



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104523295 B

(45)授权公告日 2016.10.26

(21)申请号 201410350080.3

(22)申请日 2014.07.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104523295 A

(43)申请公布日 2015.04.22

(73)专利权人 陕西师范大学

地址 710062 陕西省西安市长安南路199号

(72)发明人 郭建中 王前 刘世博

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 陆万寿

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 102488963 A, 2012.06.13, 全文.

CN 103006212 A, 2013.04.03, 全文.

KR 101251296 B1, 2013.04.10, 全文.

RU 2140768 C1, 1999.11.10, 全文.

Xin Chen等.Sonomyography (SMG)

Control for Powered Prosthetic Hand: A Study with Normal Subjects.《Ultrasound in Medicine & Biology》.2010,第36卷(第7期),

施俊 等.使用超声估计肌肉疲劳的初步研究.《应用声学》.2006,第25卷(第1期),

Jun Shi 等.Evaluation of the Muscle Fatigue Based on Ultrasound Images.《IEEE》.2006,

R.S.Witte 等.High resolution ultrasound imaging of skeletal muscle dynamics and effects of fatigue.《IEEE》.2004,

Mohamed R. Al-Mulla等.A Review of Non-invasive Techniques to Detect and Predict Localised Muscle Fatigue.《Sensors》.2011,第11卷(第4期),

审查员 王珊珊

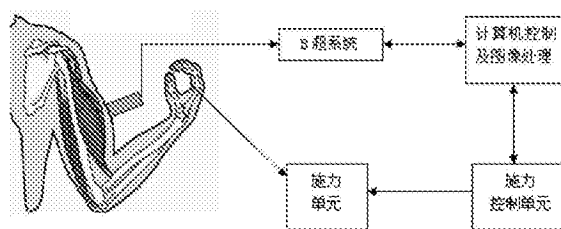
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法,将超声换能器对准目标肌肉组织区域,通过施力单元向目标肌肉组织施加恒定的力,按时间顺序记录被检测肌肉受力过程中,沿肌肉纤维方向的B型超声图像,估计肌肉纤维图像熵的纹理特征,根据肌纤维在运动中随疲劳程度的增加,其截面积正相关的增加,整个肌纤维形成肌肉整体的有序化增加,反映肌纤维超声特性的肌肉超声图像的熵正相关减少的原理,设定图像熵阈值判断目标肌肉疲劳的程度和进程;本发明将肌肉组织超声图像熵特征与肌肉组织疲劳进程结合起来,设计一套无损伤、无介入的肌肉组织疲劳进程超声图像熵检测系统,实时、有效、无损的检测肌肉疲劳进程。



1. 一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的方法,其特征在于:通过施力单元向被检测者的目标肌肉施加恒力,按时间顺序记录被检测肌肉受力过程中,沿肌肉纤维方向的B型超声图像,估计肌肉纤维图像熵的纹理特征;根据肌纤维在运动中随疲劳程度的增加,其截面积正相关的增加,整个肌纤维形成肌肉整体的有序化增加,反映肌纤维超声特性的肌肉超声图像的熵正相关减少的原理,设定图像熵阈值判断目标肌肉疲劳的程度和进程,熵值越小,肌肉疲劳程度越大,图像熵下降幅度超过设定的阈值,则肌肉抖动,疲劳程度达到最大值。

2. 根据权利要求1所述的利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的方法,其特征在于:估计肌肉纤维图像熵的方法为,选择图像的邻域灰度均值作为灰度分布的空间特征量,与图像像素灰度共同组成特征二元组,记为 (i, j) ,其中 i 表示像素的灰度值 $(0 \leq i \leq L_{\max})$, j 表示邻域灰度值 $(0 \leq j \leq M_{\max})$,则有:

$$P_{ij} = f(i, j) / N^2 \quad (1)$$

式(1)能够表示某像素位置上的灰度值与周围像素灰度值分布的综合特征,其中 $f(i, j)$ 为特征二元 (i, j) 出现的频数, N 为图像的尺度;图像的二维熵定义为:

$$H = \sum_{i=0}^{L_{\max}} \sum_{j=0}^{M_{\max}} P_{ij} \log P_{ij} \quad (2)。$$

3. 根据权利要求1或2所述的利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的方法,其特征在于:在超声换能器与受试者皮肤之间填充耦合剂,所述超声探头为线阵探头,其中心频率为7.5MHz。

4. 根据权利要求1或2所述的利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的方法,其特征在于:通过B超系统记录,每隔一段时间记录一幅目标肌肉组织的超声图像,直到目标肌肉组织开始抖动结束测量。

5. 一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统,其特征在于:包括超声换能器、B超系统、计算机控制及图像处理单元、施力单元和施力控制单元;B超系统、施力控制单元分别与计算机控制及图像处理单元连接,施力控制单元连接施力单元;通过超声换能器向目标肌肉组织发送超声波信号,同时,由施力控制单元控制施力单元向受试者目标肌肉施加恒定的力,并通过最大收缩力归一化,即测得最大力矩,然后取20%、30%、40%不同百分比最大力矩作为测试的力矩,经超声探头由B超系统记录目标肌肉的肌肉纤维图并送至计算机控制及图像处理单元处理得到肌肉纤维图像熵的纹理特征,通过划定的图像熵阈值判断目标肌肉肌肉疲劳的进程。

6. 根据权利要求5所述的利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统,其特征在于:所述施力单元为等速肌力测试装置,受试者通过施力控制单元的控制线调节施力的大小与时间,施力的大小由最大收缩力归一化后获得,施力时间从开始测量到目标肌肉组织开始抖动结束。

一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测肌肉疲劳进程的方法,特别涉及一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法。

背景技术

[0002] 肌肉疲劳是指肌肉经过一段时间的持续收缩或反复收缩运动后,不能继续保持运动所需或所预期的肌肉张力和收缩的一种现象。肌肉疲劳经常发生在我们日常生活中,当肌肉过度疲劳,有可能造成肌肉劳损。如果在运动过程中肌肉疲劳到一定程度时,仍然继续运动,极易造成肌肉或肌腱损伤。肌肉疲劳处理不当,会影响日常生活,特别是体育运动训练。肌肉疲劳特性的研究在康复医学、运动医学领域具有重要的作用。

[0003] 目前,检测肌肉疲劳进程的方法主要有:植入传感器、放射性标记和表面肌电信号。植入传感器方法,一方面植入设备的物理尺寸对受试者有一定的侵害性,植入手术风险较高。另一方面,这些装置不能反复植入和较长时间滞留在体内。不适合纵向研究间隔长于几个小时的肌腱力的变化。植入放射性标记方法虽然可以较为精准反映肌腱力的变化,但仍需要通过外科手术植入标记。这样,体内肌腱的正常功能在植入放射性标记的过程中易受损伤。肌电图是研究肌肉疲劳特性的一个重要工具。但表面肌电信号属于微弱的生物电信号,测量精度的影响因素很多。比如,如果是遥测肌电仪,空间传播的无线电波是影响肌电信号精度的最为突出的问题。肌电测量时,周围环境中可能存在很多无线电干扰,造成肌电信号一定程度上的失真。另外,皮脂厚度和皮肤温度也都会影响到肌电的测量精度。皮脂越厚,电阻越大。不同受试者的皮脂厚度不同,对肌电输出到皮肤表面有着很大的影响。受试者的皮肤温度对肌电信号的影响也很大,研究表明受试者肌肉表面的温度升高,肌电信号的振幅减小,等等这些因素都使得微弱的肌电信号容易淹没在各种噪声当中,从而需要后期的各种精细复杂的处理才能进一步研究分析。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种实时、无损地利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的方法,通过施力单元向被检测者的目标肌肉施加恒力,按时间顺序记录被检测肌肉受力过程中,沿肌肉纤维方向的B型超声图像,估计肌肉纤维图像熵的纹理特征;根据肌纤维在运动中随疲劳程度的增加,其截面积正相关的增加,整个肌纤维形成肌肉整体的有序化增加,反映肌纤维超声特性的肌肉超声图像的熵正相关减少的原理,设定图像熵阈值判断目标肌肉疲劳的程度和进程,熵值越小,肌肉疲劳程度越大,图像熵下降幅度超过设定的阈值,则肌肉抖动,疲劳程度达到最大值。

[0007] 估计肌肉纤维图像熵的方法为,选择图像的邻域灰度均值作为灰度分布的空间特征量,与图像像素灰度共同组成特征二元组,记为 (i, j) ,其中 i 表示像素的灰度值 $(0 \leq i <$

$=L_{\max}$), j 表示邻域灰度值($0 \leq j \leq M_{\max}$), 则有:

$$[0008] \quad P_{ij} = f(i, j) / N^2 \quad (1)$$

[0009] 式(1)能够表示某像素位置上的灰度值与周围像素灰度值分布的综合特征, 其中 $f(i, j)$ 为特征二元 (i, j) 出现的频数, N 为图像的尺度; 图像的二维熵定义为:

$$[0010] \quad H = \sum_{i=0}^{L_{\max}} \sum_{j=0}^{M_{\max}} P_{ij} \log P_{ij} \quad (2)$$

[0011] 在超声换能器与受试者皮肤之间填充耦合剂, 所述超声探头为线阵探头, 其中心频率为7.5MHz。

[0012] 通过B超系统记录, 每隔一段时间记录一幅目标肌肉组织的超声图像, 直到目标肌肉组织开始抖动结束测量。

[0013] 一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统, 包括超声换能器、B超系统、计算机控制及图像处理单元、施力单元和施力控制单元; B超系统、施力控制单元分别与计算机控制及图像处理单元连接, 施力控制单元连接施力单元; 通过超声换能器向目标肌肉组织发送超声波信号, 同时, 由施力控制单元控制施力单元向受试者目标肌肉施加恒定的力, 并通过最大收缩力归一化, 即测得最大力矩, 然后取20%、30%、40%等不同百分比最大力矩作为测试的力矩, 经超声探头由B超系统记录目标肌肉的肌肉纤维图并送至计算机控制及图像处理单元处理得到肌肉纤维图像熵的纹理特征, 通过划定的图像熵阈值判断目标肌肉肌肉疲劳的进程。

[0014] 所述施力单元为等速肌力测试装置, 受试者通过施力控制单元的控制线调节施力的大小与时间, 施力的大小由最大收缩力归一化后获得, 施力时间从开始测量到目标肌肉组织开始抖动结束。

[0015] 本发明性检测肌肉疲劳进程的方法及系统, 通过B超系统记录肌肉的纤维图, 根据肌纤维在运动中随疲劳程度的增加, 其截面积正相关的增加, 整个肌纤维形成的肌肉整体的有序化增加, 肌纤维超声特性的肌肉超声图像的熵会正相关减少的原理, 检测肌肉疲劳的进程, 将肌肉组织超声图像熵特征与肌肉组织疲劳进程结合起来, 为肌肉疲劳进程的量化检测提供可行的技术方案, 设计一套无损伤、无介入的肌肉组织疲劳进程超声图像熵检测系统, 能够实时、有效、无损的检测肌肉疲劳的进程。

附图说明

[0016] 图1是本发明的系统框图;

[0017] 图2是本发明实例中受试者1肱二头肌疲劳过程中超声图像熵(20%MVC, t 为图像采集时间, H 为图像的熵);

[0018] 图3是本发明实例中1位被检测者施加不同力矩的超声图像熵。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明做更详尽地描述。

[0020] 如图1所示, 本发明利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统, 包括超声换能器、B超系统、计算机控制及图像处理单元、施力单元和施力控制单元; B超系统、施力控制单

元分别与计算机控制及图像处理单元连接,施力控制单元连接施力单元。

[0021] 利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的方法,具体如下:

[0022] 固定:固定受试者目标肌肉组织(以右肱二头肌疲劳进程为例)和超声换能器的位置,使超声换能器精确对准目标肌肉组织区域,在换能器与皮肤之间填充适量耦合剂以减少干扰。

[0023] 施力:利用等速肌力测试装置,受试者通过施力控制单元的控制线调节施力的大小与时间,由施力单元施加恒定的力。施力的大小由最大收缩力归一化后获得,施力时间从开始测量到目标肌肉组织开始抖动结束。

[0024] 图像采集:每隔一段时间记录一幅目标肌肉组织的超声图像,直到目标肌肉组织开始抖动结束测量。

[0025] 图像处理:图像熵反映了图像中平均信息量,是一种特征量的统计形式。图像的一维熵只能反映图像灰度分布的聚集特征,但不能描述图像灰度分布的空间特征,所以引入能够反映灰度空间分布的空间特征量的二维熵。

[0026] 计算肌肉纤维图像二维熵的具体方法为:

[0027] 选择图像的邻域灰度均值作为灰度分布的空间特征量,与图像像素灰度共同组成特征二元组,记为 (i, j) ,其中 i 表示像素的灰度值($0 \leq i \leq L_{\max}$), j 表示邻域灰度值($0 \leq j \leq M_{\max}$),则有:

[0028] $P_{ij} = f(i, j) / N^2$ (1)

[0029] 式(1)能够表示某像素位置上的灰度值与周围像素灰度值分布的综合特征,其中 $f(i, j)$ 为特征二元 (i, j) 出现的频数, N 为图像的尺度。图像的二维熵定义为:

$$[0030] \quad H = \sum_{i=0}^{L_{\max}} \sum_{j=0}^{M_{\max}} P_{ij} \log P_{ij} \quad (2)$$

[0031] 肌小节是肌肉收缩的基本单位,由粗肌丝、细肌丝和肌巨蛋白等组成。没有外力时,肌小节呈松弛状态,肌巨蛋白处于高度折叠状态,当肌肉受到拉伸,肌原纤维的粗肌丝和细肌丝相对滑动,肌巨蛋白逐渐伸长,可以类比为一个弹簧。随着肌肉疲劳的持续,肌肉容易缺乏能量而处于非激活状态,肌肉为了维持恒力,就要募集更多运动单元参与收缩与交换能量来维持恒力,原本松弛状的肌纤维,在力矩作用下被激活参与收缩,所以随着疲劳程度的增加,肌肉能量的损失在增加,就会募集更多运动单位进行收缩与能量交换。处于高度折叠状态的肌巨蛋白,在力矩作用下逐渐被拉伸,排列有序化。

[0032] 从熵特性的角度来讲,肌纤维在运动中随疲劳程度的增加,其截面积也是正相关的增加,整个肌纤维形成的肌肉整体的有序化增加,则反映肌纤维超声特性的肌肉超声图像的熵就会正相关减少。利用计算机控制单元进行程序处理,得到肌肉纤维图像熵的纹理特征,通过划定图像熵的阈值来判断肌肉疲劳进程。

[0033] 本发明可以控制发射信号的强弱,只要满足超声检测过程中的峰值功率及平均声功率安全阈值的要求,便可以实时、有效、无损伤地检测目标肌肉组织,从而精确地评价肌肉疲劳进程。

[0034] 本发明首次将肌肉组织超声图像熵特征与肌肉组织疲劳进程结合起来,并设计一

套肌肉组织疲劳进程超声图像熵检测系统,提出了一套实时、有效、无损的肌肉疲劳进程检测技术方案。

[0035] 以下通过肱二头肌运动过程的超声图像熵检测对本发明进行进一步说明:

[0036] 为减少不同个体的体质差异,我们首先确定受试者的肱二头肌在手臂上产生的最大随意收缩(Maximal Voluntary Contraction,MVC)力矩,并对其进行归一化处理,分析肌肉的受力情况。

[0037] 让受试者的肱二头肌做等长收缩,依次完成20%MVC,30%MVC,40%MVC,50%MVC的全部试验测量,每组测量三次取平均值,每次测量间隔10分钟,每组测量完成后受试者休息1小时进入下一组测量。依次记录受试者肌肉超声图像,经过处理获得超声图像熵。研究肱二头肌超声图像熵描述肌肉疲劳时肌纤维的排列特征与肌肉疲劳过程的相关性。

[0038] 实验的部分B超截图见图2,随机挑选的一位被检测者施加不同力矩超声图像熵的测量结果如图3所示。(图3中工字型线表示用最小二乘法拟合的直线与实际测量数据的误差)

[0039] 从图3可以看出,超声图像熵整体都呈下降趋势,同一受试者下降斜率几乎相同。超声图像熵斜率表示超声图像熵减小的速率,对于同一受试者,其肌肉特性是一定的,超声图像熵下降斜率与受试者施加的力矩无关,主要取决于其肌肉特性。肌肉施加恒力矩时,其超声图像纹理是趋于稳定整齐排列的,因此其超声图像熵线性减小。

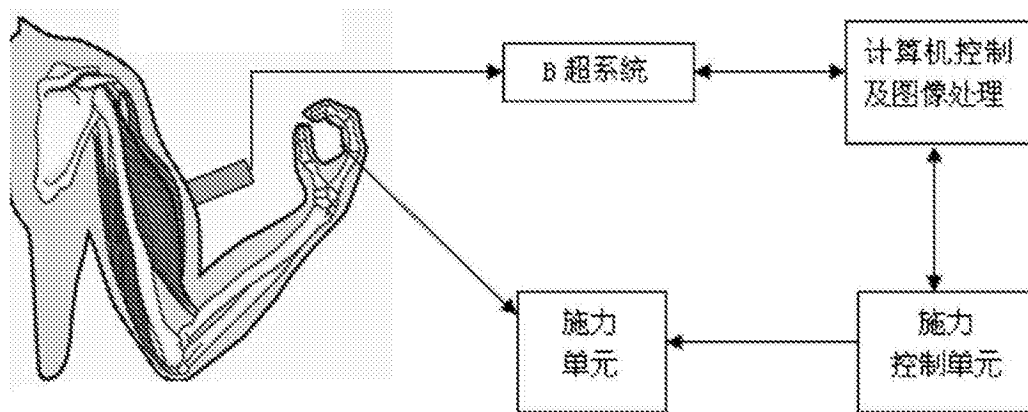


图1

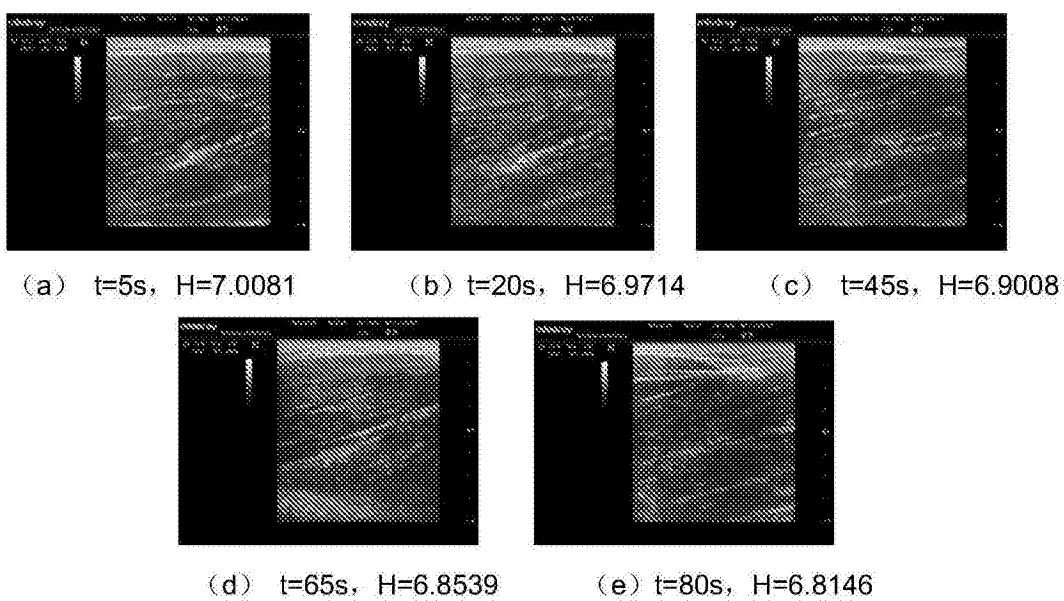


图2

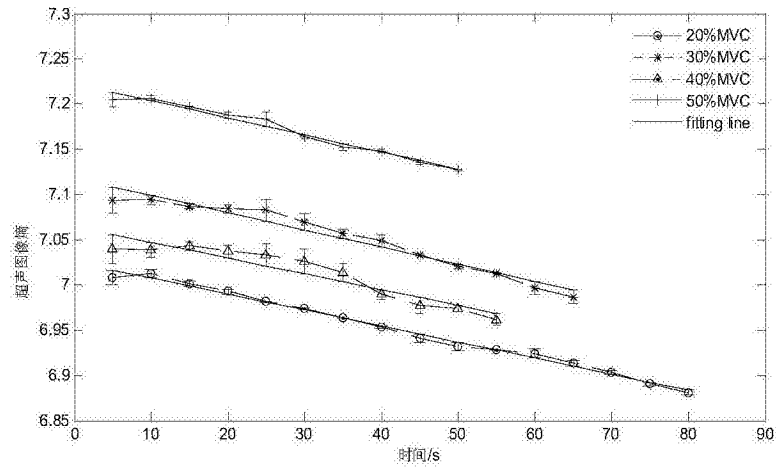


图3

专利名称(译)	一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法		
公开(公告)号	CN104523295B	公开(公告)日	2016-10-26
申请号	CN201410350080.3	申请日	2014-07-22
[标]申请(专利权)人(译)	陕西师范大学		
申请(专利权)人(译)	陕西师范大学		
当前申请(专利权)人(译)	陕西师范大学		
[标]发明人	郭建中 王前 刘世博		
发明人	郭建中 王前 刘世博		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/085 A61B8/52		
审查员(译)	王珊珊		
其他公开文献	CN104523295A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种利用超声图像熵特性检测肌肉疲劳进程的系统及方法，将超声换能器对准目标肌肉组织区域，通过施力单元向目标肌肉组织施加恒定的力，按时间顺序记录被检测肌肉受力过程中，沿肌肉纤维方向的B型超声图像，估计肌肉纤维图像熵的纹理特征，根据肌纤维在运动中随疲劳程度的增加，其截面积正相关的增加，整个肌纤维形成肌肉整体的有序化增加，反映肌纤维超声特性的肌肉超声图像的熵正相关减少的原理，设定图像熵阈值判断目标肌肉疲劳的程度和进程；本发明将肌肉组织超声图像熵特征与肌肉组织疲劳进程结合起来，设计一套无损伤、无介入的肌肉组织疲劳进程超声图像熵检测系统，实时、有效、无损的检测肌肉疲劳进程。

