

胫骨高位截骨术后腿长差异的临床疗效观察

李淳朴^{1,2}, 范嘉怡³, 宋文联^{1,2}, 孙申杰^{1,2}, 张 益², 陈进利^{2*}

¹青岛大学, 山东 青岛

²青岛大学附属医院运动医学科, 山东 青岛

³山东中医药大学, 山东 济南

收稿日期: 2023年1月16日; 录用日期: 2023年2月11日; 发布日期: 2023年2月17日

摘 要

目的: 通过对照研究内侧开放胫骨高位截骨术(open wedge high tibial osteotomy, OWHTO)和外侧闭合胫骨高位截骨术(close wedge high tibial osteotomy, CWHTO)后腿长差异(leg length discrepancy, LLD)对治疗膝关节骨关节炎临床疗效的影响。方法: 回顾性分析自2019年9月至2020年9月于我院行HTO手术治疗的膝关节内侧间室骨关节炎患者, 共纳入60例, 60膝, 按照患者的手术方式将其分为OWHTO组和CWHTO组。观察两组患者的腿长差异、下肢力线纠正情况、膝关节功能和相关并发症的差异。结果: 术前OWHTO组和CWHTO组的基线资料差异无统计学意义, 术前及术后18个月OWHTO组和CWHTO组的下肢力线差异无统计学意义, 膝关节功能及疼痛评分差异无统计学意义。LLD, OWHTO术后患肢延长(6.1 ± 1.5) mm, CWHTO患肢延长(1.2 ± 1.3) mm, 两组差异有统计学意义, LLD大的患者对侧膝关节疼痛和腰背部疼痛的发生率较高。结论: OWHTO和CWHTO均能有效纠正下肢力线、缓解膝关节疼痛和提高膝关节功能, OWHTO术后明显增加LLD并且LLD大者出现对侧膝关节疼痛和腰背疼痛的概率增加。术者进行HTO时应充分考虑LLD, 术前应进行详细的截骨规划避免过大的LLD。

关键词

膝关节, 内侧开放, 外侧闭合, 腿长

Clinical Efficacy of Leg Length Difference on High Tibial Osteotomy

Chunpu Li^{1,2}, Jiayi Fan³, Wenlian Song^{1,2}, Shenjie Sun^{1,2}, Yi Zhang², Jinli Chen^{2*}

¹Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Sport Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

³Shandong University of Traditional Chinese Medical, Jinan Shandong

Received: Jan. 16th, 2023; accepted: Feb. 11th, 2023; published: Feb. 17th, 2023

*通讯作者 Email: chenjinli2000@163.com

文章引用: 李淳朴, 范嘉怡, 宋文联, 孙申杰, 张益, 陈进利. 胫骨高位截骨术后腿长差异的临床疗效观察[J]. 临床医学进展, 2023, 13(2): 2260-2266. DOI: 10.12677/acm.2023.132316

Abstract

Objective: A controlled study was conducted to investigate the effect of medial open high tibial osteotomy and lateral closed high tibial osteotomy on leg length disparity (LLD). **Methods:** A total of 60 patients with medial compartment osteoarthritis of the knee who underwent HTO surgery in our hospital from September 2019 to September 2020 were included in the retrospective analysis. Sixty knees were divided into the OWHTO group and the CWHTO group according to the surgical method of the patients. The differences in leg length, clinical efficacy, knee joint function and related complications of the two groups were observed. **Results:** There were no significant differences in baseline data, lower extremity force lines, knee joint function, or pain scores before and 18 months after surgery between the OWHTO and CWHTO groups. The limb lengths of the LLD, OWHTO and CWHTO patients after surgery were (6.1 ± 1.5) mm and (1.2 ± 1.3) mm, respectively. The differences between the two groups were statistically significant. The patients with the largest LLD had higher probability of contralateral knee joint pain and lower back pain. **Conclusion:** Both OWHTO and CWHTO can effectively correct the lower limb tension line, relieve knee joint pain and improve knee joint function. The LLD after OWHTO surgery is significantly increased, and the probability of contralateral knee joint pain and low back pain in patients with large LLD is increased. The LLD should be fully considered by the operator when performing HTO, and detailed osteotomy planning should be performed preoperatively to avoid excessive LLD.

Keywords

Knee, Medial Open Wedge, Lateral Closed Wedge, Leg Length

Copyright © 2023 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

膝关节骨关节炎(Knee osteoarthritis, KOA)是以关节软骨退变,潜在骨破坏为特征性疾病,全球约有2.5亿老年人口受到膝关节骨关节炎的影响[1] [2] [3] [4] [5]。KOA对老年人生活质量的影响主要表现在膝关节畸形、疼痛和活动受限等方面[6]。胫骨高位截骨术(high tibial osteotomy, HTO)可以纠正膝关节畸形、缓解疼痛和提高膝关节功能,HTO治疗内侧间室骨关节炎(osteoarthritis, OA)的10~14年生存率可靠[7] [8],HTO主要利用截骨技术将下肢力线转移至膝关节外侧嵴,从而减轻内侧间室压力及疼痛[9]。

HTO的主要截骨方式包括,内侧撑开胫骨高位截骨术、外侧闭合胫骨高位截骨术和穹窿样截骨[10] [11] [12],OWHTO手术操作相对简单,可对下肢力线进行精细调节,学习曲线较短[13];CWHTO对腿长影响较小、骨折愈合较快[14],因此OWHTO和CWHTO在临床上应用较多。虽然OWHTO和CWHTO两种术式都有各自的优势且在力线纠正方面两者差异不太明显,但二者腿长差异(leg length discrepancy, LLD)较明显。较大的LLD会导致腰背疼痛、坐骨神经痛以及较短腿OA的进展[15]。

目前对HTO术后LLD的研究主要集中在数学模型[15],临床对照研究较少,本研究通过回顾性分析在我院进行HTO术后18个月的患者LLD并分析产生LLD的力学机制,得出OWHTO和CWHTO产生LLD较为可靠的结论以及对患者整体产生的影响,对于力线矫正程度不同的患者需要个性化选择手术方案力争减小LLD。

2. 对象与方法

2.1. 纳入对象

2.1.1. 病例纳入及排除标准

纳入标准：① 膝关节内侧 OA，② 内翻畸形、MPTA $< 85^\circ$ 、屈曲畸形 $< 10^\circ$ ，③ 不合并韧带损伤，④ 年龄 < 65 岁。排除标准：① 膝关节先天畸形，② 严重的类风湿关节炎、夏科氏关节等，③ 膝关节外伤(韧带损伤、髌骨骨折等)或手术史(半月板切除、股骨或胫骨骨折术后)，④ 关节内有大量游离体，⑤ 膝关节活动范围 $< 100^\circ$ ，⑥ 长期吸烟史。

2.1.2. 一般资料

自 2019 年 9 月至 2020 年 9 月于我院行 HTO 手术治疗的膝关节内侧间室骨关节炎患者，共纳入 60 例，60 膝(男性 27 例，27 膝，女性 33 例，33 膝)，其中 OWHTO 组男性 14 膝、女性 16 膝，平均年龄 59.9 ± 3.9 岁(范围 43~65 岁)，CWHTO 组男性 13 膝、女性 17 膝，平均年龄 60.3 ± 4.3 岁(范围 49~65 岁)。

所有入组的患者及家属均知晓本实验内容并且签署知情同意书，本研究已通过青岛大学附属医院伦理委员会审批(批号：QYFY WZLL 27021)。

2.2. 手术方法

2.2.1. 术前规划

术前拍摄下肢全长 X 线片，测量髌膝踝角(hip-knee-ankle angle, HKAA)、胫骨近端内侧角(The medioproximal tibial angle, MPTA)、关节线汇聚角(Joint line convergence angle, JLCA)等角度，根据 Miniaci [16]法计算在冠状面上需要矫正的角度，使下肢力线准确落在膝关节外侧髁间脊；术中机械轴矫正至穿过膝关节外侧髁间脊。

2.2.2. OWHTO 手术方式

自胫骨结节内侧 3 cm 处作纵行切口，松解部分鹅足肌腱及内侧副韧带。两枚平行克氏针定位水平截骨面，并进行双平面截骨[17]。当达到术前计划的下肢力线时，使用锁定钢板加压固定截骨部位。所有患者的截骨间隙均未做任何填充。

2.2.3. CWHTO 手术方式

自膝关节外侧近端 3~5 cm 处做 S 形切口，暴露胫腓骨并进行腓骨截骨。两枚平行克氏针定位，紧贴克氏针进行水平面截骨[18]，根据术前规划对水平面进行楔形截骨。纠正下肢力线后 X 线透视下确认力线纠正满意，使用锁定钢板加压固定截骨部位。

2.2.4. 术后康复

两组病人术后常规抗凝、抗感染，且采用相同的康复方案进行训练[19]，术后 1 d 鼓励患者进行关节运动锻炼，术侧可扶拐部分负重，术后 4 周允许完全负重。

2.3. 测量与评估

2.3.1. 影像学评估

放射学的观察指标包括：HKAA、MPT、LLD。HKAA 是股骨机械轴与胫骨机械轴的夹角，其中股骨机械轴是指髌关节中心与膝关节中心的连线，胫骨机械轴是指膝关节中心与踝关节中心的连线。MPTA 是胫骨平台切线与胫骨解剖轴的内侧夹角。

2.3.2. 腿长测量方法

常用的腿长测量方法有：影像学测量法和皮尺测量法。影像学测量，由两名独立观察者使用图像存档通信系统对患者下肢长度进行测量并采用量表的信度分析计算 ICC 值($ICC = 0.7$)，所有患者均按相同标准(髌骨与球管正对，且球管与髌骨距离相等)拍摄下肢全长 X 线片，腿长是全下肢 X 线片中股骨头中心到胫骨远端穹窿的最高点的距离。皮尺测量法是髌前上棘至外踝尖的距离。LLD 是术侧下肢长度减去对侧下肢长度的绝对值。

2.3.3. 临床功能评估

分别在术前和术后 18 个月采用 HSS 膝关节功能评分、对侧膝关节疼痛加重、是否出现腰背部疼痛评估临床疗效。HSS 评分，项目包括疼痛、功能、活动度等，总分 100 分，分值越高疗效越好。疼痛单独再次使用视觉模拟疼痛评分(VAS 评分)进行评估，评分范围 1 分~10 分，分值越小表明疼痛越轻。膝关节疼痛加重及腰背部疼痛采用是否的二分法评价。

2.4. 统计学分析

采用 SPSS 26.0 统计软件(SPSS, 美国)进行数据分析。计量资料以均数 \pm 标准差表示($\bar{x} \pm s$)，对于分类资料采用 Pearson 卡方检验；组间比较采用成组设计资料 t 检验。检验水准 α 值取双侧 0.05, $P < 0.05$ 。

3. 结果

3.1. 患者的一般资料

回顾性分析 2019 年 9 月至 2020 年 9 月于我院行 HTO 手术的患者 60 例，60 膝，(男性 27 例，女性 33 例)。两组患者的年龄，性别，侧别，BMI，K-L 分级的差异均无统计学意义($P > 0.05$ ，表 1)。

Table 1. Comparison of baseline data between OWHTO group and CWHTO group

表 1. OWHTO 组与 CWHTO 组患者基线资料的比较

组别	例数	年龄 (岁)	性别 (男/女, 例)	侧别 (左/右, 例)	身高 (cm)	体重 (Kg)	体质指数 (kg/m ²)	K-L 分级
OWHTO	30	59.9 \pm 3.9	14/16	12/18	161.6 \pm 4.8	73.7 \pm 7.2	28.2 \pm 2.4	2.5 \pm 0.5
CWHTO	30	60.3 \pm 4.3	13/17	14/16	161.8 \pm 4.6	73.1 \pm 6.2	27.9 \pm 1.9	2.6 \pm 0.4
t 值	-	0.437	0.067*	0.271*	0.110	0.345	0.515	1.672
P 值	-	0.664	0.795	0.602	0.913	0.732	0.609	0.101

注：*表示 χ^2 值。

3.2. 影像学评估结果

对下肢力线的测量结果进行组内自身对照和组间对照来评价临床疗效。术前、术后 18 个月两组患者 HKA、MPTA、JLCA 测量值差异均无统计学意义，LLD，OWHTO 组为(6.1 \pm 1.5) mm，CWHTO 组为(1.2 \pm 1.3) mm，CWHTO 组小于 OWHTO 组有统计学意义($t = 13.606$, $P < 0.001$)。两组患者下肢力线均得到了很好的纠正，且组间差异无统计学意义(表 2)。

3.3. 临床疗效评价

两组患者术前 HSS 评分、VAS 评分差异无统计学意义，术后 HSS 功能评分及 VAS 评分组间差异无统计学意义，对侧膝关节疼痛加重 OWHTO 组 14 膝、CWHTO 组 3 膝，组间差异具有统计学意义，出现

腰背部疼痛 OWHTO 组 17 例、CWHTO 组 4 例, 组间差异有统计学意义(表 3)。

Table 2. Preoperative and postoperative imaging data of 60 patients with KOA undergoing O/CWHTO
表 2. 60 例 KOA 患者行 O/CWHTO 术前术后影像学资料

分组	HKAA (°)		MPTA (°)		JLCA (°)		腿长差异 mm
	术前	术后	术前	术后	术前	术后	
OWHTO 组	170.5 ± 2.1	179.3 ± 0.6	82.5 ± 1.5	91.5 ± 0.7	4.9 ± 1.0	2.4 ± 0.6	6.1 ± 1.5
CWHTO 组	170.4 ± 2.2	179.2 ± 0.7	83.0 ± 1.8	91.6 ± 0.6	4.1 ± 1.1	2.2 ± 0.5	1.2 ± 1.3
t 值	0.269	0.381	1.090	0.377	0.201	1.077	13.606
p 值	0.789	0.705	0.280	0.708	0.842	0.286	0.000**

注: **表示, 差异具有统计学意义; 术前: HTO 术前 2-3 天; 术后: HTO 术后第 18 个月; 腿长差异: 术侧减去患侧取绝对值。

Table 3. Clinical evaluation of 60 KOA patients 18 months after HTO surgery
表 3. 60 例 KOA 患者行 HTO 术后 18 个月临床疗效评价

分组	HSS 功能评分(分)		VAS 评分(分)		对侧膝关节疼痛加重 是/否	出现腰背疼痛 是/否
	术前	术后 18 月	术前	术后 18 月		
OWHTO	52.3 ± 1.4	81.6 ± 3.0	7.6 ± 0.5	1.8 ± 0.3	14/16	17/13
CWHTO	52.3 ± 1.3	81.7 ± 2.9	7.5 ± 0.7	1.8 ± 0.2	3/27	4/26
t 值	0.000	0.846	0.000	0.440	9.932*	12.381*
P 值	1.000	0.895	1.000	0.662	0.002**	0.000**

注: *表示, X² 检验。 **表示, 差异具有统计学意义。

4. 讨论

本研究发现 OWHTO 和 CWHTO 均能有效纠正下肢力线、提高膝关节功能和缓解膝关节疼痛, 近期的随访数据表明若患肢下肢力线得到了良好的纠正, 则膝关节功能和疼痛缓解较明显。OWHTO 术后患肢延长(6.1 ± 1.5) mm, CWHTO 患肢延长(1.2 ± 1.3) mm, 进行 HTO 术后的部分患者出现了对侧膝关节疼痛加重, LLD 较大可能是对侧膝关节疼痛加重的诱因。OWHTO 术后部分患者出现了腰背部疼痛, LLD 也是腰背疼痛的诱发因素之一。

本研究发现 CWHTO 的腿长变化不明显, OWHTO 的腿长明显增加。虽然 CWHTO 在胫骨进行了截骨减少了骨量、胫骨长度有所减少, 但下肢力线从内翻畸形矫正至轻度外翻且减小了胫股角。从胫骨、股骨的解剖以及胫骨与股骨的几何关系分析, 下肢力线得到纠正之后患肢会有小幅度的延长, 而 CWHTO 胫骨截骨后短缩的部分刚好与之抵消。OWHTO 术后增加了胫骨的初始长度, 下肢力线经过矫正之后也会有小幅度的延长, 因此 OWHTO 术后患肢长度会有明显的增加。

本研究发现 LLD 差异明显的患者会出现对侧膝关节疼痛的现象。对侧膝关节疼痛的可能原因是: ① 对侧肢体相对变短行走时步幅增大与地面接触冲击力变大从而导致关节腔压力增大[19], ② 患肢变长的一个重要代偿机制是通过膝关节曲屈实现双侧下肢等长的目的, 因此导致对侧较短肢体的负荷增加从而加重膝关节疼痛, 及对侧膝关节 OA 进展的风险, ③ 术后对侧肢体相对变短, 因此对侧下肢的步幅发生改变是肌肉和骨骼应力发生改变从而导致腓骨长肌等膝关节周围相关肌肉疼痛。

本研究发现部分 LLD 明显的患者会出现腰背疼痛的现象, 腰背疼痛与 LLD 的两个主要代偿机制有

关。其中一个主要代偿机制是骨盆倾斜[20]，骨盆倾斜是功能性脊柱侧凸的重要发展因素，出现坐骨神经痛及腰背部疼痛大多因脊柱侧凸引起[21] [22] [23]。另一个主要代偿机制是增加髋关节摆动代偿下肢过长，髋关节运动幅度增加改变了腰椎负荷及生物力学结构进而产生腰背部疲劳及疼痛。

LLD 大的群体出现腰背疼痛发生的概率比 LLD 小的群体要高，LLD 越小引起腰背疼痛及对侧膝关节疼痛的概率越小[24] [25]。因此我们在术前规划截骨角度时需要充分考虑 LLD，对于需要大角度矫正的患者应避免采用 OWHO 以免患肢长度延长过多出现腰背疼痛、坐骨神经痛及对侧膝关节疼痛等相关的并发症。对于小角度矫正采用 OWHO 的患者且 LLD 在 10 mm 以内的患者，对其应进行健康宣教使其避免长时间站立、合理使用增高鞋垫减小 LLD，从而减少腰背部痛、对侧膝关节 OA 进展等相关并发症。

本研究的局限性：本研究为单中心研究，随访时间较短，进一步需要多中心研究，并增加随访时间。由于本研究为回顾性分析，对腿长测量只能在全下肢 X 线片中进行，进一步的研究应该采用更多的腿长测量方法进行对比研究。本研究只进行了下肢力线、腿长、膝关节功能等研究，进一步的研究应该涉及生物力学及步态分析等综合评价 LLD 对整体产生的影响。

参考文献

- [1] Zhou, M., Guo, Y., Wang, D., *et al.* (2017) The Cross-Sectional and Longitudinal Effect of Hyperlipidemia on Knee Osteoarthritis: Results from the Dongfeng-Tongji Cohort in China. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 9739. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10158-8>
- [2] Huang, T.C., Chang, W.T., Hu, Y.C., *et al.* (2018) Zinc Protects Articular Chondrocytes through Changes in Nrf2-Mediated Antioxidants, Cytokines and Matrix Metalloproteinases. *Nutrients*, **10**, 471. <https://doi.org/10.3390/nu10040471>
- [3] Huber, R., Kirsten, H., Näkki, A., *et al.* (2019) Association of Human FOS Promoter Variants with the Occurrence of Knee-Osteoarthritis in a Case Control Association Study. *International Journal of Molecular Sciences*, **20**, 1382. <https://doi.org/10.3390/ijms20061382>
- [4] Arjmand, H., Nazemi, M., Kontulainen, S.A., *et al.* (2019) Author Correction: Mechanical Metrics of the Proximal Tibia are Precise and Differentiate Osteoarthritic and Normal Knees: A Finite Element Study. *Scientific Reports*, **9**, Article No. 7053. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43379-0>
- [5] Vos, T., Flaxman, A.D., Naghavi, M., *et al.* (2012) Years Lived with Disability (YLDs) for 1160 Sequelae of 289 Diseases and Injuries 1990-2010: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, **380**, 2163-2196. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61729-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61729-2)
- [6] 王波, 余楠生. 膝关节炎阶梯治疗专家共识(2018年版)[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2019, 13(1): 124-130.
- [7] 侯延超, 魏杰, 贾中伟, 王晓东. 胫骨高位截骨治疗膝骨性关节炎中长期疗效分析[J]. 中国骨伤, 2016, 29(9): 795-799. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-0034.2016.09.005>
- [8] Kim, J.H., Kim, H.J. and Lee, D.H. (2017) Survival of Opening versus Closing Wedge High Tibial Osteotomy: A Meta-Analysis. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 7296. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07856-8>
- [9] 罗旺林, 殷德雄, 彭超, 刘勇. 胫骨高位截骨与单髁置换治疗单室膝骨性关节炎的荟萃分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26(9): 814-820. <https://doi.org/10.3977/j.issn.1005-8478.2018.09.10>
- [10] Hernigou, P., Medevielle, D., Debeyre, J. and Goutallier, D. (1987) Proximal Tibial Osteotomy for Osteoarthritis with Varus Deformity. A Ten to Thirteen-Year Follow-Up Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **69**, 332-354. <https://doi.org/10.2106/00004623-198769030-00005>
- [11] Koshino, T., Murase, T. and Saito, T. (2003) Medial Opening-Wedge High Tibial Osteotomy with Use of Porous Hydroxyapatite to Treat Medial Compartment Osteoarthritis of the Knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **85**, 78-85. <https://doi.org/10.2106/00004623-200301000-00013>
- [12] Maurer, F. and Wassmer, G. (2006) High Tibial Osteotomy: Does Navigation Improve Results? *Orthopedics*, **29**, S130-S132.
- [13] Jang, Y.W., Lim, D., Seo, H., *et al.* (2018) Role of an Anatomically Contoured Plate and Metal Block for Balanced Stability between the Implant and Lateral Hinge in Open-Wedge High-Tibial Osteotomy. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **138**, 911-920. <https://doi.org/10.1007/s00402-018-2918-9>

-
- [14] Okazaki, K. (2021) Closed-Wedge High Tibial Osteotomy Modified with Oblique Osteotomy Lines and a Locking Plate Fixation. *Arthroscopy Techniques*, **10**, e1061-e1066. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2020.12.005>
- [15] Swaminathan, V., Cartwright-Terry, M., Moorehead, J.D., Bowey, A. and Scott, S.J. (2014) The Effect of Leg Length Discrepancy upon Load Distribution in the Static Phase (Standing). *Gait & Posture*, **40**, 561-563. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.06.020>
- [16] Miniaci, A., Ballmer, F.T., Ballmer, P.M. and Jakob, R.P. (1989) Proximal Tibial Osteotomy. A New Fixation Device. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **246**, 250-259. <https://doi.org/10.1097/00003086-198909000-00035>
- [17] Matsumoto, H., Suda, Y., Otani, T., et al. (2001) Roles of the Anterior Cruciate Ligament and the Medial Collateral Ligament in Preventing Valgus Instability. *Journal of Orthopaedic Science*, **6**, 28-32. <https://doi.org/10.1007/s007760170021>
- [18] Hohmann, E., Bryant, A. and Imhoff, A.B. (2006) The Effect of Closed Wedge High Tibial Osteotomy on Tibial Slope: A Radiographic Study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **14**, 454-459. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0700-3>
- [19] 钟珊, 柳剑, 黄野双. 平面开放楔形胫骨高位截骨术的术后康复研究[J]. 实用骨科杂志, 2021, 27(10): 881-885. <https://doi.org/10.13795/j.cnki.sgkz.2021.10.004>
- [20] Baylis, W.J. and Rzonca, E.C. (1988) Functional and Structural Limb Length Discrepancies: Evaluation and Treatment. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*, **5**, 509-520.
- [21] McCaw, S.T. and Bates, B.T. (1991) Biomechanical Implications of Mild Leg Length Inequality. *British Journal of Sports Medicine*, **25**, 10-13. <https://doi.org/10.1136/bjism.25.1.10>
- [22] Giles, L.G. and Taylor, J.R. (1982) Lumbar Spine Structural Changes Associated with Leg Length Inequality. *Spine (Phila Pa 1976)*, **7**, 159-162. <https://doi.org/10.1097/00007632-198203000-00011>
- [23] Friberg, O. (1983) Clinical Symptoms and Biomechanics of Lumbar Spine and Hip Joint in Leg Length Inequality. *Spine (Phila Pa 1976)*, **8**, 643-651. <https://doi.org/10.1097/00007632-198309000-00010>
- [24] Kim, S.C., Lim, Y.W., Kwon, S.Y., et al. (2019) Effect of Leg-Length Discrepancy Following Total Hip Arthroplasty on Collapse of the Contralateral Hip in Bilateral Non-Traumatic Osteonecrosis of the Femoral Head. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **101**, 303-310. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B3.BJJ-2018-1053.R1>
- [25] Kim, W.Y. (2005) The Importance of Leg Length Discrepancy after Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **87**, 1307. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.87B8.16725>