



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107997741 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201810014183.0

(22)申请日 2018.01.08

(71)申请人 北京大学

地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

申请人 北京大学第三医院

(72)发明人 陈坤 陈练 赵扬玉 王妍 张珏 方竞

(74)专利代理机构 北京万象新悦知识产权代理 事务所(普通合伙) 11360

代理人 张肖琪

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/024(2006.01)

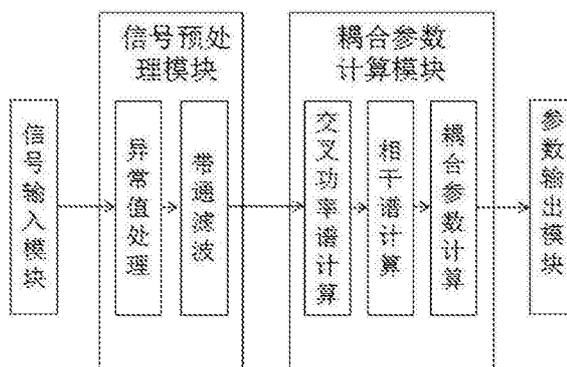
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法

(57)摘要

本发明公开一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,包含:信号输入模块,信号预处理模块,耦合参数计算模块,参数输出模块。其中:信号输入模块负责接收胎心率监护仪器实测的胎心率和宫缩信号,信号预处理模块负责对接收信号的异常值进行三次样条插值修复及带通滤波处理,耦合参数计算模块包括胎心率和宫缩信号的交叉功率谱、相干谱及耦合参数计算,参数输出模块负责输出计算结果。本发明利用多变量时间序列耦合分析技术来分析胎儿在宫内的活动情况,融合交叉功率谱和相干谱来量化评价胎心率和宫缩信号之间的耦合程度,很好的拟补单变量信息不全面、分析不准确的缺点,对胎儿宫内活动情况评价更加全面和准确。



1. 一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,由以下步骤组成::

接收胎心率监护仪器实测的信号,其中所述信号包含胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R ;

对所述接收的胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行预处理;

对所述预处理后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 的耦合参数进行计算,并输出计算结果。

2. 如权利要求1所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:对所述接收的胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行预处理的步骤进一步包括:分别对接收的所述胎心率 X_R 和宫缩信号 Y_R 值为0的异常值进行三次样条插值修复;当异常数据持续预设值 T 以上,则该时间段对应的 X_R 和 Y_R 剔除。

3. 如权利要求1所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:对处理异常值后的胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行预处理的步骤进一步包括:将所述胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 分别进行带通滤波。

4. 如权利要求1所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:对所述预处理后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 进行耦合参数计算步骤包括,先分别计算两个时间序列 X 和 Y 的时间频率谱或时间尺度谱 $W_n^X(s)$ 和 $W_n^Y(s)$,再计算 X 和 Y 交叉谱: $W_n^{XY}(s) = W_n^X(s)W_n^{Y*}(s)$,则对应交叉功率谱为 $|W_n^{XY}(s)|^2$,其中 s 为频率或尺度参数, n 为时间窗的索引值,“*”为共轭运算。

5. 如权利要求1所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:对所述预处理后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 进行耦合参数计算步骤进一步包括:计算相干谱 $R_n(s)$,其

中: $R_n(s) = \frac{|W_n^{XY}(s)|^2}{|W_n^X(s)| \cdot |W_n^Y(s)|}$;最后,耦合谱 $CP_n(s)$ 计算步骤为: $CP_n(s) = |W_n^{XY}(s)|^2 \cdot R_n(s)$,

将耦合谱 $CP_n(s)$ 按预定频段内统计基于时间平均的耦合值 CP_{mean} 。

6. 如权利要求2所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:所述带通滤波频率范围为0.01~0.5Hz。

7. 如权利要求4所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:所述时间频率谱或时间尺度谱计算分别包括窗口傅立叶变换、HHT变换或小波变换。

8. 如权利要求5所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:所述耦合谱 $CP_n(s)$ 中预定频率段的为0.01~0.5Hz。

一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法

技术领域

[0001] 本发明属于一种生理参数分析方法,特别涉及一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法。

背景技术

[0002] 胎动、胎心率和宫缩信号是孕妇观察胎儿状况的重要生理参数。胎动是胎儿在母体子宫内的活动,胎心率为胎儿的心跳速率,宫缩信号为胎动、宫缩等引起母亲腹壁的压力信号或子宫肌电功率谱包络信号。胎动时往往出现胎心率的短暂上升和母亲腹部压力、子宫肌电的变化。胎动次数的多少、快慢强弱等表示着胎儿在母体的安危,当胎盘功能不全或胎儿有某种疾病时,胎动常会减少,大量研究表明胎动减少与围产儿不良结局的风险相关。因此,胎动信号是胎儿向外传递自身情况的重要信息。

[0003] 产前对孕妇的胎动进行监护,可以及时了解胎儿在宫内的情况及胎盘功能,及时发现胎儿有可能出现的病患,对降低新生儿病死率及妊娠妇女的并发症极为重要。尽管有多种计数胎动的方法,但是理想的胎动计数方法仍无定论。临床指南中推荐了2种计数胎动的方案:(1)产妇侧卧位,2h内感受10次以上胎动即为满意的胎动;(2)指导产妇每次自数胎动1h、每周3次,以确定胎动的基础水平,当胎动达到或超过基础水平时即为满意的胎动,当胎动低于基础水平时,则需要进一步检查以评估胎儿宫内状态。虽然两种方法安全、简单,但由于该方法在实际的操作过程中,孕妇并不能很好地坚持,且由于其主观判断误差,容易造成胎动计数的较大误差,使得胎动数不准确,不能及时发现胎儿异常。

[0004] 现行方案,如B超以超声波的方式在胎动的识别器材中最为准确,可识别出各种类型的胎动行为,但不适合长时间使用,且单价昂贵。加速度计类的监测方案,运动信号干扰问题严重。由于胎心率受运动、生理节律等多种因素影响,宫缩信号受母体用力、呼吸、体位变化等影响,单独用胎心率或宫缩信号做胎儿活动的量化评估,都存在估计不准确的技术难题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对上述已有技术的不足,提供一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,该方法利用胎心率和宫缩信号之间的耦合程度分析,很好的弥补了单变量的分析不足,更有效地量化胎儿在宫内的活动情况。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,包含:

[0007] 接收胎心率监护仪器实测的信号,其中所述信号包含胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R ;

[0008] 对接收的所述胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行预处理;

[0009] 对所述预处理后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 的耦合参数进行计算,并输出计算结果。

[0010] 优选地,对接收的所述胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行预处理的步骤进一步包括:分别对接收的所述胎心率 X_R 和宫缩信号 Y_R 值为0的异常值进行三次样条插值修复;当异常数

据持续预设值T以上,则该时间段对应的 X_R 和 Y_R 剔除。

[0011] 优选地,对处理异常值后的胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行预处理的步骤进一步包括:将所述胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 分别进行带通滤波。

[0012] 优选地,对所述预处理后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 进行耦合参数计算步骤包括,先分别计算的两个时间序列 X 和 Y 的时间频率谱或时间尺度谱 $W_n^X(s)$ 和 $W_n^Y(s)$,再计算 X 和 Y 交叉谱: $W_n^{XY}(s) = W_n^X(s)W_n^{Y*}(s)$,则对应交叉功率谱为 $|W_n^{XY}(s)|^2$,其中 s 为频率或尺度参数, n 为时间窗的索引值,“*”为共轭运算。

[0013] 优选地,对所述预处理后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 进行耦合参数计算步骤进一步包括:计算相干谱 $R_n(s)$,其中: $R_n^2(s) = \frac{|W_n^{XY}(s)|^2}{|W_n^X(s)| \cdot |W_n^Y(s)|}$;最后,耦合谱 $CP_n(s)$ 计算步骤

为: $CP_n(s) = |W_n^{XY}(s)|^2 \cdot R_n(s)$,将耦合谱 $CP_n(s)$ 按预定频率段分别统计基于时间平均的耦合值 CP_{mean} 。

[0014] 优选地,所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:所述带通滤波频率范围为0.01~0.5Hz。

[0015] 优选地,所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于:所述时间频率谱或时间尺度谱计算分别包括窗口傅立叶变换、HHT变换或小波变换。

[0016] 优选地,所述的胎心率和宫缩信号的耦合分析方法,其特征在于所述预定频率段的为0.01~0.5Hz。

[0017] 本发明与现有技术相比,具有如下有益效果:

[0018] 本发明利用多变量时间序列分析技术来分析胎儿在宫内的活动情况,融合交叉功率谱和相干谱来量化评价胎心率和宫缩信号之间的耦合强度,进一步通过耦合程度反映胎儿的活动宫内状况,其中相干谱用来度量时频空间中两个时间序列局部相关的密切程度,即使对应波功率谱中低能量值区,两者在小波相干谱中的相关性也有可能很显著,因此能反映胎儿微小的运动。

附图说明

[0019] 图1是本发明的系统框图;

[0020] 图2是本发明的实验流程图;

[0021] 图3是本发明的实验流程图;

[0022] 图4胎心率和宫缩信号的交叉功率谱图;

[0023] 图5胎心率和宫缩信号的相干谱图;

[0024] 图6胎心率和宫缩信号的耦合谱图;

具体实施方式

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。

[0026] 如图2所示,以一位年龄为32周岁,孕周为35周的被测者为例。

[0027] 步骤S1,接收胎心率监护仪器实测的信号,其中包含胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R ,

采样率均为4Hz,如图3所示;

[0028] 步骤S2,对接收胎心率 X_R 和宫缩信号 Y_R 值为0的异常值进行三次样条插值修复;当异常数据持续10s以上,则该时间段对应的 X_R 和 Y_R 剔除。

[0029] 步骤S3,分别对经步骤S2处理后的胎心率信号 X_R 和宫缩信号 Y_R 进行FIR带通滤波;其中,滤波器阶数为20,频率范围为0.01~0.5Hz。

[0030] 步骤S4,对经步骤S3滤波后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 分别进行进行小波变换,依据公式:

$$[0031] \quad W^X(s, \tau) = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^* \left(\frac{t-\tau}{s} \right) dt$$

[0032] 式中 s 是尺度参数, τ 是平移参数,*表示共轭运算。Morlet母小波表达式为 $\Psi(t) = \pi^{-1/4} e^{j\omega t} e^{-t^2/2}$,式中 ω 是角频率,取 $\omega = 6$ 。实际计算时,取 $s = s_0 2^{j\Delta j}$;其中, $s_0 = 1/2$, $\Delta j = 1/256$,序列取样间隔 $\Delta t = 1/4s$,平移参数 $\tau = b_0 m/s$;其中, $b_0 = 1, m = 1, \pm 1, \dots, \pm N/2$ 。

[0033] 同样有宫缩信号 Y 的频率谱 $W^Y(s, \tau)$,则胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 的交叉小波变换为 $W^{XY}(s) = \int W^X(s, \tau) W^{Y*}(s, \tau) d\tau$,本步骤所求交叉小波功率谱 $|W^{XY}(s)|^2$,如图4所示,其值越大,表明两者具有共同的高能量区,彼此相关显著。

[0034] 步骤S5,对经步骤S3滤波后的胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 计算相干谱 $R(s)$,依据公式:

$$[0035] \quad R^2(s) = \frac{|S(s^{-1} W^{XY}(s))|^2}{S(s^{-1} |W^X(s)|^2 \times S(s^{-1} |W^Y(s)|^2)}$$

[0036] 上式类似于传统意义上相关系数表达式,它是两个时间序列在某一频率上波振幅的交叉积与各个振动波的振幅乘积之比,这里 S 是平滑器,

$$[0037] \quad S(W) = S_{scale}(S_{time}(W(s)))$$

[0038] 其中: S_{scale} 表示沿着小波伸缩尺度轴平滑; S_{time} 表示沿着小波时间平移轴平滑。

Morlet小波的平滑器表达式如下:

$$[0039] \quad S_{time}(W)|_s = (W(s) \times c_1^{-1} e^{-t^2/(2s^2)})|_s$$

$$[0040] \quad S_{scale}(W)|_n = (W(s) \times c_2 \Pi(0.6s))|_n$$

[0041] 这里的 c_1 和 c_2 是标准化常数, Π 是矩形函数,参数0.6是根据经验确定的尺度与Morlet小波波长的解相关,本步骤计算结果如图5所示。

[0042] 步骤S6,定义胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 的耦合谱 $CP(s)$ 计算表达式为: $CP(s) = |W^{XY}(s)|^2 \times R(s)$,基于胎心率信号 X 和宫缩信号 Y 交叉小波变换功率谱和小波相干谱,可以融合它们共同的高能量区以及位相关系量化评价胎儿的活动状态。此步骤结果图如图6所示,因小波变换的时间尺度图必须在时间频率图来解释,定义频带 $[f_1 f_2]$ 的瞬时耦合值公式如下:

$$[0043] \quad CP(n) = \frac{1}{C_\psi} \int_{s_1}^{s_2} CP(n, s) \frac{ds}{s^2} = \frac{1}{C_\psi f_\psi} \int_{f_1}^{f_2} CP(n, f_\psi / f) df$$

[0044] 式中 $C_\psi = \int |\Psi(\omega)|^2 \frac{d\omega}{\omega}$, $\Psi(\omega)$ 为 $\psi(s)$ 的傅立叶变换。

[0045] 因此,基于时间平均的耦合值 $CP_{\text{mean}} = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} CP(n)$ 此实施例中,预定频率段的为 0.01~0.5Hz。

[0046] 步骤S7,输出上述参数 $|W^{XY}(s)|^2$ 、 $R(s)$ 、 $CP(s)$ 和 CP_{mean} 。

[0047] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。尽管本发明已进行了一定程度的描述,明显地,在不脱离本发明的精神和范围的条件下,可进行各个条件的适当变化。可以理解,本发明不限于所述实施方案,而归于权利要求的范围,其包括所述每个因素的等同替换。

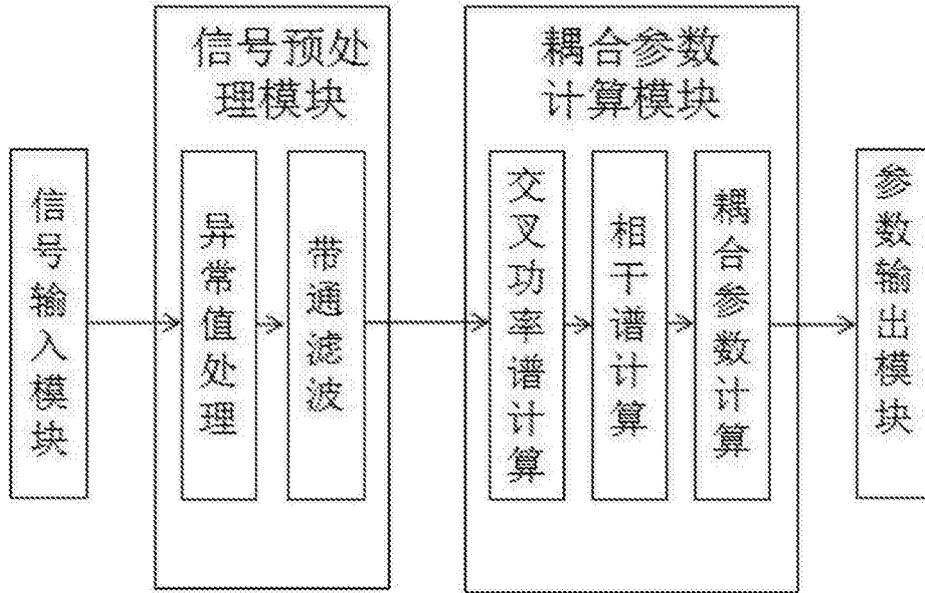


图1

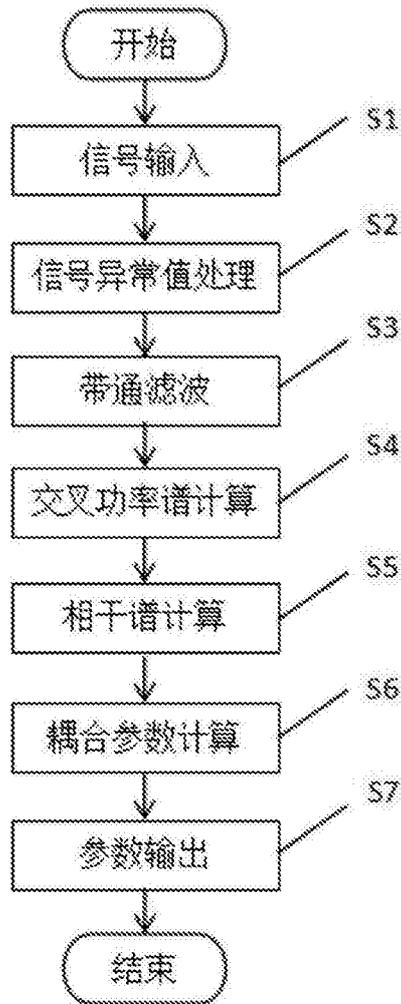


图2

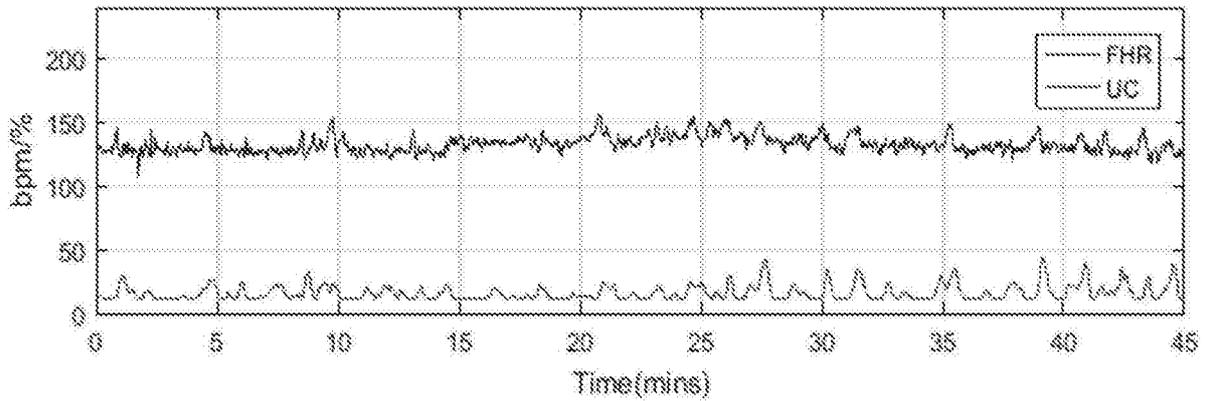


图3

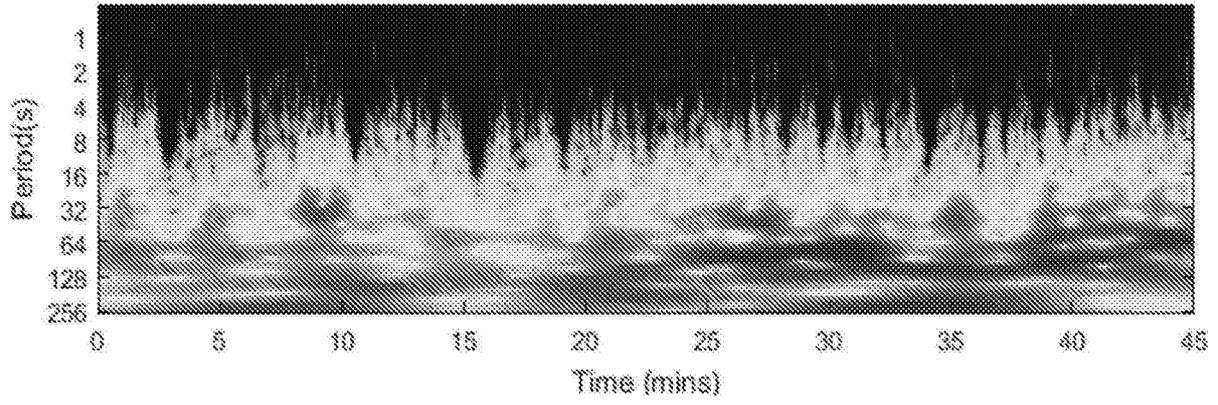


图4

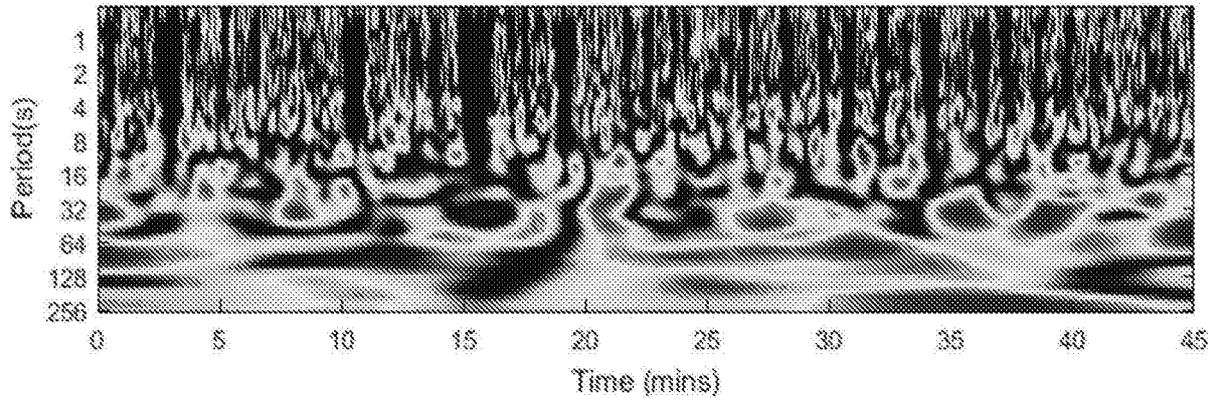


图5

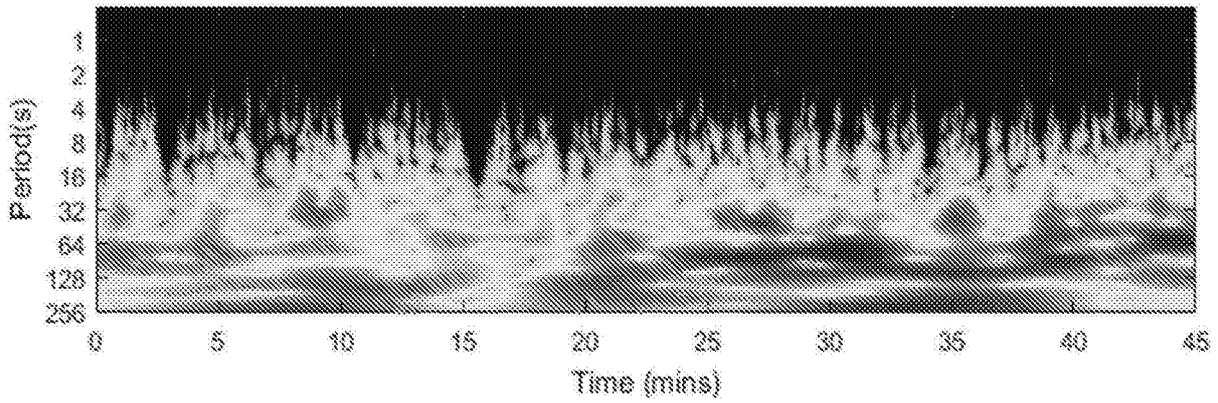


图6

专利名称(译)	一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法		
公开(公告)号	CN107997741A	公开(公告)日	2018-05-08
申请号	CN201810014183.0	申请日	2018-01-08
[标]申请(专利权)人(译)	北京大学 北京大学第三医院		
申请(专利权)人(译)	北京大学 北京大学第三医院		
当前申请(专利权)人(译)	北京大学 北京大学第三医院		
[标]发明人	陈坤 陈练 赵扬玉 王妍 张珏 方竞		
发明人	陈坤 陈练 赵扬玉 王妍 张珏 方竞		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/024		
CPC分类号	A61B5/02411 A61B5/4356 A61B5/72 A61B5/7235 A61B5/7253		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开一种胎心率和宫缩信号的耦合分析方法，包含：信号输入模块，信号预处理模块，耦合参数计算模块，参数输出模块。其中：信号输入模块负责接收胎心率监护仪器实测的胎心率和宫缩信号，信号预处理模块负责对接收信号的异常值进行三次样条插值修复及带通滤波处理，耦合参数计算模块包括胎心率和宫缩信号的交叉功率谱、相干谱及耦合参数计算，参数输出模块负责输出计算结果。本发明利用多变量时间序列耦合分析技术来分析胎儿在宫内的活动情况，融合交叉功率谱和相干谱来量化评价胎心率和宫缩信号之间的耦合程度，很好的拟补单变量信息不全面、分析不准确的缺点，对胎儿宫内活动情况评价更加全面和准确。

