

膝关节冠状面排列研究热点的文献计量学分析

田栋栋¹, 马建兵^{2*}

¹西安医学院研究生院, 陕西 西安

²西安交通大学红会医院膝关节外科, 陕西 西安

收稿日期: 2026年5月25日; 录用日期: 2026年6月18日; 发布日期: 2026年6月29日

摘要

目的: 分析膝关节冠状位对线分类(CPAK)研究的知识结构、热点演化及其在全膝关节置换术个体化对线中的应用趋势。方法: 检索WoSCC数据库2016年1月1日至2026年3月19日CPAK相关文献, 纳入159篇, 应用CiteSpace和VOSviewer分析发文趋势、国家、作者、机构、期刊及关键词共现、聚类和时间演化。结果与结论: CPAK研究近年快速增长, 2025年发文66篇; 美国、日本和中国贡献较多。热点集中于全膝关节置换、膝骨关节炎、aHKA、JLO、功能对线、机器人辅助手术和人工智能, 研究正向三维评估、种族差异和智能化精准对线发展。

关键词

CPAK, TKA, KOA, 文献计量学

Bibliometric Analysis of Research Hotspots in Coronal Plane Alignment of the Knee

Dongdong Tian¹, Jianbing Ma^{2*}

¹Graduate School of Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Department of Joint Surgery, Honghui Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

Received: May 25, 2026; accepted: June 18, 2026; published: June 29, 2026

Abstract

Objective: To analyze the knowledge structure, hotspot evolution, and application trends of the Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) classification in individualized alignment for total knee arthroplasty. **Methods:** CPAK-related publications indexed in the Web of Science Core Collection from January 1, 2016 to March 19, 2026 were retrieved. A total of 159 publications were included. CiteSpace and

*通讯作者。

VOSviewer were used to analyze publication trends, countries, authors, institutions, journals, keyword co-occurrence, clustering, and temporal evolution. Results and Conclusion: Research on CPAK has increased rapidly in recent years, with 66 publications in 2025. The United States, Japan, and China were the major contributing countries. Research hotspots focused on total knee arthroplasty, knee osteoarthritis, arithmetic hip-knee-ankle angle, joint line obliquity, functional alignment, robotic-assisted surgery, and artificial intelligence. The field is shifting toward three-dimensional assessment, ethnic variation, and intelligent precision alignment.

Keywords

CPAK, TKA, KOA, Bibliometrics

Copyright © 2026 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

膝关节炎(Knee osteoarthritis, KOA)是一种常见的退行性关节疾病,其特征为关节软骨进行性丧失、软骨下骨改变及滑膜炎,临床上主要表现为疼痛、僵硬及活动受限。作为老年人致残的主要原因之一, KOA 对生活质量造成显著影响。随着人口老龄化进程加快及肥胖率上升,其全球疾病负担预计将持续增加[1][2]。TKA 已成为终末期 KOA 最有效的治疗方式,旨在恢复关节功能、缓解疼痛并提升患者整体满意度。传统的机械对线(Mechanical Alignment, MA)技术一直是 TKA 的首选方法,其目标是通过恢复水平关节线和中性机械轴来建立良好的力学环境,从而延长假体使用寿命[3]-[7]。然而,该方法的标准化应用无法充分考虑冠状面对线的个体差异[8]-[11]。因此,大约 20%的患者报告术后不满意,表现常为功能恢复不理想或关节屈伸受限[12]-[16]。研究显示,采用 MA-TKA 术后,疼痛和功能缺陷往往未得到充分改善。在部分病例中,疼痛程度会影响患者参与康复训练,从而导致术后效果不佳和持续偏低的满意度[17]-[19]。

膝关节冠状位对线分型(Coronal Plane Alignment of the Knee, CPAK)由 Macdessi 等提出,其目标是通过个体化的术前规划优化软组织平衡,从而提升术后功能恢复和患者满意度。CPAK 基于术前对线,通过全长负重下肢 X 线片进行评估,并使用两个独立的几何参数:算术髌-膝-踝角(arithmetic Hip-Knee-Ankle angle, aHKA)和关节线倾斜角(Joint Line Obliquity, JLO) [20]。

其计算公式如下:

$$\begin{aligned} \text{aHKA} = & \text{内侧近端胫骨角(Medial Proximal Tibial Angle, MPTA)} \\ & - \text{外侧远端股骨角(Lateral Distal Femoral Angle, LDFA)} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{JLO} = \text{MPTA} + \text{LDFA} \quad (2)$$

该分型通过结合上述两个参数的阈值,将膝关节冠状面对线分为九种表型:

aHKA: 内翻型($<-2^\circ$), 中立型($-2^\circ \sim 2^\circ$), 外翻型($>2^\circ$);

JLO: 顶点远端型($<177^\circ$), 中立型($177^\circ \sim 183^\circ$), 顶点远端型($>183^\circ$)。

所得的表型矩阵如图 1 所示。

膝内翻对线在澳大利亚、欧洲、美洲以及亚洲部分地区(包括中国、日本、韩国和马来西亚)的 KOA 人群中占主导地位,其中 CPAK I 型、II 型和 IV 型最为常见[21]-[25]。中国的研究显示, I 型是 KOA 患

者中最常见的 CPAK 表型, 而在健康人群中则以 II 型为主[26]。对 200 例中国汉族 KOA 患者的分析结果显示, CPAK 分布如下: I 型 36.5%、IV 型 29.0%、II 型 12.7%、III 型 9.5%、V 型 6.4%、VII 型 3.5%、VI 型 2.0%、VIII 型 0.4%, 未观察到 IX 型[27]。

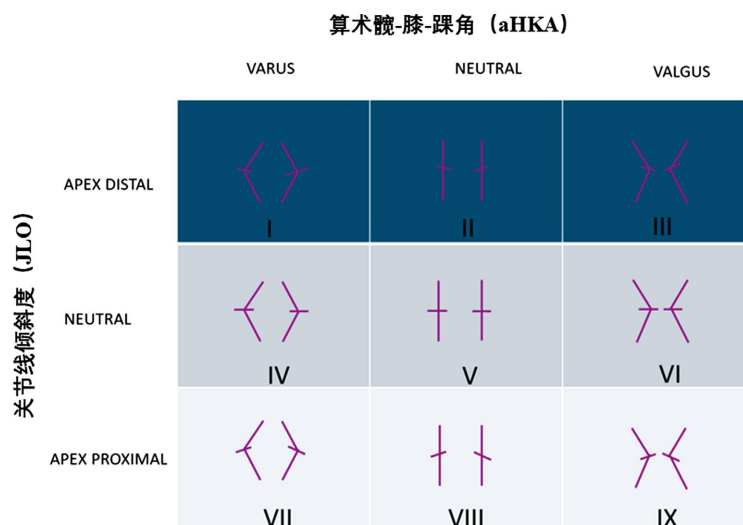


Figure 1. CPAK classification pattern

图 1. CPAK 分型示意图

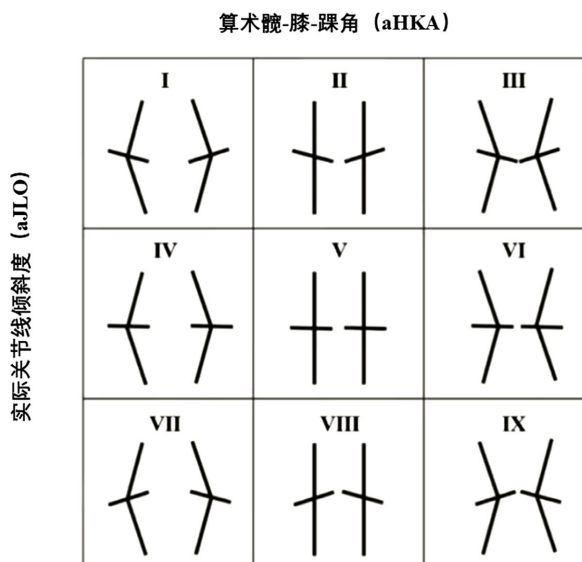


Figure 2. Schematic diagram of CPAK classification in Asian population

图 2. 亚洲人群 CPAK 分型示意图

由于亚洲人群中膝内翻对线的患病率较高且变异范围较大, 学者们提出应对 CPAK 分型的界限进行调整[21]。调整后的模型采用以下参数:

$$\text{aHKA} = \text{MPTA} - \text{LDFA} \quad (3)$$

实际关节线倾斜角(Actual Joint Line Obliquity, aJLO); $\text{aJLO} = 90^\circ - (\text{LDFA} + \text{MPTA})/2$ 。

分型阈值调整如下:

aHKA: 内翻型($<-3^\circ$), 中立型($-3^\circ\sim 3^\circ$), 外翻型($>3^\circ$);

aJLO: 顶点远端型($>3^\circ$), 中立型($-3^\circ\sim 3^\circ$), 顶点近端型($<-3^\circ$)。

由此得到适用于亚洲人群的九种冠状面对线表型(图 2) [28]。相反, 在南非人群中膝外翻对线更为常见[29], 这凸显了根据地域调整 CPAK 分型阈值的必要性[30]。

文献计量学作为一种跨学科的方法, 为分析复杂的学术体系提供了有力工具。它能够揭示研究趋势和热点, 阐明学术绩效之间的关系[31] [32], 并通过客观分析量化文献的学术影响力[33] [34], 从而为科学研究提供指导。尽管文献计量学在医学研究中应用日益广泛, 但针对 CPAK 的文献计量分析尚未系统开展。因此, 本研究旨在通过文献计量学方法, 揭示 CPAK 研究的主要特征。

2. 资料与方法

2.1. 资料来源

检索人与检索日期: 第一作者和第二作者于 2026 年 3 月 19 日进行文献检索。

文献检索时间: 为获取自 CPAK 提出以来的最新研究证据, 本次检索范围限定在 2016 年 1 月 1 日至 2026 年 3 月 19 日之间的出版物。

数据库检索来源: 本研究以 Web of Science Core Collection (WoSCC) 作为主要文献数据库。选择该平台的原因在于其在高质量学术内容收录方面享有良好声誉, 并在国际学术界具有广泛认可度。

检索途径: 主题词检索。

检索词: 检索公式设定为“ALL = ((CPAK) OR (Coronal Plane Alignment of the Knee))”。

检索文献类型: 研究原著、综述、系统评价、临床研究及相关文献。

手工检索情况: 对检索结果进行人工筛选, 排除与 CPAK 主题无关文献。

检索文献量: 初步检索获得 159 篇文献, 最终纳入 159 篇。

2.2. 入选标准

纳入标准: 1. 研究内容涉及 CPAK; 2. 研究内容涉及 CPAK 在 KOA、TKA、单髁置换术 (Unicompartmental Knee Arthroplasty, UKA)、影像学评估或个体化对线中的应用; 3. 文献可获得完整题录信息; 4. 文献语言为英文。

排除标准: 1. 与 CPAK 分类无关的文献; 2. 重复发表文献; 3. 题录信息不完整文献; 4. 仅提及 CPAK 但研究主题不相关的文献。

2.3. 质量评估

由于本研究为文献计量学分析, 主要评价文献的题录完整性、主题相关性和数据可提取性, 不进行传统临床研究质量评价。由 2 名研究者独立筛选文献并核对纳入结果, 如有分歧, 由第 3 名研究者讨论后决定。

2.4. 数据的提取

从 WoSCC 数据库导出纯文本格式数据, 提取内容包括题名、作者、机构、国家、期刊、发表年份、关键词、摘要、引用次数及参考文献等。导出数据经人工核对后导入 CiteSpace 6.4.R1 和 VOSviewer 1.6.20 软件。对同义关键词、作者姓名缩写和机构名称进行规范化处理, 以减少重复计数和误分类。

2.5. 可视化分析

采用 VOSviewer 软件构建国家、作者、机构、期刊及关键词共现网络图, 分析节点大小、连线强度

及聚类结果。采用 CiteSpace 软件分析关键词聚类、关键词时间演化和突现词变化, 观察膝关节冠状位对线分类研究热点的演变趋势。

3. 结果

3.1. 文献筛选流程

本研究初步检索获得 159 篇文献, 经人工核对后, 均与 CPAK 及其临床应用相关, 最终纳入全部 159 篇文献进行文献计量学分析。

3.2. 文献年发文量趋势

文献计量分析结果显示, 在 2016 年 1 月 1 日至 2026 年 3 月 19 日期间, 共检索到 159 篇与 CPAK 相关的文献。如表 1 所示, 该领域在发展初期的学术产出较为有限: 2016 年仅发表 2 篇, 2017 年未有相关文献发表, 且截至 2022 年, 年发文量均不足 10 篇。2023 年发文量出现显著拐点(23 篇), 随后呈现指数级增长态势, 至 2025 年达 66 篇。图 3 直观地展示了截至当前检索时间的年度发文量, 印证了这一持续上升的发展轨迹。发文密度的显著增长反映了学术界对该领域关注度的迅速提升, 确立了 CPAK 作为新兴研究前沿的地位。

Table 1. Annual publication volume

表 1. 年发文量

发表时间	发表量
2026	10
2025	66
2024	43
2023	23
2022	7
2021	3
2020	2
2019	2
2018	1
2016	2

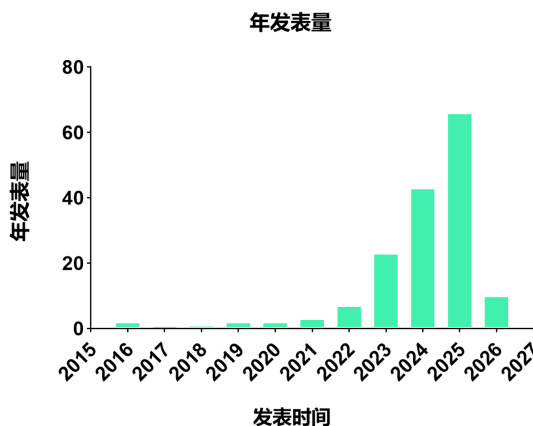


Figure 3. Annual publication trend (from the Web of Science database)

图 3. 年发文量趋势(来源: Web of Science 数据库)

3.3. 国家和作者合作分析

图 4 展示了 CPAK 研究领域的国家间(图 4(a))与作者间(图 4(b))的合作网络。共有 28 个国家在该领域发表了相关文献, 排名前 10 位的高产国家详情见表 2。其中, 美国的发文量位居榜首, 日本与中国紧随其后, 并列第二。

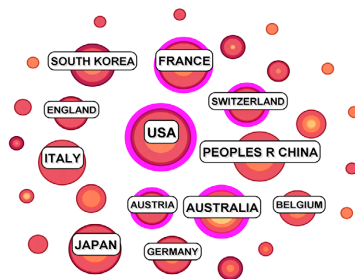
在作者合作网络(图 4(a))中, 节点大小代表发文量, 连线粗细反映了合作频率。尽管 CPAK 体系的提出者“Macedessi, Samuel J”仍是一个显著的核心节点, 但在该特定网络中, 其合作关系主要与“Lustig, Sebastien”相连。网络中心位置存在一个特征显著、联系紧密且近期表现活跃的聚类, 主要由“Papalia, Rocco”、“Gregori, Pietro”和“Franceschetti, Edoardo”等作者组成。值得注意的是, “Hirschmann, Michael T”充当了关键的桥接节点, 将中心群体与其他合作聚类连接起来; 相比之下, “Klasan, Antonio”与“Simon, Sebastian”等作者构成了一个较小的子群, 且较少发生外部联系。

国家合作网络(图 4(b))显示, 美国与澳大利亚是该领域最核心的贡献国。其他表现出较高研究活跃度的国家包括法国、中国、日本及意大利; 相比之下, 德国、比利时与英国等国的发文贡献则相对较小。表 3 汇总了 CPAK 研究领域发文产出量最高的科研机构; 表 4 整理了该领域引用影响力最强的期刊。



(a)

CiteSpace v. 5.4.R1 (64-bit Java)
March 19, 2020, 12:35:22 PM GMT+08:00
View: C:\Users\10000\Desktop\CPAK\CPAK_2016-2020
Pruning: 99 (Weighted Mean Silhouette)
Selection Criteria: g-index (k=25), LSF=2.5, LRF=10, LBY=5, e=1.0
Maximum Q: 0.99 (Q=0.99, S=0.99, Q*S=0.9801)
Modularity Q: 0.99 (Q=0.99, S=0.99, Q*S=0.9801)
Strength Label: 1.00
Pruning: None
Exclude:



(b)

Top 6 Authors with the Strongest Citation Bursts

Authors	Year	Strength	Begin	End	2019 - 2026
Fang, Li	2019	1.19	2019	2021	
Min, Weihong	2019	1.19	2019	2021	
Han, Cajing	2019	1.19	2019	2021	
Arai, Noriaki	2023	0.62	2023	2024	
Bellemans, J	2021	0.24	2023	2024	
Hirschmann, Michael T	2024	0.56	2024	2026	

(c)

Figure 4. Visualization maps of countries and authors. (a) Author collaboration network; (b) Country collaboration network; (c) Top six authors with the strongest citation bursts from 2019 to 2026

图 4. 国家与作者可视化图谱。(a) 作者合作网络图谱; (b) 国家合作网络图谱; (c) 2019~2026 年被引突现强度最高的前 6 位作者

3.4. 主要发文国家、高产机构及来源期刊分析

为揭示 CPAK 领域的核心研究力量与主要学术阵地, 本研究系统梳理了发文量排名前十的国家(表 2)、核心科研机构(表 3)以及被引频次最高的前十种来源期刊(表 4)。

Table 2. Top 10 countries by publication volume

表 2. 发文量排名前十的国家

国家	发文量	被引频次	总链接强度
USA	33	510	28
Japan	21	294	14
China	21	108	3
France	20	309	28
Italy	17	187	17
Australia	17	855	9
South Korea	16	147	3
Germany	12	144	18
Switzerland	11	135	22
Belgium	11	569	15

Table 3. Top 10 institutions by publication volume

表 3. 发文量排名前十的机构

机构	发文量	被引频次	总链接强度
Hospital for Special Surgery	8	149	3
Aix-Marseille University	7	64	4
Sydney Knee Specialists	6	625	9
University of Basel	6	131	9
Campus Bio-Medico University of Rome	6	66	9
University of New South Wales	6	706	9
Seoul National University	6	36	1
Campus Bio-Medico University Hospital Foundation	5	66	9
St George Private Hospital	4	585	8
Kantonsspital Baselland	4	60	5

Table 4. Top 10 journals by citation frequency in CPAK-related publications
表 4. CPAK 相关文献被引频次排名前十的期刊

期刊来源	被引频次	总链接强度
Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy	1125	16026
Journal of Arthroplasty	495	10473
Clinical Orthopaedics and Related Research	389	8556
Bone & Joint	329	7303
The Knee	179	3670
Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume	161	3730
Bone & Joint Open	132	2760
Knee Surgery	119	2777
Orthopaedics and Traumatology: Surgery & Research	110	2712
Archives of Orthopaedics and Trauma Surgery	103	2189

3.5. 关键词时间演化及研究前沿分析

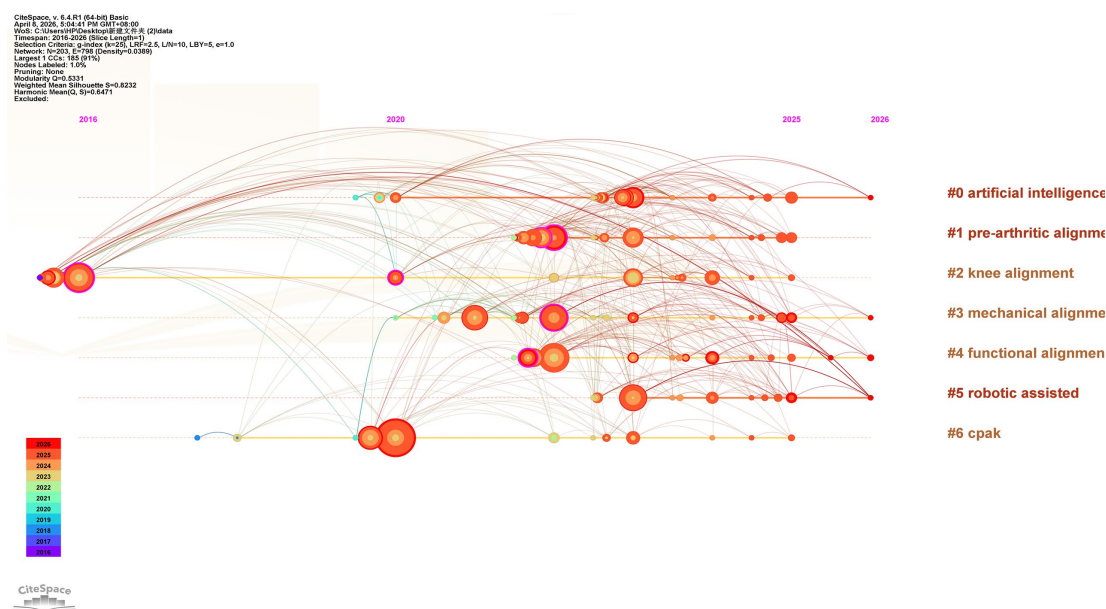
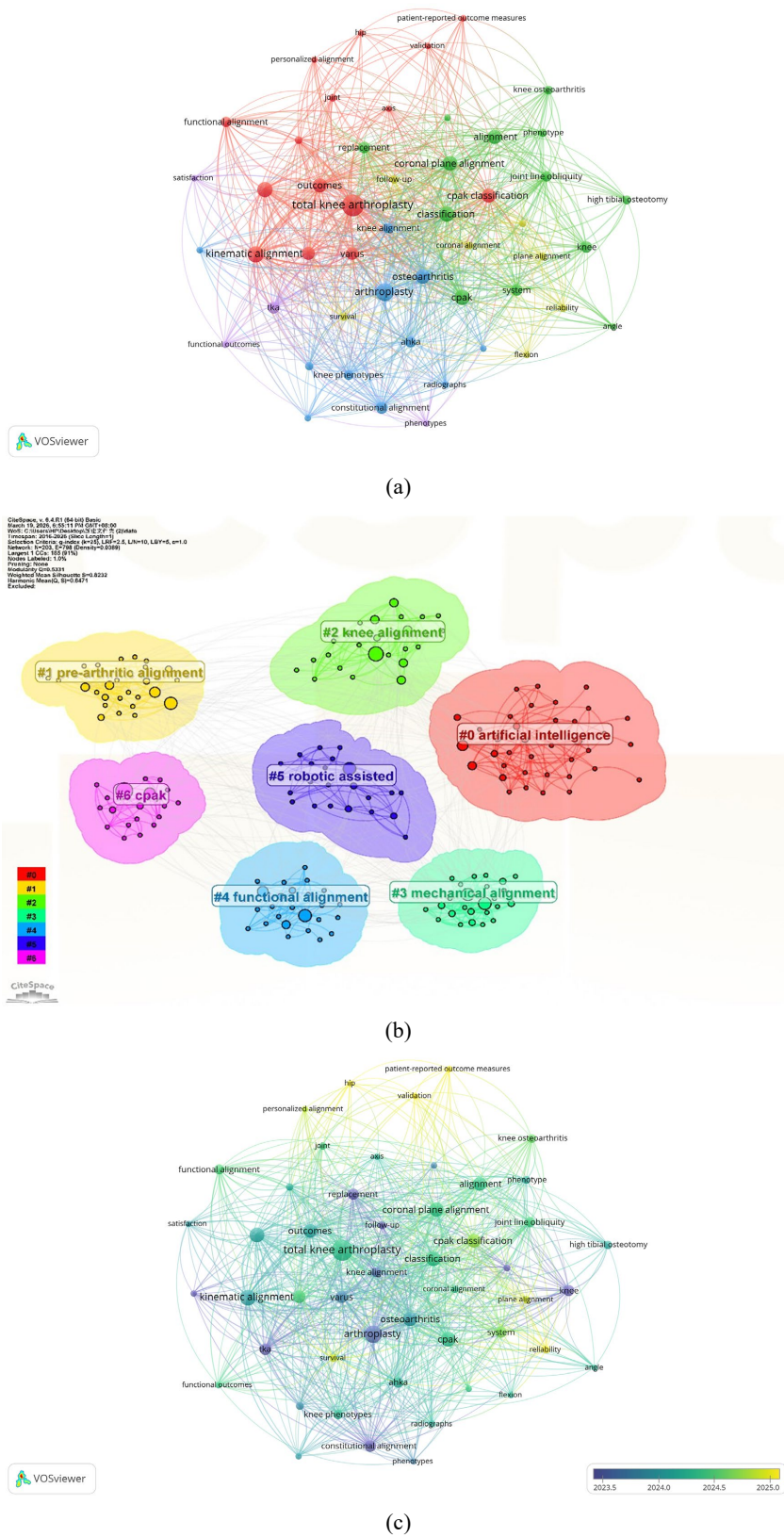


Figure 5. Timeline visualization of keywords in CPAK research
图 5. CPAK 研究关键词的时间线可视化分析

图 5 以可视化形式展示了 2016~2026 年间 CPAK 领域的研究热点。图中每个节点(圆圈)代表一篇文章, 节点大小对应被引频次, 颜色代表发表年份(色调越深表示发表时间越近)。节点间的连线表示文献间的引用关系, 连线的深浅反映了关联的强度。经 CiteSpace 提取并按数字编号排列于右侧的关键主题依次为: #0 artificial intelligence, #1 pre-arthritic alignment, #2 knee alignment, #3 mechanical alignment, #4 functional alignment, #5 robotic assisted, #6 CPAK。该网络图谱清晰地揭示了研究趋势的演进轨迹: 早期的研究主要集中于 2016 年前后的膝关节力线; 随后在 2020 至 2021 年间, CPAK 相关研究呈现出激增态势。近年来, 研究焦点已进一步拓展至机器人辅助与人工智能等手术技术领域, 与此同时, 关于机械力线与功能力线的学术探讨依然保持高度活跃。

3.6. 关键词共现与聚类分析



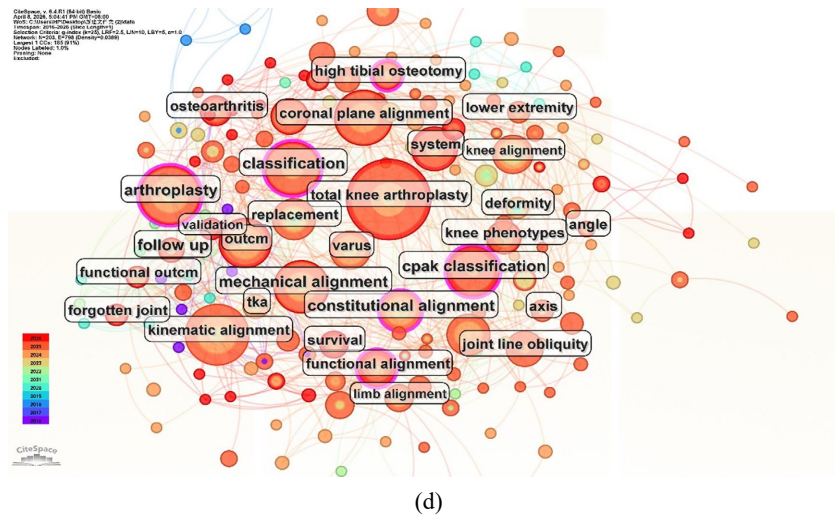


Figure 6. Keyword visualization maps. (a) and (d) Co-occurrence networks of CPAK-related keywords; (b) Keyword clustering map; (c) Temporal evolution of CPAK-related keywords. Node colors indicate the average publication year

图 6. 关键词可视化图谱。(a)与(d) CPAK 关键词共现网络图谱; (b) 关键词聚类分析图谱; (c) CPAK 相关关键词的时间演进分布。节点颜色代表文献的平均发表年份

图 6(a) (共现网络图谱)与图 6(b) (聚类图谱)通过关键词之间的关联关系, 以可视化形式直观展示了 CPAK 领域的研究热点。在图谱中, 节点代表具体的关键词, 其大小由出现频次决定; 节点间的连线表示共现关系, 连线的粗细反映了共现强度的相对高低。此外, 不同的颜色编码被用于标识不同的研究聚类, 其中较深的色调指示了较新的发表年份。

在图 6(a)中, 红色聚类(“total knee arthroplasty”, “kinematic alignment”, “outcomes”, “functional alignment”)主要聚焦于手术策略与临床疗效。蓝色聚类(“arthroplasty”, “osteoarthritis”, “constitucional alignment”, “aHKA”)主要探讨关节退变与力线表型。绿色聚类(“CPAK classification”, “coronal plane alignment”, “knee osteoarthritis”, “joint line obliquity”)重点分析了分型系统与膝关节形态学。黄色聚类(“coronal alignment”, “reliability”, “survival”, “flexion”)涵盖了手术评估与可靠性研究; 而紫色聚类(“TKA”, “functional outcomes”, “satisfaction”)则侧重于以患者为中心的评价体系及功能预后。此外, 其他较小的节点涉及了胫骨高位截骨术、影像学评估以及随访研究。

图 6(b)提供的聚类标签(“artificial intelligence”, “mechanical alignment”, “CPAK”)进一步印证了上述主题领域的划分。分析结果表明, 当前 CPAK 领域已形成三大核心研究主线: 1) alignment optimization and classification, 2) pre-arthritic alignment evaluation, and 3) the application of advanced technologies 特别是学术界对人工智能与机器人辅助手术的关注度正持续攀升。

此外, 图 6(c)进一步展示了 CPAK 相关关键词的时间演进分布, 图中节点颜色代表文献的平均发表年份(黄色节点代表的平均发表时间晚于紫色节点)。这一时间线叠加图谱直观地反映了研究热点随时间的推移, 证实了该领域正从传统的力线概念向个体化和智能化等新兴方向演变。图 6(d)则提供了关键词共现网络的另一种可视化补充视图, 再次突显了“total knee arthroplasty”、“coronal plane alignment”和“mechanical alignment”等高频核心概念在整个知识网络中的高权重与枢纽地位。

3.7. 被引频次不低于 5 次的文献及其核心内容摘要如下

文献的被引频次是客观量化学术影响力及揭示研究热点的重要指标。为了深入剖析膝关节冠状位对

线分类(CPAK)领域的知识结构、热点演化以及其在全膝关节置换术(TKA)个体化对线中的核心应用趋势, 本研究专门筛选了被引频次不低于 5 次的高影响力关键文献。这些代表性文献不仅奠定了 CPAK 分型的理论基础, 还集中反映了该领域向三维评估、种族差异比较以及智能化精准对线发展的前沿动向。相关高被引文献的详细列表及其核心内容摘要见表 5。

Table 5. List and core content summary of publications cited at least five times

表 5. 被引频次不低于 5 次的文献及其核心内容摘要

序号	标题	内容摘要
1	Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) Classification: A New System for Describing Knee Phenotypes	基于 aHKA 和 JLO 的全新 CPAK 系统将膝关节分为九种表型。研究显示, 健康人群与 OA 患者的 CPAK 分布相似, 且在 TKA 中, KA 的疗效优于 MA
2	The Arithmetic HKA (aHKA) Predicts the Constitutional Alignment of the Arthritic Knee Compared to the Normal Contralateral Knee: A Matched-Pairs Radiographic Study	aHKA 算法能够准确预测骨关节炎膝关节的原生下肢力线, 且在不同性别和畸形程度的患者中均表现出一致的准确性
3	Mechanical Alignment for Primary TKA May Change Both Knee Phenotype and Joint Line Obliquity Without Influencing Clinical Outcomes: A Study Comparing Restored and Unrestored Joint Line Obliquity	机械对齐 TKA 会改变患者的膝关节表型与 JLO, 但对临床结局的影响甚微
4	Validation and modification of the Coronal Plane Alignment of the Knee classification in the Asian population	CPAK 分类系统在亚洲人群中得到了验证与修订。该人群在冠状面力线及关节线倾斜度上呈现出更广泛的分布特征
5	Distribution of Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in Patients with Knee Osteoarthritis in Japan	日本膝骨关节炎患者最常见的是 CPAK I 型, 表明该群体普遍存在内翻力线和远端关节线倾斜度
6	Geographic Variation in Knee Phenotypes Based on the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification: A Systematic Review	一项针对不同地理区域膝关节表型分布的系统评价显示, 不同国家和地区间的 CPAK 分布存在着显著差异
7	Gender-specific distribution of knee morphology according to CPAK and functional phenotype classification: analysis of 8739 osteoarthritic knees prior to total knee arthroplasty using artificial intelligence	对 8739 例术前骨关节炎膝关节的人工智能分析发现, 男性更常见内翻力线, 而女性则更常见中立与外翻力线
8	Deep Learning Phenotype Automation and Cohort Analyses of 1,946 Knees Using the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification	采用深度学习技术对膝关节表型进行了自动分类。本研究分析了 1946 个膝关节的 CPAK 分布, 发现女性更易出现外翻表型, 而 K-L 评分较高的患者更易发生内翻畸形
9	Radiological Evaluation of the Phenotype of Indian Osteoarthritic Knees based on the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification (CPAK)	对印度骨关节炎患者膝关节表型的影像学评估表明, 大多数患者存在内翻力线与远端关节线倾斜度。
10	Maintaining Joint Line Obliquity Optimizes Outcomes of Functional Alignment in Total Knee Arthroplasty in Patients With Constitutionally Varus Knees	对于原生内翻膝患者, 采用 FA 以维持 JLO 能够优化 TKA 的疗效。该方法使此类患者获得了更好的膝关节屈曲度及临床结局

续表

11	The importance of joint line obliquity: a radiological analysis of restricted boundaries in normal knee phenotypes to inform surgical decision making in kinematically aligned total knee arthroplasty	在限制性运动学对齐 TKA 中, 控制关节线倾斜度对于恢复正常的膝关节表型至关重要
12	Arithmetic hip-knee-ankle angle and stressed hip-knee-ankle angle: equivalent methods for estimating constitutional lower limb alignment in kinematically aligned total knee arthroplasty	在评估原生下肢力线时, aHKA 方法与应力下 HKA (sHKA)方法具有等效的可比性
13	Functional alignment in total knee arthroplasty best achieves balanced gaps and minimal bone resections: an analysis comparing mechanical, kinematic and functional alignment strategies	一项比较 TKA 中机械对齐、运动学对齐与功能对齐的研究发现, 功能对齐在实现间隙平衡与最小化骨切除方面表现最佳
14	Long leg radiographs underestimate the degree of constitutional varus limb alignment and joint line obliquity in comparison with computed tomography: a radiographic study	X 线与 CT 在评估下肢冠状面力线准确性方面存在差异。与 CT 相比, X 线可能会低估内翻力线及关节线倾斜度, 而 CT 能提供更精确的测量结果
15	Restricted Inverse Kinematic Alignment Better Restores the Native Joint Line Orientation While Achieving Similar Balance, Laxity, and Arithmetic Hip-Knee-Ankle Angle to Gap Balancing Total Knee Arthroplasty	一项研究比较了限制性逆向运动学对齐(iKA)与间隙平衡 TKA 的效果, 发现 iKA 能更好地恢复原生关节线方向, 同时实现相似的间隙平衡
16	Robotic-assisted surgery and kinematic alignment in total knee arthroplasty (RASKAL study): a protocol of a national registry-nested, multicentre, 2 × 2 factorial randomised trial assessing clinical, intraoperative, functional, radiographic and survivorship outcomes	本研究评估了 TKA 术中应用机器人辅助系统与运动学对齐技术对临床结局、功能指标、影像学准确度及假体生存率的综合影响
17	Multi-Planar Expansion of the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification? A Computed Tomographic Study Indicates No Significant Correlation with Alignment Parameters in Other Planes	一项关于 CPAK 分型在矢状面和旋转面相关性的研究发现, 其表型的力线参数在这两个平面上无显著差异, 表明 CPAK 分类主要与冠状面力线相关
18	Variation in knee balance as a function of hip-knee-ankle angle and joint line obliquity in robotic assisted total knee arthroplasty	关于 HKA 和 JLO 对机器人辅助 TKA 膝关节平衡影响的分析显示, 不同 CPAK 表型间存在显著差异, 这意味着不存在适用于所有膝关节的单一对齐方法
19	Kinematic alignment matches functional alignment for the extension gap: a consecutive analysis of 749 primary varus osteoarthritic knees with stress radiographs	一项关于伸直间隙中 KA 与 FA 一致性的分析揭示了两者具有相似的效果
20	Distribution of coronal plane alignment of the knee classification in Chinese osteoarthritic and healthy population: a retrospective cross-sectional observational study	在中国, 健康人群中最常见的是 CPAK II 型, 而骨关节炎患者中最常见的是 CPAK I 型
21	Phenotyping of the Turkish population according to Coronal Plane Alignment of the Knee classification: A retrospective cross-sectional study	在土耳其, 健康人群中最常见的是 CPAK II 型, 而骨关节炎患者中则更常见 CPAK I 型

续表

22	Constitutional and postoperative joint line obliquity can predict serial alignment change after opening-wedge high tibial osteotomy: analysis using coronal plane alignment of the knee classification	该研究探讨了原生及术后 JLO 在内侧开放楔形胫骨高位截骨术(HTO)术后连续力线变化中的预测作用
23	Tibia-first, gap-balanced patient-specific alignment restores bony phenotypes and joint line obliquity in a great majority of varus and straight knees and normalises valgus and severe varus deformities	胫骨优先、间隙平衡的患者特异性对齐(PSA)技术恢复了绝大多数内翻膝和中立膝的骨性表型及关节线倾斜度, 并使外翻膝及重度内翻畸形得以正常化
24	How often do we alter constitutional limb alignment, joint line obliquity, and Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) phenotype when performing mechanically aligned TKA?	研究显示, 机械对齐 TKA 会增加绝大多数患者的关节线倾斜度, 并改变其原有的 CPAK 表型
25	Knees with anteromedial osteoarthritis show a substantial phenotypic variation prior and following medial unicompartmental knee arthroplasty	伴有前内侧 OA 的膝关节在接受内侧单髁膝关节置换术(UKA)前后, 其表型会发生显著变化
26	Distribution of coronal plane alignment of the knee classification does not change as knee osteoarthritis progresses: a longitudinal study from the Toei study	纵向研究表明, 尽管 aHKA 和 JLO 会随时间改变, 但 CPAK 表型的分布在 KOA 的整个进展过程中保持恒定不变
27	Improved accuracy of implant placement with an imageless handheld robotic system compared to conventional instrumentation in patients undergoing total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled trial using CT-based assessment of radiological outcomes	在 TKA 假体植入中, 无影像手持机器人系统比传统器械更为精确, 术后的目标力线对齐效果也更优
28	The coronal plane alignment of the knee classification does not correlate with the functional knee phenotype classification	该研究表明, CPAK 分类系统与功能性膝关节表型分类之间不存在显著的相关性
29	Navigated functional alignment total knee arthroplasty achieves reliable, reproducible and accurate results with high patient satisfaction	评估了计算机辅助导航在运动学对齐 TKA 中的临床应用。结果表明, 该技术具有可预测性、可靠性与可重复性, 且患者满意度高
30	Preserving coronal knee alignment of the knee (CPAK) in unicompartmental knee arthroplasty correlates with superior patient-reported outcomes	在 UKA 中, 成功保留了术前 CPAK 表型的患者在术后一年拥有更好的功能评分
31	Predicting valgus malalignment after mobile-bearing UKA using a new method: the arithmetic HKA of the arthritic knee	aHKA 算法能够预测活动平台 UKA 术后的外翻对齐不良。高 aHKA 与此类畸形相关, 当 aHKA > 180°时将增加该风险
32	Three-dimensional joint surface orientation does not correlate with two-dimensional coronal joint line orientation in knee osteoarthritis: Three-dimensional analysis of upright computed tomography	研究揭示, 骨关节炎患者的 3D 关节面方向与 2D 冠状面关节线方向之间不存在相关关系

续表

33	The pre-diseased coronal alignment can be predicted from conventional radiographs taken of the varus arthritic knee	基于参考队列和 KL 分级的数学公式能够预测骨关节炎膝关节的原生力线, 其对内翻膝的预测准确率达到了 80%
34	A 4-year non-randomized comparative phase-IV study of early rheumatoid arthritis: integrative anthroposophic medicine for patients with preference against DMARDs versus conventional therapy including DMARDs for patients without preference	比较了一种人工智能医学疗法与传统疗法在早期类风湿关节炎治疗中的效果。大部分偏好人智医学的患者在不使用 DMARDs 的情况下也能取得满意的疗效
35	Mechanically aligned total knee arthroplasty does not yield uniform outcomes across all coronal plane alignment of the knee (CPAK) phenotypes	机械对齐 TKA 在不同 CPAK 表型中产生的疗效并不一致, 其中 aHKA 为内翻的患者术后结局较差
36	Radiologic Assessment of Knee Phenotypes Based on the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in a Korean Population	在韩国人群中, 骨关节炎患者最常见的是 CPAK I 型, 而健康人群则更常见 CPAK II 型和 III 型
37	Impact of change in coronal plane alignment of knee (CPAK) classification on outcomes of robotic-assisted TKA	研究表明, CPAK 分类的改变对机器人辅助 TKA 的结局影响极小, 多数患者并未表现出明显的不满
38	Individual Phenotype Does Not Impact the Outcome of Mechanical Aligned Total Knee Arthroplasties for Valgus Osteoarthritis	关于不同个体表型对机械对齐 TKA 疗效影响的研究表明, 在针对外翻骨关节炎进行机械对齐 TKA 时, 不同的表型对最终结局并无显著影响

4. 讨论

本文献计量学分析系统梳理了 CPAK 领域的研究趋势、研究热点及发展轨迹, 充分展现了该领域快速发展的态势与其多维度的研究特征。本文的讨论部分将深入剖析发文量的时间分布规律、合作网络、主题演进及临床启示, 以期为未来的研究提供参考与借鉴。

4.1. 研究趋势与领域演进

本次文献计量学分析显示, 自 2021 年 CPAK 分型系统提出以来, 相关研究呈现出快速扩张的态势, 发文量从 2023 年的 23 篇激增至 2025 年的 66 篇(图 3)。这一增长轨迹标志着该领域正从基础的理论探索阶段向深度的临床验证阶段迈进。其背后的核心驱动力在于, CPAK 具备克服传统 MA 局限性, 特别是解决高达 20% 术后不满意率问题的巨大临床潜力。该体系通过整合 aHKA 与 JLO 参数, 构建了一种全新的术前规划框架, 旨在实现软组织平衡的优化[35][36]。相关文献发文量的激增, 进一步印证了学术界对 CPAK 临床实用价值的广泛认可, 尤其是在促进术后功能康复与提升患者满意度方面。这也使得 CPAK 成为指导个体化全膝关节置换术的一种极具前景的临床策略[4][37]-[43]。值得注意的是, 目前 CPAK 研究的快速增长不仅来源于其理论价值, 更与机器人辅助手术平台的发展密切相关。传统手术方式难以精确恢复个体化关节线, 而机器人系统能够在毫米级精度下完成骨切除与间隙平衡调整, 因此 CPAK 的临床应用价值在机器人 TKA 时代被进一步放大。这也解释了近年来“robotic-assisted surgery”“functional alignment”等关键词出现频率显著增加的现象。

然而, 目前 CPAK 相关研究仍以回顾性研究和影像学分析为主, 高质量前瞻性随机对照研究相对不足。多数研究主要关注影像学恢复, 而关于不同 CPAK 表型是否真正影响长期功能结局、步态恢复及假

体生存率, 目前尚缺乏统一结论。因此, 未来研究仍需从“形态恢复”进一步转向“功能获益验证”。

4.2. 国际协作与核心作者贡献

国家合作图谱显示, 美国与澳大利亚在 CPAK 领域居于核心主导地位, 中、日两国同样是该领域的重要学术阵地。在学者合作层面, Papalia 与 Gregori 团队形成了当前最活跃、联系最紧密的研究阵营; Hirschmann 在网络中发挥了关键的“桥接”作用, 有效串联起不同的子网络; 而 CPAK 分型首创者 Macdessi 的学术互动则高度聚焦于 Lustig 团队。值得注意的是, 以 Klasan 为代表的部分小规模团队外部协作较少, 反映出现阶段各研究群体间尚未形成充分的交叉融合。基于此, 未来亟待打破地域与机构壁垒, 建立更广泛的跨国多中心合作, 以推动临床数据的共享与研究标准的统一。美国和澳大利亚能够长期保持领先地位, 可能与其较早建立成熟的关节置换数据库、多中心协作体系以及机器人辅助 TKA 平台有关。此外, MacDessi 等核心学者之间稳定的合作网络, 也促进了 CPAK 理论快速传播与临床转化。

相比之下, 亚洲国家近年来虽然发文量增长迅速, 但国际合作强度仍相对不足。目前亚洲研究更多集中于不同人群 CPAK 分布特征及分型修正, 而在高质量前瞻性临床研究方面仍存在一定差距。

此外, 目前不同研究团队对于“functional alignment”“restricted kinematic alignment”等概念尚未形成完全统一的定义, 这也导致不同研究之间存在一定异质性。因此, 未来仍需建立更加统一的 CPAK 相关术语体系和标准化研究流程, 以提高不同研究之间的可比性。

4.3. 研究热点演进分析

关键词时间线图谱(图 5)清晰地勾勒出了 CPAK 研究的演进脉络与不同发展阶段。早期的探索主要聚焦于基础概念的界定(如“knee alignment”、“mechanical alignment”)以及“CPAK”分型系统的可靠性验证。这些基础研究证实, 在维持软组织平衡与保留原生下肢力线方面, 其他替代性力线策略相较于传统的 MA 展现出了显著的优越性。随后, 研究重心逐步向临床转化与技术深化转移。通过引入“功能力线”策略与“关节炎前力线”评估体系, 极大地提升了 TKA 术前规划的精准度。当前的研究前沿已日益聚焦于“机器人辅助”技术与“人工智能”的深度融合。人工智能技术的发展, 为 CPAK 的大规模自动化分型提供了新的可能。通过深度学习模型, 研究者能够自动识别下肢力线、计算 aHKA 及 JLO 参数, 并实现高效率的影像分类分析。这种技术路径不仅能够提高测量一致性, 还有助于推动多中心数据库的建立。

与此同时, 机器人辅助手术的发展进一步提升了 CPAK 在临床中的应用价值。相比传统器械, 机器人系统能够更加精准地实现个体化骨切除与软组织平衡, 从而更接近原生膝关节运动学状态。因此, CPAK 与机器人辅助功能对线之间呈现出明显的协同发展趋势。这一演变趋势表明, 临床应用正逐渐突破传统徒手手术的局限, 向着实现更高精度与个体化功能预后的方向全面迈进。聚类分析图谱(图 6(b))进一步印证了这一多学科交叉演进的趋势。图谱清晰地显示, 人工智能(红色聚类)与功能力线(蓝色聚类)已占据显著的主导地位; 与此同时, 机器人辅助手术相关研究(紫色聚类)正作为新兴热点不断涌现。值得注意的是, 该分型系统在不同人群间的特异性差异已日益凸显。例如, CPAK I 型在汉族人群中占比极高(36.5%, 且 aHKA < -3° 表现为内翻), 而南非队列则呈现出较高的外翻发生率。这种显著的人群异质性, 进一步印证了对 CPAK 分型系统进行地域化修正与定制的迫切需求, 尽管其在亚洲其他亚群中的普适性目前尚有待深入验证。从当前研究趋势来看, 未来 CPAK 领域可能主要集中于以下几个方向: 1) 基于人工智能的大规模自动化 CPAK 分型; 2) CPAK 与三维动态步态分析的结合; 3) 不同种族及地区人群的分型边界修正; 4) 机器人辅助功能对线的精准实施; 5) 融合影像学、运动学及临床结局的个体化预测模型构建。

此外, 随着机器人导航技术、三维影像重建及动态运动学评估的发展, 未来 CPAK 研究可能逐渐由

静态影像评价向动态功能重建转变, 从而推动 TKA 进入更加精准的个体化时代。

值得注意的是, 目前关于不同 CPAK 表型是否需要采用差异化对线策略, 学术界仍存在一定争议。部分研究认为维持原生 JLO 有助于改善功能恢复, 而另一些研究则认为不同表型间的临床结局差异有限。因此, CPAK 在临床中的最佳应用模式仍需更多高质量研究进一步验证。

5. 结论

本文献计量分析揭示了 CPAK 的研究格局, 证实该分型系统是膝关节置换术中极具价值的理论框架。其在推动个体化力线策略(KA/FA)、恢复原生关节运动学特征以及改善临床预后方面发挥了关键作用。未来的术前规划必须将地域、人种及性别等人口学变量纳入综合考量, 而人工智能赋能的机器人技术将为实现前所未有的手术精度提供保障。当前, 澳大利亚与美国学者在该领域占据绝对主导地位, 其中 Macdessi 是最核心的高产作者, 相关成果主要集中发表于《Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy》。上述多维因素的交汇预示着, CPAK 领域在迈向优化个体化干预策略的进程中, 必将持续保持强劲的研究势头。

6. 局限性

本次关于 CPAK 的文献计量学分析仍存在一定的方法学局限。首先, 在数据源方面, 尽管 WoSCC 具有不可替代的核心地位, 但本研究仅检索了 Web of Science Core Collection (WoSCC)数据库, 这不可避免地会遗漏部分非英语语种及区域性优秀期刊的相关文献。其次, 纳入样本存在明显的地域偏倚: 高收入国家的发文量占绝对主导, 而来自非洲与南美洲的数据严重匮乏, 这在一定程度上限制了本研究结论的全球普适性。再者, 现有文献大多采用回顾性研究设计, 尚缺乏高质量的前瞻性队列研究, 以进一步验证 CPAK 分型对假体长期生存率及患者功能预后的切实影响。最后, 受限于 2026 年 3 月 19 日的检索截止日期, 部分最新发表的成果未能纳入本次分析。尽管存在上述局限, 本研究依然全面揭示了该领域的知识图谱, 为未来的深化探索奠定了坚实的基础。

参考文献

- [1] Sharma, L. (2021) Osteoarthritis of the Knee. *New England Journal of Medicine*, **384**, 51-59. <https://doi.org/10.1056/nejmcp1903768>
- [2] Wong, A.Y., Samartzis, D. and Maher, C. (2023) The Global Burden of Osteoarthritis: Past and Future Perspectives. *The Lancet Rheumatology*, **5**, e496-e497. [https://doi.org/10.1016/s2665-9913\(23\)00207-2](https://doi.org/10.1016/s2665-9913(23)00207-2)
- [3] Matassi, F., Pettinari, F., Frasca, F., Innocenti, M. and Civinini, R. (2023) Coronal Alignment in Total Knee Arthroplasty: A Review. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, **24**, Article No. 24. <https://doi.org/10.1186/s10195-023-00702-w>
- [4] Elbuluk, A.M., Jerabek, S.A., Suhardi, V.J., Sculco, P.K., Ast, M.P. and Vigdorichik, J.M. (2022) Head-to-Head Comparison of Kinematic Alignment versus Mechanical Alignment for Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **37**, S849-S851. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2022.01.052>
- [5] Alhifzi, Z. (2024) Systematic Review and Meta-Analysis of Long-Term Outcomes and Innovations in Total Knee Arthroplasty: Kinematic, Personalized Knee vs. Conventional. *Orthopedic Reviews*, **16**, Article 122318. <https://doi.org/10.52965/001c.122318>
- [6] Migliorini, F., Maffulli, N., Pilone, M., Schäfer, L., Ullmann, D., Huber, T., et al. (2025) Mechanical versus Kinematic Alignment for Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **145**, Article No. 212. <https://doi.org/10.1007/s00402-025-05835-7>
- [7] Klasan, A., Jeremic, D., Neri, T., Jan Heyse, T. and Hirschmann, M.T. (2025) Functional Alignment in Total Knee Arthroplasty is an Umbrella Term—A Call for Better Definition and Reporting Quality! *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, **33**, 4275-4281.
- [8] Karasavvidis, T., Pagan Moldenhauer, C.A., Lustig, S., Vigdorichik, J.M. and Hirschmann, M.T. (2023) Definitions and Consequences of Current Alignment Techniques and Phenotypes in Total Knee Arthroplasty (TKA)—There Is No Winner

- Yet. *Journal of Experimental Orthopaedics*, **10**, Article No. 120. <https://doi.org/10.1186/s40634-023-00697-7>
- [9] Jenny, J. and Baldaireon, F. (2023) The Coronal Alignment Technique Impacts Deviation from Native Knee Anatomy after Total Knee Arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **31**, 1427-1432. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07157-2>
- [10] Lin, H., Cheng, Q., Li, G., Zhao, J. and Wang, Q. (2023) Alignment Strategy for Different Types of Varus Knee with Generic Instruments: Mechanical Alignment or Kinematic Alignment? *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **18**, Article No. 806. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04257-8>
- [11] Roussot, M.A., Vles, G.F. and Oussedik, S. (2020) Clinical Outcomes of Kinematic Alignment versus Mechanical Alignment in Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *EFORT Open Reviews*, **5**, 486-497. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190093>
- [12] Gunaratne, R., Pratt, D.N., Banda, J., Fick, D.P., Khan, R.J.K. and Robertson, B.W. (2017) Patient Dissatisfaction Following Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review of the Literature. *The Journal of Arthroplasty*, **32**, 3854-3860. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.07.021>
- [13] Ayers, D.C., Yousef, M., Zheng, H., Yang, W. and Franklin, P.D. (2022) The Prevalence and Predictors of Patient Dissatisfaction 5-Years Following Primary Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **37**, S121-S128. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2022.02.077>
- [14] Hamilton, D.F., Shim, J., Howie, C.R. and Macfarlane, G.J. (2021) Patients Follow Three Distinct Outcome Trajectories Following Total Knee Arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, **103**, 1096-1102. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.103b6.bjj-2020-1821.r1>
- [15] Liu, J., Yang, Y., Wan, S., Yao, Z., Zhang, Y., Zhang, Y., et al. (2021) A New Prediction Model for Patient Satisfaction after Total Knee Arthroplasty and the Roles of Different Scoring Systems: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, Article No. 329. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02469-4>
- [16] DeFrance, M.J. and Scuderi, G.R. (2023) Are 20% of Patients Actually Dissatisfied Following Total Knee Arthroplasty? A Systematic Review of the Literature. *The Journal of Arthroplasty*, **38**, 594-599. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2022.10.011>
- [17] Lo, L.W.T., Suh, J., Chen, J.Y., Liow, M.H.L., Allen, J.C., Lo, N.N., et al. (2021) Early Postoperative Pain after Total Knee Arthroplasty Is Associated with Subsequent Poorer Functional Outcomes and Lower Satisfaction. *The Journal of Arthroplasty*, **36**, 2466-2472. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.02.044>
- [18] Du, X., Shao, Y., Xue, J. and Kong, J. (2025) Prevalence and Influencing Factors of Kinesiophobia after Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **20**, Article No. 330. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05752-w>
- [19] Doury-Panchout, F., Metivier, J.C. and Fouquet, B. (2015) Kinesiophobia Negatively Influences Recovery of Joint Function Following Total Knee Arthroplasty. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, **51**, 155-161.
- [20] MacDessi, S.J., Griffiths-Jones, W., Harris, I.A., Bellemans, J. and Chen, D.B. (2021) Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) Classification. *The Bone & Joint Journal*, **103**, 329-337. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.103b2.bjj-2020-1050.r1>
- [21] Kubota, M., Kaneko, H., Yoshida, K., Hada, S., Kim, Y., Shiozawa, J., et al. (2025) The Coronal Plane Alignment of the Knee Classification of a Japanese Population Indicates More Varus Deformity Tendency Compared with European Countries. *The Knee*, **53**, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2024.12.010>
- [22] León-Muñoz, V.J., Hurtado-Avilés, J., López-López, M., Santonja-Medina, F. and Moya-Angeler, J. (2024) The Distribution of Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in a Sample of Spanish Southeast Osteoarthritic Population: A Retrospective Cross-Sectional Observational Study. *Medicina*, **60**, Article 1612. <https://doi.org/10.3390/medicina60101612>
- [23] Toyooka, S., Osaki, Y., Masuda, H., Arai, N., Miyamoto, W., Ando, S., et al. (2023) Distribution of Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in Patients with Knee Osteoarthritis in Japan. *The Journal of Knee Surgery*, **36**, 738-743. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1742645>
- [24] Yang, H.Y., Yoon, T.W., Kim, J.Y. and Seon, J.K. (2024) Radiologic Assessment of Knee Phenotypes Based on the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in a Korean Population. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **16**, 422-429. <https://doi.org/10.4055/cios23250>
- [25] Wong, W.K., Abu Bakar Sajak, A. and Chua, H.S. (2024) The Distribution of Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) Phenotypes in the Malaysian Population and Their Correlation with Demographic Variables. *Arthroplasty*, **6**, Article No. 60. <https://doi.org/10.1186/s42836-024-00281-z>
- [26] Chen, J., Geng, X., Wang, C., Zhang, Y., Feng, J., Zhang, T., et al. (2025) Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in Patients with Osteoarthritis and the Clinical Outcomes of Its Alteration in Total Knee Arthroplasty: A Cross-Sectional Analysis of a Chinese Cohort. *International Orthopaedics*, **49**, 1081-1090.

- [27] 张帆, 李成宇. 中国汉族人群骨性关节炎患者 CPAK 分型的分布[J]. 徐州医科大学学报, 2024, 44(6): 466-468.
- [28] Hsu, C.E., Chen, C.P., Wang, S.P., Huang, J.T., Tong, K.M. and Huang, K.C. (2022) Validation and Modification of the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification in the Asian Population. *Bone & Joint Open*, **3**, 211-217. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.33.bjo-2022-0001.rl>
- [29] Coetzee, K., Charilaou, J., Burger, M. and Jordaan, J. (2024) Increased Prevalence of Valgus Constitutional Alignment Subtypes in a South African Arthritic Population Group Using the Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) Classification. *The Knee*, **49**, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2024.04.010>
- [30] Pagan, C.A., Karasavvidis, T., Lebrun, D.G., Jang, S.J., MacDessi, S.J. and Vigdorichik, J.M. (2023) Geographic Variation in Knee Phenotypes Based on the Coronal Plane Alignment of the Knee Classification: A Systematic Review. *The Journal of Arthroplasty*, **38**, 1892-1899.E1. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2023.03.047>
- [31] Garfield, E. (1972) Citation Analysis as a Tool in Journal Evaluation. *Science*, **178**, 471-479. <https://doi.org/10.1126/science.178.4060.471>
- [32] Merigó, J.M. and Núñez, A. (2016) Influential Journals in Health Research: A Bibliometric Study. *Globalization and Health*, **12**, Article No. 46. <https://doi.org/10.1186/s12992-016-0186-4>
- [33] Boddu, S.P., Moore, M.L., Rodgers, B.M., Brinkman, J.C., Verhey, J.T. and Bingham, J.S. (2023) A Bibliometric Analysis of the Top 100 Most Influential Studies on Robotic Arthroplasty. *Arthroplasty Today*, **22**, Article 101153. <https://doi.org/10.1016/j.artd.2023.101153>
- [34] Garfield, E. (1986) Which Medical Journals Have the Greatest Impact? *Annals of Internal Medicine*, **105**, 313-320. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-105-2-313>
- [35] Courtney, P.M. and Lee, G. (2017) Early Outcomes of Kinematic Alignment in Primary Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis of the Literature. *The Journal of Arthroplasty*, **32**, 2028-2032.E1. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.02.041>
- [36] Nisar, S., Palan, J., Rivière, C., Emerton, M. and Pandit, H. (2020) Kinematic Alignment in Total Knee Arthroplasty. *EFORT Open Reviews*, **5**, 380-390. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.200010>
- [37] Ettinger, M., Tuecking, L., Savov, P. and Windhagen, H. (2024) Higher Satisfaction and Function Scores in Restricted Kinematic Alignment versus Mechanical Alignment with Medial Pivot Design Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomised Controlled Trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **32**, 1275-1286. <https://doi.org/10.1002/ksa.12143>
- [38] Franceschetti, E., Campi, S., Giurazza, G., Tanzilli, A., Gregori, P., Laudisio, A., *et al.* (2024) Mechanically Aligned Total Knee Arthroplasty Does Not Yield Uniform Outcomes Across All Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) Phenotypes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **32**, 3261-3271.
- [39] Hirschmann, M.T., Khan, Z.A., Sava, M.P., von Eisenhart-Rothe, R., Graichen, H., Vendittoli, P., *et al.* (2024) Definition of Normal, Neutral, Deviant and Aberrant Coronal Knee Alignment for Total Knee Arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **32**, 473-489. <https://doi.org/10.1002/ksa.12066>
- [40] Howell, S.M., Howell, S.J., Kuznik, K.T., Cohen, J. and Hull, M.L. (2013) Does a Kinematically Aligned Total Knee Arthroplasty Restore Function without Failure Regardless of Alignment Category? *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **471**, 1000-1007. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2613-z>
- [41] Karasavvidis, T., Pagan Moldenhauer, C.A., Haddad, F.S., Hirschmann, M.T., Pagnano, M.W. and Vigdorichik, J.M. (2023) Current Concepts in Alignment in Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **38**, S29-S37. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2023.01.060>
- [42] Liu, B., Feng, C. and Tu, C. (2022) Kinematic Alignment versus Mechanical Alignment in Primary Total Knee Arthroplasty: An Updated Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **17**, Article No. 201. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03097-2>
- [43] Calliess, T., Bauer, K., Stukenborg-Colsman, C., Windhagen, H., Budde, S. and Ettinger, M. (2017) PSI Kinematic versus Non-Psi Mechanical Alignment in Total Knee Arthroplasty: A Prospective, Randomized Study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **25**, 1743-1748. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4136-8>