

中医脉象客观定量化理论方法研究

□王 燕* (北京工商大学信息工程学院 北京 100037)

摘要:人体系统是一个时变非线性的复杂系统,脉象是人体系统的输出信号。中医脉学是我国传统医学中最具特色的一项诊断方法,但由于“脉理精微,其体难辨,在心易了,指下难明”,长期以来影响着脉学的客观化和科学化发展,目前国内外对脉象信号定量化研究还处于不断摸索阶段,还没有建立起系统有效的脉象信号分析研究方法。为完成对脉象信号的定量与定性的客观化研究,需要研究出客观化的完整而简单有效的脉象处理方法。根据现代控制理论的观点,能够从系统的输出信号了解系统内部状态,因此以人体复杂系统的脉象输出信号作为研究对象,将现代系统理论和信号处理方法与我国传统的脉象学相结合,基于这种观点研究中医脉象学使之更科学化。通过对脉象信号的分析采用了时域和频域(尺度)相结合的研究方法,引入时频分析和小波理论进行脉象信号预处理和特征提取,应用模糊集理论进行脉象信号的分类识别,并进一步采用模糊神经网络技术进行脉象信号的分类识别优化和脉诊专家数据库设计,系统地建立了系统全面的脉象客观化理论研究方法。

关键词:中医脉象 客观定量化 时频分析 小波分析 模糊理论 神经网络 专家系统

一、引言

中医脉诊历史悠久、内容丰富,是我国传统医学中最具特色的一项诊断方法,是中医“整体观念”、“辨证论治”基本精神的体现和应用,亦是中医理论体系不可缺少的组成部分。西医对疾病观察注重于组织结构的病变,忽视对整体功能的系统联系和系统内各种复杂相关因素的观察,因此脉诊作为无创检测的手段和方法,对深入发掘中医理论、提高中

医临床诊疗水平,发展现代医学都有重要意义^[1]。

中医通过施以特殊压力的切脉,可以了解人体健康的大部分信息。但由于“脉理精微,其体难辨,在心易了,指下难明”,长期以来影响着脉学的客观化和科学化发展。脉学需要既注重传统脉诊所积累的时间经验和朴素理论同时,用现代科学方法加以整理研究,去粗取精、去伪存真就能创造出新的具有时代特色的脉象诊断学。目前国内外对脉象信号定量化研究还处于不断摸索阶段,还没有建立起系统有效的脉象信号分析研究方法。

收稿日期:2004-12-11

* 联系人:王燕,博士,研究方向:复杂系统理论分析与系统仿真技术,Tel:010-63331915,E-mail:wangyanbt@sohu.com。

118 [World Science and Technology / Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica]

为完成对脉象信号的定量与定性的客观化研究,需要研究出客观化的完整而简单有效的脉象处理方法。能够在对脉象信号进行特性进行分析提取基础上,进一步对脉象信号进行量化分类,从而建立不同脉象和身体机能的联系,达到通过脉象预测疾病的目的。

人体系统是一个时变非线性的复杂系统,脉象是人体系统的输出信号。根据现代控制理论的观点,能够从系统的输出信号了解系统内部状态。以人体复杂系统的脉象输出信号作为研究对象,将现代系统理论和信号处理方法与我国传统的脉象学相结合,基于这种观点研究中医脉象学使之更科学化,脉诊研究为信息时代的远程网络医疗提供了基础。

二、脉象客观定量化方法

1. 传统脉象客观定量化方法

多年以来,中医学、西医学、数学、物理学、生物学、工程学等多学科学者对脉诊的客观化和定量化进行了大量的研究,采用科学的技术方法对脉象进行测绘、对脉象图进行测绘、定量分析;在这基础上结合中医切脉经验,给各种脉象图赋以中医脉象的定义,建立典型的脉象图谱,进一步利用脉图进行基础理论和临床研究,得出各种脉图的生理、病理意义,在数学、物理模型的基础上对脉图进行了量化描述。

目前在国内外已研制出许多性能各异的脉诊仪。不同脉诊仪的区别是传感器,传感器可分为机械式、压电式、光电容积式等多种,其中以压电式较为成熟和实用,它的传导方式又有固体、气体、液压传导等,并且采用了压电晶体、半导体应变片、高分子压电薄膜和液态可变电阻等各种类型。

而近代设计的脉象传感器和脉象仪所记录的脉搏波图(简称脉图),主要是血管内压力、血管壁张力和血液移动的综合力,及其时相变化的轨迹。观察脉图的形态不仅能了解机体循环系统功能活动的情况,并可通过脉图参数的分析,辨别中医脉象的位、数、形、势特征,为中医辨证提供客观指标。

脉图由升支和降支组成(图1)。升支的顶点是点1,为主波幅度,降支上有一个切迹称降中峡(峡底为点3),主波和降中峡之间往往出现重搏前波(波峰为2点),又称潮波,紧接降中峡出现的重搏波又称降中波(波峰为4点),以上的波和峡是构成脉图的主要成分。

由认识现代的脉波检测仪器——脉波仪所检测的图形——脉波图,可以很客观又实际的学习中医的切诊。因此,研习判读脉波图的主要目的,乃希望熟悉这些基本步骤后能够应用在每一次的切诊上,检测者在切时要把指法与判读步骤综合应用,对了解脉象浮沉形态,大小,弦缓,滑涩,结代有更清楚的概念^[2]。

(1) 节律:切诊首重脉率是否规律,包括波幅是否均匀,即是否有胃气。

(2) 大小:主波是脉象图的主体波幅,反映动脉内压力与血容积的最大值。主波的高低可反映心阳的盛衰,心血的虚实和脉道的通畅状况。

(3) 脉位:脉位需浮中沉取左右手的寸关尺各部位的脉幅以确定。正常人脉应以浮、中、沉取渐大,如果相反则为阴虚阳亢、无根之脉。

(4) 切迹:上升支在动脉的管壁正常通畅状况,应为平滑上升无转折之切迹,如动脉硬化,血管闭塞所致血管有阻力,则出现上升时有转折切迹形成涩脉。

(5) 浮象:取脉时主波上缘是否有正气与邪气

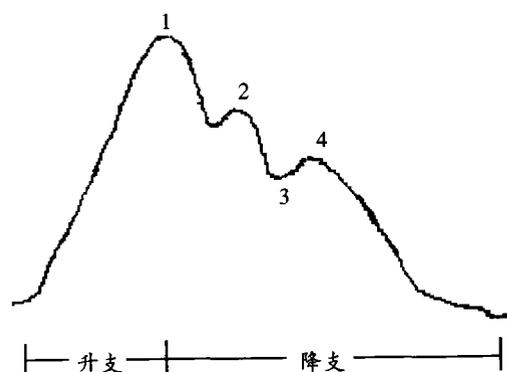


图1 脉图的基本结构

相争时产生脉管收缩现象,若浮取时主波上缘出现尖尖的现象若现象为外邪仍在表,若沉取时主波上缘出现尖尖的现象为外邪内里。

(6) 柔和:脉柔和表示人体机能不受干扰,即脉有神,脉图中如果脉柔和,则降中峡前平顺,如果不柔和,则有弦紧象,脉图与降中峡前会有外鼓现象,为血管因受刺激产生高频收缩现象。

(7) 重搏:重搏波是下降支中突出的一个明显波,重搏波主要反映血管弹性与血液流动状态,重搏波明显表明血管弹性良好、心脏功能良好、血流滑利,显著增高常表示血液粘滞度显著降低。

脉象信息的量化,随着数学、生物力学、工程学的发展而发展,同时又受到脉象研究分析方法的制约。目前国内外对脉象信号量化研究还处于不断摸索阶段;在脉象信息量化上除一些脉象信号的测试图谱外,尚没有建立脉象信息的标准量化数据库;除采用传统的脉象时域分析法和频域分析法^[3]外,还没有建立起系统有效的脉象分析方法。

时域分析法主要分析脉波波幅的高度与脉动时相的关系。是目前应用最广泛的一种分析方法,目前大都采用人工读图的方法,即用量具直接读出脉图的波、峡的高度、相应时值、脉图面积等项参数,通过对脉图幅值和时值的分析,可以了解脉动的频率、节律、脉力的强弱、脉势的虚实和脉象形态特征。

时域法通过提取脉搏图曲线中一些有明确生理意义的点作为评价脉搏波的特征点;优点是直观、临床医生容易接受,但是在实际应用上会遇到一些难以解决的困难,如有些特征点很难得出、要凭经验估计、随机误差很大。

频域分析法是近代物理学一种常用的对周期性波动信息做数值分析的方法。频谱分析的基本出发点是:一个随时间做周期变化的量可以分解为它的简谐分量,譬如周期性的复杂振动,可分解为一系列频率为原有基本振动频率整数倍的简谐振动,从而构成原有周期性振动的分立谱,用于分析该振动的频域特征。频域分析法把脉搏波分解为一系列频

率为基本频率整数倍的简谐振动,构成一个频率谱,用频谱与倍频的不同来分析脉象的不同。

这种方法是近代工程力学中处理波动信息的手段,它可以把一个很复杂的由许多重叠波构成的脉搏波分解,这样就把其中所包含的丰富信息和能量提取出来,因此有许多中外学者对脉象图的频域分析法做了大量的工作,初步得出了一些结论和特点。但是这种方法还不能全面深入地解决脉象的客观化问题。

2. 现代脉象客观定量化方法

现代脉象客观定量化方法采用时、频、尺联合域分析的方法,可以克服传统频域傅立叶变换分析的频域特征无法表述信号的时频局域性质的缺点,在脉象分析中引入匹配跟踪时频分解算法进行时频分析,引入小波多分辨分解和综合算法进行时尺分析,采用模糊理论进行脉象分类和病症预测,进一步应用模糊神经网络技术进行系统的自动学习和优化。

一方面人体脉象和病症往往有一定直接或间接联系,可以辅助进行病情的预测,另一方面脉象对一些病症的表征上又受患者测量时间、测量空间、身体情况等多种因素影响,有时一次脉象测量和病症并不一定有必然的联系,因此在用脉象预测病情时,必须结合其它多种因素进行决策。

脉象客观定量化方法如图2所示。

研究方法主要包括:

(1) 脉象信号时频分析研究。

传统的脉象信号处理方法主要是在时域或频域进行脉象信号分析,在对脉象信号信息的表征上不充分,我们往往并不知道特定频率发生在哪个时刻,也不知道特定时刻有哪些频率存在。不同的病症脉象表象不同,有些病症脉象时域信号的特征并不明显,但频域有明显的差异,而有些病症频域相近,但时域有明显的差异,因此对脉象信号的分析必须是兼顾时域和频域特性的时频分析。

时频分析^[4]采用时频匹配跟踪和时频功率能量比方法分析脉象,进行脉象信号的时频谱分解,研究脉象信号时频谱分布和功率能量比分布特点,研

究发现脉象能量集中在 5Hz 以下的脉象主波峰中, 高于 5Hz 的能量只占总能量的很小部分; 病脉的频率范围比正常脉宽, 病脉信号中高频部分较宽, 不同类型的病脉的高频信号出现的时刻不同。

对脉象进行时频分析, 能够对脉象的时频分布获得了定性认识, 但仅通过时频功率能量比特征, 很难对各种脉象进行细分量化, 主要原因是: 不同脉象脉形千变万化, 需要进行区分的种类较多, 而脉象频率范围较窄, 脉象时频密度量化精度受到限制; 同时受测不准原理限制, 难以在算法上无限提高时频分辨率。因此为研究病脉的高频信号, 需要采用能对脉象高频细节能够多分辨观察的小波分析方法。

(2) 脉象信号预处理研究。

根据脉象信号时频分布特点, 采用小波软阈值消除脉象信号的基线漂移和噪声, 利用小波模极大方法进行脉象信号周期分割和基本分解。

采用软阈值方法^[5]进行脉象信号的噪声消除, 可以有效消除工频干扰、肌电干扰和白噪声, 噪声消除基本不损失信号细节; 信号预处理受脉象测量

条件、不同人生理特征差异性影响较小。

在脉象消噪过程中, 可以同时有效去除脉象信号的基线漂移。噪声消除和基线漂移消除在小波多分辨分解和综合过程中一次完成, 简化了通常首先进行基线漂移消除、然后进行信号消噪的信号预处理过程。

在脉象信号噪声和基线漂移消除的基础上, 采用特征点周期分割法可以简单快速提取脉象周期, 采用小波包分解算法可以进一步分解脉象信号的轮廓和细节。预处理后的脉象信号为后续脉象信号的特征提取提供了基本前端输入和判别条件。

(3) 脉象信号特征提取研究。

对已消除干扰的脉象信号, 进行脉象信号的边沿和峰谷特征点定位, 根据对脉象信号的基本分解, 提取脉象信号的时域特征和多尺度特征^[6]。

当小波取为高斯函数的一阶导数时, 小波模极大表示脉象信号各组成波的上升沿和下降沿的急剧变化点; 当小波取为高斯函数的二阶导数时, 小波模极大表示脉象信号各组成波的谷底和波峰的急剧变化点。通过对脉象周期的确定, 可以获得连续脉象信号的频率和节律特征。在小波包分解确定脉象信号基本轮廓基础上, 通过时间排列和符号抽象脉象波上升沿与下降沿特征点、脉象波的谷底和波峰特征点, 可以确定不明显的重搏前波、重搏波, 以及在主波上升沿和下降沿上出现的不规则小波, 从而获得对脉象波形的整体认识, 进一步准确获得脉象信号的多尺度特征和各种时域特征。

多尺度特征补充了一些时域难于表达的特征。通过衰减度参数可以区别噪声性奇点和信号特征点; 通过脉波峰顶特征点的模极大值可以研究脉象的紧张程度; 通过平滑参数可以了解弧大弦长程度; 通过分形参数可以获知脉象信号分形形态, 如当脉象由滑至涩时分形程度增大。

这里采用的脉象特征提取方法与传统方法相比, 显著简化了提取脉象特征的处理过程, 并提高了提取脉象特征的准确度, 在此基础上可以进行各项脉象特征的定量化描述, 是脉象信号分类和病症预断的基本前端输入。

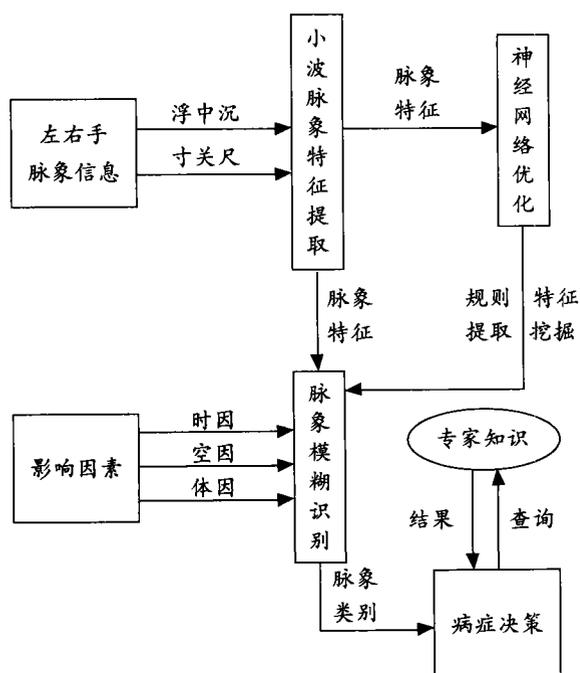


图2 现代脉象客观定量化方法

(4) 脉象信号分类识别研究。

根据脉象信号的提取特征, 确定描述脉象指感因素的模糊输入变量, 根据脉象分类确定输出模糊变量, 根据脉象定义确定模糊推理规则, 完成可信度表示的脉象分类。

将模糊理论应用到人们对脉象的理解和判定, 可以对脉象的指感描述和判定规则进行客观描述和定量化, 为描述和处理脉象的模糊性和不确定性, 为模拟人的模糊思维和决策推理功能, 提供了一个十分有效的处理方法^[7]。

采用模糊推理进行脉象信号的分类识别, 可以完成对弦、滑、涩等 28 种基本脉象信号进行分类识别; 这种分类结果以可信度方式表示, 可以表示出脉诊过程中出现的各种兼脉分布情况, 直接为诊断过程提供基本判定依据。

由于在确定模糊变量的隶属度函数类型和模糊推理规则时是通过主观经验方式确定, 隶属度函数类型的确定和规则的完备并不能完全反映脉象样本分布, 导致模糊推理结果在脉象分类可信度上存在一定误差。因此进一步通过模糊神经网络对脉象信号分类识别的模糊推理过程进行优化, 通过对隶属度函数类型的客观化确定和模糊推理规则进行权重调节方式, 提高脉象分类结果的可信度。

(5) 脉象分类识别优化研究。

进一步通过模糊神经网络学习, 适应脉象信号数据集的变化; 通过脉象模糊输入变量隶属度类型范围和权值调节、模糊规则权值调节和模糊规则的增减、聚合, 提高脉象模糊分类的准确度。

模糊神经网络的聚类算法, 可以一步更准确地确定变量值范围, 并能够客观化地选择隶属度函数类型和计算相应隶属度函数参数值。模糊神经网络的局部学习算法, 可以完成模糊推理规则进行权重调节, 提高脉象分类结果的可信度精度, 同时随着数据集的扩展学习新的模糊推理规则。

通过将模糊神经网络的学习算法^[8]应用到模糊推理过程中, 可以完成系统和环境的交互, 更新他们的知识并优化模型, 为建立可学习和优化的脉诊专家系统提供了必要基础。

(6) 脉诊专家系统设计研究。

脉诊专家系统主要解决脉诊系统实现的三个关键方面: 患者能够协同医生完成切脉过程; 医生能够获得患者脉象的指端感受; 专家决策系统辅助病症决策。

在脉象信号特征提取和脉象模糊分类的基础上, 进一步确定脉象分类与病症诊断的专家规则, 建立远程脉诊专家系统和腕式脉诊计。

三、主要结论

相对传统脉诊客观定量化方法, 现代脉诊客观定量化方法以人体复杂系统的脉象输出信号作为研究对象, 将现代系统理论和信号处理方法与我国传统的脉象学相结合, 研究出人体复杂系统的脉象输出信号的各种特征定量化方法, 创新地建立了系统全面的脉象客观化理论研究方法, 在脉象信号的时频分析、信号预处理、信号分解、特征定位和提取、特征定量化、知识表达、分类识别、识别优化、数据挖掘、专家数据库等方面的脉象信息客观化方法上进行了创新, 取得了传统方法无法比拟的效果, 在计算机识别弦脉、涩脉、滑脉等 28 种基本脉象上取得了重大的突破, 对中医脉象客观化研究具有重要的理论和实践意义。

参考文献

- 1 费兆馥. 中医脉诊研究. 上海: 上海中医学院出版社. 1991.
- 2 黄远明. 中医脉诊图谱诊断. 台北: 知音出版社. 2001.
- 3 张力. 脉诊研究进展. 山东: 山东中医学院学报. 1995.
- 4 科恩. 时频分析: 理论与应用. 西安: 交通大学出版社. 1998.
- 5 Stephane Mallat. 信号处理的小波导引. 北京: 机械工业出版社. 2002.
- 6 杨福生. 小波变换的工程分析与应用. 北京: 科学出版社. 1999.
- 7 张智星. 模糊-神经网络和软计算. 西安: 西安交通大学出版社. 2000.
- 8 袁曾任. 人工神经网络及其应用. 北京: 清华大学出版社. 1999.

(责任编辑: 毕思文 张志华)

Digital human body —— the digital science of human body System emphasizes the study of the nervous system of human beings while, as a foregoer in the area of artificial intelligence, neural network is of an algorithm system, which has developed on the basis of the simulation of nervous system of human brain. The combination of digital human body and neural network in study results from the fusion and development of biological science and artificial intelligence. This article presents the conception and characteristics of neural network, the enlightening role of digital human body in the development of neural network and the potentiality of application of neural network in the area of digital human body.

Key Words: digital human body, neural network, neural computer

Objectively Quantitative Study of Theory and Method of Pulse Condition in Traditional Chinese Medicine

Wang Yan (School of Information Engineering, Beijing University of Technology and Business, Beijing 1000)

The system of human body is a complex time - varying non - linear system and pulse condition is one of the output signals of human system. The sphygmology of traditional Chinese medicine constitutes a diagnostic method with unique characteristics in the traditional medicines of China. Nevertheless, it has not developed in an objective and scientific way for quite a long time due to the inference of "The theory of pulse condition is too profound to know its expression and to judge it via taking pulse by fingers though it is understandable in mind." At present, the quantitative study on the signals of pulse condition is still in a period of exploration in China and abroad, and a systematic and efficient method of analysis and study of the signals of pulse condition has not been established yet. To accomplish the objective study of the signals of pulse condition qualitatively and quantitatively, it is necessary to find out an objective and complete but uncomplicated and efficient method for handling the signals of pulse condition. In accordance with the viewpoint of modern cybernetics the interior state of a system can be able to be understood by the output signals of the very system. Therefore, on the basis of the viewpoint that the output signals of pulse condition of the complex system of human body are taken for the object of study and modern system theory and signal processing method are combined with the traditional sphygmology of China, the study of pulse condition in traditional Chinese medicine may step into a more scientific way. In this study the method of combining time domain and frequency domain (dimension) has been used to analyze the signals of pulse condition, time - frequency analysis and wavelet theory have been introduced to achieve the pre - processing and characteristics of the signals of pulse condition, fuzzy set theory is applied to classify and recognize the signals of pulse condition, and the technology of fuzzy neural net has been taken to further classify and recognize as well as optimize the signals of pulse condition and design databanks for pulse - taking experts before the method of objectively quantitative study of the theory of pulse condition is established systematically and all - roundly.

Key word: pulse condition in traditional Chinese medicine, objective quantification, time - frequency analysis, wavelet analysis, fuzzy theory, neural net, expert system

(*World Science and Technology / Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica*) 143