

·专家述评·

眼科影像学在临床上的应用及其特点

唐东润

【摘要】 随着现代医学影像学技术的不断发展,其中的CT、MRI、超声检查和OCT等在眼科临床已经广泛应用,提高了眼科疾病诊断和治疗的水平。超声检查技术具有易于重复操作、无辐射的特点,对于眼内疾病和眼眶疾病的诊断应用价值较大,特别是眼内疾病优于CT、MRI;CT是眼眶疾病诊断的首选方法之一,它既能清晰显示眼眶的正常结构又能明确反映占位病变及眶壁骨质的改变,其显示骨质改变明显优于超声检查和MRI;MRI检查对于眼内脉络膜黑色素瘤的诊断具有特异性,眼眶病变是否发生视神经管和颅内蔓延,以及恶性肿瘤的眼外蔓延或术后复查判断是否复发,MRI检查明显优于CT;OCT作为一种非接触、无损伤性活体形态学检查方法,对于眼内结构及疾病的检查诊断是一种重要的手段。总之,影像学检查拓展了眼科检查手段,提高了临床诊断的准确性。

【关键词】 影像学检查; 超声检查; 体层摄影术,X线计算机; 磁共振成像; 体层摄影术,光学相干; 诊断

The clinical application and characteristics of ophthalmic imaging Tang Dongrun. Department of Ophthalmology, Tianjin First Center Hospital, Tianjin 300192, China

[Abstract] With development of the modern medical imaging technology, CT, MRI, ultrasound and OCT, etc, have been widely used in clinical ophthalmology and improve the level of diagnosis and treatment of eye diseases. Ultrasound has a large diagnostic application for intraocular disease. CT is the preferred method for the diagnosis of orbital disease, with the advantage of clearly showing the normal structure of the orbit, especially bone changes. MRI images has specificity for the diagnosis of ocular tumor, such as choroidal melanoma, it is also effective for searching the range of orbital and intracranial lesions by the optic canal spread, superior orbital fissure, and spread of malignant orbital tumor. OCT as a non-contact, non-invasive morphological examination in vivo is an important method for diagnosis of intraocular diseases. In summary, imaging examination improve the accuracy of diagnosis of clinical ophthalmology.

[Key words] Imaging; Ultrasonography; Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging; Tomography, optical coherence; Diagnosis

随着高科技向生命科学领域的不断渗透,计算机技术广泛应用于生物医学领域,这极大地提高了临床医学诊断的水平,并形成了一个新的临床学科——现代医学影像学。它包括了多种诊断技术,也代表了临床治疗学的发展方向。现代医学影像学包括电子计算机X线检查(CR)、电子计算机断层扫描(CT)、磁共振成像(MRI)、超声检查、数字减影血管造影、核医学、介入诊断和介入性治疗,在眼科领域还有FFA、OCT和光信息图像分析等技术。从发展趋势看,由传统的大体形态学诊断向生理功能、甚至分子、基因成像过渡;从一般对比增强向组织或疾病特异性增强方面发展;由简单操作向实时显像微

创诊断和微创治疗发展。这些诊断方法应用于全身,现在也大量应用于眼科范畴,能从多方位、多层次显示眼部解剖结构及病理变化,拓展了眼部检查诊断方法,已经逐渐成为眼科重要的检查手段。由于现代医学影像学的种类较多、应用面广,现仅就眼科领域广泛应用的方法,如超声检查、CT、MRI和OCT等影像技术进行综述。

1 超声检查技术

眼和眼眶位于人体表层,构造规则,声衰减较少,适合超声检查。超声检查形式包括A型超声、B型超声、三维超声、多普勒超声和UBM,已经成为眼和眼眶疾病诊断中不可或缺的检查方法^[1]。近年来超声造影也开始应用于眼科。

在眼科临床诊断使用的超声诊断仪,检查眼球

及眼眶多用 7.5~10 MHz, 眼前节多用 50~100 MHz 的高频探头。其优点是易于重复操作, 价格低、无辐射。缺点是探测深度有限, 不易描述眶内相邻结构的病理关系, 不能使骨壁显像。

A型超声检查法又称为示波法, 多用于眼科的生物测量。B型超声是将界面反射回来的回声转换为光点, 形成局部组织的二维图像。能够清晰地反映眼球晶状体以后结构包括视网膜、脉络膜和巩膜, 以及眼外肌的走行情况, 对眼眶特别是肌肉圆锥内的占位病变有较好的揭示率, 利用它的组织声学界面反射特点和动态下的压缩性对一些占位病变可以做出组织学诊断。彩色多普勒超声技术是利用其Doppler效应分析超声频移的方法, 探测血液流向和流速等。探测眼内和眶内动脉及静脉的血流速度、血流量、波动指数和阻力指数等, 从而评估眼组织和病变的供血情况, 可以将眼内和眼眶的占位病变确定是实性还是囊性, 是血运丰富还是缺乏血运, 为治疗方案的制定提供依据。

由于超声检查设备具有易于重复操作、价格低、无辐射的特点, 介入诊断和介入性治疗在眼内疾病和眼眶疾病中有较大的应用价值, 多用于儿童白瞳症、眼内实质性占位诊断与鉴别诊断, 以及眼眶占位病变的术前定性诊断。

超声造影是 20 世纪 90 年代出现的对医学超声最具影响力的技术, 是超声诊断学领域里一个重要的进展。它利用造影剂使后散射回声增强, 可增强二维超声影像和彩色多普勒信号, 从而明显提高微小血管和低流速、低流量血流信号的检出率, 可以反映和观察正常组织和病变组织的血流灌注情况, 是继二维超声、多普勒和彩色血流成像之后超声发展史上的第 3 次革命。利用超声造影技术使超声的无创性观察活体组织器官的微循环灌注成为可能, 将超声从形态学成像过渡到功能性成像的发展阶段。超声造影在眼科正处于开发利用阶段。

目前用于超声造影的造影剂 (ultrasound contrast agent, UCA) 是由气体和包裹外壳组成的微气泡, 通常把直径小于 10 μm 的小气泡称为微气泡。微气泡包裹壳厚 1~500 nm, 壳体材料可以是白蛋白、磷脂、半乳糖、聚合物等, 泡内气体通常是二氧化碳、多氟化碳、六氟化硫及空气等。超声造影剂根据微泡内包裹气体的种类来进行分代: 第 1 代超声造影剂以 Levovist 低机械指数造影剂为代表, 其为含空气微气泡的壳膜造影剂; 目前主要应用的第 2 代造影剂以 SonoVue、Definity、Option 为代表, 其内含惰性气体; 正在研制之中的第 3 代造影剂以脂质体

为外壳, 内含药物、抗体或基因, 具有靶向治疗或诊断作用^[2]。

超声造影在眼科诊断中的应用尚处于起步阶段。已有研究表明, 超声造影能明显增强球后微小血管的显示清晰度, 可用来观察眼内某些病变的微循环状态, 提高眼部疾病的诊断效率, 具有重要临床诊断价值。

Brabrand 等^[3]对 10 例平均年龄 (26.0±2.7) 岁的健康志愿者行 Levovist 超声造影, 采用彩色及频谱多普勒超声观察造影前后眼球后血管的收缩期峰值血流速度、舒张末期血流速度, 计算搏动指数和阻力指数, 并对检测血管行多普勒成像评分。结果显示: 超声造影能增加眼球后血管的显示能力, 尤其是对于造影前多普勒成像不佳的病例, 而对造影前成像质量佳者则不会再增加其检出率, 有些反而使显像质量轻度下降, 可能为造影显像的干扰所致, 故应联合超声造影前后结果以更准确地显示球后血管。

Lemke 等^[4]对 40 例葡萄膜黑色素瘤患者使用 Levovist 造影剂行超声造影检查。造影前 90% (36 例) 患者可观察到肿瘤内血管, 造影后增加至 95% (38 例)。视网膜中央动脉检出率由 80% (32 例) 增至 92% (37 例), 眼动脉检出率由 85% (34 例) 增至 100% (40 例), 睫状后短动脉检出率由 82% (33 例) 增至 98% (39 例)。造影前后平均 PSV 无明显变化。使用造影剂后检测出血管的数量增加, 但血流特点无明显变化; 结果显示, 超声造影可轻度提高肿瘤及眼眶正常组织内小血管的检出率, 但不能区分正常组织血管与肿瘤内血管。

Forte 等^[5]对 25 例临床确诊为脉络膜病变的患者行 SonoVue 超声造影检查, 其中 21 例脉络膜黑色素瘤 (4 例曾行放射治疗), 4 例脉络膜盘状缺损, 而当肿瘤最大深度达到 3.9 mm 时予经瞳孔温热疗法治疗。研究结果显示: 在未行放疗的 17 例黑色素瘤中, 造影剂注射后 10~15 s 充满整个瘤体并呈高密度显影, 其中 11 例温热疗法治疗后 1 个月、3 个月、6 个月行超声造影检查, 发现瘤体逐渐减小, 6 个月时瘤体直径为原来的 70%~80%, 且瘤体内几乎没有致密的毛细血管网; 4 例曾行放射治疗的患者, 造影可见瘤体内有较少的致密毛细血管网, 同时出现较大血管和“血湖”; 4 例脉络膜盘状缺损的患者可观察到与视网膜血管相交通的血管网。Forte 等^[5]认为超声造影能有效地观察瘤体微循环, 从而为肿瘤的鉴别诊断及治疗后的随访提供较好的检查手段。

超声造影技术有它的优越性, 文献报道证实了

超声造影的安全性,但也有报道提出超声造影可引起组织出血、血管内溶血等损伤^[6],诊断超声与超声微泡联合使用可能产生的生物效应仍不可忽视,尤其是在眼及颅内,血管的破坏可能产生潜在的安全问题,因此在使用超声造影剂前,需要权衡其使用价值与潜在的不良反应。

2 CT 检查技术

CT 检查以 X 线为能源,由电子计算机辅助数字重建,以灰阶的形式显示的二维体层成像。优点是空间分辨率高,解剖关系清楚,又由于眼眶内有大量的脂肪组织,与眼球和眶内其他软组织密度形成较大的反差,因此,能清晰地显示眼球、视神经、眼外肌、泪腺等眶内软组织和眶骨,以及对病变显示的准确率较高。现在已广泛应用于临床眼眶病的影像学诊断,成为眼眶病临床工作不可缺少的检查手段。

对于眼球病变,由于玻璃体是一种低密度物质,当眼内肿瘤向玻璃体腔发展时,CT 显示为高密度的块影,常见于视网膜母细胞瘤、脉络膜黑色素瘤等。前者肿瘤内往往有钙斑,后者多呈蘑菇形。如果发现眼环增厚,多见于视网膜脱离、脉络膜脱离、巩膜炎和其他炎症性病变等。其中视网膜脱离随体位变化而变形,脉络膜脱离多位于眼前部,巩膜炎则表现为巩膜局部增厚。眼环后部出现骨影多见于脉络膜骨瘤和眼球萎缩。其他炎症性病变常有重要的 CT 征:肿物、眼外肌和泪腺肿大及局部肿块等^[1]。

CT 在眼眶病变的诊断中占有重要位置^[1,7]。

(1) 眶内高密度块影:是眶内肿瘤最常见的 CT 征象,良性肿瘤多为形状规则、边界清楚,可伴有或不伴有眶腔的扩大,而恶性肿瘤多为形状不规则、边界不清,可伴有骨质的破坏。

(2) 眶内的钙斑影:多为血管内或病变内钙质沉着或骨性肿物;眶内常见的钙斑是静脉石,形状如豆,大小不等,往往有多个,多见于静脉曲张、静脉性血管瘤和纤维血管瘤等。

(3) 眼外肌肿大:甲状腺相关眼病、肥大性肌炎、颈动脉海绵窦瘘、眼外肌内肿瘤、肌内寄生虫病和眶尖肿瘤等,均可见眼外肌肥大,但各自有不同的特点。

(4) 视神经增粗:多见于视神经鞘脑膜瘤、视神经胶质瘤、视神经炎、视神经挫伤、炎症性病变、压迫性视神经病变等。视神经鞘脑膜瘤多为管状增粗,中央有低密度条纹呈现车轨征,强化较明显,而且肿瘤有向颅内蔓延的倾向,视神经管增宽。视神经胶质瘤则多呈梭形肿大,边界清楚且均质,强化不明显。

(5) 眶壁增厚:影像上出现多个骨骼弥漫增厚,多见于骨纤维异常增生症;眶外壁增厚且见宽基底软组织影位于眼眶或同时存在于颅内,见于蝶骨嵴脑膜瘤;局限性骨肿物多为骨瘤或骨内血管瘤,后者在骨窗中表现为瘤体中央为低密度影且像蜂窝状;出现骨嵴样增生者可见于复发性泪腺多形性腺瘤和皮样囊肿。

(6) 眶壁骨质改变:CT 在显示骨骼方面有独特的优势,可以发现骨破坏、骨质缺失和骨畸形,看到骨质孔裂因病变出现的扩大,或因外伤造成的眶壁的骨折范围、程度以及继发性改变,对于指导临床治疗工作特别是手术方案的制定有很大帮助。在这方面明显优于超声检查和 MRI。

3 MRI 检查技术

MRI 是一种不使用电离辐射的影像诊断技术。MRI 成像参数有氢核密度、T1 弛豫时间、T2 弛豫时间和流动效应;另外脉冲重复时间(TR)和回波时间(TE)对图像也有重要的影响。因此,MRI 中某一组织或病灶的灰阶对比度不是固定不变的,随扫描参数不断变化的。常用的成像方式有:T1 加权成像(T1WI)、T2 加权成像(T2WI)和质子加权像。MRI 的优点主要体现在其无创伤、无辐射,有较好的组织和空间分辨率,不仅可以清楚显示眶内组织的精细解剖结构,还可以反映病变组织范围等病理信息,并且可以进行定量分析研究;缺点是对眼眶骨质改变的显示不如 CT,价格也远远高过超声检查。

眼内异常信号^[1,7]:眼内肿瘤、视网膜脱离和玻璃体出血等均可出现眼内异常信号。一般眼内肿瘤显示为:T1WI 中信号、T2WI 高信号。视网膜母细胞瘤患者,因瘤体内常常有钙化斑,T2WI 表现为低信号,使玻璃体呈斑驳样高信号;葡萄膜黑色素瘤的瘤体内含有较多的黑色素,具有顺磁作用,形成短 T1 和短 T2,MRI 图像上呈现 T1WI 高信号,在低信号的玻璃体对比下病变显示清楚,肿瘤 T2WI 是低信号,在高信号的玻璃体中显示得更为清楚。玻璃体内出血因时间不同其表现各异,急性出血(1~3 d),MRI 呈现 T1WI、T2WI 低信号;亚急性出血(3~14 d),因正铁血红蛋白从红细胞游离,MRI 呈现 T1WI、T2WI 高信号;慢性出血(>14 d),MRI 表现为 T1WI、T2WI 慢慢从高信号变为低信号,其形态变化和不同时间的信号改变可与葡萄膜黑色素瘤相鉴别。

眼眶异常信号^[1,7-8]:由于眶内占位性病变种类繁多,MRI 信号强度不尽相同,除了个别类型的肿物如皮样囊肿(含脂肪)之外,一般实体性软组织占位

病变在T1WI为中或低信号,明显低于眼眶内脂肪,而肿瘤T2WI呈现高信号,接近或高于脂肪信号。由于在MRI上骨骼为无信号区,因而特别适合揭示视神经肿瘤是否向视神经管内和颅内蔓延;对于眼眶恶性肿瘤判断眶外蔓延(特别是CT上仅见眶上裂扩大时)或术后复查判断是否复发,MRI检查明显优于CT检查。

颅眶沟通肿瘤:肿瘤组织在MRI上显示T1WI和T2WI的信号变化,同时进行增强及脂肪抑制后扫描,其图像可清晰显示颅眶病变的大小、范围和与其周围组织结构的关系。此外MRI对肿瘤的软组织分辨率较强,可显示肿瘤内部结构的信号改变,对于性质的判断有帮助,而CT仅显示眼眶高密度的肿瘤^[9],有时颅内病变尚无法显示。

海绵状血管瘤:是眼眶占位性病变中最为常见的肿瘤之一,在MRI渐进性强化征象较CT增强更理想。Ohtsuka等^[10]研究认为海绵状血管瘤的强化是从某一点开始,这一点是营养血管与肿瘤的连结点。也有研究表明多数海绵状血管瘤的强化是多点开始,而非局限在一点。同时,强化可以是从中间开始强化,也可从周围先开始强化。这些现象说明海绵状血管瘤的血供是多元化的。

还要注意一些可能影响强化效果的现象:瘤内钙化、血栓形成及出血等可使信号不均匀;肿瘤与眶内脂肪的共振率差别较大,在肿瘤周边可形成化学位移伪影,即环形低信号或高信号影。

MRI的软组织分辨力要高于CT扫描,为了提高病变组织的对比度,MRI对比剂的应用大大提高诊断质量,明显优于CT扫描。近年来,应用MRI对比剂已不单是为了增加病变与组织间对比度,更好显示病变;与其相关的灌注成像和三维动态增强成像技术的应用,并配合磁共振高压注射器更能使对比剂的总量、流率、注射时间更加精确,从而明显提高灌注成像和三维动态增强成像的质量,从而形成了一个新的诊断技术即动态增强磁共振成像。DCE-MRI(dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging,DCE-MRI)是通过指定区域或特定解剖部位进行重复扫描,在注射低分子磁共振对比剂前、中、后连续获得一系列高时间分辨率磁共振图像,可以全面反映对比剂进入和离开病变的血流动力学过程,从而提供了观察病变组织内在血管属性的可能。

DCE-MRI可以动态观察静脉内团注对比剂后,根据肿瘤的强化方式、程度和时间,来反映肿瘤组织的灌注情况、血管通透性及细胞外间隙体积的差异,对良、恶性肿瘤的诊断和鉴别诊断方面已显示出重

要价值^[11]。

DCE-MRI通过监测连续时相-信号强度的动态变化,得到多种参数:峰值时间(Tpeak)、流出率(WR)、最大上升斜率(Slope)、强化率(ER)。Tpeak与肿瘤的微血管密度有关,WR反映肿瘤的细胞/间质比例。Tpeak值小,表示肿瘤的微血管密度高,也就是富含微血管。WR值主要为肿瘤血管内和细胞外间隙内对比剂浓度的差异,如果肿瘤的细胞外间隙内含大量纤维间质成分,对比剂就可以停留很长时间,所以,肿瘤的细胞/间质比例越高,细胞外间隙存留的对比剂越少,WR值越大,反之则WR值越小。ER与肿瘤的血供和细胞/间质比例都无明显联系,即使肿瘤血供很低,如果肿瘤间质丰富可以存留大量对比剂,ER也可以很高。Slope值与ER和Tpeak有关,Slope≈ER/Tpeak^[11]。

国外研究中将Tpeak取90 s、WR取20%作为鉴别良、恶性肿块的界值^[12]。何立岩等^[11]统计经病理证实的眼眶肿块共89例(良性64例,恶性25例),进行动态增强MRI扫描,获得动态增强曲线(TIC)。良性肿块Tpeak值大,WR和Slope值低,48例TIC表现为持续上升型;恶性肿瘤Tpeak值小,WR和Slope值高,17例TIC表现为速升速降型(流出型)。陶晓峰等^[13]对31例良性肿瘤和10例恶性肿瘤进行动态增强MRI研究,比较良恶性肿瘤第1分钟内平均强化率ER,良性肿瘤的ER<60%,恶性肿瘤的ER>70%;良性肿瘤TIC表现为持续上升型,8例恶性肿瘤和3例脑膜瘤表现为平台型,4例炎性假瘤表现为速升速降型(流出型)。

因此DCE-MRI的各项参数及TIC图形有助于鉴别眼眶良恶性肿瘤。但恶性肿瘤病种复杂,组织来源多样,其诊断必须结合病史、临床检查以及其他影像学检查,综合评判DCE-MRI的检查结果,以除外炎症性病变或血管异常丰富的良性肿瘤。目前,动态增强检查要求快速、连续、足够的时间,全面反映肿瘤的强化过程。应注意以下事项,以提高检查准确性和可比性:<①固定扫描参数;②选择同一厂家和规格的增强剂,根据体重计算用量;③测量的位置,层面和面积统一。

利用DCE-MRI检测血-视网膜屏障:增殖期糖尿病视网膜病变主要为视网膜内微循环的异常,血管通透性增加,血管内的液体成分深入组织内,最终可出现血-视网膜屏障(blood-retina barrier,BRB)破坏,导致黄斑水肿。许庆刚等^[14]利用MRI增强剂具有体内不易代谢、不能从玻璃体主动转运至血管,而且仅当细胞间紧密连接破坏后才可跨越BRB的特

性,采用DCE-MRI监测BRB病変。结果证明BRB破坏处可清楚地显示视网膜前区玻璃体腔内高信号的顺磁性对比剂,且随着时间的延长范围逐渐扩大。动态增强曲线图上可见BRB破坏区前方玻璃体内的时-信号曲线呈持续上升。

4 眼内病变的影像学检查

OCT技术是继X射线、CT、MRI、超声诊断之后近十余年迅速发展起来的一种新的医学层析成像分析手段。它集成了半导体激光技术、光学技术和计算机图像处理技术等,实现了对人体进行非接触性、非损伤性的活体形态学检测,获得生物组织内部微结构的横断面图像。在眼科,OCT提供了迄今为止对视网膜结构成像的最好的技术^[15]。该技术已用于青光眼和黄斑部疾病及其他眼部结构性改变的检查、诊断和随访^[16]。也用于眼前节的检查^[17],其功能类似于UBM。

OCT在发展中经过了三代时域OCT,现在主要应用的是第四代频域OCT。频域OCT技术的应用,使视网膜三级神经元、神经纤维层、内外丛状层等视网膜内组织结构显示更加清晰,特别是在时域OCT难以分辨的RPE光带复合体,在频域OCT可以清晰分辨出是由视网膜外界膜、视细胞内段及外段和RPE组成。这些观察的组织精细程度是以时域OCT难以达到的,从而推动了临床工作者对黄斑疾病等眼底疾病的重新认识。在眼底病诊断上,已经与眼底荧光造影、超声检查等一样,成为重要的检查手段。OCT也已逐渐作为治疗随诊的观测指标,除了黄斑裂孔手术后的观察外,还常用于CNV治疗中观察CNV是否收缩,视网膜下液是否减少或消失。用OCT作单纯随诊观察指标是安全和可信任的^[15,18-19]。

眼内影像检查技术还有FFA、ICGA、视网膜厚度分析(RTA)等^[7]。

总之,医学影像技术的发展和新技术的出现,使眼科临床医生对眼球和眼内病变过程和功能之间关系有了新的认识,也对临床医生提出了更高的要求,需要掌握更多的影像知识,正确判读这些影像表现,做出正确的诊断,为疾病的治疗和预后的判断提供有力的支持。

参考文献:

- [1] 宋国祥. 眼眶病学[M]. 2版. 北京:人民卫生出版社,2010:31-58.
- [2] 张靖,周希瑗. 超声造影在眼科临床诊断中的应用[J]. 眼科新进展,2011,31:490-492.
- [3] Brabrand K, Kerty E, Jakobsen JA. Contrast enhanced ultrasound Doppler examination of the retrobulbar arteries[J]. Acta Radial, 2001, 42:135-139.
- [4] Lemke AJ, Hosten N, Richter M, et al. Contrast enhanced color Doppler sonography of uveal melanomas[J]. J Clin Ultrasound, 2001, 29:205-211.
- [5] Forte R, Cennamo G, Staibano S, et al. Echographic examination with new generation contrast agent of choroidal malignant melanomas[J]. Acta Ophthalmol Scand, 2005, 83:347-354.
- [6] ter Haar GR. Ultrasonic contrast agents: safety considerations reviewed[J]. Eur J Radiol, 2002, 41:217-221.
- [7] 宋国祥. 眼视光影像学[M]. 北京:人民卫生出版社,2004:15-23.
- [8] 金涵搜,陶晓峰. 非甲状腺相关性免疫眼病突眼的MRI诊断价值[J]. 中华放射学杂志,2012,46:29-31.
- [9] 肖利华. 眼眶肿瘤影像诊断进展[J]. 中华眼科杂志,2002,38:510-512.
- [10] Ohtsuka K, Hashimoto M, Akiba H. Serial dynamic magnetic resonance imaging of orbital cavernous hemangioma[J]. Am J Ophthalmol, 1997, 123:396-398.
- [11] 何立岩,鲜军舫,李彬,等. 动态增强MRI对眼眶肿块的诊断价值[J]. 首都医科大学学报,2007,28:721-726.
- [12] Yabuuchi H, Fukuya T, Tajima T, et al. Salivary gland tumors: diagnostic value of gadolinium-enhanced dynamic MR imaging with histopathologic correlation[J]. Radiology, 2003, 226:345-354.
- [13] 陶晓峰,万卫平,肖湘生,等. 动态增强MRI对眼眶病变诊断及鉴别诊断的价值[J]. 中华放射学杂志,2006,40:360-364.
- [14] 许庆刚,陈青华,鲜军舫,等. 增殖期糖尿病视网膜眼病的动态增强MRI初步研究[J]. 磁共振成像,2012,3:347-351.
- [15] 黎晓新,陈玮志. 频域光相干断层扫描:眼底影像检查技术的新时代[J]. 中华眼底病杂志,2009,25:161-163.
- [16] 赵桂玲,庞燕华,王秀琴,等. OCT 3D模式扫描青年人视盘及视网膜神经纤维层厚度的研究[J]. 眼科新进展,2014,34:349-351.
- [17] 徐桂花,宋跃. 眼前节相干光断层扫描仪在眼科的应用[J]. 国际眼科杂志,2008,8:2110-2112.
- [18] Fung AE, Lalwani GA, Rosenfeld PJ, et al. An optical coherence tomography-guided, variable dosing regimen with intravitreal ranibizumab (Lucentis) for neovascular age-related macular degeneration[J]. Am J Ophthalmol, 2007, 143:679-680.
- [19] Bolz M, Schmidt-Erfurth U, Deak G, et al. Optical coherence tomographic hyperreflective foci: a morphologic sign of lipid extravasation in diabetic macular edema[J]. Ophthalmology, 2009, 116:914-920.

(收稿日期:2014-04-23)

(本文编辑:季魏红)