

临床论著

Barricaid 纤维环闭合装置对腰椎髓核摘除术后复发和再手术率影响的 Meta 分析

田和顺¹, 徐宝山¹, 杜立龙¹, 张凯辉¹, 龚晨²

(1 天津医院脊柱外科 300210 天津市; 2 天津医科大学第二医院妇产科 300211 天津市)

【摘要】目的:通过 Meta 分析法探究 Barricaid 纤维环闭合装置(annular closure device, ACD)对腰椎髓核摘除术后复发和再手术率的影响。**方法:**通过检索 Medline、EMbase、PubMed 和 Cochrane Central Register 数据库, 纳入包含采用 Barricaid ACD 修复腰椎髓核摘除术后椎间盘缺损预防突出复发和再手术率的文献, 检索时限为建库至 2020 年 8 月。由 2 名研究员独立筛选文献、评价纳入研究的偏倚风险后, 提取腰椎间盘切除术中使用 Barricaid ACD(ACD 组)与未使用 Barricaid ACD(对照组)的术后 2 年内有关突出复发和再手术率的相关数据, 通过 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析; 研究 ACD 组和对照组术后 3 个月、1 年、2 年、3 年、4 年内的突出复发和再手术率, 探讨 ACD 对突出复发和再手术率的影响。**结果:**共纳入 14 篇文献, 其中 6 篇文献进行了术后 2 年内突出复发的分析, 共计 873 例行腰椎髓核摘除术的患者, 其中 ACD 组 407 例, 对照组 466 例, Meta 分析结果显示 ACD 组术后 2 年内突出复发明显降低(OR:0.35;95%CI:0.22,0.55; $I^2=0\%$; $P<0.00001$)。4 篇文章进行了术后 2 年内再手术率的分析, 共计 797 例患者, 其中 ACD 组 377 例, 对照组 420 例, Meta 分析结果显示 ACD 组术后 2 年内再手术率明显降低(OR:0.46;95%CI:0.29,0.74; $I^2=0\%$; $P=0.001$)。10 篇研究汇总统计了 550 例腰椎髓核摘除术后的患者, 其中 ACD 组 272 例, 对照组 278 例, ACD 组术后 3 个月、1 年、2 年、3 年、4 年内的再手术率和术后 3 个月、1 年、2 年、3 年内的突出复发率均小于对照组。**结论:**腰椎髓核摘除术后采用 Barricaid ACD 修补椎间盘缺损可以降低术后复发率和再手术率。

【关键词】Barricaid 纤维环闭合装置; 腰椎间盘突出症; 腰椎髓核摘除术; 再手术

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2021.06.06

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2021)-06-0520-07

Barricaid annular closure device for reduction of symptomatic reherniation and reoperation after lumbar discectomy: systematic review and Meta-analysis/TIAN Heshun, XU Baoshan, DU Lilong, et al// Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2021, 31(6): 520-526

【Abstract】Objectives: To explore the effect of annular closure device(ACD) on the symptomatic reherniation and reoperation rate after lumbar discectomy(LD) by Meta-analysis. **Methods:** Databases including MEDLINE, EMBASE, PubMed, and Cochrane Central Register were searched for literature on the prevention of symptomatic reherniation and reduction of reoperation rate of disc herniation after lumbar discectomy by using Barricaid ACD. Two researchers independently screened the literature and evaluated the risk of bias in the included studies. After that, relevant data about the symptomatic reherniation and reoperation rate of lumbar disc herniation within 2 years after operation were extracted using ACD(ACD group) or not(control group). A Meta-analysis by Revman 5.3 software was adopted to analyze the symptomatic reherniation and reoperation rates in ACD group and control group within 3 months, 1 year, 2 years, 3 years and 4 years after operation, retrospectively. **Results:** A total of 14 literatures were included, of which 6 were analyzed for the recurrence of protrusion within 2 years after operation. And a total of 873 cases of patients were after lumbar discectomy, including 407 cases in ACD group and 466 cases in control group. The results of Meta-analysis showed

基金项目:国家自然科学基金资助项目(82072491,31670983,31900967);天津市自然科学基金项目(19JCQNJC09300)

第一作者简介:男(1996-),医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(022)60910172 E-mail:2083205343@qq.com

通讯作者:徐宝山 E-mail:xubaoshan99@126.com

that: the symptomatic reherniation of protrusion within 2 years after operation in ACD group was significantly reduced (OR: 0.35; OR: 0.05; OR: 0.05); 95%CI: 0.22, 0.55; $P=0\%$; $P<0.00001$), and that the reoperation rate within 2 years after operation in ACD group was significantly lower than that in control group (OR: 0.46; $P<0.05$); 95%CI: 0.29, 0.74; $P=0\%$; $P=0.001$). Ten studies collected 550 patients after lumbar discectomy, including 272 patients in ACD group and 278 patients in control group. The reoperation rate within 3 months, 1 year, 2 years, 3 years and 4 years after operation and the symptomatic reherniation rate within 3 months, 1 year, 2 years and 3 years after operation in ACD group were lower than those in the control group. **Conclusions:** Compared with lumbar discectomy, lumbar discectomy with the Barricaid annulus closure device significantly reduced the symptomatic reherniation rate and reoperation in patients.

[Key words] Barricaid annular closure device; Lumbar disc herniation; Reherniation; Reoperation

[Author's address] Department of Spine Surgery, Tianjin Hospital, Tianjin, 300210, China

腰椎间盘突出可导致坐骨神经痛, 临床表现为下肢放射性疼痛, 多伴有感觉及运动功能障碍, 发病率约为 1%~5%^[1]。大部分患者经保守治疗效果良好, 然而约 20% 的患者保守治疗效果不理想, 症状严重者需行腰椎髓核摘除术^[2,3]。但是腰椎髓核摘除术后约有 7%~18% 的患者术后 2 年内出现症状复发, 需要再次手术治疗^[4,5]。既往研究发现, 27% 的突出复发患者纤维环缺损大于 6mm, 提示髓核摘除术后遗留的纤维环缺损可能是复发的危险因素^[6]。较大的纤维环缺损(>6mm) 的患者术后复发率是较小的纤维环缺损(<4mm) 患者的 2 倍以上, 其再手术率也随着缺损的增大而明显提高^[7]。近年来, 大量的文献表明 Barricaid 纤维环闭合装置(annular closure device, ACD)可以降低突出复发和再手术率, 对术后较大的纤维环缺损效果尤为明显。基于此, 笔者检索并纳入有关 Barricaid ACD 修补纤维环缺损的随机对照试验进行 Meta 分析, 以期能确定一种降低腰椎髓核摘除术后突出复发和再手术率的潜在方法。

1 资料和方法

1.1 文献检索策略

计算机检索 Medline、EMbase、PubMed 和 Cochrane Central Register 电子数据库, 纳入 Barricaid ACD 和纤维环对于腰椎间盘术后降低突出复发和再手术率的所有文献, 检索时限均为建库至 2020 年 8 月。同时纳入在已定位文献中相关的参考文献。检索关键词: Barricaid; annular closure; anular closure; anulus closure; annulus closure。

1.2 文献纳入与排除标准

纳入标准: (1) 随机对照试验(randomized controlled trial, RCT) 研究; (2) 文章中讨论了

Barricaid ACD 或降低症状性复发率的方法; (3) 文章中提供接受二次手术的人群与对照组进行对比研究; (4) 文章中提供复发率或再手术率数据。

排除标准: (1) 非随机对照试验; (2) 重复研究; (3) 动物实验; (4) 文献综述; (5) 病例报告或专家意见。

1.3 文献筛选和数据提取

两名研究员独立执行检索, 以确保检索的一致性, 并审查标题和摘要以排除评论文章、评论、信件、病例报告和不相关的研究, 根据纳入和排除标准检查所选文章的全文, 并由第三个人检查纳入意见不同的文章。2 名研究员从纳入的文章中提取腰椎髓核摘除术后的相关数据术中是否使用 Barricaid ACD 的术后突出复发和再手术率, 并通过 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。数据提取表中记录的数据类型包括一般手稿信息、患者特征、研究特征、偏倚风险以及突出复发和再手术率。

1.4 文献质量评价

使用 Cochrane 系统评价手册(5.1.0 版)对纳入的 RCT 进行偏倚风险评价^[8]。评价指标包括 6 个方面总计 7 个条目: 选择偏倚(随机序列产生和分配隐藏)、报告偏倚(选择性报告研究结果)、实施偏倚(对研究者和受试者的盲法)、检测偏倚(研究结局盲法评价)、失访偏倚(不完整的结局数据)及其他偏倚(其他偏倚来源)。每个条目以“低风险”“高风险”和“不清楚”进行评价。偏倚分析图在 RevMan 5.3(丹麦, 哥本哈根北欧 Cochrane 中心)上绘制完成。

1.5 统计学方法

使用 RevMan 5.3 进行 Meta 分析。采用加权平均差(weighted mean difference, WMD)和优势比(odds ratio, OR)作为汇总统计。通过计算 I^2 量

化研究的异质性, $P \geq 50\%$ 表明存在显著异质性。当试验之间没有显著的异质性时, 采用固定效应模型, 否则采用随机效应模型, $P < 0.05$ 为结果有统计学意义。

2 结果

2.1 文献检索

根据检索关键构建不同检索式检索各英文数据库, 并追溯纳入文献的参考文献, 初检共获得相关文献 1016 篇。剔除重复文献 34 篇, 阅读标题和摘要后排除不相关文献 955 篇。再通过阅读全文, 逐层筛选后最终纳入 14 篇文章^[9-22]。文献筛选流程图见图 1。

2.2 纳入研究的基本特征

本研究纳入的 14 篇文献均为 RCT, 共包含 873 例患者。纳入文献的基本特征见表 1。

2.3 文献质量评价

纳入的 14 篇 RCT 文献中, 12 篇使用随机软件的方法且为双盲, 其余 2 篇仅提及随机而未提及盲法; 11 篇文献提及分配隐藏; 没有文献存在报道失访; 2 篇文献无法判断其他偏倚来源; 13 篇文献均无倾向性报道。RCT 的偏倚风险结果见表 2。

2.4 2 年内突出复发和再手术率

12 篇^[9, 11-13, 15-22]文献报道了突出复发率, 其中

5 篇^[12, 15, 16, 21, 22]文献报道了 2 年的突出复发率, 共纳入患者 873 例, ACD 组 407 例, 对照组 466 例。合并后无异质性 ($P=0.76, I^2=0\%$) 直接采用固定效应模型, 两组间差异有统计学意义 [$OR=0.35, 95\% CI(0.22, 0.55), P<0.00001$], ACD 组的 2 年的突出复发率远低于对照组 (图 2)。

共有 12 篇^[9-14, 17-22]文献报道了再手术率, 其中 4 篇^[9, 12, 21, 22]文献报道了 2 年的再手术率, 共纳入患者 797 例, ACD 组 377 例, 对照组 420 例。合并

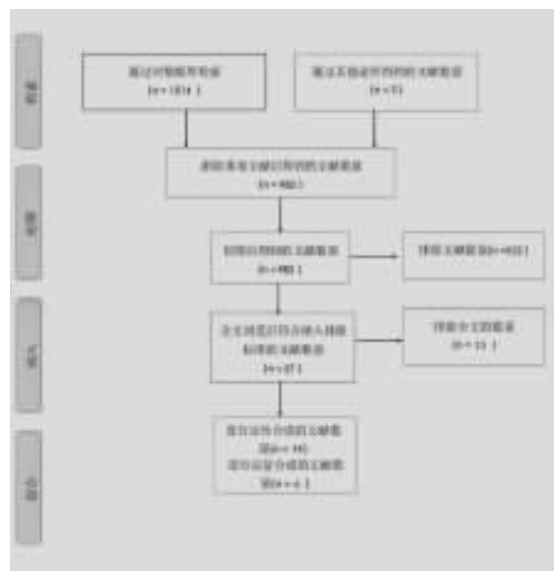


图 1 文献筛选流程图

Figure 1 Flow chart of literature search

表 1 纳入的患者和研究特征

Table 1 Patient and study characteristics included

研究者及发表年份 Study	随机分配 Random allocation	站点数量 No. of sites	随访时间(年) Follow-up duration	患者数量 ^① No. of Patients	年龄(y) ^① Age	男性比例 ^① Male Sex	体质指数(kg/m ²) ^① Body mass index
Claudius, 2018 ^[9]	是/Yes	21	2	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Douglas, 2018 ^[10]	是/Yes	21	2	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Bouma, 2019 ^[11]	是/Yes	21	3	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Cho, 2019 ^[12]	是/Yes	2	2	30/30	41/43	67%/83%	24/24
Klassen, 2017 ^[13]	是/Yes	21	0.25	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Nanda, 2019 ^[14]	是/Yes	21	4	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Parker, 2013 ^[15]	否/No	—	2	30/46	—	—	—
Bouma, 2019 ^[16]	是/Yes	21	2	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Kursumovic, 2020 ^[17]	是/Yes	21	3	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Kienzler, 2019 ^[18]	是/Yes	21	3	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Klassen, 2019 ^[19]	是/Yes	21	3	272/278	43/44	57%/62%	26/26
van den Brink, 2019 ^[20]	是/Yes	21	1	272/278	43/44	57%/62%	26/26
Barth, 2016 ^[21]	否/No	4	2	45/40	42/40	52%/48%	26/26
Vukas, 2013 ^[22]	否/No	2	2	30/72	38/41	53%/68%	—

注: ①ACD 组/对照组

Note: ①Group ACD/Control group

后无异质性($P=0.60$, $I^2=0\%$)直接采用固定效应模型, 两组间差异有统计学意义 [$OR=0.46$, $95\%CI$ (0.29, 0.74), $P=0.001$], ACD 组的 2 年的再手术率远低于对照组(图 3)。

2.5 再手术率和突出复发率与时间的关系

10 篇^[9-11, 13, 14, 16-20]文献报道了同一项临床研究不同时期的患者数据(表 3)。其中 272 例接受了 ACD, 278 例接受了腰椎髓核摘除术。其中 1 篇文献^[13]报告了随访 3 个月的结果; 1 篇文献^[20]报告了随访 1 年的结果, 3 篇文献^[9, 10, 16]报告了随访 2 年的结果, 4 篇文献^[11, 17-19]报告了随访 3 年的结果, 1

篇文献^[14]报告了随访 4 年的结果。随访时间相同的文章的数据和结论完全一致。其中 Klassen 等^[13] 3 个月的随访中, ACD 组术后患者再突出的复发率仅为 2.21%, 而对照组为 6.83%是 ACD 组的 3 倍。对照组再手术率高于实验组近 2 倍(ACD 组 1.90%, 对照组 5.40%)。

2.6 敏感性分析和发表偏倚

采用逐一删除纳入研究的方式对突出复发和再手术率这两个结局指标进行敏感性分析, Meta 分析结果未发生显著改变, 提示结果比较稳定。同时通过漏斗图对突出复发和再手术率这两个结局

表 2 文献偏倚风险评价表
Table 2 Risk of bias in controlled studies

研究者及发表年份 Study	生成随机序列 Random sequence generation	隐藏分配 Allocation concealment	盲法(参与者) Blinding of participants	盲法(工作人员) Blinding of personnel	盲法(结局检测) Blinding of outcome assessment	不完整的结局数据报告 Incomplete outcome data	选择性结果报告 Selective outcome reporting	其他偏倚源 Other sources of bias
Thomé, 2018 ^[9]	L	L	U	U	L	L	L	U
Klassen, 2018 ^[10]	L	L	U	U	L	L	L	U
Bouma, 2019 ^[11]	L	L	U	U	L	L	L	U
Cho, 2019 ^[12]	L	L	U	U	U	L	U	U
Klassen, 2017 ^[13]	L	L	U	U	L	L	L	U
Nanda, 2019 ^[14]	L	L	U	U	L	L	L	U
Parker, 2013 ^[15]	L	H	U	U	L	L	L	L
Bouma, 2019 ^[16]	L	L	U	U	L	L	L	U
Kursumovic, 2020 ^[17]	L	L	U	U	L	L	L	U
Kienzler, 2019 ^[18]	L	L	U	U	L	L	L	U
Klassen, 2019 ^[19]	L	L	U	U	L	L	L	U
van den Brink, 2019 ^[20]	L	L	U	U	L	L	L	U
Barth, 2016 ^[21]	H	H	U	U	U	L	L	U
Vukas, 2013 ^[22]	H	H	U	U	U	L	L	L

注: H, 高偏倚风险; L, 低偏倚风险; U, 偏倚风险不明

Note: H, high risk of bias; L, low risk of bias; U, unclear risk of bias

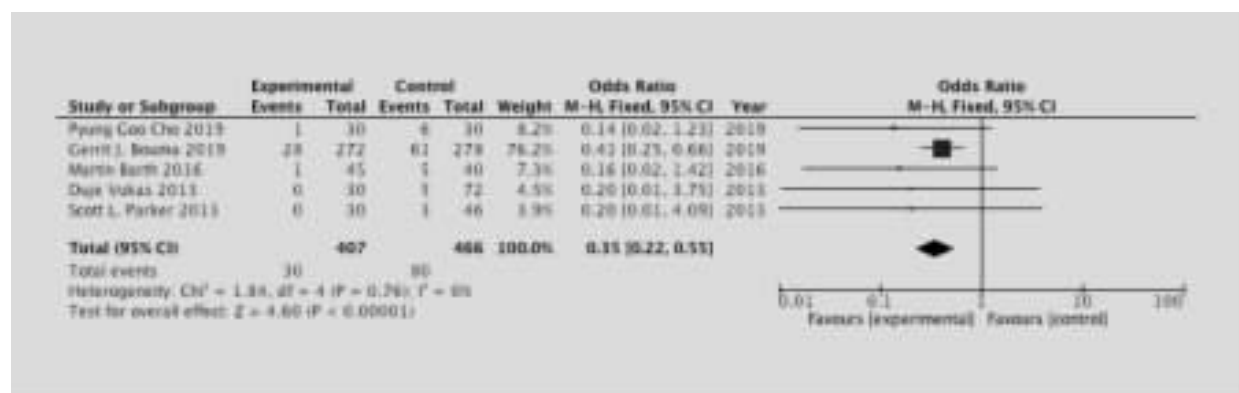


图 2 Barricaid ACD 组与单纯腰椎髓核摘除组的对照研究中, 症状在 2 年内复发的优势比=0.35($P<0.00001$)

Figure 2 Symptomatic reherniation within 2 years in controlled studies of lumbar discectomy with or without the Barricaid Annular Closure Device $OR=0.35(P<0.00001)$

标进行发表偏倚检验,可见各研究分布较为对称,提示存在发表偏倚的可能性较小(图 4)。

3 讨论

最初的腰椎髓核摘除术中将椎间盘突出部分和椎间隙内的间盘组织近乎整个椎间盘全部切除。虽然有效地降低了术后再突出的风险,但是破坏了脊柱原有的生物力学结构^[23,24]。随着手术技术的发展,腰椎间盘切除术逐渐演化为局限的腰椎髓核摘除术,术中仅切除突出的椎间盘部分,保留椎间盘内的组织,这种术式克服了起初腰椎间盘切除术术后脊柱生物力学改变的问题,但是目前的研究表明纤维环几乎不具备自我修复的能力,术后遗留的纤维环缺损导致突出复发和再手

术率增高,并且两次手术往往效果较差^[10]。

近年来,纤维环缺损的修复逐渐受到人们的重视,其修复方法包括纤维环缝合、纤维蛋白胶、用组织材料替换、再生纤维环,但是这些都在临床上无法起到长久的纤维环修复作用^[25]。

大量的文献研究发现 Barricaid ACD 可以降低突出复发和再手术率,尤其对于术后较大的纤维环缺损患者。本文通过收集 Barricaid ACD 随机对照试验的数据,确定 Barricaid ACD 对腰椎髓核摘除术后突出复发和再手术率的影响。

Barricaid ACD 的目的是在通过物理手段封闭较大的纤维环缺损,从而降低患者的再突出风险。在透视引导下,通过骨锚上的咬合部件固定于相邻椎体上,以确保纤维环缺损得到稳定的填补,

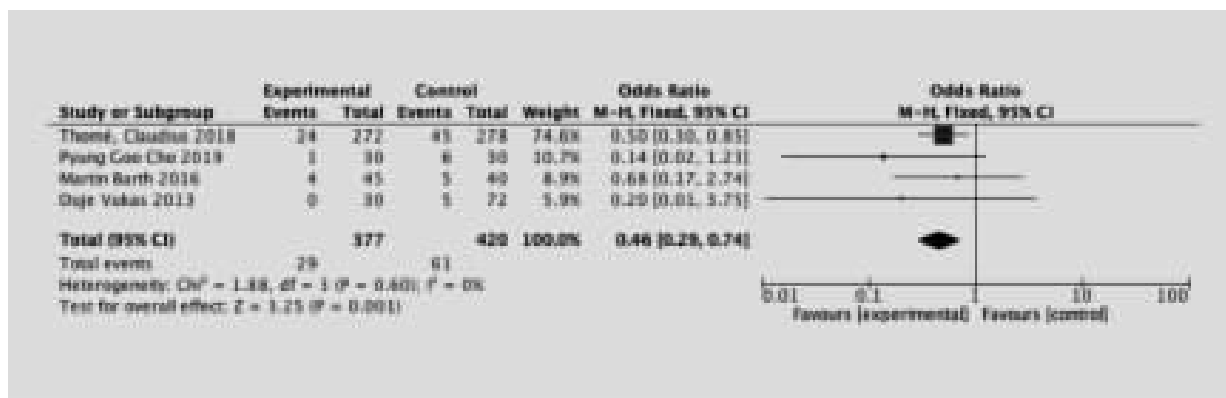


图 3 2 年内再次手术 Barricaid ACD 组与腰椎髓核摘除组的对照试验,优势比=0.46(P=0.001)

Figure 3 Reoperation within 2 years in controlled studies of lumbar discectomy with or without the Barricaid Annular Closure Device OR=0.46(P=0.001)

表 3 实验组和对照组的再手术率和突出复发率随时间变化情况

Table 3 Comparison of reoperation rate and symptomatic reherniation rate changes in experimental group and control group with time

	研究分组 Groups of study	3个月(%) 3 months	1年(%) 1 year	2年(%) 2 years	3年(%) 3 years	4年(%) 4 years
再手术率 Reoperation rate	ACD组 Group ACD	1.90	6.70	8.82	11.00	14.40
	单纯腰椎髓核摘除术组 Control group	5.40	12.90	16.19	19.30	21.10
	降低程度 Degree of reduction	64.81	48.06	45.52	43.01	31.75
症状性再突出率 Symptomatic reherniation rate	ACD组 Group ACD	2.21	8.40	12.00	14.80	—
	单纯腰椎髓核摘除术组 Control group	6.83	17.30	25.00	29.50	—
	降低程度 Degree of reduction	67.64	51.45	52.00	49.83	—

注:降低程度,ACD 组再手术率和腰椎髓核摘除术组的差值与腰椎髓核摘除术组再手术率的比值,突出复发率同理

Note: Degree of reduction, the ratio of the difference between the reoperation rate of lumbar discectomy group with Barricaid annular closure device and the reoperation rate of simple lumbar discectomy group, and the rate of symptomatic reherniation are the same

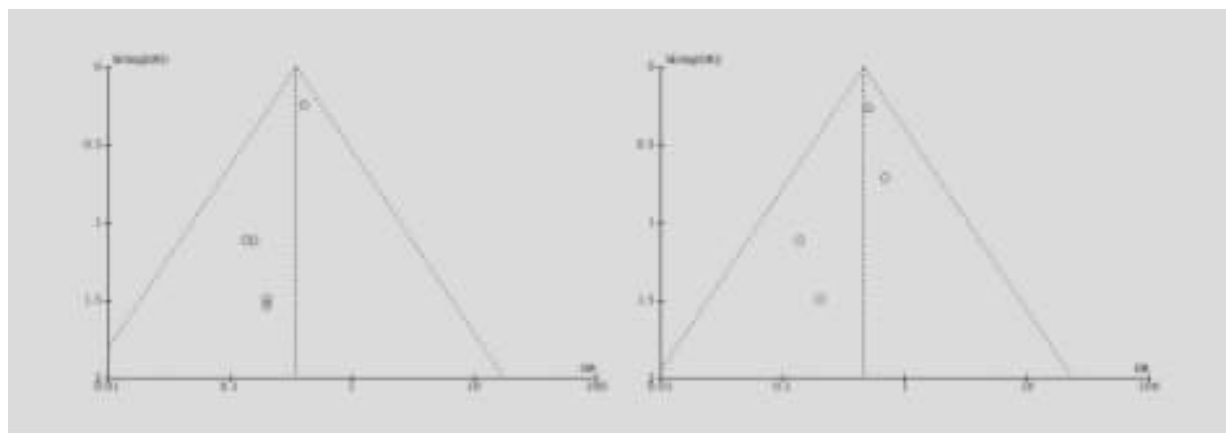


图4 突出复发(左)和再手术率(右)发表偏倚图

Figure 4 Risk of bias graph symptomatic reherniation(left) and reoperation rates(right)

以提供安全和持久的修复。Cho 等^[12]对 4 项研究进行 Meta 分析, 评估 Barricaid ACD 的临床效果, 显示接受该装置治疗的患者术后出现症状性再住院的比率较低($OR=0.34, P<0.001$), 但该研究随访时间仅有 90d, 并且没有再手术率的相关数据。相比之下, 本研究综合了与 Barricaid ACD 相关的几乎所有随机对照试验, 其中包含对于患者群体中最具临床相关性的突出复发和再手术率的数据, 且都有长达两年的随访结果。本研究结果显示, 腰椎髓核摘除术后使用或不使用 Barricaid ACD, 在 2 年内突出复发的优势比为 0.35 ($P<0.05$), 再手术率的优势比为 0.46 ($P=0.001$), 表明使用 Barricaid ACD 可显著降低术后突出复发和再手术的风险。

此外, Barricaid ACD 不但可以很好地降低年轻人的突出复发和再手术率, 对于老年患者也同样有效。Bouma 等^[11]研究结果显示, 老年患者(>60 岁)比年轻患者(<60 岁)更易出现残疾或卧床致残 (57.9% vs 39.1%, $P=0.03$), 并且研究结果表明, 与对照组相比, ACD 组的突出复发($HR=0.45, P<0.001$)和再次手术率($HR=0.54, P=0.008$)的风险较低, 且老年患者和年轻患者的风险降低程度相当。

14 项随机对照试验, 确定了 Barricaid ACD 具有降低术后复发和再手术率风险的作用^[9-22]。国际脊柱外科促进会支持在有较大的纤维环缺损的患者中使用 Barricaid 装置^[26]。为了进一步确认 Barricaid ACD 的有效性, 本文还对 550 例腰椎间盘切除术后的患者进行了多时间点的回顾分析, 其中 ACD 组 272 例, 对照组 278 例。ACD 组术后

3 个月、1 年、2 年、3 年、4 年内的再手术率和术后 3 个月、1 年、2 年、3 年内的突出复发均较小。

不难看出, 随着术后随访时间的延长, 无论单纯腰椎间盘突出术还是使用 Barricaid ACD 的腰椎间盘突出术, 术后的突出复发和再手术率都是增加的, 但是 ACD 组的术后突出复发和再手术率远远小于腰椎间盘突出术组。

4 小结

在腰椎间盘突出术时, 应用 Barricaid ACD 修补纤维环缺损, 可以降低术后突出复发和再手术的风险, 并且对于治疗较大纤维环缺损的腰椎间盘突出症患者具有显著优势, 具有广泛的应用前景。

5 参考文献

1. Frymoyer JW. Back pain and sciatica [J]. N Engl J Med, 1988, 319(5): 311-312.
2. 朱召银, 黎庆初, 杨洋, 等. 显微内窥镜下髓核摘除纤维环缝合治疗腰椎间盘突出症的疗效分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(3): 217-219.
3. Arts MP, Kursumovic A, Miller LE, et al. Comparison of treatments for lumbar disc herniation: systematic review with network Meta-analysis[J]. Medicine, 2019, 98(7): e14410.
4. Carragee EJ, Spinnickie AO, Alamin TF, et al. A prospective controlled study of limited versus subtotal posterior discectomy: short-term outcomes in patients with herniated lumbar intervertebral discs and large posterior annular defect [J]. Spine, 2006, 31(6): 88-89.
5. McGirt MJ, Eustacchio S, Varga P, et al. A prospective cohort study of close interval computed tomography and magnetic resonance imaging after primary lumbar discectomy: factors

- associated with recurrent disc herniation and disc height loss [J]. *Spine*, 2009, 34(19): 2044–2051.
6. Carragee EJ, Han MY, Suen PW, et al. Clinical outcomes after lumbar discectomy for sciatica: the effects of fragment type and annular competence[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2003, 85(1): 102–108.
 7. Miller LE, McGirt MJ, Garfin SR, et al. Association of annular defect width after lumbar discectomy with risk of symptom recurrence and reoperation: systematic review and meta-analysis of comparative studies[J]. *Spine*, 2018, 43(5): E308–E315.
 8. Higgins JP, Altman DG, Gøtzsche PC, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials[J]. *BMJ*, 2011, 343: d5928.
 9. Thomé C, Klassen PD, Bouma GJ, et al. Annular closure in lumbar microdiscectomy for prevention of reherniation: a randomized clinical trial[J]. *Spine J*, 2018, 18(12): 2278–2287.
 10. Klassen PD, Hsu WK, Martens F, et al. Post-lumbar discectomy reoperations that are associated with poor clinical and socioeconomic outcomes can be reduced through use of a novel annular closure device: results from a 2-year randomized controlled trial[J]. *Clinicoecon Outcomes Res*, 2018, 10: 349–357.
 11. Bouma GJ, Ardeshiri A, Miller LE, et al. Clinical performance of a bone-anchored annular closure device in older adults[J]. *Clin Interv Aging*, 2019, 14: 1085–1094.
 12. Cho PG, Shin DA, Park SH, et al. Efficacy of a novel annular closure device after lumbar discectomy in Korean patients: a 24-month follow-up of a randomized controlled trial[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2019, 62(6): 691–699.
 13. Klassen PD, Bernstein DT, Köhler HP, et al. Bone-anchored annular closure following lumbar discectomy reduces risk of complications and reoperations within 90 days of discharge [J]. *J Pain Res*, 2017, 10: 2047–2055.
 14. Nanda D, Arts MP, Miller LE, et al. Annular closure device lowers reoperation risk 4 years after lumbar discectomy [J]. *Medical devices*, 2019, 12: 327–335.
 15. Parker SL, Grahovac G, Vukas D, et al. Cost savings associated with prevention of recurrent lumbar disc herniation with a novel annular closure device: a multicenter prospective cohort study [J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2013, 74(5): 285–289.
 16. Bouma GJ, Barth M, Miller LE, et al. Challenges in the analysis of longitudinal pain data: practical lessons from a randomized trial of annular closure in lumbar disc surgery[J]. *Pain Res Treat*, 2019, 2019: 3498603.
 17. Kursumovic A, Bouma GJ, Miller LE, et al. Clinical implications of vertebral endplate disruptions after lumbar discectomy: 3-year results from a randomized trial of a bone-anchored annular closure device [J]. *J Pain Res*, 2020, 13: 669–675.
 18. Kienzler JC, Klassen PD, Miller LE, et al. Three-year results from a randomized trial of lumbar discectomy with annulus fibrosus occlusion in patients at high risk for reherniation[J]. *Acta Neurochir*, 2019, 161(7): 1389–1396.
 19. Klassen PD, Lesage G, Miller LE, et al. Reoperation after primary lumbar discectomy with or without implantation of a bone-anchored annular closure device: surgical strategies and clinical outcomes[J]. *World Neurosurg*, 2019, 130: e926–e932.
 20. van den Brink W, Miller LE, Klassen PD, et al. Lumbar disc reherniation prevention with a bone-anchored annular closure device: 1-year results of a randomized trial [J]. *Medicine*, 2019, 98(44): e17760.
 21. Barth M, Fontana J, Thomé C, et al. Occurrence of discal and non-discal changes after sequestrectomy alone versus sequestrectomy and implantation of an annulus closure device [J]. *J Clin Neurosci*, 2016, 34: 288–293.
 22. Vukas D, Ledi D, Grahovac G, et al. Clinical outcomes in patients after lumbar disk surgery with annular reinforcement device: two-year follow up[J]. *Acta Clin Croat*, 2013, 52(1): 87–91.
 23. Goel VK, Goyal S, Clark C, et al. Kinematics of the whole lumbar spine. Effect of discectomy[J]. *Spine*, 1985, 10(6): 543–554.
 24. Mariconda M, Galasso O, Attingenti P, et al. Frequency and clinical meaning of long-term degenerative changes after lumbar discectomy visualized on imaging tests[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(1): 136–143.
 25. Bron JL, Helder MN, Meisel HJ, et al. Repair, regenerative and supportive therapies of the annulus fibrosus: achievements and challenges[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(3): 301–313.
 26. Lorio M, Kim C, Araghi A, et al. International society for the advancement of spine surgery policy 2019–surgical treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy [J]. *Int J Spine Surg*, 2020, 14(1): 1–17.
- (收稿日期:2020-09-02 修回日期:2021-04-01)
(英文编审 庄乾宇/谭 啸)
(本文编辑 姜雅浩)