

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.13.024

# PC-MRI 技术分析 Chiari 畸形 I 型患者手术前后脑脊液流体力学的变化及术后颅内感染的影响因素分析 \*

张建梅 彭湘晖 刘运昌 罗婉莹 黄光仪 杨旭日

(广西壮族自治区南溪山医院影像科 广西 桂林 541002)

**摘要 目的:**探究相位对比电影—磁共振成像(PC-MRI)技术分析小脑扁桃体下疝(Ciari)畸形 I 型患者手术前后脑脊液流体力学的变化及术后颅内感染的影响因素。**方法:**本研究选取本院 2019 年 1 月-2022 年 1 月接诊的 80 例 Chiari 畸形 I 型患者展开研究;对所有患者头颈行 MRI 和 PC-MRI 检查,使用 Q-flow 软件进行脑脊液流体力学分析。对比 Chiari 畸形 I 型患者手术前后脑脊液流体力学指标;分析 Chiari 畸形 I 型患者中术后颅内感染者和未发生颅内感染者的临床特征差异;多因素 Logistic 回归分析影响 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的影响因素。**结果:**术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者中脑导水管平均流量(MF)、每搏输出量(SV)和反流分数(RF)均明显高于术前 24 h,足向最大峰值流速(Vdmax)和头向最大峰值流速(Vumax)明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ );术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者脑桥腹侧 MF 和 SV 均明显高于术前 24 h,RF、Vdmax 和 Vumax 均明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ );术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者 C3 腹侧 MF 和 SV 均明显高于术前 24 h,RF、Vdmax 和 Vumax 均明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ );Chiari 畸形 I 型患者中术后发生颅内感染者有 19 例,未发生感染者有 61 例;多因素 Logistic 回归分析结果显示年龄较大、手术时间较长、抗生素未使用和术后脑脊液漏液是 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的危险因素( $P<0.05$ )。**结论:**对于 Chiari 畸形 I 型患者而言,对其行 PC-MRI 分析,可将其手术前后脑脊液流体力学进行检测,检测效果较优;Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的危险因素包括年龄较大、手术时间较长、抗生素未使用和术后脑脊液漏液。

**关键词:**PC-MRI;Chiari 畸形 I 型;脑脊液流体力学;颅内感染;影响因素

**中图分类号:**R726.2;R722 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2023)13-2523-05

## PC-MRI Technology Analysis of Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics in Patients with Chiari Malformation Type I before and after Surgery and Analysis of Influencing Factors of Postoperative Intracranial Infection\*

ZHANG Jian-mei, PENG Xiang-hui, LIU Yun-chang, LUO Wan-ying, HUANG Guang-yi, YANG Xu-ri

(Department of Imaging, Nanxishan Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Guilin, Guangxi, 541002, China)

**ABSTRACT Objective:** To explore the phase-contrast magnetic resonance image (PC-MRI) technology analysis the changes of cerebrospinal fluid hydrodynamics before and after surgery in patients with subtentorial hernia (Chiari) malformation type I and the influencing factors of postoperative intracranial infection. **Methods:** In this study, 80 patients with Chiari malformation type I who were admitted to our hospital from January 2019 to January 2022 were selected for study. MRI and PC-MRI examinations were performed on the head and neck of all patients, and cerebrospinal fluid hydrodynamics were analyzed using Q-flow software. The cerebrospinal fluid hydrodynamics indexes of patients with Chiari malformation type I were compared before and after surgery. The difference of clinical features between postoperative intracranial infection and non-intracranial infection in patients with Chiari malformation type I were analyzed. Multivariate Logistic regression analysis of the influencing factors of postoperative intracranial infection in patients with Chiari malformation type I. **Results:** 3 months after surgery, the mean flux (MF), stroke volume (SV) and regurgitant fraction (RF) in the patients with Chiari malformation type I were significantly higher than those at 24 h before surgery, and the maximum peak velocity of foot (Vdmax) and maximum peak velocity of head (Vumax) were significantly lower than those at 24 h before surgery ( $P<0.05$ ). 3 months after surgery, the ventral pons MF and SV in the patients with Chiari malformation type I were significantly higher than those at 24 h before surgery, and RF, Vdmax and Vumax were significantly lower than those at 24 h before surgery ( $P<0.05$ ). 3 months after surgery, ventral MF and SV of C3 and RF, Vdmax and Vumax in the patients with Chiari malformation type I were significantly higher than those at 24 h before surgery ( $P<0.05$ ). Among the patients with Chiari malformation type I, there were 19 cases with intracranial infection after surgery, and 61 cases without infection. Multivariate Logistic regression analysis showed that older age, longer operation time, no use of anti-

\* 基金项目:广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研项目(Z20201483);广西壮族自治区南溪山医院院级科研课题(NY2019004)

作者简介:张建梅(1981-),女,硕士研究生,副主任医师,从事脑脊液电影在相关脑部疾病的研究,

E-mail: ZHANGJIANMEIGZX@163.com

(收稿日期:2023-02-04 接受日期:2023-02-26)

otics and postoperative spinal fluid leakage were risk factors for postoperative intracranial infection in patients with Chiari malformation type I ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** PC-MRI can effectively analyze the changes of cerebrospinal fluid hydrodynamics in patients with Chiari malformation type I before and after surgery. Risk factors for postoperative intracranial infection in patients with Chiari malformation type I include older age, longer operation time, no use of antibiotics, and postoperative spinal fluid leakage.

**Key words:** C-MRI; Chiari malformation type I; Cerebrospinal fluid hydrodynamics; Intracranial infection; Influencing factors

**Chinese Library Classification(CLC):** R726.2; R722 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2023)13-2523-05

## 前言

Chiari 畸形是一种先天性发育畸形,临床也将其称为小脑扁桃体下疝畸形,主要病理特征为后颅窝体积缩小,小脑扁桃体向下进入椎管腔,使颅骨和颈部的脑脊液循环中断,从而引起疾病的发生<sup>[1]</sup>。有研究指出,大孔脑脊液流体动力学的变化在 Chiari 畸形的治疗和预后中起着重要作用,通过对患者的流体动力学变化进行准确和定量分析,便于对患者进行治疗管理和预后评估<sup>[2]</sup>。Chiari 畸形 I 型是指小脑扁桃体下疝至枕骨大孔平面下,呈锥状向椎管内疝入,是临床最为常见的类型之一。从目前临床现状来看,临床对该疾病常采用手术方式,而手术方案的制定,往往遵循经验而定,虽然手术操作人员经验丰富,但仍会存在一定的失误,此外,对患者行相关检查后,如脑脊液压力和脑电图测量,分析患者脊液流体动力学情况,但其检查方式属于有创,会对患者产生较大的创伤,且获得的数据准确性较差。磁共振相位对比电影成像(phase-contrast magnetic resonance image, PC-MRI),目前临床主要将其作为一种检查技术,从其本质而言,该技术无创定量,对于机体积液各项参数有良好的展示,其中对于 Chiari 畸形 I 型患者而言,主要可对各种参数进行测量和观察,以便于临床上可以更清晰地了解脑脊液状态<sup>[3]</sup>。颅内感染是神经外科常见的术后并发症,临床可能出现意识不清、颅内压升高等症状,严重者可能对患者造成不良影响,如肢体瘫痪、中枢神经麻痹和癫痫等,影响患者预后<sup>[4]</sup>。但目前关于 PC-MRI 在 Chiari 畸形 I 型患者中应用较少,基于此,本研究采用 PC-MRI 技术,对 Chiari 畸形 I 型患者手术前后脑脊液流体力学的变化及术后颅内感染的影响因素进行分析,旨在为 Chiari 畸形 I 型患者术后感染进行评估,为患者预后进行预防和控制。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究选取 2019 年 1 月-2022 年 1 月本院接诊的 80 例 Chiari 畸形 I 型患者,作为研究对象并展开研究,其中男女比例为 37:43,年龄 22~66(45.22±5.49)岁;病程 3 个月~10 年,平均(4.84±2.19)年;其中合并脊髓空洞患者有 46 例,本研究经本院医学伦理委员会审核准。纳入标准:(1)经磁共振成像(magnetic resonance image, MRI)检查,患者小脑扁桃体下疝超过 5 mm;(2)术前和术后均完成相应的 PC-MRI 检查;(3)合并 Chiari 畸形 I 型临床症状;(4)临床资料完整。排除标准:(1)颅底凹陷或其他颅内引起脑积水;(2)存在后组颅神经障碍;(3)小脑存在问题,有步态不稳或共济失调等症状;(4)运动或感觉功能存在障碍;(5)术前已出现颅内感染。

### 1.2 研究方法

首先指导所有患者取仰卧位,对患者头颈行 MRI 检查,采用飞利浦 1.5T 磁共振(厂家:飞利浦 Philips, 型号: Achieva 1.5T, 标准号: YZB/HOL 1812-2009),序列调整需将轴位调至 T1WI,矢状位调至 T2WI,检查过程中,若发现病灶位置,需在心电门控下,对患者行 PC-MRI 检查,检查参数如下:重复时间(TR)和回波时间(TE)分别为 75 ms 和 16 ms,层厚、翻转角、矩阵和流速分别设置为 3 mm、10°、256×128 和 5 cm/s;当图像处于正矢状位时,对患者脑脊液变化进行观察;对患者进行脑脊液流速时,需对其行轴位扫描,检查参数如下:TR 和 TE 分别为 11 ms 和 8 ms,层厚、翻转角、矩阵和流速分别设置为 1 mm、15°、256×128 和 15 cm/s,完成参数设置后,需将患者中脑导水管和脑桥复测层面进行扫描。

### 1.3 图像分析

完成图像后,可获得信号双向图,即心脏舒张和收缩相关脑脊液,该为一个周期,其中在图信号中,高信号表示运动为正(头部),低信号表示运动为负(足部);脑脊液流体力学检测采用 Q-flow 软件行相应的分析,在正给过程内,层面的选择为中脑水层,测量指标包括平均流量(mean flux, MF)、每搏输出量(stroke volume, SV)、反流分数(regurgitant fraction, RF)、最大峰值流速(Vmax)。

### 1.4 临床资料收集

收集年龄、性别、病程、BMI、手术时间、合并基础疾病(高血压、糖尿病、高血脂)、术后脑脊液漏、抗生素使用、人工脑膜使用及合并脊髓空洞情况。

### 1.5 统计学方法

本研究所需数据按照分组进行整理并录入 excel 表格,采用 SPSS26.0 软件处理,其中对于计量资料,表示方法为( $\bar{x} \pm s$ ),检验方式为 t;计数资料表示方法为%,检验方式为  $\chi^2$ ;对于影响 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染因素,对其行 Logistic 回归分析,若  $P<0.05$ ,则认为数据之间,差异无统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 对比 Chiari 畸形 I 型患者手术前后脑脊液流体力学指标

术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者中脑导水管 MF、SV 和 RF 均明显高于术前 24 h, Vdmax 和 Vumax 明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ );术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者脑桥腹侧 MF 和 SV 均明显高于术前 24 h, RF、Vdmax 和 Vumax 均明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ );术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者 C3 腹侧 MF 和 SV 均明显高于术前 24 h, RF、Vdmax 和 Vumax 均明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ ),见表 1~表 3 和图 1。

表 1 手术前后 Chiari 畸形 I 型患者中脑导水管流体力学对比差异( $n=80, \bar{x} \pm s$ )Table 1 Comparison of hydrodynamics of midbrain aqueduct in patients with Chiari malformation type I before and after surgery( $n=80, \bar{x} \pm s$ )

| Time points            | MF(mL/s)     | SV(mL)       | RF(%)        | Vdmax(cm/s) | Vumax(cm/s) |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 24 h before surgery    | 0.022± 0.004 | 0.018± 0.006 | 74.26± 13.51 | 7.99± 2.16  | 5.36± 1.59  |
| 3 months after surgery | 0.043± 0.008 | 0.039± 0.007 | 79.16± 15.33 | 5.52± 1.57  | 3.29± 1.38  |
| t                      | -21.000      | -24.254      | -2.145       | 8.273       | 8.794       |
| P                      | <0.001       | <0.001       | 0.033        | <0.001      | <0.001      |

表 2 手术前后 Chiari 畸形 I 型患者脑桥腹侧流体力学对比差异( $n=80, \bar{x} \pm s$ )Table 2 Comparison of ventral pontine fluid dynamics in patients with Chiari malformation type I before and after surgery( $n=80, \bar{x} \pm s$ )

| Time points            | MF(mL/s)     | SV(mL)       | RF(%)        | Vdmax(cm/s) | Vumax(cm/s) |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 24 h before surgery    | 0.045± 0.006 | 0.041± 0.006 | 89.52± 12.63 | 9.87± 1.86  | 7.92± 2.33  |
| 3 months after surgery | 0.069± 0.005 | 0.065± 0.003 | 81.63± 12.79 | 5.78± 2.06  | 3.68± 1.50  |
| t                      | -27.485      | -32.000      | 3.926        | 13.181      | 6.907       |
| P                      | <0.001       | <0.001       | <0.001       | <0.001      | <0.001      |

表 3 手术前后 Chiari 畸形 I 型患者 C3 腹侧流体力学对比差异( $n=80, \bar{x} \pm s$ )Table 3 Comparison of ventral C3 fluid dynamics in patients with Chiari malformation type I before and after surgery( $n=80, \bar{x} \pm s$ )

| Time points            | MF(mL/s)     | SV(mL)       | RF(%)        | Vdmax(cm/s) | Vumax(cm/s) |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 24 h before surgery    | 0.021± 0.005 | 0.015± 0.003 | 79.96± 12.96 | 7.39± 2.18  | 4.38± 1.08  |
| 3 months after surgery | 0.032± 0.004 | 0.029± 0.005 | 75.19± 11.08 | 4.18± 1.26  | 2.47± 0.59  |
| t                      | -15.365      | -21.475      | 2.502        | 11.403      | 13.882      |
| P                      | <0.001       | <0.001       | 0.013        | <0.001      | <0.001      |

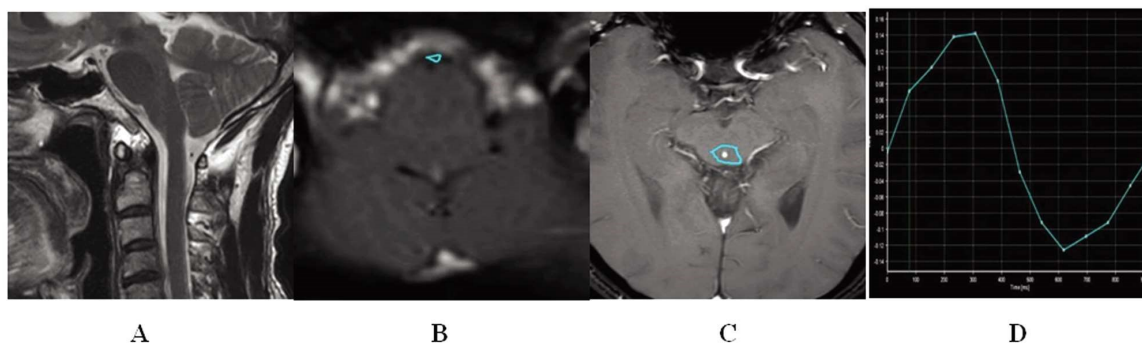


图 1 Chiari 畸形 I 型 PC-MRI 影像表现

Fig.1 PC-MRI image performance of Chiari malformation type I

Note: A. MRI showed Chiari malformation type I. B. Ventral pons measurement. C. Measurement of midbrain aqueduct. D. C3 ventral measurement.

## 2.2 分析 Chiari 畸形 I 型患者中术后颅内感染者和未发生颅内感染者临床特征差异

术后, Chiari 畸形 I 型患者中发生颅内感染者有 19 例, 未发生感染者有 61 例; 根据是否感染分为感染组和未感染组, 感染组年龄明显大于未感染组, 手术时间明显长于未感染组, 抗生素未使用和脑脊液漏的占比明显高于未感染组 ( $P<0.05$ ); 两组其他临床指标差异并不显著 ( $P>0.05$ ), 见表 4。

## 2.3 多因素 Logistic 回归分析影响 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的影响因素

多因素分析赋值量表将术后颅内感染发生作为因变量(未发生 =0, 发生 =1), 将表 4 中有统计学差异数据挑选, 并将其列

为自变量, 其中年龄、手术时间为连续性变量, 原值输入。抗生素使用:(是 =1, 否 =0), 术后脑脊液漏(否 =0, 是 =1); 多因素 Logistic 回归模型分析显示年龄较大、手术时间较长、抗生素未使用和术后脑脊液漏是 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的危险因素 ( $P<0.05$ ), 详见表 5。

## 3 讨论

目前, 医学上对 Chiari 畸形 I 型的确切原因尚不明确, 许多学者对其发病机制存在不同观点, 临床接受最为广泛的是牵引理论, 其主要指出对于患有该病的患者而言, Chiari 畸形 I 型伴有脊髓脑膜瘤或脊柱裂等并发症, 对于该类患者而言, 其

表 4 感染组和未感染组临床资料差异对比

Table 4 Comparison of clinical data difference in the infected group and uninfected group

| Clinical data                             | Infected group( n=19 ) | Uninfected group( n=61 ) | $\chi^2/t$ | P      |
|-------------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------|--------|
| Gender n( % )                             |                        |                          | 0.013      | 0.911  |
| Male                                      | 9( 47.37 )             | 28( 45.90 )              |            |        |
| Female                                    | 10( 52.63 )            | 33( 54.10 )              |            |        |
| Age( years )                              | 53.55± 5.78            | 42.63± 5.16              | 7.828      | <0.001 |
| Course of disease( years )                | 5.39± 2.26             | 4.67± 2.35               | 1.176      | 0.243  |
| BMI( kg/m <sup>2</sup> )                  | 22.16± 2.18            | 21.96± 2.33              | 0.332      | 0.747  |
| Operation time( h )                       | 3.28± 1.06             | 1.73± 0.68               | 7.532      | <0.001 |
| Combined basic diseases n( % )            |                        |                          | 0.133      | 0.716  |
| Hypertension                              | 5( 26.32 )             | 17( 27.87 )              |            |        |
| Diabetes                                  | 3( 15.79 )             | 13( 21.31 )              |            |        |
| Hyperlipidemia                            | 2( 10.53 )             | 5( 8.20 )                |            |        |
| Postoperative spinal fluid leakage n( % ) |                        |                          | 12.544     | <0.001 |
| Yes                                       | 15( 78.95 )            | 20( 32.79 )              |            |        |
| No                                        | 4( 21.05 )             | 41( 67.21 )              |            |        |
| Use of antibiotics n( % )                 |                        |                          | 6.476      | 0.011  |
| Yes                                       | 11( 57.89 )            | 52( 85.25 )              |            |        |
| No                                        | 8( 42.11 )             | 9( 14.75 )               |            |        |
| Use of artificial meninges n( % )         |                        |                          | 0.161      | 0.688  |
| Yes                                       | 5( 26.32 )             | 19( 31.15 )              |            |        |
| No                                        | 14( 73.68 )            | 42( 68.85 )              |            |        |
| Concomitant syringomyelia n( % )          |                        |                          | 0.002      | 0.968  |
| Yes                                       | 11( 57.89 )            | 35( 57.38 )              |            |        |
| No                                        | 8( 42.11 )             | 26( 42.62 )              |            |        |

表 5 Logistic 回归多因素分析影响 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染

Table 5 Logistic regression analysis of multiple factors affecting intracranial infection in patients with Chiari malformation type I after surgery

| Variable                           | $\beta$ | SE    | Wald $\chi^2$ | OR    | 95%CI        | P     |
|------------------------------------|---------|-------|---------------|-------|--------------|-------|
| Older age                          | 1.326   | 0.429 | 3.44          | 3.300 | 1.924~12.852 | 0.000 |
| Longer operation time              | 1.285   | 0.937 | 0.752         | 2.535 | 1.053~6.899  | 0.005 |
| No use of antibiotics              | 1.524   | 1.011 | 1.349         | 1.372 | 1.206~3.893  | 0.002 |
| Postoperative spinal fluid leakage | 1.633   | 0.783 | 2.337         | 1.632 | 1.312~3.755  | 0.001 |

生长发育中,可能会导致脊髓、脊柱生长存在差异,速度明显不同,从而阻碍了脊髓向上移动,而脑组织和脊髓向下拉,导致移位的发生,最后形成小脑扁桃体下疝<sup>[5-7]</sup>。还有研究发现,Chiari 畸形 I 型是一种脊髓、大小脑和枕骨的先天性畸形,其是由脑组织过度生长和少量后颅窝引起,部分脑组织向下移动至大孔<sup>[8]</sup>。此外,脑积水论也得到了部分学者的认可,该理论主要认为导致疾病发生的根本原因是儿童期脑积水,从而对脑组织产生压迫导致<sup>[9,10]</sup>。

PC-MRI 是一种无创技术,其最初在血流的研究中得以应用,并于 1980 年首次应用于脑脊液测定,通过 PC-MRI 技术测

量,可将图像分为两类,即相位图像和速度图像,完成图像收集后减去两幅图像的相移,即将图像中静态组织消除,保留的相变为流动质子,随后通过对图像给予相应重建,可将流动液体图像再次获得,保证图像的完整性<sup>[11,12]</sup>。速度信号强度仅指流速,而相位图像中的像素信号强度不仅指流速,还包括流向信息,相位对比技术结合心电门控技术,通过软件处理可获得相关定量数据,如流体速度和流量<sup>[13,14]</sup>。该检测方法,是目前临床上唯一非侵入且复杂定量流体分析技术,对于 Chiari 畸形 I 型的脑脊液患者而言,其流体动力学大致符合双向流动特征,但均匀程度较弱,其中大孔的双向流动完全不同<sup>[15,16]</sup>。在 Chiari 畸

形 I 型患者中,随着后颅窝体积的减小,脑脊液流出道逐渐狭窄,而脑脊液通过这个狭窄的区域,将产生管道效应,流动将出现喷射性,增加脑脊液流向大孔,该情况下,流速和流量的增加无法补偿颈部颅骨狭窄横截面积的减少程度,因此脑脊液流量相应减少<sup>[17,18]</sup>。本研究发现,相较于术前 24 h 的 MF、SV 和 RF,术后 3 个月 Chiari 畸形 I 型患者中脑导水管均明显更高;术后 3 个月,Chiari 畸形 I 型患者脑桥和 C3 腹侧 MF 和 SV 均明显高于术前 24 h,RF、Vdmax 和 Vumax 均明显低于术前 24 h ( $P<0.05$ ),分析原因主要是由于正常人枕骨大孔的平均脑脊液流速在收缩期为 2.1 cm/s,在舒张期为 2.7 cm/s,而 Chiari I 畸形患者大孔的脑脊液平均流速在收缩期为 3.3 cm/s,舒张期为 4.2 cm/s<sup>[19]</sup>;由于存在机械障碍,尤其是在矢状面图像中,显示流动不平衡,其均匀性较差;且随着阻塞的增加,枕骨大孔后面的脑脊液流动首先会减弱,随后前部流动性会随之降低<sup>[20]</sup>;而对于临床有症状的 Chiari I 畸形患者而言,可能同时出现头部和尾部脑脊液,尽管 MR 成像技术单信号速度编码(VENC)较高,但也表现出局部混合信号<sup>[21]</sup>。

Chiari 畸形患者术后可能出现一系列并发症,其中较为常见的是颅内感染<sup>[22]</sup>。在临床实践中,术后颅内感染通常通过静脉注射适当剂量的抗生素进行治疗<sup>[23]</sup>。本研究发现 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染患者有 19 例,多因素 Logistic 回归分析结果显示年龄较大、手术时间较长、抗生素未使用和术后脑脊漏液是 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的危险因素( $P<0.05$ ),分析原因如下:首先对于年龄较大的患者而言,其年龄过大,自身免疫力较弱,颅内感染风险增加<sup>[24,25]</sup>;而手术时间过长,会在一定程度上增加脑组织的外界暴露,一些细菌物质进入颅内,增加感染<sup>[26,27]</sup>;而抗生素的术前应用,在一定程度上会帮助脑组织药物浓度增加,起到杀死致病菌的效果,因 Chiari 畸形 I 型患者,颅内脑脊液活性物质和调理因子表达较低,因此需另外药物刺激<sup>[28]</sup>;而术后脑脊漏液的发生,主要原因是若患者出现脑脊漏液,其切口与外界出现联系,相通性较强,导致颅内发生感染,且由于机体存在部分脑脊液在切口周围聚集,虽然其在脑脊液循环中并不参与,但与蛛网膜下腔之间并不互通,导致将组织内有害代谢产物带入颅内,增加颅内感染发生风险<sup>[29,30]</sup>。虽然本研究分析 Chiari 畸形 I 型患者手术前后的脑脊液流体力学指标和术后颅内感染因素取得一定研究成果,但仍存在一定的局限性,本研究纳入的患者仅有 80 例,例数过少,可能本研究做的结果,存在一定的偏倚,导致结果失误;所以提示在今后研究中,首先应将样本数量保证,避免数据偏倚的出现,分析 PC-MRI 分析 Chiari 畸形 I 型患者手术前后脑脊液流体力学的变化及术后颅内感染的影响因素。

综上所述,对 Chiari 畸形 I 型患者行 PC-MRI 分析,可有效观察手术前后的脑脊液流体力学指标变化;而年龄较大、手术时间较长、抗生素未使用和术后脑脊漏液是 Chiari 畸形 I 型患者术后发生颅内感染的危险因素,临床应加以防控以降低 Chiari 畸形 I 型患者术后感染发生风险。

#### 参考文献(References)

- [1] 王江峰,刘金道,董涛,等.改良颅窝减压术在 Chiari 畸形 I 型患者中的应用及其对脑脊液动力学的影响[J].现代生物医学进展,2017,17(12): 2294-2297,2352
- [2] 韩诗远,李永宁. Chiari 畸形的解剖学特点与分型[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2020,30(4): 372-378
- [3] Williams G, Thyagaraj S, Fu A, et al. In vitro evaluation of cerebrospinal fluid velocity measurement in type I Chiari malformation: repeatability, reproducibility, and agreement using 2D phase contrast and 4D flow MRI[J]. Fluids Barriers CNS, 2021, 18(1): 12
- [4] Han H, Li Y, Liu L, et al. The risk factors of intracranial infection in patients with intracerebral hemorrhage undergone hematoma puncture: what should we care[J]. BMC Infect Dis, 2020, 20(1): 949
- [5] Jbarah OF, Aburayya BI, Shatnawi AR, et al. Risk of meningitis after posterior fossa decompression with duraplasty using different graft types in patients with Chiari malformation type I and syringomyelia: a systematic review and meta-analysis [J]. Neurosurg Rev, 2022, 45(6): 3537-3550
- [6] 王圣茜,胡晓璐,李洋,等.成年单纯 Chiari 畸形 I 型患者后颅窝骨性结构的形态学研究 [J]. 第三军医大学学报,2020,42(22): 2238-2243
- [7] 马俊,李世鹏,赵鹤翔,等.两种手术方式对 Chiari 畸形 I 型合并脊髓空洞的系统评价及 meta 分析 [J]. 国际神经病学神经外科学杂志,2019,46(4): 422-427
- [8] 顾琦,鲍虹达,舒诗斌,等. EOS 影像三维重建在 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者中应用的可靠性及准确性 [J]. 中国脊柱脊髓杂志,2020,30(2): 130-135
- [9] Ho WSC, Brockmeyer DL. Complex Chiari malformation: using craniovertebral junction metrics to guide treatment [J]. Childs Nerv Syst, 2019, 35(10): 1847-1851
- [10] Saletti V, Farinotti M, Peretta P, et al. The management of Chiari malformation type I and syringomyelia in children: a review of the literature[J]. Neurol Sci, 2021, 42(12): 4965-4995
- [11] Pewowaruk RJ, Forouzan O, Raza F, et al. Non-invasive estimation of pulmonary hemodynamics from 2D-PC MRI with an arterial mechanics method[J]. J Biomech, 2021, 2(129): 110856
- [12] Algin O, Koc U, Yalcin N. Cerebrospinal fluid velocity changes of idiopathic scoliosis: a preliminary study on 3-T PC-MRI and 3D-SPACE-VFAM data[J]. Childs Nerv Syst, 2022, 38(2): 379-386
- [13] 卢峰,曾广明. Chiari 畸形 I 型患者后颅窝 MRI 特点研究[J]. 中华神经医学杂志,2020,19(12): 1253-1259
- [14] 何中,秦晓东,殷睿,等. Chiari 畸形 I 型伴脊柱侧凸患者影像学特征的自然史: 一项横断面研究 [J]. 中华骨科杂志,2020,40(4): 199-207
- [15] 冒平,王乙铝,李奇,等.神经内镜下改良后颅窝减压术治疗 Chiari 畸形 I 型的疗效分析[J]. 西安交通大学学报(医学版),2021,42(4): 608-611
- [16] 夏古尚,解京明,王迎松,等. 伴发 Chiari I 型畸形和脊髓空洞脊柱侧凸患者一期后路脊柱矫形术后 5 年以上随访结果[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2021,31(1): 47-55
- [17] 吕明月,吴昊,沈宇晟,等.神经内镜辅助第四脑室流出道探查松解术治疗 Chiari 畸形 I 型的疗效观察 [J]. 中华神经医学杂志,2022,21(2): 145-151
- [18] 刘将,徐昊,凌士营,等.基于枕大池重建理念手术治疗成人 Chiari 畸形 I 型的临床疗效[J]. 中华神经外科杂志,2021,37(2): 190-192

- [13] John T, Taylor A, Wang H, et al. Uncommon EGFR mutations in non-small-cell lung cancer: A systematic literature review of prevalence and clinical outcomes [J]. *Cancer Epidemiol*, 2022, 76(2): 102080
- [14] Viñal D, Martínez D, Higuera O, et al. Genomic profiling in non-small-cell lung cancer in young patients. A systematic review[J]. *ESMO Open*, 2021, 6(1): 100045
- [15] Greenhalgh J, Boland A, Bates V, et al. First-line treatment of advanced epidermal growth factor receptor (EGFR) mutation positive non-squamous non-small cell lung cancer[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 3(3): CD010383
- [16] Wang L, Sheng Z, Zhang J, et al. Comparison of lorlatinib, alectinib and brigatinib in ALK inhibitor-naïve/untreated ALK-positive advanced non-small-cell lung cancer: a systematic review and network meta-analysis[J]. *J Chemother*, 2022, 34(2): 87-96
- [17] Ferrara R, Imbimbo M, Malouf R, et al. Single or combined immune checkpoint inhibitors compared to first-line platinum-based chemotherapy with or without bevacizumab for people with advanced non-small cell lung cancer [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 4(4): CD013257
- [18] Burnett H, Emich H, Carroll C, et al. Epidemiological and clinical burden of EGFR Exon 20 insertion in advanced non-small cell lung cancer: A systematic literature review [J]. *PLoS One*, 2021, 16(3): e0247620
- [19] Wu HX, Zhuo KQ, Wang K. Efficacy of targeted therapy in patients with HER2-positive non-small cell lung cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Clin Pharmacol*, 2022, 88(5): 2019-2034
- [20] 韩晓燕, 方曙, 张妍蓓. 老年非小细胞肺癌患者 <sup>125</sup>I 放射性粒子植入术后疗效及对患者衰弱状态和癌性疼痛的影响 [J]. *安徽医学*, 2021, 42(7): 727-731
- [21] Esagian SM, Grigoriadou GI, Nikas IP, et al. Comparison of liquid-based to tissue-based biopsy analysis by targeted next generation sequencing in advanced non-small cell lung cancer: a comprehensive systematic review [J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2020, 146(8): 2051-2066
- [22] Han H, Meng Y, Wang J. Effect of transjugular intrahepatic portosystemic shunt combined with <sup>125</sup>I particle implantation on portal vein tumor thrombus in hepatocellular carcinoma [J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(3): 1838-1848
- [23] Jia SN, Wen FX, Gong TT, et al. A review on the efficacy and safety of iodine-125 seed implantation in unresectable pancreatic cancers[J]. *Int J Radiat Biol*, 2020, 96(3): 383-389
- [24] Yang DY, Lin YP, Xue C, et al. CT-guided percutaneous implantation of <sup>125</sup>I particles in treatment of early lung cancer [J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(10): 5996-6009
- [25] Galvano A, Gristina V, Malapelle U, et al. The prognostic impact of tumor mutational burden (TMB) in the first-line management of advanced non-oncogene addicted non-small-cell lung cancer (NSCLC): a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *ESMO Open*, 2021, 6(3): 100124
- [26] Yang F, Zhang W, Shang X, et al. Comparison of the efficacy and safety of first-line treatments based on clinicopathological characteristics for patients with advanced epidermal growth factor receptor mutated non-small-cell lung cancer: A systematic review and network meta-analysis [J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2022, 177(2): 103760
- [27] Vestergaard HH, Christensen MR, Lassen UN. A systematic review of targeted agents for non-small cell lung cancer [J]. *Acta Oncol*, 2018, 57(2): 176-186
- [28] 邢如月, 李梦梦, 张国伟, 等. 阿美替尼治疗 EGFR 突变晚期非小细胞肺癌疗效及安全性分析[J]. *肿瘤学杂志*, 2022, 28(6): 472-478
- [29] 张聪, 史琛, 解吉奕, 等. 阿美替尼治疗非小细胞肺癌的研究进展 [J]. *中国医院药学杂志*, 2022, 42(15): 1613-1618
- [30] Wang Y, Zhu L, Lin X, et al. Therapeutic Effect of CT-guided <sup>125</sup>I Seed Implantation on Advanced Lung Cancer and Pulmonary Metastatic Carcinoma [J]. *Chinese J Lung Cancer*, 2020, 23 (6): 424-428

(上接第 2527 页)

- [19] 晏永利, 杨记超, 姬杉峰, 等. 微创手术治疗 Chiari 畸形 I 型并脊柱侧凸的疗效观察 [J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35(24): 1895-1898
- [20] 关健, 袁澄华, 刘振磊, 等. 脊髓空洞症硬膜下病变及枕大孔和 Magendie 孔疏通术治疗效果的初步观察 [J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(7): 694-699
- [21] Olszewski AM, Proctor MR. Headache, Chiari I malformation and foramen magnum decompression [J]. *Curr Opin Pediatr*, 2018, 30(6): 786-790
- [22] Wagner A, Grassner L, Kögl N, et al. Chiari malformation type I and basilar invagination originating from atlantoaxial instability: a literature review and critical analysis[J]. *Acta Neurochir(Wien)*, 2020, 162(7): 1553-1563
- [23] 范涛, 吴锐, 赵新岗, 等. Chiari 畸形 I 型的颅颈交界区脑脊液流体力学分型及其手术策略 [J]. *中华神经外科杂志*, 2019, 35(8): 823-828
- [24] 袁昌巍, 王盈进, 段鸿洲. 磁共振相对对比电影成像检测 Chiari 畸形 I 型脑脊液流体力学的研究进展 [J]. *中国微创外科杂志*, 2020, 20(2): 160-163
- [25] 梁鑫, 张凌, 李维新, 等. 显微镜下后路微创减压微侵袭治疗 Chiari I 型畸形临床观察[J]. *陕西医学杂志*, 2017, 46(7): 909-911
- [26] 王鹏, 刘福增, 刘丽娜, 等. Chiari 畸形 I 型手术治疗的临床观察 [J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2021, 48(4): 370-373
- [27] Han Y, Chen M, Xu J, et al. Acquired Chiari type I malformation managed by expanding posterior fossa volume and literature review [J]. *Childs Nerv Syst*, 2020, 36(2): 235-240
- [28] Tanaka KW, Russo C, Liu S, et al. Use of deep learning in the MRI diagnosis of Chiari malformation type I[J]. *Neuroradiology*, 2022, 64(8): 1585-1592
- [29] 马惠, 贾程森, 王傲, 等. 加速康复外科模式下 Chiari 畸形患者围手术期物理治疗的康复疗效观察[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(4): 485-487
- [30] 李新军, 韩杨云, 孙中书, 等. 改良寰枕减压术联合枕颈内固定术治疗 Chiari 畸形 I 型合并脊髓空洞症及寰枢椎脱位的疗效分析 [J]. *中华神经医学杂志*, 2020, 19(6): 586-590