

人体肌电图

本篇讨论了用PowerLab系统记录骨骼肌自发活动所产生的肌电（EMG）。该实验适合于生理学和运动机能学的入门课程。进一步的实验——疲劳肌电图频率分析——也有论述。

Robert Davies, ADInstruments.

前言

肌电图（EMG）的技术和结果是生理学和其他卫生学的组成部分，肌电图在运动机能学中具有重要作用，因为它能正确描述复杂运动中肌肉活动的时间和图形之间的变化。

可以将表面电极贴在任何表面肌肉上，这样就可以记录自发的肌电图了（如图1），手掌拇指屈伸肌粘贴电极的方式尤其适合学生实验课。因为这种方式比较容易，而且皮下覆盖面积最小。

仪器

任何带有Chart软件的PowerLab主机都可以记录数据，另外还需要：

1. 生物电放大器和连接电缆线（如果记录2通道EMG需要两个）
2. 摩擦垫
3. 电极膏
4. EEG/EMG电极
5. 干燥接地带（可选）

6. 用于Chart v3.5以上版本的"噪音"扩展程序（可选）

电极的连接

一个EEG/EMG电极贴在拇指外屈短肌上，另一个贴在肌腱上。在放电极之前要先用摩擦垫轻轻摩擦皮肤以去除皮肤电阻。再将电极膏涂在电极的凹面。电极要用胶带固定住，将干燥电极带缠在手腕上，这是推荐的接地方式。当然，也可以用EEG/EMG电极贴在身体的任何部位来代替它。

另外电极也可以放在大的肌肉上。Basmajian和De Luca (1985)建议在放置记录电极时，沿着肌肉轴上分开10毫米，大约置于肌肉动作点和肌腱或附着点之间。

安全性

生物电放大器是一种专门设计的没有直接接地的隔离放大器。即任何时候都不会产生致命的电流。为确保有效，绝对不要把它与PowerLab系统或其他接地设备直

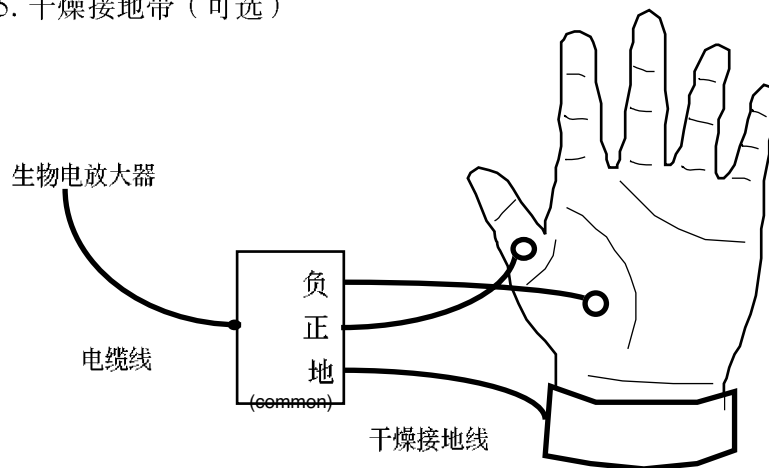


图1. 左手拇指外屈短肌EMG测量的连接。

接连接。生物电放大器同时提供经检验的电缆线和导线。只有在使用这些导线或电缆线时才能保证安全。

PowerLab设置

生物电放大器的推荐设置如图2，采样速率设为1000/s。

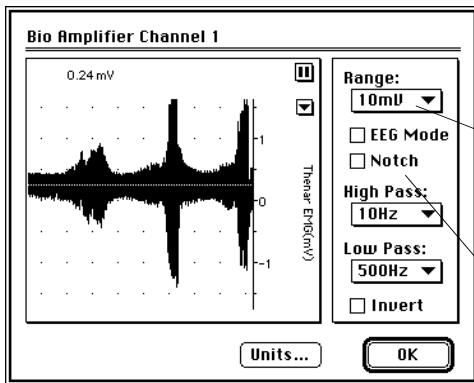
结果

图3到图6是一些典型结果展示。图3显示的是微弱的自发活动，能很容易辨认运动神经元的动作电位。图4显示的是强烈收缩

所产生的“干涉模式”。图5通过“噪音（Noise）”Chart扩展程序来计算连续200ms的强烈的肌电活动EMG的向量标准差。图6显示了用2通道的肌电图来研究两块拮抗肌肉的运动神经元活动。

疲劳时肌电活动的频谱分析

这个实验适合于生理学高年级的学生。它包括用“频谱（Spectrum）”的Chart扩展程序对干扰肌电模式的快速傅立叶变换，并用数据表形式输出以便对数据作进一步处理。



如果EMG信号太小（例如肌肉被脂肪包围）量程应被设为5.2，或1mV

如果存在频率干扰，请选择Notch滤波器以去除干扰。

图 2. 建议EMG生物电放大器的设置。

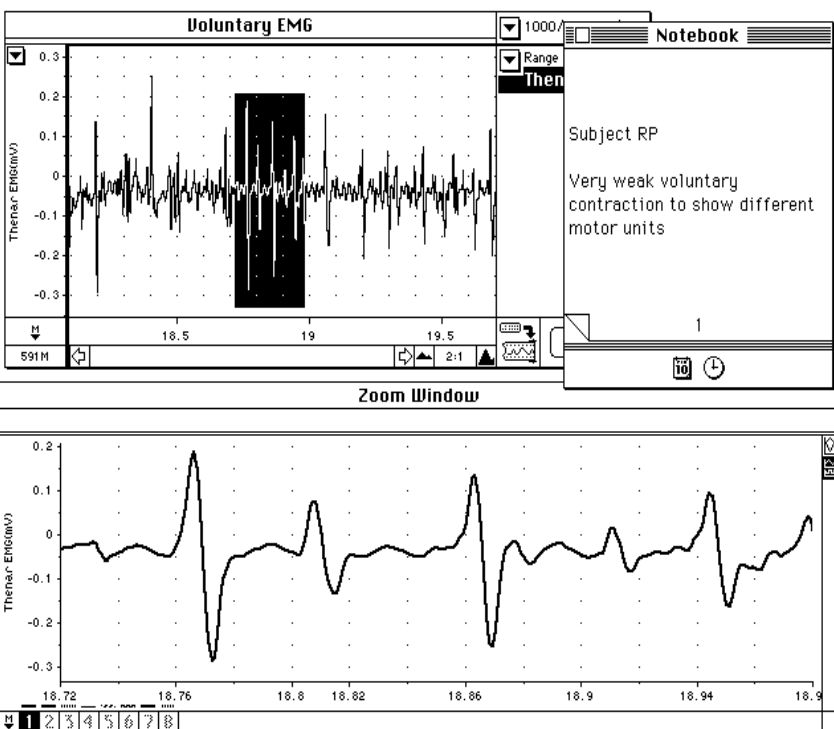


图 3. 拇指外展短肌表面运动神经元微弱自发收缩EMG，在放大窗口中显示单个运动神经元动作电位。

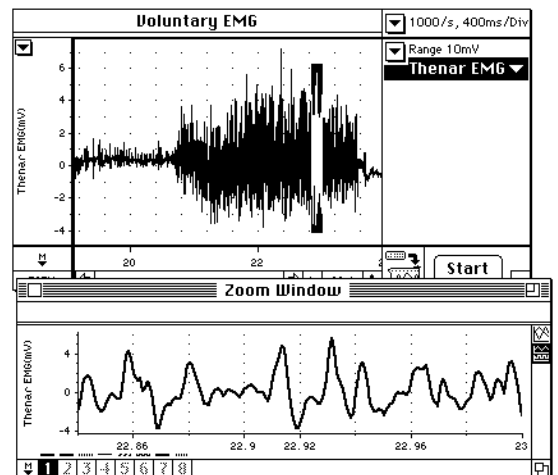


图4. 强烈自发活动的干涉图形记录，放大窗口显示运动神经元动作电位叠加得到的混乱图形。

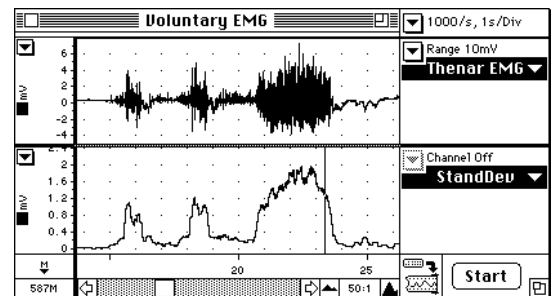


图5. EMG振幅的量化。通过标准差计算三个自发收缩的振幅（下面的通道），用“噪音(Noise)”的扩展程序（用于Chart v3.5以上版本）计算标准差，时间常数设为200ms。

对于一个EMG频谱的相似波形并不取决于此运动强烈与否。局部能产生一个频率下降的偏移，（Basmajian和De Luca, 1985; De Luca, 1985）主要归于相应的肌肉动作电位的传导变慢。平均的频率可以通过傅立叶变换FFT: $\sum fkAk/\sum Ak$ 来获得，在这里Ak是FFT在频率为fk时所对应的振幅。它们的总和包括了频谱图中所有的频率。

实验可以根据学生的能力做一定的调整:

1. 需要提供标准的实验设计说明，或者让学生自己根据实验设计实验步骤。
2. 可以提供一个用于计算平均频率的电子数据表文件，并要求学生对此进行简单的数据处理。如果没有这种文件，学生会花较长时间去完成数据分析，但他们能从中学到更多关于应用电子数据表处理数据的方法。
3. 可以让学生计算平均频率和中间频率（median frequency）。中间频率（median frequency）指将频谱图分割成相等的两块面积的频率。图7到图9显示了实验的一种发展的几个步骤。15s的最大自发收缩引发了局部肌肉疲劳，在最大收缩前后给予大数据表文件，并要求学生对

此进行简单的处理。如果没有提供该文件，学生要花较多的时间去完成数据分析，但也可以从中学到更多的关于应用数据表处理数据的方法。

学生可以计算平均频率和中间频率，中间频率是将频谱图分割成相等的两块面积的频率。图7到图9说明了实验的发展步骤，15s的最大自发收缩引发局部肌肉疲劳，在最大收缩前后给以约持续5s的中等强度的收缩，这样可以监测静止时的FFT平均频率以及疲劳后的恢复。

参考书目

J.O. Basmajian and C.J. De Luca, Muscles Alive..Their Functions Revealed by Electromyography, fifth edition (Williams and Wilkins, Baltimore, 1985).

C.J. De Luca, 'Myoelectric manifestations of focalized muscle fatigue', CRC Critical Reviews of Biomedical Engineering 2: 251-279 (1985).

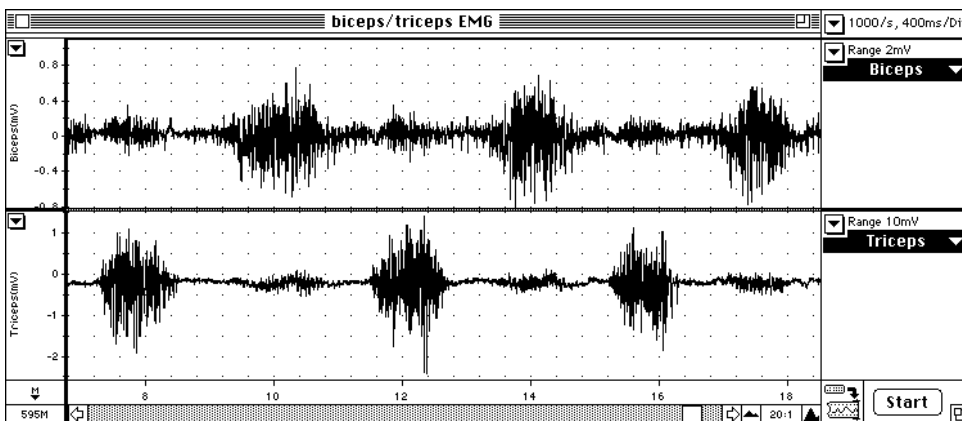


图6. 两通道EMG。二头肌和三头肌当设等长收缩和舒张时的表面EMG活动。明显发现两块肌肉交替产生大范围的活动。注意，在三头肌收缩时，二头肌产生小量的激活，反之亦然。

Trademarks

MacLab and PowerLab are registered trademarks, and Chart and Scope are trademarks, of ADInstruments Pty Ltd. Other trademarks are the properties of their respective owners.

Addresses

中国地区总公司:
中国上海陆家嘴金融贸易区
浦东东方路 8 9 9 号
浦东假日酒店 9 楼 1 3 室
邮政编码: 2 0 0 1 2 2

Phone: +86(0)21-58305639
Fax: +86(0)21-58305640
Email: info@adinstruments.com.cn
http://www.adinstruments.com.cn

上海代理处:
上海岳阳路 3 2 0 号
中国科学院上海生理研究所
联系人: 吴秀凤
Phone: +86(0)21-64313251-8500
Fax: +86(0)21-64746305
E-mail: znzhou@server.shnc.ac.cn

International
ADInstruments Pty Ltd
Unit 6, 4 Gladstone Road
Castle Hill, NSW 2154
AUSTRALIA
Phone: +61 (2) 9899 5455
Fax: +61 (2) 9899 5847
Email: enquiries@adi.com.au
Web: http://www.adinstruments.com

PowerLab 系统具有 CE 资格,
并通过 ISO9001 认证。

如果你想获得更多关于使用
PowerLab 的信息, 请随时与
我们的技术人员联系。

所有 PowerLab 仪器都享有三
年保修服务。

Copyright. All rights reserved.

频谱窗口, 在此窗口下从编辑菜单选择编辑命令中的复制后出现对话框。
单中选择复制输出频谱数据。 可选择输出频谱数据到粘贴板的方式。

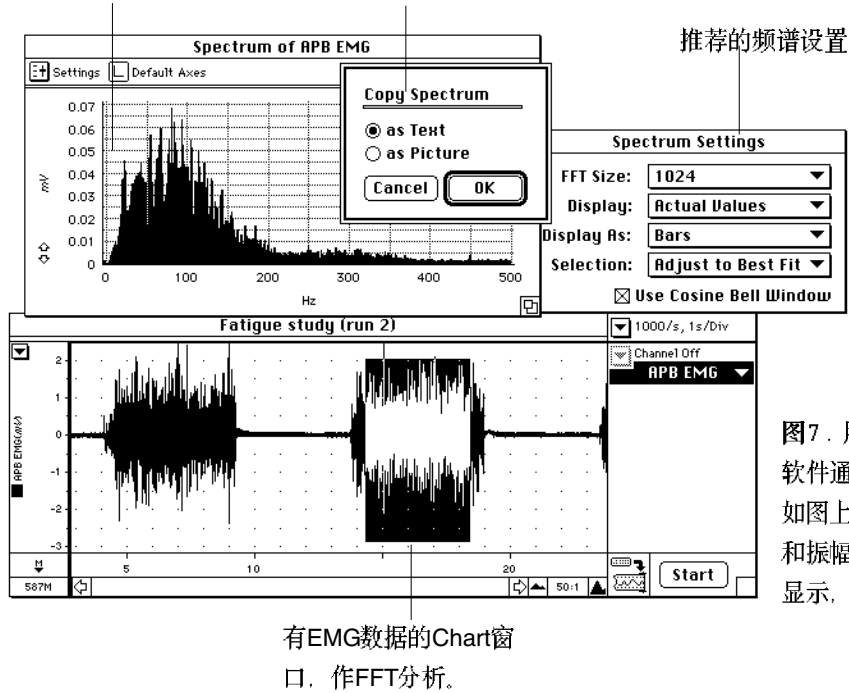


图7. 用“频谱” Chart 扩展
软件通过FFT分析干扰图形。
如图上的频谱窗口那样。频谱
和振幅数据可以复制到剪贴板
显示, 然后可粘贴到数据表。

图 8. 数据表计算平均频率, 频率
和振幅分别被粘贴到A 列和B 列。上
图: 最后四行数据, 以及下面的计
算结果。下图: 显示公式。

mean freq Worksheet				
	A	B	C	D
509	496.58	0.0011	0.546	
510	497.56	0.0010	0.493	
511	498.54	0.0008	0.389	
512	499.51	0.0006	0.305	
513				
514	ΣA = 3.410			
515		ΣfA = 411.202		
516			mean f = 120.571	
517				

mean freq formulas				
	A	B	C	D
509	496.582	0.0011	=A509*B509	
510	497.559	0.00099	=A510*B510	
511	498.535	0.00078	=A511*B511	
512	499.512	0.00061	=A512*B512	
513				
514	ΣA =		=SUM(B1:B512)	
515		ΣfA =		=SUM(C1:C512)
516			mean f =	
517				=C515/B514

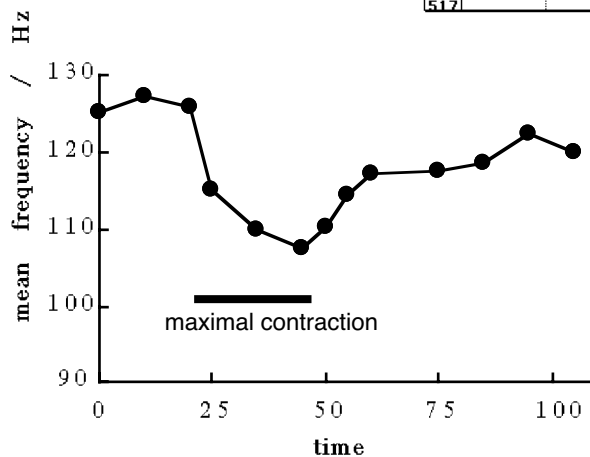


图9. 最大等长收缩时和其前后的拇指外展短肌电活动平均
频率, 每个点的平均频率是如图 7 和图 8 计算显示的。