

第一届全国生物力学青年学者学术研讨会报告综述¹⁾

章燕^{*,2)} 娄继忠[†] 许向红^{**} 詹世革^{**}

^{*}(中国科学院力学研究所, 北京 100190)

[†](中国科学院生物物理研究所, 北京 100101)

^{**}(国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100085)

摘要 简要介绍了第一届全国生物力学青年学者学术研讨会的会议情况, 对学者所做的报告内容进行了总结。

关键词 生物力学, 青年学者, 学术研讨会

由国家自然科学基金委员会数理科学部和中国力学学会/中国生物医学工程学会生物力学专业委员会暨中国生物物理学会生物力学与生物流变学专业委员会主办, 中国科学院力学研究所承办的“第一届全国生物力学青年学者学术研讨会”于 2014 年 10 月 16~19 日在北京会议中心召开. 本届会议由中国科学院力学研究所章燕博士和中国科学院生物物理研究所娄继忠研究员担任会议共同主席. 本次会议邀请了 35 位 40 岁(含)以下获得过自然科学基金资助的、在生物力学领域具有良好发展潜力的青年学者与会(其中包括 5 位“优秀青年基金”获得者和 6 位“青年千人”), 分别来自 23 个高校或科研院所; 同时也邀请了 5 位 40~45 岁已经在生物力学领域取得优异成绩的中青年科学家列席.

国家自然科学基金委员会数理科学部力学科学处詹世革处长、生物力学学科流动项目主任许向红、中国力学学会/中国生物医学工程学会生物力学专业委员会近三届主任龙勉研究员、樊瑜波教授、姜宗来教授等特邀嘉宾莅临会议致辞. 詹世革处长介绍了本次会议的来源和宗旨, 希望会议能展示我国青年学者在生物力学领域的学术成就, 促进国内生物力学青年学者的快速成长、推动青年学者在学术交流和人才培养等方面的实质性合作. 前后三届生物力学专委会主任代表生物力学专委会感谢了基金委对会议和生物力学学科发展的支持, 并对青年学者的未来发展提出了希望和寄语.

本次大会共安排了 3 个大会邀请报告. 龙勉研究

员做了“From Biomechanics to Mechano-X——兼谈力学与生物交叉训练”的报告, 介绍了他对生物力学未来学科发展的看法和他的科研历程及体会, 为解决青年学者在科研起步阶段所面临的困惑、选定正确的研究方向提供了很好的指引和启迪. 樊瑜波教授做了“植介入体的生物力学”的报告, 介绍了他们在可降解植/介入体或可降解修复材料与组织细胞相互作用的生物力学建模仿真和实验研究方面的进展, 并对探索医用植介入体的构型优化设计和发展前途进行了展望; 姜宗来教授做了“从生物力学到力学生物学的思考”的报告, 指出力学生物学是研究力学环境对生物体健康、疾病或损伤的影响、生物体的力学信号感受和响应机制的学科, 强调了力学生物学研究在探讨心血管发病机制中的重要性.

本次研讨会上, 35 位生物力学学科的优秀青年代表做了专题报告, 介绍了近年来在各自研究领域中取得的进展和成果; 研究方向包括分子-细胞生物力学、力学生物学、骨骼-肌肉生物力学、心(脑)血管血流动力学和生物流变学、临床医学与康复工程中的生物力学、生物材料力学与仿生力学等, 主要报告内容如下.

1 细胞分子生物力学

姜洪源在报告“细胞力学中的若干问题”中, 介绍了以基本科学问题和工程应用为出发点, 通过理论分析、数值模拟和实验验证 3 种手段的有机结合, 建立动物细胞体积和压力动态调控机制的基本力生

2014-10-31 收到第 1 稿, 2014-11-11 收到修改稿.

1) 国家自然科学基金资助项目 (11342017).

2) E-mail: zhangyan@imech.ac.cn

物模型、细胞膜的各种内自由度对细胞膜形貌的影响及关于细菌生长、力学和形貌演化模型的探索性工作。

李趣欢的报告“炎症反应和肿瘤转移过程相关黏附分子相互作用的关键力学问题研究”介绍了炎症反应过程中选择素/整合素与其配体相互作用介导白细胞黏附和滚动的分子动力学机理,并探讨了肿瘤转移过程中黏附分子相互作用的动力学机制。

李德昌在报告“单分子键在超低加载速率下的断裂行为的理论研究”中,通过引入解离-再结合机理建立的理论模型解释了单分子键的断裂强度在超低加载速率下呈现饱和状态的物理机理,引发了大家对单分子键在超低加载速率下的断裂行为的探讨。

陈伟的报告“Mechanical Regulations of Immunoreceptor Conformations and Functions”介绍了力学因素调控免疫细胞黏附受体整合素构像改变以及外力导致 TCR 信号转导方面的研究,并介绍了相关分子的动态检测技术。

钱劲在报告“力学因素调控的几种细胞行为”中,从力学激励下的细胞动力学响应、胞外基质介导的细胞黏附、力敏性的单分子黏附反应等几个方面探讨了力学与生命科学交叉的机理性、量化研究,认为其关键问题包括变形场与随机过程耦合、团簇反应的尺寸效应、分子黏附动力学、分子反应-输运过程等。

徐光魁的报告“受体-配体结合动力学研究”针对细胞黏附这个特定的生物学行为,介绍了其在二维和三维下分子结合动力学之间的关系以及外力对分子结合动力学的影响方面的研究,有助于理解受体和配体在不同维度、不同尺度下的结合动力学关系。

娄继忠在报告“机械力的跨膜传导与调控”中,介绍了采用单分子力谱学和分子动力学模拟的方法,研究力学信号感应和传导过程中相关生物大分子的结构功能关系以及外力的调控作用,探讨了机械力跨膜传导的分子机制。

陈彬的报告“细胞力学”介绍了其在细胞旋转和干细胞分化机理方面的模型化研究,对在多个时间尺度和空间尺度上揭示单个细胞是怎样通过感知机械信号来调节其形态、结构、及功能等进行了探讨。

章燕在报告“免疫应答中受体-配体的力学-化学-生物学耦合”中,针对炎症反应、肿瘤转移中的白细胞、肿瘤细胞与血管内皮细胞的聚集、黏附与跨

膜迁移过程,介绍了外界物理因素对选择素-配体键解离和结合的影响,并对白细胞跨膜迁移中选择素-配体、整合素-配体等协同作用的力学-生物学耦合规律进行了探讨。

2 力学生物学

齐颖新的报告“基于蛋白质组学技术的应力细胞内信号转导机制研究”中,从力学生物学视角寻找血管重建药物治疗靶向,将蛋白质组学、磷酸化蛋白质组学、生物信息学与分子生物学相关研究理念和研究技术相结合,在活体、培养组织和体外细胞实验多层次上进行了应力调控血管功能和诱导血管重建的相关力学生物学分子机制的研究。

吕东媛的报告“基底力学微环境对干细胞生物学行为的影响”介绍了机械应力、基质硬度和基底拓扑结构对干细胞生物学行为的影响,为今后基底微环境力学调控干细胞的干性和分化等生物学特性奠定基础;报告还探讨了力学刺激促进创面愈合的细胞/分子调控机制,对临床上力促创面愈合的方法建立及愈合机理研究有借鉴作用。

吴江在报告“肿瘤干细胞上皮-间质相互转化的力学调控机制”中,探讨了剪应力诱导肿瘤干细胞实现 MET/EMT 相互转化的分子机制,并对力学微环境对干细胞定向分化及抗肿瘤机制研究进行了展望,认为 MET/EMT 相互转化可以作为肿瘤干细胞靶向治疗的新模式。

刘贻尧在报告“肿瘤细胞黏附与转移中的生物力学问题研究”中,介绍了肿瘤细胞血源性转移过程中的力学生物学问题及其信号转导途径,并对肿瘤转移过程的关键问题提出了自己的看法,认为肿瘤细胞与其他相关细胞间的黏附特性分子调控规律及其力学信号转导的研究,将成为未来清晰描述肿瘤转移机制的基础。

杜婧的报告“干细胞分化及胚胎发育中的生物力学问题”讨论了力学因素如何调控干细胞分化以及胚胎发育中组织形态的发生及其分子机制,并指出未来将继续通过体外细胞模型和模式动物胚胎发育两个层面相结合来研究干细胞分化及干性维持和胚胎发育中的力学-生物学耦合机制问题。

3 骨骼-肌肉生物力学

宫赫在报告“骨生物力学”中,将宏观层次骨力学性能测试、细观层次基于 Micro-CT 影像的骨细观

结构与力学性能研究、微纳观层次纳米压痕力学测试和原子力显微镜观测骨材料表面形貌有机结合在一起,研究了不同部位骨多层次形态与力学性能的差异、更全面地认识了老龄化对于骨的影响、以及不同方案的振动刺激对于改善骨质疏松的作用。

李瑞欣的报告“力学作用对支架材料内应变及成骨效应的影响”针对力学刺激对骨生长、重建的重要调控作用,研究了力学刺激对支架材料结构、应变的影响及支架内部细胞的影响;并介绍了将有机、无机材料共混后进行三维打印(低温快速成型)获得具有良好连通性的骨支架材料的方法。

于志锋在报告“骨重建变化对骨显微损伤修复和生物力学性能的影响”中,针对内植物手术后对周围骨显微损伤和及其对骨生物力学影响进行研究,发现卵巢切除后不仅对弥散性显微损伤产生具有明显的影响,而且对于对线性裂纹的形成也有明显的影响,并且线性裂纹较弥散性损伤更难修复。

郭媛的报告“骨骼-关节-肌肉系统生物力学”介绍了通过实验与模拟仿真相结合的方式研究人体运动时骨骼-关节-肌肉系统的运动机理,分析了在不同运动情况下相关组织的应力分布情况,有助于相关医疗器械的设计和改良以及相关临床治疗、康复的应用。

4 心(脑)血管血流动力学和生物流变学

李志勇的报告“心血管系统动脉粥样硬化斑块的生物力学研究”针对“斑块生长-应力的关联规律”这一核心科学问题,介绍了其采用医学成像、数值模拟、力学实验和生物实验相结合的技术路线,在探索动脉粥样硬化斑块生长过程中斑块的形态结构、炎症情况、材料性能和应力环境的变化规律方面的进展。

王盛章的报告“出血性脑血管疾病的血液动力学研究”概括了国际上的出血性脑血管疾病的血液动力学研究,认为出血性脑血管病的发生、发展、转归与血液动力学因素如压力、血流流场、壁面切应力、能量损耗等密切相关,因此利用病人的医学影像数据和测量的压力和流速等参数,通过建立具有病人特异性的血液动力学模型来研究出血性脑血管疾病已经成为出血性脑血管疾病研究的最主要方式之一。

霍云龙在报告“心血管生物力学与介入心脏病”中,介绍了其在血液动力学、血管壁软组织力学、三维冠状血管网络、高血压和心室肥大、冠状动脉狭

窄、无创诊断冠脉血流储备分数、弥漫性冠状动脉疾病等方面取得的研究成果,以及在心血管生物力学-冠脉循环和血管壁软组织力学以及无创诊断方法和介入医疗器械方面的研发工作。

刘肖的报告“动脉系统中的物质传输与动脉粥样硬化”探讨了血液动力学相关的物质传输在动脉粥样硬化的发生和发展过程中的作用,提出通过控制物质传输抑制动脉粥样硬化发生的临床指导思想:旋流原理可以用于心血管介入治疗/器械的设计,并且糖萼可以作为早期诊断和治疗动脉粥样硬化的靶点。

5 临床医学与康复工程中的生物力学

于申的报告“耳鼻咽喉生物力学模型研究及其临床应用”介绍了将三维图像重构理论、计算生物力学与现代鼻科基础理论和临床先进医疗检测技术相融合,通过建立生物力学模型的方法来研究耳鼻咽喉器官功能、结构和外界环境之间的交互关系,为现代医学理论基础研究逐步精细化、量化、大量临床数据积累的模型化及数学化探索了一条可行的途径。

尹俊的报告“新型神经导管的开发与应用”介绍了利用基于增材制造技术的先进加工工艺、通过基于相变原理的纺丝方法制备内壁具有沟槽结构的新型聚合物神经导管并将其应用到神经细胞的体外生长的实验中的研究,是新型神经导管的设计、制备和应用方面有益的尝试。

张海霞在报告“角膜生物力学特性研究”中,介绍了在优化角膜整体膨胀实验装置、单轴拉伸和整体膨胀实验方法研究基础上,获得利用多方向角膜条的单轴拉伸测试数据确定角膜应变能函数模型的方法和描述角膜迟滞特性的本构关系模型的方法;并介绍了利用在体 ORA 测试获得的角膜临床生物力学参数以及眼内压与角膜生物力学特性的研究。

李晓娜的报告“圆锥角膜发病及治疗机理的力学生物学研究”针对治疗近视的角膜屈光纠正手术产生的并发症,研究了角膜张应力变化对术后角膜的损伤修复及继发性圆锥角膜产生的机理,阐明了 CXL 术后圆锥角膜损伤修复机理,提示力学刺激可能参与了圆锥角膜的发生和发展过程。

6 生物材料力学与仿生力学

施兴华在报告“纳米颗粒与细胞交互作用中的

力学问题”中，介绍了纳米结构材料在细胞内药物运输、靶向治疗、人造生物器官等方面的广泛应用和其在纳米颗粒与细胞交互作用方面的研究进展，具体包括：颗粒尺寸效应、颗粒弹性效应以及颗粒形状效应对其进入细胞的影响。

徐峰的报告“基于力学原理的微纳技术在生物医学中的应用”汇报了将固体力学和流体力学与工程学、生物医学等领域进行交叉融合，开展的生物组织热-力-电耦合学、基于力学的先进生物制造、基于生物微流体力学的即时诊断技术的研究，提出的“力学基础理论-生物技术研发-应用推广”的学术思路得到参会代表的共鸣。

吕永钢的报告“基于力学修饰的无细胞骨组织工程构建及应用”针对于生长因子在骨缺损部位的突释、种子细胞免疫排斥以及来源受限等临床骨修复中的不足，介绍了其在构建三维微结构一致而具有不同基质的骨组织工程支架方面的工作，为探寻适宜的无细胞骨组织工程支架提供了新思路。

陈端端的报告“轴丝动力蛋白激活方式的生物力学模拟”介绍了借助有限元算法，将被激活的动力蛋白所产生的微管间的错动作用转化为在指定位置、指定时间作用的点力，将生物学问题转化为力学问题进行的研究，不仅为后续验证性实验提供指导，而且为针对轴丝动力蛋白活性的药物开发提供基础。

王建山的报告“生物材料的手性效应”从力学角度理解生物材料的手性效应，介绍了片晶生长、丝瓜的攀附卷须、纸条扭转带等典型多级手性材料生长和组装过程中从分子到宏观形貌的手性传递的物理机制、尺寸效应及其力学原理；以及 DNA 分子的螺旋手性及其反常旋转，希望通过手性变化、微尺度手性和宏观手性的相互作用来调控材料性能。

张凯在报告“天然蜜蜂蜂窝的仿生研究”中，介绍了天然蜂窝的复合层合板结构、蜂蜡、蜜蜂丝、蜂窝孔壁、蜂窝整体在不同尺度的力学特性，提出了仿造天然蜂窝微观结构的新型多孔材料的概念；并指出天然蜂窝六边形结构的形成机制与液桥导致的蜂窝孔最小表面能有关，充分考虑了物理本质以及生物行为两方面。

林柳兰的报告“具骨诱导性能的骨修复材料构建及其性能”介绍了其在形成具有骨传导性与骨诱导性的骨修复材、基于计算机辅助设计的支架快速成形技术和缓释药物封装技术方面的研究进展。

上述报告内容涵盖了生物力学的主要前沿领域，展示了我国在生物力学领域的学术成就。报告内容反映出以分子-细胞生物力学和力学生物学为代表的新兴学科分支发展势头强劲；以骨骼-肌肉生物力学、血流动力学和生物流变学为代表的传统优势学科继续深入并与人类健康问题密切结合；基于组织工程与再生医学、临床医学与康复工程的生物力学以及生物材料力学与仿生力学的体现出强大的应用潜力和前景；而生物力学新概念、新技术与新方法始终是关注的重点。研讨会期间代表们思路活跃、讨论热烈，充分实现了会议研讨和交流的预期目的。

本次会议最后安排了半天的集体讨论，由娄继忠研究员主持、詹世革处长、生物力学学科流动项目主任许向红副研究员和与会代表就生物力学的基础学科问题、前沿方向、以及如何促进学科交叉、如何推动青年人才的培养和选拔及基金申请方面的问题进行了深入的交流。詹世革处长做了“力学学科发展和基金资助”的专题报告；青年学者们结合自己的研究方向，踊跃发言，就生物力学学科的发展、生物力学青年学者学术研讨会的内容与形式及青年学者的成长等共同关心的问题畅所欲言、各抒己见，进行了积极热烈的讨论，取得了广泛的共识，并提出了许多建设性的意见：(1) 建议进一步创新青年学者学术研讨会的形式，可以考虑通过延长茶歇时间、增加午餐会、安排专题沙龙等方式给大家充分的自由交流时间；(2) 建议进一步采取措施加强生物力学青年学者之间的日常交流、寻找共同兴趣、实现学术互补、促进实质性合作，会议还建立了微信群以方便各位青年学者进一步交流和合作；(3) 生物力学的青年学者要注意加强学科交叉、壮大学科队伍、增加高水平文章的发表、提升研究成果在国际上的影响力；(4) 应更多关注国家重大需求中的共性关键的问题，以国家需求为导向，进一步凝练和挖掘深层次的科学问题，在研究内容和研究方向上不断推陈出新；(5) 注重实验技术、加强实验研究，促进生物力学新概念、新技术、新方法的产生。大家还对生物力学学科未来发展进行了热烈的讨论，一致认为生物力学的学科内涵已从最初强调力学输出的生物力学研究逐渐向强调生物学输出的力学化学、力学生物学研究转变，而且未来还将在力学医学、力学组学等一系列的方向扩展。所以，作为生物力学的青年学者，要开阔视野、瞄准国际生物力学的研究前沿去选择和开辟新的研究领域，才能真正促进学科的发展。

最后,基金委员会数理部力学科学处生物力学学科流动项目主任许向红对整个研讨会进行了总结,肯定了会议在展示我国在生物力学领域的学术成就、促进青年学者学术交流方面取得的成果.会议期间还举行了生物力学专委会“青年工作组”成立

暨工作会议,并进行了下届会议承办单位竞选,以无记名投票方式决定下一届全国生物力学青年学者学术研讨会将在南京举办,由东南大学和上海交通大学联合承办.

doi: 10.6052/0459-1879-14-338

REVIEW OF THE FIRST NATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS FOR YOUNG SCHOLARS¹⁾

Zhang Yan^{*2)} Lou Jizhong[†] Xu Xianghong^{**} Zhan Shige^{**}

^{*}(Key Laboratory for Mechanics in Fluid Solid Coupling Systems, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

[†](Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

^{**}(Department of Mathematical & Physical Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

Abstract This paper brief introduced the first national symposium on biomechanics for young scholars.

Key words biomechanics, young scholars, symposium

Received 31 October 2014, revised 11 November 2014.

1) The project was supported by the National Natural Science Foundation of China (11342017).

2) E-mail: zhangyan@imech.ac.cn