

42921 Z

# 临床肌电图学

赵耕源 编著

中山医学院第二附属医院



Buo 6/11

R 2  
2  
2

## 前 言

肌电图的研究工作，虽然最早可上溯到上一世纪的初期，但真正应用到临床上，作为一种诊断技术只是在本世纪30年代才开始。第二次世界大战后，随着电子工业的迅速发展，检查工具的逐步改进，使肌电图的检查技术亦获得了飞快的发展。解放后不久，国内有些研究单位和医疗机构已开展了肌电图工作，并制造出了国产肌电图机，但由于种种原因，特别是受到林彪、“四人帮”极左路线的干扰，使发展受到一定影响。以华国锋同志为首的党中央一举粉碎“四人帮”后，肌电图的应用和研究，也和其他事业一样有了蓬勃发展，全国不少医疗机构都设置了精密的肌电图机。但目前在国内还缺乏有关肌电图的专门著作，对于临床肌电图的操作规程及诊断标准也很不统一。1978年7月在南京召开的第二届全国神经精神科学学术会议上，虽提出了一个肌电图操作规程及诊断标准的讨论草案，但未经深入讨论。为此，我们在自己多年工作的基础上，编写了这本小书，以介绍一些有关临床肌电图的基本知识。希望这本抛砖之作能为国内临床肌电图工作的开展起到些微添砖加瓦的作用。但由于我们参加肌电图工作的时间尚短，各方面知识水平亦极菲薄，因此书中的缺点与错误是在所难免，亟望获得读者的批评指正。

本书的写作，是在医院与科室党组织的关怀下，各方面同志大力支持与鼓励下完成的。广州市精神病医院莫淦明院长



A 792263

曾对本书第一章的编写给予帮助，中山医学院教材厂谭超平同志为本书编绘了插图，我室林炳亮同志参加了肌电图检查的技术操作，特别是在本书完稿后承蒙上海第二医学院神经病学教研组主任周孝达教授作了全面审阅并提出极宝贵的修改意见，在此均表深切感谢，本书出版工作得到广东新华印刷厂同志大力帮助，亦深表谢意。

最后，谨以本书作为国庆三十周年献礼。

赵耕源 1979年春节

于广州中山医学院第二附属医院



# 临床肌电图学

## 目 录

第一篇 总论	( 1 )
第一章 肌电图学发展简史	( 1 )
第二章 肌电图学的解剖与生理基础	( 6 )
第一节 肌纤维	( 6 )
一、一般结构	( 6 )
二、超显微结构	( 7 )
三、肌纤维的分类	( 9 )
第二节 神经纤维与神经末梢	( 11 )
一、神经纤维	( 11 )
二、神经纤维的分类	( 11 )
三、神经末梢	( 12 )
第三节 运动单位	( 15 )
第四节 神经与肌肉的电活动	( 19 )
一、膜电位	( 19 )
二、动作电位的传导	( 21 )
三、容积导电与运动单位动作电位	( 23 )
第三章 肌电图的检查方法	( 27 )
第一节 病人的准备与检查室要求	( 27 )
第二节 肌电图机	( 27 )

第三节	引导电极	( 31 )
一、	皮肤电极	( 31 )
二、	单极针电极	( 31 )
三、	同心针电极	( 31 )
第四节	肌电图检查的操作技术	( 32 )
一、	普通肌电图	( 32 )
二、	诱发肌电图	( 35 )
(一)	运动神经传导速度	( 33 )
(二)	感觉神经传导速度	( 36 )
(三)	H反射	( 38 )
(四)	反复诱发肌电图 ( Harvey— Masland 试验 )	( 41 )
三、	放电间隔图和肌音图	( 43 )
四、	定量肌电图	( 43 )
五、	单一肌纤维肌电图	( 43 )
六、	功能试验	( 45 )
(一)	被动牵张试验	( 45 )
(二)	反射活动试验	( 45 )
(三)	深吸气试验	( 46 )
(四)	握拳试验	( 47 )
(五)	肌肉收缩后放电现象	( 47 )
第四章	肌电图的成份与分析	( 48 )
第一节	正常肌电图	( 48 )
一、	电静息	( 48 )
二、	插入电位	( 48 )
三、	终板噪音与负性神经纤维电位	( 49 )
四、	正常运动单位动作电位	( 49 )

五、干扰相 .....	( 53 )
第二节 异常肌电图 .....	( 58 )
一、肌肉松弛时的异常 .....	( 53 )
(一) 插入电位异常 .....	( 54 )
(二) 纤颤电位 .....	( 54 )
(三) 正相失神经电位(正锐波) .....	( 57 )
(四) 束颤电位 .....	( 58 )
(五) 运动单位电位的异常 .....	( 59 )
(六) 群放电位 .....	( 59 )
(七) 肌强直电位 .....	( 60 )
二、肌肉随意收缩时的异常 .....	( 61 )
(一) 复合运动单位电位(多相电位) .....	( 61 )
(二) 高振幅运动单位电位(巨大电位) .....	( 63 )
(三) 低振幅运动单位电位 .....	( 66 )
(四) 运动单位电位同步 .....	( 67 )
(五) 群放电位 .....	( 71 )
(六) 肌肉最大收缩时动作电位募集型式的 异常 .....	( 71 )
(七) 振幅的渐减与渐增 .....	( 73 )
(八) 神经支配的异常 .....	( 73 )
第五章 肌电图报告格式与诊断标准 .....	( 74 )
附 1110例病人肌电图检查结果分析	
第二篇 各论 .....	( 81 )
第六章 脊髓性损害的肌电图 .....	( 81 )
第一节 运动神经原疾病 .....	( 82 )
第二节 脊髓灰质炎 .....	( 101 )
第三节 脊髓压迫症 .....	( 108 )

第七章	周围神经损害的肌电图	( 118 )
第一节	神经根病变	( 127 )
第二节	神经丛病变	( 133 )
第三节	周围神经病变	( 139 )
一、	正中神经	( 140 )
二、	尺神经	( 140 )
三、	桡神经	( 141 )
四、	腓总神经	( 142 )
五、	胫神经	( 143 )
第四节	多发性神经炎	( 151 )
第五节	进行性神经性肌萎缩症	( 156 )
第六节	面神经损害	( 159 )
一、	面神经瘫痪	( 159 )
二、	面肌痉挛	( 160 )
第七节	副神经损害	( 161 )
第八章	肌病的肌电图	( 164 )
第一节	进行性肌营养不良症	( 166 )
第二节	重症肌无力	( 172 )
第三节	肌强直症	( 177 )
第四节	周期性麻痹	( 181 )
第五节	多发性肌炎	( 184 )
第六节	婴儿肌张力低下综合征	( 188 )
第七节	废用性肌萎缩	( 190 )
第八节	一时诊断不明的局限性肌萎缩	( 192 )
第九章	脑部疾病的肌电图	( 194 )
第一节	中枢性瘫痪	( 194 )
第二节	锥体外系统疾病	( 196 )

一、	震颤麻痹综合征	( 196 )
二、	舞蹈病	( 198 )
三、	扭转痉挛	( 199 )
第三节	癫痫	( 202 )
第四节	脑肿瘤	( 203 )
第五节	多发性硬化	( 205 )
第十章	精神疾病的肌电图	( 210 )
第一节	癔病性瘫痪	( 210 )
第二节	功能性肌痉挛与功能性震颤	( 213 )
第三节	精神病	( 215 )
第十一章	肌电图在各系统疾病中的应用	( 217 )
第一节	糖尿病	( 217 )
第二节	尿毒症	( 219 )
第三节	内分泌疾病	( 220 )
一、	甲状腺功能亢进症	( 220 )
二、	甲状腺功能减退症	( 224 )
三、	皮质醇增多症( Cushing 病)	( 226 )
四、	慢性肾上腺皮质功能减退 症(Addison 病)	( 226 )
第四节	结缔组织病	( 227 )
一、	全身性红斑性狼疮	( 227 )
二、	皮炎	( 231 )
三、	泛发性硬皮病	( 234 )
四、	结节性动脉周围炎	( 237 )
第五节	运动系统疾病	( 239 )
一、	类风湿性关节炎	( 239 )
二、	风湿性关节炎	( 240 )



三、	肩关节周围炎 .....	( 241 )
四、	腰腿痛 .....	( 243 )
第六节	理化因素所致疾病 .....	( 244 )
一、	放射性脑脊髓病 .....	( 244 )
二、	电击伤 .....	( 248 )
三、	锰中毒 .....	( 251 )
四、	有机磷中毒 .....	( 253 )
第七节	癌肿性神经肌病 .....	( 254 )
一、	癌肿性周围神经病 .....	( 256 )
二、	类重症肌无力综合症 ( Lambert-Eaton 综合症 ) .....	( 256 )
三、	癌肿合并多发性肌炎或皮肤炎 .....	( 257 )
第八节	其他 .....	( 257 )
一、	进行性面偏侧萎缩症与进行性 半身萎缩症 .....	( 257 )
二、	局限性肢体肥大症与进行性半身 肥大症 .....	( 260 )
三、	糖原累积病 ( Mc Ardle 病 ) .....	( 262 )
四、	类肉瘤病 ( Sarcoidosis ) .....	( 263 )
五、	口腔科利用肌电图对咬骀的研究 .....	( 264 )

# 第一篇 总 论

## 第一章 肌电图学发展简史

肌电图学 (electromyography) 是一门于近40年来才发展起来的诊断技术, 它借助于细胞外电极来记录肌肉的电活动, 并以此种电位的改变, 诸如波形、时程、振幅等数据, 进行分析以判断神经肌肉系统是处于正常的生理状态还是病理状态。但是, 近年来对肌电图学的概念已有所扩大, 它不仅限于记录肌肉的电活动, 而且包括了在神经肌肉系统应用的各种电诊断技术。

肌肉能够产生“电”, 这是很早就为人们所知道的事。自古以来, 某些海鱼的肌肉收缩, 可使人产生触觉的变化, 就认为是由于有“电”的关系。远在1666年Redi就认为这种鱼是由它的肌内发出电流的。1791年 Galvani 通过一系列蛙类的肌肉收缩的研究, 证明电和肌肉的收缩密切有关。他认为电可以从生物学的基础, 即有生命的物质产生出来, 因而称此种电为“动物电”。但 Galvani 认为这种电并非来自肌肉, 而是来自神经, 特别是中枢神经系统。他假设神经纤维是一种好的导电物质, 髓鞘是良好的绝缘体, 能防止电流向邻近的组织扩散; 肌肉则和Leyden 瓶一样, 是动物电流的储电器。Galvani认为肌肉是从电流刺激后才收缩的; 但另一方面, 在每一次肌肉痉挛时亦会放出一次电流。Galvani的这些发现, 当时引起很大的注

意。以后 Volta (1793, 1816) 证明了 Galvani 所观察的现象, 他又发明了静电计, 从而可以确定电流强度与肌肉痉挛之间的量的关系。Nobeli (1828, 1830) 又研究了此种“蛙电流”, 他认为此种电流是由于肌肉痉挛所产生的。Matteucci (1842) 又用 Nobeli 所改良的静电计证明电流是在蛙肌收缩时产生的。Du Bois—Reymond (1843) 也证明上述说法, 虽然当时他所采用的记录方法是很原始的, 但却引出了第一个肌电图的记录。其后, Bernstein (1874), Hermann (1877) 相继发表了一系列关于肌肉活动产生电流的报告。Tarchanov (1878) 报告了肌肉生理学研究中采用当时最新的“电话”技术。Bernstein 等 (1888) 亦用此种技术去研究了动作电流。1883 年俄国的 Введенский 发表了“肌肉和神经电流现象的电话研究”一文, 那是当时科学上极为精湛的研究, 成为现代电生理学的奠基石之一。1899 年 Lippmann 设计了第一部微细静电计, 从而能够获得肌肉生物电活动的准确资料。1901 年 Einthoven 发明了弦线电流计, 这是一个重大的发展, 从此就可以把微小的动作电位记录下来, 使动作电位的振幅可显示数千微伏 ( $\mu V$ )。弦线电流计的另一优点是可以连续不断地把动作电位记录下来, 但其缺点是有一定程度的惯性, 一旦电流速度较快时就会产生偏向。Braun (1897) 所制成的阴极射线示波器就没有这一缺点。1907 年 Piper 首先应用弦线电流计作了人的肌肉描记, 这可以说是临床肌电图学的开端。Forbes 等 (1920) 首先应用一个阴极射线示波器记录得动作电位。Erlanger 等 (1922) 就开始应用有阴极射线示波器装置的肌电图机。

在本世纪的最初 10 年中, Piper, Wachholder 与 Hoffmann 研究了健康人的肌电活动, 而 Cobb, Trendelenburg, Foix-Thevenard 则对病理性的动作电位作了首次分析。Hoffmann

(1910)应用肌电图作为研究人类本体反射的客观方法,他指出用电流刺激混合性的周围神经,一般都可以引起本体反射,至今这种反射仍被称为Hoffmann反射。Liddell与Sherrington(1925)提出了“运动单位”这一生理学的概念。运动单位就是一个前角运动细胞,它的轴突和被它所支配的一组肌纤维。这是一个机能单位。

根据文献资料,我们认为对临床肌电图学发展有较重要影响的情况是:肌电图学的基础是从Galvani的研究开始的,Du Bois—Reymond(1843)发现了损伤电位,Bernstein(1866)首先采用了“动作电位”这一名词;Piper(1907—1912)则奠定了临床肌电图学的基础。他分析了人类肌肉在随意收缩时的运作电位,并认为肌电图中动作电位的频率是相当于由中枢神经所发出,而在肌纤维中走着的冲动。此外,Schiff(1851)所描写的在临床上见到的舌肌纤颤,亦由Langley和Kato(1915)用肌电图记录了,并称为“纤颤电位”。但是,在20世纪30年代之前,肌电图差不多完全是用于生理实验,只是把动物实验的结果与人类的肌电图来作比较。Proebster(1928)是第一个分析病人肌肉动作电位的临床工作者,他特别对周围神经损伤后的肌电图作了分析,如他曾描述一例先天性臂丛神经损伤性瘫痪病人的肌电图,并第一次用肌电图检查了脊髓灰质炎的病人。但是Proebster亦是应用弦线电流计来记录肌肉的电活动,并且只是应用了表皮电极把动作电位引导出来,因此所记录的只是肌肉的综合性的肌电图,而不是个别运动单位的肌电图。只有当Adrian和Bronk(1929)首创应用了同心针电极,并借助于当时刚应用于生理学研究上的微分放大器(可以把动作电位放大 $10^6$ 倍)和阴极射线示波器,能够研究单个运动单位的功能和肌肉作不同程度随意收缩时各运动单位参与活动的

总数时,才使肌电图的检查技术向前飞跃了一大步,这才算是真正的临床肌电图学的开始。Adrian同时又采用了扩音器(即以前所谓的“电话”)来聆听肌音作为肌电图检查的一部分。其后,Lindsley(1935)首先描记了重症肌无力病人的肌电图,第一次从病人肌肉中描记了运动单位动作电位,这是第一份临床肌电图记录。Denny-Brown(1938)应用双极针电极并在溴纸上作描记,在部分及完全失神经性损害的肌肉内,首先描记出纤维电位与束颤电位,并从病理生理学的角度说明了它的意义。同一作者(1941)不久之后又记录到了具有特征性的肌强直电位。同年,Buchthal等应用针电极对肌萎缩病人进行了肌电图方面的鉴别诊断,特别研究了神经原性肌萎缩及周围神经损伤。Weddell等(1944)对正常以及所有常见的神经肌肉疾病的肌电位进行了分析与讨论。Jasper和Johnston(1945)创制了第一部可移动的肌电图机。Kugelberg(1947)确定了原发性肌病肌电位的各种形态学改变特点,并创导应用于临床诊断。第二次世界大战之后,由于弱电流技术的发展,使肌电图机有了可靠的放大系统与记录系统,因而临床肌电图学的发展亦很快,已成为神经肌肉病变的一种重要的诊断与鉴别诊断的手段。此外,虽然远在1850年Helmholtz就曾应用刺激一条神经的两点,并先后用肌动描记器记录肌肉的机械性潜伏期;Piper(1908)亦曾用激发电位研究神经冲动到达肌肉的传导时间,但直到Hodes(1948)才在人体观察刺激神经在肌电图上的反应,而初步提出了在临床上测量运动神经传导速度的原理。1949年Dawson等又介绍了感觉神经传导速度的研究和临床应用。1950年Magladery等又开始了肌电图对反射机能的研究。其后,随着电子技术的进展,创制了很多新的器械和方法来记录和分析肌电图。Buchthal等(1950)制造了一个用以测定肌肉同步性电活动的器械。

Walton等(1952)采用音频光谱仪对肌电图的干扰型现象进行了量的分析。对肌电图的频率分析亦可采用Walter等用以分析脑电图的频率分析器。亦有采用电子脉冲计算器来分析肌电图，如对眼肌神经支配的程度进行量的测定，或计算插入电位及纤颤电位等(Škorpil等1962)。并且由于神经生理学的发展，促使过去注意较少的反射活动的肌电图研究亦蓬勃发展起来。如<sup>9.5</sup>触性反射和本体反射的肌电图学，在 $\gamma$ -运动系统及其核上通路发现以后，就成为临床上一种有价值的研究方法。总之，目前肌电图学发展很快，其在临床上的应用范围与诊断价值亦不断地扩大和提高，现在不但把肌电图作为神经肌肉疾病中的常规检查方法，而且已用于研究临床各科的各种疾病。

## 第二章 肌电图学的解剖与生理基础

肌电图学是利用电子仪器来记录神经肌肉的生物电活动，并通过对这些生物电活动的研究，能对某些神经肌肉疾病作出正确诊断、观察治疗效果与推测其预后。要达到这个目的，对于神经肌肉的解剖结构与生理功能的扼要了解是不可缺少的，本章主要温习这方面的知识。

### 第一节 肌纤维

一、一般结构 肌纤维是构成肌肉的基本成份，而构成能作随意活动的骨骼肌（又称横纹肌）的基本成份就是骨骼肌肌纤维（以下简称肌纤维）。每一块肌肉都由许多成束排列的肌纤维组成，称为肌束。每一条肌纤维之外包有薄层的纤细网状组织，称为肌内膜。数条或许多条肌纤维组成的肌束外面亦包裹有以胶质纤维与弹力纤维组成的肌束膜。整块肌肉外面还包有一层较厚的结缔组织，是为肌外膜。肌纤维是长形的细胞，在显微镜下呈长圆柱或棱柱形。其大小因肌肉类型和生理活动状态不同而各异，一般约长3~40毫米，宽10~100微米。即使在同一肌肉中肌纤维的宽度亦并不完全相等。肌纤维有很多核，多数位于边缘，靠近肌膜。肌膜内为富含肌红蛋白的肌浆（相于其他细胞的胞浆），生活着的肌肉之所以呈红色，即为此物。肌纤维内因含肌红蛋白之多寡不等而分为红肌纤维与白肌纤维，这二者的功能有所区别。肌浆内除一般细胞器官之外，

尚有丰富的呈细丝状的肌原纤维，后者占肌浆的绝大部分。肌原纤维平行纵列于肌浆中，直径为1~2微米。每条肌原纤维都显有折光不同的明暗相间的横纹。肌原纤维的暗带称A带，而明带则称I带。A带的宽度保持恒定，约宽1.5微米；I带的宽度因肌纤维的不同收缩状态而异，在肌纤维松弛状态时约宽0.8微米。在I带正中间尚有一深线称Z线（又称间线）；而在A带中间则有一条浅带称H带（又称Hensen带）。H带正中还有一条深线称M线（又称中线）。每两条Z线之间的部分（包括两个半段明带和一个完整的暗带）称为肌节（图2—1）。肌节约宽2~3微米，是肌肉收缩的形态学结构单位。

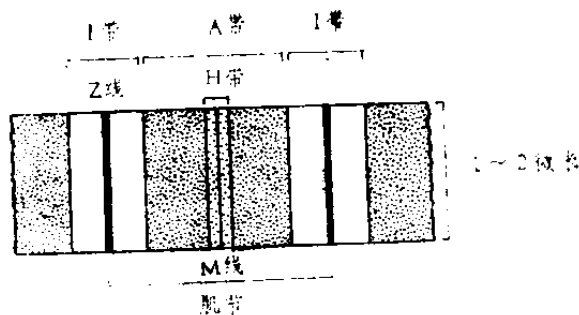


图2—1 肌原纤维纹模式图

二、超显微结构 近年来由于生物物理学新技术的发展，特别对高倍数电子显微镜及X射线衍射技术的应用，配合生物化学与组织免疫化学方法，对肌纤维的微细结构有了突破性的认识。在电子显微镜下，肌膜分成两层，内层与普通胞膜相同，外层则为粘多糖蛋白质的物质和极为纤细的网状纤维密网，即为基膜。肌浆中除一般细胞器管外有肌浆网，这是由薄膜所构成的复杂的管状系统，扩布于整个肌浆内称肌小管。每条肌原纤维的表面都有许多肌小管纵列盘绕，交织成网。在A中间H带处，纵行的肌小管彼此分枝吻合；而在A带两端与I带连接处，纵行肌小管分别汇成单条横行膨大的肌小管，称终末池。



相当于终末池位置处的肌膜，向内凹陷呈漏斗状，形成与肌原纤维成垂直方向的横小管，亦称T小管或T系统。T小管环绕每条肌原纤维，在两条终末池间穿行而并不与之沟通，这样三条平行的横管合称三联管。在哺乳类三联管大都位于A带与I带之连接处。肌浆网的功能可能与肌纤维收缩的兴奋传导有关。从肌膜传来的兴奋波，可能通过由肌膜向内深陷而成的T小管而传递到肌纤维内，再经肌浆网扩散，遂很快引起肌原纤维的收缩。

静止状态的肌纤维，大量的 $\text{Ca}^{++}$ 多集中在肌浆网上，特别在终末池中常见有浓密度的小颗粒物质，而这些物质结合有 $\text{Ca}^{++}$ 。 $\text{Ca}^{++}$ 对肌纤维的起始收缩有触发作用，可激活三磷酸腺苷酶。当肌膜处兴奋由T小管传入肌纤维内后，肌浆网释放 $\text{Ca}^{++}$ ，三磷酸腺苷酶被激活，三磷酸腺苷被分解（三磷酸腺苷由肌浆中线粒体生成），肌原纤维发气收缩。收缩完后， $\text{Ca}^{++}$ 又被肌浆网摄取，并释放出一种松弛因子。此物能抑制三磷酸腺苷酶的活性，肌纤维遂恢复松弛。因此，肌浆网及T系统的另一作用是使收缩后的肌纤维恢复松弛状态。

在电子显微镜下可见每条肌原纤维又由许多更微小的肌微丝（也称收缩物质）所组成。肌微丝又分直径为 $50\text{A}^\circ$ ，长度为2微米左右的，由肌动蛋白分子形成的肌动蛋白微丝和直径为 $100\text{A}^\circ$ ，长度为1.5微米左右的，由肌球蛋白分子形成的肌球蛋白微丝。这些微丝呈串状平行排列，位置固定，因而使肌原纤维有明暗相间的横纹。两种微丝相互穿插，就构成了肌原纤维的肌节长度，此长度因收缩而有变化。近年来的研究证实，A带主要由平行排列的肌球蛋白微丝组成。在A带的正中，肌球蛋白的微丝垂直伸出一些更细微的丝突，故形成较暗的M线。在H带两侧的A带上，沿肌球蛋白的微丝的长轴旋转伸出