

## 卒中后偏瘫患者桡侧腕屈肌 H 反射测定指标的信度分析

刘秀贞 刘静 张艳明 霍速

100054 首都医科大学宣武医院康复医学科(刘秀贞、张艳明、霍速), 神经内科(刘静)

通信作者: 刘秀贞, Email: tongxingyouyu@126.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2018.10.004

**【摘要】** 目的 研究脑卒中后偏瘫患者上肢 H 反射的 3 个测定指标 [H 反射最大波幅和最大 M 波比值( $H_{\max}/M_{\max}$ )、H 反射回归线斜率和 M 波回归线斜率比( $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$ ) 及 H 反射激活后抑制(PAD)] 信度, 及其与患者临床评定的相关性, 选择可靠的 H 反射测定指标。方法 选择 2016 年 1—8 月在首都医科大学宣武医院康复医学科住院的符合纳入标准的脑卒中恢复期偏瘫患者 15 例。对患者偏瘫侧正中神经所支配桡侧腕屈肌(FCR)进行连续 2 d 的 H 反射检查, 测定 3 个检测指标, 使用组内相关系数检验指标信度。同时使用改良 Ashworth 痉挛量表(MAS)、Fugl-Meyer 量表(FMA)、Brunnstrom 分期进行临床评定, 对 H 反射 3 个测定结果和临床评定结果进行相关性分析。结果  $H_{\max}/M_{\max}$  测定信度最好,  $ICC=0.88$ ;  $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$  的信度其次,  $ICC=0.85$ ; 而 PAD 的信度最低,  $ICC=0.2$ 。  $H_{\max}/M_{\max}$ 、 $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$  和临床上 MAS、FMA、Brunnstrom 分期均无相关性。结论 卒中后偏瘫患者患侧 FCR 的  $H_{\max}/M_{\max}$  和  $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$  信度最好, 可以作为 H 反射测定的可靠指标。

**【关键词】** 卒中; 桡侧腕屈肌; H 反射; 信度

### Reliability analysis of H reflex measurement index of radial flexor carpi in hemiplegic patients after stroke

Liu Xiuzhen, Liu Jing, Zhang Yanming, Huo Su

Department of Rehabilitation Medicine, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100054, China (Liu XZ, Zhang YM, Huo S); Neurology Department, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100054, China (Liu J)

Corresponding author: Liu Xiuzhen, Email: tongxingyouyu@126.com

**【Abstract】 Objective** To study the reliability of 3 indexes of upper limb H reflex in hemiplegic patients after stroke, including the maximum amplitude of H reflex and the ratio of maximum M wave ( $H_{\max}/M_{\max}$ ), Slope of H reflex regression line and slope ratio of M wave regression line ( $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$ ) and post-activation depression (PAD). To explore the correlation between the indexes and patient clinical assessment, so as to select a reliable H-reflex measurement. **Methods** A total of 15 stroke convalescent hemiplegic patients hospitalized in the Department of Rehabilitation Medicine, Capital Medical University from January to August 2016 were recruited in this study. The flexor carpi radialis (FCR) innervated by the median nerve of the hemiplegic side was examined by H-reflex for 2 consecutive days. The reliability of the three indexes was tested by intra-group correlation coefficient. At the same time, the clinical evaluation was carried out by using the modified Ashworth Spasm Scale (MAS), Fugl-Meyer Scale (FMA) and Brunnstrom Staging. The correlation between the results of three H reflex test results and clinical evaluation was analyzed. **Results** Of the three measurements,  $H_{\max}/M_{\max}$  was the best measurement in reliability, with  $ICC$  of 0.88. The next was  $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$  ( $ICC=0.85$ ). The reliability of PAD was the lowest ( $ICC=0.2$ ). There was no statistical correlation among  $H_{\max}/M_{\max}$ ,  $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$  and clinical MAS, FMA, Brunnstrom staging. **Conclusions** The reliability of  $H_{\max}/M_{\max}$  and  $H_{\text{slp}}/M_{\text{slp}}$  on the affected side of FCR in post-stroke patients is the best, which can be used as a reliable index for H reflex measurements.

**【Key words】** Stroke; Flexor carpi radialis; H-reflex; Reliability

卒中是成人长期残疾的主要原因, 其中上肢偏瘫限制了手指和手腕的随意伸展, 降低了手功能, 是患者生活的最大障碍<sup>[1]</sup>, 偏瘫后上肢康复也是世界性难题。卒中后由于脊髓环路兴奋性增高<sup>[2-3]</sup>,

偏瘫上肢反射波幅亢进, 反射抑制缺失<sup>[4]</sup>, 导致腕手功能障碍, 上肢功能受损<sup>[3, 5-6]</sup>。为了更好地研究脊髓兴奋性和上肢功能障碍的关系, 为新的康复手段提供电生理方面的客观依据, 有必要确定脊髓兴奋

性敏感、准确的检测方法。H 反射就是这样—个简单的非侵入性的研究脊髓兴奋性的方法,近年来在很多研究中被用作康复治疗的辅助评价手段<sup>[7-9]</sup>。目前,临床上常用的痉挛评定量表为改良的 Ashworth 痉挛量表(Modified Ashworth Scale, MAS),操作方法简单,但量化欠准确,容易受到检查者主观判断和辨别等因素影响,不能客观、定量、敏感地评定痉挛程度,因此,近年来使用 H 反射来定量评定痉挛成为热点。但目前研究结果存在矛盾<sup>[10-11]</sup>,可能原因是很多研究者把 H 反射的潜在机制看得过于简单,造成一些错误地使用<sup>[12]</sup>。H 反射是特别易变的神经反射,影响 H 反射波幅的因素有很多,所以找到一个可靠的 H 反射检测指标很重要。关于 H 反射信度文章仍然比较少<sup>[1, 11]</sup>,且大多数关于信度的资料是关于 H 反射最大波幅的<sup>[13]</sup>。为了进一步确定卒中后偏瘫患者 H 反射可靠的检测指标,本试验拟连续 2 d 测定脑卒中患者桡侧腕屈肌(flexor carpi radialis, FCR)的 H 反射,计算 3 个测定指标: H 反射最大波幅( $H_{max}$ )/最大 M 波( $M_{max}$ )、H 反射回归线斜率( $H_{slp}$ )/M 波回归线斜率( $M_{slp}$ )和 H 反射激活后抑制(post-activation depression, PAD),观察 3 个指标的信度,与临床评价指标如 Brunnstrom 分期、MAS、Fugl-Meyer 量表(Fugl-Meyer Assessment, FMA)评分的相关性进行分析,为临床更好地应用 H 反射提供选择指标的依据。

## 一、对象与方法

### (一)研究对象

选择 2016 年 1—8 月在首都医科大学宣武医院康复医学科住院的脑卒中恢复期患者 15 例,全部患者均接受运动疗法、作业疗法的康复治疗。

纳入标准:(1)首次发病的脑血管病患者,诊断标准符合中华医学会中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014<sup>[14]</sup>和中国脑出血诊治指南(2014)<sup>[15]</sup>;(2)患者生命体征平稳,意识清楚,心肺功能良好,四肢皮肤状况良好,能很好地配合检查;(3)偏瘫肢体存在不同程度的运动功能障碍;(4)病灶部位在基底节区或者大脑半球的患者。排除标准:(1)既往有脑血管病或存在周围神经病变患者;(2)有严重的认知功能障碍患者;(3)因外伤、骨关节病、肌病等其他原因遗留有肢体运动功能障碍者。

### (二)H 反射检查

1. 试验设备及条件:在我科电生理实验室进行检测,采用美国 Nicolet 公司生产的 Viking IVD 型肌电图仪进行 H 反射检测,肌电图滤波设置 2~10 000 Hz,扫描频率 5 ms/格,敏感性 50  $\mu$ V/格~10 mV/格(根据信号大小),室温 20~25  $^{\circ}$ C<sup>[16]</sup>。全程由我院神经内科肌电图室工作人员指导操作。

2. 试验设计:试验在每天相同时间进行,连续 2 d

的康复治疗内容及顺序完全相同。受试者试验前 2 h 禁止喝咖啡。

3. H 反射检测方法:见图 1~3。选择在肘窝刺激正中神经检测 FCR 的 H 反射,具体检测方法:患者舒适的坐在椅子上,上肢自然放在大腿上,肩关节屈曲 15 $^{\circ}$ ,肘关节屈曲 90 $^{\circ}$ ,肘部用枕头支撑,手心向上腕关节屈曲 15 $^{\circ}$ 左右。采用磨砂膏处理患者皮肤,降低皮肤电阻,然后使用酒精涂抹清洁皮肤表面。在肘窝肱动脉附近进行正中神经电刺激,采用维京双极表面电极(电极相距 2 cm,阴极在远端),刺激电极阴极位于近端, H 反射记录的阴极电极片放置于 FCR 肌腹(采用肱骨内上髁到桡骨茎突连线中上 1/3 位置<sup>[16-17]</sup>),阳极电极片放在 FCR 肌腱位置,地线置于刺激电极和记录电极之间。确定好刺激位置后给受试者手臂拍照,用记号笔标记电极位置保证 2 d 的电极位置在同一个位置上。使用弹力绷带绑紧防止电极移位。使用刺激脉冲为方波,脉冲持续 1 ms,刺激频率 0.2 Hz,刺激电流从 3 mA 逐渐增加,每次增加 0.2 mA,直至出现 H 反射,再逐渐增大刺激电流,出现 M 波<sup>[16]</sup>,继续增大电流直到 H 反射波幅开始下降,增大刺激电流每次 5 mA 直到出现的 M 不再随电流增大为止。刺激电流再增加 10%,引出  $M_{max}$ ,手动测量 H 和 M 波波幅<sup>[17]</sup>。



图 1 电极位置及患者姿势

4. H 反射记录指标和数据处理:见图 4。由两名工作人员一起确定患者偏瘫侧  $H_{max}$ 、 $M_{max}$ ,采集 H 反射招募曲线上支(10%~90%  $H_{max}$ )的数据<sup>[17]</sup>,根据对 H 反射和 M 波曲线上支使用最小二乘法做直线回归获得  $H_{slp}$  和  $M_{slp}$ ,以  $H_{slp}/M_{slp}$  比值进行标准化。H 反射上升支  $H_{max}/2$  处进行 0.1 Hz 和 1.0 Hz 连续 10 个波测定 H 反射波幅,采用 Trimble 等<sup>[18]</sup>提出的评价 H 反射 PAD 抑制程度的公式:  $r = (1 - H_{1.0}/H_{0.1}) \times 100$ ,  $r$  指 PAD 抑制程度,  $H_{1.0}$  代表电刺激频率为 1.0 Hz 时诱发出的 H 反射平均波幅,  $H_{0.1}$  表示电刺激频率为 0.1 Hz 时诱发出的 H 反射平均波幅,来获得 PAD 的数值。

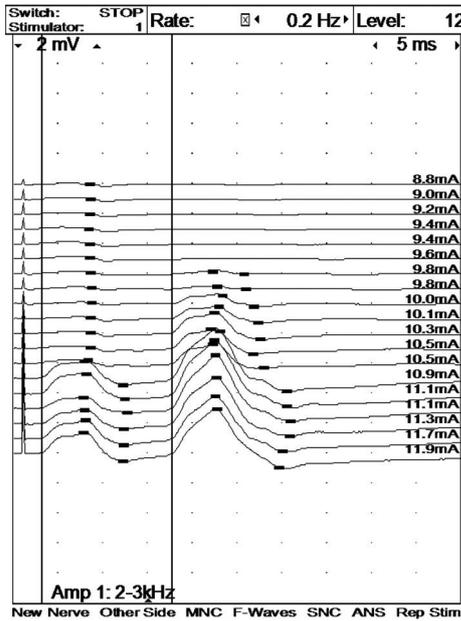


图2 H反射和M波示意图(可见随刺激电流逐渐增大, H反射逐渐出现, 再增大电流M波出现)

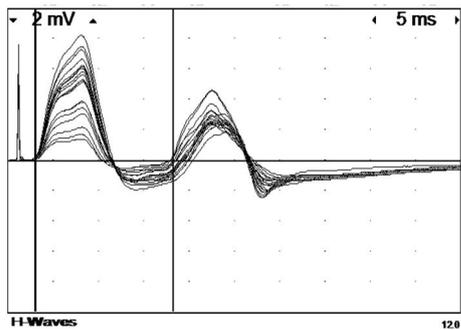


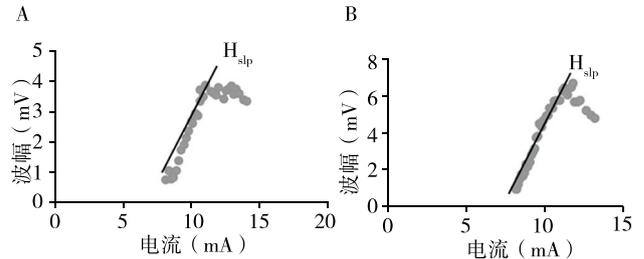
图3 H反射、M波叠加后图

### (三) 临床评定

由两名医师一起评定, 痉挛评定量表采用临床常用的MAS, 仰卧位放松5 min后, 对上肢腕部进行半定量痉挛评定。I级、I+级、II级、III级、IV级分别按1、2、3、4、5分计算, MAS仅评价腕关节屈肌张力; 使用FMA评定上肢和手的部分; 评定偏瘫侧上肢采用Brunnstrom分期。

### (四) 统计学方法

连续2 d的H反射的3个测定值的信度使用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)值测定<sup>[16]</sup>, 使用SPSS 17.0软件Reliability Analysis命令进行分析, 计算ICC及P值, ICC > 0.6, 认为信度好。使用相关系数检验3个测定指标和临床评定MAS、FMA和Brunnstrom分期的相关性。各组数据均进行二元正态检验, 符合二元正态分布的资料, 使用Pearson相关系数进行相关性分析, 不符合二元正态分布的使用Spearman秩相关系数检验。缺失值使用SPSS软件缺失值分析处理。



注: 根据连续2 d测定FCR的H波的波幅画出某受试者H反射曲线, 根据采集的H反射招募曲线上支的数据, 对H曲线上支使用最小二乘法做直线回归获得 $H_{slp}$ ; A第1天H反射曲线, B第2天H反射曲线

图4 某受试者连续2 d H反射曲线及 $H_{slp}$ 示意图

## 二、结果

所有卒中患者偏瘫侧上肢均诱发出了FCR的H反射, 部分患者连续2 d测定有数值的变异, 无患者因疼痛或其他原因不能耐受试验。编号4患者因严重痉挛无法进行FMA评定。编号5的受试者第2天的H反射未测出 $M_{max}$ , 故 $H_{max}/M_{max}$ 未测定出, 统计时未计入。

1. 15例患者一般资料: 见表1。男13例, 女2例; 年龄28~78岁, 平均48岁; 脑梗死患者10例, 脑出血患者5例; 病程<3个月6例, 3~6个月8例, 1例为9年; 病变部位多为左侧基底节和右侧基底节。

2. 患者连续2d的H反射测定指标结果: 见表2。

3. H反射3个指标信度分析: 见表3。整体上 $H_{max}/M_{max}$ 测定信度最好, ICC=0.88 > 0.6, 信度好( $P < 0.05$ );  $H_{slp}/M_{slp}$ 的信度其次, ICC=0.85 > 0.6, 信度好( $P < 0.05$ ); 而PAD ICC=0.2 < 0.6, 信度差( $P > 0.05$ )。

4. 不同痉挛程度患者和不同电流强度下PAD结果: 见图5~7。MAS=0分受试者连续2 d不同频率下测定H反射波幅大小可以看到0.1 Hz下的H反射波幅高于1.0 Hz频率下波幅, 提示无痉挛症状的患者激活后抑制存在, 高频H反射波幅降低, 但连续2 d同一患者的PAD变异较大, 稳定性差。MAS=5分受试者同一日在3个不同电流强度( $I=6.4$  mA,  $I=10.7$  mA,  $I=11.5$  mA)下连续诱发H反射波幅可以看到不同电流强度对激活后抑制的影响。MAS=1分的受试者在3个不同频率下连续诱发出的FCR H反射的波幅波动情况可以看到5.0 Hz时波幅最大, 其次是1.0 Hz, 0.1 Hz的波幅最小, 提示激活后抑制缺失。

5. H反射测定指标 $H_{max}/M_{max}$ 和 $H_{slp}/M_{slp}$ 分别与MAS、Brunnstrom分期、FMA的相关性分析: 见表4、5, 图8。第1天和第2天的H反射测定指标 $H_{max}/M_{max}$ 和 $H_{slp}/M_{slp}$ 与MAS、Brunnstrom分期、FMA均无相关性( $P > 0.05$ )。

讨论 H反射是一种简单非侵入性研究脊髓兴奋性的临床非常有用的工具<sup>[11, 20]</sup>。H反射波幅是常用的定量评定脊髓运动神经元池的指标, 一般

表1 患者一般情况和临床评定结果

编号	性别	年龄(岁)	卒中后时间	病变部位	诊断	Brunnstrom 分期	腕部MAS(分)	上肢FMA(分)	手FMA(分)
1	男	38	3个月	左侧基底节	脑梗死	4	2	32	10
2	男	28	3个月	左侧额顶叶	脑梗死	3	3	12	1
3	男	58	5个月	左侧侧脑室	脑梗死	2	1	23	1
4	男	33	9年	左侧基底节	脑出血	3	5	-	-
5	男	64	4个月	右侧侧脑室	脑梗死	1	1	17	0
6	男	61	2个月	右侧半球	脑梗死	1	2	21	0
7	男	52	40 d	右侧基底节	脑出血	3	0	17	2
8	男	42	5个月	右侧基底节	脑梗死	3	3	17	0
9	男	39	2个月	左侧基底节	脑出血	3	2	33	2
10	男	41	4个月	右侧基底节	脑梗死	1	1	17	0
11	女	78	3个月	左侧基底节	脑梗死	1	0	8	0
12	男	50	3个月	左侧基底节	脑梗死	5	1	55	14
13	男	37	1个月	右侧基底节	脑出血	1	0	9	0
14	女	66	1个月	左侧额顶叶	脑梗死	1	0	10	0
15	男	40	40 d	右侧基底节	脑出血	2	1	22	0

注: 编号4患者因严重痉挛无法进行FMA评定

表2 15例患者连续2 d测定指标的数据资料

编号	PAD(r值)		H <sub>max</sub> /M <sub>max</sub>		H <sub>slp</sub> /M <sub>slp</sub>	
	第1天	第2天	第1天	第2天	第1天	第2天
1	0.400	0.001	0.121	0.140	0.38	0.69
2	0.186	0.117	0.556	0.529	2.90	3.10
3	-0.117	-0.111	0.036	0.036	0.64	0.16
4	0.015	0.099	0.124	0.137	0.48	0.66
5	-0.092	0.414	-	-	0.08	0.94
6	-0.043	0.414	0.303	0.251	1.33	0.74
7	0.228	0.334	0.087	0.149	2.41	1.82
8	0.104	0.110	0.202	0.206	0.76	0.53
9	-0.319	-0.092	0.362	0.485	1.83	1.64
10	0.701	0.217	0.214	0.349	0.74	1.43
11	0.079	0.293	0.467	0.513	0.57	0.73
12	0.402	0.456	0.093	0.167	0.38	0.33
13	-0.332	0.140	0.056	0.124	0.55	1.07
14	-0.164	0.376	0.082	0.086	3.03	4.15
15	0.366	0.304	0.362	0.166	1.22	0.39

注: 编号5的受试者第2天H反射未测出M<sub>max</sub>, 故H<sub>max</sub>/M<sub>max</sub>未测定出, 统计时未计入

表3 患者连续2 d的H反射的3个测定指标的数据信度结果

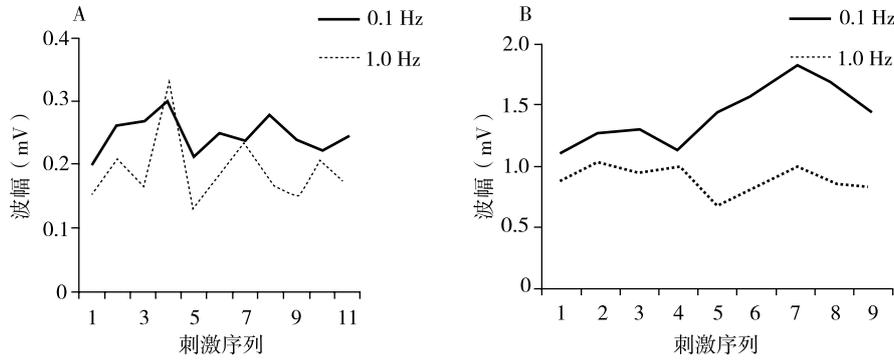
测定指标	例数	第1天	第2天	F值	P值	ICC
PAD	15	0.09 ± 0.29	0.20 ± 0.18	1.52	0.22	0.20
H <sub>max</sub> /M <sub>max</sub>	14	0.22 ± 0.17	0.24 ± 0.16	15.27	< 0.05	0.88
H <sub>slp</sub> /M <sub>slp</sub>	14	1.15 ± 0.95	2.19 ± 4.37	12.10	< 0.05	0.85

注: 编号5的受试者H<sub>max</sub>/M<sub>max</sub>未测定出, 统计时未计入

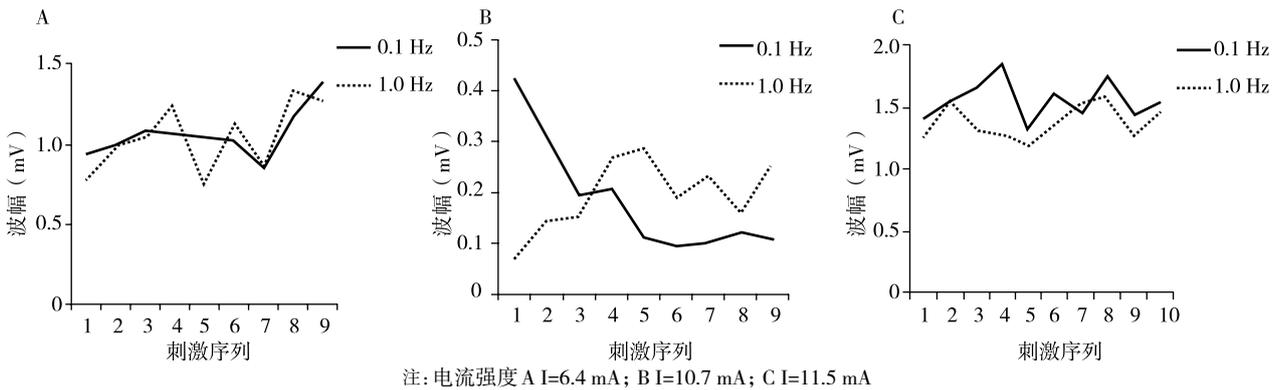
使用H<sub>max</sub>、H<sub>max</sub>/M<sub>max</sub>来代表H反射波幅大小<sup>[13, 21-22]</sup>。由于H反射是特别易变的反射, 故测定指标的信度非常重要, 有人提出使用标准化方法来提高H反射信度。但Brinkworth等<sup>[23]</sup>发现尽管使用了标准化

试验方法, 健康受试者比目鱼肌H反射波幅在不同试验间仍然存在变异。H<sub>slp</sub>代表刺激强度和反射中运动神经元被招募的关系, H反射中Ia传入纤维和脊髓运动神经元经单突触联系, 随刺激强度增加Ia传入纤维招募数量增加, 引起运动神经元激活参与反射的比例增加<sup>[11]</sup>。H<sub>slp</sub>/M<sub>slp</sub>可以作为运动神经元兴奋性随刺激强度增加而增大的率<sup>[13]</sup>, 更能反映运动神经元池兴奋性, 有人建议选用H<sub>slp</sub>/M<sub>slp</sub>作为更好的H反射测定指标。有研究提示使用H<sub>slp</sub>/M<sub>slp</sub>评价痉挛程度, 更接近Brunnstrom分期功能恢复的评价, 认为H<sub>slp</sub>/M<sub>slp</sub>将成为一个客观有价值的痉挛评价手段<sup>[19]</sup>。当H反射被重复诱发时, 随刺激频率增加反射波幅逐渐降低<sup>[20]</sup>, 这种现象叫PAD<sup>[2]</sup>或者同源性突触抑制(homosynaptic depression, HD)<sup>[24]</sup>, 这种现象产生是由于Ia传入终端储存的突触前递质的消耗造成的。研究发现脑卒中患者脊髓H反射在高频率刺激时PAD降低, 这种降低和痉挛的严重程度呈正相关<sup>[4, 25]</sup>, 故可以使用PAD来评价痉挛。

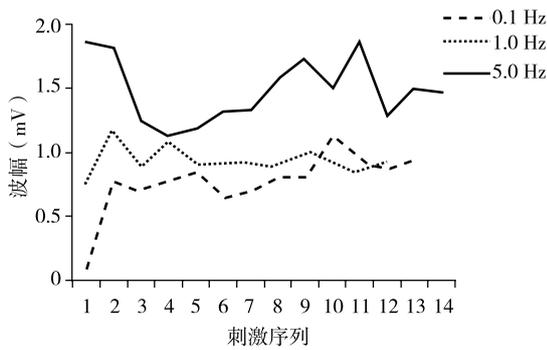
以上这3种测定方法各有特点, 但这3种指标的信度研究仍较少, 本研究通过连续2 d检测卒中后患者偏瘫侧上肢的FCR的H反射, 获得连续2 d的H<sub>max</sub>/M<sub>max</sub>、H<sub>slp</sub>/M<sub>slp</sub>、PAD值, 通过计算3个指标的信度, 以期临床进一步使用H反射找到一个稳定可靠的指标。试验设计方面本试验使用H反射募集曲线上支来研究脊髓兴奋性, 第一, 因为在上升支H反射波幅稳定, 不受肌肉状态影响, 但在下降支肌肉在激活状态时H/M会增高<sup>[12]</sup>; 第二, 因为H反射主要受逆行冲突的影响, 而募集曲线上支支还没有明显的逆行冲突产生<sup>[26]</sup>。评估手段方面, ICC法是衡量和评价观察者间信度和复测信度的信度系



注：电流强度 A I=10.7 mA；B I=9.7 mA  
图5 MAS=0分受试者连续2 d不同频率下测定H反射波幅大小



注：电流强度 A I=6.4 mA；B I=10.7 mA；C I=11.5 mA  
图6 MAS=5分受试者同一日在3个不同电流强度(I=6.4 mA, I=10.7 mA, I=11.5 mA)下连续诱发H反射波幅



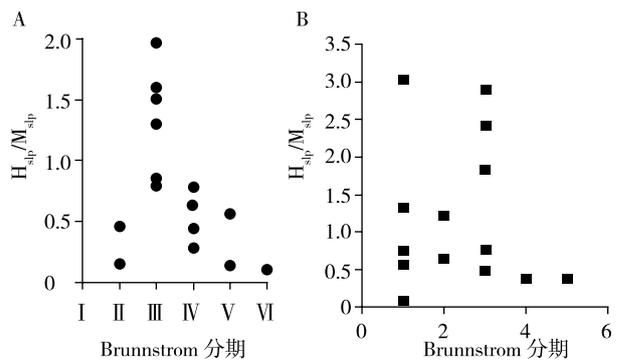
注：电流强度 I=7.2 mA  
图7 MAS=1分的受试者在3个不同频率下连续诱发出的H反射的波幅波动情况

表4  $H_{max}/M_{max}$ 连续2 d测定值和临床指标相关性分析

临床指标	第1天 $H_{max}/M_{max}$		第2天 $H_{max}/M_{max}$	
	r值	P值	r值	P值
MAS	0.397	0.160	0.278	0.336
Brunnstrom分期	-0.010	0.972	0.039	0.894
上肢FMA	-0.069	0.822	-0.110	0.719
手FMA	-0.137	0.657	-0.066	0.831

表5  $H_{slp}/M_{slp}$ 连续2 d测定值和临床指标相关性分析

临床指标	第1天 $H_{slp}/M_{slp}$		第2天 $H_{slp}/M_{slp}$	
	r值	P值	r值	P值
MAS	-0.044	0.875	-0.227	0.416
Brunnstrom分期	-0.102	0.718	-0.294	0.288
上肢FMA	-0.198	0.497	-0.504	0.066
手FMA	-0.068	0.816	-0.110	0.709



注：A Higashi等<sup>[19]</sup>文献中的结果，B本研究中的相关性散点图  
图8  $H_{slp}/M_{slp}$ 与Brunnstrom分期的相关性

数指标。一般认为  $ICC < 0.4$  表示信度较差，Shrout 等<sup>[27]</sup>曾认为  $ICC$  在  $0.6 \sim 0.75$  可信度较好， $> 0.75$  非常可信。故本试验采用  $ICC > 0.6$  作为信度良好

的评价指标。

影响H反射的因素包括刺激间隔、刺激电极位置、刺激强度、被试者的姿势、记录电极位置和肌肉

状态、肌肉类型、精神因素(疼痛和焦虑)等<sup>[1, 13, 23, 28]</sup>。故很多研究者建议采用标准化试验程序来保证 H 反射测定结果的可靠性。本试验采用 H 反射标准化测定程序从受试者姿势、肌肉状态、刺激间隔、电极片位置等试验流程进行规范,使每次试验严格按照统一流程进行,保证试验结果的可靠<sup>[17]</sup>。本试验连续 2 d 测定  $H_{\max}/M_{\max}$  的  $ICC=0.88$ , 证明通过标准化试验流程可以获得稳定的脑卒中偏瘫侧上肢 H 反射波幅。

目前为止,关于 H 反射测定指标可靠性的研究仍然较少,Christie 等<sup>[29]</sup>在 39 名健康志愿者上肢连续 4 d 诱发 FCR 的 H 反射,没有使用易化技术在 95%(37/39)的受试者上诱发 H 反射,统计显示 H5%(H 反射在 5%  $M_{\max}$  刺激强度下诱发的 H 反射波)的  $ICC=0.92$ ,  $M_{\max}$  的  $ICC=0.97$ 。Stowe 等<sup>[17]</sup>使用 Christie 的试验方法对 8 名健康受试者连续 3 d 测定桡侧腕长伸肌(extensor carpi radialis longus, ECRL)和 FCR 的 H 反射的  $H_{\max}$ 、H 反射增益和阈值,结果显示不同日测量以上 3 个指标没有显著差异,变量相对在可信区间,证明在健康人上可以可靠测定上肢 H 反射。但这些研究都是针对健康人的,结果不能延伸到卒中患者。而且在 Stowe 的研究中受试者手握 0.5~1 磅重的物品来易化 H 反射。虽然有人认为 H 反射在低强度收缩下更可信<sup>[12, 23]</sup>,但对于偏瘫患者特别是急性期患者因上肢运动功能较差不能握持物品进行易化,故本试验受试者均未进行易化,但肌肉在休息状态下测定 H 反射指标的可靠性仍有争议,Brinkworth 等<sup>[23]</sup>认为肌肉在休息状态下变异性更大。本试验证明休息状态下脑卒中偏瘫患者患侧的  $H_{\max}/M_{\max}$  连续 2 d 测定结果是可靠的,  $ICC=0.88$ , 证明在卒中患者休息状态下可以获得可靠的 H 反射数据。Stowe 等<sup>[1]</sup>连续 2 d 测定卒中患者 FCRH 反射 FCR  $H_{\max}$   $ICC=0.62$ , 略低于本试验,他的测定结果没有使用  $M_{\max}$  进行标准化处理,这是造成 ICC 结果不同的一个可能原因。

Stowe 等<sup>[1]</sup>认为 FCR 的斜率( $H_{slp}$ )可信度差,  $ICC=-0.04$ 。而 Phadke 等<sup>[11]</sup>的研究中卒中组偏瘫侧上肢 FCR 平均  $H_{slp}/M_{slp}$  的  $ICC$  是 0.94, 本试验的  $H_{slp}/M_{slp}$  的  $ICC$  为 0.85, 都证明  $H_{slp}/M_{slp}$  连续 2 d 测定的稳定性较好,可以作为 H 反射波幅的可靠的测定指标,因为之前 Stowe 的研究测定的是  $H_{slp}$ , 而不是使用  $M_{slp}$  进行标准化的  $H_{slp}/M_{slp}$ , 故可能造成统计结果不一致。

目前 PAD 的信度尚无相关文献报道,我们参考既往研究<sup>[30]</sup>分别使用 0.1 Hz 和 1.0 Hz 频率测定 H 反射上升支 H 波幅为  $H_{\max}/2$  处的连续 16 个波幅,采用 Trimble 的公式来计算 PAD 的  $r$  值,比较连续 2 d 测定  $r$  值的一致性和可靠性,为减少电流强度对 H 反射波幅的影响,连续 2 d 的 H 反射测定均采用 1/2

$H_{\max}$  刺激强度下测定,但试验结果显示  $ICC=0.2$ , 测定稳定性差。分析原因,目前已知影响 PAD 的技术因素包括刺激强度和刺激频率(刺激间隔)。刺激间隔时间短时,如间隔 0.1 s 时 H 反射对重复刺激诱发的抑制明显,在刺激间隔延长到 7~9 s 时 H 反射 PAD 消失<sup>[31]</sup>,刺激间隔 10~15 s 时 H 反射波幅基本恢复<sup>[32-33]</sup>。当较小的刺激强度诱发小波幅 H 反射时,与大的刺激强度诱发的大波幅 H 反射相比,小波幅 H 反射被抑制程度更大,即 H 反射越小(即低刺激强度诱发的 H 反射),对重复刺激诱发的抑制越敏感<sup>[18, 34]</sup>。本试验连续 2 d 测定 PAD 存在变异较大,原因可能是因为低强度诱发的小波幅 H 反射更易受频率影响。本试验中没有发现脑卒中后患者电流强度越小, H 反射波幅被抑制程度越大(图 2),可能因为之前的研究是在健康人体的,而卒中后患者存在痉挛,和健康人的激活后抑制表现不同,如图 3 所示高频刺激下 H 反射波幅不但没有降低反而升高,且激活后抑制缺失。我们发现(图 2)在不同电流强度下 PAD 变异也较大,测定不稳定。由于连续 2 d 测定使用的是达到 1/2  $H_{\max}$  所用电流强度,因每天测得的  $H_{\max}$  是不同的,故可能存在不可比较性。进一步研究可以尝试采用  $M_{\max}$  来标准化,如测定  $H_{\max}/2M_{\max}$  的 PAD 值来进行比较。

测定指标  $H_{\max}/M_{\max}$  和  $H_{slp}/M_{slp}$  和临床评定结果 MAS、FMA、Brunnstrom 分期等无显著的相关性。之前的研究认为  $H_{slp}/M_{slp}$  和钟形的 Brunnstrom 分期一致性最好(图 8A),提示  $H_{slp}/M_{slp}$  能够更好地评价运动神经元池兴奋性的恢复,而且使用这种方法评价痉挛程度,更接近 Brunnstrom 分期功能恢复的评价,但我们的研究没有发现  $H_{slp}/M_{slp}$  和 Brunnstrom 分期存在相关性,我们描绘的散点图(图 8B)也没有发现  $H_{slp}/M_{slp}$  和 Brunnstrom 分期存在钟形的一致。Higashi 采用的是散点图表示二者的关系,认为存在相关性而没有进行统计学分析,我们采用相关系数进行统计分析,发现没有存在相关性。

综上所述,本试验证明在卒中后患者偏瘫侧上肢可以获得稳定的 FCR 的 H 反射,证明卒中患者的  $H_{\max}/M_{\max}$  和  $H_{slp}/M_{slp}$  测定指标信度较高,可以作为卒中患者临床使用的测定指标,而 PAD 在卒中患者测定变异较大,需进一步改进测定方法来提高信度,为进一步筛选稳定的 H 反射测定指标提供依据。只有测定指标稳定、可靠,才能更好地在临床使用 H 反射作为工具进行研究<sup>[17]</sup>。

**利益冲突** 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

**作者贡献声明** 论文构思、试验设计及论文撰写为刘秀贞, H 反射操作为刘秀贞、刘静,康复评定为张艳明、霍速,审校为霍速

## 参 考 文 献

- [1] Stowe AM, Hughes-Zahner L, Barnes VK, et al. A pilot study to measure upper extremity H-reflexes following neuromuscular electrical stimulation therapy after stroke[J]. *Neurosci Lett*, 2013, 535: 1-6. DOI: 10.1016/j.neulet.2012.11.063.
- [2] Sorinola IO, White CM, Rushton DN, et al. Electromyographic response to manual passive stretch of the hemiplegic wrist: accuracy, reliability, and correlation with clinical spasticity assessment and function[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23(3): 287-294. DOI: 10.1177/1545968308321778.
- [3] Pizzi A, Carlucci G, Falsini C, et al. Application of a volar static splint in poststroke spasticity of the upper limb[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(9): 1855-1859. DOI: 10.1016/j.apmr.2005.03.032.
- [4] Lamy JC, Wargon I, Mazevet D, et al. Impaired efficacy of spinal presynaptic mechanisms in spastic stroke patients[J]. *Brain*, 2009, 132(Pt 3): 734-748. DOI: 10.1093/brain/awn310.
- [5] Agostinucci J. Inhibitory effects of circumferential pressure on flexor carpi radialis H-reflex in adults with neurological deficits[J]. *Percept Mot Skills*, 2010, 110(1): 89-103. DOI: 10.2466/PMS.110.1.89-103.
- [6] Dietz V, Sinkjaer T. Spastic movement disorder: impaired reflex function and altered muscle mechanics[J]. *Lancet Neurol*, 2007, 6(8): 725-733. DOI: 10.1016/S1474-4422(07)70193-X.
- [7] Suzuki S, Nakajima T, Futatsubashi G, et al. Soleus Hoffmann reflex amplitudes are specifically modulated by cutaneous inputs from the arms and opposite leg during walking but not standing[J]. *Exp Brain Res*, 2016, 234(8): 2293-2304. DOI: 10.1007/s00221-016-4635-3.
- [8] Kim KM, Hart JM, Saliba SA, et al. Modulation of the Fibularis Longus Hoffmann Reflex and Postural Instability Associated With Chronic Ankle Instability[J]. *J Athl Train*, 2016, 51(8): 637-643. DOI: 10.4085/1062-6050-51.10.05.
- [9] Masugi Y, Kitamura T, Kamibayashi K, et al. Velocity-dependent suppression of the soleus H-reflex during robot-assisted passive stepping[J]. *Neurosci Lett*, 2015, 584: 337-341. DOI: 10.1016/j.neulet.2014.10.044.
- [10] Pizzi A, Carlucci G, Falsini C, et al. Evaluation of upper-limb spasticity after stroke: A clinical and neurophysiologic study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(3): 410-415. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.10.022.
- [11] Phadke CP, Robertson CT, Condliffe EG, et al. Upper-extremity H-reflex measurement post-stroke: Reliability and inter-limb differences[J]. *Clin Neurophysiol*, 2012, 123(8): 1606-1615. DOI: 10.1016/j.clinph.2011.12.012.
- [12] Grosprêtre S, Martin A. H reflex and spinal excitability: methodological considerations[J]. *J Neurophysiol*, 2012, 107(6): 1649-1654. DOI: 10.1152/jn.00611.2011.
- [13] Christie A, Lester S, LaPierre D, et al. Reliability of a new measure of H-reflex excitability[J]. *Clin Neurophysiol*, 2004, 115(1): 116-123. DOI: 10.1016/S1388-2457(03)00306-7.
- [14] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014 [J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(4): 246-257. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2015.04.002.
- [15] 中华医学会神经病学分会. 中国脑出血诊治指南(2014) [J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(6): 435-444. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2015.06.002.
- [16] Jaberzadeh S, Scutter S, Warden-Flood A, et al. Between-days reliability of H-reflexes in human flexor carpi radialis[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(7): 1168-1173.
- [17] Stowe AM, Hughes-Zahner L, Stylianou AP, et al. Between-day reliability of upper extremity H-reflexes[J]. *J Neurosci Methods*, 2008, 170(2): 317-323. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2008.01.031.
- [18] Trimble MH, Kukulka CG, Behrman AL. The effect of treadmill gait training on low-frequency depression of the soleus H-reflex: comparison of a spinal cord injured man to normal subjects[J]. *Neurosci Lett*, 1998, 246(3): 186-188.
- [19] Higashi T, Funase K, Kusano K, et al. Motoneuron pool excitability of hemiplegic patients: Assessing recovery stages by using H-reflex and M response[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82(11): 1604-1610. DOI: 10.1053/apmr.2001.25081.
- [20] Burke D. Clinical uses of H reflexes of upper and lower limb muscles[J]. *Clinical Neurophysiology Practice*, 2016, 1: 9-17. DOI: 10.1016/j.cnp.2016.02.003.
- [21] Neyroud D, Armand S, De Coulon G, et al. Wide-pulse-high-frequency neuromuscular electrical stimulation in cerebral palsy[J]. *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(2): 1530-1539. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.07.009.
- [22] Chen C, Chuang Y, Yang H, et al. Neuromuscular electrical stimulation of the median nerve facilitates low motor cortex excitability in patients with spinocerebellar ataxia[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2015, 25(1): 143-150. DOI: 10.1016/j.jelekin.2014.10.009.
- [23] Brinkworth RS, Tuncer M, Tucker KJ, et al. Standardization of H-reflex analyses[J]. *J Neurosci Methods*, 2007, 162(1/2): 1-7. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2006.11.020.
- [24] Winkler T, Hering P, Straube A. Spinal DC stimulation in humans modulates post-activation depression of the H-reflex depending on current polarity[J]. *Clin Neurophysiol*, 2010, 121(6): 957-961. DOI: 10.1016/j.clinph.2010.01.014.
- [25] Meunier S, Kwon J, Russmann H, et al. Spinal use-dependent plasticity of synaptic transmission in humans after a single cycling session[J]. *J Physiol*, 2007, 579(Pt 2): 375-388. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.122911.
- [26] Pinniger GJ, Nordlund M, Steele JR, et al. H-reflex modulation during passive lengthening and shortening of the human triceps surae[J]. *J Physiol*, 2001, 534(Pt 3): 913-923.
- [27] Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability[J]. *Psychol Bull*, 1979, 86(2): 420-428.
- [28] Tucker KJ, Tuncer M, Türker KS. A review of the H-reflex and M-wave in the human triceps surae[J]. *Hum Mov Sci*, 2005, 24(5/6): 667-688. DOI: 10.1016/j.humov.2005.09.010.
- [29] Christie AD, Inglis JG, Boucher JP, et al. Reliability of the FCR H-reflex[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2005, 22(3): 204-209.
- [30] Yang Y, Xiao J, Song W. Post-activation depression of the lower extremities in stroke patients with spasticity and spastic equinovarus deformity[J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2015, 73(6): 493-498. DOI: 10.1590/0004-282X20150052.
- [31] Stein RB, Estabrooks KL, McGie S, et al. Quantifying the effects of voluntary contraction and inter-stimulus interval on the human soleus H-reflex[J]. *Exp Brain Res*, 2007, 182(3): 309-319. DOI: 10.1007/s00221-007-0989-x.
- [32] Grey MJ, Klinge K, Crone C, et al. Post-activation depression of soleus stretch reflexes in healthy and spastic humans[J]. *Exp Brain Res*, 2008, 185(2): 189-197. DOI: 10.1007/s00221-007-1142-6.
- [33] Lamy JC, Wargon I, Baret M, et al. Post-activation depression in various group I spinal pathways in humans[J]. *Exp Brain Res*, 2005, 166(2): 248-262. DOI: 10.1007/s00221-005-2360-4.
- [34] Floeter MK, Kohn AF. H-reflexes of different sizes exhibit differential sensitivity to low frequency depression[J]. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1997, 105(6): 470-475.

(收稿日期: 2018-03-14)

(本文编辑: 戚红丹)