

基于生物反馈技术的可穿戴式心电监测系统的设计

[摘要] **目的:** 设计一种可穿戴式心电监测系统, 实时监测患者的心电变化。**方法:** 基于生物反馈技术, 引入生物反馈训练, 设计具有放松疗法和行为疗法功能的可穿戴式心电监测系统。该系统采用射频识别(RFID)的物联网技术, 实现心电数据的无线传输, 并应用矩阵实验室(MATLAB)软件简单实现了心电数据的家庭化分析。**结果:** 系统实现了可穿戴式的无线心电监测, 可更好地调动患者的主观能动作用, 使其自发地进行心理、生理活动的内在调节, 进而达到预防疾病或治疗疾病的目的。**结论:** 应用生物反馈技术和基于RFID的物联网技术设计的可穿戴式心电监测系统具有较强的实用性, 可推广应用。

心电监测广泛应用于临床与康复护理中, 能够实时监测患者的心电变化, 且监测设备能够及时、自动地给予患者一定的指导, 使患者能够有意识地自主调节神经系统功能, 进而调节其内部生理状态, 其效果良好。而能够实现无线数据传输的简便, 家用可穿戴式心电监测系统及其具有一定专家指导功能的配套软件有着广阔的应用前景。本研究应用基于无线射频识别(radio frequency identification, RFID)的物联网技术, 设计实现了可穿戴式心电监测系统; 借助普通个人计算机(personal computer, PC), 充分发挥矩阵实验室(matrix laboratory, MATLAB)软件的强大数据分析处理能力, 便于在MATLAB环境中实现心电监测数据的分析。通过本系统, 患者不但可以在不被限制自由的情况下实现一定范围的远程心电监测, 还可以在PC机上自助分析其心电信号, 进行简单的参数检测和波形检测。

1 生物反馈技术及生物反馈训练

1.1 生物反馈技术

心理活动和生理活动之间存在着紧密的内在联系, 这是无意识的生理活动置于有意识的意识控制之下的物质基础。生物反馈技术即通过有意识地训练, 使患者意志可以在一定条件和范围内支配原来认为不能随意支配的平滑肌、心肌以及许多植物神经支配的器官的功能。通过传感器将患者正常意识不到的身体功能, 如心电、脑电、肌电及血压等加以处理和放大, 及时转换成其熟悉的视觉信号或听觉信号显示出来, 使患者实实在在地“感觉”到自己内脏器官的活动情况; 患者通过学习和训练, 学会在一定范围内通过调节其自身的中枢神经系统的高级机能来纠正、恢复或者稳定其内脏器官活动, 进而达到防治疾病的目的。生物反馈的实现, 需要患者机体各系统的参与, 受控部分不断发出的反馈信息通过中枢神经系统的识别、理解, 调动各系统参与生理、心理功能的调节, 进而形成反馈信息—调节环路, 使患者机体不平衡的心理、生理状态向相对平衡状态转化, 以保持身心健康。

生物反馈疗法充分反映了心身的不可分割性和心身统一的整体观。作为行为疗法的发展，自 20 世纪 60 年代末，随着行为主义理论的建立以及系统论、控制论和信息论的兴起而出现以来，在心理学、生理学、临床医学和现代电子学等诸学科发展的基础上，顺应“生物→心理→社会”医学模式的发展，以其无损伤、无痛苦、无药物不良反应、方法简便及疗效满意等优点在预防医学、康复医学、临床医学和其他领域中得到了越来越广泛的应用。

1.2 生物反馈训练

生物反馈训练重在患者机体行为(生理和心理行为)的调节和矫正，是心理和生理发展的过程，强调持之以恒，生物反馈的作用机制如图 1 所示。

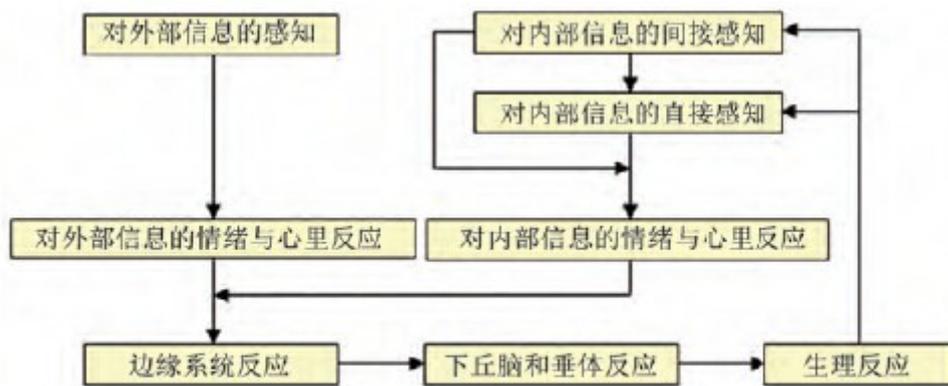


图1 机体行为调节过程框图

生物反馈治疗效果如何，与患者自身参与程度有密切关系。治疗过程中患者须真正认识到生理、心理的发展性，明白生物反馈治疗装置可以提高训练效果，但不能替代训练，患者须自觉调动自身潜力，积极参与到治疗中来。经过一定时间的训练，患者可以不再使用生物反馈治疗装置也可达到良好的放松效果和对特定内脏器官的一定控制。如果仅仅注重行为的训练，忽视生理和心理治疗，疗效将不会持久。将行为训练和生理治疗、心理治疗相结合，能够使治疗效果更加稳定、持久。

具有良好的抗应激效果的生物反馈放松训练，不仅可以使患者克服由于病痛带来的负面情绪和精神创伤，而且通过训练能够使痉挛和紧张的肌肉逐渐放松，加强对病痛部位生理信息的感知和控制，鼓励患者增加康复的信心，能够使其从精神痛苦中解脱出来。患者在放松状态时表现为呼吸频率和心率的减慢、血压下降，全身骨骼肌张力下降，并有四肢温暖，头脑清醒，心情轻松愉快，全身舒适的感觉。生物反馈放松训练可单独使用，也可与药物或其他心理疗法配合，从而达到减少药物用量，甚至缩短疗程的目的。

2 基于生物反馈技术的可穿戴式心电监测系统的设计

随着计算机技术、传感器技术的发展，可穿戴设备逐渐成为研究热点。可穿戴远程医疗能够为患者提供低负荷、非接触及长期连续的生理检测，作为新一代医疗监护模式，被认为是最有效和最实际可行的监护手段。本研究应用基于 RFID 的物联网技术，并引入生物反馈技术，建立可穿戴式的心电监测系统，在实现患者心电参数的连续、长时间监测的同时，辅以专家指导功能，指导患者有意识地进行生物反馈训练。

2.1 可穿戴式心电监测系统的硬件结构及原理

利用心电电极从人体提取微弱的心电信号，滤除干扰信号后进行放大，将取得的模拟信号经调理电路处理后，通过 RFID 无线传输至 485 总线，数据由 485 总线送入 PC 机并存入网络数据库(如图 2 所示)。



图 2 心电采集系统框图

RFID 通过射频信号自动识别并获取相关数据，数据识别速度快、容量大、可同时识别多目标以及运动目标且操作方便快捷。RFID 系统包括电子标签、读和(或)写卡器、数据处理软件平台等 3 大部分。RFID 电子标签存储容量可达兆字节，亦可以重复读写，可随时存取设备信息。

为了实时掌握可穿戴式心电监测系统的使用状况，在其上固定粘贴有源 RFID 标签；在一定范围的患者自由活动区域分布安装 RFID 读卡器，其安装范围越广，则患者可自由活动区域越大，读卡器的电子编码可对应相应的患者活动区域身份(Identity, ID)标识。带有主动式 RFID 的可穿戴式心电监测装置只要在分布安装有 RFID 读卡器的一定范围的区域内，即可被该区域内的 RFID 读卡器识别，RFID 对应的可穿戴式心电监测装置信息以及采集的心电数据通过 485 总线传输给上位 PC 机，上位 PC 机根据所获得的信息将 RFID 编码与相应心电监测装置即相应患者 ID 对应，即可自动跟踪、监控该心电监测装置的运行，并后台存储数据于网络数据库中；如果需要，还可以在上位机屏幕显示采集到的心电图。而医生或患者也可以通过互联网访问该网络数据库，并依据患者 ID 提取对应的心电数据，进而应用配套的系统软件随时监测相应心电图。

2.2 可穿戴式心电监测系统的软件设计

系统软件读取采集来的心电数据，可在计算机上实时动态显示心电信号，并应用 MATLAB 的小波分析工具箱，对实时采集的心电信号进行简单的参数检测和波形检测。系统采用标准的 Windows 窗口界面风格，主要由系统设置、心电采集、心电分析及帮助等功能模块组成。进入系统后可以随时对被监测患者的基本信息资料进行查询、修改、保存及打印等操作。

2.2.1 心电采集及分析模块

实现心电信号的采集、预处理以及分析显示。小波变换非常适用于分析心电信号这种非平稳信号，应用 MATLAB 的小波分析工具箱，对实时采集的心电信号进行简单的参数检测和波形检测(如图 3、图 4 所示)。

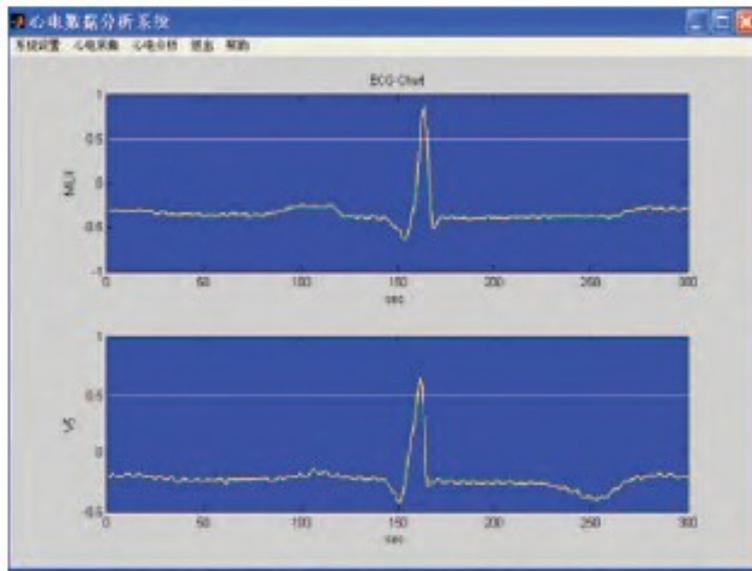


图 3 心电信号动态显示界面图

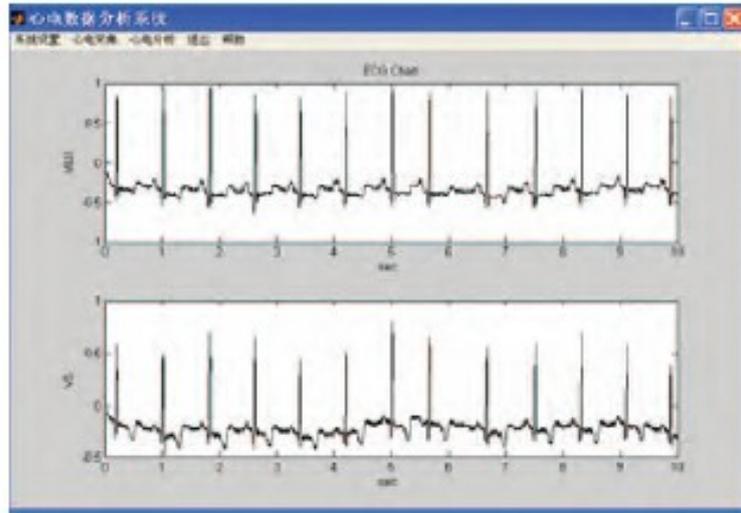


图 4 心电信号分析界面图

2.2.2 帮助模块功能

可穿戴式心电监测系统的帮助模块功能分为下述 3 部分。

(1) 操作说明及在线帮助。能够对本系统进行较详尽的操作说明，并给于使用者在线帮助。

(2) 专家咨询功能。利用数据库技术开发心电监测及生物反馈训练问答系统，系统可以调用相关 chm 文件，使普通使用者可详尽了解心电监测及生物反馈训练的相关理论知识，以做好生物反馈训练。在使用本系统之前患者可在医生指导下针对其心电状况进行一段时间的有意识的生物反馈训练，通过训练，学会在一定范围内通过调节其自身的中枢神经系统的高级机能来纠正、恢复或者稳定其心电。经多次训练后使患者能够自发地对反馈信息通过中枢神经系统的识别、理解，调动其自身机能系统参与生理、心理功能的调节，形成反馈信息—调节环路，使患者保持身心健康，进而达到防治疾病的目的。在使用过程中患者可随时借助系统帮助模块指导其训练。

(3) 数据库管理。可在线对系统的网络数据库进行数据查询、修改、保存及打印等操作。

3 结语

生物反馈疗法作为防治各种心身疾病的新思路，仍有诸多不完善之处，如尚未完全掌握其治疗机制以及缺乏操作简便而能定量评价训练效果的生物反馈装置等，均有待于进一步地研究。本研究设计的基于生物反馈技术的可穿戴式心电监测系统，是生物反馈技术应用的有益探索和尝试，经试用表明



中国高科技行业门户

具有一定的推广应用价值。随着研究的深入，生物反馈技术将拥有越来越广泛的应用前景。