

脊髓损伤神经功能定量评价研究进展*

潘 钰¹ 郝淑燕¹

脊髓损伤(spinal cord injury,SCI)是由各种原因引起的脊髓结构、功能的损害,造成损伤水平以下不同程度的运动、感觉和自主神经功能障碍。由于SCI后神经再生困难,到目前为止,SCI的治疗与康复仍是现代医学界的一大难题。SCI程度和损伤平面是判断患者预后的主要决定因素,客观、定量的评价SCI程度及预后对于指导患者康复治疗有着重要的意义。本文拟对SCI神经功能定量评价研究进展进行综述,为SCI的临床评估和治疗提供理论依据。

1 SCI神经功能评价标准的建立和研究进展

SCI后病理生理过程的复杂性给SCI的早期评价和预后评估带来了难度和挑战。理想的脊髓功能评价标准应能够客观、全面地反映损伤程度和残损程度,临床使用方便、易于掌握,评价结果可以定量分析,便于进行科学比较。过去几十年里,各国学者不断致力于研究改进SCI分类诊断及功能评估的标准和方法,先后有多个研究机构提出一系列SCI后神经功能评价量表及评分标准,神经恢复及功能预后判断的准确性有了很大提高。

SCI神经功能评价经历了从定性评价到定量评价的发展和转变。1969年, Frankel等^[1]提出的急性SCI的Frankel分级是定性评价的典型代表。这种等级法以简单的等级区分作为评价标准,对神经功能变化的观察缺乏敏感性,限制了在临床上的广泛应用。随后出现了一系列SCI后神经功能评价量表,如1978年Bracken等^[2]研发的SCI严重程度分级量表、1980年代的迈阿密大学脊髓指数量表、Yale量表、Sunny brook SCI量表等。量表的评价内容也由简单的感觉和运动评价逐渐发展为包括运动、感觉和膀胱直肠功能3部分的评价,其评价内容和标准较前得到了细化,对神经功能改变的敏感性有所提高。然而,上述各种评分法因为各种不同的原因均未在国际SCI学术界得到推广。直到1984年美国脊髓损伤协会(ASIA)制定了ASIA标准,国际SCI神经功能评价才有了统一的评价工具和标准(international standards of neurological classification of spinal cord injury,

ISNCSCI)^[3]。

1984年的ASIA分类标准中,运动部分检查身体两侧10对肌肉(5分制),并将Frankel分级引进标准对功能进行评价。标准提及了感觉平面的概念,但未对感觉功能进行评分。之后ASIA标准经过了多次修订。1989年的修订包括使用关键感觉区的概念来定义感觉平面,使用肌力分级来判断不完全性SCI的运动平面并确定Frankel分级,重新定义损伤带为感觉及运动的部分保留带(zone of partial preservation,ZPP)^[4];1992年增加了通过关键感觉点检查的感觉评分,引入了骶段保留的概念来定义完全性或不完全性SCI,制定了ASIA损伤分级取代原来的Frankel分级;1996年修订了ASIA损伤分级,明确了区分运动不完全性损伤的关键肌数量;2000年更进一步明确了运动不完全性损伤和部分保留带的定义^[5]。现行的ASIA神经学分类标准从感觉和运动两方面对受试者进行评分和分级,感觉评分检查每侧28个关键感觉点(C2—S5,S4和S5作为一个平面)的针刺觉和轻触觉(每一点分3级,得0—2分),针刺觉和轻触觉分别评分,总分为112分;运动评分检查每侧10块关键肌(C5—T1,L2—S1),采用传统的徒手肌力6级评定法作为评分依据,总分为100分;评定结果分为A、B、C、D、E五级,其中A级为完全性损伤,B级为感觉不完全性损伤,C、D为运动不完全性损伤,E为正常。

ASIA标准自制定以来,已应用于国际SCI多项研究。有关ASIA标准信度和效度方面的研究显示,随着不断的修订,ASIA标准的信度和效度均得到了提高,是目前所有SCI评价标准中可靠性和敏感度较高的方法。Schmitz^[6]等的研究显示,在ASIA标准的主要指标中,关键肌的肌力指数及运动评分能反映个体功能能力水平,脊髓损伤的平面越低,其反映患者能力的功能独立性评分越高,且运动平面较感觉平面更能反映功能能力水平。关骅^[7]等的研究发现,在颈髓损伤患者神经功能评估中,ASIA感觉运动评分具有重要的意义。然而,ASIA标准作为专家制定的标准或评定量表,并不是完全客观的指标,仍存在信度和效度问题^[8-10]。近年来的

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.04.022

*基金项目:北京市委组织部优秀人才培养资助项目(2012D012001000002)

1 北京康复中心康复部,北京,100144

作者简介:潘钰,女,博士,副主任医师;收稿日期:2013-05-16

研究认为,应用ASIA损伤平面进行功能预后的评估仍不够全面^[11-12],标准中的感觉和运动评分均为等级评分,不能提供关于损伤区域感觉和运动功能的定量测量结果,不能定量的反映SCI患者治疗前后的生理及功能恢复情况^[13-15]。赵红卫等^[16]对ASIA损伤分级与脊髓运动损伤程度的相关性进行了分析,结果发现ASIA损伤分级对SCI患者运动功能的检测效力并不理想,特别是对于完全性脊髓损伤,损伤分级主要反映SCI程度(完全性与不完全性),对SCI后的运动功能评价有其局限性,作者建议对SCI的运动评定应该使用能够量化的分级标准,以更客观地反映运动损伤水平及损伤后的恢复情况。

以上的研究提示,随着SCI基础与临床治疗研究的进展,ASIA的局限性逐渐显现,要求建立或完善更加客观可靠的评定SCI程度和神经功能恢复的方法。欧洲脊髓损伤中心提出应用体感诱发电位、运动诱发电位及交感皮肤反应等联合评定方法^[17]。功能性磁共振可定量精确显示SCI程度和范围,从而可能为SCI实验性或临床治疗效果评价提供客观依据^[18]。因此,在进一步探索SCI新的治疗和评价方法的同时,应全面正确理解和应用ASIA的SCI分类标准,特别是SCI水平及感觉运动评分等量化指标。

2 SCI定量评价研究进展

除了开发一些新的临床评价量表外,近年来的临床研究更关注客观的和定量评定SCI感觉运动功能的方法。另外,目前有关SCI修复及调控CNS可塑性的试验研究也逐渐开始向临床转移,迫切需要先进的评价技术及定量评价方法以作为ASIA残损评价量表的补充^[19-20]。临床神经电生理检查对脊髓功能评定比较客观,是目前常用的神经功能定量评价工具。近年来关注的评价SCI的神经电生理方法主要包括^[21]:①体感诱发电位(somatosensory evoked potential,SEP);②激光诱发电位和接触热诱发电位,可以定量评价脊髓丘脑前束;③定量感觉测试和电流感觉阈值测定;④对运动皮质进行经颅磁刺激时检测肢体肌肉的运动诱发电位(motor evoked potential,MEP),主要评价皮质脊髓束功能,同时可作为评价躯干及括约肌功能的方法。神经电生理学检测方法虽然具有定量和客观的特点,但由于其操作复杂、费时、专业性强,在一定程度上限制了其临床应用。此外,除了电生理学技术,研究者也开发了一些新的定量评价方法作为SCI的辅助评估手段。

2.1 SCI感觉定量评价研究进展

2.1.1 神经电生理检查在SCI感觉定量评价中的应用:SEP是指从周围感受器发出电冲动,引起输入排放,沿周围神经至脊髓,然后再沿中央传导通路向上,最后可在刺激对侧皮质体感区记录到的电位变化。节段性体感诱发电位(seg-

mental somatosensory evoked potential, SSEP)多应用于神经根、脊髓节段性感觉损伤的定位,并能判断脊髓损伤的程度。研究发现,应用SSEP检查可以获得有关SCI轻触觉功能(Aβ纤维)的准确数据。在不完全性SCI患者,胫神经及正中神经SSEP通常表现为波幅下降及潜伏期延长。SSEP的病理性延迟和消失与轻触觉和振动觉障碍相关,因此SSEP可以定量反映脊髓后柱功能,发现临床不能识别的微小的感觉障碍变化^[19]。但SEP的传导不能经由单一神经根实现,因此,很难精确定位单一节段的损伤。

脊髓丘脑束诱发电位主要由传导温度觉和伤害性感觉的细直径纤维(Aδ and C 纤维)传递,可以提供脊丘束的定量评价。常用的方法包括激光诱发电位(laser evoked potential, LEP)和接触热诱发电位(contact heat evoked potential, CHEP)。LEP是指通过发送快速的窄激光脉冲激活伤害性传入纤维,从而在皮质记录到的诱发电位,其皮质潜伏期相对SSEP延迟,具有特殊的波形,可以定量评价脊髓病变^[22]。接触热诱发电位是近年来兴起的一种神经电生理检查技术,其原理是应用一种热刺激器发送快速的热脉冲(70℃/s),激活细直径感觉神经(Aδ and C纤维),从而可在皮质记录到电位改变。CHEP的出现避免了LEP应用的不安全性。研究发现CHEP可以获得关于温度觉和痛觉功能的准确数据,从而可以早期识别细直径感觉神经病变^[23],应用于定量评价脊髓病变后脊髓丘脑束功能时也具有较好的信度和敏感性,同时可以作为一种客观评价方法验证SCI后神经痛的治疗效果^[25-26]。但CHEP操作难度较大,电位诱发困难,下一步的研究应探讨如何在避免引起疼痛加重的情况下进一步改进其操作技术,提高CHEP的检出率。近年来有研究者通过提高皮肤基础温度而不是刺激强度来提高CHEP检出率,得到了较好的研究结果^[27]。但有关CHEP的研究仍需进一步深入。

2.1.2 定量感觉检测在SCI感觉定量评价中的应用:Karamehmetoglu等^[28]开发了一种定量的皮肤阻抗测试方法,用于定量评估SCI尤其是无意识和/或不能合作的SCI患者的感觉功能。为了分级阻抗数值并观察患者和对照者阻抗有无显著不同,引入了人工神经网络之反向传播计算法。人工神经网络的计算结果显示,这种方法可以73%的成功率分类创伤性SCI患者。通过评价这种实验方案及其结果的可信度,研究者认为定量皮肤阻抗测试是一种简单、客观、定量、非侵入和廉价的评价SCI患者的工具。

定量感觉检测(quantitative sensory testing, QST)是一种测定引起某种特定感觉所需要的刺激强度的技术,主要通过测定皮肤的温度觉和振动觉来定量评估感觉神经的功能。QST能够对粗大有髓、细小无髓和无髓神经纤维的功能进行研究,在周围神经疾病的早期诊断及神经病变的定位,评估病情轻重及预后等方面的价值已经临床研究所证实,其

操作简单、无创,检测结果具有较高的敏感性、特异性、可靠性及可重复性^[29]。有研究者应用QST对不完全性SCI患者进行感觉功能评测,认为QST可以为SCI提供客观、定量的感觉测量数据。Felix等^[30]应用机械、震动和温度检测及疼痛阈值对SCI神经痛患者进行感觉功能评价,重复测试信度研究发现机械觉、振动觉、热和冷阈值的组内相关性较好,而热痛和冷痛觉阈值的检测相对不稳定。热痛觉阈值是唯一明显与神经痛症状相关的QST指标。研究认为QST是一种较为可信和有效地辅助评价方法,可以定量评价SCI患者的感觉异常。但QST无法将功能障碍准确定位,测试期间受试者的主观性等影响因素较多,限制了其在SCI中的应用。

电流感觉阈值测量法(electrical perceptual threshold, EPT)是一种新的定量感觉检查技术,EPT运用微量的正弦波电流进行经皮电刺激以获取感觉功能的定量检测结果,较SEP和QST而言,具有操作方便、敏感性强、能够精确定位损伤的脊髓节段的特点。2006年Savic首先将EPT应用于SCI的定量评价^[31]。此后陆续研究发现,EPT具有良好的信度和效度,可为SCI患者提供客观、定量的皮节感觉功能检测^[32-34]。

Savic的研究探索了EPT检测SCI皮肤节段感觉功能的敏感性^[31],研究发现,有41%的患者应用EPT检测的感觉平面高出ASIA感觉评分评定的感觉平面1—3个节段,48%的患者EPT与ASIA评分检测的平面相符,10%的患者EPT检测感觉平面低于临床评定的平面,因此研究者认为EPT是一种简单、可重复性强的定量感觉测试方法,较ASIA评分具有更高的敏感性,可检测出临床检查不能发现的轻微的感觉障碍,可作为ASIA临床评价的有益补充。John等^[35]的研究也发现,EPT联合EPP和dSSEP可以为完全性和不完全性SCI的脊髓后柱功能提供敏感的感觉障碍定量评价。Lauschke等^[36]发现,EPT可检测出平面及平面上下皮节亚临床感觉障碍,对于SCI损伤后早期评价非常重要。

有研究者比较了EPT与Semmes-Weinstein 单丝检查的信度和可重复性,研究在40例健康人4个皮节感觉关键点(C4, T1, T6, L4)进行,结果发现EPT较单丝检查的信度和可重复性更高,二者比较具有显著差异,差异与性别无关^[37]。研究建议进一步在SCI患者中探讨EPT的信度。Savic G等^[33]发现EPT测试对SCI损伤平面以下的皮节感觉变化具有较高的敏感性。Leong等^[38]探讨了年龄、性别、左右侧对EPT的影响,发现EPT值在不同性别间有显著差异,在<50岁者更明显;女性EPT值随年龄增加而增加。类似的研究也证实了EPT的组内和组间可重复性良好,具有良好的效度^[39]。

由于EPT的特异性及敏感性高,可重复性较强,近年来EPT在SCI评价中得到了较广泛的应用。目前常用的EPT刺激参数为3Hz方波电流,但由于刺激频率单一,目前的研究认为EPT主要评价脊髓后柱功能。近年来一种新的EPT

技术开始应用于临床,称为CPT(current perceptual threshold),可通过应用不同的刺激频率实现对从细小的无髓鞘纤维到粗大的有髓鞘纤维的选择性刺激,5Hz、250Hz、2000Hz的正弦交流电刺激可分别刺激C纤维、A δ 纤维和A β 纤维。在目前关于CPT的应用主要集中在周围神经病变的诊断和评估领域,尚缺乏在SCI中的研究报道。

2.1.3 SCI本体感觉定量评价:本体感觉是一种可以提供关节静态姿势和运动感的感形式。鉴于本体感觉在运动控制中的重要作用,ISNCSCI建议在评价脊髓感觉功能时可以选择性评价本体感觉,作为预后判断的参考指标。目前临床上评价本体感觉的方法较为粗糙,只能进行运动觉和位置觉的手法检查,因此检查结果受到限制。Domingo等^[40]应用Lokomat,一种外骨骼式机器人,对下肢关节位置觉进行了定量评价。他们应用专门的软件评估了9例健全的受试者及1例不完全性SCI患者的髋和膝关节的位置觉。应用两种不同的测试方法,两种方法均需要受试者移动下肢至一特定的角度,但角度的呈现形式分为记忆和视觉提示两种。研究发现,健全受试者在记忆性任务中较视觉任务中位置觉更精确,髋关节较膝关节更精确。SCI患者的位置觉评价结果与正常人相似。研究显示应用Lokomat评价关节位置觉可能是一种有效地临床测量工具。

2.2 SCI运动功能定量评价研究进展

2.2.1 神经电生理技术在SCI运动功能定量评价中的应用:MEP是目前常用的SCI运动功能定量评价方法,主要评价皮质脊髓束功能。MEP是指应用电或磁刺激皮质运动区,产生兴奋,通过下行传导通路,使脊髓前角细胞或周围神经运动纤维去极化,在相应肌肉表面记录到的电位。目前临床常用经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)诱发的MEP作为评价方法。当TMS以适当的刺激强度作用于运动皮质时,可在对侧肢体肌肉记录到MEP。研究发现,完全性SCI患者损伤平面以下MEP消失,不完全性SCI损伤平面以下MEP波幅明显减小^[41]。这种方法同时可以检测中枢运动传导时间(central motion conduction time, CMCT)和运动阈值。CMCT是指从脑皮质到脊髓 α 前角运动神经元的传导时间,皮质脊髓束的脱髓鞘、退行性、缺血性变化及脊髓病等将导致CMCT延长。运动阈值是指在连续刺激过程中至少有50%的刺激诱发出波幅>50 μ V所需的最小刺激强度。阈值检测主要用于评价皮质脊髓束的兴奋性,SCI导致皮质脊髓束受损后运动阈值明显升高。

H反射也是评估SCI程度的有效方法。H反射是感觉纤维受到刺激后通过脊髓中央灰质引起的反射性肌电反应,H反射的输入、输出纤维越过3—4个脊髓节段,脊髓的损伤或病变必然引起H反射的改变。SCI后节段性H反射消失,说明脊髓中央灰质神经元损伤^[30]。有研究者发现,调节H反射

可以改善SCI运动功能,在一定条件下下调H反射幅度,可以明显改善不完全性SCI患者的运动和行走功能,大部分患者在H反射下调后出现运动速度改善及协调性增强^[42],从而也间接证实H反射与SCI运动功能之间的关系。

肌电图作为临床神经电生理检查方法中的一种,常与其他方法如SEP一起应用于SCI的检查。虽然肌电图不能直接对SCI的性质、程度作出判断,但由于每一块肌肉由相应的脊髓节段发出的神经根支配,肌肉失神经时有其特定的肌电图表现,从而反映出相应的脊神经根的状况。因此肌电图结合神经电生理的其他方法,对脊髓的损伤节段的定位具有一定的意义^[43]。Li K等^[44]报道,表面肌电图记录联合ASIA评分可以客观的评价SCI患者的运动功能,发现亚临床的病情改变。

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的有功能的下运动神经元数目的电生理技术,由Mccomas于1971年首先提出并应用于临床。MUNE通过测定有功能的运动单位(motor unit, MU)的数目,有助于对神经肌肉疾病的诊断、鉴别诊断和预后判断^[31]。MUNE的基本原理是:将一块肌肉中全部MU的某参数值(通常是波幅和面积),与该肌肉中单个MU相应参数值进行比较,即可计算出这块肌肉的MU数目。MUNE可重复性良好,可以早期发现下运动神经元的丧失,提供下运动神经元变性的证据。在SCI后进行MUNE测定可直接反映运动单位或下运动神经元减少与否。研究发现,在胸髓损伤大鼠的内侧腓肠肌进行MUNE测定时出现时间依赖性改变^[45],在SCI患者胫骨前肌进行MUNE测定出现同样的改变^[46],认为MUNE可能有助于对SCI的诊断、治疗和预后的定量评估。

2.2.2 SCI步行能力评价研究进展:步行功能的改善或恢复是SCI康复的主要目的之一。ASIA的运动评分并不能客观的预测SCI的步行能力和结局,目前临床上常用的许多评定方法如FIM(functional independence measure)、Barthel指数、SCIM(spinal cord independence measure)等均涉及步行能力评定,但这些方法作为步行能力评价指标时敏感性较差。脊髓损伤步行指数(Walking index for spinal cord injury, WISCI)和脊髓损伤功能性步行目录(spinal cord injury functional ambulation inventory, SCI-FAI)是近年来用于SCI患者步行能力评定的常用方法。

WISCI I于2000年由Ditunno JF Jr等提出,是第一个经国际多中心试验发展、验证、被认可的针对SCI步行能力评定的量表;于2001年修改为WISCI II^[47]。WISCI II依据步行能力损伤的严重程度,以患者步行10m距离时需要的设备、支具和身体帮助为基础,将步行能力分为21级,从损伤最严重的级别0级(标准为患者不能站立和步行)到20级(标

准是患者不需要设施和帮助可以步行10m以上)。患者步行能力损害的程度逐步减轻。该级别排序大小不反映患者在环境中独立性的高低。但WISCI没有考虑步行速度和能量消耗,主要用于评价SCI患者在康复机构内的步行能力。

国际多中心研究证实WISCI具有很好的效度和信度。回顾性研究显示,在评定步行功能时,WISCI与BI、SCIM、FIM存在明显的正相关性,最初的ASIA分级可预测WISCI的结局。但WISCI较其他方法更详细、更敏感的反映了步行能力的变化。还有研究发现对于不完全性SCI患者,WISCI不能完全反映其步行能力变化。Ditunno JF Jr于2013年提出^[48],WISCI应与步行速度测试如Timed Up& Go、10m步行测试或6min步行测试同时评价,以更好地反映SCI的步行功能。

SCI-FAI是迈阿密大学Field-Fote EC等于2011年发表的评价SCI步行能力的量表^[49],包括步态参数、辅助设施的使用和空间-距离参数三部分。空间-距离参数包括步行能力和2min步行试验,步行能力依据Perry J的5级步行能力评定改编而来,2min试验则不仅反映患者的步行速度,而且是SCI患者步行时代谢达到稳定状态的最小时间限度。此表比较全面反映了与SCI患者步行有关的各种因素:步态质量、辅助设施的需要、步行的实用性等。研究显示,SCI-FAI是一个有效、可信、敏感的SCI步行能力评定量表,近年来在SCI的步行能力评级中得到了部分应用^[50-51]。

2.2.3 GRASSP上肢功能评测:2012年,Kalsi-Ryan等^[52]介绍了国际GRASSP研究和设计组开发的一种评价完全性和不完全性四肢瘫患者上肢功能的工具,称为力量、感觉和抓握能力的等级评价法(the graded redefined assessment of strength, sensibility and prehension, GRASSP)。GRASSP是一项综合测试方法,包括5个上肢的子测试:背侧感觉、掌侧感觉(应用Semmes-Weinstein单丝检查)、力量(对10块肌肉进行肌力检查)、抓握(对抓握功能定性和定量两方面的辨别得分)。GRASSP的5个得分的结果可以提供全面的上肢功能评测。一项国际多中心研究的结果表明^[53],GRASSP的所有子测试项目测试者间及重复测试的可信度较高,分别为0.84—0.96和0.86—0.98。GRASSP的效度比SCI神经学分类国际标准(ISNCSCI,即ASIA)约高出50%。子测试结果与脊髓独立性评测(spinal cord independence measure, SCIM)、SCIM自我照料量表及上肢功能问卷(capabilities of upper extremity questionnaire, CUE)间一致性较好,其中与CUE中自我感知功能间的一致性最好,相关系数为0.57—0.83。研究认为GRASSP具有良好的可信度、结构效度及一致性效度,可以作为四肢瘫急性期、康复期和出院后的上肢功能评测工具在临床使用。但GRASSP仅用于评价上肢功能,因此限制了其临床应用。

2.3 SCI痉挛定量评价研究进展

痉挛是SCI患者的常见并发症之一,是限制患者活动、影响ADL独立的重要因素,是导致患者疼痛、抽搐、关节挛缩、行走困难的主要原因,研究发现,60%的SCI患者会产生痉挛,40%的患者因痉挛而影响康复治疗的实施。

SCI后肌痉挛可能是由于脑干下行运动通路受损引起 α 运动神经元兴奋而产生。目前SCI后肌痉挛的评价国际上一般采用改良的Ashworth量表。该量表1964年由Ashworth首先提出,并进行改良。然而Ashworth量表量化欠准确、以关节被动运动中对阻力的主观感觉作为评定基础、检查者的判断力及对痉挛变化的辨别能力等因素使其应用受到一定限制,另外,评定时忽略了与痉挛关系密切的腱反射和阵挛,故临床使用不够满意。Gregson等^[54]报道指出该量表在肘、腕、膝屈曲痉挛时其可靠性较高,但在踝关节相关性较差。

近年来,肌痉挛的量化评价越来越受人们关注。目前客观评定痉挛的方法可大致分为以下两大类:一类为神经电生理方法,常用肌电图通过检查F波、H反射、T反射等电生理指标来反映脊髓节段内 α 运动神经元、 γ 运动神经元、Renshaw细胞及其他中间神经元的活性。这为评价痉挛的基本节段性病理生理机制提供可能,也是采用适当治疗方法的基础。另一类为生物力学评定方法,在近20年来应用广泛。其中尤为突出的是应用等速装置进行痉挛量化评定^[55],主要包括两种方法:①借助等速装置描记重力摆动试验曲线进行痉挛量化评定。②应用等速装置控制运动速度,以被动牵张方式完成类似Ashworth评定的痉挛量化指标的评定方法,它可作为其他痉挛量化评定可靠性的参照。燕铁斌等^[56]认为,可以应用电动测角仪或电视运动分析对痉挛进行定量评价,王广志等^[57]进行了人工神经网络在肌肉痉挛分类应用的研究,认为工程手段对肌痉挛分级评价可能达到较好的效果,建议着力开发更为客观、容易的评价系统。

Peng Q^[58]等开发了一种手法痉挛评价器对踝关节痉挛进行定量评价,发现这种痉挛评价方法可以定量的评价踝关节的痉挛和僵硬。Lorentzen J等^[59]研究了便携式神经动力学RA1痉挛分析仪定量评价踝关节痉挛的准确度和可信度。研究在14例SCI、23例多发性硬化及40例正常对照者中进行,所有患者均由两名评定者进行痉挛的量化评价,结果发现,这种便携式痉挛分析仪具有较好的评测者内和评测者间信度,与等速力矩测定仪的结果间具有较好的相关性,但在快速运动时对痉挛的评价仍不够准确。

总之,痉挛评定方法,尤其是量化评定方法具有重要实用价值。它可以指导临床正确处理痉挛,提供痉挛疗效评定的标准及评定治疗痉挛的新方法和新手段疗效的依据。

3 SCI定量评价前景与展望

ASIA神经功能分类标准是经过多次修订后指定的,但

正如该标准前言中所述:仍需要相关性数据资料以使标准具有更高的稳定性和可靠性。随着SCI基础与临床治疗研究的不断进展,在ASIA评价标准的基础上,建立客观可靠的、对预后判断更为准确的定量评定方法,以科学指导临床和康复治疗,具有重要的临床意义。目前临床上常用的神经电生理定量评价技术,尽管具有定量评价SCI后神经功能的特点,但由于操作复杂、专业性强,其临床推广受到一定限制。因此,在今后一段时间内,寻找既具有客观、定量的特点、又操作简便、易于推广的定量评估技术,是各国科学家研究的热点问题。

参考文献

- [1] Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed in injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia[J]. Paraplegia, 1969, 7: 179—192.
- [2] Bracken MB, Webb SB Jr, Wagner FC. Classification of the severity of acute spinal cord injury: Implications for management[J]. Paraplegia, 1978; 15: 319—326.
- [3] American Spinal Injury Association. Standards for Neurological Classification of Spinal Injury Patients[M]. Chicago: American Spinal Injury Association, 1984.
- [4] Priebe MM, Waring WP. The interobserver reliability of the revised American Spinal Injury Association standards for neurological classification of spinal injury patients[J]. Am J Phys Med Rehabil, 1991, 70(5): 268—270.
- [5] Kirshblum SC, Memmo P, Kim N, et al. Comparison of the revised 2000 American Spinal Injury Association classification standards with the 1996 guidelines[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2002, 81(7): 502—505.
- [6] Schumitz TJ, Sullivan SB, Schmitz TJ, et al. Traumatic Spinal Cord Injury In Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment[M]. 4th ed. Philadelphia: Davis FA Company, 2001: 873—923.
- [7] 关骅, 王新亮. ASIA脊髓损伤分类标准在脊髓损伤患者神经功能评定中的作用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15(5): 264—266.
- [8] Kirshblum SC, Memmo P, Kim N, et al. Comparison of the revised 2000 American Spinal Injury Association classification standards with the 1996 guidelines[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2002, 81(7): 502—505.
- [9] Jonsson M, Tollback A, Gonzales H, et al. Inter-rater reliability of the 1992 international standards for neurological and functional classification of incomplete spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2000, 38: 675—679.
- [10] Kirshblum SC, Memmo P, Kim N, et al. Comparison of the revised 2000 American Spinal Injury Association classification standards with the 1996 guidelines[J]. Am J Phys

- Med Rehabil, 2002, 81(7): 502—505.
- [11] Furlan JC, Fehlings MG, Tator CH, et al. Motor and sensory assessment of patients in clinical trials for pharmacological therapy of acute spinal cord injury: psychometric properties of the ASIA Standards[J]. J Neurotrauma, 2008, 25(11): 1273—1301.
- [12] 朱平, 纪树荣, 邱卓英, 等. ICF 临床检查表与 ASIA 和 ADL 评定脊髓损伤的相关性研究[J]. 中国康复理论与实践, 2004, 10 (12): 778—779
- [13] Steeves JD, Lammertse D, Curt A, et al. Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury (SCI) as developed by the ICCP Panel: Clinical trial outcome measures[J]. Spinal Cord, 2007, 45 (3) :206—221.
- [14] Ellaway PH, Kuppuswamy A, Balasubramaniam AV, et al. Development of quantitative and sensitive assessments of physiological and functional outcome during recovery from spinal cord injury: A Clinical Initiative[J]. Brain Res Bull, 2011, 84(4—5): 343—357.
- [15] Alexander MS, Anderson KD, Biering-Sorensen F, et al. Outcome Measures in Spinal Cord Injury: Recent Assessments and Recommendations for Future Directions[J]. Spinal Cord, 2009, 47(8): 582—591.
- [16] 赵红卫, 许涛, 方煌, 等. 美国脊髓损伤协会损伤分级与脊髓运动损伤程度的相关性研究[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(4): 282—283.
- [17] Curt A, Schab ME, Dietz V. Providing the clinical basis for new interventional therapies: refined diagnosis and assessment of recovery after spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2004, 42: 1—6.
- [18] Steeves J, Fawcett J, Tuszyński M. Report of international clinical trials workshop on spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2004, 42(10): 591—597.
- [19] Kramer JK, Taylor P, Steeves JD, et al. Dermatome somatosensory evoked potentials and electrical perception thresholds during recovery from cervical spinal cord injury[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2010, 24(4): 309—317.
- [20] Alexander MS, Anderson KD, Biering-Sorensen F, et al. Outcome measures in spinal cord injury: recent assessments and recommendations for future directions[J]. Spinal Cord, 2009, 47(8): 582—591.
- [21] Curt A, Ellaway PH. Clinical neurophysiology in the prognosis and monitoring of traumatic spinal cord injury[J]. Handb Clin Neurol, 2012, 109: 63—75.
- [22] Spiegel J, Hansen C, Baumgärtner U, et al. Sensitivity of laser-evoked potentials versus somatosensory evoked potentials in patients with multiple sclerosis[J]. Clin Neurophysiol, 2003, 114(6): 992—1002.
- [23] Atherton DD, Facer P, Roberts KM, et al. Use of the novel Contact Heat Evoked Potential Stimulator (CHEPS) for the assessment of small fibre neuropathy: correlations with skin flare responses and intra-epidermal nerve fibre counts [J]. BMC Neurol, 2007, 7: 21.
- [24] Ulrich A, Haefeli J, Blum J, et al. Improved diagnosis of spinal cord disorders with contact heat evoked potentials[J]. Neurology, 2013, 80(15): 1393—1399.
- [25] Wydenkeller S, Wirz R, Halder P. Spinothalamic tract conduction velocity estimated using contact heat evoked potentials: what needs to be considered[J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119(4): 812—821.
- [26] Kumru H, Soler D, Vidal J, et al. The effects of transcranial direct current stimulation with visual illusion in neuropathic pain due to spinal cord injury: an evoked potentials and quantitative thermal testing study[J]. Eur J Pain, 2013, 17(1): 55—66.
- [27] Kramer JL, Haefeli J, Jutzeler CR, et al. Improving the acquisition of nociceptive evoked potentials without causing more pain[J]. Pain, 2013, 154(2): 235—241.
- [28] Karamehmetoglu SS, Ugur M, Arslan YZ, et al. A quantitative skin impedance test to diagnose spinal cord injury[J]. Eur Spine J, 2009, 18(7): 972—977.
- [29] Doi D, Ota Y, Konishi H, et al. Evaluation of the neurotoxicity of paclitaxel and carboplatin by current perception threshold in ovarian cancer patients[J]. J Nippon Med School, 2003, 70(2): 129—134.
- [30] Felix ER, Widerström-Noga EG. Reliability and validity of quantitative sensory testing in persons with spinal cord injury and neuropathic pain[J]. J Rehabil Res Dev, 2009, 46(1): 69—83.
- [31] Savic G, Bergström EM, Frankel HL, et al. Perceptual threshold to cutaneous electrical stimulation in patients with spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2006, 44(9): 560—566.
- [32] Leong GW, Gorrie CA, Ng K. Electrical Perceptual Threshold Testing: A Validation Study[J]. J Spinal Cord Med, 2009, 32(2): 140—146.
- [33] Savic G, Frankel HL, Jamous MA, et al. Sensitivity to change of the cutaneous electrical perceptual threshold test in longitudinal monitoring of spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2011, 49(3): 439—444.
- [34] Boakye M, Harkema S, Ellaway PH, et al. Quantitative testing in spinal cord injury: overview of reliability and predictive validity[J]. J Neurosurg Spine, 2012, 17(1 Suppl): 141—150.
- [35] Kramer JL, Moss AJ, Taylor P, et al. Assessment of posterior spinal cord function with electrical perception thresh-

- old in spinal cord injury[J]. *J Neurotrauma*, 2008, 25(8): 1019—1026.
- [36] Lauschke JL, Leong GW, Rutkowski SB, et al. Changes in electrical perceptual threshold in the first 6 months following spinal cord injury[J]. *J Spinal Cord Med*, 2011, 34(5): 473—481.
- [37] Ellaway PH, Catley M. Reliability of the electrical perceptual threshold and Semmes-Weinstein monofilament tests of cutaneous sensibility[J]. *Spinal Cord*, 2013, 51(2): 120—125.
- [38] Leong GW, Lauschke J, Rutowski SB, et al. Age, gender, and side differences of cutaneous electrical perceptual threshold testing in an able-bodied population[J]. *J Spinal Cord Med*, 2010, 33(3): 249—255.
- [39] Leong GW, Gorrie CA, Ng K, et al. Electrical perceptual threshold testing: a validation study[J]. *J Spinal Cord Med*, 2009, 32(2): 140—146.
- [40] Domingo A, Marriott E, de Grave RB, et al. Quantifying lower limb joint position sense using a robotic exoskeleton: a pilot study[J]. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*, 2011: 5975455.
- [41] Wirth B, van Hedel HJ, Curt A. Ankle paresis in incomplete spinal cord injury: relation to corticospinal conductivity and ambulatory capacity[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2008, 25(4): 210—217.
- [42] Thompson AK, Pomerantz FR, Wolpaw JR. Operant conditioning of a spinal reflex can improve locomotion after spinal cord injury in humans[J]. *Neurosci*, 2013, 33(6): 2365—2375.
- [43] 刘宏亮. 神经电生理检查在脊髓损伤功能评定中的应用[J]. *继续医学教育*, 2006, 20(30): 38—41.
- [44] Li K, Atkinson D, Boakye M, et al. Quantitative and sensitive assessment of neurophysiological status after human spinal cord injury[J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 17(1 Suppl): 77—86.
- [45] Xiong GX, Guan Y, Hong Y, et al. Motor unit number estimation may be a useful method to evaluate motor function recovery after spinal cord transection in rats[J]. *Spinal Cord*, 2010, 48(5): 363—366.
- [46] 熊国星, 张军卫, 洪毅, 等. 脊髓损伤后胫骨前肌运动单位数目测定的意义[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2008, 18(6): 429—432.
- [47] Dittuno PL, Dittuno JF Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision[J]. *Spinal Cord*, 2001, 39(12): 654—656.
- [48] Dittuno JF Jr, Dittuno PL, Scivoletto G, et al. The Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI/WISCI II): nature, metric properties, use and misuse[J]. *Spinal Cord*, 2013, 51(5): 346—355.
- [49] Field-Fote EC, Fluet GG, Schafer SD, et al. The Spinal Cord Injury Functional Ambulation Inventory (SCI-FAI)[J]. *J Rehabil Med*, 2001, 33(4): 177—181.
- [50] Lemay JF, Nadeau S. Standing balance assessment in ASIA D paraplegic and tetraplegic participants: concurrent validity of the Berg Balance Scale[J]. *Spinal Cord*, 2010, 48(3): 245—250.
- [51] Nash B, Roller JM, Parker MG. The effects of tone-reducing orthotics on walking of an individual after incomplete spinal cord injury[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2008, 32(1): 39—47.
- [52] Kalsi-Ryan S, Curt A, Verrier MC, et al. Development of the Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (GRASSP): reviewing measurement specific to the upper limb in tetraplegia[J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 17(1 Suppl): 65—76.
- [53] Kalsi-Ryan S, Beaton D, Curt A, et al. The Graded Redefined Assessment of Strength Sensibility and Prehension: reliability and validity[J]. *J Neurotrauma*, 2012, 29(5): 905—914.
- [54] Gergson JM, Leathley MJ, Moore AP, et al. Reliability of measurements of muscle tone and muscle power in stroke patient[J]. *Age and Aging*, 2000, 29(3): 223—228.
- [55] 杨今妹, 纪树荣. 脊髓损伤患者下肢痉挛的量化评定[J]. *中国康复医学杂志*, 2002, 17(4): 242—243.
- [56] 燕铁斌, 许云影. 综合痉挛量表的信度研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2002, 17(5): 263—265.
- [57] 王广志, 张立群, 杨福生, 等. 人工神经网络在肌肉痉挛分类中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2000, 15(3): 167—171.
- [58] Peng Q, Park HS, Shah P, et al. Quantitative evaluations of ankle spasticity and stiffness in neurological disorders using manual spasticity evaluator[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2011, 48(4): 473—481.
- [59] Lorentzen J, Grey MJ, Geertsens SS, et al. Assessment of a portable device for the quantitative measurement of ankle joint stiffness in spastic individuals[J]. *Clin Neurophysiol*, 2012, 123(7): 1371—1382.