

脑脊液引流方式对aSAH后分流依赖性脑积水的影响

常嘉逸¹, 丰育功^{2*}

¹青岛大学第一临床医学院, 山东 青岛

²青岛大学附属医院神经外科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年4月28日; 录用日期: 2025年5月21日; 发布日期: 2025年5月30日

摘要

目的: 讨论动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aSAH)后行不同脑脊液引流方式对发生分流依赖性脑积水(SDH)的影响。方法: 回顾性分析收治的176例aSAH患者的临床资料, 根据是否发生SDH将患者分为发生SDH组(24例)和未发生SDH组(152例)。评估影响SDH发生的危险因素, 以及不同脑脊液引流方式对SDH发生以及不同预后的影响。结果: Logistic回归分析提示: 高龄、入院低GCS评分、动脉瘤再出血、行脑室外引流为发生SDH的独立危险因素。其中术后行1~2次腰椎穿刺组发生SDH概率最低, 但与未行脑脊液引流组比较, 差异无统计学差异($OR = 1.26, P = 0.761$)。结论: 合并发生SDH的危险因素的aSAH患者需关注术后3个月内及长期的随访, 及时发现可能的并发症, 发生SDH时需个性化选择恰当的脑脊液引流方式。

关键词

脑积水, 蛛网膜下腔出血, 分流依赖性脑积水, 脑脊液引流方式

Effect of Cerebrospinal Fluid Drainage Methods on Shunt-Dependent Hydrocephalus after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage

Jiayi Chang¹, Yugong Feng^{2*}

¹The First Clinical Medical School, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Neurosurgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Apr. 28th, 2025; accepted: May 21st, 2025; published: May 30th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 常嘉逸, 丰育功. 脑脊液引流方式对 aSAH 后分流依赖性脑积水的影响[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 2489-2497. DOI: 10.12677/acm.2025.1551642

Abstract

Objective: To discuss the influence of different cerebrospinal fluid drainage methods on the occurrence of shunt-dependent hydrocephalus (SDH) after aneurysmal subarachnoid hemorrhage (aSAH). **Methods:** The clinical data of 176 patients with aSAH were analyzed retrospectively. They were divided into two groups: patients with SDH ($n = 24$) and patients without SDH ($n = 152$). Univariate analysis and logistic regression analysis were performed to evaluate the risk factors of SDH and the effect of different cerebrospinal fluid drainage methods. **Results:** Logistic regression analysis showed that the independent risk factors of SDH were old age, low GCS score on admission, re-bleeding of aneurysm, and method of CSF drainage. The morbidity of SDH was the lowest in the patients with 1 or 2 times lumbar puncture after operation, but there was no significant difference between those and the group without any cerebrospinal fluid drainage ($OR = 1.26, P = 0.761$). **Conclusion:** It is particularly significant to choose an appropriate cerebrospinal fluid drainage method during the perioperative period of aSAH. Patients with risk factors need to be closely monitored on the follow-up especially within 3 months after the operation to identify and deal with possible complications in time.

Keywords

Hydrocephalus, Subarachnoid Hemorrhage, Shunt-Dependent Hydrocephalus, Method of Cerebrospinal Fluid Drainage

Copyright © 2025 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

脑积水是动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aneurysmal subarachnoid hemorrhage, aSAH)术后的常见并发症之一,可发生于 aSAH 后急性期(aSAH 后 0~3 d)、亚急性期(aSAH 后 4~13 d)或晚期(aSAH 后 ≥ 14 d),发生率约 6%~37% [1] [2]。必须进行永久性分流术的脑积水被称为分流依赖性脑积水(shunt-dependent hydrocephalus, SDH),发生率为 10%~20%,且发病多隐匿,临床表现不典型,如果诊断及治疗出现延误,将严重影响患者的预后。目前,临床上关于影响 aSAH 术后发生 SDH 的危险因素的研究众多,但对围术期相关脑脊液引流方式的选择没有明确的建议[1]-[5]。手术后,临时的腰椎穿刺、腰大池引流、脑室外引流均是常见的脑脊液引流方式,然而尽管施行了上述脑脊液引流,需要永久脑脊液分流的患者仍较多,而具体脑脊液引流方式常单纯依靠医师个人判断来决定。因此本研究分析术后脑脊液分流方式及发生 SDH 相关危险因素,以期指导临床相关诊疗,现报道如下。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性分析青岛大学附属医院神经外科自 2015 年 1 月至 2020 年 9 月行开颅动脉瘤夹闭的 176 例 aSAH 患者的临床资料。纳入标准: (1) 颅脑 CT 发现明确的 SAH; (2) 颅脑 CTA 或 DSA 提示存在 SAH 责任动脉瘤; (3) 在 SAH 28 d 内行开颅动脉瘤夹闭手术治疗[6]。排除标准: (1) 手术后 28 d 内放弃治疗自动出院或死亡; (2) 合并其他出血性血管疾病(动静脉畸形、海绵状血管畸形、烟雾病等); (3) 未复查或失访。

2.2. SDH 的诊断

SDH 的诊断标准如下: (1) 有认知或意识障碍、步态不稳、尿失禁、颅内高压等临床表现; (2) 动态头颅 CT 提示有脑室系统进行性扩大, 两侧侧脑室前角间最大径与同一层面的颅腔最大径之比(Evan's 指数) >0.3 , 伴或不伴有脑室旁间质水肿; (3) 基于临床综合判断需行永久性脑室腹腔分流术。

2.3. 观察指标

收集患者的病例资料: 年龄、性别、饮酒史、吸烟史, 是否患高血压、糖尿病, 动脉瘤部位(前、后循环)、动脉瘤是否多发, 入院 CT 是否高改良 Fisher 分级、是否合并脑室内出血, 入院时 GCS 评分、Hunt-Hess 分级、发病至手术时间、术后脑脊液引流方式(将术后 14 d 内行 1~2 次腰椎穿刺术为对照组, 其余 3 个水平分别为 14 d 内未行脑脊液引流、 >2 次腰椎穿刺或行腰大池引流、脑室外引流组)及术后 14 d 内脑脊液常规、生化结果等数据[7][8]。

同时应用门诊及电话随访对患者术后结局进行观察, 即是否出现 SDH、出现 SDH 后行分流手术与 aSAH 的间隔时间以及预后情况。根据患者是否发生 SDH 分为 2 组, 发生 SDH 组和未发生 SDH 组。预后情况以经典 GOS 评分进行评估, 以 GOS 1~3 分记为不良预后, GOS 4~5 分记为预后良好。

2.4. 统计学分析

应用 SPSS26.0 软件进行数据统计分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差(Mean $\pm$ SD)表示, 采用两独立样本 t 检验; 计数资料以例数(%)表示, 采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。影响 SDH 发生的因素采用单因素分析和多因素 Logistic 回归分析。对脑室外引流、发生 SDH 与否和不良预后的关系进行了相关分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

本组 176 例 aSAH 患者中, 发生 SDH 组 24 例, 未发生 SDH 组 152 例。2 组患者的性别、高血压、糖尿病病史、吸烟史、饮酒史、动脉瘤部位、动脉瘤多发、手术时机、出血 14 d 内末次脑脊液红细胞数、总蛋白方面比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 然而 SDH 组在年龄、Hunt-Hess 分级、入院 GCS 评分、改良 Fisher 分级、脑室内出血、术后脑脊液引流方式与未发生 SDH 组相比具有显著差异($P < 0.05$, 表 1)。

Table 1. Univariate analysis of SDH in patients with aSAH

表 1. aSAH 患者术后并发 SDH 的单因素分析

变量	发生 SDH 组	未发生 SDH 组	χ^2	P
性别			0.447	0.504
男	7 (4.0)	55 (31.3)		
女	17 (9.7)	97 (55.1)		
年龄			7.382	0.007
>65 岁	11 (6.3)	31 (17.6)		
≤ 65 岁	13 (7.4)	121 (68.8)		
高血压			1.092	0.296
是	13 (7.4)	65 (36.9)		
否	11 (6.3)	87 (49.4)		

续表

糖尿病			0.000	1.000
是	2 (1.1)	11 (6.3)		
否	22 (12.5)	141 (80.1)		
吸烟史			0.000	1.000
有	4 (2.3)	24 (13.6)		
无	20 (11.4)	128 (72.7)		
饮酒史			0.000	1.000
有	2 (1.1)	13 (7.4)		
无	22 (12.5)	139 (79.0)		
动脉瘤部位			0.376	0.540
前循环	22 (12.5)	147 (83.5)		
后循环	2 (1.1)	5 (2.8)		
动脉瘤个数			0.017	0.897
单发	22 (12.5)	144 (81.8)		
多发	2 (1.1)	8 (4.5)		
Hunt&Hess 分级			22.758	<0.001
I~II 级	7 (4.0)	117 (66.5)		
III~V 级	17 (9.7)	35 (19.9)		
入院 GCS 评分			8.856	0.003
3~8 分	5 (2.8)	5 (2.8)		
9~15 分	19 (10.8)	147 (83.5)		
改良 fisher 分级			24.665	<0.001
I~II 级	8 (4.5)	123 (69.9)		
III~V 级	16 (9.1)	29 (16.5)		
脑室内出血			30.764	<0.001
有	18 (10.2)	31 (17.6)		
无	6 (3.4)	121 (68.8)		
是否再出血				0.019
是	3 (1.7)	2 (1.1)		
否	21 (11.9)	150 (85.2)		
手术时机			2.220	0.330
≤72 h	14 (8.0)	66 (37.5)		

续表

72 h~14 d	9 (5.1)	70 (40.0)		
≥14 d	1 (0.6)	16 (9.1)		
末次腰穿 RBC			1.580	0.209
<2000	4 (4.4)	31 (34.4)		
≥2000	12 (13.3)	43 (47.8)		
末次腰穿 TP			1.971	0.160
<1700	6 (14.6)	10 (11.2)		
≥1700	13 (6.7)	60 (67.4)		
脑脊液引流方式			6.307	0.043
无	8 (4.5)	66 (37.5)		
腰穿或腰大池引流	8 (4.5)	66 (37.5)		
脑室外引流	8 (4.5)	20 (11.4)		

将上述 $P < 0.05$ 的变量去除可能存在多重共线性的因素后纳入多因素 Logistic 回归分析, 结果显示: 高龄(>65 岁)、低 GCS 评分(3~8 分)、动脉瘤再出血、脑脊液引流方式(脑室外引流)是 aSAH 患者发生 SDH 的独立危险因素($P < 0.05$, 表 2)。

Table 2. Logistic regression analysis of SDH in patients with aSAH

表 2. aSAH 患者发生 SDH 的 Logistic 回归分析

变量	标准误	偏回归系数	Wald 值	OR 值(95%CI)	P
高龄(>65 岁)	0.537	-1.590	8.764	4.901 (1.711~14.040)	0.003
低 GCS 评分(3~8 分)	0.805	-2.483	9.517	27.695 (3.112~246.486)	0.003
动脉瘤再出血	1.115	-3.321	8.867	11.978 (2.473~58.012)	0.006
脑脊液引流方式					0.046
行 1~2 次腰椎穿刺	-	-	-	-	-
无	0.760	-0.231	0.092	1.260 (0.284~5.581)	>0.05
连续腰穿/腰大池引流	0.692	-1.196	1.946	3.308 (0.648~16.892)	>0.05
脑室外引流	0.660	-1.808	5.708	6.098 (1.277~29.132)	0.017

随访(57.7 ± 18.4)个月, 发生 SDH 组的预后不良率高于无 SDH 组($P < 0.001$, 表 3)。

aSAH 患者术后出现 SDH 并行手术的时间间隔为 19~674 d, 中位时间为 56 d。24 例 SDH 行分流患者, 术后 10 周, 20 人已出现 SDH 并行分流手术治疗。术后 13 周, 22 人已出现 SDH 并行分流手术治疗, 仅有 1 例患者于术后 6 个月后(674 d)行脑室-腹腔分流术(图 1)。

Table 3. Univariate analysis of poor prognosis in patients with aSAH
表 3. aSAH 患者预后不良的单因素分析

预后情况	发生 SDH 组	未发生 SDH 组	脑室外引流	无脑室外引流
不良	13	20	10	23
良好	11	132	18	125
χ^2 值	20.268		6.29	
P 值	<0.001		<0.05	

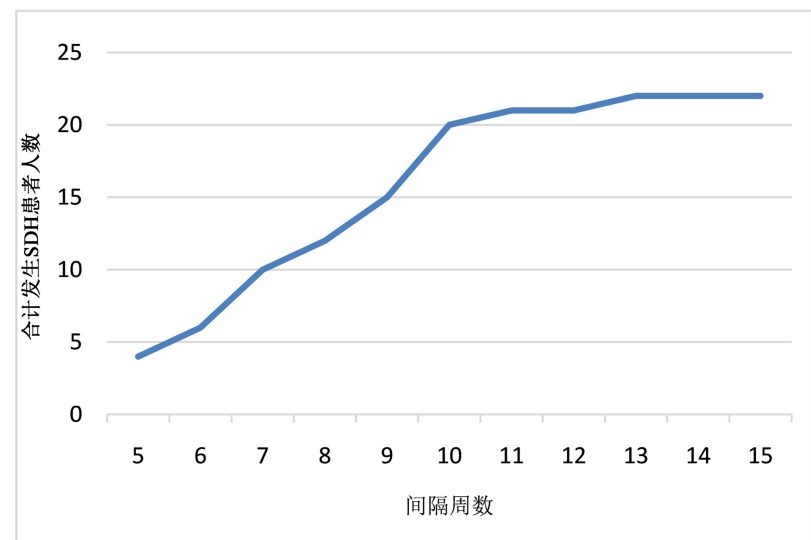


Figure 1. Interval between SDH shunt surgery after aSAH surgery (week)
图 1. aSAH 术后 SDH 行分流手术间隔时间(周)

4. 讨论

SDH 是 aSAH 后的严重并发症, 会对患者的神经系统功能造成损害并导致最终功能的退化。但目前对 aSAH 后 SDH 的发病机制尚不完全明确。目前普遍认为 aSAH 导致的急性或慢性炎症反应及随后的纤维化反应阻碍了脑脊液在蛛网膜颗粒和静脉窦途径的吸收[9]。Kanat 等[10]认为急性期血块及其相应分解产物直接阻塞了脑脊液流出道[9], 即蛛网膜颗粒, 导致了脑脊液高分泌状态; 随后的蛋白沉积、纤维蛋白网形成导致软脑膜、蛛网膜纤维化才是 SDH 真正的原因。也有文献表明, 脉络膜血管痉挛、由胶质细胞和金属蛋白酶主导的血脑屏障的破坏也对 SDH 最终形成起着重要作用[10]-[13]。由此考虑, 围手术期对脑脊液中血块及产物的及时清除可能会降低 SDH 的发生, 本研究的主要目标也是如此。研究结果提示: 高龄、入院低 GCS 评分、动脉瘤再出血、术后脑室外引流为 SDH 发生的独立危险因素。

4.1. 高龄

Wilson 等[5]的 Meta 分析中指出在高龄的 SAH 患者中, SDH 的发生率显著增加, 其中在 60~69 岁和 70 岁及以上的发病率分别为 19.5%和 30.5%。本研究以 65 岁为分界线, Logistic 回归示高龄(OR = 4.901, 95%CI: 1.711~14.040)为发生 SDH 的危险因素。高龄组发病率为 26.2% (11/42), ≤65 岁组为 9.7% (13/134)。目前被广泛接受的解释原因可能是高龄患者有更高的可能患有合并症, 肺炎、高血压等会增加 SDH 的发生。同时, 高龄患者对脑缺血及脑室系统损伤的耐受性也较差。从病程方面来讲, 脑萎缩、蛛

网膜下腔间隙增宽可能使出血更易弥散[14], 增加纤维蛋白网的覆盖面积。脑搏动减弱、既往的功能障碍导致对血块及分解产物清除能力下降也是可能原因。

4.2. 再出血

本研究提示: 合并动脉瘤再次破裂出血的病人有更高的 SDH 发生率($OR = 11.978, 2.473 \sim 58.012$)。既往研究[5]考虑可能与再出血对首次出血已造成的蛛网膜纤维化、脑脊液回流受阻加重有关。也可能与再次出血 SAH 更加弥散、神经系统功能受损、更低的入院 GCS 评分有关。

4.3. 入院低 GCS 评分

入院时临床情况较差(低 GCS 评分、高 H&H 分级)的病人有着更高的 SDH 发生率。更为显著的神经功能缺损可能与急性脑积水、其他并发症的发生相关, 从而导致 SDH 的发生。本研究受限于样本量, 同时考虑到高 H&H 分级、高改良 Fisher 分级与低 GCS 评分的较高相关性, logistic 回归仅纳入低 GCS 评分(3~8 分), ($OR = 27.695, 3.112 \sim 246.486$), OR 值较既往研究较高, 可能与未纳入其他可能存在共线性的因素有关。

4.4. 脑脊液引流方式

脑脊液引流是 aSAH 患者围手术期管理的重要一环。普遍接受的观点是行脑脊液引流可能会降低 SDH 的发生率, 其可能通过早期清除脑室内血块及分解产物, 降低脑脊液蛋白水平从而减轻纤维蛋白网的形成。本研究中将腰大池引流及脑室外引流量均控制在 150~250 ml/d, 根据病情变化及压力适当调整[15]。已有研究证实, 在术后不同时间段脑室外引流组的脑脊液蛋白、红细胞、炎性因子等均低于其他引流方式组[8], 持续脑脊液引流可降低 SDH 风险。但本研究结果显示: 术中行脑室外引流组发生 SDH 的概率显著高于行 1~2 次腰椎穿刺($OR = 6.098, P < 0.05$)及无脑脊液引流组, 与既往研究不符。结合资料分析, 本研究行脑室外引流组共 28 人, 其中高龄患者 8 人, 合并高血压 13 人, 合并脑室内出血 12 人, 高 Hunt&Hess 评分 13 人, 高改良 Fisher 分级 18 人。本次研究中脑室外引流大多为动脉瘤夹闭术中同时行 paine 氏点穿刺后留置脑室外引流, 施行患者合并 SDH 危险因素者比例较高, 且未纳入行血管内介入治疗病例, 与既往研究对治疗方式的选择有所不同。术中是否行脑室外引流多基于临床及术中情况综合考虑, 其中以高改良 Fisher 分级与脑室外引流相关性最高。本结论仍有待扩大样本量的更高级别证据证实。

另外, 本研究对不同脑脊液引流方式发生 SDH 概率进行了分析: 未行脑脊液引流组(8/74, 10.8%), 术后 14 天内行 1~2 次腰椎穿刺组(3/45, 6.7%), 行多次腰穿或行腰大池引流组(5/29, 17.2%), 脑室外引流组(8/28, 28.6%)。术后 14 天未行脑脊液引流发生 SDH 率较行 1~2 次腰椎穿刺术组更高($OR = 1.26, P = 0.761$), 但尚不具备统计学意义。临床中 aSAH 术后未行脑脊液引流原因众多, 如家属拒绝、早期遇血泡样动脉瘤未直接夹闭等。本研究未提示术后常规行脑脊液引流对 SDH 的发生有保护作用, 但同时考虑到腰椎穿刺可减轻 SAH 对患者刺激及术后反应方面, 建议术后适当行腰椎穿刺释放血性脑脊液仍具备一定现实意义。同时也可能与术中轻柔显微操作减少出血、已充分游离蛛网膜间隙清除陈旧血块有关。结合本中心经验, 对高 H&H 分级或入院低 GCS 患者予以适当术后脑脊液引流, 可取得满意疗效。考虑本研究受样本量限制, 仍待后续更高级别证据证实。

4.5. 随访与预后

本研究发现 SDH 组预后差于无 SDH 组($P < 0.05$), 考虑可能与 SDH 对神经系统的部分不可逆损害及发生 SDH 患者可能伴发其他预后不良影响因素有关[16]。同时, 脑室外引流也是预后不良的影响因素($P < 0.05$), 行脑室外引流共 24 人, 预后不良 10 人, 其中 GOS 1 分 6 人, GOS 3 分 4 人。可能也与伴发

其他预后不良影响因素有关。本研究同时对行动脉瘤夹闭手术后行 SDH 分流术手术间隔进行了研究, 24 名 SDH 行分流患者, 术后 13 周, 22 人已出现 SDH 并行分流手术治疗, 仅有 1 人于术后 6 月后(674 天)行脑室腹腔分流术, 该患者因长期卧床延误了治疗。aSAH 术后 90%以上 SDH 患者于术后 3 月内即出现相关症状及影像学特征, 考虑 aSAH 后 SDH 可能与急性期血块及其分解产物阻塞以及亚急性期纤维蛋白网形成阻碍脑脊液循环有关, 与既往研究相符。提示 aSAH 术后仍应注重定期随访, 尤其是术后 3 月内随访, 及时发现可能的 SDH 患者、尽早纠正相关神经功能障碍, 可能与较好预后相关。

综上所述, 高龄、入院低 GCS 评分、动脉瘤再出血、术后脑室外引流为 SDH 发生的独立危险因素。术后 3 月内随访是及时发现 aSAH 术后 SDH 的重要因素。本研究数据表明, 术后行 1~2 次腰椎穿刺术可能在减少 SDH 方面使患者获益, 但尚不具备统计学差异, 考虑可能与本研究样本量较少有关。待更大样本量、更高级别证据证实。

基金项目

国家自然科学基金(81870914)。

声明

本研究参与研究者均已获取知情同意, 相关权力和利益得到充分保护, 符合医学伦理委员会要求。

参考文献

- [1] de Oliveira, J.G., Beck, J., Setzer, M., Gerlach, R., Vatter, H., Seifert, V., *et al.* (2007) Risk of Shunt-Dependent Hydrocephalus After Occlusion of Ruptured Intracranial Aneurysms by Surgical Clipping or Endovascular Coiling: A Single-Institution Series and Meta-Analysis. *Neurosurgery*, **61**, 924-934. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000303188.72425.24>
- [2] Lai, L. and Morgan, M.K. (2013) Predictors of In-Hospital Shunt-Dependent Hydrocephalus Following Rupture of Cerebral Aneurysms. *Journal of Clinical Neuroscience*, **20**, 1134-1138. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2012.09.033>
- [3] Hao, X. and Wei, D. (2019) The Risk Factors of Shunt-Dependent Hydrocephalus after Subarachnoid Space Hemorrhage of Intracranial Aneurysms. *Medicine*, **98**, e15970. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000015970>
- [4] O'Kelly, C.J., Kulkarni, A.V., Austin, P.C., Urbach, D. and Wallace, M.C. (2009) Shunt-Dependent Hydrocephalus after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Incidence, Predictors, and Revision Rates. *Journal of Neurosurgery*, **111**, 1029-1035. <https://doi.org/10.3171/2008.9.jns08881>
- [5] Wilson, C.D., Safavi-Abbasi, S., Sun, H., Kalani, M.Y.S., Zhao, Y.D., Levitt, M.R., *et al.* (2017) Meta-Analysis and Systematic Review of Risk Factors for Shunt Dependency after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Journal of Neurosurgery*, **126**, 586-595. <https://doi.org/10.3171/2015.11.jns152094>
- [6] Dehdashti, A.R., Rilliet, B., Rufenacht, D.A. and de Tribolet, N. (2004) Shunt-Dependent Hydrocephalus after Rupture of Intracranial Aneurysms: A Prospective Study of the Influence of Treatment Modality. *Journal of Neurosurgery*, **101**, 402-407. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.101.3.0402>
- [7] Na, M.K., Won, Y.D., Kim, C.H., Kim, J.M., Cheong, J.H., Ryu, J.I., *et al.* (2017) Early Variations of Laboratory Parameters Predicting Shunt-Dependent Hydrocephalus after Subarachnoid Hemorrhage. *PLOS ONE*, **12**, e0189499. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189499>
- [8] Yang, Y., Liu, S., Hsu, Y., Wu, Y., Chu, P. and Lin, P. (2022) Cerebrospinal Fluid Predictors of Shunt-Dependent Hydrocephalus after Hemorrhagic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurosurgical Review*, **45**, 1847-1859. <https://doi.org/10.1007/s10143-022-01731-5>
- [9] Meadows, J.C. (1973) Normal-Pressure Hydrocephalus. *The Lancet*, **301**, 618-619. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(73\)90777-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(73)90777-0)
- [10] Kanat, A., Turkmenoglu, O., Aydin, M.D., Yolas, C., Aydin, N., Gursan, N., *et al.* (2013) Toward Changing of the Pathophysiologic Basis of Acute Hydrocephalus after Subarachnoid Hemorrhage: A Preliminary Experimental Study. *World Neurosurgery*, **80**, 390-395. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2012.12.020>
- [11] Singh, D., Srivastava, S.K., Chaudhuri, T.K. and Upadhyay, G. (2015) Multifaceted Role of Matrix Metalloproteinases (MMPs). *Frontiers in Molecular Biosciences*, **2**, Article 19. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2015.00019>

-
- [12] Yolas, C., Ozdemir, N.G., Kanat, A., Aydin, M.D., Keles, P., Kepoglu, U., *et al.* (2016) Uncovering a New Cause of Obstructive Hydrocephalus Following Subarachnoid Hemorrhage: Choroidal Artery Vasospasm-Related Ependymal Cell Degeneration and Aqueductal Stenosis—First Experimental Study. *World Neurosurgery*, **90**, 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.03.049>
- [13] 刘佰运. 复杂脑积水的鉴别与治疗[J]. 中华神经创伤外科电子杂志, 2019, 5(6): 321-324.
- [14] 刘贤生, 吴楚伟, 邹隽风, 等. 动脉瘤性蛛网膜下腔出血术后并发分流依赖性脑积水的危险因素分析[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2020, 25(11): 481-484.
- [15] 李传玉, 黄海能, 黄华东, 等. 腰大池持续引流治疗 aSAH 后发生分流依赖性脑积水的影响因素分析[J]. 中华脑科疾病与康复杂志(电子版), 2019, 9(1): 15-19.
- [16] Paisan, G.M., Ding, D., Starke, R.M., Crowley, R.W. and Liu, K.C. (2017) Shunt-Dependent Hydrocephalus after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Predictors and Long-Term Functional Outcomes. *Neurosurgery*, **83**, 393-402. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx393>