

· 临床研究 ·

磁刺激 H 反射结合 F 波测定对 S₁ 感觉神经根病变的诊断价值

郭铁成 卫小梅

【摘要】目的 通过磁刺激 S₁ 神经根引出 H 反射并结合 F 波测定评估腰骶神经根病患者的感觉神经根功能。**方法** 检测 30 名健康受试者和 30 名单侧 S₁ 神经根受损的患者,在双侧比目鱼肌分别记录磁刺激 S₁ 神经根引出的 H 反射和电刺激腓窝处胫神经引出的 F 波,同时记录各自的 M 波,计算感觉神经根传导时间(SRCT),并分析正常人 SRCT 与身高、年龄的关系及其与疼痛程度的相关性。**结果** 正常组的平均 SRCT 为 (3.10 ± 0.44) ms,侧间差为 (0.13 ± 0.19) ms;病例组平均 SRCT 及侧间差分别为 (3.90 ± 0.65) ms 和 (0.90 ± 0.50) ms,均较正常组显著延长($P < 0.01$)。所检正常人的 SRCT 与身高相关,与年龄无明显相关性。病例组的 SRCT 与疼痛程度呈正相关,但相关系数较低。**结论** SRCT 可作为评价感觉神经根功能的一项指标,为 S₁ 神经根病的无创性电诊断提供了一个新的方法。

【关键词】 S₁ 神经根病; H 反射; F 波; 磁刺激

Value of the H reflex elicited by magnetic stimulation and the F wave in the diagnosis of S₁ radiculopathy

GUO Tie-cheng, WEI Xiao-mei. Department of Rehabilitation Medicine, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective To explore a new electrodiagnostic approach using the H reflex elicited by magnetic stimulation of the S₁ nerve root and F waves to evaluate sensory nerve root function in patients with S₁ radiculopathy. **Methods** Thirty normal subjects and 30 patients with unilateral S₁ radiculopathy were recruited in this study. H reflex and M response were recorded from the bilateral soleus of all the subjects by magnetic stimulation of S₁ nerve roots. F and M wave responses elicited by electrical stimulation of bilateral tibial nerves at the popliteal fossa were also recorded. The sensory root conduction time (SRCT) was calculated. Correlations of age and body height with SRCT in the healthy subjects, and between SRCT and pain in the patients with S₁ radiculopathy were analyzed. **Results** The mean values of normal subjects were 3.10 ± 0.44 ms for SRCT, and 0.13 ± 0.19 ms for inter-side SRCT differences. In the 30 patients with S₁ radiculopathy, H reflex could not be elicited from 4 patients. Among the remaining patients, the SRCT of the affected side was prolonged significantly (3.90 ± 0.65 ms), and the mean value of the inter-side difference increased significantly (0.90 ± 0.50 ms). A regression equation correlating SRCT with height was developed, but no significant correlation between SRCT and age in the normal subjects was revealed. There was positive correlation between SRCT and the severity of pain among the patients. **Conclusion** SRCT can be used as a new electrodiagnostic index in estimating sensory nerve root function in patients with S₁ radiculopathy.

【Key words】 S₁ radiculopathy; H-reflex; F waves; Magnetic stimulation

腰骶神经根病是神经电生理检查中最常见的疾患之一。神经电生理检查可为神经根病的定位诊断和严重程度的确定、治疗方案的制定及预后的判断提供重要的信息^[1]。目前采用的电诊断学评定技术包括神经传导的检查、迟发反应(F波和H反射)、体感诱发电位和针电极肌电图检查等。但这些方法各自有一定的局限性,如针电极肌电图检查的有创性、周围神经的

稀释效应导致其敏感度较低等^[2-3]。为减轻稀释效应的影响,Pease等^[4]采用直接刺激 S₁ 神经根检测 H 反射的方法,提出了 H 反射中枢回路(central loop of H reflex)的概念,认为此参数能作为 S₁ 神经根病的诊断指标,部分研究表明其敏感度达到 100%^[5]。由于 H 反射的中枢回路既包含了感觉传入纤维又包含了运动传出纤维,不能鉴别运动神经纤维还是感觉神经纤维受损。采用磁刺激神经根诱发的 M 波结合电刺激 F 波可计算出运动神经根传导时间(motor root conduction time, MRCT),为评估运动神经根的功能状况提供了一种新方法^[6-8]。然而,该指标并不能反映感觉神经

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2011.010.008

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科(郭铁成、卫小梅);中山大学附属第三附属医院康复医学科(卫小梅)

根受累的情况,而感觉功能的缺失为腰骶神经根病患者就诊时最常见的主诉,并且由于 Pease 等^[4]采用针电极刺激脊神经,对患者可能造成一定的创伤性,因此有必要确定一个能选择性且无创地反映感觉神经根的功能状况的指标。

研究表明,磁刺激可以无痛地兴奋椎间孔区域的神经根,引出稳定的 H 反射^[9-10],并由此得到 H 反射中枢回路的传导时间,可避免周围神经的“稀释”作用,同时也能反映运动与感觉神经根的功能状况;而可反映运动神经根传导功能的 F 波的测定是常规的临床神经电生理检查,这使得无创性、选择性评定感觉神经根的功能成为可能。为此,本研究应用磁刺激神经根进行 H 反射中枢回路传导时间测定,并结合 F 波检查,试图探索一项安全可靠的诊断感觉神经根病变的电生理学指标,探讨其对 S₁ 神经根病的诊断价值,并确定感觉神经根功能与患者的主观疼痛程度有无相关性。据我们的文献检索,目前国内外尚无类似的研究报道。

对象与方法

一、研究对象

正常组:选健康志愿者 30 例,平均年龄 39.4 岁(25~54 岁),身高 155~178 cm,神经系统检查未见异常且无神经源性疾病和腰背痛病史。病例组:选择 2006 年 11 月至 2008 年 3 月在华中科技大学附属同济医院康复医学科就诊的下背部疼痛患者 30 例,平均年龄 46.2 岁(23~62 岁),身高 157~180 cm;均有单侧感觉神经根受损的症状和/或体征,如小腿后侧、足背外侧缘麻木,大腿、小腿及足跟外侧疼痛,踝跖屈乏力或踝反射降低;均经 CT 或 MRI 诊断为 L₅/S₁ 腰椎间盘突出症,均为旁中央型神经根单侧受压,其中有 2 例合并有椎管狭窄。除 1 例患者病程为 1 周外,所有患者的发病时间在 3 周以上。排除标准:CT 或 MRI 无神经根受压的征象;无感觉神经根受损临床表现;合并有糖尿病、格林-巴利综合征、长期酗酒等能引起神经病变疾病的患者。

二、方法

(一)疼痛评定

对患者进行电生理学评估前,进行疼痛评定。采用目测类比评分法(visual analogue scale, VAS)评定,具体方法:在记录纸上画一条 10 cm 长的线段,线段左端写“无痛”,右端写“难以忍受的最剧烈的疼痛”,线段中间无刻度。向患者说明检查方法与线段含义,让患者在上面画出一表示当时的疼痛程度。评估结束后医生用标尺测量各点的长度(cm),即为得分,VAS 范围为 0~10 分^[11]。

(二)电生理学检查

所有检查均在室温下(22~24℃)进行,检查过程中使受试者皮肤温度保持在 30℃ 或以上。

1. 受检者体位:俯卧,踝关节下置一小枕,屈膝 20°~30°,踝关节自然跖曲,全身肌肉放松。

2. F 波测定:采用美国 Cadwell 公司产 Sierra Wave 型肌电图仪,以表面电极进行刺激和记录。电刺激电极置于腓窝胫神经处,阴极位于阳极近端,两者相距 2 cm;记录主电极置于比目鱼肌(腓窝和内踝连线的中点),参考电极置于跟腱,接地电极位于刺激电极和记录电极之间(图 1)。刺激脉冲频率为 1 Hz,波宽 0.1 ms。测定过程中采用连续超强刺激,直至记录到 10 个 F 波为止^[12]。双侧均进行检测,病例组先检查健侧,再检查患侧。

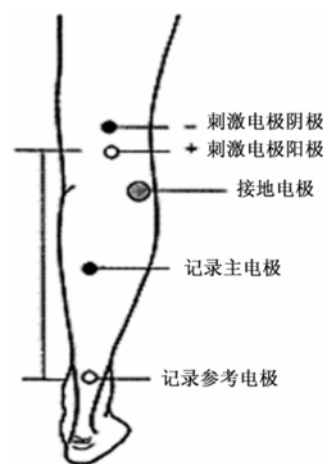


图 1 检测 F 波时各电极安放位置示意图

3. H 反射测定:采用丹麦 Dantec 公司产 Maglite 磁刺激器,最大输出磁场强度 1.9 T,线圈直径 8 cm。线圈平面与腰骶椎纵轴平行,线圈内缘中点位于 S₁ 神经根出口处,即双侧骶部小窝(髂后上棘)连线中点垂直向上 3 cm、向记录同侧旁开约 3 cm(S₁ 椎体水平)^[13];记录电极的安放同测定 F 波时一样。磁刺激频率为 1 Hz,刺激强度为磁刺激器最大输出磁场强度的 60%~85%,刺激频率 1 Hz,以能引出稳定的、最大的 M 波和 H 反射为止。双侧均进行检测,病例组先检查健侧,再检查患侧。

4. 肌电图仪参数设置:带宽为 20 Hz~10 kHz;电刺激引出的 M 波波幅增益为 5 mV/div,磁刺激诱发的 M 波波幅增益为 1 mV/div, H 反射及 F 波的波幅增益为 0.5 mV/div 或 1 mV/div;扫描速度均为 10 ms/div。

(三)记录和分析指标

1. 记录每位受检者的身高(厘米)、年龄(岁)。

2. 电生理学指标:①F 波测定,记录 10 次 F 波的潜伏期,取其均值(F);记录 M 波的起始潜伏期(M)。

②H 反射测定,记录 H 反射的峰潜伏期(H_p)、磁刺激诱发 M 波的起始潜伏期(M')和峰潜伏期(M_p)。

用以上参数分别按下列公式计算 H 反射中枢回路传导时间(H_c) (即 H - $M_{磁}$ 峰间期)、运动神经根传导时间和感觉神经根传导时间(sensory root conduction time, SRCT):

$$H_c = H_p - M_p$$

$$MRCT = (F + M - 1) / 2 - M'$$

$$SRCT = H_c - MRCT - 1$$

其中, H_c 代表兴奋冲动从神经根刺激点经感觉神经根至脊髓再返回到运动神经根兴奋点的中枢传导回路的时间;MRCT 代表冲动从脊髓前角运动神经元至神经根兴奋部位的传导时间;SRCT 代表兴奋冲动从神经根兴奋部位至脊髓后角感觉神经元的传导时间;1 代表脊髓中 1 ms 的突触延搁。其冲动传导路径见图 2 所示。

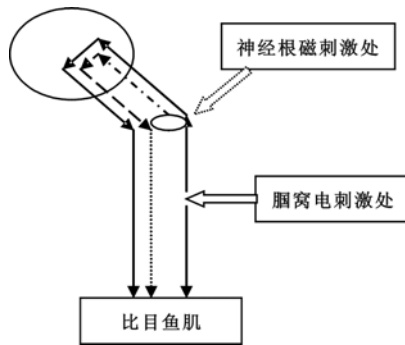


图 2 磁刺激和电刺激兴奋神经后冲动传导的示意图。虚线为磁刺激神经根诱发的 H 反射的冲动传导路径;实线为电刺激腓窝处的胫神经诱发的 F 波的传导路径。虚线表示感觉神经根的传导;实线表示运动神经根的传导

三、数据处理与统计学分析

所有数据均以($\bar{x} \pm s$)表示,经 Excel 及 SPSS 11.5 软件处理。两组间的各项电生理学指标比较采用 t 检验;运用多元回归分析法分析 SRCT 与身高、年龄的关系;对 SRCT 与 VAS 评分的结果进行 Pearson 相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

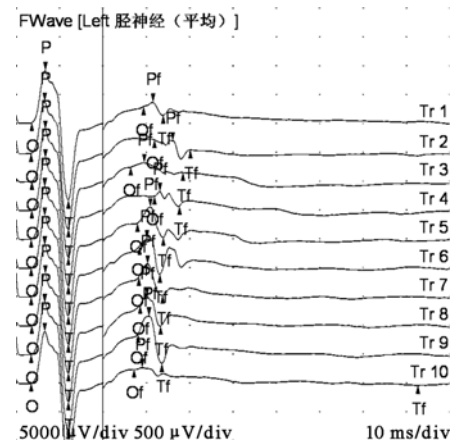
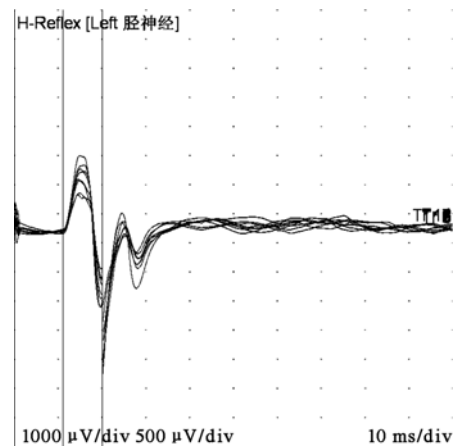
结 果

一、正常组与病例组 SRCT 比较

本研究所检查的 30 名患者中,有 26 名患者引出 H 反射,如图 3a;有 4 名患者患侧的 H 反射消失。所有受检者均可引出 F 波,如图 3b。

本研究测量并计算所得正常人及 S_1 神经根病患者的 H 反射中枢回路传导时间 H_c 及据此计算所得的感觉神经根传导的有关结果见表 1。从表中可以看出,病例组 H_c 的平均值与正常组之间的差异具有统计学意义($P < 0.01$);正常组 SRCT 为(3.1 ± 0.44) ms,

左、右两侧间差值为(0.13 ± 0.19) ms,而 S_1 神经根病患者患侧的 SRCT 值为(3.90 ± 0.65) ms,与健侧差值为(1.12 ± 0.62) ms。病例组患侧的 SRCT 较正常组延长,其侧间差与正常组相比,差异具有统计学意义($P < 0.01$)。若以正常组 SRCT 平均值及标准差计算,SRCT 的 95% 正常值上限为 3.96 ms,其侧间差的 95% 正常值上限为 0.50 ms。若以此为标准,有 20 名患者侧间差增大,加上 4 名患者未引出 H 反射,SRCT 侧间差异异常率为 80% (24/30)。



注:a. 磁刺激 S_1 神经根引出的 H 反射:第一个波为 M 波 (1 mV/div),第二个波为 H 反射(0.5 mV/div)。左侧标示线示 M 波起始潜伏期,右侧标示线为不同增益的分割线;b. 电刺激腓窝处的胫神经引出的 M 波(左,5 mV/div)及 F 波(右,0.5 mV/div),标示线为不同增益的分割线

图 3 H 反射和 F 波

表 1 两组的 H_c 、SRCT 值及两侧差值(ms, $\bar{x} \pm s$)

组 别	例数	H_c		SRCT	
		单侧 Δ	侧间差 Δ	单侧 Δ	侧间差 Δ
正常组	30	7.18 ± 0.59	0.21 ± 0.12	3.10 ± 0.44	0.13 ± 0.19
病例组	26	8.96 ± 1.10^a	1.57 ± 0.82^b	3.90 ± 0.65	0.90 ± 0.50^a

注: Δ 正常组为两侧测量值合并后取平均值而得,病例组为患侧测量值; Δ 取两侧差值的绝对值;与正常组比较, $^a P < 0.01$, $^b P < 0.05$

二、正常人 SRCT 与身高、年龄的关系

根据本研究中 30 例健康受试者双侧的 H 反射和 F 波计算得出的 SRCT 值与各自相应的身高和年龄,采用多元回归分析前,对年龄和身高进行共线性检验,得出 SRCT 与年龄的相关性并无统计学意义 ($P = 0.268$),相关系数估计值为负值 ($r = -0.118$)。由此可知,本研究中正常受试者的 SRCT 与年龄无相关性。同时,可计算出 SRCT 与身高相关 ($r = 0.47, P < 0.01$),两者的回归方程为 $SRCT = 0.024 \times \text{身高}(\text{cm}) - 1.013, F = 4.46, P = 0.021$,说明该方程有效,即如果身高增加 1 cm, SRCT 则延长 0.024 ms。

三、受检患者的 SRCT 侧间差与 VAS 的关系

本研究的 30 名患者中,有 3 名患者无疼痛症状,所以只对 27 位有疼痛的患者进行了目测类比评分。在这 27 名患者中,有 4 名患者患侧未能引出 H 反射。本研究对这 23 名患者 SRCT 侧间差与 VAS 评分的对应关系进行了分析,见图 4。从中可以看出两者呈正相关趋势。通过计算,两者相关系数 $r = 0.454, P = 0.03$ 。表明两者呈正相关,即患者疼痛评分越高,其 SRCT 侧间差越大,亦即患者症状与感觉神经根受损程度密切相关。

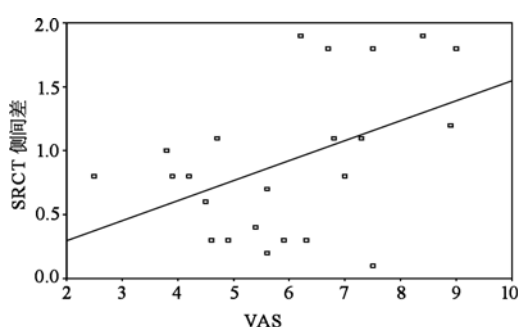


图 4 患者 VAS 评分与 SRCT 侧间差的关系 (散点图及拟合回归直线)

讨 论

一、感觉神经根传导功能的检测及其意义

在现有的电生理学检查方法中, F 波产生于运动神经冲动的回返兴奋,其冲动在回返兴奋肌肉之前,首先朝脊髓方向传播,途经运动神经根传导;而 H 反射是冲动经 Ia 类感觉传入纤维兴奋了运动神经元池后产生的复合性肌肉动作电位,其冲动先后经感觉和运动神经根以及周围神经传导。因此,二者均可反映从近端到远端的神经全程的传导功能,可用于协助评测神经根的功能。但常规的检测方法因周围神经的“稀释”效应而使其特异性和灵敏度较差^[2-3,14]。

研究证明,采用磁刺激检测 H - M_磁 间期是无创性诊断 S₁ 神经根病的较为敏感和特异的指标^[15-16]。由

于 H 反射中枢传导回路包含有感觉和运动通路,故如果在此基础上减去运动神经根的传导时间,即可得到感觉神经根的传导时间。本研究得到的正常受试者的 H - M_磁 间期 (H_c) 平均值与 Pease^[4] 等和汪仁斌等^[9] 报道的正常值基本相同,而病例组患侧的 H - M_磁 间期平均值较正常侧明显延长,进一步证实受检患者 H 反射中枢回路的传导减慢,存在一定程度的神经根传导功能障碍。本研究中,除 4 例患者患侧的 H 反射未引出外,病例组患者患侧的 SRCT 较正常人明显延长,且在排除患者的身高、年龄和性别等因素影响后,病例组两侧差值也较正常组明显延长 ($P < 0.01$)。以 95% 的 SRCT 侧间差正常值上限为标准,推算所得病例组 SRCT 异常率为 80% (24/30),说明 SRCT 在评估 S₁ 神经根病中感觉神经根功能时具有较高的敏感度,有较大的诊断价值。

需要指出的是,由于 SRCT 的计算涉及到多个指标,故要求测定每个指标时,应确保操作技术的精确性和一致性,如磁刺激的刺激部位、记录电极的位置等,否则将导致较大误差。另外,比目鱼肌主要由 S₁ 神经根支配,一般情况下无 L₅ 神经根成分,可避免 L₅ 神经根的影响。由于下肢 H 反射一般只能在比目鱼肌上能稳定引出,本研究只选择了比目鱼肌的 H 反射和 F 波作为诊断 S₁ 神经根病的指标,而腰骶神经根病中发病率最高的 L₅ 神经根病目前则无法用此方法来评估其感觉纤维的功能。此外,虽然本次研究选择的对象均为腰椎间盘突出引起的 S₁ 神经根病患者,SRCT 亦可用于其他病因引起的 S₁ 神经根功能障碍。

二、SRCT 的相关影响因素

汪仁斌等^[9] 认为 H 反射中枢传导回路与年龄、身高等因素相关,但 Sadeghi 等^[17] 和 Ghavanini 等^[18] 则认为其与年龄无关,与腿长有关。由于 SRCT 是 H 反射的中枢传导回路的一个组成部分,也可能受这些因素的影响。本研究采用正常受试者的检测结果经多元回归分析得出,本研究中正常人的 SRCT 值与年龄无关,与身高呈正相关,回归方程为 $SRCT = 0.024 \times \text{身高}(\text{cm}) - 1.013$ 。分析其原因,可能是由于年龄对神经传导的影响不如身高明显,30 ~ 40 岁以后传导速度开始下降,但直到 60 岁甚至 80 岁以前改变不明显,其改变幅度通常不会超过 10 m/s^[19]。

三、SRCT 与疼痛的相关性

VAS 评分可反映患者对疼痛程度的感知情况,是临床上最常用最简单的疼痛评定方法,被认为有较好的信度和效度^[20]。神经根病患者多数因疼痛而就诊。由于机械因素和/或化学因素刺激神经根或背根神经节,导致其异常放电,产生疼痛。有研究表明,疼痛的

程度以及患者能否接受疼痛是影响慢性腰腿痛患者生活质量的重要因素^[21]。在日常诊疗活动中,尤其是不具备电生理学检查条件的医疗单位,常常通过患者的疼痛评估来衡量其神经根受损程度,具有一定的主观性。

为了消除患者年龄、性别、身高等因素对 SRCT 的影响,本研究用健、患侧的 SRCT 侧间差值与 VAS 评分进行了相关性分析。结果表明,VAS 评分与感觉神经根功能受损程度存在一定的正相关,但从散点图可看出其相关性并不强(图 4),且经统计分析后相关系数仅为 0.454。这可能是由于神经根受压后,疼痛的感觉不仅仅与神经根受压直接致感觉神经传导功能受损的程度有关,还与某些内源性致痛因子的释放和椎管内的脂肪组织及韧带等发生无菌性炎症反应释放的化学物质有关,而两者在疼痛感的产生中到底起多大的作用,目前并没有定量的衡量指标。因此,根据本研究的检测结果,我们认为不宜通过患者的疼痛程度来判断感觉神经根的功能。

综上所述,本研究以磁刺激 H 反射结合 F 波测定选择性地对感觉神经根的功能进行了评定,得出了 SRCT 这样一个新的可无创评估腰骶神经根病患者感觉神经根功能的电生理学指标,研究结果表明其与患者临床症状具有较好的相关性。由于本研究所用操作方法与计算过程均较简单,故具有较好的临床应用价值。然而需要指出的是,由于研究条件所限,本研究所获的 SRCT 正常值仅仅是基于所研究的 30 例健康受检者的结果而定,如能扩大样本量,可能会更具有代表性。另外,与运动神经功能评估不同的是,由于感觉神经根功能的评价目前尚无类似于针极肌电图这样的“金标准”作为参照,故 SRCT 这一指标的可靠性尚需进一步的研究予以确认。

参 考 文 献

- [1] Tsao B. The electrodiagnosis of cervical and lumbosacral radiculopathy. *Neurol Clin*, 2007, 25:473-494.
- [2] Toyokura M, Murakami K. F wave study in patients with lumbosacral radiculopathies. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1997, 37:19-26.
- [3] Wilbourn AJ, Aminoff MJ. The electrodiagnostic examination in pa-

- tients with radiculopathies. *Muscle Nerve*, 1998, 21:1621-1631.
- [4] Pease WS, Kozakiewics R, Johnson EW. Central loop of the H reflex. Normal Value and use in S1 radiculopathy. *Am J Phys Med Rehabil*, 1997, 76:182-184.
- [5] Zhu Y, Starr A, Haldeman S. Soleus H-reflex elicited by S1 nerve root stimulation: a highly sensitive test for S1 radiculopathy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1996, 98:38-40.
- [6] 杨哲, 陈君长. 磁刺激运动诱发电位对 S1 神经根病的诊断价值. *临床脑电学杂志*, 1997, 6:7-9.
- [7] Banerjee TK, Mostofi MS, Us O, et al. Magnetic stimulation in the determination of lumbosacral motor radiculopathy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1993, 89:221.
- [8] 郭铁成, 卫小梅. 神经根磁刺激结合 F 波测定对骶 1 运动神经根病的诊断价值. *中华物理医学与康复杂志*, 2008, 30:613-617.
- [9] 汪仁斌, 刘兴洲, 郭玉璞, 等. 神经根磁刺激 H 反射对糖尿病神经根病的诊断作用. *中华医学杂志*, 1998, 78:501-3.
- [10] 傅鸿翔, 胡兴越. 神经根刺激 H 反射的指标分析. *临床脑电学杂志*, 2002, 9:17-19.
- [11] 南登崑, 缪鸿石. *康复医学*. 北京: 人民卫生出版社, 1993. 95.
- [12] 南登崑. F 波的参数. *中华物理医学与康复杂志*, 2002, 24:385-386.
- [13] Ogura T, Shikata H, Hase H, et al. Electrophysiologic evaluation of lumbosacral single nerve roots using compound muscle action potentials. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16:487-492.
- [14] Dumitru D. *Electrodiagnostic medicine*. Philadelphia, PA: Hanley & Belfus, 1995. 523-584.
- [15] 杨哲, 陈君长, 王坤正, 等. 磁刺激腰骶部神经根的兴奋点及其应用. *中华神经科杂志*, 1997, 30:235.
- [16] Zhu Y, Starr A, Haldeman S. Soleus H-reflex to S1 nerve root stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1998, 109:10-14.
- [17] Sadeghi S, Ghavanini MR, Ashraf AR, et al. Effects of age and leg length upon central loop of the gastrocnemius-soleus H-reflex latency. *BMC Neurol*, 2004, 4:11.
- [18] Ghavanini MR, Ashraf AR, Sadeghi S. A new approach to estimation of the number of central synapse included in the H-reflex. *BMC Neurol*, 2005, 5:13.
- [19] 木村淳. *神经肌肉疾病电诊断学: 原理与实践*. 3 版. 郭铁成, 朱愈, 主译. 天津: 天津科技翻译出版公司, 2008: 91.
- [20] Kane RL, Bershadsky B, Rockwood T, et al. Visual analogue scale is standardized. *J Clin Epidemiol*, 2005, 58: 618-623.
- [21] Mason VL, Mathias B, Skevington SM. Accepting low back pain: is it related to a good quality of life? *Clin J Pain*, 2008, 24:22-29.

(修回日期: 2011-07-29)

(本文编辑: 乔 致)

本刊办刊方向:

立足现实; ; 关注前沿; ; 贴近读者; ; 追求卓越