

# 烟雾病合并颅内动脉瘤的疗效分析： 单中心回顾性研究

阎朝辉<sup>1,2</sup>, 郭忠翔<sup>1</sup>, 丰育功<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>青岛大学医学院, 山东 青岛

<sup>2</sup>海阳市人民医院神经外科, 山东 海阳

<sup>3</sup>青岛大学附属医院神经外科, 山东 青岛

收稿日期: 2024年4月27日; 录用日期: 2024年5月21日; 发布日期: 2024年5月28日

## 摘要

目的: 烟雾病(MMD)合并动脉瘤患者的发病率低, 但预后较差。本文采用单中心回顾性分析MMD合并动脉瘤患者的临床特征, 分析影响患者动脉瘤破裂及术后预后的危险因素, 为MMD合并动脉瘤患者的临床治疗提供参考依据。方法: 本文回顾性分析了青岛大学附属医院神经外科2010年1月至2022年12月收治的MMD合并颅内动脉瘤的患者资料。经过单因素的秩和检验筛查, 确定与MMD相关动脉瘤破裂及手术预后的危险因素。结果: 在2010年至2022年期间, 共有21例MMD合并颅内动脉瘤(24个动脉瘤)患者接受外科手术治疗。患者的最大年龄为77岁, 最小年龄25岁, 平均年龄56.43岁(标准差13.98岁, 中位数为59岁)。包含11名男性和10名女性。单因素秩和检验分析结果: 随着术后并发症的出现, 患者术后预后完全治愈的概率显著降低, 死亡率升高, 术后出现并发症与预后的差异有统计学意义。患者年龄、性别、神志情况、术前蛛网膜下腔出血次数、术前Hunt-Hess分级、蛛网膜下腔出血的CT分型、动脉瘤的位置、侧别、大小, 术中动脉瘤破裂情况, 患者手术时机与预后的差异无统计学意义。结论: 我们的研究结果表明术后出现并发症是影响MMD合并动脉瘤患者手术预后的危险因素。MMD相关颅内动脉瘤破裂的危险因素仍需进一步大型临床随机对照试验研究。

## 关键词

烟雾病, 颅内动脉瘤, 蛛网膜下腔出血, 显微夹闭手术

# An Investigative Study on the Complications of Moyamoya Disease Concurrent with Intracranial Aneurysm: A Retrospective Analysis from a Single-Center

Zhaohui Yan<sup>1,2</sup>, Zhongxiang Guo<sup>1</sup>, Yugong Feng<sup>3\*</sup>

\*通讯作者。

<sup>1</sup>College of Clinical Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Department of Neurosurgery, Haiyang People's Hospital, Haiyang Shandong

<sup>3</sup>Department of Neurosurgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Apr. 27<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2024; published: May 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

**OBJECTIVE:** Patients with moyamoya disease (MMD) combined with aneurysm have a low incidence but poor prognosis. This paper adopts a single-center retrospective analysis of the clinical characteristics of patients with MMD combined with aneurysm, and analyzes the risk factors affecting the patients' aneurysm rupture and postoperative prognosis, so as to provide a reference basis for the clinical treatment of patients with MMD combined with aneurysm. **METHODS:** This paper retrospectively analyzed the data of patients with MMD combined with intracranial aneurysm admitted to the Department of Neurosurgery of Affiliated Hospital of Qingdao University from January 2010 to December 2022. The risk factors for aneurysm rupture and surgical prognosis associated with MMD were identified after a one-way rank sum test screening. **RESULTS:** A total of 21 patients with MMD combined with intracranial aneurysms (24 aneurysms) underwent surgery between 2010 and 2022. The maximum age of the patients was 77 years, the minimum age was 25 years, and the mean age was 56.43 years (standard deviation 13.98 years, median 59 years). 11 males and 10 females were included. The results of one-way rank sum test analysis: with the emergence of postoperative complications, the probability of complete cure of the patients' postoperative prognosis decreased significantly, the mortality rate increased, and the difference between the emergence of postoperative complications and prognosis was statistically significant. There was no statistically significant difference between the timing of surgery and prognosis of patients with age, gender, mental status, number of preoperative subarachnoid hemorrhages, preoperative Hunt-Hess grading, CT staging of subarachnoid hemorrhage, location, side, and size of aneurysm, and rupture of aneurysm during surgery. **CONCLUSION:** Our findings suggest that postoperative complications are a risk factor for surgical prognosis in patients with MMD combined with aneurysms. The risk factors for rupture of MMD-associated intracranial aneurysms still need to be investigated in further large clinical randomized controlled trials.

## Keywords

Moyamoya Disease, Intracranial Aneurysm, Subarachnoid Hemorrhage, Microclipping Surgery

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

烟雾病(MMD)是亚洲人群常见的脑血管疾病,是脑动脉狭窄闭塞导致颈内动脉远端进行性狭窄或闭塞,脑底部侧支血管代偿发展成为烟雾血管[1]。烟雾病患者可出现脑缺血事件,部分患者可出现颅内出血事件,如蛛网膜下腔出血、脑实质内出血或脑室出血[2] [3] [4],在儿童和成人日本 MMD 人群中, <5% 和 40% 的病例中发现出血表现。在韩国的一项调查中,主要临床表现是儿童缺血(成人 61.2%对 25.4%)和成人出血(62.4%对儿童 9.1%)。在有缺血症状的患者中,成人比儿童患者更易发生梗死(80% vs. 39%),儿科患者更易发生短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA) [5]。

脑出血被认为是 MMD 最常见的致命性并发症,而脑出血通常被认为是 MMD 患者的颅内动脉瘤或

非常薄弱的侧支血管破裂所导致[6] [7]。据估计, 成年 MMD 患者的颅内动脉瘤发生率为 3%~14% [8]。MMD 合并颅内动脉瘤的发病率低, 但预后极差, 目前仍没有研究明确指出治疗烟雾病合并动脉瘤的最佳策略, 并且动脉瘤破裂及预后的危险因素尚不清楚[9] [10] [11]。

本研究采用单中心、回顾性分析了青岛大学附属医院神经外科自 2010 年 1 月至 2022 年 12 月接受显微外科手术的 21 例烟雾病合并颅内动脉瘤的患者临床资料, 分析了这 21 例患者的临床特点, 探讨了影响患者动脉瘤破裂及术后预后的危险因素。

## 2. 方法

### 2.1. 研究对象

选取了青岛大学附属医院神经外科 2010 年 1 月至 2022 年 12 月收治的烟雾病合并颅内动脉瘤的患者, 经纳入标准与排除标准后, 共 21 例患者被纳入研究。其中单发动脉瘤患者 18 例, 多发动脉瘤患者 3 例。我们的研究获得了全部患者的知情同意及青岛大学附属医院的医学伦理委员会的审批。

#### 纳入标准与排除标准

纳入标准: a) 年龄  $\geq 18$  岁; b) 所有患者术前经明确诊断为烟雾病合并颅内动脉瘤患者; c) 单侧烟雾病表现, 但不伴随相关基础疾病者; d) 术前检查未发现明显手术禁忌症, 采取显微外科手术治疗颅内动脉瘤。

排除标准: a) 合并其他脑血管畸形、动静脉瘘等; b) 非动脉瘤导致的烟雾病脑出血也排除在外; c) 合并有其他严重的系统性疾病; d) 采用栓塞、支架等术治疗排除在外。

### 2.2. 临床资料

我们回顾了所有患者的病历, 并收集了以下信息: 就诊时间、年龄、性别、神志情况、术前 SAH 次数、术前 Hunt-Hess 分级、术前 CT 下 SAH 特点分型[12] (见表 1)、影像学检查手段(脑动脉 DSA、CTA、MRA 及颅脑 MRI)。收集的与烟雾病相关的动脉瘤特征包括: 动脉瘤位置、具体发出部位、侧别、动脉瘤大小[13] [14]。以及患者接受外科治疗的策略包括: 手术入路、手术时机、术中动脉瘤破裂情况、术后并发症(包括: a) 脑梗塞; b) 脑水肿; c) 无并发症; d) 其他感染、出血、电解质紊乱等情况)及预后情况。

动脉瘤起源动脉及其具体位置分为: a) 前交通动脉复合体 AcoA (左右 A1、A2 与 AcoA 夹角或 AcoA 中段); b) 大脑中动脉 MCA (M1、M2 分叉、M3); c) 后交通动脉 PcoA (PcoA 起始处的近段、PcoA 与 ICA 夹角后方、PcoA 段外侧壁); d) 脉络膜前动脉 AchA (AchA 起始处、AchA 段、AchA 与 ICA 夹角处); e) 颈内动脉 ICA 分叉。预后情况分为: 1) 治愈(GOS5 分: 良好, 成人能工作学习); 2) 自理(GOS4 分: 中残或重残, 生活能自理或需他人照顾); 3) 植物状态(GOS2-3 分: 植物生存, 长期昏迷, 去皮质、去脑强直); 4) 死亡(GOS1 分)。

**Table 1.** Characteristic typing of SAH under CT  
**表 1.** CT 下 SAH 特点分型

分型	CT 下 SAH 特点
0 型	未出血
I 型	局限于同侧少量出血, 脑池内血肿厚度 $< 2$ mm
II 型	双侧侧裂池内出血, 脑池内血肿厚度 2~5 mm
III 型	鞍上池、脚间池、双侧侧裂池内中量出血, 脑池内血肿厚度 $> 5$ mm
IV 型	鞍上池、脚间池、双侧侧裂池内出血伴脑室内出血
V 型	脑叶内血肿

### 2.3. 统计分析

选取与烟雾病合并动脉瘤患者预后密切相关的变量包括：年龄、性别、神志情况、SAH 次数、术前 Hunt-Hess 分级、CT 下 SAH 特点分型、动脉瘤发出部位、侧别、大小、手术时机、术中动脉瘤破裂情况、术后并发症总 12 项指标。将此 12 项指标作为基本参数通过单因素的秩和检验筛查，确定预后的危险因素。选取患者年龄、性别、动脉瘤侧别、大小及发出部位 5 项基本特征，采用 Fisher 精确检验的方法，探究与 MMD 相关动脉瘤破裂的危险因素。统计学意义设置为  $P < 0.05$ ，使用 SPSS 软件(版本 25.0; SPSS Inc., IBM, Armonk, New York)进行分析。

### 3. 结果

本研究纳入 21 例 MMD 合并颅内动脉瘤(24 个动脉瘤)患者。患者年龄分布在 25~77 岁，平均年龄 56.43 岁(标准差 13.98 岁，中位数为 59 岁)，烟雾病合并动脉瘤患者的发病年龄主要集中在 51 岁以后。本研究中男性患者 11 例，女性患者 10 例。男性患者的最小年龄为 25 岁，最大年龄为 71 岁，平均年龄 51.45 岁(标准差为 15.93 岁，中位数为 50 岁)；女性患者的最小年龄为 44 岁，最大年龄为 77 岁，平均年龄 61.90 岁(标准差为 9.422 岁，中位数为 62.5 岁)。

21 例 MMD 合并颅内动脉瘤患者中，首发症状为脑缺血的患者 3 例，首发症状为 SAH 患者 18 例(86%)，SAH 是 MMD 合并动脉瘤患者最常见的出血事件。其中患双侧烟雾病者 5 例，单侧位于左侧者 5 例，单侧位于右侧者 11 例。本研究 MMD 合并脑动脉瘤的患者治疗以联合直接、间接血管重建术和夹闭术为主，4 例患者采用直接血管重建术(STA-MCA 分支吻合术)联合间接血管重建术(EDAS 或 EMS 或 EMAS) + 动脉瘤夹闭术，9 例患者单纯行间接血管重建术 + 动脉瘤夹闭术，8 例患者仅单纯夹闭脑动脉瘤。术中吲哚菁绿荧光造影显示动脉瘤完全闭塞，载瘤动脉通畅。

术后 3 个月随访，16 例患者预后良好(GOS 评分 5 分)，4 例患者有轻度的神经功能缺陷(GOS 评分 4 分)，原因是术后颅内出血或梗塞引起的脑损伤或外科并发症，1 例患者因大脑双侧大面积梗塞死亡。

#### 3.1. 与预后相关的单因素秩和检验结果

单因素秩和检验分析的结果表明：患者年龄( $P = 0.473, >0.05$ )、性别( $P = 0.097, >0.05$ )、神志情况( $P = 0.073, >0.05$ )、术前 SAH 次数( $P = 0.822, >0.05$ )、术前 Hunt-Hess 分级( $P = 0.162, >0.05$ )、SAH 的 CT 分型( $P = 0.810, >0.05$ )、动脉瘤的位置( $P = 0.464, >0.05$ )、侧别( $P = 0.097, >0.05$ )、大小( $P = 0.805, >0.05$ )，术中动脉瘤破裂情况( $P = 1.000, >0.05$ )，患者手术时机( $P = 0.649, >0.05$ )与预后的差异无统计学意义(见表 2)。

Table 2. Analysis of clinical data summary and prognosis by rank sum test

表 2. 临床数据汇总及预后的秩和检验分析

秩和检验结果( $n = 21$ )					
项目	例数	治愈	自理	死亡	$P$ 值
年龄(岁)					0.473
≤40	3	3	0	0	
41~50	4	4	0	0	
51~60	5	3	2	0	
61~69	5	3	1	1	
≥70	4	3	1	0	

续表

性别					0.097
男	11	10	1	0	
女	10	6	3	1	
神志情况					0.073
清楚	17	14	3	0	
浅昏迷	3	2	1	0	
中昏迷	1	0	0	1	
深昏迷	0	0	0	0	
Hunt-Hess 分级					0.162
Ia	2	1	1	0	
I	2	2	0	0	
II	13	11	2	0	
III	3	2	1	0	
IV	1	0	0	1	
V	0	0	0	0	
SAH 次数(次)					0.822
0	3	2	1	0	
1	17	13	3	1	
2	1	1	0	0	
SAH 的 CT 分型					0.810
0 (无 SAH)	3	2	1	0	
I	4	3	1	0	
II	3	3	0	0	
III	5	4	1	0	
IV	5	3	1	1	
V	1	1	0	0	
动脉瘤侧别					0.097
左侧	11	10	1	0	
右侧	10	6	3	1	
发出部位					0.464
MCA	6	4	2	0	
ACOA	10	9	1	0	
PCOA	2	1	0	1	
ACHA	2	2	0	0	
ICA 分叉	1	1	0	0	

续表

动脉瘤大小					0.805
≤5 mm	11	8	2	1	
5.1~10 mm	9	7	2	0	
10.1~25 mm	1	1	0	0	
术中有无破裂					1.000
未破裂	17	13	3	1	
破裂	4	3	1	0	
手术时机					0.649
<3D	8	6	1	1	
3D-2W	11	9	2	0	
>2W	2	1	1	0	
并发症					0.000
脑梗塞	2	0	1	1	
脑水肿	1	0	1	0	
无并发症	16	16	0	0	
其他	2	0	2	0	

21例MMD合并颅内动脉瘤患者中,未出现并发症的有16(86%)例,出现并发症的有5例,其中发生其他并发症(感染、出血、电解质紊乱等)的有2(2%)例。未出现术后并发症的16例患者中,16例术后随访完全治愈(100%),手术效果良好;出现术后并发症的5例患者中,4例预后为自理,1例死亡。随着术后并发症的出现,患者术后完全治愈的概率显著降低,死亡率升高。通过秩和检验分析( $P = 0.000, < 0.05$ ),患者术后是否出现并发症与患者预后具有显著差异,统计学结果有意义。

### 3.2. 与动脉瘤是否破裂相关的 Fisher 精确检验结果

Fisher 精确检验结果显示, MMD 相关的颅内动脉瘤是否破裂与患者年龄、性别、动脉瘤侧别、大小及发出部位 5 项因素在统计学上没有显著意义(见表 3)。

**Table 3.** Fisher’s exact test analysis of factors and whether the aneurysm ruptured or not  
**表 3.** 各因素与动脉瘤是否破裂的 Fisher 精确检验分析

Fisher 精确检验结果(例, $n = 21$ )				
项目	例数	未破裂动脉瘤	破裂动脉瘤	$P$ 值
年龄(岁)				1.000
≤40	3	0	3	
41~50	4	1	3	
51~60	5	1	4	

续表

61~69	5	1	4	
≥70	4	0	4	
性别				0.090
男	11	0	11	
女	10	3	7	
动脉瘤侧别				0.538
左侧	11	2	9	
右侧	10	1	9	
发出部位				0.106
MCA	6	3	3	
ACOA	10	0	10	
PCOA	2	0	2	
ACHA	2	0	2	
ICA 分叉	1	0	1	
动脉瘤大小				1.000
≤5 mm	11	2	9	
5.1~10 mm	9	1	8	
10.1~25 mm	1	0	1	

## 4. 讨论

5岁和40岁左右的两个年龄是MMD的发病高峰人群,大多数儿童患者有缺血性发作,而成人患者可能有缺血性发作、颅内出血或两者兼有。颅内出血在成人烟雾病中很常见,出血的位置可以在脑室内或脑实质内或蛛网膜下腔,出血一方面归因于烟雾病相关的脆弱侧支血管破裂,一方面归因于MMD相关的脑动脉瘤破裂[15][16]。动脉瘤的发生被认为与脑底部循环模式的改变有关,动脉瘤位置一般在烟雾病中切应力升高的区域,MMD合并动脉瘤的发病率低,但预后较差[15][17]。

### 4.1. MMD合并颅内动脉瘤的术后预后分析

我们的研究表明:患者术后出现并发症是影响MMD合并动脉瘤患者显微外科手术预后的危险因素。本研究队列中有5例与手术相关的并发症,1例前交通动脉动脉瘤患者在动脉瘤夹闭和血运重建后24小时发现右基底节出血,并立即清除,患者出院时表现为中度残疾,3个月随访时改善为能够自理。1例大脑中动脉瘤和1例后交通动脉瘤患者在夹闭动脉瘤后出现脑梗塞,合并大脑中动脉瘤患者术后随访改善为能够自理状态,但后交通动脉瘤患者由于术后出现双侧大面积梗塞,2周后患者死亡。1例大脑中动脉瘤患者在夹闭动脉瘤后72小时内出现脑水肿,最后一次随访患者恢复至自理状态。其余16例无并发症出现的患者,术后随访均为治愈状态。

然而,本研究未发现MMD合并动脉瘤患者的预后与患者的其他临床特征方面(年龄、性别、神志情



况、术前 SAH 次数、术前 Hunt-Hess 分级、SAH 的 CT 分型、动脉瘤的位置、侧别、大小，术中动脉瘤破裂情况，患者手术时机)存在任何显著差异。但研究认为年龄是 MMD 合并动脉瘤形成的一个重要危险因素，老年患者的动脉瘤发生率较高，颅内动脉瘤的发生率随着年龄的增长而增加，在 40 岁和 50 岁时最高[18]。以往的研究表明，年龄也是非 MMD 颅内动脉瘤发生和破裂的最重要的不可改变的危险因素之一[19] [20]。

针对 MMD 相关动脉瘤，我们建议早期进行手术治疗，可降低很多不良事件的发生，以改善患者预后。MMD 相关动脉瘤的出血风险较高，川口等人回顾了 111 例 MMD 相关的动脉瘤，发现 99 例(89%)表现为颅内出血[6]。在倪威的研究中，34 名患者中有 32 名出现了不同类型的颅内出血，尽可能早期识别和直接治疗与出血性 MMD 相关的动脉瘤是至关重要的[21]。因此，针对 MMD 合并的动脉瘤，主张应早期干预及时有效地治疗，提高患者的预后和生存状态。

#### 4.2. MMD 合并动脉瘤的破裂风险分析

患者年龄、性别、动脉瘤侧别、大小及发出部位与 MMD 相关的颅内动脉瘤破裂无关。我们推测可能是样本量较小的原因，由于样本来源于单中心，且烟雾病本身不常见，烟雾病合并动脉瘤的患者更为罕见，导致本次研究样本量较小，未能获得与 MMD 相关动脉瘤破裂的有统计学意义的危险因素。但一些研究表明：与 MMD 相关的颅内动脉瘤破裂风险与动脉瘤大小、位置和形态有关，与年龄和性别无关，约有 60%的动脉瘤大小超过 5 毫米，62.1%的动脉瘤形态不规则，并且破裂。位于基底动脉端、侧支或 moyamoya 血管的动脉瘤更容易破裂[18]。有研究认为：在 MMD 患者中，位于基底端、侧支血管和烟雾血管的动脉瘤破裂风险更高。

#### 4.3. 局限性

本研究存在局限性，病例数量相对有限。此外，本研究并非随机对照研究，在患者选择方面可能存在偏见。尽管存在这些固有的局限性，但本研究有助于我们更多地了解与 MMD 相关的颅内动脉瘤的临床特征及预后。

### 5. 结论

本研究发现术后出现并发症是影响 MMD 合并动脉瘤患者手术预后的危险因素。患者年龄、性别、神志情况、术前 SAH 次数、术前 Hunt-Hess 分级、SAH 的 CT 分型、动脉瘤的位置、侧别、大小，术中动脉瘤破裂情况，患者手术时机不是影响 MMD 合并动脉瘤患者手术预后的危险因素。关于 MMD 相关颅内动脉瘤破裂的危险因素还需进一步大型临床随机对照试验研究得出结论。

### 参考文献

- [1] Research Committee on the Pathology and Treatment of Spontaneous Occlusion of the Circle of Willis and Health Labour Sciences Research Grant for Research on Measures for Intractable Diseases (2012) Guidelines for Diagnosis and Treatment of Moyamoya Disease (Spontaneous Occlusion of the Circle of Willis). *Neurologia Medico-Chirurgica*, **52**, 245-266. <https://doi.org/10.2176/nmc.52.245>
- [2] Wan, M., Han, C., Xian, P., *et al.* (2015) Moyamoya Disease Presenting with Subarachnoid Hemorrhage: Clinical Features and Neuroimaging of a Case Series. *British Journal of Neurosurgery*, **29**, 804-810. <https://doi.org/10.3109/02688697.2015.1071327>
- [3] Tho-Calvi, S.C., Thompson, D., Saunders, D., *et al.* (2018) Clinical Features, Course, and Outcomes of a UK Cohort of Pediatric Moyamoya. *Neurology*, **90**, e763-e770. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000005026>
- [4] Smith, E.R. and Scott, R.M. (2010) Moyamoya: Epidemiology, Presentation, and Diagnosis. *Neurosurgery Clinics of North America*, **21**, 543-551. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2010.03.007>



- [5] Mertens, R., Graupera, M., Gerhardt, H., *et al.* (2022) The Genetic Basis of Moyamoya Disease. *Translational Stroke Research*, **13**, 25-45. <https://doi.org/10.1007/s12975-021-00940-2>
- [6] Kawaguchi, S., Sakaki, T., Morimoto, T., *et al.* (1996) Characteristics of Intracranial Aneurysms Associated with Moyamoya Disease. A Review of 111 Cases. *Acta Neurochirurgica*, **138**, 1287-1294. <https://doi.org/10.1007/BF01411057>
- [7] Jang, D.K., Lee, K.S., Rha, H.K., *et al.* (2014) Clinical and Angiographic Features and Stroke Types in Adult Moyamoya Disease. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **35**, 1124-1131. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3819>
- [8] Takahashi, J.C. and Miyamoto, S. (2010) Moyamoya Disease: Recent Progress and Outlook. *Neurologia Medico-Chirurgica*, **50**, 824-832. <https://doi.org/10.2176/nmc.50.824>
- [9] Yu, J.L., Wang, H.L., Xu, K., *et al.* (2010) Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms Associated with Moyamoya Disease or Moyamoya Syndrome. *Interventional Neuroradiology*, **16**, 240-248. <https://doi.org/10.1177/159101991001600302>
- [10] Arai, Y., Matsuda, K., Isozaki, M., *et al.* (2011) Ruptured Intracranial Aneurysms Associated with Moyamoya Disease: Three Case Reports. *Neurologia Medico-Chirurgica*, **51**, 774-776. <https://doi.org/10.2176/nmc.51.774>
- [11] Nishio, A., Hara, M., Otsuka, Y., *et al.* (2004) Endovascular Treatment of Posterior Cerebral Aneurysm Associated with Moyamoya Disease. *Journal of Neuroradiology*, **31**, 60-62. [https://doi.org/10.1016/S0150-9861\(04\)96879-4](https://doi.org/10.1016/S0150-9861(04)96879-4)
- [12] 丰育功, 刘滨, 侯晓群, 等. CT 在诊断动脉瘤性蛛网膜下腔出血中的临床应用研究(附 140 例报道)[J]. 中华神经医学杂志, 2003, 2(5): 343-345.
- [13] Bender, M.T., Wendt, H., Monarch, T., *et al.* (2018) Small Aneurysms Account for the Majority and Increasing Percentage of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A 25-Year, Single Institution Study. *Neurosurgery*, **83**, 692-699. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx484>
- [14] Varble, N., Tutino, V.M., Yu, J., *et al.* (2018) Shared and Distinct Rupture Discriminants of Small and Large Intracranial Aneurysms. *Stroke*, **49**, 856-864. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.019929>
- [15] Iwama, T., Morimoto, M., Hashimoto, N., *et al.* (1997) Mechanism of Intracranial Rebleeding in Moyamoya Disease. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **99**, S187-S190. [https://doi.org/10.1016/S0303-8467\(97\)00080-2](https://doi.org/10.1016/S0303-8467(97)00080-2)
- [16] Irikura, K., Miyasaka, Y., Kurata, A., *et al.* (1996) A Source of Haemorrhage in Adult Patients with Moyamoya Disease: The Significance of Tributaries from the Choroidal Artery. *Acta Neurochirurgica*, **138**, 1282-1286. <https://doi.org/10.1007/BF01411056>
- [17] Hamada, J., Hashimoto, N. and Tsukahara, T. (1994) Moyamoya Disease with Repeated Intraventricular Hemorrhage Due to Aneurysm Rupture. Report of Two Cases. *Journal of Neurosurgery*, **80**, 328-331. <https://doi.org/10.3171/jns.1994.80.2.0328>
- [18] Yang, H., Zhang, L., Wang, M., *et al.* (2021) Clinical Features of and Risk Factors for Intracranial Aneurysms Associated with Moyamoya Disease. *International Journal of Stroke*, **16**, 542-550. <https://doi.org/10.1177/1747493020967224>
- [19] Hamdan, A., Barnes, J. and Mitchell, P. (2014) Subarachnoid Hemorrhage and the Female Sex: Analysis of Risk Factors, Aneurysm Characteristics, and Outcomes. *Journal of Neurosurgery*, **121**, 1367-1373. <https://doi.org/10.3171/2014.7.JNS132318>
- [20] Krzyżewski, R.M., Kliś, K.M., Kucala, R., *et al.* (2018) Intracranial Aneurysm Distribution and Characteristics According to Gender. *British Journal of Neurosurgery*, **32**, 541-543. <https://doi.org/10.1080/02688697.2018.1518514>
- [21] Ni, W., Jiang, H., Xu, B., *et al.* (2018) Treatment of Aneurysms in Patients with Moyamoya Disease: A 10-Year Single-Center Experience. *Journal of Neurosurgery*, **128**, 1813-1822. <https://doi.org/10.3171/2017.3.JNS162290>