

理学

北京军区总医院 主编
北京市小汤山疗养院

第三分册

北京军区总医院

一九七四年十月

54
丁
604

理 疗 学

北京军区总医院 主编
北京市小汤山疗养院

第三分册

第三篇 肌电图与电诊断

本册编著单位

中国人民解放军总医院
武汉医学院第二附属医院

北京军区总医院

1974年10月

内部资料

理疗学

(第三分册)

北京军区总医院 主编
北京市小汤山疗养院

北京军区总医院出版

16开本 320,000字

一九七四年十月

目 录

第三篇 肌电图与电诊断 1

第一章 肌电图.....中国人民解放军总医院

概 论..... 1

第一节 运动单位的解剖生理..... 3

一、运动单位的解剖结构..... 4

(一) 脊髓前角细胞..... 4

(二) 神经纤维..... 5

(三) 神经肌肉接头..... 6

(四) 肌肉纤维..... 6

二、运动单位的范围和功能..... 9

(一) 运动单位的范围..... 9

(二) 运动性运动单位和紧张性运动单位.....10

三、运动单位兴奋活动的生理特性.....10

(一) 刺激和兴奋.....10

(二) 运动单位活动的不同时性.....11

(三) 运动单位兴奋活动的累增性.....11

四、与肌电检查有关的脊髓反射.....11

(一) 单突触反射与多突触反射.....11

(二) 牵张反射.....11

(三) 屈肌反射和对侧伸肌反射.....14

(四) 轴突反射.....14

第二节 肌电位发生原理.....15

一、静息电位和动作电位.....15

(一) 静息电位.....15

(二) 动作电位.....16

(三) 肌纤维动作电位细胞内与细胞外的引导.....17

二、动作电位的传播.....18

(一) 动作电位在肌纤维的传播.....18

(二) 冲动在神经纤维的传播.....18

(三) 冲动在神经肌肉接头的传播——终板电位	19
三、肌电位在容积导体中的引导	20
(一) 容积导体	20
(二) 单个肌纤维在容积导体内的电场	20
(三) 运动单位电位容积传导的范围	20
四、容积导体内影响肌电位的因素	21
(一) 肌纤维的电场在空间和时程上的分布	21
(二) 记录电极的位置	21
(三) 记录电极与激动肌纤维的距离	22
第三节 检查方法	22
一、肌电检查适应症	22
(一) 神经原性疾病	22
(二) 肌原性疾病	23
(三) 神经肌肉接头疾病	23
(四) 锥体系及锥体外系疾病	23
二、查前准备	23
(一) 病人准备	23
(二) 针电极的选择与消毒	24
三、操作方法与注意事项	25
(一) 操作方法	25
(二) 记录与报告	27
(三) 注意事项	27
第四节 正常肌电图	29
一、针极插入及肌肉放松时的肌电图	29
(一) 插入电位	29
(二) 电静息	31
二、轻收缩时的肌电图	32
(一) 运动单位电位的时限	32
(二) 运动单位电位的电压	34
(三) 运动单位电位的波形	36
三、肌肉不同程度用力收缩时和被动牵伸时的肌电图	37
(一) 不同程度用力收缩时	37
(二) 被动牵伸时	38
第五节 异常肌电图	38
一、针极插入及肌肉放松时的异常肌电图	38
(一) 插入电位延长	38
(二) 肌强直电位与肌强直样电位	39

(三) 纤颤电位	41
(四) 正相电位	42
(五) 束颤电位	43
(六) 群放电位	45
二、轻收缩时的异常肌电图	45
(一) 运动单位电位时限、电压改变	45
(二) 多相电位	46
(三) 运动单位电位同步	47
三、重收缩及被动牵伸时的异常肌电图	48
(一) 重收缩时的异常肌电图	48
(二) 肌肉运动单位的疲劳	49
(三) 被动牵伸时	49
第六节 神经传导速度	49
一、神经传导速度测定基本原理	49
(一) 神经的兴奋性和传导性	49
(二) 刺激的特征	49
(三) 混合神经对刺激的反应	50
二、运动神经传导速度测定	50
(一) 测定方法	50
(二) 技术要求	51
(三) 刺激、记录位置	52
三、感觉神经传导速度测定	53
(一) 测定方法	53
(二) 技术要求	54
(三) 刺激、记录位置	54
四、神经传导速度的正常值	54
五、神经传导速度的影响因素	57
(一) 生理因素	57
(二) 病理因素	59
六、神经传导速度的异常及临床意义	60
(一) 神经传导速度的异常	60
(二) 神经传导速度测定的临床意义	60
第七节 神经原性疾病之一	61
一、神经原性疾病的基本病理过程	61
(一) 神经变性	61
(二) 神经再生	62
(三) 原发于脊髓前角细胞疾病的主要病理过程	64

二、神经原性疾病的肌电图	64
(一) 自发电位	64
(二) 运动单位电位的改变	65
(三) 重收缩时的肌电图	65
三、脊髓前角细胞疾病和周围神经疾病的肌电图	66
(一) 肌电图	66
(二) 传导速度	66
(三) 异常肌电位的分布特点	67
第八节 神经原性疾病之二	68
一、周围神经损伤	68
(一) 临床情况	68
(二) 周围神经损伤分类	69
(三) 周围神经损伤后肌肉去神经支配的肌电图	69
(四) 周围神经损伤后神经再生的肌电图	70
(五) 陈旧性周围神经损伤的肌电图	71
(六) 肌电检查对周围神经损伤的诊断价值	71
二、神经根压迫征	74
(一) 临床情况	74
(二) 肌电诊断神经根压迫征的解剖基础	74
(三) 肌电诊断神经根压迫征的方法和结果分析	76
(四) 神经根压迫征的肌电图	76
(五) 肌电检查对神经根压迫征的诊断价值及评价	77
第九节 神经原性疾病之三	78
一、周围神经病的肌电图	78
(一) 急性感染性多发性神经炎	78
(二) 麻疯性神经炎	79
(三) 糖尿病性神经炎	79
(四) 中毒、代谢、营养性神经病	80
(五) 放射性神经病	80
(六) 肿瘤性神经病	80
(七) 遗传性神经病	81
(八) 周围性面神经麻痹	81
(九) 面肌抽搐症	83
二、脊髓前角细胞疾病的肌电图	83
(一) 脊髓前角灰质炎	83
(二) 运动神经元病	85
(三) 脊髓空洞症	87

(四) 脱髓鞘病·····	88
(五) 脊髓肿瘤·····	88
第十节 肌原性疾病 ·····	88
一、肌原性疾病的基本病理过程·····	88
(一) 肌纤维的变性、坏死·····	88
(二) 肌纤维的再生·····	89
(三) 间质的改变·····	89
(四) 肌纤维的萎缩与肥大·····	89
(五) 运动终板的改变·····	90
二、肌原性疾病的肌电图·····	90
(一) 运动单位电位的改变·····	90
(二) 多相电位增加·····	91
(三) 病理干扰相·····	92
(四) 自发电位·····	92
(五) 运动单位范围缩小·····	92
(六) 神经传导速度·····	92
三、肌电检查对肌原性疾病的诊断价值·····	93
四、进行性肌营养不良症的肌电图·····	93
(一) 临床情况·····	93
(二) 各型进行性肌营养不良症的肌电图·····	93
(三) 疾病不同时期的肌电图·····	94
五、多发性肌炎及皮肌炎的肌电图·····	95
(一) 临床情况·····	95
(二) 多发性肌炎和皮肌炎的肌电图·····	95
六、内分泌性肌病的肌电图·····	96
七、代谢性肌病·····	96
(一) 周期性麻痹·····	96
(二) 糖元累积病·····	96
八、肌强直综合征的肌电图·····	97
(一) 临床情况·····	97
(二) 肌强直综合征的肌电图特点·····	97
(三) 肌电检查对肌强直综合征的诊断价值·····	98
第十一节 神经肌肉接头疾病 ·····	98
一、冲动在神经肌肉接头传递的生理学·····	98
(一) 乙酰胆碱的合成、贮存·····	99
(二) 乙酰胆碱的释放·····	99
(三) 乙酰胆碱的水解·····	99

二、神经肌肉接头疾病的基本病理过程	99
(一) 乙酰胆碱合成不足	100
(二) 神经末梢释放的乙酰胆碱量子不足	100
(三) 竞争性阻滞或极化性阻滞	100
(四) 去极化性阻滞	100
三、神经的重复电刺激	100
(一) 重复电刺激的方法	100
(二) 结果分析	101
四、重症肌无力病的肌电图	102
(一) 临床情况	102
(二) 肌电图	102
(三) 神经重复电刺激	103
五、肌无力综合征的肌电图	103
六、其它原因引起的神经肌肉接头传递阻滞的肌电图	104
第十二节 锥体系及锥体外系疾病	104
一、锥体系及锥体外系疾病的肌电图	104
(一) 临床情况	104
(二) 肌肉不自主运动的肌电图	105
(三) 肌肉被动牵伸时的肌电图	105
(四) 屈肌反射	105
(五) H波	106
(六) 重复频率抑制曲线	107
(七) 恢复曲线	107
二、锥体系、锥体外系疾病肌电图临床应用	108
(一) 应用价值	108
(二) 各类疾病的肌电图	109
第十三节 有关肌电仪的几个问题	109
一、肌电放大器的输入级	110
二、肌电放大器的频率范围	113
三、噪声和其它干扰	114
四、差分放大器	116
五、肌电仪的其它部分	117
附录: 病例及肌电图图例	118
一、神经原性疾病	118
二、肌原性疾病	154
三、神经肌肉接头疾病	170

第二章 电诊断.....武汉医学院第二附属医院

第一节 概论.....	174
一、定义.....	174
二、发展简史.....	174
三、电诊断的分类.....	174
四、临床应用.....	175
第二节 运动点.....	175
第三节 周围神经与肌肉的生理特征.....	183
第四节 体外刺激引起兴奋的几种重要因素.....	184
一、刺激强度.....	184
二、刺激持续时间.....	185
三、刺激强度与刺激时间的关系.....	185
四、刺激重复频率.....	186
五、电流强度变化的速度.....	186
第五节 有关兴奋的几项定律.....	188
一、Dubois-Roymond 刺激定律.....	188
二、Pflüger收缩法则.....	188
三、Erb氏极性公式.....	188
第六节 周围神经的病理学.....	188
一、神经细胞体病变——脑干运动神经核和脊髓前角细胞病变.....	189
二、神经纤维病变.....	189
三、肌肉的病变.....	190
第七节 直流、强直（感应）电测定.....	190
一、测定方法.....	190
二、注意事项.....	191
三、结果分析.....	193
（一）正常反应.....	193
（二）异常反应.....	194
四、对直流——强直电测定的临床估价.....	198
第八节 时值测定.....	199
一、时值的基本概念.....	199
（一）运动时值.....	199
（二）分析器时值（亦称感觉时值）.....	201
二、操作方法.....	202
（一）检查工具.....	202
（二）检查前的准备.....	202

(三) 操作步骤.....	202
(四) 其他注意事项.....	202
三、结果判断.....	203
(一) 基强度.....	203
(二) 时值.....	203
四、临床应用.....	203
(一) 运动时值对下运动神经元病变的应用.....	203
(二) 运动时值对中枢运动神经元病变的应用.....	204
(三) 对研究高级神经活动的应用.....	204
第九节 强度—时间曲线测定	205
一、检查工具.....	205
二、操作技术.....	205
(一) 操作过程与注意事项.....	205
(二) 对强度—时间曲线图表的要求与描绘.....	206
三、曲线的各种形状及其解释.....	206
(一) 正常神经支配的图象.....	206
(二) 完全失神经支配的图象.....	207
(三) 部分失神经支配的图象.....	207
(四) 兴奋性的改变图象.....	207
(五) 神经恢复过程的曲线图象变化.....	207
(六) 神经变性过程的图象变化.....	208
四、临床应用.....	208
五、对强度—时间曲线的评价.....	209
第十节 强度频率曲线与适应比值测定	210
一、操作方法.....	210
二、结果分析与临床意义.....	211
第十一节 结束语	211

第三篇 肌电图与电诊断

第一章 肌电图

概 论

一、定义

肌电检查是记录神经肌肉的生物电活动,藉以判定神经肌肉所处的功能状态,从而有助于运动神经肌肉疾患诊断的检查方法。我国开展该项检查已有二十余年的历史,在无产阶级文化大革命后发展尤为迅速,无论在设备、技术队伍、应用范围和研究领域都有很大发展。

记录神经肌肉电活动,有细胞内记录和细胞外记录两种,临床上多使用针电极由细胞外进行记录。

神经肌肉所处的功能状态,是指横纹肌纤维受神经支配的状况以及神经、肌纤维本身的状态。正常肌肉纤维是受神经支配的,而各种病理过程都可使神经支配受到不同程度的损害,表现为部分或完全去神经支配,出现各种异常的肌电图。肌肉纤维本身变性时亦可出现异常肌电图。

肌电检查是根据神经肌肉电生理改变,来确定病损来自那个系统或来自何部位。因而对病理过程不同的各类疾病作出区别,结合临床作出诊断。

二、肌电检查内容

肌电检查包括直接记录肌电位(肌电图)、刺激神经记录肌肉诱发电位(神经传导速度、神经重复电刺激)、记录各种反射活动(牵张反射、屈肌反射、Hofman反射等)。随着物理技术的发展,电生理学方法日趋完善,自动分析设备逐渐增多,现就我国目前应用情况作一介绍。

三、肌电检查目的及应用范围

肌电检查应用范围较广,主要应用于临床诊断、科学研究、运动医学等,分别介绍如下:

(一) 临床诊断

临床上肌电检查应用于疾病的诊断、鉴别诊断;判定损伤部位,决定处置方针;判定损伤和恢复程度,推断预后;提供客观指征,判定治疗效果。

1、内科:对神经内科,肌电检查主要应用于区别神经原性肌萎缩及肌原性肌萎缩,有助于各类神经肌肉疾患的鉴别诊断。对儿童期各种肌萎缩如先天性肌弛缓,家族性、先天

性脊髓性肌萎缩,以及进行性肌营养不良症提供鉴别诊断。对上运动神经元疾病所致肌痉挛、锥体外系疾病所致肌强硬、不随意运动,肌电图也可提供指徵。内科其它系统的疾病,如内分泌紊乱、代谢紊乱、高血压病、肾脏疾患、肝脏疾患时可伴有神经—肌肉合并症,肌电图有助于伴发疾病的诊断。有些肿瘤特别是支气管肺癌、乳腺癌、卵巢癌等远在肿瘤发现以前出现神经—肌肉的改变,因而可间接提供早期诊断的线索。

2、骨科及神经外科:确定神经损伤和神经压迫徵的存在,判定损伤的程度、部位、判定神经再生以估计预后,是神经吻合术后是否再生的最好指标。对于矫形手术前肌肉功能的分析,以及手术后功能恢复程度的判定也是一个有用的方法。

3、耳鼻喉科:诊断耳源性各种原因引起的周围性面神经麻痹,判定损伤程度,恢复情况,有助制订正确的治疗措施。

4、眼科:有助于区别神经原性受损或肌原性受损引起的麻痹性斜视,对分析眼肌功能及共同性斜视作出诊断和解释。

5、口腔科:有助于研究咀嚼肌的功能,可作为颞颌关节功能紊乱、脱位治疗疗效判定和治疗方法选择的重要参考。

6、泌尿科:对于膀胱括约肌功能、腹压、尿流率的研究是一个理想的方法。

7、妇产科:有助于子宫肌功能的研究。

(二) 科学研究

在针灸和针麻机制的研究中,肌电图有相当重要的价值。在药物、药理的研究中,研究神经—肌肉接头疾患、帕金森氏综合征的药物作用,提供了一个有用的方法。

(三) 运动医学

分析各种运动时肌肉的作用、肌肉的力量、肌肉的疲劳均可应用肌电图作为指标。

四、肌电检查与其它检查方法的关系

肌电检查最常应用于神经—肌肉疾患。但是神经—肌肉疾患时肌电检查并不是唯一的方法,还有生物化学和组织学的检查方法。同时在电诊断方法中也还有其它的检查方法,它们各有优缺点:

1、酶学检查、组织学检查和肌电检查的关系:酶学检查是从生化的角度反映神经、肌肉的生理和病理状态。其种类繁多,常用的有转氨酶、醛缩酶、乳酸脱氢酶、磷酸肌酸激酶等,其中以磷酸肌酸激酶在横纹肌中含量最高,因而特异性较强。在性环连染色体遗传的进行性肌营养不良症中增高显著,而在多发性肌炎、神经原性肌萎缩时只有轻度或无显著增高,因而有一定的鉴别诊断价值。进行性肌营养不良症遗传基因携带者,此酶增高,有一定意义。但是酶类数值在中间范围或者偏离正常范围不大时,则缺乏特征性。转氨酶类常同时存在于肝脏及其它组织中,因此肌外的原因可使其升高,所以缺乏特异性。

肌肉活组织检查能够从组织形态学判定肌肉病损的种类,是一直接的诊断方法。但是肌肉活组织检查常需手术采取组织,检查的次数、部位有一定的限制,同时在病损晚期,或在已严重萎缩的肌肉,常缺乏鉴别特征,很难区别神经原性肌萎缩与肌原性肌萎缩,因此对于病理检查的结论也会出现分歧,带来诊断的困难。

肌电检查是从肌肉、神经电生理的改变反映神经肌肉的功能,是一种间接的诊断方法,这种方法操作较简便,可以反复、多次检查,一个部位可以进行细致探查,有助于疾病的诊断。但是,在相当一部分病例中也缺乏特征性改变,因而诊断困难,同时参数的测定,异常肌电位的判断尚存在一定的技术误差,其正确性也依赖于检查者的经验和方法的正确性。

综上所述,三项检查各有优缺点,相辅相成,而不能相互取代。由于肌电检查操作简便,可以作为基本方法。有些病例可用肌电检查选择神经肌肉的病变部位,采取活体组织,进一步提高活检的阳性率。如综合分析结果,则诊断的正确性必将提高。

2. 肌电检查与其它电诊断方法的关系:在神经肌肉疾患中,其它电诊断方法包括电变性反应检查,时值检查、强度时间曲线检查。这些方法统称为刺激检查方法。而肌电检查则称为记录的检查方法。神经传导速度测定则称为刺激和记录检查方法的联合应用。刺激检查方法设备简单、适于推广普及。周围神经损伤后,强度时间曲线改变较早。对周围性面神经麻痹,可早期推断预后,因而是肌电检查的很好补充。电变性检查虽易有误差,但因设备最普遍,也可以粗略的判断神经功能,仍有一定应用价值,故肌电检查宜与其它电诊断方法联合应用,有助于临床诊断。

第一节 运动单位的解剖生理

运动系统是执行运动维持姿势的系统。它可分为上运动神经元及下运动神经元,上运动神经元指从大脑皮层前中央回到脊髓前角细胞的神经径路,下运动神经元指脊髓前角细胞到肌肉的神经径路。正常骨骼肌的随意收缩来自皮层的兴奋,通过锥体系支配脊髓前角细胞,再引起肌肉的收缩,同时锥体外系保证运动所必须的稳固姿势,通过小脑系统保持运动的协调。因此上运动神经元、锥体外系(含小脑)疾病时所产生的肌肉运动障碍,虽可以在肌电图上得到反映,但是其主要的的应用还是在下运动神经元疾病,神经肌肉接头疾病及肌肉疾病。

运动单位是肌肉活动的最小的单位,由一个脊髓前角细胞及其轴突所支配的一群肌肉纤维组成,它包含四个成分:即脊髓前角细胞、轴突、神经肌肉接头及肌肉纤维(见图1)。

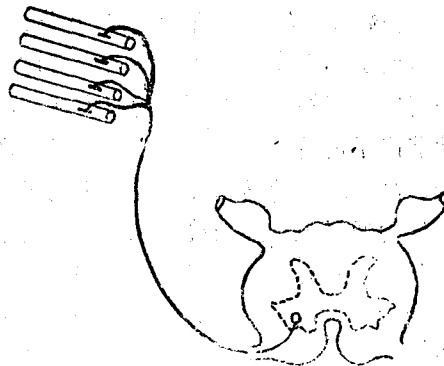


图1 运动单位示意图

图中示一个脊髓前角细胞支配四条肌纤维

一、运动单位的解剖结构

(一) 脊髓前角细胞

1. 脊髓前角细胞的组织结构：脊髓前角细胞是形态不一的长轴突多极神经元，其胞体直径为几十微米至一百五十微米不等。每个胞体都有胞核、胞浆、胞膜组成（见图2）。

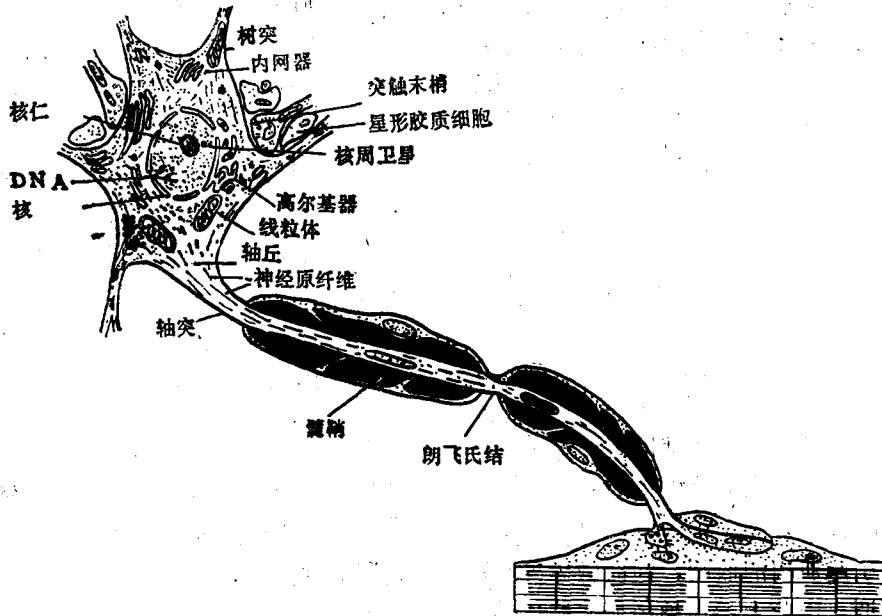


图2 脊髓前角细胞及其轴突

胞核呈圆形位于胞体的中央，由核仁、核膜组成，几乎含有细胞的全部脱氧核糖核酸（DNA），脱氧核糖核酸主要分布在染色体上，与遗传信息的传递有关。

胞浆内含有尼氏小体、神经原纤维、线粒体、高尔基氏体、脂色素及动物淀粉。尼氏小体为嗜碱性、虎斑样粗大颗粒，脊髓前角细胞含量尤多，其紫外线吸收光谱为 $2600\text{\AA}$ ，实际上系核糖核酸附着在内质网而成的团块，尼氏小体与合成胞浆蛋白有关。在神经细胞的形态和数量易受生理和病理情况的影响，如在紧张的肌肉活动，以及变性过程中均易变化。神经原纤维成线状，其功能尚不清楚。线粒体为杆状或粒状颗粒，与生物氧化过程有关。其它一些胞含物如脂褐素、高尔基体的结构和功能尚未明了。

对脊髓前角细胞突触端的结构通过电子显微镜的观察已经清楚。在突触端富有线粒体和突触小泡（Visicles），特别是突触小泡一般认为与乙酰胆碱的合成有关。脊髓前角细胞司冲动的发生和传导，在发生冲动或者传导冲动时能量消耗和耗氧量都增加，因此必须有足够的碳水化合物和氧的供应。

2. 脊髓前角细胞在脊髓的分布：脊髓前角细胞在整个脊髓的分布并不是均匀的，以颈髓、腰髓段特别密集，组成颈、腰膨大。同时，在每一个平面上脊髓前角细胞成群排列，

一般分为内侧群和外侧群，每群又按位置的前后内外分为几个亚群，细胞群的位置和支配肌肉的关系尚未完全明了。一般认为内侧群支配脊柱长短肌，外侧群支配腹侧躯干及四肢肌肉，从最内侧至最外侧的排列顺序为脊柱、躯干、肩带（或盆带）、股部（或上臂）、小腿（或前臂）、手或足的肌肉。因此，由于脊髓内病变的位置不同，萎缩肌肉也呈特殊分布型式。

脊髓前角细胞大小不同，其功能也有差别（见后述）。

（二）神经纤维

1、神经纤维的组织结构：神经纤维由轴突外披髓鞘、神经膜组成。轴突内含有轴浆，轴浆中含有神经原纤维，聚成束状，与轴突平行排列，轴浆内亦含有线粒体，但多分布在许旺氏细胞附近。轴突外面包裹一层管状的鞘，称为髓鞘，由髓磷脂组成。髓磷脂呈同心圆状排列，其导电性很低。但它并不是连续的，每隔50—1000微米有一环形狭窄处，称为郎飞氏结，此处没有髓鞘。髓鞘之外又有神经膜包裹，神经膜细胞称为许旺氏细胞，有一个扁圆形的核及颗粒性的胞浆。

神经膜、髓鞘与冲动的传导有关，因此一直成为神经生理学家研究的对象，对于神经膜的化学性质还不清楚，但是根据髓鞘是由神经膜卷折而成，推测神经膜也有类脂物所构成，这样神经膜犹如一道屏障，阻碍轴浆内外溶液中离子的运动，测定乌贼的轴突静止时的电阻为1000欧姆平方厘米，而轴浆外液的电阻则为20—30欧姆平方厘米。同时髓鞘为一绝缘体，它使得冲动从一个郎飞氏结跳到另一个郎飞氏结。

但是，不是每条神经纤维都是具有上述结构，有些神经纤维没有神经膜或髓鞘，因此根据神经膜和髓鞘之有无，可将神经纤维分为有膜有鞘神经纤维（大部分的脑脊髓神经），无膜有鞘神经纤维（脑及脊髓的白质内神经纤维），有膜无鞘神经纤维（植物神经），无膜无鞘神经纤维（只分布于中枢神经的灰白质内及嗅神经）。

2、神经纤维的分类：神经纤维外披以结缔组织，集合成束，很多的神经束组成神经。每一神经内所含的神经纤维其直径的大小和髓鞘的厚薄不同，一些作者企图根据解剖学的特点和电生理学特点（传导速度快慢）结合起来进行分类，将神经纤维分为A、B、C三类（表1），A类纤维有髓鞘，直径1—12微米，传导速度3—120米/秒，传导运动冲动和向心的本体感觉冲动。B类纤维直径3微米以内，传导速度为3—15米/秒，执行内脏的运动和感觉。C类纤维有许旺氏膜无髓鞘，传导速度很慢为0.2—2.0米/秒，与痛觉冲动传导有关。同时，A类纤维又分为 α 、 β 、 γ 、 δ 四个亚型。

神经纤维直径的粗细与传导速度有关，纤维粗则传导速度快，纤维细则传导速度慢。

3、神经纤维的分枝：神经纤维到达所支配的肌肉前常需行进一个较长的距离，不同节段的神经纤维，组合成神经干、神经丛，神经达远端时逐渐变细，进入肌肉时则称为肌内神经枝，肌内神经枝继续分成亚终梢神经枝，终结于神经肌肉接头（图3）。正常神经在肌内神经枝以前只是在郎飞氏结处垂直发出少数侧枝。肌内神经枝反复分枝，可达几十个或几百个亚终梢神经枝。

表1

哺乳类神经纤维特性表

神经纤维		纤维直径 (微米)	传导速度 (米/秒)	峰形电位时限 (毫秒)	绝对不应期 (毫秒)
A	α	13—22	70—120	0.4—0.5	0.4—1.0
	β	8—13	40—70	0.4—0.6	
	γ	4—8	15—40	0.5—0.7	
	δ	1—4	5—15	0.6—1.0	
		1—3	3—14	1.2	
B		3	3—15	1.2	1.2
C		0.2—1.0	0.2—2	2.0	2.0

由Shade及Guyton资料综合

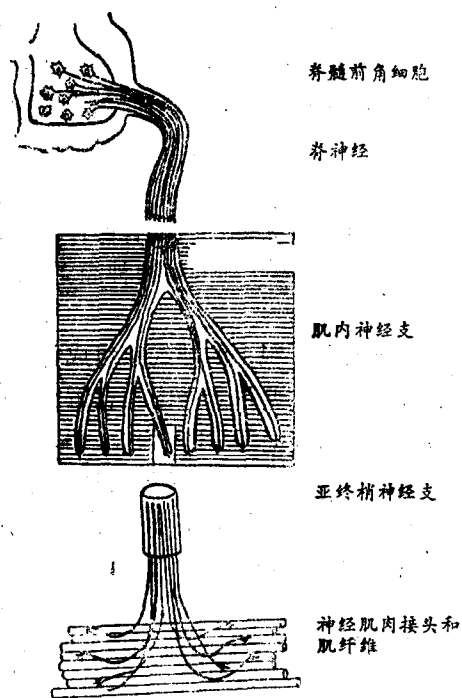


图3 神经轴突的分支示意图

(三) 神经肌肉接头

神经肌肉接头由运动神经轴突末梢(突触前)、运动终板(突触后)及两者形成的裂隙(突触裂隙)组成(图4)。

运动神经轴突末端分枝,并失去髓鞘,其顶端稍膨大,嵌入终板的表层。突触前运动神经末梢里有线粒体及囊泡。囊泡的直径大约为 $500\text{\AA}$,其中含有介质。囊泡成群地靠近突触前膜集聚。

运动终板是高度分化的肌纤维膜,其内侧有较多的肌浆。在肌浆里有核及线粒体。终板膜呈折叠状态,形成锯齿状,称为终板褶。终板膜对介质(乙酰胆碱)很敏感,一般认为受体附着在终板膜上或终板膜就是受体。此外,终板处有较多的胆碱酯酶。

突触前及突触后有宽度大约 $500\text{\AA}$ 的空隙,称为突触裂隙。它将突触前膜与终板完全分隔开来,其中充满液体。突触裂隙与细胞外腔相通。裂隙内没有细胞结构,但充满胆碱酯酶。

(四) 肌肉纤维

1. 肌肉纤维的组织结构: 骨骼肌系由细长圆柱形的肌纤维组成,每个纤维长达1—40毫米,通常不超过15厘米,肌纤维的直径在17—150微米(见表2),一般都在80微米以下,