(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 118592960 B
(45)授权公告日 2024.11.22

(21)申请号 202410550155.6

(22)申请日 2024.05.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118592960 A

(43)申请公布日 2024.09.06

(73)专利权人 中国康复研究中心
地址 100068 北京市丰台区角门北路10号

(72)发明人 亓攀

(74)专利代理机构 北京辰权知识产权代理有限公司 11619
专利代理师 付婧

(51)Int.Cl.
A61B 5/22(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)
A61B 5/11(2006.01)
A61F 2/46(2006.01)
G16H 50/30(2018.01)
G16H 40/63(2018.01)
G16H 40/67(2018.01)
G16H 80/00(2018.01)
G06N 3/0442(2023.01)
G06N 3/084(2023.01)
G06N 3/0985(2023.01)
G06F 18/213(2023.01)

(56)对比文件
US 2016192878 A1,2016.07.07

审查员 郑亮

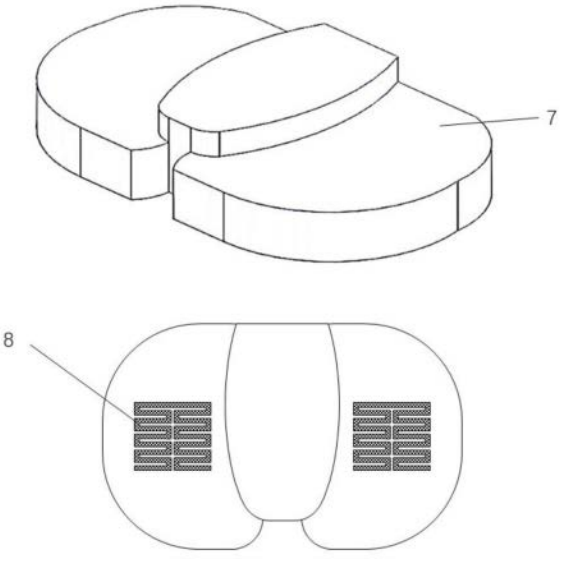
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种膝关节炎减压矫正监测系统

(57)摘要

本发明涉及一种膝关节炎减压矫正监测系统,集成了置入式与穿戴式传感器、智能分析模型、云端服务器等组件,旨在实现膝关节炎患者康复过程的精准监测与个性化管理。置入式传感器通过自供电多层结构设计,无创地实时监测膝关节内部压力,而穿戴式传感器则记录患者日常活动中的步态、运动范围与强度。系统利用深度学习算法,从六维度数据中提取特征,构建模型输出健康评分,实现对康复进程的智能评估。云端服务器确保数据安全存储与高效处理,而终端模块为用户提供直观反馈与远程医疗服务。此系统不仅提升了监测精度与患者参与度,还通过个性化康复建议促进了治疗效果,显著优化了膝关节炎的管理流程,为患者康复与生活质量改善带来进步。



CN 118592960 B

1.一种膝关节炎减压矫正监测系统,包括置入式传感器、脉冲信号接收模块、穿戴式传感器、监测控制系统、云端服务器、分析模块以及终端模块;其特征在于:

置入式传感器无线连接脉冲信号接收模块,脉冲信号接收模块连接监测控制系统,置入式传感器设置于全膝置换术后的人工膝关节内,用于实时采集患者的膝关节的压力,并将实时采集的膝关节压力发送给脉冲信号接收模块;脉冲信号接收模块将采集的数据发送给监测控制系统;

穿戴式传感器连接监测控制系统,用于收集患者日常活动中的运动数据,包括步频、运动范围和运动强度,并将采集的数据发送给监测控制系统;

分析模块连接监测控制系统,用于根据监测控制系统采集的数据输入监测模型,监测模型输出患者的健康评分;

监测控制系统连接云端服务器,终端模块连接云端服务器,监测控制系统将患者的健康评分和采集的各种数据发送至云端服务器,云端服务器将数据整合后发送至终端模块,以备终端模块的查询;

置入式传感器设置于全膝置换术后的人工膝关节内,具体的置于人工膝关节的胫骨平台内;

置入式传感器在胫骨平台内设置有两个,分别位于胫骨平台的内侧和外侧,以检测内踝和外踝对胫骨平台产生的压力;

置入式传感器为多层结构,采用无电源自供电设计,从上至下包括压电材料层、电极层、缓冲材料层、天线层、电能暂存层、柔性线路板层;

压电材料层:位于传感器顶部,采用压电材料制成,当受到外力压迫时,压电材料会发生形变并产生电压,将机械能转换为电能,直接将物理压力转变为可测量的电信号;

电极层:紧邻压电材料层下方,由导电材料构成,用于接收并传递压力变化产生的电信号;

缓冲材料层:设计于电极层之下,用于吸收并分散施加在传感器上的不均匀压力或冲击,保护传感器各层不受损伤,同时确保压力传递均匀,提高测量的准确性和传感器的耐用性;

天线层:设置于缓冲材料层下方,包含一个微型天线结构与电能暂存层和柔性线路板层相连,用于将传感器内部产生的信号传输到脉冲信号接收模块;电能暂存层:位于天线层和柔性线路板层之间,用于临时存储从压电材料层收集能量,确保传感器在不受压时还能短暂工作;

柔性线路板层:集成了传感器各层之间的电路连接,使得电信号能从电极层传递到天线层,并包含微处理器,使得压电材料层在受到挤压之后,天线层能够像外界发出脉冲信号,脉冲信号的振幅和压电材料承受的压力大小成正比,脉冲信号的持续时间与压电材料承受压力的持续时间相同。

2.根据权利要求1所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统,其特征在于:脉冲信号接收模块设置在智能护膝上,用于近距离接收置入式传感器发射的脉冲信号;

脉冲信号接收模块内设置脉冲信号接收器,脉冲信号接收器的数量与置入式传感器的数量相同,且当患者穿上智能护膝后,每个脉冲信号接收器与其对应的置入式传感器的距离最近,从而保证对应的一组脉冲信号接收器与置入式传感器的信号传输最强。

3.根据权利要求2所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统,其特征在于:穿戴式传感器集成于智能护膝内,穿戴式传感器设置有:

多维度运动传感器,内置加速度计、陀螺仪与磁力计,形成三维运动捕捉系统,能够监测步频,记录步态周期中的脚掌着地、摆动各个阶段的运动参数,以及运动范围和强度;

低功耗蓝牙通信芯片:穿戴式传感器通过低功耗蓝牙与监测控制系统无线连接,实现数据的即时传输;

穿戴式传感器采集患者步频S、运动范围R、运动强度I,并将其发送至监测控制系统;

步频S为单位时间内患者移动的步数,运动范围R患者膝关节弯曲的角度,运动强度I为患者的移动速度。

4.根据权利要求3所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统,其特征在于:监测控制系统实时接收来自脉冲信号接收模块的双路信号,双路信号分别对应于设置在胫骨平台内侧和外侧的两个置入式传感器所发送的压力数据;对接收到的脉冲信号进行解码与校准,确保数据的准确性与一致性;将解码后的压力数据按照时间序列进行整合,构建压力随时间变化的三维数据矩阵,每一数据点不仅包含两个压力值,还精确标记了相应的采集时间戳;

监测控制系统实时接收穿戴式传感器采集的步频S、运动范围R、运动强度I;将采集的数据与压力随时间变化的三维数据矩阵整合,得到六维度数据矩阵;每一数据点包括第一压力值F_1,第二压力值F_2、步频S、运动范围R、运动强度I以及时间T;其中第一压力值F_1对应左踝的压力,第二压力值F_2对应右踝的压力。

5.根据权利要求4所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统,其特征在于:分析模块采用深度学习模型进行数据处理与评分;具体如下:

特征提取:

针对六维度数据矩阵,分析模块首先进行关键特征提取,特征包括:

步态周期特征:分析步频S,提取步态周期的持续时间、步速、步长,评估步态的稳定性和效率;

压力动态特征:从三维压力时间序列中提取每一步的压力峰值、谷值、平均值;提取多个步中压力的标准差以及压力变化率,以反映膝关节受力情况及其变化趋势;

运动能力特征:基于运动范围R和强度I,提取膝关节弯曲的最大值、最小值,提取单位时间运动强度的最大值、最小值和平均值;

数据处理与模型架构:

分析模块将提取的特征向量整合为一个张量,每个时间点的特征向量包含压力特征、步态周期特征、运动能力特征;

采用长短期记忆网络为核心,网络结构包括多个LSTM层,每层配备输入门、遗忘门、输出门和细胞状态,以有效处理时间序列数据中的长期依赖问题;LSTM层之后接续全连接层,以深化特征学习并提取更高层次的抽象特征;模型最终通过一个全连接输出层预测单一的健康评分值;

模型训练与优化:

损失函数选取均方误差,精确量化预测健康评分与实际评分的偏差;使用Adam优化算法进行模型参数的迭代更新,加速收敛并提高模型泛化能力。

6.根据权利要求5所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统,其特征在于:模型的训练方

法如下：

训练数据的收集要求包括不同年龄、性别、健康状况的患者；采集时，在自然行走、特定运动任务或日常活动中实时记录各项数据；同时对患者健康状况进行评分，0分表示需要手术，100分表示完全健康；

对原始数据进行清洗，剔除异常值，标准化或归一化处理，确保数据在同一尺度上可比较；将整理好的数据集划分为训练集、验证集和测试集，比例为70％、15％、15％，以保证模型的有效训练与公正评估；

基于所述的特征提取方法，构建特征向量，形成适合模型输入的结构化数据；采用分批梯度下降法，通过反向传播调整LSTM网络参数；在训练过程中，使用交叉验证策略定期在验证集上评估模型性能，监控过拟合现象，并根据需要调整超参数；

基于验证集上的表现，通过网格搜索或随机搜索方法优化超参数；最终，利用测试集评估模型的泛化能力，确保模型不仅能很好地拟合训练数据，也能准确预测未见过的数据点的健康评分。

7.根据权利要求1所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统，其特征在于：云端模块实施高效的数据备份策略，并配备恢复机制，确保所有患者数据的安全性与连续性，即使面临系统故障或外部威胁，也能迅速恢复服务，减少数据丢失风险。

8.根据权利要求1所述的一种膝关节炎减压矫正监测系统，其特征在于：终端模块提供高度互动与个性化的用户界面，根据患者偏好或医疗专业人士的建议，定制显示内容，包括健康评分趋势图、关键运动参数分析、康复建议提醒，确保信息展示直观易懂；

终端模块集成视频通话与即时通讯功能，使患者能够直接通过终端模块与医疗专家进行远程咨询，分享监测数据，获取即时反馈与专业指导；

终端模块根据分析模块输出的健康评分与监测数据，终端模块自动触发提醒

功能，包括康复锻炼提醒、异常数据预警、定期复查提示，促进患者依从性，

及时调整治疗方案。

一种膝关节炎减压矫正监测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗监测领域,具体涉及一种膝关节炎减压矫正监测系统。

背景技术

[0002] 膝关节炎作为一种常见的慢性退行性疾病,严重影响着患者的日常生活质量及运动能力。传统治疗手段往往侧重于药物缓解、物理治疗及后期的关节置换手术,然而对于病情的长期监测与个性化治疗方案的制定尚缺乏有效的技术支持。近年来,随着物联网、可穿戴技术和人工智能的飞速发展,对膝关节炎的实时监测与智能化评估成为了可能。尽管市场上已存在一些可穿戴设备用于步态分析或运动监测,但针对膝关节炎患者的特定需求,尤其是术后康复期的压力分布、运动功能的精确评估与矫正指导方面,仍缺乏高度集成、实时反馈及智能分析的综合解决方案。

发明内容

[0003] 为了解决上述问题,本发明提供一种膝关节炎减压矫正监测系统,包括置入式传感器、脉冲信号接收模块、穿戴式传感器、监测控制系统、云端服务器、分析模块以及终端模块;

[0004] 置入式传感器无线连接脉冲信号接收模块,脉冲信号接收模块连接监测控制系统,置入式传感器设置于全膝置换术后的人工膝关节内,用于实时采集患者的膝关节的压力,并将实时采集的膝关节压力发送给脉冲信号接收模块;脉冲信号接收模块将采集的数据发送给监测控制系统;

[0005] 穿戴式传感器连接监测控制系统,用于收集患者日常活动中的运动数据,包括步频、运动范围和运动强度,并将采集的数据发送给监测控制系统;

[0006] 分析模块连接监测控制系统,用于根据监测控制系统采集的数据输入监测模型,监测模型输出患者的健康评分;

[0007] 监测控制系统连接云端服务器,终端模块连接云端服务器,监测控制系统将患者的健康评分和采集的各种数据发送至云端服务器,云端服务器将数据整合后发送至终端模块,以备终端模块的查询。

[0008] 置入式传感器设置于全膝置换术后的人工膝关节内,具体的置于人工膝关节的胫骨平台内;

[0009] 置入式传感器在胫骨平台内设置有两个,分别位于胫骨平台的内侧和外侧,以检测内踝和外踝对胫骨平台产生的压力。

[0010] 置入式传感器为多层结构,采用无电源自供电设计,从上至下包括压电材料层、电极层、缓冲材料层、天线层、电能暂存层、柔性线路板层;

[0011] 压电材料层:位于传感器顶部,采用压电材料制成,当受到外力压迫时,压电材料会发生形变并产生电压,将机械能转换为电能,直接将物理压力转变为可测量的电信号;

[0012] 电极层:紧邻压电材料层下方,由导电材料构成,用于接收并传递压力变化产生的

电信号；

[0013] 缓冲材料层：设计于电极层之下，用于吸收并分散施加在传感器上的不均匀压力或冲击，保护传感器各层不受损伤，同时确保压力传递均匀，提高测量的准确性和传感器的耐用性；

[0014] 天线层：设置于缓冲材料层下方，包含一个微型天线结构与电能暂存层和柔性线路板层相连，用于将传感器内部产生的信号传输到脉冲信号接收模块；

[0015] 电能暂存层：位于天线层和柔性线路板层之间，用于临时存储从压电材料层收集能量，确保传感器在不受压时还能短暂工作；

[0016] 柔性线路板层：集成了传感器各层之间的电路连接，使得电信号能从电极层传递到天线层，并包含微处理器，使得压电材料层在受到挤压之后，天线层能够像外界发出脉冲信号，脉冲信号的振幅和压电材料承受的压力大小成正比，脉冲信号的持续时间与压电材料承受压力的持续时间相同。

[0017] 脉冲信号接收模块设置在智能护膝上，用于近距离接收置入式传感器发射的脉冲信号；

[0018] 脉冲信号接收模块内设置脉冲信号接收器，脉冲信号接收器的数量与置入式传感器的数量相同，且当患者穿上智能护膝后，每个脉冲信号接收器与其对应的置入式传感器的距离最近，从而保证对应的一组脉冲信号接收器与置入式传感器的信号传输最强。

[0019] 穿戴式传感器集成于智能护膝内，穿戴式传感器设置有：

[0020] 多维度运动传感器，内置加速度计、陀螺仪与磁力计，形成三维运动捕捉系统，能够监测步频，记录步态周期中的脚掌着地、摆动等各个阶段的运动参数，以及运动范围和强度；

[0021] 低功耗蓝牙通信芯片：穿戴式传感器通过低功耗蓝牙与监测控制系统无线连接，实现数据的即时传输；

[0022] 穿戴式传感器采集患者步频S、运动范围R、运动强度I，并将其发送至监测控制系统；

[0023] 步频S为单位时间内患者移动的步数，运动范围R患者膝关节弯曲的角度，运动强度I为患者的移动速度。

[0024] 监测控制系统实时接收来自脉冲信号接收模块的双路信号，双路信号分别对应于设置在胫骨平台内侧和外侧的两个置入式传感器所发送的压力数据；对接收到的脉冲信号进行解码与校准，确保数据的准确性与一致性；将解码后的压力数据按照时间序列进行整合，构建压力随时间变化的三维数据矩阵，每一数据点不仅包含两个压力值，还精确标记了相应的采集时间戳；

[0025] 监测控制系统实时接收穿戴式传感器采集的步频S、运动范围R、运动强度I；将采集的数据与压力随时间变化的三维数据矩阵整合，得到六维度数据矩阵；每一数据点包括第一压力值F_1，第二压力值F_2、步频S、运动范围R、运动强度I以及时间T；其中第一压力值F_1对应左踝的压力，第二压力值F_2对应右踝的压力。

[0026] 分析模块采用深度学习模型进行数据处理与评分；具体如下：

[0027] 特征提取：

[0028] 针对六维度数据矩阵，分析模块首先进行关键特征提取，特征包括：

[0029] 步态周期特征:分析步频S,提取步态周期的持续时间、步速、步长,评估步态的稳定性和效率;

[0030] 压力动态特征:从三维压力时间序列中提取每一步的压力峰值、谷值、平均值;提取多个步中压力的标准差以及压力变化率,以反映膝关节受力情况及其变化趋势;

[0031] 运动能力特征:基于运动范围R和强度I,提取膝关节弯曲的最大值、最小值,提取单位时间运动强度的最大值、最小值和平均值;

[0032] 数据处理与模型架构:

[0033] 分析模块将提取的特征向量整合为一个张量,每个时间点的特征向量包含压力特征、步态周期特征、运动能力特征;

[0034] 采用长短期记忆网络为核心,网络结构包括多个LSTM层,每层配备输入门、遗忘门、输出门和细胞状态,以有效处理时间序列数据中的长期依赖问题;LSTM层之后接续全连接层,以深化特征学习并提取更高层次的抽象特征;模型最终通过一个全连接输出层预测单一的健康评分值;

[0035] 模型训练与优化:

[0036] 损失函数选取均方误差,精确量化预测健康评分与实际评分的偏差;使用Adam优化算法进行模型参数的迭代更新,加速收敛并提高模型泛化能力。

[0037] 模型的训练方法如下:

[0038] 训练数据的收集要求包括不同年龄、性别、健康状况的患者。采集时,在自然行走、特定运动任务或日常活动中实时记录各项数据;同时对患者健康状况进行评分,0分表示需要手术,100分表示完全健康;

[0039] 对原始数据进行清洗,剔除异常值,标准化或归一化处理,确保数据在同一尺度上可比较;将整理好的数据集划分为训练集、验证集和测试集,比例为70%、15%、15%,以保证模型的有效训练与公正评估;

[0040] 基于所述的特征提取方法,构建特征向量,形成适合模型输入的结构化数据;

[0041] 采用分批梯度下降法,通过反向传播调整LSTM网络参数;在训练过程中,使用交叉验证策略定期在验证集上评估模型性能,监控过拟合现象,并根据需要调整超参数;

[0042] 基于验证集上的表现,通过网格搜索或随机搜索等方法优化超参数;最终,利用测试集评估模型的泛化能力,确保模型不仅能很好地拟合训练数据,也能准确预测未见过的数据点的健康评分。

[0043] 云端模块实施高效的数据备份策略,并配备恢复机制,确保所有患者数据的安全性与连续性,即使面临系统故障或外部威胁,也能迅速恢复服务,减少数据丢失风险。

[0044] 终端模块提供高度互动与个性化的用户界面,根据患者偏好或医疗专业人士的建议,定制显示内容,包括健康评分趋势图、关键运动参数分析、康复建议提醒,确保信息展示直观易懂;

[0045] 终端模块集成视频通话与即时通讯功能,使患者能够直接通过终端模块与医疗专家进行远程咨询,分享监测数据,获取即时反馈与专业指导;

[0046] 终端模块根据分析模块输出的健康评分与监测数据,终端模块自动触发提醒功能,包括康复锻炼提醒、异常数据预警、定期复查提示,促进患者依从性,及时调整治疗方案。

[0047] 本发明提出的一种膝关节炎减压矫正监测系统,通过高度集成的置入式与穿戴式传感器系统,实现了对患者膝关节压力、运动参数的全方位、实时监测。该系统不仅能够精确捕捉到膝关节内部的压力变化,而且能够结合日常活动中的运动数据,为医生提供详细的康复进展信息和健康评分,具体有益效果包括:

[0048] 双路置入式传感器与多维度穿戴式传感器的联合应用,实现了对膝关节受力状态和运动功能的高精度监测,有助于发现早期异常,为患者提供个性化的康复建议和治疗调整。

[0049] 置入式传感器采用的多层结构与自供电设计,特别是压电材料层的创新应用,确保了传感器在不依赖外部电源的情况下长期稳定工作,减少了植入式设备的维护需求,提升了患者使用的安全性与便捷性,同时也降低了长期使用成本。

[0050] 基于深度学习的分析模块,通过提取关键特征并构建预测模型,能准确评估患者的健康状况,及时发现康复过程中的问题,为医生提供科学的决策支持,降低并发症风险。通过云端服务器与终端模块的无缝连接,患者可以便捷地通过移动设备查看自身康复进度和健康评分,增强了患者的自我管理意识和康复动力。

附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0052] 附图1为本发明整体架构示意图;

[0053] 附图2为本发明置入式传感器安装位置图;

[0054] 附图3为本发明多层传感器的结构示意图。

[0055] 其中:1压电材料层、2电极层、3缓冲材料层、4天线层、5电能暂存层、6柔性线路板层、7胫骨平台、8置入式传感器。

具体实施方式

[0056] 参见图1至图3,本发明提供一种一种膝关节炎减压矫正监测系统,包括置入式传感器、脉冲信号接收模块、穿戴式传感器、监测控制系统、云端服务器、分析模块以及终端模块;

[0057] 置入式传感器无线连接脉冲信号接收模块,脉冲信号接收模块连接监测控制系统,置入式传感器设置于全膝置换术后的人工膝关节内,用于实时采集患者的膝关节的压力,并将实时采集的膝关节压力发送给脉冲信号接收模块;脉冲信号接收模块将采集的数据发送给监测控制系统;

[0058] 穿戴式传感器连接监测控制系统,用于收集患者日常活动中的运动数据,包括步频、运动范围和运动强度,并将采集的数据发送给监测控制系统;

[0059] 分析模块连接监测控制系统,用于根据监测控制系统采集的数据输入监测模型,监测模型输出患者的健康评分;

[0060] 监测控制系统连接云端服务器,终端模块连接云端服务器,监测控制系统将患者

的健康评分和采集的各种数据发送至云端服务器,云端服务器将数据整合后发送至终端模块,以备终端模块的查询。

[0061] 置入式传感器8设置于全膝置换术后的人工膝关节内,具体的置于人工膝关节的胫骨平台7内;

[0062] 置入式传感器8在胫骨平台内设置有两个,分别位于胫骨平台7的内侧和外侧,以检测内踝和外踝对胫骨平台产生的压力。

[0063] 置入式传感器8为多层结构,采用无电源自供电设计,从上至下包括压电材料层、电极层、缓冲材料层、天线层、电能暂存层、柔性线路板层;

[0064] 压电材料层1:位于传感器顶部,采用压电材料制成,当受到外力压迫时,压电材料会发生形变并产生电压,将机械能转换为电能,直接将物理压力转变为可测量的电信号;

[0065] 电极层2:紧邻压电材料层下方,由导电材料构成,用于接收并传递压力变化产生的电信号;

[0066] 缓冲材料层3:设计于电极层之下,用于吸收并分散施加在传感器上的不均匀压力或冲击,保护传感器各层不受损伤,同时确保压力传递均匀,提高测量的准确性和传感器的耐用性;

[0067] 天线层4:设置于缓冲材料层下方,包含一个微型天线结构与电能暂存层和柔性线路板层相连,用于将传感器内部产生的信号传输到脉冲信号接收模块;

[0068] 电能暂存层5:位于天线层和柔性线路板层之间,用于临时存储从压电材料层收集能量,确保传感器在不受压时还能短暂工作;

[0069] 柔性线路板层6:集成了传感器各层之间的电路连接,使得电信号能从电极层传递到天线层,并包含微处理器,使得压电材料层在受到挤压之后,天线层能够像外界发出脉冲信号,脉冲信号的振幅和压电材料承受的压力大小成正比,脉冲信号的持续时间与压电材料承受压力的持续时间相同。

[0070] 脉冲信号接收模块设置在智能护膝上,用于近距离接收置入式传感器发射的脉冲信号;

[0071] 脉冲信号接收模块内设置脉冲信号接收器,脉冲信号接收器的数量与置入式传感器的数量相同,且当患者穿上智能护膝后,每个脉冲信号接收器与其对应的置入式传感器的距离最近,从而保证对应的一组脉冲信号接收器与置入式传感器的信号传输最强。

[0072] 穿戴式传感器集成于智能护膝内,穿戴式传感器设置有:

[0073] 多维度运动传感器,内置加速度计、陀螺仪与磁力计,形成三维运动捕捉系统,能够监测步频,记录步态周期中的脚掌着地、摆动等各个阶段的运动参数,以及运动范围和强度;

[0074] 低功耗蓝牙通信芯片:穿戴式传感器通过低功耗蓝牙与监测控制系统无线连接,实现数据的即时传输;

[0075] 穿戴式传感器采集患者步频S、运动范围R、运动强度I,并将其发送至监测控制系统;

[0076] 步频S为单位时间内患者移动的步数,运动范围R患者膝关节弯曲的角度,运动强度I为患者的移动速度。

[0077] 监测控制系统实时接收来自脉冲信号接收模块的双路信号,双路信号分别对应于

设置在胫骨平台内侧和外侧的两个置入式传感器所发送的压力数据;对接收到的脉冲信号进行解码与校准,确保数据的准确性与一致性;将解码后的压力数据按照时间序列进行整合,构建压力随时间变化的三维数据矩阵,每一数据点不仅包含两个压力值,还精确标记了相应的采集时间戳;

[0078] 监测控制系统实时接收穿戴式传感器采集的步频S、运动范围R、运动强度I;将采集的数据与压力随时间变化的三维数据矩阵整合,得到六维度数据矩阵;每一数据点包括第一压力值F_1,第二压力值F_2、步频S、运动范围R、运动强度I以及时间T;其中第一压力值F_1对应左踝的压力,第二压力值F_2对应右踝的压力。

[0079] 分析模块采用深度学习模型进行数据处理与评分;具体如下:

[0080] 特征提取:

[0081] 针对六维度数据矩阵,分析模块首先进行关键特征提取,特征包括:

[0082] 步态周期特征:分析步频S,提取步态周期的持续时间、步速、步长,评估步态的稳定性和效率;

[0083] 压力动态特征:从三维压力时间序列中提取每一步的压力峰值、谷值、平均值;提取多个步中压力的标准差以及压力变化率,以反映膝关节受力情况及其变化趋势;

[0084] 运动能力特征:基于运动范围R和强度I,提取膝关节弯曲的最大值、最小值,提取单位时间运动强度的最大值、最小值和平均值;

[0085] 数据处理与模型架构:

[0086] 分析模块将提取的特征向量整合为一个张量,每个时间点的特征向量包含压力特征、步态周期特征、运动能力特征;

[0087] 采用长短期记忆网络为核心,网络结构包括多个LSTM层,每层配备输入门、遗忘门、输出门和细胞状态,以有效处理时间序列数据中的长期依赖问题;LSTM层之后接续全连接层,以深化特征学习并提取更高层次的抽象特征;模型最终通过一个全连接输出层预测单一的健康评分值;

[0088] 模型训练与优化:

[0089] 损失函数选取均方误差,精确量化预测健康评分与实际评分的偏差;使用Adam优化算法进行模型参数的迭代更新,加速收敛并提高模型泛化能力。

[0090] 模型的训练方法如下:

[0091] 训练数据的收集要求包括不同年龄、性别、健康状况的患者。采集时,在自然行走、特定运动任务或日常活动中实时记录各项数据;同时对患者健康状况进行评分,0分表示需要手术,100分表示完全健康;

[0092] 对原始数据进行清洗,剔除异常值,标准化或归一化处理,确保数据在同一尺度上可比较;将整理好的数据集划分为训练集、验证集和测试集,比例为70%、15%、15%,以保证模型的有效训练与公正评估;

[0093] 基于所述的特征提取方法,构建特征向量,形成适合模型输入的结构化数据;

[0094] 采用分批梯度下降法,通过反向传播调整LSTM网络参数;在训练过程中,使用交叉验证策略定期在验证集上评估模型性能,监控过拟合现象,并根据需要调整超参数;

[0095] 基于验证集上的表现,通过网格搜索或随机搜索等方法优化超参数;最终,利用测试集评估模型的泛化能力,确保模型不仅能很好地拟合训练数据,也能准确预测未见过的

数据点的健康评分。

[0096] 云端模块实施高效的数据备份策略,并配备恢复机制,确保所有患者数据的安全性与连续性,即使面临系统故障或外部威胁,也能迅速恢复服务,减少数据丢失风险。

[0097] 终端模块提供高度互动与个性化的用户界面,根据患者偏好或医疗专业人士的建议,定制显示内容,包括健康评分趋势图、关键运动参数分析、康复建议提醒,确保信息展示直观易懂;

[0098] 终端模块集成视频通话与即时通讯功能,使患者能够直接通过终端模块与医疗专家进行远程咨询,分享监测数据,获取即时反馈与专业指导;

[0099] 终端模块根据分析模块输出的健康评分与监测数据,终端模块自动触发提醒功能,包括康复锻炼提醒、异常数据预警、定期复查提示,促进患者依从性,及时调整治疗方案。

[0100] 本发明提出的一种膝关节炎减压矫正监测系统,通过高度集成的置入式与穿戴式传感器系统,实现了对患者膝关节压力、运动参数的全方位、实时监测。该系统不仅能够精确捕捉到膝关节内部的压力变化,而且能够结合日常活动中的运动数据,为医生提供详细的康复进展信息和健康评分,具体有益效果包括:

[0101] 双路置入式传感器与多维度穿戴式传感器的联合应用,实现了对膝关节受力状态和运动功能的高精度监测,有助于发现早期异常,为患者提供个性化的康复建议和治疗调整。

[0102] 置入式传感器采用的多层结构与自供电设计,特别是压电材料层的创新应用,确保了传感器在不依赖外部电源的情况下长期稳定工作,减少了植入式设备的维护需求,提升了患者使用的安全性与便捷性,同时也降低了长期使用成本。

[0103] 基于深度学习的分析模块,通过提取关键特征并构建预测模型,能准确评估患者的健康状况,及时发现康复过程中的问题,为医生提供科学的决策支持,降低并发症风险。通过云端服务器与终端模块的无缝连接,患者可以便捷地通过移动设备查看自身康复进度和健康评分,增强了患者的自我管理意识和康复动力。

[0104] 至此,以说明和描述的目的提供上述实施例的描述。不意指穷举或者限制本公开。特定的实施例的单独元件或者特征通常不受到特定的实施例的限制,但是在适用时,即使没有具体地示出或者描述,其可以互换和用于选定的实施例。在许多方面,相同的元件或者特征也可以改变。这种变化不被认为是偏离本公开,并且所有的这种修改意指为包括在本公开的范围内。

[0105] 提供示例实施例,从而本公开将变得透彻,并且将会完全地将该范围传达至本领域内技术人员。为了透彻理解本公开的实施例,阐明了众多细节,诸如特定零件、装置和方法的示例。显然,对于本领域内技术人员,不需要使用特定的细节,示例实施例可以以许多不同的形式实施,而且两者都不应当解释为限制本公开的范围。在某些示例实施例中,不对公知的工序、公知的装置结构和公知的技术进行详细地描述。

[0106] 在此,仅为了描述特定的示例实施例的目的使用专业词汇,并且不是意指为限制的目的。除非上下文清楚地作出相反的表示,在此使用的单数形式“一个”和“该”可以意指为也包括复数形式。术语“包括”和“具有”是包括在内的意思,并且因此指定存在所声明的特征、整体、步骤、操作、元件和/或组件,但是不排除存在或额外地具有一个或以上的其他

特征、整体、步骤、操作、元件、组件和/或其组合。除非明确地指示了执行的次序，在此描述的该方法步骤、处理和操作不解释为一定需要按照所论述和示出的特定的次序执行。还应当理解的是，可以采用附加的或者可选择的步骤。

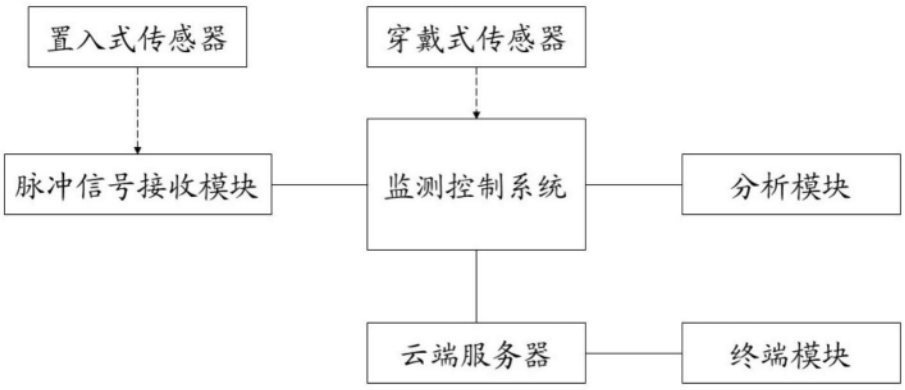


图1

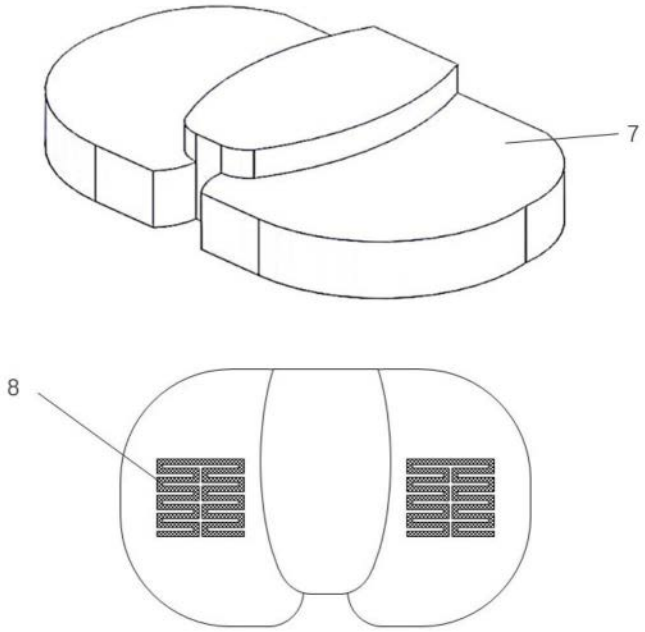


图2

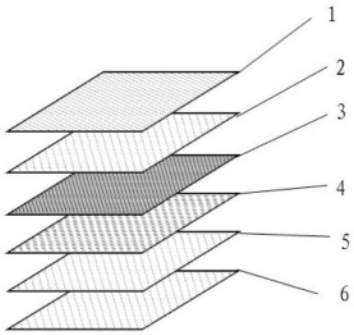


图3