

前入路腰椎融合手术技术的发展与现状

吴昊天¹, 王振斌^{2*}

¹新疆医科大学第四临床医学院, 新疆 乌鲁木齐

²新疆维吾尔自治区中医医院脊柱一科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年12月27日; 录用日期: 2024年1月21日; 发布日期: 2024年1月30日

摘要

前入路腰椎融合手术是脊柱微创手术中的重要组成部分, 前入路腰椎融合手术随着时代的发展与医学的进步也有了更多的演变, 这对于需手术治疗的腰椎疾患患者有着重要意义。为了更进一步了解前入路腰椎融合手术技术, 故对该研究进行一综述。

关键词

前入路, 腰椎融合, 手术技术

Development and Current Status of Anterior Lumbar Interbody Fusion Surgical Techniques

Haotian Wu¹, Zhenbin Wang^{2*}

¹The Fourth Clinical Medical School of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Spinal Surgery Department I of Xinjiang Autonomous Region Traditional Chinese Medicine Hospital, Urumqi Xinjiang

Received: Dec. 27th, 2023; accepted: Jan. 21st, 2024; published: Jan. 30th, 2024

Abstract

Anterior lumbar interbody fusion surgery is an integral part of minimally invasive spinal procedures. With the advancement of time and progress in medicine, anterior lumbar interbody fusion surgery has undergone significant evolution, holding crucial significance for patients with lumbar

*通讯作者。

spine disorders requiring surgical intervention. In order to further understand the anterior lumbar approach, a review of this study is conducted on the techniques of vertebral fusion surgery.

Keywords

Anterior Approach, Lumbar Fusion, Surgical Technique

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/>



1. 前入路腰椎融合手术技术概述

前入路腰椎融合手术技术的发展历程在脊柱外科治疗中占据重要地位, 其演进经历了多个阶段, 从最初的传统手术方式到如今的多样化技术。不同类型的前入路腰椎融合手术技术, 如 ALIF、OLIF、DLIF、LLIF、IXLIF 等, 各具特点, 为椎间盘疾病和腰椎病变的治疗提供了更为精准和个性化的选择[1]。在 20 世纪初, 前入路腰椎融合手术技术开始被应用于治疗腰椎疾病。最早的手术方式主要采用后路手术, 然而, 这些手术方式对腰椎后部的创伤较大, 容易引起术后并发症。为了减小手术创伤, 改善手术效果, 前入路手术逐渐崭露头角[2] [3]。这一技术的演变和创新, 为患者提供了更为安全和有效的治疗途径[4]。

ALIF (前腹入路腰椎融合)作为前入路手术技术的代表, 其核心思想是通过腹部手术通道直接接近椎间盘进行融合。ALIF 手术的优势在于提供了直观清晰的视野, 使医生能够更准确地处理椎间盘, 从而改善手术效果。然而, 该手术也面临着一定的挑战, 如手术创伤较大和腹部脏器损伤的风险[5] [6]。研究表明, ALIF 手术在处理腰椎滑脱等疾病方面取得了显著的疗效[7] [8]。

OLIF (腹外侧入路腰椎融合)是一种通过腹股沟区域进入椎间盘进行融合的手术方式。相较于 ALIF, OLIF 手术减小了手术创伤, 避免了对腹部脏器的直接损伤, Liu 和 Zhang 的团队研究中都证实了这一点[9] [10]。然而, 该手术也面临着手术通道狭窄、腹股沟神经区域的损伤等问题[9] [11]。研究显示, OLIF 手术在治疗椎间盘病变引起的神经根压迫症状上取得了良好的效果。

DLIF (椎间隙侧入路腰椎融合)是一种通过椎体间隙进入椎间盘进行融合的手术方式, 重点处理侧方的腰椎。相较于前两者, DLIF 手术注重减小对前部神经结构的影响, 适用于需要处理多个椎体的病变[12]。然而, 该手术也伴随着椎体侧方神经结构的潜在损伤风险。研究表明, DLIF 手术在处理腰椎间盘突出伴椎体侧弯的患者中具有显著的疗效。

LLIF (椎间盘前外侧入路腰椎融合)和 IXLIF (椎间盘后外侧入路腰椎融合)是通过椎体前外侧和后外侧的入路进行手术[13] [14]。它们综合了前述手术方式的优势, 旨在减小手术创伤, 同时处理椎间盘病变。在特定的临床情况下, LLIF 和 IXLIF 手术都展现出了较好的应用前景。

2. ALIF

前腹入路腰椎融合(ALIF)手术技术作为一种前入路腰椎融合手术方式, 在脊柱外科领域取得了显著的进展。该手术技术以其独特的优势和应用灵活性在临床中得到广泛应用。然而, 也需要考虑到其存在的一些挑战和缺陷。

首先, ALIF 手术的优势主要包括以下几个方面。通过腹部手术通道直接接近椎间盘, 医生可以获得直观清晰的视野, 使其能够更准确地处理椎间盘问题。这有助于提高手术的精确性, 减小术后并发症的

概率。此外, ALIF 手术避开了腰椎后部的神经结构, 从而降低了与神经损伤相关的风险。术后, 患者通常能够更快地康复, 减轻了手术后的疼痛感[15] [16] [17] [18]。

然而, ALIF 手术也存在一些缺点。首要的问题之一是手术创伤较大。由于手术需要穿越腹壁, 可能引起腹部肌肉的撕裂, 增加了手术的复杂性。此外, 手术通道涉及到腹腔, 患者可能面临腹部脏器的潜在损伤风险。这使得手术过程中需要更加谨慎, 术中可能会出现一些困难。

在临床应用中, ALIF 手术主要适用于需要腰椎前方减压的患者, 例如腰椎滑脱、腰椎间盘突出等, Harry 等人在研究中就指出了这一点[7]。研究表明, ALIF 手术在处理这些疾病时, 可以取得较好的疗效。一项研究指出, ALIF 手术对于腰椎滑脱患者的长期随访中, 患者的椎间盘高度得到有效恢复, 且疼痛症状明显减轻[17]。此外, ALIF 手术还被广泛用于椎间盘退变、椎间盘膨出等疾病的治疗。在这些疾病中, ALIF 手术通过腹部通道直接处理椎间盘问题, 减轻神经根的受压, 从而改善患者的症状。一项研究指出, ALIF 手术对椎间盘膨出患者的手术后疼痛症状和神经功能的改善效果显著[5] [19]。

在长期效果方面, 有研究表明 ALIF 手术对于腰椎滑脱患者的手术后长期随访中, 患者的椎间盘高度得到有效维持, 手术效果稳定。此外, 一项多中心研究显示, ALIF 手术在处理腰椎间盘退变相关疾病时, 术后患者的生活质量得到了明显的改善。

3. OLIF

经腹股沟区域进入椎间盘进行腰椎融合的腹外侧入路腰椎融合手术(OLIF)技术在脊柱外科领域日益受到关注。这一手术方式具有独特的优势和一些挑战, 广泛应用于一系列椎间盘疾病的治疗。

OLIF 手术的优势主要表现在以下几个方面。首先, 相对于一些传统的手术方式, OLIF 手术减小了手术创伤。通过腹股沟区域的入路, 避免了腹部大肌肉的切割, 减轻了手术引起的组织损伤。其次, 由于手术通道的特殊设计, OLIF 手术可以避免大部分腹股沟神经区域, 从而减少了神经并发症的风险。此外, OLIF 手术对椎间盘进行直接处理, 提供了更为直观的视野, 有助于准确、有效地完成椎间盘融合[20]。

但是, OLIF 手术也存在一些缺点和挑战。首先, 由于手术通道较为狭窄, 手术过程可能需要更高水平的技术娴熟度。同时, 手术中需要穿越腹股沟神经区域, 患者可能面临神经损伤的潜在风险。术后, 由于手术入路的特殊性, 患者可能需要更长的时间来适应手术后的康复[21] [22]。在临床应用中, OLIF 手术主要适用于椎间盘病变引起的神经根压迫症状明显的患者。研究表明, OLIF 手术对于处理椎间盘突出引起的神经根压迫具有较好的效果。此外, OLIF 手术还被广泛用于处理退变性腰椎疾病, 特别是对于椎间盘高度明显减小的患者, OLIF 手术能够通过植入椎间盘融合器来恢复椎间盘的高度和稳定腰椎[23]。

在术后效果方面, 研究发现 OLIF 手术对于椎间盘退变患者的手术后疼痛症状和功能恢复有显著的改善。此外, OLIF 手术还被证明是一种有效的治疗腰椎滑脱的方法, 通过手术恢复椎间盘高度, 改善患者的症状[23] [24] [25]。

4. DLIF

经椎旁入路腰椎融合(DLIF)手术技术作为一种前入路腰椎融合手术方式, 近年来在脊柱外科领域得到了广泛关注。该手术方式以其独特的优势和一些挑战, 在处理一系列腰椎疾病中发挥着重要作用。

DLIF 手术的优势主要表现在以下几个方面。首先, 相对于传统的后路手术, DLIF 手术通过椎体之间的植入器材, 避开了腰椎后部神经结构, 减小了神经并发症的概率。其次, DLIF 手术的植入器材能够提供可靠的支撑, 增加了椎体的稳定性, 对于腰椎滑脱等疾病的治疗效果较为显著。此外, DLIF 手术还通过在椎间盘空腔内植入骨植入物, 实现了对椎间盘的融合, 有助于恢复椎间盘高度[26] [27]。

但 DLIF 手术也存在一些缺点和挑战。首先, 由于手术需要通过侧面切口进入椎体之间, 操作相对

复杂, 需要较高的技术水平。其次, 手术创伤虽然小于传统的后路手术, 但仍然较大, 可能导致一定的组织损伤。术后, 患者可能需要较长的康复时间。此外, 由于手术入路的限制, DLIF 手术可能不适用于所有的腰椎病变, 需要患者和医生充分评估术前影像资料。

在临床应用中, DLIF 手术主要适用于需要前方减压和融合的患者, 例如腰椎滑脱、退变性腰椎病变等。研究表明, DLIF 手术在处理这些疾病时, 能够取得良好的手术效果。一项研究指出, DLIF 手术对于腰椎滑脱患者的手术后长期随访中, 患者的椎间盘高度和神经根受压情况得到有效改善[28]。此外, DLIF 手术还被广泛应用于处理腰椎间盘突出、椎管狭窄等疾病。在这些疾病中, DLIF 手术通过侧面切口直接处理椎体之间的问题, 为患者提供了一种有效的治疗手段。

在术后效果方面, 研究发现 DLIF 手术对于腰椎间盘突出患者的手术后疼痛症状和神经功能有明显的改善。此外, 一项多中心研究显示, DLIF 手术在处理退变性腰椎疾病时, 术后患者的生活质量得到了显著的改善[29]。

5. LLIF

经侧方入路腰椎融合(LLIF)手术技术作为脊柱外科领域的一项创新, 近年来备受关注。这一手术方式以其独特的优势和一些挑战, 在处理腰椎疾病中发挥着重要作用。

LLIF 手术的优势主要表现在以下几个方面。首先, 相对于传统的前路手术, LLIF 手术通过椎间盘空腔进行植入, 避开了腹腔和腰部大肌肉的切割, 减小了手术创伤。其次, 由于手术通道的侧方入路, 避免了与腹腔器官和神经结构的直接接触, 降低了手术引起的并发症风险。此外, LLIF 手术通过直接处理椎间盘问题, 有助于准确地进行融合, 提高了手术的精确性[30] [31]。

同样, LLIF 手术也存在一些缺点和挑战。首先, 由于手术需要通过侧方进入, 操作相对复杂, 需要较高的技术水平。其次, 手术通道较窄, 有时难以达到全腰段的融合, 可能需要多次手术。术后, 患者可能面临一定的神经并发症风险, 如感觉异常或肢体无力[13]。

在临床应用中, LLIF 手术主要适用于需要前方减压和融合的患者, 特别是腰椎滑脱、腰椎间盘突出等疾病。研究表明, LLIF 手术在处理这些疾病时, 能够取得良好的手术效果。一项研究指出, LLIF 手术对于腰椎滑脱患者的手术后疼痛症状和椎间盘高度的改善效果显著[32]。此外, LLIF 手术还被广泛应用于处理退变性腰椎疾病, 特别是对于椎间盘高度减小的患者, LLIF 手术通过植入椎间盘融合器来恢复椎间盘的高度, 提高腰椎的稳定性[33]。

在术后效果方面, 研究发现 LLIF 手术对于腰椎滑脱患者的手术后疼痛症状和神经功能有明显的改善[33] [34]。

6. IXLIF

腰椎融合手术中的一项创新技术, 即经背侧入路腰椎融合(IXLIF), 近年来在脊柱外科领域受到越来越多的关注。IXLIF 手术以其独特的优势和一些挑战, 为腰椎疾病的治疗提供了一种前瞻性的选择[34] [35] [36]。

IXLIF 手术的优势主要表现在以下几个方面。首先, 与传统的后路手术相比, IXLIF 手术通过背侧入路, 减小了对腰部肌肉和软组织的创伤, 从而减轻了患者的手术痛苦。其次, 由于手术路径避开了腰椎神经结构, IXLIF 手术减少了神经并发症的风险。此外, 手术过程中可通过融合椎体之间的植入物, 提高椎体的稳定性, 对于腰椎退变性疾病的治疗效果较为显著[37]。

然而, IXLIF 手术也存在一些缺点和挑战。首先, 由于手术需要通过背侧入路, 操作较为复杂, 需要较高的技术水平。其次, 手术创伤虽然相对较小, 但仍然存在一定的组织损伤, 可能导致患者需要更

长时间的康复。术后, 患者可能面临一些与手术路径相关的不适, 如背部疼痛或僵硬感。在临床应用中, IXLIF 手术主要适用于需要腰椎融合的患者, 特别是那些椎间盘退变引起的疼痛、腰椎滑脱等疾病。研究表明, IXLIF 手术在处理这些疾病时, 能够取得较好的手术效果。一项研究指出, IXLIF 手术对于椎间盘退变引起的腰椎疼痛具有显著的缓解效果[38]。

在术后效果方面, 研究发现 IXLIF 手术对于椎间盘退变患者的手术后疼痛症状和功能恢复有明显的改善。此外, IXLIF 手术还被证明是一种有效的治疗腰椎滑脱的方法, 通过手术恢复椎间盘高度, 改善患者的症状[39][40]。

7. 五种术式对比

前入路腰椎融合手术技术(ALIF)、侧方入路腰椎融合手术技术(OLIF)、经椎旁入路腰椎融合手术技术(DLIF)、经侧方入路腰椎融合手术技术(LLIF)和经背侧入路腰椎融合手术技术(IXLIF)是在腰椎融合领域广泛应用的五种手术方式, 它们各自具有独特的优势和局限。选择合适的手术方式应该根据患者的具体病情、解剖结构、术者技术水平等因素进行综合考虑。选择适当的手术方式需根据患者的病情、解剖结构、医生经验等因素进行综合评估。总体而言, 前入路手术如 ALIF 和 OLIF 适用于需要前方减压的病例, 而侧方入路手术如 LLIF 和 OLIF 则适用于需要减小手术创伤的患者。经椎旁入路手术如 DLIF 和背侧入路手术如 IXLIF 则更适用于特殊病例或需要避免腹腔手术的情况[1]。

手术方式	优势	局限
ALIF	直接可视化: ALIF 手术通过腹腔入路, 提供了直接可视化腰椎间盘和椎体的优势。 高度稳定性: 由于手术通过前入路, 植入的支撑物具有较高的稳定性。 广泛适应性: 适用于多种腰椎疾病, 尤其是需要前方减压的病例。	手术创伤较大: 由于需要切开腹腔肌肉, 手术创伤较大, 术后康复相对较慢。 神经损伤风险: 由于手术靠近腹腔神经结构, 存在神经损伤的风险。
OLIF	避免腹腔入路: OLIF 手术通过侧方入路, 避免了腹腔手术, 减小了与腹腔相关的并发症风险。 较小的手术创伤: 相较于 ALIF, OLIF 手术创伤较小, 术后康复相对迅速。	手术适应症较窄: OLIF 手术在处理某些病例时受限, 如对椎间盘高度较小的情况。
DLIF	避免神经结构: DLIF 手术通过椎旁入路, 避开了神经结构, 减小了神经并发症的风险。 较小的创伤: 相较于后路手术, DLIF 手术创伤较小, 术后疼痛相对较轻。	手术操作较复杂: DLIF 手术需要较高的技术水平, 手术操作较为复杂。 手术适应症有限: 不适用于所有腰椎病变, 需患者和医生充分评估术前影像资料。
LLIF	避免腹腔手术: 类似于 OLIF, LLIF 手术通过侧方入路, 避免了腹腔手术, 减小了与腹腔相关的并发症风险。 手术创伤较小: 相对于传统的前路手术, LLIF 手术创伤较小。	手术操作复杂: LLIF 手术需要较高的技术水平, 手术操作相对复杂。 适应症有限: 不适用于所有腰椎病变, 特别是对于某些解剖结构有异常的患者。
IXLIF	背侧入路: IXLIF 手术通过背侧入路, 相对于其他前路手术避免了腹腔和腰部肌肉的直接切割。 较小的创伤: 相对于后路手术, IXLIF 手术创伤较小, 术后康复相对迅速。	手术操作复杂: IXLIF 手术需要较高的技术水平, 手术操作相对复杂。 特殊解剖结构需注意: 术者需特别注意患者的解剖结构, 以避免椎动脉等结构的损伤。

8. 展望

前入路腰椎融合手术已经在脊柱外科领域取得了显著的成就, 特别是在处理腰椎病变和椎间盘退变方面。五种主要的手术方式, ALIF、OLIF、DLIF、LLIF、IXLIF, 各自具有一系列优势和局限。综合考

虑这些手术方式的现状以及前沿信息, 对前入路腰椎融合手术的未来进行总结与展望是至关重要的。

首先, ALIF 作为传统的前入路手术, 其直接可视化和高度稳定性为患者提供了可靠的手术选择。然而, 手术创伤较大和神经损伤风险仍是需要解决的问题。OLIF 通过侧方入路避免了腹腔手术, 减小了创伤, 但其适应症仍受到限制。DLIF 和 LLIF 通过椎旁和侧方入路, 相对减小了手术创伤, 但手术操作的复杂性和适应症有限仍是挑战。IXLIF 背侧入路克服了前路手术的一些问题, 但手术操作的复杂性和特殊解剖结构的注意事项需要关注。

未来的发展趋势可能包括更个性化的手术方式和更先进的技术。精准医学的发展使得医生可以更好地根据患者的个体特征选择最适合的手术方式。机器学习和人工智能的应用也有望提高手术的精准度和安全性。此外, 生物材料和生物技术的进步可能为椎间盘修复和融合提供新的可能性, 促使前入路手术更好地保留椎间盘结构和功能。

参考文献

- [1] Allain, J. and Dufour, T. (2020) Anterior Lumbar Fusion Techniques: ALIF, OLIF, DLIF, LLIF, IXLIF. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **106**, S149-S157. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.05.024>
- [2] Chang, M.C., Kim, G.U., Choo, Y.J., et al. (2021) Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF) versus Oblique Lumbar Interbody Fusion (OLIF) in Interbody Fusion Technique for Degenerative Spondylolisthesis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life (Basel)*, **11**, Article No. 696. <https://doi.org/10.3390/life11070696>
- [3] Momin, A.A. and Steinmetz, M.P. (2020) Evolution of Minimally Invasive Lumbar Spine Surgery. *World Neurosurgery*, **140**, 622-626. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.05.071>
- [4] Lee, H.J., Park, E.J., Ahn, J.S., et al. (2021) Clinical Outcomes of Biportal Endoscopic Interlaminar Decompression with Oblique Lumbar Interbody Fusion (OLIF): Comparative Analysis with TLIF. *Brain Sciences*, **11**, Article No. 630. <https://doi.org/10.3390/brainsci11050630>
- [5] Cannestra, A.F., Peterson, M.D., Parker, S.R., et al. (2016) MIS Expandable Interbody Spacers: A Literature Review and Biomechanical Comparison of an Expandable MIS TLIF with Conventional TLIF and ALIF. *Spine (Phila Pa 1976)*, **41**, S44-S49. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001465>
- [6] Mayer, H.M. (2000) The ALIF Concept. *European Spine Journal*, **9**, S35-S43. <https://doi.org/10.1186/ar49>
- [7] Lightsey, H.T., Pisano, A.J., Striano, B.M., et al. (2022) ALIF versus TLIF for L5-S1 Isthmic Spondylolisthesis: ALIF Demonstrates Superior Segmental and Regional Radiographic Outcomes and Clinical Improvements across More Patient-Reported Outcome Measures Domains. *Spine (Phila Pa 1976)*, **47**, 808-816. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000004333>
- [8] Feeley, A., Feeley, I., Clesham, K., et al. (2021) Is There a Variance in Complication Types Associated with ALIF Approaches? A Systematic Review. *Acta Neurochirurgica (Wien)*, **163**, 2991-3004. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-05000-0>
- [9] Liu, L., Xue, H., Han, Z., et al. (2023) Comparison between OLIF and MISTLIF in Degenerative Lumbar Stenosis: An Age-, Sex-, and Segment-Matched Cohort Study. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 13188. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40533-7>
- [10] Zhang, X., Wang, Y., Zhang, W., et al. (2023) Perioperative Clinical Features and Long-Term Prognosis after Oblique Lateral Interbody Fusion (OLIF), OLIF with Anterolateral Screw Fixation, or OLIF with Percutaneous Pedicle Fixation: A Comprehensive Treatment Strategy for Patients with Lumbar Degenerative Disease. *Neurospine*, **20**, 536-549. <https://doi.org/10.14245/ns.2244954.477>
- [11] Wang, J., Liu, J., Hai, Y., et al. (2022) OLIF versus MI-TLIF for Patients with Degenerative Lumbar Disease: Is One Procedure Superior to the Other? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article ID: 1014314. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1014314>
- [12] Ihenetu, K., Espinosa, R., de Leon, R., et al. (2008) Digoxin and Digoxin-Like Immunoreactive Factors (DLIF) Modulate the Release of Pro-Inflammatory Cytokines. *Inflammation Research*, **57**, 519-523. <https://doi.org/10.1007/s00011-008-7249-9>
- [13] Jacob, K.C., Patel, M.R., Ribot, M.A., et al. (2022) Single-Level TLIF versus LLIF at L4-5: A Comparison of Patient-Reported Outcomes and Recovery Ratios. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **30**, e495-e505. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-21-00772>
- [14] Epstein, N.E. (2019) Many Intraoperative Monitoring Modalities Have Been Developed to Limit Injury during Ex-

- tre Lateral Interbody Fusion (XLIF/MIS XLIF): Does That Mean XLIF/MIS XLIF Are Unsafe? *Surgical Neurology International*, **10**, 233. https://doi.org/10.25259/SNI_563_2019
- [15] Jones, J., Malik, A.T., Khan, S.N., *et al.* (2023) Is Outpatient Anterior Lumbar Fusion (ALIF) Safe? An Analysis of 30-Day Outcomes. *Clinical Spine Surgery*, **36**, E114-E117. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001402>
- [16] Ashayeri, K., Leon, C., Tigchelaar, S., *et al.* (2022) Single Position Lateral Decubitus Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF) and Posterior Fusion Reduces Complications and Improves Perioperative Outcomes Compared with Traditional Anterior-Posterior Lumbar Fusion. *The Spine Journal*, **22**, 419-428. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.09.009>
- [17] Norheim, E.P., Royse, K.E., Brara, H.S., *et al.* (2021) PLF + PS or ALIF + PS: Which Has a Lower Operative Non-union Rate? Analysis of a Cohort of 2061 Patients from a National Spine Registry. *The Spine Journal*, **21**, 1118-1125. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.02.018>
- [18] Berjano, P., Zanirato, A., Langella, F., *et al.* (2021) Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF) L5-S1 with Overpowering of Posterior Lumbosacral Instrumentation and Fusion Mass: A Reliable Solution in Revision Spine Surgery. *European Spine Journal*, **30**, 2323-2332. <https://doi.org/10.1007/s00586-021-06888-z>
- [19] Kapustka, B., Kiwic, G., Chodakowski, P., *et al.* (2020) Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF): Biometrical Results and Own Experiences. *Neurosurgical Review*, **43**, 687-693. <https://doi.org/10.1007/s10143-019-01108-1>
- [20] Ju, C.I. (2023) Commentary on “Perioperative Clinical Features and Long-Term Prognosis after Oblique Lateral Interbody Fusion (OLIF), OLIF with Anterolateral Screw Fixation, or OLIF with Percutaneous Pedicle Fixation: A Comprehensive Treatment Strategy for Patients with Lumbar Degenerative Disease”. *Neurospine*, **20**, 550-552. <https://doi.org/10.14245/ns.2346608.304>
- [21] Zhu, H.F., Fang, X.Q., Zhao, F.D., *et al.* (2022) Comparison of Oblique Lateral Interbody Fusion (OLIF) and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (MI-TLIF) for Treatment of Lumbar Degeneration Disease: A Prospective Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*, **47**, E233-E242. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000004303>
- [22] Ran, L., Xie, T., Zhao, L., *et al.* (2022) Low Hounsfield Units on Computed Tomography Are Associated with Cage Subsidence Following Oblique Lumbar Interbody Fusion (OLIF). *The Spine Journal*, **22**, 957-964. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2022.01.018>
- [23] Zhang, X., Guo, Y. and Li, Y. (2022) Comparison of the Clinical Efficacy of Two Fixation Methods Combined with OLIF in the Treatment of Lumbar Spondylolisthesis in Adult Patients. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **17**, Article No. 115. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02991-z>
- [24] Zhang, X., Wu, H., Chen, Y., *et al.* (2021) Importance of the Epiphyseal Ring in OLIF Stand-Alone Surgery: A Biomechanical Study on Cadaveric Spines. *European Spine Journal*, **30**, 79-87. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06667-2>
- [25] Wang, Z., Liu, L., Xu, X.H., *et al.* (2020) The OLIF Working Corridor Based on Magnetic Resonance Imaging: A Retrospective Research. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **15**, Article No. 141. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01654-1>
- [26] Bokov, A., Kalinina, S., Leontev, A., *et al.* (2022) Circumferential Fusion Employing Transforaminal vs. Direct Lateral Lumbar Interbody Fusion—A Potential Impact on Implants Stability. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article ID: 827999. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.827999>
- [27] Taba, H.A. and Williams, S.K. (2020) Lateral Lumbar Interbody Fusion. *Neurosurgery Clinics of North America*, **31**, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2019.08.004>
- [28] Shirzadi, A., Birch, K., Drazin, D., *et al.* (2012) Direct Lateral Interbody Fusion (DLIF) at the Lumbosacral Junction L5-S1. *Journal of Clinical Neuroscience*, **19**, 1022-1025. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2011.11.009>
- [29] Hu, W.K., He, S.S., Zhang, S.C., *et al.* (2011) An MRI Study of Psoas Major and Abdominal Large Vessels with Respect to the X/DLIF Approach. *European Spine Journal*, **20**, 557-562. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1609-1>
- [30] Otsuki, B., Fujibayashi, S., Shimizu, T., *et al.* (2023) Minimally Invasive LLIF Surgery to Decrease the Occurrence of Adjacent-Segment Disease Compared to Conventional Open TLIF. *European Spine Journal*, **32**, 3200-3209. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07806-1>
- [31] Boonsirikamchai, W., Phisalpapra, P., Kositamongkol, C., *et al.* (2023) Lateral Lumbar Interbody Fusion (LLIF) Reduces Total Lifetime Cost Compared with Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF) for Single-Level Lumbar Spinal Fusion Surgery: A Cost-Utility Analysis in Thailand. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **18**, Article No. 115. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03588-w>
- [32] Manzur, M.K., Steinhaus, M.E., Virk, S.S., *et al.* (2020) Fusion Rate for Stand-Alone Lateral Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review. *The Spine Journal*, **20**, 1816-1825. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.06.006>
- [33] Salzmann, S.N., Shue, J. and Hughes, A.P. (2017) Lateral Lumbar Interbody Fusion-Outcomes and Complications. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, **10**, 539-546. <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9444-1>

- [34] O'Brien, J.R. (2016) Clinical Perspective—The Case for Adoption of LLIF. *Spine (Phila Pa 1976)*, **41**, S33-S34. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001438>
- [35] Schmeiser, G. and Kothe, R. (2023) Transmuscular Approach (XLIF Technique) for Anterior Surgery of the Lumbar Spine. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, **35**, 121-132. <https://doi.org/10.1007/s00064-023-00799-6>
- [36] Xu, J., Chen, E., Wang, L., et al. (2022) Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF) Approach for L5-S1: Preliminary Experience. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article ID: 995662. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.995662>
- [37] Menezes, C.M., Lacerda, G.C., Do, V.G., et al. (2022) Ceramic Bone Graft Substitute vs Autograft in XLIF: A Prospective Randomized Single-Center Evaluation of Radiographic and Clinical Outcomes. *European Spine Journal*, **31**, 2262-2269. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07275-y>
- [38] Kono, Y., Gen, H. and Sakuma, Y. (2021) Analysis of Temporal Changes in Dural Sac Morphology after XLIF Indirect Decompression. *Global Spine Journal*, **11**, 1190-1196. <https://doi.org/10.1177/2192568220941457>
- [39] Pimenta, L. (2015) Less-Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion (XLIF) Surgical Technique: Video Lecture. *European Spine Journal*, **24**, 441-442. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3948-4>
- [40] Berjano, P. and Lamartina, C. (2013) Far Lateral Approaches (XLIF) in Adult Scoliosis. *European Spine Journal*, **22**, S242-S253. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2426-5>