



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107595275 A

(43)申请公布日 2018.01.19

(21)申请号 201610515534.7

A61B 5/0205(2006.01)

(22)申请日 2016.07.01

A61B 5/00(2006.01)

(66)本国优先权数据

201510382392.7 2015.07.02 CN

(71)申请人 北京海思瑞格科技有限公司

地址 100041 北京市石景山区八大处高科
技园区内6-C号地3号楼2层208

(72)发明人 赵辉 郜鑫

(74)专利代理机构 北京京万通知识产权代理有
限公司 11440

代理人 齐晓静

(51)Int.Cl.

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/0472(2006.01)

A61B 5/0482(2006.01)

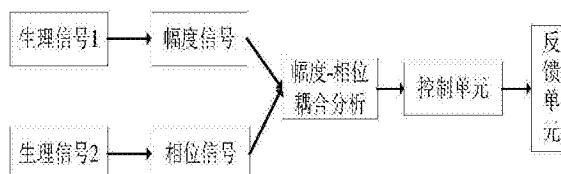
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于幅度和相位耦合的生物反馈方法

(57)摘要

一种基于幅度和相位耦合的生物反馈方法，其包括：从受测者的生理信号中获得幅度变化信号；从受测者的生理信号中获得相位变化信号；将所述幅度变化信号与相位变化信号作耦合，得到所述两路信号的耦合度，将所述耦合度反馈至所述受测者。



1. 一种基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其包括:
从受测者的生理信号中获得幅度变化信号;
从受测者的生理信号中获得相位变化信号;
将所述幅度变化信号与相位变化信号作耦合,得到所述两路信号的耦合度,
将所述耦合度反馈至所述受测者。
2. 如权利要求1所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述幅度变化信号由呼吸信号的呼吸幅度变化来表征;
所述相位变化信号由心电信号的心跳相位变化来表征。
3. 如权利要求1所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述幅度变化信号由心电信号QRS波幅度变化来表征,或者由心电信号QRS波面积变化而得到的呼吸幅度变化来表征;
所述相位变化信息由心电信号QRS波出现时刻的相位变化来表征。
4. 如权利要求1所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述幅度变化信号由脉搏波信号的幅度变化而获得呼吸幅度变化来表征;
所述相位变化信号由脉搏波信号的波峰或者波谷点出现时刻获得的心跳相位变化来表征。
5. 如权利要求1所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述脉搏波信号为连续容积脉搏波或血压脉搏波信号。
6. 如权利要求2所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述耦合强度通过相位同步性来计算。
7. 如权利要求6所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
将呼吸信号和心电信号的心跳间期信号分别线性插值,然后经带通滤波器滤波后分别进行Hilbert变换,得到各自信号的幅度和相位信息,取各自信号的相位信息,计算两者的相位差,以相位差的变异性来衡量相位同步性。
8. 如权利要求7所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述相位同步性指标可通过如下方法计算:
$$P = (\overline{\cos \varphi_i})^2 + (\overline{\sin \varphi_i})^2 ,$$
其中 φ_i 为呼吸信号和心电信号的心跳间期信号的相位差, $(\overline{\cos \varphi_i})$ 和 $(\overline{\sin \varphi_i})$ 为某一时间间隔的均值;P为相位同步性。
9. 如权利要求1所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:所述耦合强度,通过视觉或者听觉的方式反馈给受测者。
10. 如权利要求9所述的基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其特征在于:
所述听觉的方式为通过音乐反馈给受测者;
根据耦合强度的变化,调整引导音乐的节律,将耦合强度维持在最大值附近。

基于幅度和相位耦合的生物反馈方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种生物反馈方法,尤其涉及一种基于幅度和相位耦合的生物反馈方法。

背景技术

[0002] 随着人口老龄化以及环境污染的加剧,各类慢性非传染性疾病,如心脑血管疾病、慢性疲劳综合症、糖尿病、恶性肿瘤等,在中国已经进入高速增长状态。2013年12月召开的第一届分子检测与慢病管理学术大会总结了一组数据,显示出我国慢性病的发病率呈“井喷”之势。为积极应对我国主要健康问题和挑战,原国家卫生部2008年启动了“健康中国2020”战略研究,于2012年8月正式发布了《“健康中国2020”战略研究报告》。这项旨在全面提高全民健康水平的国家战略提出,到2020年,我国人民主要健康指标要基本达到中等发达国家水平。从目前现状看,慢性病的监测和干预成为实现“健康中国”战略的关键。慢性疾病往往缺乏有效的治疗和干预手段且治疗成本高昂,给个体健康造成了严重损害,给家庭和社会造成了沉重的经济负担。

[0003] 从系统论的观点看,疾病起源于人体整体功能失调,慢性病的干预治疗要从健康状态的辨识和调控入手。近年来兴起的可穿戴技术,为健康状态监测、慢病管理提供了有效的技术手段,可以实现常见生理参数的持续监测,发现异常,并且对人体健康状态进行辨识。

[0004] 可穿戴技术为人体基本生理体征监测提供了技术手段,但是在疾病的干预调节方面,尚未找到结合点,因此,目前的可穿戴系统多是生理参数监护系统,无法为慢性病的干预调节发挥作用。

[0005] 研究表明,长期处于超负荷的应激状态会导致机体内稳态失衡,这是慢性病的主要诱因,当今社会快节奏的生活方式和高压的工作压力,导致人类的疾病谱发生重大转变,以整体身心失调为特征的慢性非传染性疾病(简称慢病)成为影响人类健康的主要威胁。对这类慢性疾病,身心状态的干预调节是一个有效手段,而生物反馈技术是实现身心状态干预调节的一个有效途径。可穿戴技术的发展趋势是由单纯的生理参数监测,发展到实时的健康状态辨识、身心状态评估,进而与生物反馈结合的实时干预调节,将是一个监测-辨识-调控的闭环体系。

[0006] 生物反馈疗法是利用现代生理科学仪器,通过人体内生理或病理信息的自身反馈,使患者经过特殊训练后,进行有意识的“意念”控制和心理训练,从而消除病理过程、恢复身心健康的新型心理治疗方法。由于此疗法训练目的明确、直观有效、指标精确,因而求治者无任何痛苦和副作用,深受广大患者欢迎。生物反馈是从20世纪20年代通过监测到的肌电活动开始的,由肌电反馈已发展出皮肤温度反馈、脑电反馈、心率反馈、血压反馈等多种生物反馈技术。

[0007] 目前的生物反馈技术多是单一生理参数反馈,比如广泛使用的心率变异性反馈技术、皮温和皮电反馈技术等。单一生理参数反馈的缺点是无法反映系统间耦合关系的变化,

而身心状态调节的核心是人体不同系统,包括心血管系统、呼吸系统、神经系统等,系统间处于一种更加协调的状态,即系统间的耦合作用增强。单一生理参数反馈,如心率、皮温、皮电反馈,本质上是增强人体多系统间的耦合度,提升系统间的协调性,但是实施的时候,系统间耦合作用并没有量化并反馈给受试者。由此造成的不良影响包括:皮温和皮电反馈完全靠受试者自己摸索掌握放松的技巧或者“心法”;心率反馈则一味的要求增大呼吸引起的心率变化(呼吸性窦性心律不齐),而忽略了心肺系统之间的协调性,不能达到最优作用效果,甚对一些心肺疾病患者,如慢性阻塞性肺疾病、心衰病人,有可能诱发心血管事件,发生意外,大大降低了生物反馈技术的安全性和有效性。

发明内容

[0008] 鉴于上述问题,本发明旨在提出一种通过幅度与相位进行耦合的生物信号反馈方法,以耦合结果来对受试者进行反馈。

[0009] 本发明的一种基于幅度和相位耦合的生物反馈方法,其包括:从受测者的生理信号中获得幅度变化信号;从受测者的生理信号中获得相位变化信号;将所述幅度变化信号与相位变化信号作耦合,得到所述两路信号的耦合度,将所述耦合度反馈至所述受测者。

[0010] 优选地,所述幅度变化信号由呼吸信号的呼吸幅度变化来表征;所述相位变化信号由心电信号的心跳相位变化来表征。

[0011] 优选地,所述幅度变化信号由心电信号QRS波幅度变化来表征,或者由心电信号QRS波面积变化而得到的呼吸幅度变化来表征;所述相位变化信息由心电信号QRS波出现时刻的相位变化来表征。

[0012] 优选地,所述幅度变化信号由脉搏波信号的幅度变化而获得呼吸幅度变化来表征;所述相位变化信号由脉搏波信号的波峰或者波谷点出现时刻获得的心跳相位变化来表征。

[0013] 优选地,所述脉搏波信号为连续容积脉搏波或血压脉搏波信号。

[0014] 优选地,所述耦合强度通过相位同步性来计算。

[0015] 优选地,将呼吸信号和心电信号的心跳间期信号分别线性插值,然后经带通滤波器滤波后分别进行Hilbert变换,得到各自信号的幅度和相位信息,取各自信号的相位信息,计算两者的相位差,以相位差的变异性来衡量相位同步性。

[0016] 优选地,所述相位同步性指标可通过如下方法计算:

$$[0017] \quad P = \overline{(\cos \varphi_i)}^2 + \overline{(\sin \varphi_i)}^2,$$

[0018] 其中 φ_i 为呼吸信号和心电信号的心跳间期信号的相位差, $\overline{(\cos \varphi_i)}$ 和 $\overline{(\sin \varphi_i)}$ 为某一时间间隔的均值;P为相位同步性。

[0019] 优选地,所述耦合强度,通过视觉或者听觉的方式反馈给受测者。

[0020] 优选地,所述听觉的方式为通过音乐反馈给受测者;根据耦合强度的变化,调整引导音乐的节律,将耦合强度维持在最大值附近。

[0021] 由于人体是一个复杂的非线性系统,复杂系统具有多层次结构,并表现出多层次耦合作用,因此理想的生物反馈技术不仅要关心某一特征参数的变化,更要关注和量化人体不同子系统之间的耦合关系。本专利提出了基于信号间幅度-相位耦合分析的生物反馈

技术,量化系统间的耦合度,以系统间耦合度为指标,指导反馈调节方法,进而增强人体不同系统间的协调性,调节身心状态,解决生物反馈技术的核心问题。

附图说明

- [0022] 图1为基于信号间幅度-相位耦合分析的生物反馈技术系统框图;
[0023] 图2为基于呼吸-心率耦合分析的生物反馈系统框图;
[0024] 图3为引导呼吸过程中RSA和心肺系统间耦合度的变化趋势(n=49);
[0025] 图4为从单导联ECG中分离出幅度和相位信号示意图;
[0026] 图5为从脉搏波信号中分离除幅度和相位信号示意图。

具体实施方式

[0027] 下面,结合附图对本发明的基于信号间幅度-相位耦合分析的生物反馈方法进行说明。

[0028] 如图1所示,本发明的基于信号间幅度-相位耦合的生物反馈方法的关键步骤为1)从某一生理信号中获得幅度变化信息,从另一生理信号中获得与特征点出现时刻相关的相位信息;2)将能够表征幅度变化的信号和能够表征相位变化的信号两个信号之间做耦合分析;3)根据信号间耦合强度的变化来控制反馈单元,产生特定的生物反馈引导信号,提高信号间的耦合度。

[0029] 最常见的应用模式为呼吸-心率间的耦合反馈,如图2所示。从呼吸信号中获得幅度变化信息,从心电信号中获取每次心跳出现时刻的相位信息,即心跳间期信号,然后将呼吸幅度信号与心跳间期信号之间做耦合分析,获得能够表征两个系统之间耦合强度的特征值,以该特征值为目标函数,调节呼吸运动引导单元(反馈单元),产生能够使心肺系统之间耦合度逐渐达到最大化的引导信号,受试者据此调节呼吸运动,进行生物反馈训练。

[0030] 其中,量化信号间耦合度的方法有很多,可以使用相位同步指数,也可通过互信息熵、符号动力学等方法去量化。相位同步指数可以通过下述方法获得:

[0031] 将呼吸幅度变化信号和心跳间期信号分别线性插值,然后经带通滤波器滤波后分别进行Hilbert变换,得到各自信号的幅度和相位信息,取各自信号的相位信息,计算两者的相位差,以相位差的变异性来衡量相位同步性。

[0032] 所述相位同步性指标可通过如下方法计算:

$$[0033] \quad P = (\overline{\cos \varphi_i})^2 + (\overline{\sin \varphi_i})^2,$$

[0034] 其中 φ_i 为呼吸信号和心跳间期信号的相位差, $\overline{(\cos \varphi_i)}$ 和 $\overline{(\sin \varphi_i)}$ 为某一时间间隔的均值;P为相位同步性。

[0035] 以往的基于心率的生物反馈仅仅关注心率在呼吸过程中的变化量,通常称为呼吸性窦性心律不齐(Respiratory sinus arrhythmia:RSA)反馈,即利用吸气时心率加快,呼气时心率减慢这一生理现象,一味的以增大RSA为训练目标,未考虑心肺系统之间的配合度。这种反馈方式由于不关注系统间的耦合度,会导致RSA增大过程中系统间失配合,降低生物反馈作用效果,给用户带来疲劳感,甚至会诱发某些疾病,如心率失常、哮喘等,使生物反馈技术的安全性和有效性都大大降低。

[0036] 图3为引导呼吸过程中(受试者49人)观察到的RSA变化趋势和心肺系统间耦合度的变化趋势,从中可以看出,在呼吸率渐进性降低过程中,RR间期的变化幅度是一直增大的,即RSA一直是单调增加的,但是心肺系统间的耦合度并不是随着RSA增大而一起增大的,在10次/分-8次/分过程中达到最大值,随后出现下降趋势。

[0037] 为反映引导呼吸对心血管系统的作用效果,我们观察了渐进性引导呼吸过程中的脉搏波传导时间(PTT)的变化情况,脉搏波传导时间的变化可以表征受试者血压和外周循环阻力变化。若脉搏波传导时间延长,则表明受试者血压下降,外周循环阻力降低。表1为某一受试者渐进性引导呼吸过程中的RR间期幅度,相位同步性以及脉搏波传导时间PTT变化。从中可以看出,呼吸率由高到低变化过程中,心肺系统之间的耦合度(即相位同步指数)经历了先升高后降低的变化过程,而RR间期则是单调性的增加,表征引导呼吸作用效果的PTT,其变化过程与相位同步指数一致,即在10次/分的呼吸率下相位同步指数达到最大值,PTT也达到最大值。当心肺系统之间的匹配程度下降时,PTT也随之下降,即血压和外周循环阻力上升,而RR间期在这个过程中始终是上升趋势。因此,单纯以增大RR间期幅度为目标的生物反馈技术会使作用效果下降,而以系统间耦合度为指标的生物反馈技术,则能够找到最优的作用区间,从而维持生物反馈作用效果最大化。

[0038] 表1某一受试者引导呼吸过程中的RR间期幅度,相位同步性以及脉搏波传导时间PTT变化

[0039]

	自然呼吸	15 次/分	12 次/分	10 次/分	8 次/分	7 次/分	6 次/分
RR 间期变化 (ms)	44	51	59	89	100	108	122
相位同步指数	0.67	0.85	0.90	0.94	0.91	0.90	0.81
PTT (ms)	191.5	192.2	195.1	198.1	197.9	196.8	194.1

[0040] 基于信号间幅度-相位耦合分析的生物反馈技术,通常需要两路生理信号,一路获取幅度变化相关信息,另一路获取相位变化相关信息,但也可以来自一路信号的不同维度的特征变化,通过一定的信号处理方法,从单一信号中获取幅度和相位变化相关信号,用于耦合分析。

[0041] 图4所示的是从单导联ECG中获取幅度和相位变化相关信号,进行幅度-相位耦合分析。由ECG信号中的QRS波幅度变化或者QRS波面积变化,经过线性插值,获得呼吸相关的幅度变化信息,从QRS波的R波出现位置获得每次心跳的出现的时刻信息(相位信息),从而获得RR间期信号,将呼吸相关的幅度变化信号与RR间期信号做耦合分析,耦合强度用于调整生物反馈单元,指导受试者达到最优的心肺耦合状态,从而达到最优的生物反馈训练效果。

[0042] 图5所示的是从脉搏波信号中获取幅度和相位变化相关信号,进行幅度-相位耦合分析。由脉搏波信号中的波峰或者波谷点的幅度变化,经过线性插值,获得呼吸相关的幅度

变化信息,从波峰或者波谷点出现位置获得每次心搏的出现的时刻信息(相位信息),从而获得脉搏间期信号,将呼吸相关的幅度变化信号与脉搏间期信号做耦合分析,耦合强度用于调整生物反馈单元,指导受试者达到最优的心肺耦合状态,从而达到最优的生物反馈训练效果。

[0043] 由于呼吸-心率反馈比较常见,本申请的方法重点阐述了从不同信号中获得呼吸相关和心率相关信号,进而进行耦合分析和生物反馈的方法。本申请的方法同样适用于其他生理信号间的耦合分析和生物反馈,如脑电-心电之间的耦合分析,从脑电中获得某个成分相关的幅度变化信息,从心电中获得某个特征点的相位变化信息,进而做心-脑系统间的耦合分析和生物反馈训练。再如脑血流信号与外周血流信号,同样可以提取出幅度相关的信号与相位相关的信号,进行中枢-外周血流信号间的耦合分析和生物反馈训练。

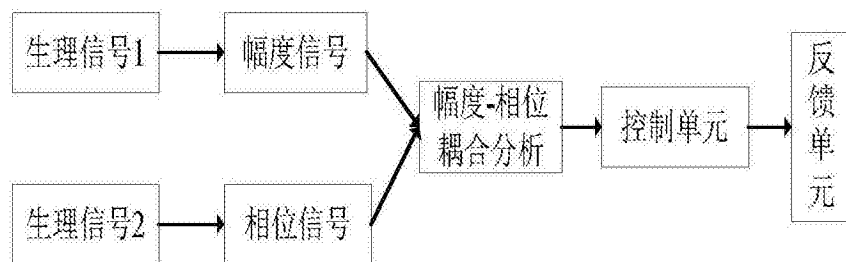


图1

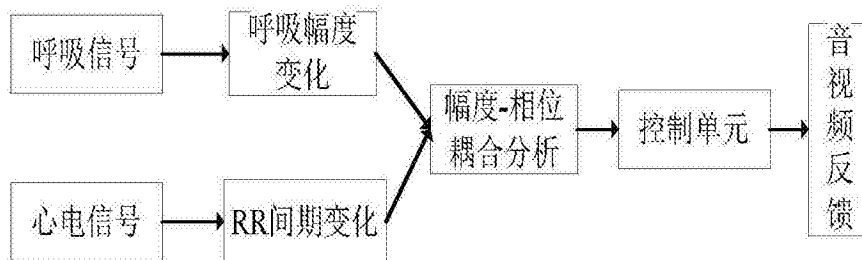


图2

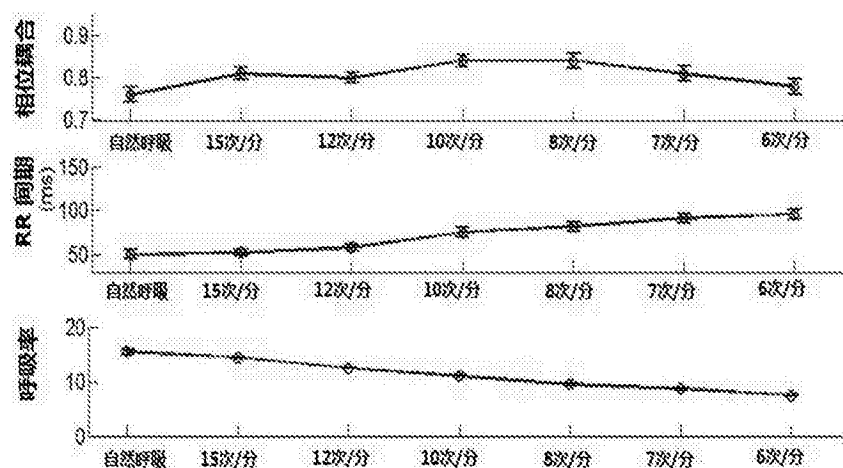


图3

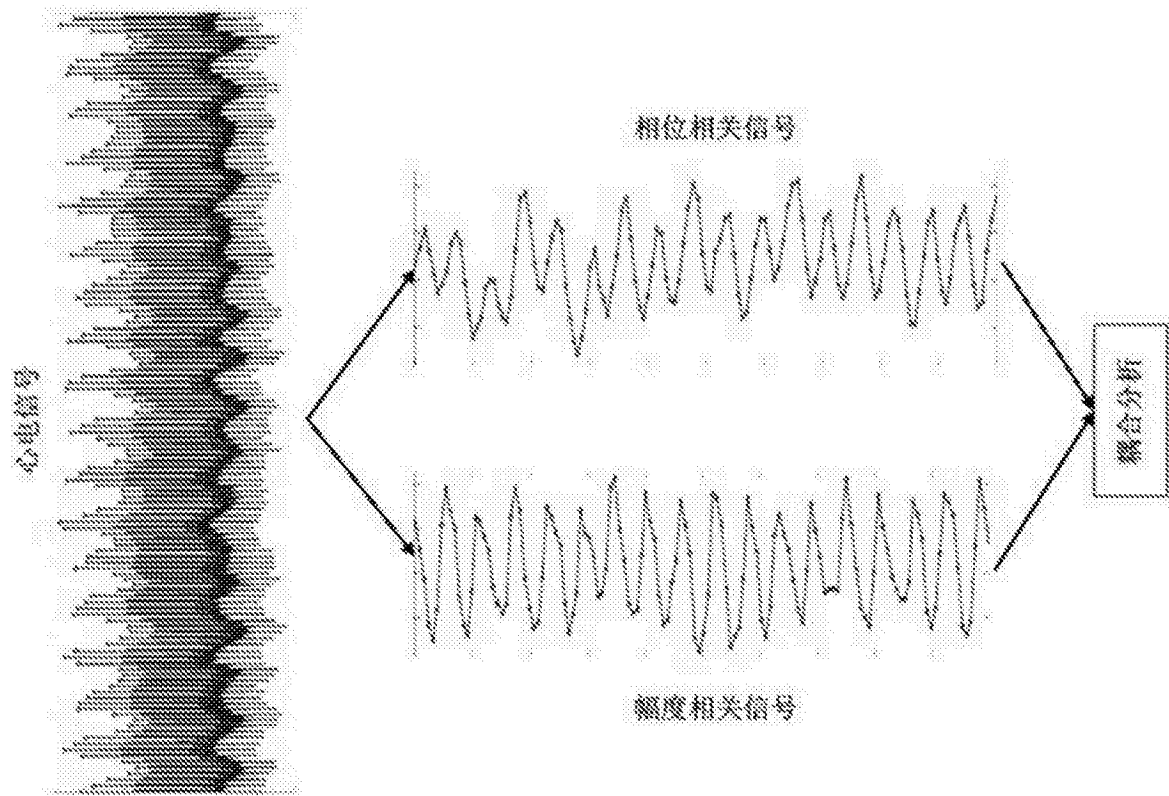


图4

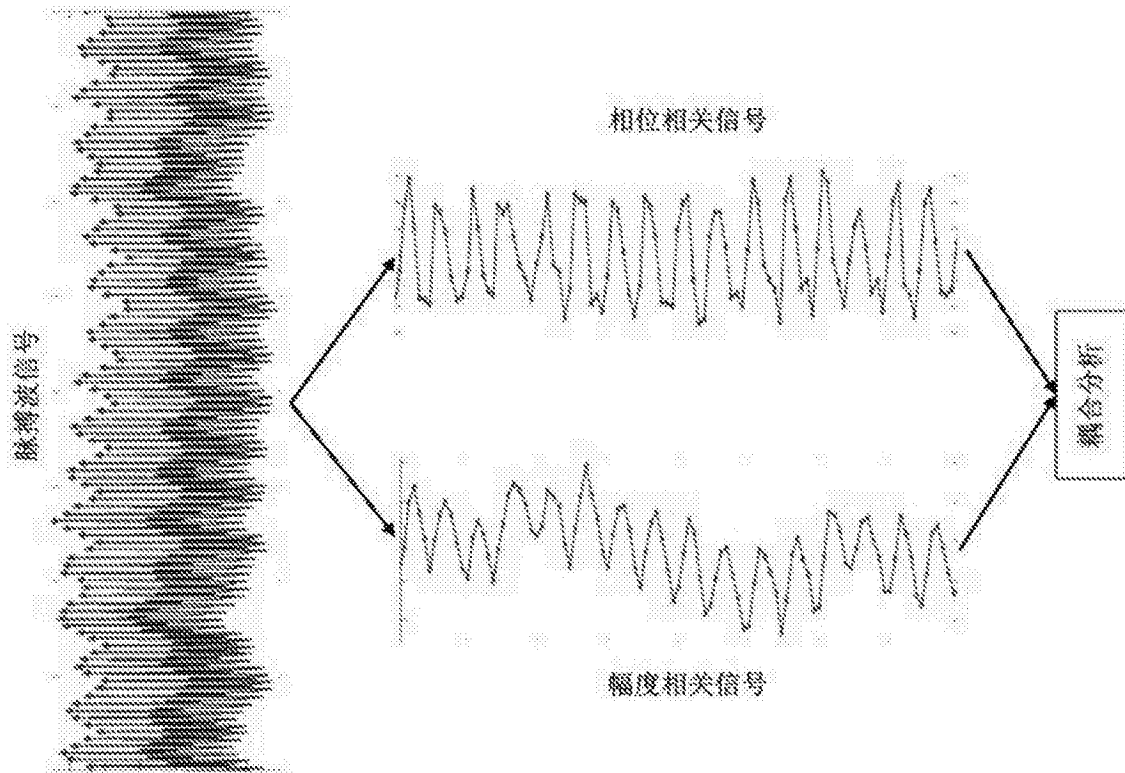


图5

专利名称(译)	基于幅度和相位耦合的生物反馈方法		
公开(公告)号	CN107595275A	公开(公告)日	2018-01-19
申请号	CN201610515534.7	申请日	2016-07-01
[标]发明人	赵辉 郜鑫		
发明人	赵辉 郜鑫		
IPC分类号	A61B5/0402 A61B5/0472 A61B5/0482 A61B5/0205 A61B5/00		
代理人(译)	齐晓静		
优先权	201510382392.7 2015-07-02 CN		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种基于幅度和相位耦合的生物反馈方法，其包括：从受测者的生理信号中获得幅度变化信号；从受测者的生理信号中获得相位变化信号；将所述幅度变化信号与相位变化信号作耦合，得到所述两路信号的耦合度，将所述耦合度反馈至所述受测者。

