

现图形感知的交变现象。

参 考 文 献

- [1] Dodwell, P. C.: Handbook of Sensory Physiology VIII: Perception. (Leibowitz, R. H. H. W. and

Tenber, H. L. Ed.) Springer-Verlag. 1978.

- [2] Vicker, D.: *Decision Processes in Visual Perception*, Academic Press, 1979.

- [3] 汪云九、赵冠美:《两个相互作用模型神经元的行为分析》(待发表), 1983.

[本文于1983年6月28日收到]

技术与方法

几种生物电信号的计算机获取与处理方法

陈 洪 文 吴 加 金

(军事医学科学院基础医学研究所, 北京)

生物电信号通常指脑电 (EEG)、心电 (ECG)、肌电 (EMG)、视网膜电流图 (ERG), 以及各种自发和诱发神经电位等, 种类繁多, 波形与频率也各异。在不同的研究领域中, 对这些信号的获取方式与处理手段也不相同。因此, 很难用一种通用的仪器和方法分析和处理。目前国内多将电生理仪器取得的信号, 收集放大后, 用示波或描记方法进行分析处理。本文介绍几种生物电信号的计算机获取和处理方法与应用实例。这些方法是在一台 PDP-12 小型电子计算机上建立的, 其硬件部分简单, 所用仪器设备国内均有生产, 也可以在微型计算机上应用。

一、放电频率的记录和时程分析

电生理仪器与计算机系统的联机, 如图 1 所示。

将电生理仪器输出的信号记录在盒式磁带记录仪上, 然后由计算机进行分析处理。送给计算机的信号, 经过一个简单的 TTL 电平转换线路, 进行电平转换, 再由计算机的外电平采样接口核对外电平的高低, 并进行采样。如果有信号输入, 计算机就计数; 无信号输入, 程序就自动记录两次放电的时间间隔。这样就能将放电频率和放电间隔都记录下来。没有外电平采样的

计算机, 利用外设中断请求线也能实现此功能。



图 1 电平采样原理图

这种方法适用于对膈神经和痛觉神经元等放电的记录和分析。图 2 是某种动物的膈神经单细胞吸气放电过程, 这类放电, 电位幅度大致相同。人们所关心的是放电频率, 放电间隔, 吸气时程(吸气持续时间) T_I 和呼气时程(呼气持续时间) T_E 的变化, 以及它们之间的关系。呼吸中枢的兴奋状态, 对放电频率有明显影响, 当呼吸中枢兴奋性增高时, 就会出现呼吸加深加快的现象^[1]。

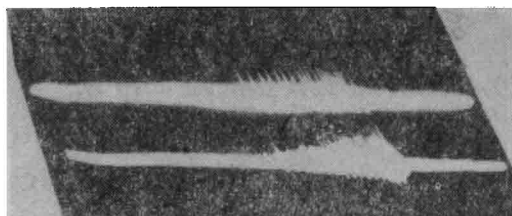


图 2 正常动物的膈神经放电

本方法可对每个放电过程的放电频率、两次放电的时间间隔及时程进行记录和分析, 也

可连续记录若干个放电过程, 求出 T_I 和 T_E 之间的关系, 以及放电频率直方图。如表 1 和图 3 所示。

表 1 计算机输出的一次吸气放电的参数*

1023	12	506						
28	499	315	215	292	175	179	186	
197	146	145	139	140	134	123	146	
218	96	160	95	100	104	85	128	
102	81	158	86	90	107	128	212	
88	168							
$T_E = 12782$								
$T_I = 5265$								
$N = 35$								

* 表中第一行数据用来计算 T_E ; 第二至第五行的数据表示放电次数和两次放电的时间间隔相对值, 由此可以计算 T_I ; 最下面的三行数字, 分别代表呼气时程、吸气时程和放电次数。

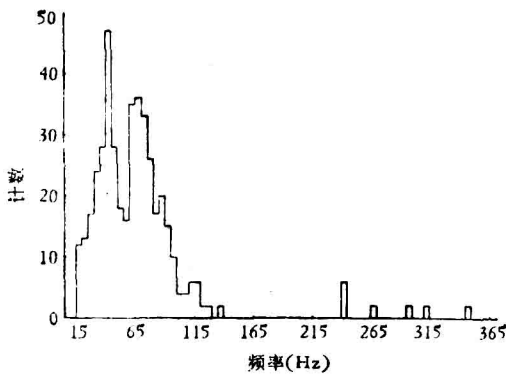


图 3 放电频率分布直方图

这是连续记录 15 个吸气放电过程(总放电数为 446 次)所得到的频率分布直方图。它反映了各种放电频率(即时间间隔)所占的比例大小, 对放电频率给予定量描述。

二、幅度采样和频率计数

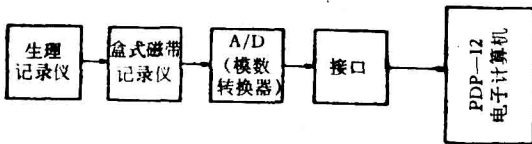


图 4 幅度采样原理图

这种采样方法是一般电生理仪器所不具备的。它适用于对自发放电过程的放电频率和幅度的记录与分析。图 5 是正常大鼠内脏神经自发放电过程, 各次放电的频率和幅度都有变化。

如用普通生理记录仪的示波照相和描记方法, 很难进行测量分析。我们采用电子计算机式多道脉冲幅度分析方法^[2], 实现对这类生物电信号的记录和分析。其原理是: 将生物电信号由线性脉冲放大器放大后, 经过模—数转换器 (ADC), 把信号幅度转换成数码, 作为道地址暂存于 ADC 的缓冲寄存器内, 不同幅度的电位, 对应于不同的道地址, 幅度相同的电位, 放在同一道地址中, 并同时记录各种幅度的电位数目。通过接口和计算机的控制线路, 把 ADC 缓存的内容转移到计算机内, 便可进行分析处理。

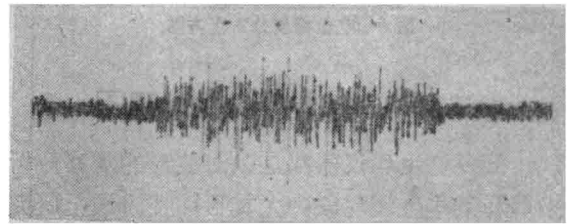


图 5 大鼠内脏神经自发放电

表 2 计算输出的谱形数据*

11	257	216	217	191	174
16	153	149	152	131	106
21	107	110	95	87	75
26	85	59	55	53	53
31	43	46	39	37	19
36	32	26	19	25	12
41	22	12	17	14	12
46	6	6	6	2	5
51	0	1	1	1	1
56	0	1	2	1	1
61	3	0	2	1	0
66	0	2	1	2	0
71	1	0	0	0	0

2940

* 表中数据是连续记录 20 个放电过程得到的结果。每行最左边的数字是道地址标号, 右边是各道所记录的电位个数; 道地址越大, 所代表的电位幅度也大。表中最后一行数字是记录的总放电次数。计算机输出的是电位幅度的相对值, 可用标准信号进行校正。

计算机可连续记录几个至几十个放电过程, 其结果可在显示器上显示出按电位幅度大小分布的谱形、用滑动游标可直接读出各种幅度电位的数目, 也可将谱形数据打印输出 (如

表 2)，或作出电位幅度分布直方图(如图 6)。

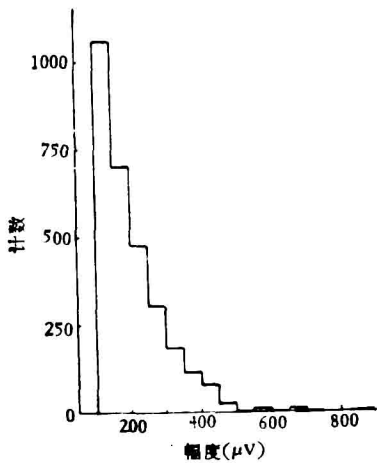


图 6 电位幅度分布直方图

三、波形采样及数据处理^[3]

很多电生理仪器都是以对波形的观察分析来解释某些生理现象，尤其目前在时域上研究诱发电位的情况下，波形和潜伏的长短是人们最关心的两个指标，但随着研究工作和临床应用的深入发展，单靠波形的定性描述远远不够，往往需要作进一步处理，进行定量描述。目前

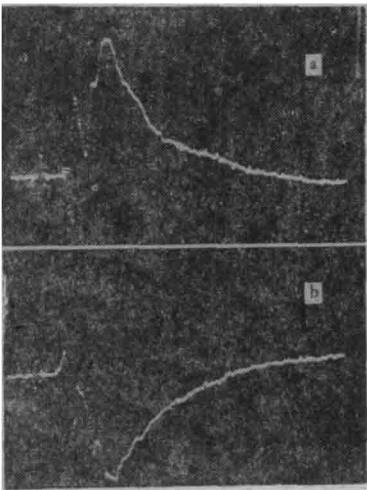


图 7 正常大鼠脊髓诱发电位
a L₁ 电位， b T₁₃ 电位

在生物电信号计算机处理方面，广为采用的方法是波形迭加，数字滤波，快速傅立叶变换，频

率功率谱分析，相关分析和传递函数等。此外，我们还建立了在时域中对波形特征参数提取的方法。

图 7 是经过计算迭加后得到的大鼠不同部位记录的脊髓诱发电位。

由图可见，在不同部位记录出不同的波形。实验表明^[4]，电活动的类型，即相位、波峰数，潜伏期及幅度等，与记录部位有明显关系。以电位潜伏期、波峰数、相位与幅度等指标，进行电位分类，可以找出记录部位与电位类型之间的关系，根据电位的类型、性质及特征，可进一步探讨某些神经系统的功能。表 3 是计算机提取的脊髓诱发电位参数。

表 3 计算机输出的各种参数*

BO = 54, Bi = 73, MF = 212
BV = -3.97437, TO = 665
PP(1) = -3.99648, P(1) = 79
T1(1) = 0, T2(1) = 210, T(1) = 210
PP(2) = -4.46391, P(2) = 86
T1(2) = 0, T2(2) = 245, T(2) = 245
PP(3) = -3.26346, P(3) = 98
T1(3) = 210, T2, (3) = 210, T(3) = 420
PP(4) = -3.81573, P(4) = 113
T1(4) = 0, T2(4) = 525, T(4) = 525
PP(5) = -2.96405, P(5) = 123
T1(5) = 0, T2(5) = 350, T(5) = 350
PP(6) = -2.97212, P(6) = 126
T1(6) = 0, T2(6) = 105, T(6) = 105
PP(7) = -2.18489, P(7) = 143
T1(7) = 0, T2(7) = 595, T(7) = 595
TH = 1715

* 表中 BV 基线值；TO 从刺激到出现电位的时间（潜伏期），下面依次是各 P 波、N 波的幅度、出现时间以及各波的上升枝和下降枝的时间；TH 下降 1/2 的时间(单位：微秒)。

结 语

本文介绍的几种方法，对各种信号的分析处理主要是靠计算机软件实现的。可将信号记录在便携式盒式磁带记录仪上集中处理，也可以将生理记录仪直接联机，进行实时分析处理。联机方法简单，使用灵活方便。除所介绍的几种生物电信号外，对其它信号也能够进行收集与处理。

参 考 文 献

- [1] 潘令和等:《生理学报》, **34**, 49—54, 1982。
[2] 吴加金等:《核探测器和核电子学》(会议资料汇编), 459—464, 1979。

- [3] 吴加金:《生理科学进展》, **10**, 359—363, 1979。
[4] 李文彬等:《军事医学科学院院刊》, **5**, 555—561, 1982。

[本文于 1983 年 12 月 14 日收到]

等速电泳及其在生物医学中的应用

竺 安

(中国科学院化学研究所, 北京)

70 年代初发展起来的等速电泳技术^[1,2], 已广泛应用到生物医学领域中。1979 年第一次国际等速电泳会议的内容全部都是与生物、生化有关的。第二次国际会议(1980 年)上发表的论文有三分之二是生物医学方面的研究。

等速电泳的原理和装置可参考文献[2], 它的特点是分辨率高, 分析速度快, 并便于自动化。它既可分析蛋白质、核酸等生物大分子, 也适用于分析金属离子和无机阴离子。对于某些复杂的生物或临床样品, 可以不经预处理而直接分析。许多生化样品虽然也可用高效液相色谱分析, 但往往要预先净化, 以免玷污贵重的柱填料。

一、氨基酸、肽、蛋白质

等速电泳用于氨基酸分析的例子不太多^[3]。它可以用于肽水解后氨基酸的组成分析。代谢紊乱病人血清中酸性氨基酸用此法分析, 结果较离子交换色谱法稍高, 但分析时间短。Kodama^[4] 在分析先天性亮氨酸代谢紊乱病人尿中异戊酰甘氨酸时, 样品不经预处理, 进样量为 0.1 微升, 比气相、薄层色谱更快而且准确。

肽的分析也有报道, 如监测肽的合成和纯化^[5]; 结合离子交换色谱法对尿毒症患者体液中的肽类进行研究。有重要生理作用的激素肽, 与肝昏迷相关的肽, 也都有用等速电泳法进行分离、分析和鉴定的。

等速电泳主要还是用于蛋白质的分

析^[6-12], 近几年进展很快。以前多用 Tiselius 自由界面电泳, 区带电泳, 圆盘电泳和等电聚焦电泳。在等速电泳的技术发展中, 因为采用了合适的添加剂来增加粘度和减少电渗, 使用高灵敏度的紫外检测器, 才使之适合蛋白质的分析。分析的样品包括脑蛋白、血红蛋白、糖蛋白、凝集素、眼晶体蛋白和蛇毒等^[12]。特别是脑脊髓液的分析, 对多发性硬化症、脑膜炎、伽玛珠蛋

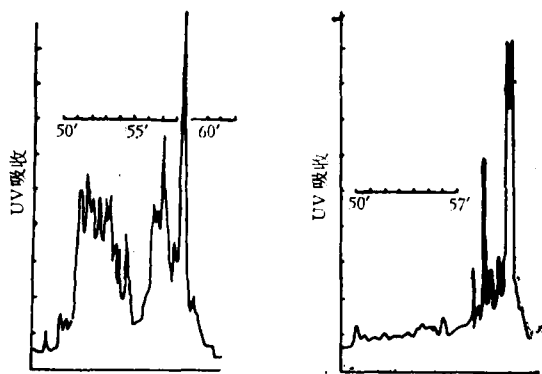


图 1^[6] 多发性硬化症患者和正常人脑脊髓液(CSF)中免疫球蛋白等速电泳图

阳离子体系, a) 10 μ l CSF 多发性硬化症患者患者 IgG 浓度高, 迁移速率快的组分(即 pI 值偏碱性)相应较多。b) 正常人对照。

白病等的临床研究是很重要的^[6,9,10-12]。

现已知道, 动物行为习惯或记忆一旦建立, 其脑蛋白的构成即发生变化, 其中尤以海马部分的可溶性蛋白的变化最为明显。等速电泳正好适合这种研究。通过训练将大鼠的惯用于取食的此一前肢改为另一前肢时, 海马中的蛋白