

## · 综 述 ·

## 肌肉功能评估方法进展及其法医学应用前景

卓佩佩<sup>1,2</sup>, 高 东<sup>1</sup>, 冉 聃<sup>1</sup>, 夏 晴<sup>1</sup>, 檀思蕾<sup>1</sup>, 夏文涛<sup>1</sup>

(1. 司法鉴定科学研究院 上海市法医学重点实验室 上海市司法鉴定专业技术服务平台, 上海 200063;

2. 温州医科大学法医学系, 浙江 温州 325035)

**摘 要:** 肌肉功能的准确评估有助于确切了解肌肉、骨骼、神经系统疾病或者损伤的恢复情况, 尤其对于周围神经损伤所致肌肉功能障碍具有重要意义。因此, 关于肌肉功能评估的方法一直是国内外学者重点研究的方向, 不断有新的方法被提出。肌力检测是肌肉功能评定的重要组成部分, 除徒手肌力评定外, 目前常用的肌肉功能评估方法还包括简单器械测量、等速技术、神经电生理检测等, 应用针极肌电图、运动单位数目估计、运动单位数目指数等技术评估肌肉功能也被多次报道, 本文拟就上述方法的研究进展及其实际应用进行综述。

**关键词:** 法医学; 肌力; 肌肉功能; 神经电生理; 综述

中图分类号: DF795.1 文献标志码: A doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2018.06.019

文章编号: 1004-5619(2018)06-0665-07

## Progress on the Muscle Function Evaluation and Its Forensic Application

ZHUO Pei-pe<sup>1,2</sup>, GAO Dong<sup>1</sup>, RAN Dan<sup>1</sup>, XIA Qing<sup>1</sup>, TAN Si-lei<sup>1</sup>, XIA Wen-tao<sup>1</sup>

(1. Shanghai Key Laboratory of Forensic Medicine, Shanghai Forensic Service Platform, Academy of Forensic Science, Shanghai 200063, China; 2. Department of Forensic Medicine, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, Zhejiang Province, China)

**Abstract:** Accurate evaluation of muscle function helps to understand the recovery of muscle, bone, nervous system diseases or injuries, especially for muscle dysfunction caused by peripheral nerve injury. Therefore, the methods of muscle function evaluation have been the focus of researchers, with new methods having been constantly proposed. Muscle strength testing is an important part of muscle function evaluation. Besides hand muscle strength assessment, currently used muscle function assessments include simple instrumental test, isokinetic muscle test, electrophysiological test, etc. In addition, the application of needle electromyography, motor unit number estimation, motion unit index in muscle function evaluation has also been reported for several times. This paper reviews the research progress and practical application of these methods.

**Keywords:** forensic medicine; muscle strength; muscle function; nerve electrophysiology; review

对肌肉功能评估方法的研究一直是国内外学者关注的重点。近年来, 随着法医临床学鉴定实践中涉及肢体肌肉功能评定案件的逐渐增多, 尤其是周围神经损伤所致肌肉功能障碍, 法医临床工作者对评估肌肉功能方法的研究也逐渐深入。现行的损伤及伤残鉴定标准中有关肌肉功能的条款均以肌力为评判指标, 如: 正中神经肘部以上损伤, 遗留肌瘫(肌力3级以下)即构成重伤二级; 四肢重要神经损伤, 遗留相应

肌群肌力4级以下即构成十级残疾。因此, 肌力是准确评估肌肉功能最重要的指标。目前, 肌肉功能的评定方法一直以徒手肌力测量法为主, 难以充分满足法医临床学鉴定需求, 更为客观、精确、简便的检测方法仍有待进一步研究。其中, 神经电生理检测由于其客观性, 是国内外学者的重点研究方向, 临床上不断有评估肌肉功能的新方法被提出, 本文讨论现有方法的研究进展, 并探讨其在法医学中的应用前景。

**基金项目:** “十三五”国家重点研发计划资助项目(2016YFC0800701); 中央级科研院所基本科研业务费资助项目(GY2017G-5); 上海市法医学重点实验室资助项目(17DZ2273200); 上海市司法鉴定专业技术服务平台资助项目(16DZ2290900)

**作者简介:** 卓佩佩(1994—), 女, 硕士研究生, 主要从事法医临床学研究; E-mail: peipeirixi@163.com

**通信作者:** 高东, 男, 博士, 副主任法医师, 主要从事法医临床学研究和鉴定; E-mail: gaod@ssfjd.cn

**通信作者:** 夏文涛, 男, 研究员, 主要从事法医临床学研究和鉴定; E-mail: xiawt@ssfjd.cn

## 1 肌力的评估方法

### 1.1 徒手肌力评定

徒手肌力评定(manual muscle test, MMT)是临床医学实践中最常用的肌力评定方法。MMT最先由美国哈佛大学矫形外科教授LOVETT提出<sup>[1]</sup>,并由WRIGHT<sup>[2]</sup>作出具体描述。该方法将肌力分为0~5级,用以描述肌肉功能正常或者降低的程度。KENDALL等<sup>[3]</sup>根据抗重力或阻力时运动的幅度将肌力分为0、10%、25%、50%、75%、100%这6个等级,分别对应LOVETT的0~5级肌力。MMT操作简单,对硬件基本没有要求,但对检查者的经验及受检者的配合度要求较高,检查结果受主观因素影响较大,较难客观、准确地反映受检者真实的肌力水平<sup>[4]</sup>。

### 1.2 肌力定量检测

MMT从提出伊始,就存在缺乏定量界限的不足<sup>[5-6]</sup>。长期以来一直有人试图对其加以改进和完善,例如在0~5级的右上角加“+”或“-”,表示比此级肌力略强或略弱,但在应用过程中仍有争议<sup>[7-8]</sup>。近年来,不断有学者提出运用等速肌力测试仪、握力仪、手持测力计、背力计和捏力计等仪器进行定量肌力的检测<sup>[8-9]</sup>。

#### 1.2.1 等速肌力测试

HISLOP等<sup>[10]</sup>在1967年最先提出等速运动的概念,被认为是肌肉功能测试和肌力训练技术的一项革命。等速肌力测试是运用等速运动对肌肉进行测试。测试过程中,预先设定肢体运动的速度且恒定不变,而外加阻力可变,随受试者用力的大小调节阻力,使肌肉张力增高,力矩输出增加,但不产生加速度,等速肌力测试有别于等张收缩和等长收缩测试<sup>[11]</sup>,但兼有等张收缩和等长收缩的优点,从而弥补了上述两种收缩测试方法的不足。

国内外学者对于等速测试的研究从未停止,邓思宇等<sup>[12]</sup>运用等速测试系统评定脑卒中患者踝关节的被动活动,认为等速运动可用于痉挛评价的研究;张勇等<sup>[13]</sup>对15例髌骨骨折患者采用等速训练系统进行早期康复治疗,并认为等速运动在髌骨骨折患者康复中可以预防关节僵直和肌肉萎缩;黄犇等<sup>[14]</sup>利用等速肌力测试系统评估脑卒中偏瘫患者的躯干肌肉力量,以此探究躯干肌肉力量与身体平衡和功能障碍的关系。此外,等速测试在脊髓灰质炎<sup>[15]</sup>、慢性下腰痛<sup>[16]</sup>等疾病中的应用也得到一定程度的发展。TIFFREAU等<sup>[17]</sup>认为综合等速肌力与MMT检测结果,可相对客观地评定膝关节屈伸肌群的功能。

目前等速肌力测试在膝关节、踝关节等下肢肢体的应用已有了较多报道<sup>[12, 18-19]</sup>,在上肢肱骨外科颈骨

折术后的训练效果也得到了认可<sup>[20]</sup>,但是对肘关节、腕关节的研究仍少见<sup>[21]</sup>。等速技术的信度和效度已得到多数学者的认可<sup>[12, 22]</sup>,在康复医学、运动医学、体育训练等领域得到了越来越多的应用。但等速肌力测试同时也存在对操作者要求高、检测费时、费用高、设备体积大等问题,限制了其在临床上的广泛应用。

#### 1.2.2 握力计、手持测力计等简单器械测试

国际上关于握力测量推荐使用Jamar握力计<sup>[23]</sup>。临床上判断受检者握力大小的主要指标是最大握力值,并通过最大握力值来计算握力指数<sup>[24]</sup>。有学者认为,不同的遗传背景、营养状况、体力活动强度及肌肉含量等均可能影响握力大小<sup>[25]</sup>。FRASER等<sup>[26]</sup>研究发现,前臂和手部肌肉体积与握力的相关性最为明显。1974年,EDWARDS等<sup>[27]</sup>提出可使用手持测力计进行肌力测试。研究<sup>[28-29]</sup>报道,手持测力计和等速肌力测试结果有很好的相关性。手持测力计具有质量轻、体积小、携带方便、检查费用低、结果可靠等优点,更方便在临床上广泛应用。SCHWARTZ等<sup>[30]</sup>建议对MMT分级较低的急性脊髓损伤而言,手持测力计测试仪可视为MMT的补充,而当肌力恢复到4级以上时,手持测力计测试可作为肌力改善评估的可靠方法。有学者<sup>[31]</sup>认为,手持测力计测量下肢力量时结果不太可靠,限制了其在临床上的推广。

此外,李小兰等<sup>[32]</sup>通过对肘屈曲肌、肘伸展肌、腕背伸肌、髂伸肌、膝屈曲肌进行量化肌力测定及其信度研究,认为其自主研发的便携式数字化肌力测定仪能较可靠地测定肌肉最大等长收缩肌力,且具有小型轻便、测量范围大、灵敏度高、操作简单等优点,但目前仍亟待建立一个规范化的检测方案来推动这些便携式肌力测量仪的普及。

## 2 神经电生理检测与肌肉功能

神经电生理检测的方法主要包括肌电图(electromyogram, EMG)、神经传导速度测定、各种反射检查、诱发电位检查等<sup>[33]</sup>。EMG、运动神经传导速度(motor nerve conduction velocity, MNCV)测定大多用于临床评价周围神经或中枢神经损伤后的神经功能及恢复情况,同时也是目前法医学进行周围神经损伤鉴定的重要辅助手段。

### 2.1 MNCV测定

MNCV检测能直接反映神经的兴奋性和传导性,是检查周围神经功能较为客观的方法。李开等<sup>[34]</sup>研究显示,尺神经损伤患者的小指展肌、第一骨间肌、尺侧腕屈肌的徒手肌力结果与尺神经MNCV、波幅存在显著相关性,认为可以根据MNCV等指标初步评估相

应肌肉的肌力丧失程度。随后,李开等<sup>[35]</sup>又对正中神经损伤者行MNCV及正中神经支配肌肌力检测,结果显示,神经损伤组肌力与MNCV、远近端波幅存在显著相关性。赵永等<sup>[36]</sup>在探讨周围神经损伤后MNCV改变与靶肌肌力级别的相关性中发现,MNCV中波幅下降率、面积下降率等指标均与靶肌肌力存在显著负相关性。以上研究表明,MNCV值的变化可大致反映损伤导致相应肢体功能的异常,这与国外的相关报道<sup>[37]</sup>一致。

在神经损伤的法医学鉴定中,肌力是最重要的肢体功能状态评测指标,MNCV检查具有一定的客观性,可作为MMT、定量肌力测量仪等的辅助检查,为鉴定提供资料性证据。MNCV检查不受被鉴定人主观意愿的控制,能够客观反映神经功能状态,不仅是神经损伤的有力证据,也是排除诈病及诈伤的有效手段。

## 2.2 表面肌电图

表面肌电图(surface electromyogram,sEMG)是从肌肉表面记录的神经肌肉系统活动时生物电变化的一维时间序列信号,能够反映神经肌肉的活动状态,在康复医学、体育科学等领域具有重要的实用价值。

李克军等<sup>[38]</sup>通过观察股四头肌sEMG相关指标评估膝关节关节炎康复训练中的效果。陈彦等<sup>[39]</sup>将sEMG联合等速肌力测试用于不完全脊髓损伤患者康复治疗的精准量化评估。

研究结果<sup>[40]</sup>表明,通过评估表面肌电信号水平可定量反映受检肌肉的局部疲劳程度、肌力状况、关节肌肉激活模式、运动神经元传导速度等肌肉活动的变化规律。于在洋等<sup>[41]</sup>通过同时采集肱二头肌sEMG信号和屈肘力矩探索sEMG复杂性与肌力的关系,结果显示,健康受试者的屈肘肌力与sEMG复杂性呈现良好的线性关系。王国祥等<sup>[42]</sup>对肘关节等速运动过程中sEMG特征的研究发现,肱二头肌和肱三头肌sEMG的中位频率下降曲线与肘关节屈伸运动中的屈、伸力矩峰值变化呈显著相关性。侯文生等<sup>[43]</sup>征集健康受试者探讨手部握力与前臂表面肌电信号的关系,结果表明,肌电信号特征值与握力大小均具有较好的一致性,呈正相关。吴小鹰等<sup>[44]</sup>发现,腕长伸肌sEMG与握力大小同样具有正相关性,即受试者桡侧腕长伸肌的sEMG随着握力增大呈线性增强。华立君等<sup>[45]</sup>研究显示肌肉收缩时的肌电积分值与肌肉强度呈正相关。

现有的文献报道多是sEMG与等速技术结合运用<sup>[38-39,42]</sup>,结果均表明某些电生理指标与肌力之间具有良好的相关性,提示应用神经电生理指标对肌肉功能进行客观评估具有可行性,但如何将其进一步量化并与现有肌肉功能评估技术相结合,尚有待进一步

研究。

## 2.3 针极肌电图

针极肌电图(needle electromyogram,nEMG)是将同芯针电极插入肌肉内,观察某个运动单位的动作电位,主要针对下运动神经元包括运动前角、神经根、神经丛、周围神经及肌肉系统的病损进行检查<sup>[46]</sup>。nEMG已广泛应用于临床,多用于神经损伤的定性、定位等诊断。夏晴等<sup>[47]</sup>认为,对已证实周围神经损伤的受试者同时行nEMG及神经传导检测,可有效避免假阴性的发生,提高检测结果的准确性。赵永<sup>[48]</sup>对60例周围神经损伤患者行EMG、MCV检查,计算各项指标的变化率并探讨其与肌力的相关性,结果显示,复合肌肉动作电位(compound muscle action potential,CMAP)波幅下降率、面积下降率是与肌力相关性最高的指标,并认为以此可大致推定肌力的级别。GAO等<sup>[49]</sup>采取手持数字式测力计测量足趾背伸肌力,同步进行nEMG检测,发现:随着神经未损伤受试者和神经功能部分恢复受试者足趾背伸肌力的变化,其募集反应类型、运动单位电位(motor unit potential,MUP)数量、MUP波幅均与肌力的变化具有一定相关性,而神经传导检测指标如趾短伸肌的CMAP波幅、潜伏期以及MNCV并不随肌力的不同而改变;对于神经损伤者,除了上述nEMG指标,趾短伸肌的CMAP波幅、MNCV与最大背伸肌力之间亦存在一定相关性。

临床及法医学应用中有关nEMG的研究较为缺乏,基于现有研究结果,如何对募集反应类型、MUP数量、MUP波幅等指标进行量化并确定其与肌力的相互关系,是值得进一步研究的方向。

## 2.4 运动单位数目估计

运动单位数目估计(motor unit number estimation,MUNE)是一种定量测定支配某一骨骼肌或肌群有功能的下运动神经元数目的电生理技术。MCCOMAS等<sup>[50]</sup>于1971年首先提出MUNE技术并运用于临床,随着方法的逐渐进步,多项研究已表明该技术的可行性及可重复性<sup>[51-52]</sup>。

运动单位(motor unit,MU)是指一个下运动神经元及所支配的所有肌纤维。在进行MUNE测定时,首先给予运动神经超强刺激,兴奋全部有功能的运动纤维,在其所支配肌肉记录CMAP,测定其波幅或面积;然后采集单个MU电位的反应并进行平均,从而获得平均的、有代表性的表面记录到的运动单位电位(surface-recorded motor unit potential,SMUP)的波幅或面积。以最大的CMAP波幅或面积除以平均的SMUP波幅或面积,即可获得MU的数目。获得平均SMUP波幅或面积的不同方法对应着不同的MUNE技术,这



也是目前该技术在应用中的最大争议所在。

1995年DAUBE<sup>[53]</sup>提出的统计法MUNE即为MUNE技术的一种,并成为目前广泛应用的方法之一。统计法MUNE基于Poisson统计学方法来计算SMUP的大小。基于统计法MUNE的研究多集中在肌萎缩侧索硬化(amyotrophic lateral sclerosis, ALS)患者以及ALS鼠模型中。刘明生等<sup>[54]</sup>在一项针对拇短展肌MUNE的研究中发现:ALS患者组MU数目较健康对照组明显下降,最大SMUP波幅明显增高;与健康对照组和ALS组比较,脱髓鞘组平均SMUP波幅明显下降,而MUNE、最大SMUP波幅与健康对照组差异无统计学意义。LOMEN-HOERTH等<sup>[55]</sup>研究认为,对于反映ALS疾病的进展变化而言,MUNE较神经传导速度、CMAP波幅、肌力等更加敏感,可在出现症状前检出MU的丢失。也有学者<sup>[54]</sup>认为,统计法MUNE适用于肢体远端的浅表神经,而近端肌肉的动作伪差较大,结果的准确度下降。

其他获取SMUP的方法还有递增法、F波法、多点刺激法、棘波触发平均法等。递增法是最早计算SMUP的方法,根据运动轴突“全或无”的特点,以非常小的幅度增加电流,理论上可检测到连续募集的单个SMUP,CMAP除以逐步递增的SMUP平均值便可得到MUNE数值。但实施该方法时存在选择偏倚,容易选择易于兴奋的较大的MU,从而导致SMUP偏大,MUNE结果偏低<sup>[53]</sup>。KADRIE等<sup>[56]</sup>首次提出多点刺激法(multiple point stimulation, MPS),并认为MPS可用来定量评估肌肉中的运动单位计数。

LOMEN-HOERTH等<sup>[55]</sup>比较了不同的MUNE方法,认为MPS可通过在神经走行多处刺激来获得单个SMUP,从而计算平均SMUP。F波法的假设是可重复的F波代表单个MU,每次刺激可得出不同的SMUP,多次刺激以得出平均SMUP<sup>[56]</sup>。

有学者将MUNE和解剖上的MU数目相比较。EISEN等<sup>[57]</sup>对大鼠的比目鱼肌分别行MUNE及解剖学数目检测,结果显示两者有很好的相关性。SANTO等<sup>[58]</sup>收集了10具新鲜的33~74岁的尸体,并运用解剖学方法估计了趾短屈肌的MU数目,与MUNE多种方法得到的结果相符。还有一些学者的研究结果显示,解剖学得到的MU数目稍高于MUNE<sup>[59]</sup>。这些研究均表明,MUNE技术得出的特定肌肉的MU数目近似于解剖学上的推导值。MUNE的几种方法均经过研究证实具有可行性,每种方法也均有优点和缺陷,尽管目前MUNE的检测方法没有统一,但MUNE在评估神经轴索损伤方面仍被认为具有重要的价值且尚待深入发掘。

## 2.5 运动单位数目指数技术

2004年,NANDEDKAR等<sup>[60]</sup>提出一项新的评估肌肉中MU的技术,该技术是运用采集到的某肌肉M波或者CMAP最大波幅及sEMG记录肌肉不同程度收缩的波形建立一种数学模型,从而推导出与MU计数成比例的指数,即运动单位数目指数(motor unit number index, MUNIX)。MUNIX技术中另一个重要的参数是运动单位大小指数(motor unit size index, MUSIX),MUSIX值由CMAP最大波幅除以MUNIX值得到。NANDEDKAR等<sup>[60]</sup>运用该技术定量评估ALS患者的运动神经元丢失时,认为MUNIX值比CMAP的最大波幅更敏感。该技术被提出后,受到了众多学者的关注,并在一些其他神经系统疾病中取得一定的研究成果<sup>[61-62]</sup>。相比MUNE,MUNIX最大的优点是不需要连续电刺激,很大程度上降低了受试者的不适感,且操作相对简便、用时较短,方便临床上应用。

LI等<sup>[63]</sup>在运用MUNIX研究脊髓损伤导致的肌肉瘫痪时,分别记录了损伤组瘫痪的肌肉和正常组同名肌肉的M波最大波幅及MUNIX值,结果表明,损伤组的最大波幅和MUNIX值均低于正常组,且差异具有统计学意义。有研究<sup>[64]</sup>发现,MUNIX值与M波最大波幅紧密相关,对于相同的肌肉,在MU计数不变的情况下,如果降低单个MU的波幅,MUNIX值随即降低。MUNIX技术识别运动神经元及肌肉性能改变的敏感性也已经被证实,MUNIX值与实际MU数目间有着较好的相关性,当肌肉中MU计数减少时,MUNIX值也会随之降低,表明该技术可以较准确地反映MU数量的变化<sup>[63]</sup>。

作为一个指数测量值,MUNIX提供的不是肌肉中MU的准确计数,而是一个与肌肉中MU计数成比例的数值。因此,MUNIX技术的重点应放在不同肌肉MUNIX值之间的变化或者是同一肌肉的纵向比较上(例如追踪运动神经元疾病MU变化的进展)。有学者就MUNIX值和MUNE的相关性进行研究,但并没有得到一致的结果。FURTULA等<sup>[65]</sup>发现,无论是在正常人还是ALS患者中,MUNIX值和递增刺激得到的MUNE值之间均无显著相关性。BOEKESTEIN等<sup>[66]</sup>发现,在ALS患者测试得到的MUNIX值与MUNE值呈正相关,但在正常组中则无相关性。

事实上,有关MU数目和肌力相关性的研究一直在进行。DOHERTY等<sup>[67]</sup>研究了年龄相关的MU丢失对肌力的影响,用棘波触发平均法采集受试者肱二头肌的MU数目,并测试受试者肱二头肌屈肘肌力,结果发现MU数目与肌力退化呈正相关,老年人肱二头肌MU数目明显低于青年人,研究认为,不管是在老

年还是青年个体中,MU丢失是肌肉收缩力量减弱的主要因素。MCNEIL等<sup>[68]</sup>用棘波触发平均法采集了受试者胫骨前肌的MU数目,认为随着年龄的增长,MU的丢失可看作肌肉功能的丧失,直接导致老年个体的力量减弱。KAYA等<sup>[69]</sup>在研究成人夹握力、MU数目、年龄之间的联系时,测量一手拇短展肌的肌力及MUNIX值,结果显示,老年组的肌力与MUNIX值呈正相关,青年组的肌力与MUNIX值无明显相关,与此情况不同的是,青年组的肌力与MUSIX值呈正相关,而老年组的肌力与MUSIX值无明显相关。以上研究表明,MU数目和肌力之间确实存在某种关联,但可能受年龄、健康状况、不同部位肌肉等条件的影响,仍需要进一步的研究。此外,KAYA等<sup>[69]</sup>的研究还发现,MUNIX值与CMAP最大波幅存在一定的相关性,这也为我们提供了新的研究方向。

### 3 法医学领域的应用前景

目前法医临床鉴定评估肌肉功能时主要采用的仍是徒手肌力法,便携式握力计、肌力测量仪、等速肌力测试等检测方法在司法鉴定中的应用也有相应报道,可直接定量检测肢体各主要肌群肌力,但目前主要肌群的正常参考值以及规范化的检测方法仍未建立,尚待进一步完善。

nEMG可检测肌肉中的失神经电位,CMAP波幅、潜伏期、募集反应等指标,以更加直观、准确地体现肌肉功能。在法医临床学鉴定中,nEMG相关指标并不受被鉴定人主观影响,除了募集反应,亦不需要主动配合。即使被鉴定人在募集反应中存在不配合现象,根据其他指标同样可对实际损伤进行定位和定量诊断。nEMG可识别伪装,值得在鉴定实践中大力推广,但该技术对检查者的理论基础和实际操作要求均较高,人员的缺乏是该技术推广中的一大问题。MUNE技术是检测MU数目减少或是否有神经源性损害的理想手段,是目前可以对某肌肉中有功能的MU数目进行有效测定的方法。与nEMG相比,MUNE最大的优点是无创,该方法同样不需要被鉴定人的配合,可识别伪装,是一项适合应用于法医临床学鉴定中的检测方法。临床上对于MUNE的研究多用于探索疾病的发展或康复过程,且对肢体远端肌肉(如拇短展肌、小指展肌等)的研究已有较多报道,通过进一步增加健康组、神经损伤组及多部位肌肉的研究,建立多部位肌肉的正常范围参考值,MUNE有望成为有效评估肌肉功能的实用方法之一。与nEMG和MUNE技术不同的是,MUNIX技术不需要借助电刺激完成,受检者不会有任何不适,但是需要受检者的主动配合。因

此,该方法在法医学中的发展具有一定的局限性,但通过重复检测、观察相关指标等,MUNIX亦可在鉴别伪装和夸大障碍中起到一定作用。以往研究显示,nEMG相关指标、MUNE及MUNIX均与肌力存在某种相关性,但如何量化肌群肌力与电生理指标之间的关联程度并应用于实践,有待更加广泛、深入的研究。

在法医临床学鉴定实践中,神经损伤者肌肉功能的评定对于准确进行损伤程度鉴定和伤残等级评定至关重要,多数学者逐渐认识到单一的方法在评定肢体肌肉功能方面的局限性,如何将传统肌力检测方法与新兴的电生理技术相结合,建立一套客观规范的标准化的检测方案来解决法医临床学应用中的实际问题,有待于更深层次的探索。

#### 参考文献:

- [1] 王玉龙. 康复功能评定学[M]. 北京:人民卫生出版社,2008.
- [2] WRIGHT W G. Muscle training in the treatment of infantile paralysis[J]. The American Journal of Nursing,1917,17(6):567.
- [3] KENDALL F P, MCCREARY E K, PROVANCE P G, et al. Muscle testing and function with posture and pain[M]. 5th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins,2005.
- [4] 王盛,姜文君. 徒手肌力检查发展史及分级进展[J]. 中国康复理论与实践,2015,21(6):666-669.
- [5] DYCK P J, BOES C J, MULDER D, et al. History of standard scoring, notation, and summation of neuromuscular signs. A current survey and recommendation[J]. J Peripher Nerv Syst,2005,10(2):158-173.
- [6] LOVETT R W, MARTIN E G. The spring balance muscle test[J]. JBJS,1916,S2-14(7):415-424.
- [7] DYCK P J, BOES C J, MULDER D, et al. History of standard scoring, notation, and summation of neuromuscular signs. A current survey and recommendation[J]. J Peripher Nerv Syst,2005,10(2):158-173.
- [8] 刘根林,李建军,周红俊,等. 肌力定量检查方法研究进展[J]. 中国康复理论与实践,2017,23(7):766-769.
- [9] 曾冬梅,夏雪琴,司良毅,等. 一种手指肌力定量测定仪的研制[J]. 医疗卫生装备,2016,37(2):40-41,56.
- [10] HISLOP H J, PERRINE J J. The isokinetic concept of exercise[J]. Phys Ther,1967,47(2):114-117.
- [11] 黄婷婷,范利华,高东,等. 等速肌力测试与训练技术在肌肉功能评定中的研究进展[J]. 法医学杂志,2013,29(1):49-52.
- [12] 邓思宇,卢茜,郝淑燕,等. 等速测试指标与改良Ashworth量表用于踝痉挛评定的相关性研究[J]. 中国康复理论与实践,2016,22(2):178-183.

- [13] 张勇,宋宇锋,赵斌.等速训练测试系统在髌骨骨折患者早期康复训练中的疗效[J].山西职工医学院学报,2016,26(1):26-28.
- [14] 黄霖,王俊.等速肌力测试在单侧偏瘫患者躯干肌肉力量与平衡功能障碍关系分析中的应用[J].中国伤残医学,2017,25(20):25-28.
- [15] 陈小虎,吴珂慧,张嘉默,等.等速肌力训练用于脊髓灰质炎后遗症患者康复的体会[J].中国康复理论与实践,2008,14(6):599-600.
- [16] 张学慧,刘志浩,邵静雯,等.等速测试和训练在慢性下腰痛中的应用研究进展[J].中国保健营养,2016,26(33):435-436.
- [17] TUFFREAU V, LEDOUX I, EYMARD B, et al. Isokinetic muscle testing for weak patients suffering from neuromuscular disorders: A reliability study[J]. Neuromuscul Disord, 2007, 17(7):524-531.
- [18] HABETS B, STAAL J B, TIJSSEN M, et al. Intrarater reliability of the Humac NORM isokinetic dynamometer for strength measurements of the knee and shoulder muscles[J]. BMC Res Notes, 2018, 11(1):15.
- [19] 周文琪,罗小兵,王小勇,等.膝关节炎患者临床症状与等速肌力测试指标的关系[J].中医正骨,2014,26(11):6-8.
- [20] 唐超,蒲兵兵,丁铃,等.肱骨外科颈骨折内固定术后等速肌力训练效果观察[J].中国骨与关节损伤杂志,2018,33(5):522-523.
- [21] 徐军.等速运动在康复评定与治疗中的应用[J].中华物理医学与康复杂志,2006,28(8):570-575.
- [22] SANTOS ANDRADE M, MASCARIN N C, BENEDITO-SILVA A A, et al. Assessment of isokinetic peak torque reliability of the hip flexor, extensor, adductors and abductors muscles in female soccer players from 14 to 25 years old[J]. J Sports Med Phys Fitness, 2016, 56(7-8):843-848.
- [23] SHECHTMAN O, DAVENPORT R, MALCOLM M, et al. Reliability and validity of the BTE-Primus grip tool[J]. J Hand Ther, 2003, 16(1):36-42.
- [24] 管文艺,韦远欢,陈泳欣,等.广州市6~9岁儿童握力及握力指数研究[J].中国儿童保健杂志,2018,26(1):70-73.
- [25] SCHUTTE N M, NEDEREND I, HUDZIAK J J, et al. Differences in adolescent physical fitness: A multivariate approach and meta-analysis[J]. Behav Genet, 2016, 46(2):217-227.
- [26] FRASER A, VALLOW J, PRESTON A, et al. Predicting 'normal' grip strength for rheumatoid arthritis patients[J]. Rheumatology (Oxford), 1999, 38(6):521-528.
- [27] EDWARDS R H, MCDONNELL M. Hand-held dynamometer for evaluating voluntary-muscle function[J]. Lancet, 1974, 2(7883):757-758.
- [28] WHITELEY R, JACOBSEN P, PRIOR S, et al. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing[J]. J Sci Med Sport, 2012, 15(5):444-450.
- [29] LU Y M, LIN J H, HSIAO S F, et al. The relative and absolute reliability of leg muscle strength testing by a handheld dynamometer[J]. J Strength Cond Res, 2011, 25(4):1065-1071.
- [30] SCHWARTZ S, COHEN M E, HERBISON G J, et al. Relationship between two measures of upper extremity strength: Manual muscle test compared to hand-held myometry[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1992, 73(11):1063-1068.
- [31] KRAUSE D A, NEUGER M D, LAMBERT K A, et al. Effects of examiner strength on reliability of hip strength testing using a hand-held dynamometer[J]. J Sport Rehabil, 2014, 23:56-64.
- [32] 李小兰,黄晓琳.便携式数字化肌力测定仪的研制及其信度研究[J].中国康复,2006,21(2):135-137.
- [33] 夏晴,王立新,范利华.肢体肌肉功能评定研究进展[J].法医学杂志,2011,27(4):290-294.
- [34] 李开,齐华光,程永贤,等. MNCV检验在尺神经损伤法医学鉴定中的应用[J].法医学杂志,2005,21(4):259-261.
- [35] 李开,朱新菊,徐永城,等. MNCV与正中神经损伤后肢体肌力变化的关系[J].法律与医学杂志,2006,13(1):43-45.
- [36] 赵永,刘兴本,徐晓明,等.周围神经损伤MCV测定及其法医学意义[J].中国法医学杂志,2012,27(1):5-8.
- [37] DELLON A L, MACKINNON S E. Selection of the appropriate parameter to measure neural regeneration[J]. Ann Plast Surg, 1989, 23(3):197-202.
- [38] 李克军,蒋拥军.渐进抗阻肌力训练在膝关节炎康复治疗中股四头肌表面肌电的表现[J].风湿病与关节炎,2016,5(6):21-23.
- [39] 陈彦,吴霜,王志涛,等.表面肌电联合等速肌力测试用于不完全腰髓损伤患者的精准评估研究[J].中国康复,2018,33(1):15-18.
- [40] DUCHÊNE J, HOGREL J Y. A model of EMG generation[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2000, 47(2):192-201.
- [41] 于在洋,张旭,王东清,等.表面肌电信号复杂性与肌力关系研究[J].航天医学与医学工程,2016,29(2):120-126.
- [42] 王国祥,李长宏.肘关节等速运动过程中表面肌电图的变化特征[J].中国临床康复,2004,8(12):2346-2348.
- [43] 侯文生,许蓉,郑小林,等.握力大小与前臂肌肉表面肌电活动模式的相关性研究[J].航天医学与医学工程,2007,20(4):264-268.
- [44] 吴小鹰,侯文生,郑小林,等.腕长伸肌表面肌电与握力大小的相关性研究[J].仪器仪表学报,2008,29(8):



- 1605-1608.
- [45] 华立君,宋吉锐. 排球运动员下肢肌力与肌电特征的相关研究[J]. 沈阳体育学院学报,2007,26(4):68-71.
- [46] 党静霞. 肌电图诊断与临床应用[M]. 北京:人民卫生出版社,2005:12.
- [47] 夏晴,高东,朱广友,等. 针极肌电图与神经传导检测的法医学应用[J]. 法医学杂志,2012,28(4):275-277.
- [48] 赵永. 周围神经损伤后EMG/MCV的改变及其法医学意义[D]. 沈阳:中国医科大学,2008.
- [49] GAO D, XIA Q, RAN D, et al. Reliability study on quantitative detection of extensor digitorum brevis strength with needle electromyography and nerve conduction[J]. 法医学杂志,2013,29(6):409-413.
- [50] MCCOMAS A J, FAWCETT P R, CAMPBELL M J, et al. Electrophysiological estimation of the number of motor units within a human muscle[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry,1971,34(2):121-131.
- [51] IVES C T, DOHERTY T J. Intra-rater reliability of motor unit number estimation and quantitative motor unit analysis in subjects with amyotrophic lateral sclerosis[J]. Clin Neurophysiol,2014,125(1):170-178.
- [52] OLNEY R K, YUEN E C, ENGSTROM J W. Statistical motor unit number estimation: Reproducibility and sources of error in patients with amyotrophic lateral sclerosis[J]. Muscle Nerve,2000,23(2):193-197.
- [53] DAUBE J R. Estimating the number of motor units in a muscle[J]. J Clin Neurophysiol,1995,12(6):585-594.
- [54] 刘明生,崔丽英,汤晓芙,等. 统计法运动单位数目估计技术的临床应用研究[J]. 中华神经科杂志,2006,39(10):668-672.
- [55] LOMEN-HOERTH C, SLAWNYCH M P. Statistical motor unit number estimation: From theory to practice[J]. Muscle Nerve,2003,28(3):263-272.
- [56] KADRIE H A, YATES S K, MILNER-BROWN H S, et al. Multiple point electrical stimulation of ulnar and median nerves[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry,1976,39(10):973-985.
- [57] EISEN A, KARPATI G, CARPENTER S, et al. The motor unit profile of the rat soleus in experimental myopathy and reinnervation[J]. Neurology,1974,24(9):878-884.
- [58] SANTO NETO H, de CARVALHO V C, MARQUES M J. Estimation of the number and size of human flexor digiti minimi muscle motor units using histological methods[J]. Muscle Nerve,1998,21(1):112-114.
- [59] SHEFNER J M. Motor unit number estimation in human neurological diseases and animal models[J]. Clin Neurophysiol,2001,112(6):955-964.
- [60] NANDEDKAR S D, NANDEDKAR D S, BARKHAUS P E, et al. Motor unit number index (MUNIX)[J]. IEEE Trans Biomed Eng,2004,51(12):2209-2011.
- [61] GOOCH C L. The canaries in the coal mine: MUNE and MUNIX in amyotrophic lateral sclerosis[J]. Muscle Nerve,2017,56(2):183-184.
- [62] NEUWIRTH C, BRAUN N, CLAEYS K G, et al. Implementing Motor Unit Number Index (MUNIX) in a large clinical trial: Real world experience from 27 centres[J]. Clin Neurophysiol,2018,129(8):1756-1762.
- [63] LI X, WANG Y C, SURESH N L, et al. Motor unit number reductions in paretic muscles of stroke survivors[J]. IEEE Trans Inf Technol Biomed,2011,15(4):505-512.
- [64] LI X, RYMER W Z, ZHOU P. A simulation-based analysis of motor unit number index (MUNIX) technique using motoneuron pool and surface electromyogram models[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng,2012,20(3):297-304.
- [65] FURTULA J, JOHNSEN B, CHRISTENSEN P B, et al. MUNIX and incremental stimulation MUNE in ALS patients and control subjects[J]. Clin Neurophysiol,2013,124(3):610-618.
- [66] BOEKESTEIN W A, SCHELHAAS H J, van PUTTEN M J, et al. Motor unit number index (MUNIX) versus motor unit number estimation (MUNE): A direct comparison in a longitudinal study of ALS patients[J]. Clin Neurophysiol,2012,123(8):1644-1649.
- [67] DOHERTY T J, VANDERVOORT A A, TAYLOR A W, et al. Effects of motor unit losses on strength in older men and women[J]. J Appl Physiol (1985),1993,74(2):868-874.
- [68] MCNEIL C J, DOHERTY T J, STASHUK D W, et al. Motor unit number estimates in the tibialis anterior muscle of young, old, and very old men[J]. Muscle Nerve,2005,31(4):461-467.
- [69] KAYA R D, NAKAZAWA M, HOFFMAN R L, et al. Interrelationship between muscle strength, motor units, and aging[J]. Exp Gerontol,2013,48(9):920-925.

(收稿日期:2018-03-06)

(本文编辑:陈捷敏)