

间充质干细胞治疗脊髓损伤修复相关的文献计量学研究

阿克拜尔江·艾赛提^{1*}, 色依达·依马木玉山², 库提鲁克·守克尔¹, 沙拉依丁·艾尔西丁¹, 文天林³, 阿克热木江·木合热木^{1#}

¹新疆医科大学第六医院骨科再生医学重点实验室, 新疆 乌鲁木齐

²新疆医科大学第五附属医院妇科, 新疆 乌鲁木齐

³北京中医药大学附属东直门医院骨伤科, 北京

收稿日期: 2024年5月28日; 录用日期: 2024年6月23日; 发布日期: 2024年6月30日

摘要

目的: 本研究采用文献计量学方法, 分析了关于间充质干细胞在脊髓损伤修复中的研究热点以及未来发展趋势。方法: 我们通过在Web of Science数据库中使用关键词TS = ("Mesenchymal stem cells" AND "Spinal cord injury") OR TS = ("Mesenchymal stem cells" AND "Spinal cord injury repair")进行筛选, 收集了从2014年01月01日到2024年04月30日之间发表的相关文章数据。随后, 我们利用可视化分析软件VOS viewer, 从文献的发表数量、作者、所属国家、机构、关键词、以及热门研究主题等多个角度进行了综合评估。结果: 在本研究中, 我们广泛检索了Web of Science数据库, 总计获取了1193篇相关文献。这些文献是由来自70个国家的6565名合作作者撰写的, 他们分布在1520个不同的研究机构中。这些合作作者将其研究成果发表在424个不同期刊上, 并引用59,798篇文献。此外, 我们还分析了文献的年度发表量、国家分布、发表量前十的作者、被引用次数最多的十篇文章, 以及发表量前十的机构, 以更全面地了解最近十年脊髓损伤修复方面研究的现状和趋势。结论: 近10年来, 有关间充质干细胞在脊髓损伤修复领域的研究发表数量和被引次数呈总体上升趋势。这反映出该领域的迅速发展, 国际社会对其关注程度逐渐增加。尽管在脊髓损伤修复领域取得了很多成绩, 关于间充质干细胞的研究起步较晚, 相关文献数量相对较少, 但这个领域具有巨大的发展潜力。干细胞治疗脊髓损伤已成为当今一个备受关注的研究领域, 特别是间充质干细胞疗法, 在脊髓损伤治疗修复中拥有巨大的潜力, 可能为患者提供更好的治疗和康复机会, 同时也为医学领域的进步和创新做出重要贡献。

关键词

周围神经损伤, 间充质干细胞, 脊髓损伤, 脊髓修复, 功能恢复, 文献计量学

*第一作者。

#通讯作者。

Mesenchymal Stem Cells in the Treatment of Spinal Cord Injury Repair Related to Bibliometric Studies

Aikebaierjiang·Aisaiti^{1*}, Seyida-Imamuyushan², Kutiluke·Shoukeer¹, Shalayiding·Aierxidign¹, Tianlin Wen³, Aikeremujiang·Muheremu^{1#}

¹Key Laboratory of Orthopedic Regenerative Medicine, The Sixth Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Department of Gynecology, The Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

³Department of Orthopedics and Traumatology, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing

Received: May 28th, 2024; accepted: Jun. 23rd, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

Objective: This study used bibliometric methods to analyze the research hotspots and future development trends of mesenchymal stem cells in spinal cord injury repair. **Methods:** We screened by using the keywords TS = (“Mesenchymal stem cells” AND “Spinal cord injury”) OR TS = (“Mesenchymal stem cells” AND “Spinal cord injury repair”) in the Web of Science database. Data were collected for relevant articles published between 01/01/2014 and 30/04/2024. Subsequently, we used the visual analysis software VOS viewer to conduct a comprehensive evaluation from multiple perspectives such as the number of publications, authors, countries, institutions, keywords, and popular research topics. **Results:** In this study, we searched the Web of Science database extensively and identified a total of 1193 relevant articles. The literature was written by 6565 co-authors from 70 countries in 1520 different research institutions. These co-authors have published their research in 424 different journals and cited 59,798 articles. In addition, we analysed the annual number of publications, country distribution, the top 10 authors published, the 10 most cited articles, and the top 10 institutions published to gain a more comprehensive understanding of the current status and trends in spinal cord injury repair research in the last decade. **Conclusion:** In the past 10 years, the number of publications and citations of mesenchymal stem cells in the field of spinal cord injury repair have shown an overall upward trend. This reflects the rapid development of the field and the increasing attention of the international community. Although many achievements have been made in the field of spinal cord injury repair, and the research on mesenchymal stem cells started late, and the number of relevant literature is relatively small, this field has great potential for development. Stem cell therapy for spinal cord injury has become a research area that has attracted much attention today, especially mesenchymal stem cell therapy, which has great potential in the treatment and repair of spinal cord injury, which may provide patients with better treatment and rehabilitation opportunities, and also make important contributions to the progress and innovation in the field of medicine.

Keywords

Peripheral Nerve Injury, Mesenchymal Stem Cells, Spinal Cord Injury, Spinal Cord Repair, Functional Restoration, Bibliometrics

Copyright © 2024 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

脊髓损伤(Spinal Cord Injury, SCI)的治疗是一个多学科综合的过程,旨在减轻症状、预防并发症、促进功能恢复和改善患者的生活质量。常用的治疗方法包括急性期治疗、康复治疗 and 药物治疗[1] [2]。在急性期,重点在于稳定脊柱、使用药物减轻炎症和肿胀,以及通过手术移除压迫物[3] [4]。在慢性期,康复治疗成为核心,包括物理治疗、职业治疗和康复技术的应用,以增强肌肉力量、改善运动功能和平衡能力[5] [6]。药物治疗则用于控制疼痛和肌肉痉挛。此外,心理和社交支持对于帮助患者应对情绪和心理问题、融入社会和提高生活质量至关重要。新兴治疗方法,如干细胞治疗和生物材料和组织工程,虽然仍处于研究阶段,但展示了治疗脊髓损伤的潜力[7] [8]。随着科学研究的进展,未来可能会有更多创新的治疗方法出现,为脊髓损伤患者带来更好的治疗选择和预后[9] [10]。

间充质干细胞(Mesenchymal Stem Cells, MSCs)是一类具有自我更新和多向分化潜能的干细胞,广泛存在于多种组织中,如骨髓、脂肪、脐带血等[11] [12]。MSCs 作为种子细胞具有多重优势,包括来源广泛、获取便捷、免疫原性低、成骨分化潜能以及强大的增殖和自我更新能力等。因此,它们被视为组织工程领域的理想“种子细胞” [13] [14]。近年来, MSCs 在骨组织工程和周围神经损伤修复与再生领域备受国内外研究者的广泛关注和支持。在脊髓损伤的修复过程中, MSCs 可以通过多种机制发挥作用[15] [16]。首先, MSCs 可以迁移到损伤部位并分化为神经元和胶质细胞,从而促进神经网络的重建和神经信号的传递。其次, MSCs 可以释放多种生长因子和细胞因子,如脑源性神经营养因子(BDNF)、神经生长因子(NGF)等,这些因子可以促进神经细胞的存活、分化和轴突生长[17] [18]。间充质干细胞治疗为脊髓损伤修复和再生提供了新的可能性,为患者带来了新的希望。然而,该方法尚需要更多的研究和临床试验,以验证和完善这一治疗方法的有效性和安全性。本研究采用文献计量学方法,检索 Web of Science 数据库,筛选并获得 2014 年 01 月至 2024 年 04 月全球范围内关于间充质干细胞治疗脊髓损伤修复相关文献。通过对收集到的文献进行多方面的可视化分析,包括国家、作者、机构、期刊、文章和关键词等方面的分析,旨在为当前该领域的热门方向 and 未来发展趋势提供见解,为研究 SCI 的治疗提供最大益处的新途径,并为未来研究提供数据和理论支持。

2. 材料与方法

2.1. 数据收集与检索

从 Web of Science (WOS)数据库中获取核心合集,提取了与 MSCs 和 SCI 相关的研究文献,共计 1224 篇。随后,一名研究人员按照统一标准进行筛选,最终确认有效文献为 1193 篇。这些文献被用于进行作者、期刊、机构以及国家的合作网络分析和文献共被引分析。为了避免由于数据库更新引起的误差,以及减少由不同筛选者主观选择所带来的差异,一位研究者负责了所有文献的筛选和收集工作,并于 2024 年 05 月 01 日完成了这一任务。这一步骤为研究提供了坚实的数据基础,以进行更深入的研究分析,揭示 MSCs 和 SCI 领域的合作网络和前沿研究趋势。

2.1.1. 检索方法和检索词

在 Web of Science 的高级检索中,我们选择了 Web of Science 核心合集,通过输入以下主题词进行检索:“Mesenchymal stem cells”和“Spinal cord injury”或“Mesenchymal stem cells”和“Spinal cord injury”

repair”，并使用检索字符串 TS = (“Mesenchymal stem cells” AND “Spinal cord injury”) OR TS = (“Mesenchymal stem cells” AND “Spinal cord injury repair”)。筛选完文献后我们选择导出纯文本文件，记录包括完整记录和参考文献。后续，导出的数据经过可视化分析软件 Cites pace 6.4.2R 和 VOS viewer 1.6.19 进行进一步的研究分析。文献检索范围包括“Article”和“Review Article”，时间范围为 2014 年 01 月 01 日至 2024 年 04 月 30 日。这一部分详细描述了检索过程和使用的检索词，有助于其他研究人员了解研究方法的细节，以便进行相关领域的进一步研究。

2.1.2. 纳入标准和排除标准

纳入标准：我们纳入了自 2014 年 01 月 01 日至 2024 年 04 月 30 日之间 WOS 数据库中关于间充质干细胞治疗脊髓损伤修复的相关论著和综述。

排除标准：我们排除了以下类型的文献：1) 重复的文献；2) 通知、评论、译文、会议论文、摘要、报纸文章、专利、新闻报道、讲座、自传和毕业论文等。

这些明晰的标准确保了研究的文献选择过程的一致性和质量，使所得的文献集合更加可靠。

2.1.3. 数据分析

在数据分析方面，我们将利用 Web of Science 在线文献分析报告，提取所选文献的关键信息，包括出版年份、国家/地区、作者等。随后，我们将借助可视化分析工具，包括 Cites pace 6.4.2R、VOS viewer 1.6.19 以及 Microsoft Excel 2019，进行数据可视化处理。在本研究中，我们将使用它们来分析文献的年度分布、国家/地区分布、作者合作网络、关键词网络等多方面信息，并生成知识图谱、关键词聚类图谱以及其他可视化图表，以全面研究和分析研究领域的发展趋势和关键节点。这将有助于揭示前沿研究方向，为研究者提供有价值的见解。

3. 结果 Results

最终从 Web of Science 数据库中共检索到 1224 篇文献，通过剔除和筛选最终符合研究的文献有 1193 篇。本研究所用的 1193 篇文章共有 6565 名作者，他们分别来自 70 个国家，1520 个机构的 6565 名作者发表在 424 篇期刊上。引用了来自 6139 期刊的 59,798 篇文献。见图 1。

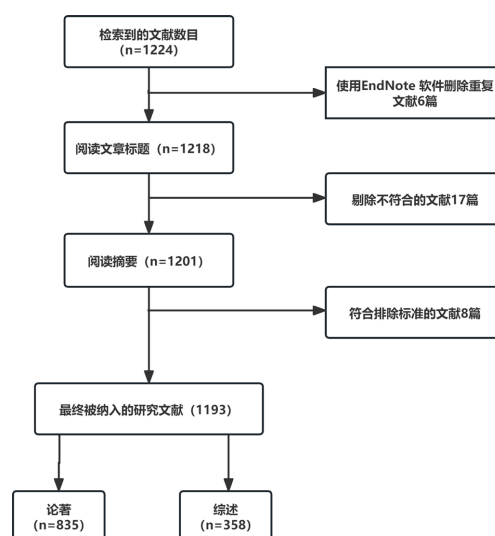


Figure 1. Flow chart of literature retrieval and screening

图 1. 文献检索筛选流程图

3.3. 作者分布

在这个领域的 1193 篇文献中，共有 6565 位作者参与发表。自 2014 年至 2024 年，全球作者发表了 1193 篇有关间充质干细胞治疗脊髓损伤修复的英文文献。表 1 列出了排名前 10 的作者，他们共发表了篇文章，约占总数的 11.39%。捷克共和国值得注意的是，中国科学院的四位作者在有关间充质干细胞治疗脊髓损伤修复方面的研究中表现出色，占据了前十位作者的名单。中国科学院的 Dai Jianwu 以发表了 20 篇文章，占比 1.67%，位列第一，而 Xiao Zhifeng 以发表了 18 篇文章，占比 1.50%，排名第二。这显示了中国在该领域具有显著的学术影响力，见表 1。

Table 1. Co-authorship analysis of the top 10 authors by the largest number of publications

表 1. 文献发表量排名前 10 的作者合著分析表

作者	发文量(篇)	构成比(%)	合计被引用(次)	国家	机构
Dai Jianwu	20	1.67	893	中国	中国科学院
Xiao Zhifeng	18	1.50	862	中国	中国科学院
Chen Bing	16	1.34	739	中国	中国科学院
Zhao Yannan	15	1.25	670	中国	中国科学院
Li Xing	13	1.08	601	中国	广州华医药大学
Zeng Yuan-shan	12	1.0	421	中国	中山大学
Zeng Xiang	11	0.92	286	中国	中山大学
Kocsis Jeffery d.	11	0.92	444	日本	耶鲁大学
Zhang Tao	10	0.83	154	中国	中国医药大学
Kubinova Sarka	10	0.83	489	捷克共和国	捷克科学院

3.4. 机构分布

在间充质干细胞治疗脊髓损伤修复的研究领域，全球共有 1520 个机构和地区积极参与，这反映了该领域的国际合作和活跃度。其中，有 131 个机构/地区发表了不少于 5 篇文献。图 4 列出了文献发表量前 10 的机构/地区，其中有 7 家机构来自中国，见图 4。图中节点的大小表示相应机构发表的文章数量，节点越大表示发表的文章数量越多。与此同时，节点之间的连线越粗，表示代表的机构之间的合作越频繁。因此，从图 5 可以看出，中国的各个机构/地区之间以及中国与全球其他研究机构之间的联系密切。这种共同努力促进了知识的共享和合作，有助于加速周围神经损伤和再生研究的进展，见图 5。

3.5. 期刊分析

在过去的十年里，关于间充质干细胞治疗脊髓损伤修复研究的文献中，排名前十的期刊如表 2 所示。前三名的期刊分别是《Stem Cell Research Therapy》、《Neural Regeneration Research》和《International Journal Of Molecular》，它们分别刊登了 38、37 和 36 篇文献，平均被引次数为 41.65、18.37、26.66 次/篇，见表 2。图 6 通过 VOS viewer 软件的刊登期刊分析功能，对 2014 年至 2024 年间这一领域的刊登期刊进行了可视化分析。在图中，右下角有一个颜色从深到浅排列的刻度线，圆圈的颜色越接近深色表示作者们选择投稿并刊登在较早的学术期刊上，而颜色越接近浅色则表明更接近当前的研究热点，见图 6。

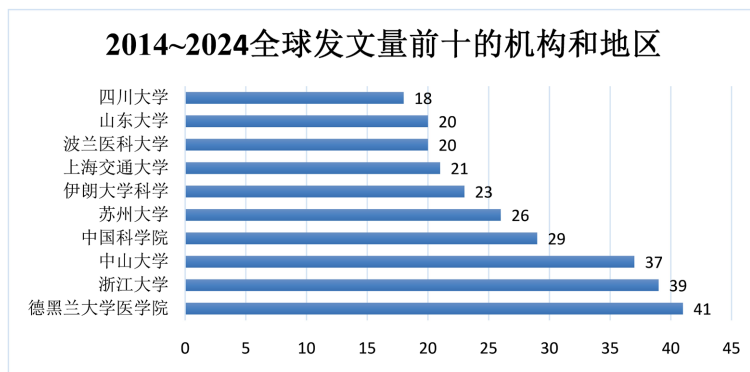


Figure 4. The top 10 institutions and regions in this field by the largest number of publications

图 4. 该领域文献发表量排名前 10 的机构和地区表

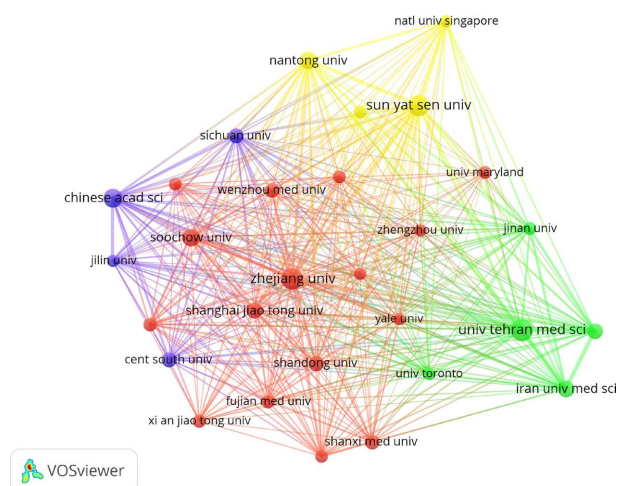


Figure 5. Co-authorship analysis chart of documentation institutions

图 5. 文献机构合著分析图

Table 2. Distribution of the top 10 journals in this field by the largest number of papers published in the world
表 2. 该领域全球发文量排名前 10 的期刊分布

序号	期刊	发文量(篇)	被引次数(次)	篇均被引量(次)
1	Stem Cell Research Therapy	38	1583	41.65
2	Neural Regeneration Research	37	680	18.37
3	International Journal of Molecular	36	960	26.66
4	Cell Transplantation	35	1315	37.57
5	Current Stem Cell Research Therapy	20	208	10.4
6	Stem Cells International	20	715	35.75
7	Journal of Neurotrauma	16	709	44.31
8	Molecular Neurobiology	15	360	24
9	Cells	14	435	31.07
10	Journal of Biomaterials and Tissue Engineering	14	12	0.85

Table 3. Top 5 cited articles on research on mesenchymal stem cell therapy for spinal cord injury repair
表 3. 关于间充质干细胞治疗脊髓损伤修复的研究的 5 大引用文章

序号	论文名称	被引次数(次)	第一作者	刊登期刊
1	immunoregulatory mechanisms of mesenchymal stem and stromal cells in inflammatory diseases	663	Shiyufang	nature reviews nephrology
2	cell transplantation therapy for spinal cord injury	568	Assinck	nature neuroscience
3	recent advances in biomaterials for 3d scaffolds: a review	508	Nikolova	bioactive materials
4	ethical and safety issues of stem cell-based therapy	414	Volarevic	international journal of medical sciences
5	traumatic brain injuries: pathophysiology and potential therapeutic targets	325	Ng, si yun,	frontiers in cellular neuroscience

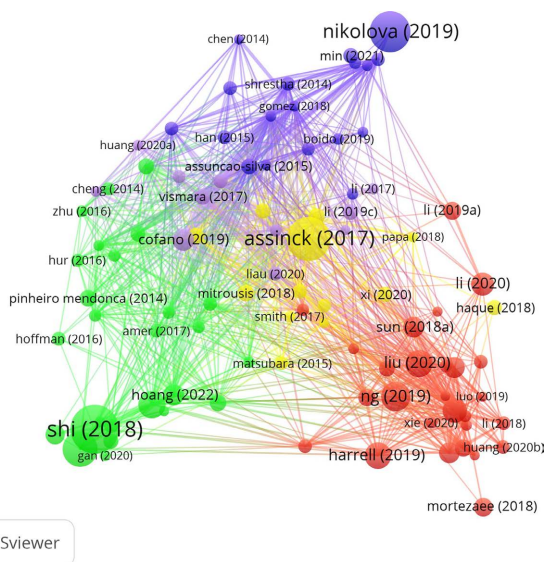


Figure 8. Literature citation distribution analysis
图 8. 文献引用分布分析图

“Spinal Cord Injury”，“Mesenchymal Stem-Cells”，“Functional Recovery”，“Transplantation”，“Stromal cells”，“Bone-Marrow”，“Bone-Marrow”，“Regeneration”，“Marrow Stromal Cells”，“Differentiation”以及“expression”，见表 4。在图 9 中，每个圆圈代表一个关键词，圆圈的大小反映了该关键词的出现频次，越大的圆圈表示该关键词在该研究领域中出现的频率越高，也代表着该关键词在该领域的研究中更为重要。而图 10 中的颜色则代表了关键词的出现时间，颜色越接近深色表示该关键词在研究早期出现，而颜色越接近浅色表示该关键词在近年的研究中更为流行。从这些图中可以清晰地看出，“Spinal Cord Injury”、“Mesenchymal Stem-Cells”、“Stromal cells”、“Functional Recovery”等关键词在近年的研究中受到广泛关注，成为了研究热点，见图 9，图 10。

4. 讨论

脊髓损伤是脊柱外科一种常见的创伤性疾病，导致神经元死亡、功能性运动和感觉丧失，通常会引起损伤面以下躯体感觉与功能的严重障碍，丧失生活自理能力[18] [19]。脊髓损伤具有发病率高、治愈率低、

致残率高、并发症多的点，给患者、家庭、社会带来沉重的医疗压力与经济负担，在我国，创伤性脊柱脊髓损伤(TSCI)的年患病率为23.7至60.6/100万[20][21]。脊髓损伤的治疗一直是医学界的一个重大挑战。目前常规的治疗方法，如手术治疗、牵引固定非手术治疗、激素和神经营养物质等药物治疗，虽然能在一定程度上稳定病情、减轻症状，但对于实现神经轴突的再生和脊髓功能的完全重建效果有限[22]。为了克服这些挑战，研究者们正在探索多种新的治疗策略，目前干细胞疗法被认为是治疗脊髓损伤最有前景的方法之一[23]。目前干细胞疗法在临床前研究和临床试验中已经取得了一些积极的成果，但仍面临着诸多挑战，包括安全性、伦理问题、最佳移植途径和方法、以及如何提高干细胞在体内的存活率和功能整合等。随着科学研究的深入和技术的进步，干细胞疗法有望在脊髓损伤修复领域取得更大的突破。

间充质干细胞(MSCs)具有多向分化潜能和免疫调节特性，在脊髓损伤修复方面备受研究者青睐。它们可以通过局部移植的方式注入脊髓损伤区域，有效促进神经轴突生长，并抑制损伤部位周围炎症反应，为神经损伤修复提供适宜的微环境[24][25]。中国在间充质干细胞治疗脊髓损伤方面的研究取得了显著成果。研究显示，MSCs能够通过分化为神经元和胶质细胞、分泌神经营养因子、促进血管生成和抑制炎症反应等多种机制，促进脊髓损伤的修复[26][27]。此外，利用生物材料和组织工程技术，研究者们正在开发新型的细胞载体和支架，以增强MSCs的治疗效果。

本研究借助CiteSpace学术分析工具，系统地回顾了自2014年01月至2024年04月期间，Web of Science数据库中有间充质干细胞治疗脊髓损伤修复方面的研究发展趋势。在过去的十年中，该领域的全球学术发文量表现出相对稳定的趋势，每年保持在70篇以上，这反映了国内外学者对脊髓损伤修复问题逐渐增加的关注，已然成为世界热门研究问题。

本研究不足之处：

1) 语言偏差：该研究只纳入了英文文献，这可能会导致在其他语言中发布的高质量文献被忽略。因此，研究结果可能没有全面覆盖相关领域的所有文献，可能会引入语言偏差。2) 时间限制：文章的发表和被引频数的统计受时间限制，这意味着最近发表的文献可能由于发表时间较短而未被充分纳入分析中。这可能导致文章的发表和被引频数总计相对较低，从而影响了研究结果的全面性和准确性。3) 文献筛选方法：需要进一步确定文献的筛选方法和排除标准，以确定如何选择纳入文献的标准。这可以帮助澄清研究的可信度和方法的透明性。4) 数据源选择：该研究没有收集多个数据库的文献，在数据选择可能存在选择偏倚。

5. 结论

本研究采用文献计量学方法，系统分析了2014年至2024年间关于间充质干细胞治疗脊髓损伤修复方面的研究趋势。我们详细调查了该时段内的发展动态，包括文献年发表量、国家分布、发文量前十的作者、被引次数最多的5篇文章，以及发文量前10的机构频次最多的10个关键词进行分析，同时对年累计量发表量进行了多项式整合。研究采用了Web of Science数据库，该数据库的高质量和可靠性为研究提供了可靠的数据基础。我们广泛检索了Web of Science数据库，共获取了篇文献。通过精心筛选和剔除，最终确定了符合研究主题的1193篇文献。这些文献涵盖了广泛的研究领域，旨在深入探讨间充质干细胞治疗在脊髓损伤修复中的研究与应用。我们发现，这1193篇文章涉及6565位作者，分布在70个国家，隶属于1520个不同的机构。这种国际性和多样性反映了该领域的复杂性和吸引力。综上所述，这些发现不仅为全球间充质干细胞治疗脊髓损伤修复领域提供了深入洞察，同时也为我国在该领域的研究方向和国际交流合作提供了有力支持。未来，我们鼓励中国加大相关研究的投入，积极开展国际合作，为解决人类神经损伤问题贡献力量。

基金项目

本研究获得了自治区卫生健康青年医学科技人才专项科研项目(批准号: WJWY-202401), 国家自然科学基金项目(批准号: 8226050095; 8237152292; 82074452)。

参考文献

- [1] 陈星月, 陈栋, 陈春慧, 等. 中国创伤性脊髓损伤流行病学和疾病经济负担的系统评价[J]. 中国循证医学杂志, 2018, 18(2): 143-150.
- [2] Jendelova, P. (2018) Therapeutic Strategies for Spinal Cord Injury. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article 3200. <https://doi.org/10.3390/ijms19103200>
- [3] Wang, H., *et al.* (2019) Clinical Practice Guidelines for the Perioperative Management of Acute Spinal Cord Injury. *Chinese Journal of Trauma*, **24**, 349-355.
- [4] Li, H., *et al.* (2019) Advances in Pharmacological Treatment of Acute Spinal Cord Injury. *Journal of Lanzhou University (Medical Science)*, **45**, 7-11
- [5] 伍佳, 温永梅, 吕欣荣, 等. 人胎盘来源间充质干细胞的生物学性能及体外生物相容性[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(5): 755-759.
- [6] 张陆, 刘志昂, 姜岩, 等. 脐带间充质干细胞移植治疗急性脊髓损伤的临床价值[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(3): 254-260.
- [7] 李永超, 冯晓飞, 苏启航, 等. 人脐带间充质干细胞在脊髓损伤修复中的研究进展[J]. 同济大学学报(医学版), 2023, 44(5): 760-764. <https://doi.org/10.12289/j.issn.1008-0392.23037>
- [8] Ashammakhi, N., Kim, H., Ehsanipour, A., Bierman, R.D., Kaarela, O., Xue, C., *et al.* (2019) Regenerative Therapies for Spinal Cord Injury. *Tissue Engineering Part B: Reviews*, **25**, 471-491. <https://doi.org/10.1089/ten.teb.2019.0182>
- [9] 杨俊松, 郝定均. 脊髓损伤干细胞治疗的研究现状与未来[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(1): 6-10.
- [10] 石尧, 韩树峰, 原一桐, 等. 人脐带间充质干细胞治疗脊髓损伤有效性与安全性的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(25): 4093-4100.
- [11] 许盼盼, 李才, 吴楠, 等. 脊髓伤的细胞治疗策略[J]. 骨科, 2021, 12(3): 287-292.
- [12] Lu, Y., Zhang, W., Tian, Z., Liang, Q., Liu, C., Wu, Y., *et al.* (2022) The Optimal Transplantation Strategy of Umbilical Cord Mesenchymal Stem Cells in Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Network Meta-Analysis Based on Animal Studies. *Stem Cell Research & Therapy*, **13**, Article No. 441. <https://doi.org/10.1186/s13287-022-03103-8>
- [13] Reyhani, S., Abbaspanah, B. and Mousavi, S.H. (2020) Umbilical Cord-Derived Mesenchymal Stem Cells in Neurodegenerative Disorders: From Literature to Clinical Practice. *Regenerative Medicine*, **15**, 1561-1578. <https://doi.org/10.2217/rme-2019-0119>
- [14] Mortazavi, M.M., Verma, K., Harmon, O.A., Griessenauer, C.J., Adeeb, N., Theodore, N., *et al.* (2014) The Microanatomy of Spinal Cord Injury: A Review. *Clinical Anatomy*, **28**, 27-36. <https://doi.org/10.1002/ca.22432>
- [15] 刘克勋, 霍洪军, 赵岩, 等. 间充质干细胞移植治疗脊髓损伤的进展及发展趋势[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(21): 3410-3416.
- [16] Nitzsche, F., Müller, C., Lukomska, B., Jolkkonen, J., Deten, A. and Boltze, J. (2017) Concise Review: MSC Adhesion Cascade—Insights into Homing and Transendothelial Migration. *Stem Cells*, **35**, 1446-1460. <https://doi.org/10.1002/stem.2614>
- [17] 刘雨亮, 李军, 何玉芹, 等. 脐带间充质干细胞移植治疗脊髓损伤: 不同方式的疗效对比[J]. 中国组织工程研究, 2015(14): 2192-2198.
- [18] 杨荣环, 李红, 胡明均, 等. 鞘内注射脐带间充质干细胞治疗神经系统疾病的安全性和疗效研究[J]. 现代生物医学进展, 2015, 15(15): 2913-2917.
- [19] 乔立艳, 陈琳, 黄方杰, 等. 干细胞联合移植对神经系统疾病改善作用的初步观察[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2011, 5(17): 5033-5036.
- [20] 魏芬, 肖秀兰. 胰岛素样生长因子 1 诱导骨髓间充质干细胞转化为少突胶质细胞移植修复急性脊髓损伤[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(23): 3419-3424.
- [21] 刘志刚, 郑启新, 熊敏, 等. 骨髓间充质干细胞移植联合孕酮应用对脊髓损伤的修复作用[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2012, 41(3): 296-302.

- [22] 吴立生, 吴仕峰. 细胞联合移植修复大鼠脊髓损伤的可行性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(34): 6626-6630.
- [23] Chen, C., Chen, F., Yao, C., Shu, S., Feng, J., Hu, X., *et al.* (2016) Intrathecal Injection of Human Umbilical Cord-Derived Mesenchymal Stem Cells Ameliorates Neuropathic Pain in Rats. *Neurochemical Research*, **41**, 3250-3260. <https://doi.org/10.1007/s11064-016-2051-5>
- [24] Zhang, H., *et al.* (2022) Neural Stem Cell Therapy for Spinal Cord Injury Repair: Recent Preclinical and Clinical Advances (II). *Neural Regeneration Research*, **17**, 1773-1776.
- [25] Wang, X., *et al.* (2023) Stem Cell Transplantation for Traumatic Spinal Cord Injury: Research Progress in Different Treatment Periods. *Journal of Clinical Neuroscience*, **86**, 1-5.
- [26] Han, Y., Li, X., Zhang, Y., Han, Y., Chang, F. and Ding, J. (2019) Mesenchymal Stem Cells for Regenerative Medicine. *Cells*, **8**, Article 886. <https://doi.org/10.3390/cells8080886>
- [27] Mukai, T., Tojo, A. and Nagamura-Inoue, T. (2018) Mesenchymal Stromal Cells as a Potential Therapeutic for Neurological Disorders. *Regenerative Therapy*, **9**, 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2018.08.001>