

·RS 推介·

活体材料的纳米生物力学

纳米生物力学横跨自然科学、工程学、生物学、医学等多个学科,现已成为一门强有力的应用技术,它既可以用来表征蛋白质、细胞和软组织等生物材料和结构的力学性能,又可以监测其生理学和病理学过程。“活体材料的纳米生物力学”专题由 Kuo-Kang Liu 和 Michelle L. Oyen 整理编辑,发表在 *Interface Focus* 2014 年第 2 期(图 1)。该专题刊载了 1 篇前言文章、7 篇综述文章。本期“英国皇家学会推介”栏目选取该专题的前言文章及 2 篇综述,介绍“活体材料的纳米生物力学”的进展。



图 1 活体材料的纳米生物力学专题

活体材料的纳米生物力学

华威大学工程学院的 Liu、剑桥大学工程系的 Oyen 在前言文章中指出,蛋白质、细胞和软组织等软质活体材料会发生柔性形变,其杨氏模量通常处在 1 MPa 至 1 GPa 的范围内,比人工或工程材料低 1000 倍。如此低的弹性模量,使这些材料的生物力学测量需要纳米级测量技术。纳米生物力学仪器的最新发展解决了这一挑战,这些仪器包括纳米原子力显微镜(AFM)、光钳及光学延伸器、细胞牵引力显微镜和纳米压痕技术。本专题将介绍这些最前沿的仪器、材料和生物材料的力学表征分析,以及它们在未来生物医药方面的应用潜力。

纳米生物力学横跨自然科学、工程

学、生物学和医学多个学科,对于在单一领域内从事研究工作的科学家来说,要综合、全面地了解纳米生物力学最新的信息显得更加困难。本专题通过综合阐述纳米生物力学的最新进展,介绍了纳米级物质的生物力学性质测量和应用。生物力学、纳米技术、仪器以及细胞和组织生物学可以协同起来,共同研究蛋白质、细胞和组织等生物材料的生理学和病理学过程。

发表在 *MIT Technology Review* 的一篇评论性文章将纳米生物力学列为 10 个最重要的技术之一。在测量高度复杂化和动态化的活体材料方面的突破性进展,不仅开启了科学研究领域的一片新视野,同时也产生了重大的社会影响。例如,疾病改变了细胞的弹性和粘附性,测量细胞表面蛋白质施加的纳米级的力,可以为包括癌症、骨关节炎和糖尿病在内的多种疾病提供新的探索依据。因此,这些基于单细胞的生物力学标记物将为疾病检测提供潜在的低成本、低侵害和高通量的诊断技术。更重要的是,细胞-细胞之间或细胞-材料之间的纳米级作用力对细胞分化和组织再生的信号传导具有显著影响,对组织工程学和再生医学的发展意义重大。加之 21 世纪人口老龄化日益加深,本专题中列举的研究话题对满足老龄化人群的生物医药需求具有一定的意义。

<http://rsfs.royalsocietypublishing.org/content/4/2/20140001.full>

机械敏感的细胞水凝胶

都柏林圣三一学院的 Ahearne 在关于机械敏感型细胞水凝胶的综述文章中指出,水凝胶生物材料的发展,为组织工程学和再生医学提供了新的方法和途径。要想发展出更加复杂的细胞播种水凝胶(cell-seeded hydrogel)结构,了解细胞与水凝胶之间的物理作用就显得十分必要。该文综述了细胞改性水凝胶的机理、水凝胶的力学和结构性质对细胞

行为的影响,以及机械刺激对细胞播种水凝胶的作用。研究表明,细胞介导的水凝胶改性受到黏附、迁移、收缩、降解和细胞外基质沉积等细胞过程的控制;而水凝胶的刚性、密度、成分、定向和黏弹特征都影响着细胞活性和表型。包覆于水凝胶中的细胞受到机械力的作用,也会引起细胞行为的改变。随着人们对水凝胶中细胞和材料之间机械作用的理解越发深入,将会开启再生医学疗法的新纪元。

<http://rsfs.royalsocietypublishing.org/content/4/2/20130038.abstract>

弹性组织的结构及其微观力学

英国埃克斯特大学的 Green 等在关于弹性组织的结构以及微观力学的综述文章中指出,弹性蛋白是肺和血管等组织的重要成分,它赋予这些组织高弹性,以便于维持其生理学功能。最近的研究揭示了这些弹性蛋白结构的复杂性,人们已经开始关注关节软骨和椎间盘等组织中,由良性弹性蛋白纤维构成的巨大网络。非线性显微镜使这些活体组织中的结构可视化,为其力学性质的分析提供了线索。这些结构中除含有弹性蛋白外,还含有一批主要为原纤蛋白的微原纤维蛋白,这些弹性蛋白结构相当复杂。拉曼光谱和 X 射线衍射从分子和纤维水平为单一蛋白质组分的弹性机制提供了解释,但在解释其复合基质中的机械作用方面仍存在大片空白。弹性组织是细胞外基质最稳定的组分之一,但老龄化和疾病会使弹性组织的力学性能受损,产生动脉硬化、糖尿病等。通过研究钙和脂质结合、以及糖苷化过程对外弹性蛋白制备的力学性能影响,人们对弹性组织受损与老龄化疾病之间联系的认识陷入了一个迷宫,需要进一步的努力以确定这些联系的分子学基础。

<http://rsfs.royalsocietypublishing.org/content/4/2/20130058.abstract>

(编译 田恬)