

表面肌电检测技术在骨科的运用分析

吴用*, 王孟, 王田莉, 王锦

(陕西服装工程学院, 西安 712046)

摘要: 本文的目的在于细致地剖析表面肌电检测(sEMG)技术在骨科领域的运用状况, 全面揭示其显著的优势与潜在的局限性, 并展望其未来的发展动向。通过对sEMG技术的基本工作原理和关键性能指标的深入分析, 本文详尽地说明了sEMG技术在骨科疾病诊断、治疗效果评估和康复进程监测等多个关键环节中的辅助作用, 为临床医疗工作提供了珍贵的参考资源, 并且对该技术的持续进步与发展方向提出了建设性的展望。

关键词: 表面肌电检测技术; 骨科; 疾病诊断; 康复治疗

0 引言

人体细胞的细胞膜在不同生理或病理状态下, 对离子的透过性表现出高度的选择性, 这种特性使得细胞在状态转换的过程中, 会产生微弱的电流信号^[1]。表面肌电检测技术(sEMG)正是基于这一原理, 通过表面电极精准地收集肌肉的肌电活动数据。sEMG技术以其无创性、无痛性以及操作简便的优势, 在临床医学领域得到了广泛的推广和应用。特别是在骨科领域, 该技术以其独特的诊断和评估功能, 发挥着不可或缺的作用^[2]。

1 表面肌电检测技术概述

1.1 基本原理

肌肉的收缩动作起源于肌细胞内电位的微妙变化。肌细胞被激活产生的一系列动作电位会迅速传导并触发整个肌纤维的兴奋, 最终导致肌肉紧缩。sEMG技术通过皮肤表面安置的电极, 精确捕捉并记录下肌肉收缩时产生的生物电信号。这些原始信号经过放大、滤波等一系列精细的处理后, 转换成图形或数值形式, 直观展现出肌肉的活动情况, 为肌肉功能的研究提供了重要依据。

1.2 关键技术指标

(1)积分肌电值(IEMG)。其定义涉及在特定时间范围内, 肌肉内所有参与活动的运动单位放电的总量。这一指标, 本质上是对测得的众多运动单位所释放的单个电脉冲的汇总, 它主要用于深入剖析肌肉在某一时间段内的收缩状态, 并能够直观地反映出肌张力所发生的变化^[3]。

(2)均方根振幅(RMS)。该参数揭示了在特定时间窗

口内肌肉放电的平均有效值。其数值大小与运动单位的募集数量、活动中的运动单位类型及同步化程度密切相关。RMS可用作衡量肌肉活动强度及其疲劳程度的可靠指标。

(3)平均振幅(MA)。MA作为肌肉放电的平均强度指标, 提供肌肉在收缩过程中动作电位平均规模的宝贵信息, 这一数据对于评估肌肉的兴奋程度以及其收缩力量具有不可忽视的价值^[4]。

2 表面肌电检测技术在骨科的应用

2.1 疾病诊断

2.1.1 下腰痛诊断

下腰痛是临床常见的症状, 其病因复杂多样, 包括肌肉劳损、椎间盘突出、腰椎退行性变等。可通过分析腰部肌肉的sEMG信号特征, 如IEMG、RMS等指标的变化, 来判断腰部肌肉的紧张程度、运动单位的募集情况以及肌肉的疲劳状态, 辅助诊断下腰痛的病因和病变部位^[5]。

2.1.2 颈椎病诊断

颈椎病常导致颈部肌肉疼痛、僵硬和功能障碍。sEMG可以检测颈部肌肉在静息和不同活动状态下的肌电活动, 评估颈部肌肉的受力情况和运动模式。通过对颈椎病患者颈部肌肉sEMG的分析, 发现其颈部伸肌和屈肌的协同收缩模式发生改变, 肌肉活动的稳定性下降, 这对于颈椎病的早期诊断和病情评估具有重要价值。同时, 结合其他影像学检查, 可以提高颈椎病诊断的准确性和可靠性^[6]。

2.2 治疗评估

2.2.1 保守治疗效果评估

在骨科疾病的保守治疗中, 如物理治疗、康复训练、

* 通信作者: 吴用, 主治医师, 研究方向为医学实验室管理与建设。E-mail: 815218396@qq.com

药物治疗等, sEMG 技术可以作为评估治疗效果的重要手段。例如, 对于腰椎间盘突出症患者进行康复训练后, 通过比较治疗前后腰部肌肉的 sEMG 信号变化, 可以客观地评价康复训练对腰部肌肉功能恢复的效果^[7]。如果治疗后肌肉的 IEMG 逐渐恢复正常, RMS 增加, 表明肌肉的收缩功能得到改善, 运动单位的募集能力增强, 说明康复训练有效; 反之, 则可能需要调整治疗方案。

2.2.2 手术治疗效果评估

对于一些需要手术治疗的骨科疾病, 如骨折内固定术后、关节置换术后等, sEMG 可以帮助评估手术对肌肉功能的影响以及术后康复的进展情况。手术后, 患者的肌肉往往会出现不同程度的萎缩和功能障碍, 通过检测肌肉的 sEMG 信号, 可以了解肌肉的激活程度和收缩能力是否逐渐恢复。例如, 在膝关节置换术后, 观察股四头肌和腓绳肌的 sEMG 变化, 若肌肉的 IEMG 和 RMS 逐渐升高, 说明肌肉功能正在逐步恢复; 如果出现异常, 则可能提示存在术后并发症或其他问题, 需要进一步检查和处理^[8]。

2.3 康复监测

sEMG 能够对患者的肌肉活动进行实时监测, 从而为康复训练计划的制定与优化提供科学依据。对于那些经历了骨折并正在进行肢体功能恢复训练的患者来说, 通过细致地监测患侧肢体的 sEMG 信号, 可以精确地评估肌肉收缩的强度是否满足训练的标准, 以及运动模式是否准确无误^[9]。当监测结果显示肌肉收缩强度未达到预期, 或者运动模式存在偏差时, 这可能是骨折愈合不理想或关节功能障碍的前兆^[10]。

平衡功能的恢复对于骨科患者至关重要, 尤其是对于下肢骨折、关节损伤或脊柱疾病影响平衡能力的患者。sEMG 可以检测患者在站立、行走等姿势下的肌肉活动情况, 评估其平衡功能的恢复程度。通过对下肢肌肉和躯干肌肉的 sEMG 信号进行分析, 可了解患者在维持平衡时各肌肉的协同工作情况^[11]。

3 表面肌电检测技术在骨科应用的优势

3.1 无创性和便捷性

sEMG 技术, 以其非侵入性的特性, 为患者提供了一种无痛苦、无创伤的检测方式。这项技术仅需在皮肤表面粘贴电极, 即可轻松完成检测, 其便捷性和舒适性使得患者更易于接受。与那些传统的、需要刺入皮肤的检测方法, 例如针电极肌电图检查相比, sEMG 技术展现出了其独有的优势^[12]。它不仅避免了给患者带来的疼痛和创伤, 而且由于其操作简单迅速, 特别适合于那些需要频繁检测或长期监测的患者群体。

3.2 实时性和动态性

sEMG 技术具备实时采集肌肉肌电信号的能力, 能将抽象的肌电信号转化为易于理解的图形或数值信息, 生动地展现出肌肉活动的瞬间状态。在骨科疾病的诊断、治疗以及康复过程中, 医生可以借助实时获取的 sEMG 数据, 迅速而准确地调整治疗方案或康复训练计划, 从而极大地提升了治疗的针对性与效率^[13]。

3.3 客观性和量化性

sEMG 技术通过其高精度的测量手段, 对肌肉的生物电信号进行捕捉与分析, 提供了一套客观且量化的评估标准。其应用显著降低了主观判断在评估过程中可能带来的偏差, 使得评估结果更为公正和准确。相较于那些依赖医生个人经验和主观感受的传统评估方式, sEMG 技术能够更加精确地揭示肌肉的真实活动状态, 为疾病的诊断以及治疗效果的客观评价, 贡献了坚实的科学支撑^[14]。

4 表面肌电检测技术在骨科应用的局限性

4.1 检测结果的影响因素

皮肤的湿度、温度、清洁度等因素会影响电极与皮肤之间的接触电阻, 从而干扰 sEMG 信号的采集。如果皮肤过于干燥、油腻或有污垢, 可能导致电极与皮肤接触不良, 使信号减弱或失真; 而皮肤温度过低则会引起肌肉的血流减少, 影响肌肉的兴奋性和收缩功能, 进而影响 sEMG 检测结果的准确性^[15]。

电极位置的不精确或不规范放置, 将直接影响到肌电信号的采集质量, 可能导致这些信号无法准确反映目标肌肉的实际活动状况。由于人体不同肌肉拥有独特的解剖结构和功能特性, 它们产生的肌电信号也呈现出各自的特征^[16]。假如电极未能准确置于目标肌肉的中心, 或是错误地放置在肌肉的边缘地带, 就有可能将邻近肌肉的肌电信号也一并采集进来, 从而造成信号解读上的偏差。这种偏差会干扰到对目标肌肉活动情况的准确评估, 进而影响临床诊断和康复治疗精确性^[17]。

4.2 反映组织结构病变的局限性

sEMG 技术无法直观地揭示骨骼、关节、韧带等组织的具体病变情况。骨科诊断中, 例如骨折、关节脱位、骨肿瘤等情况, 除了肌肉功能可能受到影响外, 往往还伴随着骨骼和关节结构的改变^[18]。单纯依赖 sEMG 的检测结果是不足以对疾病进行全面而准确的诊断的。临床上通常需要将 sEMG 技术与其他影像学检查手段, 如 X 射线、计算机断层扫描(CT)、磁共振成像(MRI)等相结合, 辅以详细的临床体检和病史分析, 才能对疾病做出一个综合性的判断。

5 表面肌电检测技术在骨科领域的发展趋势

5.1 技术创新与设备改进

5.1.1 传感器技术升级

研发人员致力于研发具有更高灵敏度与精确度的电极传感器,旨在大幅提升对肌肉微弱生物电信号的捕捉与检测能力。通过引入创新型的传感器材料与技术能够有效缩减电极的体积与重量,进而增进电极与皮肤的贴合度,使其佩戴更为舒适。此外,这一技术的应用还大幅降低了噪声的干扰,从而优化了信号采集的整体质量。

5.1.2 信号处理算法优化

不断改进和创新信号处理算法,提高对 sEMG 信号的分析和解码能力。通过采用更先进的滤波、特征提取和分类算法,能够更准确地识别和分离不同来源的肌电信号,去除噪声和伪迹,提取更有价值的信息,为疾病的诊断和治疗提供更精准的依据^[19]。

5.2 多学科融合与联合应用

5.2.1 与影像学检查相结合

影像学检查可以提供骨骼、关节等组织结构的详细图像信息,帮助医生明确病变的部位和性质;而 sEMG 则侧重于评估肌肉的功能状态和运动模式。两者的结合将为骨科疾病的诊断和治疗提供更全面、准确的依据。例如,脊柱疾病的诊断中,先通过 X 射线或 MRI 检查确定脊柱的结构异常,再结合 sEMG 检测评估脊柱周围肌肉的功能状态和力学平衡情况,从而制定更合理的治疗方案。

5.2.2 与运动医学、康复医学等领域的融合

在运动医学领域,通过分析运动员在训练和比赛中的 sEMG 信号,可以为训练计划制定、运动损伤预防和运动表现评估提供科学依据;在康复医学领域,将 sEMG 技术应用于康复训练的效果评估和运动功能的恢复监测,有助于优化康复治疗方案,提高康复治疗的效率和质量^[20]。

6 结束语

sEMG 技术,作为一种无创且便于操作的人体肌肉活动监测手段,在骨科领域中已显现出巨大的应用潜力。该技术不仅能够客观而精确地映射肌肉的功能状态及运动模式,为骨科疾病的确诊提供了关键的辅助性诊断工具,而且在治疗成效评估与康复进程监控方面同样扮演了不可或缺的角色。尽管如此,该项技术在具体应用过程中依然面临着若干限制,包括检测结果的易受多变量影响,以及难以直接揭示组织结构的病理性改变等问题。伴随科技水平的持续提升及学术研究的深入展开,sEMG 技术预期将持续革新与完善,其在骨科领域的运用也将更为广泛与深入。

参考文献

- [1] 马剑雄,冯睿,王颖.表面肌电检测技术在骨科的运用[J].中国中西医结合外科杂志,2014,20(4):444-446.
- [2] 俞晓杰,王颖.表面肌电图在下背痛康复评价中的应用[J].中国康复医学杂志,2008,23(10):54-56.
- [3] 谭健超.探究表面肌电图在下背痛康复评定和治疗中的应用[J].养生保健指南,2018,(44):354.
- [4] 王泽熙,姜贵云.表面肌电监测下的康复训练对下背痛患者疗效观察[J].按摩与康复医学,2017,8(13):19-21.
- [5] 王加旭,吴继功,潘子杰,等.表面肌电技术在骨科应用中的研究进展[J].局解手术学杂志,2021,30(11):999-1004.
- [6] 乔杰,张军,刘强.表面肌电在非特异性腰痛肌肉功能评价中的应用[J].中国中医骨伤科杂志,2014,22(3):71-73.
- [7] 王典,刘宝戈,戎天华,等.表面肌电图评估颈椎后凸畸形对颈部肌肉功能的影响[J].中华骨科杂志,2021,41(13):856-863.
- [8] 王楚怀.表面肌电图(sEMG)在颈腰痛中的应用[C]//中国康复医学会第八次全国颈椎病学术会议,2004.
- [9] 吕宏,黄土林,刘小垒.腓肠肌表面肌电图评估腰椎椎间盘突出手术效果[J].脊柱外科杂志,2014,(2):70-72.
- [10] 毕然然.表面肌电及等速肌力测试技术在肩关节运动损伤评估中的应用[J].中国运动医学杂志,2013,32(4):5.
- [11] 糜超,陈阳,邹凌.基于表面肌电的肌肉疲劳检测系统研究[J].现代电子技术,2018,41(20):78-82.
- [12] 周嘉琳,杨国伟,孙超,等.肌电技术在日常运动训练疲劳检测中的应用[J].毛纺科技,2023,51(6):46-54.
- [13] 李桂华,王金贵,徐昭,等.表面肌电信号检测在腰背肌功能评定中的应用进展[J].现代中西医结合杂志,2013,22(21):2382-2383+2389.
- [14] 赵章琰.表面肌电信号检测中的若干关键问题研究[D].合肥:中国科学技术大学,2010.
- [15] 李庆兵,万义文,焦欣,等.表面肌电图在腰椎间盘突出症中的应用[J].长春中医药大学学报,2015,31(5):1070-1071.
- [16] 王逸桐.基于表面肌电信号的手势动作识别技术的应用研究[D].延边:延边大学.
- [17] 汤纬地.基于表面肌电的上肢运动分析关键技术研究[D].北京:中国科学技术大学,2021.
- [18] 闫惠.外骨骼控制系统中表面肌电图信号的处理和识别[D].青岛:青岛大学.
- [19] 陈玲玲,李珊珊,刘作军,等.基于表面肌电的下肢肌肉功能网络构建及其应用研究[J].自动化学报,2017,43(3):407-417.
- [20] 左静.融合表面肌电信号与足底压力的跌倒识别研究[D].杭州:杭州电子科技大学.