

• 综 述 •

中西医肌力评估方法研究进展

陈 芳¹, 郭村晓¹, 覃语敏¹, 邵先桃², 熊光轶^{2*}

(1. 云南中医药大学第二临床医学院, 云南 昆明 650500; 2. 云南中医药大学, 云南 昆明 650500)

摘要: 肌肉力量是指肌肉在单次最大用力时所能产生的力量大小。肌力的评估对于疾病的预防及治疗至关重要, 甚至对于个体的健康管理以及运动员制定训练计划都有着不可忽视的作用。本文回顾了近年来国内外常用的肌力评估方法, 结合了肌力评估方法的适用场景、优缺点, 从肌力的直接评估方法、间接评估方法及中医对肌力评估的认识 3 方面进行综述, 以期辅助诊断、指导治疗提供更为客观、高效的肌力评估方法。

关键词: 肌力; 评估方法; 中西医; 综述

中图分类号: R247.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-2723(2025)02-0107-06

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.1000-2723.2025.02.017

肌力(muscle strength)是指肌肉收缩时产生的最大力量^[1]。肌肉力量的下降常见于神经系统疾病^[2], 肌萎缩侧索硬化症、多发性肌炎、重症肌无力、吉兰-巴雷综合征等疾病常引起神经肌肉功能损伤, 导致肌力降低, 严重影响患者的肢体功能活动, 降低患者生活质量。准确、客观的肌力评估将有助推动病人的康复进程。笔者在知网、万方、PubMed、Web of Science 等数据库中, 以“肌力”“肌力评估”为关键词, 对“肌力评估”近 15 年的相关文献进行了查阅, 发现目前临床常用的徒手肌力评估方法缺乏相对的客观性, 而等速肌力测试仪在便携性及评估成本等方面存在不足, 针极肌电图有感染、出血等皮肤受损的潜在问题。评估方法较为多样, 本文结合近 10 余年国内外的相关研究文献, 综述目前常用评估方法之利弊, 以助权衡各肌力评估方法的客观性与有效性。

1 直接评估方式

1.1 徒手评估肌力 徒手肌力评定(manual muscle testing, MMT)是在特定体位下让受检者做标准动作, 通过触摸肌腹, 观察肌肉克服自身重力或对抗阻力完成动作的能力, 从而对其肌肉主动收缩的能力进行评定^[3]。1912 年, Robert Lovett 提出了 MMT 的评估方

法, 将肌力分为 0~5 级, 其中 0 级为没有肌肉收缩; 1 级为肌肉有轻微收缩, 但无法使关节活动; 2 级在减重状态下能做关节全范围活动; 3 级为可抗重力, 但不能抗外加阻力的主动运动; 4 级为抗重力和一定的阻力做关节全范围运动; 5 级能抗重力和充分阻力, 做关节全范围运动^[4]。此后, Kendel 夫妇根据肢体对抗重力或阻力时运动的幅度将肌力从 0%~100%分为 6 级^[5]。1943 年, 英国医学研究理事会(medical research council, MRC)则在基于 Lovett 的分级方式上制定了 MRC 量表, 后续也有许多研究不断对 MRC 量表进行了修改, 可用“+/-”以表示更大或更小的阻力或活动范围^[4]。

目前, 逐渐有学者将 MMT 不断运用于具体的肌肉力量评估甚至是疾病诊断中。宋福祥等^[6]研制了针对痉挛型脑瘫患儿的腹肌训练器, 并采用徒手肌力检查对患儿进行评估, 将 MMT 按照 Kendel 法用 0~10 分的分级数字来表示, 统计患儿治疗前后腹直肌和腹内外斜肌的肌力, 用以评价腹肌训练器对脑瘫患儿核心肌力的改善情况。说明 MMT 作为一种简便快捷的检查方式, 在疾病的诊断、治疗和预防方面都有其意义和价值。随着临床实际需求的增加及不

基金项目: 云南省科技厅科技计划项目(202102AA100016, 202001AZ070001-23); 云南省针灸推拿防治脑病创新团队(202405AS350007); 云南省教育厅科学研究基金项目(2023Y0462)

作者简介: 陈 芳(1999-), 女, 在读硕士研究生, E-mail: 3074609476@qq.com

* **通信作者:** 熊光轶(1972-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 推拿防治儿科疾病的临床研究, E-mail: 307924002@qq.com

断变化,也有许多学者对 MMT 检测方法做出了改良。鉴于脑卒中后患者从物理治疗项目中获益的时间很短,Roman 等^[7]为卒中后患者定制 MMT 量表,这种经过调整的 MMT 评分系统能更清楚地强调康复进展,便于观察运动功能的轻微变化,以适应评估和诊断的改进。

由此可见,针对恢复周期长的疾病,MMT 可以随着病人病情的变化,及时做出评估,制定诊疗计划,具有简便效廉的优点。但由于经典的肌力评分系统可能会因检查者的主观性而产生偏差,并且 MMT 量表没有考虑到随着生长年龄的变化,力量的产生也是在不断变化的。不仅如此,MMT 量表也难以避免年龄及性别因素对最大自主收缩力所造成的影响差异^[8],因此,MMT 具有灵敏度差^[9]、缺乏相对客观性等缺点。

1.2 仪器定量评估肌力 肌肉力量在人体运动过程中可以分为最大力量、快速力量、反应力量和耐力力量^[10]。随着社会的发展,对于肌力的评定也有了更多元化的需求。在竞技体育中,不同项目的运动员对于主导力量的追求也各不相同。而 MMT 难以对短时间的爆发力和运动过程中的最大力量和耐力进行定量评价,近年来各式各样的器械被研发出用以对肌力进行更为具体的定量评估。如等速肌力测试仪、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^[11]。

1.2.1 等速肌力测试 目前,等速肌力测试已经在临床医学、康复医学、竞技体育等方面被广泛的应用。等速运动(isokinetics exercise)由 Perrine 和 Hislop 在 1967 年首先提出,是指某一肢体在其关节固定的情况下,环绕关节运动,而整个运动过程中角速度保持不变的一种肌肉收缩的运动方式,又称为“恒定速度运动”(constant velocity training)^[12]。等速肌力测试时,在预先设定角速度后,肌肉收缩所产生的关节运动带动等速仪器上的动力臂绕其轴心转动,由于动力臂转动的角速度已经被预先设定而不能加速,因此肌肉收缩产生的关节运动力矩与等速仪器产生的反向力矩保持平衡^[13]。等速测力计可以提供多种参数,如峰值力、耐力、功率、最大力角度、生成强度曲线^[14]。鞠秀奎等^[15]运用等速肌力测试系统对运动员进行测试,以探索青少年男子体操运动员躯干、髋和膝关节的等速肌力特征。使得青少年体操动作技术训练越来越趋

于科学化、系统化。

等速仪器在测试方面,可进行等速离心、等速向心、等长和等张等不同收缩方式的肌力测试。测试后等速仪器能提供详细的各项肌肉功能参数以及清晰的力矩曲线,有利于结果分析;在训练方面,等速仪器可提供等速向心、等速离心、等长和等张等不同收缩方式的肌力训练,使肌力训练模式多样化,提高了训练的效率^[16]。丁晓晶等^[17]对 30 例患者进行的 4 周治疗,观察等速肌力训练联合悬吊运动疗法对腰椎间盘突出症患者下肢肌力的影响,结果表明等速肌力训练联合悬吊运动疗法不仅能明显缓解腰椎间盘突出症患者腰腿疼痛症状,提高其功能,更能明显增加患侧下肢肌力恢复。等速训练能够提高训练的有效性,因其不仅保障了肌肉在每次活动时所承受最大阻力的均匀性,还能同时训练主动肌和拮抗肌。Danny 等^[18]研究表明,使用等速测力计测量脊髓炎后综合征患者的力量和功率具有一定可靠性。尽管已经有研究证明等速肌力测定法的可靠性和有效性,但由于等速测力器价格昂贵,使用相对繁琐,目前在临床的应用仍具有一定的局限性。

1.2.2 手持测力计 1916 年 Lovett 和 Martin 首次描述了手持式测力计(hand-held dynamometry, HHD)^[19],手持式测力计使用时放置在评估者的手和身体部位之间,用于测定等长肌力,与等速测力仪器相比,HHD 是一种易于使用、便于携带且相对便宜的设备^[20]。以临床为基础的肌肉力量评估设备,其用途的广泛性和结果的易阐释性,常作为检测者的重要考虑因素。相比昂贵的等速肌力测试仪,低成本的便携式设备正被逐步证明其具有较强的可靠性和有效性,可以作为评估肌肉力量的一种合适和方便的方法。Sentanin 等^[21]使用便携式测力计对慢性阻塞性肺疾病患者进行等长股四头肌力量评估,并分析评估结果的可靠性和测量误差。研究还监测了患者在测试过程中的生理反应和耐受性,包括血压、心率、血氧饱和度、呼吸困难和下肢疲劳程度。研究结果显示,使用便携式动力学测力仪评估慢性阻塞性肺疾病患者的股四头肌肌力具有良好的内部和外部一致性。Benjamin 等^[22]使用 HHD 对 30 名健康青年进行下肢的等长肌力测试,经其研究发现,在健康人群中 HHD 对下肢肌肉的等长力量和功率的测量,尤其是对近端肌群的测量,具有良好

的可靠性和有效性。Angelique 等^[23]对使用手持式测力计评估 3~18 岁脑瘫儿童下肢肌肉的最大等长肌力是否可靠进行了研究,发现 HHD 是测量髋关节外展肌、髋关节屈肌、膝关节伸肌、坐位屈肌和踝关节背屈肌等长力量的合适工具。MMT 和 HHD 是治疗炎症性肌病中评估肌肉力量的 2 种常用方法。Pierrette 等^[24]对 MMT 和 HHD 评估肌力的信度和效度进行了研究,测量了 8 个肌肉群的最大等长肌力。研究发现,MMT 可用于评估肌炎患者的全身肌无力,但不适用于评估肌炎患者单个肌肉群的改善或恶化,对于单个肌群的力量评估则推荐使用 HHD。Didem 等^[25]研究也证明 HHD 在肌炎患者中表现出较强的信度。

HDD 由于其易用性、便携性,且与等速运动装置相比,其成本更低、尺寸更小,逐步被视为肌力评估的实用标准^[26]。尽管已有相关的研究证明了手持式测力计可以进行客观的力量测量,但与 MMT 一样,HHD 也会受施测者力量的影响,HHD 获得的测量数值受实测者的最大肌力的限制^[27]。

1.2.3 神经电生理评估肌力 通过生物电原理来记录中枢神经系统或者周围神经系统自发性或由外部刺激所诱发的电活动,称为神经电生理检测技术^[28]。神经电生理检测的方法主要包括肌电图、神经传导速度测定、诱发电位检查等^[29]。

利用肌电信号,不仅可以检测出人体各关节肌肉群的静态强度,也可以检测出在跑步等运动状态下的肌肉力量。通过肌电图来获取肌肉在不同程度主动收缩状态下的电活动,即运动过程中所产生的肌肉力量^[10]。肌电图的检查方法主要有针肌电图和表面肌电图。

针式肌电图(electromyography,EMG)是使用插入肌肉的针式记录电极,记录和分析运动单位的单个肌纤维在静止和自主收缩时发出的电信号的技术^[30]。高东等^[31]采用针肌电图对受试者的肱二头肌肌力进行检测,以探究当肌皮神经损伤时屈肘肌力的变化与针极肌电图指标的相关性,研究证实针极肌电图联合检测有助于提高肌力分级的准确性。黄佳丽等^[32]采用针极肌电图对肌萎缩侧索硬化症的患者进行多部位检查,通过肌电图各检测部位参数,可发现患者存在广泛的神经源性损害,并发现有呼吸障碍表现的患者,其腹直肌针极肌电图的自发电位发生率要高于无

呼吸障碍的患者,证明针极肌电图有助于判断患者的呼吸功能状况。由于多数肌萎缩侧索硬化患者因呼吸受累而常死于呼吸衰竭,该研究表明肌电图可帮助诊断呼吸障碍。尽管肌电图是一种常用的评估神经和肌肉功能的电生理测试方法,但是 EMG 也可能导致一些并发症,已有研究人员^[33]总结了与肌电图检查相关的并发症,包括皮肤问题、穿刺问题和出血问题,具体可表现为:感染、出血和神经损伤等,提前了解关于 EMG 并发症的详细信息,可以帮助医生和患者更好地规避这些潜在的风险。

运动神经传导速度(motor nerve conduction velocity,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^[34]。栾松等^[35]学者测定了早期糖尿病周围神经病患者运动及感觉神经传导速度,运用计算机辅助对冲方法测定运动神经传导速度分布范围,结果发现运动神经速度分布峰值左移,各级速度纤维传导均减慢。说明运动神经速度分布检测比常规运动传导测定更敏感且稳定,可用于糖尿病周围神经病早期诊断及发现亚临床病变。Chein-Wei Chang 等^[36]研究发现,通过磁刺激测量臀部坐骨神经的运动神经传导速度,可为梨状肌综合征患者的坐骨神经功能提供一种无痛、无创和客观的评估方法。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。

2 间接评估方式

2.1 步速测试 当下肢肌肉力量降低时,步行速度也会随之受到影响。因此,逐渐有研究将步速测试作为评估肌力的方法之一。脑瘫儿童的肌无力是由于神经机制改变和肌肉组织变化引起的,而脑瘫患儿典型的表现如:异常肌张力、低活动度和肌肉无力,均是限制其行走的重要因素。Annie 等^[37]研究了肌力较强壮和较虚弱的 2 组痉挛型双侧脑性瘫痪患儿,观察其下肢肌力与步行能力的关系,评估肌肉力量 and 不同步行能力之间的关系。研究表明,对于力量较弱的痉挛型双侧脑瘫患儿,在其运动功能的干预措施中,加强肌肉力量是有必要的。目前已有研究表明,肌肉力量(腿部的伸展力量)与步行速度呈显著正相关。因此,步速测试除了作为疾病相关的评估指标外,有学者认为步行速度是预测老年人功能衰退的良好指标,并被用于筛查功能衰退^[38]。谭晓欢等^[39]以 6 m 步行测试为

测量指标,对老年人的下肢肌力于步速进行研究,可见步速测试具有较高的可信度。此外,彭楠等^[40]研究发现髂腰肌、股四头肌、腓绳肌的肌力与步速呈轻度正相关,功能性活动测试与步速相关性更好。欧洲老年人肌少症工作组 (european working group on sarcopenia in older people, EWGSOP) 推荐单一的界值 ≤ 0.8 m/s 作为严重的肌少症指征。步速测定鉴于其便利性和安全性,正逐渐应用于临床^[41]。

2.2 三维步态分析 步态,即人体的行走方式,是由全身各个关节和肌肉协同作用的结果。三维步态分析通过传感器及摄像头对步行过程中肢体的运动进行数据捕捉和分析,可得到被测者的步长、步频、关节角度等数据,为诊疗和康复训练提供了客观的数据支持^[42]。通过三维步态分析评估肌力,以更为详细、全面的运动数据,客观分析导致异常步态的肌肉力量不足问题。刘允涛等^[43]在患者全膝关节置换术后的康复过程中,运用三维步态分析仪联合髌膝踝关节周围肌群的肌力训练,通过精确测量步态参数和肌肉力量,制定针对性康复训练,被证明能够有效提升患者的步频、步长、改善膝关节功能。三维步态分析及时关注患者步态的改善情况,有助于加强相关肌肉群的力量,在康复周期中,形成有效的正向反馈,从而指导个性化康复训练,提高运动功能。

3 中医对肌力的认识

中医将肢体筋脉弛缓,软弱无力,不能随意运动称为痿证。早在《黄帝内经》中就见“痿”之病名,《素问·痿论》将此病分为“皮痿、脉痿、筋痿、肉痿、骨痿”,论述了 5 种痿证的证因病机,并分别从“肺热、心热、肝热、脾热、肾热”解释了 5 种痿证的不同症状,提出“治痿独取阳明”的治疗原则及“补其荣而通其俞”的治疗方法。并提出“宗筋主骨而利机关也”,说明宗筋具有维持骨骼关节正常运行的功能。中医学基于五脏一体观的整体观念,通过“望闻问切”四诊合参的方法,在辨证论治理论指导下,对痿证构建了完整的诊疗思路。可见中医对于肌力减弱,肌肉萎缩类疾病认识较早。

《素问·三部九候论》云:“必先度其形之肥瘦,以调其气之虚实。”观察形体的强弱状态,有助于了解脏腑气血的盛衰。说明观察人的形体,在临床诊断中具有一定意义。人的姿态各有不同,《望诊遵经》中将其

归纳为“望诊八法”-“体态异焉,总而言之,其要有八:曰动、曰静、曰强、曰弱、曰俯、曰仰、曰屈、曰伸,八法交参,则虽行住坐卧之际,作止语默之间,不外乎此。”中医对于“肌力”虽然没有直接的评估指标,但通过望患者的神、色、形、态;通过“望闻问切”的方式,根据辨证论治的诊疗思想,实现从局部到整体的评估及治疗,建议在患者病程的全周期积极运用中医辨证体系进行诊疗,提高患者的生活质量。

4 讨论

肌肉力量是一项重要的身体机能,对于健康成年人来说,肌肉力量的增强有助于老年人更为顺利地完成日常生活,在生活中减少对辅助工具的依赖,降低发病率与死亡率^[44]。因此,为了量化疾病损伤的程度,制定个性化的训练计划,肌力评估方法的有效性、可靠性、灵敏性和标准化变得至关重要^[45]。目前常用的肌力评估方法各有优势,总结了不同评估方法的原理、优缺点及适用范围。在临床应用中,需要根据不同患者的个体情况选择适合的评估方法,见表 1。

我们发现,吞咽障碍、语言障碍等疾病多以小肌群的无力或痉挛为主,但该类小肌群的肌力评估方法较为少见,应强化针对小肌肉的精确评估。基于中医整体观念的肌力评估方法目前尚未制定,但在临床中肌肉力量弱的患者,其整体功能往往也较差。因此,未来的评估方法可以考虑增加中医的整体观念理论,从中医四诊的评估对其进行整体评价,结合舌象、脉象辨证评估患者体质,以提升诊疗效果。各种评估方法各有所长及不足,应根据具体的应用场景和需求进行选择,随着计算机技术、图像处理技术、机器学习技术等应用,肌力评估方法将会更加准确和客观。

参考文献:

- [1] 王玉龙. 康复功能评定学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2018:171.
- [2] 吴江,贾建平. 神经病学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2015:148-433.
- [3] 夏晴,王立新,范利华. 肢体肌肉功能评定研究进展[J]. 医学杂志,2011,27(4):290-294.
- [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.

表 1 不同肌力评估方法的分类比较

肌力评估方法	原理	优点	缺点	适用范围
徒手肌力测试	观察受试者克服重力的情况,以及手工施加阻力以评估	简便易行	主观因素影响较大;局部小肌群无法精确评估	通常用于评估四肢肌群
等速肌力测试仪	以恒定的速度,观察肌肉在关节活动范围内的力量大小	能够实时监测肌肉收缩过程中肌纤维的变化情况,评估的准确性较高	操作较为复杂,设备成本较高,价格昂贵	四肢及躯干肌力,评估治疗效果;制定运动员的训练计划
手持测力计	通过内置传感器来测量力量	体积小巧,便于携带,设计直观易于操作	缺乏较高级的数据分析能力	适用于行动不便的慢性疾病患者
肌电图	测量和分析肌肉收缩时的肌电信号	实时、客观的反映肌肉功能	对于深层部位的肌肉则难以进行评估	诊断及评估运动神经元疾病、周围神经损伤等神经系统疾病
步速测试	通过动作完成质量来评估肌力	操作便捷	评估方法存在误差,需要结合其他方法综合评估	评估老年人机体功能状态;脑瘫患儿等
三维步态分析	解析生物力学,分析行走过程的肌肉收缩状态	安全可靠,数据精确	对行动不便者难以评价	肌力减弱及步态异常等运动功能损伤患者
中医证候评估	整体观念及辨证论治的思想指导,望闻问切的查体方法	评估患者的局部及整体功能状态,有利于个体化治疗	缺乏客观性	长期肢体功能障碍,重度营养不良,甚至卧床病人

[5] MENDELL J R,FLORENCE J. Manual muscle testing[J]. Muscle Nerve,1990,13(Suppl):S16–S20.

[6] 宋福祥,孔祥颖,郭津,等. 痉挛型脑瘫患儿用腹肌训练器的研制与应用研究[J]. 中国儿童保健杂志,2022,30(3):339–342.

[7] ROMAN N A,MICLAUS R S,NICOLAU C,et al. Customized manual muscle testing for post–stroke upper extremity assessment[J]. Brain Sci,2022,12(4):457.

[8] MANIKOWSKA F,CHEN B P J,JOZWIAK M,et al. Validation of manual muscle testing (MMT) in children and adolescents with cerebral palsy[J]. NeuroRehabilitation. 2018,42(1):1–7.

[9] BOHANNON R W. Manual muscle testing:does it meet the standards of an adequate screening test[J]. Clin Rehabil,2005,19(6):662–667.

[10] 朱威. 肌电图在肌肉力量评估中的应用[J]. 当代体育科技,2014,4(32):15–16.

[11] 刘根林,李建军,周红俊,等. 肌力量检查方法研究进展[J]. 中国康复理论与实践,2017,23(7):766–769.

[12] 刘万志, 刘丰彬. 等速肌力测试系统在体育运动实践中的应用[J]. 大连大学学报,2020,41(3):80–85.

[13] 黄志平,尹彦,刘敏,等. 等速肌力测试与训练技术的研究进展[J]. 体育科技,2011,32(4):52–58.

[14] LI R C,JASIEWICZ J M,MIDDLETON J,et al. The development,validity,and reliability of a manual muscle testing device with integrated limb position sensors [J]. Arch Phys Med Rehabil,2006,87(3):411–417.

[15] 鞠秀奎. 青少年男子体操运动员主要关节的等速肌力特征[J]. 中国组织工程研究,2016,20(46):6922–6929.

[16] 吴毅,占飞. 等速肌力测试和训练技术在运动医学中的应用[J]. 中国运动医学杂志,2002(1):81–84,101.

[17] 丁晓晶,陈金,王勇军,等. 等速肌力训练联合悬吊运动疗法对腰椎间盘突出症患者下肢肌力的影响[J]. 临床医药实践,2022,31(5):330–335.

[18] WOUDE D R V D,RUYTEN T,BARTELS B. Reliability of muscle strength and muscle power assessments using isokinetic dynamometry in neuromuscular diseases:a systematic review[J]. Phys Ther,2022,102(10):pzac099.

[19] BOHANNON R W. Hand–held dynamometry:adoption 1900–2005[J]. Percept Mot Skills,2006,103(1):3–4.

[20] TARCA B D,WYCHERLEY T P,MEADE A,et al. Validity and reliability of hand–held dynamometry for abdominal flexion muscular assessment[J]. J Sport Rehabil, 2020,30(2):343–346.

- [21] SENTANIN A C, FACIO C A, SILVA M M C, et al. Reliability of quadriceps femoris muscle strength assessment using a portable dynamometer and protocol tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Phys Ther*, 2021, 101(9): pzab107.
- [22] MENTIPLAY B F, PERRATON L G, BOWER K J, et al. Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: a reliability and validity study [J]. *PLoS One*. 2015, 10(10): e0140822.
- [23] MULDER B A N, RAMECKERS E A A, BASTIAENEN C H. Lower extremity hand-held dynamometry strength measurement in children with cerebral palsy [J]. *Pediatr Phys Ther*, 2016, 28(2): 136–153.
- [24] PIFSTER P B, BRUIN E D D, STERKELE I, et al. Manual muscle testing and hand-held dynamometry in people with inflammatory myopathy: an intra- and inter-rater reliability and validity study [J]. *PLoS One*. 2018, 13(3): e0194531.
- [25] SAYGIN D, ODDIS C V, KIA S M, et al. Correction to: Hand-held dynamometry for assessment of muscle strength in patients with inflammatory myopathies [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2022, 61(10): 4220.
- [26] STARK T, WALKER B, PHILLIPS J K, et al. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review [J]. *PM R*, 2011, 3(5): 472–479.
- [27] BOHANNON R W. Considerations and practical options for measuring muscle strength: a narrative review [J]. *Biomed Res Int*, 2019; 8194537.
- [28] 倪臻. 功能性运动障碍神经电生理学研究进展 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2023, 23(12): 1082–1086.
- [29] 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.
- [30] RUBIN D I. Needle electromyography: basic concepts [J]. *Handb Clin Neurol*, 2019, 160: 243–256.
- [31] 高东, 卓佩佩, 田东, 等. 肌皮神经损伤后屈肘肌力与针极肌电图指标的相关性 [J]. *法医学杂志*, 2023, 39(2): 137–143.
- [32] 黄佳丽, 龙发青, 李鹏翔. 肌萎缩侧索硬化的针极肌电图诊断价值研究 [J]. *中国现代医学杂志*, 2019, 29(8): 86–89.
- [33] CUSHMAN D M, STRENN Q, ELMER A, et al. Complications associated with electromyography: a systematic review [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2020, 99(2): 149–155.
- [34] 卓佩佩, 高东, 冉聃, 等. 肌肉功能评估方法进展及其法医学应用前景 [J]. *法医学杂志*, 2018, 34(6): 665–671.
- [35] 栾松, 崔丽英, 汤晓芙, 等. 糖尿病周围神经病运动神经传导速度分布 [J]. *中华神经科杂志*, 2006, 39(7): 436–439.
- [36] CHANG C W, SHIEH S F, LI C M, et al. Measurement of motor nerve conduction velocity of the sciatic nerve in patients with piriformis syndrome: a magnetic stimulation study [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2006, 87(10): 1371–1375.
- [37] LAFORTE A P, PARENT A, HAMDY R, et al. Relationship between lower limb strength and walking capacities in children with spastic bilateral cerebral palsy [J]. *Disabil Rehabil*, 2022, 44(10): 1916–1922.
- [38] HAYASHIDA I, TANIMOTO Y, TAKAHASHI Y, et al. Correlation between muscle strength and muscle mass, and their association with walking speed, in community-dwelling elderly Japanese individuals [J]. *PLoS One*, 2014, 9(11): e111810.
- [39] 谭晓欢, 姜桂萍, 黄芯怡, 等. 社区高龄老年人下肢肌力与步速的关系: 柔韧和动态平衡的链式中介作用 [J]. *中国康复理论与实践*, 2023, 29(6): 646–653.
- [40] 彭楠, 周明, 朱亚琼, 等. 老年人下肢肌力和功能性活动测试与步速的相关性 [J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20(12): 1101–1104.
- [41] 于宝海, 吴文娟. 2018 欧洲肌少症共识解读 [J]. *河北医科大学学报*, 2019, 40(4): 373–379, 384.
- [42] 赵伟, 苏鹏, 张力, 等. 三维步态分析在髋膝关节置换术中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(20): 1863–1867.
- [43] 刘允涛. 三维步态分析仪联合髋膝踝关节周围肌群肌力训练在全膝关节置换术后患者中的应用 [J]. *哈尔滨医药*, 2022, 42(5): 101–102.
- [44] WANG D X M, YAO J, ZIREK Y, et al. Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2020, 11(1): 3–25.
- [45] TOIGO M, FLUCK M, RIENER R, et al. Robot-assisted assessment of muscle strength [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2017, 14(1): 103.

(收稿日期: 2024–07–16)