

· 眼生物力学专题序言 ·

眼生物力学与力学生物学研究新进展

眼组织具有鲜明的生物力学特性,运用生物力学和力学生物学研究手段从多尺度探索眼组织结构与功能之间的关系,揭示眼组织生理及病理过程以及各种眼疾的发病机理,将有助于眼科疾病诊断与治疗。眼生物力学与力学生物学研究属于生物力学领域,基于学科交叉研究思路,生物力学工作者对常见、疑难疾病的发病机理、量化诊断及个性化医疗进行了探讨和研究,建立眼组织生物力学计算仿真模型,探讨眼科疾病的力学生物学机制,将为现代眼科向“精准医学”方向发展打下坚实的精准量化基础。

屈光不正是目前造成视力损害的最主要原因,其中近视的发生率最高。青少年为近视高发群体,中国近视发病率居世界首位。角膜屈光手术以先进快捷的手术技术和良好的术后视觉质量,近年来受到越来越多近视患者的青睐。屈光手术可改变角膜的厚度和曲率,但也破坏了角膜的生物力学完整性,对术后眼压和角膜的生物力学性能均会产生一定影响,也可能导致继发性角膜扩张等并发症的发生。了解角膜的生物力学特性不仅有助于临床屈光手术的设计及术后的预测、人工角膜的研发,而且对角膜疾病如圆锥角膜、青光眼及眼外伤等的诊断与治疗均具有重要意义。本构关系的确定是软组织生物力学特性研究的核心,也是基于有限元方法的模拟计算和力学分析的基础。因此,软组织本构关系的研究对生命过程中与力学相关的生理与病理现象的正确解释具有重要意义。利用角膜的本构关系,借助于有限元方法的仿真研究在屈光手术设计与术后评估中发挥着重要作用。

角膜细胞在眼内压的作用下处于拉伸和剪切等复杂力学环境中,手术或病变会使其受力环境发生改变。认识角膜细胞对力的感受、响应及其与细胞外基质的相互作用,探索不同力学环境下细胞的增殖、分化、凋亡、基因表达及信号转导途径,将有助于深入理解角膜的一些生理或病理过程及机制,如屈光术后角膜组织的损伤修复、角膜扩张性疾病、激光周边虹膜切

开术后大泡性角膜病变等,为术后组织修复及并发症防治提供力学生物学新思路。

作为眼球壁的最外层组织,巩膜在维持眼球的整体形状方面起关键作用。高度近视眼、眼外伤(包括视网膜脱落等)等都与巩膜的力学生物学特性密切相关。高度近视或病理性近视的特征是眼球视轴延长、巩膜组织抗变形能力降低,但其发病机制尚不清楚。细胞外基质中胶原、蛋白多糖及蛋白酶结构或含量异常与巩膜组织力学性能变化有关。巩膜成纤维细胞表型的转化及蛋白合成的变化,决定了细胞外基质的组分。通过药物或手术方式补强或提高巩膜组织的力学特性则是目前治疗高度近视眼或病理性近视眼的手段之一。

青光眼是仅次于白内障居第2位的致盲性疾病,其特征是眼内压间断或持续升高超过眼球的耐受程度而损伤眼内组织和视觉功能。眼压的高低取决于房水循环的动态平衡,任何增加房水生成或者减少房水流出的因素都会造成眼压升高。实时动态检测眼压的变化并有效控制眼压和眼压波动是青光眼诊治的首要任务。眼压升高将导致虹膜变形、瞳孔阻滞、眼前房房水流场改变、视神经纤维层及筛板厚度变薄、视功能损伤等。通过测量虹膜力学特性、眼前节房水流场和小梁网的力学特性和形态,建立房水循环多场耦合有限元模型,考虑多种因素对眼前节房水流动的影响,从而解释瞳孔阻滞现象,为临床上青光眼房水引流装置的设计、放置最佳位置、入口形状等提供参考。多数青光眼患者从眼压升高到视神经损害及视野缺损需要一个漫长的损伤累积过程。因此,研究高眼压在青光眼疾病发展过程中对眼底组织形态学改变及视网膜接收光信号能力和视神经光信号传导能力的损伤作用,是揭示青光眼致盲机制的重要问题。

眼外伤在眼科临床极为常见,主要由于机械性、物理性、化学性等因素直接作用于眼部,引起眼的结构和功能损害。如果处理不当会对患者造成严重的视力损

害,甚至失明。交通事故、军事行动、体育器材和日用品使用不当等是造成机械性眼外伤比较普遍的原因。使用各种不同冲击物进行动态量化冲击实验并建立相应的生物力学分析模型进行仿真分析,是研究外伤性眼钝伤的主要手段。数值仿真技术不仅可以描绘冲击状态下眼内组织结构的动力学响应,同时也可以提供实验手段无法满足的力学条件,是一种既经济又高效的研究方法。通过定量分析造成眼损伤的力学条件与其损伤程度之间的关系,有助于理解眼外伤产生的机理,为眼损伤的修复与治愈提供更合理的医疗方案。

眼生物力学与力学生物学研究在眼科学中的作用已越来越受到国内外研究者及临床医生的重视。随着科学技术的不断进步,结合生物力学建模分析,通过个体医学影像分析而建立眼生物力学模型将为临床眼科

疾患诊疗(眼外肌疾患手术个性化方案、近视的手术治疗、青光眼与眼外伤的治疗等)提供重要技术分析手段;眼力学生物学研究的开展,将有助于人们从组织、细胞及生物大分子等多个层次认识眼功能疾患的发生、发展及防治机理,这对眼科临床有着重要意义。

作者简介:太原理工大学应用力学与生物医学工程研究所所长、力学系主任、材料强度与结构冲击山西省重点实验室主任,固体力学首席学术带头人,研究方向为细胞生物力学、眼力学、骨力学。

陈维毅

(责任编辑 王丽娜)