



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108185992 A

(43)申请公布日 2018.06.22

(21)申请号 201810062054.9

(22)申请日 2018.01.23

(71)申请人 中国医学科学院生物医学工程研究所

地址 300192 天津市南开区白堤路236号

(72)发明人 李婷 潘柏安

(74)专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限公司 12209

代理人 王利文

(51) Int. Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/02(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

## (54)发明名称

一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法

## (57)摘要

本发明涉及一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其主要技术特点是:通过改变待测者的吸氧浓度,进行吸氧浓度测试;将光源以及光电检测器放置于人体额部,获得脑深部组织的光电信号;将脑深部组织的光电信号进行滤波处理,得到血液动力学参数,并建立脑组织氧代谢量的计算模型。本发明设计合理,其通过近红外光检测待测者脑部血流动力学参数,实现了无创、非侵入、实时连续脑组织氧代谢测量功能,其测量准确、精度高、安全可靠、使用方便、适用范围广泛以及没有任何药物和其他因素的副作用。



1. 一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征包括以下步骤:

步骤1、将光源以及光电检测器放置于人体额部,获得脑深部组织的光电信号;

步骤2、通过改变待测者的吸氧浓度,进行吸氧浓度测试;

步骤3、将脑深部组织的光电信号进行滤波处理,得到血液动力学参数,并建立脑组织氧代谢量的计算模型。

2. 根据权利要求1所述的一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征是:所述步骤3后还包括如下步骤:将脑组织氧代谢量与脑组织氧代谢量基准值相比较并评估待检测者的脑代谢情况。

3. 根据权利要求1或2所述的一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征是:所述吸氧浓度测试包括预测试阶段和评估阶段;所述预测试阶段和评估阶段均包括三个氧阶段,每个氧阶段均包括“低高低”测试模式和“高低高”测试模式;所述测试模式的选取根据待测者开始吸入的氧浓度来决定。

4. 根据权利要求1或2所述的一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征是:所述脑深部组织选择脑前额叶组织,或者根据光源以及光电检测器放置位置选择顶叶组织、颞叶组织、枕叶组织。

5. 根据权利要求1或2所述的一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征是:所述步骤3采用傅里叶变换滤波方法和窄带滤波方法进行滤波处理,或者同时采用傅里叶变换滤波方法、窄带滤波方法及中值滤波方法进行滤波处理。

6. 根据权利要求1或2所述的一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征是:所述脑组织氧代谢量的计算模型为: $S_{HbO_2} = \Delta HbO_2 / \Delta Hb$ ,其中, $\Delta HbO_2$ 为血液动力学参数中的含氧血红蛋白相对值, $\Delta Hb$ 为血液动力学参数中的脱氧血红蛋白相对值。

7. 根据权利要求6所述的一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,其特征是:所述脱氧血红蛋白相对值 $\Delta Hb$ 的计算公式为:

$$\Delta Hb = \frac{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3\mu_{a1} + \varepsilon_4\mu_{a2}) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)(\varepsilon_1\mu_{a1} + \varepsilon_2\mu_{a2})}{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)^2}$$

所述含氧血红蛋白相对值 $\Delta HbO_2$ 的计算公式为:

$$\Delta HbO_2 = \frac{(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2)(\varepsilon_1\mu_{a1} + \varepsilon_2\mu_{a2}) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)(\varepsilon_3\mu_{a1} + \varepsilon_4\mu_{a2})}{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)^2}$$

其中 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_3$ 是波长为 $\lambda_1$ 时Hb和HbO<sub>2</sub>的摩尔吸收系数, $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_4$ 是波长为 $\lambda_2$ 时Hb和HbO<sub>2</sub>的摩尔吸收系数。

## 一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于生物医学工程技术领域,尤其是一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法。

### 背景技术

[0002] 脑组织氧代谢指标是衡量大脑正常与否的一个重要参数。大脑是人体中氧代谢最旺盛的器官之一,虽然脑的重量只占体重的2%,但它的耗氧量却占全身氧量的20%。脑组织的氧代谢在全脑代谢乃至全身代谢中都具有特殊重要作用,维持正常的脑组织氧代谢是保证脑功能正常的首要环节。而且大脑对缺氧的耐受能力较差,需要动态、定量、及时地了解脑组织氧代谢的情况。针对脑组织氧代谢的情况,以往对脑灌注压(CPP)、颅内压(ICP)、脑血流量(CBF)和平均动脉压(MABP)等参数的检测是不够的。因此,如何对脑组织氧代谢指标进行无创、准确测量是目前迫切需要解决的问题。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提出一种设计合理、精度高、安全可靠且使用方便的无创光学脑组织氧代谢的测量方法。

[0004] 本发明解决其技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0005] 一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤1、将光源以及光电探测器放置于人体额部,获得脑深部组织的光电信号;

[0007] 步骤2、通过改变待测者的吸氧浓度,进行吸氧浓度测试;

[0008] 步骤3、将脑深部组织的光电信号进行滤波处理,得到血液动力学参数,并建立脑组织氧代谢量的计算模型。

[0009] 步骤4、将脑组织氧代谢量与脑组织氧代谢量基准值相比较并评估待检测者的脑代谢情况。

[0010] 进一步,所述步骤3中吸氧浓度测试包括预测试阶段和评估阶段;所述预测试阶段和评估阶段均包括三个氧阶段,每个氧阶段均包括“低-高-低”和“高-低-高”两种测试模式;所述测试模式的选取根据待测者开始吸入的氧浓度来决定。

[0011] 进一步,所述脑深部组织选择脑前额叶组织,或者根据光源以及光电探测器放置位置选择顶叶组织、颞叶组织、枕叶组织。

[0012] 进一步,所述步骤3采用傅里叶变换滤波方法和窄带滤波方法进行滤波处理,或者同时采用傅里叶变换滤波方法、窄带滤波方法及中值滤波方法进行滤波处理。

[0013] 进一步,所述脑组织氧代谢量的计算模型为: $S_{HbO_2} = \Delta HbO_2 / \Delta Hb$ ,其中, $\Delta HbO_2$ 为血液动力学参数中的含氧血红蛋白相对值, $\Delta Hb$ 为血液动力学参数中的脱氧血红蛋白相对值。

[0014] 进一步,所述脱氧血红蛋白相对值 $\Delta Hb$ 的计算公式为:

$$[0015] \quad \Delta Hb = \frac{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3\mu_{a1} + \varepsilon_4\mu_{a2}) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)(\varepsilon_1\mu_{a1} + \varepsilon_2\mu_{a2})}{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)^2}$$

[0016] 所述含氧血红蛋白相对值  $\Delta HbO_2$  的计算公式为:

$$[0017] \quad \Delta HbO_2 = \frac{(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2)(\varepsilon_1\mu_{a1} + \varepsilon_2\mu_{a2}) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)(\varepsilon_3\mu_{a1} + \varepsilon_4\mu_{a2})}{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)^2}$$

[0018] 其中  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_3$  是波长为  $\lambda_1$  时 Hb 和 HbO<sub>2</sub> 的摩尔吸收系数,  $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_4$  是波长为  $\lambda_2$  时 Hb 和 HbO<sub>2</sub> 的摩尔吸收系数。

[0019] 本发明的优点和积极效果是:

[0020] 1、本发明通过近红外光检测待测者脑部血流动力学参数, 实现了无创、非侵入、实时连续脑组织氧代谢测量功能, 其测量准确、精度高、安全可靠、使用方便、适用范围广泛以及没有任何药物和其他因素的副作用。

[0021] 2、本发明可以进行深部脑组织的血氧测量, 测量深度达到 2-3cm, 能够穿透颅骨达到脑组织, 解决了现有技术的易受干扰、不普遍适用、耗时耗力等不足, 将其作为衡量脑死亡的一个重要参数, 为临床脑代谢的评价提供一种新的手段。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明的检测流程图;

[0023] 图2为本发明的吸氧浓度测试流程图;

[0024] 图3为本发明的吸氧浓度测试示意图;

[0025] 图4为血红蛋白吸收光谱图;

[0026] 图5为本发明的测量绝对量的光学传输示意图;

[0027] 图6为本发明的测量相对量的光学传输示意图。

## 具体实施方式

[0028] 以下结合附图对本发明实施例做进一步详述。

[0029] 一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法, 如图1所示, 包括以下步骤:

[0030] 步骤1: 将光源以及光电检测器放置于人体额部, 获得脑深部组织的光电信号。

[0031] 步骤2: 吸氧浓度测试期间, 依据临床监护的吸氧标准, 改变待检测者的吸氧浓度, 进行吸氧浓度测试。

[0032] 如图2所示, 吸氧浓度测试分成预测试和评估两个阶段。预测试阶段和评估阶段均有三个氧阶段, 三个氧阶段也有两种不同的吸氧浓度改变模式, 分别为“低-高-低”和“高-低-高”两种测试模式。

[0033] “低-高-低”测试模式为第一阶段低氧、第二阶段高氧、第三阶段低氧; “高-低-高”测试模式为第一阶段高氧、第二阶段低氧、第三阶段高氧。具体选取的模式根据待检测者开始吸入的氧浓度来决定。

[0034] 在本步骤中, 将光源以及光电检测器放置于人体额部, 用于获取脑深部组织 (优选为脑前额叶组织, 也可以根据光源以及光电检测器放置位置选择顶叶组织、颞叶组织或枕叶组织) 的光电信号。光源在皮肤表面入射, 光线在组织中经过一系列的散射和折射, 传输

到皮肤,被探测器接收。光源与探测器之间的距离为d。

[0035] 光源入射三种以上的波长 $\lambda_i$  ( $i>3$ )。

[0036] 随时间变化的出射电压信号U和初始电压信号 $U_0$ ,计算得到透射光强I和初始透射光强 $I_0$ 的比例——光强比 $I/I_0$ :

$$[0037] \quad \frac{U_0}{U} = \frac{I_0}{I}$$

[0038] 初始信号为去除最初稳态建立时间段的初始时间段信号的均值。

[0039] 光吸收系数 $\mu_a$ 由光强比 $I/I_0$ 和光源与探测器之间的距离d决定:

$$[0040] \quad \mu_a = \frac{\left(\frac{\log_{10} I_0(\lambda_1)/I(\lambda_1)}{d_1 * DPF}\right)^2}{\left(\frac{\log_{10} I_0(\lambda_2)/I(\lambda_2)}{d_2 * DPF}\right)^2}$$

[0041] 其中 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 为入射的两种波长, $d_1$ 和 $d_2$ 为光源与探测器之间两种不同的距离,DPF为微分路径长度系数。

[0042] 步骤3:由光电信号计算得到血液动力学初始数据,并进行滤波等处理得到血液动力学参数,建立脑组织氧代谢量的计算模型。

[0043] 从图4可以看出,在近红外光谱区Hb和HbO<sub>2</sub>的吸收系数具有不同的趋势,在波长800nm左右交汇于一点,本发明利用该特性,检测光衰减计算出血液动力学参数。我们可以将含氧血红蛋白相对值和脱氧血红蛋白相对值组合起来,得到一个参数指标 $S_{HbO_2} = \Delta HbO_2 / \Delta Hb$ ,并设定 $S_{HbO_2}$ 为一种脑组织氧代谢量的评价指标。

[0044] 在步骤中,首先求得血流动力学初始数据,如血氧饱和度等。

[0045] 血氧饱和度 $StO_2$ 的计算公式为:

$$[0046] \quad StO_2 = \frac{\mu_{a1}}{1 + \mu_{a2}}$$

[0047] 其中 $\mu_{a1}$ 和 $\mu_{a2}$ 为两种不同的光吸收系数。

[0048] 脱氧血红蛋白相对值  $\Delta Hb$ :

$$[0049] \quad \Delta Hb = \frac{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3\mu_{a1} + \varepsilon_4\mu_{a2}) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)(\varepsilon_1\mu_{a1} + \varepsilon_2\mu_{a2})}{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)^2}$$

[0050] 含氧血红蛋白相对值  $\Delta HbO_2$ :

$$[0051] \quad \Delta HbO_2 = \frac{(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2)(\varepsilon_1\mu_{a1} + \varepsilon_2\mu_{a2}) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)(\varepsilon_3\mu_{a1} + \varepsilon_4\mu_{a2})}{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)(\varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2) - (\varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_4)^2}$$

[0052] 其中 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_3$ 是波长为 $\lambda_1$ 时Hb和HbO<sub>2</sub>的摩尔吸收系数, $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_4$ 是波长为 $\lambda_2$ 时Hb和HbO<sub>2</sub>的摩尔吸收系数。

[0053] 然后进行滤波等处理,滤波方法可以采用傅里叶变换滤波和窄带滤波,还可以同时进行中值滤波等处理方式。

[0054] 图5给出了测量血流动力学参数绝对量的光学传输示意图,图6给出了测量血流动

力学参数相对量的光学传输示意。通过改变图中光源和探测器间的距离可以测量不同组织层的信息。

[0055] 在步骤中,需要建立脑组织氧代谢量的计算模型,将血液动力学参数中含氧血红蛋白相对值和脱氧血红蛋白相对值组合起来,得到组合数据 $S_{\text{HO}_2} = \Delta\text{HbO}_2 / \Delta\text{Hb}$ 。

[0056] 步骤4、将脑组织氧代谢量的评价指标 $S_{\text{HO}_2}$ 与基准值 $\overline{S_{\text{HO}_2}}$ 相比较,评估待检测者的脑代谢情况。

[0057] 在本步骤中,设定 $S_{\text{HO}_2}$ 的基准值为 $\overline{S_{\text{HO}_2}} = \overline{\Delta\text{HbO}_2} / \overline{\Delta\text{Hb}}$ 。在实际应用时,本发明将脑组织氧代谢量的评价指标 $S_{\text{HO}_2}$ 与基准值 $\overline{S_{\text{HO}_2}}$ 相比较,可以评估待检测者的脑代谢情况:当 $S_{\text{HO}_2}$ 小于基准值为脑代谢正常, $S_{\text{HO}_2}$ 处于基准值附近为脑死亡警告, $S_{\text{HO}_2}$ 远大于基准值可以断定为脑死亡。

[0058] 需要强调的是,本发明所述的实施例是说明性的,而不是限定性的,因此本发明包括并不限于具体实施方式中所述的实施例,凡是由本领域技术人员根据本发明的技术方案得出的其他实施方式,同样属于本发明保护的范围。

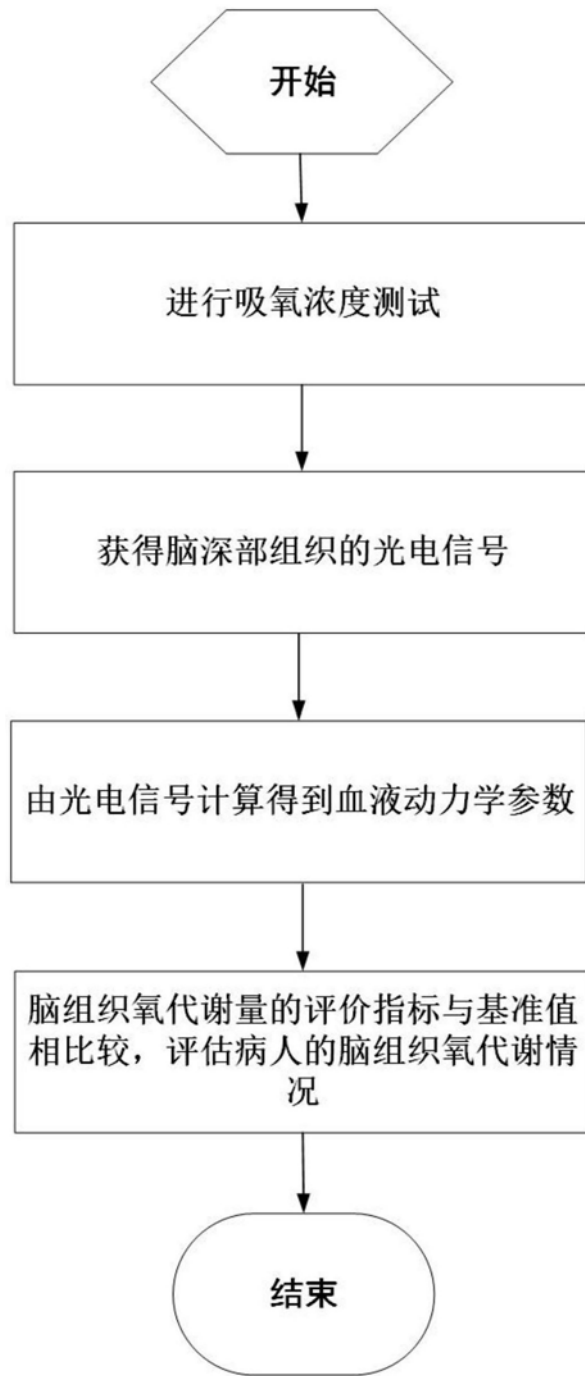


图1

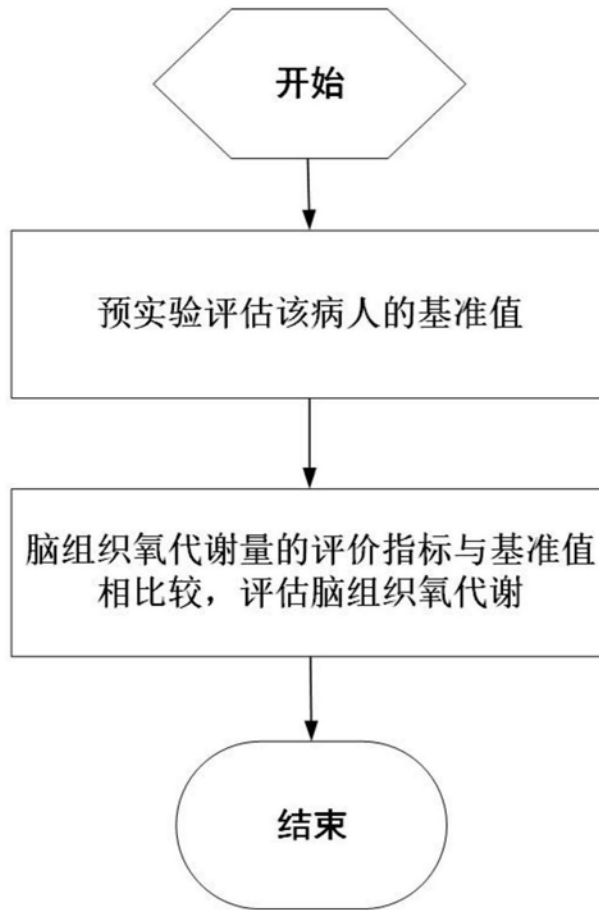


图2

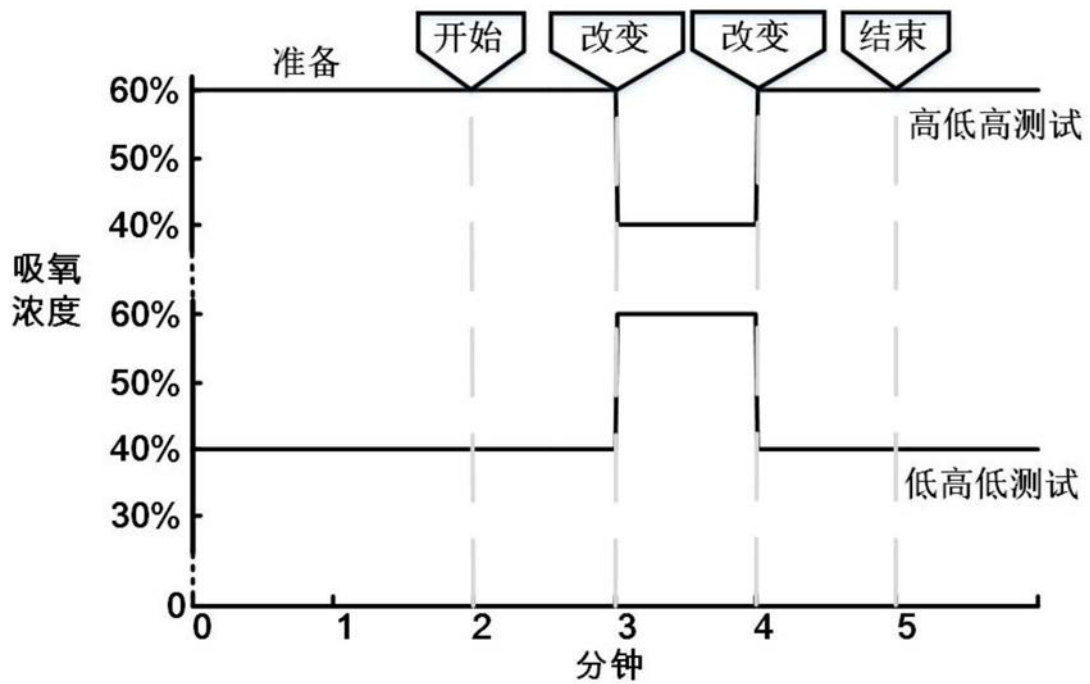


图3

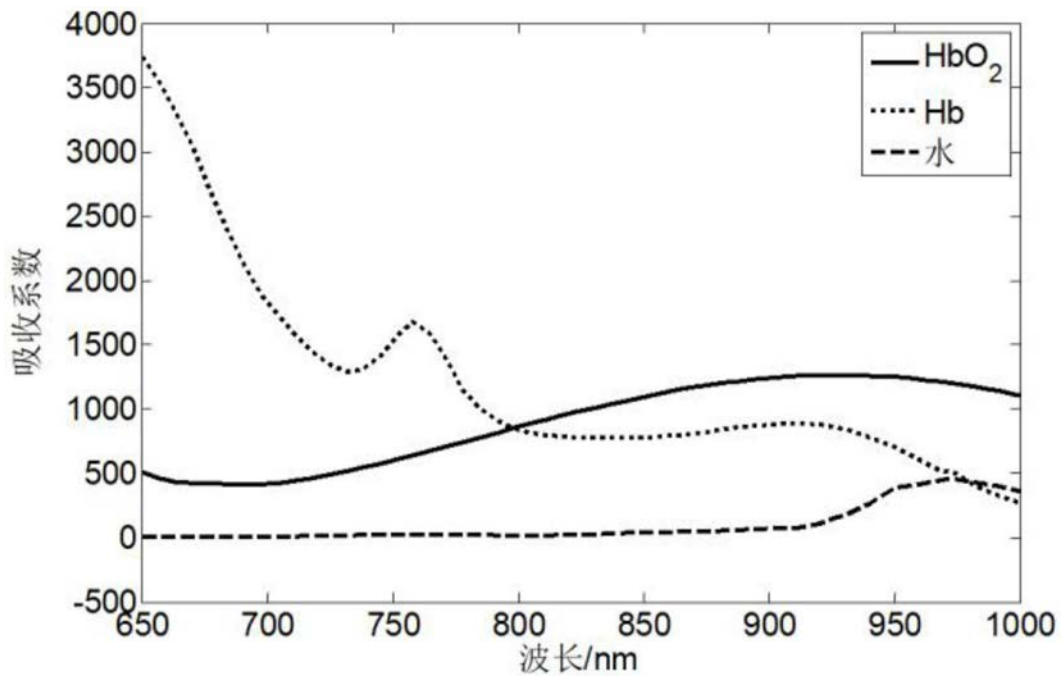


图4

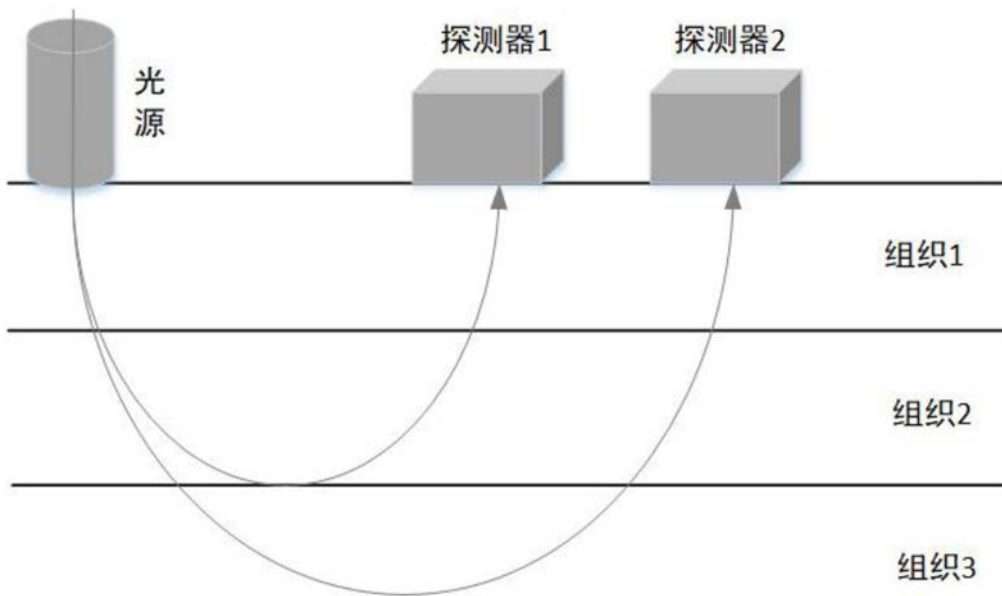


图5

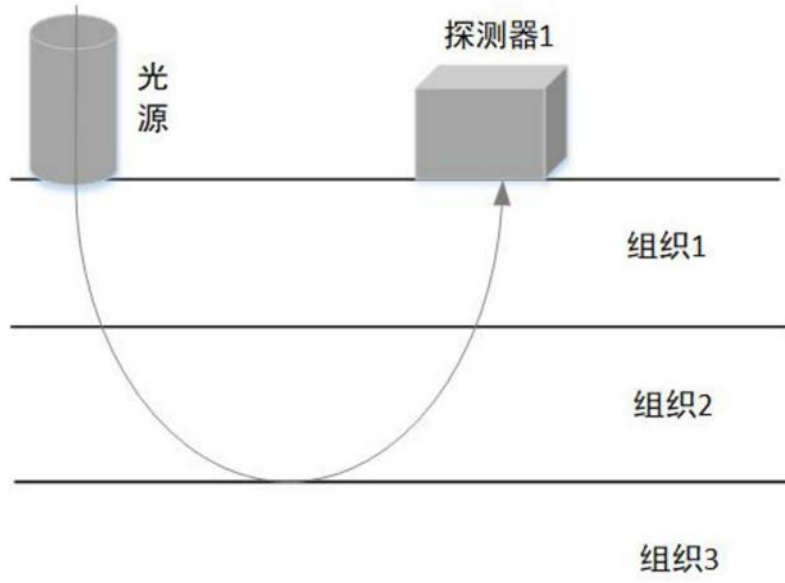


图6

专利名称(译)	一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN108185992A</a>	公开(公告)日	2018-06-22
申请号	CN201810062054.9	申请日	2018-01-23
[标]申请(专利权)人(译)	中国医学科学院生物医学工程研究所		
申请(专利权)人(译)	中国医学科学院生物医学工程研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国医学科学院生物医学工程研究所		
[标]发明人	李婷 潘柏安		
发明人	李婷 潘柏安		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/02 A61B5/1455		
CPC分类号	A61B5/4866 A61B5/0059 A61B5/02028 A61B5/14553 A61B5/6814 A61B5/7257		
代理人(译)	王利文		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明涉及一种无创光学脑组织氧代谢的测量方法，其主要技术特点是：通过改变待测者的吸氧浓度，进行吸氧浓度测试；将光源以及光电探测器放置于人体额部，获得脑深部组织的光电信号；将脑深部组织的光电信号进行滤波处理，得到血液动力学参数，并建立脑组织氧代谢量的计算模型。本发明设计合理，其通过近红外光检测待测者脑部血流动力学参数，实现了无创、非侵入、实时连续脑组织氧代谢测量功能，其测量准确、精度高、安全可靠、使用方便、适用范围广泛以及没有任何药物和其他因素的副作用。

