所有血管的第2次谐波能量最大,手上血管的第4次谐波最大,而头上的是第6次谐

波最大^[9];因为主动脉弓处的180°大回转让反射波消失无踪,所以波动不能在主动脉中反射^[7];变硬的血管所能容许的流量会变小^[7];静脉没有弹性^[7-9];连接主动脉和脏器的分支血管一定是硬管^[9]等。这些说法基本上都缺乏依据或者不符合事实,限于篇幅不再逐一分析。

3 总结

本研究介绍了在目前学术界引起较大影响的脉搏谐波与脏腑共振的模型和观点,从中医的藏象理论和经络理论、现代医学的血管解剖结构、生物学的观察、物理学的共振现象和血流动力学的血流传输理论诸方面展开论述,对谐波脏腑共振模型和观点进行了分析并指出了其与主流知识不一致的地方。

现代血流动力学研究已经指出,脉搏以波动的形

式在动脉血管网络中传输。任一血管截面处的血流和血压波形都是向外周方向传输的前向波和向心脏方向传输的反射波叠加而合成的。其中,前向波主要是由心脏跳动产生的,反射波是由血管分支、血管形状锥度、血管段的特征阻抗与外周血管的负载阻抗之间的匹配差异等因素产生的^[4]。由于血管内反射现象的普遍性以及各脏器处血流信号的频谱范围彼此重叠,所以无法建立各谐波分量与脏器生理状态的确切对应关系。血流动力学研究很好地解释了现实中观察到的各种现象,得到了学术界的广泛认可。与此相对照,谐波脏腑共振模型和观点具有很大的思维超前性和验证必要性,对各谐波与不同脏器的对应关系这一核心命题还缺乏充分的证据支持,所以要成为可信的学说还需要进一步深入改进和凝练。

参考文献

- 费兆馥. 现代中医脉诊学. 北京: 人民卫生出版社, 2003:1-14;73-77;103-107;223-278.
- 史宇兵, 杨洪义. 印度阿育吠陀脉诊术初探. 亚太传统医药, 2023, 19(11):5-10.
- Lad V D. Secrets of the Pulse: The Ancient Art of Ayurvedic Pulse Diagnosis. The 1st edition. Albuquerque, N. M: The Ayurvedic Press, 1996:10-14.
- Vlachopoulos C, O'Rourke M, Nichols WW. McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. London: CRC Press, 2011:1-215.
- 张修诚, 王唯工, 陈荣洲, 等. 脉搏谐波频谱分析——中医脉诊研究新方法. 中国中西医结合杂志, 1995, 15(12):743-745.
- 王唯工. 由物理学看生命科学. 现代物理知识, 1995, 7(6):4-10.
- 王唯工. 中医为什么能治病? 海口: 海南出版社, 2021:137;148-149;156;160-163.
- 王唯工. 以脉为师 以颈为钥. 海口: 海南出版社, 2021:38;193-204.
- 王唯工. 看懂经气脉络. 海口: 海南出版社, 2021:30;39-41;45-46;53;59-60;65-66;68;83-84.
- 冯晨星, 杨颖, 徐国卿. 脉搏波频域分析中共振理论的研究进展. 北京生物医学工程, 2019, 38(1):102-108.
- 金姆. JINMU-金姆在手, 健康在握-公司介绍. /2023-11-26. <http://www.jinmuhealth.com/aboutJinmu/introduction.html>.
- 刘梅, 郝小梅, 陈群, 等. 中医脉诊客观化研究新探. 中医函授通讯, 2000, 19(2):9-11.
- 齐向华. 参悟《脉要精微论》开启整体脉诊学习法门. 中华中医药学刊, 2010, 28(4):686-689.
- 汪南玥, 于友华, 黄大威, 等. 心衰模型大鼠脉搏波变化的分析. 中华中医药杂志, 2010, 25(12):1953-1955.
- 陈宇奇, 陈彦坤, 谢梦洲. 基于脉诊仪研究肥胖、超重人群与正常人
- 群脉象频域特征的差异性. 中国中医药现代远程教育, 2023, 21(19):29-32.
- 陈宇奇, 陈彦坤, 石天爱, 等. 80例不同肝功能指标体检人群脉象频域参数差异研究. 亚太传统医药, 2021, 17(1):134-138.
- 滕晶, 齐向华. “系统辨证脉学”脉象要素五维纲领与辨证探讨. 山东中医杂志, 2018, 37(5):353-355.
- 陈宇奇, 陈彦坤, 吴嘉萍, 等. 64例不同肾功能指标的体检人群脉象频域参数的差异研究. 时珍国医国药, 2021, 32(2):478-480.
- 喻心傲, 瞿昊宇, 陈彦坤, 等. 湖南地区超重人群高血压脉象频域特征研究. 湖南中医药大学学报, 2020, 40(6):717-721.
- 李明阳, 赵良举, 蔡肖, 等. 考虑淋巴微循环的体循环分析. 重庆大学学报, 2019, 42(3):50-57.
- 史宇兵, 杨晓航. 寸口脉位与疾病状态关联性的血流动力学建模分析. 北京生物医学工程, 2021, 40(4):385-392, 399.
- 徐克, 赵良举, 李明阳. 基于流体网络的人体血液体循环分析. 中国生物医学工程学报, 2017, 36(5):580-588.
- 赵东, 汪南玥, 于友华, 等. 基于主成分分析和谐波拟合的LS识别肾脏切除大鼠脉搏波的特征分析研究. 世界中西医结合杂志, 2011, 6(8):656-659.
- 汪南玥, 于友华, 黄大威, 等. 肾脏切除术后大鼠脉搏波变化的分析比较研究. 中华中医药杂志, 2009, 24(6):796-798.
- 蔡肖, 赵良举, 周正刚, 等. 基于传输线模型的人体脉搏波仿真分析. 重庆大学学报, 2019, 42(7):27-35.
- 张修诚, 王唯工, 黄维三, 等. 针刺陷谷穴对脉搏频谱之影响. 中国医药学报, 1993, 8(3):7-9.
- 王唯工, 徐则林, 鲍建国, 等. 以脉波分析法评价中草药方. Acta Pharmacologica Sinica, 2003(2):145-151.
- 孟景春, 周仲瑛. 中医学概论(修订本). 北京: 人民卫生出版社, 1994:27-35.

- 29 邢玉瑞. 中医藏象学说的理论研究进展. 北京: 中国中医药出版社, 2021:4-10.
- 30 郭义. 实验针灸学. 北京: 中国中医药出版社, 2021:7-31.
- 31 严振国, 杨茂有. 正常人体解剖学. 北京: 中国中医药出版社, 2008: 230-240.
- 32 万五一, 练继建, 崔广涛. 分段低压输水管系的水力振荡特性. 水利学报, 2003, (12):34-39.
- 33 李倩, 习兴梅. 市政输配管网水锤现象与防护. 建材与装饰, 2018, 19:151-152.
- 34 贾俊杰, 周建旭, 韩玉文. 长距离供水系统水力振动特性和减振措施研究综述. 水利水电科技进展, 2013, 33(3):89-94.
- 35 McDonald D A. Blood flow in arteries. *Am J Med Sci*, 1974:201-204.
- 36 王炳和, 相敬林. 脉搏声信号检测系统实验设计及功率谱特征. 中华物理医学杂志, 1998, 20(3):158-161.
- 37 乜国荃, 方祖祥. 人体脉搏的测量与分析. 上海生物医学工程, 2006, 27(2):74-76.
- 38 Wei L Y, Lee C T, Chow P. A new scientific method of pulse diagnosis. *Am J Acupunct*, 1984, 12:205-218.
- 39 Wei C C, Huang C M, Liao Y T. The exponential decay characteristic of the spectral distribution of blood pressure wave in radial artery. *Comput Biol Med*, 2009, 39(5):453-459.
- 40 姚陆远, 曾俭英, 章杨龙, 等. 正常成人心率变化规律的探讨. 江西医学院学报, 1989, (4):37-41.
- 41 王继楠, 孙兴国, 谢友红, 等. 正常人和无睡眠呼吸异常慢病患者睡眠期间的呼吸源性心率变异初步报告. 中国应用生理学杂志, 2021, 37(2):125-134.
- 42 Goodman D, Stulak J, Rosenbaum A N. Left ventricular assist devices: a historical perspective at the intersection of medicine and engineering. *Artif Organs*, 2022, 46(12):2343-2360.
- 43 Chaudhry S P, DeVore A D, Vidula H, *et al*. Left ventricular assist devices: a primer for the general cardiologist. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(24):e027251.
- 44 严舒, 陈娟, 卢岩, 等. 国内外植入式心室辅助装置研发与应用进展. 中国医学装备, 2022, 19(1):21-26.
- 45 陈铭, 王怡轩, 徐力, 等. 心室辅助装置应用现状及进展. 器官移植, 2023, 14(1):62-67.
- 46 Zimpfer D, Fiane A E, Larbalestier R, *et al*. Long-term survival of patients with advanced heart failure receiving an left ventricular assist device intended as a bridge to transplantation. *Circ Heart Fail*, 2020, 13(3):e006252.
- 47 Davies J E, Parker K H, Francis D P, *et al*. What is the role of the aorta in directing coronary blood flow? *Heart*, 2008, 94(12):1545-1547.

Reflection on the Opinion about the Resonance Between the Harmonics of the Pulse Wave and the Viscera

SHI Yubing¹, LIU Qi¹, QIAO Haifa¹, YANG Xiaohang¹, LIU Li^{1,2}

(1. Shaanxi University of Chinese Medicine/Shaanxi Collaborative Innovation Center of TCM Diagnosis and Treatment Technology and Equipment, Xianyang 712046, China; 2. Xin-Huangpu Joint Innovation Institute of Chinese Medicine of Guangdong Province, Guangzhou 510000, China)

Abstract: Pulse wave analysis plays an important role in the theoretical and clinical studies of both the traditional Chinese medicine and the modern western medicine. In recent years, some researchers raised the opinion of resonance between the harmonics of the pulse wave and the viscera, and applied it to explain the mechanism and the clinical application of the pulse waves, which had a great impact on the related research in the traditional Chinese medicine especially about the pulse diagnosis. To evaluate the feasibility of this opinion, this study summarized the theoretical model and the main arguments of the harmonics-viscera resonance opinion, analyzed the opinion from the aspects of Zang-xiang theory and meridian theory in the traditional Chinese medicine, the anatomy in Western medicine, observations in biology, the resonance phenomenon in physics, and the blood flow study in hemodynamics. Some technical thoughts in the harmonics-viscera resonance opinion that need to be further improved and refined were also identified for further exploration.

Keywords: Pulse wave, Artery, Blood pressure, Viscera, Blood vessels, Resonance

(责任编辑: 刘玥辰)