



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 106580303 B

(45)授权公告日 2018.03.06

(21)申请号 201611045054.5

(22)申请日 2016.11.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106580303 A

(43)申请公布日 2017.04.26

(73)专利权人 浙江脉联医疗设备有限公司

地址 310000 浙江省杭州市余杭区经济技
术开发区新颜路22号401G

(72)发明人 陈妍 陈瑜

(74)专利代理机构 北京酷爱智慧知识产权代理
有限公司 11514

代理人 赵永辉

(51)Int.Cl.

A61B 5/0285(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104382571 A,2015.03.04,全文.

CN 102258364 A,2011.11.30,全文.

CN 103385702 A,2013.11.13,全文.

CN 102008296 A,2011.04.13,全文.

EP 0443267 A1,1991.08.28,全文.

审查员 李慧

权利要求书3页 说明书10页

(54)发明名称

与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方
法

(57)摘要

本发明属于动脉血压测量技术领域。本发明提供与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,能够对临床条件下由输血输液、血管活性药物、手术介入等原因导致的与收缩压相关的脉搏波传播时间的异变进行自适应校正。本发明通过实时检测同一个心动周期下的耳朵脉搏波和脚趾脉搏波,计算与收缩压相关的脉搏波传播时间,并根据脉搏波的形态特征提取校正变量、获得校正矩阵,对上述脉搏波传播时间的异变进行校正,校正后的传播时间可用于现有的数学模型,在临床条件下连续测量每个心动周期的收缩压,准确性高。

1. 与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1) 实时检测每个心动周期下耳朵处脉搏波并分析得到耳朵脉搏波的以下数据:耳朵脉搏波上主动脉瓣关闭点的高度 h_{sd} ,耳朵脉搏波的收缩期时间 t_s ,单位为毫秒,耳朵脉搏波的舒张期时间 t_d ,单位为毫秒,耳朵脉搏波的最大高度 h_{max} ;

S2) 实时检测每个心动周期下脚趾处脉搏波并分析得到脚趾脉搏波的以下数据:脚趾脉搏波的收缩期时间 t_{s-toe} ,单位为毫秒,脚趾脉搏波的舒张期时间 t_{d-toe} ,单位为毫秒,脚趾脉搏波的最大高度 $h_{max-toe}$,脚趾脉搏波的起始点到波峰中点的时间 t_{ch-toe} ,单位为毫秒,脚趾脉搏波的起始点到波峰最高点的时间 $t_{max-toe}$,单位为毫秒;所述波峰中点是指波峰处的上升沿转折点和下降沿转折点的中点;

S3) 计算与收缩压相关的脉搏波传播时间 T_s ,所述 T_s 是指耳朵脉搏波上的主动脉瓣关闭点到脚趾脉搏波上的主动脉瓣关闭点的时间差; h 为耳朵脉搏波或脚趾脉搏波在纵轴方向上的幅值;

S4) 利用同一个心动周期下通过步骤S1、S2获得的数据,计算得到该心动周期下校正变量;

S5) 根据步骤S4获得的该心动周期下的校正变量,计算得到该心动周期下校正矩阵;

S6) 连续获得多个心动周期下的校正矩阵,对通过步骤S3获得的 T_s 进行校正。

2. 根据权利要求1所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述步骤S5中的校正矩阵 $A = \sum_{i=1}^7 a_i$; a_i 为校正变量中第 i 校正变量。

3. 根据权利要求1所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述步骤S6具体为:连续获取8个心动周期下的校正矩阵;校正方法为: $T_{sma} = T_{sm}(1 - A_m)$;其中,

$A_m = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 A_i$, $T_{sm} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 T_{si}$, A_i 为第 i 个心动周期下的校正矩阵, T_{si} 为第 i 个心动周期下的 T_s 。

4. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述第一校正变量 a_1 通过以下公式计算得到:

若 $d_1 \leq k_{sd-m-0} \leq d_{1-2}$, 则 $a_1 = (d_{1-2} - k_{sd-m-0}) \times 0.50$;

若 $k_{sd-m-0} < d_1$, 则 $a_1 = 28 \times 0.50$;

若 $k_{sd-m-0} > d_{1-2}$, 则 $a_1 = 0$;

其中, $k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}$, $d_1 = 76 \sim 84$, $d_{1-2} = 104 \sim 112$ 。

5. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述第二校正变量 a_2 通过以下公式计算得到:

若 $k_{sd-m} > (d_2 + (age-14)/15/100)$, 则 $a_2 = k_{sd-m} - (d_2 + (age-14)/15/100)$;

若 $k_{sd-m} \leq (d_2 + (age-14)/15/100)$, 则 $a_2 = 0$;

其中, 若 $|k_{sd-m-0} - k_{sd-m-ts}| \geq 40$ 且 $(k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 \geq k_{sd-m-2}$, 则 $k_{sd-m} = 2 \times k_{sd-m-2} - (k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2$, 否则 $k_{sd-m} = k_{sd-m-2}$;

$$k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}, \quad k_{sd-m-ts} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_{t_s}^{2t_s} h dt}, \quad k_{sd-m-2} = \frac{2t_s h_{sd}}{\int_0^{2t_s} h dt}, \text{ age 为年龄, } d_2 = 1.17 \sim$$

1.27。

6. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述第三校正变量 a_3 通过以下公式计算得到:

若 $c_4 < k_{d-m-a} < c_5$, 则 $a_3 = 0$;

若 $k_{sd-m-0} < d_6$ 或 $k_{sd-m-2} > d_7$, 则 $a_3 = 0$;

若 $k_{sd-m-0} \geq d_6 + 0.10$ 且 $k_{sd-m-2} \leq d_8$ 且 $k_{d-m-a} \leq c_4$, 则 $a_3 = (c_4 - k_{d-m-a}) \times 67/100$;

若 $\begin{cases} d_6 \leq k_{sd-m-0} < d_6 + 0.10 \\ k_{d-m-a} \leq c_4 \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d_8 < k_{sd-m-2} < d_7 \\ k_{d-m-a} \leq c_4 \end{cases}$, 则 $a_3 = (c_4 - k_{d-m-a}) \times 50/100$;

若 $k_{sd-m-0} \geq d_6 + 0.10$ 且 $k_{sd-m-2} \leq d_8$ 且 $k_{d-m-a} \geq c_5$, 则 $a_3 = (c_5 - k_{d-m-a}) \times 62/100$;

若 $\begin{cases} d_6 \leq k_{sd-m-0} < d_6 + 0.10 \\ k_{d-m-a} \geq c_5 \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d_8 < k_{sd-m-2} < d_7 \\ k_{d-m-a} \geq c_5 \end{cases}$, 则 $a_3 = (c_5 - k_{d-m-a}) \times 45/100$;

其中, 若 $|k_{sd-m-0} - k_{sd-m-ts}| \geq 40$ 且 $(k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 \geq k_{sd-m-2}$ 且 $k_{sd-m-ts} \geq d_{3-2}$, 则 $k_{d-m-a} = (k_{d-m-t_d-1} + k_{d-m-t_d-toe} + (k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 - k_{sd-m-2})/2$, 否则

$$k_{d-m-a} = (k_{d-m-t_d-1} + k_{d-m-t_d-toe})/2;$$

若 $k_{sd-m-ts} \leq d_{3-2}$, 则 $k_{d-m-t_d-1} = k_{d-m-t_d} - (d_{3-2} - k_{sd-m-ts}) \times 75/100$; 若 $k_{d-m-t_d} \leq d_3$, 则

$$k_{d-m-t_d-1} = d_3; \text{ 若 } k_{d-m-t_d-toe} \leq d_3, \text{ 则 } k_{d-m-t_d-toe} = d_3; k_{d-m-t_d} = \frac{\int_{t_s}^{t_s+t_d} h dt}{t_d h_{\max}},$$

$$k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}, \quad k_{sd-m-2} = \frac{2t_s h_{sd}}{\int_0^{2t_s} h dt}, \quad k_{sd-m-ts} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_{t_s}^{2t_s} h dt}, \quad k_{d-m-t_d-toe} = \frac{\int_{t_s-toe}^{t_s-toe+t_d-toe} h dt}{t_{d-toe} h_{\max-toe}};$$

$c_4 = (d_4 + (\text{age} - 14)/8)/100$, $d_4 = 23 \sim 35$, $c_5 = (d_5 + (\text{age} - 14)/8)/100$, $d_5 = 27 \sim 39$, $d_6 = 0.97 \sim 1.03$, $d_7 = 1.52 \sim 1.58$, $d_8 = 1.42 \sim 1.48$, $d_{3-2} = 1.21 \sim 1.31$, $d_3 = 0.02 \sim 0.14$, age 为年龄。

7. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述第四校正变量 a_4 通过以下公式计算得到: 若 $k_{s-t-toe} > 0.8$, 则 $a_4 = k_{s-t-toe} - 0.8$;

若 $k_{s-t-toe} \leq 0.8$, 则 $a_4 = 0$;

其中, 若 $t_{\max-toe} \geq t_{ch-toe}$, 则 $k_{s-t-toe} = \frac{t_{\max-toe} + t_{ch-toe} + 400}{(t_{s-toe} + 200) \times 2}$, 否则 $k_{s-t-toe} = \frac{t_{\max-toe} + 200}{t_{s-toe} + 200}$ 。

8. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,其特征在于,所述第五校正变量 a_5 通过以下公式计算得到:

若 $k_{s-m-toe} < d_9$, 则 $a_5 = 0$;

若 $k_{s-m-toe} \geq d_9$ 且 $k_{s-t-toe} \geq 0.8$ 则 $a_5 = k_{s-m-toe} - d_9$;

若 $k_{s-m-toe} \geq d_9$ 且 $k_{s-t-toe} < 0.8$, 则 $a_5 = (k_{s-m-toe} - d_9)/2$;

其中, $d_9=0.67\sim 0.73$, $k_{s-m-toe} = \frac{\int_0^{t_{s-toe}} h dt}{t_{s-toe} h_{\max-toe}}$ 。

9. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法, 其特征在于, 所述第六校正变量 a_6 通过以下公式计算得到:

若 $k_{s-m-toe-ear}<1.0$, 则 $a_6=0$;

当 $k_{s-m-toe-ear}>1.08$, 则 $c_6=1.08$, 此时, 若 $t_s>220$ 且 $k_{sd-m-0}>0.88$, 则 $a_6=c_6-1.0$, 若 $t_s<160$ 或 $k_{sd-m-0}<0.80$, 则 $a_6=(c_6-1.0)\times 0.34$, 若 $160<t_s\leq 220$ 或 $0.80<k_{sd-m-0}\leq 0.88$, 则 $a_6=(c_6-1.0)\times 0.67$;

当 $1.0\leq k_{s-m-toe-ear}\leq 1.08$, 则 $c_6=k_{s-m-toe-ear}-1.0$, 此时若 $t_s>220$ 且 $k_{sd-m-0}>0.88$, 则 $a_6=c_6$, 若 $t_s\leq 160$ 或 $k_{sd-m-0}\leq 0.80$, 则 $a_6=c_6\times 0.34$, 若 $160<t_s\leq 220$ 或 $0.80<k_{sd-m-0}\leq 0.88$, 则 $a_6=c_6\times 0.67$;

$$\text{其中, } k_{s-m-toe-ear} = \frac{h_{\max} \int_0^{t_{s-toe}} h dt + (t_s + t_{s-toe}) \times 100}{h_{\max-toe} \int_0^{t_s} h dt + (t_s + t_{s-toe}) \times 100}, \quad k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}。$$

10. 根据权利要求2所述的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法, 其特征在于, 所述第七校正变量 a_7 通过以下公式计算得到:

若 $k_{ts-toe-ear}<1.0$, 则 $a_7=0$;

当 $k_{ts-toe-ear}>1.08$, 则 $c_7=1.08$, 此时, 若 $t_s>220$ 且 $k_{sd-m-0}>0.88$, 则 $a_7=c_7-1.0$, 若 $t_s<160$ 或 $k_{sd-m-0}<0.80$, 则 $a_7=(c_7-1.0)\times 0.34$, 若 $160<t_s\leq 220$ 或 $0.80<k_{sd-m-0}\leq 0.88$, 则 $a_7=(c_7-1.0)\times 0.67$;

当 $1.0\leq k_{ts-toe-ear}\leq 1.08$, 则 $c_7=k_{ts-toe-ear}-1.0$, 此时, 若 $t_s>220$ 并且 $k_{sd-m-0}>0.88$, 则 $a_7=c_7$, 若 $t_s\leq 160$ 或 $k_{sd-m-0}\leq 0.80$, 则 $a_7=c_7\times 0.34$, 若 $160<t_s\leq 220$ 或 $0.80<k_{sd-m-0}\leq 0.88$, 则 $a_7=c_7\times 0.67$;

$$\text{其中, } k_{ts-toe-ear} = \frac{t_{s-toe} + 825}{t_s + 825}, \quad k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}。$$

与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及动脉血压测量技术领域,具体涉及与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法。

背景技术

[0002] 动脉血压是反映循环系统状态、评估器官灌注的主要指标之一,是围手术期监护的重要生命体征参数。目前围术期常用的血压监测方法可以分为有创测量和无创测量。有创测量是指将专用管道置入机体的循环系统内,通过转换器将机械势能转化为电子信号后在监护设备上实时显示血压变化的技术。有创测量方法可以连续、准确地测量每搏血压,但其可能造成的危险与伤害也不容忽视。无创测量常用的方法是袖带示波法,这种技术操作简单且精确度已得到临床认可,被广泛用于健康体检和围术期监护。但是,袖带示波法只能每隔3-5分钟间断地测量血压,无法实时跟踪动脉血压的变化。

[0003] 为此,医学界提出了连续无创每搏血压测量技术,其中利用脉搏波传播时间/速度(PTT/PWV)连续无创测量每搏血压的方法逐渐成为研究的热点。该测量方法通过一个或多个光电传感器和一组心电电极同步获得容积脉搏波(PhotoPlethysmoGraphy PPG)和心电信号(ECG),利用PPG与ECG之间的时间差或两个PPG之间的时间差计算出PTT/PWV;探索PTT/PWV与血压之间的函数关系并建立数学模型,利用可测量的PTT/PWV来估算血压。很多学术论文报道了利用PTT/PWV连续无创测量每搏血压的原理,例如Yan Chen,Changyun Wen,Guocai Tao,Min Bi,and Guoqi Li《ANovel Modeling Methodology of the Relationship Between Blood Pressure and Pulse Wave Velocity》;Yan Chen,Changyun Wen,Guocai Tao and Min Bi《Continuous and Noninvasive Measurement of Systolic and Diastolic Blood Pressure by One Mathematical Model with the Same Model Parameters and Two Separate PulseWave Velocities》;Younhee Choi,Qiao Zhang,Seokbum Ko《Noninvasive cuffless blood pressure estimation using pulse transit time and Hilbert-Huang transform》;Zheng Y,Poon CC,Yan BP,Lau JY《Pulse Arrival Time Based Cuff-Less and 24-H Wearable Blood Pressure Monitoring and its Diagnostic Value in Hypertension》;Mukkamala R,Hahn JO,Inan OT,Mestha LK,Kim CS,TöreynH,Kyal S《Toward Ubiquitous Blood Pressure Monitoring via Pulse Transit Time:Theory and Practice》。很多专利公开了利用PTT/PWV连续无创测量每搏血压的具体实施方法或装置,例如中国专利CN101229058A、CN102811659A、CN1127939C,美国专利5865755、5857975、5649543、9364158和欧洲专利0413267等。

[0004] 现有的利用PTT/PWV测量血压的方法和技术都需要采用传统的袖带示波法测量一个或一组血压值来进行初始校准,校准的理由是PTT/PWV与血压的相关关系是对象依赖的,即每个个体的PTT/PWV与血压之间存在确定的关系,校准的目的是确定与对象相适应的数学模型参数。

[0005] 然而,现有方法具有一定局限性,只能应用在循环系统没有受到外界干扰的条件

下。因为只有在无干扰的条件下,对个体而言PTT与血压的关系才具有较强的规律性,才可能通过确定的函数和数学模型来描述。但在围手术期,病人的循环系统在液体治疗、药物、手术操作、温度等混杂因素的影响下,PTT会发生一系列异常变化,使用异变的PTT和固有的数学模型来估算血压会产生较大的误差。由于异变的PTT与血压的关系不再具有确定的规律性,即使通过频繁校准数学模型参数来适应PTT的异变也没有解决根本问题,无法满足临床测量对准确性和实时性的要求。

发明内容

[0006] 针对现有技术的缺陷,本发明提供一种脉搏波传播时间PTT的校正方法,能够针对临床条件下由输血输液、血管活性药物、手术介入等原因导致的与收缩压相关的脉搏波传播时间的异变进行自适性校正,准确性高。

[0007] 与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,包括以下步骤:

[0008] S1) 实时检测每个心动周期下耳朵处脉搏波并分析得到耳朵脉搏波的以下数据:耳朵脉搏波上主动脉瓣关闭点的高度 h_{sd} ,耳朵脉搏波的收缩期时间 t_s ,单位为毫秒,耳朵脉搏波的舒张期时间 t_d ,单位为毫秒,耳朵脉搏波的最大高度 h_{max} ;

[0009] S2) 实时检测每个心动周期下脚趾处脉搏波并分析得到脚趾脉搏波的以下数据:脚趾脉搏波的收缩期时间 t_{s-toe} ,单位为毫秒,脚趾脉搏波的舒张期时间 t_{d-toe} ,单位为毫秒,脚趾脉搏波的最大高度 $h_{max-toe}$,脚趾脉搏波的起始点到波峰中点的时间 t_{ch-toe} ,单位为毫秒,脚趾脉搏波的起始点到波峰最高点的时间 $t_{max-toe}$,单位为毫秒;所述波峰中点是指波峰处的上升沿转折点和下降沿转折点的中点;

[0010] S3) 计算与收缩压相关的脉搏波传播时间 T_s ,所述 T_s 是指耳朵脉搏波上的主动脉瓣关闭点到脚趾脉搏波上的主动脉瓣关闭点的时间差; h 为耳朵脉搏波或脚趾脉搏波在纵轴方向上的幅值;

[0011] S4) 利用同一个心动周期下通过步骤S1、S2获得的数据,计算得到该心动周期下校正变量;

[0012] S5) 根据步骤S4获得的该心动周期下的校正变量,计算得到该心动周期下校正矩阵;

[0013] S6) 连续获得多个心动周期下的校正矩阵,对通过步骤S3获得的 T_s 进行校正;。

[0014] 优选地,所述步骤S5中的校正矩阵 $A = \sum_{i=1}^7 a_i$; a_i 为校正变量中第 i 校正变量。

[0015] 优选地,所述步骤S6具体为:连续获取8个心动周期下的校正矩阵。校正方法为:

$T_{sma} = T_{sm}(1 - A_m)$; 其中, $A_m = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 A_i$, $T_{sm} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 T_{si}$, A_i 为第 i 个心动周期下的校正矩阵, T_{si} 为第 i 个心动周期下的 T_s 。

[0016] 优选地,所述第校正一变量 a_1 通过以下公式计算得到:

[0017] 若 $d_1 \leq k_{sd-m-0} \leq d_{1-2}$, 则 $a_1 = (d_{1-2} - k_{sd-m-0}) \times 0.50$;

[0018] 若 $k_{sd-m-0} < d_1$, 则 $a_1 = 28 \times 0.50$;

[0019] 若 $k_{sd-m-0} > d_{1-2}$, 则 $a_1 = 0$;

[0020] 其中, $k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}$, $d_1 = 76 \sim 84$, $d_{1-2} = 104 \sim 112$ 。

[0021] 优选地,所述第二校正变量 a_2 通过以下公式计算得到:

[0022] 若 $k_{sd-m} > (d_2 + (\text{age}-14)/15/100)$, 则 $a_2 = k_{sd-m} - (d_2 + (\text{age}-14)/15/100)$;

[0023] 若 $k_{sd-m} \leq (d_2 + (\text{age}-14)/15/100)$, 则 $a_2 = 0$;

[0024] 其中, 若 $|k_{sd-m-0} - k_{sd-m-ts}| \geq 40$ 且 $(k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 \geq k_{sd-m-2}$, 则 $k_{sd-m} = 2 \times k_{sd-m-2} - (k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2$, 否则 $k_{sd-m} = k_{sd-m-2}$;

[0025] $k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}$, $k_{sd-m-ts} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_{t_s}^{2t_s} h dt}$, $k_{sd-m-2} = \frac{2t_s h_{sd}}{\int_0^{2t_s} h dt}$, age为年龄, $d_2 = 1.17$

~ 1.27 。

[0026] 优选地,所述第三校正变量 a_3 通过以下公式计算得到:

[0027] 若 $c_4 < k_{d-m-a} < c_5$, 则 $a_3 = 0$;

[0028] 若 $k_{sd-m-0} < d_6$ 或 $k_{sd-m-2} > d_7$, 则 $a_3 = 0$;

[0029] 若 $k_{sd-m-0} \geq d_6 + 0.10$ 且 $k_{sd-m-2} \leq d_8$ 且 $k_{d-m-a} \leq c_4$, 则 $a_3 = (c_4 - k_{d-m-a}) \times 67/100$;

[0030] 若 $\begin{cases} d_6 \leq k_{sd-m-0} < d_6 + 0.10 \\ k_{d-m-a} \leq c_4 \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d_8 < k_{sd-m-2} < d_7 \\ k_{d-m-a} \leq c_4 \end{cases}$, 则 $a_3 = (c_4 - k_{d-m-a}) \times 50/100$;

[0031] 若 $k_{sd-m-0} \geq d_6 + 0.10$ 且 $k_{sd-m-2} \leq d_8$ 且 $k_{d-m-a} \geq c_5$, 则 $a_3 = (c_5 - k_{d-m-a}) \times 62/100$;

[0032] 若 $\begin{cases} d_6 \leq k_{sd-m-0} < d_6 + 0.10 \\ k_{d-m-a} \geq c_5 \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d_8 < k_{sd-m-2} < d_7 \\ k_{d-m-a} \geq c_5 \end{cases}$, 则 $a_3 = (c_5 - k_{d-m-a}) \times 45/100$;

[0033] 其中, 若 $|k_{sd-m-0} - k_{sd-m-ts}| \geq 40$ 且 $(k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 \geq k_{sd-m-2}$ 且 $k_{sd-m-ts} \geq d_{3-2}$, 则 $k_{d-m-a} = (k_{d-m-t_d-1} + k_{d-m-t_d-toe} + (k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 - k_{sd-m-2})/2$, 否则

$k_{d-m-a} = (k_{d-m-t_d-1} + k_{d-m-t_d-toe})/2$;

[0034] 若 $k_{sd-m-ts} \leq d_{3-2}$, 则 $k_{d-m-t_d-1} = k_{d-m-t_d} - (d_{3-2} - k_{sd-m-ts}) \times 75/100$; 若 $k_{d-m-t_d} \leq d_3$, 则

$k_{d-m-t_d-1} = d_3$; 若 $k_{d-m-t_d-toe} \leq d_3$, 则 $k_{d-m-t_d-toe} = d_3$; $k_{d-m-t_d} = \frac{\int_{t_s}^{t_s+t_d} h dt}{t_d h_{\max}}$,

$k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}$, $k_{sd-m-2} = \frac{2t_s h_{sd}}{\int_0^{2t_s} h dt}$, $k_{sd-m-ts} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_{t_s}^{2t_s} h dt}$, $k_{d-m-t_d-toe} = \frac{\int_{t_s-toe}^{t_s-toe+t_d-toe} h dt}{t_{d-toe} h_{\max-toe}}$; c_4

$= (d_4 + (\text{age}-14)/8)/100$, $d_4 = 23 \sim 35$, $c_5 = (d_5 + (\text{age}-14)/8)/100$, $d_5 = 27 \sim 39$, $d_6 = 0.97 \sim 1.03$, $d_7 = 1.52 \sim 1.58$, $d_8 = 1.42 \sim 1.48$, $d_{3-2} = 1.21 \sim 1.31$, $d_3 = 0.02 \sim 0.14$, age为年龄。

[0035] 优选地,所述第四校正变量 a_4 通过以下公式计算得到: 若 $k_{s-t-toe} > 0.8$, 则 $a_4 = k_{s-t-toe} - 0.8$;

[0036] 若 $k_{s-t-toe} \leq 0.8$, 则 $a_4 = 0$;

[0037] 其中, 若 $t_{\max-toe} \geq t_{ch-toe}$, 则 $k_{s-t-toe} = \frac{t_{\max-toe} + t_{ch-toe} + 400}{(t_{s-toe} + 200) \times 2}$, 否则

$$k_{s-t-toe} = \frac{t_{\max-toe} + 200}{t_{s-toe} + 200}。$$

[0038] 优选地,所述第五校正变量 a_5 通过以下公式计算得到:

[0039] 若 $k_{s-m-toe} < d_9$, 则 $a_5 = 0$;

[0040] 若 $k_{s-m-toe} \geq d_9$ 且 $k_{s-t-toe} \geq 0.8$ 则 $a_5 = k_{s-m-toe} - d_9$;

[0041] 若 $k_{s-m-toe} \geq d_9$ 且 $k_{s-t-toe} < 0.8$, 则 $a_5 = (k_{s-m-toe} - d_9) / 2$;

[0042] 其中, $d_9 = 0.67 \sim 0.73$, $k_{s-m-toe} = \frac{\int_0^{t_{s-toe}} h dt}{t_{s-toe} h_{\max-toe}}。$

[0043] 优选地,所述第六校正变量 a_6 通过以下公式计算得到:

[0044] 若 $k_{s-m-toe-ear} < 1.0$, 则 $a_6 = 0$;

[0045] 当 $k_{s-m-toe-ear} > 1.08$, 则 $c_6 = 1.08$, 此时, 若 $t_s > 220$ 且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_6 = c_6 - 1.0$, 若 $t_s < 160$ 或 $k_{sd-m-0} < 0.80$, 则 $a_6 = (c_6 - 1.0) \times 0.34$, 若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_6 = (c_6 - 1.0) \times 0.67$;

[0046] 当 $1.0 \leq k_{s-m-toe-ear} \leq 1.08$, 则 $c_6 = k_{s-m-toe-ear} - 1.0$, 此时若 $t_s > 220$ 且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_6 = c_6$, 若 $t_s \leq 160$ 或 $k_{sd-m-0} \leq 0.80$, 则 $a_6 = c_6 \times 0.34$, 若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_6 = c_6 \times 0.67$;

[0047] 其中, $k_{s-m-toe-ear} = \frac{h_{\max} \int_0^{t_{s-toe}} h dt + (t_s + t_{s-toe}) \times 100}{h_{\max-toe} \int_0^{t_s} h dt + (t_s + t_{s-toe}) \times 100}$, $k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}。$

[0048] 优选地,所述第七校正变量 a_7 通过以下公式计算得到:

[0049] 若 $k_{ts-toe-ear} < 1.0$, 则 $a_7 = 0$;

[0050] 当 $k_{ts-toe-ear} > 1.08$, 则 $c_7 = 1.08$, 此时, 若 $t_s > 220$ 且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_7 = c_7 - 1.0$, 若 $t_s < 160$ 或 $k_{sd-m-0} < 0.80$, 则 $a_7 = (c_7 - 1.0) \times 0.34$, 若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_7 = (c_7 - 1.0) \times 0.67$;

[0051] 当 $1.0 \leq k_{ts-toe-ear} \leq 1.08$, 则 $c_7 = k_{ts-toe-ear} - 1.0$, 此时, 若 $t_s > 220$ 并且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_7 = c_7$, 若 $t_s \leq 160$ 或 $k_{sd-m-0} \leq 0.80$, 则 $a_7 = c_7 \times 0.34$, 若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_7 = c_7 \times 0.67$;

[0052] 其中, $k_{ts-toe-ear} = \frac{t_{s-toe} + 825}{t_s + 825}$, $k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}。$

[0053] 由上述技术方案可知,本发明提供的与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法,通过实时检测同一个心动周期下的耳朵脉搏波和脚趾脉搏波,计算与收缩压相关的脉搏波传播时间,并根据脉搏波的形态特征提取校正变量、获得校正矩阵,对上述脉搏波传播时间的异变进行自适性校正,校正后的传播时间可用于现有的数学模型,在临床条件下连续、准确地测量每个心动周期的收缩压。

具体实施方式

[0054] 下面将对本发明技术方案的实施例进行详细的描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,因此只是作为示例,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0055] 围手术期PTT的变化可分为两类。一类变化：血压变化引起的PTT变化；二类变化：PTT和血压不同步的变化（两者的变化方向或变化量不符合常规函数规律）。例如，血容量轻度不足时PTT会增加，但由于机体自身对外周阻力的调节，血压可能变化不大；胸腹手术中使用拉钩可能严重影响PTT，但对血压的影响较小；去甲肾上腺素使小动脉强烈收缩，血压明显升高，但对全身平均的PTT影响较小。

[0056] 当PTT发生一类变化时，其与血压的关系仍然能够用确定函数的来表达，可通过数学模型来估算血压的变化。而当PTT发生二类变化时，使用基于常规循环系统的数学模型来估算血压会产生较大的误差。这类误差是利用PTT测量血压的原理性误差，不能通过初始定标和定期校准数学模型参数来解决。不同个体之间PTT的差异与同一个体的PTT异变是性质不同的两类问题，需要用不同的方法来解决。为此，本发明根据脉搏波的形态变化提取多种变量来间接识别和自适应校正PTT的各种二类变化，克服上述原理性误差；可结合现有的数学模型形成具备自适应校准功能的连续无创测量血压的方法，不需要依靠常规方法如袖带示波法来反复校准。

[0057] 检测脉搏波的人体位置优选耳朵和脚趾，这两个部位的脉搏波可以获得大动脉和外周动脉的生理、病理信息，在传播途径中具备代表性。检测脉搏信号的传感器优选红外光电容积描记仪（PPG）。耳朵和脚趾脉搏波自身的形态变化和两种脉搏波之间形态的相对变化，对识别PTT的二类变化以及人体不同部位血压之差的变化提供了丰富的信息。本发明历时数年采集大量手术病例的有创动脉血压、耳朵和脚趾的脉搏波形以及PTT进行分析，根据两个脉搏波自身及相对的形态变化提取多种变量，研究出不同的变量与PTT不同的二类变化之间的关系，并且界定各种变量的适用范围。

[0058] 临床应用时，利用PPT连续测量血压的过程中，实时分析脉搏波形并提取变量，根据变量是否落入适用范围判断PTT是否发生二类变化，并根据适用变量的性质确定PTT二类变化的性质和程度，如果某个变量超出适用范围说明PTT没有发生相应的二类变化，则该变量不适用；将适用的数种变量进行融合，计算出校正量对PTT进行校正，校正后的PTT/PWV适用于现有的数学模型精确计算血压。

[0059] 本发明利用有限的变量来表达脉搏波形态最主要、最基本的变化规律，并研究出这些规律与PTT之间的关系。以下所述脉搏波在平面坐标上纵坐标为幅度 h ，横坐标为时间 t ，脉搏波起始点为坐标原点。

[0060] 实施例：

[0061] 与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法，包括以下步骤：

[0062] S1) 实时检测每个心动周期下耳朵处脉搏波并分析得到耳朵脉搏波的以下数据：耳朵脉搏波上主动脉瓣关闭点的高度 h_{sd} ，即收缩期与舒张期在耳朵脉搏波上呈现的交界处高度，耳朵脉搏波的收缩期时间 t_s ，单位为毫秒，耳朵脉搏波的舒张期时间 t_d ，单位为毫秒，耳朵脉搏波的最大高度 h_{max} ；

[0063] S2) 实时检测每个心动周期下脚趾处脉搏波并分析得到脚趾脉搏波的以下数据：脚趾脉搏波的收缩期时间 t_{s-toe} ，单位为毫秒，脚趾脉搏波的舒张期时间 t_{d-toe} ，单位为毫秒，脚趾脉搏波的最大高度 $h_{max-toe}$ ，脚趾脉搏波的起始点到波峰中点的时间 t_{ch-toe} ，单位为毫秒，脚趾脉搏波中起始点到波峰最高点的时间 $t_{max-toe}$ ，单位为毫秒；所述波峰中点是指波峰处的上升沿转折点和下降沿转折点的中点；波峰中点的定义可参考文献YAN CHEN，

CHANGYUN WEN, GUOCAI TAO, and MIN BI《Continuous and Noninvasive Measurement of Systolic and Diastolic Blood Pressure by One Mathematical Model with the Same Model Parameters and Two Separate Pulse Wave Velocities》理解。

[0064] S3) 计算与收缩压相关的脉搏波传播时间 T_s , 其定义可参考文献YANCHEN, CHANGYUN WEN, GUOCAI TAO, and MIN BI《Continuous and Noninvasive Measurement of Systolic and Diastolic Blood Pressure by One Mathematical Model with the Same Model Parameters and Two Separate Pulse Wave Velocities》理解; h 为耳朵脉搏波或脚趾脉搏波在纵轴方向上的幅值;

[0065] S4) 利用同一个心动周期下通过步骤S1、S2获得的数据, 计算得到该心动周期下校正变量;

[0066] S5) 根据步骤S4获得的该心动周期下的校正变量, 计算得到该心动周期下校正矩阵;

[0067] S6) 连续获得多个心动周期下的校正矩阵, 对通过步骤S3获得的 T_s 进行校正。

[0068] 该方法能够实时检测同一个心动周期下的耳朵脉搏波和脚趾脉搏波, 计算与收缩压相关的脉搏波传播时间, 并根据脉搏波的形态特征提取校正变量、获得校正矩阵, 对上述脉搏波传播时间的异变进行校正, 校正后的传播时间可用于现有的数学模型, 在临床条件下连续测量每个心动周期的收缩压。

[0069] 第一校正变量 a_1 :

[0070] 所述步骤S4中获得的校正变量包括第一校正变量 a_1 , a_1 用于低血压状态校正与收缩压相关的传播时间 T_s 的二类变化, a_1 的适用范围为 $a_1 > 0$, a_1 越大则指示血压越低。

[0071] $k_{sd-m-0} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_0^{t_s} h dt}$, k_{sd-m-0} 表示 h_{sd} 与耳朵脉搏波收缩期平均高度之比。一部分病例在

低血压状态时, 脉搏波波峰呈现向前倾的三角形。 h_{sd} 降低很多, k_{sd-m-0} 变小, 说明主动脉收缩期末段波形降低很多, 推动脉搏波传播的持续动力不足, 传播时间延长。在这种状态的舒张期信息不稳定, 不宜使用。 $d_1 = 76 \sim 84$, 优选为80; $d_{1-2} = 104 \sim 112$, 优选为108。

[0072] 当推动脉搏波传播的持续动力不足时, 传播时间 T_s 延长, 需要 a_1 校正。即若 $d_1 \leq k_{sd-m-0} \leq d_{1-2}$, 则 $a_1 = (d_{1-2} - k_{sd-m-0}) \times 0.50$;

[0073] 当推动脉搏波传播的持续动力严重不足时, 传播时间 T_s 延长很多, a_1 取上限值来校正。即若 $k_{sd-m-0} < d_1$, 则 $a_1 = 28 \times 0.50$;

[0074] 当推动脉搏波传播的持续动力充足时, 不需要校正 T_s , a_1 不适用。即若 $k_{sd-m-0} > d_{1-2}$, 则 $a_1 = 0$ 。

[0075] 第二校正变量 a_2 :

[0076] 所述步骤S4中获得的校正变量还包括第二校正变量 a_2 , a_2 用于高血压状态以及从正常血压状态到高血压状态的变化过程, 校正与收缩压相关的脉搏波传播时间 T_s 的二类变化, a_2 的适用范围为 $a_2 > 0$, a_2 越大则表明收缩压越高。

[0077] $k_{sd-m-ts} = \frac{t_s h_{sd}}{\int_{t_s}^{2t_s} h dt}$, $k_{sd-m-ts}$ 表示 h_{sd} 与耳朵脉搏波舒张期 $t_s \sim 2t_s$ 段平均高度之比, 用

于判断脉搏波舒张期的变异。例如, 胸腹手术中上拉钩导致主动脉受力变化, 使耳朵脉搏波

舒张期的波形降低, $k_{sd-m-ts}$ 变大。

$$[0078] \quad k_{sd-m-2} = \frac{2t_s h_{sd}}{\int_0^{2t_s} h dt}, k_{sd-m-2} \text{ 表示 } h_{sd} \text{ 与耳朵脉搏波 } 0-2t_s \text{ 段平均高度之比, 包含了收缩}$$

期和部分舒张期的波形信息, 主要用于高血压状态以及从正常血压状态到高血压状态的变化过程, 如气管插管导致心率和血压升高。从正常血压状态到高血压状态的变化过程中, 耳朵脉搏波的波峰逐渐呈现正三角形或后倾的三角形, h_{sd} 逐渐升高, k_{sd-m-2} 逐渐变大; 在高血压状态下, 整个耳朵脉搏波都呈现正三角形或后倾的三角形, h_{sd} 升高很多, k_{sd-m-2} 变得很大; 上述两种波形的三角形顶端 (即最高血压) 持续时间都非常短, 与最高血压相对应的持续动力不足, 传播时间 T_s 相对延长。

[0079] 若 $|k_{sd-m-0} - k_{sd-m-ts}| \geq 40$ 而且 $(k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts}) / 2 \geq k_{sd-m-2}$,

[0080] 则 $k_{sd-m} = 2 \times k_{sd-m-2} - (k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts}) / 2$,

[0081] 否则 $k_{sd-m} = k_{sd-m-2}$;

[0082] 若耳朵脉搏波舒张期的波形变异, 例如, 胸腹手术上拉钩导致主动脉受力变化, 脉搏波舒张期的形态出现显著变化, 则对 k_{sd-m} 进行校正, 否则 $k_{sd-m} = k_{sd-m-2}$ 。 $d_2 = 1.17 \sim 1.27$, 优选为 1.22。

[0083] 若 $k_{sd-m} > (d_2 + (age - 14) / 15 / 100)$, 其中 age 为年龄, $age \geq 14$ 岁, 指示整个耳朵脉搏波或其波峰变为正三角形或后倾的三角形, 与最高血压相对应的持续动力不足, 传播时间 T_s 相对延长, 需要 a_2 来校正, 则 $a_2 = k_{sd-m} - (d_2 + (age - 14) / 15 / 100)$ 。

[0084] 若 $k_{sd-m} \leq (d_2 + (age - 14) / 15 / 100)$, 脉搏波波峰部分平缓, 与最高血压相对应的持续动力充足, 不需要 a_2 来校正, 则令 $a_2 = 0$ 。

[0085] 第三校正变量 a_3 :

[0086] 所述步骤 S4 中获得的校正变量还包括第三校正变量 a_3 , a_3 用于在血容量变化或传感器安放部位体温变化的状态下对 T_s 进行校正。

$$[0087] \quad k_{d-m-t_d} = \frac{\int_{t_s}^{t_s+t_d} h dt}{t_d h_{\max}}, k_{d-m-t_d} \text{ 为耳朵脉搏波舒张期平均高度与最大高度 } h_{\max} \text{ 之比。在}$$

手术前病人禁食且少喝水时血容量降低, k_{d-m-t_d} 减小, 脉搏波传播时间延长, 当手术中输血输液导致血容量增加时, k_{d-m-t_d} 增大, 传播时间缩短。

[0088] 若 $k_{sd-m-ts} \leq d_{3-2}$, 指示耳朵脉搏波舒张早期的波形升高且超越正常范围, 需要对 k_{d-m-t_d} 进行修正, 修正结果记为 k_{d-m-t_d-1} 。

[0089] $k_{d-m-t_d-1} = k_{d-m-t_d} - (d_{3-2} - k_{sd-m-ts}) \times 75 / 100$; 若 $k_{d-m-t_d} \leq d_3$, 可判断出耳朵脉搏波受到干扰, 则 $k_{d-m-t_d-1} = d_3$ 。 $d_3 = 0.02 \sim 0.14$, 优选为 0.08; $d_{3-2} = 1.21 \sim 1.31$, 优选为 1.26。

$$[0090] \quad k_{d-m-t_d-toe} = \frac{\int_{t_s-toe}^{t_s-toe+t_d-toe} h dt}{t_{d-toe} h_{\max-toe}}, k_{d-m-t_d-toe} \text{ 为脚趾脉搏波舒张期平均高度与最大高度}$$

$h_{\max-toe}$ 之比, t_{s-toe} 表示脚趾脉搏波上识别的心脏收缩期时间, t_{d-toe} 表示脚趾脉搏波上识别的舒张期时间。若 $k_{d-m-t_d-toe} \leq d_3$, 则 $k_{d-m-t_d-toe} = d_3$ 。 k_{d-m-t_d-toe} 与 k_{d-m-t_d} 的作用和性质相同。

[0091] $k_{d-m-a} = (k_{d-m-t_d-1} + k_{d-m-t_d-toe})/2$, 将耳朵和脚趾脉搏波性质相同的两个变量合并, 取其平均值作为校准 T_s 的变量; 如果脉搏波舒张期的波形发生变异, 对 k_{d-m-a} 进行校正。

[0092] 若 $|k_{sd-m-0} - k_{sd-m-ts}| \geq 40$ 且 $(k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 \geq k_{sd-m-2}$ 且 $k_{sd-m-ts} \geq d_{3-2}$,

[0093] 则 $k_{d-m-a} = (k_{d-m-t_d-1} + k_{d-m-t_d-toe} + (k_{sd-m-0} + k_{sd-m-ts})/2 - k_{sd-m-2})/2$ 。

[0094] 在血容量正常而且传感器安放部位体温也正常的状态, a_3 不适用。即若 $c_4 < k_{d-m-a} < c_5$, 则令 $a_3 = 0$ 。 $c_4 = (d_4 + (age-14)/8)/100$, $d_4 = 23 \sim 35$, 优选为29; $c_5 = (d_5 + (age-14)/8)/100$, $d_5 = 27 \sim 39$, 优选为33。

[0095] 在血压很低或很高的状态, 舒张期信息不稳定, a_3 不适用。即若 $k_{sd-m-0} < d_6$ 或 $k_{sd-m-2} > d_7$, 则令 $a_3 = 0$ 。 $d_6 = 0.97 \sim 1.03$, 优选为1.00; $d_7 = 1.52 \sim 1.58$, 优选为1.55。

[0096] 在正常血压状态, 血容量降低或传感器安放部位体温降低时, a_3 取正值的67%。即若 $k_{sd-m-0} \geq d_6 + 0.10$ 而且 $k_{sd-m-2} \leq d_8$ 并且 $k_{d-m-a} \leq c_4$, 则 $a_3 = (c_4 - k_{d-m-a}) \times 67/100$ 。 $d_8 = 1.42 \sim 1.48$, 优选为1.45。

[0097] 在血压较低或较高的状态, 血容量降低或传感器安放部位体温降低时, a_3 取正常血压状态数值的50%。即若 $\begin{cases} d_6 \leq k_{sd-m-0} < d_6 + 0.10 \\ k_{d-m-a} \leq c_4 \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d_8 < k_{sd-m-2} < d_7 \\ k_{d-m-a} \leq c_4 \end{cases}$, 则 $a_3 = (c_4 - k_{d-m-a}) \times 50/100$;

[0098] 在正常血压状态, 血容量增加或传感器安放部位体温升高时, a_3 取负值的62%。即若 $k_{sd-m-0} \geq d_6 + 0.10$ 而且 $k_{sd-m-2} \leq d_8$ 并且 $k_{d-m-a} \geq c_5$, 则 $a_3 = (c_5 - k_{d-m-a}) \times 62/100$;

[0099] 在血压较低或较高的状态, 血容量增加或传感器安放部位体温升高时, a_3 取正常血压状态负值的45%。即若 $\begin{cases} d_6 \leq k_{sd-m-0} < d_6 + 0.10 \\ k_{d-m-a} \geq c_5 \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d_8 < k_{sd-m-2} < d_7 \\ k_{d-m-a} \geq c_5 \end{cases}$, 则 $a_3 = (c_5 - k_{d-m-a}) \times 45/100$ 。

[0100] 第四校正变量 a_4 :

[0101] 所述步骤S4中获得的校正变量还包括第四校正变量 a_4 , a_4 在外周血管扩张导致下肢血压(相对于桡动脉血压)降低的情况下, 对 T_s 进行校正, a_4 的适用范围为 $a_4 > 0$, a_4 越大表明下肢血压相对于桡动脉血压降低得越多。

[0102] 外周血管的收缩和扩张会引起脚趾脉搏波的波峰在时间轴上的位置前后移动。若

$t_{\max-toe} \geq t_{ch-toe}$, 则 $k_{s-t-toe} = \frac{t_{\max-toe} + t_{ch-toe} + 400}{(t_{s-toe} + 200) \times 2}$, 否则 $k_{s-t-toe} = \frac{t_{\max-toe} + 200}{t_{s-toe} + 200}$ 。

[0103] $k_{s-t-toe}$ 为脚趾脉搏波起始点到波峰的时间与收缩期的时间之比, 200为调节系数。当波峰的最高点后移超过中点, 即 $t_{\max-toe} \geq t_{ch-toe}$ 时, 对 $k_{s-t-toe}$ 进行校正; $k_{s-t-toe}$ 的值较大时, 提示脚趾血管扩张, 下肢血压降低。即若 $k_{s-t-toe} > 0.8$, 则 $a_4 = k_{s-t-toe} - 0.8$ 。若 $k_{s-t-toe} \leq 0.8$, a_4 不适用, 则令 $a_4 = 0$ 。

[0104] 第五校正变量 a_5 ;

[0105] 所述步骤S4中获得的校正变量还包括第五校正变量 a_5 , a_5 的作用和性质与 a_4 用相同, 在下肢血压相对于桡动脉血压降低的情况下对 T_s 进行校正。

$$[0106] \quad k_{s-m-toe} = \frac{\int_0^{t_{s-toe}} h dt}{t_{s-toe} h_{max-toe}}, k_{s-m-toe} \text{为脚趾脉搏波收缩期平均高度与最大高度 } h_{max-toe} \text{之}$$

比; $k_{s-m-toe}$ 很大时表示脚趾脉搏波波峰宽阔而且平缓,提示脚趾血管扩张,相对于桡动脉而言下肢血压在降低, a_5 的作用和性质与 a_4 用相同。

[0107] 脚趾血管没有扩张时, a_5 不适用。即若 $k_{s-m-toe} < d_9$, 则令 $a_5 = 0$ 。 $d_9 = 0.67 \sim 0.73$, 优选为0.7。

[0108] 脚趾血管扩张且脉搏波波峰的最高点后移超过中点时, a_5 取正值。即若 $k_{s-m-toe} \geq d_9$ 而且 $k_{s-t-toe} \geq 0.8$, 则 $a_5 = k_{s-m-toe} - d_9$ 。

[0109] 脚趾血管扩张而脉搏波波峰的最高点位置没有超过中点时, a_5 取正值减半。即若 $k_{s-m-toe} \geq d_9$ 而且 $k_{s-t-toe} < 0.8$, 则 $a_5 = (k_{s-m-toe} - d_9) / 2$ 。

[0110] 第六校正变量 a_6 ;

[0111] 所述步骤S4中获得的校正变量还包括第六校正变量 a_6 , a_6 代表两个脉搏波面积的相对变化,用于脚趾血管扩张、下肢血压相对于桡动脉血压降低时对 T_s 进行校正。 a_6 的适用范围为 $a_6 > 0$ 。

$$[0112] \quad k_{s-m-toe-ear} = \frac{h_{max} \int_0^{t_{s-toe}} h dt + (t_s + t_{s-toe}) \times 100}{h_{max-toe} \int_0^{t_s} h dt + (t_s + t_{s-toe}) \times 100}, k_{s-m-toe-ear} \text{为脚趾脉搏波收缩期的面}$$

积与耳朵脉搏波收缩期的面积之比,100为调节系数; $k_{s-m-toe-ear}$ 与 $k_{ts-toe-ear}$ 的作用和性质相同。

[0113] 当脚趾波面积小于耳朵波面积,脚趾血管没有相对扩张, a_6 不适用。即若 $k_{s-m-toe-ear} < 1.0$, 则令 $a_6 = 0$ 。

[0114] 第一种先决条件下,脚趾面积大于耳朵面积很多,脚趾血管扩张较多, c_6 取常数1.08作为最大值备用。即若 $k_{s-m-toe-ear} > 1.08$, 则令 $c_6 = 1.08$ 。

[0115] 若耳朵脉搏波形态正常, a_6 取最大校正值。即若 $t_s > 220$ 而且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_6 = c_6 - 1.0$ 。

[0116] 若耳朵脉搏波出现非常尖锐的前倾三角形或波形非常狭窄,表示耳朵脉搏波形态严重异变,此时两个脉搏波之间的相对变化被放大,需要将校准值减小来使用, a_6 取最大校准值的1/3。即若 $t_s < 160$ 或 $k_{sd-m-0} < 0.80$, 则 $a_6 = (c_6 - 1.0) \times 0.34$ 。

[0117] 耳朵脉搏波形态异变不太严重时, a_6 取最大校正值的2/3。即若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_6 = (c_6 - 1.0) \times 0.67$ 。

[0118] 第二种先决条件下,脚趾面积大于耳朵面积,脚趾血管的相对扩张不太严重, c_6 取正变量备用。即若 $1.0 \leq k_{s-m-toe-ear} \leq 1.08$, 则 $c_6 = k_{s-m-toe-ear} - 1.0$ 。

[0119] 若耳朵脉搏波形态正常, a_6 取正变量作校正值。即若 $t_s > 220$ 并且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_6 = c_6$ 。

[0120] 若耳朵脉搏波形态严重异变时,脉搏波之间的相对变化被放大,需要将校准值减小来使用, a_6 取正变量的1/3。即若 $t_s \leq 160$ 或 $k_{sd-m-0} \leq 0.80$, 则 $a_6 = c_6 \times 0.34$ 。

[0121] 若耳朵脉搏波不太严重的异变时, a_6 取正变量的2/3,即若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_6 = c_6 \times 0.67$ 。

[0122] 第七校正变量 a_7 ;

[0123] 所述步骤S4中获得的校正变量还包括第七校正变量 a_7 , a_7 的作用和性质与 a_6 用相同, a_7 代表两个脉搏波收缩期宽度(收缩期时间)的相对变化。

[0124] $k_{ts-toe-ear} = \frac{t_{s-toe} + 825}{t_s + 825}$, $k_{ts-toe-ear}$ 为脚趾脉搏波上识别的心脏收缩期的时间与耳朵脉搏波上识别的收缩期的时间之比, 825为调节系数; $k_{ts-toe-ear}$ 增大提示脚趾血管扩张, 下肢血压相对于桡动脉血压在降低。

[0125] 当脚趾血管没有相对扩张时, a_7 不适用。即若 $k_{ts-toe-ear} < 1.0$, 则令 $a_7 = 0$ 。

[0126] 第一种先决条件下, 当脚趾血管相对扩张较多时, c_7 取常数1.08作为最大值备用。即若 $k_{ts-toe-ear} > 1.08$, 则令 $c_7 = 1.08$ 。

[0127] 若耳朵脉搏波形态正常, a_7 取最大校正值。即若 $t_s > 220$ 而且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_7 = c_7 - 1.0$ 。

[0128] 若耳朵脉搏波形态严重变异时, 脉搏波之间的相对变化被放大, 需要将校准值减小来使用, a_7 取最大校正值的1/3。即若 $t_s < 160$ 或 $k_{sd-m-0} < 0.80$, 则 $a_7 = (c_7 - 1.0) \times 0.34$ 。

[0129] 若耳朵脉搏波形态变异不太严重时, a_7 取最大校正值的2/3。即若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_7 = (c_7 - 1.0) \times 0.67$ 。

[0130] 第二种先决条件下, 当脚趾宽度大于耳朵宽度, 脚趾血管的相对扩张不太严重, c_7 取正变量备用。即若 $1.0 \leq k_{ts-toe-ear} \leq 1.08$, 则 $c_7 = k_{ts-toe-ear} - 1.0$ 。

[0131] 若耳朵脉搏波形态正常, a_7 取正变量作校正值。即若 $t_s > 220$ 并且 $k_{sd-m-0} > 0.88$, 则 $a_7 = c_7$ 。

[0132] 若耳朵脉搏波形态严重变异, a_7 取正变量的1/3。即若 $t_s \leq 160$ 或 $k_{sd-m-0} \leq 0.80$, 则 $a_7 = c_7 \times 0.34$ 。

[0133] 若耳朵脉搏波形态的变异不太严重, a_7 取正变量的2/3。即若 $160 < t_s \leq 220$ 或 $0.80 < k_{sd-m-0} \leq 0.88$, 则 $a_7 = c_7 \times 0.67$ 。

[0134] 所述步骤S5中的校正矩阵 $A = \sum_{i=1}^7 a_i$ 。其中若有 $a_i = 0$ 表示该 a_i 不适用。所述步骤S6

具体为: 连续获取8个心动周期下的校正矩阵, 用8个心动周期的变量的平均值来克服呼吸波动的干扰, 8个变量采用递推方式选取, 每计算出一个最新变量就淘汰一个最老变量。校正方法为: $T_{sma} = T_{sm} (1 - A_m)$; 其中, $A_m = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 A_i$, $T_{sm} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 T_{si}$, A_i 为第 i 个心动周期下的

校正矩阵, T_{si} 为第 i 个心动周期下的 T_s 。

[0135] 最后应说明的是: 以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围, 其均应涵盖在本发明的权利要求和说明书的范围当中。

专利名称(译)	与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法		
公开(公告)号	CN106580303B	公开(公告)日	2018-03-06
申请号	CN201611045054.5	申请日	2016-11-22
[标]申请(专利权)人(译)	浙江脉联医疗设备有限公司		
申请(专利权)人(译)	浙江脉联医疗设备有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	浙江脉联医疗设备有限公司		
[标]发明人	陈妍 陈瑜		
发明人	陈妍 陈瑜		
IPC分类号	A61B5/0285 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0285 A61B5/7217		
代理人(译)	赵永辉		
审查员(译)	李慧		
其他公开文献	CN106580303A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明属于动脉血压测量技术领域。本发明提供与收缩压相关的脉搏波传播时间的校正方法，能够对临床条件下由输血输液、血管活性药物、手术介入等原因导致的与收缩压相关的脉搏波传播时间的异变进行自适性校正。本发明通过实时检测同一个心动周期下的耳朵脉搏波和脚趾脉搏波，计算与收缩压相关的脉搏波传播时间，并根据脉搏波的形态特征提取校正变量、获得校正矩阵，对上述脉搏波传播时间的异变进行校正，校正后的传播时间可用于现有的数学模型，在临床条件下连续测量每个心动周期的收缩压，准确性高。