

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

通过本专业的培养方案和企业对口岗位的基本要求，了解了行业的技术和知识掌握需求，掌握了从事行业工程构思、设计、实现、运作所需的多方面知识。在数学知识方面，学习了微积分、复变函数、概率论与数理统计、线性代数、矩阵论、数学建模和数值计算方法等课程；在英语能力方面，拥有良好的听说读写能力，能够流畅阅读本行业的英语文档和文献；在专业知识方面，学习了c/c++、Python、Java等编程语言，学习了数字电路、模拟电路、信号与系统、数字信号处理、信息论与编码、电磁场与电磁波、嵌入式系统原理、物联网技术等专业课程，同时通过实验课程、实际工程中硬件电路设计和软件开发，锻炼了理论结合实践的能力；通过IT工程伦理和项目管理、

现代管理基础等课程学习了项目管理领域的知识；紧密关注行业国内外技术前沿发展现状和趋势，了解行业研究热点和先进技术；基于表面肌电图仪医疗器械的设计、开发、协助生产体系建立、协助医疗注册检验和医疗注册证的办理，学习了跨专业领域的知识，锻炼了多专业领域交叉知识解决实际工程问题的能力。同时在解决实际工程问题的过程中，了解了行业技术标准、工作流程、职业规范、政策制度和法律法规知识。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

2023年04月01日至

2024年06月19日在海宁杰诺科技有限公司进行专业实践。实践目标为研发16通道便携式表面肌电图仪，该表面肌电图仪需要具备16通道表面肌电可视化、表面肌电时频域分析、表面肌电回放、表面肌电反馈式训练等功能。落地产品，建立生产体系，从样机到产品生产。通过医疗器械检验院性能检验、电磁兼容检验和安全规范检验等，同时符合医疗器械相关法律法规的规定，办理医疗器械二类注册证。

研究方案及技术路线：

(1) 研发和设计表面肌电图仪样机，样机包括表面肌电图仪主机（含嵌入式软件和采集硬件电路）和上位机软件。主机通过串口或者WiFi与上位机软件进行数据交互。上位机软件的功能包括：患者信息、检查记录、肌电数据的管理；肌电数据的可视化（包括实时采集和回放）；通过对肌电数据时频域的分析，给出疲劳度报告、标准报告、对称性报告、功率谱报告、平均活动报告等分析报告，医生能够根据这些报告对患者的肌肉状态进行评估；肌电反馈式训练模块：通过图像、游戏等形式引导患者进行肌电反馈训练，改善患者肌肉功能状态。

(2) 研发资料：进行开发、验证与确认等工作，输出软件设计规范、软件需求规格说明书、系统测试计划、系统测试报告等研发资料。医疗注册资料：根据相关的法律法规，输出风险管理、网络安全、可追溯性分析、软件描述文档等资料。

(3) 金华德仁康复辅具有限公司建立生产体系，产品落地，从样机到产品生产。

(4) 通过医疗器械检验院对产品的检验。

本人承担任务：

(1) 在研发和设计阶段，本人负责上位机软件的开发工作，参与部分主机硬件电路的设计，参与整个系统的调试。

(2) 主要完成对上位机软件、整个系统的测试和验证工作，主要输出了和上位机软件相关的研发资料和医疗注册资料。

(3) 协助金华德仁康复辅具有限公司建立生产体系，协助产品落地生产。

(4) 跟进、协助医疗器械检验院对产品的检验，整改检验中出现的问题。

项目目前情况：

研发样机于2023年8月31日取得杭州远方检测校准技术有限公司出具的检测报告。技术转移并在德仁康复辅具有限公司落地，于2023年12月22日首批试制生产完成，并进行相关产品验证。试制产品于2024年6月19日取得浙江省医疗器械检验院出具检测报告，目前产品已经获批二类医疗注册证。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

人体骨骼肌制动或者负荷减少会导致废用性肌萎缩，及时有效的康复治疗能够促进萎缩肌肉恢复和提高生活质量。传统的康复方法主要为运动训练和神经肌肉电刺激，其中运动训练主要是通过抗阻训练等方式恢复肌肉性能，而神经肌肉电刺激是通过脉冲电流刺激患者的萎缩肌肉，引起萎缩肌肉收缩。运动训练由于需要一定的肌力，所以不适合卧床或者肌力较弱的患者。传统的神经肌肉电刺激采用开环循环的电刺激方式，具有一定的盲目性，同时容易引起肌肉的疲劳甚至损伤。新的治疗手段的引入是肌萎缩治疗的迫切需要。肌电信号是肌肉运动单元的电活动，肌电反馈技术的引入可以提升肌肉性能、促进萎缩肌肉康复。基于肌电反馈的康复治疗手段能够使患者逐步建立一定的条件反射，人为控制肌肉的发力程度，使得患者的主观能动性被充分调动。

现有的康复设备类型主要分为四种：局限肌电采集、局限电刺激、肌电采集结合生物反馈训练、肌电采集反馈电刺激。在这些设备中，大部分由于体积、重量和导联线的约束，不具备良好的便携性和穿戴性，在康复治疗的过程中设备会对患者的训练造成阻碍。另外，一些设备未形成肌电采集和电刺激、软件算法和硬件结合的一体化系统。在本实践中结合了sEMG和电刺激，实现了一种基于sEMG的便携式可穿戴肌肉康复系统，主要的内容如下：

(1) 设计集成sEMG采集和电刺激输出功能的硬件和软件系统。肌电采集模块的系统噪声 $\leq 1 \mu V_{rms}$ ，示值准确度的最大误差绝对值小于3.50%，频率准确度误差的绝对值在1.00%以下，采样率误差绝对值在2.50%之下。在采样率大于等于2000 SPS时，系统的通频带不窄于20 Hz-500 Hz（-3 dB）。使用50 Hz、幅值为100

μV 的正弦波信号来模拟工频噪声，经过工频去噪后整体时域波形被限制在峰-谷值3.8 μV 以下。在人体采集的测试中，采集到了符合sEMG特征的时域波形和频谱；对于电刺激模块，电刺激幅值误差绝对值小于等于8.00%，电刺激频率误差绝对值小于等于7.00%，电刺激脉宽误差绝对值小于等于3.00%，满足使用的需求。电刺激幅值为10 mA、20 mA和30 mA时，最大支持负载均超过了设计指标中的1.0 k Ω 。在电刺激幅值为40 mA、45 mA和50 mA时，最大支持负载能够达到1.0 k Ω 。

一对装置的四个电路外壳的尺寸均一致，长宽高分别为44 mm、33.5 mm、23 mm。单个装置的重量为55 g，一对装置的重量为55 \times 2=110

g，需要用到的6块水凝胶电极片的重量为3 \times 6=18 g，即患者身上需要增加的总重量为128 g。通过无线传输、减少导联线、减小硬件设备体积和质量等轻型化设计，提升了系统的便携性和可穿戴性，减少系统本身对患者主动运动的阻碍。

(2) 将肌电生物反馈训练和肌电反馈电刺激结合起来治疗废用性肌萎缩，两者的结合能够提升萎缩肌肉康复的效率。肌电生物反馈训练以游戏的形式来进行康复训练，患者通过控制肌肉收缩程度进而控制sEMG以控制游戏对象。游戏中设置了得分机制，实现康复训练的同时也提升了趣味性。肌电生物反馈训练包括了单侧肌肉控制训练、双侧对比训练和双侧协调训练；肌电反馈电刺激包括阈值触发电刺激和阈值可变电刺激，整体的刺激强度较开环循环电刺激低，不容易引起肌肉疲劳。

(3) 针对患者在训练或者电刺激过程中的肌肉疲劳，传统的评估方法主要是采用肌电全部有效频谱计算出的MPF或者MDF来评估肌肉的整体疲劳状态。本实践提出在整体评估的基础上

再分别对两种类型纤维的疲劳状态进行评估，采用I型纤维和II型纤维对应的频谱范围计算出的MPF来评估疲劳状态，从而指导患者及时休息，避免过度训练或者电刺激。

(4) 设计肌电数据可视化和电刺激控制软件，研究了如何处理和分析肌电信号，具体包括肌电信号的基线噪声、工频噪声、有效频带外噪声和随机噪声的去除等处理，以及肌电信号的时频域特征提取、包络提取、频谱计算等分析。系统中设计了采集前检查程序，在正式采集前检查信号的信噪比，如果信号质量不佳则建议用户进一步清理皮肤或者检查电极片的贴合状态。系统中集成了治疗效果评估模块，通过患者在康复治疗过程中的客观数据来展现治疗效果。整个系统形成了肌电采集和电刺激、治疗和疗效评估、硬件和软件算法相结合的一体化。

(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
Non-invasive and Quantitative Evaluation for Disuse Muscle Atrophy Caused by Immobilization after Limb Fracture Based on Surface Electromyography Analysis	国际期刊	2024年11月25日	Diagnos-tics	1/6	
基于表面肌电反馈技术的便携式可穿戴废用性肌萎缩治疗系统	发明专利申请	2024年12月04日	申请号: 202411766066.1	1/7	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

在海宁杰诺科技有限公司参与表面肌电图仪样机的研发

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 85 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1.2 年（要求1年及以上） 考核成绩： 90 分
本人承诺	
<p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名： 史吕刚</p>	

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22260111	姓名: 史吕刚	性别: 男	学院: 工程师学院	专业: 电子信息	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 26.0学分		已获得: 28.0学分		入学年月: 2022-09	毕业年月:						
学位证书号:			毕业证书号:			授予学位:					
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	87	专业学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	69	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	数值计算方法		2.0	92	专业选修课	2022-2023学年春季学期	研究生英语基础技能		1.0	70	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	97	公共学位课	2022-2023学年春夏学期	移动互联网智能设备应用设计与实践		3.0	96	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	87	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	物联网信息安全技术与应用基础		2.0	87	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	90	公共学位课	2022-2023学年夏季学期	研究生论文写作指导		1.0	94	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	78	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	工程师创新创业思维		2.0	92	专业选修课
2022-2023学年冬季学期	研究生英语		2.0	80	公共学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	70	专业选修课						

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。
2. 备注中 "*" 表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张慧依

打印日期: 2025-06-03



论文网络搜索页截图

The screenshot displays the MDPI Diagnostics journal article page. At the top, the MDPI logo is on the left, and navigation links for Journals, Topics, Information, Author Services, Initiatives, and About are in the center. On the right, there are 'Sign In / Sign Up' and 'Submit' buttons. Below the navigation is a search bar with fields for 'Title / Keyword', 'Author / Affiliation / Email', 'Diagnostics', and 'All Article Types', along with 'Search' and 'Advanced' buttons. The breadcrumb trail reads 'Journals / Diagnostics / Volume 14 / Issue 23 / 10.3390/diagnostics14232695'. The article title is 'Non-Invasive and Quantitative Evaluation for Disuse Muscle Atrophy Caused by Immobilization After Limb Fracture Based on Surface Electromyography Analysis' by Lvqiang Shi, Yuyin Hong, Shun Zhang, Hao Jin, Shengming Wang, and Gang Feng. The article is marked as 'Open Access Article'. The journal information is 'Diagnostics 2024, 14(23), 2695; https://doi.org/10.3390/diagnostics14232695'. The submission and publication dates are 'Submission received: 2 October 2024 / Revised: 24 November 2024 / Accepted: 25 November 2024 / Published: 29 November 2024'. The article belongs to the Special Issue 'Recent Advances in Diagnosis and Management of Musculoskeletal Disorders'. On the left sidebar, there are options to 'Submit to this Journal', 'Review for this Journal', and 'Propose a Special Issue'. The 'Article Menu' includes 'Academic Editors' (Antonio Jesús Láznez-Ramos-Bossini and Fernando Ruiz Santiago), 'Subscribe SciFeed', 'Recommended Articles', and 'Related Info Links'. On the right sidebar, there are buttons for 'Order Article Reprints', 'Share', 'Help', 'Cite', and 'Discuss in Scilit'. At the bottom of the article content, there are buttons for 'Download', 'Browse Figures', and 'Versions Notes'.

Article

Non-Invasive and Quantitative Evaluation for Disuse Muscle Atrophy Caused by Immobilization After Limb Fracture Based on Surface Electromyography Analysis

Lvchang Shi ¹, Yuyin Hong ¹, Shun Zhang ^{2,3}, Hao Jin ^{2,3} , Shengming Wang ^{2,*}  and Gang Feng ^{4,*}

¹ Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310015, China; slgslg@zju.edu.cn (L.S.); hongyuyin@zju.edu.cn (Y.H.)

² College of Information Science & Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; shunzhang@zju.edu.cn (S.Z.); hjin@zju.edu.cn (H.J.)

³ International Campus, Zhejiang University, Haining 314400, China

⁴ 2nd Affiliated Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310009, China

* Correspondence: shengmwang@zju.edu.cn (S.W.); gangfeng@zju.edu.cn (G.F.)

Abstract: Background: The clinical evaluation for disuse muscle atrophy usually depends on qualitative rating indicators with subjective judgments of doctors and some invasive measurement methods such as needle electromyography. Surface electromyography, as a non-invasive method, has been widely used in the detection of muscular and neurological diseases in recent years. In this paper, we explore how to evaluate disuse muscle atrophy based on surface electromyography; Methods: Firstly, we conducted rat experiments using hind-limb suspension to create a model of disuse muscle atrophy. Five groups of rats were suspended for 0, 3, 7, 14, and 21 days, respectively. We induced leg electromyography of rats through electrical stimulation and used fluorescence staining to obtain the fiber-type composition of rats' leg muscles. We obtained the best-fitting frequency bands of power spectrum density of surface electromyography for type I and type II fibers in rats' leg muscles by changing the frequency band boundaries. Secondly, we conducted tests on the human body and collected the electromyography of the atrophied muscles of the subjects over a period of 21 days. The changes in muscle fiber composition were evaluated using the frequency bands of power spectrum density obtained from rat experiments. The method was to evaluate the changes in type I fibers by the changes in the area of the best-fitting frequency band of type I fibers and to evaluate the changes in type II fibers by the changes in the area of the best-fitting frequency band of type II fibers. Results: The results of rat experiments showed that type I fibers best fit the frequency band of 20–330 Hz and type II fibers best fit the frequency band of 176–500 Hz. The results of human testing showed that the atrophy of the two types of fibers was consistent with the changes in the areas of the corresponding best-fitting frequency bands. Conclusions: The test results demonstrate the feasibility of using surface electromyography to evaluate muscle fiber-type composition and subsequently assess muscle atrophy. Further research may contribute to the diagnosis and treatment of disuse muscle atrophy.

Keywords: disuse muscle atrophy; surface electromyography; frequency band of power spectrum density; composition of muscle fiber types



Citation: Shi, L.; Hong, Y.; Zhang, S.; Jin, H.; Wang, S.; Feng, G. Non-Invasive and Quantitative Evaluation for Disuse Muscle Atrophy Caused by Immobilization After Limb Fracture Based on Surface Electromyography Analysis. *Diagnostics* **2024**, *14*, 2695. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14232695>

Academic Editors: Antonio Jesús Láinez-Ramos-Bossini and Fernando Ruiz Santiago

Received: 2 October 2024

Revised: 24 November 2024

Accepted: 25 November 2024

Published: 29 November 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Disuse muscle atrophy is a skeletal muscle dysfunction usually caused by reduced muscle contraction activities and reduced muscle loads. The common cause of disuse muscle atrophy is limb immobilization caused by plaster coating after fracture surgery, which leads to muscle atrophy while the fracture heals. Muscle atrophy can affect the function of motor units and limit habitual activities in daily life [1–4]. The severity of disuse muscle atrophy increases with increasing immobilization time and skeletal muscles exhibit some biochemical and histological changes, including decreased muscle mass and



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119499547 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 25

(21) 申请号 202411766066.1

A61B 5/296 (2021.01)

(22) 申请日 2024.12.04

A61B 5/389 (2021.01)

(71) 申请人 浙江大学

A61B 5/395 (2021.01)

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

A61B 5/00 (2006.01)

申请人 浙江大学绍兴研究院

(72) 发明人 史吕刚 王曰海 洪宇寅 金浩

张顺 董树荣 冯刚

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

专利代理师 刘静

(51) Int. Cl.

A61N 1/36 (2006.01)

A61N 1/04 (2006.01)

A61B 5/259 (2021.01)

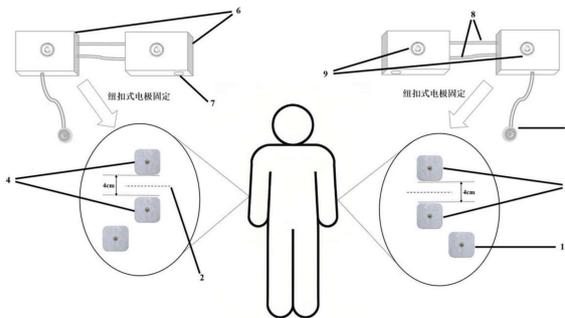
权利要求书3页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

基于表面肌电反馈技术的便携式可穿戴废用性肌萎缩治疗系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于表面肌电反馈技术的便携式可穿戴废用性肌萎缩治疗系统,包括一对装置、纽扣式水凝胶电极片和上位机;一对装置通过纽扣式水凝胶电极片分别佩戴在患者左右侧对称肌肉处,用于采集两块肌肉的肌电信号,并对两块肌肉进行电刺激;装置中硬件电路与上位机通讯,接收控制指令,并将采集的肌电信号发送至上位机;并控制电刺激幅值、频率、脉宽参数来输出电刺激波形;上位机用于设置电刺激参数、接收肌电信号数据并处理,根据患者的肌电值来决定是否触发电刺激,包含肌电反馈训练模式以及康复治疗效果评估模块,计算患者在治疗过程中的左右侧肌肉RMS、MVC和MPF参数并测量左右侧肌肉的肢体周径,来评估治疗效果。



产品与样机成果证明

证明方：海宁杰诺科技有限公司

被证明方：史吕刚同学

证明内容：该同学于2023年4月1日开始至2024年6月19日在我司实习实践期间，设计并开发了表面肌电图仪样机，情况属实，特此证明。

产品与样机相关信息：

- 1) 产品与样机功能：**16通道表面肌电图仪，包含主机和上位机软件，可以实现表面肌电可视化、表面肌电处理和分析、表面肌电反馈式训练等功能。
- 2) 创新性介绍：**便携式表面肌电图仪，使用方便。搭配上位机软件，可以对患者表面肌电数据进行时频域的处理和分析，从而评估患者肌肉功能状态。同时，利用图像和游戏引导患者进行肌电反馈训练，恢复肌肉功能。
- 3) 社会经济效益：**相对于大型且昂贵的医院用表面肌电图设备，该设备尺寸较小，成本较低，降低了医疗成本，减轻了患者的经济负担。同时，该产品下一步可以和传统支具等结合在一起，结合物联网技术，可以助力企业产业产品升级，提升企业产品的竞争力。
- 4) 个人贡献说明：**史吕刚同学在本次实践中，主要完成了上位机软件的开发，参与了整个表面肌电图仪系统的调试，完成对整个系统的测试，输出了研发资料和医疗注册资料，协助生产体系的建立，跟进、协助医疗器械检验院对表面肌电图仪的检验。贡献排名：2/3

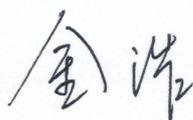
5) 相关照片：



实践单位负责人签字（公章）：

2024年 7月 26日

校内导师签字：



2024年 7月 26日