

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 11 月 29 日 (29.11.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/214103 A1

(51) 国际专利分类号:
A61B 5/0488 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/085953

(22) 国际申请日: 2017 年 5 月 25 日 (25.05.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 杜文静 (DU, Wenjing); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong

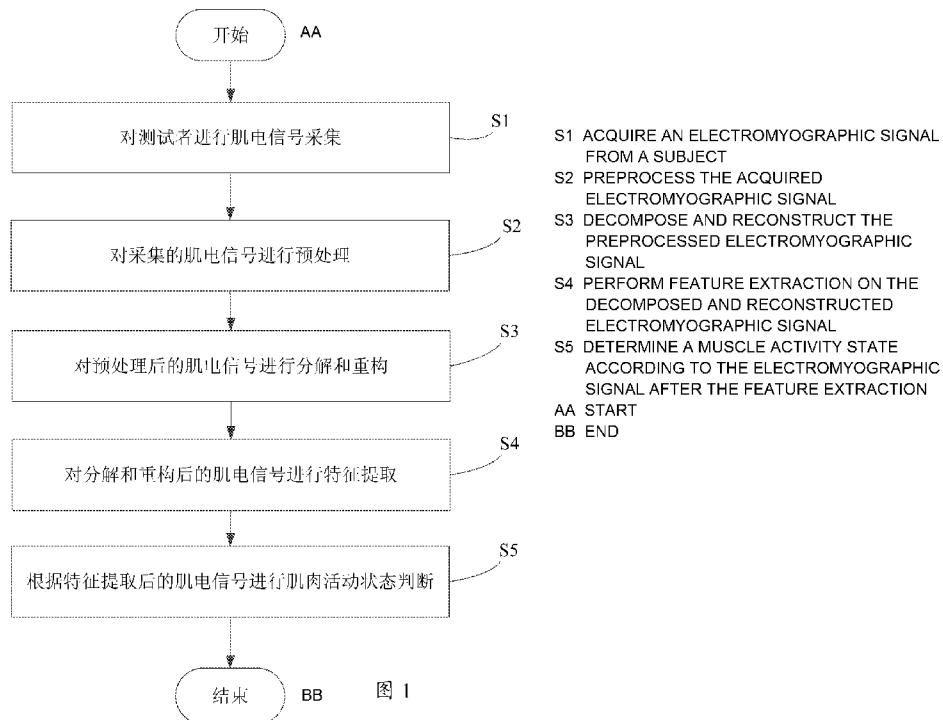
518055 (CN)。李慧慧 (LI, Huihui); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。王磊 (WANG, Lei); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国广东省深圳市南山区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地 A701 室, Guangdong 518055 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

(54) Title: DETERMINATION METHOD AND SYSTEM FOR MUSCLE ACTIVITY STATE OF PATIENT WITH CHRONIC LOWER BACK PAIN

(54) 发明名称: 慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法及系统



(57) Abstract: A determination method and system (10) for a muscle activity state of a patient with chronic lower back pain, wherein the determination method comprises the following steps: acquiring a multifidus muscle electromyographic signal of a subject (S1); preprocessing the acquired electromyographic signal (S2); performing wavelet packet decomposition on the preprocessed electromyographic signal, and extracting a low-frequency band signal for signal reconstruction using a wavelet packet (S3); performing feature extraction on the decomposed and reconstructed electromyographic signal (S4); and determining a muscle activity state according to

JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

the electromyographic signal after the feature extraction (S5). The determination method and system (10) for a muscle activity state of a patient with chronic lower back pain are easy to operate, make collection in a non-invasive manner and have a short diagnosis time, and are thus it is easy for patients to be subjected to same.

(57) 摘要: 一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法及判断系统 (10), 其中, 判断方法包括如下步骤: 采集测试者的多裂肌肌电信号 (S1); 对采集的肌电信号进行预处理 (S2); 对预处理后的肌电信号进行小波包分解, 提取低频段信号采用小波包进行信号重构 (S3); 对分解和重构后的肌电信号进行特征提取 (S4); 及根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断 (S5)。慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法及判断系统 (10) 操作简单、无创采集, 诊断时间快, 病人易接受。

慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法及系统

技术领域

本发明涉及一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法及系统。

背景技术

腰痛，是指一组以下背、腰骶、臀部疼痛和不适为主要症状的疼痛综合症。腰痛不是一种疾病，也不是一种病理诊断，而是一种临床综合症。根据腰痛的持续时间分为：急性腰痛、亚急性腰痛和慢性腰痛（chronic low back pain, CLBP）。慢性腰痛是指疼痛持续时间超过3个月。根据流行病学调查研究表明，慢性腰痛是仅次于上呼吸道感染的常见疾病，其终身流行率可高达60%-90%，易发人群年龄介于35-55岁，其中慢性非特异性腰痛占临床腰痛就诊患者的85%-90%。易患人群主要包括，汽车司机、伏安工作人群、手术医生、护士、重体力劳动者和职业运动员等。患者中40%的人有意减少活动量，20%的人日常生活明显受限，5%的患者日常生活活动严重受限。慢性腰痛也是西方国家人群致残的一个主要原因。据报道，美国的患病率为10.2%，澳大利亚的患病率为10%，欧洲患病率为5.9%-23%。而我国腰痛患者认识已经超过2亿，且多年以来一直呈上升趋势。慢性腰痛已经成为引起功能障碍，致残务工，增加社会经济负担和影响人们日常生活质量的重要原因。导致腰痛的因素很多，包括个人、职业、心里等因素。越来越多的基础和临床医学发现，虽然慢性腰痛的治病因素很多，病理机制也很复杂，但是各种原因的导致都与慢性腰痛腰椎稳定性有一定的关系。而影响腰椎稳定性主要由腰椎稳定肌决定。腰椎稳定肌是分布于腰椎局部和躯干整体部位的具有维持腰椎稳定性和实现腰椎保护的肌群，其中腰椎多裂肌和腹外斜肌起主要的稳定作用。因此，及时的了解腰椎稳定肌肉的功能状态，不仅能有效的帮助腰痛患者进行腰椎间盘突出症的预

防，而且能帮助医生通过稳定肌的活动状态对患者的康复效果进行评估。

国内外研究学者最初采用针电极插入肌肉检测肌电图，其干扰小，定位性好，易识别，但是由于它是一种有创的检测方法，患者不易接受，使得该应用受到一定限制。经过长期的探究，人们发现表面肌电信号同样可以采集到肌肉的运动信息，由于表面肌电信号是一种无创的检测方法，是通过肌肉表面粘贴的电极片记录下来神经肌肉活动时发放的生物电信号，操作简单，病人易接受，因此表面肌电信号在临床医学、生物医学工程界得到了广泛的应用。与针电极检测相比，表面肌电信号的应用还处于发展阶段。它与神经肌肉的基础研究紧密相关，神经肌肉的生理学研究为肌电信号的应用提供了坚实的基础，而表面肌电信号的检测为神经肌肉的研究提供了较好的检测方法。

慢性腰痛患者，肌肉萎缩、收缩力量降低、耐力下降等均可以引起腰部脊柱稳定性下降，造成椎间小关节活动紊乱，骨关节炎，周围韧带以及椎间盘损伤从而引起腰痛。以上机制的设计的重要概念，即腰椎稳定性，而肌肉起维持腰椎稳定性的 80% 以上的作用。因此腰部肌肉功能评价无论是对与慢性腰痛患者的诊断，还是疗效评价都具体有十分重要的应用价值。

慢性腰痛患者大部分存在腰部稳定功能丧失或出现障碍等现象，主要原因是腰肌稳定破坏，引起躯干活动过程中腰椎小关节紊乱和骨关节炎、局部肌肉痉挛、周围韧带以及椎间盘损伤。而维持腰椎稳定性的稳定肌起主导作用，稳定肌的功能决定着腰椎稳定性的高低。在正常的生理条件下，腰椎稳定肌往往在各种外力干扰条件下维持腰椎稳定性和保护腰椎生理功能。肌肉水平下降被认为是造成慢性腰痛的初始原因。虽然目前，有很多方式比如 X 光线，CT 或者 MRI 等对患者的腰椎进行诊断，但是患者的腰部肌肉功能如何却很难评估出。早期临床和康复医学对腰部肌肉的功能评价，一般采用等长、等张和等速耐力测试，这些使用通常要求患者腰背部进行相应的运动负荷并以最大持续时间或活动次数来评价。虽然这些方法有时可以对患者的肌肉功能进行评价，但是受患者主观努力程度和不适耐受性的影响，使得结果存在很大的不确定性和

主观性，而缺乏详细客观的评估肌肉的系统装置，很多时候为了了解腰部肌肉的真实功能状态会让患者进行最大自主收缩运动，这样很可能会引起患者腰部的二次伤害。

发明内容

有鉴于此，有必要提供一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法及系统。

本发明提供一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法，该方法包括如下步骤：a. 采集测试者的多裂肌肌电信号；b. 对采集的肌电信号进行预处理；c. 对上述预处理后的肌电信号进行小波包分解，提取低频段信号采用小波包进行信号重构；d. 对分解和重构后的肌电信号进行特征提取；及 e. 根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断。

其中，所述的步骤 a 具体包括：将一次性电极片粘贴于测试者腰椎，测试者在进行躯干弯曲的过程中，通过 BIOPAC 发射模块将肌肉产生的模拟信号传输给 MP150 接收装置，接收装置进行模数转换，将肌肉模拟信号转换为一维随机电压信号。

所述的预处理包括：带通滤波和工频去噪。

所述的步骤 d 具体包括：提取上述分解和重构后的肌电信号的均方根值和频域的中位频率。

所述的肌肉活动状态包括：肌力增加、肌肉疲劳、肌力下降、肌肉恢复。

本发明提供一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断系统，该系统包括该系统包括采集模块、预处理模块、分解重构模块、特征提取模块、状态判断模块，其中：所述采集模块用于采集测试者的多裂肌肌电信号；所述预处理模块用于对采集的肌电信号进行预处理；所述分解重构模块用于对上述预处理后的肌电信号进行小波包分解，提取低频段信号采用小波包进行信号重构；所述特征提

取模块用于对分解和重构后的肌电信号进行特征提取；所述状态判断模块用于根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断。

其中，所述的采集模块具体用于：将一次性电极片粘贴于测试者腰椎，测试者在进行躯干弯曲的过程中，通过 BIOPAC 发射模块将肌肉产生的模拟信号传输给 MP150 接收装置，接收装置进行模数转换，将肌肉模拟信号转换为一维随机电压信号。

所述的预处理包括：带通滤波和工频去噪。

所述的特征提取模块具体用于：提取上述分解和重构后的肌电信号的均方根值和频域的中位频率。

所述的肌肉活动状态包括：肌力增加、肌肉疲劳、肌力下降、肌肉恢复。

本发明通过无创式、客观的方式采集维持腰椎稳定性多裂肌肌肉肌电信号，并通过小波包分解和低频段信号重构理论提取出表现肌肉特性的时域参数和频域参数，得到时频参数随时间变化特性，以此对多裂肌肌肉的活动状态进行判断，本发明具有以下几个优点：

- 1、解决慢性腰痛患者时域、频域参数随时间变化的特性。
- 2、通过时域参数和频域参数的变换特性评估肌肉当前活动状态。
- 3、通过客观、简便的方式实现对肌肉活动状态的评估。

附图说明

图 1 为本发明慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法的流程图；

图 2 为本发明实施例肌电信号各频段能量分布图示意图，其中，图 2(a) 为左侧多裂肌肌电信号能量百分比示意图，图 2(b) 为右侧多裂肌肌电信号能量百分比示意图；

图 3 为本发明实施例小波包肌电信号分解和重构树型结构示意图，其中，图 3（a）为原始信号小波包分解树型结构示意图，图 3（b）为重构信号树型结构示意图；

图 4 为本发明实施例慢性腰痛患者与健康者时域和频域参数随时间的分布示意图；

图 5 为本发明实施例肌肉活动状态判断标准示意图。

图 6 为本发明慢性腰痛患者肌肉活动状态判断系统的硬件架构图。

具体实施方式

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。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步的说明。

参阅图 1 所示，是本发明慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法较佳实施例的作业流程图。

步骤 S1，对测试者进行肌电信号采集。具体而言：

测试者维持腰椎稳定的情况下，采集其多裂肌肌肉信号。

进一步地，主要包括信号发射和接收。将一次性电极片粘贴于测试者腰椎，在测试者维持腰椎稳定性，经 75%酒精擦拭过的多裂肌表面，沿肌肉纤维方向粘贴；测试者在进行躯干弯曲的过程中，通过 BIOPAC 发射模块将肌肉产生的模拟信号传输给 MP150 接收装置，接收装置进行模数转换，将肌肉模拟信号转换为一维随机电压信号。

步骤 S2，对采集的肌电信号进行预处理。具体而言：

对采集的肌电信号进行预处理主要包括带通滤波和工频去噪。本实施例采用 35-500Hz 的带通滤波器对上述采集的肌电信号进行带通滤波，并对 50Hz 的工频干扰进行工频去噪。

进一步地，由于肌电信号的有效频段为 10-500Hz 之间，我国电压 220v 所产生工频干扰 50Hz 对肌电信号有较大的影响，为此需滤掉工频信号。由于人体上半身受心脏跳动的影响，心电信号主要频段为 0.25-35Hz 对肌肉运动产生的电信号会有一定的干扰，为此对采集到的肌电信号进行了 35-500Hz 的带通滤波处理。

步骤 S3，对预处理后的肌电信号进行分解和重构。具体而言：

对上述预处理后的肌电信号进行小波包分解，提取低频段信号采用小波包进行信号重构。

进一步地，肌电信号有限高频带 500Hz，采样率 1000Hz，根据奈奎斯特定理，肌电信号可以进行小波包 4 层分解，获得 16 频段，如图 2 (a)、图 2 (b) 所示；其中最低频带范围 0-31.25Hz，最高频段范围 468.75-500Hz。

原始信号小波包分解树型结构如图 3 (a) 所示。由于肌电信号能量 80% 以上主要集中在第 1-8 频带低频段，因此，低频段的信号可以表现出肌电信号的大部分特性，提取低频段信号采用小波包进行重构，重构信号树型结构如图 3 (b) 所示，重构后的信号采用最大值归一化法进行标准化处理。

步骤 S4，对分解和重构后的肌电信号进行特征提取。具体而言：

本实施例提取上述分解和重构后的肌电信号的均方根值 (root-mean square, RMS) 和频域的中位频率 (median frequency, MF)。测试者肌电信号的均方根值通过 Matlab 软件获取，肌电信号随着时间的幅值变化情况可以体现该时间段内肌肉的变化特性，请参考图 4。

步骤 S5，根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断。所述的肌肉活动状态包括：肌力增加、肌肉疲劳、肌力下降、肌肉恢复。具体步骤如下：

通过比较慢性腰痛患者和健康者的肌电参数,根据测试者肌电信号的均方根值和中位频率变化情况,判断测试者肌肉处于哪种活动状态。时域指标肌电信号均方根值会随着肌肉力量和疲劳程度的增加而增加,频域指标中位频率会随着肌力的增加而增加,随着疲劳程度的增加而降低。

在本实施例中,所述的肌力增加是指:当肌肉的力量不断增加使得肌电均方根值增加,肌肉还未产生疲劳使得中位频率也增加时肌肉所处的状态;所述的肌肉疲劳是指:当肌肉放电量均方根值增加,肌肉负荷逐渐增大导致中位频率减小时,肌肉所处的状态;所述的肌力下降是指:当肌肉的力量降低使得均方根值减小,肌肉负荷增强导致中位频率减小时,肌肉所处的状态;所述的肌肉恢复是指:当肌肉的放电量不断减少导致均方根值减小,肌肉力量增加,肌肉负荷降低导致中位频率增加,使得肌肉逐渐达到恢复状态。因此,可以根据测试者的时域指标肌电均方根值和频域指标中位频率的变换来判断肌肉所处于哪种活动状态,如图5所示。

通过对慢性腰痛患者和健康者的特征参数比较,发现慢性腰痛患者的肌肉活动状态随时间的变换情况,见下表所示。

多裂肌肌肉状态评估

时间	慢性腰痛患者左侧多裂肌肌肉状态			慢性腰痛患者右侧多裂肌肌肉状态			健康者左侧多裂肌肌肉状态			健康者右侧多裂肌肌肉状态		
时间段	均方根值	中位频率	肌肉状态	均方根值	中位频率	肌肉状态	均方根值	中位频率	肌肉状态	均方根值	中位频率	肌肉状态
1-2	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	增加	增加	肌力增加	减少	减少	肌力下降
2-3	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
3-4	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
4-5	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳
5-6	减少	减少	肌力下降	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳
6-7	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳
7-8	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	增加	增加	肌力增加
8-9	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
9-10	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降
10-11	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	增加	增加	肌力增加	增加	增加	肌力增加
11-12	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
12-13	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降
13-14	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	减少	减少	肌力下降
14-15	减少	减少	肌力下降	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳
15-16	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
16-17	增加	减少	肌肉疲劳	减少	增加	肌肉恢复	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
17-18	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降
18-19	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复						
19-20	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳						
20-21	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳						

21-22	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
22-23	减少	增加	肌肉恢复	增加	减少	肌肉疲劳
23-24	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳
24-25	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复
25-26	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复
26-27	增加	减少	肌肉疲劳	减少	增加	肌肉恢复
27-28	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
28-29	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳
29-30	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
30-31	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
31-32	减少	增加	肌肉恢复	减少	减少	肌力下降

比较慢性腰痛患者多裂肌肌肉特性发现：在完成躯干弯曲过程中，左侧多裂肌出现肌力增加（8次）、肌肉疲劳（9次）、肌力下降（6次）、肌肉恢复（8次）；右侧多裂肌出现肌力增加（5次）、肌肉疲劳（13次）、肌力下降（2次）、肌肉恢复（11次）；完成相同躯干弯曲动作，健康者左侧多裂肌出现肌力增加（5次）、肌肉疲劳（5次）、肌力下降（6次）、肌肉恢复（1次）；右侧多裂肌出现肌力增加（5次）、肌肉疲劳（4次）、肌力下降（5次）、肌肉恢复（3次）。无论肌肉处于哪个阶段，慢性腰痛患者均比健康者的肌肉活动状态变换频繁，说明慢性腰痛患者在躯干弯曲活动中为了维持腰椎的稳定性需要不断的激活肌肉以此产生足够的力量来维持腰椎运动功能。

参阅图 6 所示，是本发明慢性腰痛患者肌肉活动状态判断系统 10 的硬件架构图。该系统包括：采集模块 101、预处理模块 102、分解重构模块 103、特征提取模块 104、状态判断模块 105。

所述采集模块 101 用于对测试者进行肌电信号采集。具体而言：

所述采集模块 101 在测试者维持腰椎稳定的情况下，采集其多裂肌肌肉信号。

进一步地，所述采集模块 101 主要包括信号发射和接收。将一次性电极片粘贴于测试者腰椎，在测试者维持腰椎稳定性，经 75%酒精擦拭过的多裂肌表面，沿肌肉纤维方向粘贴；测试者在进行躯干弯曲的过程中，通过 BIOPAC 发射模块将肌肉产生的模拟信号传输给 MP150 接收装置，接收装置进行模数转换，将肌肉模拟信号转换为一维随机电压信号。

所述预处理模块 102 用于对采集的肌电信号进行预处理。具体而言：

所述预处理模块 102 对采集的肌电信号进行预处理主要包括带通滤波和工频去噪。本实施例采用 35-500Hz 的带通滤波器对上述采集的肌电信号进行带通滤波，并对 50Hz 的工频干扰进行工频去噪。

进一步地，由于肌电信号的有效频段为 10-500Hz 之间，我国电压 220v 所产生工频干扰 50Hz 对肌电信号有较大的影响，为此需滤掉工频信号。由于人体上半身受心脏跳动的影响，心电信号主要频段为 0.25-35Hz 对肌肉运动产生的电信号会有一定的干扰，为此对采集到的肌电信号进行了 35-500Hz 的带通滤波处理。

所述分解重构模块 103 用于对预处理后的肌电信号进行分解和重构。具体而言：

所述分解重构模块 103 对上述预处理后的肌电信号进行小波包分解，提取低频段信号采用小波包进行信号重构。

进一步地，肌电信号有限高频带 500Hz，采样率 1000Hz，根据奈奎斯特定理，肌电信号可以进行小波包 4 层分解，获得 16 频段，如图 2 (a)、图 2 (b) 所示；其中最低频带范围 0-31.25Hz，最高频段范围 468.75-500Hz。

原始信号小波包分解树型结构如图 3 (a) 所示。由于肌电信号能量 80% 以上主要集中在第 1-8 频带低频段，因此，低频段的信号可以表现出肌电信号的大部分特性，提取低频段信号采用小波包进行重构，重构信号树型结构如图 3 (b) 所示，重构后的信号采用最大值归一化法进行标准化处理。

所述特征提取模块 104 用于对分解和重构后的肌电信号进行特征提取。具体而言：

本实施例中，所述特征提取模块 104 提取上述分解和重构后的肌电信号的均方根值 (root-mean square, RMS) 和频域的中位频率 (median frequency, MF)。测试者肌电信号的均方根值通过 Matlab 软件获取，肌电信号随着时间

的幅值变化情况可以体现该时间段内肌肉的变化特性，请参考图 4。

所述状态判断模块 105 用于根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断。所述的肌肉活动状态包括：肌力增加、肌肉疲劳、肌力下降、肌肉恢复。具体如下：

通过比较慢性腰痛患者和健康者的肌电参数，根据测试者肌电信号的均方根值和中位频率变化情况，判断测试者肌肉处于哪种活动状态。时域指标肌电信号均方根值会随着肌肉力量和疲劳程度的增加而增加，频域指标中位频率会随着肌力的增加而增加，随着疲劳程度的增加而降低。

在本实施例中，所述的肌力增加是指：当肌肉的力量不断增加使得肌电均方根值增加，肌肉还未产生疲劳使得中位频率也增加时肌肉所处的状态；所述的肌肉疲劳是指：当肌肉放电量均方根值增加，肌肉负荷逐渐增大导致中位频率减小时，肌肉所处的状态；所述的肌力下降是指：当肌肉的力量降低使得均方根值减小，肌肉负荷增强导致中位频率减小时，肌肉所处的状态；所述的肌肉恢复是指：当肌肉的放电量不断减少导致均方根值减小，肌肉力量增加，肌肉负荷降低导致中位频率增加，使得肌肉逐渐达到恢复状态。因此，可以根据测试者的时域指标肌电均方根值和频域指标中位频率的变换来判断肌肉所处于哪种活动状态，如图 5 所示。

通过对慢性腰痛患者和健康者的特征参数比较，发现慢性腰痛患者的肌肉活动状态随时间的变换情况，见下表所示。

多裂肌肌肉状态评估

时间	慢性腰痛患者左侧多裂肌肌肉状态			慢性腰痛患者右侧多裂肌肌肉状态			健康者左侧多裂肌肌肉状态			健康者右侧多裂肌肌肉状态		
时间段	均方根值	中位频率	肌肉状态	均方根值	中位频率	肌肉状态	均方根值	中位频率	肌肉状态	均方根值	中位频率	肌肉状态
1-2	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	增加	增加	肌力增加	减少	减少	肌力下降
2-3	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
3-4	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
4-5	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳
5-6	减少	减少	肌力下降	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳
6-7	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳
7-8	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	增加	增加	肌力增加
8-9	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复
9-10	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降
10-11	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	增加	增加	肌力增加	增加	增加	肌力增加

11-12	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
12-13	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降
13-14	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复	减少	减少	肌力下降
14-15	减少	减少	肌力下降	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳
15-16	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
16-17	增加	减少	肌肉疲劳	减少	增加	肌肉恢复	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加
17-18	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳	减少	减少	肌力下降	减少	减少	肌力下降
18-19	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复						
19-20	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳						
20-21	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳						
21-22	减少	减少	肌力下降	减少	增加	肌肉恢复						
22-23	减少	增加	肌肉恢复	增加	减少	肌肉疲劳						
23-24	增加	减少	肌肉疲劳	增加	减少	肌肉疲劳						
24-25	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复						
25-26	减少	增加	肌肉恢复	减少	增加	肌肉恢复						
26-27	增加	减少	肌肉疲劳	减少	增加	肌肉恢复						
27-28	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加						
28-29	增加	增加	肌力增加	增加	减少	肌肉疲劳						
29-30	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加						
30-31	增加	减少	肌肉疲劳	增加	增加	肌力增加						
31-32	减少	增加	肌肉恢复	减少	减少	肌力下降						

比较慢性腰痛患者多裂肌肌肉特性发现：在完成躯干弯曲过程中，左侧多裂肌出现肌力增加（8次）、肌肉疲劳（9次）、肌力下降（6次）、肌肉恢复（8次）；右侧多裂肌出现肌力增加（5次）、肌肉疲劳（13次）、肌力下降（2次）、肌肉恢复（11次）；完成相同躯干弯曲动作，健康者左侧多裂肌出现肌力增加（5次）、肌肉疲劳（5次）、肌力下降（6次）、肌肉恢复（1次）；右侧多裂肌出现肌力增加（5次）、肌肉疲劳（4次）、肌力下降（5次）、肌肉恢复（3次）。无论肌肉处于哪个阶段，慢性腰痛患者均比健康者的肌肉活动状态变换频繁，说明慢性腰痛患者在躯干弯曲活动中为了维持腰椎的稳定性需要不断的激活肌肉以此产生足够的力量来维持腰椎运动功能。

本发明采用客观的、科学的、简易的、快速的方式，对慢性腰痛患者的腰部稳定肌进行功能判断，通过采集维持腰椎稳定性的腰部多裂肌肌电信号，采用小波包分解和重构算法系统装置，对慢性腰痛患的稳定肌进行功能活动状态判断，不仅可以指导医生对慢性腰痛患者的肌肉功能有一定的了解，而且还可以帮助医生做出更加正确的病理诊断，选择出合适、有效的治疗方式，帮助患者早日实现康复。

虽然本发明参照当前的较佳实施方式进行了描述,但本领域的技术人员应能理解,上述较佳实施方式仅用来说明本发明,并非用来限定本发明的保护范围,任何在本发明的精神和原则范围之内,所做的任何修饰、等效替换、改进等,均应包含在本发明的权利保护范围之内。

权 利 要 求

1.一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

- a. 采集测试者的多裂肌肌电信号；
- b. 对采集的肌电信号进行预处理；
- c. 对上述预处理后的肌电信号进行小波包分解，提取低频段信号采用小波包进行信号重构；
- d. 对分解和重构后的肌电信号进行特征提取；及
- e. 根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断。

2.如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述的步骤a具体包括：

将一次性电极片粘贴于测试者腰椎，测试者在进行躯干弯曲的过程中，通过 BIOPAC 发射模块将肌肉产生的模拟信号传输给 MP150 接收装置，接收装置进行模数转换，将肌肉模拟信号转换为一维随机电压信号。

3.如权利要求2所述的方法，其特征在于，所述的预处理包括：带通滤波和工频去噪。

4.如权利要求3所述的方法，其特征在于，所述的步骤d具体包括：

提取上述分解和重构后的肌电信号的均方根值和频域的中位频率。

5.如权利要求4所述的方法，其特征在于，所述的肌肉活动状态包括：肌力增加、肌肉疲劳、肌力下降、肌肉恢复。

6.一种慢性腰痛患者肌肉活动状态判断系统，其特征在于，该系统包括采集模块、预处理模块、分解重构模块、特征提取模块、状态判断模块，其中：

所述采集模块用于采集测试者的多裂肌肌电信号；

所述预处理模块用于对采集的肌电信号进行预处理；

所述分解重构模块用于对上述预处理后的肌电信号进行小波包分解，提取低频段信号采用小波包进行信号重构；

所述特征提取模块用于对分解和重构后的肌电信号进行特征提取；

所述状态判断模块用于根据特征提取后的肌电信号进行肌肉活动状态判断。

7.如权利要求6所述的系统，其特征在于，所述的采集模块具体用于：

将一次性电极片粘贴于测试者腰椎，测试者在进行躯干弯曲的过程中，通过 BIOPAC 发射模块将肌肉产生的模拟信号传输给 MP150 接收装置，接收装置进行模数转换，将肌肉模拟信号转换为一维随机电压信号。

8.如权利要求 7 所述的系统，其特征在于，所述的预处理包括：带通滤波和工频去噪。

9.如权利要求 8 所述的系统，其特征在于，所述的特征提取模块具体用于：提取上述分解和重构后的肌电信号的均方根值和频域的中位频率。

10.如权利要求 9 所述的系统，其特征在于，所述的肌肉活动状态包括：肌力增加、肌肉疲劳、肌力下降、肌肉恢复。

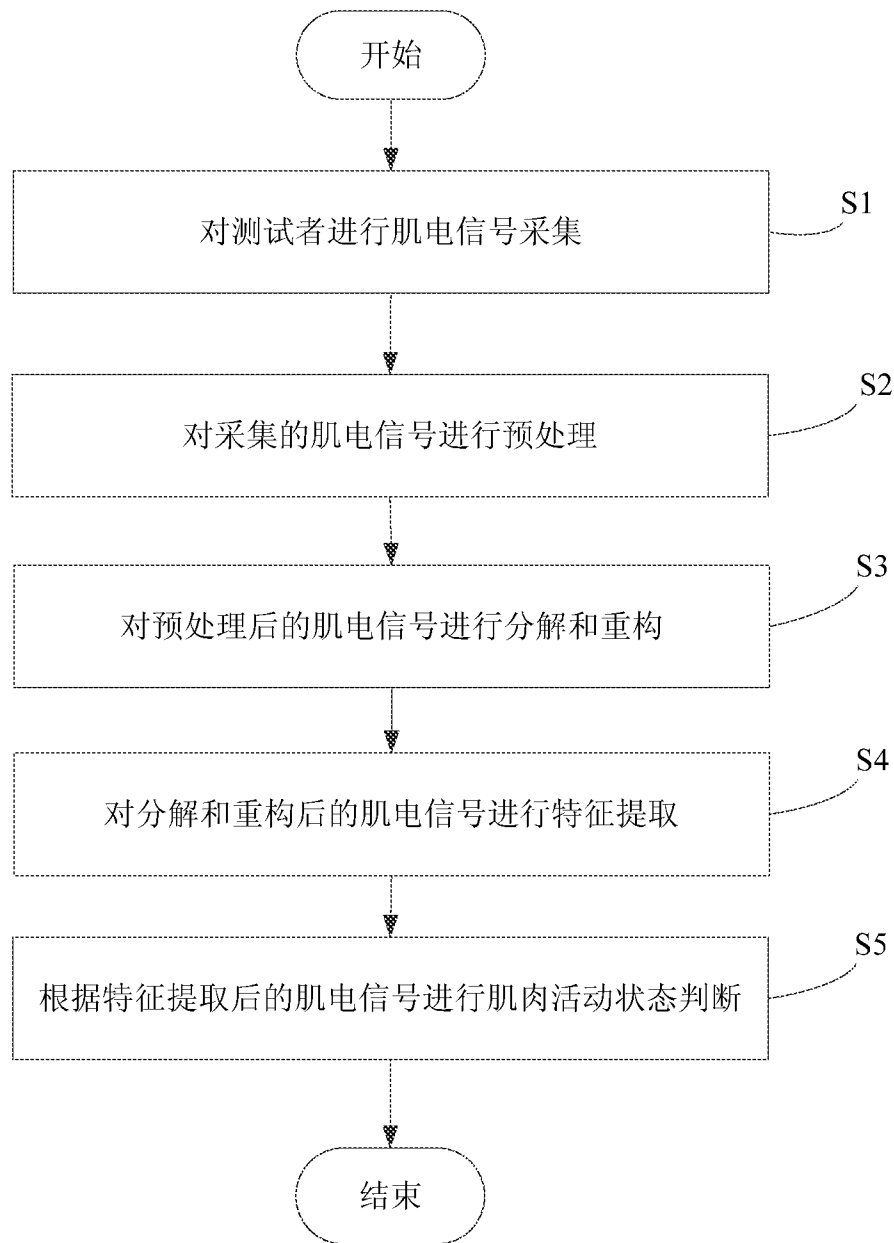


图 1

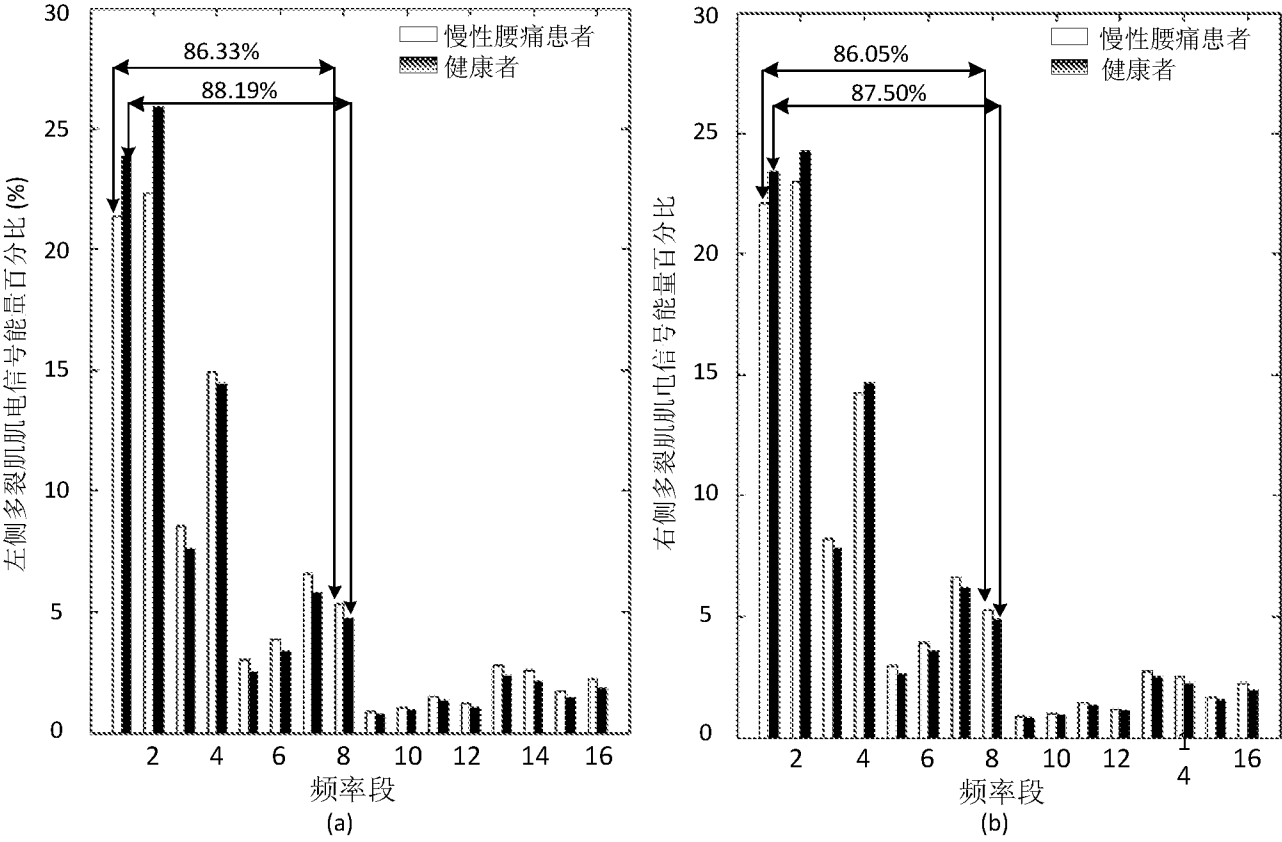


图 2

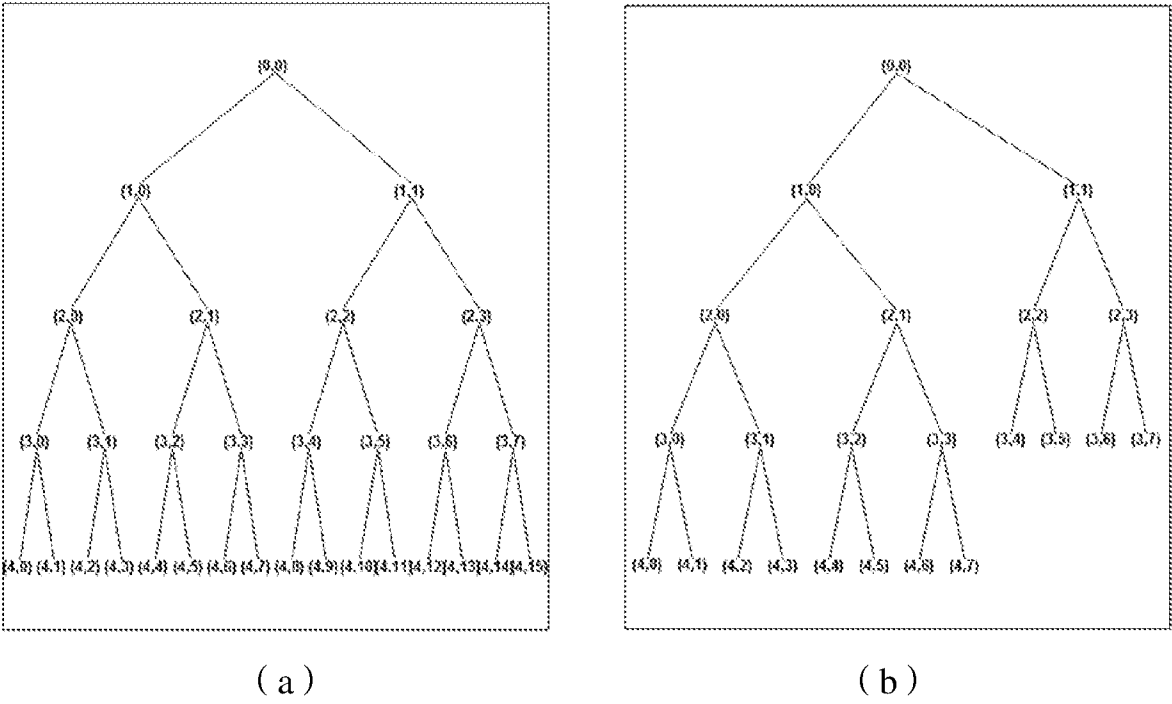


图 3

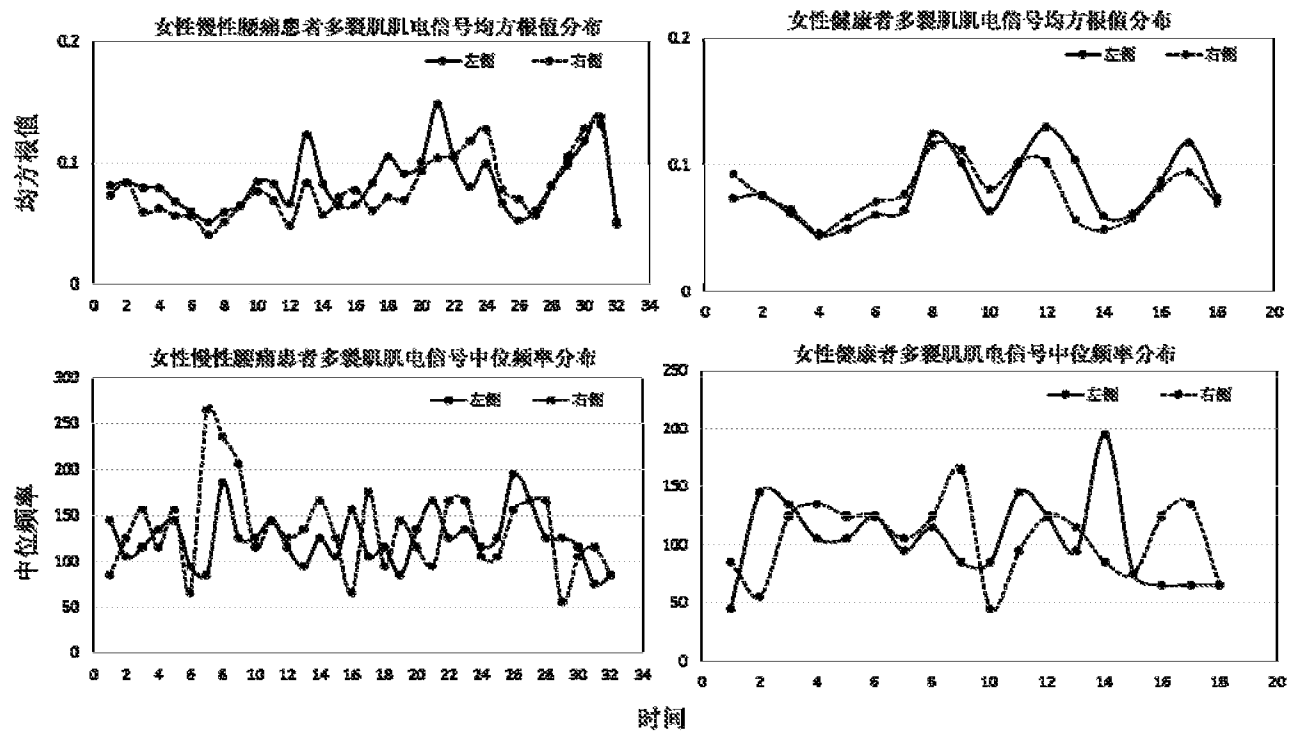


图 4

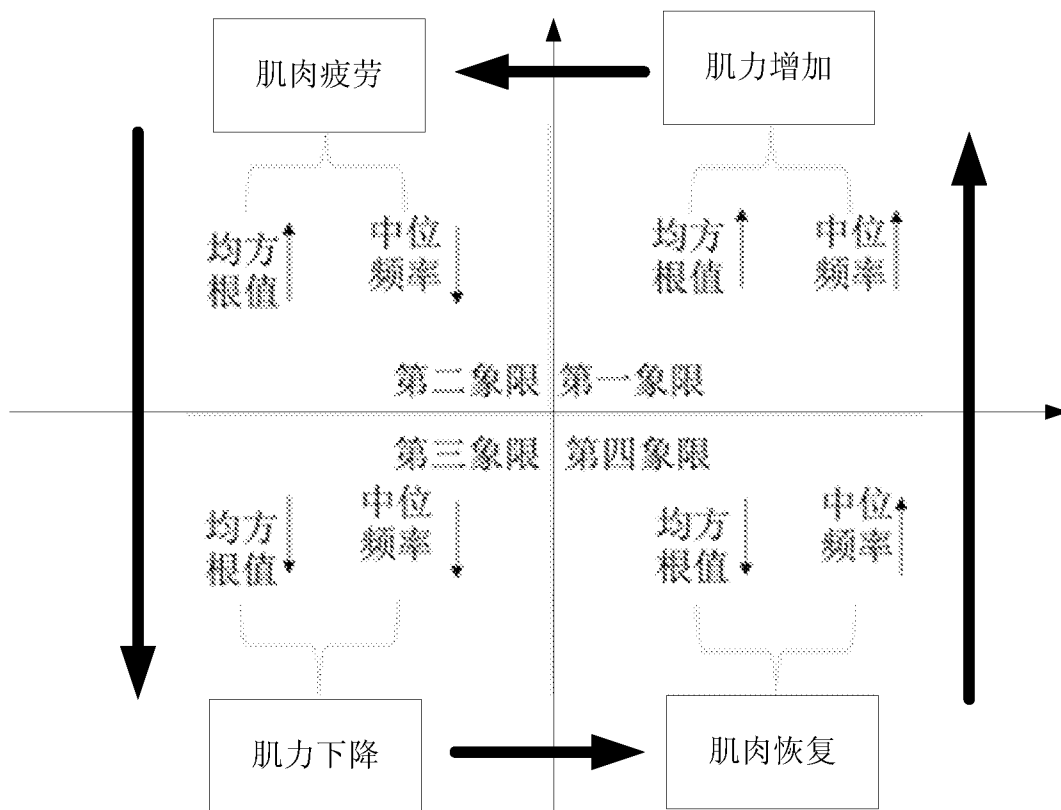


图 5

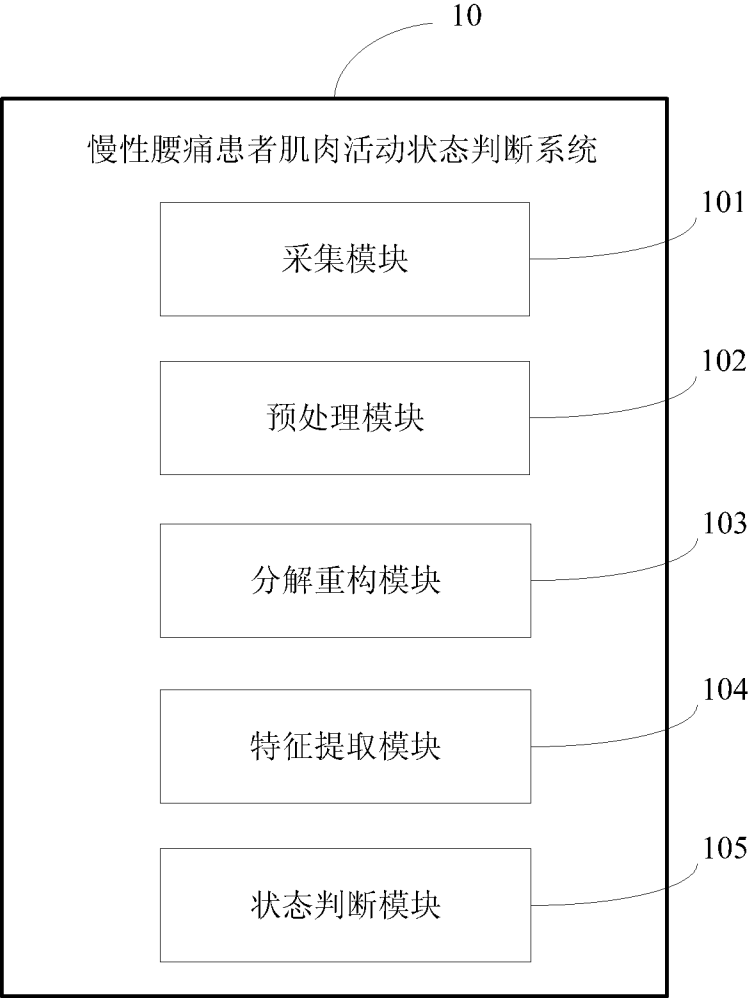


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/085953

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/0488 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 杜文静, 深圳先进科学研究院, 李慧慧, 王磊, 肌电, 小波包, 频域, 均方根, 疲劳, 活动, 表面, 低频, 背, wavelet packet transform, WPT, muscle, activity, pain, muscle, reconstruct+, lumbar, sEMG, electromyography, fatigue, MDF, RMS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 107137080 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 08 September 2017 (08.09.2017), claims 1-10	1-10
X	王乐军 等, “sEMG 指标检测快速点击鼠标致指伸肌疲劳的适用性评价研究” 体育科学, 1(33), 31 January 2013 (31.01.2013), ISSN: 1000-677X, page 63, column 1, line 1 to page 68, column 1, line 46 (WAGN, Lejun, et al., “Utility of sEMG Indices in Assessment of Extensor Digitorum Muscle Fatigue Caused by Fast Clicking Mouse”, CHINA SPORT SCIENCE)	1-10
A	CN 101057793 A (TIANJIN UNIVERSITY), 24 October 2007 (24.10.2007), entire document	1-10
A	CN 106037729 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 26 October 2016 (26.10.2016), entire document	1-10
A	US 2008058668 A1 (SEYED MOMEN, K. et al.), 06 March 2008 (06.03.2008), entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 10 February 2018	Date of mailing of the international search report 28 February 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HUANG, Xi Telephone No. (86-10) 52745094

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/085953

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 107137080 A	08 September 2017	None	
CN 101057793 A	24 October 2007	None	
CN 106037729 A	26 October 2016	None	
US 2008058668 A1	06 March 2008	WO 2008022435 A1	28 February 2008
		US 2010293115 A1	18 November 2010
		CA 2661150 A1	28 February 2008
		CA 2661150 C	04 August 2015
		US 8437844 B2	07 May 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/085953

A. 主题的分类

A61B 5/0488(2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A61B5

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 杜文静, 深圳先进科学研究院, 李慧慧, 王磊, 肌电, 小波包, 频域, 均方根, 疲劳, 活动, 表面, 低频, 背, wavelet packet transform, WPT, muscle, activity, pain, muscle, reconstruct, lumbar, sEMG, electromyography, fatigue, MDF, RMS

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
E	CN 107137080 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 权利要求1-10	1-10
X	王乐军 等. "sEMG指标检测快速点击鼠标致指伸肌疲劳的适用性评价研究" 体育科学, 第1卷, 第33期, 2013年 1月 31日 (2013 - 01 - 31), ISSN: 1000-677X, 第63页第1栏第1行至第68页第1栏第46行	1-10
A	CN 101057793 A (天津大学) 2007年 10月 24日 (2007 - 10 - 24) 全文	1-10
A	CN 106037729 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 全文	1-10
A	US 2008058668 A1 (SEYED MOMEN, KAVEH 等) 2008年 3月 6日 (2008 - 03 - 06) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 2月 10日

国际检索报告邮寄日期

2018年 2月 28日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

黄曦

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 52745094

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/085953

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	107137080	A	2017年 9月 8日	无			
CN	101057793	A	2007年 10月 24日	无			
CN	106037729	A	2016年 10月 26日	无			
US	2008058668	A1	2008年 3月 6日	WO	2008022435	A1	2008年 2月 28日
				US	2010293115	A1	2010年 11月 18日
				CA	2661150	A1	2008年 2月 28日
				CA	2661150	C	2015年 8月 4日
				US	8437844	B2	2013年 5月 7日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)