

脑干诱发电位在法医学的应用

曾泽民 编著
赵子琴 主审

厦门大学出版社

谨以本书庆祝厦门市
人民检察院技术处成立五周年

(1991—1996)

勤於耕耘結碩果
無私奉獻法醫學

題贈曾澤民同志

鄭義正

一九九二年
十月一日

福建省人民檢察院檢察長鄭義正題詞

序 言

诱发电位学是近 10 几年来发展起来的一门临床科学,而脑干诱发电位在法医学鉴定中的应用则更是近年来才日趋成熟的一门新兴边缘学科。随着临床法医学的发展,仅靠临床常用的一些方法(如音叉、听力计和视力表等),已远远不能适应临床法医学鉴定的需要,而脑干诱发电位的检测技术的发展和运用,以其特有的客观性弥补了这方面的不足。该项新技术作为一种客观的检查方法,可较好地解决历来法医学鉴定中的一些技术难题,如有关听力和视力损伤以及伪聋或者伪盲等方面的鉴定。至今,国内仍缺乏有关脑干诱发电位在法医学鉴定中的应用方面的专著。曾泽民同志结合自己的法医实践和体会,编写了《脑干诱发电位在法医学的应用》这部专著。本书的出版,不仅填补了这项空白,同时也为推动临床法医学进一步发展发挥了积极的作用。

作者在书中对脑干诱发电位在法医学鉴定中的应用作了较为详细的论述。关于脑干诱发电位在鉴定听觉、视觉损伤以及伪聋或者伪盲等方面的作用,作者结合自己的实践和体会,着重从听觉和视觉的生理基础、脑干诱发电位的基本原理、听觉和视觉损伤的法医学鉴定方法、法医学鉴定标准、法医学鉴定意义以及注意事项和影响因素等方面作了较全面和系统的论述,同时也对脑干诱发电位的最新进展作了一些介绍。

本书可作为公安、检察、法院等法医工作者的参考书,对司法

和保险工作者、医务人员、劳动安全管理人员以及医学院校师生也具有一定的实用价值和参考价值。

上海医科大学基础医学院法医系

赵子琴

1996 年夏

前 言

诱发电位在法医学鉴定中的应用是一门新兴的边缘学科,它涉及到物理学、电子学、人体解剖学、生理学、临床医学和法医学等诸多学科。随着法医学的发展,若仅仅靠临床常用的视力表、音叉试验、听力计等检查方法的结果作为鉴定视力和听力损伤程度的依据,已远远不能满足法医学鉴定的需要。尤其是听力、视力障碍等方面的鉴定,历来都是法医学鉴定的技术难题。诱发电位的检测技术较为客观、简便,无创伤,可重复性好,可为伪聋、伪盲或伪弱视者、婴幼儿以及意识障碍者等的视力和听力障碍的法医学鉴定提供客观的检查方法。

但迄今国内外尚未见到有关诱发电位在法医学鉴定中的应用的专著。作者自 1993 年以来,通过应用 NEURONICA-02 诱发电位仪,对听觉和视觉系统的诱发电位进行了一系列的研究和测试,同时参考国内外有关文献,结合自己的法医实践和体会写成这本书。本书重点介绍两种已经成熟并可应用于法医学鉴定的诱发电位,即脑干听觉诱发电位和视觉诱发电位。书中比较系统地介绍听觉和视觉系统的解剖生理基础、诱发电位的基础知识、基本原理、实验室条件、测试方法、法医学鉴定标准以及在法医学鉴定中的作用,同时讨论某些问题,并有选择性地介绍这门新兴学科的一些最新进展和新趋势。作为一本专业参考书籍,书中的许多资料、数据或计算公式可给从事这方面工作的同行提供参考和借鉴。

上海医科大学基础医学院副院长、法医系主任赵子琴教授和同济医科大学法医系主任、医学博士秦启生教授,对本书进行了全面的审阅,并做了修改。赵子琴教授还为本书撰写了序言。

在本书的编写过程中,得到了厦门市人民检察院林智忠检察长的关心和支持。福建省人民检察院郑义正检察长亲自为本书题词:“勤于耕耘结硕果,无私奉献法医学”。

厦门市人民检察院技术处任澄清处长对本书的写作进行了指导。福建省人民检察院技术处卢光振处长、陈建新副处长和潘文荣主检法医师以及厦门市中级人民法院法医室洪永源主任,也对本书的写作提出了一些宝贵的意见。

作者在此谨向上述各位领导、专家和同行表示衷心的感谢!

作 者

1996年春于厦门

目 录

序言

前言

第一编 诱发电位的基础知识和基本原理 (1)

第一章 诱发电位的含义 (1)

第二章 诱发电位的发展简史 (4)

第三章 脑干诱发电位仪的工作原理 (7)

第四章 诱发电位的分类 (10)

第五章 诱发电位活动的起源与传导 (14)

第六章 诱发电位实验室及其设备 (18)

第二编 脑干听觉诱发电位 (21)

第一章 听觉系统的解剖和生理 (21)

第一节 耳的解剖 (21)

第二节 听觉传导通路 (21)

第三节 与听觉诱发电位有关的的一些基本概念 (23)

第四节 听觉的基本生理过程和机理 (28)

第五节 听觉诱发电位的起源和种类 (32)

第二章 脑干听觉诱发电位 (37)

第一节	脑干听觉诱发电位测试方法	(37)
第二节	脑干听觉诱发电位的典型波形和 正常数值	(43)
第三章	脑干听觉诱发电位在法医学鉴定中的应用	(47)
第一节	脑干听觉诱发电位异常的标准	(47)
第二节	对异常脑干听觉诱发电位的法医学解释	(48)
第三节	有关听力损伤的法医学鉴定标准或 法规条文	(52)
第四节	脑干听觉诱发电位的法医学应用	(58)
第四章	在应用中应注意的事项和影响因素	(65)
第一节	在应用中应注意的事项	(65)
第二节	影响脑干听觉诱发电位的因素	(69)
第三编	视觉诱发电位	(77)
第一章	视觉系统的解剖和生理	(77)
第一节	眼球的解剖	(77)
第二节	视觉传导通路	(81)
第三节	与视觉诱发电位有关的一些光学知识 和基本概念	(83)
第四节	视觉的生理过程和机理	(89)
第五节	视觉诱发电位的起源和种类	(93)
第二章	视觉诱发电位	(100)
第一节	视觉诱发电位测试方法	(100)
第二节	模式翻转视觉诱发电位的典型波形 和正常数值	(115)

第三章 视觉诱发电位在法医学鉴定中的应用·····	(133)
第一节 视觉诱发电位异常的标准·····	(133)
第二节 异常视觉诱发电位的法医学解释·····	(136)
第三节 有关视力损伤的法医学鉴定标准 或法规条文·····	(141)
第四节 视觉诱发电位的法医学应用·····	(153)
第四章 在应用中应注意的事项和影响因素·····	(160)
第一节 在应用中应注意的事项·····	(160)
第二节 影响视觉诱发电位的因素·····	(162)

附录

附录 A 听功能检查法 ·····	(172)
附录 B 伪聋(或许聋)检查法 ·····	(177)
附录 C 视功能检查法 ·····	(179)
附录 D 伪盲(或许盲)及伪弱视检查法·····	(189)
附录 E 主要缩写词中英文对照·····	(195)

第一编 诱发电位的基础知识和基本原理

第一章 诱发电位的含义

诱发电位(evoked potential, EP)是指神经系统(包括神经感受器)某一特定部位给予适宜刺激(如声、光、电等刺激),在中枢神经系统(包括周围神经系统)相应部位产生可以检测出的与刺激有恒定时间关系的生物电活动。“诱发”是相对于“自发”而言的。自发电位(spontaneous potential)是指人体在无外界刺激时产生的电活动,这种电活动多具有连续性和节律性,如脑电图(electroencephalogram, EEG)就是一种中枢神经系统(central nervous system, CNS)的自发电位。而EP则是CNS处于特定功能状态下的生物电活动,具有三个典型的特征:①反应形式固定;②有一定的空间分布;③与刺激有固定(或恒定)的锁时关系。

人对外界环境的作用和影响是靠人从外界环境接受刺激,并对其进行分析、比较和判断,然后做出适当的反应。外界发生的事件,都是以不同形式刺激人体的感觉器官并产生神经冲动。这些神经冲动沿着特定的通路向中枢传递,直至大脑皮层。神经冲动在其通路的不同节段上,经过不同级别的组合、分析和反应,最后在大脑皮层,对这些神经冲动传递的信息进行复杂的综合处理,并做出判断,最后发出适当反应。在神经冲动传导的不同节段,有关的神元结构都会产生自身的电位活动。若在头皮或其他部位安置电极,上述生物电活动就可以被记录下来,这些电位活动统称为诱发电位。

从理论上说,任何刺激只要能直接或间接造成周围感觉神经或混合神经的去极化(depolarization),就能从相应的神经结构中诱发电位变化。实际上人体从外部世界所接受的刺激是复杂多变的,其性质、数量、强度以及涉及的时间和空间极不稳定,因而无法对这种自然刺激诱发的 CNS 电位变化进行定量分析和研究。要对这种自然刺激诱发的 CNS 电位变化进行定量分析和研究,其可行的方法就是使用诸如短声、闪光和脉冲电流等人为的感觉刺激,并对刺激的类型、性质、数量、强度、频率和持续时间等参数进行严格控制,才有可能对记录的结果做定性和定量的分析,才有可能使记录方法和分析方法标准化,以达到我们要求的目标。

目前,只有视觉、听觉和躯体感觉系统的 EP 在临床和科研中应用最为广泛,同时也引起了法医学界的高度重视。但是即使是视觉、听觉和躯体感觉的诱发电位,也不是所有成分都能普遍应用于临床和法医学鉴定,其中只有脑干听觉诱发电位(brain stem auditory evoked potential, BAEP)、模式翻转视觉诱发电位(pattern reversal visual evoked potential, PRVEP)、闪光刺激视觉诱发电位(goggle stimulated visual evoked potential, GSVEP)和短潜伏期躯体感觉诱发电位(short-latency somatosensory evoked potential, SLSEP)受到临床学家和法医学界的普遍重视,发展也较快,在理论上和技术上日趋成熟。

实际上,上述各种 EP 均为瞬态诱发电位(transient evoked potential)。在用声、光或躯体感觉性刺激诱发上述各种诱发电位时,若每次扫描时间内只给一次刺激,而且扫描时间比单个诱发电位时程长,这样记录的诱发电位即称为瞬态诱发电位。瞬态诱发电位在临床和法医学鉴定中应用最广泛,因此,目前所讲的诱发电位一般是指瞬态诱发电位而言。上述这些诱发电位为评价相应感觉系统的传导功能,提供了一种可定量的客观检测手段。特别是近十几年来,这几种诱发电位曾用于健康人和多种神经系统疾病的研

究,并取得了大量的成果。这些成果不仅有助于损伤鉴定或疾病诊断,而且有助于评价损伤的程度。

关于 BAEP、PRVEP 和 GSVEP 这三种 EP,我们将在以后的章节分别做进一步的详细叙述。

第二章 诱发电位的发展简史

Richard Caton(1875)首次从兔脑表面直接记录到 EP, 但因其波幅很小, 并埋藏在自发 EEG 活动中, 所以, 当时无法进行细致和广泛的研究。

Dawson(1947)首先介绍用照相叠加技术记录 EP, 并首次从人脑表面记录到 EP。4 年后, Dawson(1951, 1954)又介绍了平均技术, 并在生理学会上示范了第一台平均仪——电机械模拟计算机, 从而开创了 EP 应用的新纪元。

20 世纪 50 年代早期, 国外学者开始应用诱发电位对神经系统疾病进行研究, 直到 70 年代早期, 它在临床上的应用价值才被确定下来, 近 10 几年来已发展为临床诱发电位科学。如此长时期停滞, 主要原因是早期把注意力过多地集中在诱发电位的短潜伏期的成分上。长潜伏期的 EP 波幅较大, 容易获得, 但它的波形在正常人中变异很大, 且容易受多种生理因素(如注意力不集中和嗜睡等)的影响, 在正常人中很难得到一致性和可重复性的结果, 因而不能应用于临床和法医学鉴定。BAEP 和 SLSEP 等短潜伏期的 EP 具有波形稳定性及可重复性高的特点, 并且不受麻醉、药物和生理等影响的优点。但是, 它们的波幅很低, 记录技术困难, 直到 70 年代初期, 随着记录技术水平的提高, EP 才开始应用于临床的研究。在 20 世纪 60 年代末和 70 年代初的生理放大器有了很大的改进。尤其是场效应晶体管(field-effect transistors)的应用, 更是一大进步, 它使生物电信号大幅度地放大, 而仪器和环境的噪声放大则不明显, 这是过去真空管技术所不能达到的。这样就可以把十

分之几 μV 大小的生物电信号记录下来,这在技术上有助于促进低波幅、短潜伏期 EP 在临床和法医学上的应用。

VEP 虽然也是长潜伏期的皮层 EP,但因它也有较高程度的波形一致性和可重复性,这可能与所采用的刺激本身的特征有关。由于早期仪器使用的光源多有亮度的改变,它所诱发的视觉诱发电位的波形、波幅和潜伏期也有很大的个体变异,这限制了视觉诱发电位早期在临床和法医学上的广泛应用。至 20 世纪 70 年代初期,改用模式翻转光源刺激后,才使 PRVEP、GSVEP 有高度的波形稳定性和可重复性,从而使得 PRVEP、GSVEP 能够广泛应用于临床和法医学鉴定。

国内在这个领域的研究工作起步得较晚些。目前,一些大中城市如北京、上海、武汉、郑州、青岛和厦门等地的医院或政法部门已相继建立了诱发电位实验室。尤其是近几年,一些单位的法医工作者开始把 EP 应用于法医学活体损伤的检验鉴定中。关于脑干诱发电位在法医学上的应用,《法医学杂志》1988 年第 4 卷第 2 期上即有华西医科大学法医系肖松明等关于应用 Nicolet CA-1000 型听诱发电位仪检查脑干听觉诱发电位的报道。《中国法医学杂志》1989 年也有这方面的报道。可见,脑干诱发电位在法医学鉴定中的应用已经相当成熟了。

在国内公、检、法三家中,相对于全国公安和检察系统而言,诱发电位这项技术在全国法院系统开展得比较早,也比较普遍。1995 年 5 月中旬,最高人民法院技术局在南昌召开了首届全国法院系统诱发电位技术研讨会,共有来自北京、上海、辽宁、山东、山西、浙江、江苏、湖南、河南九个省的高级法院以及南昌和鞍山二个市中级法院的 19 位法医专家参加了会议。会上,法医专家们对几年来开展诱发电位工作的情况进行了回顾和总结,并围绕以下几个方面的问题进行了交流:1. 应用 BAEP 和 ECoG 在鉴别伪聋、评价听觉功能、判断耳聋性质和损伤部位中的价值和意义;2. 应用

PRVEP 和 GSVEP 鉴别伪盲,用改变 PRVEP 刺激视角的方法评价视觉功能,根据 P100 波峰潜伏期的改变判断是否存在视神经损伤的体会;3. 应用计算机处理诱发电位数据的经验;4. 正确认识诱发电位在法医学鉴定中的作用,重视其它检测方法的应用。另外,法医专家们还就应用 40Hz 听觉相关电位评价语言区听觉水平的价值和应用 P300 事件相关电位评价智力水平的可行性以及如何识别仪器或人为造成的干扰和伪迹等进行了研讨。这次会议的召开对进一步促进和推广诱发电位在我国法医学上的应用,无疑起了巨大的推动作用。

现在,有些先进的脑干诱发电位仪(像 NEURONICA-02、Cadwell Excel 和 Nicolet 等诱发电位仪)均已采用了一些新技术,如数字计算机(digital computer, or digital computer machine)应用于电生理学研究,这是 EP 技术发展史上的又一大进展,同时也使得 EP 的检测、记录和分析变得简便易行。

第三章 脑干诱发电位仪的工作原理

除了闪光刺激和模式光刺激诱发的 EP 波幅较大并在常规 EEG 仪中能见到外,绝大多数 EP,特别是临床和法医学鉴定中最有价值的 PRVEP、BAEP 和 SLSEP,在 EEG 仪中不能见到。因为 EP 波幅很小,约为 $0.1\sim 20\mu\text{V}$,且被掩盖在波幅较大的 EEG 或各种伪迹和干扰之中。自发性 EEG、各种伪迹和干扰等统称为背景活动(background activity)或噪声(noise)。因此,由于脑干诱发电位极小,用肉眼无法观察和分析,为了把掩盖在众多的背景活动中的 EP 分离出来,必须用电子计算机进行特殊的技术处理,才能把脑干诱发电位从背景活动中提取出来。从随机噪声背景中提取有效信号的方法主要有叠加分析、平均技术、相关函数分析和功率频谱分析等。脑干诱发电位仪最常用的提取技术是信号叠加技术(technic of superposition)和平均技术(average technic)。这两种技术的本质是应用平均计算机(average computer),在反复多次给予同样的刺激过程中,经过叠加,凡与刺激有固定锁时关系的重复出现的 EP 相对地逐渐增大;而与刺激无固定锁时关系的随机的背景活动则在多次刺激过程中相互消减,逐渐变小,逐渐形成一条直线从而使 EP 从背景活动中显现出来。由于诱发电位的波幅很低,要依靠平均技术处理后才能显现和记录下来,故又称为平均诱发电位(average evoked potentials)。

叠加技术或平均技术要求多次给受测试者以相同的刺激。每次刺激后,在信号出现时期内记录的电活动是一种混合物,它不仅含有预期的 EP,还混有背景噪声。若将多次刺激后记录的电活动进