

· 临床研究 ·

人工智能在全髋关节置换术前规划的应用[△]

郑勇强¹, 张金山¹, 林亮¹, 林振宇¹, 黄晓鹏¹, 陈雪婷², 刘晓峰^{1*}

(1. 福建省晋江市医院骨科, 福建泉州 362000; 2. 福建省德化县中医院针灸康复科, 福建泉州 362500)

摘要: [目的] 探讨人工智能 (artificial intelligence, AI) 在全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 术前假体测量的准确性。[方法] 选取 2021 年 6 月—2021 年 12 月收治的 24 例髋关节残疾患者, 按照随机数字表法分为 AI 组 (12 例) 及常规组 (12 例) 进行假体型号预测, 分析 AI 三维规划的准确性及可行性。[结果] 两组手术时间、总失血量、术后住院天数以及住院总费用的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。AI 组在髋臼杯一致性 [(±0/±1/±2), (91.7%/8.3%/0%) vs (33.3%/41.7%/25.0%), $P=0.013$] 和股骨假体型号一致性的准确度 [(±0/±1/±2), (83.3%/8.3%/8.3%) vs (41.7%/33.3%/25.0%), $P=0.017$] 显著高于常规组。随访时间平均 (15.2±5.7) 个月, 与术前相比, 末次随访时两组 VAS 评分均显著降低 ($P<0.05$), 髋伸曲 ROM 和 Harris 评分显著增加 ($P<0.05$)。相应时间点, 两组 VAS 评分、髋伸曲 ROM 和 Harris 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] AI 三维规划较胶片模板测量在 THA 术前假体型号的选择具有更精准的预测价值。

关键词: 终末髋关节病, 全髋关节置换, 人工智能三维规划, 胶片模板测量

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 15-1436-05

Application of artificial intelligence in preoperative planning for total hip arthroplasty // ZHENG Yong-qiang¹, ZHANG Jin-shan¹, LIN Liang¹, LIN Zhen-yu¹, HUANG Xiao-peng¹, CHEN Xue-ting², LIU Xiao-feng¹. 1. Department of Orthopedics, Jinjiang Hospital, Quanzhou 362000, China; 2. Department of Acupuncture and Rehabilitation, Dehua Hospital of Traditional Chinese Medicine, Quanzhou 362500, China

Abstract: [Objective] To investigate the accuracy of artificial intelligence (AI) in the measurement of prostheses before total hip arthroplasty (THA). [Methods] A total of 24 patients who were undergoing THA for end-stage hip arthropathies from June 2021 to December 2021 were divided into AI group (12 cases) and conventional group (12 cases) according to random number table method. The accuracy and feasibility of AI preoperative planning predicting prosthetic size were analyzed. [Results] There were no significant differences in operation time, total blood loss, postoperative hospitalization days and total hospitalization costs between the two groups ($P>0.05$). AI group proved significantly superior to the conventional group in terms of consistency of the acetabular component [(+0/+1/+2), (91.7%/8.3%/0%) vs (33.3%/41.7%/25.0%), $P=0.013$] and the femoral component [(+0/+1/+2), (83.3%/8.3%/8.3%) vs (41.7%/33.3%/25.0%), $P=0.017$]. With time of follow-up period lasted for (15.2±5.7) months in a mean, the VAS scores significantly decreased ($P<0.05$), while hip flexion-extension ROM and Harris scores significantly increased in both groups ($P<0.05$), whereas which were not significantly different between the two groups at any corresponding time points ($P>0.05$). [Conclusion] This AI preoperative planning has more accurate predictive value than the film template measurement in the selection of prosthetic size before THA.

Key words: end-stage hip arthropathy, total hip arthroplasty, artificial intelligence 3D planning, film template measurement

时至今日, 依然有许多贫困患者因髋关节的严重病变而导致残疾。为帮助髋关节残疾患者, 我市发起“助立行动”, 先后救治 24 例髋关节残疾患者。全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 是一项成熟的手术, 可用于治疗终末期髋关节病变。髋关节残疾

具有病程长、畸形严重的特点, 对这类患者实施 THA 具有一定的挑战性。假体型号的选择尤其重要, 假体选择不当会导致双下肢不等长、假体松动、关节脱位等并发症^[1]。术前规划可以预估手术难度, 缩短手术时间, 减少术中出血^[2]。传统的 THA 术前规划主要是

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100466

△基金项目:福建省卫生健康中青年科研重大项目(编号:2022ZQNZD015);福建省中医药大学校管科研课题(编号:XB2022149;XB2023197);晋江市医院(上海市第六人民医院福建医院)科技计划项目(2023LC01)

作者简介:郑勇强, 副主任医师, 博士学位, 研究方向: 脊柱骨关节病的微创治疗及四肢创伤骨折的诊治, (电子信箱)yongqiang_zheng@163.com

* 通信作者: 刘晓峰, (电子信箱)739174997@qq.com

通过胶片模板进行测量，但其在临床应用中具有较大的误差^[3]。近年来人工智能 (artificial intelligence, AI)^[4] 在医疗领域应用广泛，本研究通过术前模板测量法及 AI 三维规划的对比，来验证 AI 三维规划的可行性及准确性，以期对以后工作有所启迪。

1 临床资料

1.1 一般资料

2021 年 6 月—2021 年 12 月福建省晋江市医院骨科收治的 24 例需行初次全髋关节置换术治疗的终末期髋关节疾病患者，符合“助立行动——晋江市免费髋膝关节置换救助工作”项目的条件。排除非初次全髋关节置换患者。其中髋关节创伤后遗症 7 例、股骨

头坏死 10 例、成人先天性髋关节发育不良 3 例、髋关节的强直性脊柱炎 2 例、髋关节骨性关节炎 2 例。按照随机数字表法，12 例使用 AI 三维规划 (AI 组) 12 例使用胶片模板测量法 (常规组) 进行术前规划。两组患者年龄、性别、病程、BMI 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)，本研究经我院医学伦理委员会批准 (编号: jjsyyyxl-2022111)，所有患者签署了该程序的知情同意书。

1.2 规划与手术方法

1.2.1 术前规划

AI 组：将髋关节 CT 三维扫描后的原始数据取去除患者个人信息后导入 AI 三维规划软件 (北京长木谷医疗科技公司) 进行规划 (图 1)，具体规划方法细节参照吴东等^[4] 学者的研究。

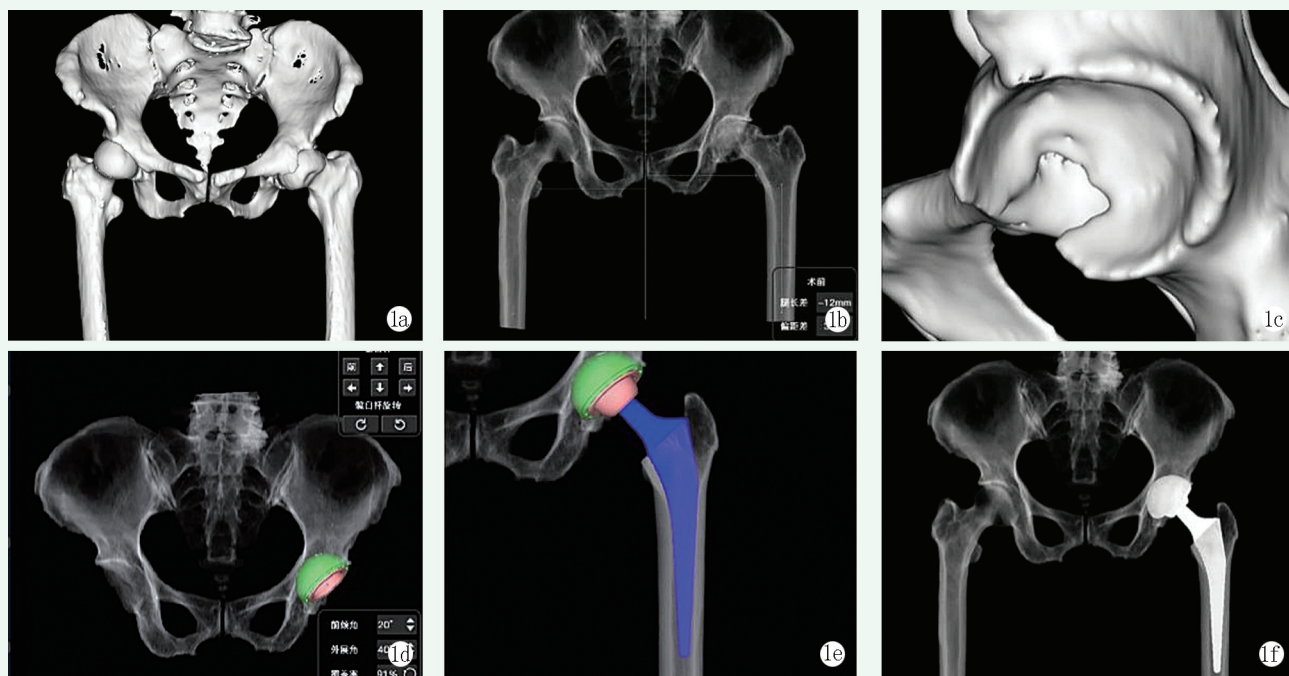


图 1. AI 术前规划。1a: 将患者髋部的 CT 数据导入 AI 三维规划软件，建立骨盆和股骨的三维重建模型；1b: 在 AI 三维规划软件中根据骨盆前平面自动矫正至中立位，测量术前健侧和患侧的相关参数；1c: AI 三维规划软件中智能分割的髋臼三维视图；1d: 智能规划的髋臼；1e: 智能规划的股骨柄；1f: 术后 X 线片显示假体位置与术前计划一致。

Figure 1. AI preoperative planning for THA. 1a: CT three-dimensional reconstruction; 1b: Measurement parameters; 1c: 3D view of the acetabulum; 1d: AI planning acetabular component placement; 1e: AI planning femoral stem placement; 1f: Postoperative X-ray showed the prosthetic components placed in accordance with the preoperative plan.

常规组：使用髋关节正侧位 X 线片，将透明胶片模板假体叠加在髋关节正侧位 X 线片上，预测髋臼杯及股骨侧假体的型号并记录。

1.2.2 手术方法

所有 THA 均由同一主刀医师采用后外侧入路进行手术，术中解剖显露梨状肌和闭孔外肌，用丝线分别于股骨侧止点处缝合并预留合适长度用于术后重新缝合于原处，显露“转子窝”，在切断闭孔外肌肌腱

止点前于该腱下缘用电刀作一横行标记，作为股骨侧“股骨肩”的解剖标记定位，切断该肌腱，显露股骨颈，行股骨颈截骨，取出股骨头。探查清理髋臼，确定髋臼窝，以外展 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，前倾 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 方向磨锉髋臼，直至术前规划的大小和深度，试模满意后置入髋臼假体。股骨侧依次开髓、锉髓腔，直至术前规划的大小的锉，且髓腔锉的“肩”到达标记“股骨肩”水平，并且髓腔锉在髓腔内没有旋转且继续敲打不再

下沉，置入与最后确定的髓腔锉大小一致的合适的股骨柄假体，并确保置入假体的“股骨柄肩”与“股骨肩”相吻合。复位关节后测试各个方向的稳定性，确保活动度良好且无脱位倾向。术毕采用 C 形臂 X 线机透视术侧髋关节正位，证实人工关节假体在位、假体周围无骨折。

术前预康复和术后康复锻炼相结合，规范科学饮食，减少焦虑和心理负担，制定个性化的康复方案，循序渐进进行功能锻炼。

1.3 评价指标

记录围手术期情况，将术前规划与手术中实际选用的人工假体型号对比，准确度通过 ± 0 、 ± 1 、 ± 2 假体型号表示，统计比较术前规划与实际的一致性，记录手术时间、总失血量、住院时间，以及是否发生不良事件。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Harris 评分、髋关节伸屈活动度 (range of motion, ROM) 评价临床效果，记录感染、下肢不等长、假体松动、关节脱位等并发症发生情况。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内采用单因素方差分析；资料不符合正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期资料

两组患者手术时间、总失血量、术后住院天数以及住院总费用的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。AI 组髋臼杯一致性和股骨假体型号一致性的准确度显著高于常规组 ($P < 0.05$)。AI 组 1 例患者术后肢体麻木，考虑与术中复位牵拉造成坐骨神经牵拉损伤有关，术后予营养神经、高压氧吸入、电刺激等处理后症状好转，术后 42 d 出院。常规组 1 例患者术前双下肢长度差值 60 mm，术后双下肢长度差值 12 mm，其余所有患者双下肢等长 (差值在 5 mm 以内)。所有患者均未发生下肢深静脉血栓、泌尿系感染、肺部感染等并发症。

2.2 短期随访结果

随访时间为 12~18 个月，平均 (15.2 ± 5.7) 个月，无感染、假体松动、关节脱位等并发症发生，常规组 1 例患者术后因摔倒致股骨假体周围骨折，Van-

couver 分型为 B1 型，伤后予卧床休息 2 个月。临床结果见表 1，与术前相比，末次随访时两组 VAS 评分均显著降低 ($P < 0.05$)，髋伸曲 ROM 和 Harris 评分显著增加 ($P < 0.05$)。相应时间点，两组 VAS 评分、髋伸曲 ROM 和 Harris 评分的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 1. 两组临床资料比较
Table 1. Comparison of data between the two groups

指标	AI 组 (n=12)	常规组 (n=12)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	57.1 \pm 7.7	63.0 \pm 6.8	0.060
性别 (例, 男/女)	9/3	5/7	0.098
病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	18.3 \pm 13.1	13.6 \pm 11.0	0.355
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.6 \pm 2.4	23.8 \pm 2.4	0.844
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	105.5 \pm 37.2	108.5 \pm 24.2	0.817
总失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	279.2 \pm 83.8	300.0 \pm 170.6	0.078
髋臼一致性 (%)			0.013
±0 mm	91.7	33.3	
±1 mm	8.3	41.7	
±2 mm	0	25.0	
股骨一致性 (%)			0.017
±0 mm	83.3	41.7	
±1 mm	8.3	33.3	
±2 mm	8.3	25.0	
术后住院天数 (d, $\bar{x} \pm s$)	10.2 \pm 10.5	7.3 \pm 2.5	0.360
总住院费用 (元, $\bar{x} \pm s$)	47 557.3 \pm 5 834.7	46 074.5 \pm 5 817.8	0.539
疼痛 VAS (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	6.9 \pm 1.3	7.1 \pm 0.8	0.710
末次随访	1.3 \pm 0.8	1.3 \pm 0.9	0.807
P 值	<0.001	<0.001	
髋伸屈 ROM (°, $\bar{x} \pm s$)			
术前	61.3 \pm 20.7	54.2 \pm 17.2	0.371
末次随访	99.6 \pm 8.1	102.1 \pm 5.4	0.384
P 值	<0.001	<0.001	
Harris 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	34.2 \pm 5.0	33.8 \pm 4.3	0.863
末次随访	83.1 \pm 4.7	82.0 \pm 3.7	0.543
P 值	<0.001	<0.001	

3 讨论

THA 对保守治疗无效的髋关节功能障碍或髋部病变具有良好的治疗效果^[5]，但其手术效果受到诸如髋关节病变的严重程度、假体安装的精准度等多种因素影响。人工智能及机器人手术越来越多的应用于临床，其在下肢长度的控制^[6]、假体的位置^[7]、并发症

及短期预后^[8]等方面具有一定的优势,但目前仍未得到全面的普及。笔者团队总结大量的临床经验,率先提出“肩对肩”的解剖标记定位法^[9,10],总体效果满意。因此本研究术者在术前规划结果不知情的情况下,仍然获得良好的手术效果。

髋关节残疾的贫困患者,病程长,畸形严重,功能明显障碍。与普通患者THA相比,治疗髋关节残疾患者的THA更为复杂^[11]。准确可行的术前规划有助于尽可能恢复髋关节的生物力学,获得良好的预后^[12]。本研究中,通过对比AI组及常规组在假体预测的准确性,发现AI三维规划在假体预测方面具有显著的优势。术前模板测量法在决定假体型号大小及位置、确定旋转中心及双下肢长度纠正等方面具有一定的便捷性。但由于个体差异,得到精确放大率的影像资料非常困难,因此实际临床应用中发现这种方法具有较大的误差。

AI三维规划基于人工智能和大数据,具有诸多优势:(1)快捷性^[13],AI可在5~10min完成术前规划,操作智能,快速简便,准确性高^[14];(2)自动性,AI规划可避免因个人经验不足导致的误差;(3)智能性,AI通过算法的改进及数据积累的学习可以进行自我升级。

本研究的不足之处:(1)样本量相对较少,没有进一步细分研究不同髋关节残疾中的准确性差异;(2)本研究以术中实际置入的假体型号为金标准,并以此来分析模板测量法及AI三维规划的准确性,若手术主刀医师经验不足,将影响研究的可靠性;(3)仅仅关注了AI三维规划在假体型号预测的准确性,对双下肢长度、偏心距、截骨距、尖肩距等数据没有进一步分析。在今后的研究中,将扩大病例数量,细分不同髋关节病变,进一步验证AI三维规划的可行性及准确性。

参考文献

- [1] 崔可颺,郭祥,韩贵斌,等. Mako 机器人辅助后外侧入路全髋关节置换术[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (4): 356-359. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.04.14.
- [2] 吴迪,贾其余,胡联英,等. 人工智能三维术前规划在全髋关节置换术中的临床应用[J]. 实用骨科杂志, 2023, 29 (3): 202-207. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2023.03.007.
- [3] Wu D, Jia QY, Hu LY, et al. Clinical application of artificial intelligence three-dimensional preoperative planning in total hip arthroplasty [J]. Journal of Practical Orthopedics, 2023, 29 (3): 202-207. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2023.03.007.
- [4] Shaarani SR, McHugh G, Collins DA. Accuracy of digital preoperative templating in 100 consecutive uncemented total hip arthroplasties: A single surgeon series [J]. J Arthroplasty, 2013, 28 (2): 331-337. DOI: 10.1016/j.arth.2012.06.009.
- [5] 吴东,刘星宇,张逸凌,等. 人工智能辅助全髋关节置换术三维规划系统的研发及临床应用研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34 (9): 1077-1084. DOI: 10.7507/1002-1892.202005007.
- [6] Wu D, Liu XY, Zhang YL, et al. Research and application of artificial intelligence based three-dimensional preoperative planning system for total hip arthroplasty [J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2020, 34 (9): 1077-1084. DOI: 10.7507/1002-1892.202005007.
- [7] 张帅,孔祥朋,柴伟. 机器人辅助技术在全髋关节置换术中的应用现状[J]. 骨科, 2022, 13 (1): 92-96. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.01.021.
- [8] Zhang S, Kong XP, Chai W. The application status of robot-assisted technology in total hip arthroplasty [J]. Orthopaedics, 2022, 13 (1): 92-96. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.01.021.
- [9] Lepri AC, Villano M, Innocenti M, et al. Precision and accuracy of robot-assisted technology with simplified express femoral workflow in measuring leg length and offset in total hip arthroplasty [J]. Int J Med Robot, 2020, 16 (5): 1-6. DOI: 10.1002/rcs.2141.
- [10] Ng N, Gaston P, Simpson PM, et al. Robotic arm-assisted versus manual total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis [J]. Bone Joint J, 2021, 103-B (6): 1009-1020. DOI: 10.1302/0301-620X.103B6.BJJ-2020-1856.R1.
- [11] Bargar WL, Parise CA, Hankins A, et al. Fourteen year follow-up of randomized clinical trials of active robotic-assisted total hip arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2018, 33 (3): 810-814. DOI: 10.1016/j.arth.2017.09.066.
- [12] 张金山,郑勇强,林振宇,等. 股骨颈骨折髋关节置换术中下肢长度测量方法的比较[J]. 中国骨伤, 2020, 33 (11): 1012-1016. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.11.005.
- [13] Zhang JS, Zheng YQ, Liu ZY, et al. Comparison of measurement methods of lower limb length in hip arthroplasty for femoral neck fracture [J]. China Journal of Orthopedics and Traumatology, 2020, 33 (11): 1012-1016. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.11.005.
- [14] Zhang JS, Zheng YQ, Liu XF, et al. A novel method of manual positioning based on anatomical mark (shoulder-to-shoulder) to prevent postoperative leg-length discrepancy for femoral neck fractures in hip arthroplasty [J]. Front Surg, 2022, 9: 1030657. DOI: 10.3389/fsurg.2022.1030657.
- [15] 雷富贵,徐阿炳,班吉鹤,等. 复杂髋臼骨折中远期疗效分析[J]. 中国骨伤, 2013, 26 (6): 505-507. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.06.015.
- [16] Lei FG, Xu AB, Ban JH, et al. Mid-long-term curative effect analysis of complex acetabular fracture [J]. China Journal of Orthope-

dics and Traumatology, 2013, 26 (6) : 505-507. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.06.015.

[12] 丁冉, 王洪, 刘焯, 等. 人工智能三维术前规划在全髋关节置换术中的应用和准确性分析 [J]. 生物骨科材料与临床研究, 2022, 19 (2) : 33-38. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5972.2022.02.007.

Ding R, Wang Q, Liu Y, et al. Application and accuracy analysis of artificial intelligence three-dimensional preoperative planning in total hip replacement [J]. Orthopaedic Biomechanics Materials and Clinical Study, 2022, 19 (2) : 33-38. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5972.2022.02.007.

[13] Huo J, Huang G, Han D, et al. Value of 3D preoperative planning for primary total hip arthroplasty based on artificial intelligence

technology [J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16 (1) : 156. DOI: 10.1186/s13018-021-02294-9.

[14] 杨滨, 张克, 袁亮, 等. 三维术前规划在全髋关节置换术中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (7) : 653-656. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.16.

Yang B, Zhang K, Yuan L, et al. Application of three-dimensional preoperative planning in total hip arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (7) : 653-656. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.16.

(收稿:2023-07-03 修回:2024-01-02)
(同行评议专家: 汤志辉, 陈坚锋)
(本文编辑: 闫承杰)

读者 · 作者 · 编者

本刊提醒作者严防各种形式诈骗的公告

近期, 骗子又出新花样, 以主管编辑或杂志社编辑 (如: 主管编辑黄思敏、邢静静编辑、雷老师等) 的名义, 冒充我刊主编或编辑, 以传送检索报告及电子全文等理由, 通过电子邮件或短信要求本刊作者添加其个人微信 (加微信后, 以主办学术会议需要发邀约、征集稿件等理由, 要求将其拉入相关的群中), 其实际目的是从事稿件、专著挂名售卖等非法活动, 此行为严重损害了学术界的形象, 严重扰乱了广大读者、作者的正常工作, 损害了编辑部的合法权益。

科研诚信是科技创新的基石, 学术不端行为不仅背离科学的精神, 更严重损害了学术环境的整体生态, 最终将损害受害者的根本权益, 敬请广大作者、读者坚决抵制此类行为。在此, 我们提醒广大读者、作者:

(1) 本刊工作人员不会以邮件或短信的形式通知作者添加个人微信; (2) 以编辑部工作人员之名找各种借口要求与作者、读者添加微信的行为均为假冒; (3) 骗子的微信开头一般以“A”“B”“1”“2”等开头, 请广大作者注意甄别; (4) 本刊专用电子邮箱: jiaoxingtougao@163.com; jxwk1994@126.com; 财务专用信箱: jiaoxingwaikecaiwu@163.com; (5) 不明事宜可电话咨询: 0538-6213228。

请广大读者提高警惕, 注意甄别消息来源和真伪, 严防信息泄露, 避免上当受骗。
特此公告!

《中国矫形外科杂志》编辑部

附: 诈骗微信的内容形式

