

# 正常人眼球直肌 Pulley 功能位置的动态磁共振成像研究

傅特 王利华 于台飞

**【摘要】 目的** 研究正常人眼球运动动态磁共振成像(MRI)4条直肌Pulley(滑车)的功能性位置。**方法** 采用西门子公司Sonata 1.5 T超导型MRI扫描仪,应用眼球运动动态MRI技术,获取20名正常人(20个眼眶)眼球原在位及上转、下转、内转、外转20度时垂直于眶轴的眼眶冠状位MRI图像。以眼球中心为原点建立三维坐标系,应用Scion Image医学图像测量软件分别测量各层面眼球垂直转动时水平直肌、眼球水平转动时垂直直肌的横截面质心。根据各层面直肌横截面质心的坐标值建立直线回归方程,分别求得眼球垂直转动时内、外直肌径路及眼球水平转动时上、下直肌径路直线回归曲线斜率变化最大的一点,即为该直肌Pulley的功能性位置。对4条直肌Pulley相对于眼球中心的坐标值(X、Y)进行统计。**结果** 内直肌Pulley位于眼球中心后4mm,内14.7mm,下0.3mm;外直肌Pulley位于眼球中心后8mm,外9.8mm,下0.3mm;上直肌Pulley位于眼球中心后6mm,内1.6mm,上11.5mm;下直肌Pulley位于眼球中心后6mm,内4.4mm,下12.7mm。**结论** 应用眼球运动动态MRI技术,分析眼球转动时直肌径路的变化,可证实4条直肌Pulley的存在并确定其功能位置。

**【关键词】** 磁共振成像; 眼球运动; 眼外肌; 直肌pulley; 正常人

## The study of the location of human rectus pulleys on ocular dynamic MRI

FU Te WANG Li-hua YU Tai-fei. Department of Ophthalmology, Shandong Provincial Hospital, Jinan250021, China. Shandong Medical Imaging Institute, Jinan250021, China.

**【Abstract】 Objective** To study the location of human rectus pulley using dynamic MRI. **Methods** Multiple contiguous quasi-coronal MRI images perpendicular to the orbital axis were acquired for 20 orbits of 20 normal volunteers at primary gaze, supraduction, infraduction, abduction, and adduction using a 1.5 T Simens Sonata scanner. To determine inflections of the rectus paths, the area centroids of vertical recti at secondary horizontal gaze and horizontal recti at secondary vertical gaze were then determined by Scion Image, a medical image manipulation software, respectively. Inflection of each rectus path was then determined objectively using linear regression on rectus mean area centroid coordinates. The functional locations of rectus pulley were defined in three dimensions using rectus path inflections at secondary gaze. **Results** The pulley of medial rectus was 4mm posterior, 14.7mm medial and 0.3mm inferior to the globe center; it was 8 mm posterior, 9.8 mm lateral, 0.3 mm inferior to globe center for lateral rectus. It was 6mm posterior, 1.6 mm medial, 11.5 superior to globe center for superior rectus. It was 6 mm posterior, 4.4 mm medial and 12.7mm inferior to globe center for inferior rectus. **Conclusions** The existence of four rectus pulleys and their functional positions could be confirmed using dynamic ocular MRI.

**【Key words】** Magnetic resonance imaging; Eye movement; Extraocular muscles; Rectus Pulley Normal adult

近年来通过动态磁共振成像(dynamic magnetic resonance imaging, dynamic MRI)研究<sup>[1]</sup>

基金项目:山东省科技发展计划资助项目(2003-39)

作者单位:250021 济南,山东省医院眼科(傅特现工作单位:250001 济南市第二人民医院眼科;王利华),山东省医学影像学研究所(于台飞)

通讯作者:王利华, Email: wang\_glasses@yahoo.com.cn

及眼眶组织学研究<sup>[2]</sup>证实,4条直肌在眼球赤道部附近各有一个由胶原、弹性蛋白和平滑肌构成的类似滑车的组织结构,称为直肌Pulley(rectus pulley)。直肌Pulley是直肌的功能起点,决定着直肌的径路和作用力方向。Clark等<sup>[3]</sup>采用动态MRI断层扫描对11名正常人的22个眼眶进行了研究,分析了眼

球原在位、上转、下转、内转和外转位上各直肌径路发生的屈曲,从而确定了4条直肌 Pulley 的立体定位。由于国人与白色人种眼眶解剖结构存在种族差异,因此国外正常人直肌 Pulley 位置的定位数据可能不适用于对国人的研究。我们应用动态MRI技术,对20例正常人(20个眼眶)眼球原眼位及上转、下转、内转和外转位时进行了眼眶冠状位MRI扫描,通过量化4条直肌径路发生的屈曲,确定出直肌 Pulley 在眶内的功能位置,现报告如下。

### 材料与方 法

1. 研究对象:正常受试者20人,男12人,女8人。年龄19~48(32±5)岁。眼轴长度为(24.3±0.4)mm。受试者选择标准:①两眼远、近矫正视力≥1.0;②各诊断眼位无偏斜;③眼球运动正常;④内、外眼无器质性病变。所有受试者均了解实验的目的,并志愿参加本实验研究。

2. 眼球动态MRI扫描方法 应用仪器为西门子公司Sonata 1.5T超导型MRI扫描仪(系统自带

Pascout MRI分析软件);测量软件为Scion Image医学图像测量软件。眼球运动动态MRI是在受试者注视不同方向视标时进行MRI扫描。在扫描前对受试者讲明整个过程,如注视视标的顺序、每个注视视标扫描所需的时间、变换注视视标的声音信号及间隔时间等注意事项,并给予爱尔卡因眼药水点眼以减少瞬目。受试者仰卧于磁共振检查台上,将头部固定于凹形气垫中,水平定位线定位于双眼睑裂,垂直定位线定位于眉心。用随机抽样方法选定一眼,遮盖另一眼。在受检眼正前方的磁共振拱壁上固定一个直径5mm的视标,并在其向上、向下、向内、向外转动约20度处各固定一个同样视标。令受试者注视正前方视标,先行正中矢状位MRI扫描,确定眼球正中矢状面质心和眼轴长度,扫描通过该点垂直于正中矢状面的冠状位MRI图像,并将其作为0层面。嘱受检者按正前方、上方、下方、左方、右方的顺序依次注视视标,期间进行冠状位MRI扫描。依次获取眼球原在位及上转、下转、内转、外转位时的MRI图像。MRI扫描参数见表1。

表1 MRI扫描参数

层厚(mm)	间隔	TR (ms)	TE (ms)	激励次数	FOV(mm)	矩阵	层数	时间 (s)
2	0	300	7.7-7.8	2	230	256×256	18	120

3. MRI图像的测量及统计:(1)眼球中心的确定及其坐标系的建立:根据上述成像方法确定的0层面的质心即为眼球中心。以眼球中心为原点建立三维立体坐标系,直肌径路上的各点均定义在该坐标系中。(2)眼球和直肌横截面中心的确定:应用Pascout MRI分析软件将MRI图像转换成BMP格式,并在Scion Image软件界面下打开MRI图像,运用该软件的自动定边界功能确定眼球中心和4条直肌横截面中心。(3)直肌相对于眼球中心坐标值的测定:由于Scion Image软件定义的眼球和直肌横截面中心的坐标默认在以MRI图像左上角(0,0)为原点的坐标系中,需将其换算为以眼球中心为原点的直角坐标系的坐标值(X,Y),同时规定向前、向外、向上为正,向后、向内、向下为负。(4)直肌径路及直肌Pulley位点的确定:将所有冠状位MRI图像按前后顺序排列,并将每一直肌横截面的中心相连即是该直肌的径路。以直肌前后位置为横轴,以垂直位置(观察水平直肌)或水平位置(观察垂直直肌)为纵轴建立二维坐标系。根据各层面直肌中心坐标值建立直线回归方程,用统计学软件SPSS11.5分别求得眼球垂直转动时内、外直肌径路及眼球水平转动时

上、下直肌径路直线回归曲线斜率变化最大的一点,该点即为直肌Pulley的位置。应用SPSS11.5统计软件包,对4条直肌pulley相对于眼球中心的坐标值(X、Y)进行统计。

### 结 果

正常人眼球4条直肌Pulley相对于眼球中心的坐标值见表2。

表2 正常人直肌Pulley相对于眼球中心的坐标值

	矢状轴前(mm)	水平轴外(mm)	垂直轴上(mm)
内直肌	-4±2(-3±2)	-14.7±0.1(-14.7±2)	-0.3±0.3(-0.3±0.3)
外直肌	-8±2(-9±2)	9.8±0.2(10±0.1)	-0.3±0.2(-0.3±0.2)
上直肌	-6±2(-7±2)	-1.6±0.2(-1.7±0.3)	11.5±0.3(-11.8±0.2)
下直肌	-6±2(-6±2)	-4.4±0.2(-4.3±0.2)	-12.7±0.1(-12.9±0.1)

注:向前、外、上为(+),向后、内、下为(-);括号内为Clark<sup>[9]</sup>参考数值

### 讨 论

眼球运动动态磁共振成像(Dynamic MRI of eye movements)是近年来研究眼球运动生理及眼球运动障碍性疾病的新的影像学检查方法,是通过磁共振拱壁上的视标系统控制眼球转动的方向和角

度,在受试者注视不同角度的视标时进行磁共振扫描,以获得眼球在该转动方向上各注视角度的眼眶 MRI 图像<sup>[4-6]</sup>。1989 年,Miller 等<sup>[1]</sup>应用眼球运动动态 MRI 技术获取了 4 位正常成人志愿者不同眼位时的图像,并应用计算机重建了直肌(从眶尖起点到于眼球的切点)、视神经及眼球的三维图像,对眼球运动时直肌径路的变化进行了研究,发现即使大角度的转动,直肌在眼眶中后部的径路相对于眼眶的位置是固定的,直肌肌腱前部由于贴附于眼球而发生相对于眼眶的移动。随后 Miller 等<sup>[7]</sup>对直肌移位术前后直肌径路的 MRI 图像进行了比较研究,结果发现直肌移位术并不引起眶后部直肌径路的变化。由于手术分离了直肌附着点后 10mm 范围内所有的结缔组织,因此 Miller 提出直肌径路的稳定是由于肌肉眼眶复合体的作用,并将该结构称为直肌 Pulley。Demer 等<sup>[8-10]</sup>运用动态 MRI 技术、免疫组织化学及组织切片等技术证实了直肌 Pulley 的存在。2000 年 Demer<sup>[9]</sup>根据眼球运动动态 MRI 图像提出了主动 Pulley 假说(Active Pulley Hypothesis):直肌 Pulley 是直肌的功能起点,直肌为双止点,一为止于眼球壁的肌止点,主要作用是转动眼球;另一止点止于直肌 Pulley,以保持直肌路径在眶内位置的稳定。直肌的球层纤维收缩使眼球运动,眶层纤维附着于直肌 Pulley,其对眼位的作用是通过改变直肌 Pulley 的位置而改变球层眼外肌径路而实现的。

由于 4 条直肌肌肉和直肌 Pulley 的组织密度接近,解剖结构上紧密相连,早期的 MRI 不能显示出直肌 Pulley。即使是目前应用的高分辨率 MRI,也仅能发现在眼球赤道部附近 4 条直肌眶侧各有一高密度影,但仍不能确定直肌 Pulley 的功能性位置。随着眼球动态 MRI 技术的应用,使直肌 Pulley 功能性位置的研究成为可能。由于直肌 Pulley 的机械性限制作用,使直肌径路与眼眶保持相对稳定。当眼球向不同方向注视时,从直肌附着点到直肌 Pulley 的前部径路会随着直肌附着点的运动而运动,而从直肌 Pulley 到总腱环的后部径路仅能在直肌 Pulley 的弹性范围内发生轻微的变化。这样,在稳定的后部径路与可变的前部径路之间会产生一个屈曲,从而显示出 Pulley 的功能性位置。Clark<sup>[3]</sup>等采用垂直于眶轴的冠状位动态 MRI 扫描对 11 名正常人的 22 个眼眶进行了研究,分析了眼球原在位、上转、下转、内转和外转位上各条直肌径路发生的屈曲,从而确定了 4 条直肌 Pulley 的立体定位。Clark 等<sup>[8]</sup>认为:当

眼球水平转动时内、外直肌发生收缩和舒张的变化,同样当眼球垂直转动时上、下直肌发生收缩和舒张的变化,这时由于直肌横截面积变化幅度较大,其直肌横截面质心的位置也会相应变化,因此在这种情况下应用动态 MRI 研究直肌径路的变化会造成较大的系统误差。因此 Clark 等<sup>[3]</sup>采用观察眼球垂直运动时水平直肌径路的变化及眼球水平运动时垂直直肌径路的变化。因为当眼球垂直运动时,水平直肌的前部径路随眼球的转动而发生明显的垂直位移,而由于直肌 Pulley 的限制作用,水平直肌的后部径路仅能在直肌 Pulley 的弹性范围内发生轻微的变化;当眼球水平运动时,垂直直肌的前部径路随眼球的转动而发生明显的水平位移,而由于直肌 Pulley 的限制作用,垂直直肌的后部径路保持相对稳定。这样,在 MRI 图像上,变化的前部径路和相对稳定的后部径路之间会显示一个急转的屈曲,因此可以认为直肌 Pulley 的功能位置是一个点。Clark 等<sup>[3,8]</sup>的研究结果也证明此点<sup>[3,8]</sup>。

我们参照 Clark 的研究方法,应用眼球动态 MRI 技术对 20 例正常人在眼球原眼位及上转、下转、内转和外转位时进行了 MRI 扫描,通过分析眼球转动时直肌径路的变化间接证实了 4 条直肌 Pulley 的存在并确定了其功能位置。然而,对于运动的 4 条直肌而言,由质心串联起来的径路仅仅是组织学径路,而非力学径路,是将 4 条直肌简化为密度均匀、受力均衡的理想力学试验模型的结果。而实际的力学径路与本研究结果所显示的组织学径路很难完全一致,这也可能会对本研究结果造成一定程度的系统误差。近年来研究表明,某些非共同性斜视与直肌 Pulley 的异位和不稳定性有关。因此,直肌 Pulley 的位置异常可能是某些类型非共同性斜视的运动力学基础。直肌 Pulley 的功能性定位为眼球运动的研究提供了更多的信息,正常人直肌 Pulley 功能位置的研究不但是眼球运动生理学研究的基础,也为某些非共同性斜视的眼球动态 MRI 诊断提供了参照依据。

### 参考文献

- 1 Miller JM. Functional anatomy of normal human rectus muscles. *Vision research*, 1989, 29: 223-240.
- 2 Porter JD, Poukens V, Baker RS, Demer JL. Structure-function correlations in the human medial rectus extraocular muscle pulleys. *Investigative ophthalmology & visual science*, 1996, 37: 468-472.
- 3 Clark RA, Miller JM, Demer JL. Three-dimensional location of human rectus pulleys by path inflections in secondary gaze positions. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2000, 41: 3787-3797.

- 4 Bloom JN, Cadera W, Heiberg E, et al. A magnetic resonance imaging study of horizontal rectus muscle palsies. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 1993, 30:296-300.
- 5 Bailey CC, Kabala J, Laitt R, et al. Cine magnetic resonance imaging of eye movements. *Eye*, 1993, 7 ( Pt 5):691-693.
- 6 Jewell FM, Laitt RD, Bailey CC, et al. Video loop MRI of ocular motility disorders. *J Comput Assist Tomogr*, 1995, 19:39-43.
- 7 Miller JM, Demer JL, Rosenbaum AL. Effect of transposition surgery on rectus muscle paths by magnetic resonance imaging. *Ophthalmology*, 1993, 100:475-487.
- 8 Clark RA, Miller JM, Demer JL. Location and stability of rectus muscle pulleys. Muscle paths as a function of gaze. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1997, 38:227-240.
- 9 Demer JL, Oh SY, Poukens V. Evidence for active control of rectus extraocular muscle pulleys. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2000, 41: 1280-1290.
- 10 Demer JL, Miller JM, Poukens V, et al. Glasgow BJ. Evidence for fibromuscular pulleys of the recti extraocular muscles. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1995, 36:1125-1136.

(收稿时间 2007-05)

## · 病例报告 ·

## 先天性泪囊炎误诊为眼眶横纹肌肉瘤一例

张永鹏

患者 男 1 岁,既往于出生后 4d 双眼分泌物增多,为白色粘液性。生后第 16d,无明显原因右眼球突然明显突出,右眼睑肿胀,逐渐加重,伴内眦部红肿,分泌物增多,哭闹明显,无体温升高,其父母无感染病史。就诊于当地医院,查眼眶 CT 提示右眼眶内肿物。遂于 2006 年 12 月 11 日来我院就诊。查体:患儿神志清楚,一般状态可,视力不会查,右眶压高,有抵抗感,右眼睑肿胀,眼球向前高度突出,眼睑闭合不全,内眦分泌物增多,黄白色黏液性。右睑结膜充血,角膜清。右瞳孔直径 3mm,左瞳孔直径 2mm,对光发射可。耳前、颌下淋巴结未触及明显肿大。余检查患儿不合作。MRI 诊断:右眼眶肌锥内、外间隙占位性病变,考虑恶性病变可能性大,横纹肌肉瘤? (图 1、2)。查血常规:白细胞总数  $11.70 \times 10^9/L$ ,淋巴细胞 0.51,中性粒细胞 0.38。门诊给以妥布霉素眼药水、妥布霉素眼药膏点眼 3d 后,患者家属诉患儿右眼有大量脓性分泌物排出,其后右眼分泌物减少,眼球突出略减轻。于 2006 年 12 月 18 日在全麻下手术。术前见右眼球突出已不明显,眼睑无明显红肿。术中中外眦切开,打开鼻下方球结膜,未见明显肿物,但术中从上、下泪小点溢出大量黄白色脓性分泌物,取分泌物送细菌培养+药敏,真菌培养+药敏。改行右泪道冲洗:上冲下返,下冲上返,均有大量分泌物。用盐水+妥布霉素反复冲洗泪道至无明显分泌物为止,并行右侧泪道探通术。术后诊断为右先天性泪囊炎。术后泪囊分泌物细菌培养结果为金黄色葡萄球菌,真菌培养阴性。术后 11d 复查眼眶 CT:右眼睑肿胀,眼眶内下部肌锥外间隙软组织模糊,相应眼环稍增厚,下直肌及内直肌略增粗,边缘欠清晰,眼眶各壁骨质未见明确异常征象。眼球形态正常,肌锥内间隙清晰。术后根据细菌培养药敏结果调整静脉用抗生素,局部点用妥布霉素眼药水。伤口愈合良好,眼球不突出,泪囊区挤压无脓。术后 1 周复查血常规:白细胞  $9.30 \times 10^9/L$ 。于 2006 年 12 月 31 日出院。

**讨论** 儿童时期眼球突出,眶内扪及肿物,除横纹肌肉瘤以外,尚可见于眼眶蜂窝织炎、先天性泪囊炎、黄色瘤病、绿色瘤、转移性神经母细胞瘤、皮样囊肿、视神经胶质瘤和眶内毛细血管瘤等,需要仔细鉴别。横纹肌肉瘤是儿童时期最常见的眶内恶性肿瘤,临床上 10 岁以下的儿童多见,



图 1 眼眶 MRI, T1 像

图 2 眼眶 MRI, T2 像

右侧眼眶肌锥内、外间隙可见一较大肿块影,呈长 T1 长 T2 信号影,大小约  $2.5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 1.9 \text{ cm}$ ,病变边界尚清,向内下方破坏眶内壁及鼻泪管后外壁骨质,与内直肌及下直肌分界不清,向外推压外直肌移位;病变向前突入眶隔前方,眼球被病变包绕并向前外方突出,球后壁受压变形,球内未见异常信号影,视神经受压上抬,病变向后未达眶尖。眼睑及额部软组织增厚。左侧眼眶及眶内容未见异常。

平均发病年龄 7 岁~8 岁。最典型的症状是发生和发展较快的眼球突出和眶部肿物<sup>[1, 2]</sup>。弥漫性浸润性发展的横纹肌肉瘤,临床表现如同眼眶蜂窝织炎。而横纹肌肉瘤又是一种浸润扩散较早的肿瘤,直接浸润或压迫泪道,临床表现如同泪囊炎。本病例提示:①对于因眼球突出而怀疑有眼眶内肿瘤的幼儿患者,应该常规冲洗泪道以除外先天性泪囊炎的可能。②眼眶内病变早期需影像显示,尤其是 CT 对于发现病变、骨破坏和眶外蔓延有很大价值。但影像检查需要患者静卧,以免出现运动伪影,使图像模糊不清,影响观察和诊断,特别是对于儿童,检查时需要给予充分麻醉。③除 CT、MRI 以外, B 超也是一种重要的检查手段,特别是在发现泪囊区囊性病变时有一定优势。横纹肌肉瘤的 B 超特点为形状不规则的低回声区或无回声区,声波衰减不显著,显示后界较清楚。用探头压迫眼球病变图像不变形,表示为实体性病变。彩色多普勒超声,在肿瘤内可发现丰富的彩色血流,脉冲多普勒检查肿瘤内有动脉血流且流速较快<sup>[1]</sup>;而泪囊炎在超声上则表现为囊性病变而非实体性病变,病变内也没有丰富的彩色血流。

## 参考文献

- 1 吴中耀主编. 现代眼肿瘤眼眶病学. 北京: 人民军医出版社, 2002: 326-329
- 2 宋国祥主编. 眼眶病学. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 156-165
- 3 李凤鸣主编. 眼科全书. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 1162-1166

(收稿时间: 2007-06)

作者单位: 100730 北京,首都医科大学附属北京同仁医院眼科中心

通讯作者: 张永鹏, E-mail: havenotzhang@163.com