

# 三维有限元技术联合PBL教学在骨科研究生临床教学中的应用



时利军<sup>1, 2</sup>, 高福强<sup>2, 3, 4</sup>, 孙 伟<sup>2, 3, 4</sup>, 王培旭<sup>2, 3</sup>, 李智卓<sup>3, 4</sup>

1. 郑州大学第一附属医院骨科 (郑州 450000)
2. 北京协和医学院研究生院 (北京 100730)
3. 中日友好医院骨科 (北京 100029)
4. 北京大学中日友好临床医学院 (北京 100029)

**【摘要】目的** 评价三维有限元技术联合基于问题的学习 (problem-based learning, PBL) 教学模式在骨科研究生临床教学实践中的应用效果。**方法** 选取 2019 年 9 月至 2020 年 12 月在中日友好医院骨科基地进行住院医师规范培训的 42 名硕士研究生, 随机分为 A、B、C 三组, 对同一课程内容采用不同方式进行教学。A 组为三维有限元技术联合 PBL 教学, B 组为 PBL 教学, C 组为传统教学, 通过考试及自评式问卷评估教学效果。**结果** A 组学生成绩优良率显著高于 B 组 (78.57% vs. 35.71%)、C 组 (78.57% vs. 21.43%), A 组学生对授课的满意度、知识的掌握度以及课程感兴趣度亦显著高于 B、C 两组, 差异均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。**结论** 三维有限元技术联合 PBL 教学模式能显著提升学生学习成绩, 改善教学质量, 具有较好的教学效果。

**【关键词】** 三维有限元技术; PBL; 教学; 研究生

The effect of three-dimensional finite element technology combined with problem-based learning teaching model in clinical teaching of orthopaedic graduate students

Li-Jun SHI<sup>1,2</sup>, Fu-Qiang GAO<sup>2,3,4</sup>, Wei SUN<sup>2,3,4</sup>, Pei-Xu WANG<sup>2,3</sup>, Zhi-Zhuo LI<sup>3,4</sup>

1. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China
  2. Graduate School of Peking Union Medical College, Beijing 100730, China
  3. Department of Orthopedics, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China
  4. Peking University China-Japan Friendship Clinical School, Beijing 100029, China
- Corresponding author: Fu-Qiang GAO, E-mail: gaofuqiang@bjmu.edu.cn

**【Abstract】Objective** To evaluate the effect of three-dimensional finite element technology combined with the Problem-Based Learning (PBL) teaching model in the teaching of clinical practice to orthopedic graduate students. **Methods** 42 postgraduates who had undergone standardized residency training at the Orthopedic Base of the China-Japan

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202103026

基金项目: 国家自然科学基金 (81802224, 81672236, 81871830); 北京中医药大学教育科学研究课题一般课题 (XJYB1961); 北京大学医学部教育教学研究课题成果 (2021YB18); 首都卫生发展科研专项 (CFH2018-4-40611); 首都临床特色应用研究 (Z181100001718058)

通信作者: 高福强, 博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, E-mail: gaofuqiang@bjmu.edu.cn

Friendship Hospital from September 2019 to December 2020 were randomly divided into A, B, and C groups. The 42 postgraduates were taught by different methods for the same course content. Group A received 3D finite element technology combined with PBL, Group B received PBL, and Group C received traditional teaching. The effects of the teaching were evaluated through examinations and self-evaluation questionnaires. **Results** Examination grades among students in group A were significantly higher than those in groups B (78.57% vs. 35.71%) and C (78.57% vs. 21.43%). Scores for degree of satisfaction with teaching, knowledge mastery and course interest in group A were also significantly higher than those in groups B and C, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Three-dimensional finite element technology combined with a PBL teaching model can significantly improve students' academic performance, improve teaching quality, and provides a better teaching experience.

**【Keywords】** Three-dimensional finite element technology; PBL; Teaching; Graduate students

随着社会的快速变革与发展,人们对于医疗服务水平的要求越来越高,这也对医学研究生的教育提出了新的要求。基于问题的学习(problem-based learning, PBL)是目前国际上比较流行的一种新型教学方法,该方法有助于在教学过程中激发学生学习兴趣,帮助学生迅速掌握晦涩难懂的专业知识,提高教学质量<sup>[1-4]</sup>。三维有限元分析技术是将三维重建与有限元分析有机结合的一种新兴前沿学科,在骨科领域具有广阔的应用前景,其也能应用于骨科教学工作中,使骨关节疾病具体形象地展现在学生眼前,极大增强了学习的趣味性<sup>[5-8]</sup>。目前关于三维有限元技术联合 PBL 教学模式在骨科教学中应用的研究较少<sup>[9-11]</sup>,据此本研究对该模式在骨科研究生教学中的应用效果进行评估,为骨科研究生临床教学提供有效的教学手段和新的教学思路。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2019 年 9 月至 2020 年 12 月在中日友好医院骨科基地进行住院医师规范培训的硕士研究生,采用随机数字表法将其分为 A、B、C 三组。

### 1.2 教学方法

由同一带教老师进行教学。其中, A 组将三维有限元技术和该学期骨科学专业知识相整合,编撰制定新的教学课程,采用 PBL 模式进行教学。学生成立学习小组,以临床典型病例为出发点,通过文献资料查阅,系统学习该病相关的解剖、生理、病理及诊疗要点,在此过程中提出问题,参考对应的三维有限元模型(图 1),进行讨论

和学习。B 组教学内容为该学期骨科学专业知识,采用 PBL 教学模式,但不引入三维有限元技术教学方法。在教学过程中以问题导向为基础,以学生为主体,带教老师起辅助作用,以小组讨论的形式围绕临床具体病例或医学某一专题进行讨论研究学习。C 组以传统的授课模式为主,授课方式为幻灯片与板书相结合。在课堂上教师详尽的讲解内容,学生记录主要知识点,不懂的内容可以提问,课程结束后布置一定的作业,在下次授课前对此次讲解的内容进行提问,了解学生掌握程度。

### 1.3 评价方法

学期结束后对 3 组学生骨科理论知识的掌握程度进行评估。评估方式包括考试与问卷调查两部分。考试题目包括选择题、填空题、判断题、名词解释、问答题和病例分析题,满分 100 分,根据考试成绩可分为优良( $> 80$  分)、一般(60~80 分)和较差( $< 60$  分)三个等级。调查问卷围绕学生对授课的满意度、知识掌握程度及课程感兴趣度三方面进行设计,学生根据自己的主观感受进行评分,三方面各 5 道题,每题 1 分,总分 15 分,分数越高表示效果越好。采用不记名方式对两组学生进行问卷调查,问卷当场发放,当场回收。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。学生的成绩分数与对课程的满意度、掌握度和兴趣度等计量资料以均数和标准差表示,组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用 SNK-q 检验;计数资料以例数和百分比表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验,组间两两比较采用卡方分割法, $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

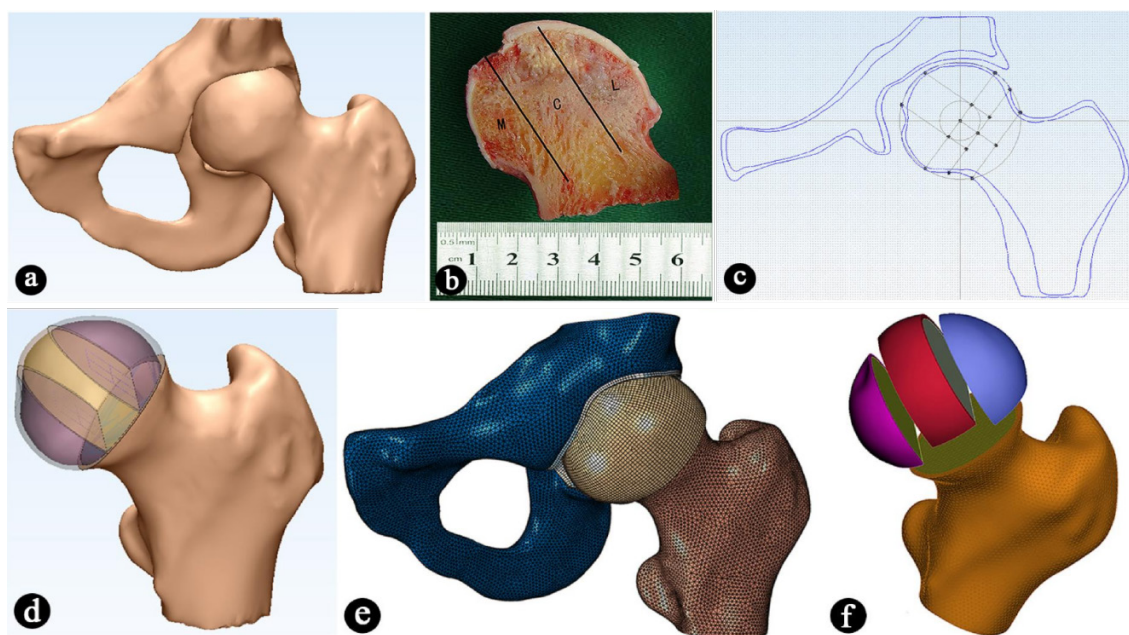


图1 以股骨头坏死为主题建立的三维有限元模型

Figure 1. Three-dimensional finite element model based on the osteonecrosis of the femoral head

## 2 结果

### 2.1 一般情况

42 名学生参与并完成了该研究。其中 A 组男生 9 人、女生 5 人，平均年龄  $25.7 \pm 1.7$  岁；B 组男生 8 人、女生 6 人，平均年龄  $25.1 \pm 1.5$  岁；C 组男生 9 人、女生 5 人，平均年龄  $25.1 \pm 1.7$  岁，三组学生在年龄、性别方面差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

### 2.2 考试成绩

A、B、C 三组学生成绩优良率分别为 78.57%、35.71% 和 21.43%，差异具有统计学意义 ( $P=0.007$ )，进一步比较显示 A 组学生成绩优良率显著高于 B、C 两组 ( $P < 0.05$ )，但 B、C 两组间差异不具有统计学意义 ( $P=0.403$ )，见表 1。

### 2.3 问卷调查结果

A、B、C 三组学生在授课的满意度、知识的掌握度以及课程感兴趣度方面存在差异，A 组学生对授课的满意度、知识的掌握度以及课程感兴趣度均显著高于 B、C 两组，见表 2。

表1 三组学生考试成绩比较

Table 1. Comparison of examination results of three groups of students

组别	例数	成绩情况 (n, %)			$\chi^2$ 值	P值
		优良	一般	较差		
A组	14	11 (78.57)	2 (14.29)	1 (7.14)	9.995	0.007
B组	14	5 (35.71)	6 (42.86)	3 (21.43)		
C组	14	3 (21.43)	7 (50.00)	4 (28.57)		

表2 三组学生问卷调查结果比较

Table 2. Comparison of survey results of three groups of students

项目	组别 ( $\bar{x} \pm SD$ )			F值	P值
	A组	B组	C组		
满意度	$4.42 \pm 0.64^{\#}$	$3.85 \pm 0.66^*$	$3.57 \pm 0.64^{\#\#}$	6.276	0.004
掌握度	$4.42 \pm 0.75^{\#}$	$3.92 \pm 0.73^*$	$3.57 \pm 0.75^{\#\#}$	4.646	0.015
兴趣度	$4.71 \pm 0.46^{\#}$	$3.78 \pm 0.80^*$	$3.35 \pm 0.49^{\#\#}$	18.213	<0.001

注：\*与A组比较  $P < 0.05$ ；<sup>#</sup>与B组比较  $P < 0.05$

### 3 讨论

在临床医学培养中,骨科教学是非常重要的组成部分,但骨科学理论知识与临床技能复杂,专业性较强,技术能力要求高,一定程度上影响了学生学习的主动性和能动性。PBL 教学的特点之一是转换师生教与学的角色,将学习的主动权交给学生,以学生为主体<sup>[12-14]</sup>,该教学模式通过设定场景问题使学生在主动探索问题答案时既获得了知识,又增加了与同学之间的交流,无形之中使学习过程变得更加具有趣味性,同时锻炼了学生的临床思维能力<sup>[15-17]</sup>。1972 年,Brlemans 和 Rybicki 首次将有限元数字仿真分析法应用于骨科生物力学研究<sup>[6-7]</sup>,目前该技术已广泛应用于骨科领域,建立了具备较完整结构的关节有限元技术模型,包括软骨下骨板、皮质骨、松质骨、软骨、坏死骨、关节囊、韧带、肌肉以及各种假体<sup>[18-20]</sup>。有限元数字骨科模型能较好的模拟实体情况,对骨科疾病的发病机制和诊疗手段的探索以及其他数字化骨科学技术的研发具有重要意义。

目前国内外鲜有三维有限元技术联合 PBL 教学模式在骨科教学中应用的相关研究报道。本研究将学生分为三组,分别采取三维有限元技术联合 PBL 教学、单纯 PBL 教学和传统教学模式进行施教,教学效果采用学生考试成绩与自评量表分数进行综合评定,结果显示三维有限元技术联合 PBL 教学组的学生在成绩优良率与对授课的满意度、知识的掌握度以及课程感兴趣度方面均显著高于其他两组,说明数字化和现代化的教学方法与新型教育模式的整合能显著提高学生学习的主动性、趣味性,让学生能在教师的引导下积极寻找问题的答案,并达到成绩提高的目的,为探索更加新颖高效的教学模式改革提供了思路。

本研究也存在一定局限性,如样本量偏少,难以对教学方法的实际效果开展深层次、多方位的评估与研究,未来可进一步扩大样本量,丰富研究结果,增强结果真实性与可靠性。总之,本研究表明三维有限元技术联合 PBL 教学模式对改进教学方法、提高教学质量与学生学习成绩具有一定作用。随着数字骨科技术的不断发展,其在研究生教育中发挥的作用值得进一步探讨。

志谢 文中部分有限元模型由文鹏飞博士提供,在此感谢。

### 参考文献

- 1 李涛,史占军,吴宣平,等. PBL 教学模式在骨科教学中的实践[J]. 分子影像学杂志, 2018, 41(2): 278-280. DOI: [10.3969/j.issn.1674-4500.2018.02.34](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-4500.2018.02.34). [Li T, Shi ZJ, Wu XP, et al. Application of PBL model in orthopedics teaching[J]. Journal of Molecular Imaging, 2018, 41(2): 278-280.]
- 2 Sriraman V, Torres A, Ortiz AM. Teaching sustainable engineering and industrial ecology using a hybrid problem-project based learning approach[J]. J Eng Technol, 2017, 34(2): 8-15.
- 3 Wang D, Samaka M, Miao Y, et al. A model-driven PBL application to support the authoring, delivery, and execution of PBL processes[J]. Res Pract Technol Enhanc Learn, 2016, 11(1): 6. DOI: [10.1186/s41039-016-0030-8](https://doi.org/10.1186/s41039-016-0030-8).
- 4 James H, Al Khaja KA, Sequeira RP. Effective use of real-life events as tools for teaching-learning clinical pharmacology in a problem-based learning curriculum[J]. Indian J Pharmacol, 2015, 47(3): 316-321. DOI: [10.4103/0253-7613.157131](https://doi.org/10.4103/0253-7613.157131).
- 5 周建华,王跃. 有限元分析在骨科中的应用及研究进展[J]. 实用医院临床杂志, 2018, 15(1): 205-208. DOI: [10.3969/j.issn.1673-7083.2020.06.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-7083.2020.06.006). [Zhou JH, Wang Y. The application and research prognosis of finite element analysis in orthopaedics[J]. Practical Journal of Clinical Medicine, 2018, 15(1): 205-208.]
- 6 Brekelmans WA, Poort HW, Slooff TJ. A new method to analyse the mechanical behaviour of skeletal parts[J]. Acta Orthop Scand, 1972, 43(5): 301-317. DOI: [10.3109/17453677208998949](https://doi.org/10.3109/17453677208998949).
- 7 Rybicki EF, Simonen FA, Weis EB Jr. On the mathematical analysis of stress in the human femur[J]. J Biomech, 1972, 5(2): 203-215. DOI: [10.1016/0021-9290\(72\)90056-5](https://doi.org/10.1016/0021-9290(72)90056-5).
- 8 Bae JY, Kwak DS, Park KS, et al. Finite element analysis of the multiple drilling technique for early osteonecrosis of the femoral head[J]. Ann Biomed Eng, 2013, 41(12): 2528-2537. DOI: [10.1007/s10439-013-0851-1](https://doi.org/10.1007/s10439-013-0851-1).
- 9 Yu T, Xie L, Chu F. A sclerotic rim provides mechanical support for the femoral head in osteonecrosis[J]. Orthopedics, 2015, 38(5): e374-9. DOI: [10.3928/01477447-20150504-53](https://doi.org/10.3928/01477447-20150504-53).
- 10 Zumbunn T, Patel R, Duffy MP, et al. Cadaver-specific models for finite-element analysis of iliopsoas impingement

- in dual-mobility hip implants[J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33(11): 3574–3580. DOI: [10.1016/j.arth.2018.06.029](https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.06.029).
- 11 郑翔, 顾乡. 有限元分析课程引入问题式学习 (PBL) 教学探索 [J]. *力学与实践*, 2011, 33(6): 88–91. DOI: [10.6052/1000-0992-lxysj2010-486](https://doi.org/10.6052/1000-0992-lxysj2010-486). [Zheng X, Gu X. The finite element analysis course introduces problem-based learning (PBL) teaching exploration[J]. *Mechanics and Engineering*, 2011, 33(6): 88–91.]
- 12 贾博, 刘伟, 郭庆东. 初步探讨 PBL 教学在临床教学中的应用和优化 [J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2018, 17(3): 262–264. DOI: [CNKI:SUN:SJWK.0.2018-03-019](https://doi.org/CNKI:SUN:SJWK.0.2018-03-019). [Jia B, Liu W, Guo QD. The application and optimization of PBL teaching model in clinical teaching: a preliminary discussion[J]. *Chinese Journal of Neurosurgical Disease Research*, 2018, 17(3): 262–264.]
- 13 Stentoft D. Problem-based projects in medical education: extending PBL practices and broadening learning perspectives[J]. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 2019, 24(5): 959–969. DOI: [10.1007/s10459-019-09917-1](https://doi.org/10.1007/s10459-019-09917-1).
- 14 Al-Azri H, Ratnapalan S. Problem-based learning in continuing medical education: review of randomized controlled trials[J]. *Can Fam Physician*, 2014, 60(2): 157–165. DOI: [10.1097/01.GME.0000109745.62578.9B](https://doi.org/10.1097/01.GME.0000109745.62578.9B).
- 15 Jin J, Bridges SM. Educational technologies in problem-based learning in health sciences education: a systematic review[J]. *J Med Internet Res*, 2014, 16(12): e251. DOI: [10.2196/jmir.3240](https://doi.org/10.2196/jmir.3240).
- 16 Noordegraaf-Eelens L, Kloeg J, Noordzij G. PBL and sustainable education: addressing the problem of isolation[J]. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 2019, 24(5): 971–979. DOI: [10.1007/s10459-019-09927-z](https://doi.org/10.1007/s10459-019-09927-z).
- 17 Fan C, Jiang B, Shi X, et al. Update on research and application of problem-based learning in medical science education[J]. *Biochem Mol Biol Educ*, 2018, 46(2): 186–194. DOI: [10.1002/bmb.21105](https://doi.org/10.1002/bmb.21105).
- 18 Chandran V, Maquer G, Gerig T, et al. Supervised learning for bone shape and cortical thickness estimation from CT images for finite element analysis[J]. *Med Image Anal*, 2019, 52: 42–55. DOI: [10.1016/j.media.2018.11.001](https://doi.org/10.1016/j.media.2018.11.001).
- 19 Yang L, Parimi N, Orwoll ES, et al. Association of incident hip fracture with the estimated femoral strength by finite element analysis of DXA scans in the osteoporotic fractures in men (MrOS) study[J]. *Osteoporos Int*, 2018, 29(3): 643–651. DOI: [10.1007/s00198-017-4319-2](https://doi.org/10.1007/s00198-017-4319-2).
- 20 Ford S, Minshall T. 3D printing in teaching and education: a review of where and how it is used[J]. *Additive Manufacturing*, 2017.
- 收稿日期: 2021 年 03 月 15 日 修回日期: 2021 年 05 月 17 日  
本文编辑: 李 阳 曹 越

引用本文: 时利军, 高福强, 孙伟, 等. 三维有限元技术联合 PBL 教学在骨科研究生临床教学中的应用 [J]. *医学新知*, 2021, 31(5): 400–404. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202103026](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202103026)  
Shi LJ, Gao FQ, Sun W, et al. The effect of three-dimensional finite element technology combined with problem-based learning teaching model in clinical teaching of orthopaedic graduate students[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2021, 31(5): 400–404. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202103026](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202103026)