

# 胫骨结节上与胫骨结节下内侧开放楔形胫骨高位截骨术治疗内侧间室膝骨关节炎有效性和安全性的 Meta 分析

吴高艺, 林晓东, 宋敏, 李聪聪, 李安安, 林文政, 蔡宇宁, 刘文刚

(广州中医药大学第五临床医学院, 广东 广州 510095)

**摘要** 目的:系统评价胫骨结节上与胫骨结节下内侧开放楔形胫骨高位截骨术(open-wedge high tibial osteotomy, OWHTO)治疗内侧间室膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)的有效性和安全性。方法:通过计算机检索 PubMed、Cochrane Library、Embase、中国知网、万方数据库、维普网 2000 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日收录的比较胫骨结节上(试验组)与胫骨结节下(对照组)内侧 OWHTO 治疗内侧间室 KOA 的有效性和安全性的随机对照临床研究和回顾性临床研究文献。由 2 名研究者独立按照统一的评价指标及文献信息提取表进行文献筛选和数据提取,采用纽卡斯尔-渥太华量表对纳入的文献进行质量评价,采用 Cochrane 协作网提供的 RevMan5.2 软件进行 Meta 分析。结果:共检索到 257 篇文献,经过逐层筛选,最终纳入 12 篇文献,共涉及 752 例内侧间室 KOA 患者,其中试验组 416 例、对照组 336 例。Meta 分析结果显示,试验组术后髌骨高度(Caton-Deschamps 法、Blackburne-Peel 法和 Insall-Salvati 法)、并发症发生率均小于对照组 [ $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.610$ ,  $MD = -0.05$ ,  $95\% CI(-0.07, -0.02)$ ,  $P = 0.001$ ;  $I^2 = 22\%$ ,  $P = 0.280$ ,  $MD = -0.06$ ,  $95\% CI(-0.10, -0.03)$ ,  $P = 0.003$ ;  $I^2 = 88\%$ ,  $P = 0.000$ ,  $MD = -0.08$ ,  $95\% CI(-0.11, -0.05)$ ,  $P = 0.000$ ;  $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.960$ ,  $MD = 0.24$ ,  $95\% CI(0.07, 0.83)$ ,  $P = 0.020$ ];试验组术后美国特种外科医院膝关节功能评分、胫骨后倾角与对照组比较,差异无统计学意义 [ $I^2 = 73\%$ ,  $P = 0.030$ ,  $MD = 1.01$ ,  $95\% CI(-1.24, 3.25)$ ,  $P = 0.380$ ;  $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.600$ ,  $MD = 0.16$ ,  $95\% CI(-0.22, 0.54)$ ,  $P = 0.420$ ]。结论:胫骨结节上与胫骨结节下内侧 OWHTO 治疗内侧间室 KOA 的疗效相当;前者较后者更易导致术后低位髌骨,但其安全性高于后者。

**关键词** 骨关节炎;膝;截骨术;胫骨结节;专题 Meta 分析;系统评价

## Clinical outcome and safety of medial open-wedge high tibial osteotomy above and below the tibial tuberosity for treatment of medial compartment knee osteoarthritis: a meta-analysis

WU Gaoyi, LIN Xiaodong, SONG Min, LI Congcong, LI An'an, LIN Wenzheng, CAI Yuning, LIU Wengang

The Fifth Clinical Medical College of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510095, Guangdong, China

**ABSTRACT Objective:** To systematically review the clinical outcome and safety of medial open-wedge high tibial osteotomy (MOWHTO) above versus below the tibial tuberosity for treatment of medial compartment knee osteoarthritis (KOA). **Methods:** All the randomized controlled trial (RCT) articles and retrospective clinical trial articles about the clinical efficacy and safety of MOWHTO above the tibial tuberosity (experimental group) versus MOWHTO below the tibial tuberosity (control group) for treatment of medial compartment KOA included from January 1, 2000 to December 31, 2020 were retrieved from the PubMed, Cochrane Library, Embase, China National Knowledge Internet, Wanfang Database and Vip Database through computer. The articles were screened and the information was extracted independently by two researchers according to unified evaluation index and literature information extraction table. The methodological quality of research in the articles was evaluated according to the Newcastle-Ottawa scale (NOS) and a Meta-analysis was conducted by using RevMan5.2 software provided by Cochrane Collaboration. **Results:** Two hundred and fifty-seven articles were searched out. After screening, 12 articles (752 patients) were included in the final analysis, 416 patients in experimental group and 336 patients in control group. The results of Meta-analysis revealed that the postoperative patellar height (measured by Caton-Deschamps method, Blackburne-Peel method and Insall-Salvati method) and the postoperative complication incidence were lower in experimental group compared to control group ( $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.610$ ,  $MD = -0.05$ ,  $95\% CI(-0.07, -0.02)$ ,  $P = 0.001$ ;  $I^2 = 22\%$ ,  $P = 0.280$ ,  $MD = -0.06$ ,  $95\% CI(-0.10, -0.03)$ ,  $P = 0.003$ ;  $I^2 = 88\%$ ,  $P = 0.000$ ,  $MD = -0.08$ ,  $95\% CI(-0.11, -0.05)$ ,  $P = 0.000$ ;  $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.960$ ,  $MD = 0.24$ ,  $95\% CI(0.07, 0.83)$ ,  $P = 0.020$ ). There was no statistical difference in postoperative Hospital for Special Surgery (HSS) knee function score and posterior

基金项目:广东省中医药局科研项目(20211035, 20211023);广州市科技计划项目(202002030204)

通讯作者:刘文刚 E-mail:914194079@qq.com

tibial slope between experimental group and control group ( $I^2 = 73\%$ ,  $P = 0.030$ ,  $MD = 1.01$ ,  $95\% CI(-1.24, 3.25)$ ,  $P = 0.380$ ;  $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.600$ ,  $MD = 0.16$ ,  $95\% CI(-0.22, 0.54)$ ,  $P = 0.420$ ). **Conclusion:** MOWHTO above the tibial tuberosity is similar to MOWHTO below the tibial tuberosity in clinical outcome in treatment of medial compartment KOA, however, the former displays the advantage as higher safety and the disadvantage as more likely to cause postoperative patella baja compared to the latter.

**Keywords** osteoarthritis, knee; osteotomy; tibial tubercle; meta-analysis as topic; systematic review

膝骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是中老年人最常见的骨关节退行性疾病之一<sup>[1]</sup>。该病不仅会严重影响患者的生活质量,还会给患者家庭和社会带来严重的经济负担<sup>[2-3]</sup>。正常人膝关节内侧间室承载了人体重量的 60% ~ 65%, 因此临床上以内侧间室 KOA 患者居多<sup>[4]</sup>。胫骨高位截骨术 (high tibial osteotomy, HTO) 是目前治疗内侧间室 KOA 的有效方法, 分为外侧闭合截骨术和内侧开放截骨术<sup>[5]</sup>。内侧开放楔形胫骨高位截骨术 (open-wedge high tibial osteotomy, OWHTO) 因其具有手术方式简易等优点, 逐渐替代了外侧闭合截骨术而成为治疗内侧间室 KOA 并发膝内翻的主流手术方式<sup>[6]</sup>; 该术式分为胫骨结节上与胫骨结节下截骨 2 种方式, 各有其优缺点<sup>[7]</sup>。目前尚无比较胫骨结节上与胫骨结节下内侧 OWHTO 治疗内侧间室 KOA 有效性和安全性的 Meta 分析。为此, 我们对已有的相关研究进行系统评价, 以期对内侧间室 KOA 患者手术方案的制定提供一定的参考, 现报告如下。

## 1 资料和方法

**1.1 文献纳入标准** ①研究类型为国内外公开发表的随机对照临床研究或回顾性临床研究; ②研究对象为内侧间室 KOA 患者, 性别、年龄不限; ③干预措施为试验组采用胫骨结节上内侧 OWHTO、对照组采用胫骨结节下内侧 OWHTO, 手术采用的内固定或假体类型不限; ④结局指标至少包括术后髌骨高度、美国特种外科医院 (Hospital for Special Surgery, HSS) 膝关节功能评分、胫骨后倾角 (posterior tibial slope, PTS) 及术后并发症发生率中的 1 项; ⑤文献语种为中、英文。

**1.2 文献排除标准** ①重复发表的文献; ②重要资料缺失或数据无法提取的文献。

**1.3 文献检索** 计算机检索 PubMed、Cochrane Library、Embase、中国知网、万方数据库、维普网, 检索时限为 2000 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日。英文检索词为 high tibial osteotomy、osteoarthritis、open-wedge osteotomy、tibial tubercle、knee arthroplasty; 中文检索词

为胫骨高位截骨、骨关节炎、内侧间室、开放式楔形截骨术、胫骨结节。以 PubMed 为例, 检索策略如下:

- #1 tibial tubercle [Title/Abstract];
- #2 high tibial osteotomy [Title/Abstract];
- #3 osteoarthritis [Title/Abstract];
- #4 open-wedge osteotomy [Title/Abstract];
- #5 Randomized Controlled Trial [Title/Abstract];
- #6 #1 AND #2 AND #3 AND #4 AND #5.

**1.4 文献筛选及数据提取** 由 2 名研究者独立按照统一的评价指标及文献信息提取表进行文献筛选和数据提取, 意见不一致时双方讨论或交予第 3 名研究者决定。从文献中提取的数据主要包括: 第 1 作者、文献发表年份、研究类型、样本量、性别、结局指标、不良事件等。

**1.5 文献质量评价** 采用纽卡斯尔-渥太华量表 (the Newcastle-Ottawa Scale, NOS) 对纳入的文献进行质量评价, 该量表主要包括研究人群选择 (4 项条目)、研究方法可比性比较 (2 项条目)、暴露或结局评价 (3 项条目), 共 3 部分 9 个条目, 条目内提示给分点, 满足记 1 分, 总分共 9 分。总评分  $\geq 6$  分的文献认为是高质量文献。

**1.6 数据统计** 采用 Cochrane 协作网提供的 RevMan5.2 软件进行 Meta 分析。先对纳入的各项研究进行异质性检验,  $I^2 \leq 50\%$  表明各项研究之间异质性较小, 采用固定效应模型进行 Meta 分析;  $I^2 > 50\%$  表明各项研究之间异质性较大, 采用随机效应模型进行 Meta 分析; 术后髌骨高度、HSS 膝关节功能评分及 PTS 以 MD 作为综合效应量,  $95\% CI$  的上下限均  $> 0$  或均  $< 0$  为差异有统计学意义,  $95\% CI$  包含 0 为差异无统计学意义; 术后并发症发生率以 OR 作为综合效应量,  $95\% CI$  的上下限均  $> 1$  或均  $< 1$  为差异有统计学意义,  $95\% CI$  包含 1 为差异无统计学意义。采用漏斗图对纳入的研究进行发表偏倚评估。

## 2 结果

**2.1 文献检索及质量评价结果** 共检索到 257 篇文

献,经过逐层筛选,最终纳入 12 篇<sup>[7-18]</sup>文献(图 1),共涉及 752 例内侧间室 KOA 患者,其中试验组 416 例、对照组 336 例。纳入研究的基本特征见表 1。纳入研究的 12 篇文献中只有 3 篇低质量文献(NOS = 5 分),其余 9 篇均为高质量文献(NOS ≥ 6 分),见表 2。

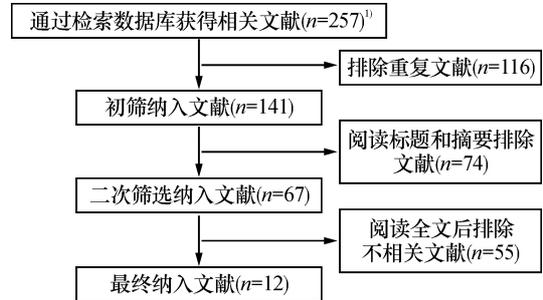
## 2.2 Meta 分析结果

### 2.2.1 术后髌骨高度

术后髌骨高度的测量方法主要有 Caton - Deschamps 法、Blackburne - Peel 法、Insall - Salvati 法。Caton - Deschamps 指数与 Insall - Salvati 指数正常值均为 0.8 ~ 1.2, < 0.8 为低位髌骨;Blackburne - Peel 指数正常值为 0.8 ~ 1.0, < 0.8 为低位髌骨。临床上一般将髌骨高度降低 10% 即为髌骨高度明显降低。

共 5 项研究<sup>[12,14-15,17-18]</sup>对 2 组患者术后髌骨高度(Caton - Deschamps 法)进行了比较。各研究之间异质

性较低( $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.610$ ),采用固定效应模型分析,结果显示试验组术后髌骨高度(Caton - Deschamps 法)小于对照组 [ $MD = -0.05$ ,  $95\% CI (-0.07, -0.02)$ ,  $P = 0.001$ ],见图 2。



1) 257 篇文献分别来源于 PubMed ( $n = 134$ )、Cochrane Library ( $n = 35$ )、Embase ( $n = 38$ )、万方数据库 ( $n = 13$ )、中国知网 ( $n = 37$ )。

图 1 文献筛选流程图

表 1 纳入研究的基本特征

| 研究                                | 研究类型  | 样本量/例 |     | 性别/例 |    | 结局指标 <sup>1)</sup> | 不良事件 |
|-----------------------------------|-------|-------|-----|------|----|--------------------|------|
|                                   |       | 对照组   | 试验组 | 男    | 女  |                    |      |
| 刘娜 2015 <sup>[7]</sup>            | 回顾性研究 | 50    | 50  | 33   | 67 | ①②                 | 提及   |
| 曾建春 2020 <sup>[8]</sup>           | 回顾性研究 | 8     | 15  | 5    | 18 | ③                  | 未提及  |
| 陈禹名 2019 <sup>[9]</sup>           | 回顾性研究 | 15    | 19  |      |    | ①②③                | 未提及  |
| Elmali 2013 <sup>[10]</sup>       | 回顾性研究 | 26    | 21  | 10   | 37 | ①②③                | 提及   |
| Gaasbeek 2004 <sup>[11]</sup>     | 回顾性研究 | 17    | 20  | 28   | 9  | ②                  | 提及   |
| Gooi 2017 <sup>[12]</sup>         | 回顾性研究 | 24    | 82  |      |    | ②③                 | 未提及  |
| Hinterwimmer 2011 <sup>[13]</sup> | 回顾性研究 | 13    | 12  |      |    | ②③                 | 未提及  |
| Ogawa 2020 <sup>[14]</sup>        | 回顾性研究 | 43    | 41  | 28   | 56 | ②                  | 未提及  |
| Krause 2018 <sup>[15]</sup>       | 回顾性研究 | 32    | 32  | 40   | 24 | ②③                 | 未提及  |
| Longino 2013 <sup>[16]</sup>      | 回顾性研究 | 29    | 29  | 42   | 16 | ②③                 | 提及   |
| Park 2017 <sup>[17]</sup>         | 回顾性研究 | 33    | 30  | 21   | 42 | ②③                 | 提及   |
| Horikawa 2020 <sup>[18]</sup>     | 回顾性研究 | 46    | 65  | 36   | 75 | ②                  | 未提及  |

1) 中①为美国特种外科医院膝关节功能评分,②为术后髌骨高度,③为术后胫骨后倾角。

表 2 纳入文献的纽卡斯尔 - 渥太华量表评分

| 研究                                | 研究人群选择/分 | 研究方法可比性/分 | 暴露或结局评价/分 | 总分/分 | 文献质量 |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------|------|------|
| 刘娜 2015 <sup>[7]</sup>            | 3        | 2         | 1         | 6    | 高    |
| 曾建春 2020 <sup>[8]</sup>           | 3        | 0         | 2         | 5    | 低    |
| 陈禹名 2019 <sup>[9]</sup>           | 3        | 1         | 1         | 5    | 低    |
| Elmali 2013 <sup>[10]</sup>       | 3        | 1         | 3         | 7    | 高    |
| Gaasbeek 2004 <sup>[11]</sup>     | 4        | 2         | 2         | 8    | 高    |
| Gooi 2017 <sup>[12]</sup>         | 4        | 1         | 1         | 6    | 高    |
| Hinterwimmer 2011 <sup>[13]</sup> | 4        | 2         | 1         | 7    | 高    |
| Ogawa 2020 <sup>[14]</sup>        | 4        | 1         | 3         | 8    | 高    |
| Krause 2018 <sup>[15]</sup>       | 3        | 2         | 1         | 6    | 高    |
| Longino 2013 <sup>[16]</sup>      | 4        | 2         | 3         | 9    | 高    |
| Park 2017 <sup>[17]</sup>         | 3        | 1         | 1         | 5    | 低    |
| Horikawa 2020 <sup>[18]</sup>     | 4        | 2         | 1         | 7    | 高    |

共 3 项研究<sup>[10,17-18]</sup>对 2 组患者术后髌骨高度 (Blackburne - Peel 法) 进行了比较。各研究之间异质性较低 ( $I^2 = 22\%$ ,  $P = 0.280$ ), 采用固定效应模型分析, 结果显示试验组术后髌骨高度 (Blackburne - Peel 法) 小于对照组 [ $MD = -0.06, 95\% CI (-0.10, -0.03)$ ],  $P = 0.003$ ], 见图 3。

共 5 项研究<sup>[7,9-10,15,17]</sup>对 2 组患者术后髌骨高度 (Insall - Salvati 法) 进行了比较。各研究之间异质性较高 ( $I^2 = 88\%$ ,  $P = 0.000$ ), 采用随机效应模型分析, 结果显示试验组术后髌骨高度 (Insall - Salvati 法) 小于对照组 [ $MD = -0.08, 95\% CI (-0.11, -0.05)$ ],  $P = 0.000$ ], 见图 4。

**2.2.2 术后 HSS 膝关节功能评分** 共 3 项研究<sup>[7,9-10]</sup>对 2 组患者术后 HSS 膝关节功能评分进行了比较。各研究之间异质性较高 ( $I^2 = 73\%$ ,  $P = 0.030$ ), 采用随机效应模型分析, 结果显示试验组术

后 HSS 膝关节功能评分与对照组比较, 差异无统计学意义 [ $MD = 1.01, 95\% CI (-1.24, 3.25)$ ],  $P = 0.380$ ], 见图 5。

**2.2.3 术后 PTS** 共 8 项研究<sup>[8-10,12-13,15,17-18]</sup>对 2 组患者术后 PTS 进行了比较。各研究之间异质性较低 ( $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.600$ ), 采用固定效应模型分析, 结果显示试验组术后 PTS 与对照组比较, 差异无统计学意义 [ $MD = 0.16, 95\% CI (-0.22, 0.54)$ ],  $P = 0.420$ ], 见图 6。

**2.2.4 术后并发症发生率** 共 5 项研究<sup>[7,10-11,16-17]</sup>对 2 组患者术后并发症发生率进行了比较。各研究之间异质性较低 ( $I^2 = 0\%$ ,  $P = 0.960$ ), 采用固定效应模型分析, 结果显示试验组术后并发症发生率小于对照组 [ $MD = 0.24, 95\% CI (0.07, 0.83)$ ],  $P = 0.020$ ], 见图 7。

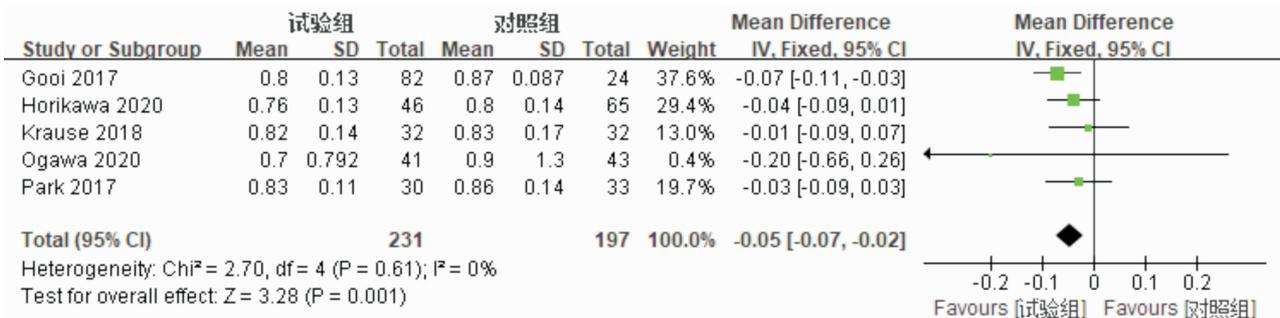


图 2 术后髌骨高度 (Caton - Deschamps 法) Meta 分析森林图

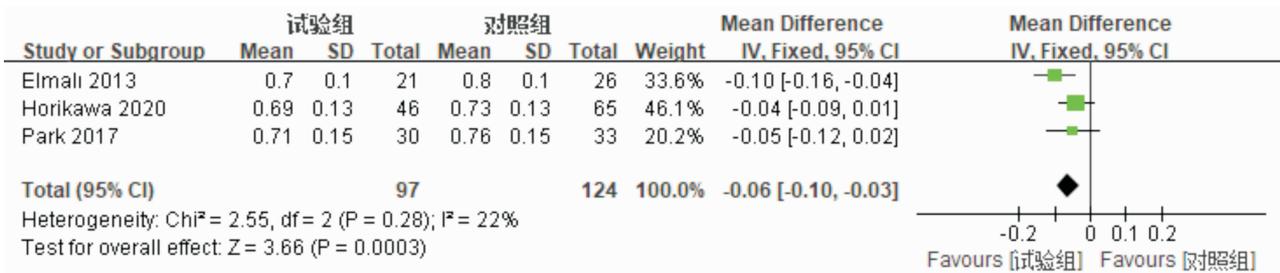


图 3 术后髌骨高度 (Blackburne - Peel 法) Meta 分析森林图

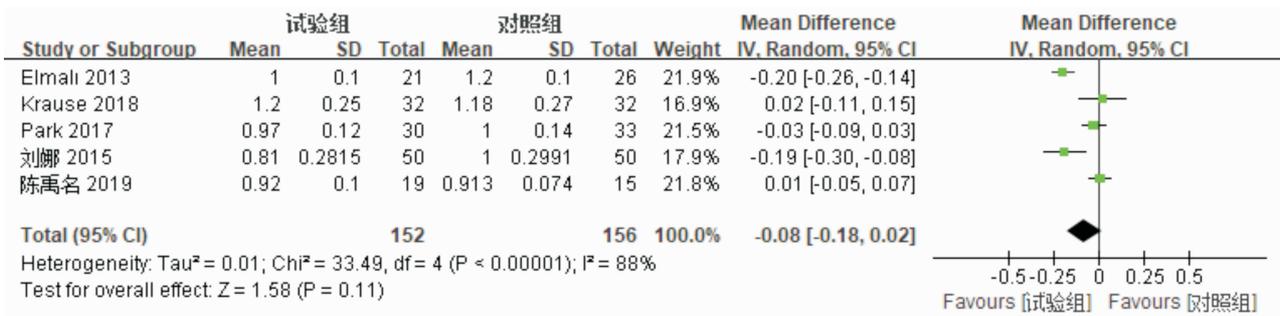


图 4 术后髌骨高度 (Insall - Salvati 法) Meta 分析森林图

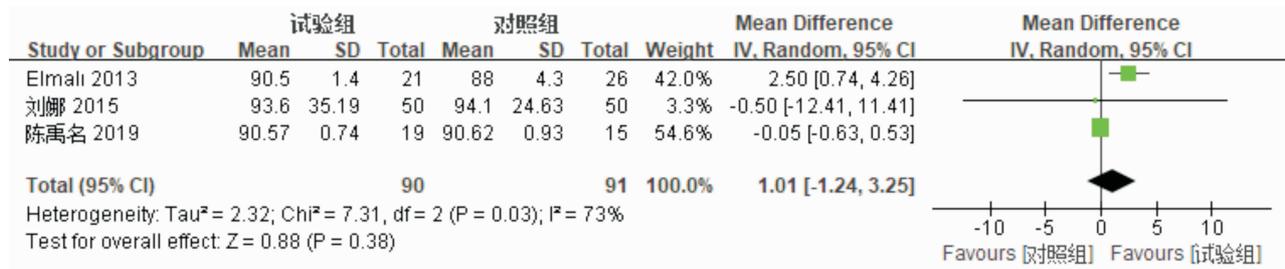


图 5 术后美国特种外科医院膝关节功能评分 Meta 分析森林图

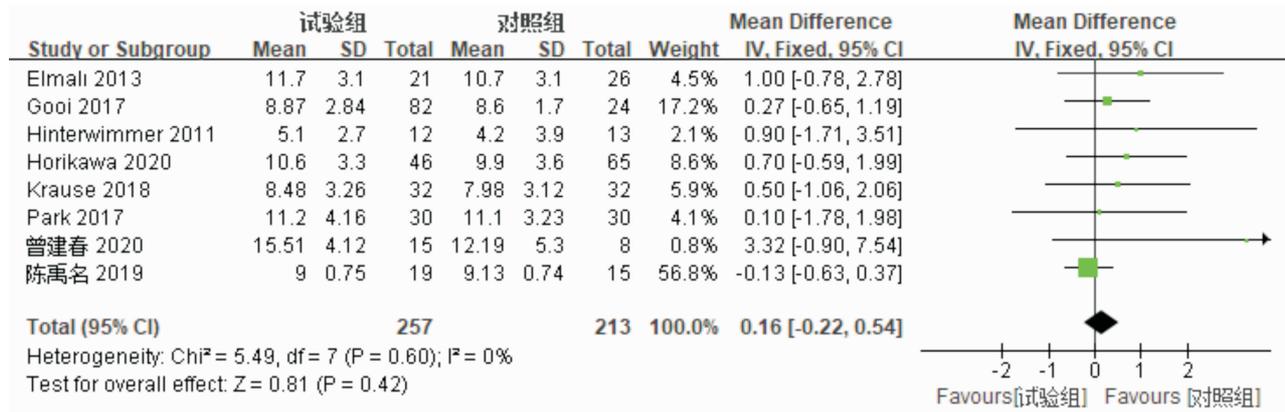


图 6 术后胫骨后倾角 Meta 分析森林图

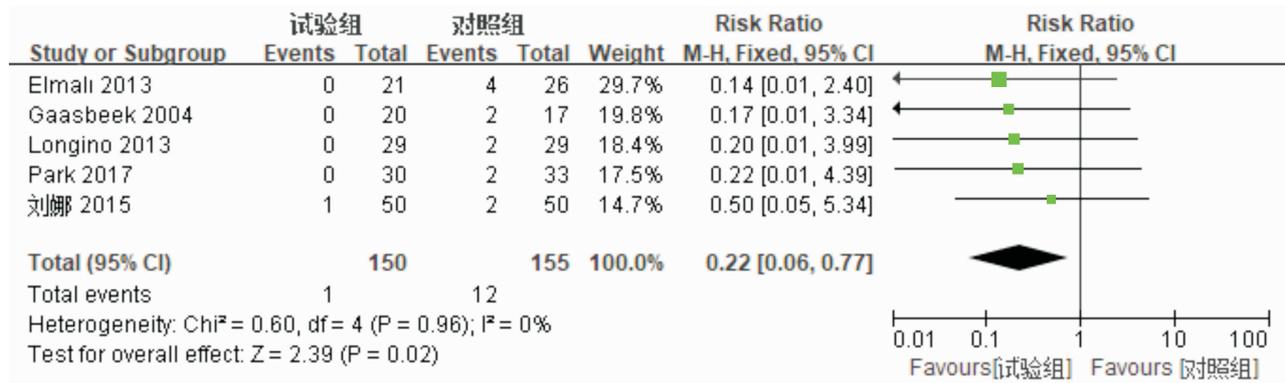


图 7 术后并发症发生率 Meta 分析森林图

2.3 发表偏倚分析结果 基于术后髌骨高度(Caton - Deschamps 法)的漏斗图显示,各研究点分布不完全对称,提示纳入的文献可能存在一定的发表偏倚(图 8)。

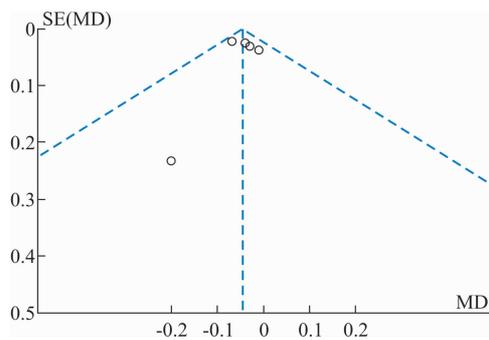


图 8 基于术后髌骨高度(Caton - Deschamps 法)的发表偏倚漏斗图

### 3 讨论

术后低位髌骨是胫骨结节上内侧 OWHO 的常见并发症<sup>[5,19-20]</sup>。胫骨结节上内侧 OWHO 的截骨斜面位于髌骨结节上,术中撑开截骨面的同时,会导致胫骨结节向远端迁移,而胫骨结节为髌腱附着点,因此术后常出现髌骨位置的下降<sup>[13,21]</sup>;此外,术中矫正内翻畸形度数越大,术后发生低位髌骨的可能性越高。髌骨位置越低,在屈膝过程中髌股关节的压力越大,易加快髌股关节的退变<sup>[20,22]</sup>。鉴于此,近年来胫骨结节下内侧 OWHO 逐渐被用于膝内翻伴内侧单间室 KOA 的治疗中。理论上,该手术截骨斜面位于胫骨结节下,术中撑开截骨间隙时,不会改变胫骨结节的位置,因此不会导致髌骨位置的变化。目前,已有研究<sup>[7,9,15]</sup>证实了这一观点。本研究通过 Meta 分

析,比较了用 Caton - Deschamps 法及 Blackburne - Peel 法测量出的髌骨高度,发现胫骨结节上内侧 OWHTO 更容易导致术后低位髌骨。因 Insall - Salvati 法测量的髌骨高度是在矢状位上测量的髌骨长度与髌键长度的比值,而截骨过程中,髌骨长度及髌键长度是基本不变的,因此不建议使用该方法来测量行 HTO 患者的髌骨高度<sup>[23]</sup>。

本研究发现,无论是胫骨结节上内侧 OWHTO 还是胫骨结节下内侧 OWHTO,术后均会导致 PTS 的增大。从目前的研究来看,PTS 的增大会增加前交叉韧带的张力<sup>[24]</sup>,从而加快前交叉韧带的退变或损伤<sup>[25]</sup>。开放式 HTO 为何容易导致术后 PTS 的增大,目前学术界尚无统一认识。Nha 等<sup>[26]</sup>认为,PTS 的增大与 HTO 术中截骨撑开器放置的位置相关,若撑开器靠前放置时,则术后 PTS 易增大。有研究者则认为术后 PTS 的增大与胫骨几何形态及外侧合页的位置有关<sup>[27-29]</sup>。Lee 等<sup>[29]</sup>通过使用三维 CT 研究 OWHTO 术后外侧合页的完整性与 PTS 的关系,结果发现合页后外侧骨折患者,术后 PTS 明显增大,而合页完整或骨折位置靠前者,手术前后 PTS 的变化无统计学差异。Jo 等<sup>[28]</sup>研究发现,外侧合页的位置影响 PTS 的变化,外侧合页位置越低,则术后 PTS 增大越明显。Ogawa 等<sup>[30]</sup>研究也发现,术后 PTS 的增大与外侧合页的位置和方向相关。为了避免术后 PTS 的增大,可在术中维持后方截骨间隙为前方截骨间隙的 2 倍,或改变截骨刀插入方向及术中透视测量 PTS 后进行微调<sup>[25,27-28,30-31]</sup>。

虽然胫骨结节上内侧 OWHTO 容易导致术后低位髌骨,但此次 Meta 分析结果显示,胫骨结节下与胫骨结节上内侧 OWHTO 在 HSS 膝关节功能评分方面比较差异无统计学意义,说明两者在治疗内侧间室 KOA 上,早期疗效相似。

此次 Meta 分析结果显示:胫骨结节下内侧 OWHTO 术后并发症发生率高于胫骨结节上内侧 OWHTO 术后并发症发生率。OWHTO 术后最常见的并发症是胫骨平台骨折、髌下神经损伤、深静脉血栓、截骨面延迟愈合或不愈合等<sup>[7,10-11,16-17,32]</sup>。文献报道 OWHTO 术后并发症率为 0 ~ 37%,且胫骨结节下内侧 OWHTO 易发生胫骨外侧合页骨折<sup>[33]</sup>。Diffo 等<sup>[34]</sup>建议在截骨撑开前,通过合页打孔来弱化外侧骨皮质的方法增加外侧骨皮质的顺应性,从而减少胫骨结节下内侧 OWHTO 术中合页骨折的发生。

本研究还存在以下缺陷:①纳入研究的文献数量偏少,导致此次分析结论可能存在一定的局限性;②纳入的研究中部分指标异质性较大,导致偏倚风险无法准确评估;③纳入的文献均为回顾性研究文献,缺少高质量的多中心、大样本的前瞻性随机对照研究文献。

本研究的结果提示,胫骨结节上与胫骨结节下内侧 OWHTO 治疗内侧间室 KOA 的疗效相当;前者较后者更易导致术后低位髌骨,但其安全性高于后者。鉴于目前研究的局限性,此结论尚需高质量的多中心、大样本的前瞻性随机对照研究进一步证实。

### 参考文献

- [1] 陆艳红,石晓兵. 膝骨关节炎国内外流行病学研究现状及进展[J]. 中国中医骨伤科杂志,2012,20(6):81-84.
- [2] 许蓓,林进. 骨关节炎发病机制及治疗进展[J]. 浙江医学,2017,39(21):1833-1835.
- [3] LOESER R F. Aging and osteoarthritis; the role of chondrocyte senescence and aging changes in the cartilage matrix[J]. Osteoarthritis Cartilage,2009,17(8):971-979.
- [4] 白浩,孙海鹰,韩晓强,等. 胫骨高位截骨与单髁置换治疗膝关节内侧间室骨关节炎的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究,2020,24(30):4905-4913.
- [5] 孙茂淋,何锐,郭林,等. 开放楔形胫骨高位截骨术的临床应用及研究现状[J]. 中国修复重建外科杂志,2019,33(5):640-643.
- [6] SAITO T, KUMAGAI K, AKAMATSU Y, et al. Five- to ten-year outcome following medial opening-wedge high tibial osteotomy with rigid plate fixation in combination with an artificial bone substitute[J]. Bone Joint J, 2014, 96 - B (3) : 339 - 344.
- [7] 刘娜,陈德生,王丙刚. 胫骨结节上与结节下载骨治疗膝单间室骨关节炎对比[J]. 实用骨科杂志,2015,21(11):983-987.
- [8] 曾建春,曾意荣,罗伟,等. 单平面与双平面截骨对 OWHTO 术后胫骨后倾角的影响[J]. 实用骨科杂志,2020,26(7):609-613.
- [9] 陈禹名. 胫骨高位内侧双平面上行截骨与下行截骨的临床疗效对比研究[D]. 吉林:北华大学,2019.
- [10] ELMALI N, ESENKAYA I, CAN M, et al. Monoplanar versus biplanar medial open - wedge proximal tibial osteotomy for varus gonarthrosis: a comparison of clinical and radiological outcomes [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(12):2689-2695.
- [11] GAASBEEK R D A, SONNEVELD H, VAN HEERWAARDEN R J, et al. Distal tuberosity osteotomy in open wedge

- high tibial osteotomy can prevent patella infera; a new technique[J]. *Knee*, 2004, 11(6): 457-461.
- [12] GOOI S G, CHAN C X Y, TAN M K L, et al. Patella height-changes post high tibial osteotomy [J]. *Indian J Orthop*, 2017, 51(5): 545-551.
- [13] HINTERWIMMER S, BEITZEL K, PAUL J, et al. Control of posterior tibial slope and patellar height in open-wedge valgus high tibial osteotomy [J]. *Am J Sports Med*, 2011, 39(4): 851-856.
- [14] OGAWA H, MATSUMOTO K, YOSHIOKA H, et al. Distal tibial tubercle osteotomy is superior to the proximal one for progression of patellofemoral osteoarthritis in medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(10): 3270-3278.
- [15] KRAUSE M, DRENCK T C, KORTHAUS A, et al. Patella height is not altered by descending medial open-wedge high tibial osteotomy (HTO) compared to ascending HTO [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(6): 1859-1866.
- [16] LONGINO P D, BIRMINGHAM T B, SCHULTZ W J, et al. Combined tibial tubercle osteotomy with medial opening wedge high tibial osteotomy minimizes changes in patellar height: a prospective cohort study with historical controls [J]. *Am J Sports Med*, 2013, 41(12): 2849-2857.
- [17] PARK H, KIM H W, KAM J H, et al. Open wedge high tibial osteotomy with distal tubercle osteotomy lessens change in patellar position [J/OL]. *Biomed Res Int*, 2017 [2020-11-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28804716/>. DOI:10.1155/2017/4636809.
- [18] HORIKAWA T, KUBOTA K, HARA S, et al. Distal tuberosity osteotomy in open-wedge high tibial osteotomy does not exacerbate patellofemoral osteoarthritis on arthroscopic evaluation [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(6): 1750-1756.
- [19] 陈百成, 高石军, 王晓峰, 等. 胫骨高位截骨术后髌骨低位 [J]. *中华骨科杂志*, 2003, 23(8): 449-451.
- [20] 吕立桃, 谢兴文, 顾玉彪, 等. 低位髌骨对髌股关节炎发生影响的研究进展 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2015, 4(4): 314-316.
- [21] EL-AZAB H, GLABGLY P, PAUL J, et al. Patellar height and posterior tibial slope after open- and closed-wedge high tibial osteotomy: a radiological study on 100 patients [J]. *Am J Sports Med*, 2010, 38(2): 323-329.
- [22] STOFFEL K, WILLERS C, KORSHID O, et al. Patellofemoral contact pressure following high tibial osteotomy: a cadaveric study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007, 15(9): 1094-1100.
- [23] 荆立忠, 王小谭, 王少山, 等. 分别基于胫骨与股骨为参考点的 MOWHTO 术后髌骨高度测量及其与前方截骨间隙的相关性分析 [J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2020, 18(2): 186-188.
- [24] 林晓东, 郑沐欣, 夏威夷, 等. 胫骨后倾角在膝关节手术中的临床意义 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(10): 914-917.
- [25] KIM G B, KIM K I, SONG S J, et al. Increased posterior tibial slope after medial open-wedge high tibial osteotomy may result in degenerative changes in anterior cruciate ligament [J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(9): 1922-1928.
- [26] NHA K W, KIM H J, AHN H S, et al. Change in posterior tibial slope after open-wedge and closed-wedge high tibial osteotomy: a meta-analysis [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(11): 3006-3013.
- [27] TÜRKMEN F, KAÇIRA B K, ÖZKAYA M, et al. Comparison of monoplanar versus biplanar medial opening-wedge high tibial osteotomy techniques for preventing lateral cortex fracture [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(9): 2914-2920.
- [28] JO H S, PARK J S, BYUN J H, et al. The effects of different hinge positions on posterior tibial slope in medial open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(6): 1851-1858.
- [29] LEE Y S, LEE S B, OH W S, et al. Changes in patellofemoral alignment do not cause clinical impact after open-wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(1): 129-133.
- [30] OGAWA H, MATSUMOTO K, OGAWA T, et al. Effect of wedge insertion angle on posterior tibial slope in medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Orthop J Sports Med*, 2016, 4(2): 232-236.
- [31] LEE S S, NHA K W, LEE D H. Posterior cortical breakage leads to posterior tibial slope change in lateral hinge fracture following opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(3): 698-706.
- [32] 臧永辉, 许瀚, 石波, 等. 关节镜联合开放楔形胫骨高位截骨术治疗膝关节骨关节炎的早期效果 [J]. *骨科*, 2020, 11(5): 417-421.
- [33] 闵翊, 王建军, 叶超, 等. 胫骨结节下单平面开放胫骨高位截骨术治疗内侧间室膝骨关节炎的近期效果观察 [J]. *医学综述*, 2020, 26(2): 403-407.
- [34] DIFFO KAZE A, MAAS S, HOFFMANN A, et al. Mechanical strength assessment of a drilled hole in the contralateral cortex at the end of the open wedge for high tibial osteotomy [J]. *J Exp Orthop*, 2017, 4(1): 23.