

侧方入路腰椎融合治疗后的生物力学稳定性的研究与进展

<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2399>

宋成杰, 常恒瑞, 石明鑫, 孟宪中

2095-4344.2399

投稿日期: 2020-03-26

送审日期: 2020-04-01

采用日期: 2020-05-09

在线日期: 2020-09-10

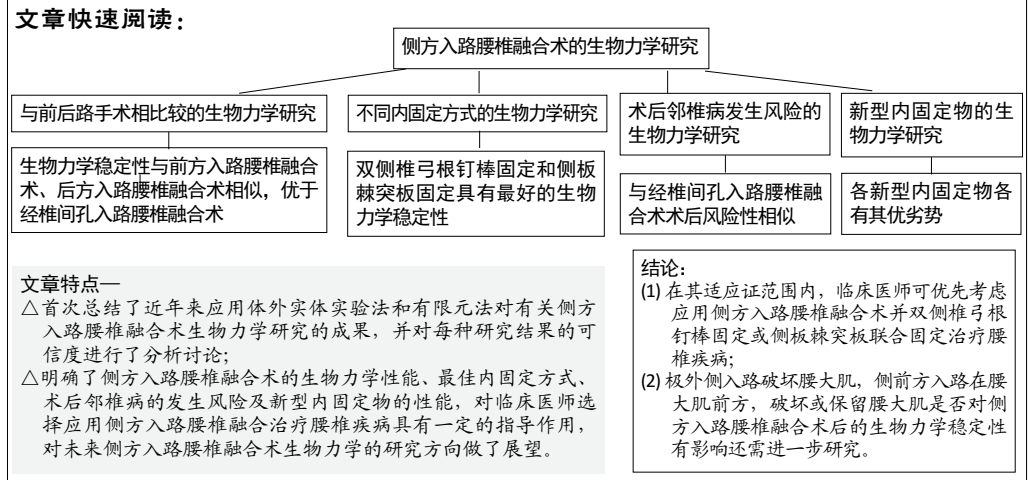
中图分类号:

R459.9; R605; R615

文章编号:

2095-4344(2021)06-00923-06

文献标识码: A



文题释义:

侧方入路腰椎融合术: 是近年来新兴腰椎手术方式, 可从腹膜后组织间隙, 经腰大肌到达目标节段处, 避免了对腰后部结构的破坏, 并能植入较大的椎间融合器, 增加椎间融合率。

生物力学研究: 生物力学是生物学和力学共同构成的一门学科, 是应用力学原理和方法对生物体中的力学问题进行定量研究的生物物理学分支。其研究范围从生物整体到系统及器官, 研究的重点是与生理学及医学有关的力学问题, 可通过对生物体力学的研究来指导临床工作。

摘要

背景: 侧方入路腰椎融合临床应用越来越广泛, 关于侧方入路腰椎融合的生物力学研究日益增多。

目的: 总结近年来侧方入路腰椎融合的生物力学研究进展, 以期对临床医师应用侧方入路腰椎融合治疗腰椎疾病有一定的指导作用。

方法: 在中国知网、万方数据库、PubMed数据库, 分别以“侧方入路腰椎融合术”“极外侧入路腰椎融合术”“侧前方入路腰椎融合术”“有限元”“生物力学”“lateral lumbar interbody fusion”“direct lateral interbody fusion”“extreme lateral interbody fusion”“oblique lumbar interbody fusion”“Finite element”“Biomechanics”为关键词, 最终检索到32篇文献进行综述。

结果与结论: ①目前对侧方入路腰椎融合的生物力学研究主要包括与前后路手术的对比、侧方入路腰椎融合不同内固定方式的稳定性、侧方入路腰椎融合术后邻椎病发病率、侧方入路腰椎融合新型内固定物的研究; ②侧方入路腰椎融合生物力学稳定性与前方入路腰椎融合、后方入路椎间融合相似, 优于经椎间孔入路腰椎融合, 临床医师在选择手术方式时, 可优先考虑侧方入路腰椎融合; ③侧方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定和侧板棘突板联合固定具有最好的生物力学性能, 建议临床医师将此2种内固定方式作为首选; ④虽然关于侧方入路腰椎融合的生物力学研究较多, 但极外侧和侧前方椎间融合之间的生物力学基础研究较少, 因极外侧椎间融合是经腰大肌入路, 侧前方椎间融合是经腰大肌前方入路, 破坏和保留腰大肌是否对侧方入路腰椎融合后的生物力学稳定性有影响, 还有待进一步研究。

关键词: 骨; 腰椎; 体外实体实验; 有限元分析; 生物力学; 内固定; 邻椎病; 综述

Research progress in biomechanical stability of lateral lumbar interbody fusion

Song Chengjie, Chang Hengrui, Shi Mingxin, Meng Xianzhong

Second Department of Spine, Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China

Song Chengjie, Master candidate, Second Department of Spine, Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China

Corresponding author: Meng Xianzhong, Chief physician, Master's supervisor, Second Department of Spine, Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China

Abstract

BACKGROUND: Lateral lumbar interbody fusion has become more and more widely used in clinic. Biomechanical research on lateral lumbar interbody fusion is increasing.

河北医科大学第三医院脊柱二科, 河北省石家庄市 050051

第一作者: 宋成杰, 男, 1991年生, 河北省邯郸市人, 汉族, 河北医科大学在读硕士, 主要从事脊柱外科方向的研究。

通讯作者: 孟宪中, 主任医师, 硕士生导师, 河北医科大学第三医院脊柱二科, 河北省石家庄市 050051

<https://orcid.org/0000-0002-1094-4254> (宋成杰)

基金资助: 河北省自然科学基金面上项目 (C2019206063), 项目负责人: 孟宪中

引用本文: 宋成杰, 常恒瑞, 石明鑫, 孟宪中. 侧方入路腰椎融合治疗后的生物力学稳定性的研究与进展 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(6):923-928.



Review

OBJECTIVE: To summarize the biomechanical research progress of lateral lumbar interbody fusion and expect to provide some guidance for clinicians to use lateral lumbar interbody fusion in the treatment of lumbar spine diseases.

METHODS: CNKI, Wanfang, and PubMed databases were retrieved. The Chinese key words were “lateral lumbar interbody fusion, extreme lateral interbody fusion, direct lateral interbody fusion, finite element, biomechanics”. The English key words were “lateral lumbar interbody fusion, direct lateral interbody fusion, extreme lateral interbody fusion, oblique lumbar interbody fusion, finite element, biomechanics”. Finally, 32 articles were included for review.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Current biomechanical research on lateral lumbar interbody fusion mainly includes comparison between lateral lumbar interbody fusion and anterior-posterior surgery, stability of different internal fixation methods of lateral lumbar interbody fusion, incidence of adjacent vertebral disease after lateral lumbar interbody fusion, and research on new internal fixations of lateral lumbar interbody fusion. (2) The biomechanical stability of lateral lumbar interbody fusion is similar to that of anterior lumbar interbody fusion and posterior lumbar interbody fusion, and is better than that of transforaminal lumbar interbody fusion. Clinicians can give priority to lateral lumbar interbody fusion when choosing the operation methods. (3) Bilateral pedicle screw rods and lateral plate and spinous plate joint fixation has the best biomechanical performance. It is recommended that clinicians use this two internal fixation methods as the first choice. (4) Although there are many biomechanical studies on lateral lumbar interbody fusion, there are few basic biomechanical studies between extreme lateral interbody fusion and oblique lateral interbody fusion, because extreme lateral interbody fusion is through the transpsoas muscle approach, and oblique lateral interbody fusion is through the anterior approach of the psoas major muscle. Whether the psoas major has an effect on the biomechanical stability after lateral lumbar interbody fusion deserves to be further studied.

Key words: bone; lumbar vertebrae; *in vitro* experiment; finite element analysis; biomechanics; internal fixation; orthovertebra disease; review

Funding: the General Project of Natural Science Foundation of Hebei Province, No. C2019206063 (to MXZ)

How to cite this article: SONG CJ, CHANG HR, SHI MX, MENG XZ. Research progress in biomechanical stability of lateral lumbar interbody fusion. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu.* 2021;25(6):923-928.

0 引言 Introduction

腰椎融合术虽然应用于临床已有很长时间，但前路手术均有一定的缺点^[1-4]。近年来开展的侧方入路腰椎融合可从腹膜后组织间隙，经腰大肌到达目标节段处，避免了对椎管和神经根的直接损伤，具有切口小、出血少和住院时间短等微创手术的优点，还能够植入较大的椎间融合器，增加椎间融合率^[5-8]，此手术路径最早由 FRASER^[9] 在 1982 年进行了报道，经过学者们不断地完善，侧方入路腰椎融合发展成为极外侧椎间融合和侧前方椎间融合^[10-11]，使侧方入路手术更具实用性和安全性。

侧方入路腰椎融合由于其手术路径的优势，自诞生之日起就成为了脊柱科医师们的研究热点，国内外许多学者应用体外实体实验和三维有限元法模拟了侧方入路腰椎融合的手术过程，对有关侧方入路腰椎融合的生物力学性能进行了研究，促进了其发展。目前侧方入路腰椎融合在治疗腰椎滑脱症、腰椎管狭窄症、腰椎间盘突出症等退行性疾病方面取得了一些成就^[12-14]，然而作为新兴手术，临床工作中侧方入路腰椎融合的优先性并不高，其术后节段的稳定性与传统手术相比是否有优势、何种内固定方式能提供最强的稳定性、术后邻椎病发生风险以及许多新型内固定物能否应用于临床等目前尚无统一论。为此，文章首次对国内外既往有关侧方入路腰椎融合的生物力学研究进行了回顾分析总结，明确侧方入路腰椎融合的手术效果和最佳内固定方式，以期对临床选择侧方入路腰椎融合治疗腰椎疾病时有一定的指导作用。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 资料来源 由第一作者用计算机检索中国知网、万方数据库、PubMed 数据库，中文检索词：“侧方入路腰椎融合术”“极外侧入路腰椎融合术”“侧前方入路腰椎融合术”“有限元”“生物力学”，英文检索词：“lateral lumbar interbody fusion”“direct lateral interbody fusion”“extreme lateral interbody fusion”“oblique lumbar interbody fusion”“Finite element”“Biomechanics”。

1.2 纳入和排除标准

1.2.1 纳入标准 ①文章所述内容与侧方入路腰椎融合的生物力学研究相关联，或者与侧方入路腰椎融合的理论知识有关；②论据论点可靠，具有原创科学性的文章；③近期权威杂志发表，内容具有实质性帮助的文章。

1.2.2 排除标准 与文章内容相关性差和内容陈旧、重复的文献。

1.3 数据的提取 研究内容由 3 人独立提取并通过讨论解决分歧，信息记录侧生物力学研究的指标和作者结论方面的信息。

2 结果 Results

2.1 文献检索结果 共检索到文献 104 篇，通过阅读文题和摘要进行初步筛选，排除与内容相关性差和内容陈旧、重复的文献，最终纳入 32 篇文献进行综述，包括英文 23 篇，中文 9 篇。见图 1。纳入的文献包括腰椎融合术的现状类文献 14 篇^[1-14]，侧方入路腰椎融合与前后路手术生物力学性能对比类文献 4 篇^[15-18]，侧方入路腰椎融合不同内固定方式生物力学性能对比类文献 8 篇^[19-26]，术后邻椎病发生风险类文献 3 篇^[27-29]，侧方入路腰椎融合新型内固定物生物力学性能研究类文献 3 篇^[29-32]，以此为依据对侧方入路腰椎融合的生物力学研究进展进行了归纳和总结。

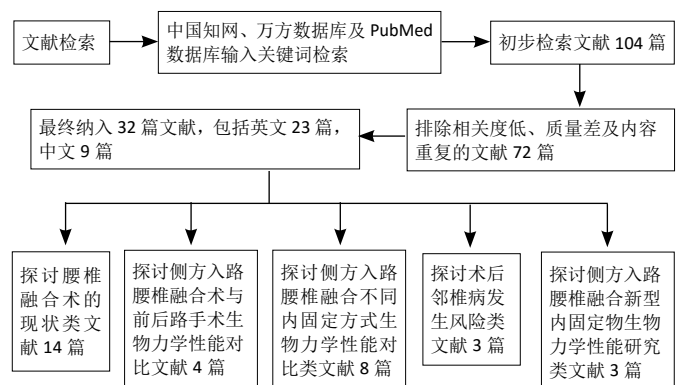


图 1 | 文献检索流程图

2.2 侧方入路腰椎融合与前、后路手术相比较的生物力学研究 前路腰椎融合、后路腰椎融合、经椎间孔入路腰椎融合术目前仍是治疗腰椎疾病的主要手段，侧方入路腰椎融合作为新兴微创手术，其生物力学稳定性至少与传统手术无明显差异时才能应用于临床。为此，许多学者通过体外实体实验和三维有限元法将侧方入路腰椎融合的生物力学性能与传统手术进行了对比，见表 1。

2.2.1 体外实体实验生物力学研究 LAWS 等^[15]于 2012 年通过对侧方入路腰椎融合和前方入路腰椎融合术并双侧椎弓根钉棒固定的手术模型施加 6 Nm 扭转力矩后，发现两种手术方式合并双侧椎弓根钉棒固定目标节段的活动度和刚度无明显差异，两组中立区均接近于 0°，从而得出侧方入路腰椎融合和前方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定的生物力学稳定性相似的结论。LAWS 认为单阶段侧方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定可代替前路手术。虽然此样本量较小，但实验结果反映的趋势为临床医师选择侧方入路腰椎融合代替前路手术提供了依据。GODZIK 等^[16]比较了侧方入路腰椎融合和后方入路腰椎融合的生物力学稳定性，在其研究中模拟了侧方入路腰椎融合和后方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定的手术方式，施加 7.5 Nm 扭转力矩后，发现 2 种手术方式在屈伸、侧弯和旋转时手术节段的活动度无显著差异，得出侧方入路腰椎融合和后方入路腰椎融合的生物力学稳定性相似的结论。从生物力学理论上讲，由于侧方入路腰椎融合可放置比后方入路腰椎融合术大的椎间融合器，侧方入路腰椎融合的生物力学稳定性至少与后方入路腰椎融合相似，该实验结果可信度较高。YUAN 等^[17]评估了侧方入路腰椎融合 cage 和经椎间孔入路腰椎融合 cage 的沉降风险，发现高度相同的侧方入路腰椎融合 cage 沉降 5 mm 所需的压力远远大于经椎间孔入路腰椎融合 cage。侧方入路腰椎融合可植入较大的 cage，椎体与 cage 接触面积大，因而沉降风险小，此实验从侧面表明了侧方入路腰椎融合的生物力学稳定性较经椎间孔入路腰椎融合术有优势。

2.2.2 有限元法生物力学研究 LU 等^[18]通过施加 400 N 的垂直载荷和 8 Nm 的扭转力矩于植入香蕉型 cage 和直型 cage 的经椎间孔入路腰椎融合、极外侧入路腰椎融合、侧前方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定的有限元模型后，发现无论香蕉型 cage 还是直型 cage 的经椎间孔入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定，其终板应力和椎体松质骨应力均明显大于极外侧\侧前方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定，说明无论植入香蕉型 cage 还是直型 cage，经椎间孔入路腰椎融合的 cage 沉降风险均较极外侧\侧前方入路腰椎融合高，得出极外侧\侧前方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定的生物力学稳定性优于经椎间孔入路腰椎融合术并双侧椎弓根钉棒固定的结论，其实验结论与 YUAN 等^[17]相同。

通过国内外学者对侧方入路腰椎融合与前后路手术的生物力学性能研究可以得出，侧方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定的生物力学稳定性与前方入路腰椎融合、后方入路

腰椎融合相似，优于经椎间孔入路腰椎融合。综上，临床医师在选择手术方式时，在其适应证范围内，可优先考虑侧方入路腰椎融合。

2.3 侧方入路腰椎融合不同内固定方式的生物力学研究 随着侧方入路腰椎融合应用的日益广泛，学者们发明了侧板固定、棘突板固定、侧板棘突板联合固定、单双侧椎弓根钉棒固定等不同内固定方式。而何种内固定方式能提供最强的生物力学稳定性目前并无统一论。许多学者应用体外实体实验和有限元法对侧方入路腰椎融合不同内固定方式的生物力学性能进行了对比，见表 2。

2.3.1 体外实体实验生物力学研究 FOGEL 等^[19]建立了双侧椎弓根钉棒固定、侧板并棘突板联合固定的极外侧入路腰椎融合的手术模型，施加 7.5 Nm 的纯力矩后，研究发现两种内固定方式屈伸、侧弯和旋转时目标节段的活动度无明显差别，从而得出侧板棘突板联合固定生物力学稳定性与双侧椎弓根钉棒固定相似的结论。REIS 等^[20]同样模拟了双侧椎弓根钉棒和侧板棘突板联合固定的侧方入路腰椎融合，施加 7.5 Nm 纯力矩后，得出与 FOGEL 等^[19]相同的实验结论。从生物力学角度来说，侧板能够降低手术节段侧弯和旋转时的节段活动度，棘突板能降低屈伸时节段活动度，两者联合可提供与椎弓根螺钉相似的稳定性，且侧板棘突板联合固定不必广泛剥离后部肌肉等组织，可作为双侧椎弓根钉棒固定的一种替代方案。而应用侧方入路腰椎融合治疗腰椎滑脱时，有学者认为双侧椎弓根钉棒固定的生物力学稳定性最强，其研究表明双侧椎弓根钉棒和棘突板、侧板棘突板联合固定在屈伸时节段活动度大小相似，但双侧椎弓根钉棒固定的前后剪切位移明显小于棘突板、侧板棘突板联合固定^[21]。此研究为临床医师选择侧方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉棒固定治疗腰椎滑脱症提供了依据。

而有学者认为棘突板同样是在后方对手术节段进行固定，其生物力学稳定性与双侧椎弓根钉棒相似。DOULGERIS 等^[22]模拟了侧方入路腰椎融合并棘突板固定和双侧椎弓根钉棒固定的内固定方式，施加 50 N 载荷和 5 Nm 扭转力矩后，发现 2 种内固定方式的节段活动度在屈伸和轴向旋转时大小相似，而侧弯时椎弓根钉棒固定的节段活动度更有优势。DOULGERIS 等^[22]认为棘突板对人体创伤更小，可作为双侧椎弓根钉棒固定的替代。但此实验施加的载荷与人体重量差距大，且侧弯时椎弓根钉棒固定的生物力学性能较棘突板固定有优势，其结论不具说服力。

有学者认为单侧椎弓根钉棒固定的生物力学稳定性与双侧椎弓根钉棒固定相差不大，可将单侧椎弓根钉棒固定作为双侧椎弓根钉棒固定的一种替代。GODZIK 等^[23]通过对侧方入路腰椎融合并单双侧椎弓根钉棒固定的模型施加 7.5 Nm 扭转力矩后，发现 2 种内固定方式在屈伸、侧弯、轴向旋转时目标节段的活动度无显著差异；这可能与侧方入路腰椎融合能植入较大的 cage，增加了椎间融合面积有关。但该实验中并未比较单双侧椎弓根钉棒固定时 cage 应力和椎弓根钉棒所受

表 1 | 侧方入路腰椎融合与前、后路手术相比较的生物力学研究

作者	研究方法	对比类别	对比指标	结果	结论
LAWS 等 ^[15]	体外实体实验	侧方入路腰椎融合与前方入路腰椎融合	节段活动度、刚度、中立区	节段活动度值、刚度、中立区值相似	侧方入路腰椎融合与前方入路腰椎融合的生物力学稳定性相似
GODZIK 等 ^[16]		侧方入路腰椎融合与后方入路腰椎融合	节段活动度	节段活动度值相似	侧方入路腰椎融合与后方入路腰椎融合的生物力学稳定性相似
YUAN 等 ^[17]		侧方入路腰椎融合与经椎间孔入路腰椎融合	Cage 沉降风险	侧方入路腰椎融合 cage 沉降风险低	侧方入路腰椎融合生物力学稳定性优于经椎间孔入路腰椎融合
LU 等 ^[18]	有限元法	极外侧入路腰椎融合 / 侧前方入路腰椎融合与经椎间孔入路腰椎融合	终板应力、松质骨应力	极外侧入路腰椎融合 / 侧前方入路腰椎融合应力值小	极外侧入路腰椎融合 / 侧前方入路腰椎融合生物力学稳定性优于经椎间孔入路腰椎融合

表 2 | 侧方入路腰椎融合不同内固定方式的生物力学对比

作者	研究方法	对比类别	对比指标	结果	结论
FOGEL 等 ^[19]	体外实体实验	双侧椎弓根钉棒和侧板棘突板联合固定	节段活动度	节段活动度值相似	两种内固定方式生物力学稳定性相似
REIS 等 ^[20]		双侧椎弓根钉棒和侧板棘突板联合固定	节段活动度	节段活动度值相似	两种内固定方式生物力学稳定性相似
FOGEL 等 ^[21]		双侧椎弓根钉棒和侧板棘突板联合固定 (滑脱标本)	节段活动度、前后剪切位移	节段活动度值相似, 双侧椎弓根钉棒固定前后剪切位移小	双侧椎弓根钉棒固定有优势
DOULGERIS 等 ^[22]		双侧椎弓根钉棒和棘突板固定	节段活动度	除侧弯外, 节段活动度值相似	棘突板可作为双侧椎弓根钉棒固定的替代
GODZIK 等 ^[23]		单侧和双侧椎弓根钉棒固定	节段活动度	节段活动度值相似	单双侧椎弓根钉棒固定生物力学稳定性相似
ZHANG 等 ^[24]	有限元法	双侧椎弓根钉棒和侧板棘突板联合固定	节段活动度、cage 应力、终板应力	侧板棘突板联合固定节段活动度值、cage 和终板应力值小	侧板棘突板联合固定优于双侧椎弓根钉棒固定
殷飞等 ^[25]		单侧和双侧椎弓根钉棒固定	节段活动度、cage 应力、钉棒应力	双侧椎弓根钉棒固定节段活动度、cage 和钉棒应力值略小	单侧椎弓根钉棒可作为双侧椎弓根钉棒固定的替代
LIU 等 ^[26]		侧板、单侧和双侧椎弓根钉棒固定 (多阶段侧方入路腰椎融合)	各节段节段活动度、总体节段活动度、各节段终板应力	双侧椎弓根钉棒固定节段活动度和终板应力值最小	双侧椎弓根钉棒固定有优势

应力, 其结论说服力较弱。

2.3.2 有限元法生物力学研究 有学者应用三维有限元法对侧方入路腰椎融合不同内固定物所提供的生物力学稳定性进行了对比。ZHANG 等^[24]通过对侧板棘突板联合固定和双侧椎弓根钉棒固定的手术模型施加 280 N 的压缩载荷和 7.5 Nm 的力矩, 发现侧板棘突板联合固定在屈伸、侧弯和旋转时节段活动度、cage 应力和终板应力与双侧椎弓根钉棒固定相比更具优势, 从而认为侧板棘突板联合固定的生物力学稳定性优于双侧椎弓根钉棒固定。此结论与以往研究有些差异, 但从侧面表明了侧板棘突板联合固定可提供令人满意的生物力学稳定性。

殷飞等^[25]对侧前方入路腰椎融合术单纯 cage 融合, 侧前方入路腰椎融合并单双侧椎弓根钉棒固定的生物力学性能进行了比较, 于模型施加 500 N 的压缩载荷和 10 Nm 扭转力矩后, 发现双侧椎弓根钉棒固定时手术节段的活动度、cage 应力和椎弓根钉棒应力均优于单侧椎弓根钉棒固定, 但单侧椎弓根钉棒固定时手术节段的活动度、cage 应力均较单纯 cage 融合有明显改善。殷飞等^[25]认为可以将单侧椎弓根钉棒固定作为双侧椎弓根钉棒固定的替代。由于此有限元结果仅体现患者术后某一瞬时的状态, 且单侧椎弓根钉棒固定生物力学性能较双侧椎弓根钉棒差, 因此该实验结论对临床医师指导作用有限。LIU 等^[26]对 3 节段侧方入路腰椎融合并侧板固定、单双侧椎弓根钉棒固定的模型施加 400 N 的垂直载荷和 7.5 Nm 扭转力矩后, 发现在屈伸、侧弯和旋转时, 各单节段的活动度、总体节段活动度及各单节段终板应力值均是双侧椎弓根钉棒固定时最小。该实验结果为临床医师选择侧方入路腰椎融合并双侧椎弓根钉

棒固定治疗多节段腰椎疾病提供了依据。

通过对国内外学者对侧方入路腰椎融合不同内固定方式的生物力学研究的分析可知, 双侧椎弓根钉棒固定和侧板棘突板联合固定均能为侧方入路腰椎融合提供最强的生物力学稳定性, 建议临床医师将此 2 种内固定方式作为侧方入路腰椎融合的首选。

2.4 侧方入路腰椎融合后邻椎病发生风险的生物力学研究 有研究表明融合后有影像学表现的邻近节段退变发生率为 26.6%, 出现临床症状的为 8.5%^[27]。TANG^[28]的研究表明由于经椎间孔入路腰椎融合对腰后部正常结构破坏少, 其在降低邻椎病发病率方面较后方入路腰椎融合有优势。由此可知, 邻椎病发生风险的大小与正常结构的破坏程度有关。WANG 等^[29]应用有限元法对侧前方入路腰椎融合和经椎间孔入路腰椎融合后邻椎病发生率进行了比较, 在其研究中, 通过对模型施加 400 N 轴向载荷和 10 Nm 扭转力矩后, 发现合并双侧椎弓根钉棒固定的侧前方入路腰椎融合和经椎间孔入路腰椎融合在屈伸、侧弯、旋转时相邻节段的节段活动度和椎间盘压力大小相似, 从而表明 2 种手术方式引起邻近节段退变的风险性相似。由于侧前方入路腰椎融合和经椎间孔入路腰椎融合均对腰后部椎板、小关节等结构破坏较小, 此实验结论可信度较高。

2.5 侧方入路腰椎融合新型内固定物的生物力学研究 近年来侧方入路腰椎融合内固定物不断创新发展, 其生物力学性能需达到一定的标准才能应用于临床, 许多学者对新型内固定物的生物力学进行了研究, 见表 3。

2.5.1 体外实体实验生物力学研究 BASRA 等^[30]研究了一种

表 3 | 侧方入路腰椎融合新型内固定物的生物力学研究

作者	研究方法	对比类别	对比指标	结果	结论
BASRA 等 ^[30]	体外实体实验	新型板 cage 一体化植入物和侧方入路腰椎融合 cage	节段活动度	节段活动度值相似	新型板 cage 一体化植入物可作为侧方入路腰椎融合 cage 的替代
何磊等 ^[31]		一体化钛板融合器和极外侧入路腰椎融合 cage、双侧椎弓根钉棒固定	节段活动度	双侧椎弓根钉棒固定节段活动度值小	一体化钛板融合器还需改进
彭祥等 ^[32]	有限元法	解剖型 cage 和子弹头型 cage	节段活动度、cage 应力	解剖型 cage 节段活动度和 cage 应力值小	解剖型 cage 生物力学性能有优势

侧方入路腰椎融合新型集成钛板、骨螺钉和 PEEK 材质 cage 一体化椎间植入物的生物力学性能, 施加 8 Nm 扭转力矩后, 发现新型板 cage 一体化植入物和侧方入路腰椎融合 cage 伴或不伴单双侧椎弓根钉棒固定在屈伸、侧弯和旋转时的节段活动度大小相似, 得出新型板 cage 一体化植入物与侧方入路腰椎融合 cage 具有相同的生物力学稳定性, 可作为侧方入路腰椎融合 cage 的替代的结论。但由于其实验并未对比 2 种内固定物的应力、终板应力和椎弓根钉棒应力, 新型板 cage 一体化植入物的生物力学性能还有待进一步研究。何磊等^[31] 同样对一种极外侧入路椎间融合术一体化钛板融合器进行了生物力学稳定性测试, 施加 7.5 Nm 纯力矩后, 发现与单纯植入极外侧入路椎间融合术 cage 相比, 新型一体化钛板融合器固定在前屈时节段活动度值较大; 与双侧椎弓根螺钉相比, 新型一体化钛板融合器在前屈和后伸时节段活动度值均较大, 从而认为此新型内植入物还需进一步改进才能应用于临床。

2.5.2 有限元法生物力学研究 彭祥等^[32] 对植入解剖型 cage 和子弹头型 cage 的侧方入路腰椎融合手术模型施加 400 N 压缩载荷和 8 Nm 扭矩后, 发现植入解剖型 cage 时, 模型在前屈、后伸、左右侧弯及左右旋转 6 种工况下目标节段的活动度、cage 应力均明显小于植入子弹头型 cage, 从而认为解剖型 cage 具有较好的生物力学性能。由于解剖型 cage 已应用于临床, 其实验结论可信度高。

3 小结和展望 Conclusions and prospects

体外实体实验和有限元法均有一定的优缺点。体外实体实验标本更接近于人体, 但其可重复性差, 肌肉韧带等组织易疲劳; 有限元法可以人为控制实验条件和重复操作, 但有限元模型忽略了肌肉组织的作用。如果将体外实体实验和有限元法相结合, 这样得出的研究结果更具科学性。虽然这些实体实验和有限元模型施加条件不同, 且均是对侧方入路腰椎融合术后即刻稳定性的研究, 但其结果反映出来的趋势对于临床医师仍有一定的指导作用。目前在关于侧方入路腰椎融合的生物力学研究方面, 虽然已取得了一些成果, 但极外侧入路腰椎融合和侧前方入路腰椎融合之间的生物力学基础研究较少, 因极外侧入路腰椎融合是经腰大肌入路, 侧前方入路腰椎融合是经腰大肌前方入路, 破坏和保留腰大肌是否对侧方入路腰椎融合后的生物力学稳定性有影响, 还有待进一步研究。随着有关侧方入路腰椎融合的生物力学研究越来越多, 其在治疗腰椎疾病方面的应用前景会越来越广阔。

作者贡献: 第一作者负责综述构思设计及文章撰写。全部作者参与文献资料收集、分析总结并确认最终的文章内容的准确性。通讯作者负责审核并对文章内容文章责任。

经费支持: 该文章接受了“河北省自然科学基金 (C2019206063)” 的资助。所有作者声明, 经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程不存在利益冲突。

写作指南: 该研究遵守《系统综述和荟萃分析报告规范》(PRISMA 指南)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0” 条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] PEREZ-CRUET MJ, FESSLER RG, PERIN NI. Review: complications of minimally invasive spinal surgery. *Neurosurgery*. 2002;51(5 suppl): S26-S36.
- [2] RAJARAMAN V, VINGAN R, ROTH P, et al. Visceral and vascular complications resulting from anterior lumbar interbody fusion. *J Neurosurg*. 1999;91(1 suppl):60-64.
- [3] 刘金石, 闫慧博, 杨昌盛, 等. 后路腰椎内固定术后手术部位感染的危险因素分析 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019,29(11):995-1000.
- [4] 冯治华, 张建林, 陈俊. 腰椎后路手术后发生椎管内血肿的危险因素分析 [J]. *颈腰痛杂志*, 2018,39(2):143-146.
- [5] 李一民, 邓忠良. 经侧方腰椎椎间融合术的并发症及其防治策略 [J]. *现代医药卫生*, 2015,31(14):2149-2151.
- [6] 何磊, 戎利民, 董健文. 极外侧入路腰椎椎体间融合术入路安全性及相关并发症的研究进展 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012,22(11): 1046-1050.
- [7] LEE YS, PARK SW, KIM YB. Direct lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiological outcomes. *J Kor Neurosurg Soc*. 2014;55(5):248-254.
- [8] ALIMI M, HOFSTETTER CP, TSIOURIS AJ, et al. Extreme lateral interbody fusion for unilateral symptomatic vertical foraminal stenosis. *Eur Spine J*. 2015;24(3):346-352.
- [9] FRASER RD. A wide muscle-splitting approach to the lumbosacral spine. *J Bone Joint surg Br*. 1982;64(1):44-46.
- [10] OZGUR BM, ARYAN HE, PIMENTA L, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J*. 2006;6(4):435-443.
- [11] SILVESTRE C, MAC-THIONG JM, HILMI R, et al. Complications and morbidities of mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lumbar interbody fusion in 179 patients. *Asian Spine J*. 2012;6(2):89-97.

- [12] 唐杰, 汪洋, 应放, 等. 经侧方入路腰椎融合术 (LLIF) 的研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016,24(15):1399-1402.
- [13] KWON B, KIM DH. Lateral lumbar interbody fusion: indications, outcomes, and complications. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(2):96-105.
- [14] 邓超, 张宇, 夏建龙. 经侧方入路腰椎椎间融合术在成人退变性脊柱侧弯的应用 [J]. 江苏医药, 2019,45(11):1175-1178.
- [15] LAWS CJ, COUGHLIN DG, LOTZ JC, et al. Direct lateral approach to lumbar fusion is a biomechanically equivalent alternative to the anterior approach: an in vitro study. *Spine.* 2012;37(10):819-825.
- [16] GODZIK J, KALB S, REIS MT, et al. Biomechanical evaluation of interbody fixation with secondary augmentation: lateral lumbar interbody fusion versus posterior lumbar interbody fusion. *J Spine Surg.* 2018;4(2):180-186.
- [17] YUAN W, KALIYA-PERUMAL AK, CHOU SM, et al. Does lumbar interbody cage size influence subsidence? A Biomechanical Study. *Spine.* 2020;45(2):88-95.
- [18] LU T, LU Y. Comparison of the biomechanical performances among PLF, TLIF, OLIF and XLIF: a finite element analysis. *Spine J.* 2019;9(19):143-144.
- [19] FOGEL GR, PARIKH RD, RYU SI, et al. Biomechanics of lateral lumbar interbody fusion constructs with lateral and posterior plate fixation. *J Neurosurg Spine.* 2014;20(3):291-297.
- [20] REIS MT, REYES PM, ALTUN I, et al. Biomechanical evaluation of lateral lumbar interbody fusion with secondary augmentation. *J Neurosurg Spine.* 2016;25(6):720-726.
- [21] FOGEL GR, TURNER AW, DOOLEY ZA, et al. Biomechanical stability of lateral interbody implants and supplemental fixation in a cadaveric degenerative spondylolisthesis model. *Spine.* 2014;39(19):E1138-E1146.
- [22] DOULGERIS JJ, AGHAYEV K, GONZALEZ-BLOHM SA, et al. Biomechanical comparison of an interspinous fusion device and bilateral pedicle screw system as additional fixation for lateral lumbar interbody fusion. *Clin Biomech.* 2015;30(2):205-210.
- [23] GODZIK J, MARTINEZ-DEL-CAMPO E, Newcomb AGUS, et al. Biomechanical stability afforded by unilateral versus bilateral pedicle screw fixation with and without interbody support using lateral lumbar interbody fusion. *World Neurosurg.* 2018;113:e439-e445.
- [24] ZHANG Z, FOGEL GR, LIAO Z, et al. Biomechanical analysis of lateral lumbar interbody fusion constructs with various fixation options: Based on a validated finite element model. *World Neurosurgery.* 2018;114:e1120-e1129.
- [25] 殷飞, 马荣, 蔡则成, 等. 斜外侧椎间融合联合单侧椎弓根钉棒固定术的三维有限元分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019,29(8):732-740.
- [26] LIU X, MA J, PARK P, et al. Biomechanical comparison of multilevel lateral interbody fusion with and without supplementary instrumentation: a three dimensional finite element study. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2017;18(1):63-74.
- [27] XIA XP, CHEN HL, CHENG HB. Prevalence of adjacent segment degeneration after spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(7):597-608.
- [28] TANG SJ. Comparison of posterior versus transforaminal lumbar interbody fusion using finite element analysis. Influence on adjacent segmental degeneration. *Saudi Med J.* 2015;36(8):993-996.
- [29] WANG BJ, HUA WB, KE WC, et al. Biomechanical evaluation of transforaminal lumbar interbody fusion and oblique lumbar interbody fusion on the adjacent segment: a finite element analysis. *World Neurosurg.* 2019;126:e819-e824.
- [30] BASRA S, BUCKLEN B, MUZUMDAR A, et al. A novel lateral lumbar integrated plate-spacer interbody implant: in vitro biomechanical analysis. *Spine J.* 2015;15(2):322-328.
- [31] 何磊, 张伟, 陈瑞强, 等. 新型腰椎侧路一体化钛板融合器的研制及生物力学测试 [J]. 中华实验外科杂志, 2017,34(2):264-266.
- [32] 彭祥, 王文军, 晏怡果, 等. 解剖型纳米羟基磷灰石 / 聚酰胺 66 椎间融合器在腰椎 XLIF/OLIF 手术中的三维有限元分析 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2016,34(5):557-562.