·理论探讨·

脉象八要素在二维与三维脉图中的表达与演进

朱 龙[1,2,3*],朱静怡[1],林雪娟[1,2,3],丁珊珊[1,2,3],刘 亭[4]
(1.福建中医药大学中医学院,福建 福州 350122;
2.福建省中医健康状态辨识重点实验室,福建 福州 350122;
3.海丝状态医学研究院,福建 福州 350122;
4.西安仙峒科技有限责任公司,陕西 西安 710003)

摘 要:二维脉图可获取脉位、至数、脉律、流利度、紧张度及脉力6个方面的脉象要素特征,但在阐释脉长与脉宽上存在欠缺,难以实现对脉象八要素的全面表达。三维脉图在二维脉图的基础上,将脉长与脉宽纳入表达范围,并通过3D动态视频直观呈现脉象八要素,实现脉诊信息的可视化与可量化。本文通过对比不同视图下脉象要素的表达差异,旨在为脉诊的教学实践与临床应用提供参考依据。

关键词:脉诊;脉象要素;二维脉图;三维脉图

诊脉方法源自“医经”一派,古代医家将观察到的体表脉动现象转化为脉象信息,应用于疾病诊断方面,经后世不断发展,逐渐走向成熟,成为中医独特的诊法之一,在辨证过程中发挥重要作用[1]。近年来,我国愈发重视中医医疗设备的发展,《“十四五”医疗装备产业发展规划》[2]明确指出,虽然我国的医疗装备处在快速发展阶段,但是对于颠覆性、原创性技术仍然需要深入研究。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》[3]明确提出推进中医药的传承与创新,并支持中医相关医疗器械的进一步发展。

结合现代技术与传统脉诊,各式脉诊设备被研发出来[4-5]。脉诊仪所用传感器从单一传感器发展到阵列式传感器,用以表达信息的脉图从二维脉图发展至三维脉图[6]。三维脉图的出现,丰富了脉象信息,弥补了二维脉图的不足,清晰呈现出“心中了了,指下难明”的抽象部分,将脉象要素进行完整解析,提升脉诊客观化研究。

1 脉象要素

《灵枢·邪气脏腑病形》曰:“调其脉之缓、急、大、小、滑、涩,而病变定矣”[7];南宋崔嘉彦在《难经》基础上,主张以“浮、沉、迟、数”四脉为宗[8];滑寿将脉象归类为“浮、沉、迟、数、滑、涩”,并提出“察脉须识上、下、来、去、至、止六字”[9],为后世脉象要素的提出奠定理论基础。

1.1 脉象四要素 清代周学海在《重订诊家直诀》记载:“位、数、形、势者,正脉之提纲也”[10],并对4个要素进行详细解释:“位,即三部九候,在尺寸浮沉;数,纪其多寡;形,挺亘郁指下而静,血之端倪;势,起伏于指下而动,气之征兆”[10]。

“位、数、形、势”描述脉象的基本特征以及临床意义。在指下位置,“位”是脉管在三维空间上的位置,包含寸、关、尺三部以及浮、沉;“数”是指脉管运动时形态发生的变化在时间维度上的表现,包括脉动的至数和节律;“形”是指脉管本身的形态,如脉管之长短、粗细、质地等;“势”则指脉管形态发生变化的程度,表现为脉力的大小与均匀度[11]。

1.2 脉象八要素 现代学者通过深入研究古代文献及临床实践,认为传统脉象四要素的表述直观性尚有不足之处,不利于现代临床的教学与脉诊的传承[12]。因而,《中医诊断学》教材进一步将脉象四要素分解为脉象八要素,包括脉位、至数、脉长、脉宽、脉力、脉律、流利度及紧张度8个方面[13],见表1。目前教材所提及的28种脉象,均基于此八要素进行组合、变化与阐释。

表1 脉象八要素的定义

脉象八要素	定义
脉位	脉动显现部位的深浅
至数	脉搏的频率
脉长	脉动应指的轴向范围长短
脉宽	脉动应指的径向范围大小
脉力	脉搏的强弱
脉律	脉动节律的均匀度,包括节律是否均匀、停歇是否规则
流利度	脉搏来往的流利通畅程度
紧张度	脉管的紧急或弛缓程度

在28种脉象当中,由单一脉象要素构成的称为单因素脉,以多种脉象要素组成即为复合脉象。例如,滑脉“往来流利,应指圆滑,如盘走珠”,脉象要素主要涉及流利度,为单因素脉;涩脉“形细而行

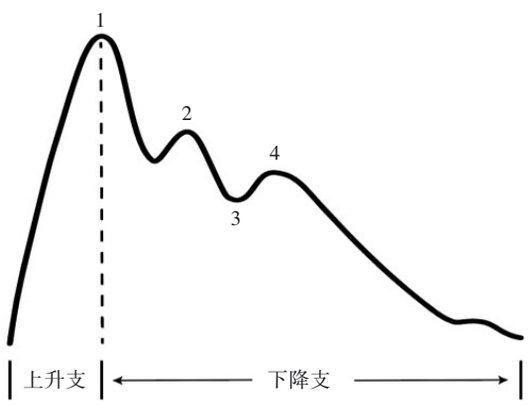
收稿日期:2026-03-08;**接受日期**:2026-04-25
基金项目:国家自然科学基金项目(82474391)
通信作者:朱龙,E-mail:24435933@qq.com
DOI:10.13260/j.cnki.jfjtcm.2026.08006

迟,往来艰涩不畅,脉势不匀”,包含脉宽、至数、脉律、脉力、流利度5个脉象要素,为复合脉。仅从流利度单一要素认识二者,易导致对脉象认识的偏差,影响脉象辨析的准确性。

因此,通过对脉象要素的细化,将脉象四要素分解为八要素,能够直观了解不同脉象的基本特征,便于掌握不同脉象的鉴别要点,为临床脉诊技术奠定基础,为脉图解释脉象要素提供理论框架。

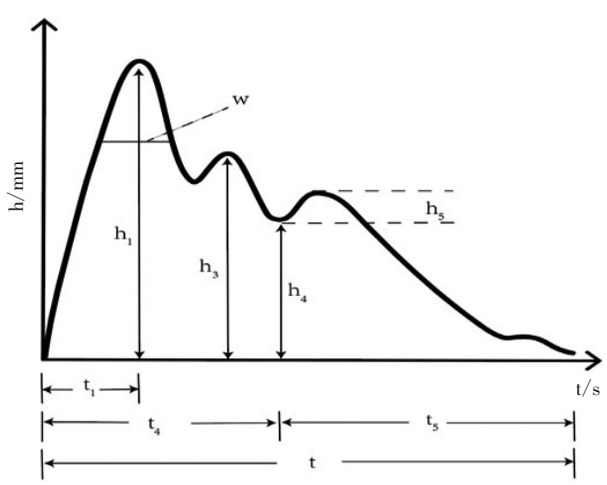
2　二维脉图

2.1　二维脉图　脉象传感器通过模仿医者在寸口位置采集脉搏信息,将所获信息处理后输出为切脉信号与脉搏波信号,接着经过计算机系统综合处理,最后呈现为脉图。脉图所记录的是血管内压力、血管壁张力、血管整体位移运动的综合力,及其时相变化的轨迹[14-15]。二维脉图基本结构见图1,二维脉图的幅值与时值见图2。



注:1代表主波;2代表重搏前波(潮波);3代表降中峡;4代表重搏波。

图1　二维脉图基本结构图



注:h_1代表主波幅度;h_3为重搏前波幅度;h_4为降中峡幅度;h_5为重搏波幅度;t为起始点到终止点之间的时值,对应左心室的一个心动周期;W为主波上1/3处的宽度,相当于动脉内压力高水平状态所维持的时间。

图2　二维脉图幅值与时值参数图

2.2　二维脉图的要素表达

2.2.1　脉位　通过比较主波幅度最高点对应的取脉压力确定脉位。浮脉取脉压力<100 g,脉位居中取脉压力为100～175 g,沉脉取脉压力>175 g[15]。

2.2.2　至数　通过脉搏跳动1次所需时间t来计算每分钟的脉动次数。至数计算公式:至数(次/min)=60/t,取若干个脉动周期求平均值,该平均值即为至数。有研究认为,t≤0.48 s者为疾脉;t为0.5～0.64 s且脉律基本整齐者为数脉;t为1.0～1.6 s且脉律整齐者为迟脉[16]。

2.2.3　脉律　可使用t解释脉律。在脉图当中,最长t值与最短t值相差若>0.12 s,则可以认定为脉律不齐[15]。岳沛平对促脉、结脉、代脉进行详细的描述[16]。促脉“数而中止,止无定数”,在脉图上表现为节律不齐,并可以观察到不规则的停搏,其停搏间隔通常小于1个完整的脉动周期,脉图中亦可见到多个插入性小波。结脉“缓而中止,止无定数”,与促脉不同的是,在一组正常波群后,可无规律地出现1～2个提前的小波群。代脉“止有定数,良久复来”,与促脉相比,代脉的停搏周期规则,停搏间期常不少于一个脉动周期;与结脉相比,代脉可见规律出现插入性小波。

2.2.4　流利度　可用参数h_1、h_3、h_4、h_5、W、t表示。流利的特征为h_1升高,h_4降低,h_3可与h_4相近,W/t、h_3/h_1、h_4/h_1减小,h_5/h_1增大。而脉动滞涩则有不一样的表现,其主要体现在h_1低矮,h_3与h_4相对升高,W/t、h_3/h_1、h_4/h_1增大,h_5/h_1明显减小[15]。

2.2.5　紧张度　紧张度解释参数同流利度。脉道紧张主要为h_3升高至与h_1接近,h_4升高,h_3/h_1、h_4/h_1、W/t增大,h_5/h_1减少。脉道缓和的特征是h_3和h_4高度较h_1稍微降低,h_3/h_1、h_4/h_1、W/t减小[15]。

2.2.6　脉力　可通过h_1来表示脉力。脉搏有力者h_1值较大,脉力居中者h_1值中等,脉搏无力者h_1较小[15]。

综上所述,二维脉图可对脉位、至数、脉律、流利度、紧张度、脉力6个方面进行表达,但无法应用相关参数对脉长、脉宽进行描述。

3　三维脉图

3.1　三维脉图的采集　应用三维指感触觉中医脉诊仪(西安仙峒科技有限责任公司)对三维脉图进行阐释。该脉诊仪主要由5个部分组成,包括触压觉阵列传感器、腕带系系统、直线电机、同步采集系统和脉诊仪测试采集系统软件,如图3所示。

将腕带固定系统系在手腕处桡动脉寸、关、尺对应位置,通过腕带固定装置上滑道微调传感器所在位置,确保传感器中心线与脉道脉脊重合。直线电机通过“进给、收回动作”模仿人手指“举、按、寻”动作,最后将数据传回脉诊仪测试采集系统软件,以3D动态视频进行展示。

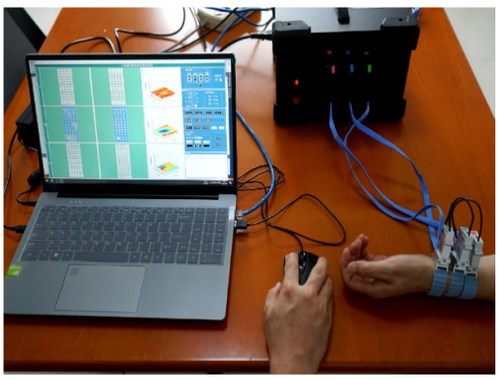


图3 三维指感触觉中医脉诊仪

在测试采集系统可设置触手电机每次步进的距离，寸、关、尺三部的切脉静压以及Z值。切脉静压按照“浮取、中取、沉取”3种压力有2组选择，第一组为10、15、23 kPa，第二组为6、10、15 kPa。*Z*值是指显示三维动态脉图时Z轴的压强幅值（单位：kPa）。

3.2 三维脉图的要素表达

3.2.1 脉位 通过浮取、中取、沉取所对应的脉力来判断脉位。由图4可知，浮取对应的脉力为0.05～0.1 N，中取对应的脉力为0.1～0.15 N，沉取对应的脉力＞0.2 N。沉取所对应的脉力最大，即沉取时指下感觉最为明显。因此，可以判定为该脉象的脉位较为深沉。

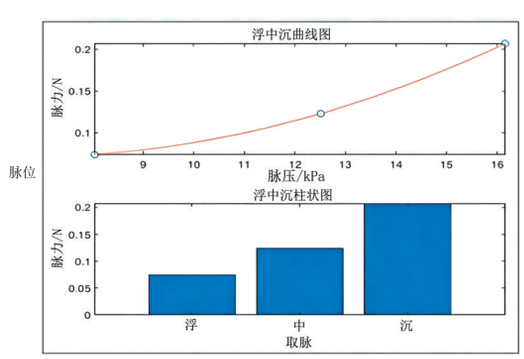
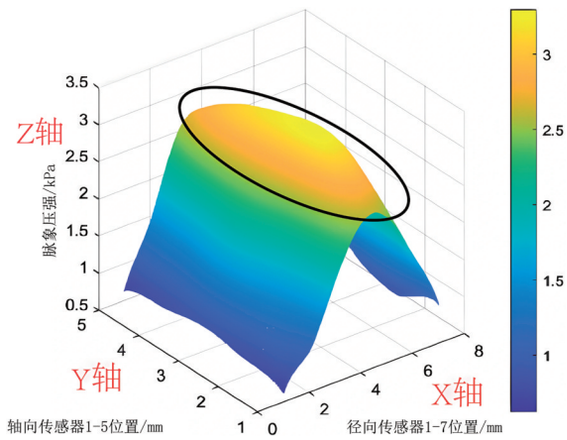


图4 脉位浮中沉曲线图与柱状图

3.2.2 至数 三维脉图的至数计算同二维脉图，即通过计算若干个脉动周期脉率的平均值获得至数。

3.2.3 脉长 通过三维脉图应指面积在Y轴上所占据的轴向长度来判断。图5与图6对比可知，图5应指面积的轴向长度满部，图6应指搏动范围较短，轴向长度不能到达三部。因此，可以认为图5所代表的为脉长，图6为脉短。

3.2.4 脉宽 通过三维脉图当应指面积在X轴上所占据的径向长度来判断。通过图7左侧形心痕迹图应指面积的对比，明显得出第二幅三维脉图所展现的径向宽度比其余两张窄，可判断其相对于其他两幅脉图脉道狭小。同理，也可通过图7右侧等高线图应指面积的宽度进行判断。



注：图中黑色所圈部分代表应指面积

图5 脉体形心痕迹图-1

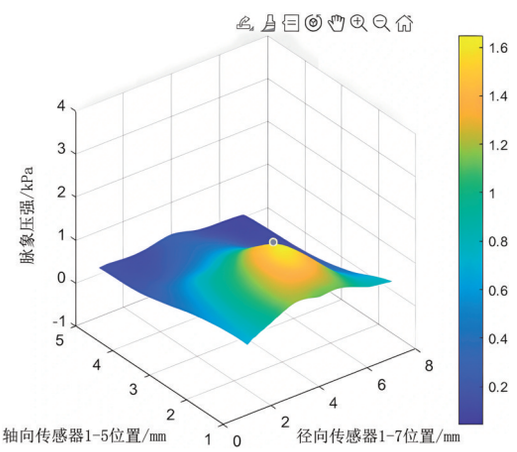


图6 脉体形心痕迹图-2

3.2.5 脉力 通过脉动的最大振幅即最大脉象压强可直接判断脉力的大小。图5最高点脉象压强为2.5～3.0 kPa，图6最高点脉象压强为0～1 kPa，故认为图5的脉力为脉大，图6则为脉小。

3.2.6 脉律 在三维视图下，脉搏的跳动清晰可见。其一，可通过观察三维脉图的脉动，判断脉动节律是否整齐、有无停歇以及停歇是否规律；其二，同二维脉图，可借助脉动1次的最长时间与最短时间的差值对脉律进行解释。

3.2.7 流利度 通过脉象滑变产生的“脉体形心”连续性位移变化，即“脉体形心轨迹图”直观表现。脉象产生滑变时，脉体形心位置移动可形成一条轨迹，如图8所示，非滑变则表现为图9。由图10可知，在上升支，滑脉脉体形心由Y轴的坐标1移动至坐标5且大致满布Y轴，对应图8的上升支轨迹；在下降支，脉体形心由满布Y轴逐渐移动至坐标5，对应图8的下降支轨迹。由图11可知，上升支与下降支的脉体形心位置在Y轴坐标4～坐标5，无明显滑动趋势。流利度的数字化表达，可用形心位移的距离与位移所用的时间比值即速率表示，速率越快，流利度越高。

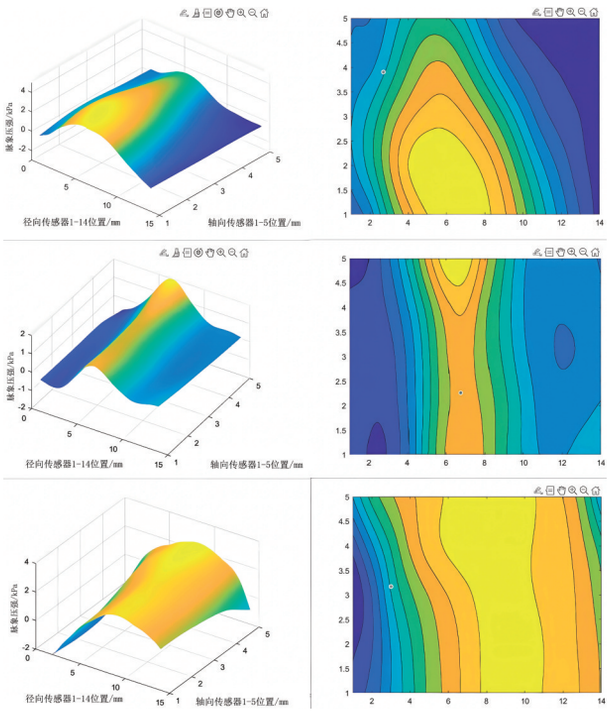


图 7　脉体形心痕迹图与等高线图

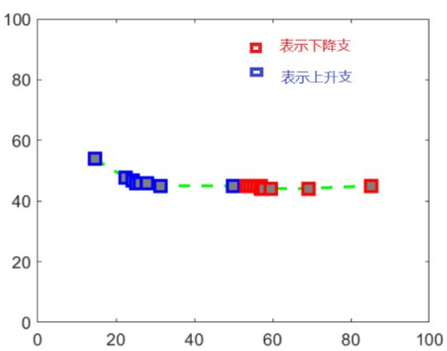


图 8　滑脉脉体形心轨迹图

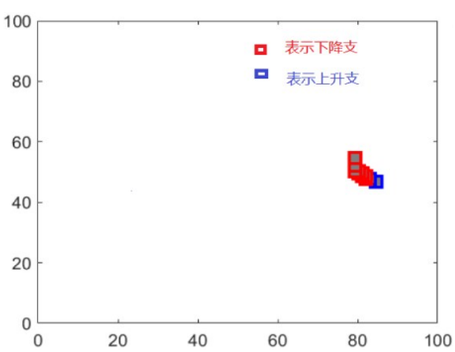
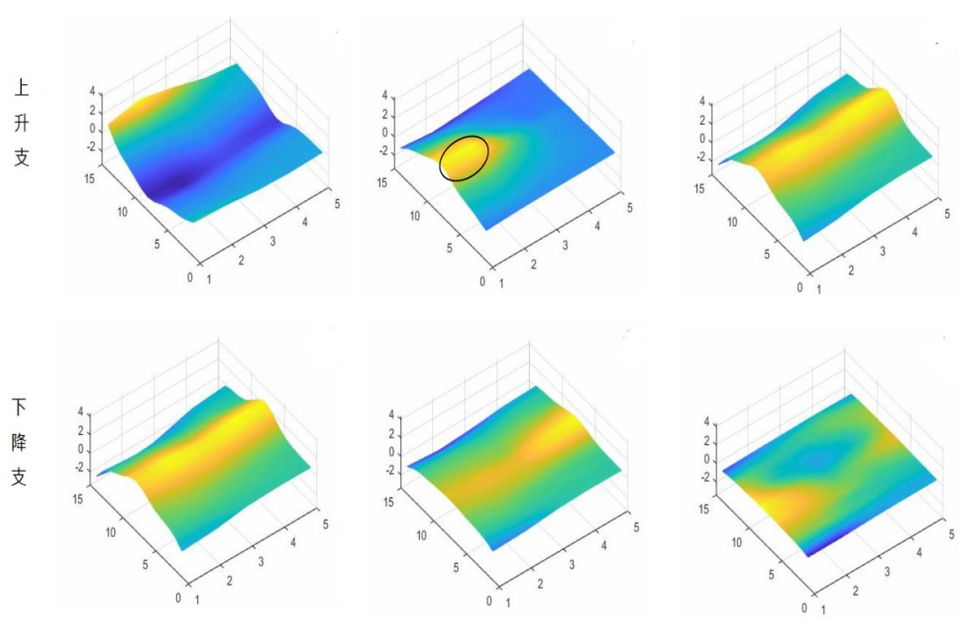


图 9　非滑脉脉体形心轨迹图



注:图中黑色所圈部分代表脉体形心。

图 10　滑脉脉体形心痕迹切片图

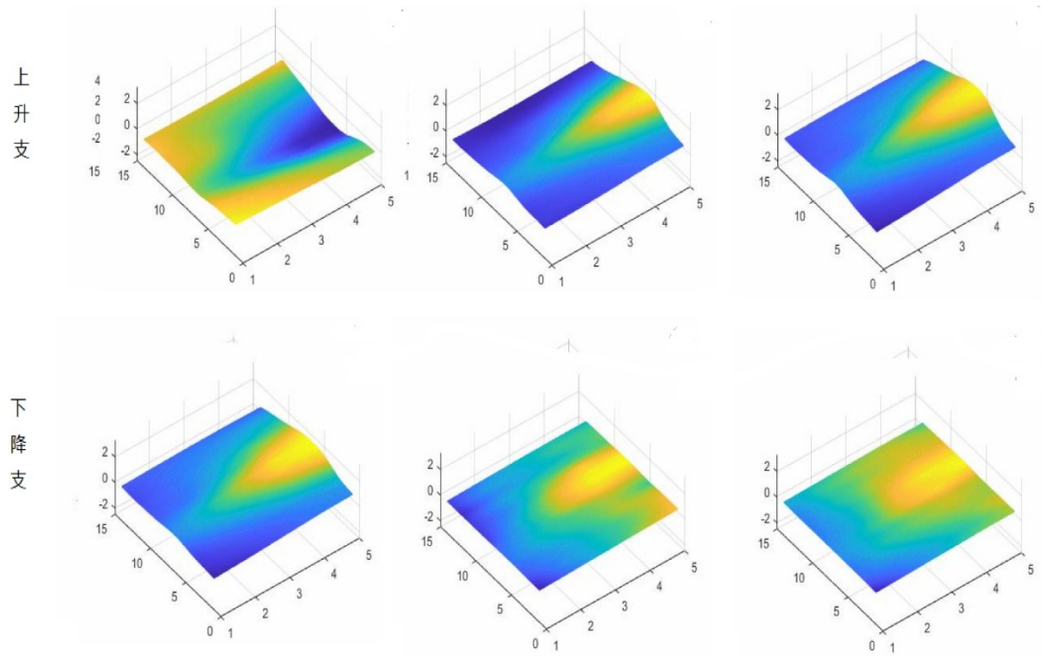


图11 非滑脉脉体形心痕迹切片图

3.2.8 紧张度 阻尼比可用于表示脉管振动衰减的快慢，间接体现脉管的紧张程度。阻尼比是阻尼系数与临界阻尼系数之比，用于描述振动系统中能量损耗的程度。阻尼比数值越大表示能量损耗越快，振动衰减越快。

在三维脉图的曲面上选取1个基础点，在搏动最高处两端各选取一点，分别计算这两点与基础点之间的互功率谱，通过功率谱密度传递比计算函数。利用该函数在系统固有频率ω_r附近的峰值形状与阻尼比相关的特性，完成系统阻尼比的计算。

在物理公式推导中，阻尼比与血管环箍应力和血管外平滑肌的收缩力成反比关系。阻尼比减小时，血管的环箍应力和血管外平滑肌收缩力增大，紧张度增大；阻尼比增大时，血管的环箍应力和血管外平滑肌收缩力减小，紧张度减小。

在实际测量紧脉、弦脉与濡脉的阻尼比数值中发现，紧脉的阻尼比通常＜1%，弦脉界为1.5%～2.5%，濡脉则＞4%。因此，通过阻尼比的数值变化可以区分紧脉、弦脉与濡脉。

3.3 二维脉图与三维脉图在脉象要素方面的对比 不论是二维脉图还是三维脉图，均用不同参数对脉象要素进行表达与解释。二者在脉位、至数、脉力及脉律脉象要素上的解释保持一致。在脉位上，通过轻取、中取及沉取对应的h_1或最大脉力所在位置确定；在至数上，应用脉率公式计算1个周期的脉搏跳动频率，并取多个周期的平均值；在脉力上，主波幅度值与最大脉象压强对应；在脉律上，体现为最长t值与最短t值的差值。

三维脉图应用应指面积轴向长度Y、径向宽度X、脉体形心轨迹图、阻尼比这4个参数，在脉长、脉宽、流利度、紧张度这4个方面做出提升，对于脉象要素的解释更全面与清晰，相关对比见表2。

表2 二维脉图与三维脉图在脉象要素方面的参数对比

脉象要素	二维脉图	三维脉图
脉位	h_1	最大脉力所在位置
至数	$60/t$	$60/t$
脉长	—	应指面积轴向长度Y
脉宽	—	应指面积径向宽度X
脉力	h_1	最大脉象压强
脉律	最长t值与最短t值差值	最长t值与最短t值差值
流利度	$h_1;h_3;h_4;h_5;W;t;W/t;h_3/h_1;h_4/h_1;h_5/h_1$	脉体形心轨迹图
紧张度	$h_1;h_3;h_4;h_5;W;t;W/t;h_3/h_1;h_4/h_1;h_5/h_1$	阻尼比

4 总结与展望

随着脉象信息采集全面性与准确性要求的提升，脉诊仪传感器探头数量逐渐增多，由单点到三点再到阵列式，突破了传统传感器在采集脉长、脉宽等脉象要素方面的技术局限。传感器类型也不断迭代更新，目前主流传感器可分为压力传感器、

光电容积式传感器及新型传感器[4]。各研发团队基于各类传感器研制出各式脉诊仪，并应用于冠心病、糖尿病、癌症等疾病的临床研究中[17]。

脉图可用来反映生理情况与病理状态下的脉搏波信号。其表现形式已从二维平面走向三维立体。二维脉图优势在于其研究时间较长，所涉及的参数相对标准、成熟，便于进行数据对比分析。但二维脉图仍存在不足：① 脉象要素包含 8 个方面，二维脉图难以呈现脉长与脉宽；② 在传统中医诊断教学中，脉诊的学习主要通过教师的口授以及学生的临床实践与摸索，抽象的文字描述导致学生难以在运用脉诊时准确理解与把握脉象，二维脉图虽有图像示意，但可视化部分仍有欠缺，难以弥补理论的抽象。

三维脉图所用技术一定程度上解决以上 2 点问题。① 绘制三维脉图的脉诊仪所使用的传感器数量更多、分布位置更广，可以直观呈现包括脉长与脉宽在内的脉象八要素，补足二维脉图信息不全面的欠缺。② 三维脉图以 3D 动态图像为优势，为研究者、初学者等人群提供可视化内容，通过图像直观感受脉象的动态变化，将抽象的脉象理论具体化，降低理解难度。此外，脉诊仪分析算法的不断更新，分析系统智能化，采集速率提高，所获数据量较前大幅度提升，能够为辨病、辨证提供价值信息。三维脉图虽较二维脉图存在显著优势，但三维脉图所用的脉诊仪器成本增加，信息分析的难度增大，且各项参数阈值范围的确定仍有赖于临床大量脉象信息的数据采集与分析。

未来，随着传感器技术的不断改进与创新，脉象采集的灵敏度、准确度将持续提升。临床用户不断增多，脉诊仪生产成本不断降低，脉诊仪应用范围将继续扩大。引入人工智能技术后，将增强解析海量三维图像信息的能力，在提高脉诊的准确性的同时，也有利于发现新的特异性诊断参数。三维脉诊相关技术将推动脉诊客观化研究的不断深入，为脉诊教学与临床提供更好的辅助手段，推动中医现代化不断发展。

参考文献

[1] 赵恩俭. 中医脉诊学[M]. 2 版. 天津：天津科学技术出版社，2001：1-7.

[2] 工业和信息化部，国家卫生健康委员会，国家发展和改革委员会，等. 关于印发“十四五”医疗装备产业发展规划的通知[EB/OL]. (2021-12-21)[2025-11-01]. https://wap.miit.gov.cn/jgsj/ghs/zlygh/art/2022/art_c201019bf2f64495b5b4d7398f0be2ac.html.

[3] 新华社. 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议[EB/OL]. (2025-10-28)[2026-01-11]. https://www.news.cn/politics/20251028/08920d9f557c432e99459f8f468504db/c.html.

[4] 罗郡希，雷立，曲宏达. 脉诊仪研究进展及未来[J]. 生命科学仪器，2025，23(6)：90-93.

[5] 郑锐龙，詹珊珊，庞拴卫. 可穿戴脉诊设备的发展及应用现状[J]. 医疗卫生装备，2023，44(4)：104-109.

[6] 周智慧，崔骥，许家佗. 阵列式脉图采集分析技术研究进展[J]. 中国中医药信息杂志，2023，30(6)：176-180.

[7] 灵枢经[M]. 北京：人民卫生出版社，1963：15.

[8] 陶宗仪. 南村辍耕录[M]. 李梦生，校点. 上海：上海古籍出版社，2012：208.

[9] 滑寿. 诊家枢要[M]. 上海：上海科学技术出版社，1959：8-10.

[10] 周学海. 重订诊家直诀[M]. 石历闻，肖海军，徐燕，校注. 北京：中国中医药出版社，2015：7.

[11] 张治国，杨杰. 论脉象与“位、数、形、势”的关系[J]. 中华中医药杂志，2009，24(9)：1123-1127.

[12] 王石，唐蜀华. 唐蜀华论脉象七要素[J]. 江苏中医药，2021，53(11)：21-23.

[13] 李灿东，方朝义. 中医诊断学[M]. 5 版. 北京：中国中医药出版社，2021：99-100.

[14] 费兆馥. 现代中医脉诊学[M]. 北京：人民卫生出版社，2003：162-164.

[15] 袁肇凯. 中医诊断实验方法学[M]. 2 版. 北京：科学出版社，2007：96-104.

[16] 岳沛平. 脉象与脉图在心血管疾病临床诊断中的应用[J]. 中医文献杂志，2006(1)：31-33.

[17] 张娟，刘孟涵，宋晓慧，等. 脉诊仪及其检测指标的临床研究分析[J]. 中国中医基础医学杂志，2025，31(3)：425-430.