

文章编号:1004-7220(2016)06-0467-09

· 专家论坛 ·

从国家自然科学基金的申请与资助看生物力学的发展

王建山, 张攀峰, 詹世革

(国家自然科学基金委员会 数理科学部, 北京 100085)

摘要: 生物力学学科同生命健康和临床医学密切相关,是由力学与生物学、医学等多个学科交叉融合而形成的,是力学学科中重要的二级分支学科。对国家自然科学基金委员会数理科学部 2012 ~ 2016 年度生物力学学科青年科学基金项目 and 面上项目的申请和资助情况进行介绍,重点分析生物力学的研究方向、研究队伍等情况,并给出促进我国生物力学学科发展的建议。

关键词: 生物力学; 力学; 学科发展; 国家自然科学基金

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.3871/j.1004-7220.2016.06.467

Discussions on the development of biomechanics based on applications and grants of NSFC

WANG Jian-shan, ZHANG Pan-feng, ZHAN Shi-ge (*Department of Mathematical and Physical Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China*)

Abstract: Biomechanics, one important sub-discipline of mechanics, is an interdisciplinary subject involved in mechanics, biology and medical science, and it is closely associated with life health and clinic medicine. In this paper, applications and grants of normal projects and youth science foundation projects of National Natural Science Foundation of China (NSFC) on biomechanics from year 2012 to 2016 are introduced. Research directions and research teams of biomechanics are mainly discussed, and some suggestions are given for the development of biomechanics in China.

Key words: Biomechanics; Mechanics; Disciplinary development; Natural Science Foundation of China (NSFC)

生物力学主要通过生物学与力学原理和方法的有机结合,研究生命体运动和变形规律及其对生命的影响,认识生命过程的规律,探索、解决生命与健康领域的科学问题^[1-2]。研究的主题涉及从生物体力学信号感受机制、细胞黏附、骨修复到肿瘤生长和胚胎发育,从鸟飞、鱼游、微生物运动到生物材料力学性能和仿生等与生物体相关的大部分现象和过程。得益于近几十年来科学技术的发展,生物力学的研究从宏观的生物整体和器官层次逐渐深入到微观的细胞和分子层次,呈现出宏微观结合的趋势,并

衍生出诸如力学生物学等新的研究领域和方向。生物学、力学、医学及工程学等学科自身的快速发展和它们之间的不断交叉和融合,极大促进了生物力学的发展。重大疾病防治、社会老龄化问题的解决和航空航天及国防领域的发展等国家和社会需求使生物力学目前面临着新的机遇和挑战。

作为力学中重要的二级分支学科,生物力学一直受到国家自然科学基金长期持续的资助。自然科学基金在生物力学的学科发展、人才培养、稳定和壮大研究队伍等方面发挥了重要的支持和促进作用。

收稿日期:2016-11-10; 修回日期:2016-11-13

通信作者:詹世革,研究员, Tel: (010)62327179; E-mail: zhansg@nsfc.gov.cn。

本文对近5年内(2012~2016年)生物力学方向青年科学基金和面上项目的申请和资助情况进行总结和介绍,分析生物力学的研究队伍、单位和研究方向等情况,并给出促进生物力学发展的建议。

1 2012~2016年度生物力学学科基金申请和资助的总体情况分析

本文中的“生物力学”是指与数理科学部力学科学处国家自然科学基金申请代码A0205所对应的资助方向“生物力学”,按照三级申请代码主要分为:组织与器官系统力学(A020501),细胞、亚细胞、生物大分子力学(A020502)及仿生、生物材料与运动生物力学(A020503)。需要指出的是,由于生物力学学科的交叉性,国家自然科学基金委生命科学部的资助方向“生物力学与生物流变学”(申请代码C1001)也包含生物力学的相关内容,分为细胞与分子生物力学(C100101),骨、关节与运动系统生物力学(C100102)及心、血管组织生物力学与流变学(C100103)等。尽管申请代码A0205与C1001所对应的研究方向都是生物力学相关,但前者更侧重力学原理和方法的应用、力学性能和特性及相关机制,后者更侧重生物学方面。另外,医学科学部资助方向中也有与组织与器官系统力学(A020501)相关的研究方向,例如呼吸系统、循环系统和血液系统等,但

更侧重组织和系统疾病的病理和治疗等医学方面。

表1给出了2012~2016年度生物力学面上项目、青年科学基金和地区科学基金等各类基金项目的申请和资助情况。由于地区科学基金、重点项目等申请量和资助量较少,本文仅讨论面上项目和青年科学基金的相关情况。从近5年面上项目和青年科学基金申请和资助的总体情况来看,2012年申请166项,资助46项;2013年申请155项,有所下降,但资助量和资助金额均有所增加。2014~2016年受到2014年开始执行的“上两年连续申请面上项目未获得资助的申请人当年暂停面上项目申请1年”政策的影响,部分申请人暂停申请面上项目,导致申请量下降。2014年是政策执行的第1年,受该政策影响最大,其申请量和资助量为近5年最低。从2015年开始,申请量和资助量均有大幅回升,2016年资助量同2012年持平。2015年和2016年面上项目资助率同2012年相比,分别增加5.37%和3.40%。青年科学基金的申请量在2012~2015年期间有下降趋势,2016年申请量比2012年增长8.06%。根据新修订的《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》,基金项目的资金从2015年开始分为直接费用和间接费用两部分,表1中2015年和2016年资助经费均为直接费用(文中所有2015年和2016年的资助经费均为直接费用)。

表1 2012~2016年度生物力学面上项目、青年科学基金等各类基金项目各年度申请和资助情况

Tab. 1 Applications and grants of NSFC normal projects and youth science foundation projects on biomechanics from year 2012 to 2016

项目类型	2012年度			2013年度			2014年度			2015年度			2016年度		
	申请	资助	资助金额/万	申请	资助	资助金额/万	申请	资助	资助金额/万	申请	资助	资助金额/万	申请	资助	资助金额/万
面上项目	102	26	2 265	92	27	2 294	62	19	1 697	81	25	1 666	90	26	1 676
青年科学基金	62	19	507	55	18	463	60	19	520	59	19	428	67	20	446
地区科学基金	2	1	60	8	3	138	3	1	52	2	0	0	2	0	0
重点项目	4	2	630	7	1	390	8	2	828	11	2	630	8	1	320
国家杰出青年科学基金	1	0	0	2	0	0	3	0	0	2	0	0	5	1	400
优秀青年科学基金	6	1	100	7	1	100	5	1	100	9	1	130	4	1	130
海外及港澳学者合作研究基金	2	2	220	1	1	20	3	1	20	0	0	0	0	0	0
国际(地区)合作研究基金	2	2	4	4	3	14	0	0	0	1	0	0	1	1	250
创新研究群体	0	0	0	0	0	0	1	1	1 200	0	0	0	0	0	0
其他	1	1	50	4	4	61	1	1	20	3	3	32	0	0	0
合计	182	54	3 836	180	58	3 480	146	45	4 437	168	50	2 886	177	50	3 222

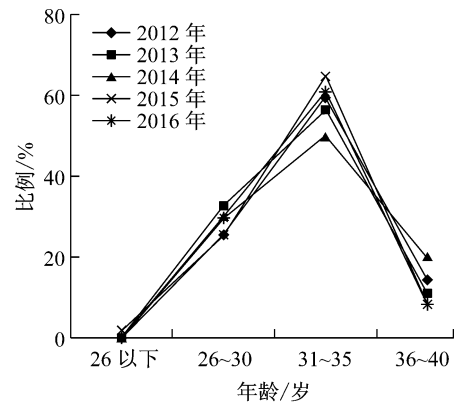
2012~2016年度生物力学面上项目和青年科学基金的申请单位共162个,承担项目的单位共70个。从申请项数来看,不少于10项的共有15个依托单位。表2列出了15个依托单位的申请和批准项数。这15个依托单位,申请项目共343项,占生物力学近5年面上项目和青年科学基金申请总项数的46.50%;承担项目共122项,占批准项目总量的55.96%;资助金额共7168万元,占总资助金额的59.92%。北京航空航天大学的应用量和批准项目数及资助金额均占绝对优势,四川大学、上海交通大学、重庆大学、太原理工大学都是国内较早的开展生物力学、学科力量较强的单位,分别排在第2~5位。其他的依托单位包括北京大学、西安交通大学、大连理工大学等10个单位,其生物力学学科有的存在优势方向,有的学科基础较好,大多都具有稳定的研究队伍。表2不仅大体上反映了生物力学研究单位的地域分布,还在一定程度上反映了生物力学研究的规模。

表2 2012~2016年度生物力学依托单位面上项目和青年科学基金申请与资助情况(申请项目数不少于10)

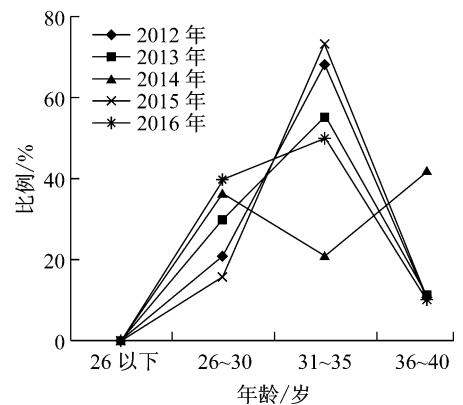
Tab. 2 Applications and grants of NSFC normal projects and youth science foundation projects on biomechanics from year 2012 to 2016 for supporting institutions (the number of applications is over 10)

依托单位	申请项数	批准项数	资助金额/万
北京航空航天大学	49	22	1 233
四川大学	36	13	914
上海交通大学	33	11	573
重庆大学	32	11	754
太原理工大学	31	10	447
天津理工大学	23	6	276
北京大学	22	10	792
西安交通大学	22	8	398
大连理工大学	18	6	351
清华大学	16	6	445
同济大学	16	4	131
中国科学技术大学	13	4	280
吉林大学	11	3	132
郑州大学	11	0	0
中国科学院力学研究所	10	8	442

图1所示为近5年青科学基金申请人和负责人按年龄分布的情况。除2014年外,申请人和负责人按年龄分布的主要趋势是相同的,比例也大致类似。31~35岁年龄段的申请人和负责人是青年科学基金涉及的科研活动的主要力量,占比为60%左右,甚至更高。26~30岁年龄段的申请人和负责人占比为20%~30%,26岁以下的申请人和负责人占比几乎为0。另外,26~30岁和31~35岁年龄段的申请人占比近5年都比较集中,每年的变化不大。但这两个年龄段的项目负责人占比随着年度变化有所不同。除个别年份外,26~30岁年龄段的负责人占比总体上呈上升趋势,而31~35岁年龄段的负责人占比呈下降趋势,说明具有竞争力的申请人呈年轻化趋势。从2011年开始,基金委从保护并充分发



(a) 申请人



(b) 负责人

图1 2012~2016年度生物力学青年科学基金申请人和负责人按年龄分布情况

Fig. 1 Age distributions of the applicants and principal investigators of NSFC youth science foundation projects

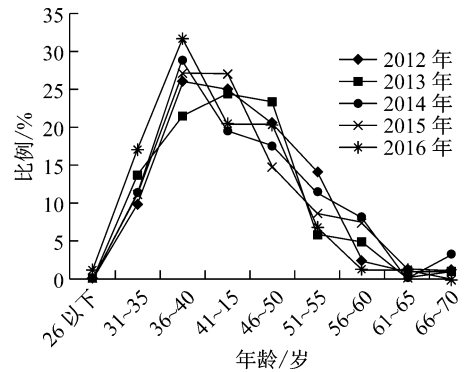
(a) Applicants, (b) Principal investigators

挥女性科研人员的作用出发,将女性申请人的年龄上限从35岁推迟至40周岁,因此,36~40岁年龄段的申请人和负责人均为女性,占比为10%~20%。图1反映的申请人和负责人年龄分布的总体趋势和比例同整个力学学科近5年的情况类似,体现了青年科研队伍的年龄特点。

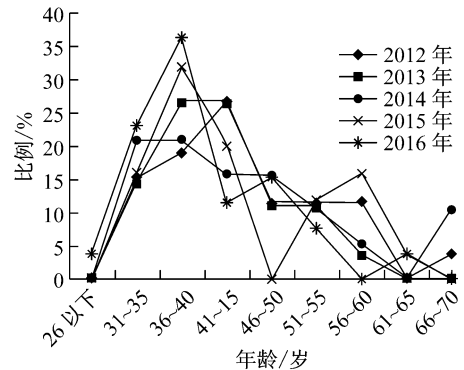
图2所示为近5年面上项目申请人和负责人按年龄分布的情况。从图2(a)的总体趋势来看,36~40、41~45、46~50岁这3个年龄段的 researcher 是申请人队伍中的主力军,其占比均为20%~30%。这是因为这3个年龄段的 researcher 正处于事业上升期或高峰期,年富力强,申请项目等科研活动更为活跃。从申请人占比随时间变化情况看,2012年这3个年龄段的申请人占比相差不大,其中36~40岁年龄段的申请人占比还要略低。2013年,36~40岁年龄段的申请人占比开始高于其他两个年龄段的申请人占比。从2014年开始,36~40和41~45岁年龄段的申请人占比开始明显高于46~50岁年龄段的申请人占比,呈现“平台高峰”的趋势。2014年和2016年甚至出现“单峰”趋势,即36~40岁年龄段的申请人占比明显高于其他年龄段的申请人占比,反映了科研活动的年轻化趋势。图2(b)反映的负责人年龄分布情况同申请人的年龄分布有所不同。同图2(a)中的曲线对比,31~35、36~40、41~50岁这3个年龄段的 researcher 成为负责人队伍的主力军,反映了有竞争力研究队伍的年轻化趋势。2012年,这3个“高峰”年龄段中,36~40岁年龄段的负责人占比最高,其他两个年龄段基本相同。2013年和2014年,“高峰”年龄段变为36~40、41~45岁这两个年龄段,并且呈“平台高峰”形状分布。2015年和2016年,36~40岁年龄段的负责人占比开始远远高于其他年龄段,“平台高峰”演变为“单峰”,并且31~35岁年龄段从2016年开始成为第2个高占比年龄段。这不仅说明了研究队伍的年轻化趋势,还说明了研究队伍中活跃人群的年轻化趋势。

表3给出了2012~2016年度生物力学面上项目、青年科学基金女性申请人、负责人按年龄分布的总体情况。青年科学基金女性申请人和负责人占比分别为41.91%、40.00%,面上项目女性申请人和负责人占比都下降很大,分别为24.59%和21.95%。并且,青年科学基金女性科研人员的资助

率也高出面上项目4.21%。从各年龄段的分布来看,青年科学基金女性负责人占比在26~30和31~35岁两个年龄段基本都是33%,26~30岁年龄段的女性申请中资助率为39.29%,明显高于31~35岁年龄段。面上项目女性负责人占比在36~40岁年龄段最高,为33.33%,其次是31~35岁年龄段。



(a) 申请人



(b) 负责人

图2 2012~2016年度生物力学面上项目申请人和负责人按年龄分布情况

Fig. 2 Age distributions of the applicants and principal investigators of NSFC normal projects

(a) Applicants, (b) Principal investigators

2 2012~2016年度生物力学各分支方向申请和资助情况及发展趋势

表4~6分别给出了组织与器官系统力学(A020501),细胞、亚细胞、生物大分子力学(A020502)及仿生、生物材料与运动生物力学(A020503)3个申请代码面上项目和青年科学基金近5年的申请和资助情况。从申请总量看,组织与器官系统力学方向申请量最大,共266项,占比为

表3 2012~2016年度生物力学面上、青年科学基金项目女性申请人、负责人按年龄分布情况

Tab.3 Age distributions of the female applicants and principal investigators of NSFC normal projects and youth science foundation projects

项目类型	年龄段/岁												
	合计	26以下	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66~70	70以上	
面上项目	申请	427	0	2	54	114	105	85	41	19	2	5	0
	女性申请	105	0	0	13	26	35	20	7	4	0	0	0
	女性申请人占比/%	24.59			24.07	22.81	33.33	23.53	17.07	21.05			
	女性资助	27	0	0	7	5	4	4	3	4			
	女性负责人占比/%	21.95			31.82	14.71	15.38	30.77	23.08	44.44			
	资助率/%	25.71			53.85	19.23	11.43	20.00	42.86	100.00			
青年科学基金	申请	303	1	87	177	38	0	0	0	0	0	0	0
	女性申请	127	0	29	60	38	0	0	0	0	0	0	0
	女性申请人占比/%	41.91		33.33	33.90	100.00							
	女性资助	38	0	11	11	16	0	0	0	0	0	0	0
	女性负责人占比/%	40.00		39.29	21.57	100.00							
	资助率/%	29.92		37.93	18.33	42.10							

36.44% ;仿生、生物材料与运动生物力学申请量次之,共237项,占比为32.46% ;细胞、亚细胞、生物大分子力学申请量为227项,占比为31.11%。其中,组织与器官系统力学方向面上项目申请量最大,为163项。而仿生、生物材料与运动生物力学方向青年科学基金申请量最大,为108项。资助率方面,3个研究方向有较大差异。细胞、亚细胞、生物大分子力学主要研究生物体的力学信号感受机制和力学刺激下细胞和分子的响应,阐明机体的力学过程与生物学过程,进而研究力学环境对生物体健康、疾病和损失的影响,从而发展有疗效或有诊断意义的新技术^[2]。该方向的研究注重基础和前沿,并与许多重要的临床现象和应用的机制直接相关,是当前生物力学研究的热点,也是我国生物力学的相对优势领域,因而资助率最高,其面上项目和青年科学基金资助率分别为36.30%和43.48%。仿生、生物材料与运动生物力学是从宏、细、微观多个尺度上研究生物材料的组分-结构-性能和功能关系,揭示各类生物材料、组织和器官的力学行为和生物功能的基本规律和内在机理,并用于仿生材料和器件的设计和研制。该方向涉及力学与生物、物理、化学和材料等多个学科,具有较明显的交叉性和前沿特征,其面上项目和青年科学基金资助率分别为27.13%和28.70%。组织与器官系统力学是研究组织和系统的

生物力学特征和规律,考察生物力学因素对其生物学过程的影响,多以宏观层次的研究为主,与临床医学结合较为紧密。其面上项目和青年科学基金资助率分别为23.92%和23.30%。从随时间的变化来看,组织与器官系统力学方向近5年内面上项目申请量有明显的下降趋势,但其资助率总体上呈较明显的上升趋势,保障了该方向的均衡发展。其青年科学基金申请量近年来呈上升趋势。而其他两个代码方向的青年科学基金申请量未见明显增加,甚至有下降趋势。

表4 组织与器官系统力学(A020501)面上和青年科学基金2012~2016年度申请和资助情况

Tab.4 Applications and grants of NSFC normal projects and youth science foundation projects on mechanics of tissue and organ system (A020501) from year 2012 to 2016

年份	面上项目				青年科学基金			
	申请	资助	资助率/%	资助金额/万	申请	资助	资助率/%	资助金额/万
2012	43	6	13.95	502	20	3	15.00	84
2013	35	10	28.57	830	14	5	35.71	131
2014	34	7	20.59	603	19	6	31.58	155
2015	31	9	29.03	580	21	3	14.29	75
2016	20	7	35.00	448	29	7	24.14	162
合计	163	39	23.92	2963	103	24	23.30	607

表5 细胞、亚细胞、生物大分子力学(A020502)面上和青年科学基金2012~2016年度申请和资助情况

Tab. 5 Applications and grants of NSFC normal projects and youth science foundation projects on mechanics of cell, sub-cell and bio-macromolecule (A020502) from year 2012 to 2016

年份	面上项目				青年科学基金			
	申请	资助	资助率/%	资助金额/万	申请	资助	资助率/%	资助金额/万
2012	28	11	39.29	1 009	19	10	52.63	266
2013	34	12	35.29	1 070	17	6	35.29	161
2014	15	7	46.67	626	21	8	38.10	225
2015	28	10	35.71	736	19	8	42.11	178
2016	30	9	30.00	630	16	8	50.00	172
合计	135	49	36.30	4 071	92	40	43.48	1 002

表6 仿生、生物材料与运动生物力学(A020503)面上和青年科学基金2012~2016年度申请和资助情况

Tab. 6 Applications and grants of NSFC normal projects and youth science foundation projects on mechanics of bionics, biological materials and sport biomechanics (A020503) from year 2012 to 2016

年份	面上项目				青年科学基金			
	申请	资助	资助率/%	资助金额/万	申请	资助	资助率/%	资助金额/万
2012	31	9	29.03	754	23	6	26.09	157
2013	23	5	21.74	394	24	7	29.17	171
2014	27	5	18.52	468	20	5	25.00	140
2015	22	6	27.27	350	19	8	42.11	175
2016	26	10	38.46	598	22	5	22.73	112
合计	129	35	27.13	2 564	108	31	28.70	755

基金委数理科学部力学处2015年建立了力学学科专家评议辅助系统,三级代码A020501、A020502、A020503所对应的申请方向分为系列的研究方向。其中,组织与器官系统力学分为:①血流动力学;②心血管力学;③骨关节力学;④口腔、眼、耳鼻咽喉力学;⑤生物软组织力学;⑥植物力学。细胞、亚细胞、生物大分子力学分为:①细胞力学;②亚细胞力学;③分子生物力学;④力学生物学。仿生、生物材料与运动生物力学分为:①仿生力学;②生物材料力学;③生物表面与界面;④运

动生物力学。表7~9分别列出了三级申请代码下每个研究方向在近5年内的资助项数,结合资助项目的研究内容可从一定程度上反映了生物力学各方向的研究规模和发展趋势。

由表7可知,组织与器官系统力学的6个研究方向,骨关节力学和心血管力学的资助项数最多,分别为22和14项。血流动力学主要研究血液和血管的力学特性和血液的流动规律,资助项目的研究内容主要是与脑动脉狭窄、颈动脉狭窄、主动脉瓣二瓣畸形、动脉粥样硬化等疾病和心室辅助、血泵辅助等功能恢复及辅助措施相关的血流动力学机制和流场特性研究。心血管力学方向的资助项目主要分两类,一大类研究冠心病、动脉硬化、高血压等心血管疾病的生物力学机制及其风险性量化评估,例如动脉粥样硬化斑块的生长机制、高风险斑块的定量化评估和预测、疾病引起的心血管结构和功能的改变等;另一大类研究心血管个体化手术规划设计及其生物力学机制。骨关节力学方向的资助项目,一类是关于骨和关节的基础研究,包括骨的微结构和力学性能、成骨分化、骨形成、骨重建、骨和关节的损伤和修复机制等;另一类主要是研究脊柱融合术、脊柱矫形术、人工髓核置换、颈椎间盘置换术等骨科手术的方案规划及其生物力学机制。口腔、眼、耳鼻咽喉力学的资助项目中,口腔生物力学方向的项目数占了一半以上。该方向的项目主要是研究口腔正畸牙齿移动的生物力学机制和防龋机制等;眼生物力学方向,主要是研究角膜的力学行为、生物力学特性,基于生物力学建模,探讨其与角膜疾病的关联;耳鼻咽喉生物力学方向,主要是研究位置性眩晕、梅尼埃病、大前庭导水管综合征等疾病的发病机制和相关的临床应用。生物软组织力学的资助项目,主要是研究皮肤创伤治疗机制、气道的力学行为和气道肉芽组织增生和局部力学因素的相关性、基于足底软组织生物力学响应的糖尿病足溃机制等。植物力学的资助项目仅有1项,主要是研究植物根系生长发育的规律。总的来说,组织与器官系统力学的资助项目,研究内容涵盖了基础层面和应用层面,相当一部分是从细胞层次研究各生物组织与器官系统的生物力学特性、发病机制和相关的临床手术设计等,微观层次的研究逐渐增多,呈现出宏微观结合的趋势,与医学临床的结合也日趋紧密。

表7 2012~2016年度组织与器官系统力学(A020501)各研究方向资助项数情况

Tab. 7 Numbers of projects on the research directions of mechanics of tissue and organ system (A020501) from year 2012 to 2016

研究方向	2012	2013	2014	2015	2016	合计
血流动力学	2	2	1	0	4	9
心血管力学	3	4	2	3	2	14
骨关节力学	3	5	4	6	4	22
口腔、眼、耳鼻喉咽喉力学	1	3	3	2	2	11
生物软组织力学	0	1	3	0	2	6
植物力学	0	0	0	1	0	1

由表8可知,细胞、亚细胞、生物大分子力学的4个研究方向中,以细胞力学和力学生物学方向的资助项数最多,并且近5年一直保持着较大的占比,亚细胞力学和分子生物力学方向的资助项数较少。细胞力学方向的资助项目,其研究内容主要包括细胞的弹性和黏弹性等力学性能、细胞变形和流动及微调控机制、细胞的黏附、迁移、分化和凋亡行为、细胞与药物颗粒、细胞-基质和细胞与细胞之间的相互作用机制等。研究对象有肿瘤细胞、骨细胞、心肌和牙周膜细胞等,很多项目的研究内容与白血病、正畸牙移动、心脏病、癌等的临床现象和机制直接相关。亚细胞力学主要是研究细胞骨架和细胞器等亚细胞层次的结构和力学行为,该方向资助项目的研究内容主要有细胞骨架的动态分布特征和力学行为、膜骨架对骨细胞力敏感性改变的影响、心肌线粒体ATP合成酶的结构和生物力学特性、亚细胞水平钙火花终结的动力学机制、生物膜的形成和膜泡的融合及电穿孔等。分子生物力学的部分资助项目,主要研究生物大分子的结构、功能、力学行为及其力学-化学过程的耦合,例如DNA的柔化行为、整合素的结构和功能、微丝骨架蛋白机械感应特性、细胞迁移的力学-化学耦合机制等;另一部分项目研究受体-配体的结合、分子与配体的相互作用等,例如细胞膜锚定的受体-配体结合动力学关系、血友病因子的单受体-配体、共信号分子与配体的相互作用调控等。力学生物学方向的资助项目,按研究内容可分为三大类。一类项目与心血管力学生物学相关,主要研究RNA和转录网络影响高血压血管重建的力学生物学机制、流体剪切力诱导血管内皮糖萼重构

的力学生物学机制等;另一类项目与骨和牙的力学生物学相关,主要研究力学刺激对骨细胞自噬反应、F-spondin成牙骨质作用的影响和机制等;还有一类项目与肝及其肿瘤力学生物学相关,主要研究microRNAs在肝星状细胞生物力学响应中的作用机制、流体剪切力调控肝癌细胞上皮-间质转化和转移的力学生物学机制、力学应答microRNAs在肝癌分行与侵袭中的作用及机制等。随着细胞分子生物技术、临床影像技术和基因组等生物医学技术的发展,细胞、亚细胞、生物大分子力学的研究不断深入,揭示机体的力学过程、生物学过程的基本规律和重大疾病的发病机制,已成为该领域发展的重要前沿。

表8 2012~2016年度细胞、亚细胞和生物大分子力学(A020502)各研究方向资助项数情况

Tab. 8 Numbers of projects on the research directions of mechanics of cell, sub-cell and bio-macromolecule (A020502) from year 2012 to 2016

研究方向	2012	2013	2014	2015	2016	合计
细胞力学	8	9	8	8	6	39
亚细胞力学	3	1	2	2	0	8
分子生物力学	3	4	1	2	3	13
力学生物学	7	4	4	6	8	29

由表9可知,仿生、生物材料与运动生物力学的资助项目中,生物材料力学方向的体量最大,为29项,运动生物力学和仿生力学次之,生物表面与界面方向项数较少。仿生力学方向的资助项目主要是在实验观察和测量的基础上,结合柔性翼等生物材料的性能和变形,研究瓢虫、食蚜蝇等昆虫和蝙蝠的机动飞行及控制机制、鱼类等柔性体的推进机制等;还有一部分项目是关于仿生材料和器件的研究,例如仿蝇类扑翼微飞行器、柔性微纳仿生结构和牙科材料的仿生机制和设计等。生物材料力学主要是通过多尺度或跨尺度的理论分析、计算模拟和微结构实验表征,揭示各类生物材料的力学行为和生物功能的基本规律和内在机制,为先进材料、器件和系统的功能化和智能化设计提供灵感。其资助项目按研究对象大致可分为3类。一类研究以海胆脊骨和密质骨等骨材料、牙釉质和牙根等牙科材料、珍珠母等贝壳材料为主的“硬”生物材料的多级结构和强韧化机制;另一类是研究“软”生物材料的变形和力学性能,例如生物膜的熵力、脑组织的黏弹性和损伤、肿

瘤等生物软组织的生长和失稳、聚合物交联网络等生物纤维网络的变形和力学性能、粘蛋白网络中纳米颗粒的扩散机制等;还有一类是研究其他生物材料的力学行为,包括蚊子腿的起降行为、天然生物纤维材料的动态力学性能和鳞翅目昆虫翅膀的声学响应等。生物表面和界面方向的资助项目主要研究生物表面和界面的黏附、浸润和吸附行为等,例如蛋白质在生物材料表面的吸附行为、海洋生物的黏附等。运动生物力学方向的资助项目,一部分研究运动和训练过程中,人体或其他生物体的神经系统控制和反馈、肌肉和肢体的运动规律,包括振动波对肌肉作用效果的生物力学机制、人体头颈部有限元模型中肌肉主动控制的理论、短跑时的肢体动力学与神经系统控制、跑步不同落地模式人群的下肢神经肌肉控制等;另一部分基于人体运动特点,研究假肢、座椅等康复医疗器械和冲锋裤、鞋等运动用品的设计,例如膝关节在下肢外骨骼不同驱动形式下的生物力学响应、复杂路面条件下膝上假肢系统的动力学建模、皮肤变形机制和冲锋裤的功能设计等;还有一部分是研究人体运动损伤和康复的生物力学机制,例如踝关节的冲击损伤、其外侧韧带和软骨的损伤机制、中枢神经调控人体平衡的机制、太极拳对老年人踝关节炎的生物力学影响等。仿生、生物材料与运动生物力学的4个研究方向,均具有很强的学科交叉性特点。随着各种高分辨率的微纳显微观测技术、高速摄像技术、大规模计算能力等的迅速发展,研究各种昆虫、鸟类的飞行和鱼类游动、生物材料微结构和性能、人体运动规律,并在此基础上,引入其他领域的新概念、新方法和新技术,开展基于生物启发的先进材料、各类功能化器件和康复医疗器械的设计和研制,成为该领域发展的一个重要趋势。

表9 2012~2016年度仿生、生物材料与运动生物力学(A020503)各研究方向资助项数情况

Tab. 9 Numbers of projects on the research directions of mechanics of bionics, biological materials and sport biomechanics (A020503) from year 2012 to 2016

研究方向	2012	2013	2014	2015	2016	合计
仿生力学	4	3	0	3	5	15
生物材料力学	6	4	8	6	5	29
生物表面与界面	2	0	0	1	1	4
运动生物力学	3	5	2	4	4	18

3 对生物力学发展的建议和措施

本文介绍了生物力学学科2012~2016年度面上项目和青年科学基金的申请和资助情况,简单总结了近5年资助项目的研究内容,并分析了各研究方向的发展趋势。总体上看,生物力学的研究队伍和其中的活跃人群都比较稳定,且呈明显的年轻化趋势。各分支领域发展迅速,一方面血流动力学、心血管力学、骨关节力学、口腔力学、运动生物力学等方向和临床医学结合的更加紧密、更趋向微观层次的研究;另一方面细胞力学、力学生物学、生物材料力学、仿生力学等领域的研究更加基础、前沿和交叉。基于上述分析,本文给出了对生物力学以后发展的如下建议和措施:

(1) 生物力学是由力学同生物学、医学等交叉形成的,其学科交叉特征明显。仿生、生物材料与运动生物力学的发展需要加强同生物、材料和工程学等学科的交叉,而组织与器官系统力学和细胞、亚细胞和生物大分子力学的发展,须进一步加强同生命科学、临床医学、生物医学工程等其他学科的交叉和融合,并面向学科前沿和生命健康、航空航天极端条件和老龄化等国家和社会重大需求。在自然科学基金委员会统一部署下,力学学科将组织多学科交流研讨会、学科交叉的项目群(比如面上、重点项目群等),并调研和考虑有利于学科交叉的项目评审和资助机制,促进学科间的深度交叉融合,形成新的生物力学学科生长点。

(2) 生物力学的发展日渐趋于细胞和分子层次,须注重新的实验方法和技术、鼓励和支持实验仪器的研制来揭示生物力学的新问题、新现象和新机理。同力学学科其他二级学科相比,生物力学在实验技术和仪器方面需要加强。力学学科将继续在面上项目中对“实验技术和仪器”类项目予以倾斜资助。

(3) 仿生、生物材料与运动生物力学中仿生和生物材料方向与生物力学其他三级代码研究方向在研究的出发点、目的和方法等方面差异较大,与生命健康和临床医学的联系较少,而与材料、物理和工程学等学科联系紧密。为了生物力学各分支方向的均衡发展,建议进行学科代码的调整,在力学学科代码中增加“仿生与生物材料力学”。

(4) 生物力学研究队伍呈现年轻化趋势,但是青年科学基金的申请数量近5年并未有明显增长的趋势,落后于力学其他二级学科。因此,需要特别注重生物力学青年人才的培养,采取多种举措加大对青年学者的支持力度,如举办针对青年教师或博士后的学术沙龙、学术研讨会和青年科学基金交流会等,为青年教师、博士后及研究生提供良好的学术交流平台。

致谢:本文部分内容参考了国家自然科学基金

“十三五”规划力学学科战略研究报告,在此对力学“十三五”规划战略研究专家组表示感谢!

参考文献:

- [1] 姜宗来,樊瑜波. 生物力学—从基础到前沿[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 国家自然科学基金委员会,中国科学院. 未来10年中国学科发展战略·力学[M]. 北京:科学出版社,2012.

《医用生物力学》杂志征稿、征订启事

《医用生物力学》杂志由中华人民共和国教育部主管、上海交通大学主办,是国内唯一一本公开发行,以积极反映生物力学基础研究与应用研究成果,推动国内外学术交流,促进医、生、理、工各学科相互了解和合作为目的的学术性刊物。报道内容主要包括生物力学领域中有关力学生物学、器官-组织生物力学、细胞-亚细胞-分子生物力学、感觉系统生物力学、骨骼肌肉系统生物力学、航空航天生物力学、颌面口腔生物力学、呼吸系统生物力学、康复工程生物力学、心血管系统生物力学、血液流变学、医用材料生物力学、运动医学生物力学等的研究论文。本刊为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊);美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、荷兰《文摘与引文数据库》来源期刊;2015年入选北京大学图书馆《中文核心期刊要目总览》(2014年版)。

本刊为双月刊,每双月25日出版,16开本,96页,国内统一连续出版物号CN 31-1624/R,国际标准连续出版物号ISSN 1004-7220;定价每期15.00元,全年90.00元,由邮局向全国征订发行,邮发代号4-633。读者可在附近邮局订阅或通过邮政“11185”客户服务中心电话订阅。欢迎广大读者、作者订阅本刊,踊跃来稿。

地址:上海市制造局路639号200011

电话:(021)53315397;传真:(021)63137020;电子信箱:shengwulixue@163.com

网址:www.medbiomechanics.com, www.mechanobiology.cn