数字化设计在脊柱疾病中的应用★

陈宣煌，林海滨

The digital design used in spinal disease

Chen Xuan-huang, Lin Hai-bin

Abstract

BACKGROUND: With the development of medical imaging equipment and computer technology, three-dimensional medical image processing technology and 3D visualization technologies are widely used in clinical field. At present, the quantitative diagnosis, surgical simulation and surgical prediction, provide a strong support for medical diagnosis and treatment.

OBJECTIVE: To multivariately analyze the literature on the digital design used in spinal disease through Science Citation Index (SCI) database and its analysis tool.

DESIGN: Bibliometric analysis.

DATA RETRIEVAL: A retrieval was performed for the literature of the digital design used in spinal disease, including three-dimensional reconstruction, three-dimensional measurement, finite element model, spinal disease, spine, lumbar vertebrae during 2001-01 and 2010-12 in SCI database. The retrieval results were analyzed, and the trends were described in words and graphics.

SELECTIVE CRITERIA: Articles on the digital design used in spinal disease including the following types: (1)Peer-reviewed original paper; (2)Proceedings paper; (3)Reviews; (4)Conference abstrcts; (5)Editorial materials; (6)Letters. Exclusive criteria were included (1)Articles unrelated to the study of the digital design used in spinal disease. (2)Articles published before 2001. (3)Articles which were not published on journals.

MAIN OUTCOME MEASUREMENTS: The literatures were analyzed by publication year, national distribution, institutional information, type of literature, journal distribution, discipline distribution, fund agents, citation frequency and authors.

RESULTS: A total of 598 literatures on the digital design used in spinal disease were retrieved in SCI database, in which most of papers were published as original articles. Seven articles were identified as classic literature. The overall number of literature had an upward trend from 2001 to 2010. *Spine* published most papers in this field (*n*=81, 13.55%).

CONCLUSION: This paper provides a valuable reference for researchers to understand the overview and present situation of this field in order to set further research.

Chen XH, Lin HB. The digital design used in spinal disease. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(22): 4159-4168.
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

Department of Orthopedics, the Affiliated Hospital of Putian University, Putian 351100, Fujian Province, China

Chen Xuan-huang★, Master, Attending physician, Department of Orthopedics, the Affiliated Hospital of Putian University, Putian 351100, Fujian Province, China
ptyygk@163.com

Corresponding author: Lin Hai-bin, Master, Chief physician, Professor, Doctoral supervisor, Department of Orthopedics, the Affiliated Hospital of Putian University, Putian 351100, Fujian Province, China
ptyygk@126.com

Received: 2012-01-04
Accepted: 2012-04-29

摘要

背景：随着医学影像设备和计算机科技的不断发展，三维医学图像处理技术及三维可视化技术被应用于临床的范围在不断扩大。目前，实现定量诊断、手术模拟与手术预测等技术，为医学诊断和治疗提供了有力的支持。

目的：多层次探讨分析数字化设计脊柱疾病应用中的研究文献资料。

设计：以SCI数据库文献进行文献计量学研究。

资料提取：以“三维重建(three-dimensional reconstruction)；三维测量(three-dimensional measurement)；有限元模型(finite element model)；脊柱疾病(spinal disease)；脊柱(spine)；腰椎(lumbar vertebrae)”为关键词，检索SCI数据库2001−01/2010−12的相关文献，并将分析结果及资料导出，以文字和图表的形式进行统计和结果分析，描述其分布特征。

入选标准：纳入标准：检索与数字化设计在脊柱疾病中的应用相关文献。文献类型包括：①研究原著。②会议文章。③综述。④会议摘要。⑤编辑素材。⑥快报。排除标准：①与文章目的无关的文献。②发表大于10年较陈旧的文献。③未发表的文章。

主要数据判定指标：以出版时间、国家地区分布、机构分布、文献类型、来源期刊、文献被引情况、基金资助情况、学科类别以及发表文献的作者分布进行相关分析。

结果：SCI数据库2001/2010共检索到598篇数字化设计在脊柱疾病中的应用的相关文献，研究原著以475篇位居首位，其中有7篇可以确定为经典文献，2001/2010文献数量呈总体上升趋势，*Spine*《脊柱》杂志发表文献量最多，81篇，占全部文献的13.55%。

结论：分析SCI数据库关于数字化设计在脊柱疾病中的应用文献，为了解该领域的现状、趋势和研究者进一步确定热点难点可提供有价值的参考数据。

关键词：脊柱疾病；脊柱；腰椎；三维重建；三维测量；有限元模型；文献计量；SCI
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.22.037

陈宣煌，林海滨. 数字化设计在脊柱疾病中的应用[J].中国组织工程研究，2012，16(22):4159-4168.
[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

莆田学院附属医院骨科，福建省莆田市 351100

陈宣煌★，男，1975 年生，福建省仙游县人，汉族，2007 年福建医科大学毕业，硕士，主治医师，主要从事数字化骨科学的研究。
ptyygk@163.com

通讯作者：林海滨，硕士，主任医师，教授，博士生导师，莆田学院附属医院骨科，福建省莆田市 351100
ptyygk@126.com

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225(2012)22-04159-10

收稿日期：2012-01-04
修回日期：2012-04-29
(20120510004/YLJ)

0 引言

微创外科通常是指在影像系统帮助下通过管道化技术进行的外科手术，是现代外科的发展趋势之一。近年来得到了较快的发展，其中的胸腔镜、腹腔镜、椎间盘镜和椎体成形术等一些微创技术已先后被引进到国内的脊柱外科进行应用。随着医学水平的提高，脊柱外科手术的治疗效果已经显著提高，其并发症也明显减少。在脊柱外科领域，微创技术占据着越来越重要的地位[1]。

数字化技术是 20 世纪后期兴起的一项世界前沿性研究领域，它是信息技术和医学学科互相交叉、综合发展起来的。20 世纪 90 年代，在数字仿形技术的基础上，利用 Laser scanner、CT、核磁共振等数字测量设备实现零件形状特征等几何量的数字化。它在计算机里将人体的断面数据整合、重建成数字化三维立体人体结构图像，构成人体数字信息的研究平台，在疾病诊断、外科手术方案中应用[2-3]。由于脊柱的解剖结构相当复杂，临床医生在进行脊柱伤病的诊断和治疗时，常常产生困扰。X 射线对脊柱整体轮廓、CT 和 MRI 对断层图像的显示，这些传统的辅助检查手段均为二维显像，不能直观地表达脊柱的三维立体结构[4]。基于医学图像的三维重建技术恰好建立了二维医学图像与三维立体解剖结构之间的桥梁[5]。现在进行人体数字化三维重建时可以以 CT 和 MRI 等影像学资料为根据，但是在对骨骼重建时利用 MRI 影像比较困难，临床上对病变区域骨骼进行三维重建和显示时一般采用 CT[6-9]。由于其直观的立体图像生动的解剖显示，脊柱的三维重建已被广泛用作临床医生检查脊柱多种病变的一种重要的辅助手段。

医学图像三维重建技术现在已成为了一个研究热点，在脊柱外科领域，三维重建技术已经得到了较快的发展和普遍应用，其应用价值已得到公认[10]，越来越得到临床医生的广泛研究[11]。通过脊柱的数字化三维重建得到病变脊柱的三维立体图像，然后对三维立体图像模型进行平移、旋转等操作，结合观察冠状位、轴位及矢状位的二维图像，就可以方便地从任意角度和方向观察脊柱畸形情况以及测量相关的数据：包括后凸、侧凸、旋转畸形的程度、范围及包含的节段；各椎体及附件的形态和相邻关系；椎弓根的矢状径和横径；相关骨性结构如骨盆、胸廓的变形情况和毗邻关系，等等。三维重建技术不仅个体化了解了畸形椎体，也可发现并发的脊髓空洞、脊髓纵裂、脊髓拴系、脊柱裂及脊膜膨出等病变，进一步完善了对脊柱畸形与椎管内脊髓、神经相互关系的了解。因此，三维重建技术可较真实反映脊柱侧凸的组织结构，使临床能够更客观了解与手术相关的解剖学信息，为临床选择术式，评估手术风险及预后判断提供可靠的数据，籍此更清晰、更全面地了解病变的整体及细节，甚至还可以在数字化模型上进行手术设计，进行内固定器械植入操作模拟等[12-13]。

Materialise's Interactive Medical Image Control System，即 Mimics 交互式医学影像控制系统软件，是一个基于临床医学影像学的逆向工程软件和计算机辅助设计软件，也是介于医学与机械领域之间的一套逆向软件。Mimics 软件可对 CT、MRI 和超声医学图像进行显示和分割，自动设置相关参数，如图像识别范围、象素间距、图像层距等，并且其图像编辑功能良好[14-17]。Mimics 软件是医学断层扫描和机械工程之间的接口软件，可以转换断层扫描的结果，使其成为机械领域中 CAD/CAM 软件可以处理的 STL 格式等数据格式[18-19]。Mimics 软件用的是真正的数字化三维重建技术，是一种图形技术，对设备的要求不高，可以在一般的个人电脑上运行。而如果在医院的影像中心应用 CT 或 MRI 设备自带的工作站直接进行图像重建[20-22]，它的结果不能导出，不能在个人电脑上进行进一步研究。这是 Mimics 软件一大亮点之处。而且 Mimics 输出的数据格式是多种三维软件可以通用的，为后续的使用和研究提供便利，如计算机辅助设计、有限元分析、虚拟现实以及计算机辅助外科计划研究。由于 CT、MRI 设备工作站和 Mimics 软件两种技术本质上有所不同，其应用也就不一样。CT、MRI 设备软件主要倾向于临床上的诊断，而 Mimics 开发的目的是用于后续的应用，例如进行 FEA、RP、CAD、手术过程模拟等。

在国内外已广泛开展基于 CT 图像的骨骼三维重建和有限元分析[23]，学者对与临床骨科密切相关的骨折三维重建、内固定以及有限元力学分析均进行了探讨[24-29]，认为医学有限元分析软件 Ansys 和三维重建软件 Mimics 机械制图的性能都不能令人满意，制作复杂的骨科内固定器械有一定的困难，为适应骨折情况对钢板进行预弯等处理更做不到。然而机械制图

软件 SolidWorks 可以较好地进行骨科内固定器械的制作和预弯，通过接口还可与有限元软件 Ansys 以及 Mimics 软件互通[30-31]。与 Mimics 配合可在虚拟状态下完成骨折复位和内固定，为之后的手术提供有价值的参考，同时为骨折内固定的有限元分析做形态学方面的准备。

本文对数字化设计在脊柱疾病中的应用进行文献计量学分析，即运用定量分析或统计学方法来描述特定主题[32]，领域[33]，机构[34]，国家等文章的分布情况[35]，这种方法以往多应用于图书馆及情报科学类研究。近年来，科研工作者也开始广泛应用这种方法，用来判定特定学科的研究趋势[36-39]。通过对 SCI 数据库中数字化设计在脊柱疾病中的应用相关的文献分析，认识数字化设计在脊柱疾病中的应用领域的国际研究动态以及发展趋势，为该领域的专业研究提供参考和借鉴。

1 资料和方法

1.1 资料来源 本文所使用的数据，全部来源于美国的科学情报研究所(Institute for Scientific Information，ISI)出版的 Web of Science 数据库中的文献， Web of Science 数据库是世界权威的引文索引类数据库，内容涵盖自然科学、工程技术、社会科学、艺术与人文等诸多领域。其不仅收录核心期刊中的学术论文，而且把其认为有意义的其他文章类型也收录进数据库，包括期刊中发表的信件、更正、补正、编者按和评论、会议文摘等 17 种类型。对此，本文选取 SCI 数据库收录的数字化设计在脊柱疾病中的应用的研究文献进行分析。

1.2 关键词选择 三维重建(three-dimensional reconstruction)；三维测量(three-dimensional measurement)；有限元模型(finite element model)；脊柱疾病(spinal disease)；脊柱(spine)；腰椎(lumbar vertebrae)。

检索文献量： 共检索文献 598 篇。

1.3 检索范围

检索文献时间范围： 2001-01/2010-12。

1.4 入选标准

纳入标准： 检索与数字化设计在脊柱疾病中的应用相关文献。文献类型包括：①研究原著。②会议文章。③综述。④会议摘要。⑤编辑素材。⑥快报。

排除标准： ①与文章目的无关的文献。②发表大于 10 年较陈旧的文献。③未发表的文章。

1.5 资料提取 基于 SCI 数据库检索到的结果导出并分析。

1.6 分析指标 ①发表时间。②国家地区分布。③发文量较多的机构。④来源期刊。⑤文献类型。⑥基金资助情况。⑦文献被引情况。⑧学科类别。⑨发文量较多的作者。

2 结果

2.1 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病中的应用的文献数据分析

2.1.1 出版年计量分析 见图 1。

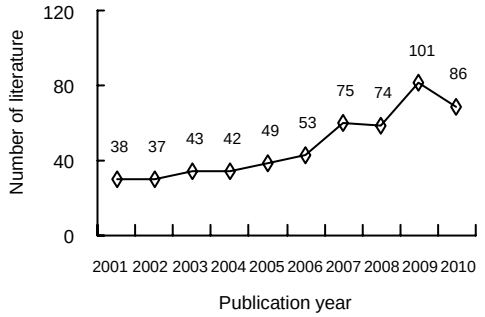


图 1 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病中的应用的文献数量

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病中的应用的文献数量总体呈逐年上升的趋势，2001 年收录文献 38 篇，2002 年 37 篇，2003 年 43 篇，2004 年 42 篇，2005 年 49 篇，2006 年 53 篇，2007 年 75 篇，2008 年 74 篇，2009 年 101 篇，2010 年 86 篇。其中 2009 年文献数量最多，说明数字化设计在脊柱疾病中的应用研究在近几年发展较快。

2.1.2 国家分布 SCI 数据库 2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病中的应用发表文献较多的国家分布情况，见表 1。

表 1 SCI 数据库 2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病中的应用发表文献数量排在前 10 位的国家

国家	文献数量(篇)	所占比例(%)
USA	158	26.42
Canada	94	15.72
France	75	12.54
Germany	73	12.21
China	49	8.19
Singapore	30	5.02
South Korea	30	5.02
Japan	26	4.35
Italy	18	3.01
England	17	2.84

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用的文献中，发表数量最多的国家为美国，158 篇，加拿大 94 篇，法国 75 篇，德国 73 篇，中国 49 篇，新加坡和韩国各 30 篇，日本 26 篇，其余国家的文献数量均少于 20 篇。中国在该领域的文献量位居第 5，在亚洲处于领先位置。

过去 10 年间发表数字化设计在脊柱疾病应用的文献数量最多的国家依次是美国、加拿大、法国。美国以绝对数量的优势居世界第 1 位，加拿大和日本的文献数量与美国相比有差距，见图 2。

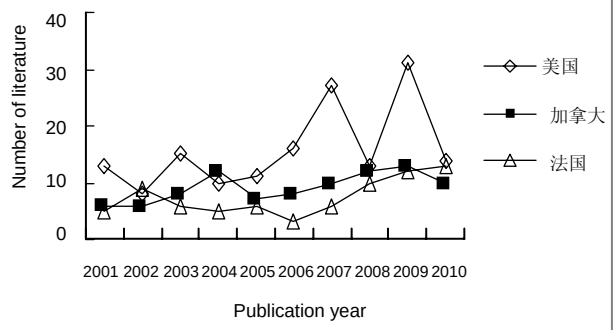
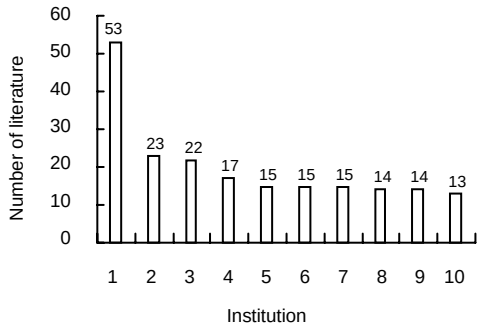


图 2 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用研究前 3 名国家的发文量比较

2.1.3 机构分布 见图 3。



1: ECOLE POLYTECH;
2: NANYANG TECHNOL UNIV;
3: UNIV TOLEDO;
4: CNRS;
5: HOP ST JUSTINE;
6: RUSH UNIV;
7: UNIV ULM;
8: ENSAM;
9: UNIV MONTREAL;
10: CHARITE UNIV MED BERLIN

图 3 SCI 数据库 2001/2010 数字化设计在脊柱疾病应用研究发表文献数量前 10 位的机构

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用研究文献数量较多的机构有：加拿大的蒙特利尔大学发表文献 53 篇，新加坡的南洋理工大学发表文献 23 篇，美国的托莱多大学发表文献 22 篇。

加拿大蒙特利尔大学 2001/2010 发表数字化设计在脊柱疾病应用研究被引频次较高的文献有：

Assessment of the 3-D reconstruction and high-resolution geometrical modeling of the human skeletal trunk from 2-D radiographic images[40]，作者 Delorme S，Petit Y，de Guise JA，*et al*，被引频次 75 次，发表时间为 2003 年，来源出版物 *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*《生物医学工程汇刊》。

Model and *in vivo* studies on human trunk load partitioning and stability in isometric forward flexions[41]，作者 Arjmand N，Shirazi-Adl A，被引频次 34 次，发表时间为 2006 年，来源出版物 *Journal of Biomechanics*《生物力学杂志》。

A versatile 3D reconstruction system of the spine and pelvis for clinical assessment of spinal deformities[42]，作者 Kadoury S，Cheriet F，Laporte C，*et al*，被引频次 25 次，发表时间为 2007 年，来源出版物 *Medical & Biological Engineering & Computing*《医学和生物工程与计算》。

Muscle force evaluation and the role of posture in human lumbar spine under compression[43]，作者 Shirazi-Adl A，Sadouk S，Parnianpour M，*et al*，被引频次 24 次，发表时间为 2002 年，来源出版物 *European Spine Journal*《欧洲脊骨外科学杂志》。

新加坡南洋理工大学 2001/2010 发表数字化设计在脊柱疾病应用研究被引频次较高的文献有：

Nonlinear finite-element analysis of the lower cervical spine (C4-C6) under axial loading[44]，作者 Ng HW，Teo EC，被引频次 23 次，发表时间为 2001 年，来源出版物 *Journal of Spinal Disorders*《脊柱病症与治疗方法杂志》。

First cervical vertebra (atlas) fracture mechanism studies using finite element method[45]，作者 Teo EC，Ng HW，被引频次 21 次，发表时间为 2001 年，来源出版物 *Journal of Biomechanics*《生物力学杂志》。

Finite element analysis of cervical spinal instability under physiologic loading[46]，作者 Ng HW，Teo EC，Lee KK，*et al*，被引频次 20 次，发表时间为 2003 年，来源出版物 *Journal of Spinal Disorders & Techniques*《脊柱病症与治疗方法杂志》。

Finlite-element analysis for lumbar interbody fusion under axial loading[47]，作者 Lee KK，Teo EC，Fuss FK，*et al*，被引频次 15 次，发表时间为 2005 年，来源出版物 *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*《生物医学工程汇刊》。

美国托莱多大学 2001/2010 发表数字化设计在脊柱疾病应用研究被引频次较高的文献有：

Effects of Charite artificial disc on the implanted and adjacent spinal segments mechanics using a hybrid testing protocol[48]，作者 Goel VK，Grauer JN，Patel TC，*et al*，被引频次 69 次，发表时间为 2005 年，来源出版物 *Spine*《脊柱》。

Load-Sharing Between Anterior and Posterior Elements in a Lumbar Motion Segment Implanted With an Artificial Disc[49]，作者 Dooris AP，Goel VK，

Grosland NM，*et al*，被引频次 64 次，发表时间为 2001 年，来源出版物 *Spine*《脊柱》。

Test protocols for evaluation of spinal implants[50]，作者 Goel VK，Panjabi MM，Patwardhan AG，*et al*，被引频次 48 次，发表时间为 2006 年，来源出版物 *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*《骨与关节外科杂志(美国卷)》。

Pathomechanism of ligamentum flavum hypertrophy: A multidisciplinary investigation based on clinical，biomechanical，histologic，and biologic assessments[51]，作者 Sairyo K，Biyani A，Goel V，*et al*，被引频次 36 次，发表时间为 2005 年，来源出版物 *Spine*《脊柱》。

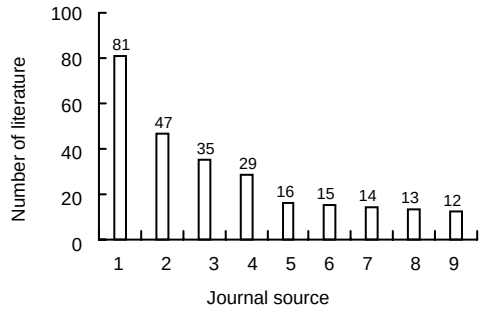
2.1.4 文献类型分析 SCI 数据库收录数字化设计在脊柱疾病应用的文献以研究原著、会议文章为主。其中，研究原著 475 篇，占文献总数的 79.43%，会议文章 130 篇，综述 9 篇，会议摘要 3 篇，编辑材料 2 篇，快报 2 篇。研究原著远远多于其他类型的文献，见表 2。

表 2 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用的文献类型

文献类型	文献数量(篇)	所占比例(%)
Article	475	79.43
Proceedings Paper	130	21.74
Review	9	1.51
Meeting Abstract	3	0.50
Editorial Material	2	0.33
Letter	2	0.33

会议收录文章也可能同时为 SCI 数据库收录期刊发表的研究原著，在此处将被重复统计。因此所有文献类型分类后的总合将超过数据库收录文章总量。

2.1.5 来源期刊 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献共 598 篇，其来源期刊收录情况，见图 4。



1: Spine;
2: Journal of Biomechanics;
3: European Spine Journal;
4: Clinical Biomechanics;
5: Medical Engineering Physics;
6: Medical Biological Engineering Computing;
7: Journal of Biomechanical Engineering Transactions of the asme;
8: Journal of Spinal Disorders Techniques;
9: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part H–Journal of Engineering in Medicine

图 4 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献排在前 9 位的期刊

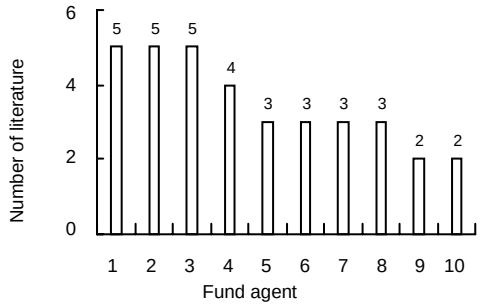
SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献前 9 位的期刊以骨科期刊杂志为主，其中 *Spine*《脊柱》发表文献量最多，81 篇，占全部文献的 13.55%，*Journal of Biomechanics*《生物力学杂志》发表文献 47 篇，占全部文献的 7.86%，*European Spine Journal*《欧洲脊骨外科学杂志》发表文献 35 篇，其他杂志不足 30 篇。

SCI 数据库 2001/2010 发表数字化设计在脊柱疾病应用文献的期刊简介，见表 3。

表 3 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献前 9 位的期刊介绍

刊名	中文	ISSN	国家	刊期/年	影响因子
Spine	《脊柱》	0362-2436	美国	24	2.510
Journal of Biomechanics	《生物力学杂志》	0021-9290	英国	16	2.463
European Spine Journal	《欧洲脊骨外科学杂志》	0940-6719	美国	6	1.994
Clinical Biomechanics	《临床生物力学》	0268-0033	英国	10	2.036
Medical Engineering Physics	《医学工程与物理学》	1350-4533	英国	10	1.909
Medical Biological Engineering Computing	《医学和生物工程与计算》	0140-0118	德国	6	1.791
Journal of Biomechanical Engineering Transactions of the Asme	《土木工程学会美国机械工程师学会汇刊》	0148-0731	美国	12	1.584
Journal of Spinal Disorders Techniques	《脊柱病症与治疗方法杂志》	1536-0652	美国	6	1.333
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part H: Journal of Engineering in Medicine	《机械工程师学会会报，H 辑：医学工程杂志杂志》	0954-4119	英国	12	0.957

2.1.6 基金资助机构 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用研究的文献 598 篇，总计有 160 项基金资助项目，共资助文献 194 篇，占文献总数的 32.66%。美国国立卫生研究院(National Institutes of Health，NIH)基金是最主要的资助方式，支持各种与人类健康相关的研究项目和培训计划，经评审通过后获得基金支持。SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献的基金资助情况，见图 5。



1: DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT BONN GERMANY;
2: NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA;
3: NATURAL SCIENCES AND ENGINEERING RESEARCH COUNCIL OF CANADA;
4: NIH;
5: DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT;
6: GERMAN RESEARCH FOUNDATION;
7: NSERC CANADA;
8: SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION;
9: AGIRS ASSOCIATION STRASBOURG FRANCE;
10: ANR

图 5 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献的基金资助机构

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用研究的文献 598 篇，其中，德国德意志研究联合会资助 5 篇，中国国家自然科学基金资助 5 篇，加拿大自然科学与工程研究理事会资助 5 篇，美国国立卫生研究院资助 4 篇。数字化设计在脊柱疾病应用文献得到基金项目资助较少，基金资助文献数量最多的项目也只占文献总数的 0.84%。

2.1.7 文献被引情况 根据文献计量学，衡量一篇文献质量高低的一个主要标准在于文献的被引用情况，它是同行学者评价文献学术价值的一个重要指标。文献被引用的次数越多，说明该文献的科学影响力越大[52]。

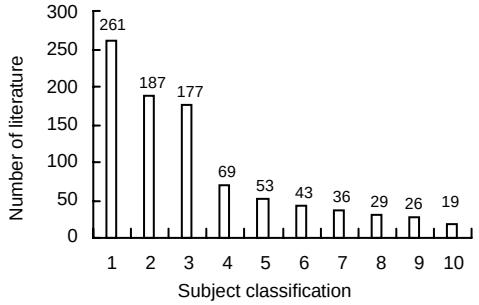
科学计量学证明，若一篇文献每年被引用 4 次或 4 次以上，则可列为“经典文献”[53]。按此规律，在本研究中，被引用次数达到 80 次以上的文献有 7 篇，初步确定它们是数字化设计在脊柱疾病应用研究的经典文献。SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用被引用 80 次以上的经典文献，见表 4。

表 4 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用被引用 80 次以上的经典文献

文题	作者	来源期刊	发表时间	总被引频次	年均被引频次
Reconstruct: a free editor for serial section microscopy[54]	Fiala JC	*Journal of Microscopy-Oxford*	2005	213	26.62
Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty[55]	Liebschner MAK, Rosenberg WS, Keaveny TM	*Spine*	2001	143	11.92
Activity-dependent trafficking and dynamic localization of zipcode binding protein 1 and beta-actin mRNA in dendrites and spines of hippocampal neurons[56]	Tiruchinapalli DM, Oleynikov Y, Kelic S, *et al*	*Journal of Neuroscience*	2003	131	13.1
Three-dimensional reconstruction of a calyx of held and its postsynaptic principal neuron in the medial nucleus of the trapezoid body[57]	Satzler K, Sohl LF, Bollmann JH, *et al*	*Journal of Neuroscience*	2002	124	11.27
Remodeling of synaptic membranes after induction of long-term potentiation[58]	Toni N, Buchs PA, Nikonenko I, *et al*	*Journal of Neuroscience*	2001	119	9.92
Synaptic islands defined by the territory of a single astrocyte[59]	Halassa MM, Fellin T, Takano H, *et al*	*Journal of Neuroscience*	2007	119	19.83
Distinct localization of GABA(B) receptors relative to synaptic sites in the rat cerebellum and ventrobasal thalamus[60]	KulikA, Nakadate K, Nyiri G, *et al*	*European Journal of Neuroscience*	2002	86	7.82

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用的研究 598 篇文献，2001 年本领域产生了 2 篇经典文献，2002 年产生了 2 篇经典文献，2003 年产生了 1 篇经典文献，2005 年产生了 1 篇经典文献，2007 年产生了 1 篇经典文献，说明这几年关于数字化设计在脊柱疾病应用的研究发展较快，为国际关注热点，尤其是 2005 年的 Reconstruct: a free editor for serial section microscopy[54]这篇文献总被引用次数达到 213 次，年均被引用次数为 26.62 次，可谓是数字化设计在脊柱疾病应用经典文献中的经典。

2.1.8 学科类别分析 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用的文献学科类别分布情况，见图 6。



1: Engineering; 2: Neurosciences and neurology;
3: Orthopedics; 4: Biophysics; 5: Computer science;
6: Medical informatics; 7: Sport sciences;
8: Surgery; 9: Radiology nuclear medicine and medical imaging;
10: Health care sciences

图 6 SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用的文献学科类别

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用文献前 10 位的学科以工程学最多，261 篇，占文献总数的 43.65%，神经科学 187 篇，占文献总数的 31.27%，骨科学 177 篇，生物物理学 69 篇，计算机科学 53 篇，医学信息学 43 篇，运动科学 36 篇，外科学 29 篇，放射医学与核医学成像 26 篇，卫生保健学 19 篇。

2.1.9 作者分析 SCI 数据库 2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病应用发表文献较多的作者，见表 5。

表 5 SCI 数据库 2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病应用发表文献较多的作者

作者	文献数量(篇)	所占比例(%)
Skalli W	50	8.36
Labelle H	44	7.36
Aubin CE	40	6.69
Bergmann G	28	4.68
Zander T	28	4.68
Rohlmann A	27	4.52
Goel VK	23	3.85
Teo EC	21	3.51
Mitton D	18	3.01
Natarajan RN	17	2.84

SCI 数据库 2001/2010 收录数字化设计在脊柱疾病应用的 598 篇文献中，共有 1 557 名作者，平均每篇文章有 2.60 名作者，说明在数字化设计在脊柱疾病应用研究中关注的研究专家较多(篇作者 2.60 名)。其中，Skalli W 是 SCI 数据库 2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病应用中发表文献最多的作者，数量为 50 篇。

2.2 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病中的应用的文献数据分析 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病中的应用文献共 49 篇，研究原著 32 篇，会议文章 17 篇，在该领域的文献量位居世界第 5，在亚洲处于领先位置，因此，对中国近 10 年数字化设计在脊柱疾病中的应用文献进行数据分析。

2.2.1 出版年计量分析 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病中的应用文献数量，见图 7。

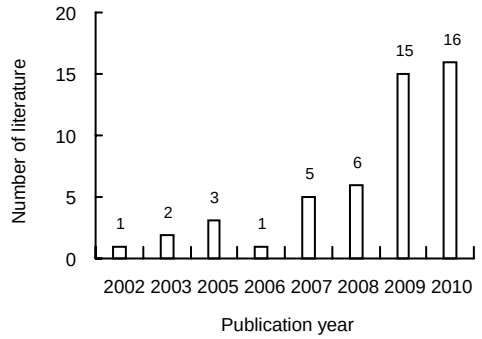


图 7 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病中的应用文献数量

SCI 数据库 2001/2010 收录关于中国数字化设计在脊柱疾病中的应用检索到相关文献 49 篇，2001 年和 2004 年均无文献产出，2002 年和 2006 年各收录文献 1 篇，2003 年 2 篇， 2005 年 3 篇，2007 年 5 篇，2008 年 6 篇，2009 年 15 篇，2010 年 16 篇。从文献数量的趋势上看，呈上升趋势，文献数量平稳增加。

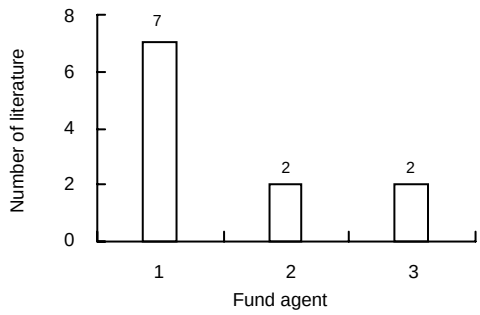
2.2.2 机构分布分析 SCI 数据库 2001/2010 中国关于数字化设计在脊柱疾病中的应用发表文献数量排在前 10 位的机构分布情况，见表 6。

表 6 SCI 数据库 2001/2010 中国关于数字化设计在脊柱疾病中的应用发表文献数量较多的机构

机构	文献数量(篇)	所占比例(%)
NORTHEASTERN UNIV	8	16.37
HONG KONG POLYTECH UNIV	6	12.25
SHANGHAI JIAO TONG UNIV	6	12.25
CHINESE PEOPLES LIBERAT ARMY GEN HOSP	3	6.12
NANTONG UNIV	3	6.12
TONGJI UNIV	3	6.12
CAPITAL MED UNIV	2	4.08
QINGDAO UNIV	2	4.08
TAIYUAN UNIV TECHNOL	2	4.08

SCI 数据库 2001/2010 中国关于数字化设计在脊柱疾病中的应用发表文献数量较多的机构有东北大学，发表文献 8 篇，香港理工大学和上海交通大学各发表文献 6 篇，解放军总医院、南通大学和同济大学各发表文献 3 篇，首都医科大学、青岛大学和太原理工大学各发表文献 2 篇。

2.2.3 基金资助情况 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病应用研究文献的基金资助较多的项目，见图 8。



1: Natural Science Foundation of China
2: Program for New Century Excellent Talents in University
3: Scientific Research Foundation of China Postdoctor

图 8 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病应用的文献基金资助较多的项目

SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病应用研究的 49 篇文献中有 26 项基金项目，其中，国家自然科学基金资助 7 篇，占文献总数的 14.29%，

新世纪优秀人才支持计划资助 2 篇，中国博士后科学研究基金会资助 2 篇，其他 16 个基金资助机构各资助 1 篇。

2.2.4 文献被引情况 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病中的应用被引频次较高的文献，见表 7。

表 7 SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病中的应用被引频次较高的文献

文题	来源期刊	发表时间	总被引频次
Biomechanical responses of the intervertebral joints to static and vibrational loading: a finite element study[61]	*Clinical Biomechanics*	2003	32
A real-time gyroscopic system for three-dimensional measurement of lumbar spine motion[62]	*Medical Engineering & Physics*	2003	18
Vibration characteristics of the human spine under axial cyclic loads: Effect of frequency and damping[63]	*Spine*	2005	11
Prediction of the modal characteristics of the human spine at resonant frequency using finite element models[64]	*Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part H-Journal of Engineering in Medicine*	2005	11
Material property sensitivity analysis on resonant frequency characteristics of the human spine[65]	*Journal of Applied Biomechanics*	2009	7

SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病应用的研究文献 49 篇，其中有 5 篇文献被引频次较高，2003 年该领域产生了 2 篇被引频次较高的文献，2005 年 2 篇，2009 年 1 篇，说明这几年关于数字化设计在脊柱疾病应用发展较快。

2.2.5 作者分析 SCI 数据库 2001/2010 中国数字化设计在脊柱疾病应用发表文献较多的作者，见表 8。

表 8 SCI 数据库 2001/2010 中国数字化设计在脊柱疾病应用发表文献较多的作者

作者	文献数量(篇)	所占比例(%)
Guo LX	8	16.33
Teo EC	6	12.25
Zhang M	6	12.25
Zhang XS	5	10.20
Wang Y	4	8.16
Wang Z	4	8.16
Zhang YG	4	8.16
Zhang YM	4	8.16
Li HY	3	6.12
Wang ZW	3	6.12

SCI 数据库 2001/2010 收录中国数字化设计在脊柱疾病应用的 49 篇文献中，共有 159 名作者，平均每篇文章有 3.24 名作者，说明在数字化设计在脊柱疾病应用研究中关注的研究专家较多(篇作者 3.24 名)。其中，Guo LX 是 SCI 数据库 2001/2010 中国数字化设计在脊柱疾病应用中发表文献最多的作者，数量为 8 篇，其他作者发表的文献数量不多。

3 讨论

文献计量学最早是 1969 年由英国人 A.普里查德提出的[66]，是借助文献的各种特征的数量，采用数学与统计学方法来描述、评价和预测科学技术的现状与发展趋势的图书情报学分支学科。本文通过对数字化设计在脊柱疾病应用的文献数据分析，可以得出以下描述。

3.1 国际上数字化设计在脊柱疾病应用的文献出版年份分析 近年来，数字化设计在脊柱疾病应用的研究总体呈上升的趋势。早期数字化设计在脊柱疾病应用的研究较少，文献出版量亦较少。2001 年至今，该领域的文献产出量明显增多，总体呈上升趋势。

3.2 国际上数字化设计在脊柱疾病应用的文献来源期刊分析 *Spine*《脊柱》发表文献量最多，81 篇，占全部文献的 13.55%。通过来源期刊的统计分析，可帮助数字化设计在脊柱疾病应用的研究者及时了解和掌握这一领域的核心出版物，确定跟踪研究的文献基础，同时可以用于指导投稿，指导研究者尽可能选择学科类别与收录相关文献量大、收录侧重与研究内容相一致的期刊，提高文献命中率，有利于在本领域扩大研究成果的影响范围。

3.3 国际上数字化设计在脊柱疾病应用的文献被引频次分析 关于数字化设计在脊柱疾病应用的文献被引频次情况，得出 7 篇经典文献。2005 年发表的 Reconstruct: a free editor for serial section microscopy[54]被引频次最高，总被引频次达到 213 次，为经典文献中的经典。中国作者文章被引频次不高，与国际上的高被引文献相比存在相当大的差距，中国在数字化设计在脊柱疾病应用的文章数量和质量上还有待提高。

3.4 国际上数字化设计在脊柱疾病应用的文献分析 通过对国家地区分布的分析，2001/2010 美国在数字化设计在脊柱疾病应用的文献量一直是 SCI 收录最多的国家，美国在该领域文献产出量多于其他国家，对该领域研究起到重要作用。

通过对研究机构的分析，2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病应用发表文献较多的机构有加拿大的蒙特利尔大学，新加坡的南洋理工大学，美国的托莱多大

学等。明确了上数字化设计在脊柱疾病应用的核心机构，便于学科专家有针对性的开展技术交流和研究合作。

3.5 中国数字化设计在脊柱疾病应用的文献分析 近 10 年,中国作者发表数字化设计在脊柱疾病应用的文献 49 篇，文献数量位居世界第 5，但是，中国在数字化设计在脊柱疾病应用的文章数量和质量上还有待提高。

3.6 数字化设计在脊柱疾病应用的文献数据总体分析 数字化设计在脊柱疾病应用在 SCI 收录的文献量以及在国家地区分布、机构分布、来源期刊的分布方面均呈上升趋势。数字化设计在脊柱疾病应用的研究文献以美国、加拿大，新加坡等学术力较强的研究机构产出的文献为主。

小结：本文选取 SCI 数据库，对 2001/2010 关于数字化设计在脊柱疾病应用的研究，进行文献计量学分析，对该领域的研究趋势以多方位多角度进行信息描述，可为相关专家及研究人员进一步研究该领域热点内容及选择投稿期刊提供有价值的参考。

4 参考文献

[1] McAfee PC, Regan JJ, Geis WP, et al. Minimally invasive anterior retroperitoneal approach to the lumbar spine. Emphasis on the lateral BAK. Spine. 1998;23(13):1476-1484.
[2] 毛克亚,陈继营,毕文志,等.数字化人体骨骼重建和快速骨盆重建成型技术的实验研究[J].中国临床康复,2004,8(23):4728-4729.
[3] Parent S, Labelle H, Skalli W, et al. Thoracic pedicle morphometry in vertebrae from scoliotic spines. Spine (Phila Pa 1976). 2004; 29(3):239-248.
[4] Chen YT, Wang MS. Three-dimensional reconstruction and fusion for multi-modality spinal images. Comput Med Imaging Graph. 2004; 28(1-2):21-31.
[5] Dumas R, Steib JP, Mitton D, et al. Three-dimensional quantitative segmental analysis of scoliosis corrected by the in situ contouring technique. Spine. 2003;28(11):1158-1162.
[6] Erkula G, Sponseller PD, Kiter AE. Rib deformity in scoliosis. Eur Spine J. 2003;12(3):281-287.
[7] Parent S, Labelle H, Skalli W, et al. Morphometric analysis of anatomic scoliotic specimens. Spine (Phila Pa 1976). 2002; 27(21):2305-2311.
[8] Polly DW, Potter BK, Kuklo T, et al. Volumetric spinal canal intrusion, a comparison between thoracic pedicle screws and thoracic hooks. Spine. 2004;29:63-69.
[9] 毛克亚,陈继营,郝立波,等.数字化人体骨骼的初步临床应用[J].中国矫形外科杂志,2005,13(1):67-68.
[10] Ney DR, Fishman EK, Kawashima A, et al. Comparison of helical and serial CT with regard to three-dimensional imaging of musculoskeletal anatomy. Radiology. 1992;185(3):865-869.
[11] Kaye JJ, Nance EP Jr. Thoracic and lumbar spine trauma. Radiol Clin North Am. 1990;28(2):361-377.
[12] Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, et al. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. Eur Spine J. 1994; 3(4):184-201.
[13] Hadley MN, Sonntag VK, Amos MR, et al. Three-dimensional computed tomography in the diagnosis of vertebral column pathological conditions. Neurosurgery. 1987;21(2):186-192.
[14] 林晓梅,裴建国,牛刚,等.医学图像三维重建方法的研究和实现[J].长春工业大学学报,2005,26(3):225-228.
[15] Hedequist DJ, Emans JB. The correlation of preoperative three-dimensional computed tomography reconstructions with operative findings in congenital scoliosis. Spine. 2003;28(22): 2531-2534.
[16] 王亭,邱贵兴,辛其一.CT三维重建在先天性脊柱侧凸诊疗中的价值[J].中华骨科杂志,2005,25(8):449-452.
[17] 刘宁,卢晶,张毅军,等.磁共振3D重建技术在脊柱侧凸中的应用[J].医学影像学杂志,2007,17(10):1084-1086.
[18] 张美超,刘阳,刘则玉,等.利用Mimics和Freeform建立中国数字人上颌第一磨牙三维有限元模型[J].医用生物力学,2006,(3):208-211.
[19] Newton PO, Hahn GW, Fricka KB, et al. Utility of three-dimensional and multiplanar reformatted computed tomography for evaluation of pediatric congenital spine abnormalities. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(8):844-850.
[20] Blemker SS, Asakawa DS, Gold GE, et al. Image-based musculoskeletal modeling: applications, advances, and future opportunities. J Magn Reson Imaging. 2007;25(2):441-451.
[21] 张建,张伟佳,吴克俭,等.股骨及髋臼纵向撞击伤的计算机模拟生物力学研究[J].中华创伤骨科杂志,2007,9(3):255-257.
[22] 扈延龄,金丹,苏秀云,等.基于三维CT数据的髋臼骨折计算机辅助虚拟手术设计[J].中华创伤骨科杂志,2008,10(2):135-137.
[23] Taylor WR, Roland E, Ploeg H, et al. Determination of orthotropic bone elastic constants using FEA and modal analysis. J Biomech. 2002;35(6):767-773.
[24] Cimerman M, Kristan A. Preoperative planning in pelvic and acetabular surgery: the value of advanced computerised planning modules. Injury. 2007;38(4):442-449.
[25] Seel MJ, Hafez MA, Eckman K, et al. Three-dimensional planning and virtual radiographs in revision total hip arthroplasty for instability. Clin Orthop Relat Res. 2006;442:35-38.
[26] Handels H, Ehrhardt J, Plötz W, et al. Three-dimensional planning and simulation of hip operations and computer-assisted construction of endoprostheses in bone tumor surgery. Comput Aided Surg. 2001;6(2):65-76.
[27] 汪光晔,张春才,许硕贵.髋臼记忆内固定系统治疗髋臼横断骨折的三维有限元分析[J].中国骨伤,2007,20(12):830-832.
[28] 马洪顺,周振平,王玉臣,等.模拟股骨颈骨折外固定器固定结构模型三维有限元计算与应力分布实验研究[J].中国生物医学工程学报,2005;24(1):8-11.
[29] 林斌,陈昆,张美超.Ⅱ型齿状突骨折螺钉固定的三维有限元分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2008,23(2);92-94.
[30] Muller ME,Allgower M,Schneider R.骨折内固定[M].荣国威译.北京:北京人民卫生出版社,1995:102-103.
[31] 姜海波,葛世荣.基于CT扫描人体股骨的有限元分析[J].工程力学, 2007, 24(10):156-159.
[32] Almind TC, Ingwersen P. Informetric analyses on the World Wide Web: methodological approaches to 'webometrics'. J Doc. 1997; 53(4):404-426.
[33] Campanario JM, González L, Rodríguez C. Structure of the impact factor of academic journals in the field of Education and Educational Psychology: citations from editorial board members. Scientometrics. 2006;69(1):37-56.
[34] Moed HF, Burger WJM, Frankfort JG, et al. The use of bibliometric data for the measurement of university research performance. Res Policy.1985;14(3):131-149.
[35] Schubert A, Glänzel W, Braun T. Scientometric datafiles: a comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields 1981-1985. Scientometrics. 1989.
[36] Vergidis PI, Karavasiou AI, Paraschakis K, et al. Bibliometric analysis of global trends for research productivity in microbiology. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2005;24:342-345.
[37] Falagas ME, Karavasiou AI, Bliziotis IA. A bibliometric analysis of global trends of research productivity in tropical medicine. Acta Trop. 2006;99:155-159.
[38] Kumari L. Trends in synthetic organic chemistry research. Cross-country comparison of activity index. Scientometrics. 2006;67: 467-476.
[39] Sun QL, Fu Y, Sun AP, et al. Correlation of E-selectin gene polymorphisms with risk of ischemic stroke: a meta-analysis. Neural Regen Res. 2011;6(22):1731-1735.
[40] Delorme S, Petit Y, de Guise JA, et al. Assessment of the 3-d reconstruction and high-resolution geometrical modeling of the human skeletal trunk from 2-D radiographic images. IEEE Trans Biomed Eng. 2003;50(8):989-998.
[41] Arjmand N, Shirazi-Adl A. Model and in vivo studies on human trunk load partitioning and stability in isometric forward flexions. J Biomech. 2006;39(3):510-521.
[42] Kadoury S, Cheriet F, Laporte C, et al. A versatile 3D reconstruction system of the spine and pelvis for clinical assessment of spinal deformities. Med Biol Eng Comput. 2007; 45(6):591-602.
[43] Shirazi-Adl A, Sadouk S, Parnianpour M, et al. Muscle force evaluation and the role of posture in human lumbar spine under compression. Eur Spine J. 2002;11(6):519-526.
[44] Ng HW, Teo EC. Nonlinear finite-element analysis of the lower cervical spine (C4-C6) under axial loading. J Spinal Disord. 2001; 14(3):201-210.
[45] Teo EC, Ng HW. First cervical vertebra (atlas) fracture mechanism studies using finite element method. J Biomech. 2001; 34(1):13-21.
[46] Ng HW, Teo EC, Lee KK, et al. Finite element analysis of cervical spinal instability under physiologic loading. J Spinal Disord Tech. 2003;16(1):55-65.
[47] Lee KK, Teo EC, Fuss FK, et al. Finite-element analysis for lumbar interbody fusion under axial loading. IEEE Trans Biomed Eng. 2004;51(3):393-400.
[48] Goel VK, Grauer JN, Patel TCh, et al. Effects of charité artificial disc on the implanted and adjacent spinal segments mechanics using a hybrid testing protocol. Spine. 2005 15;30(24):2755-2764.
[49] Dooris AP, Goel VK, Grosland NM, et al. Load-sharing between anterior and posterior elements in a lumbar motion segment implanted with an artificial disc. Spine. 2001;26(6):E122-129.

[50] Goel VK, Panjabi MM, Patwardhan AG, et al. Test protocols for evaluation of spinal implants. J Bone Joint Surg Am. 2006;88: 103-109.
[51] Sairyo K, Biyani A, Goel V, et al. Pathomechanism of ligamentum flavum hypertrophy: a multidisciplinary investigation based on clinical, biomechanical, histologic, and biologic assessments. Spine. 2005;30(23):2649-2656.
[52] Cameron HU. The long-term success of modular proximal fixation stems in revision total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2002;17(4 Suppl 1):138-141.
[53] 岳洪江,刘思峰,梁立明.我国对技术创新的关注与研究—基于24年的文献计量分析[J].科研管理,2008,(5):43-52.
[54] Fiala JC. Reconstruct: a free editor for serial section microscopy. J Microsc. 2005;218:52-61.
[55] Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty. Spine. 2001;26(14):1547-1554.
[56] Tiruchinapalli DM, Oleynikov Y, Kelic S, et al. Activity-dependent trafficking and dynamic localization of zipcode binding protein 1 and beta-actin mRNA in dendrites and spines of hippocampal neurons. J Neurosci. 2003;23(8):3251-3261.
[57] Sätzler K, Söhl LF, Bollmann JH, et al. Three-dimensional reconstruction of a calyx of Held and its postsynaptic principal neuron in the medial nucleus of the trapezoid body. J Neurosci. 2002;22(24):10567-10579.
[58] Toni N, Buchs PA, Nikonenko I, et al. Remodeling of synaptic membranes after induction of long-term potentiation. J Neurosci. 2001;21(16):6245-6251.
[59] Halassa MM, Fellin T, Takano H, et al. Synaptic islands defined by the territory of a single astrocyte. J Neurosci. 2007;27(24): 6473-6477.
[60] Kulik A, Nakadate K, Nyíri G, et al. Distinct localization of GABA(B) receptors relative to synaptic sites in the rat cerebellum and ventrobasal thalamus. Eur J Neurosci. 2002;15(2):291-307.
[61] Cheung JT, Zhang M, Chow DH. Biomechanical responses of the intervertebral joints to static and vibrational loading: a finite element study. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2003;18(9):790-799.
[62] Lee RY, Laprade J, Fung EH. A real-time gyroscopic system for three-dimensional measurement of lumbar spine motion. Med Eng Phys. 2003;25(10):817-824.
[63] Guo LX, Teo EC, Lee KK, et al. Vibration characteristics of the human spine under axial cyclic loads: effect of frequency and damping. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(6):631-637.
[64] Guo LX, Teo EC. Prediction of the modal characteristics of the human spine at resonant frequency using finite element models. Proc Inst Mech Eng H. 2005;219(4):277-284.
[65] Guo LX, Wang ZW, Zhang YM, et al. Material property sensitivity analysis on resonant frequency characteristics of the human spine. J Appl Biomech. 2009;25(1):64-72.
[66] 庞景安.科学计量研究方法论[M].北京:科学技术文献出版社, 1999.

ISSN 1673-8225 CN 21-1581/R 2012 年版权归《中国组织工程研究》杂志社所有

《中国组织工程研究》杂志 2012 年各专题组稿重点

干细胞培养与移植	损伤修复与组织构建	生物材料选择及应用	数字化组织工程技术	软组织移植物存活和免疫
干细胞研究	**组织构建研究**	**生物材料研究**	**数字化骨科及骨科**	**器官组织细胞移植研究**
骨髓来源干细胞	骨及软骨组织构建	组织工程骨材料	**植入物研究**	肝移植
外周血来源干细胞	口腔组织构建	组织工程软骨材料	人工假体	肾移植
脂肪来源干细胞	皮肤组织构建	组织工程血管材料	骨科植入物	心肺移植
脐带脐血干细胞	肌肉肌腱组织构建	组织工程神经材料	硬组织植入物	组织细胞移植
肿瘤来源干细胞	心肺组织构建	组织工程口腔材料	植入物与生物力学	移植与免疫
胚胎来源干细胞	血管组织构建	纳米生物材料	数字化骨科	移植与影像技术
干细胞培养与分化	神经组织构建	膜生物材料	数字化图像与影像	移植伦理与心理
干细胞移植	泌尿系统组织构建	细胞外基质材料	植入物实验造模	移植与人工器官
干细胞因子及调控因子	组织构建实验造模	抗菌抗病毒材料	植入物基础实验	器官移植与中医药
干细胞转基因表达	组织构建细胞学实验	组织工程复合支架材料	植入物临床应用	器官移植动物模型
干细胞与中医药	织构建与生物活性因子	材料生物相容性		器官移植基础实验
干细胞基础实验	组织构建与生物力学	生物材料与药物控释		器官移植临床应用
干细胞临床应用	组织构建与中医药	材料力学及表面改性		
	组织构建基础实验	生物材料模型构建		
	组织构建临床应用	生物材料基础实验		
		生物材料临床应用		