数字中医中药

DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2025.02.003

基于毫米波雷达的中医情志数据科学化探析

田雨[1,2],王舒怡[2],赵博衡[1,2],方震[3],杨杰[1,2]
(1.中国中医科学院中医药数据中心,北京 100700;2.中国中医科学院中医药信息研究所,北京 100700;
3.中国科学院空天信息创新研究院,北京 100094)

摘要:在现代化技术的支持下,为了更好地传承中医的精华,守正创新,中医诊断信息数据科学化是必然的发展道路。在中医诊断客观化技术的基础上,提出基于毫米波雷达的中医情志信息数字化采集和识别方法。以中医情志理论为基础,对情志进行了溯源和分类,分析了中医情志致病的原因,以及情志与呼吸、心跳的关系。毫米波雷达能检测呼吸与心跳两大生命体征,又与中医望情绪一致,有无感观测的共同点。据此提出了基于毫米波雷达的情志信息数据科学化模式,为中医情志诊断提供客观数据支持。该模式包括两部分:第一,毫米波雷达采集指标的确定,并从中医角度解释采集指标与情志的关系;第二,建立毫米波雷达情志识别模型,用于中医情志状态的识别。最后探讨了基于毫米波雷达中医情志数据科学化的应用方向,为后续发展提供思路。

关键词:毫米波雷达;情志;信息采集;呼吸波;心冲击波;中医药数据科学;中医诊断学
中图分类号:R2-03 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2025)02-0012-06

Research on Scientization of TCM Emotional Data based on Millimeter Wave Radar

TIAN Yu[1,2],WANG Shuyi[2],ZHAO Boheng[1,2],FANG Zhen[3],YANG Jie[1,2]
(1. National Data Center,China Academy of Chinese Medical Sciences,Beijing 100700,China;
2. Institute of Information on Traditional Chinese Medicine,China Academy of Chinese Medical Sciences,Beijing 100700,China;
3. Aerospace Information Research Institute,Chinese Academy of Science,Beijing 100094,China)

Abstract:With the support of modern technology,in order to better inherit the essence of traditional Chinese medicine (TCM) and keep the innovation,the digitization of TCM diagnostic information is the inevitable development path. Based on the objective technique of TCM diagnosis,this paper proposes a digital collection and recognition method of TCM emotional information based on millimeter wave radar. Based on the emotion theory of TCM,this paper traces the origin and classifies emotion,analyzes the causes of emotion disease and the relationship between emotion and breathing and heartbeat. Millimeter wave radar can detect the two vital signs of breathing and heartbeat,and it is consistent with the mood of TCM,which has the common point of non-inductive observation. Therefore,a scientific model of emotion information data based on millimeter wave radar is proposed to provide objective data support for TCM emotion diagnosis. The model consists of two parts. First,the determination of the acquisition index of millimeter wave radar,and the relationship between the acquisition index and emotion is explained from the perspective of traditional Chinese medicine. Secondly,the emotion recognition model of millimeter wave radar is established for the recognition of emotion state in TCM. Finally,the scientific application direction of TCM emotional data based on millimeter wave radar is discussed to provide ideas for the subsequent development.

Keywords:millimeter wave radar;emotions;information collection;respiratory wave;ballistocardiogram;traditional Chinese medicine data science;diagnostics of traditional Chinese medicine

中医情志学是中医学中的重要分支之一,其主要研究情志状态与人体健康之间的关系。情志是指人的情感、意志、思维等心理活动,它与人体的生理、病理密切相关,情志失调是导致许多疾病的重要原因之一[1]。因此,对情志状态的监测、评估和调节对于维护人体健康具有重要意义。传统上,中医师主要通过"望闻问切"从不同的维度观察和感受患者的情况,再根据知识与以往的经验,对患者的情志状态进行评估。这种方法易受外部环境条件、患者和医师的主观因素干扰,导致医师的判断缺乏客观性。而以数据为驱动的决策模式能够帮助中医从复杂的数据中寻找到有效的证据[2]。在大数据时代,数据科学应运而生,其研究对象是数据,通过数据采集与存储、数据处理、数据分析、数据可视化等方法,从大数据中提取有价值的信息[3-4]。如何将数据科学的思维模型引入中医领域,以中医药数据为研究对象,利用数据科学的方法论,形成具有中医特色的中医药数据科学,为中医药数据赋能,实现中医药数据价值是一个迫切的研究问题。

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC1703502);中国中医科学院科技创新工程项目(CI2021A05402);中国中医科学院青年科技人才培养专项(ZZ16-XRZ-099)
作者简介:田雨(1996-),女,北京人,研究实习员,硕士,研究方向:中医药信息化。
通讯作者:方震(1976-),男,安徽巢湖人,研究员,博士,研究方向:新型医疗电子检测与医学人工智能。E-mail:zfang@mail.ie.ac.cn。
杨杰(1974-),女,辽宁沈阳人,主任医师,博士,研究方向:中医药信息化。E-mail:yangjie@ndctcm.cn。

目前,基于现代心理学的研究,情绪识别方法主要有面部表情、语音声调、生理信号、心理学问卷等[5]。由于情绪信息的采集需要通过摄像、录音、佩戴传感器设备等方式,所得数据容易受被试者的主观因素干扰,难以准确反映真实的情绪状态[6]。近年来,无感的情绪识别技术发展迅速,信息采集过程不对用户产生干扰。因此,基于无线传感技术的情绪识别方法成为了现代心理学研究的新热点[7-8]。但中医心理学领域的情绪监测、识别研究进展缓慢,中医特色的情志理论与现代心理学之间的关系模糊。为此,如何更好地解读中医情志理论,研究中西医对情绪认识的异同对中医心理学发展至关重要。

本文在中医情志理论的基础上,探讨中医情志理论基础、中医视角下的情绪识别指标,以及基于无感雷达技术的情绪信号采集方法,最后讨论了中医情志信息数字化应用的思路。希望数字化采集技术能够为中医情志理论解读、中医情绪评估和中医情志治疗提供更科学、客观、准确的依据,帮助中医心理学客观化、数字化发展。

1 中医情志理论基础

传统中医学中并没有"情绪"这一词汇,"情志"一词是中医对情绪的独特表述。中医对人"喜、怒、哀、乐"等心理活动的认知基于中医"司外揣内"的思维模式,详细体现在中医情志理论中。要弄清楚中医辨别情志的方法、为何要进行情志数字化,首先要理解中医情志产生的本源和情志活动的结果。

1.1 情志溯源与分类

中医认为情志活动是人对外部事物、环境变化产生的情绪和心理。《黄帝内经》对中医情志理论有奠基性的记载,其中对"情志"的概念及其与脏腑的关系进行了阐述,认为五脏之精气是情志产生的本源[9]。五脏中的精气运作使人产生了情志。中医对七情的论述包括七情与五志。刘完素综合《内经》五脏本气的认识,最早在《原病式·六气为病·热类》中提出"五志过极皆为热病"的学术观点,即"五藏之志者,怒、喜、悲、思、恐也……凡五志所伤皆热甚也"。陈无择在《三因极一病证方论》中写道"内所因惟属七情交错,爱恶相胜为病,能明而推之",认为七情内伤是致病内因,与外因、不内外因统称为三因,"三因说"由此产生。"喜怒忧思悲恐惊",谓之七情,亦谓七气[10]。

经过后世的发展,明代张景岳在《类经·情志九气》中言,"世有所谓七情者,即本经之五志也"[11],将五志与七情合并谓之"情志",由此中医情志理论逐渐形成。

1.2 情志失调致病

人有七情,正常适度的情志活动有益于健康,过度或失调的情志活动,则会引起情绪的异常波动,气机紊乱。中医认为病生于气,气和则养人,气邪则伤人,情绪与气密切相关[12]。《素问·阴阳应象大论篇》言:"人有五脏化五气,以生喜怒思忧恐"。《素问·举痛论篇》云:"余知百病生于气也,喜则气缓,怒则气上,悲则气消,思则气结,恐则气下。"这说明人的情志会影响机体的气血、脏腑[13]。宋代医家陈无择的《三因极一病证方论》中有"七情,人之常性,动之则先自脏腑郁发,外形于肢体"。这也说明了情志失调使得情绪异常,气机紊乱,损伤人之脏腑,引起机体各种各样的不适病症。

《素问·阴阳应象大论篇》中对情志失调损脏腑有更详细的阐述,喜伤心,怒伤肝,思伤脾,忧伤肺,恐伤肾[14]。喜为心之志,"心气虚则悲",喜不及会产生悲忧欲哭的神志改变,适度喜志能胜悲;"心气实则笑不休",心气弛纵散涣,喜乐过度亦伤心,故喜伤心也。怒为肝之志,过度放纵情绪,暴怒使得气机上逆,故怒伤肝也。思为脾之志,思虑万千使得气机郁滞不通,故思伤脾也。忧为肺之志,长时处于忧伤悲恸的状态,使得气机消散,故忧伤肺也。恐为肾之志,恐使得气机下陷不得正常上升,故恐伤肾也。《素问·汤液醪醴论篇》中言:"精神不进,志意不治,故病不可愈。"[15]综上所述,中医认为人是形体与精神活动统一的整体,情志失调导致气机升降出入逆乱,进而导致脏腑功能受损,百病因此而生。

1.3 情志与生理变化的关系

中医古籍中对情志引发人体生理变化已有相关论述,主要体现在呼吸、心跳两个方面。

《素问·天元纪大论篇》云:"其在于人,则有五脏,化生五脏之气,五气之中,以生喜怒思忧恐之五志"[15]。由此可见,五脏之气生化形成五志,气的运动是五志产生的根源。"视息者,察呼吸以观其气"(《类经·诊有大方》),医者通过呼吸来探察气的运行,呼吸是五脏之气运作的外在表现形式。故医者通过观察呼吸的变化,了解人的五脏之气,从而可以探察情志。

《灵素节注类编·阴阳脏腑总论》中有,"故凡七情,皆由心发",张子和在《儒门事亲·九气感疾更相为治衍二十六》中写道"五志所发皆从心造",人的心理活动产生七情与五志;反之,有"七情劳力,皆扰动身心",(《灵素节注类编·七情寒热变化九气致病》),七情变化亦能引发心动。故七情与心的关系十分密切。心动主要是通过心跳这个生理变化反应,因此,情志与心跳相互关联。

2 基于毫米波雷达的情志信息数据科学化模式

毫米波雷达技术主要可采集人体的呼吸和心跳信息,是两个衡量身体健康状况的重要指标。毫米波雷达可以无感地监测人体健康情况,与中医望诊中望情绪的方法相似,都有无感识别人体体征的特点。通过毫米波雷达采集呼吸、心跳信号,再对其进行提取分析,可以揭示其中蕴含的人的情绪状态。

2.1 从中医角度解释情志识别的采集指标

2.1.1 呼吸

现代心理学研究发现,不同情绪下呼吸的各项指标存在差异,恐惧、愤怒或快乐时呼吸周期下降,呼吸频率加快;在悲伤时呼吸周期增加,呼吸频率减少[16-17]。中医认为肺主管呼吸之气,吸入自然界的新鲜清气,吐出体内的浊气,实现机体与外界的气体交换。肺气虚,少气,容易产生忧虑的情绪变化。肝主疏泄,通过调节气血津液的输布,疏畅脏腑气机。肝疏泄过度,气机上逆,导致情志活动的亢奋,常常表现为易怒[18]。肾主纳气,肾水充盈则胆壮,肾水亏则气血虚,易恐。脾位于人之中焦,心肺居上,肝肾居下,因此脾为气机运作之中枢。脾气郁结,影响生化气血,导致胃口不佳、烦闷、思虑过多。心主神明,心对人的情绪活动变化有重要的影响。人心情愉悦,心气平缓、散逸,则伤其神。综上所述,五脏气机变化影响五志,而中医认为周身之气升降出入具体表现为呼吸,因此可以认为呼吸是五志的一个外在表现,呼吸可以作为情志活动变化的指标。如《素问》曰:"肝在声为呼,在变动为握,在志为怒"。《灵枢·论勇》言:"怒则气盛而胸张,肝举而胆横"[19],人发怒时会引起胸部向外部扩张,肺部呼吸量增多,呼喊、手掌紧握的动作表现明显。

2.1.2 心跳

现代心理学研究发现恐惧、悲伤在心率上快于中性情绪,且具有显著的差异性[20]。快乐、悲伤、厌恶3种情绪在心率变异性明显低于中性情绪[21]。负性情绪引发的心率活动比正性情绪引发的心率活动持续的时间更长,且心率恢复较慢[22]。在中医学中,心主血脉,心脏规律性的跳动使血液通过脉管能够流向全身[23]。血液流动时脉管也随之产生规律性

搏动,形成了脉搏。《素问·五脏生成篇》言:“诸血者,皆属于心。”由此可见,心为血之源,血脉是血液流动的管道,心脏的搏动与脉搏的跳动频率、节律基本一致。当心气充沛时,心脏跳动平稳有力,血液能够被送至全身各处,人的气血充盈,这时脉搏亦平缓有力。

综上所述,情志与脏腑、呼吸和心跳的关系如插页Ⅰ图 1 所示。

2.2 毫米波雷达情志识别模型

采集设备采用本课题组自主研发的数字中医设备[24]。该集成化雷达设备拥有完整的雷达信号收发硬件,雷达的发射频率为 60 ~ 64 GHz,可进行生理体征测量。在数据传输方面,设计了 Wi - Fi + 网线双通信接口,方便数据集中收集与管理。

基于毫米波雷达的中医情志识别模型,主要包括 4 个部分,如插页Ⅱ图 2 所示。(a)信号采集:传感器发射电磁波信号,经过人体反射,获得混频信号;(b)信号处理:利用分离算法提取呼吸、心跳信号,获得呼吸波和心冲击波;(c)特征提取:提取时域、频域和非线性特征;(d)情志分类:神经网络分类算法。

2.2.1 呼吸心跳混合信号采集 毫米波雷达(millimeter wave radar)是一种使用短波长电磁波的特殊雷达技术[25-26],其工作原理如插页Ⅰ图 3 所示。雷达由发射(TX)天线、接收(RX)天线、混频器、波形生成器等部分组成[27]。发射天线发出的调频连续波(frequency modulated continuous wave,FMCW)信号由波形生成器产生,在雷达射程范围内的目标均可以反射电磁波,反射波被接收天线获取后,混频器将发射信号和接收信号进行混频处理,得到中频(intermediate frequency,IF)信号[28]。IF 信号中包括目标的位置、角度等信息,通过对 IF 信号的处理,即可得到目标的信息。

2.2.2 信号处理 IF 信号的相位变化反映了由呼吸引起的胸部扩张和收缩以及由心跳引起的身体振动的复合位移[28]。因此,采集到的数据用于中医情绪判断前需要对信号进行处理。信号处理过程主要包括三步:获取相位差值、分离呼吸心率信号、分割心拍,如插页Ⅱ图 2(b)所示。对振幅进行检测,记录目标的位置索引,获取信号的相位变化 $\Delta\Phi$。IF 信号的相位变化与雷达信号的传播距离有关,其关系如(1)式。

$$\Delta\Phi(t) = \frac{4\pi\Delta d(t)}{\lambda} \tag{1}$$

其中,$\Delta\Phi$ 为信号相位的变化,λ 为波长,$\Delta d(t)$ 是目标与雷达之间的距离随时间的变化。

人体通过表面局部区域的小幅振动表现一些生理特征,对于呼吸和心跳引起的胸壁位移变化,毫米波雷达可以准确地捕获由此心肺活动引起的微小振动。当人进行吸气时,胸腔扩张,胸腔与雷达之间的距离缩小;当人进行呼气时,胸腔收缩,胸腔与雷达之间的距离扩大,反映在图像上如插页Ⅱ图 4 所示。曲线显示了吸气 - 呼气过程中的胸部位移,吸气位于曲线的波谷,呼气位于曲线的波峰。由于曲线重叠了呼吸引起的胸位变化和心跳的微小振动,因此曲线上会出现小齿痕。

人体呼吸引起的胸壁位移变化与心跳产生的微小振动相比要大很多,相位信号主要反映的是呼吸的变化。考虑到呼吸通常是一个缓慢且平稳的过程,而心跳则是通过肌肉的快速收缩,因此两者的频率不同。人体呼吸的频率约为 6 ~ 30 次/min,即 0.1 ~ 0.5 Hz,人心跳的频率为 48 ~ 198 次/min,即 0.8 ~ 3.3 Hz。采用带通滤波器去噪,再经过短时傅里叶变换分离呼吸和心跳信号。对中频信号进行快速傅里叶变换(fast fourier transform,FFT),即可得到动态目标相位随时间变化的分布图。

2.2.3 特征提取 呼吸和心跳信号的特征提取主要分为三大类:时域、频域和非线性特征。以连续信号间隔为序列 B,提取特征参数。见表 1。

表 1 特征提取变量

特征类型	特征	描述
时域	$\mu_B = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} B_n$	间隔序列 B 的均值,N 为序列间隔的个数
	$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N}(B_n - \mu_B)^2}$	间隔序列 B 的标准差
	$rangeB = B_{\max} - B_{\min}$	最大间隔 $B_{\max}$ 与最小值间隔 $B_{\min}$ 的差值
	$RMS_{sd} = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N}\Delta B_n^2}$	序列一阶差分 ΔB 的均方根
	$SD_{sd} = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N}(\Delta B_n - \overline{\Delta B})^2}$	序列的一阶差分 ΔB 的标准差
	$CV_{sd} = \frac{RMS_{sd}}{\mu_B}$	序列的一阶差分 ΔB 的变异系数
频域	LF	低频功率:0.04 ~ 0.15 Hz 范围的功率
	HF	高频功率:0.15 ~ 0.4 Hz 范围的功率
	$R_1 = \frac{LF}{HF}$	低高频功率比
非线性特征	$ApEn_B$	近似熵
	$SamEn_B$	样本熵

2.2.4 中医情志识别 基于生理信号的情绪识别方式,主要包括基于人工特征的情绪识别方法和神经网络学习方法。传统方法对噪声较为敏感,难以保证算法的鲁棒性。神经网络方法能有效降低噪声干扰,提取更加丰富、抽象的高层特征,从而极大地提升了算法性能。

循环神经网络(recurrent neural network,RNN)是一种适用于处理序列数据的神经网络,由于其具有记忆性、动态性等优点,被广泛应用于语言模型、时间序列预测、语音识别等领域。长短时记忆神经网络(long short - term memory,LSTM)是一种特殊的 RNN,旨在解决传统 RNN 在处理长序列数据时遇到的梯度消失和梯度爆炸问题。在情志识别任务中,LSTM 能够有效地捕捉情绪信号的时间动态特性,如基频、能量等变化。以下是使用 LSTM 进行情绪识别的方法概述:首先经过前期数据预处理与特征提取。构建 LSTM 模型:根据情绪识别的任务需求,构建合适的 LSTM 模型。模型训练:使用标注好的训练数据对 LSTM 模型进行训练。在训练过程中,通过反向传播算法调整模型参数,以最小化分类错误。模型验证与优化:通过交叉验证等方法对模型进行验证,确保模型的泛化能力。根据验证结果,对模型进行调整和优化,提高其在情志识别中的性能。模型部署与应用:将训练好的 LSTM 模型部署应用到情绪识别中。

3 中医情志数据科学化的应用展望

3.1 无感采集提高情志信息的客观性和准确性

通过脑电、心电仪等设备对人的情绪状态进行监测和记录时,受试者需要佩戴专用的仪器,情绪信息会受到个人主观因素的干扰,从而对情志状态的评估产生影响。基于毫米波雷达技术通过无接触式传感器设备对人的情志状态进行无感监测

和记录,患者只要在传感器的监测范围内即可进行测量,无须佩戴采集装置、手环等。这种数字化采集情志信息的方式,可以减少仪器与患者、医师与患者之间的接触,从而减少了人为因素对情志信息采集的影响,提高情志信息采集的客观性和准确性,有助于医生得出更恰当的中医诊疗策略。

3.2 为中医情志诊疗与预测预警提供科学依据

当今社会人们面临的机遇和挑战不断增加,使得人们的情绪问题也越来越多。因不良情绪得不到及时地调节和疏导引起的心理疾病在疾病中的占比也逐渐增大。中西医对心理疾病的关注程度都在增加。中医在治疗情志病症方面有其独特性和优越性。根据中医望诊方法,利用毫米波雷达采集到的信息对人的情志状态进行识别,尤其对于存在抑郁倾向的患者可以降低他们的心理负担,缓解检测时的精神压力,从而获取更多的数据。此外,通过对患者持续性的监测,该模式可以记录患者病前、病中、正常状态下的情绪变化,为后续分析患者症状改善提供数据,为情志健康管理提供更科学的依据。例如,可以通过情志信息的数字化采集和分析,发现人的情志状态与生活方式、饮食习惯等因素之间的关系,为情志健康管理提供更科学的指导。

数字化采集情志信息可以将情志信息转化为客观化数据,通过数据分析和处理,提取出与人体情绪相关的特征,为中医情志状态判断和治疗提供科学依据。可以利用数据分析挖掘方法研究情志活动与某些疾病的发生和发展之间的关系,为中医诊断和治疗提供更有效的数据支持。

3.3 有助于中医望诊、整体健康状态的判断

情志信息数字化采集有助于中医望诊多维化。基于毫米波雷达技术采集患者的呼吸、心跳混合信息,采用特征提取算法从混合信号中提取呼吸和心跳的特征,此后再基于机器学习等分类算法对情志状况进行识别。在基于毫米波雷达采集的情志信息基础上,结合传统的望诊信息采集技术,多维多模态望诊数据对患者整体健康状态的判断更加准确。此外,基于毫米波雷达的情志采集技术与传统的望诊采集方法相比,优势在于可以采集到未表现在面部的情绪,能无感式采集到非图像望诊信息。

3.4 提供治未病与健康管理的新思路

就中医“治未病”的理念,在从治病到健康管理转型的过程中,慢性病居家预防、综合干预以及居家养老是未来发展的必然趋势。基于毫米波雷达可以开发一套针对社区、家庭或养老机构的非接触式健康监测设备及照护系统,对老人进行长期心肺功能、情绪监测,实时掌握居家老人的生命体征数据,保障老年人的健康养老需求。

4 小结

中医诊断信息采集在现代科学技术的推动下,朝着客观化、数字化的道路前进。但是,中医情志诊断客观化发展依旧受到制约,例如传感器硬件设备的限制,难以采集到能够准确且反映中医事实的数据;信息采集规范化不足,导致数据难以达到统计的标准。本文在以往的中医四诊信息采集技术的基础上,提出基于毫米波雷达的中医情志信息数据科学化模式。在该模式下,可以非接触地采集患者的呼吸、心跳的情志信息,丰富了中医情志诊断信息的多样性,进一步完善情志诊断信息的客观化、数字化建设。总之,数字化采集情志信息对于中医学的发展和情志健康管理具有重要意义,未来中医情志信息数字科学化将成为中医情志学研究和应用的重要手段。

参考文献

[1] 包丰源, 招辉. 中医情志疗法的理论创新与实践应用[J]. 江西中医药, 2022, 53(8): 17 - 20.
[2] 李红岩, 李灿, 郎许锋, 等. 中医四诊智能化现状及关键技术探讨[J]. 中医杂志, 2022, 63(12): 1101 - 1108.
[3] 王舒怡,杨杰,田雨. 基于数据科学的中医临床信息采集关键技术的研究进展[J]. 中华中医药学刊,2024,42(3):10 - 18.
[4] 汤珊红, 游宏梁, 高强, 等. 大数据环境下推动军事数据科学建设的思考[J]. 情报理论与实践, 2022, 45(7): 18 - 22.
[5] 陈继华, 李岚, 钱坤喜. 基于多生理信号的情绪初步识别[J]. 生物医学工程研究, 2006, 25(3): 141 - 146.
[6] 张倩. 非接触式情感识别关键技术研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2020.
[7] 高茜. 基于双模态传感器的非接触式情绪识别技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2019.
[8] 方震, 简璞, 张浩, 等. 基于 FMCW 雷达的非接触式医疗健康监测技术综述[J]. 雷达学报(中英文), 2022, 11(3): 499 - 516.
[9] 杨渝, 陈晓. 基于原型范畴理论的《黄帝内经》情志术语翻译研究[J]. 中国翻译, 2023, 44(2): 152 - 159.
[10] 陈玉霏. 基于中医情志理论的悲喜情绪识别模式研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2017.
[11] 张景岳. 类经[M]. 范志霞,校注. 北京: 中国医药科技出版社, 2011: 253 - 254.
[12] 薛雪,集注. 医经原旨[M]. 洪丕谟,姜玉珍,点校. 上海: 上海中医学院出版社, 1992.
[13] 马月香. 中医情志理论源流探析[J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(9): 1838 - 1840.
[14] 王玉兴. 黄帝内经素问三家注 - 基础分册[M]. 王冰, 杨上善, 张介宾,注. 北京: 中国中医药出版社, 2013: 72 - 120.
[15] 王冰. 黄帝内经素问[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1963: 361 - 368.
[16] RAINVILLE P, BECHARA A, NAQVI N, et al. Basic emotions are associated with distinct patterns of cardiorespiratory activity[J]. Int J Psychophysiol, 2006, 61(1): 5 - 18.
[17] KREIBIG S D. Autonomic nervous system activity in emotion: a review[J]. Biol Psychol, 2010, 84(3): 394 - 421.
[18] 严灿, 邓中炎, 潘毅, 等. 从现代心理应激理论研究中医肝主疏泄功能[J]. 广州中医药大学学报, 2000, 17(3): 209 - 211.
[19] 刘衡如校. 灵枢经: 校勘本[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1964: 173 - 174.
[20] KREIBIG S D, WILHELM F H, ROTH W T, et al. Cardiovascular, electrodermal, and respiratory response patterns to fear - and sadness - inducing films[J]. Psychophysiology, 2007, 44(5): 787 - 806.
[21] LANE R D, MCRAE K, REIMAN E M, et al. Neural correlates of heart rate variability during emotion[J]. Neuroimage, 2009, 44(1): 213 - 222.
[22] BROSSCHOT J F, THAYER J F. Heart rate response is longer after negative emotions than after positive emotions[J]. Int J Psychophysiol, 2003, 50(3): 181 - 187.
[23] 周桢,王倩,方荣. 基于心主血脉理论的滋阴养血法治疗脓毒症心肌病研究进展[J]. 辽宁中医杂志,2022,49(4):212 - 214.
[24] 杨杰, 刘保延, 王斌, 等. 一种复合毫米波雷达的中医望诊设备: CN114732367A[P]. 2022 - 07 - 12.
[25] HE M, NIAN Y J, GONG Y S. Novel signal processing method for vital sign monitoring using FMCW radar[J]. Biomed Signal Process Contr, 2017, 33: 335 - 345.
[26] 琚泽东, 黄晓红. 基于毫米波雷达的动态目标生命体征检测研究[J]. 电子测量技术, 2022, 45(16): 27 - 33.
[27] 胡继志, 张丕状, 杨大鹏. 便携式 FMCW 雷达动目标探测设计[J]. 国外电子测量技术, 2020, 39(12): 90 - 94.
[28] 蒋腾, 胡涛, 祝民鹏, 等. 基于连续小波变换的多数据心率提取方法[J]. 现代雷达, 2019, 41(5): 22 - 26.

基于毫米波雷达的中医情志数据科学化探析

（正文见 12－15 页）

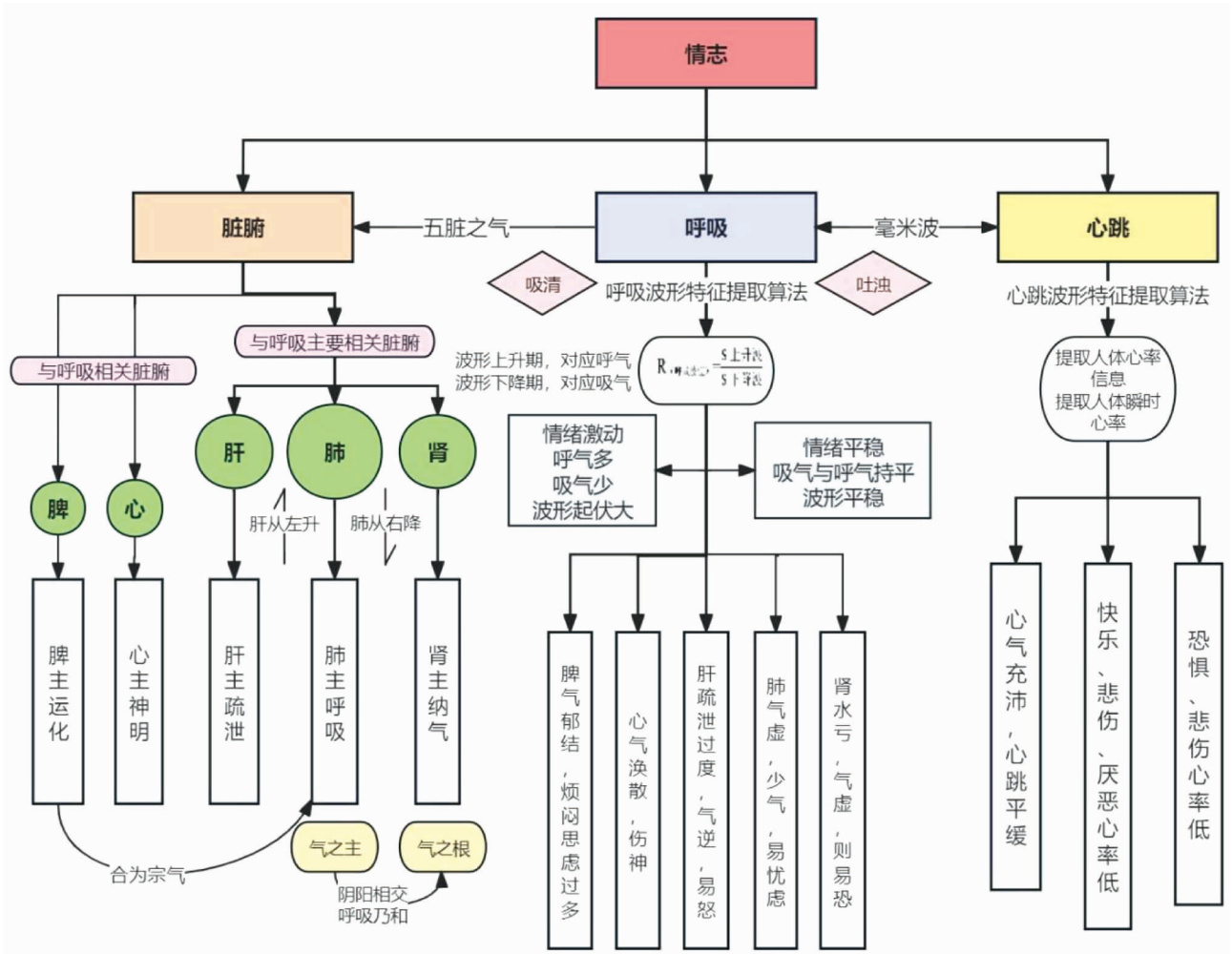


图 1　中医情志与脏腑、呼吸和心跳关系

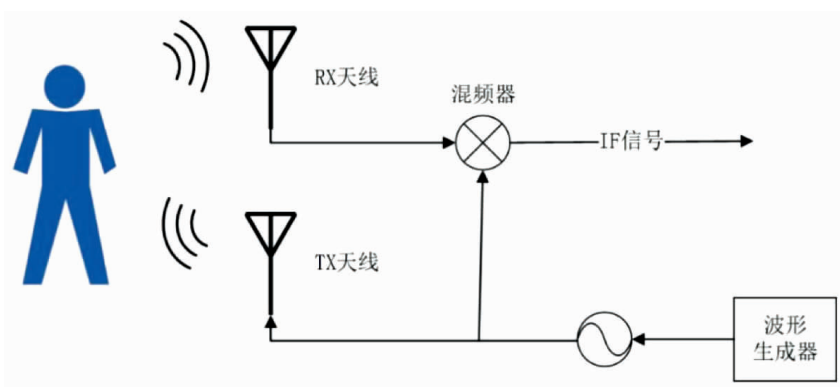


图 3　毫米波雷达原理

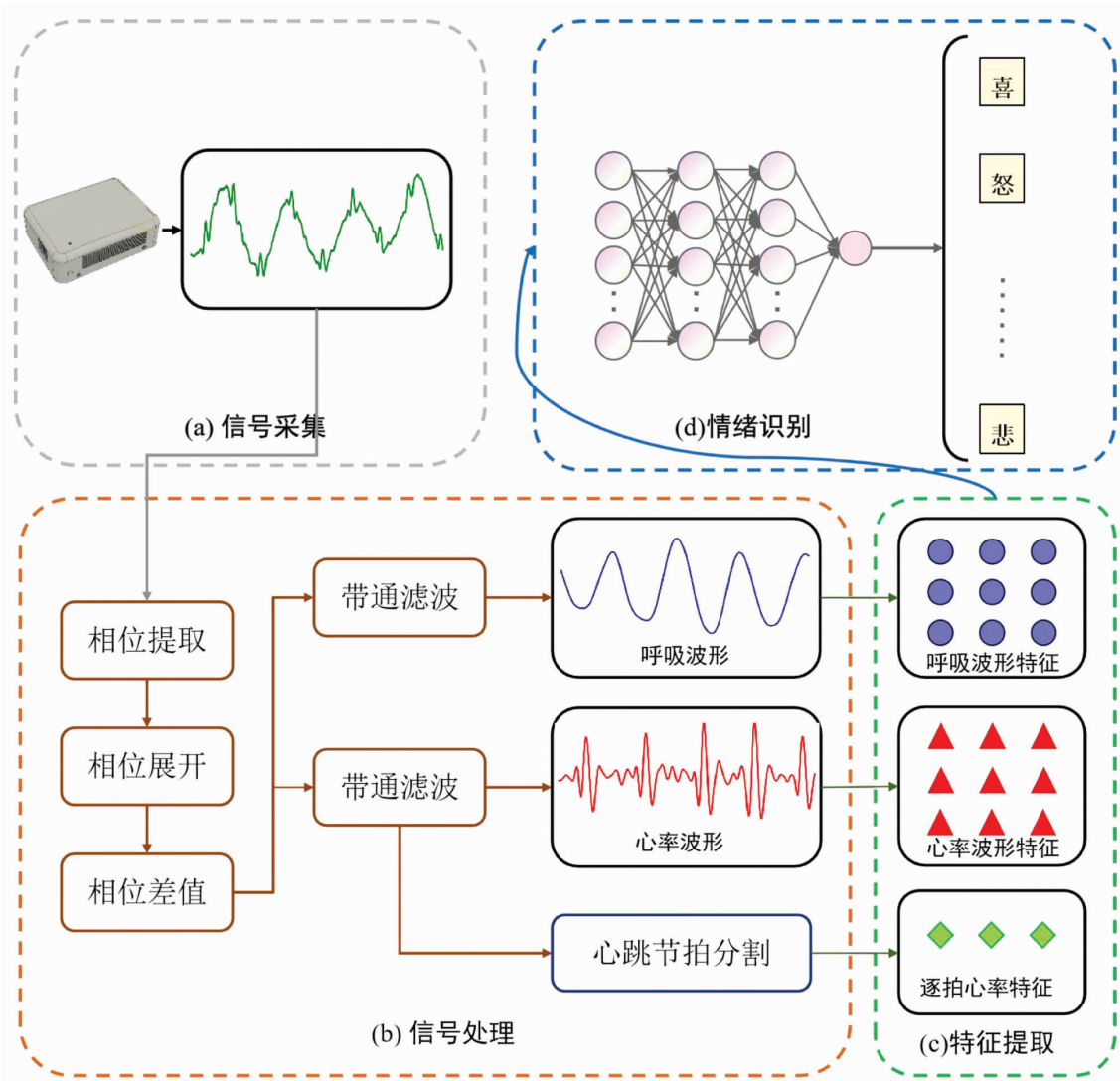


图 2　中医情志数据科学化研究模式

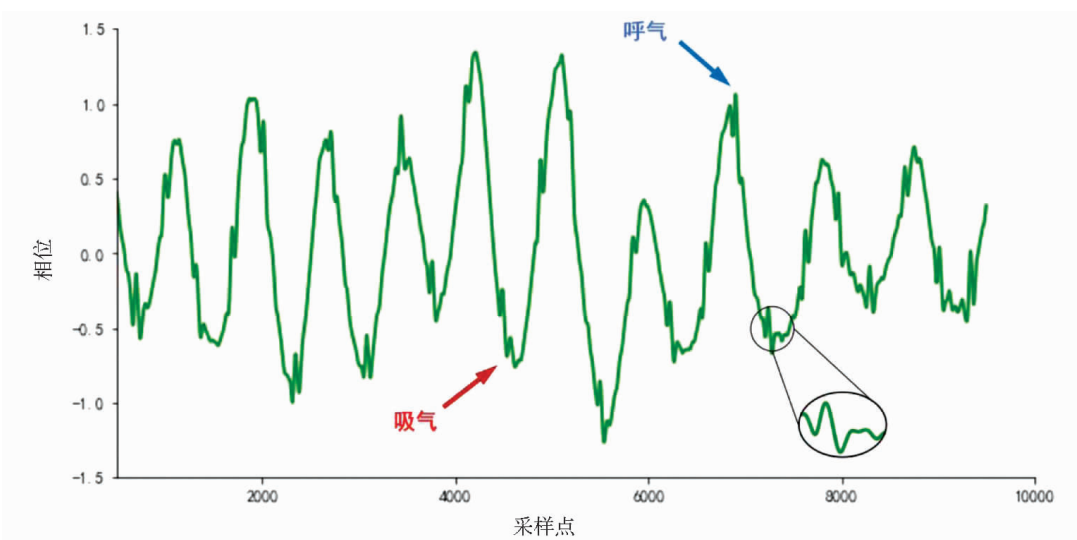


图 4　心肺活动引起雷达信号相位变化