

糖尿病性黄斑水肿视网膜功能定量研究

孙瑞雪,唐广贤,邸平会,任 骞,殷 莉

作者单位:(050011)中国河北省石家庄市第一医院眼科

作者简介:孙瑞雪,硕士,副主任医师,研究方向:眼底病。

通讯作者:孙瑞雪. 17603119298@163.com

收稿日期:2016-05-31 修回日期:2016-08-10

Quantitative study of retinal function for diabetic macular edema

Rui-Xue Sun, Guang-Xian Tang, Ping-Hui Di, Qian Ren, Li Yin

Department of Ophthalmology, the First Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050011, Hebei Province, China

Correspondence to: Rui-Xue Sun. Department of Ophthalmology, the First Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050011, Hebei Province, China. 17603119298@163.com

Received:2016-05-31 Accepted:2016-08-10

Abstract

• **AIM:** To study the retinal function of macular edema of diabetic retinopathy.

• **METHODS:** Thirty cases (48 eyes, 18 eyes of local macular edema, 24 eyes of diffuse macular edema and 6 eyes of cystoid macular edema) and fifteen normal cases (30 eyes) were enrolled in the study. Multifocal electroretinogram (mfERG) system (version 3.15) was used and the recordings were evaluated.

• **RESULTS:** Compared with the control group, a-wave and b-wave amplitude densities at the fovea, the macula and paramacular of diabetic macular edema (DME) retina were attenuated ($P < 0.01$). The amplitude densities of a-wave at the fovea of two groups were 25.2 ± 10.48 nv/deg^2 and 37.93 ± 7.19 nv/deg^2 . The amplitude densities of b-wave at the fovea of two groups were 77.16 ± 27.97 nv/deg^2 and 113.42 ± 11.79 nv/deg^2 . The amplitude densities of a-wave at the macula of two groups were 14.27 ± 4.99 nv/deg^2 and 27.42 ± 2.86 nv/deg^2 . The amplitude densities of b-wave at the macula of two groups were 43.14 ± 14.77 nv/deg^2 and 69.99 ± 10.07 nv/deg^2 . The amplitude densities of a-wave at paramacular of two groups were 7.82 ± 2.79 nv/deg^2 and 11.46 ± 1.54 nv/deg^2 . The amplitude densities of b-wave at paramacular of two groups were 19.85 ± 6.5 nv/deg^2 and 31.56 ± 6.0 nv/deg^2 . There were significant difference in a-wave amplitude density and b-wave amplitude density among three groups (local macular edema, diffuse macular edema and cystoid macular edema) ($P < 0.01$). There were no significant differences in a-wave latency and b-wave latency among three groups ($P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** The amplitude densities of a-wave and

b-wave of DME retina are attenuated. The latency of a-wave and b-wave are longer. The amplitude densities are more sensitive than the latency.

• **KEYWORDS:** diabetic macular edema; multifocal electroretinogram; retina functional quantity

Citation: Sun RX, Tang GX, Di PH, *et al.* Quantitative study of retinal function for diabetic macular edema. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2016;16(9):1695-1698

摘要

目的:应用多焦视网膜电图评估糖尿病性黄斑水肿的视网膜功能。

方法:选取2010-03/2014-03我院眼科经眼底血管造影检查确诊为糖尿病性黄斑水肿的患者30例48眼为观察组(其中局限性水肿18眼,弥漫性水肿24眼,囊样水肿6眼),选取视力0.8以上,经裂隙灯显微镜检查均未发现异常,全身情况无异常者15例30眼为对照组,两组研究对象均行多焦视网膜电图检查,并对其结果进行统计学分析。

结果:糖尿病性黄斑水肿组多焦视网膜电图中心凹、黄斑区、黄斑外区a、b波的振幅密度与对照组相比均差异存在统计学意义($P < 0.01$);中心凹处观察组和对照组a波的振幅密度分别为 25.2 ± 10.48 、 37.93 ± 7.19 nv/deg^2 ,b波的振幅密度分别为 77.16 ± 27.97 、 113.42 ± 11.79 nv/deg^2 ;黄斑区观察组和对照组a波的振幅密度分别为 14.27 ± 4.99 、 27.42 ± 2.86 nv/deg^2 ,b波的振幅密度分别为 43.14 ± 14.77 、 69.99 ± 10.07 nv/deg^2 ;黄斑外区观察组和对照组a波的振幅密度分别为 7.82 ± 2.79 、 11.46 ± 1.54 nv/deg^2 ,b波的振幅密度分别为 19.85 ± 6.5 、 31.56 ± 6.0 nv/deg^2 。中心凹处、黄斑区及黄斑外区多焦视网膜电图a、b波振幅密度在局限性黄斑水肿组与弥漫性黄斑水肿组和囊样黄斑水肿组间均存在统计学意义($P < 0.01$)。

结论:糖尿病性黄斑水肿的多焦视网膜表现为a、b波振幅密度下降,潜伏期延长,振幅密度比潜伏期敏感。

关键词:糖尿病性黄斑水肿;多焦视网膜电图;视网膜功能定量

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2016.9.24

引用:孙瑞雪,唐广贤,邸平会,等.糖尿病性黄斑水肿视网膜功能定量研究.国际眼科杂志2016;16(9):1695-1698

0 引言

糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)是糖尿病患者最常见最严重的并发症,是四大致盲眼病之一。糖尿病性黄斑水肿则是DR的重要表现,是引起患者视力损害和丧失的主要原因^[1-2]。目前临床中,眼底血管造影检查虽能准确定位渗漏点和水肿范围,但无法准确评价黄斑

区视网膜功能情况^[3]。视力是反映了视功能的一个重要指标,而对于视网膜功能的客观评价比较少。应用P-ERG技术的研究表明视网膜ERG波形振幅显著降低^[4]。但是传统的全视野视网膜电图是用闪光或图形刺激整个视网膜,它测量的是整个视网膜的总和反映,无法分辨视网膜多个局部区域视功能的差异^[5]。而局部视网膜电图虽然能测定局部视网膜的电反应,但其信号与噪音比值变异较大,且记录时间长,不能在较短时间内测试大量小区域的视网膜功能。而由Sutter等^[6]研制的多焦视网膜电图(multifocal electroretinogram, mfERG)则解决了上述问题,它可以在较短时间内同时分别刺激视网膜多个不同部位,记录视网膜各局部小区域的反应,可以准确、敏感、快速地测定后极部视网膜的功能,并可做出分区域、量化的分析,这一技术在眼科临床实践得到广泛应用^[7-8]。近年来,我们利用mfERG技术检测糖尿病性黄斑水肿的多焦视网膜电图,在评估不同类型糖尿病性黄斑水肿视网膜的功能方面取得了较好的效果,报告如下。

1 对象和方法

1.1 对象

连续性收集2010-03/2014-03在我院住院及门诊确诊的糖尿病性黄斑水肿的患者30例48眼为观察组,其中男12例20眼,女18例28眼,年龄39~72(平均 54.2 ± 9.8)岁;糖尿病平均病程 10.57 ± 2.01 a,所有入组糖尿病患者均在内分泌专业门诊规范控制血糖;收缩压95~140(平均 125 ± 7)mmHg;舒张压60~90(平均 78 ± 3)mmHg;眼压13~22(平均 15 ± 4)mmHg;视力0.1~0.4者32眼, ≥ 0.5 者16眼;局限性黄斑水肿18眼,弥漫性黄斑水肿24眼,囊样黄斑水肿6眼。选取视力0.8以上,经裂隙灯显微镜检查均未发现异常,全身情况无异常者15例30眼为对照组,其中男7例14眼,女8例16眼。年龄40~68(平均 52.6 ± 8.6)岁;收缩压110~145(平均 120.4 ± 13.6)mmHg;舒张压60~90(平均 76.9 ± 6.8)mmHg;眼压13~21(平均 16 ± 4)mmHg。入选标准:(1)根据1985年WTO糖尿病诊断标准,经内分泌医师临床诊断为2型糖尿病。(2)经眼底镜及荧光素眼底血管造影确诊为糖尿病性视网膜病变合并黄斑水肿,属于II~IV期。(3)国际标准视力表检查视力 ≥ 0.1 。(4)无明显晶状体及玻璃体屈光间质混浊。(5)无其他视网膜疾病。(6)无视网膜激光治疗史。(7)血糖控制稳定,空腹血糖 < 8 mmol/L。(8)无高血压、肾功能损害表现。排除标准:(1)屈光间质在治疗观察过程中混浊加重影响眼底观察者。(2)单眼不能固视者。(3)有白内障摘除和/或人工晶状体植入病史者。(4)有青光眼病史者。(5)接受过可能影响术后疗效评估的视网膜或其他内眼手术。(6)影响疗效评估的其他眼科疾病。两组患者一般资料对比无统计学意义,具有可比性。本研究获得石家庄市第一医院医学伦理委员会批准,所有纳入研究的患者检查前均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 眼部常规检查

所有患者均行国际标准视力表检查远视力及最佳矫正视力,裂隙灯检查外眼及眼前节,直接及间接眼底镜检查眼底。

1.2.2 荧光素眼底血管造影检查

所有患者进行眼底血管造影检查:5g/L复方托吡卡胺滴眼液充分散瞳后,自肘前静脉快速注入200g/L荧光素钠,自动拍摄眼底FFA图像^[9],造影时间至少10min。以造影时间5min为标准,观察视网膜病变情况及黄斑水肿程度并分类。参考美国DR

早期治疗研究小组(Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study Research Group, ETDRS)的标准将糖尿病性黄斑水肿分为3型^[10]:(1)局限性水肿:FFA显示荧光素渗漏主要来自黄斑区单个或成簇的微血管瘤,或来自一小段扩张毛细血管的渗漏,晚期渗漏仅占黄斑的局部区域。眼底可见黄斑区局灶性视网膜水肿、增厚、微血管瘤,硬性渗出环绕于水肿区呈放射状或条状、簇状排列。(2)弥漫性黄斑水肿:FFA显示荧光素渗漏来自视网膜和/或脉络膜毛细血管,形成黄斑广泛荧光素渗漏,占据整个黄斑区。眼底可见视网膜后极部血管大片弥漫渗漏区,可弥漫至上下血管弓。(3)囊样水肿型:FFA显示黄斑形成花瓣状和/或蜂房样荧光素渗漏,常合并黄斑弥漫水肿,也可单独发生。

1.2.3 多焦视网膜电图检查

所有患者进行后极部视网膜功能测定。本研究分析为中心凹区(1环)、黄斑区(1~2环)、黄斑外区(3~5环)。分析各区域的a波(第一个负波)、b波(第一个正波)的振幅密度(反应振幅除以刺激单元面积所得)。

统计学分析:应用SPSS 17.0统计软件对检验统计量进行统计学分析。数据结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示,其中对糖尿病性黄斑水肿组不同区域多焦视网膜电图与正常眼的对比采用成组设计的t检验;对三种不同程度黄斑水肿的多焦视网膜电图之间的对比采用成组设计的单因素方差分析,对于组间差异采用LSD-t检验进行两两比较, $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 糖尿病性黄斑水肿的多焦视网膜电图情况

本研究中,糖尿病性黄斑水肿组多焦视网膜电图中心凹、黄斑区、黄斑外区a、b波的振幅密度与对照组相比差异均存在统计学意义($P < 0.01$);中心凹、黄斑区a波潜伏期与对照组相比,均存在统计学意义($P < 0.05$),中心凹b波潜伏期与对照组相比,存在统计学意义($P < 0.05$),黄斑区b波潜伏期与对照组相比,不存在统计学意义($P > 0.05$);黄斑外区a波和b波潜伏期与对照组相比,存在统计学意义($P < 0.01$),见表1。

2.2 不同程度黄斑水肿的多焦视网膜电图

本研究中,依据荧光素眼底血管造影,将黄斑水肿按不同程度分为局限性黄斑水肿,弥漫性黄斑水肿和囊样黄斑水肿。其中局限性水肿18眼,弥漫性水肿24眼,囊样水肿6眼。三组间患者的年龄无统计学意义($P = 0.278$)。

中心凹处多焦视网膜电图a波振幅密度平均值三组间比较差异具有统计学意义($F = 19.157, P < 0.01$),三组间两两比较均存在统计学差异($P < 0.01$)。中心凹处多焦视网膜电图b波振幅密度的平均值三组间差异有统计学意义($F = 55.999, P < 0.01$);三组间两两比较均存在统计学差异($P < 0.01$)。中心凹处a、b波的潜伏期在三组间均无统计学差异($F = 1.943, P = 0.155; F = 0.470, P = 0.628$)。

黄斑区多焦视网膜电图a波振幅密度平均值三组间比较差异有统计学意义($F = 28.244, P < 0.01$),其中局限性黄斑水肿组与弥漫性黄斑水肿组和囊样黄斑水肿组间均存在统计学差异($P < 0.01$),弥漫性黄斑水肿组与囊样黄斑水肿两组间比较无统计学差异($P = 0.789$)。黄斑区多焦视网膜电图b波振幅密度的平均值三组间存在统计学差异($F = 32.173, P < 0.01$),其中局限性黄斑水肿组与

表1 两组 mERG 比较

组别	中心凹				黄斑区				黄斑外区			
	振幅密度 (nv/deg ²)		潜伏期 (ms)		振幅密度 (nv/deg ²)		潜伏期 (ms)		振幅密度 (nv/deg ²)		潜伏期 (ms)	
	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波
对照组	37.93±7.19	113.42±11.79	21.85±1.07	41.92±1.33	27.42±2.86	69.99±10.07	19.83±0.74	39.60±0.90	11.46±1.54	31.56±6.04	19.59±0.54	36.90±0.46
观察组	25.20±10.48	77.16±27.97	23.62±2.51	42.60±1.04	14.27±4.99	43.14±14.77	21.96±2.72	40.29±1.91	7.82±2.79	19.85±6.51	21.54±2.34	38.54±2.17
<i>t</i>	5.8424	6.7241	3.6535	2.5204	13.1292	8.7558	4.1841	1.8511	6.5401	7.9425	4.4801	4.0732
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.05	>0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注:对照组:正常人;观察组:糖尿病性黄斑水肿的患者。

表2 观察组不同程度黄斑水肿的 mfERG 比较

水肿程度	中心凹				黄斑区				黄斑外区			
	振幅密度 (nv/deg ²)		潜伏期 (ms)		振幅密度 (nv/deg ²)		潜伏期 (ms)		振幅密度 (nv/deg ²)		潜伏期 (ms)	
	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波	a 波	b 波
A 组	39.14±7.43	99.32±11.95	22.52±3.63	43.24±4.01	23.82±6.66	71.15±12.81	21.71±1.42	39.84±1.92	10.52±2.76	31.66±7.00	20.71±1.12	38.52±1.36
B 组	25.81±9.63	75.92±13.69	23.65±2.57	43.51±3.28	14.08±3.64	42.17±7.89	22.08±3.08	40.47±2.00	7.76±2.59	19.72±5.42	21.62±2.68	39.78±2.41
C 组	16.29±5.23	40.13±10.74	24.8±1.54	43.53±4.03	10.35±5.30	33.99±10.77	22.29±1.29	40.73±2.46	6.49±2.15	16.61±4.15	22.09±0.88	40.93±2.72
<i>F</i>	19.157	55.999	1.943	0.470	28.244	32.173	74.611	0.937	6.202	14.959	6.076	11.154
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.155	0.628	<0.001	<0.001	<0.001	0.399	0.004	<0.001	0.005	<0.001

注:A组:局限性黄斑水肿;B组:弥漫性黄斑水肿;C组:囊样黄斑水肿。

弥漫性黄斑水肿组和囊样黄斑水肿组间均存在统计学差异($P<0.01$),弥漫性黄斑水肿组和囊样黄斑水肿两组间无统计学差异($P=0.148$)。黄斑区 a 波的潜伏期在三组间差异有统计学意义($F=74.611, P<0.01$),其中弥漫性黄斑水肿组与局限性黄斑水肿组和囊样黄斑水肿组间均存在统计学差异($P<0.01$),局限性黄斑水肿组与囊样黄斑水肿组两组间比较无统计学差异($P=0.903$)。黄斑区 b 波的潜伏期在三组间没有统计学差异($F=0.937, P=0.399$),黄斑外区多焦视网膜电图 a 波振幅密度平均值三组间比较差异有统计学意义($F=6.202, P=0.004$),局限性黄斑水肿组和弥漫性黄斑水肿与囊样黄斑水肿组间差异均有统计学意义($P<0.01$),局限性黄斑水肿组与弥漫性黄斑水肿组两组间比较差异无统计学意义($P=0.950$)。黄斑外区多焦视网膜电图 b 波振幅密度的平均值三组间差异有统计学意义($F=14.959, P<0.01$),局限性黄斑水肿与弥漫性黄斑水肿组和囊样黄斑水肿组间均存在统计学差异($P<0.01$),弥漫性黄斑水肿组与囊样黄斑水肿组间差异无统计学意义($P=0.074$)。黄斑外区 a、b 波的潜伏期在三组间差异有统计学意义($F=6.076, P=0.005; F=11.154, P<0.001$),黄斑外区多焦视网膜电图 a 波潜伏期在局限性黄斑水肿组与弥漫性黄斑水肿组间比较有统计学差异($P<0.01$),局限性黄斑水肿组与囊样黄斑水肿组、弥漫性黄斑水肿组与囊样黄斑水肿组相比无统计学差异,多焦视网膜电图 b 波潜伏期在三组间两两比较均存在统计学差异($P<0.01$),见表 2。

3 讨论

多焦视网膜电图由 Sutter 等^[6]于二十世纪九十年代初研制,它应用 m-序列(一种伪随机序列)控制刺激图形的翻转,同时分别刺激视网膜多个不同部位,用一个通道的常规电极记录多个不同部位的混合反应信号,在经过计算机进行相关函数处理和快速 Walsh 变换,把对应于各部位的波形分离提取出来,并可用一立体图像直观的显示对应于视网膜各部位的反应密度,从而反映各部位的视功能,其中心反应可客观揭示黄斑的功能^[11]。由于是在几乎同时对整个测试野多个部位进行高频刺激,各部位的刺激在时间上是部分重叠的,故测量整个测试野的时间相对较短。mfERG 通常采用随离心度增大的六边形阵列模式,因为

离心度越大,单位面积视网膜产生的反应幅度越小,采用随离心度增加而增大的六边形阵列刺激图形可以使刺激野中心与周边的反应振幅和信/噪比差异减少。而且六边形的几何形状可以使刺激各向同性和刺激阵列便于排列,对于小区域面积、随离心度变化的刺激图形阵列,各向同性是十分重要的。我们分析 mfERG 的一阶反应,即平均亮度反应,有学者认为一阶反应起源于外层视网膜,主要是感光细胞层。该研究采用振幅密度(单位面积的反应幅度),而非振幅总和,是为了消除刺激面积的因素,简化分析。

糖尿病性黄斑水肿的多焦视网膜电图表现,本研究糖尿病性黄斑水肿患者 30 例 48 眼,分别进行多焦视网膜电图检查,结果发现糖尿病性黄斑水肿组中心凹、黄斑区、黄斑外区 a、b 波振幅密度明显下降,与正常对照组相比均有显著性差别。a、b 波的潜伏期也有不同程度的延长,但 a、b 波振幅密度的改变较潜伏期明显。国内余敏忠等^[12]、陈珊珊等^[13]通过对糖尿病视网膜病变患者黄斑水肿的 mfERG 研究,也发现了 a、b 波振幅密度和潜伏期在黄斑水肿组与正常对照组间存在显著性差异,振幅密度的改变较潜伏期明显。但师自安等^[14]研究却发现,糖尿病性黄斑水肿的多焦视网膜电图主要以 b 波潜伏期的延长为特征。这主要是由于视网膜水肿及视网膜相对缺氧的存在,使视网膜对光刺激的反应及电的传导减缓,因此,表现为 mfERG 振幅密度下降,潜伏期延长。近年来,有研究结果证实 mf-ERG 潜伏期的改变是评估 DR 视网膜功能异常的一项敏感指标^[15]。

本文根据荧光素眼底血管造影的表现把糖尿病性黄斑水肿分为局限性黄斑水肿,弥漫性黄斑水肿和囊样黄斑水肿。因为多焦视网膜电图在不同年龄组间存在变异^[16],所以我们将三组不同程度黄斑水肿患者的年龄做统计学分析:三组患者年龄之间无统计学差异。排除了年龄因素对结果分析的影响。结果发现中心凹处 b 波振幅密度在三组间均有统计学差异,且囊样黄斑水肿的 b 波振幅密度最低,提示囊样黄斑水肿对黄斑区视网膜功能的影响最严重。这主要是因为液体聚集在黄斑区外丛状层呈放射状排列的 Henle 纤维之间,细胞外间隙被液体聚集而扩张形成囊样外观,当水肿长期存在时,视网膜各层细胞

大量丧失,黄斑部解剖结构发生持久性损害,视功能严重受损,mfERG检查则表现为中心凹a、b波振幅密度下降,潜伏期延长,尤以b波振幅密度下降明显。因此,b波振幅密度在评价黄斑水肿视功能方面比其他指标更有意义。在黄斑区和黄斑外区a、b波的振幅密度在三组间均有不同程度的差异,而a、b波潜伏期的差异则不明显。

综上所述,本文采用mfERG检测了糖尿病性黄斑水肿视网膜功能的改变,为临床上客观评价糖尿病性黄斑水肿的视网膜功能提供了重要依据,并且mfERG具有无创伤、可重复性强等特点,可作为后极部视网膜功能检测的理想方法。

参考文献

- 1 McMeel JW, Trempe CL, Franks EB, *et al*. Diabetic maculopathy. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1977; 83(3 Pt 1):476-478
- 2 The Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Report Number 2: Treatment techniques and clinical guidelines for photocoagulation of diabetic macular edema. *Ophthalmology* 1987; 94(7):761-774
- 3 王佩君,颜管根,周优优.糖尿病性黄斑水肿OCT和FFA形态学分类的对比分析. *心脑血管病防治* 2012;12(1):26-28
- 4 Ciavarella P, Moretti G, Falsini B, *et al*. The pattern electroretinogram (PERG) after laser treatment of the peripheral or central retina. *Curr Eye Res* 1997; 16(2):111-115
- 5 吴乐正,吴德正.临床视觉电生理学.北京:科学出版社 1999:75-80
- 6 Sutter EE, Tran D. The field topography of ERG components in men. I: the photopic luminance response. *Vis Res* 1992; 32(3):433-446

- 7 Campa C, Hagan R, Sahni JN, *et al*. Early multifocal electroretinogram findings during intravitreal ranibizumab treatment for neovascular age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52(6):3446-3451
- 8 Ho C, Kee CS, Chan HH. Myopia children have central reduction in high contrast multifocal ERG response, while adults have paracentral in low contrast response. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53(7):3695-3702
- 9 张琳轶,沈肇萌,崔洪波,等.中心性浆液性脉络膜视网膜病变不典型眼底荧光血管造影分析. *实用医学杂志* 2011; 27(2):264-265
- 10 The Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Report Number 1: Photocoagulation for diabetic macular edema. *Arch Ophthalmol* 1985; 103:1796-1806
- 11 Yavas GF, Kusbeci T, Inan UU. Multifocal electroretinography in subjects with age-related macular degeneration. *Doc Ophthalmol* 2014; 129(3):167-175
- 12 余敏忠,张欣,钟兴武,等.多焦视网膜电图在不同分期糖尿病视网膜病变检查中的应用. *中国中医眼科杂志* 2001; 11(2):82-85
- 13 陈珊珊,艾育德,洪荣照,等.多焦视网膜电图在糖尿病视网膜病变不同病期诊断中的应用. *中国实用眼科杂志* 2000; 18(9):535-540
- 14 师自安,龙力,崔宝华,等.糖尿病性黄斑水肿的光学断层扫描与多焦视网膜电图. *中国实用眼科杂志* 2002; 20(10):746-748
- 15 Harrison WW, Bearse MA Jr, Ng JS. Multifocal electroretinogram predict onset of diabetic retinopathy in adult patients with diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52(2):772-777
- 16 Anzai K, Mori K, Ota M, *et al*. Aging of macular function as seen in multifocal electroretinograms. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 1998; 102(1):49-53