

· 其他论著 ·

文章编号:2095-9958(2018)01-0058-05

DOI:10.3969/j.issn.2095-9958.2018.01.014

2010至2017年度运动系统生物医用材料领域获国家自然科学基金项目资助与SCI论文发表情况分析

林俊¹ 谢登辉² 燕晓宇³ 丰干钧⁴ 闫章才^{5*} 窦豆^{5*}

(1. 苏州大学附属第一医院骨科, 苏州 215006; 2. 南方医科大学附属第三医院骨科, 广州 510630; 3. 上海交通大学第六人民医院骨科, 上海 200233; 4. 四川大学华西医院骨科, 成都 610041; 5. 国家自然科学基金委员会医学科学部, 北京 10085)

【摘要】背景:近年来我国运动系统生物医用材料领域发展迅猛,国际影响力也日渐上升,这些成就得益于国家对生物医用材料领域的大力投入。**目的:**分析中国运动系统生物医用材料研究领域获国家自然科学基金(NSFC)的资助情况和SCI论文发表情况,探讨该领域的科研现状及存在的问题。**方法:**统计分析2010~2017年运动系统生物医用材料领域获得NSFC资助的情况;基于Web of Science核心数据库检索该领域SCI论文发表情况。**结果:**2010~2017年,运动系统(申请代码:H06)获得NSFC资助项目共计1879项,其中生物医用材料领域获资助383项。按照材料组成和性质分类统计,生物医用复合材料与生物医用金属材料所获资助比例较大,分别占80.16%和15.40%;按照材料用途分类统计,骨修复材料的历年资助比例始终位居首位,8年资助总占比35.77%,其次是软骨修复材料,占17.75%。2010年起,我国科研机构在该领域发表SCI论文数量呈逐年上升趋势,世界排名稳居第二位,并于2016年首次攀升至第一名。NSFC资助该领域发表的SCI论文数量也逐年攀升,并始终占据我国资助机构排名榜首,尤其是2013年以来,NSFC资助该领域每年发表的SCI论文数量均超过中国论文总数的一半以上。随着国家自然科学基金投入的不断加大,科学基金已成为该领域基础和应用基础研究的主要支撑之一。**结论:**得益于NSFC对运动系统生物医用材料领域投入的不断加大,我国在该领域的基础研究和应用基础研究取得了长足进步,并已经在国际占有重要地位。然而,该领域的研究热点过于集中,研究成果的产品转化不足等问题仍然突出。

【关键词】 国家自然科学基金;资助;运动系统;生物医用材料;SCI论文

Analysis of projects funded by NSFC and SCI paper publication in the field of orthopedic biomedical materials from 2010 to 2017

LIN Jun¹, XIE Denghui², YAN Xiaoyu³, FENG Ganjun⁴, YAN Zhangcai^{5*}, DOU Dou^{5*}

(1. Department of Orthopedic Surgery, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006;
2. Department of Orthopedic Surgery, The Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510630;
3. Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233;
4. Department of Orthopedic Surgery, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041;
5. Department of Health Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 10085, China)

【Abstract】Background: Due to the constant financial support of government, with the mushroom development of orthopedic biomedical materials, our international influence is in steep increase. **Objective:** To analyze projects funded by Natural Science Foundation of China (NSFC) and SCI paper publication on biomedical materials in orthopedic research field, and to explore the current research status and problems in this field. **Methods:** The data of the projects funded by NSFC and SCI papers collected from Web of Science from 2010 to 2017 were analyzed. **Results:** From 2010 to 2017, 1879 projects were funded by NSFC in orthopedic field (application code: H06) and 383 of them were in biomedical material field. According to the statistics on material properties, the subsidization leaned towards the field of biomedical composite materials (80.16%) and biomedical metal materials (15.40%). In terms of statistics on use of materials, the subsidization on bone repairing materials (35.77%) remained the first place, which was followed by that on cartilage repairing materials (17.75%). The number of SCI papers in this field published by our national institutes was gradually increasing and ranked the top one in the world in 2016. Among all the papers, those funded by NSFC were also increasing year by year and NSFC always ranked the top one in Chinese founding agency. Since 2013, the number of papers funded by NSFC in orthopedic biomedical materials research field had surpassed half of paper in China. With the increase of NSFC budget, NSFC has been the main support of basic research in this field. **Conclusions:** Due to the constant input of NSFC, basic research and applied basic research have been developed rapidly in the field of orthopedic biomedical materials. However, there are still some problems remained, for exam-

*通信作者:闫章才, E-mail: yanzc@nsfc.gov.cn; 窦豆, E-mail: doudou@nsfc.gov.cn

ple the research hotspots are too centralized and the researches are not well converted into the product.

【Key words】 Natural Science Foundation of China; funding; Orthopedics; Biomedical Materials; SCI Paper

生物医用材料(biomedical materials)是指以医疗为目的,用于诊断、治疗、修复或替换人体组织器官及增进其功能的材料^[1]。它在运动系统领域应用十分广泛,如接骨板、关节假体、椎间融合器、人工韧带等。我国近些年对生物医用材料领域基础与应用基础研究的不断投入,促进了该领域的快速发展。2008~2010年我国生物医用材料的复合增长率高达30%,远高于国际市场的22%^[2]。2013年,我国生物医用材料销售额约为1200亿美元,年增长率>25%。该领域的发展壮大极大地推动了我国运动系统领域临床治疗与基础研究的发展。

国家自然科学基金委员会(National Natural Science Foundation of China, NSFC)医学科学部于2009年9月正式成立,2010年开始受理运动系统(申请代码:H06)领域的项目申请。其中生物医用材料相关领域项目的申请主要集中在H0604代码(骨、关节、软组织医用材料)。随着近年来NSFC对基础研究资助力度的不断加大,医学、生命科学与材料科学之间的交叉合作不断加深,中国运动系统生物医用材料领域基础与应用基础研究的论文产出也快速增加。本文就2010~2017年运动系统生物医用材料领域的项目资助与科研论文发表情况进行总结,分析我国该领域科学研究的现状及NSFC在该领域发展中所起的作用。

1 研究方法

1.1 运动系统生物医用材料领域获NSFC项目资助情况

在NSFC的科学基金网络信息系统(ISIS系统)统计2010~2017年运动系统领域(申请代码:H06)及运动系统生物医用材料领域获得NSFC资助的各类项目数量及经费金额,包括面上项目、青年科学基金项目、地区科学基金项目、重点项目、国家杰出青年科学基金项目与优秀青年科学基金项目等,并进行数据对比分析。

1.2 运动系统生物医用材料领域SCI论文发表情况

在Web of Science核心数据库中以TS=("tissue engineering" OR "biomaterial" OR "biomaterials" or "biological material" or "biological materials" or "medical material" or "medical materials") and TS=("orthopedic" OR "orthopedics" or "orthopaedic" or "orthopaedics" or "bone" or "skeletal" or "cartilage" or "liga-

ment" or "tendon" or "muscle" or "nerve" or "spinal")为检索条件检索论文,论文特指“论著”(article),会议摘要、书的章节等不包含在内。统计截止时间为2017年11月1日。通过对SCI发表论文数量与获得NSFC资助进行对比,分析世界及我国“运动系统生物医用材料”领域SCI论文的发表情况,以及NSFC对这些论文的资助情况,反映我国“运动系统生物医用材料”领域基础研究的进步及其学术地位。

2 结果

2.1 2010至2017年度NSFC对运动系统生物医用材料领域的资助情况

运动系统领域共获得NSFC医学科学部资助研究、人才和环境条件三大系列各类项目1879项,资助经费8.47135亿元(2015年起,各类项目申请经费分为直接费用和间接费用两部分^[3],本文所涉及2015~2017年的项目经费均为直接经费)。其中生物医用材料相关领域共获资助383项,主要集中在面上项目类型(获资助196项,项目数占比51.17%)。生物医用材料领域的年资助项目数从2010年的35项,升至2017年的71项,增长102.9%(图1)。由于NSFC在2013年度出台了新的限项规定,即“上年度获得资助的项目负责人,本年度不得申请同类型科学基金项目”和“自从2014年起,已经连续2年(本次指2012年度和2013年度)申请面上项目未获资助的项目申请人,暂停1年面上项目申请资格”,因此,2014年度面上项目申请和获资助数量均较之前有所回落,从而也影响了当年生物医用材料相关的资助项目数(2014年该领域面上项目获资助14项)。

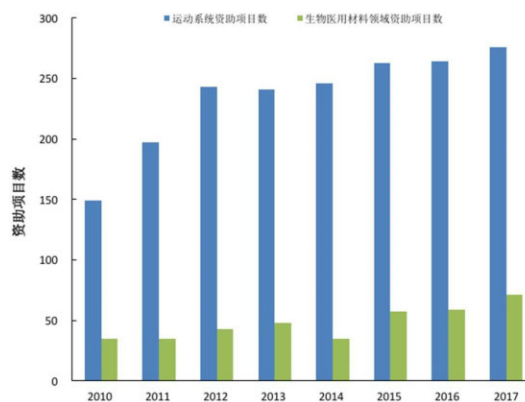


图1 2010至2017年度NSFC对运动系统生物医用材料领域的资助情况

生物医用材料按材料的组成和性质可以分类如下:生物医用金属材料、生物陶瓷、生物医用高分子材料、生物医用复合材料和生物衍生材料。2010~2017年度NSFC对运动系统生物医用材料领域的资助主要集中在生物医用复合材料(每年资助占比:74.3%~87.5%)和生物医用金属材料(每年资助占比:10.4%~22.9%),生物陶瓷(每年资助占比:0%~5.1%)和生物医用高分子材料(每年资助占比:0%~5.6%)的年资助项目数较少(图2)。

运动系统生物医用材料按用途可分为骨、软骨、脊髓、周围神经、肌腱等修复材料。2010~2017年度NSFC对运动系统生物医用材料领域的资助主要集中在骨修复材料(22.9%~43.8%),其次是软骨修复材料(10.4%~23.7%),见表1。

2.2 2010~2017年度中国运动系统生物医用材料领域发表SCI论文情况

学术论文是基础研究成果的重要体现,本研究通过分析2010年以来世界范围和我国运动系统生物医用材料领域发表SCI论文的情况,了解该领域的研究现状及发展趋势。

2.2.1 全球“运动系统”领域发表生物医用材料相关论文情况:2010~2017年全球生物医用材料领域发表论文数量增长迅速,从2010年的4734篇增加到2016年的7423篇,增长56.8%。其中,运动系统生物医用材料领域发表SCI论文数量也从2010年的2212篇增加到2016年的3129篇,增长41.46%(表2)。

2.2.2 我国运动系统生物医用材料领域SCI论文发表情况:2010~2017年,我国运动系统生物医用材料研究领域发表SCI论文数量呈现快速增长态势,发文所占比重和世界排名也迅速提升。2010年全球运动系统生物医用材料领域SCI论文2212篇,其中来自中国的科研机构共发表389篇,占比17.59%,排名第2位;

表1 2010~2017年NSFC运动系统生物医用材料领域资助情况(篇)								
部位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
骨	8	11	13	21	9	24	20	31
软骨	7	6	6	5	5	12	14	13
脊髓	2	1	2	3	2	0	0	2
周围神经	0	2	0	2	0	3	1	2
肌腱	4	5	6	5	5	7	7	7
椎间盘	1	1	2	0	1	2	0	5
其他(皮瓣、半月板等)	13	9	14	12	13	9	17	11
合计	35	35	43	48	35	57	59	71

2017年全球运动系统生物医用材料领域SCI论文2686篇,来自中国作者或研究机构的SCI论文数量达782篇,所占比例为29.11%,排名第1位(表3)。来自中国作者或研究机构的运动系统生物医用材料领域发表SCI论文数量增加了110.28%。

2.2.3 我国运动系统生物医用材料研究领域获NSFC资助项目SCI论文发表情况:我国基础研究的经费来源多元,包括:纵向课题基金(国家自然科学基金系列项目、国家重点研发计划项目、省市级科研项目等)和横向研究基金(多由企业资助)。对我国运动系统生物医用材料领域发表SCI论文的资助机构进行分析发现:2010年以来,受到NSFC资助项目发表的SCI论文数量持续快速增长,由2010年NSFC资助发表的157篇SCI论文(占比40.36%),增加至2017年NSFC资助发表的514篇(占比65.73%),连续8年保持资助机构排名第一。NSFC医学科学部成立以来迅速壮大,目前已发展成为该领域发表文章的主要资助力量,截至2017年11月1日累计发表论文1174篇(表4)。提示2010年以来,NSFC的稳定资助有力地推动了我国运动系统生物医用材料领域基础研究的发展。

3 讨论与展望

得益于国家对自然科学基金的大力投入和NSFC对医学科学研究的高度重视,运动系统领域年资助项目数和资助强度均快速增长,相应的高水平科研产出也在快速增加^[4-6],在Nature Communication、ACS nano等国际顶级杂志发表重要论文,极大提高了我国运动医学基础研究的学术地位和国际影响力。

随着医学与材料科学等多学科的交叉融合不断加深,生物医用材料在运动系统领域的临床应用日益广泛。虽然金属材料和高分子材料在目前全球生物医用材料市场的占比最大,但由于金属材料在耐

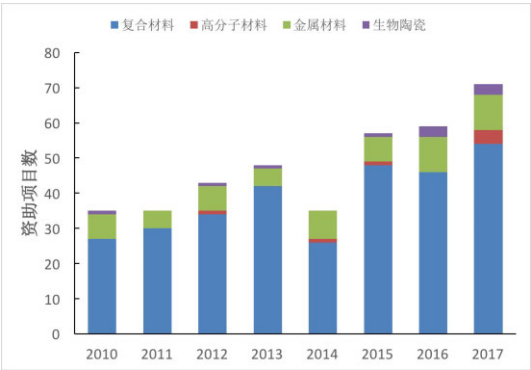


图2 2010~2017年度运动系统生物医用材料领域不同材料成分的资助情况

表2 2010~2017年运动系统生物医用材料领域SCI论文发表情况(篇)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
生物医用材料领域SCI论文数	4734	4824	5372	6106	6610	6991	7423	6272
运动系统生物医用材料领域SCI论文数	2212	2119	2361	2669	2865	2936	3129	2686

注:论文特指论著(article);所有SCI论文发表数据来源于Web of Science核心数据库;统计时间截止为2017年11月1日

表3 2010~2017年运动系统生物医用材料领域中国发表SCI论文情况

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
运动系统生物医用材料领域SCI论文数	2212	2119	2361	2669	2865	2936	3129	2686
中国该领域SCI论文数	389	397	479	615	745	747	818	782
所占比例(%)	17.59	18.74	20.29	23.04	26.00	25.44	26.14	29.11
中国排名	2	2	2	2	2	2	1	1

注:论文特指论著(article);所有SCI论文发表数据来源于Web of Science核心数据库;统计时间截止为2017年11月1日

表4 2010~2017年运动系统生物医用材料领域NSFC资助的SCI论文发表情况

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
中国该领域发表SCI论文数	389	397	479	615	745	747	818	782
NSFC资助SCI论文数	157	188	231	323	473	463	518	514
NSFC医学科学部资助SCI论文数	0	20	73	151	228	229	256	260
NSFC所占比例(%)	40.36	47.36	48.23	52.52	63.49	61.98	63.33	65.73
资助机构排名	1	1	1	1	1	1	1	1

注:论文特指论著(article);所有SCI论文发表数据来源于Web of Science核心数据库;统计时间截止为2017年11月1日

腐蚀、性能和加工方面的缺陷,高分子材料在可降解、生物相容性方面的缺陷,金属材料和高分子材料在生物医用材料市场的占比有所下降^[7]。生物陶瓷具备高耐磨、良好的生物相容性和生化惰性等优点,其在生物医用材料领域的市场占比逐渐增大,尤其在人工关节领域。第四代陶瓷解决了陶瓷人工关节备受诟病的易碎性问题,具备良好的抗碎裂性能和抗断裂韧性,在临床人工关节置换术的应用越来越广泛^[8,9]。运动系统生物医用材料领域获NSFC医学科学部资助的项目中,生物陶瓷相关研究稳步增长,金属材料相关研究占比有所下降,且其研究热点也集中在通过金属材料的表面改性,改善其耐磨性、骨整合性等方面。目前生物医用材料领域的研究重点逐渐从生物惰性转向生物活性,传统高分子材料不可降解、无生物活性的缺点很大程度上限制了高分子材料的临床应用,例如在椎体成形术中使用聚甲基丙烯酸甲酯虽然有良好的力学强度,但由于其不可降解性,无法诱导新骨形成,因此临床上迫切需要兼具良好力学强度、可降解、成骨诱导活性的新型骨填充材料^[10-12]。复合材料有望在维持与传统材料相当的力学特性基础上,引入可降解、生物活性等特性,具有非常好的应用前景。从近年来获NSFC资助的运动系统生物医用材料领域项目可以看出,高分子

材料获资助项目数较少,研究热点集中在新型生物复合材料的研发。

从2010~2017年NSFC对运动系统生物医用材料不同用途的资助情况分析,研究热点主要集中在骨修复材料,占比达到22.9%~43.8%。软骨修复材料相关研究近3年来增长迅速,体现了我国科技工作者对软骨损伤、退变等相关疾病的重视程度显著提高。肌腱修复材料相关研究也呈现稳步增长趋势,提示运动医学相关研究领域越来越受到科技工作者的重视。植入物表面改性相关研究则保持平稳。同时,脊髓、周围神经、半月板、椎间盘和创面修复材料相关研究则呈现持续低迷态势,抗感染相关材料研究持续下降。NSFC对运动系统生物医用材料领域资助情况的变化趋势与我国社会关注重点是密切相关的。目前,创伤、肿瘤、感染等因素导致的骨缺损仍是困扰骨科医疗工作者的一个难题,因此骨修复材料始终是NSFC运动系统生物医用材料领域的资助重心。同时,我国国民经济水平日益提高,民众对以往容易忽视的运动损伤(肌腱、软骨等损伤)、慢性疾病(软骨、椎间盘等退行性疾病)等,逐渐倾向于选择更积极的治疗手段,以期获得更好的生活质量。民众的需求越来越引起科技工作者的重视,并推动国家财政对资助力度的倾斜。

我国在运动系统生物医用材料领域发表的SCI论文数量逐年增加,2016年世界排名已提升至第1位,受到NSFC资助项目发表的SCI论文数量由2010年NSFC资助发表的157篇SCI论文,占比40.36%,增加至2017年NSFC资助发表的498篇,占比65.61%,连续8年保持资助机构排名第一,尤其是自2013年以来,NSFC资助该领域发表的论文数量连年超过中国论文总数的一半以上。而受NSFC医学科学部资助发表的文章更是从无到有,2017年在NSFC资助发表论文的占比甚至超过50%,医学科学部已发展成为该领域发表文章的主要资助力量。在高质量论文产出方面也收获颇丰,2010~2017年全球该领域的432篇“高被引论文(highly cited paper)”和“热点论文

(hot paper)”,中国贡献了111篇,世界排名第2位。可见,NSFC长期而稳定的资助有力地推动了我国运动系统生物医用材料领域基础研究的发展。

对NSFC项目资助与SCI论文发表情况的分析能看出,我国运动系统生物医学材料领域的基础研究的确取得了长足的进步,然而还存在一些不足:研究过于集中在骨、软骨、肌腱修复材料领域,对半月板、椎间盘等领域重视不足;研究成果集中体现在论文方面,缺乏科研成果转化,难以拿出可用于临床应用的产品。因此,骨科临床医务人员和科技工作者还需要紧密合作,在NSFC的支持下加强对生物医用材料领域的研究,取得更多优异的成果。

参 考 文 献

- [1] Hench LL, Polak JM. Third-generation biomedical materials. *Science*, 2002, 295(5557): 1014-1017.
- [2] 奚廷斐. 我国生物医用材料现状和发展趋势. *中国医疗器械信息*, 2013, 19(8): 1-5.
- [3] 国家自然科学基金委员会. 2015年度国家自然科学基金项目指南. 北京: 科学出版社, 2015.
- [4] 王琳琳, 熊鲲, 向川, 等. 2010至2013年度国家自然科学基金委员会医学科学部运动系统相关项目申请与资助情况分析. *中华骨科杂志*, 2014, 34(2): 224-231.
- [5] 丰干钧, 熊鲲, 王琳琳, 等. 2010至2014年度国家自然科学基金运动系统青年基金申报和资助分析. *中华骨科杂志*, 2015, 35(7): 761-766.
- [6] 窦豆, 谢登辉, 燕晓宇, 等. 2010至2016年度国家自然科学基金医学科学领域“运动系统”项目资助与SCI论文浅析. *中华骨科杂志*, 2017, 37(8): 492-497.
- [7] 奚廷斐. 生物医用材料现状和发展趋势. *中国医疗器械信息*, 2006, 12(5): 1-4, 22.
- [8] McEntire BJ, Enomoto Y, Zhu W, et al. Surface toughness of silicon nitride bioceramics: II, Comparison with commercial oxide materials. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2016, 54: 346-359.
- [9] Pezzotti G. Bioceramics for hip joints: the physical chemistry viewpoint. *Materials (Basel)*, 2014, 7(6): 4367-4410.
- [10] 杨惠林, 胡侦明, 邱贵兴, 等. 经皮椎体成形术治疗的相关建议. *中华骨与关节外科杂志*, 2015, 8(5): 375-376.
- [11] Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet*, 2009, 373(9668): 1016-1024.
- [12] O'Neill R, McCarthy HO, Montufar EB, et al. Critical review: Injectability of calcium phosphate pastes and cements. *Acta Biomater*, 2017, 50: 1-19.