

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2023.10.022

❖ 临床研究 ❖

白内障超声乳化手术前后角膜高阶像差的改变

田靖, 廖萱, 兰长骏, 谭青青, 林佳, 文佰伟

(川北医学院, 1. 眼视光医学院; 2. 附属医院眼科, 四川 南充 637000)

【摘要】目的: 比较透明角膜切口白内障超声乳化 (Phacoemulsification) 联合人工晶状体 (IOL) 植入术前后角膜高阶像差的改变, 为个性化选择 IOL 提供依据。**方法:** 前瞻性非随机临床研究, 收集年龄相关性白内障患者 142 例 (200 眼), 均接受 10:30 方位、2.75 mm 透明角膜切口 Phacoemulsification + IOL 植入术。采用 Topcon KR-1W 视觉质量分析仪测量术前及术后 3 个月角膜高阶像差, 比较手术前后 4 mm 及 6 mm 瞳孔直径下角膜的总高阶像差 (tHOA)、球差 (SA)、慧差 (coma) 及三叶草像差 (trefoil) 的变化。**结果:** 4 mm 瞳孔直径下, 术前角膜 tHOA 和 trefoil 分别为 $(0.17 \pm 0.07) \mu\text{m}$ 和 $(0.10 \pm 0.06) \mu\text{m}$, 术后 3 个月为 $(0.27 \pm 0.09) \mu\text{m}$ 和 $(0.21 \pm 0.09) \mu\text{m}$; 6 mm 瞳孔直径下, 术前角膜 tHOA 和 trefoil 分别为 $(0.48 \pm 0.14) \mu\text{m}$ 和 $(0.20 \pm 0.11) \mu\text{m}$, 术后 3 个月为 $(0.73 \pm 0.21) \mu\text{m}$ 和 $(0.49 \pm 0.20) \mu\text{m}$, 手术前后角膜 tHOA 和 trefoil 值比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。4 mm 瞳孔直径下, 术前角膜 SA 和 coma 分别为 $(0.05 \pm 0.03) \mu\text{m}$ 和 $(0.10 \pm 0.06) \mu\text{m}$, 术后 3 个月为 $(0.05 \pm 0.03) \mu\text{m}$ 和 $(0.11 \pm 0.06) \mu\text{m}$; 6 mm 瞳孔直径下, 术前角膜 SA 和 coma 分别为 $(0.25 \pm 0.07) \mu\text{m}$ 和 $(0.26 \pm 0.13) \mu\text{m}$, 术后 3 个月为 $(0.26 \pm 0.07) \mu\text{m}$ 和 $(0.27 \pm 0.14) \mu\text{m}$, 手术前后角膜 SA 和 coma 值比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论:** 2.75 mm 透明角膜切口超声乳化术后角膜 SA 及 coma 值无明显变化, 可为个性化选择非球面 IOL 提供依据。

【关键词】 白内障; 角膜; 高阶像差; 球差

【中图分类号】 R776.1 **【文献标志码】** A

Changes of corneal HOAs before and after Phacoemulsification

TIAN Jing, LIAO Xuan, LAN Chang-jun, TAN Qing-qing, LIN Jia, WEN Bai-wei

(1. School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College; 2. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China)

【Abstract】 Objective: To compare the changes of corneal high order aberration (HOAs) before and after surgery of the Phacoemulsification and intraocular lenses (IOL) implantation, provide a basis for personalized selection of IOL. **Methods:** A prospective non-random controlled clinical study was conducted on 142 age-related cataract patients (200 eyes). The phacoemulsification and IOL implantation under 2.75mm and 10:30 orientation clear corneal incision (CCI) was adopted. Preoperatively and 3 months postoperatively, Topcon KR-1W was used to measure the HOAs. The changes of total high order aberration (tHOA), spherical aberration (SA), coma and trefoil were compared from the corneal anterior surface under 4 mm and 6 mm pupil diameters (PD) before and after surgery. **Results:** Corneal tHOA and trefoil were $(0.17 \pm 0.07) \mu\text{m}$ and $(0.10 \pm 0.06) \mu\text{m}$ postoperatively at 4mm PD, after 3 months of surgery, they were $(0.27 \pm 0.09) \mu\text{m}$ and $(0.21 \pm 0.09) \mu\text{m}$, respectively. Corneal tHOA and trefoil were $(0.48 \pm 0.14) \mu\text{m}$ and $(0.20 \pm 0.11) \mu\text{m}$ postoperatively at 6 mm PD, after 3 months of surgery, they were $(0.73 \pm 0.21) \mu\text{m}$ and $(0.49 \pm 0.20) \mu\text{m}$, respectively. There were statistically significant difference in corneal tHOA and trefoil values before and after surgery ($P < 0.01$). Corneal SA and coma were $(0.05 \pm 0.03) \mu\text{m}$ and $(0.10 \pm 0.06) \mu\text{m}$ postoperatively at 4 mm PD, after 3 months of surgery, they were $(0.05 \pm 0.03) \mu\text{m}$ and $(0.11 \pm 0.06) \mu\text{m}$, respectively. Corneal SA and coma were $(0.25 \pm 0.07) \mu\text{m}$ and $(0.26 \pm 0.13) \mu\text{m}$ postoperatively at 4 mm PD, after 3 months of surgery, they were $(0.26 \pm 0.07) \mu\text{m}$ and $(0.27 \pm 0.14) \mu\text{m}$, respectively. There were no statistically significant difference in corneal SA and coma before and after surgery ($P > 0.05$). **Conclusion:** There are no statistically significant difference in corneal SA and coma between pre-operation and post-operation with a 2.75 mm CCI phacoemulsification. It can provide a basis for personalized selection of aspheric IOLs.

【Key words】 Cataract; Corneal; High order aberration; Spherical aberration

白内障是全球第一大致盲性眼病, 手术治疗是唯一有效的方法, 目前超声乳化 (Phacoemulsifica-

tion) + 人工晶状体 (intraocular lens, IOL) 植入术是最主要的手术方式, 可有效恢复视力。但视力作为

基金项目: 川北医学院附属医院科研发展计划项目 (2023JC037)

作者简介: 田靖 (1988 -), 男, 硕士, 主治医师。E-mail: 371041075@qq.com

通讯作者: 兰长骏。E-mail: lanchangjun@sina.com

评价视功能的指标之一,仅能反映黄斑对小目标高对比度的分辨能力,部分患者术后仍主观感觉视物模糊、夜间视力差、眩光等,并伴有对比敏感度下降。波前像差(wavefront aberration, WA)是实际成像与理想成像之间的偏差^[1],是衡量人眼屈光系统成像质量的重要指标之一。全眼总波前像差主要包括角膜和晶状体像差,白内障手术后全眼像差变化的主要原因是角膜像差改变及植入 IOL 后眼内像差的变化^[2]。非球面 IOL 基于 6 mm 瞳孔直径下的正常人群角膜球差(spherical aberration, SA)平均值设计,然而正常人群中角膜 SA 分布在一定的范围内。前期研究^[3]也得以证实,根据术前角膜 SA 个性化选择非球面 IOL,精准补偿角膜的正性 SA,更有利于术后提高视觉质量。但实际非球面 IOL 的个性化选择,需要两个基本的条件:一是植入 IOL 球差与球差设计值接近,二是手术前后角膜像差无明显变化。前期研究^[4-5]表明,植入的 IOL 的球差与球差设计值接近。本研究旨在比较常规 2.75 mm 透明角膜切口 Phacoemulsification + IOL 植入术前和术后的角膜高阶像差。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2016 年 7 月至 2017 年 7 月川北医学院附属医院收治的 142 例(200 眼)行 Phacoemulsification + IOL 植入术白内障患者为研究对象。其中男性 67 例(91 眼),女性 75 例(109 眼);右眼 103 只,左眼 97 只;年龄(65.90 ± 8.11)岁。其中性别、眼别、年龄等一般资料比较无统计学差异($P > 0.05$)。纳入标准:年龄相关性白内障患者,认知能力正常,泪膜功能正常。排除标准:(1)有全身系统疾病不能配合检查者;(2)术前角膜散光 > 1.0 D 者;(3)有角膜屈光手术史及角膜疾病者;(4)有眼部其他疾病者,如青光眼、葡萄膜炎、眼外伤、黄斑变性等;(5)泪膜功能不稳定者。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 手术均由同一名经验丰富的手术医生实施,术前点 3 次表面麻醉剂,15°角膜穿刺刀做辅助切口。使用 2.75 mm 角膜隧道刀在 10:30 点方位行透明角膜主切口,前房注入 Discovisc 粘弹剂,连续环形撕囊,并水分离,核乳化, I/A 吸净皮质,然后进行后囊抛光, IOL 植入囊袋内, I/A 置换粘弹剂,术毕典必殊眼膏涂术眼。

1.2.2 像差检查 采用 Topcon KR-1W 视觉质量分析仪,由同一位医生进行检查,散瞳后在暗室进行,患者眨眼几次后注视目标,检查者在屏幕上迅速

调整参考中心与患者注视中心直至重合,此时 KR-1W 自动跟踪光学中心扫描 3 次,并自动选择最优数据显示,传输到计算机进行分析,得出不同瞳孔直径下角膜、眼内及全眼像差各成分,可直接用于统计学分析。

1.2.3 观察指标 术前及术后 3 个月 4 mm 及 6 mm 瞳孔直径下的角膜总高阶像差(total high order aberration, tHOA)、SA、慧差(coma)及三叶草像差(trefoil)。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行处理与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以($\bar{x} \pm s$)表示,术前和术后比较行配对样本 t 检验;计数资料以 [$n(\%)$] 表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

在 4 mm 及 6 mm 瞳孔直径下,患者手术前后角膜 tHOA、trefoil 值有统计学差异($P < 0.05$);角膜 SA、coma 值无统计学差异($P > 0.05$)。见表 1、表 2、图 1 及图 2。

表 1 2.75 mm 切口白内障超声乳化术前后 4 mm 直径下角膜高阶像差比较($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

像差类别	4 mm		t 值	P 值
	术前	术后		
tHOA	0.17 ± 0.07	0.27 ± 0.09	-16.30	<0.001
SA	0.05 ± 0.03	0.05 ± 0.03	-0.89	0.38
coma	0.10 ± 0.06	0.11 ± 0.06	-1.74	0.08
trefoil	0.10 ± 0.06	0.21 ± 0.09	-16.41	<0.001

表 2 2.75 mm 切口白内障超声乳化术前后 6 mm 直径下角膜高阶像差比较($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

像差类别	6 mm		t 值	P 值
	术前	术后		
tHOA	0.48 ± 0.14	0.73 ± 0.21	-18.06	<0.001
SA	0.25 ± 0.07	0.26 ± 0.07	-1.64	0.10
coma	0.26 ± 0.13	0.27 ± 0.14	-1.08	0.28
trefoil	0.20 ± 0.11	0.49 ± 0.20	-21.29	<0.001

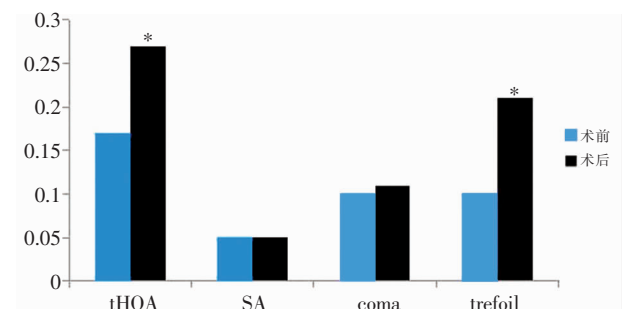


图 1 2.75 mm 切口白内障超声乳化术前后 4 mm 直径下角膜高阶像差比较

* $P < 0.05$, 与术前比较。

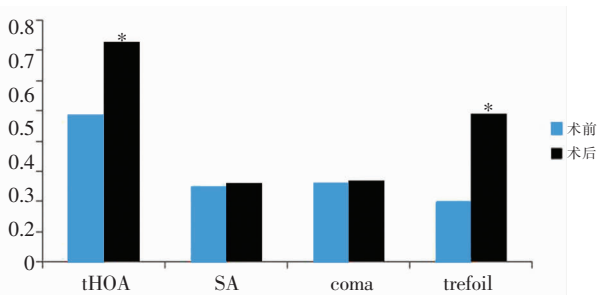


图 2 2.75 mm 切口白内障超声乳化术前后 6 mm 直径下角膜高阶像差比较

* $P < 0.05$, 与术前比较。

3 讨论

白内障术后除关注视力外,还要关注患者术后视觉质量,而波前像差是评价视觉质量的一种指标。1994 年, Liang 等^[6]首次使用了 Hartmann-Shack 原理设计了人眼像差仪,并用 Zernike 多项式完整的描述人眼像差状态。这种客观波前像差仪具有比主观像差仪更快捷的优点,且不同程度对各种屈光手术后出现的视觉问题作出了相应的解释,因此在临床上受到越来越多的关注。本研究所用的 Topcon KR-1W 是一款基于 Hartmann-shack 原理设计的视觉质量分析仪,既往研究其测量结果有很好的重复性^[7],但使用 Topcon KR-1W 在瞳孔直径为 4 mm 及 6 mm 下比较手术前后角膜波前像差,国内外报道较少。

本研究通过对 200 眼 2.75 mm 透明角膜切口 Phacoemulsification + IOL 植入手术前后像差进行比较,结果显示,手术前后 SA、coma 值差异无统计学意义 ($P > 0.05$); trefoil 值差异有统计学意义 ($P < 0.05$),与国内外研究^[8-13]结果相似,提示手术前后角膜 SA 及 coma 几乎不发生变化,而术后角膜 trefoil 值的增加可能与角膜切口的数目、大小及位置方向有关。术前术后角膜 tHOA 差异有统计学意义 ($P < 0.05$),由于角膜 tHOA 主要由 SA、coma 和 trefoil 构成,因此术后 trefoil 增加可能是导致 tHOA 增加的因素之一。Can 等^[13]分别比较 1.8 mm 双手微切口白内障超声乳化术及 1.89 mm 同轴小切口超声乳化术两组角膜像差变化,发现在 6 mm 瞳孔直径下两组术后 tHOA 均无明显变化; Tong 等^[9]测量 1.5 mm 微切口白内障超声乳化术及 3.0 mm 小切口白内障超声乳化术两组在 6 mm 瞳孔直径下角膜像差变化发现,小切口组高阶像差的均方根值术后与术前差异虽无统计学意义,但已在统计学临界值边缘; Elkady 等^[8]对 1.8 mm 微切口白内障超声乳化术角膜像差进行研究发现,在 6 mm 瞳孔直径下术后角膜 tHOA 变化无统计学意义; 曾国燕等^[10]对

125 例白内障患者 145 眼白内障超声乳化术进行了研究,发现术后角膜 tHOA 变化无统计学意义。上述研究中所使用的设备是角膜地形图仪和光路追击设计原理的视觉质量分析仪,与本研究所使用的 Hartmann-Shack 原理的红外激光光源测量系统有所不同,以 Hartmann-Shack 原理设计的 KR-1W 可显示人眼总像差和点扩散函数的伪彩色图谱,并通过不同的视觉质量指标更客观准确的反映患者的视觉质量。

正常人眼角膜 SA 值为正值,眼内 SA 为负值(主要为晶状体 SA),当两者处于一种平衡状态才能达到最佳视觉质量,本研究也显示,白内障超声乳化吸除联合 IOL 植入术后眼内 SA 接近于 IOLSA 设计值^[4-5]。本研究还表明,在 6 mm 瞳孔直径下角膜 SA 的分布范围为 $0.06 \sim 0.54 \mu\text{m}^{[3]}$,角膜 SA 分布存在个体差异,应根据白内障患者术前角膜 SA 值个性化地选择非球面 IOL 进行植入,从而降低全眼 SA,提升患者术后视觉质量。

高奕晨等^[14]选取 123 例 123 眼白内障患者,采用 iTrace、Pentacam、OPD-Scan III 和 CASIA2 测量角膜参数,发现 OPD-Scan III 与 iTrace 测量以角膜顶点为中心 4 mm 直径下的角膜 tHOA 和 6 mm 直径下的角膜 SA 结果无差异,相关性及其一致性好,但除此之外的几种设备测量结果间差异性较大。本研究所用的 Topcon KR-1W 是一款基于 Hartmann-shack 原理设计的视觉质量分析仪,虽然既往研究其测量结果有很好的重复性,但在研究 Phacoemulsification + IOL 植入术前术后角膜像差变化还应多参考其他像差设备分析,这也是本研究的局限性所在。

综上,固定切口方位的 2.75mm 透明角膜切口 Phacoemulsification 后角膜 SA 没有改变。提示术前角膜 SA 值检测可以作为个性化选择不同 SA 值非球面 IOL 的依据。

参考文献

- [1] 瞿佳. 视光学理论和方法 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 192.
- [2] Mrochen M, Jankov M, Bueeler M, et al. Correlation between corneal and total wavefront aberrations in myopic eyes [J]. Journal of Refractive Surgery, 2003, 19(2): 104 - 112.
- [3] 田靖, 廖莹, 兰长骏, 等. 像差仪测量白内障患者术前角膜球面像差 [J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2017, 39(12): 919 - 921.
- [4] 田靖, 廖莹, 兰长骏, 等. 不同球差非球面人工晶状体眼高阶像差比较 [J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2017, 31(4): 13 - 17.
- [5] Liao X, Lin J, Tian J, et al. Evaluation of optical quality: ocular scattering and aberrations in eyes implanted with diffractive multifocal or monofocal intraocular lenses [J]. Current Eye Research, 2018, 43(6): 696 - 701.

- [6] Liang J, Grimm B, Goelz S, *et al.* Objective measurement of wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wave-front sensor[J]. *Journal of the Optical Society of America A*, 1994, 11(7): 1949 - 1957.
- [7] 邢晓杰, 汤欣, 宋慧. KR-1W 波前像差仪测量人工晶状体眼像差可重复性研究[J]. *中国实用眼科杂志*, 2011(11): 1127 - 1130.
- [8] Elkady B, Alió JL, Ortiz D, *et al.* Corneal aberrations after microincision cataract surgery[J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2008, 34(1): 40 - 45.
- [9] Tong N, He JC, Lu F, *et al.* Changes in corneal wavefront aberrations in microincision and small-incision cataract surgery[J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2008, 34(12): 2085 - 2090.
- [10] 曾国燕, 张远平, 赵学英, 等. 不同球差非球面人工晶状体植入术后的视觉质量分析[J]. *眼科新进展*, 2016, 36(11): 1042 - 1046.
- [11] Marcos S, Rosales P, Llorente L, *et al.* Change in corneal aberrations after cataract surgery with 2 types of aspherical intraocular lenses[J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2007, 33(2): 217 - 226.
- [12] Li X, Cao X, Hou XR, *et al.* Effect of cataract incision type on corneal spherical aberration[J]. *Medicine*, 2022, 101(35): e30292.
- [13] Can I, Bayhan HA, Çelik H, *et al.* Comparison of corneal aberrations after biaxial microincision and microcoaxial cataract surgeries: a prospective study[J]. *Current Eye Research*, 2012, 37(1): 18 - 24.
- [14] 高奕晨, 杨军, 蒋元丰, 等. 不同像差分析设备对白内障患者角膜高阶像差测量的比较[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2022, 24(10): 752 - 759.

(收稿日期: 2022-11-11)

修回日期: 2023-06-06

(上接第 1382 页)

- [7] 陈昌斌, 龙丁柏, 陈兴强. 经皮撬拨闭合复位空心钉内固定术治疗跟骨 Sanders II、III 型骨折[J]. *中南医学科学杂志*, 2021, 49(5): 603 - 606.
- [8] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中国医师协会骨科医师分会创伤专家工作委员会, 张长青, 等. 成人股骨颈骨折诊治指南[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018(11): 921 - 928.
- [9] 程明, 彭诗语, 江娇, 等. 不同治疗方法对骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体力学稳定性影响的有限元分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(12): 1519 - 1523.
- [10] Kim KM, Lee JJ, Chung US. Perceived health status of and moderating factors in elderly people caring for their grandchildren[J]. *Psychiatry Investigation*, 2020, 17(4): 275 - 282.
- [11] Ebert JR, Fearon AM, Smith A, *et al.* Responsiveness of the Victorian Institute for Sport Assessment for Gluteal Tendinopathy (VI-SA-G), modified Harris hip and Oxford hip scores in patients undergoing hip abductor tendon repair[J]. *Musculoskeletal Science and Practice*, 2019, 43: 1 - 5.
- [12] Liu J, Li Z, Ding J, *et al.* Femoral neck fracture combined with anterior dislocation of the femoral head: injury mechanism and proposed novel classification[J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2021, 22(1): 1 - 11.
- [13] 贺景国, 王刚, 李伟, 等. 髌骨内固定支架治疗骨盆后环损伤的疗效观察[J]. *成都医学院学报*, 2020, 15(4): 513 - 516.
- [14] 张高行, 陈丽, 马智聪. 髂筋膜阻滞联合右美托咪定在高血压患者股骨近端骨折麻醉前的应用[J]. *遵义医学院学报*, 2019, 42(3): 320 - 323.
- [15] Su Z, Liang L, Hao Y. Medial femoral plate with cannulated screw for Pauwels type III femoral neck fracture: a meta-analysis[J]. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2021, 34(2): 169 - 177.
- [16] 任步方, 吕欣, 马全平, 等. 应用自制股骨颈内固定导向器置入空心螺钉治疗股骨颈骨折的临床效果[J]. *中华外科杂志*, 2023, 61(3): 239 - 243.
- [17] 赵振华, 王芒, 刘保一, 等. 混合现实技术在股骨颈骨折 2 枚空心钉内固定术中应用的效果分析[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2021, 36(12): 1278 - 1280.
- [18] 罗卢华, 沈洪晖, 杨坚, 等. 不同数量空心钉治疗股骨颈骨折的疗效分析[J]. *国际骨科学杂志*, 2021, 42(1): 59 - 64.
- [19] 石兴雷, 阮传江, 韩玉虎, 等. 空心钉锁定钢板与加压空心螺钉治疗青壮年股骨颈骨折对比研究[J]. *蚌埠医学院学报*, 2019, 44(7): 900 - 902, 907.
- [20] 任冬, 李伟, 李雷, 等. 无头加压全螺纹空心钉治疗严重肱骨髁冠状面 Dubberley3 型骨折的中期疗效分析[J]. *实用医院临床杂志*, 2019, 16(4): 49 - 51.
- [21] 熊巍, 易敏, 龙成, 等. 股骨颈动力交叉钉系统与倒三角形空心螺钉固定治疗成人股骨颈骨折的疗效比较[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23(9): 748 - 753.
- [22] 可雨奇, 赵鑫, 田欣雨, 等. 跟骨骨折临时外固定牵开复位空心钉内固定[J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(7): 649 - 652.
- [23] Maharjan R, Shrestha BP, Chaudhary P, *et al.* Functional outcome of patients of tibial fracture treated with solid nail (SIGN nail) versus conventional hollow nail - A randomized trial[J]. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 2021, 12(1): 148 - 160.
- [24] 段春情, 侯开宇. 不同手术方式治疗青壮年股骨颈骨折患者早期临床疗效[J]. *昆明医科大学学报*, 2020, 41(10): 55 - 61.
- [25] Sun Y, Huang T, Lin J, *et al.* Autogenous fibula graft and cannulated screw fixation to cephalic cut out after DHS fixation: a retrospective study[J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2020, 15(1): 11.

(收稿日期: 2023-04-09)

修回日期: 2023-06-13