



血氧依赖功能磁共振成像联合IMRT技术在胶质瘤术后放疗语言功能区保护中的应用

张玉, 张青波, 赵超云, 王晓东, 赵婷, 朱凯

引用本文:

张玉, 张青波, 赵超云, 等. 血氧依赖功能磁共振成像联合IMRT技术在胶质瘤术后放疗语言功能区保护中的应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2021, 41(12): 931-936.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.009>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

乳腺癌根治术后调强放疗的一体化射野设计

An integrated design of fields in IMRT for post-radical mastectomy

中华放射医学与防护杂志. 2020, 40(2): 116-121 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.02.008>

前列腺癌质子调强与光子容积旋转调强放疗计划质量评估

Evaluation of plan quality for IMPT and VMAT in the treatment of patients with prostate cancer

中华放射医学与防护杂志. 2020, 40(1): 19-25 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.01.003>

Halo-Vest支架对颈椎原发性恶性肿瘤放疗剂量分布的影响

Effect of Halo-Vest on dose distribution of radiotherapy for primary cervical spine malignant tumors

中华放射医学与防护杂志. 2020, 40(8): 612-617 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.08.007>

DeepPlan系统中快速直接子野优化在临床中的应用研究

Study on the clinical application of the fast direct aperture optimization of DeepPlan treatment planning system

中华放射医学与防护杂志. 2020, 40(12): 938-944 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.12.008>

上胸段食管癌调强放射治疗中淋巴结意外照射的剂量学研究

Irradiated dose to unprotected lymph node stations in the VMAT and IMRT treatment of patients with upper thoracic esophageal cancer

中华放射医学与防护杂志. 2020, 40(1): 36-41 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.01.006>

血氧依赖功能磁共振成像联合 IMRT 技术在胶质瘤术后放疗语言功能区保护中的应用

张玉¹ 张青波² 赵超云¹ 王晓东¹ 赵婷³ 朱凯¹

¹宁夏医科大学总医院放射科, 银川 750004; ²蚌埠医学院第二附属医院骨科, 蚌埠 230000; ³宁夏医科大学总医院肿瘤医院放疗科, 银川 750004

通信作者: 王晓东, Email: xdw80@yeah.net

【摘要】 目的 探讨血氧依赖功能磁共振成像 (blood oxygen level dependent functional magnetic resonance imaging, BOLD-fMRI) 联合调强放疗 (IMRT) 技术对单侧额、颞叶脑胶质瘤术后放疗患者的语言功能区保护的临床应用价值。方法 选取 27 例单侧额、颞叶脑胶质瘤术后放疗患者, 放疗前行定位 CT 及 BOLD-fMRI 检查, 在定位 CT 及 3D T1 融合图上勾画出语言功能区。运用 IMRT 技术制定常规放疗计划和语言功能区保护性放疗计划, 比较分析两种计划 PTV 的最大辐射剂量 (D_{\max})、平均辐射剂量 (D_{mean})、靶区适形度 (CI)、剂量均匀性 (HI) 以确保保护性放疗计划达到放疗标准, 再比较分析语言功能区所受的 D_{\max} 、 D_{mean} , 分析保护性放疗计划语言功能区的 D_{\max} 、 D_{mean} 的变化。结果 常规放疗计划和保护性放疗计划 PTV 的 CI、HI、 D_{\max} 及 D_{mean} 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。与常规放疗计划相比, 保护性放疗计划中患者的 Wernicke 区和 Broca 区 (健侧及患侧) 的 D_{\max} 、 D_{mean} 有所降低, 其中健侧降低明显, 差异有统计学意义 ($t=3.073\sim 12.707, P<0.05$)。结论 BOLD-fMRI 联合 IMRT 技术既能保证脑胶质瘤术后放疗患者的靶区治疗剂量又能降低语言功能区的辐射剂量。汉语朗读任务及段落理解任务作为脑肿瘤术后患者语言功能区的刺激模式, 任务简单, 效果确切。

【关键词】 血氧水平依赖磁共振功能成像; 语言功能区; 脑胶质瘤; 调强放射疗法

基金项目: 国家自然科学基金项目 (81260373); 宁夏自然科学基金 (NZ16272)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.009

The application of blood oxygen level dependent functional magnetic resonance imaging (BOLD-fMRI) to the protection of language functional area during postoperative IMRT of cerebral gliomas

Zhang Yu¹, Zhang Qingbo², Zhao Chaoyun¹, Wang Xiaodong¹, Zhao Ting³, Zhu Kai¹

¹Department of Radiology, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China;

²Department of Orthopaedics, Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu 230000, China;

³Department of Radiotherapy, Oncology Hospital, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China

Corresponding author: Wang Xiaodong, Email: xdw80@yeah.net

【Abstract】 Objective To investigate the clinical application value of blood oxygen level dependent functional magnetic resonance imaging (BOLD-fMRI) to the protection of language function in patients with unilateral frontal and temporal lobes glioma receiving postoperative intensity modulation radiation therapy (IMRT). **Methods** A total of 27 patients with unilateral frontal and temporal lobe gliomas were treated with postoperative radiotherapy. The planning CT and BOLD-fMRI were performed before radiotherapy, and the language functional areas were delineated based on the fused images of 3D T1 and CT. IMRT technology was used to develop radiotherapy plans with and without language function area protection, naming conventional and protective radiotherapy plans respectively. The maximum radiation dose (D_{\max}), average radiation dose (D_{mean}), target conformal (CI) and dose uniformity (HI) of PTV of the two plans were compared and analyzed to ensure that the protective radiotherapy plan could meet the radiotherapy standard. Then, the D_{\max} and D_{mean} of the language function area were compared and analyzed to evaluate whether the D_{\max} and D_{mean} of the language function area were decreased in the protective

radiotherapy plan. **Results** There were no significant differences in CI, HI, D_{\max} and D_{mean} of PTV between the conventional radiotherapy plan and protective radiotherapy plan ($P > 0.05$). There were statistically significant differences in D_{\max} and D_{mean} of Wernicke's and Broca's (healthy side and affected side) between the conventional radiotherapy plan and protective radiotherapy plan ($t = 3.073 - 12.707$, $P < 0.05$). D_{\max} and D_{mean} of Wernicke's and Broca's (healthy side and affected side) were decreased in the protective radiotherapy plan compared with the conventional radiotherapy plan, and the decrease was significant in the healthy side. **Conclusions** BOLD-fMRI combined with IMRT can not only guarantee the target dose of patients with glioma receiving postoperative radiotherapy, but also reduces the radiation dose to the language function area. Chinese reading task and paragraph comprehension task are the stimulation mode of language function in patients after brain tumor surgery. These tasks are simple and the effect is accurate.

【Key words】 Blood oxygen level-dependent functional magnetic resonance imaging; Language functional area; Cerebral gliomas; Intensity-modulated radiotherapy

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (81260373); Natural Science Foundation of Ningxia (NZ16272)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.009

局部复发是脑胶质瘤患者最终死亡的主要原因,高达 90%的复发发生在距原发灶约 2 cm 范围之内^[1-2]。术后放疗是控制脑胶质瘤局部复发、延长患者生存期的有效手段,但其存在诱发放射性损伤的风险^[3]。前瞻性临床试验表明,提高放疗剂量会增加邻近靶区脑功能区损伤的风险,将会严重影响患者的生存质量^[4]。虽然调强放疗(IMRT)能够在提高靶区照射剂量的同时降低正常脑组织的受照射剂量并缩短治疗时间^[5],但是常规 CT 及 MRI 技术难以精准显示靶区临近语言功能区位置,因此难以制定有效的保护计划。血氧水平依赖磁共振功能成像(BOLD-fMRI)利用内源性对比剂——脱氧血红蛋白可无创、重复定位脑功能区。Sarubbo 等^[6]认为 BOLD-fMRI 能够无创定位语言功能区,与金标准皮层电刺激基本一致。本研究拟利用 BOLD-fMRI 和 IMRT 技术,制定语言功能区保护性放疗计划,探讨 BOLD-fMRI 联合 IMRT 技术对单侧额、颞叶脑胶质术后放疗患者的语言功能区保护的临床应用价值。

资料与方法

1. 一般资料:选取 27 例 2017 年 4 月至 2018 年 12 月宁夏医科大学总医院肿瘤医院放疗科收治单侧额、颞叶脑胶质瘤术后放疗患者,男 9 例,女 18 例,年龄 25~61 岁(平均 36.9 岁)。所有患者均宁夏医科大学心身医学科语言治疗师采用爱丁堡利手评分量表^[7]及西方成套失语症检查量表^[8]对患者语言功能进行测试,评定左利手 4 例,右利手 23 例。术后病理均为脑胶质瘤,世界卫生组织(WHO)分级 II 级、III 级、IV 级病例数分别为 15

例、3 例、9 例。所有患者检查前均签署知情同意书,且无 MRI 检查禁忌证。

2. 影像学检查:①定位 CT 检查:采用西门子 Somatom Sensation Open 计算机断层扫描(CT),取仰卧位,层厚 3 mm,层间距 0。②MRI 检查:采用美国 GE 公司 Signa Excite HD 3.0T 磁共振仪对所有患者进行扫描,患者取仰卧位。扫描序列为 EPI 序列,扫描参数为 TR = 3 000 ms, TE = 35 ms,层间距 0,层厚 4 mm, NEX = 1,翻转角 90°,矩阵 128×128,视野(FOV) 240 mm×240 mm。

3. 刺激程序:实验采用组块设计,静息期及激活期均为 30 s,共 5 个周期,总时长为 324 s,前 24 s 为适应期。扫描过程要求患者始终闭眼保持头部及四肢静止不动,采用汉语朗读任务(反复背诵一段唐诗)激活 Broca 区;汉语段落理解任务(采用防磁磁共振语言播放耳机,播放一段无强烈感情色彩的汉语普通话录音)激活 Wernicke 区。

4. 数据处理:首先运用 GE ADW4.4 工作站对 BOLD-fMRI 原始数据进行预处理,再利用国际通用 SPM8 软件在 MATLAB 平台下将 BOLD-fMRI 采集的原始数据进行格式转换、统计分析等步骤,获得与 3D T1 解剖图像叠加后的语言功能区激活图,并勾画出相应语言功能区,最后将融入语言功能区的 3D T1 图像导入放疗科 Pinnacle TPS 工作站,与定位 CT 图进行融合。利用 Xjview 8 软件计算出相应的偏侧化指数(laterality index, LI)^[9],判断出语言优势半球。

5. 放疗靶区勾画:由两名放疗科医师基于 CT-MR 融合图像共同勾画出大体肿瘤靶区(GTV)、

常规危及器官 (OAR)。临床靶区 (CTV): GTV 外扩 1.0 ~ 2.0 cm (胶质瘤 II ~ III 级)、2.0 ~ 2.5 cm (胶质瘤 III ~ IV 级)。计划靶区 (PTV) = CTV+0.3~0.5 cm。再由 1 名放射科医师及 1 名放疗科医师在结合定位 CT 和 3D T1 融合图像共同勾画出 Wernicke 区和 Broca 区。

6. 放疗计划制定及评估: 由同一名物理师运用 IMRT 技术在 Pinnacle³ 放疗计划系统下对所有患者制定语言功能区保护性和非保护性放疗计划。两种放疗计划的处方剂量均为 60 Gy, 每次 2 Gy, 每周 5 次。先对比两种放疗计划 PTV 的最大辐射剂量 (D_{max})、平均辐射剂量 (D_{mean})、靶区适形度 (CI)、剂量均匀性 (HI), 确保保护性放疗计划达到放疗标准, 再比较分析 Wernicke 区和 Broca 区所受的 D_{max} 、 D_{mean} , 观察保护性放疗计划语言功能区的 D_{max} 、 D_{mean} 是否有所降低。HI = $(D_2 - D_{98}) / D_{50}$, CI = $(VPTV_{ref} / VPTV) \times (VPTV_{ref} / V_{ref})$, D_{98} 、 D_{50} 、 D_2 为剂量-体积直方图曲线上 98%、50%、2% PTV 所受照射剂量, $VPTV_{ref}$ 、 $VPTV$ 、 V_{ref} 、分别为处方剂量的等剂量曲线所包括 PTV 的体积、处方剂量所覆盖区域的体积、PTV 的体积^[10]。

7. 统计学处理: 应用 SPSS 19.0 软件对两套放疗计划中 PTV 的 CI、HI、 D_{max} 、 D_{mean} 以及患侧、

健侧语言功能区所受的 D_{max} 、 D_{mean} 进行分析。计量资料符合正态分布, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 肿瘤及功能区激活位置分布特点: 运用 SPM8 后处理软件对 27 例患者的 BOLD-fMRI 数据进行处理, 2 例患者因头动较大, 与 3D T1 图像位置存在较大差异, 舍弃数据。肿瘤及语言功能区激活位置分布特点列于表 1。

2. 放疗计划参数的比较: 结果列于表 2。由表 2 可知, 常规放疗计划与保护性放疗计划 PTV 的 CI、HI、 D_{max} 及 D_{mean} 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 说明保护性放疗计划 PTV 的 CI、HI、 D_{max} 及 D_{mean} 与常规放疗计划的差异无统计学意义, 亦达到了放疗标准。

3. 语言功能区放疗计划的比较: 两种计划的 Wernicke 区及 Broca 区的 D_{max} 、 D_{mean} 值变化分别列于表 3、4。与常规放疗计划相比, 保护性放疗计划的 D_{max} 、 D_{mean} 均有不同程度的降低, 差异均有统计学意义 ($t = 3.073 \sim 12.707$, $P < 0.05$)。

讨 论

脑胶质瘤是颅内最常见的原发性肿瘤, 发病机制不明确, 有较高的致残、致死率, 其标准化

表 1 患者的一般临床资料

Table 1 General clinical information of patients

肿瘤位置	病例数	左/右利手	Broca 区激活位置	Wernicke 区激活位置	优势半球
左额叶	6	右	右额叶、左颞叶、双侧中央前回、小脑半球	左侧颞上、横回	左侧
左颞叶	5	右	双侧额叶、右侧颞叶、小脑半球	右侧颞上、横回	右侧
左颞叶	4	右	右颞叶、小脑半球、中央前回、双额叶	双侧颞上、横回	右侧
右额、基底节区、颞叶	2	右	双侧额叶、左侧颞叶	左侧颞上、横回	左侧
右颞叶	1	右	双额叶、小脑半球、左颞叶、中央前回	左侧颞上、横回	左侧
右基底节区、额叶	1	右	双侧额叶、颞叶、中央前回	双侧颞上、横回	左侧
胼胝体左侧、左额叶	1	右	右额叶	左侧颞上、横回	左侧
右额、颞叶	1	右	左颞叶、小脑半球、中央前回、双侧额叶	左侧颞上、横回	左侧
左额、颞叶	3	左	右额叶、右颞叶、基底节区、	右侧颞上、横回	右侧
左额叶、基底节区	1	左	右额叶、基底节区、小脑半球	右侧颞上、横回	右侧

表 2 25 例患者常规放疗计划与保护性放疗计划 PTV 的 D_{max} 、 D_{mean} 、HI 及 CI 比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of the HI, CI, D_{max} , D_{mean} of PTV between conventional radiotherapy plan and protective radiotherapy plan of 25 cases ($\bar{x} \pm s$)

计划	HI	CI	D_{max} (cGy)	D_{mean} (cGy)
常规放疗计划	0.098±0.01	0.855±0.02	6 203.3±300.2	5 824.2±213.5
保护性放疗计划	0.100±0.01	0.859±0.03	6 198.0±301.6	5 828.1±210.9
t 值	-1.729	-0.660	0.432	-0.355
P 值	0.097	0.516	0.670	0.726

注: HI. 均匀性指数; CI. 适形指数; D_{max} . 最大剂量; D_{mean} . 平均剂量

表 3 25 例患者常规放疗计划与保护性放疗计划 Wernicke 区患侧与健侧所受的 D_{max} 和 D_{mean} 比较 ($\bar{x}\pm s$)**Table 3** Comparison of D_{max} and D_{mean} of the Wernicke's area affected side and healthy side between conventional radiotherapy plan and protective radiotherapy plan of 25 cases ($\bar{x}\pm s$)

计划	患侧 D_{max}	患侧 D_{mean}	健侧 D_{max}	健侧 D_{mean}
常规放疗计划	5 972. 2±471. 2	4 891. 3±791. 4	2 437. 6±1 110. 3	1 725. 3±753. 9
保护性放疗计划	5 744. 7±551. 6	4 764. 7±882. 2	2 080. 6±1 032. 9	1 508. 2±752. 7
<i>t</i> 值	6. 125	3. 073	10. 623	10. 632
<i>P</i> 值	<0. 001	0. 001	<0. 001	<0. 001

表 4 25 例患者常规放疗计划与保护性放疗计划 Broca 区患侧与健侧所受的 D_{max} 和 D_{mean} 比较 ($\bar{x}\pm s$)**Table 4** Comparison of D_{max} and D_{mean} of the Broca's area affected side and healthy side between conventional radiotherapy plan and protective radiotherapy plan of 25 cases ($\bar{x}\pm s$)

计划	患侧 D_{max}	患侧 D_{mean}	健侧 D_{max}	健侧 D_{mean}
常规放疗计划	4 575. 5±1 544. 1	2 635. 4±1 785. 5	3 788. 9±2 311. 7	2 319. 3±1 548. 0
保护性放疗计划	4 376. 5±1 611. 4	2 481. 4±1 812. 4	3 488. 4±2 364. 2	2 123. 6±1 530. 0
<i>t</i> 值	5. 271	5. 707	7. 495	12. 707
<i>P</i> 值	<0. 001	<0. 001	<0. 001	<0. 001

治疗方案是以手术切除为主, 辅以后放疗、化疗。目前, 为了降低术后复发, 目前脑胶质瘤术后放疗剂量提高至 50~60 Gy 且效果肯定, 但提高放疗剂量会增加神经功能损伤的风险^[11-12], 且在一定范围内随着受照射剂量及体积的增加, 发生放射性损伤风险也随之增加^[13-14]。Lacroix 等^[15]研究表明, 在手术及放疗过程中保护重要脑功能区, 对延长患者生存期有确切效果。因此, 在放疗中对功能区进行保护至关重要, 但是常规 CT 及 MRI 技术难以精准显示靶区临近语言功能区位置, 因此难以制定有效的保护计划。BOLD-fMRI 技术可以探测到静脉血中脱氧血红蛋白浓度变化引起的局部磁场变化, 当脑功能区在进行各种活动时其血氧水平会发生相应的变化, 进而引起脑功能区局部磁场发生变化, 在 T2WI/T2 * WI 成像时, 局部信号增强, 因而可以显示脑功能区的范围及位置。Labudda 等^[16]研究显示, BOLD-fMRI 能够无创性显示脑功能区, 其准确性已得到作为脑功能区定位的金标准皮层电刺激的证实; Sarubbo 等^[17]认为 BOLD-fMRI 定位的语言功能区与皮层电刺激亦具有很高的-一致性。随着放疗技术的发展, IMRT 技术因独特的剂量调节能力能产生不同的剂量梯度, 对 PTV 产生致死性高剂量照射, 又能降低正常组织受照射量而广泛应用于临床^[18]。因此, 利用 BOLD-fMRI 技术精准定位重要脑功能区位置, 与 IMRT 技术联合应用既能保证 PTV 照射剂量又能降低重要脑功能区照射剂量, 这也是国内外所追求的精准放射治疗的目标之一。

语言是人类特有的符号系统, 是文化交流的

载体, 语言功能的缺失将严重影响患者的生存质量。语言功能区较运动、视觉功能区复杂, 存在优势半球、个体差异较大, 且汉语是以字为单位及意、音为一体的方形结构, 其神经网络系统的产生与西方英文字母语言不同^[19]。探索和应用以汉语为基础的语言刺激模式对国人脑胶质瘤患者术后放疗语言功能区定位是必要、可行的。当前, 虽然国内利用 BOLD-fMRI 定位语言功能区的研究较多, 但针对汉语采用何种合理、可靠的语言刺激模式并未形成统一标准, 且肿瘤自身、手术破坏及患者受教育程度等因素致使复杂的刺激模式不能被肿瘤术后患者接受。吴南等^[20-21]在正常人中运用汉语朗读任务激活 Broca 区 (BA44、45)、段落理解任务激活 Wernicke 区 (BA22、37、39、40), 操作简单且对语言功能区的激活效果稳定。本研究亦采用相同的方法激活脑胶质瘤术后放疗患者的 Broca 区和 Wernicke 区。本组患者语言功能区定位结果为: ①经 Xjview 8 软件对各脑叶、脑区激活的脑功能区体素进行计算, 4 例病灶位于左额、颞叶的左利手患者其优势半球位于右侧大脑半球, 5 例病灶位于右侧额、颞叶、7 例病灶位于左侧额叶的右利手患者优势半球位于左侧大脑半球, 上述 16 例患者优势半球的判定结果与 Lurito 和 Dzimidzic^[22]的研究结果相符合。②16 例右利手患者, 7 例病灶位于左额叶, 激活的 Broca 区位于右额叶; 9 例病灶位于左颞叶, 5 例患者激活的 Wernicke 区位于右侧颞上、横回, 4 例患者位于双侧颞上、横, 但其激活区域主要集中在右侧, 分析原因可能是: 这些患者的肿瘤病灶没有破坏语

言功能区（语言优势半球位于右侧）；脑胶质瘤破坏力原语言功能区（原优势半球位于左侧），非优势半球（镜像区域）失去或削弱了抑制作用，进而发挥代偿作用被激活^[23]，这与 Castelijns 等^[24]及 Crosson 和 Warren^[25]的研究结果一致。③汉语朗读任务激活的 Broca 区主要集中在双侧额叶、颞叶、小脑半球、双侧中央前回；汉语段落理解任务激活的 Wernicke 区主要集中在颞上、横回，与吴南等^[21]的研究结果一致。但 20 例患者仅在一侧颞上、横回出现功能区激活，这与吴南等研究结果不一致，分析原因可能是段落理解任务对患者的听觉中枢虽然有刺激作用，致使其被激活，但被更为强烈激活的语言功能区所掩盖。

本研究通过对语言功能区保护性放疗计划与常规放疗计划进行对比，Wernicke 区与 Broca 区患侧语言功能区的 D_{max} 分别降低 3.81%、4.35%， D_{mean} 分别降低 2.59%、5.84%，健侧语言功能的 D_{max} 分别降低 14.65%、7.93%， D_{mean} 分别降低 12.58%、8.44%，以上数据表明，与常规放疗计划相比，保护性放疗计划对患者的 Wernicke 区与 Broca 区所受的照射剂量均有不同程度降低，其中健侧语言功能区受照射剂量降低的幅度较大。其原因是 IMRT 技术能够通过逆向调节来调整语言功能区（将语言功能区作为危及器官）的受照射剂量，进而使语言功能区受照射剂量降低；另外，受靶区适形度限制，越靠近 PTV，对放疗剂量限制越严格、等剂量曲线越陡峭、密集，故患侧较健侧受照射剂量降低幅度小。本组患者当中，有 12 例患者激活的部分 Wernicke 区、14 例患者激活的部分 Broca 区与 PTV 重叠，在放疗过程中为了保证靶区的有效治疗剂量而难以避免的受到高剂量的照射，使其发生放射性损伤的风险明显增加，但其受照射剂量仍有不同程度降低。7 例病灶位于左侧额叶、9 例病灶位于左颞叶的右利手患者其相应优势半球的 Broca 区与 Wernicke 区受到破坏，在右侧非优势半球（镜像区域）出现功能区的激活，这种语言功能区特殊的重塑方式，使得当语言功能区部分或完全与靶区 PTV 重叠而无法避免对其进行高剂量照射时，可适当地对其非优势半球镜像区域进行预保护而提高其语言功能区的重塑能力，进而最大程度对语言功能区进行保护提供一条新的思路。

综上所述，联合运用 BOLD-fMRI 和 IMRT 技

术，采用汉语朗读任务激活 Broca 区及语段落理解任务激活 Wernicke 区，能够在保证放疗疗效的同时最大程度降低语言功能区发生放射性损伤的风险，实现脑胶质瘤精准化治疗。

利益冲突 全体作者无利益冲突，并对本研究的独立性和科学性予以保证

作者贡献声明 张玉负责研究设计、数据收集和论文撰写；张青波负责数据处理及论文修改；赵超云和朱凯负责影像扫描及部分文献检索；王晓东负责研究思路及论文写作指导；赵婷负责放疗计划数据的后处理

参 考 文 献

- [1] 《中国中枢神经系统胶质瘤诊断和治疗指南》编写组. 中国中枢神经系统胶质瘤诊断和治疗指南 (2012) [J]. 中华医学杂志, 2013, 93 (31): 2418-2449. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.31.002.
Writing group of *The guidelines for diagnosis and treatment of the central nervous system gliomas in China*. The guidelines for diagnosis and treatment of the central nervous system gliomas in China (2012) [J]. *Natl Med J China*, 2013, 93 (31): 2418-2449. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.31.002.
- [2] Gigliotti MJ, Hasan S, Karlovits SM, et al. Re-irradiation with stereotactic radiosurgery/radiotherapy for recurrent high-grade gliomas: Improved survival in the modern era [J]. *Stereotact Funct Neurosurg*, 2018, 96 (5): 289-295. DOI: 10.1159/000493545.
- [3] 林婷婷, 李钢. 脑胶质瘤的综合临床治疗的研究进展 [J]. 中国临床神经外科杂志, 2013, 18 (5): 316-319. DOI: 10.3969/j.issn.1009-153X.2013.05.024.
Lin TT, Li G. Research progress in the comprehensive clinical treatment of brain glioma [J]. *Chin J Neurol*. 2013, 18 (5): 316-319. DOI: 10.3969/j.issn.1009-153X.2013.05.024.
- [4] Doger de Speville E, Robert C, Perez-Guevara M, et al. Relationships between regional radiation doses and cognitive decline in children treated with cranio-spinal irradiation for posterior fossa tumors [J]. *Front Oncol*, 2017, 7: 166. DOI: 10.3389/fonc.2017.00166.
- [5] Wang X, Eisbruch A. IMRT for head and neck cancer: reducing xerostomia and dysphagia [J]. *J Radiat Res*, 2016, 57 (Suppl 1): i69, i75. DOI: 10.1093/jrr/rw047.
- [6] Sarubbo S, Basso G, Chioffi F, et al. Technical, anatomical, and functional study after removal of a symptomatic cavernous angioma located in deep Wernicke's territories with cortico-subcortical awake mapping [J]. *Case Rep Neurol Med*, 2013, 2013: 835029. DOI: 10.1155/2013/835029.
- [7] Yang N, Waddington G, Adams R, et al. Translation, cultural adaptation, and test-retest reliability of Chinese versions of the edinburgh handedness inventory and waterloo footedness

- questionnaire [J]. *Laterality*, 2018, 23 (3): 255-273. DOI: 10.1080/1357650X.2017.1357728.
- [8] 王荫华. 西方失语症成套测验 (WAB) 介绍 (二) [J]. *中国康复理论与实践*, 1997, (3): 135-140.
Wang YH. Introduction of western aphasia battery (WAB) (II) [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 1997, (3): 135-140.
- [9] You X, Zachery AN, Fanto EJ, et al. fMRI prediction of naming change after adult temporal lobe epilepsy surgery: activation matters [J]. *Epilepsia*, 2019, 60 (3): 527-538. DOI: 10.1111/epi.14656.
- [10] 林秀桐, 孙涛, 王传栋, 等. 旋转调强与固定野逆向调强放疗在颅脑多发转移瘤中的剂量学比较研究 [J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2010, 30 (5): 585-590. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2010.05.024.
Lin XT, Sun T, Wang CD, et al. Dosimetric comparison of fixed field intensity modulated radiation therapy and RapidArc volumetric modulated arc therapy in treatment of multiple intracranial metastases [J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2010, 30 (5): 585-590. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2010.05.024.
- [11] van Dijk IW, Cardous-Ubbink MC, van der Pal HJ, et al. Dose-effect relationships for adverse events after cranial radiation therapy in long-term childhood cancer survivors [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2013, 85 (3): 768-775. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2012.07.008.
- [12] Klein M, Heimans JJ, Aaronson NK, et al. Effect of radiotherapy and other treatment-related factors on mid-term to long-term cognitive sequelae in low-grade gliomas: a comparative study [J]. *Lancet*, 2002, 360 (9343): 1361-1368. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)11398-5.
- [13] 梁俊丽. 临床护理路径联合心理干预在 CT 增强检查患者中的应用效果评价 [J]. *广西医科大学学报*, 2017, 34 (3): 475-477. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2017.03.040.
Liang JL. Evaluation of the application effect of clinical nursing pathway combined with psychological intervention in patients with enhanced CT examination [J]. *J Guangxi Med Univ*, 2017, 34 (3): 475-477. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2017.03.040.
- [14] 黄叶才, 范习刚, 徐鹏, 等. III、IV 期鼻咽癌自适应放疗放射性颞叶坏死的临床研究 [J]. *四川医学*, 2015, (6): 757-761. DOI: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2015.06.001.
Huang YC, Fan XG, Xu P, et al. Role of adaptive radiation therapy to reduce the incidence rate of radiation-induced temporal lobe necrosis after IMRT in III-IV stage nasopharyngeal carcinoma [J]. *Sichuan Med*, 2015, (6): 757-761. DOI: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2015.06.001.
- [15] Lacroix M, Abi-Said D, Fournay DR, et al. A multivariate analysis of 416 patients with glioblastoma multiforme: prognosis, extent of resection, and survival [J]. *J Neurosurg*, 2001, 95 (2): 190-198. DOI: 10.3171/jns.2001.95.2.0190.
- [16] Labudda K, Mertens M, Kalbhenn T, et al. Partial resection of presurgical fMRI activation is associated with a postsurgical loss of language function after frontal lobe epilepsy surgery [J]. *Neurocase*, 2017, 23 (3-4): 239-248. DOI: 10.1080/13554794.2017.1383445.
- [17] Sarubbo S, Basso G, Chioffi F, et al. Technical, anatomical, and functional study after removal of a symptomatic cavernous angioma located in deep Wernicke's territories with cortico-subcortical awake mapping [J]. *Case Rep Neurol Med*, 2013, 2013: 835029. DOI: 10.1155/2013/835029.
- [18] Liang SB, Teng JJ, Hu XF, et al. Prognostic value of total tumor volume in patients with nasopharyngeal carcinoma treated with intensity-modulated radiotherapy [J]. *BMC Cancer*, 2017, 17 (1): 506. DOI: 10.1186/s12885-017-3480-5.
- [19] Tan LH, Feng CM, Fox PT, et al. An fMRI study with written Chinese [J]. *Neuroreport*, 2001, 12 (1): 83-88. DOI: 10.1097/00001756-200101220-00024.
- [20] 吴南, 王健, 谢兵, 等. 10 例中国正常汉族人不同的汉语听觉任务时 fMRI 中 Wernicke 区激活的特点 [J]. *第三军医大学学报*, 2007, (10): 985-987. DOI: 10.3321/j.issn.1000-5404.2007.10.038.
Wu N, Wang J, Xie B. Characteristics of Wernicke area activation in different listening tasks of Chinese: an fMRI research [J]. *Acta Acad Med Militaris Tertiae*, 2007, (10): 985-987. DOI: 10.3321/j.issn.1000-5404.2007.10.038.
- [21] 吴南, 谢兵, 王健, 等. 正常国人汉语语言 Broca 区的 fMRI 刺激模式筛选 [J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2008, 34 (3): 174-176. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2008.03.013.
Wu N, Xie B, Wang J, et al. Stimulus pattern screening of fMRI in Broca area of normal Chinese [J]. *Chin J Nerv Mental Dis*, 2008, 34 (3): 174-176. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2008.03.013.
- [22] Lurito JT, Dzemidzic M. Determination of cerebral hemisphere language dominance with functional magnetic resonance imaging [J]. *Neuroimaging Clin N Am*, 2001, 11 (2): 355-363, x.
- [23] Cappa SF, Perani D, Grassi F, et al. A PET follow-up study of recovery after stroke in acute aphasics [J]. *Brain Lang*, 1997, 56 (1): 55-67. DOI: 10.1006/brln.1997.1737.
- [24] Castelijns JA, Lycklama a Nijeholt GJ, Mukherji SK. Functional MRI: background and clinical applications [J]. *Semin Ultrasound CT MR*, 2000, 21 (6): 428-433. DOI: 10.1016/S0887-2171(00)90035-0.
- [25] Crosson B, Warren RL. Dichotic ear preference for C-V-C words in Wernicke's and Broca's aphasias [J]. *Cortex*, 1981, 17 (2): 249-258. DOI: 10.1016/S0010-9452(81)80045-7.