

# 简明肌电图学手册

崔丽英 主 编

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书简明扼要地介绍了目前常用的神经电生理检查项目,如常规肌电图、神经传导速度、F波、H反射、瞬目反射、重复神经电刺激等,并适当纳入了部分新进展内容,如单纤维肌电图、皮肤交感反射、运动单位数目计数技术等,各项内容均从基本原理、操作方法和步骤、检查注意事项以及临床意义角度进行了高度的概括和总结。该书简明精炼,图文并茂,阅读方便,便于理解,既适用于从事肌电图领域工作或研究的初学者,也适于神经科、骨科、康复科等相关领域的医务工作者和临床医学研究生。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

简明肌电图学手册 / 崔丽英主编. —北京:科学出版社,2006  
ISBN 7-03-017326-0

I. 简… II. 崔… III. 肌电图—手册 IV. R741.044-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 054213 号

---

责任编辑:农 芳 黄 敏/责任校对:曾 茹

责任印制:刘士平/封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

**科 学 出 版 社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

**双 青 印 刷 厂** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2006 年 6 月 第 一 版 开本:787×960 1/32

2006 年 6 月 第一次印刷 印张:7 1/4

印数:1—3 000 字数:196 000

**定价:24.00 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

## 《简明肌电图学手册》编写人员

主 编	编 者	崔丽英			
		刘明生	管宇宙	王	含
		严 莉	翦 凡		

# 前 言

肌电图是20世纪50年代开始应用于临床的一项检查技术,目前被公认为是神经肌肉病检查的延伸,对神经肌肉病的定位、特点和病变程度的判断可提供重要的信息,在临床诊断中是组织化学、分子生物学、基因检测和影像学检查均不能取代的检测技术。

20年来,我国肌电图方面有了长足的进步,除常规的临床应用以外,还开展了与国际接轨的较先进的检查项目。但遗憾的是,国内肌电图的发展很不平衡,其原因有技术问题,也有体系上与国外不同的因素。肌电图(所有针电极检查)在国外均由经过专门培训后获得资格的医生进行操作;神经传导速度测定由经过资格考试通过的技术员操作。而在国内,尚无统一的资格认证和考试体系,肌电图检测的规范化势在必行。本书以图文并茂的形式介绍了肌电图、神经传导速度、重复神经电刺激、单纤维肌电图、皮肤交感反射等操作步骤、检查注意事项以及临床意义,希望对初学者有所帮助。

本人非常荣幸成为全国著名的神经病学家和临床神经电生理学家汤晓芙教授的学生,老师严谨求实的科学态度、严于律己和一丝不苟的工作作风时时刻刻鞭策着我不断努力,不敢懈怠。本书也作为老师从医50周年的礼物略表学生的一点心意。

在稿成之际,特别感谢刘明生大夫在制图和制表中付出的心血,感谢所有参加编写的人员以及肌电图室的两位技师李本红、杜华在资料积累等方面给予的帮助。

崔丽英

2005年12月27日

# 目 录

第一章 电生理诊断的基础 .....	(1)
第一节 概述 .....	(1)
一、电生理诊断的目的 .....	(1)
二、电生理诊断的原则 .....	(2)
三、电生理诊断结论中需要注意的问题 .....	(3)
四、临床进行电生理检查的步骤 .....	(3)
五、正常值的意义和结果的判断 .....	(4)
第二节 定位诊断的解剖学基础 .....	(5)
一、脊髓 .....	(5)
二、神经根 .....	(6)
三、神经丛 .....	(8)
四、周围神经 .....	(11)
五、神经肌肉接头 .....	(11)
六、肌肉 .....	(12)
第三节 神经肌肉的电生理特性 .....	(12)
一、静息电位和动作电位 .....	(12)
二、神经细胞电兴奋的特点 .....	(12)
三、肌细胞电兴奋的特点 .....	(13)
四、容积传导 .....	(13)
第四节 信号的采集和分析系统 .....	(13)
一、肌电图仪器软件系统 .....	(13)
二、肌电图仪器的硬件组成 .....	(14)
第五节 临床常用的检测方法和意义 .....	(15)
一、神经传导速度测定 .....	(15)
二、同心针 EMG .....	(16)
三、F 波 .....	(17)

---

四、重复神经电刺激 .....	(18)
五、瞬目反射 .....	(18)
六、H反射 .....	(19)
七、皮肤交感反应 .....	(19)
八、单纤维肌电图 .....	(19)
<b>第二章 同心圆针肌电图 .....</b>	<b>(21)</b>
第一节 概述 .....	(21)
一、EMG的基本概念 .....	(21)
二、运动单位的解剖和生理 .....	(21)
第二节 肌电图测定的基本原则和适应证 .....	(23)
一、EMG检测的临床意义 .....	(23)
二、EMG检查的适应证、禁忌证和注意事项 .....	(23)
三、EMG检测的原则和步骤 .....	(24)
四、EMG正常所见 .....	(26)
五、EMG异常所见 .....	(28)
六、EMG结果的判定 .....	(34)
第三节 常用肌肉肌电图测定的方法学和临床意义 .....	(35)
一、上肢肌肉 .....	(35)
二、下肢肌肉 .....	(70)
三、非肢体肌肉 .....	(88)
<b>第三章 神经传导速度测定 .....</b>	<b>(96)</b>
第一节 概述 .....	(96)
一、神经传导速度的分类 .....	(96)
二、MCV测定的方法及其正常值 .....	(97)
三、SCV测定的方法和正常值 .....	(100)
四、神经传导速度测定的注意事项 .....	(103)
五、影响神经传导的因素 .....	(105)
六、异常神经传导的病理基础 .....	(105)
第二节 神经传导速度的测定方法和临床意义 .....	(107)
一、上肢神经传导速度测定的方法学和临床意义 .....	(107)
二、下肢神经传导速度测定的方法学和临床意义 .....	(126)

---

第三节 F波的测定和临床意义	(140)
一、F波的概念	(140)
二、F波测定的方法学	(140)
三、F波测定的临床意义	(141)
第四节 inching 技术和临床意义	(143)
一、inching 技术的测定方法	(143)
二、inching 技术的临床意义	(148)
第四章 运动单位计数技术	(150)
一、概述	(150)
二、MUNE 测定的方法学	(150)
三、MUNE 测定的临床意义	(153)
第五章 重复神经电刺激	(155)
第一节 概述	(155)
一、重复神经电刺激技术的方法学	(155)
二、RNS 测定的影响因素	(156)
第二节 常用神经的测定和临床意义	(157)
一、RNS 常用的检测神经	(157)
二、RNS 测定的临床意义	(157)
第六章 H反射、瞬目反射和下颌反射	(159)
第一节 H反射	(159)
一、H反射的概念	(159)
二、H反射测定的方法学	(160)
三、H反射的临床意义	(161)
四、注意事项	(161)
第二节 瞬目反射	(161)
一、瞬目反射的概念	(161)
二、瞬目反射测定的方法学	(162)
三、瞬目反射测定的临床意义	(164)
第三节 下颌反射	(165)
一、下颌反射的概念	(165)
二、下颌反射测定的方法学	(166)

---

三、下颌反射测定的临床意义·····	(168)
<b>第七章 皮肤交感反应</b> ·····	(169)
一、皮肤交感反应的概念·····	(169)
二、SSR 测定的方法学·····	(169)
三、SSR 的正常值和临床意义·····	(172)
<b>第八章 单纤维肌电图</b> ·····	(173)
一、单纤维肌电图概述·····	(173)
二、SFEMG 测定的方法学·····	(173)
三、SFEMG 的主要观测指标的意义和正常值·····	(175)
四、SFEMG 的临床应用·····	(179)
五、SFEMG 检查注意事项·····	(182)
<b>附录</b> ·····	(183)
<b>附录I 神经传导测定正常值</b> ·····	(184)
一、部分神经的感觉和运动传导速度测定·····	(184)
二、部分神经的运动传导速度测定·····	(193)
三、部分神经传导速度测定正常值·····	(198)
<b>附录II 肌电图</b> ·····	(199)
一、运动单位平均时限·····	(199)
二、运动单位平均波幅·····	(200)
三、去多相波平均时限·····	(201)
四、多相波异常的百分比·····	(202)
五、胸锁乳突肌平均时限和波幅·····	(202)
<b>附录III 诱发电位</b> ·····	(203)
一、体感诱发电位·····	(203)
二、脑干听觉诱发电位·····	(204)
三、视觉诱发电位·····	(205)
四、运动诱发电位·····	(206)
<b>附录IV 瞬目反射(BR)、F波</b> ·····	(210)
一、BR 各项指标平均值·····	(210)
二、BR 各成分正常值高限·····	(210)
三、成年人 BR 潜伏期及左右侧差异·····	(211)



四、上下肢 F 波正常值 .....	(211)
附录V 神经电生理英文名词缩略语 .....	(212)
索引 .....	(213)

# 第一章

## 电生理诊断的基础

### 第一节 概 述

电生理诊断是神经系统检查的延伸,是组织化学、生物化学及基因等检测仍不能取代的检测技术,目前广泛应用于神经科、康复科、骨科、职业病、运动医学、精神科及儿科等领域。电诊断技术在神经解剖学的基础上,对感觉和运动障碍进一步定位,为临床提供更确切、详细和客观的定位诊断依据。本书介绍的电诊断内容主要包括同心圆针肌电图或常规肌电图(routine electromyography, EMG)、神经传导速度(nerve conduction velocity, NCV)、inching 技术、重复神经电刺激(repetitive nerve stimulation, RNS)、各种反射(H 反射和瞬目反射和下颌反射)、皮肤交感反应(skin sympathetic response, SSR)和单纤维肌电图(single fiber electromyography, SFEMG)的技术操作、适应证、临床意义和相关的图形。

#### 一、电生理诊断的目的

1. 补充临床的定位诊断 当根据临床的症状和体征进行定位诊断存在困难时更具价值,特别是同时累及肌肉和神经的病变,如代谢性肌病和结缔组织病合并神经和肌肉损害,仅凭借临床表现难以判断时,EMG 和 NCV 可提供客观的诊断依据。

(1) 辅助临床明确病变的部位:前角细胞、神经根、神经丛、周围神经、神经肌肉接头(突触前膜和后膜)和肌肉。

(2) 提高早期诊断的阳性率和发现临床下病变:对隐袭起

病者更有价值。

(3) 辅助发现临床不易识别的病变:深部肌肉或被脂肪掩盖的肌肉病变或轻微改变。

(4) 鉴别中枢和周围神经病变,判断病变累及的范围。

2. 为临床定性诊断提供线索。

(1) NCV 的测定提示病变部位是轴索损害为主,还是脱髓鞘为主,或二者并重。吉兰-巴雷综合征(Guillain-Barré syndrome, GBS)以髓鞘脱失为主;而酒精中毒等中毒性周围神经病多以轴索损害为主。还可以通过 NCV 的测定确定遗传性感觉运动神经病 I 型和 II 型等。

(2) 某些电生理的特异性所见有助于缩小疾病诊断的范围,甚至是唯一确诊的方法。例如,肌强直放电提示强直性肌营养不良,RNS 低频刺激波幅递减提示重症肌无力,高频 RNS 刺激波幅递增提示 Lambert-Eaton 综合征。多条神经部分传导阻滞有助于多灶性运动神经病的诊断,仅靠临床症状是无法确诊的。

(3) 有助于判断病变处于急性期、恢复期或稳定期。例如,肌炎治疗过程中症状稳定后又加重时,如果发现自发电位,通常提示病情本身加重或复发,为指导临床治疗的选择有一定的参考价值。

3. 有助于判断病变的严重程度,客观评价治疗的效果和判断预后。

## 二、电生理诊断的原则

1. 明确病变的解剖分布是电生理诊断的基本内容——空间上的特点。

(1) 能够通过最少的神经和肌肉检测,获得最多的和足够的信息,准确地反映患者的病变范围,是成为一名合格电诊断技术人员和医生的基础。

(2) 检查者应具有丰富的临床经验和解剖学基础,将电生理与临床的结合,才能真正做到电生理检查是神经系统检查的延伸,也是准确选择测定内容、避免不必要检测的关键。

## 2. 重视病变随时间演变的过程——时间上的特点。

(1) 疾病的发生发展有一个过程,在不同时期电生理表现可能有所不同,掌握该原则对正确判断电生理的结果和作出正确的诊断结论非常重要。

(2) 必须动态地分析不同阶段的电生理特点,对某些疾病需要随诊检查。

3. 注意不同检测内容的严重程度和特点以及与临床的相关性,并进行比较,有助于鉴别诊断。例如,临床感觉障碍轻微而神经传导发现感觉传导明显异常,提示慢性损害的过程,见于腓骨肌萎缩症(CMT)等,而不支持慢性炎性脱髓鞘性神经病(CIDP)。

4. 当患者并非单一病变,而是两种或多种疾病共存或多个部位受累时,需要对其进行鉴别,这是电诊断中的难点,需要一定的临床经验。

### 三、电生理诊断结论中需要注意的问题

1. 结论的描述应客观、准确和简捷,尽可能为临床提供最大的帮助。不应仅仅满足于判断是否存在神经源性损害,尽可能提供定位诊断方面的建议或依据。

2. 结果的解释必须与临床相结合,方可能得出有价值的结论。例如,临床无力明显而肌电图未发现自发电位和运动单位电位(MUP)的异常增大,可以见于GBS急性期、肌病恢复期、上运动神经元损害、癔病或诈病等,必须结合临床才能明确诊断。

3. 电生理检测能够提示诊断线索,但是不能进行准确的定性,结论中可以提示是否支持临床诊断。

4. 电诊断检查方案是一个动态的过程,不同患者检查有一定的共性,但是每个患者临床各不相同,各有特点,检查应有针对性进行。根据检查所见,随时调整检查方案,直到得出可以解释患者临床症状的结果,满足临床医生的需要。

### 四、临床进行电生理检查的步骤

1. 首先详细地询问病史和进行神经系统查体,并记录。结

合医生所开申请单,获取疾病的初步印象,明确临床要求解决的问题。

2. 根据临床需要选择检测项目,确定检查的神经和肌肉,制定出检查的初步方案,在检测过程中可根据意外的发现随时调整检查方案。

3. 向患者解释所要检查的项目和检测中对患者的要求和患者的感受,以便患者接受并配合检查。

4. 出具检查报告和结论,根据检测的各项结果结合临床作出客观的结论,尽可能为临床提供帮助。例如,颈椎病患者行 NCV、F 波和 EMG 测定后,可以得出“右上肢神经源性损害(C<sub>6-7</sub>根性损害)”的结论。对疑难的病例必要时动态随访。

## 五、正常值的意义和结果的判断

1. 每个实验室应该具有自己的正常值。通过正常值的建立,可以熟悉测定方法和探索影响结果的因素,积累测定经验,有利于异常的判定。参考其他实验室正常值时,注意采用相同的检测方法,并了解其正常值的解释方法。

2. 明确实验室诊断是一种概率性诊断,诊断试验很难在敏感性和特异性方面均达到 100%。超过正常值范围的异常,仍有一定的可能性为正常,即假阳性;而少数处于正常值范围内的结果,并非纯粹的正常。

3. 检测结果正常时应注意的几种情况。

(1) 受试者确实无神经肌肉疾病。

(2) 神经或肌肉疾病较轻,尚处于正常范围之内,如果采用自身前后对比可能会发现已经明显改变(但是测试前一般无法获得自身正常基线进行对比),与检测项目的敏感性有关。

(3) 测定项目选择不妥或病变较复杂,如代谢性肌病患者临床有易疲劳现象,如果仅仅进行 RNS 检查,而未进行 NCV 和 EMG 的检测则会漏诊。

(4) 测定时选择的解剖结构不当,如患者为肘管综合征,但未进行肘上下神经传导的测定,则可能会忽略病变。

(5) 明确的神经、肌肉疾病,但处于急性期、早期或稳定期,

特别是神经再生等代偿功能较好时,检查可能无法发现异常。如肌病患者恢复期 EMG 可以表现为正常,但有经验的医生也可以从运动单位的形态得到一些线索。GBS 早期或近端轴索断伤后 1 周内 EMG 正常,远端神经传导速度或末端潜伏期也可以正常。

4. 测定结果异常并排除测定技术因素所致后,还存在以下几种情况。

(1) 检测出的病变能够完全解释患者目前的临床症状。

(2) 测定的结果不能解释临床症状,仅仅为伴随症状,并非目前临床症状的结果。

(3) 测定结果仅为整个疾病的一部分,并不能解释全貌,例如肌萎缩性侧索硬化(amyotrophic lateral sclerosis, ALS)患者的早期仅有手部肌肉萎缩无力,未能根据临床进行多部位检查时,通常误诊为颈椎病。

(4) 测定结果复杂,可能为两种或几种情况合并存在,需要综合分析。

## 第二节 定位诊断的解剖学基础

### 一、脊髓

在脊髓切面上可见有白质和灰质。通过前根和后根与周围神经相连(图 1-1)。在脊髓病变时,EMG 可用于前角细胞和后角病变的识别,协助判断受累的范围。

1. 前角细胞病变 仅表现为相应节段支配的肌肉 EMG 异常和(或)运动传导异常,明确受累的范围非常重要,需要结合临床进行多部位检查。ALS 患者一般表现为广泛的脊髓节段受累,而脊髓空洞症或脊髓灰质炎后综合征患者,受累范围则相对局限。

2. 感觉纤维为假单极神经元的中枢传入部分,受累后存在临床的感觉障碍,但 EMG 和周围神经感觉传导速度通常正常。

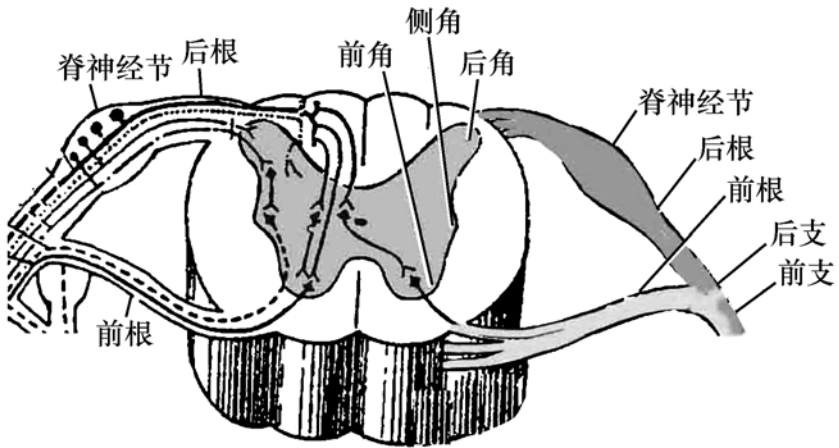


图 1-1 脊髓及神经根轴位结构模式图(脊髓轴位图)

## 二、神经根

共有 31 条脊神经根,包括颈段 8 条、胸段 12 条、腰段 5 条、骶段 5 条和 1 条尾神经根(图 1-2)。脊神经根包括前根和后根,二者在椎间孔处汇合出椎管。感觉神经节位于椎管内,出椎间孔之前。一个神经根往往同时参与支配多个肌肉,而同一肌肉往往有多个神经根参与支配,但以某一个根支配为主(表 1-4)。同样,在感觉支配中同一皮节也存在交叉支配现象。

1. 前根损害 表现为节段性分布的运动功能障碍,EMG 可见相应支配区肌肉神经源性损害和(或)运动神经传导异常。相应节段棘旁肌 EMG 也可以异常,与神经丛病变不同。另外,由臂丛较近端发出神经所支配肌肉如菱形肌(肩胛背神经)、前锯肌(胸长神经)外伤性病变多为神经根病变。

2. 后根损害 很少累及后根神经节,临床有根性分布的感觉障碍,但感觉神经传导速度测定一般正常。

3. 神经根损害的特点 颈椎病或腰椎病的根性病变一般为单侧,并以某一个或两个神经根为主。偶为双侧均受累,可能与病程较长有关,双侧受累时应注意是否合并有其他原因所致的损害。在颈神经根病变时,尽管感觉障碍分布可有助于根性病变的定位,但由于表皮的重叠支配,这种定位往往并不确切,

针极肌电图检查往往能够提供较为可靠的定位依据,对临床定位提供补充(表 1-2)。

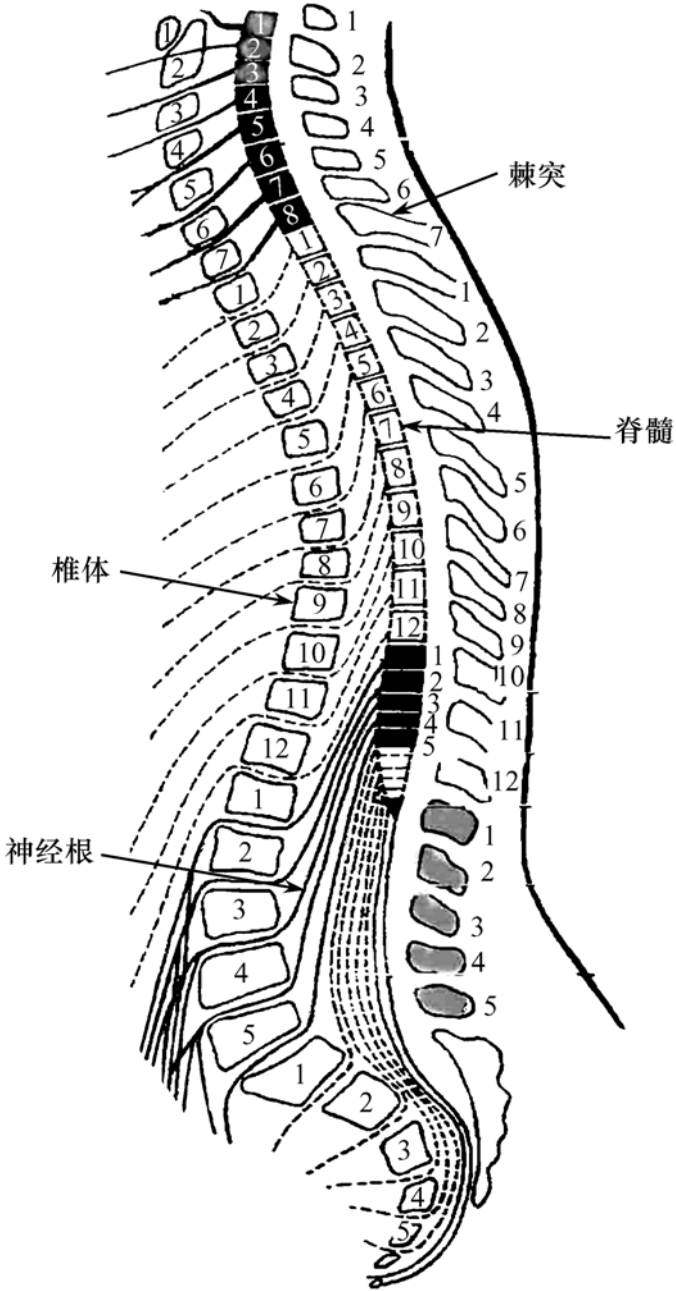


图 1-2 脊髓全长模式图



表 1-1 颈部和腰骶神经根支配

神经根	运动	感觉区域
C <sub>5</sub>	三角肌	上臂外侧
C <sub>6</sub>	肱二头肌	拇指
C <sub>7</sub>	伸指总肌	食指
C <sub>8</sub> ~ T <sub>1</sub>	拇短展肌,小指展肌	小指
L <sub>4</sub>	股四头肌	小腿和足内侧
L <sub>5</sub>	胫前肌	足背内侧、足 + 脚趾
S <sub>1</sub>	腓肠肌	足背外侧和腓侧三趾

表 1-2 脊旁肌 EMG 操作时的定位

脊旁肌水平	体表标志
C <sub>7</sub> 棘突	颈部第一个高出的棘突
T <sub>3</sub> 棘突	两肩胛冈内端的连线
T <sub>7</sub> 横突	两肩胛骨下角的连线
L <sub>3</sub> 横突	脐平线
L <sub>4</sub> 棘突	两髂棘最高点的连线
S <sub>2</sub> 椎体	两髂后上棘的连线

注:脊旁肌也具有较多的交叉神经支配,因此其定位价值也是相对的。

### 三、神经丛

神经丛包括颈丛、臂丛、腰丛和骶丛,临床上以臂丛和腰骶丛病变常见。一般为单侧受累,少数情况下也可以累及双侧。由于神经丛感觉纤维处于后根感觉神经节的远端,因此病变时感觉传导异常,与根性病变不同。但是需要注意,如果神经丛或相应神经近端存在脱髓鞘病变而无轴索损害时,尽管也有相应区域的感觉障碍,但是感觉传导也正常,应避免误诊为根性病变。

1. 臂丛 由 C<sub>5</sub> ~<sub>8</sub> + T<sub>1</sub> 前支组成,位于胸锁乳突肌外侧锁骨中点后方的区域内,由神经根前支进一步合并后又分开,分出多

根神经,支配上肢和肩带区域的肌肉和皮肤感觉(图 1-3)。

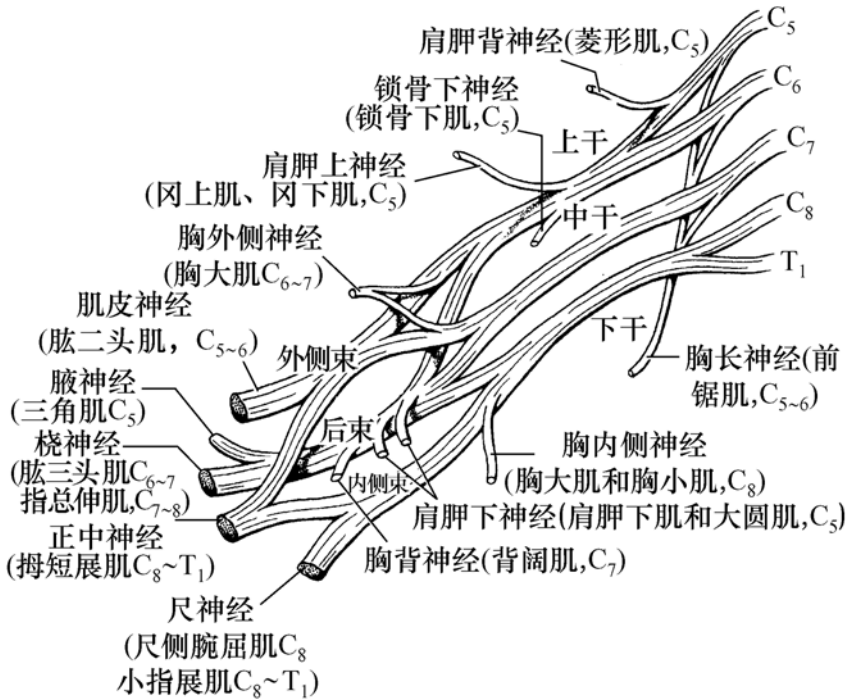


图 1-3 臂丛神经支配模式图

(1) 上臂丛:由 C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub> 神经根组成,运动支支配上肢近端肌肉,如冈上肌、冈下肌、三角肌、肱二头肌、大圆肌、小圆肌等,感觉支分布在上肢桡侧皮肤(见图所示皮节),包括拇指和食指。病变时相应近端肌肉 EMG 异常,正中神经(拇指和食指刺激)以及桡神经(提示 C<sub>6</sub> 水平)的感觉神经动作电位(sensory active nerve potentials, SANP)异常,而尺神经感觉传导通常正常。

(2) 中臂丛:由 C<sub>7</sub> 神经根组成,运动支支配伸指总肌(桡神经支配)、桡侧腕屈肌(正中神经支配)、尺侧腕屈肌(尺神经支配)以及伸腕肌群等,皮支支配包括中指。临床单独受累相对较少,病变时伸指总肌 EMG 异常,正中神经中指感觉传导检查异常,尺神经感觉电位正常。

(3) 下臂丛:包括 C<sub>8</sub>、T<sub>1</sub> 神经根,运动支支配上肢远端肌肉,如拇短展肌、小指展肌、第一骨间肌、食指固有伸肌等,感觉支分布在上肢尺侧皮肤,包括小指。病变时,相应支配肌肉神经源性

损害,尺神经测定的 SNAP 异常,而正中神经拇指感觉正常。

2. 腰丛 由  $T_{12} + L_{1-4}$  前支组成,股神经为其主要分支。运动支支配下肢屈髋、伸膝以及大腿内收肌群,如股四头肌(股神经)。感觉支分布于大腿前部(股神经)、外侧(股外侧皮神经)及内侧(闭孔神经)。病变时表现为隐神经感觉传导异常和相应神经所支配的肌群 EMG 异常,如股四头肌和 thigh 内收肌(图 1-4)。

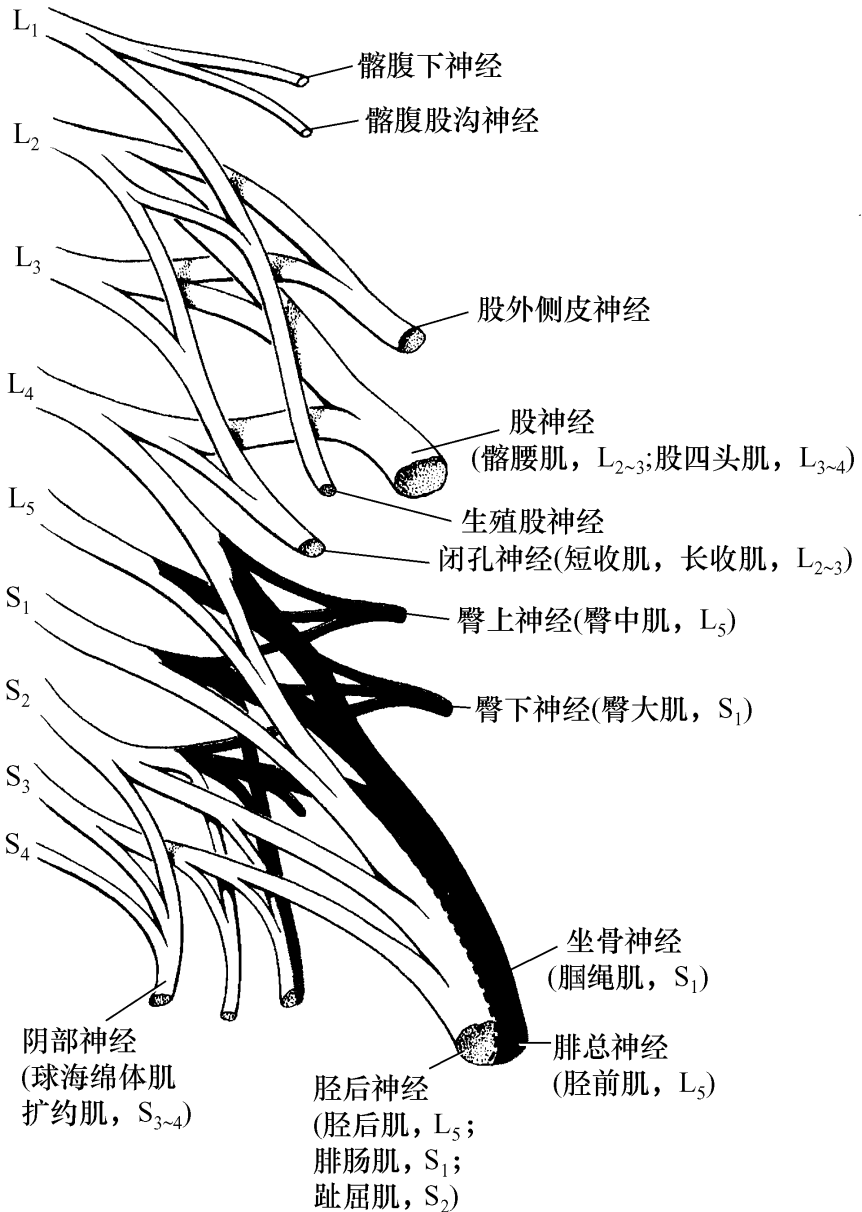


图 1-4 腰骶丛模式图

3. 骶丛 由  $L_{4-5} + S_{1-5}$  + 尾神经前支组成,主要包括坐骨神经及其分支:胫神经和腓总神经。对臀部肌群的检测有利于坐骨神经单神经病与骶丛病变的鉴别。运动支支配臀部肌群、股二头肌(坐骨神经主干于股后发出)、胫前肌(腓总神经)和腓肠肌(胫神经)等下肢肌群,病变时相应肌肉的 EMG 异常。感觉支分布于臀部、会阴、股后、小腿以及足部的皮肤,病变时胫神经和腓总神经感觉测定均有异常。

#### 四、周围神经

周围神经病包括多发性周围神经病、多发性单神经病和单神经病。

1. 多发性周围神经病 上下肢神经均受累,临床和电生理检查双侧均相对对称。根据病变性质的不同和神经纤维受累内容的不同,又可以进一步分为:感觉、运动和自主神经均受累者;感觉受累为主者;运动受累为主者;自主神经受累为主者。

2. 多发性单神经病 2 个以上周围神经受累,分布无明显规律,需要根据临床情况选择测定范围,同一个肢体可见正常神经和病变神经并存。在不同性质病变情况下,受累纤维程度有所不同,如血管炎性周围神经病(感觉运动同时受累)、多部位嵌压性神经病(感觉早于运动)、多灶性运动神经病(运动受累)等。

3. 单神经病 表现为受累神经的感觉、运动和自主神经纤维均受累,多发生于易嵌压部位,如腕管、肘管、桡神经沟、腓骨小头和跖管等处;也可以单独累及脑神经,表现为脑神经的单神经病,如外展神经和动眼神经麻痹等。

#### 五、神经肌肉接头

病变时近端肌肉受累明显。

1. 突触后膜病变 RNS 表现为低频刺激波幅递减,肢体近端肌肉的阳性率较远端高。

2. 突触前膜病变 RNS 表现为高频刺激波幅递增,递增的程度在一倍以上。由于高频 RNS 使患者感觉到明显的不适,通

常选用远端部位进行检测,如尺神经/小指展肌或者用易化的方式取而代之。

3. 神经肌肉接头处病变 SFEMG 表现为颤抖增宽伴有或不伴有阻滞,纤维密度正常。

## 六、肌肉

1. 肌肉病变通常以近端受累为主,主要检测的肌肉有三角肌、肱二头肌和股四头肌。

2. EMG 检测结果表现为肌源性损害,而 NCV 通常正常。

3. 肌源性损害合并神经源性损害时应主要除外结缔组织病、包涵体肌炎、遗传代谢性肌病以及副肿瘤综合征等。

## 第三节 神经肌肉的电生理特性

### 一、静息电位和动作电位

1. 静息电位 在静息状态下,细胞膜电位处于内负外正的电平衡状态,与钠-钾泵等离子通道的调节有关。

2. 当细胞膜受到外来刺激时,即可产生去极化电位,当去极化电位达到阈电位水平时,产生可传导的动作电位。

### 二、神经细胞电兴奋的特点

1. 神经细胞去极化产生动作电位后,兴奋即可沿着同一神经纤维传播,在无髓纤维传播速度较慢(如痛觉纤维和自主神经纤维),在有髓纤维则为跳跃式传导,速度较快,如躯体运动传出和深感觉传入纤维。

2. 能否从神经上获得神经传导波形,不仅取决于神经的兴奋性、刺激电量,还与刺激时限有关,神经细胞对短时程电流刺激较肌肉敏感,而肌肉仅对长时程的电流刺激敏感,因此在进行神经电刺激时,尽量采用短时程的电刺激,避免直接兴奋肌肉产生影响。另外,两次刺激的间隔如果小于神经细胞的不应期,也会影响后一次刺激的结果。

### 三、肌细胞电兴奋的特点

运动神经纤维兴奋冲动下传到达神经肌肉接头处,通过突触传递,产生微终板电位,叠加成终板电位,达到阈电位而形成动作电位,兴奋即可沿着肌细胞膜传播,形成兴奋收缩耦联过程。肌细胞兴奋时,兴奋起始于运动终板处,一般位于相应肌肉的肌腹,向两端传播,传播速度为  $3 \sim 5 \text{ m/s}$ 。记录复合肌肉动作电位(compound motor active potentials, CMAPs)时,作用电极应置于肌腹,参考电极置于远端肌腱,这样可以记录到起始相为负的最大 CMAPs。

### 四、容积传导

1. 临床电生理测定过程中,通过记录电极进行记录时,细胞的兴奋要通过一定的介质(结缔组织和体液)才能传播到记录部位。这种电流通过介质到达记录部位的过程,即为容积传导的过程。

2. 在 EMG 检查和感觉运动神经传导速度测定过程中,均会受到容积传导的影响。也可以说,我们所记录到的电位均为容积传导后的电位,而非在兴奋细胞膜上直接记录到的电位。

3. 记录电极与兴奋电流发生源距离的大小,会明显影响记录到的动作电位波幅大小。记录针电极与肌纤维的距离增加  $0.5 \text{ mm}$ ,波幅会下降至原来的  $1/10$ 。表面电极记录时,在位置较深者所记录到的电位较低,也是同一道理。

4. 容积传导影响记录到的波形 以单个肌纤维兴奋为例,当记录电极与电位发生源紧邻时,产生负正双相波;距离非常远时,形成正负双相波;介于二者之间时,形成负正负三相波。

## 第四节 信号的采集和分析系统

### 一、肌电图仪器软件系统

目前有多个生产肌电图仪和诱发电位仪器的国内外厂家,

临床常用的检测项目大同小异。不同厂家操作系统的界面不尽相同,结果的报告形式也有所不同。EMG 操作系统软件一般均可在 windows 系统下运行。

## 二、肌电图仪器的硬件组成

1. 刺激器 可以产生不同强度和刺激时限的电流,并可通过软件设定不同的刺激方式。

2. 放大器 接受记录电极传入的信号进行处理。

3. 主机 采用计算机对信号进行处理、并进行存储,也是肌电图操作系统运行的硬件基础。主要包括 CPU、内存、主板、硬盘、键盘等计算机系统。

4. 显示器以及音箱 显示器可以显示程序运行、操作以及结果等内容,音箱用于监听声音。

5. 电极及其导线 包括刺激电极和记录电极以及地线。临床最常用的电极为表面电极和针电极。EMG 检查最常用的电极为同心圆针电极,由一根不锈钢针管内装有一条绝缘的细金属丝组成。内丝一般为镍络、银或白金制成,直径约 0.1 mm。针尖为椭圆形,记录面积为  $150\ \mu\text{m} \times 600\ \mu\text{m}$ 。内丝为记录电极而针管为参考电极,两者的电位差反映动作电位的变化(图 1-5)。

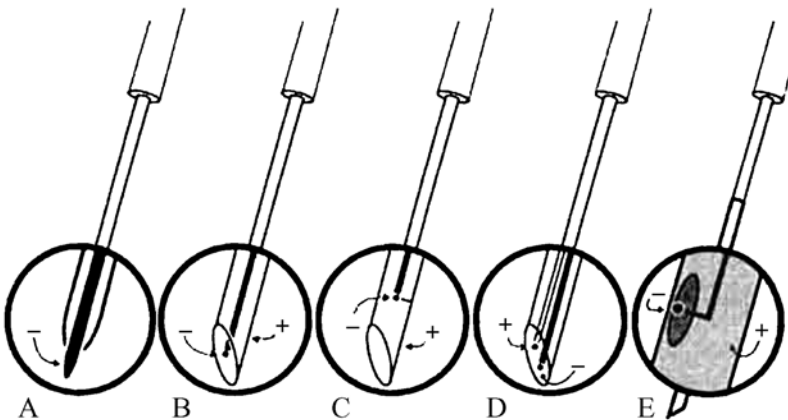


图 1-5 针电极示意图

A. 单极针; B. 同心圆针电极; C. 单纤维针电极; D. 双极针; E. 巨肌电图针电极; - : 阴极; + : 阳极

6. 其他 打印机可以输出结果,刻录机或移动硬盘可以将测定结果转移到其他介质(如光盘)进行存储,局域网连接可以在其他计算机上实时获得测定的结果(图 1-6)。

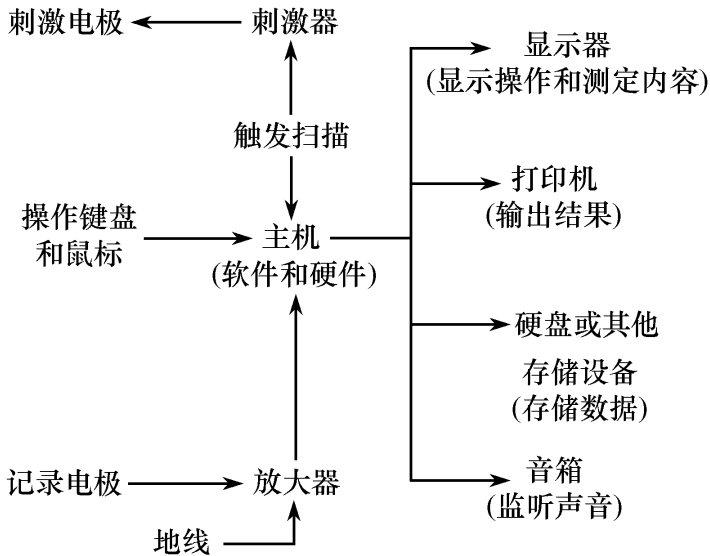


图 1-6 肌电图设备结构模式图

## 第五节 临床常用的检测方法和意义

### 一、神经传导速度测定 (NCV)

1. 检测内容 包括感觉神经传导速度 (sensory nerve conduction velocity, SCV) 和运动神经传导速度 (motor nerve conduction velocity, MCV), 测定参数包括 SCV、感觉神经动作电位 (SNAPs) 波幅、面积和时限; MCV, 末端潜伏期 (distal motor latency)、CMAPs 波幅、面积和时限。另外, 还应该特别注意电位的波形, 判断是否有波形离散 (temporal dispersion)。

2. 结果判断和意义 通过测定的结果判断是否存在感觉和运动神经病变、病变的范围, 并可以协助判定轴索损害和脱髓鞘病变。

(1) 轴索损害表现为 SNAPs 的波幅明显下降 ( $> 50\%$ ), 而传导速度正常或轻度减慢, 下降的程度  $< 50\%$ 。

(2) 脱髓鞘病变表现为感觉或运动传导速度明显减慢, 而



波幅正常或轻度降低,但波形离散时或继发轴索损害时可有波幅降低。

(3) 注意事项:波形离散和传导阻滞时远端刺激波幅大致正常,近端刺激的波幅明显下降,提示脱髓鞘为主;轴索损害和脱髓鞘并存时,波幅和传导速度均明显异常。

### 3. 临床应用

(1) 多发性周围神经病的诊断:判断不同纤维选择性受累,以及脱髓鞘还是轴索损害为主。在 GBS 或轴索断伤急性期,未发生神经再生或轴索变性未到达肌肉之前,EMG 尚无法发现异常,而神经传导和 F 波可以早期发现病变。感觉受累为主者或仅有脱髓鞘者,EMG 检查无异常发现,仅能依靠神经传导速度的测定发现病变。

(2) 嵌压性周围神经病的诊断:感觉纤维传导受累早于运动纤维,更早于 EMG 改变。最常见的是腕管综合征和肘管综合征。

(3) 神经根和神经丛病变的诊断:神经根病变时 SCV 的测定通常正常,而神经丛病变时虽然神经传导速度可以正常,但 SNAPs 可有明显的波幅降低。以上检查有助于根性病变和神经丛病变的鉴别。

(4) 前角细胞病变的诊断:ALS 诊断时,神经传导有助于与其他疾病的鉴别。

(5) 肌病的鉴别诊断以及是否合并周围神经病变。

## 二、同心针 EMG

1. 检测内容 测定参数包括安静状态时插入电位和自发电位;小力收缩时的运动单位电位时限、波幅和多相波百分比;大力收缩时可见运动单位的募集相型和波幅。

2. 结果判断和意义 EMG 可以明确神经源性损害(轴索损害)和肌源性损害;有助于判断神经源性损害的范围或节段;可以提示病变的活动情况和神经再生情况。

### 3. 临床意义

(1) 前角细胞及其以下的运动神经病变的诊断和鉴别诊

断:包括运动神经元病、神经根病、神经丛病和周围神经病。轴索损害时,EMG可以表现为神经源性损害的特点。如果单纯为脱髓鞘病变而没有继发轴索损害,则EMG通常无异常发现。

(2) 通过选择不同肌肉进行测定,可以协助进行定位。例如,诊断ALS时延髓部、颈、胸和腰骶部的多个水平受累;神经根病的损害呈节段性分布;周围神经病为对称性神经源性损害,通常下肢重于上肢;可证实单神经病的存在。在隐袭起病的轴索损害为主的周围神经病,传导速度正常时,EMG可以早期证实神经源性损害的存在。颈段脊旁肌EMG的测定有助于神经根性病变和臂丛病变的诊断和鉴别。

(3) 肌肉本身病变时,EMG表现为肌源性损害。肌强直放电,有助于强直性肌病的诊断。

### 三、F波

1. 检测内容 测定参数主要包括F波出现率以及F波传导速度或潜伏期。

2. 结果判断和意义 与周围神经MCV不同的是,它可以反映运动神经近端的传导功能,特别当刺激点远端正常时,F波异常可以提示神经根、神经丛、近端运动神经的病变。F波出现率下降,是脱髓鞘病变最早的表现。F波传导速度的减慢,提示近端存在脱髓鞘病灶。当刺激点远端存在严重的病变,例如严重的腕管综合征或肌病等,远端CMAPs波幅明显下降时,也会导致F波的异常。

#### 3. 临床应用

(1) 急性炎性脱髓鞘性神经病(AIDP)和CIDP等神经根神经病的诊断:AIDP早期可以仅仅表现为F波的出现率降低。F波与病情有一定的相关性,如AIDP无力较轻微者,F波往往正常。

(2) 颈椎病、腰椎病神经根病变的辅助判断:临床和F波之间有时不平行,F波异常,可以提示近端存在病变;如果F波正常,并不能排除近端病变。因为F波可通过多个根上传,仅为部

分前角细胞兴奋后传出的结果。

#### 四、重复神经电刺激(RNS)

1. 检测参数 包括低频 RNS(刺激频率 $\leq 5$  Hz)和 高频 RNS(刺激频率 $> 5$  Hz)。低频 RNS 主要观察波幅是否递减和递减的程度;高频 RNS 主要观察波幅是否存在递增和递增的程度。

2. 结果判定和意义 RNS 主要用于神经肌肉接头部位病变的诊断,而且可以鉴别突触前膜和突触后膜的病变。

(1) 低频刺激波幅递减,反映突触后膜的病变,如重症肌无力。

(2) 高频刺激波幅递增,反映突触前膜的病变,如 Lamber-Eaton 综合征和肉毒杆菌毒素中毒。

(3) 神经肌肉接头处存在病变即有可能产生 RNS 测定的异常,如 ALS、代谢性肌病或离子通道肌病以及某些药物的使用等,连续重复刺激后也可以出现波幅的递减或递增。临床解释时需要注意。

3. 临床应用 主要用于重症肌无力、Lamber-Eaton 综合征和肉毒中毒的诊断和鉴别诊断。

#### 五、瞬目反射(Blink 反射)

1. 检测内容 包括同侧和对侧刺激三叉神经,在双侧眼轮匝肌记录其反应的潜伏期,包括双侧的 R1、R2、R2'。

2. 结果判断和意义 根据双侧潜伏期异常的特点,可以反映三叉神经传入、或面神经传出以及脑桥中枢的病变。

3. 临床应用

(1) 三叉神经通路和面神经通路周围和中枢病变的辅助定位诊断,特别是脑干外病变的诊断。

(2) 判断面神经炎的预后。

(3) 眼睑痉挛或面肌痉挛者,可以出现瞬目反射的潜伏期缩短,波幅增高的现象。

(4) 部分帕金森病患者也可出现瞬目反射的波幅增高。

## 六、H 反射

1. 测定参数 最有价值的参数是 H 反射的潜伏期,部分研究者也测定其波幅。

2. 结果判断和意义 可以反映感觉传入和运动传出通路的病变,有助于发现反射弧近端的病变。正常人腓肠肌较易记录到 H 反射,而其他部位也可以记录到 H 反射。上肢或其他部位 H 波检测时应注意双侧对比。

3. 临床应用

(1) S<sub>1</sub> 神经根病变的诊断:一般常于腓窝刺激胫神经,腓肠肌记录,用于腰骶神经根病变的辅助诊断。

(2) 脱髓鞘性神经根神经病也表现为 H 反射异常。

## 七、皮肤交感反应(SSR)

1. 测定参数 SSR 的潜伏期和波幅。

2. 结果判断和意义 可以反映自主神经系统交感神经的病变,解释结果时必须注意排除局部皮肤病变汗腺异常的影响。

3. 临床应用 主要用于自主神经系统病变的诊断和鉴别诊断,例如糖尿病周围神经病自主神经病变、淀粉样变性周围神经病的诊断等。

## 八、单纤维肌电图(SFEMG)

1. 测定参数 采用特殊的单纤维针电极进行记录,主要测定指标为颤抖(jitter)值和纤维密度(fiber density, FD)以及是否伴有阻滞(block)。

2. 结果判断和意义 颤抖和阻滞主要反映神经肌肉接头的病变,表现为颤抖的增宽,严重时可以出现阻滞。FD 可以反映神经再生支配的情况,纤维密度增高,提示失神经后或肌纤维破坏后神经纤维再生对肌纤维的支配情况。

3. 临床应用

(1) 重症肌无力:是 SFEMG 检测最主要的适应证,表现为颤抖增宽,严重者可见阻滞。FD 通常正常。

(2) ALS、颈椎病和周围神经病:SFEMG 并非诊断的常规手段,当临床和常规 EMG 检测仍难以诊断者可行该项测定。进行性失神经时,可表现为颤抖明显增宽、伴有阻滞和 FD 明显增高;ALS 早期在临床肌力正常的肌肉中可发现上述改变。而慢性神经源性损害,如颈椎病和良性过程的慢性周围神经病等,根据神经再生情况的不同,颤抖可以正常或轻度增宽,伴有 FD 增高。

(3) 肌炎:主要表现为 FD 增高,颤抖正常或轻度增宽;当常规 EMG 正常,而 SFEMG 密度增高时,更有意义。

(刘明生 崔丽英)

## 第二章

# 同心圆针肌电图

### 第一节 概 述

#### 一、EMG 的基本概念

EMG 是研究肌肉静息和随意收缩及周围神经受刺激时的各种电特性的科学。通常包括两个概念,即广义 EMG 和狭义 EMG。

1. 广义 EMG 包括神经传导速度(NCV)、重复神经电刺激、各种反射、单纤维肌电图、巨肌电图、扫描肌电图、表面肌电图及运动单位计数等。

2. 狭义 EMG 指同心圆针或常规 EMG,为本章阐述内容。其研究对象为运动单位。

#### 二、运动单位的解剖和生理

1. 运动单位的概念 运动单位是肌肉收缩的最小功能单位,由一个前角细胞  $\alpha$ -运动神经元及其轴突、运动终板和轴突所支配的所有肌纤维组成(图 2-1)。

##### 2. 运动单位的大小

(1) 指神经支配的比例,与肌肉的精细活动有关。负责精细动作的运动单位小,负责粗大动作的运动单位大。

(2) 每个运动单位大小通常采用轴索所支配肌纤维的数目表示,不同肌肉运动单位大小可以存在较大差异,如眼肌为 1:3 或 1:2;而腓肠肌为 1:1934。

(3) 记录面积为  $150 \mu\text{m} \times 580 \mu\text{m}$  的同心圆针电极所记录