

# 第七届世界生物力学大会简介暨 分子-细胞生物力学研究前沿

毛德斌, 龙 勉

(中国科学院力学研究所生物力学与生物工程中心, 中国科学院微重力重点实验室, 北京 100190)

## 1 会议概况

第七届世界生物力学大会(7th World Congress of Biomechanics)于2014年7月6日~11日在美国波士顿召开。大会盛况空前,来自58个国家超过4200名科研人员参加了本次会议。大会共收到超过5100篇投稿论文,由超过500位审稿人进行审阅,最终接收论文4289篇。在5天半会期中,安排了16个大会报告,组织了440场分会报告,共以口头报告方式交流论文2111篇,与此同时,以墙报展出形式交流论文2178篇。此外,本届大会还设有9个专题研讨会及14个学生讲演竞赛单元。大会共得到超过50个参展商的大力支持。

生物力学以研究对象及手段划分,主要可归为宏观和微观两大类。宏观生物力学研究包括心血管生物力学及血流动力学、骨关节与软组织生物力学、运动力学、仿生力学等多个方向,应用于临床医学及康复工程,研究内容广泛。微观生物力学则着重探讨细胞、亚细胞与分子层次的力学-化学-生物学耦合,并深入干细胞分化、免疫应答、肿瘤转移等多种生理病理过程。本届大会宏观层面论文共有口头报告1250篇,占口头报告总量59.3%,墙报1912篇,合计占73.8%,可见宏观生物力学研究仍然占据主导地位,且随着研究深入,不断提出新的科学问题,呈现蓬勃发展之势;微观层面论文共有口头报告858篇,占口头报告总量40.7%,墙报266篇,合计占26.2%,提示微观生物力学虽然起步较晚,但是发展十分迅速,质量与数量并举,展现欣欣向荣之态;宏观与微观在组织与器官水平显融合趋势,宏观水平研究更加注重微观机理,微观亦越发重视宏观层面应用。另有3篇口头报告论文关于生物力学教学研讨。

## 2 会议涉及的主要研究领域

本届会议所涉及的研究领域甚为广泛,仅以2108篇学术口头报告进行分析,大致涵盖以下几类:

(1)器官生物力学:共计301篇。其中宏观230篇,研究主要涉及眼睛、骨骼、呼吸及循环系统等器官的形态发生和发育、结构与功能关系、应力应变异常与疾病的关联、医学影像、多(跨)尺度数值模型以及人工器官等;微观71篇,涉及细胞在器官或人工器官内的力学生物学响应、细胞与生物材料的相容性等。

(2)组织生物力学:共计409篇。其中350篇涉及肌骨、韧带、心血管及结缔组织等生物力学实验及建模,研究其宏观材料及流体力学性质,应用于组织工程及临床,属宏观生物力学范畴;余下59篇以力学生物学为主线,研究力学刺激对不同组织的细胞形态及功能的影响,属微观生物力学范畴。

(3)细胞生物力学:共计404篇。主要研究不同细胞的力学性质和功能关系、不同力学环境下细胞形态与功能的响应、细胞与胞外基质及生物材料的相互作用、力学信号在胞内胞外双向传导的通路等。热点研究对象包括干细胞、癌细胞和免疫细胞,细胞的增殖与分化、黏附与爬行是主要研究内容。

(4)分子生物力学:共计281篇。主要研究生物大分子--核酸、糖脂类等,尤其是蛋白质的结构与功能。热点生物学问题包括细胞黏附分子间及与胞外基质的相互作用、黏着斑复合体及细胞骨架的组装动力学、胞内物质运输的力学-化学耦合等。前沿研究手段包括单分子显微技术及单分子生物力学操控技术等。

(5)装备、材料和技术:共计293篇。其中宏观

268篇, 研究内容主要涉及生物医学工程仪器、康复工程医疗器械、骨/软骨/关节等的替换与修复、植入体生物力学、临床步态分析、脊柱/肩/牙生物力学、肌骨协同模型、骨关节炎等; 微观25篇, 涉及植入体组织相容性、细胞力学加载及观测装置等。

(6) 其他专题讨论: 共计420篇。其中宏观402篇, 包括运动生物力学及相关产品设计、中风和脑瘫后步态矫正、神经肌肉系统老化、脑损伤机制与模型研究、轮椅/头盔等辅助器具设计、进化生物力学、仿生学等; 微观18篇, 讲述运动与仿生等相关微观机理。

### 3 分子-细胞生物力学研究前沿

分子-细胞生物力学的研究, 不仅对认识细胞、分子的结构与功能, 了解重要的病理生理过程, 如心脑血管硬化、肿瘤转移、免疫与炎症反应等有重要意义, 还是组织工程与再生医学、临床医学与康复工程等重要基础。目前该领域主要热点研究依然集中于细胞黏附与爬行的力学-生物学-化学耦合, 可参考近年的综述, 在此不予赘述。需要指出的是, 当前的研究也展现新的特点: (1) 关于细胞黏附的研究更加注重其生物物理机制, 更深入探讨细胞黏附分子间或与胞外基质间受体-配体相互作用及黏附分子的精细变构调控, 更注重黏附分子或者其他受体分子诱导的胞内信号转导通路, 并深化与疾病及药物设计的关联。(2) 细胞铺展与爬行方面的研究则更注重基本的生物学问题, 如黏着斑及骨架的组装机动力学, 当前研究的一大特点是更注重三维培养和实时动态观察, 以更接近生理的条件进行更直观地展示, 同样也更注重与疾病相关联, 如癌细胞如何在三维的组织环境中突破障碍进行迁移等。

除此之外, 新的研究前沿正在兴起, 如干细胞力学生物学。干细胞对于未来人类健康有着不可估量的巨大潜能, 其干性维持与分化是当前干细胞生物学最重要的问题。相对而言, 其中生物化学因素的影响已研究得较为深入, 而物理及力学因素如何调控仍十分不清楚, 事实上却是关键所在。大量研究已表明, 细胞所处的微环境——如基底的弹性、拓扑等对干细胞的功能分化及组织的形态发生起到至关重要的作用。已有实验证实, 细胞铺展面积及其施

加于细胞外基质的力的大小随胞外基质的硬度增加单调递增。2006年, Daniel E. Discher教授发表在Cell期刊的研究结果早已表明, 不同基底硬度可调控干细胞向不同硬度的组织细胞分化。然而基底或组织的力学性质与细胞的分化是怎样联系起来目前并不清楚。Discher教授在近期的实验中观察到, 干细胞在软基底上向脂肪组织分化伴随着核纤层蛋白A (lamin-A) 水平的降低, 反之在硬基底上向骨细胞分化则伴随lamin-A升高, 而lamin-A蛋白水平一方面可直接受基底硬度调控, 另一方面又可影响细胞核的稳定性及核孔的物质输运, 故lamin-A是联系基底硬度与细胞核功能(分化)的重要使者。Ning Wang(汪宁)教授的研究同样有趣, 已有在体研究表明力学因素在胚胎的组织发育中起重要作用, 而通过调控基底环境诱导胚胎干细胞向特定胚层细胞分化也已有相当多研究, 汪宁教授课题组则通过软的纤维蛋白(fibrin)基质首次实现体外培养单个鼠胚胎干细胞发育成具有内、中、外三胚层完整结构的囊胚, 其要点就在于调控拟胚体所承受的表面张力及基质的维度和柔性, 从体外实验角度进一步证明了力学因素尤其是细胞-胞外基质及细胞-细胞间相互作用力对于胚胎早期发育的至关重要性并实现了人工调控。总的来说, 干细胞力学生物学的研究主要集中在两个层面, 一个在细胞核, 如上述lamin的研究; 另一个在细胞膜, 主要研究细胞与基质的作用。

### 4 展望

从本次会议的规模来看, 生物力学已然成长为生物医学工程领域最主流的学科之一; 从研究层次来看, 生物力学的触角大到生命个体、小至单分子及原子均越来越深入; 从研究内容来看, 既有工程化的应用, 又有基础的生物学问题。此外, 生物学与力学之间的交叉和融合愈发紧密, 生物力学家已可针对生物医学领域提出基本的(如胚胎发育、免疫应答)、重要的(如心血管疾病成因、创伤修复)问题, 并在深化对其机理认识的同时利用工程科学概念、方法与技术提升人类的健康和诊治水平。

第八届世界生物力学大会将于2018年夏天在爱尔兰都柏林召开。