



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110693526 A

(43)申请公布日 2020.01.17

(21)申请号 201911094835.7

(22)申请日 2019.11.11

(71)申请人 深圳先进技术研究院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号

(72)发明人 肖杨 陈畅明 张湘楠 王丛知 郑海荣

(74)专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事务所(普通合伙) 44316

代理人 曹卫良

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

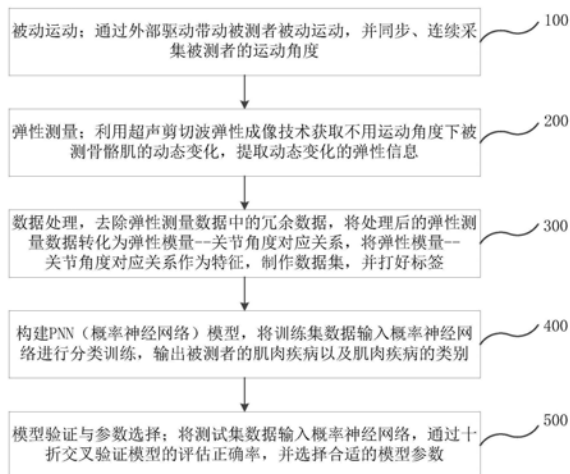
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备

(57)摘要

本申请涉及一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备。包括:步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络输出被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。本申请采用人工智能神经网络,分类结果更加可靠,泛化能力更好,为肌肉疾病的评估提供了新的方法。



1. 一种肌肉疾病评估方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

2. 根据权利要求1所述的肌肉疾病评估方法,其特征在于,在所述步骤a中,所述通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度具体包括:使被测者处于舒适体位,暴露待测量关节,确定被测关节的骨性标志,找到运动轴、固定臂、移动臂;采用外力驱动带动被测者的被测关节被动屈伸,使其完成从-40度到30度的运动,并每2度记录一次被测者的运动角度。

3. 根据权利要求1或2所述的肌肉疾病评估方法,其特征在于,在所述步骤b中,所述利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据具体包括:采用超声评估仪检测垂直肌束横切面,确定肌腹最厚位置,然后旋转探头,沿肌束方向纵切面检查骨骼肌长轴,启动弹性成像模式,固定探头位置,连续测量感兴趣区域内肌肉组织关节角度变化时肌腹的杨氏模量值,获得动态超声弹性图像序列;通过至少两次测量杨氏模量值,计算感兴趣区域内肌肉组织的平均杨氏模量值作为骨骼肌的弹性模量测量值。

4. 根据权利要求3所述的肌肉疾病评估方法,其特征在于,在所述步骤c中,所述从弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系具体包括:首先对弹性测量数据进行清洗与加工,消除冗余及异常数据;然后,将弹性测量数据制作成每2度取一个弹性模量作为样本特征的一个35维样本集合,将弹性测量数据转化为弹性模量-角度曲线关系,给数据打上标签,得到数据集,并将数据集分成十份,其中9份作为训练集数据,轮流对概率神经网络进行训练,1份作为测试集数据对概率神经网络进行验证。

5. 根据权利要求4所述的肌肉疾病评估方法,其特征在于,在所述步骤d中,所述概率神经网络包括输入层、隐含层、求和层和输出层;

第一层为输入层,用于接收来自训练样本的值,并将接收数据传递给隐含层,神经元个数与输入向量长度相等;

第二层的隐含层为径向基层,每一个隐含层的神经元节点拥有一个中心,用于接收输入层的样本输入,计算输入向量与中心的距离,最后返回一个标量值,神经元个数与输入训练样本个数相同;

第三层为求和层,求和层的神经元个数与数据分类的个数相等,求和层求得上式中每类数据的平均值,然后比较每类数据平均值的大小,将数据分类到平均值最大的类,求和层的神经元个数与总类数相同;

最后一层为输出层,输出层取求和层中平均值最大的类作为输出的类别。

6. 一种肌肉疾病评估系统,其特征在于,包括:

运动角度记录模块:用于通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

弹性测量模块:用于利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

数据处理模块:用于从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量—关节角度对应关系,并将弹性模量—关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

模型训练模块:用于构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量—关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

7. 根据权利要求6所述的肌肉疾病评估系统,其特征在于,所述运动角度记录模块通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度具体包括:使被测者处于舒适体位,暴露待测量关节,确定被测关节的骨性标志,找到运动轴、固定臂、移动臂;采用外力驱动带动被测者的被测关节被动屈伸,使其完成从-40度到30度的运动,并每2度记录一次被测者的运动角度。

8. 根据权利要求6或7所述的肌肉疾病评估系统,其特征在于,所述弹性测量模块利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据具体包括:采用超声评估仪检测垂直肌束横切面,确定肌腹最厚位置,然后旋转探头,沿肌束方向纵切面检查骨骼肌长轴,启动弹性成像模式,固定探头位置,连续测量感兴趣区域内肌肉组织关节角度变化时肌腹的杨氏模量值,获得动态超声弹性图像序列;通过至少两次测量杨氏模量值,计算感兴趣区域内肌肉组织的平均杨氏模量值作为骨骼肌的弹性模量测量值。

9. 根据权利要求8所述的肌肉疾病评估系统,其特征在于,所述数据处理模块从弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量—关节角度对应关系具体包括:首先对弹性测量数据进行清洗与加工,消除冗余及异常数据;然后,将弹性测量数据制作成每2度取一个弹性模量作为样本特征的一个35维样本集合,将弹性测量数据转化为弹性模量—角度曲线关系,给数据打上标签,得到数据集,并将数据集分成十份,其中9份作为训练集数据,轮流对概率神经网络进行训练,1份作为测试集数据对概率神经网络进行验证。

10. 根据权利要求9所述的肌肉疾病评估系统,其特征在于,所述概率神经网络包括输入层、隐含层、求和层和输出层;

第一层为输入层,用于接收来自训练样本的值,并将接收数据传递给隐含层,神经元个数与输入向量长度相等;

第二层的隐含层为径向基层,每一个隐含层的神经元节点拥有一个中心,用于接收输入层的样本输入,计算输入向量与中心的距离,最后返回一个标量值,神经元个数与输入训练样本个数相同;

第三层为求和层,求和层的神经元个数与数据分类的个数相等,求和层求得上式中每类数据的平均值,然后比较每类数据平均值的大小,将数据分类到平均值最大的类,求和层的神经元个数与总类数相同;

最后一层为输出层,输出层取求和层中平均值最大的类作为输出的类别。

11. 一种电子设备,包括:

至少一个处理器;以及
与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,
所述存储器存储有可被所述一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行上述1至5任一项所述的肌肉疾病评估方法的以下操作:

步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备

技术领域

[0001] 本申请属于生物信号处理技术领域,特别涉及一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备。

背景技术

[0002] 肌肉疾病(muscular disorders)通常是指骨骼肌疾病。骨骼肌是执行机体运动的主要器官,也是机体能量代谢的重要器官,人体共600多块肌肉,其重量约占成人重量的40%。原发于骨骼肌或神经肌肉接头处的非炎症性疾病,简称肌病。主要表现为肌收缩力减退或消失以及肌肉萎缩等。肌肉疾病有重症肌无力、进行性肌营养不良、周期性瘫痪等类型。

[0003] 目前,临床上针对肌肉疾病的评估基本靠医生的个人经验、电生理指标、生化指标等,以肌肉疾病--假肥大型肌营养不良症(Duchennemusculardystrophy, DMD)为例,假肥大型肌营养不良症是一组原发性肌肉变性病,表现为进行加重的对称性肌无力、肌肉萎缩,为遗传性疾病。DMD是最常见的X-连锁隐性致死性遗传病之一,由法国医学家Duchenne等于1868年首先报道。本病的群体发病率高达1/3500活产男婴,是一种预后不良的常见的原发性肌肉疾病。典型的临床特征是进行性肌萎缩、肌无力伴小腿腓肠肌的假性肥大,通常累及青少年男性,一般在12岁以前丧失站立和行走的能力,最后因心肌以及呼吸肌无力而多于岁前死于心力衰竭或呼吸衰竭。本病严重影响了青少年男性的健康成长,同时也给家庭和社会带来了沉重的精神和经济负担。

[0004] DMD型假肥大型肌营养不良症患者起病年龄最小为1岁,但是在3岁以下可因缺乏典型症状而很少被确诊。在儿童期常因跑步或上楼困难、易跌倒和小腿肌肉肥大被父母带去就诊。多数患儿在3-5岁开始表现出肌无力症状,6-8岁时逐渐出现步态不稳、特殊的起立姿势及腓肠肌假性肥大等三大典型的临床特征,表现为:因骨盆带肌无力、肌萎缩及肌张力低下,患者走路缓慢及易跌倒;因髂腰肌和股四头肌无力而使患儿登梯困难;因背部伸肌无力使患儿站立时腰椎过度前凸;因臀中肌无力导致患儿行走时骨盆两侧上下摇摆,呈典型的鸭行步态;患儿从仰卧位起立时由于腹肌和腰肌无力,患儿必须翻转为俯卧,再以双手支持地面和下肢缓慢地站立起来,这种姿势称Gower氏征;因肩胛带肌和前锯肌无力,出现游离肩与翼状肩;患儿双侧腓肠肌假性肥大,有时还存在三角肌和舌肌的肥大等。8-9岁时开始出现呼吸肌无力,肺活量和肺总量降低,大约40%的患者死于呼吸衰竭。DMD患儿常存在心肌受损,在病程中50%-80%的患者出现心脏扩大、心动过速和心力衰竭以及心电图异常。少数患儿有智力障碍。大多数患者在12岁前因困于轮椅,20岁左右死亡。目前针对DMD尚无有效的治疗方法,故高效准确地早期评估和检测该疾病显得非常重要。

[0005] 目前针对DMD评估的方法有以下几种:

[0006] 一、DMD的传统评估流程一般为:临床疑似--血清肌酸激酶增--肌电图检查呈肌源性损害--肌肉病理检查或基因检查证实。其中肌电图(股四头肌或腓肠肌等部位)显示肌源性损害及酶生化检查发现肌酶活性显著增高是临床上最可靠的评估依据。常被用于筛查的

肌酶包括肌酸激酶 (CK)、乳酸脱氢酶 (LDH)、丙酮酸激酶 (PK)、谷丙转氨酶 (GPT) 和谷草转氨酶 (GOT) 等,肌酸激酶同工酶 (CKMB) 也显著增高。这些酶不但在患儿的血清中活性增高,而且在杂合子携带者甚至羊水中也升高,故而间或又可用于杂合子携带者的评估和新生儿筛查。

[0007] 上述方法中,肌电图是一项创伤性检查,会带给病人带来极大不适。由于DMD患者多在幼年起病,该项检查必然导致患儿巨大的恐惧与不合作。基因检查,DMD基因是当今已知的人类最大的基因,在基因DNA组上跨越2500kb,cDNA的长度约14kb该基因由79个外显子和78个内含子构成,编码的蛋白,质产物为抗肌萎缩蛋白,该基因具有突变频率高和突变形式多样等特点,因此基因检测可能会带来一些假阳性结果,导致检测错误,而且过程复杂,检测周期长。

[0008] 二、章鸣嫒等在《利用机器学习方法对神经肌肉罕见病DMD进行分类预测》中提出了用磁共振图像 (MRI) 和机器学习方法的方法评估和预测DMD,利用小波变换对DMD患者组和健康对照组的磁共振图像 (MRI) 进行小波分解;其次,从所得的分解图像中提取出若干纹理特征参数并进行降维处理;最后,再基于这些纹理特征参数,利用支持向量机算法 (SVM) 对试验图像进行分类预测。

[0009] 上述方法采用了核磁共振技术和机器学习方法,通过提取图像的特征,运用机器学习的方法进行对疾病的评估。核磁共振相较其他检测手段,要求患者的依从性比较高,因为它需要患者,在一个固定的体位,需要维持一定的时间,成像速度较慢,且在检测过程中,有较大的噪音。

发明内容

[0010] 本申请提供了一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备,旨在至少在一定程度上解决现有技术中的上述技术问题之一。

[0011] 为了解决上述问题,本申请提供了如下技术方案:

[0012] 一种肌肉疾病评估方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

[0014] 步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

[0015] 步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

[0016] 步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

[0017] 本申请实施例采取的技术方案还包括:在所述步骤a中,所述通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度具体包括:使被测者处于舒适体位,暴露待测量关节,确定被测关节的骨性标志,找到运动轴、固定臂、移动臂;采用外力驱动带动被测者的被测关节被动屈伸,使其完成从-40度到30度的运动,并每2度记录一次被测者的运动角度。

[0018] 本申请实施例采取的技术方案还包括:在所述步骤b中,所述利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据具体

包括:采用超声评估仪检测垂直肌束横切面,确定肌腹最厚位置,然后旋转探头,沿肌束方向纵切面检查骨骼肌长轴,启动弹性成像模式,固定探头位置,连续测量感兴趣区域内肌肉组织关节角度变化时肌腹的杨氏模量值,获得动态超声弹性图像序列;通过至少两次测量杨氏模量值,计算感兴趣区域内肌肉组织的平均杨氏模量值作为骨骼肌的弹性模量测量值。

[0019] 本申请实施例采取的技术方案还包括:在所述步骤c中,所述从弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量—关节角度对应关系具体包括:首先对弹性测量数据进行清洗与加工,消除冗余及异常数据;然后,将弹性测量数据制作成每2度取一个弹性模量作为样本特征的一个35维样本集合,将弹性测量数据转化为弹性模量—角度曲线关系,给数据打上标签,得到数据集,并将数据集分成十份,其中9份作为训练集数据,轮流对概率神经网络进行训练,1份作为测试集数据对概率神经网络进行验证。

[0020] 本申请实施例采取的技术方案还包括:在所述步骤d中,所述概率神经网络包括输入层、隐含层、求和层和输出层;

[0021] 第一层为输入层,用于接收来自训练样本的值,并将接收数据传递给隐含层,神经元个数与输入向量长度相等;

[0022] 第二层的隐含层为径向基层,每一个隐含层的神经元节点拥有一个中心,用于接收输入层的样本输入,计算输入向量与中心的距离,最后返回一个标量值,神经元个数与输入训练样本个数相同;

[0023] 第三层为求和层,求和层的神经元个数与数据分类的个数相等,求和层求得上式中每类数据的平均值,然后比较每类数据平均值的大小,将数据分类到平均值最大的类,求和层的神经元个数与总类数相同;

[0024] 最后一层为输出层,输出层取求和层中平均值最大的类作为输出的类别。

[0025] 本申请实施例采取的另一技术方案为:一种肌肉疾病评估系统,包括:

[0026] 运动角度记录模块:用于通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

[0027] 弹性测量模块:用于利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

[0028] 数据处理模块:用于从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量—关节角度对应关系,并将弹性模量—关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

[0029] 模型训练模块:用于构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量—关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

[0030] 本申请实施例采取的技术方案还包括:所述运动角度记录模块通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度具体包括:使被测者处于舒适体位,暴露待测量关节,确定被测关节的骨性标志,找到运动轴、固定臂、移动臂;采用外力驱动带动被测者的被测关节被动屈伸,使其完成从-40度到30度的运动,并每2度记录一次被测者的运动角度。

[0031] 本申请实施例采取的技术方案还包括:所述弹性测量模块利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据具体包括:采用超声评估仪检测垂直肌束横切面,确定肌腹最厚位置,然后旋转探头,沿肌束方向

纵切面检查骨骼肌长轴,启动弹性成像模式,固定探头位置,连续测量感兴趣区域内肌肉组织关节角度变化时肌腹的杨氏模量值,获得动态超声弹性图像序列;通过至少两次测量杨氏模量值,计算感兴趣区域内肌肉组织的平均杨氏模量值作为骨骼肌的弹性模量测量值。

[0032] 本申请实施例采取的技术方案还包括:所述数据处理模块从弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系具体包括:首先对弹性测量数据进行清洗与加工,消除冗余及异常数据;然后,将弹性测量数据制作成每2度取一个弹性模量作为样本特征的一个35维样本集合,将弹性测量数据转化为弹性模量-角度曲线关系,给数据打上标签,得到数据集,并将数据集分成十份,其中9份作为训练集数据,轮流对概率神经网络进行训练,1份作为测试集数据对概率神经网络进行验证。

[0033] 本申请实施例采取的技术方案还包括:所述概率神经网络包括输入层、隐含层、求和层和输出层;

[0034] 第一层为输入层,用于接收来自训练样本的值,并将接收数据传递给隐含层,神经元个数与输入向量长度相等;

[0035] 第二层的隐含层为径向基层,每一个隐含层的神经元节点拥有一个中心,用于接收输入层的样本输入,计算输入向量与中心的距离,最后返回一个标量值,神经元个数与输入训练样本个数相同;

[0036] 第三层为求和层,求和层的神经元个数与数据分类的个数相等,求和层求得上式中每类数据的平均值,然后比较每类数据平均值的大小,将数据分类到平均值最大的类,求和层的神经元个数与总类数相同;

[0037] 最后一层为输出层,输出层取求和层中平均值最大的类作为输出的类别。

[0038] 本申请实施例采取的又一技术方案为:一种电子设备,包括:

[0039] 至少一个处理器;以及

[0040] 与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

[0041] 所述存储器存储有可被所述一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行上述的肌肉疾病评估方法的以下操作:

[0042] 步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

[0043] 步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

[0044] 步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

[0045] 步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

[0046] 相对于现有技术,本申请实施例产生的有益效果在于:本申请实施例的肌肉疾病评估方法、系统及电子设备通过被动活动被测者肢体,同步采集被测者的骨骼肌弹性成像序列,提取动态变化的弹性测量数据,得到运动角度与弹性模量之间的曲线关系,并通过人工神经网络检测被测者是否患有肌肉疾病,以及肌肉疾病的类别。与现有技术相比,本申请至少具有如下优点:

[0047] 1、采用超声检测,相比CT、MRI等,更加方便操作,成像速度更快,无创,超声检测敏

感,具有很好的实时性。

[0048] 2、采集数据方便,满足临床需要,只需检测单块骨骼肌运动即可得到评估结果。

[0049] 3、采用人工智能神经网络,分类结果更加可靠,泛化能力更好,为肌肉疾病的评估提供了新的方法,扩展了计算机辅助超声评估在肌肉疾病早期评估的应用领域。

附图说明

[0050] 图1是本申请实施例的肌肉疾病评估方法的流程图;

[0051] 图2为弹性模量随关节角度变化示意图;

[0052] 图3为数据处理示意图;

[0053] 图4是PNN网络结构图;

[0054] 图5为模型验证与参数选择示意图;

[0055] 图6为本申请实施例的肌肉疾病评估系统的结构示意图;

[0056] 图7是本申请实施例提供的肌肉疾病评估方法的硬件设备结构示意图。

具体实施方式

[0057] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请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申请,并不用于限定本申请。

[0058] 请参阅图1,是本申请实施例的肌肉疾病评估方法的流程图。本申请实施例的肌肉疾病评估方法包括以下步骤:

[0059] 步骤100:被动运动;通过外部驱动带动被测者被动运动,并同步、连续采集被测者的运动角度;

[0060] 步骤100中,被动运动具体方法如下:首先记录被测者的姓名、性别、年龄、体重、身高等信息,建立被测者个人信息档案;其次,使被测者处于舒适体位,暴露待测量关节,确定被测关节的骨性标志,找到运动轴、固定臂、移动臂;然后,采用外力驱动带动被测者的被测关节被动屈伸,使其完成从-40度到30度的运动,并每2度记录一次被测者的运动角度。

[0061] 步骤200:弹性测量;利用超声剪切波弹性成像技术获取不同运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据(即不同运动角度对应的弹性模量);

[0062] 步骤200中,弹性测量具体包括:首先,采用超声评估仪的B-mode成像模式检测垂直肌束横切面,确定肌腹最厚位置,然后旋转探头,沿肌束方向纵切面检查骨骼肌长轴,启动弹性成像模式,固定探头位置,连续测量肌肉组织关节角度变化时肌腹的杨氏模量值,感兴趣区域大小为10mm×10mm,获得动态超声弹性图像序列;通过多次测量杨式模量值,系统自动计算区域内肌肉组织的平均杨氏模量值作为骨骼肌的弹性模量测量值。本申请实施例中,每个被测者测量杨式模量值3次,然后取平均值,具体测量次数可根据实际应用进行设定。

[0063] 上述中,本申请通过采用无创的超声剪切波弹性成像系统快速检测骨骼肌,随着关节被动运动,同步监测设定大小的ROI区域,记录因肌肉收缩导致的弹性模量的改变,具体如图2所示。

[0064] 步骤300:数据处理,去除弹性测量数据中的冗余数据,将处理后的弹性测量数据

转化为弹性模量--关节角度对应关系,将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集,并打好标签;

[0065] 步骤300中,数据处理如图3所示,其具体包括:首先对弹性测量数据进行清洗与加工,消除采集过程中因操作等问题产生的冗余及异常数据;然后,将弹性测量数据制作成每2度取一个弹性模量作为样本特征的一个35维样本集合,将弹性测量数据转化为弹性模量-角度曲线关系,给相应的数据打上标签,得到数据集,并将数据集分成十份,其中9份作为训练集数据,轮流对概率神经网络进行训练,1份作为测试集数据对概率神经网络进行验证。

[0066] 步骤400:构建PNN(概率神经网络)模型,将训练集数据输入概率神经网络进行分类训练,输出被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别;

[0067] 步骤400中,概率神经网络于1989年由D.F. Specht博士首先提出,是一种常用于模式分类的神经网络。概率神经网络是基于统计原理的神经网络模型,在分类功能上与最优Bayes分类器等价,其实质是基于贝叶斯最小风险准则发展而来的一种并行算法,同时它不像传统的多层前向网络那样需要用BP算法进行反向误差传播的计算,而是完全前向的计算过程。它训练时间短、不易产生局部最优,而且它的分类正确率较高。

[0068] 具体的,PNN网络结构如图4所示,其包括输入层、隐含层、求和层和输出层。各层功能如下:

[0069] 第一层为输入层,用于接收来自训练样本的值,并将接收数据传递给隐含层,神经元个数与输入向量长度相等。

[0070] 第二层的隐含层为径向基层,每一个隐含层的神经元节点拥有一个中心(对应一个样本数据),该层接收输入层的样本输入,计算输入向量与中心的距离,最后返回一个标量值,神经元个数与输入训练样本个数相同。向量 x 输入到隐含层,隐含层中第 i 类模式的第 j 个神经元所确定的输入/输出关系由下式定义:

$$[0071] \quad \phi_{ij}(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}\sigma^d} e^{-\frac{(x-x_{ij})(x-x_{ij})^T}{\sigma^2}} \quad (1)$$

[0072] 公式(1)中的 x_{ij} 与RBF(径向基)神经网络一致,就是求每个输入与样本的欧式距离,只不过此隐含层将数据分为了 i 个类,并且设第 i 个类有 j 个数据。

[0073] 第三层为求和层,求和层的神经元个数与数据分类的个数相等,求和层求得上式中每类数据的平均值,然后比较每类数据平均值的大小,将数据分类到平均值最大的类。

[0074] 假设 $i=1,2,\dots,M$, M 为训练样本中的总类数, d 为样本空间数据的维数, x_{ij} 为第 i 类样本的第 j 个中心。求和层将隐含层中属中同一类的隐含神经元的输出做加权平均:

$$[0075] \quad v_i = \frac{\sum_{j=1}^L \phi_{ij}}{L} \quad (2)$$

[0076] 公式(2)中, v_i 表示第 i 类类别的输出, L 表示第 i 类的神经元个数。求和层的神经元个数与总类数 M 相同。

[0077] 最后一层为输出层,输出层取求和层中最大的一个作为输出的类别:

$$[0078] \quad y = \operatorname{argmax}(v_i) \quad (3)$$

[0079] 上述中,本申请通过将弹性模量--关节角度对应关系作为分类特征,通过概率神经网络进行肌肉疾病的分类判断,即概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应

关系定量分析被检测者在被动运动中,肌肉弹性模量变化的趋势,以此评估被测者是否患有肌肉疾病,以及所患肌肉疾病的类型,为计算机辅助超声评估肌肉疾病临床评估带来新的方法。

[0080] 步骤500:模型验证与参数选择;将测试集数据输入概率神经网络,通过十折交叉验证模型的评估正确率,并选择合适的模型参数;

[0081] 步骤600中,模型验证与参数选择如图5所示,十折交叉验证是常用的测试方法,用于测试算法准确性。每次试验都会得出相应的正确率(或差错率)。取10次试验的正确率(或差错率)的平均值作为对算法精度的估计,再进行10次10折交叉验证,再求其均值,作为对算法准确性的估计。

[0082] 模型参数选择具体为:隐含层神经元各参数阈值中,spread值是神经网络的径向基扩展速度。spread越大,在函数进行拟合时就相对平滑,同时逼近误差就会随之变大,计算也会变大。相反,如果spread越小,函数的逼近程度就会越大越精准,但是,与此同时,函数的整个逼近过程则会相对的不平滑,进而会出现图像过适应的糟糕现象。合理地选择spread值对神经网络的仿真结果非常重要,本申请通过设定初始spread值为0.01,步长为0.01,spread最大值为2,确认参数为0.6时,正确率达到稳定水平。

[0083] 请参阅图6,是本申请实施例的肌肉疾病评估系统的结构示意图。本申请实施例的肌肉疾病评估系统包括运动角度记录模块、弹性测量模块、数据处理模块、模型训练模块和模型验证模块。

[0084] 运动角度记录模块:用于通过外部驱动带动被测者被动运动,并同步、连续采集被测者的运动角度;其中,被动运动具体方法如下:首先记录被测者的姓名、性别、年龄、体重、身高等信息,建立被测者个人信息档案;其次,使被测者处于舒适体位,暴露待测量关节,确定被测关节的骨性标志,找到运动轴、固定臂、移动臂;然后,采用外力驱动带动被测者的被测关节被动屈伸,使其完成从-40度到30度的运动,并每2度记录一次被测者的运动角度。

[0085] 弹性测量模块:用于利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据(即不同运动角度对应的弹性模量);其中,弹性测量具体包括:首先,采用超声评估仪的B-mode成像模式检测垂直肌束横切面,确定肌腹最厚位置,然后旋转探头,沿肌束方向纵切面检查骨骼肌长轴,启动弹性成像模式,固定探头位置,连续测量肌肉组织关节角度变化时肌腹的杨氏模量值,感兴趣区域大小为10mm×10mm,获得动态超声弹性图像序列;通过多次测量杨式模量值,系统自动计算区域内肌肉组织的平均杨氏模量值作为骨骼肌的弹性模量测量值。本申请实施例中,每个被测者测量杨式模量值3次,然后取平均值,具体测量次数可根据实际应用进行设定。

[0086] 数据处理模块:用于去除弹性测量数据中的冗余数据,将处理后的弹性测量数据转化为弹性模量--关节角度对应关系,将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集,并打好标签;数据处理具体包括:首先对弹性测量数据进行清洗与加工,消除采集过程中因操作等问题产生的冗余及异常数据;然后,将弹性测量数据制作成每2度取一个弹性模量作为样本特征的一个35维样本集合,将弹性测量数据转化为弹性模量-角度曲线关系,给相应的数据打上标签,得到数据集,并将数据集分成十份,其中9份作为训练集数据,轮流对概率神经网络进行训练,1份作为测试集数据对概率神经网络进行验证。

[0087] 模型训练模块:用于构建PNN(概率神经网络)模型,将训练集数据输入概率神经网络

络进行分类训练,输出被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别;其中,概率神经网络是基于统计原理的神经网络模型,在分类功能上与最优Bayes分类器等价,其实质是基于贝叶斯最小风险准则发展而来的一种并行算法,同时它不像传统的多层前向网络那样需要用BP算法进行反向误差传播的计算,而是完全前向的计算过程。它训练时间短、不易产生局部最优,而且它的分类正确率较高。

[0088] 具体的,PNN网络结构如图4所示,其包括输入层、隐含层、求和层和输出层。各层功能如下:

[0089] 第一层为输入层,用于接收来自训练样本的值,并将接收数据传递给隐含层,神经元个数与输入向量长度相等。

[0090] 第二层的隐含层为径向基层,每一个隐含层的神经元节点拥有一个中心(对应一个样本数据),该层接收输入层的样本输入,计算输入向量与中心的距离,最后返回一个标量值,神经元个数与输入训练样本个数相同。向量 x 输入到隐含层,隐含层中第 i 类模式的第 j 个神经元所确定的输入/输出关系由下式定义:

$$[0091] \quad \phi_{ij}(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}\sigma^d} e^{-\frac{(x-x_{ij})(x-x_{ij})^T}{\sigma^2}} \quad (1)$$

[0092] 公式(1)中的 x_{ij} 与RBF(径向基)神经网络一致,就是求每个输入与样本的欧式距离,只不过此隐含层将数据分为了 i 个类,并且设第 i 个类有 j 个数据。

[0093] 第三层为求和层,求和层的神经元个数与数据分类的个数相等,求和层求得上式中每类数据的平均值,然后比较每类数据平均值的大小,将数据分类到平均值最大的类。

[0094] 假设 $i=1,2,\dots,M$, M 为训练样本中的总类数, d 为样本空间数据的维数, x_{ij} 为第 i 类样本的第 j 个中心。求和层将隐含层中属中同一类的隐含神经元的输出做加权平均:

$$[0095] \quad v_i = \frac{\sum_{j=1}^L \phi_{ij}}{L} \quad (2)$$

[0096] 公式(2)中, v_i 表示第 i 类类别的输出, L 表示第 i 类的神经元个数。求和层的神经元个数与总类数 M 相同。

[0097] 最后一层为输出层,输出层取求和层中最大的一个作为输出的类别:

$$[0098] \quad y = \operatorname{argmax}(v_i) \quad (3)$$

[0099] 上述中,本申请通过将弹性模量--关节角度对应关系作为分类特征,通过概率神经网络进行肌肉疾病的分类判断,即概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系定量分析被检测者在被动运动中,肌肉弹性模量变化的趋势,以此评估被测者是否患有肌肉疾病,以及所患肌肉疾病的类型,为计算机辅助超声评估肌肉疾病临床评估带来新的方法。

[0100] 模型验证模块:用于模型验证与参数选择;将测试集数据输入概率神经网络,通过十折交叉验证模型的评估正确率,并选择合适的模型参数;十折交叉验证是常用的测试方法,用于测试算法准确性。每次试验都会得出相应的正确率(或差错率)。取10次试验的正确率(或差错率)的平均值作为对算法精度的估计,再进行10次10折交叉验证,再求其均值,作为对算法准确性的估计。

[0101] 模型参数选择具体为:隐含层神经元各参数阈值中,spread值是神经网络的径向

基扩展速度。spread越大,在函数进行拟合时就相对平滑,同时逼近误差就会随之变大,计算也会变大。相反,如果spread越小,函数的逼近程度就会越大越精准,但是,与此同时,函数的整个逼近过程则会相对的不平滑,进而会出现图像过适应的糟糕现象。合理地选择spread值对神经网络的仿真结果非常重要,本申请通过设定初始spread值为0.01,步长为0.01,spread最大值为2,确认参数为0.6时,正确率达到稳定水平。

[0102] 为了验证本申请的可行性和有效性,采集了DMD患者86例、正常患者31例,通过PNN进行训练分类,当spread选择0.6时,基本达到最佳,平均正确率为93.18%,相对于现有技术本申请分类结果更加可靠。本申请可广泛应用于肌无力、肌疲劳、肌痛、肌萎缩症等多种肌肉疾病的评估,并可应用GRNN、BP等不同的神经网络。

[0103] 图7是本申请实施例提供的肌肉疾病评估方法的硬件设备结构示意图。如图7所示,该设备包括一个或多个处理器以及存储器。以一个处理器为例,该设备还可以包括:输入系统和输出系统。

[0104] 处理器、存储器、输入系统和输出系统可以通过总线或者其他方式连接,图7中通过总线连接为例。

[0105] 存储器作为一种非暂态计算机可读存储介质,可用于存储非暂态软件程序、非暂态计算机可执行程序以及模块。处理器通过运行存储在存储器中的非暂态软件程序、指令以及模块,从而执行电子设备的各种功能应用以及数据处理,即实现上述方法实施例的处理方法。

[0106] 存储器可以包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需要的应用程序;存储数据区可存储数据等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非暂态存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非暂态固态存储器件。在一些实施例中,存储器可选包括相对于处理器远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至处理系统。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0107] 输入系统可接收输入的数字或字符信息,以及产生信号输入。输出系统可包括显示屏等显示设备。

[0108] 所述一个或者多个模块存储在所述存储器中,当被所述一个或者多个处理器执行时,执行上述任一方法实施例的以下操作:

[0109] 步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

[0110] 步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

[0111] 步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

[0112] 步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

[0113] 上述产品可执行本申请实施例所提供的方法,具备执行方法相应的功能模块和有益效果。未在本实施例中详尽描述的技术细节,可参见本申请实施例提供的方法。

[0114] 本申请实施例提供了一种非暂态(非易失性)计算机存储介质,所述计算机存储介

质存储有计算机可执行指令,该计算机可执行指令可执行以下操作:

[0115] 步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

[0116] 步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

[0117] 步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

[0118] 步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

[0119] 本申请实施例提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读存储介质上的计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,当所述程序指令被计算机执行时,使所述计算机执行以下操作:

[0120] 步骤a:通过外部驱动带动被测者被动运动,并采集被测者的运动角度;

[0121] 步骤b:利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化,提取动态变化的弹性测量数据;

[0122] 步骤c:从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系,并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征,制作数据集;

[0123] 步骤d:构建概率神经网络模型,将所述数据集输入概率神经网络进行训练,所述概率神经网络利用骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系分析被测者在被动运动中肌肉弹性模量变化的趋势,并以此评估被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。

[0124] 本申请实施例的肌肉疾病评估方法、系统及电子设备通过被动活动被测者肢体,同步采集被测者的骨骼肌弹性成像序列,提取动态变化的弹性测量数据,得到运动角度与弹性模量之间的曲线关系,并通过人工神经网络检测被测者是否患有肌肉疾病,以及肌肉疾病的类别。与现有技术相比,本申请至少具有如下优点:

[0125] 1、采用超声检测,相比CT、MRI等,更加方便操作,成像速度更快,无创,超声检测敏感,具有很好的实时性。

[0126] 2、采集数据方便,满足临床需要,只需检测单块骨骼肌运动即可得到评估结果。

[0127] 3、采用人工智能神经网络,分类结果更加可靠,泛化能力更好,为肌肉疾病的评估提供了新的方法,扩展了计算机辅助超声评估在肌肉疾病早期评估的应用领域。

[0128] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本申请中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本申请所示的这些实施例,而是要符合与本申请所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

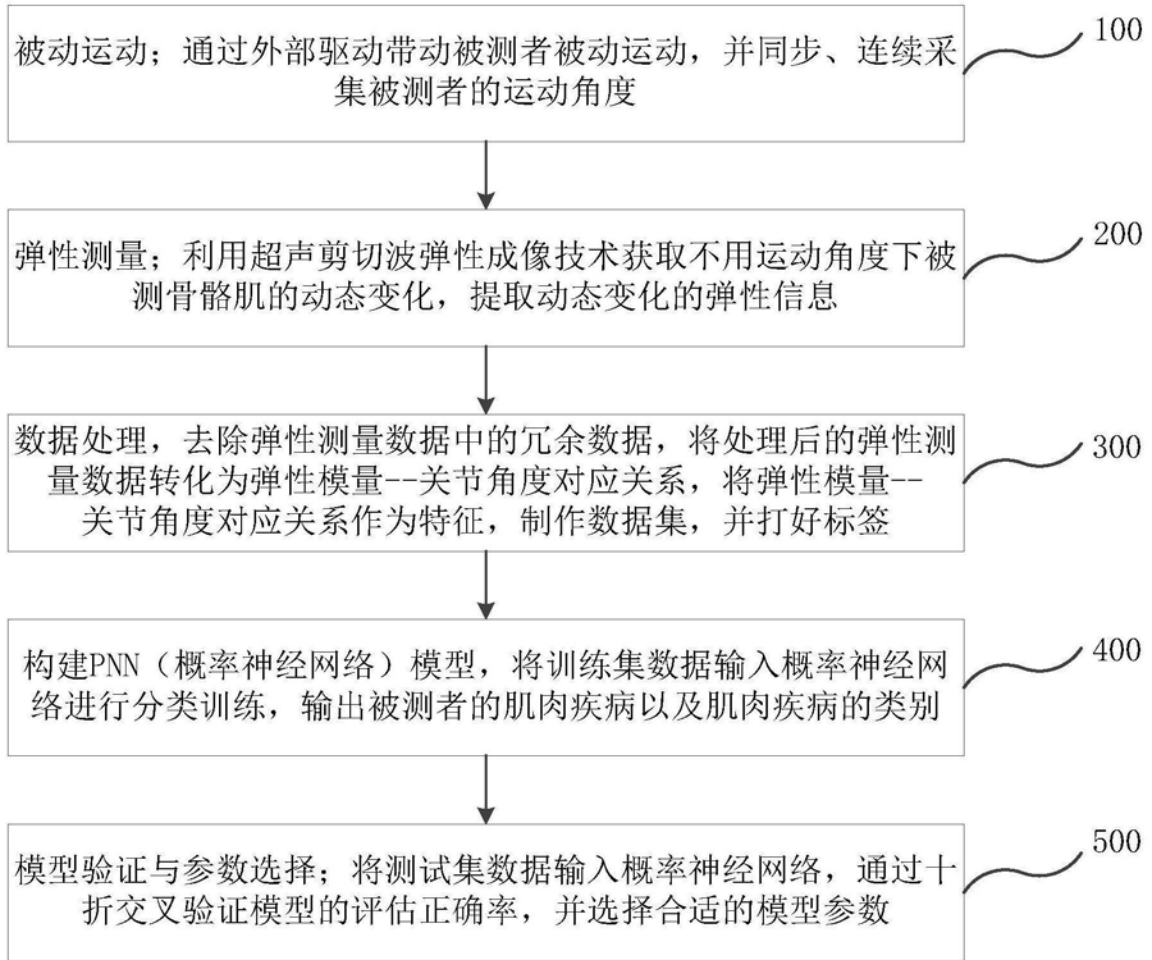


图1

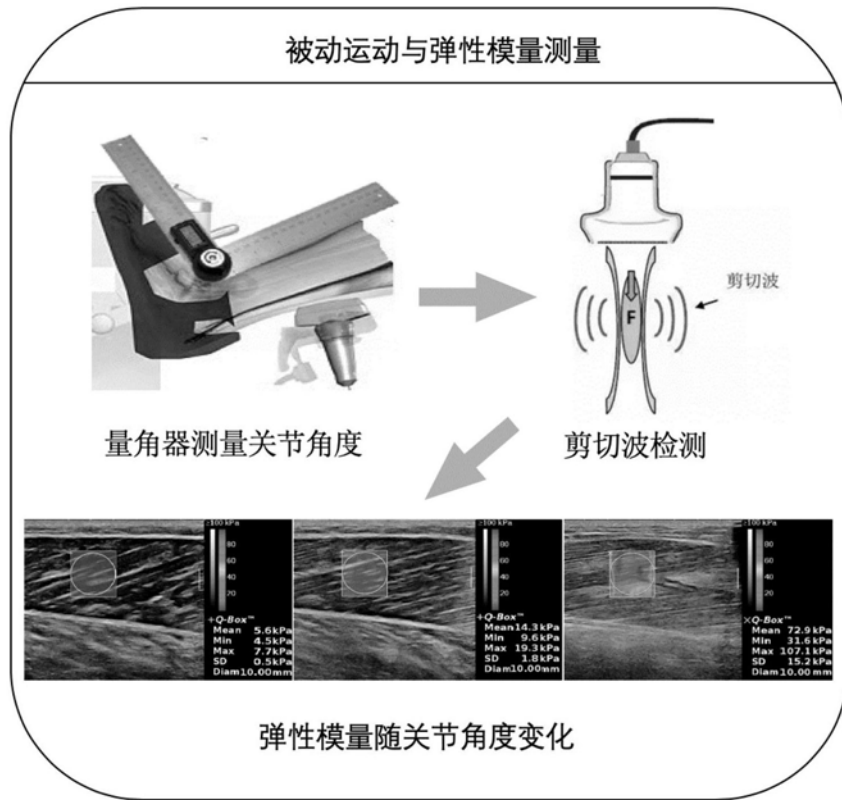


图2

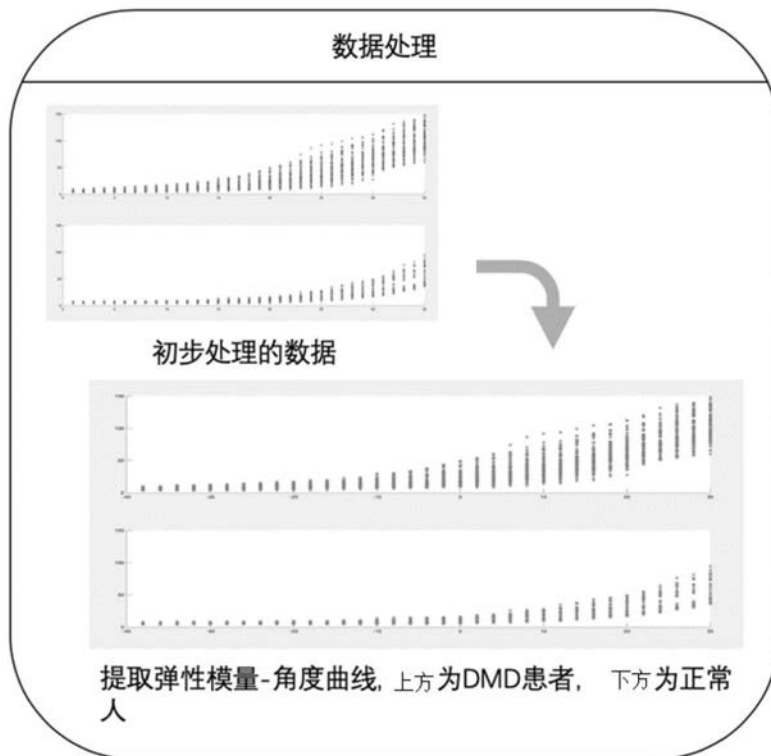


图3

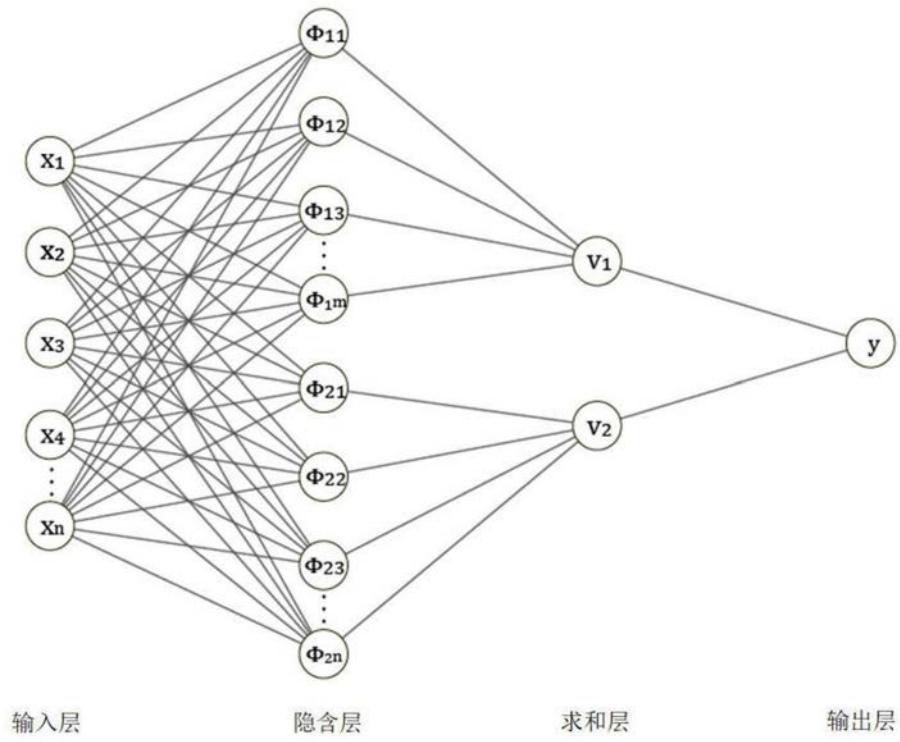


图4

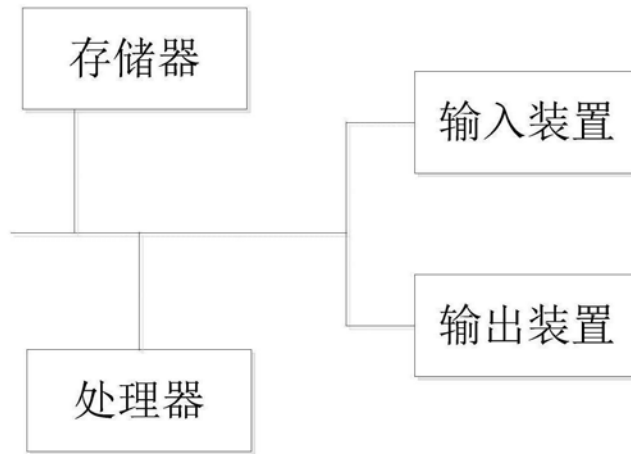


图7

专利名称(译)	一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备		
公开(公告)号	CN110693526A	公开(公告)日	2020-01-17
申请号	CN201911094835.7	申请日	2019-11-11
[标]申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
[标]发明人	肖杨 陈畅明 张湘楠 王丛知 郑海荣		
发明人	肖杨 陈畅明 张湘楠 王丛知 郑海荣		
IPC分类号	A61B8/00 A61B5/11		
CPC分类号	A61B5/1118 A61B5/4519 A61B8/485 A61B8/5223		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本申请涉及一种肌肉疾病评估方法、系统及电子设备。包括：步骤a：通过外部驱动带动被测者被动运动，并采集被测者的运动角度；步骤b：利用超声剪切波弹性成像技术获取不用运动角度下被测骨骼肌的动态变化，提取动态变化的弹性测量数据；步骤c：从所述弹性测量数据中提取被测骨骼肌的弹性模量--关节角度对应关系，并将弹性模量--关节角度对应关系作为特征，制作数据集；步骤d：构建概率神经网络模型，将所述数据集输入概率神经网络进行训练，所述概率神经网络输出被测者的肌肉疾病以及肌肉疾病的类别。本申请采用人工智能神经网络，分类结果更加可靠，泛化能力更好，为肌肉疾病的评估提供了新的方法。

