

比较手术夹闭和介入栓塞治疗颅内未破裂动脉瘤安全性和有效性的 Meta 分析

申哲, 杨晋生, 李涛, 范波

河南科技大学第一附属医院神经外科, 河南 洛阳 471003

摘要:目的 比较手术夹闭和介入栓塞治疗颅内未破裂动脉瘤的安全性和有效性。方法 计算机检索 1990 至 2018 年颅内未破裂动脉瘤的所有临床对照研究。两名研究员分别纳入研究、提取数据、质量评价并应用 Rev Man5.0 软件进行数据处理。结果 最终纳入 21 篇文献, 病例数 109114 例。Meta 分析结果提示: 手术夹闭组动脉瘤闭塞率为 88.2%, 平均住院时间 7.7 天, 均高于介入栓塞组的 65.3% 和 4.1 天, $P < 0.05$ 。介入组患者的短期死亡率和致残率分别为 0.61% 和 2.1%, 均低于手术组的 1.27% 和 4.7%, $P < 0.05$ 。介入组患者的 1 年期死亡率和致残率 (2.5%、2.5%) 均与手术组 (2.2%、1.8%) 无明显差异, $P > 0.05$ 。漏斗图未发现发表偏倚。敏感性分析结果一致。结论 介入栓塞相比于手术夹闭可缩短患者的住院时间, 降低患者的短期不良预后发生率。但是动脉瘤的闭塞率较低, 1 年期预后与手术夹闭无明显差异。据此推测手术夹闭患者的长期预后可能要好于介入栓塞, 手术夹闭更适合于年轻患者。

关键词: 颅内未破裂动脉瘤; 手术夹闭; 介入栓塞; Meta 分析

DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.2019.02.009

Safety and clinical effect of surgical clipping versus endovascular coiling in treatment of unruptured intracranial aneurysms: A meta-analysis

SHEN Zhe, YANG Jinsheng¹, LI Tao¹, FAN Bo*. Department of neurosurgery of the First Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan 471003

* corresponding author: FAN Bo, Email: 13938819891_lyfanbo@126.com

Abstract: Objective To compare the clinical effect and safety of surgical clipping versus endovascular coiling in the treatment of unruptured intracranial aneurysms. **Methods** A computerized search was performed in related databases to obtain controlled clinical trials on unruptured intracranial aneurysms. Two investigators independently selected the articles, extracted data, and performed quality assessment, and then RevMan 5.0 software was used for data processing. **Results** A total of 21 controlled clinical trials were included, with 109114 cases in total. The meta-analysis showed that compared with the endovascular coiling group, the surgical clipping group had a significantly higher occlusion rate of aneurysms (88.2% vs 65.3%, $P < 0.05$), Unruptured intracranial aneurysm; Surgical clipping; Endovascular coiling; Meta-analysis ($P < 0.05$) and a significantly longer hospital stay (7.7 days vs 4.1 days, $P < 0.05$). Compared with the surgical clipping group, the endovascular coiling group had significantly lower short-term mortality rate (0.61% vs 1.27%, $P < 0.05$) and disability rate (2.1% vs 4.7%, $P < 0.05$). There were no significant differences between the endovascular coiling group and the surgical clipping group in 1-year mortality rate (2.5% vs 2.2%, $P > 0.05$) and 1-year disability rate (2.5% vs 1.8%, $P > 0.05$). Funnel plots showed no publication bias, and sensitivity analysis obtained consistent results. **Conclusions** Compared with surgical clipping, endovascular coiling can shorten the length of hospital stay and reduce the incidence rate of short-term poor prognosis, but it has a lower occlusion rate of aneurysms and a similar 1-year prognosis as surgical clipping. Therefore, patients undergoing surgical clipping may have a better long-term prognosis than those undergoing endovascular coiling, and surgical clipping is more suitable for young patients.

Key words: Unruptured intracranial aneurysm; Surgical clipping; Endovascular coiling; Meta-analysis

收稿日期: 2019-01-12; 修回日期: 2019-03-23

作者简介: 申哲 (1987-), 男, 医学硕士, 研究方向: 脑血管疾病的治疗。

颅内动脉瘤是脑血管的病理性扩张,动脉瘤破裂出血的发病率约为 6 - 16/10 万^[1]。近年来,随着影像学技术的发展,颅内未破裂动脉瘤(unruptured intracranial aneurysm UIA)的检出率也不断增加。但是对于 UIA 治疗方案的选择目前仍存在较大争议。手术夹闭是经典的治疗方法,效果可靠。而介入栓塞因其微创的优势更容易被患者所接受,近年来十分流行。甚至有学者认为介入栓塞将取代开颅手术。为此我们进行了这项荟萃分析研究,比较这两种治疗方法的安全性及有效性,从而探讨 UIA 最佳的治疗方案。

1 资料与方法

1.1 检索方法

以颅内未破裂动脉瘤为关键词,计算机检索 CNKI(中国期刊全文数据库)、万方、维普中文数据库。以“unruptured aneurysm”,“nonruptured aneurysm”,“grade 0 aneurysm”为关键词,检索 Medline、EMBase、Cochrane 图书馆英文数据库。纳入有关 UIA 手术夹闭和介入治疗的临床对照研究。并追查纳入文献的参考文献。

1.2 纳入与排除标准

我们纳入有关 UIA 手术夹闭和介入栓塞的临床对照研究,包括随机和非随机的研究。语言限汉语和英语,时间限定 1990 年 6 月到 2018 年 6 月。排除重复发表的研究,有交叉数据的文献只纳入一篇。排除单组病例数少于 10 例的研究。

1.3 数据提取

两名独立的研究员进行了搜索,并评估了研究的质量。在意见分歧的情况下,咨询专家解决分歧。从纳入的文献中提取数据,包括研究的类型、患者的年龄、性别、种族、随访时间以及患者预后,包括死亡率、致残率、动脉瘤闭塞率和住院时间。

1.4 质量评价

根据 Cochrane 手册对纳入的研究进行质量评价。评价包括随机化、分配隐藏和盲法三个条目,质量分为 A、B、C 三级。两名独立的研究员分别进行质量评价,意见分歧时协商解决。

1.5 统计分析

采用 Cochrane 系统评价软件 Rev Man5.0 对数据资料进行荟萃分析。 $I^2 > 50\%$ 时认为存在异质性,选用随机效应模型。 $I^2 < 50\%$ 时认为无异质性,选用固定效应模型。计数资料采用比值比(OR)、计量资料采用加权均数差(WMD)作为分析

的统计量,各效应量均用 95% 可信限(95% CI)表示。 $P < 0.05$ 为有统计学差异。发表偏倚应用漏斗图进行评价。敏感性分析用以评价 Meta 结果的可靠性。

2 结果

2.1 检索结果

最终共纳入符合要求的临床对照研究 21 个^[2-22],包括病例数 109114 个。其中包括 2 个单中心前瞻性研究,3 个多中心前瞻性研究,9 个单中心回顾性研究,7 个多中心回顾性研究。纳入文献的资料特征详见表 1 已纳入的 21 个研究均未应用随机入组、分配隐藏,均未采用盲法研究。因此所有研究的质量均为 C 级。

2.2 meta 分析结果

2.2.1 动脉瘤闭塞率 有 5 个研究对比了动脉瘤的术后闭塞率。所有的研究均采用影像学评估。Gerlach 2007 定义动脉瘤没有造影剂填充为闭塞。Brilstra 2004, Manabe 2004, Solheim 2006 和 Dammann 2014 均描述为成功或完全的闭塞动脉瘤,但是没有具体描述。合并后手术夹闭闭塞率为 88.2% 介入栓塞为 65.3%。应用固定效应模型($I^2 = 0\%$ $P = 0.68$)合并计算出 OR 值 5.31(95% CI: 3.07 - 9.19),差异有统计学意义($P < 0.05$)。手术夹闭的动脉瘤闭塞率高于介入栓塞。(详见图 1)

2.2.2 住院时间 有 8 个研究比较了患者的住院时间。由于 Johnston 2001, Manabe 2004 和 Iwanuro 2007 没有提供数据的标准差,而 Higashida 和 Alshekhlee 的研究存在交叉数据。因此我们选择了 4 个研究进行合并计算。最终手术组患者平均住院时间为 7.7 天,介入组为 4.1 天。应用随机效应模型($I^2 = 87\%$ $P < 0.0001$)计算出 OR 值为 2.90(95% CI: 2.14 - 3.65),差异有统计学意义($P < 0.05$)。手术组患者住院时间明显长于介入组。(详见图 2)

2.2.3 死亡率 总共有 16 个研究比较了两种治疗方案的死亡率。为了更好的分层评价,我们进行了亚组分析。即分别评价患者的短期死亡率(随访 1 月或随访至出院)和 1 年期死亡率(随访 1 年或 13 月)。最终在短期死亡率的比较中我们共纳入 10 篇文献合并计算。由于没有检出异质性($I^2 = 17\%$),我们应用固定效应模型计算出 OR 值为 1.99(95% CI: 1.70 - 2.33),差异有统计学意义

($P < 0.05$)。开颅手术组死亡率为 1.27%，明显高于介入组的 0.61%。（详见图 3）

表 1 纳入文献资料的特征

研究	国家	类型	手术组例数	介入组例数	观察指标	随访
Lot1998 ^[2]	法国	PS	25	83	预后	1 年
Johnston 2001 ^[3]	美国	RM	1 699	370	预后,住院时间	出院
Wiebers 2003 ^[4]	美国、加拿大和欧洲	PM	1 917	451	预后	1 月,1 年
Manabe 2004 ^[5]	日本	RS	93	16	预后,闭塞率,住院时间	1 月
Brilstra 2004 ^[6]	荷兰	PM	32	17	预后,闭塞率	1 年
沈建康 2005 ^[7]	中国	RS	19	28	预后	出院
Solheim 2006 ^[8]	挪威	RS	44	31	预后,闭塞率,	3 月
Iwanuro 2007 ^[9]	日本	RS	78	54	预后,住院时间	3 月
Gerlach 2007 ^[10]	德国	PS	94	39	预后,闭塞率	6 月
Higashida 2007 ^[11]	美国	RM	1 881	654	预后,住院时间	出院
Kim 2010 ^[12]	韩国	PM	846	824	预后	1 月
Alshekhlee 2010 ^[13]	美国	RM	3 738	3 498	预后,住院时间	出院
Brinjikji 2011 ^[14]	美国	RM	29 918	34 125	预后,并发症	出院
Lawson 2012 ^[15]	美国	RM	6 611	7 439	预后	出院
Kunz 2013 ^[16]	德国	RS	363	200	预后,住院时间	出院,13 月
符常涛 2014 ^[17]	中国	RS	40	15	预后	出院
Dammann 2014 ^[18]	德国、瑞士	RM	87	16	预后,闭塞率	出院,1 年
Yifei Duan 2014 ^[19]	美国	RS	69	56	住院时间	2 月
Jalbert 2015 ^[20]	美国	RM	4 357	7 942	预后,住院时间	3 月
Song 2015 ^[21]	韩国	RS	558	566	预后,并发症	1 月,6 月
Suzuki 2015 ^[22]	日本	RS	141	80	预后,并发症	出院

(RS:回顾性单中心研究;RM:回顾性多中心研究;PM:前瞻性多中心研究;PS:前瞻性单中心研究)

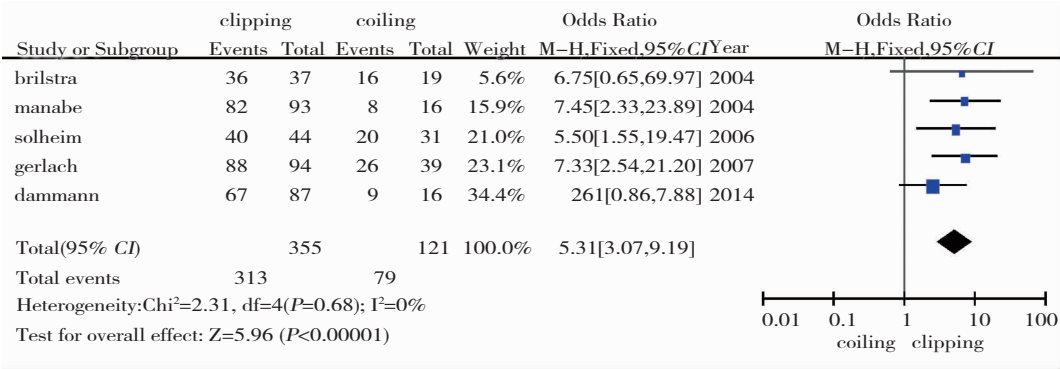


图 1 动脉瘤闭塞率的比较

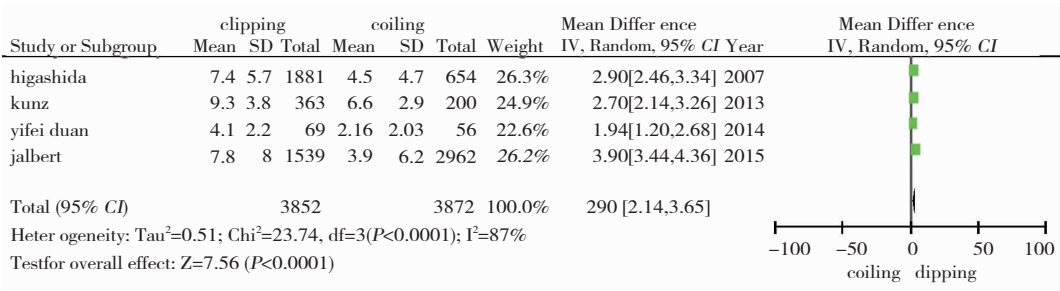


图 2 住院时间的比较

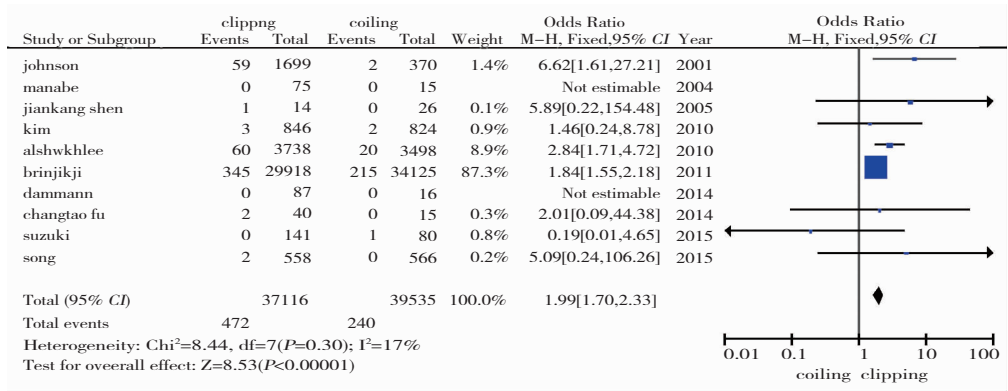


图3 短期死亡率的比较

在1年期死亡率的比较中我们共纳入3篇文献进行合并计算。因为没有异质性的存在,仍然应用固定效应模型合并计算出OR值为0.75(95%

CI:0.41-1.38),差异无统计学意义($P>0.05$)。手术组和介入组的死亡率分别2.2%和2.5%,两种手术方式长期死亡率相当。(详见图4)

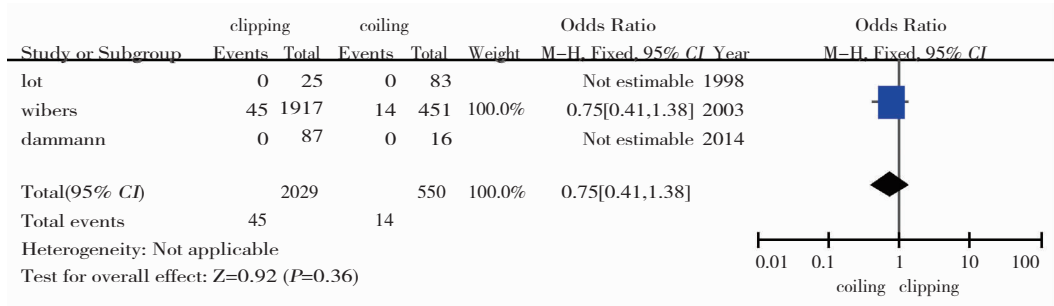


图4 1年期死亡率的比较

2.2.4 致残率 共有14篇文献比较了手术组和介入组患者的预后,其中数篇文献有交叉数据。mRS量表3、4、5分的患者和GOS量表2、3分的患者被认为是不良预后。同样,文献中描述患者遗有严重的生活障碍、永久的残疾和转入长期康复中心的患者也被认为是不良预后。我们同样进行了亚组分析,分别计算患者的短期致残率(随访1月或随访至出院)和1年期致残率(随访1年或13

月)。共有8个研究报道了患者的短期致残率。经过合并计算手术组和介入组的短期致残率分别为4.7%和2.1%。没有检出异质性($I^2=29\%$, $P=0.20$),应用固定效应模型计算出OR值为2.05(95%CI:1.73-2.44),差异有统计学意义($P<0.05$)。手术组的短期致残率高于介入组。(详见图5)

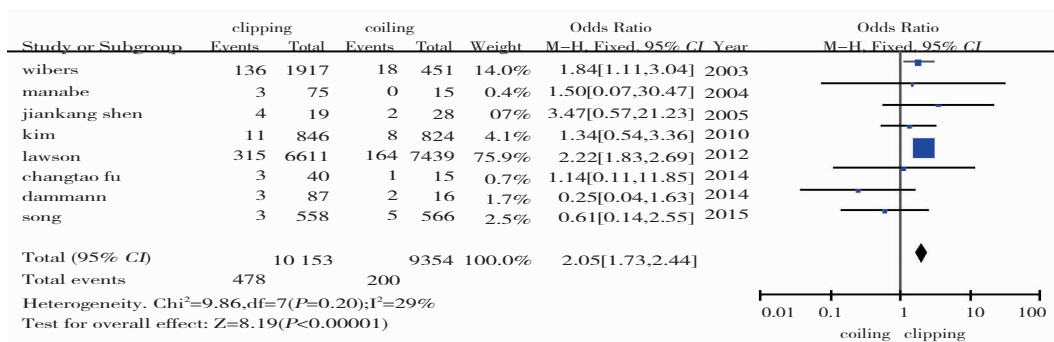


图5 短期致残率的比较

上述文献中有 4 篇报比较了患者的 1 年期预后。经过合并计算手术组和介入组的 1 年期致残率分别为 1.8% 和 2.5%。I² = 0%，无异质性存

在,合并计算出 OR 值为 0.94 (95% CI: 0.53 – 1.67),差异无统计学差异(P > 0.05)。开颅手术和介入栓塞的 1 年期致残率相当。(详见Figure 6)

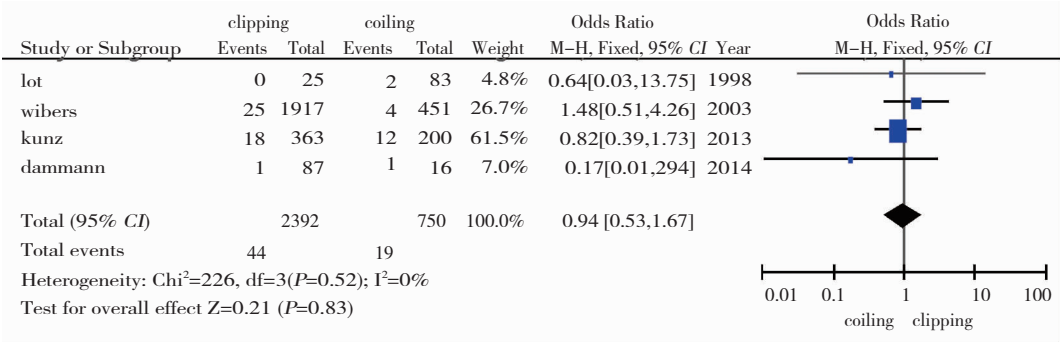


图 6 1 年期致残率的比较

2.2.5 发表偏倚的评价 应用漏斗图逐一评价上述每项合并计算的结果。上述 6 项荟萃分析的漏斗图中斑点均对称分布。因此认为以上 6 项荟萃分析的发表偏倚均较小。

2.2.6 敏感性分析 为了评价所得结果的稳定性,我们采用了敏感性分析来进行评价。在每一个森林图中我们逐一剔除一项研究,然后重新合并计算。最终我们得到了和之前相似的结果。在患者死亡率和致残率的研究(包括 1 年期和短期)中均有 0 事件出现,我们逐一将 0 换成 1 重新合并计算。结果同样得到了相似的结果。因此,我们认为本研究中得出的结果是稳定的。

3 讨论

与破裂动脉瘤相比,未破裂动脉瘤患者术前一般情况好,有充足的时间完善术前准备,降低手术风险。患者脑组织无水肿,蛛网膜下腔无出血、无黏连,有利于术中的暴露与夹闭,术后脑血管痉挛、脑水肿等并发症的发生率也大大降低。因此,UIA 患者开颅手术的风险较破裂动脉瘤低。UIA 瘤体完整,脑血管无痉挛,患者一般情况好,这些也都对介入栓塞十分有利。近年来随着介入技术的飞速发展,因其微创的优势越来越受到人们的追捧。目前,几乎所有的颅内动脉瘤都可以进行栓塞治疗。但是,介入治疗真的可以取代开颅手术吗?关于 UIA 的治疗方案的选择,目前国际上依然没有统一的标准和指南,仍然存在较大的争论。本研究通过检索,尽可能多的纳入了迄今所有的临床对照研究,通过荟萃分析的方法,比较两种治疗方案的治疗效果,以更好的指导临床决策。

开颅手术夹闭动脉瘤颈是治疗动脉瘤的经典的、成熟的治疗方案,至今已有近一百年的历史。一般认为手术风险较高,但是夹闭较为牢靠、确实,术后动脉瘤再破裂率低。血管内介入治疗最大的优势在于微创,患者痛苦小,恢复快。因其具有低致残率及低病死率而被广泛接受。但是栓塞的牢靠性一直受到质疑,栓塞后再出血率高于夹闭术^[23]。《未破裂颅内动脉瘤患者管理指南》也指出:血管内栓塞的并发症发生率和病死率低于手术夹闭,但是总体复发风险较高^[24]。颅内未破裂动脉瘤研究(ISUIA)的结果揭示:通过介入技术治疗后动脉瘤的完全闭塞率为 51%,部分闭塞率为 21%,而 23% 的动脉瘤未闭塞。尤其对于巨大动脉瘤、复杂动脉瘤,介入技术的处理相对困难,因此手术夹闭是首选。对于宽基底的动脉瘤需要支架辅助而且完全闭塞率也会降低。有报道称介入技术治疗 UIA 的失败率甚至可高达 29.3%^[25]。我们的 Meta 分析结果提示手术组患者住院时间明显长于介入组,OR = 2.90 (95% CI: 2.14 – 3.65) (P < 0.05)。但是手术夹闭组动脉瘤闭塞率高于介入栓塞组,OR 值 5.31 (95% CI: 3.07 – 9.19) (P < 0.05)。这再次证实了开颅夹闭创伤大,患者术后恢复时间长,但是动脉瘤的处理更加牢靠。尽管手术夹闭对于一些复杂动脉瘤的处理仍有一定的困难,会残留动脉瘤颈夹闭不全,但是对于这些复杂状况的处理开颅夹闭仍然比介入栓塞更加容易且安全,在无法夹闭的情况下还可以考虑行动脉瘤包裹术,加固动脉瘤壁。

关于手术夹闭和介入栓塞安全性的争论也十

分激烈。在我们的研究中进行了亚组分析。短期死亡率和致残率开颅手术组明显高于介入组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。而1年期死亡率和致残率手术组和介入组差异无统计学意义($P > 0.05$)。由于介入手术微创的优势和开颅手术的侵袭性操作导致了短期预后的差异。但是随着时间的推移,由于栓塞技术的不牢靠性,介入组的患者动脉瘤再通、复发、再次破裂出血的可能较高^[26]。长期随访发现UJA栓塞术后复发的几率可高达24%^[27]。从而导致介入组患者长期不良预后发生率的上升。而手术组患者经过长期的恢复和康复后神经功能逐渐得到改善,因此长期不良预后率缓慢下降。随访1年后二者的不良预后发生率分别为1.8%和2.5%,无统计学差异。

开颅手术夹闭作为一个传统的经典治疗方式目前正在经受介入栓塞技术的强烈挑战,甚至有不少学者认为手术夹闭即将被介入栓塞所取代。然而本研究结果提示尽管介入技术确实减轻了患者的痛苦、降低了患者的短期死亡率和致残率,也缩短了住院时间,但是在1年期的预后上与开颅手术无明显差异。基于本荟萃分析结果,我们推测如果随访5年、10年甚至更长的时间手术组患者的长期预后很有可能优于介入组。另有研究也发现,经过长期随访(4-12年)接受过介入栓塞的患者有20.4%需要再次手术干预动脉瘤,而接受开颅夹闭的患者仅有8.7%的患者需要二次干预^[28]。因此,我们相信开颅手术夹闭并不会被介入栓塞技术所取代,手术夹闭的远期预后很有可能要优于介入栓塞,开颅手术尤其适合于年轻患者。

本研究的局限性首先在于所纳入的研究质量较低,均为观察性研究,均未应用随机入组、分配隐藏,均未采用盲法研究,质量评价均为C级。因此本身不可避免存在一些选择偏倚。其次,本研究所纳入的文献均未能按照动脉瘤的大小、位置、形态进行分层分析。通常经验认为:后循环动脉瘤开颅手术复杂,后交通动脉瘤介入治疗相对容易,因此首选介入治疗。大脑中动脉瘤、前交通动脉瘤因介入技术相对困难,且大脑中动脉瘤位置相对表浅,前交通动脉复合体结构复杂,因此开颅夹闭更为合适。上述均为混杂因素,均有可能影响和干扰研究结果。以上不足之处有待于开展多中心大样本的临床随机对照研究,从而得到更加坚实的结论。

4 结论

介入栓塞相比于手术夹闭可明显缩短患者的住院时间,降低患者的短期不良预后发生率。但是动脉瘤的闭塞率较低,1年期预后与手术夹闭无明显差异。据此推测手术夹闭患者的长期预后可能要好于介入栓塞,手术夹闭更适用于年轻患者。

参 考 文 献

- [1] 魏社鹏. 未破裂颅内动脉瘤的研究进展. 国际神经病学神经外科学杂志, 2017, 44(3): 311-315.
- [2] Lot G, Houdart E, Cophignon J, et al. Combined Management of Intracranial Aneurysms by Surgical and Endovascular Treatment. Modalities and Results from a Series of 395 Cases [J]. Acta Neurochir, 1999, 141(6): 557-562.
- [3] Johnston SC, Zhao S, Dudley RA, et al. Treatment of Unruptured Cerebral Aneurysms in California [J]. Stroke, 2001, 32(3): 597-605.
- [4] Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J, et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment [J]. Lancet, 2003, 362(9378): 103-110.
- [5] Manabe H, Takemura A, Hasegawa S, et al. Investigation from clinical outcome, angiographical result, duration of hospital stay, and cost for treatment. Interventional Neuroradiology [J], 2004, 10 (Suppl 1): 143-146.
- [6] Brilstra EH, Rinkel GJ, vander Graaf Y, et al. Quality of life after treatment of unruptured intracranial aneurysms by neurosurgical clipping or by embolisation with coils: a prospective, observational study [J]. Cerebrovascular Diseases, 2004, 17(1): 44-52.
- [7] 沈建康, 赵卫国, 林东等. 未破裂颅内动脉瘤的治疗. 中华神经外科杂志, 2005, 4(21) 232-235.
- [8] Solheim O, Eloquent H, Muller TB, et al. Quality of life after treatment for incidental, unruptured intracranial aneurysms [J]. Acta Neurochir (Wien), 2006, 148(8): 821-830.
- [9] Iwamuro Y, Nakahara I, Higashi T, et al. Result of neck clipping and coil embolization as a treatment for unruptured aneurysm [J]. Interv Neuroradiol, 2007, 13 (Suppl 1): 151-156.
- [10] Gerlach R, Beck J, Setzer M, et al. Treatment related morbidity of unruptured intracranial aneurysms: results of a prospective single centre series with an interdisciplinary approach over a 6 year period (1999 - 2005) [J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2007, 78(8): 864-871.
- [11] Higashida RT, Lahue BJ, Torbey MT, et al. Treatment of unruptured intracranial aneurysms: a nationwide assessment of effectiveness [J]. J Neuroradiol, 2007, 28(1): 146-

151.

- [12] Kim JE, Lim DJ, Hong CK, et al. Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms in South Korea in 2006 : A Nationwide Multicenter Survey from the Korean Society of Cerebrovascular Surgery [J]. J Korean Neurosurg Soc , 2010 , 47 (2) : 112-118.
- [13] Alshekhlee A, Mehta S, Edgell RC, et al. Hospital mortality and complications of electively clipped or coiled unruptured intracranial aneurysm [J]. Stroke , 2010 , 41 (7) : 1471-1476.
- [14] Brinjikji W, Rabinstein AA, Nasr DM, et al. Better outcomes with treatment by coiling relative to clipping of unruptured intracranial aneurysms in the United States, 2001-2008 [J]. Am J Neuroradiol , 2011 , 32 (6) : 1071-1075.
- [15] Lawson MF, Neal DW, Mocco J, et al. Rationale for treating unruptured intracranial aneurysms: actuarial analysis of natural history risk versus treatment risk for coiling or clipping based on 14,050 patients in the Nationwide Inpatient Sample database [J]. World Neurosurg , 2013 , 79 (3-4) : 472-478.
- [16] Kunz M, Bakhshai Y, Zausinger S, et al. Interdisciplinary treatment of unruptured intracranial aneurysms: impact of intraprocedural rupture and ischemia in 563 aneurysms [J]. J Neurol , 2013 , 260 (5) : 1304-1313.
- [17] 符常涛,陈治标,陈谦学,等. 未破裂颅内动脉瘤 72 例临床分析 [J]. 临床外科杂志 , 2014 , 22 (2) : 116-118.
- [18] Dammann P, Schoenberg T, Müller O, et al. Outcome for unruptured middle cerebral artery aneurysm treatment: surgical and endovascular approach in a single center [J]. Neurosurg Rev , 2014 , 37 (4) : 643-651.
- [19] Duan Y, Blackham K, Nelson J, et al. Analysis of short-term total hospital costs and current primary cost drivers of coiling versus clipping for unruptured intracranial aneurysms [J]. Neurointerv Surg , 2015 , 7 (8) : 614-618.
- [20] Jalbert JJ, Isaacs AJ, Kamel H, et al. Clipping and Coiling of Unruptured Intracranial Aneurysms Among Medicare Beneficiaries, 2000 to 2010 [J]. Stroke , 2015 , 46 (9) : 2452-2457.
- [21] Song J, Kim BS, Shin YS. Treatment outcomes of unruptured intracranial aneurysm: experience of 1231 consecutive aneurysms [J]. Neurochir (Wien) , 2015 , 157 (8) : 1303-1310.
- [22] Suzuki M, Yoneda H, Ishihara H, et al. Adverse events after unruptured cerebral aneurysm treatment a single-center experience with clipping/coil embolization combined units [J]. Stroke Cerebrovasc Dis , 2015 , 24 (1) : 223-231.
- [23] 游潮. 不断挑战复杂难治性颅内动脉瘤 [J]. 中华神经外科杂志 , 2018 , 34 (5) : 433-436.
- [24] 未破裂颅内动脉瘤患者管理指南. 美国心脏协会/美国卒中协会针对医疗专业人员的指南 [J]. 国际脑血管病杂志 , 2015 , (8) : 561-583.
- [25] Raftopoulos C, Goffette P, Vaz G, et al. Surgical clipping may lead to better results than coil embolization: results from a series of 101 consecutive unruptured intracranial aneurysms [J]. Neurosurgery , 2003 , 52 (6) : 1280-1287.
- [26] Molyneux AJ, Kerr RS, Birks J, et al. Risk of recurrent subarachnoid haemorrhage, death, or dependence and standardised mortality ratios after clipping or coiling of an intracranial aneurysm in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): long-term follow-up [J]. Lancet Neurol , 2009 , 8 (5) : 427-433.
- [27] Naggara ON, White PM, Guilbert F, et al. Endovascular treatment of intracranial unruptured aneurysms: systematic review and meta-analysis of the literature on safety and efficacy [J]. Radiology , 2010 , 256 (3) : 887-897.
- [28] Gonda DD, Khalessi AA, McCutcheon BA, et al. Long-term follow-up of unruptured intracranial aneurysms repaired in California [J]. J Neurosurg , 2014 , 120 (6) : 1349-1357.