

3D 打印技术在“特殊分层”脑出血中的应用

吴阳 段光明 杨少龙 王勇 吴朝阳

【摘要】 目的 探讨三维重建数字设计及 3D 打印穿刺导板在一种“特殊分层”脑出血治疗中的应用。方法 回顾性分析 9 例“特殊分层”脑出血患者的临床资料,所有患者进行术前血肿三维分析、设计手术方案及应用 3D 穿刺导板精准手术治疗,术后通过 CT 复查评价手术效果。结果 所有患者通过术前应用三维软件分析血肿阈值、精准选择治疗方案、设计个性化应用 3D 打印穿刺导板进行手术治疗,达到了精准定位微创穿刺血肿;术后 CT 复查,血肿引流效果良好、患者症状明显减轻,达到了术前三维设计目的,进针方向与术前模拟一致、引流管位置位于血肿中心。所有患者无穿刺失败及穿刺通道出血。结论 采用三维软件分析“特殊分层”血肿阈值、精准选择治疗方案、应用 3D 打印穿刺导板辅助“特殊分层”脑出血手术治疗,能达到精准、安全治疗,效果良好。

【关键词】 3D 打印技术; 脑出血; 血肿分层; 微创穿刺手术

【中图分类号】 R651; R743.34 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-7770(2022)03-0253-05

Application of 3D printing technology in “special stratification” cerebral hemorrhage WU Yang, DUAN Guang-ming, YANG Shao-long, et al. Department of Neurosurgery, Yudong Branch, Henan Provincial People's Hospital, Shangqiu 476800, China

Abstract: Objective To explore the application of 3D digital design reconstruction and puncture guide printing in the treatment of “special stratification” cerebral hemorrhage. **Methods** The clinical data of 9 patients with “special stratification” intracerebral hemorrhage were analyzed retrospectively. All patients underwent 3D analysis of preoperative hematoma, designed surgical scheme and precise surgical treatment with 3D puncture guide plate. The surgical effect was evaluated by CT reexamination after operation. **Results** All patients achieved accurate positioning of minimally invasive puncture hematoma through preoperative application of 3D software to analyze hematoma threshold, accurately select treatment scheme, design individualized 3D printing puncture guide plate for surgical treatment. Postoperative CT reexamination showed that the drainage of hematoma was good, the symptoms of patients were significantly relieved, the purpose of preoperative 3D design was achieved, the direction of needle approaching was consistent with the preoperative simulation, and the position of drainage tube was located in the center of hematoma. All patients had no puncture failure and puncture channel bleeding. **Conclusions** Using 3D software to analyze the hematoma threshold of “special stratification”, accurately selecting the treatment scheme, applying 3D printing puncture guide plate to assist the surgical treatment of “special stratification” intracerebral hemorrhage can achieve accurate and safe treatment with good effect.

Key words: 3D printing technology; cerebral hemorrhage; hematoma stratification; minimally invasive puncture surgery

脑出血是神经外科的急危重症之一,而脑出血后有一种特殊的 CT 影像特征使血肿呈现出两

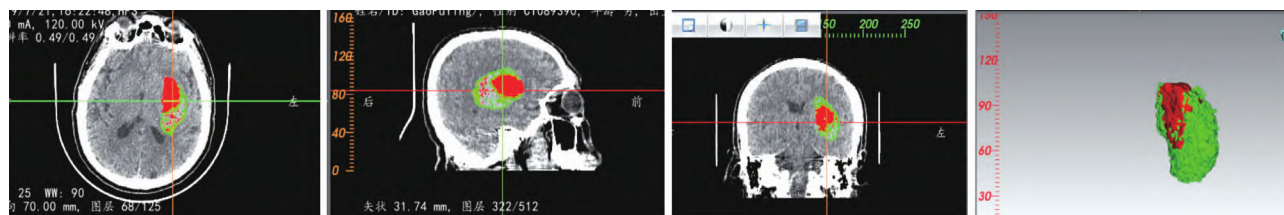
种明显的阈值,且境界清楚。一是高阈值密度高的血肿,偏于整个血肿的前上部;另一是低密度阈值低的液态血肿,呈半包围于高密度血肿周边,高密度血肿、低密度血肿、脑组织三者分界明显(图

基金项目: 郑州铁路职业技术学院省级科研平台开放基金项目 (2019KFJJ004)

作者单位: 476800 商丘,河南省人民医院豫东分院神经外科(吴阳 王勇 吴朝阳);河南省人民医院神经外科(段光明);郑州铁路职业技术学院(杨少龙)

1)。该特征是反映脑出血后一种特殊的 CT 影像征象,类似活动性出血,在临床工作中常常出现,本研究归纳为“特殊分层”脑出血,精准判断这种“特殊分层”的脑出血,对指导临床治疗具有重要的意义。3D 打印辅助手术治疗是数字神经外科发展的趋势,本研究纳入 2018 年 10 月—2020 年 1

月河南省人民医院豫东分院收治的 9 例“特殊分层”脑出血患者,借助数字三维软件得出患者的血肿不同阈值,精准选择微创治疗方案,应用 3D 打印穿刺导板辅助“特殊分层”脑出血手术治疗,实现了个体化的治疗方案,取得了精准、安全的治疗,效果良好。现报告如下。



低密度血肿(绿色)呈半包围于高密度血肿周围(红色)

图 1 脑出血影像学检查结果

1 资料与方法

1.1 一般资料 共纳入 9 例“特殊分层”脑出血患者,其中男 9 例,女 0 例;年龄 47 ~ 65 岁,平均 55 岁;发病至手术时间 7 ~ 96 h,平均 24 h;CT 示血肿量 24 ~ 32 mL,平均 27 mL;均为基底节脑出血,肢体偏瘫伴头痛、头晕,术前意识朦胧。所有患者均为高血压脑出血,收缩压 206 ~ 144 mmHg,平均 171 mmHg,有长期酗酒史,排除脑疝、凝血功能障碍、动脉瘤、血管畸形。

1.2 方法

1.2.1 3D 打印技术的应用 应用三维软件分析“特殊分层”脑出血患者不同密度的血肿阈值,对患者血肿模型重建并模拟剖析,应用 3D 打印技术设计微创穿刺路径,使穿刺经额沿血肿长轴到预定靶点,在 3D 打印穿刺导板辅助下精准定位血肿,微创穿刺手术治疗,按照三维模拟设计将预定手术方案完整准确地实现,术后颅脑 CT 复查,观察应用 3D 打印技术对于“特殊分层”脑出血的治疗效果。

1.2.2 血肿阈值的测量和分析 从 CT 室应用 CD 或 DVD 光盘刻录脑出血患者颅脑扫描原始 DICOM 数据(薄层扫描模式厚度为 1.25 mm)^[1],在三维图像(中南大学数字医疗与虚拟现实研究中心开发 E3D 软件)工作站软件上导入脑血肿患者术前刻录的 DICOM 数据,导入数据成功后,在二维工作横断面对血肿阈值进行分析,高密度血肿阈值约 66.24,低密度血肿阈值约 43.62,正常脑组织阈值为 26.36,几种不同阈值分界明显,且低密度阈值血肿呈半包围于高密度血肿周围,符合“特殊分层”脑出血征象(图 2、图 3)。

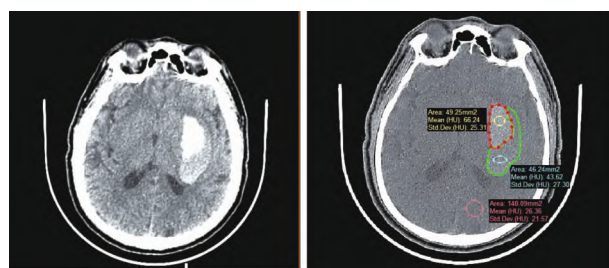


图 2 CT 片上的血肿分层现象

图 3 应用软件分析血肿阈值

1.2.3 三维软件分析重建后的血肿 术前利用阈值分割法三维重建血肿,并模拟血肿切开情况,了解颅内血肿不同区域的密度,以便更好地设计穿刺引流管的位置,可见血肿前部密度较高,血肿后部密度较低,引流管设计经额顺血肿长轴置入血肿后部有利于血肿抽吸或引流,故引流管设计植入低密度血肿区(约血肿中后 1/3 处)(图 4),以便先引流出低密度血肿液,对颅内进行减压,低密度血肿清除干净后可退管于高密度血肿区域引流,避免引流管把细菌带入颅内。

1.2.4 3D 穿刺导板的设计 根据血肿、头颅三维重建的模型,应用 E3D 软件通用导板模块设计最佳穿刺路径,一般选择经额、顺血肿长轴进行,避开颅内重要结构,如额窦、上矢状窦等,穿刺路径走行在血肿中心、末端指向血肿中后 1/3 处低密度血肿区域,软件自动计算出穿刺靶点至头皮穿刺点的距离,手术医师最好参与三维手术方案规划设计(图 5),以便了解手术时的穿刺路径、避开颅内重要结构。设计穿刺导板时要考虑能与患者面部紧密贴合,避免贴合不紧导致的穿刺误差(图 6)。所以设计导板时,选取面部比较固定的结构,例如鼻根、眉弓、皱纹等,在能满足贴合紧密、牢固的前提下,适当剪切导板,尽可能地减小导板面积,从而缩短穿刺导板的制

作时间,穿刺通道突出头皮的导引管长度为 25 mm,内直径约 5 mm,外直径 8 mm,采用 3/4 圆柱开放式,这样设计有利于 12 号脑部引流管置入,也有利

于采用无菌薄膜将导板完全包绕^[2],达到无菌操作的手术目的,不仅节约了消毒成本,而且无需等待消毒时间。

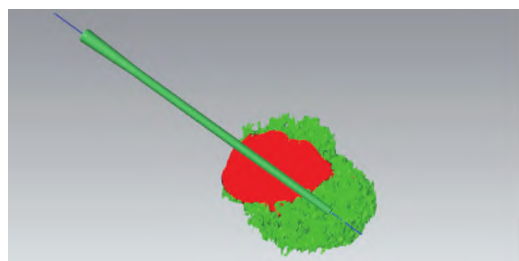


图4 引流管预置于低密度血肿区域

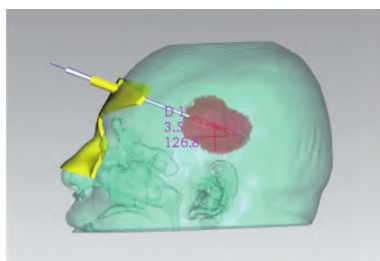


图5 颅内血肿(红色)与穿刺导板(黄色)的关系

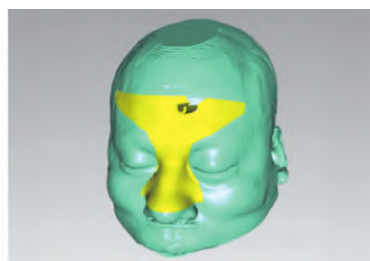


图6 设计的穿刺导板正面观(黄色)

1.2.5 3D 穿刺导板的打印 联网导出三维设计的穿刺导板模型数据,以 STL 格式保存穿刺导板数据于电脑桌面备用,打开和 3D 打印机配套的 CURA 切片软件,导入保存的穿刺导板 STL 数据,通过切片软件设置打印机所需的参数,可预知完成穿刺导板打印所需工作时间、应用耗材数量,切片软件自动生成打印机所需 GCODE 文件,把 GCODE 文件传输到 3D 打印机,打印完成穿刺导板,材料应用聚乳酸 PLA 材料,具有较好的强度和硬度,打印完成后进一步处理导板,保证导板与患者贴合面光滑、牢固,并核对导板与患者头颅的贴合性,信息确保无误后,低温等离子消毒备用。

1.2.6 手术方法 患者取仰卧位,消毒铺巾后将消毒好的穿刺导板与额部头皮、眉弓、鼻根、皱纹等面部结构进行贴敷,观察其吻合性,确认后再次微创穿刺手术治疗,用 2% 利多卡因 5 mL 通过 3D 打印穿刺导板通道局部浸润麻醉,在穿刺点切开头皮 0.5 cm,用手锥沿穿刺导板通道刺入头皮至颅骨,并旋转穿刺形成骨孔,去除穿刺导板,“丁”字型手钻扩大骨孔。用手锥刺破硬脑膜后,再次贴敷打印穿刺导板,沿穿刺导板通道置入引流管,置入引流管深度为术前自动计算引流管前端至穿刺导板通道外口的距离,拔出引流管针芯,缓慢抽吸出或流出暗红色血液(块)表示引流管到达血肿腔,首次抽吸量为血肿的 1/2,结束手术。术后复查头颅 CT 并进一步行尿激酶溶凝治疗。

2 结果

9 例患者术前均应用 E3D 软件进行三维重建和导板设计,并进行 3D 打印穿刺导板;术前穿刺导板验证无误、术中所有穿刺导板贴敷面部定位满意;术后立即复查 CT,穿刺引流管沿血肿最大水平面、矢状面长轴走形于血肿中心,引流管头端位于原血肿预定靶点(中后 1/3 处),为手术成功(图 7);引流管位于血肿最大水平面、矢状面直径内 2/3 处为合格;引流管位于血肿最大水平面、矢状面血肿直径外 1/3 处为差;引流管未进入血肿显示为失败^[3]。结果显示 9 例患者进针方位均与术前设计的虚拟设计方案一致,无穿刺失败,未出现血管神经损伤症状。穿刺精准度满意 8 例,合格 1 例,差 0 例。术后 24 ~ 96 h,平均 50 h 血肿清除完全(图 8、图 9) 8 例患者患侧上肢肌力 96 h 内增加 1 ~ 3 级,平均增加 2 级。

3 讨论

脑出血是指非外伤性脑实质内血管破裂引起的出血,占全部脑卒中的 20% ~ 30%,急性期病死率为 30% ~ 40%^[4-6]。发生的原因主要与脑血管的病变有关,即与高血脂、糖尿病、高血压、血管的老化、吸烟等密切相关。脑出血的患者早期死亡率很高,幸存者中多数留有不同程度的运动障碍、认知障碍、言语吞咽障碍等后遗症^[7]。用力过猛、气候变化、不良嗜好(吸烟、酗酒、食盐过多、体重过重)、血压

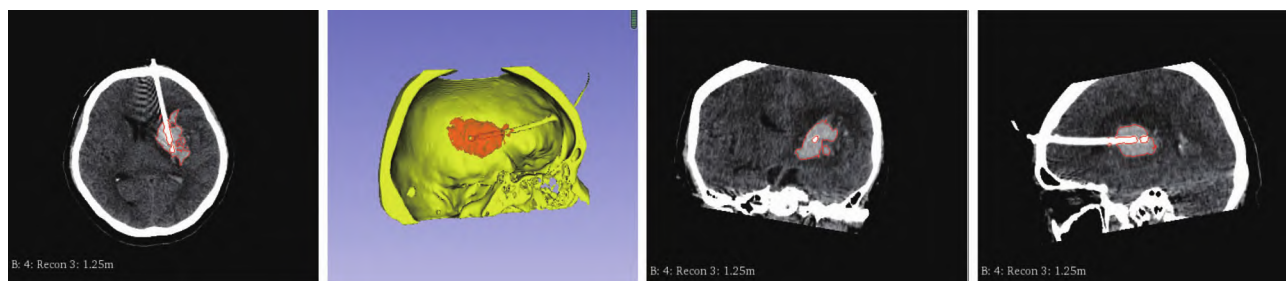


图7 手术成功的影像学结果

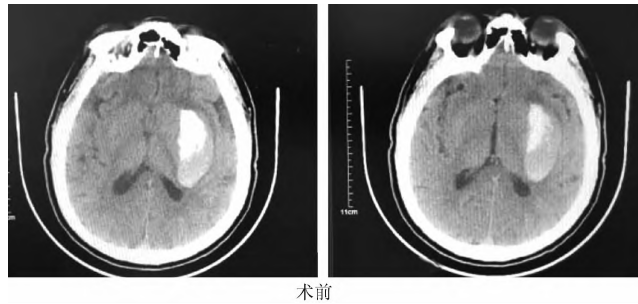


图8 患者术前 CT 结果

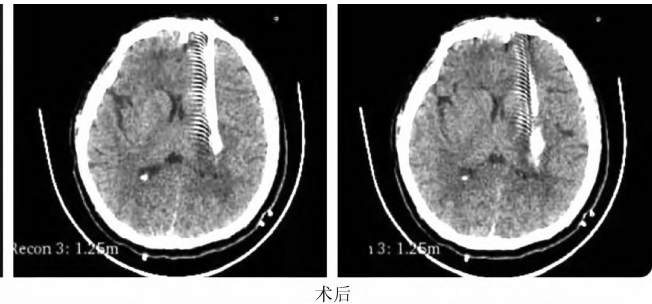


图9 患者术后 CT 结果

波动、情绪激动、过度劳累等为诱发因素。随着精准医学理念和3D打印技术的发展,术前应用三维软件重建、分析脑出血模型,选择个体化的诊疗方案,结合3D打印技术构建打印出穿刺导板^[8],辅助手术治疗是数字神经外科发展的趋势。

正确判断“特殊分层”的脑出血与活动性的脑出血对临床具有较大的指导意义,这部分患者发病后病情及出血量会有一个进展过程,但高密度血肿进展不明显,这一点区别明显的活动性出血,而“特殊分层”血肿增大考虑为血肿凝固过程中周围析出血液部分或血肿周围创缘渗出,也可能是长期饮酒造成的特殊血肿形态,这部分机理需要进一步研究。“特殊分层”脑出血患者一般选择微创穿刺治疗效果较好,首先选择穿刺液态血肿部分,先行引流液态血肿减压,缓解颅内高压及减少对脑组织的进一步损害,然后再根据CT复查情况决定尿激酶应用,一般能达到较好的临床效果。

本研究应用三维重建技术对“特殊分层”脑出血的阈值进行分析得知,高密度血肿阈值平均为66,处于正常血肿阈值50~100范围内,应用各种医学软件都能重建这部分血肿;而低密度血肿阈值平均在43,对于这部分血肿应用阈值分割法选择正常血肿阈值不能重建出来,而需要在软件中手动调节阈值直至重建出整个血肿;正常脑组织应用阈值分析平均值为26。三者分界明显,阈值设置为40~100时重建出整个血肿模型后,进行模拟剖开,可见致密的高密度血肿和其周围的松散的低密度血肿(图10)。通过三维软件分析,术前手术规划选择微创穿刺置管引流术,把引流管预置到低密度血肿区引流减压。

三维重建技术不仅可以精确地显示正常或病变组织复杂的三维结构,进行任意旋转、剖切等操作,也能对重建的三维结构进行测量,获得长度、面积、体积和角度等精确的解剖参数,也可以用于临床辅助手术前设计和手术模拟等范围,术中辅助指导医师将设计方案完整准确地实现^[9-10],真正实现了从传统的二维图像向立体物理模型的跨越式转变。

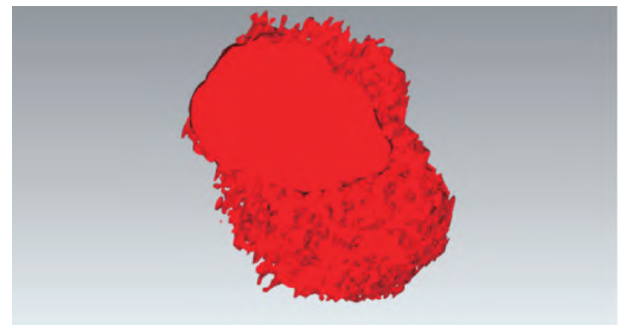


图10 致密的高密度血肿和其周围的松散的低密度血肿

3D打印技术既可三维重建脑内血肿及模拟定位血肿穿刺手术,又能实现个体化打印出穿刺导板,具有安全性、精确性等优点,特别适合于医学领域的应用^[11-12]。通过3D穿刺导板进行贴敷头颅定位,应充分利用患者面部体表标记,如鼻根、眉弓、额纹等,使打印的穿刺导板与面部特征完全融合,进行穿刺血肿。选用恰当的引流管对于硬脑膜、脑组织穿刺通道中小的渗血具有充填止血作用,术中抽吸负压不能太大,抽吸量约为血肿的1/2。

本组9例“特殊分层”脑出血均是通过三维软件进行血肿阈值分析,并进行剖切观察后选择经额沿血肿长轴进行穿刺,低密度血肿均位于高密度血肿的下外侧(CT阅片位置时),应用3D导板辅助手术置管后,术中引流出暗褐色不凝液平均约15 mL,迅速起到减压作用,术后症状、体征,如血压、头痛、意识、肢体功能,明显好转。9例脑出血患者术后第1d复查,全部低密度血肿引流完全,其中7例残余高密度血肿,2例“特殊分层”血肿基本引流干净;3例残余高密度血肿术后血肿腔应用一次4万单位尿激酶后引流彻底;9例脑出血8例置管靶点为9~10环,1例术中因临时加用双侧眼部贴护皮膜、术者操作时未注意而致3D导板与面部吻合受影响而致6环,最后应用尿激酶后也达到了手术目的。

总之,采用三维软件分析“特殊分层”血肿阈值并剖切、精准选择微创治疗方案、应用3D打印穿刺导板辅助“特殊分层”脑出血手术治疗,具有定位精

准、安全、创伤小的优点^[13-14],为这一特殊征象的脑出血提供的一种新的、安全的治疗方法,值得临床上推广使用。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] 张涛,刘晟,高阳,等. 3D 打印手术导板在高血压性脑出血术中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志 2019 24(2): 107-109.
 - [2] 杜国然,李泽福,胡秀玉,等. 3D 打印技术在高血压性脑出血硬通道穿刺术中的应用[J]. 中国微侵袭神经外科杂志 2017, 22(3): 137-138.
 - [3] 杜洪澎,李珍珠,李泽福,等. 3D 打印导板技术在脑出血微创穿刺引流术中的应用[J]. 中华神经医学杂志 2016 15(7): 674-677.
 - [4] 赵国青,乔洪潮. 高血压脑出血患者院前救治的近期预后临床分析[J]. 中国实用神经疾病杂志 2018 21(17): 1962-1967.
 - [5] Dixon AR, Jariwala SH, Bilis Z, et al. Bridging the gap in peripheral nerve repair with 3D printed and bioprinted conduits [J]. Biomaterials 2018 186(9): 44-63.
 - [6] Huang KB, Ji Z, Sun LH, et al. Development and validation of a grading scale for primary pontine hemorrhage[J]. Stroke 2017 48(1): 63-69.
 - [7] 赵继宗. 神经外科学[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社 2012: 562.
 - [8] Jakus AE, Rutz AL, Shah RN. Advancing the field of 3D biomaterial printing[J]. Biomed Mater 2016 11(1): 014102.
 - [9] Dérand P, Rännar LE, Hirsch JM. Imaging, virtual planning, design, and production of patient-specific implants and clinical validation in craniomaxillofacial surgery [J]. Craniomaxillofac Trauma Reconstr 2012 5(3): 137-144.
 - [10] Takeyasu Y, Oka K, Miyake J, et al. Preoperative, computer simulation-based, three-dimensional corrective osteotomy for cubitus varus deformity with use of a custom-designed surgical device[J]. J Bone Joint Surg Am 2013 95(22): e173.
 - [11] 石静,钟玉敏. 组织工程中 3D 生物打印技术的应用[J]. 中国组织工程研究 2014 18(2): 271-276.
 - [12] 管吉,杨树欣,管叶,等. 3D 打印技术在医疗领域的研究进展[J]. 中国医疗设备 2014 29(4): 71-72, 135.
 - [13] Zhang YB, Zheng SF, Yao PS, et al. Lower ionized calcium predicts hematoma expansion and poor outcome in patients with hypertensive intracerebral hemorrhage [J]. World Neurosurg, 2018 118(10): e500-e504.
 - [14] Wang T, Frangou C, Zhang JM. Fatty Acid Oxidation (FAO) metabolic switch: metastasis in lymph nodes driven by Yes-Associated Protein (YAP) activation[J]. Biotarget 2019 3(7): 13.
- (收稿 2021-06-20 修回 2021-10-31)
-
- (上接第 252 页)
- [8] Xie T, Chen X, Fang JQ, et al. Textural features of dynamic contrast-enhanced MRI derived model-free and model-based parameter maps in glioma grading[J]. J Magn Reson Imaging 2018 47(4): 1099-1111.
 - [9] Hu JP, Zhao YJ, Li MC, et al. Machine learning-based radiomics analysis in predicting the meningioma grade using multiparametric MRI[J]. Eur J Radiol 2020 131(10): 109251.
 - [10] Kassner A, Thornhill RE. Texture analysis: a review of neurologic MRI imaging applications [J]. AJNR Am J Neuroradiol 2010 31(5): 809-816.
 - [11] Wang Y, Liu W, Yu Y, et al. CT radiomics nomogram for the preoperative prediction of lymph node metastasis in gastric cancer [J]. Eur Radiol 2020 30(2): 976-986.
 - [12] Yang L, Gu DS, Wei JW, et al. A radiomics nomogram for preoperative prediction of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. Liver Cancer 2019 8(5): 373-386.
 - [13] Wu XX, Li JJ, Mou YK, et al. Radiomics nomogram for identifying Sub-4 cm benign and malignant thyroid lesions [J]. Front Oncol, 2021 11(6): 580886.
 - [14] Chen XY, Chen JY, Huang YX, et al. Establishment and validation of an integrated model to predict postoperative recurrence in patients with atypical meningioma[J]. Front Oncol 2021 11(10): 754937.
 - [15] Gennatas ED, Wu A, Braunstein SE, et al. Preoperative and postoperative prediction of long-term meningioma outcomes [J]. PLoS One 2018 13(9): e0204161.
 - [16] Li N, Mo Y, Huang CC, et al. A clinical semantic and radiomics nomogram for predicting brain invasion in WHO grade II meningioma based on tumor and Tumor-to-Brain interface features [J]. Front Oncol 2021 11(10): 752158.
 - [17] Soon WC, Fountain DM, Koczyk K, et al. Correlation of volumetric growth and histological grade in 50 meningiomas [J]. Acta Neurochir (Wien) 2017 159(11): 2169-2177.
 - [18] Cha J, Kim ST, Kim HJ, et al. Differentiation of tumor progression from pseudoprogression in patients with posttreatment glioblastoma using multiparametric histogram analysis [J]. AJNR Am J Neuroradiol 2014 35(7): 1309-1317.
 - [19] Kandemirli SG, Chopra S, Priya S, et al. Presurgical detection of brain invasion status in meningiomas based on first-order histogram based texture analysis of contrast enhanced imaging [J]. Clin Neurol Neurosurg 2020 198(11): 106205.
 - [20] Han YX, Wang TZ, Wu P, et al. Meningiomas: preoperative predictive histopathological grading based on radiomics of MRI [J]. Magn Reson Imaging 2021 77(4): 36-43.
 - [21] Hamerla G, Meyer HJ, Schob S, et al. Comparison of machine learning classifiers for differentiation of grade I from higher gradings in meningioma: A multicenter radiomics study [J]. Magn Reson Imaging 2019 63(11): 244-249.
 - [22] Ke C, Chen HL, Lv XF, et al. Differentiation between benign and nonbenign meningiomas by using texture analysis from multiparametric MRI [J]. J Magn Reson Imaging 2020 51(6): 1810-1820.
 - [23] Chu HR, Lin XQ, He J, et al. Value of MRI radiomics based on enhanced T1WI images in prediction of meningiomas grade [J]. Acad Radiol 2021 28(5): 687-693.
 - [24] Ly KI, Wen PY, Huang RY. Imaging of central nervous system tumors based on the 2016 World Health Organization classification [J]. Neurol Clin 2020 38(1): 95-113.
 - [25] Heindl A, Nawaz S, Yuan YY. Mapping spatial heterogeneity in the tumor microenvironment: a new era for digital pathology [J]. Lab Invest 2015 95(4): 377-384.
- (收稿 2022-02-05 修回 2022-04-11)