

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.01.008

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231227.1642.012\(2023-12-28\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231227.1642.012(2023-12-28))

## 多田公式法与三维重建法评估脑膜瘤体积的对比研究\*

杨鑫<sup>1</sup>, 荔志云<sup>2</sup>, 孙建军<sup>2</sup>, 周杰<sup>1</sup>, 蔡志标<sup>1</sup>, 姚鹏飞<sup>1△</sup>

(1. 中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院神经外科, 兰州 730000;

2. 甘肃省中心医院神经外科, 兰州 730000)

**[摘要]** **目的** 基于三维重建技术探讨多田公式法评估脑膜瘤体积的准确性与应用价值。**方法** 回顾性分析 2014 年 1 月至 2022 年 5 月在联勤保障部队第九四〇医院神经外科经手术治疗的 297 例脑膜瘤患者的薄层磁共振影像。分别采用多田公式法与三维重建法评估脑膜瘤体积, 分组统计分析多田公式评估脑膜瘤体积的准确性。**结果** 在整体样本与集中样本中, 两种方法得出的脑膜瘤体积总体差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), Spearman 相关系数分别为 0.995 和 0.993, 组内相关系数分别为 0.992 和 0.989。在 Bland-Altman 图中, 大部分数据点位于一致性界限以内。在与不同组别的比较中, 多田公式法对不规则程度较高的脑膜瘤的体积评估准确性稍差, 对幕上脑膜瘤的体积评估准确性优于幕下脑膜瘤。**结论** 多田公式法能较为准确地评估脑膜瘤的体积, 临床可将多田公式法作为评估脑膜瘤体积的初测方法。

**[关键词]** 多田公式; 三维重建; 磁共振成像; 脑膜瘤; 体积

**[中图法分类号]** R739.43

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-8348(2024)01-0038-06

## Comparative study between Tada formula method and three-dimensional reconstruction method for evaluating meningioma volume\*

YANG Xin<sup>1</sup>, LI Zhiyun<sup>2</sup>, SUN Jianjun<sup>2</sup>, ZHOU Jie<sup>1</sup>, CAI Zhibiao<sup>1</sup>, YAO Pengfei<sup>1△</sup>

(1. Department of Neurosurgery, 940 Hospital of PLA Joint Logistics Support Force,

Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. Department of Neurosurgery, Gansu Provincial

Central Hospital, Lanzhou, Gansu 730000, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the accuracy and application value of the Tada formula in evaluating the meningioma volume based on 3D reconstruction technology. **Methods** The thin-slice magnetic resonance images of 297 patients with meningioma treated in the neurosurgery department of 940 Hospital of PLA Joint logistics Support Force from January 2014 to May 2022 were retrospectively analyzed. The meningioma volume was evaluated by the Tada formula method and three-dimensional reconstruction method respectively. The accuracy of the evaluation of meningeal tumor volume by the Tada formula was analyzed by grouping statistics. **Results** In the whole sample and the concentrated sample, the obtained meningioma total volumes had no statistical difference between the two methods ( $P > 0.05$ ), the Spearman correlation coefficients were 0.995 and 0.993 respectively, and the intragroup correlation coefficients (ICC) were 0.992 and 0.989, respectively. In the Bland-Altman plot, most of the data points were within the limit of uniformity. Compared with different groups, the Tada formula had a slightly lower accuracy in the volume assessment of meningiomas with higher degree of irregularity, and a better accuracy in the volume assessment of supratentorial meningiomas than subtentorial meningiomas. **Conclusion** The Tada formula could accurately evaluate the volume of meningioma, and it could be used as a preliminary method to evaluate meningioma volume in clinic

**[Key words]** Tada formula; three-dimensional reconstruction; magnetic resonance imaging; meningioma; volume

\* 基金项目: 甘肃省重点研发专项计划项目(17YF1FA136); 甘肃省自然科学基金项目(21JR7RA008)。△ 通信作者, E-mail: yaopf1@

颅内肿瘤体积的准确测量,对于评价颅内肿瘤生长速度、复发情况及药物疗效均具有重要意义。磁共振成像已成为颅内肿瘤早期诊断的重要指标,也是判断肿瘤大小的直接依据。脑膜瘤作为中枢神经系统较为常见的肿瘤,目前的临床经验认为其体积大于  $15\text{ cm}^3$  即需要选择手术切除,故对脑膜瘤体积进行快速而准确的评估有利于指导下一步治疗方案的决策<sup>[1-2]</sup>。近年来随着临床经验的累积,既往应用于颅内出血量计算的多田公式法由于具有准确便捷的特点,已扩展应用于低级别脑肿瘤体积的初步评估,但由于缺乏相关研究数据,其计算准确性尚不明确。本研究针对一组脑膜瘤病例,通过应用薄层磁共振影像三维重建脑膜瘤,定量比较基于多田公式法与三维重建法测得的脑膜瘤体积,以探讨多田公式法描述脑膜瘤体积的准确性与应用价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2014 年 1 月至 2022 年 5 月在中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院(原兰州军区兰州总医院)神经外科收治的 297 例脑膜瘤患者薄层磁共振影像资料。其中男 79 例,女 218 例,平均年龄( $53.40\pm 12.91$ )岁,所有患者均接受手术治疗并获得病理学诊断。本研究符合《赫尔辛基宣言》原则,已通过中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院医学伦理委员会审批,所有患者或家属均签署知情同意书。

### 1.2 影像资料

患者均完善颅脑 MRI 检查,且检查序列包含 T1WI 薄层增强扫描。T1WI 薄层增强扫描参数为:重复时间 2 000 ms,回波时间 20 ms,视野  $260\text{ mm}\times 260\text{ mm}$ ,扫描层厚 1.00 mm、1.20 mm;对比剂使用静脉注射钆喷酸葡胺注射液(北京北陆药业股份有限公司),使用剂量为  $0.1\text{ mmol/kg}$ ,注射后进行矢状位、冠状位及轴位的 T1WI 扫描。所有影像资料均存储于 PACS 系统中,研究者可进行查看并导出数据。

### 1.3 脑膜瘤体积评估

脑膜瘤体积的评估主要依据磁共振影像数据实现。根据 PACS 系统测得脑膜瘤最大层面最长径( $a$ )、与最长径垂直的最宽径( $b$ )、扫描层数( $c$ )及扫描层厚( $m$ ),带入标准多田公式( $V=\pi/6\times a\times b\times c\times m$ )即可获取多田公式法评估的脑膜瘤体积大小。将 PACS 系统中的磁共振影像数据导入移动电脑,应用 Mimics Medical 21.0 软件提取影像数据,采用阈值分割法对脑膜瘤进行三维重建,该软件可通过计算分割的体素体积来自动获取脑膜瘤体积。依据三维重建法的基本原理,该方法能够提供最为准确的体积评

估,故视为本研究中脑膜瘤的真实体积。

### 1.4 数据分组

将所有脑膜瘤体积数据视为整体样本,与脑膜瘤后续分组进行对比分析;依据三维重建的脑膜瘤形态特点,将脑膜瘤位置分组划分为类圆形组、分叶状组及不规则组;依据脑膜瘤所处解剖位置,将脑膜瘤形态分组划分为幕上组及幕下组。依据脑膜瘤体积数据客观分布及临床经验,推断集中样本并进行准确性验证。

### 1.5 统计学处理

所有研究数据采用 SPSS26.0 进行统计分析。连续变量采用  $M(Q_1, Q_3)$  表示。采用 Wilcoxon 秩和检验分析两种方法评估体积的总体差异。采用 Spearman 分析两种方法的相关性。采用同类相关系数及 Bland-Altman 图分析两种方法的可靠性与一致性。所有检验均为双侧假设检验,检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 整体样本准确性分析

#### 2.1.1 多田公式法与三维重建法在各组别的总体差异分析

可见多田公式法测得的脑膜瘤体积值整体大于脑膜瘤真实体积值。对两种方法测得的各组别脑膜瘤体积进行 Wilcoxon 秩和检验,其体积测量的总体差异在整体样本、类圆形组及幕上组无统计学意义( $P>0.05$ ),在分叶状组、不规则组及幕下组有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 1。

表 1 多田公式法与三维重建法各组别脑膜瘤体积测量结果 [ $M(Q_1, Q_3), \text{cm}^3$ ]

组别	$n$	多田公式法	三维重建法	$P$
整体样本	297	20.23(7.33,43.40)	19.34(7.08,43.44)	0.068
类圆形组	195	21.70(7.15,43.35)	22.46(7.23,43.56)	0.529
分叶状组	57	17.42(6.83,56.95)	18.94(7.00,50.88)	0.003
不规则组	45	13.51(7.69,38.26)	14.30(6.74,37.18)	0.019
幕上组	246	20.21(6.75,43.52)	19.23(6.64,44.27)	0.834
幕下组	51	20.53(9.62,40.21)	21.94(8.19,37.76)	0.000

#### 2.1.2 多田公式法与三维重建法在各组别的相关性分析

通过绘制散点图可见多田公式法与三维重建法测得的各组别脑膜瘤体积均呈线性关系(图 1),Spearman 相关性分析示两种方法测得的脑膜瘤体积呈显著正相关,在各组别脑膜瘤的相关性分析结果为:整体样本  $r=0.995$ ;类圆形组  $r=0.996$ ;分叶状组  $r=0.995$ ;不规则组  $r=0.985$ ;幕上组  $r=0.995$ ;幕下组  $r=0.990$ 。

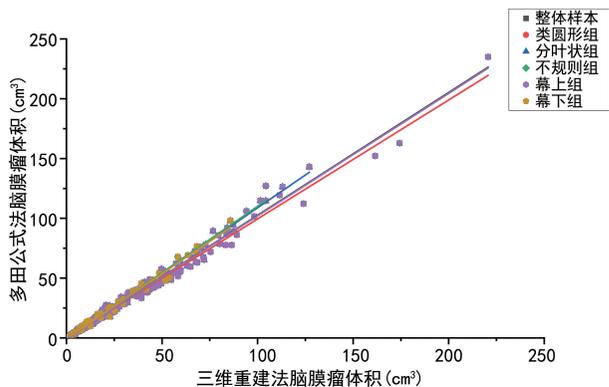


图 1 多田公式法与三维重建法测得各组别脑膜瘤体积线性关系

### 2.1.3 多田公式法与三维重建法在各组别的一致性及其可靠性分析

两种方法测得的各组别脑膜瘤体积的 Bland-Altman 图, 见图 2。在每个图中大部分数据点位于一致

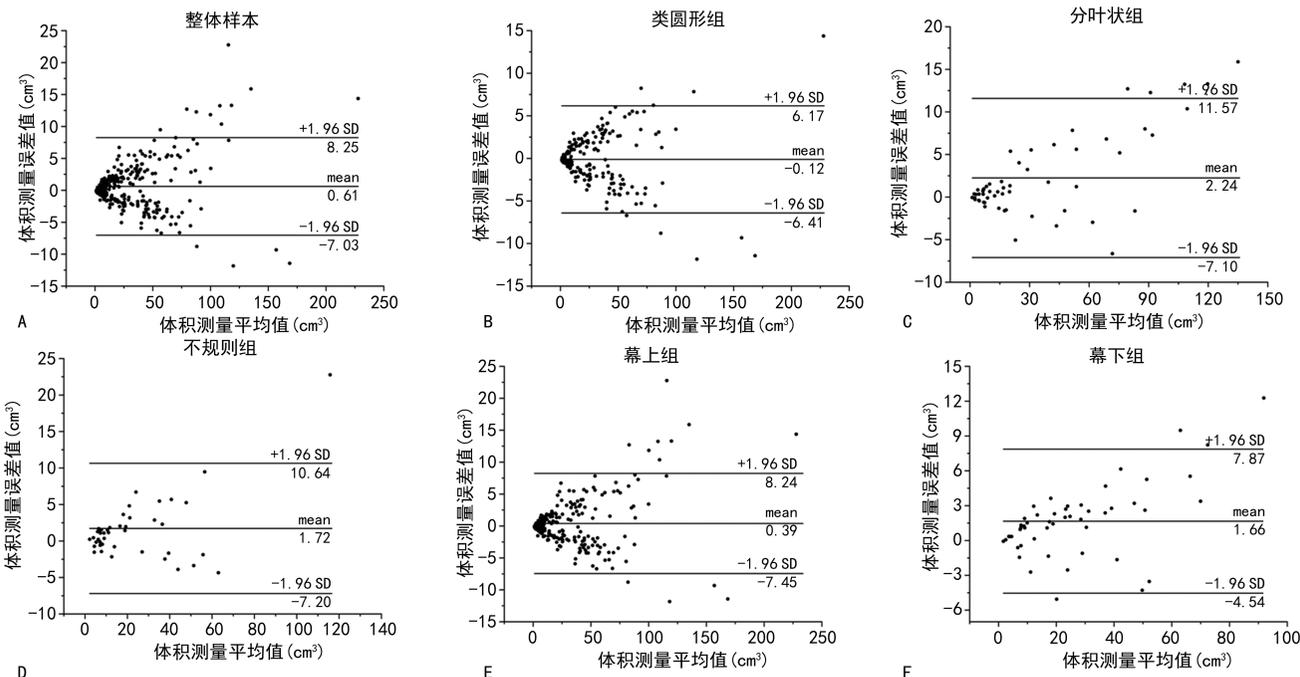


图 2 多田公式法与三维重建法测得各组别脑膜瘤体积 Bland-Altman 图

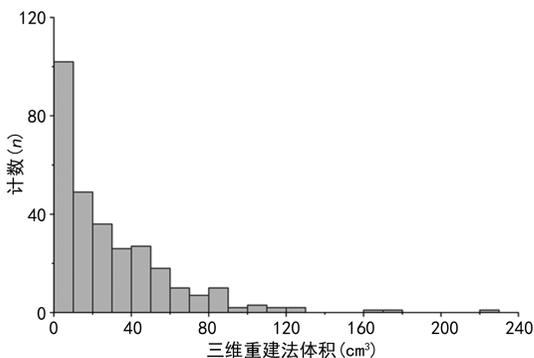


图 3 三维重建法脑膜瘤体积数据分布直方图

### 2.2.2 集中样本总体差异分析

性界限以内, 可见多田公式法测得的各组别脑膜瘤体积与脑膜瘤真实体积均具有良好的-致性。对两种方法测得的各组别脑膜瘤体积进行可靠性分析, 其组内相关系数 (ICC) 从高到低依次为: 类圆形组 ( $r=0.995$ )、幕上组 ( $r=0.993$ )、整体样本 ( $r=0.992$ )、分叶状组 ( $r=0.991$ )、幕下组 ( $r=0.989$ )、不规则组 ( $r=0.983$ ), 表明多田公式法对规则程度较高的脑膜瘤或幕上脑膜瘤的体积评估可靠性较高, 对不规则程度较高的脑膜瘤或幕下脑膜瘤的体积评估可靠性稍差。

### 2.2 集中样本准确性分析

#### 2.2.1 集中样本数据界定及分组

三维重建法体积数据分布直方图, 见图 3。依据数据客观分布情况及临床经验, 推断体积为  $1\sim 60\text{ cm}^3$  的病例为集中样本, 并划分为 3 个子集, 子集 1 ( $n=151$ ):  $1\sim <20\text{ cm}^3$ ; 子集 2 ( $n=62$ ):  $20\sim <40\text{ cm}^3$ ; 子集 3 ( $n=45$ ):  $40\sim 60\text{ cm}^3$ 。

应用多田公式法与三维重建法测得的脑膜瘤体积在集中样本各组别的结果, 见表 2。对两种方法测得的各组别脑膜瘤体积进行 Wilcoxon 秩和检验, 其体积测量结果的总体差异在集中样本各组别均无统计学意义。

#### 2.2.3 集中样本相关性分析

通过绘制散点图可见两种方法在集中样本测得的脑膜瘤体积呈线性关系, 见图 4。Spearman 相关性分析示两种方法测得的脑膜瘤体积呈显著正相关, 在各组别脑膜瘤的相关性分析结果为: 集中样本  $r=0.993$ ; 子集 1  $r=0.983$ ; 子集 2  $r=0.885$ ; 子集 3  $r=0.810$ 。

表 2 集中样本各组别脑膜瘤体积测量结果  
[ $M(Q_1, Q_3), \text{cm}^3$ ]

组别	n	多田公式法	三维重建法	P
集中样本	258	16.51(6.49, 34.38)	15.60(6.48, 32.76)	0.346
子集 1	151	7.54(4.02, 12.57)	7.15(4.02, 12.34)	0.086
子集 2	62	29.54(24.26, 35.65)	28.11(23.72, 35.51)	0.055
子集 3	45	48.89(43.35, 54.31)	49.29(43.58, 54.37)	0.495

2.2.4 集中样本一致性分析及可靠性分析

两种方法测得的集中样本各组别脑膜瘤体积的 Bland-Altman 图, 见图 5。在每个图中大部分数据点位于一致性界限以内, 可见多田公式法测得的脑膜瘤体积与脑膜瘤真实体积具有良好的一致性。对两种方法测得的各组别脑膜瘤体积进行可靠性分析, 其 ICC 从高到低依次为: 集中样本 ( $r = 0.989$ )、子集 1

( $r = 0.976$ )、子集 2 ( $r = 0.896$ )、子集 3 ( $r = 0.804$ ), 这表明多田公式方法测得的脑膜瘤体积较脑膜瘤真实体积具有较高可靠性。

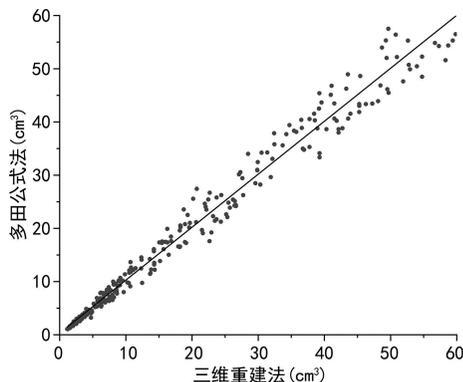


图 4 多田公式法与三维重建法集中样本脑膜瘤体积线性关系

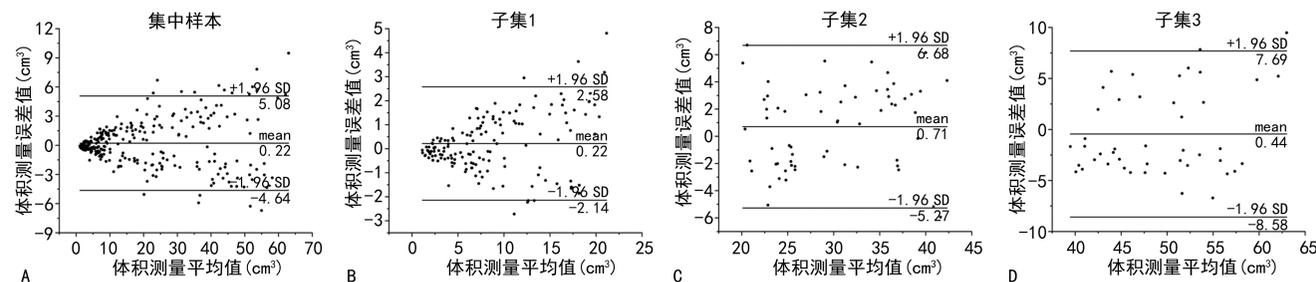


图 5 多田公式法与三维重建法测得集中样本脑膜瘤体积 Bland-Altman 图

3 讨论

脑膜瘤的体积大小是评估自然病史、制订治疗方案、预测术后病程及放疗后生长控制的重要参数<sup>[3]</sup>。评估脑膜瘤体积方法的标准化, 可为指导个体化治疗提供重要信息, 现代影像技术为脑膜瘤体积评估方法的客观化与标准化提供了良好的可行性<sup>[4]</sup>。

脑膜瘤的综合发病率约为 8.58/10 万, 是中枢神经系统最常见的原发性肿瘤之一<sup>[5]</sup>。在常规影像学检查中, 实际上有相当数量的脑膜瘤是偶然诊断出来的<sup>[6]</sup>。鉴于多数脑膜瘤生长缓慢且病变性质多偏良性, 临床医师通常面临着外科手术与保守随访的治疗选择, 尤其是无症状患者及高龄患者<sup>[7]</sup>。因此脑膜瘤的体积大小在治疗方案的决策中起着重要作用, 如较大体积的脑膜瘤会显著增大颅内压并危及患者生命, 从而使得手术治疗成为最佳选择。此外脑膜瘤的体积大小还可能与其组织学侵袭性有关, 较大体积的脑膜瘤往往具有更高的病理级别<sup>[8-9]</sup>。脑膜瘤的体积大小与立体定向放射治疗的方案决策亦密切相关, 可为靶区规划及放射剂量提供参考信息。HAN 等<sup>[2]</sup>发现立体定向放射治疗的脑膜瘤控制率会随着脑膜瘤的体积增加而降低, 且辐照损害也会随着脑膜瘤体积的增加而增加。MANSOURI 等<sup>[10]</sup>指出, 脑膜瘤的体积

可影响放射治疗期间最大安全放射剂量的选择, 从而会影响放射治疗的总体效果, 并由此认为脑膜瘤的体积可作为放射治疗方案规划的有效参数。因此将脑膜瘤体积的计算方法标准化并将肿瘤体积进行量化具有较高的临床指导意义<sup>[11]</sup>。

目前对肿瘤的体积评估尚无规范性的描述标准, 国内外主要采用以下两种测量方法进行间接评估: (1) 肿瘤最大径乘积评价方法, 又称为世界卫生组织 (WHO) 双径测量法, 于 1979 年由 WHO 提出<sup>[12]</sup>。这种方法实质上为二维测量方法, 通过测量肿瘤轴位影像上的最长径及与之垂直的最宽径, 将二者乘积作为二维层面评价指标, 再由此评估肿瘤的体积。(2) 肿瘤最大直径评价方法, 又称实体瘤疗效评价 (response evaluation criteria in solid tumors, RECIST) 标准, 该方法于 2000 年由欧洲癌症研究与治疗组织修正提出<sup>[13]</sup>, 随后成为多数肿瘤体积描述的主要方法并起了重要的评估作用。这种方法实质上为一维测量方法, 只需将肿瘤组织在轴位影像上的最长直径作为靶病灶测量径线, 再根据所有测量径线总和来评价肿瘤的体积。临床研究表明, 尽管 WHO 标准与 RECIST 标准有着较好的一致性, 但上述两种方法并不适用于中枢系统肿瘤的体积评估<sup>[14]</sup>。

在前期的临床实践中,由于多田公式法在短时间即可初步评估出颅内血肿的体积,因此其广泛应用于急性脑血管病诸如脑出血及脑梗死等的病灶范围计算<sup>[15]</sup>。随着临床实践的不断进行,多田公式法被扩展应用于硬膜外血肿、硬膜下血肿及脑动静脉畸形等颅内病变<sup>[16]</sup>。因为多田公式法是在假定颅内病变为椭球体基础上进行计算的,所以如果当病变的形态不同于椭球体时,往往计算的体积与实际体积有较大的偏差。多田公式法应用于颅内肿瘤体积评估的报道较少,且该公式法的准确性存在一定争议<sup>[17]</sup>。此前有文献报道多田公式可作为听神经瘤及垂体腺瘤体积的评估方法<sup>[18]</sup>,但这些脑肿瘤发生在颅内特定的解剖部位,其生长及侵袭是受限的,而脑膜瘤则可发生于颅内任何解剖部位。

在本项研究中,多田公式法与三维重建法测得的脑膜瘤体积值具有良好的一致性,且多田公式法的准确度并不会随着脑膜瘤体积的增大而出现明显偏向。然而随着脑膜瘤不规则程度的增大,其体积测量误差随之也呈现出增大趋势,但结合统计分析结果,本研究认为该误差范围是可以接受的。此结果类似于前期关于颅内血肿的研究,多田公式法测得的不规则颅内血肿体积误差会明显偏大,但该误差范围在临床工作中是可接受的,并不会对治疗方案的决策产生明确影响<sup>[19-20]</sup>。同时本研究将幕下脑膜瘤与幕上脑膜瘤进行了对比,应用多田公式法计算的幕下脑膜瘤体积误差更为明显,可能是由于幕下解剖区域较小,脑膜瘤生长受限因而具有更加不规则的形态所致。该结果与文献报道一致。ISHI 等<sup>[3]</sup>应用多田公式法对 83 例脑膜瘤进行了体积分析,并将其分组为颅底脑膜瘤和非颅底脑膜瘤,结果表明多田公式法会高估脑膜瘤的体积,尤其是位于颅底的脑膜瘤。根据本项研究结果,多田公式法能较为准确地计算出脑膜瘤的体积值,可常规作为临床上评估脑膜瘤体积的初测方法,但当脑膜瘤不规则程度较高或位于幕下解剖区域时,应用多田公式法计算的脑膜瘤体积可能存在较大的误差,此时应用三维重建技术评估脑膜瘤体积其结果会更为精准。

从理论上讲,三维重建法获得的肿瘤体积应当被视作肿瘤的真实体积,因为三维重建法在目前所有的肿瘤体积评估方法中拥有最高的准确度<sup>[4]</sup>。当前有多种软件可实现医学领域的三维重建工作,如 ITK-SNAP、Amira、Mimics Medical 及 3D Slicer 等<sup>[21]</sup>,由于此类软件实现三维重建的基本原理相似,因此选择不同的工作软件并不会对三维重建的结果产生较大的误差。在既往的临床研究中,手动分割法被广泛用于肿瘤的三维重建,即研究者通过手工逐层分割病灶

侵袭范围从而实现对比灶的三维重建并完成体积测算,但该方法不仅复杂,且在对比灶与正常脑组织进行分割的过程中难以避免主观标记误差<sup>[11]</sup>。在本项研究中采用了阈值分割法对脑膜瘤进行三维重建,即利用脑膜瘤与正常脑组织在 MRI 上的不同信号值,软件自动对脑膜瘤进行逐层分割重建,以降低脑膜瘤在重建过程中产生的主观误差。此外脑膜瘤体积的测算误差也可能与影像的扫描层厚有关,前期研究中使用的影像资料多未考虑影像扫描层厚是否会对脑膜瘤体积评估的准确性产生影响。ISHI 等<sup>[3]</sup>分析了脑膜瘤 MRI 不同扫描层厚影像三维重建的准确度与 MRI 扫描层数之间的相关性,结果表明如果厚层扫描采集的脑膜瘤影像大于 4 个层面,则应用厚层影像数据三维重建的脑膜瘤精度并不比薄层 MRI 影像数据差。但上述研究样本量太小,尚需更大的样本量来验证该结论的可靠性。结合本研究应用薄层 MRI 影像测量的脑膜瘤体积结果,应用薄层 MRI 影像进行三维重建其脑膜瘤体积评估的准确性可能更具参考价值。

综上所述,本研究在一组脑膜瘤病例中比较了基于多田公式法和三维重建法计算的肿瘤体积。研究发现在脑膜瘤病例中,多田公式法能较为便捷而准确地评估脑膜瘤的体积,临床可将多田公式法作为评估脑膜瘤体积的初测方法。但当脑膜瘤形态较为不规则或位于幕下解剖区域时,应用多田公式法评估的脑膜瘤体积与其实际体积可能存在较大偏差,此时应考虑应用三维重建的方法评估脑膜瘤体积。作者在后续的临床研究中将比较多田公式法在评价颅内肿瘤生长速度、恶性进展以及药物疗效中的应用价值。

## 参考文献

- [1] YAMADA S, KIJIMA N, NAKAGAWA T, et al. How much tumor volume is responsible for development of clinical symptoms in patients with convexity, parasagittal, and falx meningiomas? [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 769656.
- [2] HAN M S, JANG W Y, MOON K S, et al. Is fractionated gamma knife radiosurgery a safe and effective treatment approach for large-volume ( $> 10 \text{ cm}^3$ ) intracranial meningiomas? [J]. *World Neurosurg*, 2017, 99: 477-483.
- [3] ISHI Y, TERASAKA S, YAMAGUCHI S, et al. Reliability of the size evaluation method for meningiomas; maximum diameter, ABC/2 formula, and planimetry method [J]. *World Neu-*

- rosurg, 2016, 94:80-88.
- [4] DHO Y S, LEE D, HA T, et al. Clinical application of patient-specific 3D printing brain tumor model production system for neurosurgery[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):7005.
- [5] OSTROM Q T, CIOFFI G, GITTLEMAN H, et al. CBTRUS statistical report: primary brain and other central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2012–2016[J]. *Neuro Oncol*, 2019, 21(Suppl. 5):1-100.
- [6] ISLIM A I, MOHAN M, MOON R, et al. Incidental intracranial meningiomas: a systematic review and meta-analysis of prognostic factors and outcomes[J]. *J Neurooncol*, 2019, 142(2): 211-221.
- [7] LEE E J, PARK J H, PARK E S, et al. “Wait-and-see” strategies for newly diagnosed intracranial meningiomas based on the risk of future observation failure[J]. *World Neurosurg*, 2017, 107:604-611.
- [8] MAGILL S T, YOUNG J S, CHAE R, et al. Relationship between tumor location, size, and WHO grade in meningioma[J]. *Neurosurg Focus*, 2018, 44(4):E4.
- [9] RESSEL A, FICHTE S, BRODHUN M, et al. WHO grade of intracranial meningiomas differs with respect to patient’s age, location, tumor size and peritumoral edema[J]. *J Neurooncol*, 2019, 145(2):277-286.
- [10] MANSOURI A, GUHA D, KLIRONOMOS G, et al. Stereotactic radiosurgery for intracranial meningiomas: current concepts and future perspectives[J]. *Neurosurgery*, 2015, 76(4): 362-371.
- [11] XIAO D, LIU J, HU T, et al. Simple ways to estimate meningioma volume: can ABC-and sh-derived methods be used in clinical practice reliably? [J]. *J Oncol*, 2021, 2021:9712287.
- [12] MILLER A B, HOOGSTRATEN B, STAQUET M, et al. Reporting results of cancer treatment[J]. *Cancer*, 1981, 47(1):207-214.
- [13] THERASSE P, ARBUCK S G, EISENHAUER E A, et al. New guidelines to evaluate the response to treatment in solid tumors[J]. *J Natl Cancer Inst*, 2000, 92(3):205-216.
- [14] KIM M N, KIM B K, HAN K H, et al. Evolution from WHO to EASL and mRECIST for hepatocellular carcinoma: considerations for tumor response assessment [J]. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol*, 2015, 9(3):335-348.
- [15] XU X, CHEN X, ZHANG J, et al. Comparison of the Tada formula with software slicer: precise and low-cost method for volume assessment of intracerebral hematoma [J]. *Stroke*, 2014, 45(11):3433-3435.
- [16] ROARK C, VADLAMUDI V, CHAUDHARY N, et al. ABC/2 method does not accurately predict cerebral arteriovenous malformation volume [J]. *Neurosurgery*, 2018, 82(2):220-225.
- [17] MAEDA A K, AGUIAR L R, MARTINS C, et al. Hematoma volumes of spontaneous intracerebral hemorrhage: the ellipse (ABC/2) method yielded volumes smaller than those measured using the planimetric method [J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2013, 71(8):540-544.
- [18] DOS S S J, SCHREINER C A, DE LIMA L, et al. Volumetric measurement of intracranial meningiomas: a comparison between linear, planimetric, and machine learning with multiparametric voxel-based morphometry methods [J]. *J Neurooncol*, 2023, 161(2):235-243.
- [19] ZHAO B, JIA W B, ZHANG L Y, et al. 1/2SH: a simple, accurate, and reliable method of calculating the hematoma volume of spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Stroke*, 2020, 51(1):193-201.
- [20] KASHANIAN A, SPARKS H, KAPREALIAN T, et al. Assessing the volume of large cerebral arteriovenous malformations: can the ABC/2 formula reliably predict true volume? [J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 65:1-5.
- [21] MCGUIRE L S, FUENTES A, ALARAJ A. Three-dimensional modeling in training, simulation, and surgical planning in open vascular and endovascular neurosurgery: a systematic review of the literature [J]. *World Neurosurg*, 2021, 154:53-63.