

基于CNKI数据库的数字化骨科中文文献 计量分析

金瑞潇¹, 赵程锦^{2*}

¹延安大学医学院, 陕西 延安

²延安大学附属医院创伤骨科, 陕西 延安

收稿日期: 2023年4月17日; 录用日期: 2023年5月9日; 发布日期: 2023年5月17日

摘要

目的: 研究数字化骨科的发展过程、研究现状、未来趋势。方法: 以中国知网(CNKI)为检索库, 检索范围为学术期刊, 以(篇关摘 = 骨科学 + 骨科 + 骨折 + 骨外科学) AND (篇关摘 = 计算机辅助骨科手术 + 计算机辅助骨科手术系统 + 可视化导航 + CAOS + 3D打印)为检索式, 时间限定为: 建库——2022年10月14日, 学科限定为: 外科学 + 临床医学; 研究层次限定为: 技术研究 - 临床研究的中文文献。采用EXCEL及可视化分析软件CiteSpace 5.8.R3对所检索文献进行数据处理及可视化分析。结果: 共初见文献408篇, 纳入文献356篇, 时间跨度为2015-06-15至2022-10-14。文献检索结果显示: 年发文量整体上呈上升趋势; 发文机构以承德医学院附属医院发表数量最多。作者间形成了多个研究团体, 但依旧有大量独立研究人员。文献关键词聚类可归纳为数字化骨科具体形式、疾病类型和并发症三大类。结论: 数字化骨科是未来骨科的发展方向之一。3D打印、计算机导航、骨科机器人等不同技术根据临床需求及自身特点被广泛应用于骨科临床实践。同时, 各医疗机构及科研院所人员之间应加强合作, 共同推动我国数字化骨科发展, 使其迈上新的台阶。

关键词

数字化骨科, 3D打印, 计算机导航, 手术机器人, 文献计量学

Bibliometric Analysis of Digital Orthopedic Chinese Based on CNKI Database

Ruixiao Jin¹, Chengjin Zhao^{2*}

¹School of Medicine, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Trauma and Orthopedics, Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: Apr. 17th, 2023; accepted: May 9th, 2023; published: May 17th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 金瑞潇, 赵程锦. 基于 CNKI 数据库的数字化骨科中文文献计量分析[J]. 临床医学进展, 2023, 13(5): 7887-7896. DOI: 10.12677/acm.2023.1351103

Abstract

Objective: To study the development process, research status and future trend of digital orthopedics. **Methods:** CNKI was used as the search database, the search scope was academic journals, and the search method was AND (article = orthopedics + orthopedics + fracture + orthopedic surgery) and (article summary = computer-assisted orthopedic surgery + computer-assisted orthopedic surgery system + visual navigation + CAOS + 3D printing) as the search method, the time limit is: library construction—October 14, 2022, the discipline is limited to: surgery + clinical medicine; The level of research is limited to: technical research-Chinese literature of clinical research. EXCEL and the visual analysis software CiteSpace 5.8.R3 were used to process and visualize the retrieved documents. **Results:** A total of 408 articles were initially seen and 356 were included, covering the time range from 2015-06-15 to 2022-10-14. The results of literature search showed that the annual publication volume showed an overall upward trend; The number of publications was published by the Affiliated Hospital of Chengde Medical College. Several research groups have formed among the authors, but there are still a large number of independent researchers. The keyword clustering of literature can be summarized into three categories: the specific form of digital orthopedics, the type of disease and the complications. **Conclusion:** Digital orthopedics is one of the development directions of orthopedics in the future. Different technologies such as 3D printing, computer navigation, and orthopedic robots are widely used in orthopedic clinical practice according to clinical needs and their own characteristics. At the same time, the personnel of various medical institutions and scientific research institutes should strengthen cooperation to jointly promote the development of digital orthopedics in China and bring it to a new level.

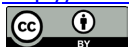
Keywords

Digital Orthopedics, 3D Printing, Computer Navigation, Surgical Robots, Bibliometrics

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

在计算机和数字化技术蓬勃发展的今天, 骨科也迎来了新的发展方向即数字化骨科。数字化骨科是传统手术技术和数字化技术相结合从而形成的新的骨科临床应用技术[1], 被广泛应用于术前规划、螺钉植入和骨折复位。它的出现缩短了手术时间, 提升了手术效率, 尽最大可能保护患者手术安全, 减少手术二次创伤。

文献计量学是指运用数学和统计学方法, 定量分析一切知识载体的交叉科学。我们通过处理软件对样本文献的发文年限、发文作者、关键词进行分析和可视化图谱制作, 并据此对数字化骨科相关文献进行梳理, 分析其研究现状、研究热点及未来趋势[2]。

2. 资料与方法

2.1. 文献检索与筛选

选用中国知网数据库的高级检索模式。以(篇关摘 = 骨科学 + 骨科 + 骨折 + 骨外科学) AND (篇关摘 = 计算机辅助骨科手术 + 计算机辅助骨科手术系统 + 可视化导航 + CAOS + 3D 打印)为检索式;

学科限定为：外科学 + 临床医学；研究层次限定为：技术研究 - 临床研究；时间限定为：建库——2022年10月14日。出版物形式为期刊；进行筛选后，排除不相关文献。

2.2. 研究方法

通过 EXCEL 软件对所检索文章的作者、机构、关键词进行统计处理。采用 CiteSpace 5.8.R3 文献处理软件对纳入文献进行文献处理和数据可视化显示。统计数字化骨科相关文献在近十余年间的发表情况、主要发表机构、发表作者。并对作者合作网络、关键词聚类进行可视化展示和分析

将 CNKI 中所筛选的文献以 Refwork 格式导出。使用 CiteSpace 5.8.R3 软件进行数据格式化处理，随后在此软件中导入数据并开始计算，在可以显示重要结构特征的前提下对结构网络进行裁剪，使各网络节点更加清晰。将 CNKI 中所筛选的文献以 EXCEL 格式导出，首先在 EXCEL 中对文献的作者、关键词、机构进行分列处理，然后统计其出现频次并进行排序。

3. 结果

3.1. 文献筛选流程及结果

根据上述筛选方法初选得到 408 篇文献，手动去除不相关文献，最后纳入文献为 356 篇。

3.2. 发文量结果显示

年发文量的变化趋势在显示了在这一段时间内该研究活跃程度的变化情况。2015 年发表不足 5 篇，到 2020 年已达顶峰(99 篇)，期间虽有波动，但整体成上升趋势。到 2022 年第三季度达 44 篇。详见图 1。

3.3. 高产机构及作者群

使用 EXCEL 对所检索到的文献发表机构进行统计，我们得出发表 4 篇及以上文章的机构共有 14 家。表 1 显示了检索到的文献中，发文前 10 名的机构。从中我们看到：发表排名前三的机构为承德医学院附属医院(15 篇)、青海大学附属医院(8 篇)、江苏省溧阳市人民医院(8 篇)、南方医科大学第三附属医院(7 篇)、西安交通大学附属红会医院(7 篇)。

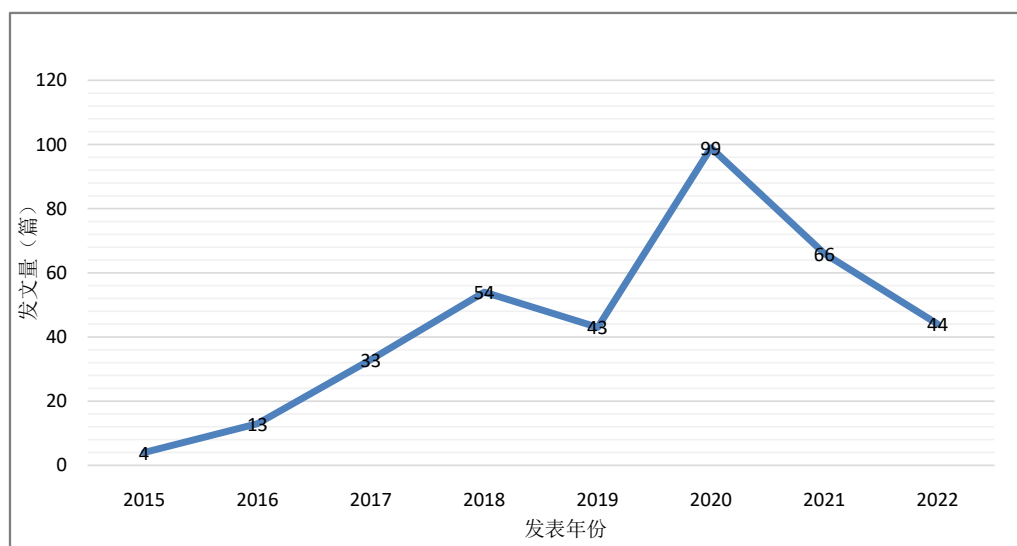


Figure 1. Curve of annual publication number of Digital Orthopedics literatures in CNKI database
图 1. CNKI 数据库数字化骨科文献的年发文量曲线图

Table 1. The top 10 institutions in CNKI database in terms of the number of publications on digital orthopedics
表 1. CNKI 数据库数字化骨科发文量前十的机构

机构	发文量(篇)*
承德医学院附属医院	15
江苏省溧阳市人民医院	8
青海大学附属医院	8
西安交通大学附属红会医院	7
南方医科大学第三附属医院	7
南方医科大学基础医学院	6
南京医科大学附属南京医院	5
江西省人民医院	4
延安大学附属医院	4
安徽理工大学第一附属医院(淮南市第一人民医院)	4

*表示检索年限从建库至 2022 年 10 月 14 日。

根据 EXCEL 软件对文献作者进行统计。结果显示：黄文华、李强、张文玺发文量最多均为 6 篇。发表 4 篇及以上作者详见表 2。利用 CiteSpace5.8.R3 软件，以 1 年为时间切片，对作者关系网络进行分析及可视化呈现。我们得到 N (节点数) = 249; E = 305; $Density$ (密度) = 0.0099 的作者共现网络图谱(见图 2)。较为显著的是形成了分别以金宇和何志勇，刘佩雷和李强，荀鲁川为中心的三个网络结构，结构内部之间互相联系。但各个网络结构之间联系较少。图中高产作者也局限于自己所处的网络内部结构之中。其余大部分作者为单独研究人员，也有两或三个作者之间形成了研究网络。

Table 2. CNKI database list of digitized orthopedic authors with 4 or more publications
表 2. CNKI 数据库数字化骨科发文量 4 篇及以上作者名单

姓名	发文量(篇)*#
张文玺	6
李强	6
黄文华	6
周金华	5
郑轶	4
张堃	4
袁欣华	4
姚庆强	4
杨洋	4
王伟斌	4
王黎明	4
王飞	4
庞清江	4
刘杰	4
金宇	4
樊仕才	4

*指检索年限从建库至 2022 年 10 月 14 日；#指含有该作者的所有文献数。

3.4. 关键词

通过 EXCEL 对关键词进行检索, 共检索到关键词 687 个。我们将意思相同但表达不同的关键词进行合并处理。最终得出排名前十的关键词依次为 3D 打印、内固定、胫骨平台骨折、骨折、髌臼骨折、跟骨骨折、骨盆骨折、骨折内固定术、导航模板、髌臼(见表 3)。3D 打印是最主要的研究方向。出现的频次远远高于其他关键词。通过 Citespace5.8.R3 软件对文献关键词进行网格化呈现和聚类分析, 得到结构网络图(见图 3)、聚类图谱(见图 4)和时线图(见图 5)。结构网络图展现了 3D 打印为主要节点, 各个关键词之间相互联系。聚类分析中展现了 3D 打印、三维、内固定、并发症、导板、骨盆骨折、打印技术、膝、骨折等 9 个聚类标签。时线图显示了我国从 2015 年开始各个聚类下不同年份间数字化骨科的热点研究方向。

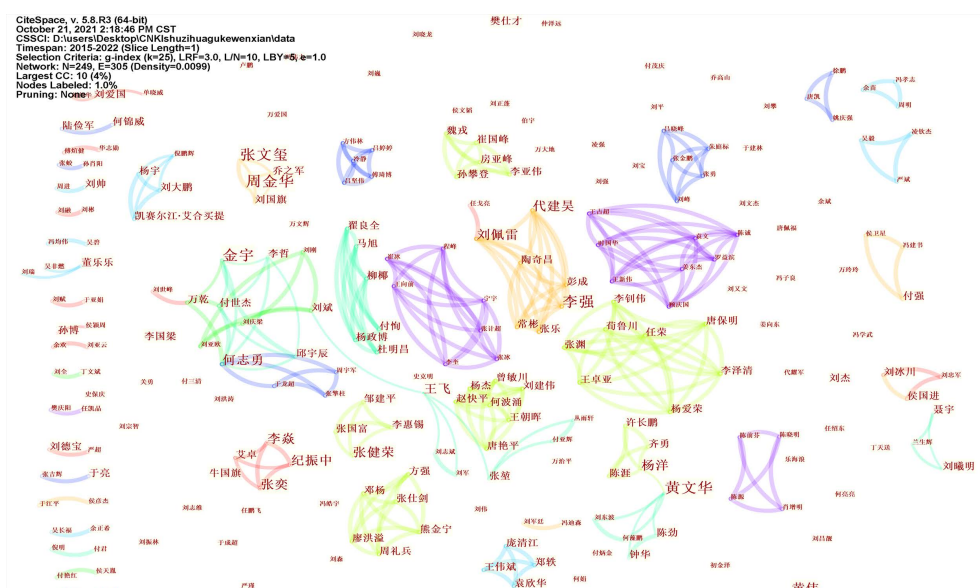


Figure 2. Co-occurrence knowledge network map of authors involved in digitized orthopedic related articles in CNKI database

图 2. CNKI 数据库数字化骨科发作者的共现知识网络图谱

Table 3. Top 10 keywords involved in digitized orthopedic related articles in CNKI database

表 3. CNKI 数据库数字化骨科研究涉及到的前 10 位的关键词

排名	关键词	出现次数(篇)*
1	3D 打印	288
2	内固定	33
3	胫骨平台骨折	26
4	骨折	18
5	髌臼骨折	17
6	跟骨骨折	15
7	骨盆骨折	15
8	骨折内固定术	15
9	导航模板	14
10	髌臼	12

*指检索年限从建库至 2022 年 10 月 14 日。

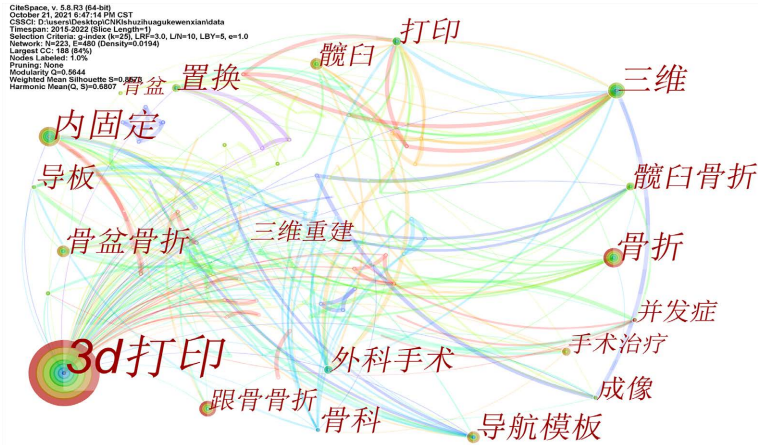


Figure 3. Structural network map of keywords involved in digitized orthopedic related articles in CNKI database

图 3. CNKI 数据库数字化骨科研究所涉及关键词的结构网络图

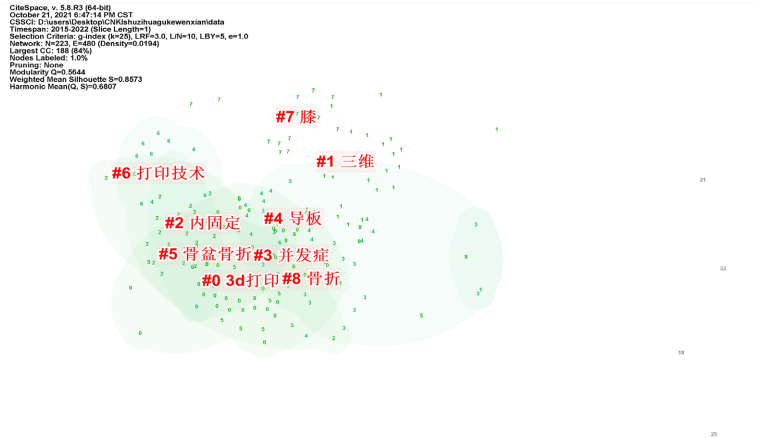


Figure 4. Cluster network map of keywords involved in digitized orthopedic related articles in CNKI database

图 4. CNKI 数据库数字化骨科研究所涉及关键词的聚类网络图谱

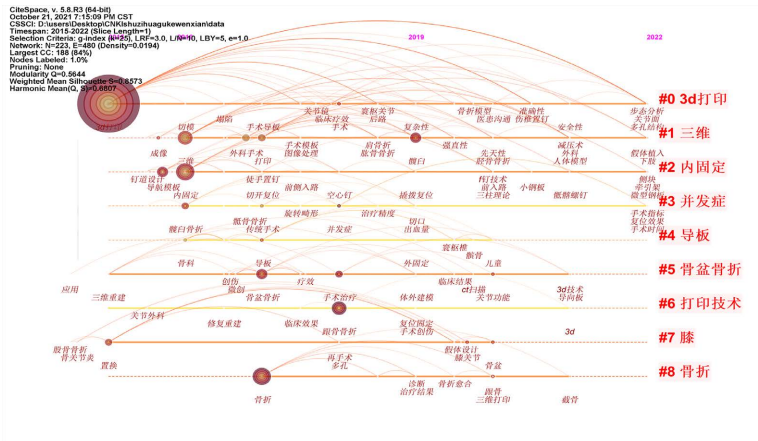


Figure 5. Time line view of keywords involved in digitized orthopedics in CNKI database

图 5. CNKI 数据库数字化骨科研究所涉及关键词的时间线视图

4. 讨论

4.1. 发文量、机构、作者

本研究中, 相关文献出现于 2015 年, 随后逐年递增, 于 2020 年达到顶峰。目前为止, 相关研究已达到一个新的高度。表明数字化骨科及其衍生技术已经被越来越多的骨科医生所熟知并应用于临床工作。其中以承德医学院附属医院发文最多, 其医院医师已经形成了一个小的研究团体。该领域内形成了多个研究团体, 但相互之间缺少合作。独立的研究人员数量依旧庞大, 但也从另一方面表明了数字化骨科理念的广泛传播和 3D 打印技术的大量应用。

4.2. 关键词

关键词代表了一篇文献的方向, 是作者对这篇文献的精炼表达。高频的关键词可以代表这一领域的研究热点。Citespace 软件通过关键词这一特性, 进行聚类分析和时间线图表达, 更能直观表现出这一段时间里的热门研究方向及相关方向在不同年份里的具体表现。我们进一步分析发现, 不同聚类之间存在重叠。因此我们重新将数字化骨科的研究方向具体归纳为“数字化骨科具体形式”“适用的疾病类型”“并发症”三大领域。

4.2.1. 数字化骨科具体形式

1) 3D 打印技术

3D 打印又称增材技术。它将从 CT 或 MRI 中获得的图像转化为 DICOM 形式, 随后转入 CAD 软件形成 3D 文件格式, 最后进行 3D 打印得到我们所需要的物体[3]。正因为他的个性化、直观性地特点使其从出现开始便受到骨科医生的关注并随着技术的完善和成熟, 在骨科中的应用也变得越来越广泛。对于复杂的解剖结构, 我们可以通过 3D 打印技术, 建立三维模型, 更加清晰的认识患者病情, 进行详细的术前规划[4]。与此同时, 直观的三维模型可以使患者更好了解自身情况, 增加患者依从性。两者相结合最终可能会提高手术成功率和患者满意度[3]。3D 打印技术还可以制造手术导板, 骨科医生借助导板可以确定螺钉置入路径的方向和深度, 选择截骨的角度和范围、增加手术的精度、安全性和可靠性[5]。有研究人员[6]就借助导板进行下胫腓螺钉的置入, 最终得出导板可以增加螺钉置入准确性。3D 打印的定制物可以使植入物和患者解剖结构更好的贴合, 从而改善手术效果。在严重的创伤、感染或肿瘤患者中, 骨缺损是一个令所有骨科医生头疼的问题。从前我们经常采用自体骨截骨来填充缺损而 3D 打印技术的出现则为解决问题提供了新的思路。有 15 例患者接受了 3D 打印假体的治疗, 以治疗严重的骨丢失。最终仅报告了 2 例失败[4]。曾有中国医师使用 3D 打印钛植入物为 12 岁患者替换了一段癌性颈椎[7]。这都可以说明打印假体可以在治疗骨缺损方面发挥其重要的作用。在未来, 3D 打印可以与计算机辅助导航相结合, 进一步提高植入物性能。还可以与生长因子或药物递送系统相结合以促进骨折愈合或抗感染治疗[3]。由此可见, 3D 打印技术应用之广泛, 这和本研究中我们所得到的结论是一致的。但是, 3D 打印技术也有其局限性, 他的研发周期较长, 且价格昂贵[8]。但是随着打印技术的发展, 相信这些问题可以迎刃而解。

2) 计算机辅助可视化导航

成像技术的快速发展促进了手术区域和患者解剖结构的可视化, 计算机的进步使内固定物的实时追踪成为了可能。两者相结合便促成了术中导航技术的问世[9]。新技术的产生最大限度降低了手术风险提高了植入的准确性, 做到了实时反馈和可视化。在手术过程中, 我们通过追踪器就可以在计算机上实时观察到螺钉植入轨迹[10]。在一项计算机辅助导航技术促进下胫腓联合复位的尸体研究中, 研究人员[11]通过人为制造骨折, 在计算机导航下复位, 通过 CT 评价下胫腓螺钉植入的准确性, 最终得出导航下植

入下胫腓螺钉可以促进下胫腓联合解剖复位, 减少不必要的损伤。但也有研究人员[10]认为借助导航进行手术增加了患者收辐射次数。这有两方面原因, 一是手术团队对于导航系统应用并不是身份熟悉, 从而增加了不必要的透视; 二是导航系统本身所存在的技术原因。虽然导航在患者总体收益上是好的, 但是我们仍然不能忽视辐射量这一重要因素。而且价格昂贵、操作不便也是该技术应用收限的原因之一。长久来看, 我们应该重视机器维护、加强人员培训、减少辐射在系统应用中的影响。

3) 骨科机器人。

机器人辅助手术最早在 20 世纪 80 年代末出现, 但当时应用有限。在 1992 年, RoboDoc 第一次通过机器人进行髌关节置换术[12]。鉴于当时技术不完善、成本过高, 机器人系统并没有广泛接受。伴随几十年的发展, 机器人手术系统通过提高手术精准度、优化组件配置、减少成本效益、提升手术效率, 他又一次走进了外科医生的视野范围。现如今常见的机器人类型包括 Navio PFS (NAVIO 系统)、MAKO 机器人交互式矫形臂系统、MBAR 系统、spineAssist 机器人、ROSA 机器人(脊柱外科)和我国的天玑骨科机器人系统[13]。我国骨科机器人起步较晚, 但是发展迅速, 已被广泛用于椎弓根螺钉置入、骨折复位、钻孔加压、关节置换手术[14]。但是由于机器人应用于临床时间尚短, 我们仍需长时间、大样本随访, 明确机器人手术技术优缺点。在未来, 应加强医工结合, 降低机器人成本, 优化操作流程、加紧手术室人员培训, 使其更好的应用于临床、服务于患者、加速患者康复。

4.2.2. 适用的疾病类型

1) 四肢和环骨盆损伤

对于骨折患者, 手术令损伤处达到解剖复位从而恢复患者生产生活能力是骨科医生的追求目标。但是, 由于一部分骨骼解剖结构复杂, 术中仅仅依靠术者经验和二维透视经常难以达到理想的复位状态。或者常规治疗方法对于患者而言, 创伤较大, 感染几率较高, 最终会增加内固定物失效的风险。骨盆髌臼骨折常由高能暴力引起, 通常合并多个脏器损伤, 具有较高的死亡率。手术治疗是其首选方法。在移位较小的骨盆髌臼损伤中闭合/有限的切开复位内固定下[15], 我们可以采取机器人辅助的形式进行手术。使用机械臂进行位置规划、插入导丝, 确保螺钉放入位置与规划一致, 最终会降低手术风险, 减少手术暴露。在骨盆骨折切开复位内固定术中, 内固定物常需术中塑形以贴合骨骼, 但这会增加手术时间。张帆[16]等研究人员通过 3D 打印技术在术前根据打印模板对钛板进行塑形, 在术中获得了更好的贴合度。胫骨平台骨折是关节内骨折, 多由高能暴力所致。其损伤类型多样、软组织覆盖较少, 常给手术治疗、术后康复带来了巨大的挑战。3D 打印技术则提供了新的治疗思路。一项 Meta 分析[17]显示: 与传统的手术方法相比, 3D 打印辅助技术辅助手术能明显缩短手术时间、减少术中出血量。给 3D 打印辅助治疗胫骨平台骨折提供循证医学依据。随着我国逐渐进入老龄化社会, 老年人股骨颈骨折发生率增高。股骨颈头下型骨折常常会发生股骨头坏死。术中经常采用空心螺钉治疗股骨颈骨折。张孔源[18]等研究人员在一项尸体研究报告发现: 三维数字化骨科手术机器人的钉道规划, 真实反映钉道的空间角度与长度, 适形分布, 符合股骨颈的生物力学特性, 定位精准、可靠。新技术的应用使得骨折复位更加精准; 患者预后更加良好; 就医满意度提高; 医患矛盾可以缓解。最终会达到医患双方的双赢。

2) 脊柱脊髓损伤

脊柱区域结构复杂, 临近重要血管和神经。如果内固定物轨道不理想, 可能会使固定强度降低, 最严重会损伤椎动脉导致严重出血[5]。在骨科领域, 可视化导航技术便最早应用于椎弓根螺钉的置入[19]。在一项关于颈椎骨折的随机对照临床试验方案中, 管俊杰[20]所得到的试验数据最终可以为验证数字化导航技术辅助颈椎经椎弓根螺钉置入可提高置钉的准确率及安全性假设提供量化依据, 为未来临床上颈椎骨折手术操作中置钉提供安全保证。在脊柱畸形方面, 打印模板克服了空间椎体结构的改变, 并

消除了对昂贵设备的追求。有研究人员[5]观察到引导组的螺钉准确率为 96.1% 明显高于徒手组的 82.9%，脊柱矫正率为 60%，证明了导板的可行性。在一项包含了 97 例成人退行性脊柱侧弯患者的回顾性研究中，Xiuyuan Chen [21] 等人发现：机器人组置入螺钉准确性高于徒手植入组，且手术失血量较少。骨水泥强化是治疗椎体压缩性骨折的方法之一。Mehdi Boudissa 等人[22] 第一次评估了导航在骨水泥治疗胸腰椎骨折中的作用。研究结果显示：在椎弓根直径 ≥ 5 毫米的椎骨中，导航有助于提高植入物的定位准确性且无论骨折水平如何，医生所接受辐射量均会下降。脊柱外科手术常涉及到重要血管神经，危险系数较高。数字化技术的发展，增加了椎弓根螺钉置入的准确性，增加了手术安全性，在脊柱外科中应用愈发广泛。这和我们的研究结果相一致。

3) 关节疾病

随着我国进入老龄化社会，老年人关节退行性病及关节内骨折发生率越来越高。关节置换术的应用也越来越广泛。但是想要完成一台完美的关节置换术，达到良好的对位对线，减少翻修率和磨损率仍是骨科医师努力的目标。计算机辅助骨科手术给骨科医师提供了巨大的帮助。Andrew D. Pearle 等研究人员[23] 使用机器人系统进行单髁置换术，术后 X 线结果显示：冠状面计划和术中的股角差异在 1° 以内，矢状面术后和术中角度差异在 1.6° 以内。研究人员认为机器人系统可以准确规划和执行 UKA 术中的组件固定。在一项关于关节置换术中的机器人手术的针对 AAHKS (美国髋关节和膝关节外科医生协会) 成员的研究报告[24] 中，受试者就使用该技术的动机、对该技术的看法进行了回答。结果表明：71% 的医生因为该技术的使用可以提高手术准确率而使用机器人进行手术。受访者一致认为，该技术的使用增加了操作时间(76.5%)，并且不比传统方法具有成本效益(78.7%)。新技术的使用可以极大提高关节置换效率，减少手术时间，最终获得更好的预后结果。

4.2.3. 手术并发症

骨科手术并发症主要来源于疾病本身和手术创伤两个方面。它包含：骨折不愈合或畸形愈合；血管神经损伤；感染；异位骨化；创伤性关节炎；关节僵硬。然而数字化技术的发展通过增加内固定物置入的精准性，降低手术时间，制造更加符合人体结构的植入物等方面降低了并发症的发生率。如何避免并发症的发生，不仅是对骨科医师能力的要求，同时也是患者的福音。

5. 结果

数字化骨科是未来骨科的发展方向之一。3D 打印、计算机导航、骨科机器人等不同技术根据临床需求及自身特点被广泛应用于创伤骨科、脊柱外科、关节外科。同时，各医疗机构及科研院所人员之间应加强合作，共同推动我国数字化骨科发展，使其迈上新的台阶。

本研究中所纳入文献均来自中国知网，对发展过程、研究现状、未来趋势的解读具有局限性，未来仍需进一步完善。

参考文献

- [1] 龙旭东, 方家栋, 杨黎, 等. 数字化技术在骨科手术中的应用进展[J]. 海南医学, 2022, 33(13): 1737-1740.
- [2] 张渊君, 李鹤飞. 基于 CNKI 文献计量学的我国“教育焦虑”的分析研究[J]. 华北理工大学学报(社会科学版), 2022, 22(6): 71-78.
- [3] Wong, K.C. (2016) 3D-Printed Patient-Specific Applications in Orthopedics. *Orthopedic Research and Reviews*, **8**, 57-66. <https://doi.org/10.2147/ORR.S99614>
- [4] Wixted, C.M., Peterson, J.R., Kadakia, R.J., et al. (2021) Three-Dimensional Printing in Orthopaedic Surgery: Current Applications and Future Developments. *JAAOS Global Research & Reviews*, **5**, e20-e230. <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-20-00230>
- [5] Meng, M., Wang, J., Sun, T., et al. (2022) Clinical Applications and Prospects of 3D Printing Guide Templates in Or-

- thopaedics. *Journal of Orthopaedic Translation*, **34**, 22-41. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2022.03.001>
- [6] 陈海岳. 基于3D打印设计的踝关节导向器在下胫腓联合损伤螺钉置入中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 西宁: 青海大学, 2018.
- [7] Eltorai, A.E., Nguyen, E. and Daniels, A.H. (2015) Three-Dimensional Printing in Orthopedic Surgery. *Orthopedics*, **38**, 684-687. <https://doi.org/10.3928/01477447-20151016-05>
- [8] Moya, D., Gobbato, B., Valente, S., et al. (2022) Use of Preoperative Planning and 3D Printing in Orthopedics and Traumatology: Entering a New Era. *Acta Ortopédica Mexicana*, **36**, 39-47. <https://doi.org/10.35366/106758>
- [9] Karkenny, A.J., Mendelis, J.R., Geller, D.S., et al. (2019) The Role of Intraoperative Navigation in Orthopaedic Surgery. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **27**, e849-e858. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-18-00478>
- [10] Larson, A.N., Polly, D.J., Guidera, K.J., et al. (2012) The Accuracy of Navigation and 3D Image-Guided Placement for the Placement of Pedicle Screws in Congenital Spine Deformity. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **32**, e23-e29. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318263a39e>
- [11] Dubois-Ferrière, V., Gamulin, A., Chowdhary, A., et al. (2016) Syndesmosis Reduction by Computer-Assisted Orthopaedic Surgery with Navigation: Feasibility and Accuracy in a Cadaveric Study. *Injury*, **47**, 2694-2699. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.10.009>
- [12] Parsley, B.S. (2018) Robotics in Orthopedics: A Brave New World. *The Journal of Arthroplasty*, **33**, 2355-2357. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.02.032>
- [13] Karuppiah, K. and Sinha, J. (2018) Robotics in Trauma and Orthopaedics. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, **100**, 8-15. <https://doi.org/10.1308/rcsann.suppl.8>
- [14] Luo, J., Yan, Y.J., Wang, X.D., et al. (2020) Accuracy and Safety of Robot-Assisted Drilling Decompression for Osteonecrosis of the Femoral Head. *Orthopaedic Surgery*, **12**, 784-791. <https://doi.org/10.1111/os.12678>
- [15] Wu, X.B., Wang, J.Q., Sun, X., et al. (2019) Guidance for Treatment of Pelvic Acetabular Injuries with Precise Minimally Invasive Internal Fixation Based on the Orthopaedic Surgery Robot Positioning System. *Orthopaedic Surgery*, **11**, 341-347. <https://doi.org/10.1111/os.12452>
- [16] 张帆, 吴天秀, 刘子卿, 等. 3D打印钛板塑形模板在髌臼骨折的可行性研究[J]. 中国数字医学, 2019, 14(2): 12-15.
- [17] 邵佳申, 常恒瑞, 郑占乐, 等. 3D打印辅助手术治疗胫骨平台骨折疗效的Meta分析[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(23): 3767-3772.
- [18] 张孔源, 曹修恒, 丁宁, 等. 三维数字化骨科手术机器人在股骨颈骨折内固定钉道设计中的规划与测量[J]. 潍坊医学院学报, 2020, 42(6): 429-431.
- [19] Kutaish, H., Acker, A., Drittenbass, L., et al. (2021) Computer-Assisted Surgery and Navigation in Foot and Ankle: State of the Art and Fields of Application. *EFORT Open Reviews*, **6**, 531-538. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200024>
- [20] 管俊杰. 数字化导航辅助颈椎椎弓根螺钉置入提高置钉准确率及安全性: 随机对照临床试验方案[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(39): 5898-5903.
- [21] Chen, X., Feng, F., Yu, X., et al. (2020) Robot-Assisted Orthopedic Surgery in the Treatment of Adult Degenerative Scoliosis: A Preliminary Clinical Report. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **15**, 282. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01796-2>
- [22] Boudissa, M., Girard, P., Kerschbaumer, G., et al. (2021) Does Intraoperative 3D Navigation Improve SpineJack Vertebral Augmentation in Thoracic and Lumbar Compression Fracture? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **107**, Article ID: 103028. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.103028>
- [23] Pearle, A.D., O'Loughlin, P.F. and Kendoff, D.O. (2010) Robot-Assisted Unicompartamental Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **25**, 230-237. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2008.09.024>
- [24] Sherman, W.F. and Wu, V.J. (2020) Robotic Surgery in Total Joint Arthroplasty: A Survey of the AAHKS Membership to Understand the Utilization, Motivations, and Perceptions of Total Joint Surgeons. *The Journal of Arthroplasty*, **35**, 3474-3481. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.06.072>