

## · 继续教育园地 ·

## 脊髓损伤 ASIA2000 神经功能评定介绍

谢青 陆廷仁 熊键 顾琳

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)以后患者的神经功能状况会出现不同的变化。对 SCI 患者及时进行神经功能检查,既可正确了解患者 SCI 的性质和程度,又对制定正确的治疗方案和推测预后具有重要的指导意义。统一的神经功能评定标准作为临床及科研人员之间正确的交流手段十分重要,因此,理想的评定标准应该是统一、精确、容易操作的,并且有明确的评分标准来判断治疗前、后出现的神经功能的变化,否则将影响疗效及研究结果的可靠性<sup>[1-3]</sup>。

## 标准的神经功能评定表的确立及使用

## 一、神经功能评定表的建立过程

多年来用神经学检查及分级标准描述 SCI 程度的方法很多,常见的有:①Frankel 分级,由 Frankel 等<sup>[4]</sup>于 1969 年发表,因其对 SCI 程度的观察缺乏敏感性,对感觉和括约肌功能状况的表达不详细已被弃用;②Bracken 分级,是 Bracken 等<sup>[5]</sup>在 1978 年提出的一种 SCI 神经分级标准,方法比较复杂,也不便于患者在卧位时使用;③Sunnybrook 分级,是 Tator 等<sup>[6]</sup>于 1982 年提出的一种 SCI 分级方法,亦缺乏对直肠和膀胱功能的检查,Davis 等<sup>[7]</sup>检验其可靠性时发现,此方法对行走能力和膀胱功能的评定不敏感;④Botsford 分级,是 Botsford 等<sup>[8]</sup>于 1992 年推荐的一种合并运动、感觉、直肠和膀胱功能检查的评分系统,目前尚未被推荐使用;⑤NASCIS(the national acute spinal cord injury study, 1980~1990)标准,是在美国 NASCIS 研究中使用的—种 SCI 评分系统<sup>[9,10]</sup>,它包括运动评分和感觉评分,同样缺乏对直肠和膀胱功能的检查;⑥美国脊柱损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)标准,由 ASIA 于 1982 年在 Frankel 分级基础上制定,并经过多次修订而成。

## 二、ASIA 标准的发展过程

当前使用的 ASIA2000 神经功能评定的国际标准是由 ASIA 于 2000 年修订并发布的第 5 版《脊髓损伤神经学分类国际标准》手册<sup>[11]</sup>。1982 年,美国脊髓损伤学会第一次发表了 SCI 的神经学检查分级,其中采纳了 Frankel 评分<sup>[4]</sup>。此后经过多次修改。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<sup>[12]</sup>。1992 年提出了新的 ASIA 标准,制定了 ASIA 损伤分级并取代了原来的 Frankel 分级<sup>[13]</sup>。1996 年修订了 ASIA 损伤分级,明确了区分运动不完全性损伤(C 和 D 级)的关键肌的数量<sup>[14]</sup>。2000 年进一步作了三处修改:第一,重新定义运动不完全性损伤的患者必须是感觉不完全性损伤,且保留有肛门括约肌自主收缩,或者 SCI 运动平面以下三个节段以上残存有运动功能;第

二,部分保留带(zone of partial preservation, ZPP)指神经平面以下有部分感觉或运动功能存在的节段范围,应按照身体两侧感觉和运动功能分别记录;第三,删除了 FIM 标准<sup>[2,15]</sup>。2002 年再版<sup>[16]</sup>。

## 三、ASIA 标准的评定内容及方法

ASIA2000 关于 SCI 的神经学检查包括神经损伤水平、感觉损伤平面(右侧和左侧)、运动损伤平面(右侧和左侧)、感觉评分(针刺和轻触)、运动评分、部分保留带以及 ASIA 残损分级。

## (一)感觉功能评定

1. 感觉评分:感觉检查的必查部分是检查身体两侧各自的 28 个皮节的关键点(表 1)。每个皮节感觉检查项目包括右侧针刺觉和轻触觉、左侧针刺觉和轻触觉。并按 3 个等级分别评分,0 分表示缺失,1 分表示障碍(部分障碍或感觉改变,包括感觉过敏),2 分表示正常,NT 表示无法检查。每种感觉一侧最高分为 56 分,左右两侧共 112 分。两种感觉得分之和最高达 224 分。注意:针刺觉检查时常用一次性安全针,轻触觉检查时用棉花。在针刺觉检查时,不能区别钝性和锐性刺激的感觉应评为 0 级。表 1 中 \* 指位于锁骨中线上的关键点。

表 1 两侧感觉关键点的检查部位及评分

| 右侧<br>评分 | 神经<br>节段         | 检查部位                                              | 左侧<br>评分 |
|----------|------------------|---------------------------------------------------|----------|
|          | C <sub>2</sub>   | 枕骨粗隆                                              |          |
|          | C <sub>3</sub>   | 锁骨上窝                                              |          |
|          | C <sub>4</sub>   | 肩锁关节的顶部                                           |          |
|          | C <sub>5</sub>   | 肘前窝的外侧面                                           |          |
|          | C <sub>6</sub>   | 拇指近节背侧皮肤                                          |          |
|          | C <sub>7</sub>   | 中指近节背侧皮肤                                          |          |
|          | C <sub>8</sub>   | 小指近节背侧皮肤                                          |          |
|          | T <sub>1</sub>   | 肘前窝的内侧面                                           |          |
|          | T <sub>2</sub>   | 腋窝的顶部                                             |          |
|          | T <sub>3</sub>   | 第 3 肋间 *                                          |          |
|          | T <sub>4</sub>   | 第 4 肋间(乳线) *                                      |          |
|          | T <sub>5</sub>   | 第 5 肋间(在 T <sub>4</sub> ~T <sub>6</sub> 的中点) *    |          |
|          | T <sub>6</sub>   | 第 6 肋间(剑突水平) *                                    |          |
|          | T <sub>7</sub>   | 第 7 肋间(在 T <sub>6</sub> ~T <sub>8</sub> 的中点) *    |          |
|          | T <sub>8</sub>   | 第 8 肋间(在 T <sub>6</sub> ~T <sub>10</sub> 的中点) *   |          |
|          | T <sub>9</sub>   | 第 9 肋间(在 T <sub>8</sub> ~T <sub>10</sub> 的中点) *   |          |
|          | T <sub>10</sub>  | 第 10 肋间(脐) *                                      |          |
|          | T <sub>11</sub>  | 第 11 肋间(在 T <sub>10</sub> ~T <sub>12</sub> 的中点) * |          |
|          | T <sub>12</sub>  | 腹股沟韧带中点                                           |          |
|          | L <sub>1</sub>   | T <sub>12</sub> 与 L <sub>2</sub> 之间的 1/2 处        |          |
|          | L <sub>2</sub>   | 大腿前中部                                             |          |
|          | L <sub>3</sub>   | 股骨内髁                                              |          |
|          | L <sub>4</sub>   | 内踝                                                |          |
|          | L <sub>5</sub>   | 足背第 3 跖趾关节                                        |          |
|          | S <sub>1</sub>   | 足跟外侧                                              |          |
|          | S <sub>2</sub>   | 腋窝中点                                              |          |
|          | S <sub>3</sub>   | 坐骨结节                                              |          |
|          | S <sub>4-5</sub> | 肛门周围(作为 1 个平面)                                    |          |

2. 感觉平面的确定:感觉平面是指身体两侧具有正常感觉功

作者单位:200025 上海,上海交通大学医学院附属瑞金医院康复医学科(谢青、陆廷仁);上海交通大学医学院附属瑞金医院卢湾分院康复医学科(熊键、顾琳)

能的最低脊髓节段。根据上述感觉皮节的评分确定感觉平面。

## (二) 运动功能评定

1. 运动评分: 运动功能的必查项目为检查身体两侧各自 10 个肌节中的关键肌(表 2)。选择这些肌肉是因为它们与相应节段的神经支配相一致, 并且便于临床做仰卧位检查(脊髓损伤时, 其他体位常常禁忌)。检查顺序为从上而下。评定标准采用手法肌力检查(manual muscle testing, MMT)测定肌力, 得分与测得的肌力级别相同, 从 0~5 分不等, NT 表示无法检查。每侧得分最高为 50 分, 共 100 分。

表 2 两侧运动关键肌及评分

| 右侧<br>评分 | 神经<br>节段       | 关键肌            | 左侧<br>评分 |
|----------|----------------|----------------|----------|
|          | C <sub>5</sub> | 肘屈肌(肱二头肌、肱肌)   |          |
|          | C <sub>6</sub> | 腕伸肌(桡侧伸腕长和短肌)  |          |
|          | C <sub>7</sub> | 肘伸肌(肱三头肌)      |          |
|          | C <sub>8</sub> | 中指指屈肌(指深屈肌)    |          |
|          | T <sub>1</sub> | 小指外展肌(小指外展肌)   |          |
|          | L <sub>2</sub> | 髋屈肌(髂腰肌)       |          |
|          | L <sub>3</sub> | 膝伸肌(股四头肌)      |          |
|          | L <sub>4</sub> | 踝背伸肌(胫前肌)      |          |
|          | L <sub>5</sub> | 趾长伸肌(长伸肌)      |          |
|          | S <sub>1</sub> | 踝跖屈肌(腓肠肌和比目鱼肌) |          |

2. 运动平面的确定: 运动平面指身体两侧具有正常运动功能的最低脊髓节段。由于邻近节段对同一肌肉的重叠支配, 如果某一节段支配的关键肌肉肌力在 3 级, 而下一肌节的关键肌肌力为 0 级, 上一个肌节关键肌肌力基本正常, 则可判断损伤平面在该节段。对于那些临床应用手法肌力检查法无法检查的肌节, 如 C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub>、T<sub>2</sub>~L<sub>1</sub> 及 S<sub>2</sub>~S<sub>5</sub>, 运动平面可参考感觉平面来确定。如果这些节段的感觉是正常的, 则认为该节段的运动功能正常; 如果感觉有损害, 则认为运动功能亦有损害。

## (三) 神经损伤水平的确定

神经平面是指身体双侧有正常的感觉和运动功能的最低脊髓节段。脊髓损伤平面的确定是通过对两侧感觉平面和运动平面的检查来确定的, 方法如上述。

## (四) 部分保留带的评定

用于完全性脊髓损伤损伤, 指在神经平面以下一些皮节和肌节保留部分神经支配。有部分感觉和运动功能的节段范围称为部分保留带, 应按照身体两侧感觉和运动功能分别记录。例如, 如果右侧感觉平面是 C<sub>5</sub>, C<sub>5</sub>~C<sub>8</sub> 存在部分感觉, 那么 C<sub>8</sub> 应被记录为右侧感觉部分保留带。

## (五) 完全性或不完全性损伤的确定

完全性损伤指最低骶段(S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>)的感觉和运动功能完全消失。不完全性损伤指在神经平面以下包括最低骶段(S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>)保留部分感觉或运动。骶部感觉包括肛门粘膜皮肤交界处和肛门深部的感觉, 当检查者手指在患者直肠壁上施加压力时, 患者需说出是否能感觉到触摸或压力。如果存在任何感觉, 都说明患者的感觉是不完全性损伤。骶部运动功能检查是通过肛门指检感受肛门括约肌是否有收缩。如果肛门括约肌存在自主收缩, 则患者的运动损伤为不完全性。记录方法为感觉或运动存在或缺失。

## (六) 脊髓损伤程度评定

根据 ASIA 损伤分级来判定 SCI 程度。损伤分级(表 3)以最低骶节(S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>)有无残留功能为准。当一个患者被分级为 C 或 D 级时, 他/她必须是不完全性损害, 即在骶段 S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub> 区域有感觉或运动功能保留。此外, 该患者必须具备以下两点之一: ①肛门括约肌有自主收缩; ②运动平面以下有 3 个节段以上有运动功能保留。

表 3 ASIA 损伤分级

| 分级 | 损伤程度   | 临床表现                                                   |
|----|--------|--------------------------------------------------------|
| A  | 完全性损伤  | 在骶段 S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub> 区域无任何感觉和运动功能保留      |
| B  | 不完全性损伤 | 损伤平面以下包括 S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub> 存在感觉功能, 但无运动功能 |
| C  | 不完全性损伤 | 损伤平面以下运动功能存在, 且 ≥50% 的关键肌肌力 <3 级                       |
| D  | 不完全性损伤 | 损伤平面以下运动功能存在, 且 ≥50% 的关键肌肌力 ≥3 级                       |
| E  | 正常     | 感觉和运动功能正常                                              |

## ASIA 标准与功能评定标准

在临床研究和医疗康复中, 应该使用一个神经学检查分级标准和一个功能结果评定标准来联合完成对 SCI 患者在急性期和恢复期的病情描述和疗效评价。ASIA 标准主要用于对 SCI 者进行系列的神经病学检查并进行神经学分类和损伤程度的分类, 而功能评定侧重于对损伤后期患者的日常生活活动能力和伤残程度的评定, 常用的方法有功能独立性评测(Functional Independence Measure, FIM)、修订的 Barthel 指数(Modified Barthel Index, MBI)及四肢瘫功能指数(Quadriplegia Index of Function, QIF)<sup>[17-19]</sup>。ASIA 标准制订委员会认为 FIM 是一个很好的功能障碍评测方法, 但尚无足够的文献证明 FIM 优于其它的评测表<sup>[11]</sup>。目前很多国家在对评测表进行检验以提高其可信性及有效性<sup>[20, 21]</sup>, 寻找一个共同认可的功能评估系统, 以便制定一个独立的功能评定标准。

## ASIA 损伤分级对步行能力的预测研究

有关 SCI 后患者的行走能力的判断, 国内外学者运用 ASIA 标准进行了相关的研究<sup>[22-27]</sup>。王方永等<sup>[22]</sup>采用 ASIA2000 标准检查 SCI 患者的神经功能, 同时观察其行走能力水平(表 4)<sup>[23]</sup>。通过比较伤后 1 个月时的检查结果和伤后 12 个月时的步行能力, 分析标准中哪些项目可以用来估计 SCI 患者伤后 1 年的步行能力。结果发现, 在损伤分级相同的情况下, 截瘫患者步行能力的恢复优于四肢瘫患者; 神经平面基本一致的情况下, 伤后 1 个月时损伤分级越高的患者, 伤后 1 年时的步行能力越好。

Waters 等<sup>[24, 25]</sup>研究发现, 76% (54 例中的 41 例)的不完全性截瘫患者最终达到了社区行走, 其中 38 例 1 年达到, 3 例 2 年达到, 损伤分级 B~D 级的不完全性损伤患者最终的步行能力未发现有明显差异, 表明 ASIS 评分与步行能力有很强的关联。

Crozier 等<sup>[26]</sup>还发现, 脊髓损伤 B 级的患者, 如果损伤平面以下存在针刺觉, 则其步行能力的预后优于平面以下仅存在轻触觉的患者。他们对 SCI 后 72 h 的患者进行检查, 发现保留针刺觉的患者中有 89% 恢复了步行能力, 而仅保留轻触觉(没有

针刺觉保留)的患者只有 11%恢复了行走功能。

Burns 等<sup>[27]</sup>着重研究了运动不完全性四肢瘫患者的行走功能恢复情况。发现 50 岁以下 ASIA 残损分级为 C 级的患者,有 91% (33 例中的 30 例)的人恢复了步行能力;而 50 岁以上的同类患者步行能力恢复率为 42% (31 例中的 13 例)。

表 4 行走能力水平

| 级别  | 级别名称 | 具体要求                                                                              |
|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 4 级 | 社区步行 | 能在社区内独立进行活动。需符合以下 4 个条件:<br>(1)能独立进行 ADL;(2)能上下楼梯;(3)终日穿戴矫形器能耐受;(4)能一次行走 900 m 左右 |
| 3 级 | 家庭步行 | 能在家进行独立活动。符合以下 3 个条件:(1)能独立进行 ADL;(2)能上下楼梯;(3)终日穿戴矫形器能耐受                          |
| 2 级 | 训练步行 | 只能在特定的环境里行走;在外人帮助以及使用 KFO、拐杖等辅助支具的情况下,在双杠内或平地上可以作短暂的步行训练者。不能达到社区步行的 4 个条件         |
| 1 级 | 不能行走 | 完全依靠轮椅进行的移动                                                                       |

#### 脊髓损伤后神经功能评定的展望

作为评定 SCI 水平及严重程度的国际标准 ASIA2000,在预测神经和功能恢复等方面还需要与其它的功能评定表相结合,才能够全面反映 SCI 患者在急性期和恢复期两种状态时的情况。而目前常用的 FIM、MBI、QIF 等功能评估表在使用方面都存在着局限性,缺乏一个国际公认的功能结果评估系统。另外,已有大量的试验研究利用放射学(如 MRI)和神经电生理学检测(如神经传导研究、H-反射和 F 波、躯体感觉诱发电位、运动诱发电位和交感神经皮肤反应)等来帮助或补充诊断及预后评测<sup>[28-31]</sup>。相信在不久的将来,一个完整的有关 SCI 的神经学分类检查、放射学检查、神经电生理学检查及功能评估体系将建立起来并得到不断完善。

#### 参 考 文 献

- [1] Kirshblum S, Millis S, McKinley W, et al. Late neurologic recovery after traumatic spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85: 1811-1817.
- [2] Kirshblum SC, Memmo P, Kim N, et al. Comparison of the revised 2000 American Spinal Injury Association classification standards with the 1996 guidelines. Am J Phys Med Rehabil, 2002, 81: 502-505.
- [3] Clinical assessment after acute cervical spinal cord injury. Neurosurgery, 2002, 50: 21-29.
- [4] Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The Value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. Paraplegia, 1969, 7: 179-192.
- [5] Bracken MB, Webb SB Jr, Wagner FC. Classification of the severity of acute spinal cord injury: implications for management. Paraplegia, 1978, 15: 319-326.
- [6] Tator CH, Rowed DW, Schwartz ML. Sunnybrook Cord Injury Scales for assessing Neurological Recovery. New York: Raven, 1982: 17-24.
- [7] Davis La, Warren SA, Reid DC, et al. Incomplete neural deficits in thoracolumbar and lumbar spine fractures: reliability of Frankel and Sunnybrook scales. Spine, 1993, 18: 257-263.
- [8] Botsford DJ, Esses SI. A new scale for the clinical assessment of spi-

nal cord function. Orthopedics, 1992, 15: 1309-1313.

- [9] Young W. Medical treatments of acute spinal cord injury. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1992, 55: 637-639.
- [10] Duh MS, Shepard MJ, Wilberger JE, et al. the effectiveness of surgery on the treatment of acute spinal cord injury and its relation to pharmacological treatment. Neurosurgery, 1994, 35: 240-249.
- [11] American Spinal Injury Association and International Medical Society of Paraplegia: International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. Chicago: American Spinal Injury Association, 2000: 1-3.
- [12] Priebe MM, Waring WP. The interobserver reliability of the revised American Spinal Injury Association standards for neurological classification of spinal injury patients. Am J Phys Med Rehabil, 1991, 70: 268-270.
- [13] Ditunno JF Jr, Young W, Donovan WH, et al. The international standards booklet for neurological and functional classification of spinal cord injury. American Spinal Injury Association. Paraplegia, 1994, 32: 70-80.
- [14] Maynard FM Jr, Bracken MB, Creasey G, et al. International Standards for neurological and Functional classification of spinal cord injury. American Spinal Injury Association. Spinal Cord, 1997, 35: 266-274.
- [15] 关骅, 陈学明. 脊髓损伤 ASIA 神经功能分类标准(2000 年修订). 中国脊柱脊髓杂志, 2001, 3: 164.
- [16] Marino RJ, Barros T, Biering-Sorensen F, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury. J Spinal Cord Med, 2003, 26: S50-56.
- [17] Hamiton BB, Granger CV, Sherwin FS. A uniform national data system for medical rehabilitation. In: Fuhrer MJ, ed. Rehabilitation outcomes: analysis and measurement. Baltimore: Brooks, 1987: 137-147.
- [18] Granger CV, Albrecht GL, Hamilton BB. Outcomes of comprehensive medical rehabilitation: measurement by PULSES profile and the Barthel Index. Arch Phys Med Rehabil, 1979, 60: 145-154.
- [19] Gresbam GE, Labi Mlc, Dittmar SS, et al. The quadriplegia index of function (QIF): sensitivity and reliability demonstrated in a study of thirty quadriplegic patients. Paraplegia, 1986, 24: 38-44.
- [20] Kirshblum SC, Donovan WH. Neurologic assessment and classification of traumatic spinal cord injury. In: Kirshblum SC, Campagnolo D, DeLisa JE, eds. Spinal cord medicine. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002: 82-95.
- [21] Marino RJ, Siineman MG. Functional assessment in spinal cord injury. Top Spinal Cord Inj Rehabil, 1996, 14: 32-45.
- [22] 王方永, 李建军, 洪毅, 等. 采用 ASIA2000 标准对脊髓损伤患者步行能力的预后评估. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16: 276-279.
- [23] 缪鸿石, 主编. 康复医学理论与实践. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 1457.
- [24] Waters RL, Adkins RH, Yakura JS, et al. Motor and sensory recovery following incomplete tetraplegia. Arch Phys Med Rehabil, 1994, 75: 306-311.
- [25] Waters RL, Adkins R, Yakura J, et al. Prediction of ambulatory performance based on motor scores derived from standards of the American Spinal Injury Association. Arch Phys Med Rehabil, 1994, 75: 756-760.
- [26] Crozier KS, Graziani V, Ditunno JF Jr, et al. Spinal cord injury: prognosis for ambulation based on sensory examination in patients who are initially motor complete. Arch Phys Med Rehabil, 1991, 72: 119-121.
- [27] Burns SP, Golding DG, Rolle WA Jr, et al. Recovery of ambulation in motor-incomplete tetraplegia. Arch Phys Med Rehabil, 1997, 78:

- 1169-1172.
- [28] Ditunno J, Flander A, Kirshblum SC, et al. Predicting outcome in traumatic spinal cord injury. In: Kirshblum SC, Campagnolo D, DeLisa JE, eds. Spinal cord medicine. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002; 108-122.
- [29] Ramon S, et al. Clinic and magnetic resonance imaging correlation in acute spinal cord injury. Spinal Cord, 1997, 35: 664-573.
- [30] Marciello M, Flanders AE, Herbison GJ, et al. Magnetic resonance imaging related to neurologic outcome in cervical spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil, 1993, 74: 940-946.
- [31] Flanders AE, Spettell CM, Friedman DP, et al. The relationship between the functional abilities of patients with cervical spinal cord injury and the severity of damage revealed by MR imaging. AINR, 1999, 20: 926-934.
- [32] Curt A, Dicta V. Traumatic cervical spinal cord injury. Relation between somatosensory evoked potentials, neurologic deficit, and hand function. Arch Phys Med Rehabil, 1996, 77: 48-53.
- (修回日期: 2007-02-15)  
(本文编辑: 松 明)

## · 研究简报 ·

### 治疗用次声发生装置的声场特征研究

范建中 鲍勇 易南 刘静 陈景藻

迄今为止,国内外绝大多数关于次声的研究均集中在次声对生物体的损害及其防护方面,其研究方法一般是将整个生物体置于次声环境中以观察其生物学效应<sup>[1]</sup>;或者利用次声发生装置研究次声在特定场合的声场分布特征<sup>[2]</sup>。而将次声发生装置小型化并用于临床治疗,国内尚鲜见相关的仪器和临床研究报道。

次声波在疾病诊疗方面的巨大开发潜力已日益受到国外学者的重视,并已有这方面的尝试和实践,如已有机构研发出可用于临床治疗的多用途次声治疗仪。本文拟对国外已用于临床治疗的 Infrasonic 8™ 次声治疗仪的物理参数测试结果报道如下。

#### 材料和方法

##### 一、次声信号发生源

美国 Chi 公司的 Infrasonic 8™ 次声治疗仪作为次声信号源发生装置,该仪器主要由次声声头和主机两部分组成。主机面板上的输出强度键分 1, 2, 3 三种次声频率及强度组合;持续时间键:有三个按钮,分别代表 10 min, 20 min 和持续次声输出。

##### 二、次声信号采集分析系统

采用第四军医大学等单位研制的“便携式野外低频信号实时测试智能分析系统”<sup>[3]</sup>,该系统的声场强度:65 ~ 130 dB;采样频率:1 ~ 20 Hz;采样速率(bit):采用 EPP 口最大 100 K,不丢失数据,标准口为 40 K;通道数:最多 4 路并行采集、分析、显示;传声器转动范围:180° × 360° 范围内无级转动;数据精度:±0.1% FS;最大可工作时间:3.5 h(笔记本电脑)或 6 h(后备电源供电);工作温度范围:0 ~ 50℃;湿度范围:0 ~ 95%。分析系统只对声场强度居前 6 位的频率或声波信号进行分析。

##### 三、测试设计

测试时,将次声信号采集分析系统的传感器探头对准次声治疗仪的声头中央,传感器探头与声头之间的测试距离 < 1 cm;采样时间点为次声治疗仪工作后第 5 min 后开始;对不同

模式(次声治疗仪的 1, 2, 3 三个档位)工作状态下的次声信号进行采集;采用连续测试 60 s,次声截取频率为:20, 16, 12, 8, 4 Hz;在对 20 Hz 以下的声压级实时分析的基础上,截取本底噪音最小的 15 s,从其中每隔 0.2 s 截取瞬间次声信号的相关参数;对收集到的次声信号的频率(Hz)、主频成分(%)、声压等参数进行记录并分析结果。

#### 结 果

##### 一、测试点各个档位各频段次声强度

分别在 3 种模式(档位)的工作状态下,将各测量时间点各次声信号叠加,得到各测量时间点的次声信号声压级(dB);计算公式: $L_p = 10 \log(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} K 10^{\frac{L_{pn}}{10}})$ ,各个档位各频段次声声压级(dB)测试计算结果见表 1。

表 1 测试点各个档位各频段次声声压级(dB)

| 档位  | 4 Hz  | 8 Hz  | 12 Hz | 16 Hz | 20 Hz |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 档 | 79.60 | 75.87 | 74.42 | 70.85 | 71.07 |
| 2 档 | 75.25 | 72.79 | 76.62 | 72.41 | 71.61 |
| 3 档 | 79.75 | 83.07 | 85.69 | 84.12 | 86.11 |

##### 二、测试点各个档位次声频谱成分分析

通过对测试点各个档位各频段次声出现次数在本身次声信号中比例的计算,分析各个档位次声频谱成分,结果见表 2。

表 2 测试点各个档位各频段次声频谱成分分析结果(%)

| 档位  | 4 Hz  | 8 Hz  | 12 Hz | 16 Hz | 20 Hz |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 档 | 28.09 | 25.11 | 20.85 | 12.34 | 13.62 |
| 2 档 | 24.79 | 27.31 | 25.21 | 10.92 | 11.76 |
| 3 档 | 13.85 | 20.00 | 20.77 | 22.31 | 23.08 |

##### 三、测试点各个档位次声信号与非次声信号的频谱能量分析

在测试中发现,本研究采用的次声信号采集分析系统 INFRASOUND 8™ 次声治疗仪除了发生频率小于 20 Hz 的次声信号外,还有 20 Hz 以上的声波信号(非次声信号)产生。表 3 显

作者单位:510515 广州,南方医科大学南方医院康复医学科(范建中、鲍勇);第四军医大学西京医院康复理疗科(易南、刘静、陈景藻)