



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

视辐射解剖研究进展及其在神经外科手术中的意义

孙崇璟, 徐瑾, 朱卫

引用本文:

孙崇, 徐瑾, 朱卫. 视辐射解剖研究进展及其在神经外科手术中的意义[J]. 中国临床医学, 2021, 28(5): 900–904.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202092>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

颧部整形的治疗进展

Recent progress in malarplasty

中国临床医学. 2017, 24(1): 150–153 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20160840>

介入技术在腹膜后肿瘤临床诊疗中的应用进展

Clinical application progress of interventional diagnosis and treatment for retroperitoneal tumor

中国临床医学. 2021, 28(2): 323–327 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20201778>

血管新生及抗血管新生靶向治疗在神经纤维瘤中的研究进展

Angiogenesis and anti-angiogenesis targeted therapy in neurofibroma

中国临床医学. 2019, 26(6): 931–935 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190754>

三维标测系统Carto Univu在房室结折返性心动过速射频消融术中的应用效果评价

Evaluation on efficacy of 3D mapping system Carto Univu in radiofrequency ablation in treatment of patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia

中国临床医学. 2017, 24(5): 748–750 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20170384>

三维可视化技术在肝胆外科临床解剖教学中的应用研究

The study of application value of three-dimensional visualization technique in clinical anatomy teaching of hepatobiliary surgery

中国临床医学. 2020, 27(6): 1026–1031 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20202125>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202092

视辐射解剖研究进展及其在神经外科手术中的意义

孙崇璟, 徐 瑾, 朱 卫*

复旦大学附属中山医院神经外科, 上海 200032

引用本文 孙崇璟, 徐 瑾, 朱 卫. 视辐射解剖研究进展及其在神经外科手术中的意义 [J]. 中国临床医学, 2021, 28(5): 900-904. SUN C J, XU J, ZHU W. Advances in anatomical study of optic radiation and their significance in neurosurgical procedures [J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2021, 28(5): 900-904.

【摘要】 视辐射是视觉传导通路的重要部分, 将视觉信息从外侧膝状体传递至枕叶视皮质。在神经外科疾病和手术并发症中, 因视辐射损伤造成的视野缺损并不少见。通过一般影像解剖研究、纤维束剥离解剖研究、弥散张量纤维束成像研究, 人们对视辐射解剖的认识逐渐深入。这些解剖学知识被应用到相关的手术设计和功能保护手段当中, 加强了术中对视辐射的保护。

【关键词】 视辐射; 纤维剥离技术; 弥散张量成像

【中图分类号】 R 651 **【文献标志码】** A

Advances in anatomical study of optic radiation and their significance in neurosurgical procedures

SUN Chong-jing, XU Jin, ZHU Wei*

Department of Neurosurgery, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

【Abstract】 As a substantial part of the visual pathway, optic radiation conveys visual signal from lateral geniculate body to the occipital cortex. It is not rare to see reports of optic radiation injuries as consequences of neurosurgical diseases or neurosurgical complications. Through general anatomical or radiological study, fiber dissection anatomy research, diffusion tensor fiber tract imaging research, the anatomical knowledge has been deepened and expanded. With all the new information added to the neurosurgical procedures, the intra-operative protection of optic radiation has been strengthened.

【Key Words】 optic radiation; fiber dissection technique; diffusion tensor imaging

视辐射是视觉传导通路的重要部分, 将视觉信息从外侧膝状体传递至枕叶视皮质。视辐射在大脑内途经颞叶、顶叶和枕叶, 涉及范围广, 在很多神经外科手术中都有涉及。然而, 目前很多外科医生对这一解剖结构认识不足, 在术中缺乏对其保护的意识与方法。

1 解剖行径

视辐射是视觉传导通路的重要部分, 自外侧膝状体发出, 止于枕叶视觉皮质^[1], 可分为前束、中束和后束三部分^[1-3]。前束自外侧膝状体, 在侧脑室颞角顶向前、外侧延伸, 然后向后急转形成 Meyer 袢 (Meyer's loop), 走行于侧脑室颞角、房部和枕角外侧壁, 并跨过房部和枕角的底部向内侧, 到达距状

沟以下的视皮质, 负责传递对侧上方 1/4 视野的视觉信息^[4]; 中束向外侧跨过侧脑室颞角顶, 向后走行于侧脑室颞角、房部和枕角的外侧壁, 到达枕极, 传递黄斑区的视觉信息, 在三束中体积最大^[5]; 后束自外侧膝状体直接向后走行, 经过侧脑室三角部的上方直接到达距状沟以上的视皮质, 传递对侧下方 1/4 视野的视觉信息^[2]。

2 视辐射损伤的常见原因

视辐射损伤造成的视野缺损, 常出现在神经外科疾病和手术并发症中^[6-7]。所有涉及视辐射行径的创伤性颅脑损伤, 包括顶枕部硬膜外血肿、颞顶枕部挫裂伤、弥漫性轴索损伤等, 会造成不同程度

【收稿日期】 2020-09-27 **【接受日期】** 2021-03-16

【基金项目】 上海申康医院发展中心临床科技创新项目 (SHDC12018114)。Supported by Clinical Science and Technology Innovation Project of Shanghai ShenKang Hospital Development Center (SHDC12018114)。

【作者简介】 孙崇璟, 硕士, 主治医师。E-mail: suncj@aliyun.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: zhuwei_zsns@163.com

的同向偏盲^[8-9],新的影像学方法也用于揭示这一过程中视辐射的变化^[10-11]。有研究^[12]报道颞叶动静脉畸形的手术病例,记录了相关出血造成的视野缺损,以及这些视野缺损的恢复情况。侧脑室房部占位亦可累及视辐射、造成视野缺损,经过颞叶上部、顶叶下部进行手术切除,也可以并发不同程度的视野缺损^[2]。作为手术并发症,视辐射损伤最常见于癫痫前颞叶切除术后^[13-14]。

3 视辐射的解剖研究

视辐射的解剖研究,主要通过两大类研究方法完成。一类是针对尸体标本的解剖学研究,另一类是针对活体受试者的影像学研究。其中,纤维束剥离技术和弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)技术对视辐射解剖研究最为适用。

3.1 一般影像解剖研究 在对颞叶手术切除范围和术后对视野缺损情况的研究中^[15],神经外科医生对视辐射的解剖有了最初的认识。Barton 等^[16]将术后 MRI 用于切除范围的测量发现,视野缺损的程度与颞叶切除的范围显著相关。Burgel 等^[17]的视辐射解剖研究,则运用了白质纤维染色、断层解剖、MRI、3D 图像重建等技术。Kier 等^[18]发现 Meyer 祥前方并没有到达颞角的尖端,这与 Barton 等^[16]的结论相矛盾。Schur 的团队^[19]则基于特殊的 MRI T₁ 扫描数据,对视辐射的纤维束进行了满意的重建。

3.2 纤维束剥离解剖研究 纤维束剥离技术在解剖学中的应用,可以追溯到 17 世纪。这一技术越来越多地被应用于视辐射的解剖研究中^[20]。

3.2.1 解剖研究进展 有研究^[4]分析视辐射与侧脑室颞角、颞叶表面结构的相对位置关系发现,侧脑室颞角的外侧壁、顶部、尖部的外侧部分均为视辐射所覆盖,特定区域的颞角底则没有视辐射纤维。Rubino 等^[3]发现,视辐射纤维与侧脑室颞角顶之间仅仅有一层毡纤维隔开。Mahaney 等^[2]则发现,侧脑室房部的内侧壁没有视辐射纤维覆盖。Parraga 等^[21]也研究视辐射与侧脑室的关系发现,前后方向上,Meyer 祥的最前端始终在颞角尖端以前;上下方向上,视辐射在颞上回、颞中回的深部,向下不超过颞下沟。Atar 等^[22]则将 3.0T MRI 与纤维束剥离技术结合起来,显示向枕叶走行的视辐射的解剖。

3.2.2 优势与不足 纤维束剥离研究极大地丰富了人们对视辐射解剖的认识,但这项技术也存在一

定的局限:(1)只能在尸体标本中进行;(2)无法将交叉、伴行的纤维束与视辐射分离;(3)在剥离出一组纤维束往往意味着破坏了邻近结构;(4)标本处理过程中的冰冻和融解会造成一定程度的标本变形^[23-28]。

3.3 弥散张量纤维束成像研究

3.3.1 成像原理 常见的 MRI 成像技术呈现出的白质,往往是无法分辨、同质性的白质组织团,难以使某个具体的纤维束显像。弥散 MRI 的原理,基于轴突中不同方向上,水分子弥散运动的活跃程度不同。DTI 是弥散 MRI 中的一种,以 DTI 数据和现有的解剖学知识为基础进行纤维束成像,从而将混为一体的白质结构显示成行径清晰的纤维束^[29-30]。

3.3.2 解剖研究进展 Nilsson 等^[31]对前颞叶切除患者和正常人进行了 Meyer 祥的纤维束成像研究发现,Meyer 祥前缘位于颞极后方 34~51 mm (平均 44 mm),向前未到达侧脑室颞角最前方,并具有相当程度的个体差异。研究人员探究了钩束、前联合、枕额下束、丘脑下脚和视辐射的空间关系,定义了“岛叶后点”(Heschl 颞横回与下环岛沟交界线的最前端)这一解剖标志,将其作为视辐射的后界。Wu 的团队^[32]将重建的视辐射纤维与 T₁ 图像重建的立体脑模型进行融合,发现视辐射走行于颞上回、颞中回和颞上沟深面,与下纵束、顶/枕/颞桥束关系密切。

3.3.3 成像与重建方法进展 Kuhnt 等^[23]发现,应用高角分辨率弥散成像(high angular resolution diffusion imaging)数据对胶质瘤患者的视辐射进行重建的效果,优于传统 DTI 数据,但需要更长的扫描时间。Lim 等^[33]研究则发现,采用约束球面反褶积(constrained spherical deconvolution, CSD)技术进行纤维束成像,在缩短运算时间的同时,还可以获得更好的重建效果。Chamberland 的团队^[34]通过引入一种新的感兴趣区域(region of interest, ROI)机制,使更多的 Meyer 祥纤维得以显示,缩短了所能重建出的 Meyer 祥最前端与颞极的距离。

3.3.4 优势与不足 纤维束成像的优势在于能够在活体、针对患者的视辐射解剖进行无创的、个体化的评价^[25],计算机技术的发展让此技术变得更加自动化^[23]。但是,纤维束成像存在以下一些问题:(1)弥散磁共振扫描时间一般偏长,在此过程中,患者移动、磁涡流、信号噪音等因素都可能给数据的

准确性带来影响^[25]。(2)数据处理的方法可能存在注册误差和算法局限,有时重建效果与实际解剖不符^[32]。(3)纤维束成像的“分辨率”存在局限,其体素(最小成像单位)的大小,比构成神经束的轴突直径,存在数量级的差距^[16]。从某种意义上讲,此方法呈现出的是“大体结构”,而不是“显微结构”,与实际解剖的效果尚无法比较^[22]。对于相互混合、交叉、吻合的纤维束,造成同一体素内走行多个方向的纤维束^[4],或者对于比体素还要细的纤维束^[35],纤维束成像难以进行满意的处理。(4)纤维束重建选择 ROI 时,依赖重建者的主观判断,从而使重建存在一定的主观性。

4 视辐射解剖研究的手术意义

对于神经外科医生来说,保护视辐射最根本的方法,就是根据对自身解剖与毗邻关系的理解,选择甚至设计最佳的手术策略。

4.1 占位性疾病手术中的视辐射保护 侧脑室房部与视辐射的密切关系,一系列手术入路,包括经顶上小叶入路、远端外侧裂入路、经颞下沟以下的皮质入路、经纵裂入路等,被开发出来避免相关手术中的视辐射损伤^[28,36-37]。Faust 等^[38]总结了经手术治疗的 130 例颞叶肿瘤病例,结合术前 DTI 成像和术后视野缺损情况,分别给出切除颞叶外侧、颞极、颞叶内侧、颞叶中央和梭状回等部位病变,为了保护视辐射应选择的最佳入路。

4.2 癫痫前颞叶切除术中的视辐射保护

4.2.1 安全切除范围 视辐射前束,即 Meyer 祥,在颞叶所能达到的范围,在视辐射解剖研究中最受关注。因为这直接关系到颞叶手术中可以“安全切除”的范围。现在一般认为,Meyer 祥最前端与颞极的距离在 30~40 mm,其位置存在一定的个体差异性^[24]。最常用的 2 种研究方法都存在其局限性。纤维束剥离研究:因为难以分辨视辐射与邻近纤维束,得出的视辐射范围往往偏大、位置往往偏前。纤维束成像研究:因无法保证所有 Meyer 祥纤维的成像效果,得出的范围往往偏小、位置往往偏后^[29]。因此,目前关于视辐射的范围与最前端的位置、Meyer 祥最前端与颞极和侧脑室下角的位置关系,都还存在争议^[1,24]。

4.2.2 手术入路选择 前颞叶切除可以选择的手术入路,包括经外侧裂入路、经外侧皮质入路和颞下入路^[3]。(1)经外侧裂入路由 Yasargil^[1]最先应

用,可很好地避免视辐射损伤引起的视野缺损,同时可以避免颞叶皮质及引流静脉损伤^[4]。Choi 等^[39]通过解剖研究,提出一个由外侧裂进入侧脑室下角的安全三角区。然而,Yeni 等^[40]则报道了与之相矛盾的手术结果,同样的手术入路造成了高达 36.6% 的视野缺损。(2)在外侧经皮质入路中,为了避免视辐射纤维,可选择切开颞下沟以下的颞叶皮质^[3]。(3)经颞下入路、由颞叶底面切开进入,可能同样可以避免视辐射的损伤,因为有学者认为侧脑室下角的底面没有视辐射纤维的通过^[3]。

5 预防视辐射损伤的技术方法

可预测、预防视辐射损伤的技术方法包括视觉诱发电位、神经导航、DTI 纤维束成像等^[41-43]。

5.1 影像学方法 Yogarajah 等^[29]通过对健康对照者和前颞叶切除病例进行纤维束成像研究,发现通过测量切除范围和视辐射前缘的位置,可以很大程度上预测视野缺损的发生和严重程度。Winston 等^[25,33]比较了视辐射纤维束成像的不同方法,并将纤维束成像的结果与术后 T₁ 序列的 MRI 影像融合比较,发现视辐射最前端和颞叶切缘之间的距离与视野缺损程度显著相关。同一团队在后续研究中同时应用了术中核磁共振^[44],并报道了一组通过术前的纤维束成像评估手术收益和风险、把握手术指征、选择手术入路的病例^[45]。

5.2 多模态神经导航 Kamada 等^[33,35]将视觉诱发电位和 DTI 纤维束成像导航结合起来,监测术后视路旁病变切除术中的视路功能,可较好地预测术后视野缺损,并一定程度上在术中为外科医生提供重要的参考。Chen 等^[15]进行了术前和术中的磁共振扫描和纤维束成像,除对术后视野缺损的情况与纤维束成像结果的相关性进行研究,还着重对导航的术中漂移进行统计。Thudium 等^[25]报道一组通过颞下入路和经颞叶皮质入路手术治疗的颞叶癫痫病例,将包括 Meyer 祥在内的重要结构重建后直接显示在显微镜视野中,为外科医生提供“直视下的导航”。近年来,又有一系列研究^[22,34,42,46-49]表明,术前或术中的 DTI 纤维束重建技术,能够满意地预测由视辐射损伤引起的术后视野缺损,并能有效预防视辐射损伤的发生。

综上所述,长期以来,神经外科对视辐射这一结构的认识和保护都相对欠缺。一方面,其损伤带来的视野缺损,尤其是轻度的视野缺损并不易被发

现。另一方面,白质结构相互交叉、伴行,难以辨认,加之可能存在的病理性移位和个体差异,使外科医生在术中难以判定视辐射的位置和行径。视辐射的解剖研究,尤其是纤维束剥离和弥散张量纤维束成像的进一步发展,让人们对视辐射这一结构的认识大大加深。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] YASARGIL M G, TURE U, YASARGIL D C. Impact of temporal lobe surgery [J]. J Neurosurg, 2004, 101 (5): 725-738.
- [2] MAHANEY K B, ABDULRAUF S I. Anatomic relationship of the optic radiations to the atrium of the lateral ventricle: description of a novel entry point to the trigone [J]. Neurosurgery, 2008, 63(4 Suppl 2): 195-202.
- [3] 孙崇璟, 谢 涛, 张晓彪, 等. 后纵裂入路切除侧脑室三角区肿瘤的解剖学[J]. 解剖学报, 2018, 49(2): 217-222. SUN C J, XIE T, ZHANG X B, et al. Anatomy of tumor resection in trigone of the lateral ventricle via a posterior interhemispheric approach[J]. Acta Anatomica Sinica, 2018, 49(2): 217-222.
- [4] SINCOFF E H, TAN Y, ABDULRAUF S I. White matter fiber dissection of the optic radiations of the temporal lobe and implications for surgical approaches to the temporal horn [J]. J Neurosurg, 2004, 101(5): 739-746.
- [5] RUBINO P A, RHOTON A L JR, TONG X, et al. Three-dimensional relationships of the optic radiation [J]. Neurosurgery, 2005, 57(4 Suppl): 219-227.
- [6] JANG S H, CHANG C H, JUNG Y J, et al. Optic radiation injury in patients with aneurismal subarachnoid hemorrhage: a preliminary diffusion tensor imaging report [J]. Neural Regen Res, 2018, 13(3): 563-566.
- [7] MEESTERS S, OSSENBLOK P, WAGNER L, et al. Stability metrics for optic radiation tractography: towards damage prediction after resective surgery [J]. J Neurosci Methods, 2017, 288: 34-44.
- [8] KWON H G, JANG S H. Optic radiation injury following traumatic epidural hematoma: diffusion tensor imaging study [J]. NeuroRehabilitation, 2011, 28(4): 383-387.
- [9] YEO S S, KIM S H, KIM O L, et al. Optic radiation injury in a patient with traumatic brain injury [J]. Brain Injury, 2012, 26(6): 891-895.
- [10] CHOI E B, JANG S H. Diffusion tensor imaging studies on recovery of injured optic radiation: a minireview [J]. Neural Plast, 2020, 2020: 8881224.
- [11] JANG S H, LEE H D. Diagnostic Approach to traumatic axonal injury of the optic radiation in mild traumatic brain injury [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2019, 98(8): e92-e96.
- [12] PABLO L O, MOHAMED L, JORGE B, et al. Temporal lobe arteriovenous malformations: surgical outcomes with a focus on visual field defects and epilepsy [J]. Neurosurgery, 2013, 73(5): 854-862.
- [13] DE SOUZA J, AYUB G, NOGUEIRA M, et al. Temporopolar amygdalohippocampectomy: seizure control and postoperative outcomes [J]. J Neurosurg, 2020: 1-10.
- [14] LI W, AN D, TONG X, et al. Different patterns of white matter changes after successful surgery of mesial temporal lobe epilepsy [J]. Neuroimage Clin, 2019, 21: 101631.
- [15] CHEN X, WEIGEL D, GANSLANDT O, et al. Prediction of visual field deficits by diffusion tensor imaging in temporal lobe epilepsy surgery [J]. Neuroimage, 2009, 45(2): 286-297.
- [16] BARTON J J, HEFTER R, CHANG B, et al. The field defects of anterior temporal lobectomy: a quantitative reassessment of Meyer's loop [J]. Brain, 2005, 128 (Pt 9): 2123-2133.
- [17] BURGEL U, SCHORMANN T, SCHLEICHER A, et al. Mapping of histologically identified long fiber tracts in human cerebral hemispheres to the MRI volume of a reference brain: position and spatial variability of the optic radiation [J]. Neuroimage, 1999, 10(5): 489-499.
- [18] KIER E L, STAIB L H, DAVIS L M, et al. MR imaging of the temporal stem: anatomic dissection tractography of the uncinate fasciculus, inferior occipitofrontal fasciculus, and Meyer's loop of the optic radiation [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2004, 25(5): 677-691.
- [19] ROEY S, DUAN Y, NORCIA A M, et al. Tractography optimization using quantitative T₁ mapping in the human optic radiation [J]. Neuroimage, 2018, 181: 645-658.
- [20] MANDELSTAM S A. Challenges of the anatomy and diffusion tensor tractography of the Meyer loop [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2012, 33(7): 1204-1210.
- [21] GONZALO P R, CARVALHAL R G, CHRISTIAAN W L, et al. Microsurgical anatomy of the optic radiation and related fibers in 3-dimensional images [J]. Neurosurgery, 2012, 71(1 Suppl Operative): 160-171.
- [22] ATAR M, KIZMAZOGLU C, KAYA I, et al. 3.0 Tesla MRI scanner evaluation of supratentorial major white matter tracts and central core anatomical structures of postmortem human brain hemispheres fixed by Klingler method [J]. Br J Neurosurg, 2020: 1-5.
- [23] TOGA A W, CLARK K A, THOMPSON P M, et al. Mapping the human connectome [J]. Neurosurgery, 2012, 71 (1): 1-5.
- [24] DANIELA K, BAUER M, JENS S, et al. Optic radiation fiber tractography in glioma patients based on high angular resolution diffusion imaging with compressed sensing compared with diffusion tensor imaging-initial experience [J]. PLoS One, 2013, 8(7): e70973.
- [25] WINSTON G P, MANCINI L, STRETTON J, et al. Diffusion tensor imaging tractography of the optic radiation

- for epilepsy surgical planning: a comparison of two methods [J]. *Epilepsy Res*, 2011, 97(1-2):124-132.
- [26] GOGA C, TURE U. The anatomy of Meyer's loop revisited: changing the anatomical paradigm of the temporal loop based on evidence from fiber microdissection [J]. *J Neurosurg*, 2015, 122(6):1253-1262.
- [27] DI CARLO D T, BENEDETTO N, DUFFAU H, et al. Microsurgical anatomy of the sagittal stratum [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2019, 161(11):2319-2327.
- [28] KOUTSARNAKIS C, KALYVAS A V, KOMAITIS S, et al. Defining the relationship of the optic radiation to the roof and floor of the ventricular atrium: a focused microanatomical study[J]. *J Neurosurg*, 2018;1-12.
- [29] YOGARAJAH M, FOCKE N K, BONELLI S, et al. Defining Meyer's loop-temporal lobe resections, visual field deficits and diffusion tensor tractography[J]. *Brain*, 2009, 132 (Pt 6):1656-1668.
- [30] BERTANI G A, BERTULLI L, SCOLA E, et al. Optic radiation diffusion tensor imaging tractography: an alternative and simple technique for the accurate detection of Meyer's loop[J]. *World Neurosurg*, 2018, 117:e42-e56.
- [31] NILSSON D, STARCK G, LJUNGBERG M, et al. Intersubject variability in the anterior extent of the optic radiation assessed by tractography[J]. *Epilepsy Res*, 2007, 77 (1):11-16.
- [32] WU W, RIGOLO L, O'DONNELL L J, et al. Visual pathway study using in vivo diffusion tensor imaging tractography to complement classic anatomy [J]. *Neurosurgery*, 2012, 70(1 Suppl Operative):145-156.
- [33] LIM J C, PHAL P M, DESMOND P M, et al. Probabilistic MRI tractography of the optic radiation using constrained spherical deconvolution: a feasibility study[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3):e118948.
- [34] CHAMBERLAND M, SCHERRER B, PRABHU S P, et al. Active delineation of Meyer's loop using oriented priors through MAGNETic tractography (MAGNET) [J]. *Hum Brain Mapp*, 2017, 38(1):509-527.
- [35] OTA T, KAWAI K, KAMADA K, et al. Intraoperative monitoring of cortically recorded visual response for posterior visual pathway[J]. *J Neurosurg*, 2010, 112(2):285-294.
- [36] KAMADA K, TODO T, et al. Functional monitoring for visual pathway using real-time visual evoked potentials and optic-radiation tractography[J]. *Neurosurgery*, 2005, 57 (1 Suppl):121-127.
- [37] 孙崇璟, 谢 涛, 张晓彪. 侧脑室三角区病变的手术方法 [J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2014, 40(1):55-58. SUN C J, XIE T, ZHANG X B. Surgical treatment of lesions in trigone of lateral ventricle[J]. *Chinese Journal of Nervous and Mental Diseases*, 2014, 40(1):55-58.
- [38] FAUST K, VAJKOCZY P. Distinct displacements of the optic radiation based on tumor location revealed using preoperative diffusion tensor imaging[J]. *J Neurosurg*, 2016, 124(5):1343-1352.
- [39] CHOI C, RUBINO P A, FERNANDEZ-MIRANDA J C, et al. Meyer's loop and the optic radiations in the transsylvian approach to the mediobasal temporal lobe[J]. *Neurosurgery*, 2006, 59(4 Suppl 2):ONS228-ONS235.
- [40] YENI S N, TANRIOVER N, UYANIK O, et al. Visual field defects in selective amygdalohippocampectomy for hippocampal sclerosis: the fate of Meyer's loop during the transsylvian approach to the temporal horn [J]. *Neurosurgery*, 2008, 63(3):507-513.
- [41] AGARWAL V, MALCOLM J G, PRADILLA G, et al. Tractography for optic radiation preservation in transcortical approaches to intracerebral lesions [J]. *Cureus*, 2017, 9 (9):e1722.
- [42] CHAMBERLAND M, TAX C M W, JONES D K. Meyer's loop tractography for image-guided surgery depends on imaging protocol and hardware[J]. *Neuroimage Clin*, 2018, 20:458-465.
- [43] YANG J Y, BEARE R, WU M H, et al. Optic radiation tractography in pediatric brain surgery applications: a reliability and agreement assessment of the tractography method[J]. *Front Neurosci*, 2019, 13:1254.
- [44] WINSTON G P, DAGA P, WHITE M J, et al. Preventing visual field deficits from neurosurgery[J]. *Neurology*, 2014, 83(7):604-611.
- [45] WINSTON G P, YOGARAJAH M, SYMMS M R, et al. Diffusion tensor imaging tractography to visualize the relationship of the optic radiation to epileptogenic lesions prior to neurosurgery[J]. *Epilepsia*, 2011, 52(8):1430-1438.
- [46] THUDIUM M O, CAMPOS A R, URBACH H, et al. The basal temporal approach for mesial temporal surgery: sparing the Meyer loop with navigated diffusion tensor tractography [J]. *Neurosurgery*, 2010, 67(2 Suppl Operative):385-390.
- [47] LILJA Y, LJUNGBERG M, STARCK G, et al. Tractography of Meyer's loop for temporal lobe resection-validation by prediction of postoperative visual field outcome [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157(6):947-956.
- [48] LIN F, WU J, WANG L, et al. Surgical treatment of cavernous malformations involving the posterior limb of the internal capsule: utility and predictive value of preoperative diffusion tensor imaging [J]. *World Neurosurg*, 2016, 88: 538-547.
- [49] DE SOUZA J, AYUB G, NOGUEIRA M, et al. Temporopolar amygdalohippocampectomy: seizure control and postoperative outcomes[J]. *J Neurosurg*, 2020;1-10.