

临床视觉电生理学

CLINICAL ELECTROPHYSIOLOGY OF VISION

吴乐正 吴德正 主编

科学出版社

1999

内 容 简 介

本书是一本较全面和系统阐述临床视觉电生理的专著。全书包括临床视觉电生理学的重要组成部分：视网膜电图、眼电图、视觉诱发电位等。分别讲述其基本理论及最新学术成就，特别着重于在视觉系统疾患临床应用中的意义和相互联系。本书亦介绍了各种临床视觉电生理的测定技术及其新进展，还介绍了国际标准化要求。

本书对眼科医生、从事视觉和神经学研究等有关临床学科医技人员和高等医药院校的师生都有重要参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

临床视觉电生理学/吴乐正, 吴德正主编. -北京: 科学出版社, 1999.5
ISBN 7-03-007272-3

I. 临… II. ①吴…②吴… III. 视觉-人体生理学: 电生理学 IV.
R339.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 02908 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

新蕾印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 5 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1999 年 5 月 第一次印刷 印张: 29 1/2

印数: 1—3 000 字数: 662 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(新欣))

纪 念

发展我国临床视觉电生理学的启蒙者

陈耀真教授毛文书教授

序 (一)

视觉电生理学是一门崭新的学科，它能用客观无损的方法测量人类视觉功能。远在1849年，Dubois Reymond偶然发现蛙眼存在着电位，这个新鲜事物启迪科学家的兴趣，从此开始了一个新纪元。科学家们以开拓和创新的精神先后建立了视网膜电图、眼电图和视诱发电位，并广泛用于研究和临床，测量方法日臻完善，有了很大的发展。目前，视网膜电生理检测方法能确切记录从周边部视网膜到中枢视皮质的视觉系统各层次神经元的生物电表现，所以，视觉电生理检查已成为现代眼科临床的常规检查项目之一。

视觉电生理检查有特殊功能，它可以提高到生物分子水平来认识眼病的发生、发展和发病机制；它可以探索视功能障碍的发生和发展，用以指导治疗和预后；也可用于幼儿视觉功能的判断及诈盲、癔病的鉴别诊断等，因此，不能为其他方法所代替。

我国视觉电生理起步较晚。在60年代，我国现代眼科先驱陈耀真、毛文书教授高瞻远瞩，在极差的条件下建设视觉生理室，开展视觉电生理的研究，培养专业人才。这本临床视觉电生理学的出版，反映了中山医科大学中山眼科中心视觉生理室的实力和贡献。

在新技术出现时，惯例要走一段迂曲的道路。仪器不同、操作方法各异，再加上经验不足等，可导致分析、结论悬殊，甚至错误。这本临床视觉电生理学专著的出版正是时候。著者们有深厚的视觉电生理学的造诣和丰富的临床经验，详尽地介绍国内外视觉电生理学的进展，集有关视觉电生理学的大成，将会对我国视觉电生理的发展起到一个推动作用，使视觉电生理技术规范化、标准化，更重要的是同国际接轨。

学问无止境，衷心祝愿本书著者学习陈耀真教授为中国眼科事业为己任的精神，不断攀登医学高峰。

胡 铮

中国协和医科大学北京协和医院眼科

1998年5月31日

序 (二)

临床视觉电生理是眼科临床视功能测试的常规手段，它不同于心理物理的测定方法，具有客观性、无创性和对病变从视网膜各层至视皮层进行分层定位等特点。近几十年来，由于计算机技术的迅速发展，使视觉电生理仪的刺激系统、记录系统和数据分析系统日臻完善和专业化。当前，ERG 不仅包括常规全视野闪光的测定法，还发展了局部 ERG 和图形 ERG，近几年来又发展了多焦 ERG，更为准确地作出对视网膜病变的定位；EOG 的记录已一改以往需花很多时间的手工测试法，通过计算机的处理直接获取 EOG 的反应曲线及相应各参数值，为诊断色素上皮和光感受器病变提供依据；VEP 的测定应用图形刺激的单导和多导记录，对视路病变进行客观定位，并又进行了 VEP 在头颅的地形分布图的研究，而视力低下者可进行闪光 VEP 记录。同时，自 80 年代起，国际临床视觉电生理学会又逐步制定了临床视觉电生理国际标准化测试的方案，提供了测试的规范化。在眼科临床，很多诊断、疗效评价及预后判断等均需要视觉电生理的应用。

我国现代眼科奠基人之一的陈耀真教授于 50 年代末就倡导发展我国临床视觉电生理学，经过几十年来国内同道们的努力，我国临床视觉电生理已经取得了很大的成绩，并逐步与国际接轨。陈教授的学生吴乐正教授和吴德正研究员为此作出了杰出的贡献，可喜可贺。中山医科大学中山眼科中心视觉生理室从事临床视觉电生理工作近 40 年，积累了丰富的临床经验和取得了丰硕的科研成果，他们一贯工作勤奋，学风严谨，不仅在国内培养了一批批从事此项工作的人才，而且他们的贡献在国际上也为世人所瞩目。现在编著了《临床视觉电生理学》这一本全面和系统阐述临床视觉电生理的专著，汇集了国内外学者在该领域中所取得的成果，内容广泛，包括 EOG、ERG 和 VEP 的基础理论、测试方法、临床应用及最新进展。本书的出版将为眼科医生、从事视觉科学和神经科学研究的工作者提供一部重要参考书，尤其重要的是将进一步推动我国临床视觉电生理工作的发展。

袁佳琴

天津医科大学

1998 年 5 月 20 日

前 言

1989年，在第28届国际临床视觉电生理学术会议于中国举行前夕，科学出版社出版了我们所著的《视网膜电图学》。会后，大家对临床视觉电生理知识有更进一步需求，很多同道建议我们该有一本系统的临床视觉电生理专著。

在短短的10多年里，我国临床视觉电生理学有了很大发展，很多医院眼科相继开展了临床视觉电生理检测，提供了有效的服务。临床视觉电生理的学术交流也很活跃，在国内外取得较好影响，为此出版一本较全面和系统阐述临床视觉电生理的专著，确很迫切，也甚有必要。

感谢科学出版社的大力支持以实现这一目标。参加撰写本书的有中山医科大学多届视觉生理专业毕业的博士和硕士，他们既具有较强的科研、教学能力，又亲自参加临床视觉电生理检测的实践，且在不长的时间里积极投入撰写了本书的有关篇章。

本书既有临床视觉电生理学ERG、EOG及VEP三大组成部分的基本理论和临床应用，也汇集了当前国际临床视觉电生理学的最新成就，还有多年来我国在此领域中的进展。

科学永无止境，知识也不断更新。我们希望这本书能为我国临床视觉电生理的发展有所奉献，但肯定还要不断补充。限于我们的水平，当有不足之处，更望读者不吝指正，这也是为本书付之集体劳动的全体编著者的共同愿望。

吴乐正

1998年2月

绪 言

眼病的诊治，最根本的是关系到视功能。对视功能的了解、判断和检测基本可归为两大类，一类是心理物理学方法，如视力、视野、暗适应、色觉和对比敏感度等，另一类就是电生理方法，如 ERG、EOG、VEP 等测定。后者是客观的无损伤的测定，对于婴幼儿、老年人、智力低下、不合作者或伪盲者更可作为有效的视功能检测。

1945 年，Karpe 最先将视网膜电图 (electroretinogram, ERG) 引进到临床应用。到了 20 世纪 60 年代，眼电图 (electrooculogram, EOG) 及视觉诱发电位 (visual evoked potential, VEP) 亦相继迈入临床应用领域。半个多世纪来，临床视觉电生理学已有了很大发展。

这一方面，随着现代科学技术的日益进步，对视觉过程中的生物电测定日臻完善，可以分别记录到从周边视网膜到中枢视皮层的视觉系统各层次神经元的生物电表现。同时，对各种视觉电位其成分亦有了较好的分析及了解，使之可以分离来自视网膜色素上皮、光感受器、视网膜第二、第三神经元、视路和视皮层等各种组织结构的视觉电位特征、状况和变异以及彼此间的联系。

临床视觉电生理的进展可以概括如下：

首先，视觉电生理为临床眼病的诊断、鉴别诊断、预后判断以及发病机制研究等作出了不可估量的贡献。如在视网膜色素上皮的遗传性疾病视网膜色素变性、卵黄样黄斑变性等一些眼病中，EOG、ERG 的改变有特殊诊断或分型意义；又如糖尿病性视网膜病变 ERG 振荡电位改变具有特色；而当 ERG 的 a、b 波比例 (a/b) 有变异，可成为视网膜劈裂症等诊断的依据。图像 ERG (PERG) 异常在青光眼的症状和预后判断上亦有价值。近年来通过 ERG 的 a 波振荡电位，结合 VEP 等变化，在黄斑病变诊断中亦显示一定意义。

其次，ERG、EOG 和 VEP 对临床视觉系统疾患的定位有重要意义。在视网膜深层疾患，EOG 和 ERG 的 a、b 波可有异常，而在视网膜浅层疾患，如血管性病变时，振荡电位则呈异常。在与视网膜节细胞层有关的疾病，可出现图像 ERG 异常；而视神经病变，则 VEP 呈现异常。如果这些检测都正常，则基本排除了视网膜到视皮层的器质性障碍。

因而，视觉电生理已广泛应用到眼科临床，已成为一项重要的视功能检查内容。

随着系列化视觉电生理测定的开展，可以更深刻地探讨视功能异常的各种联系。如将图像 ERG (P-ERG) 和图像 VEP (P-VEP) 同步记录，ERG 和 EOG 共同比较，这样既可对视觉电现象作层次分析，又可找到它们之间的联系；又如视网膜-视皮层时程 (retina-cortex timing, RET) 计算，就是 ERG 和 VEP 两种测定结合得到的视觉信息，它有利于对视觉系统疾患的整体思考。

由于应用计算机技术的发展，为视觉电生理学进展开阔了新局面，如发展了自动调

控的多种模式、多种变换的刺激系统；使用单次记录到叠加平均技术；从简单的波形分析到频谱分析等，以提高摄取视觉信息量和对视觉疾患的定位以致定量分析，亦将全视野测定发展到局部测定，又发展到多焦测定，不断提高视觉电生理的应用价值。

伴之而来，国际临床视觉电生理学会大力推动临床视觉电生理测定的标准化，经历10年左右，先后公布了ERG、EOG及VEP的标准化规定，又提出临床视觉电生理应用的规范化方案，这些文件，不仅对临床视觉电生理的应用起着积极的指导作用，而且易于达到共识，促进交流，有利于具有更广泛的可比性。

我国临床视觉电生理学从本世纪50年代后期开始成长、发展，特别从80年代起以很短时间追上国际发展的步伐，现在我国很多省、市、地区医院眼科已开展了临床视觉电生理检测。通过多年的推广、培训人才和研究生培养等，我国逐渐有了一定数量的专门人才和一支高素质的专业队伍，为我国临床视觉电生理的发展打下了很好的基础，也作出了贡献。我国学者最先开展以光强度-电位反应函数作ERG的分析，使之以多元参数变化对视觉疾患作出早期诊断；报告ERG a波振荡电位的变化对评价黄斑病变视功能的意义；展开ERG b波振荡电位的傅里叶变换频谱分析；测定青光眼的颜色VEP改变；用电生理测定作客观对比敏感度检测；提出视跟踪运动的生物电活动数学模式，等等，都先后在国际著名学术刊物上以论文发表，有的研究在国际和国内多次获奖。我国已先后举办了六届全国临床视觉电生理学术会议，并于1990年主办了第28届国际临床视觉电生理学术会议，参加了国际临床视觉电生理学会委员会工作。我国眼科学会眼电生理学组的建立、中华眼科杂志视觉生理研究重点号出版、国产视觉电生理仪器上市，对我国临床视觉电生理学的发展，无疑给予了有力的推动。

继1989年，科学出版社出版了我们所著的《视网膜电图学》后，现在《临床视觉电生理学》又出版了，这标志着我国临床视觉电生理学又向前迈进了一步，可以相信，随着今后现代眼科学的发展，它也会更上一层楼。

吴乐正

目 录

序 (一)	
序 (二)	
前言	
绪言	

第一篇 视网膜电图

第一章 视网膜电图发展史	(3)
第一节 视网膜电图的早期发现	(3)
第二节 视网膜电图记录技术的早期发展	(4)
第三节 视网膜电图的波形分析和起源的研究	(5)
第四节 视网膜电图的近代发展	(8)
第五节 视网膜电图的现代发展	(10)
第二章 视网膜电图生理基础	(14)
第一节 视网膜电图起源及各成分分析	(14)
一、视网膜电图的 Granit 三导程分析	(14)
二、视网膜电图主要成分的特征及起源	(16)
第二节 视网膜电图的分类	(26)
一、适应状态	(26)
二、刺激的形式	(27)
三、刺激范围	(27)
四、刺激光的颜色	(27)
五、其他	(27)
第三节 正常人视网膜电图波形的基本特征	(28)
一、暗适应视网膜电图	(28)
二、明适应视网膜电图	(31)
三、局部视网膜电图	(33)
四、图形视网膜电图	(34)
第四节 影响正常视网膜电图的因素	(35)
一、刺激参数	(35)
二、眼的生理因素	(45)
三、其他因素	(56)
第三章 视网膜电图记录技术	(60)
第一节 描记技术的发展	(60)

一、记录电极的发展	(60)
二、刺激器的发展	(67)
三、放大器和记录仪的发展	(71)
第二节 记录装置及标准化要求	(73)
一、电极	(74)
二、刺激器	(75)
第三节 记录程序	(78)
一、闪光视网膜电图	(78)
二、闪烁光融合频率	(80)
三、图形视网膜电图记录方法	(80)
四、局部视网膜电图	(83)
五、其他	(85)
第四章 电子计算机技术的应用	(87)
第一节 视网膜电图的图像处理	(87)
一、计算机的平均技术	(87)
二、Fourier 分析	(88)
第二节 视网膜电图强度-反应函数	(88)
第三节 多焦 ERG/VEP 技术及其临床应用	(91)
一、多焦 ERG/VEP 技术的基本原理	(92)
二、刺激方法	(93)
三、记录方法	(94)
四、多焦 ERG/VEP 的特征及应用	(94)
第五章 视网膜电图的临床应用	(99)
第一节 异常视网膜电图的分类	(99)
第二节 遗传性视网膜变性类疾病	(101)
一、概述	(101)
二、视网膜色素变性	(103)
三、先天性静止性夜盲	(113)
四、先天性黑蒙	(120)
五、回旋状脉络膜视网膜萎缩	(120)
六、无脉络膜症	(121)
七、先天性视网膜劈裂	(122)
八、视网膜电图与遗传携带者	(123)
第三节 视网膜血液循环性疾病	(129)
一、振荡电位与视网膜循环障碍	(129)
二、视网膜中央动脉阻塞	(130)
三、视网膜中央静脉阻塞	(132)
四、糖尿病视网膜病变	(137)
五、视网膜静脉周围炎	(141)

六、原发性高血压与动脉硬化	(142)
七、无脉病眼底	(142)
八、颞动脉炎	(143)
第四节 黄斑疾病	(143)
一、黄斑区的解剖生理与疾病分类	(143)
二、视锥细胞营养不良	(145)
三、进行性视锥-视杆细胞营养不良	(148)
四、视杆细胞单色视	(150)
五、青年型视网膜劈裂	(151)
六、卵黄样黄斑变性	(151)
七、成人卵黄样黄斑变性	(152)
八、Stargardt 病与黄色斑点状眼底	(153)
九、老年黄斑变性	(155)
十、中心性浆液性脉络膜视网膜病变	(158)
十一、急性黄斑神经视网膜病变	(159)
十二、黄斑裂孔	(159)
第五节 屈光间质混浊	(160)
一、白内障	(160)
二、玻璃体混浊	(162)
三、角膜混浊	(165)
第六节 视网膜中毒	(165)
一、药物中毒	(166)
二、化学物质中毒	(175)
三、氧气供应	(177)
四、光中毒	(179)
第七节 青光眼	(181)
一、青光眼和高眼压症的图形视网膜电图	(181)
二、青光眼的闪光视网膜电图	(188)
第八节 其他病变	(189)
一、维生素 A 缺乏症	(189)
二、视网膜脱离	(190)
三、视神经疾病	(195)
四、眼外伤与金属沉着症	(200)
五、弱视	(203)

第二篇 眼电图

第一章 眼电图发展史	(212)
第二章 眼电图的生理基础	(216)
第一节 眼电图的起源	(216)

一、静息电位视网膜起源的证据	(216)
二、静息电位光诱导性改变的离子基础	(217)
第二节 正常人眼电图的波形特性	(218)
第三节 影响正常眼电图的因素	(220)
一、照度	(220)
二、预适应	(221)
三、色光的影响	(222)
四、散瞳的作用	(222)
五、上下视网膜的差异	(222)
六、视网膜外的影响	(223)
七、同一患者的变异	(224)
八、个体间差异	(225)
九、快振荡的影响因素	(226)
第三章 眼电图的记录技术	(228)
第一节 眼电图记录的国际标准化要求	(228)
一、基本技术	(228)
二、临床测试要求	(229)
第二节 其他光反应性眼电图的记录方法	(231)
一、局部眼电图	(231)
二、色光眼电图	(232)
三、快振荡	(232)
四、快、慢振荡连续记录	(233)
五、眨眼眼电图	(234)
第三节 非光刺激眼电图	(234)
一、高渗透压反应	(236)
二、醋唑磺胺反应	(238)
三、其他非光反应	(239)
第四节 光反应性和非光反应性眼电图的先后记录	(240)
第四章 眼电图的波形分析	(243)
第一节 分析原理及方法	(243)
一、眼电图记录的原理	(243)
二、反应参数	(244)
三、光峰	(244)
四、快振荡	(245)
第二节 正常眼电图及正常参考值	(247)
第五章 眼电图的临床应用	(250)
第一节 视网膜色素变性及相关疾病	(250)
一、典型视网膜色素变性	(250)
二、特殊类型视网膜色素变性	(251)

三、色素性静脉旁视网膜脉络膜萎缩	(252)
四、先天性静止性夜盲	(252)
五、其他毯层视网膜变性	(253)
第二节 视网膜脱离	(254)
一、视网膜脱离的眼电图特点	(254)
二、玻璃体腔硅油对眼电图的影响	(255)
第三节 视网膜血管性病变	(255)
一、视网膜血管阻塞	(255)
二、糖尿病性视网膜病变	(256)
三、前段缺血性视神经病变	(257)
第四节 黄斑病变	(257)
一、氯喹性视网膜病变	(257)
二、卵黄样黄斑变性	(258)
三、老年性黄斑变性	(259)
四、Stargardt 病	(260)
五、黄色斑点状眼底	(260)
六、性连锁遗传性视网膜劈裂	(261)
七、中心性脉络膜视网膜病变	(262)
八、弥漫性家族性玻璃疣	(262)
九、黄斑中央凹营养不良	(263)
第五节 脉络膜病变	(263)
一、Behçet 病	(263)
二、特发性葡萄膜炎	(263)
三、脉络膜视网膜炎	(264)
四、脉络膜黑瘤	(265)
五、其他脉络膜病变	(266)
第六节 其他	(267)
一、药物和化学物的影响	(267)
二、眼外伤和眼内异物	(267)
三、血管样条纹	(268)
四、屈光不正和弱视	(268)
五、青光眼	(268)
六、白化病	(269)
七、低氧和高氧	(269)

第三篇 视诱发电位

第一章 视诱发电位的基础知识	(274)
第一节 视诱发电位的基本概念	(274)
第二节 视诱发电位发展史	(274)

第三节	视诱发电位的解剖生理基础	(278)
一、	视觉解剖通路	(279)
二、	大脑皮层处理视觉信息的分区	(280)
三、	视觉信息处理的等级假设和并行处理	(282)
第四节	视诱发电位记录和分析的基础知识	(286)
一、	视诱发电位的记录	(286)
二、	视诱发电位的分析	(287)
第五节	视诱发电位的分类	(287)
一、	按刺激时间频率分类	(288)
二、	按刺激光形态分类	(288)
三、	按刺激野分类	(289)
第二章	视诱发电位的记录技术	(291)
第一节	视诱发电位记录技术的发展	(291)
第二节	视觉刺激技术	(292)
一、	闪光刺激	(292)
二、	图形刺激	(293)
第三节	信号处理技术	(293)
一、	放大器系统	(294)
二、	平均叠加技术	(295)
第四节	记录视诱发电位的电极	(296)
一、	电极及其安放方法	(296)
二、	电极的定位	(296)
三、	电极的连接	(299)
第五节	视诱发电位地形图的记录和分析	(302)
第六节	伪迹问题	(306)
第七节	记录程序及检测注意事项	(308)
一、	记录前准备	(308)
二、	记录过程	(309)
三、	结果报告	(310)
第三章	正常视诱发电位的特征分析	(311)
第一节	闪光视诱发电位	(311)
一、	闪光视诱发电位的波形特征	(311)
二、	闪光视诱发电位成分的头皮定位	(312)
第二节	图形视诱发电位	(313)
一、	图形翻转视诱发电位	(313)
二、	图形给-撤视诱发电位	(320)
三、	图形运动视诱发电位	(320)
第三节	影响正常视诱发电位的因素	(321)
一、	刺激参数的影响	(321)

二、受检者的影响	(326)
第四章 视诱发电位的国际标准化	(330)
第一节 基本技术	(330)
一、刺激参数	(330)
二、视标校准和定义	(331)
三、电极	(331)
四、记录参数	(332)
第二节 临床规定	(333)
一、病人准备	(333)
二、视诱发电位波形的测量及报告	(334)
三、三个标准瞬态反应的描述	(334)
第五章 视诱发电位的临床应用	(337)
第一节 视路病变	(337)
一、视路病变的 VEP 特性	(338)
二、视神经炎	(340)
三、多发性硬化	(342)
四、视乳头水肿	(346)
五、视神经萎缩	(346)
六、先天性视神经病变	(347)
七、缺血性视神经病变	(348)
八、外伤性视神经病变	(349)
九、中毒性视神经病变	(350)
十、视路占位性病变	(351)
十一、其他	(359)
第二节 视网膜及黄斑病变	(360)
一、特发性黄斑裂孔	(362)
二、老年黄斑变性	(363)
三、遗传性黄斑变性	(364)
四、中心性浆液性视网膜脉络膜病变	(364)
五、其他	(364)
第三节 弱视及斜视	(367)
一、弱视眼 VEP 改变特征	(368)
二、VEP 在弱视疗效判定中的应用	(375)
第四节 青光眼	(375)
一、青光眼闪光 VEP	(376)
二、青光眼图形 VEP	(377)
三、高眼压症的图形 VEP	(378)
四、青光眼颜色图形 VEP	(379)
五、青光眼图形 VEP 与视野、对比敏感度	(381)

六、青光眼图形 VEP 与图形 ERG	(381)
七、VEP 的振幅-压力曲线	(381)
第五节 屈光间质混浊	(384)
一、白内障的 VEP 检测	(385)
二、玻璃体混浊及角膜病变的 VEP 检测	(387)
第六节 屈光不正	(388)
第七节 其他疾病	(391)
一、VEP 在小儿眼科中应用	(391)
二、白化病	(397)
三、老年性痴呆症	(397)
四、药物影响	(398)
五、其他	(398)
第六章 视诱发电位在客观视功能检查中的应用	(410)
第一节 视力	(410)
第二节 用 VEP 作对比敏感度的客观测定	(413)
一、扫描图形 VEP 技术简介	(413)
二、用 VEP 作对比敏感度客观测定的应用	(413)
第三节 颜色翻转图形 VEP 的临床应用	(414)
一、先天性色觉异常	(414)
二、高眼压症和青光眼	(414)
三、视神经病变和多发性硬化	(415)
四、帕金森病	(415)
五、后天性大脑色觉障碍	(415)

第四篇 仪器和术语

第一章 基础电子学和电生理学	(420)
第一节 电的性质	(420)
一、导体、半导体和绝缘体	(420)
二、离子流	(420)
三、电流和电压	(420)
四、直流电和交流电	(421)
第二节 生物电	(421)
一、静电位和动作电位	(421)
二、生物电产生的原理	(421)
三、视网膜电流的产生	(422)
四、电噪音	(423)
第二章 伪迹产生的原因与排除的方法	(424)
第一节 在新的检查室记录到的伪迹	(424)
第二节 市电干扰的原理	(424)