

人眼与兔眼虹膜组织力学特性的相关性分析

王玉慧¹, 刘志成¹, 张昆亚¹, 林丁², 乔春艳², 赵峰³

(1. 首都医科大学 生物力学研究中心, 首都医科大学 生物医学工程学院, 北京 100054;

2. 首都医科大学附属北京同仁医院 眼科, 北京 100730; 3. 中国科学院 力学研究所, 北京 100080)

[摘要] 把我们测得的人眼虹膜组织力学性质参量与兔眼虹膜组织的力学性质参量进行了相关性分析, 结果表明: 就整体而言, 人眼虹膜与兔眼虹膜力学特性极为相近, 没有显著差异。此结果提示人们, 在研究人眼虹膜的力学特性时, 采用兔眼虹膜作为标本是合适的, 但需要进行必要的修正。这可以大大地降低研究成本。

[关键词] 虹膜; 力学性质; 相关性; 人; 兔

[中图分类号] Q66

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-7510(2002)06-0019-03

A research on relativity of biomechanical properties of iris tissue between human and rabbits

WANG Yu-hui¹, LIU Zhi-cheng¹, ZHANG Kun-ya¹, LIN Ding², QIAO Chun-yan², ZHAO Feng³

(1. Biomedical Engineering School of Capital University of Medical Sciences, Beijing 100054, China; 2. Beijing Tongren Hospital, Beijing 100730, China; 3. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: It has been done that a research on relativity of biomechanical properties of iris tissue between human and rabbits in this paper. The results show that there are similar biomechanical properties of irises as having same physiological function between human and rabbits. The behavior of deformation of human and rabbits is the same but the human's iris is softer than that of rabbits a little under the same difference of pressure between anterior chamber and posterior chamber in eye.

Key Words: relativity; biomechanical properties; iris tissue; human; rabbit

引言

闭角型青光眼发生的原因是生物性的, 并且相当多样, 如某些全身性疾病, 心血管系统疾病等均可诱发闭角型青光眼。但不管是什么原因引起的闭角型青光眼, 其发展均是由于眼内形成了一种不正常的力学环境, 如果我们能够采取适当的手段, 使闭角型青光眼患者的眼内力学环境恢复正常, 就有可能有效地减低闭角型青光眼的致盲率。

欲判断瞳孔阻滞力在闭角型青光眼的发生与发展中的作用, 必须首先了解虹膜的整体力学性质。原则上, 了解人眼虹膜的力学性能, 最好是采用人眼虹膜样品进行测量。但是, 实际操作中, 人眼样本极难获得, 即便能够得到, 价格也极为昂贵, 而兔眼可以很容易得到, 且价格便宜。作为功能性元件, 人眼虹膜与兔眼虹膜的生理功能完全一样, 尽管他们在解剖学上形

态结构略有差异。我们想知道, 这种生理功能完全一致的生物组织, 其力学性能上有多大相近性? 如果相近程度足够高, 在将来的同类实验研究中便可以不过分地追求目标样本, 而将注意力放在如何做好动物样本实验上, 并放心地将动物实验得到的结果用于人体同类组织的研究, 只是在必要时进行必要的修正即可。

本文将我们得到的兔眼虹膜组织力学特性与人眼虹膜组织力学特性的测量结果进行了比较, 期望得到便宜且宜获得的实验动物虹膜材料在多大程度上可以对昂贵且难以获得的人眼虹膜材料的力学性质了解上提供有益的参考数据。

1 实验动物

5~6月龄新西兰白兔, 40只。由于瞳孔缝合操作较难, 共得到有效试样眼虹膜28个。眼库去角膜人眼球6只, 成功实验样品眼虹膜3个。

2 测量结果的相关性分析与讨论

将我们在相同实验条件下、采用相同测量方法所得到的兔眼和人眼虹膜组织力学特性的实验结果^[13,14]进行了比较和相关性分析。

[收稿日期] 2002-05-22

[基金项目] 北京市自然科学基金(7972016);

本项目受北京市教委科研基金和首都医科大学基础临床结合基金支持

[本文作者] 王玉慧 首都医科大学副教授。从事应用数学、医学统计学教学与研究。

2.1 兔眼与人眼面应变与前后房压强差关系的相关性

人眼与兔眼虹膜的面应变 均呈如下规律：

$$\epsilon = \epsilon_0 e^{c/p'} \quad (1)$$

式(1)中的 ϵ_0 是当前前后房压强差增大时虹膜所能够达到的最大应变,系数 c 是虹膜面应变随前后房压强差变化的敏感系数 p' 是前后房压强差。从表1可以看出,无论加载过程还是卸载过程,人眼与兔眼虹膜的最大可能变形既终极变形基本一致,而人眼与兔眼虹膜面应变的前后房压强差敏感系数 c 均有较大的差异,这说明人眼虹膜与兔眼虹膜对于相同的前后房压强差的反映敏感程度不同,在加载过程中,人眼较兔眼容易变形些,在卸载过程中,人眼与兔眼虹膜在前后房压强差大于 100Pa 时的残余应变水平基本相同,而在小于 100Pa 时兔眼的残余应变更多些,此外,兔眼的前后房压强差敏感系数 c 在加载过程和卸载过程有很大的差异,而人眼的差异却较小。考虑到瞳孔的主要生理功能是光强度调节作用,虹膜材料的这种力学特性是否意味着当光强度发生突然变化时,人眼较兔眼更容易适应些,值得进行更深入的研究。

表1 虹膜面应变系数的比较

过程	种类	ϵ_0	$C(Pa)$	拟合度
加载	兔眼	0.0411	- 19.363	0.973
	人眼	0.0447	- 12.363	0.973
卸载	兔眼	0.0428	- 3.506	0.987
	人眼	0.0451	- 9.498	0.995

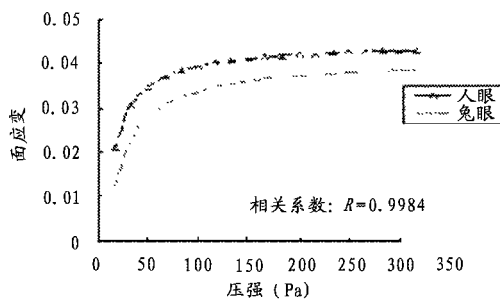


图1 人眼与兔眼加载过程面应变的比较

注意到 ϵ_0 只有 4% 多一些,且无论在加载过程还是卸载过程中,人眼与兔眼虹膜的面应变相关性都非常高的事实,从面应变角度看,人眼与兔眼虹膜力学

特性不仅趋势相同,而且量上的差别也不大,当涉及眼虹膜力学特性时,采用兔眼虹膜的实验数据来近似

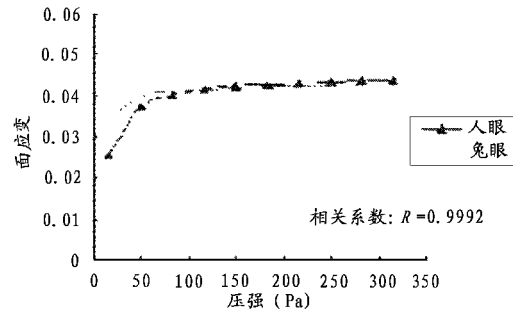


图2 人眼与兔眼卸载过程面应变的比较

描写人眼虹膜是可行的。

2.2 人眼虹膜与兔眼虹膜曲率半径的相关性

人眼与兔眼虹膜的曲率半径 R 均呈如下规律：

$$R = R_0 e^{d/p'} \quad (2)$$

式(2)中的 R_0 是当前前后房压强差增大时虹膜变形所能够达到的最小曲率半径,系数 d 是虹膜曲率半径随前后房压强差变化的敏感系数。从表2可以看出,无论是加载过程还是卸载过程,人眼与兔眼虹膜的最小可能曲率半径既终极曲率半径基本一致,而人眼的虹膜曲率半径都略小于兔眼虹膜的曲率半径,但它们随前后房压强差的变化所呈现的变化趋势是一致的;人眼与兔眼虹膜曲率半径的前后房压强差敏感系数 d 有较大差异,这说明人眼虹膜与兔眼虹膜对于相同的前后房压强差,可能发生的变形程度不同,在加载过程中,人眼较兔眼容易变形些,在卸载过程中,人眼与兔眼虹膜在前后房压强差大于 100Pa 时的曲率半径水平基本相同,而在小于 100Pa 时兔眼虹膜的曲率半径更大些。此外,兔眼虹膜曲率半径的前后房压强差敏感系数 d 在加载过程和卸载过程有较大的差异,而人眼的差异却较小,这与面应变比较结果反映的现象相吻合。

表2 虹膜曲率半径系数的比较

过程	种类	$R_0(mm)$	$d(Pa)$	拟合度
加载	兔眼	21.189	10.278	0.984
	人眼	18.114	6.529	0.996
卸载	兔眼	19.906	1.834	0.938
	人眼	19.471	4.831	0.998

2.3 人眼虹膜与兔眼虹膜面积模量的相关性分析

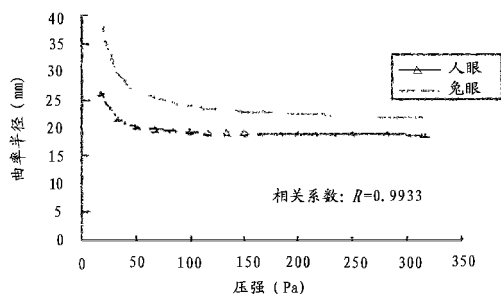


图3 人眼与兔眼加载过程虹膜曲率半径的比较

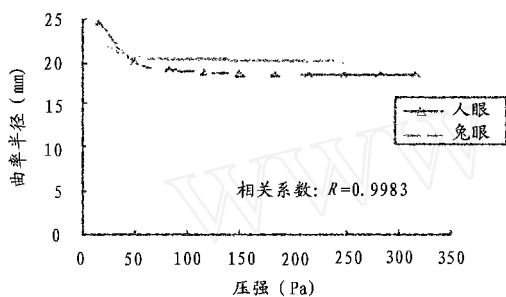


图4 人眼与兔眼卸载过程虹膜曲率半径的比较

面积模量是当前后房压强差发生改变时,虹膜发生面积变形难易程度的特性指标。从图6和图7可以看出,人眼与兔眼的面积模量随前后房压强差的变化规律极为相近,微小差异在于在相同的前后房压强差时,人眼虹膜较兔眼虹膜的面积模量稍小,这在加载时更明显一些。说明人眼虹膜较兔眼虹膜软一些,在相同的载荷下变形大一些。

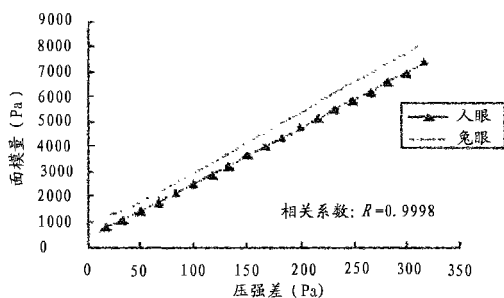


图5 人眼与兔眼加载过程的虹膜面积模量比较

3.1 人眼与兔眼的力学性能相近,所讨论的各参量随前后房压强差的变化规律相同。

3.2 在相同的前后房压强差情况下,人眼虹膜较兔眼虹膜变形略大。

3.3 当光强发生突然变化时,很可能人眼较兔眼的瞳孔适应能力强一些。

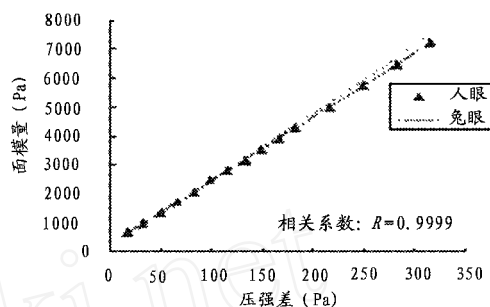


图6 人眼与兔眼卸载过程的虹膜面积模量比较

3.4 值得注意的是,此处所给出的结果是在人眼实验样本例数较少的情况下得到的,如果人眼样本例数增多,结果可能会发生一定的变化。但从每一个样品(无论人眼还是兔眼)所表现出的规律一致性,有理由认为我们此处所给出的结论原则上是成立的。

[参考文献]

- [1] 林丁,等. 瞳孔阻滞的研究与进展[J]. 眼科,1993,2(4):244-247.
- [2] 冯元桢. 生物力学—活组织的力学特征[M]. 长沙:湖南科技出版社,1986. 233.
- [3] 黄俊钦,等. 测试系统动力学[M]. 北京:国防工业出版社,1996. 125.
- [4] Mapstone R. Mechanism of pupil block. Brit J Ophthalmology, 1968,52:19-25.
- [5] Mapstone R. Force determining pupil size. Expel. eye. Res., 1970,10:47-49.
- [6] Whatt H and Ghosh J. Behavior of an iris model and the pupil block hypothesis. Brit. J. Ophthalmology, 1970,44:332-335.
- [7] Kondo T and Miura M. A method of measuring pupil-blocking force in human eye, Graefe's Arch Clin Exp. Ophthalmology, 1987,70:668-671.
- [8] Tiedeman JS. A physical analysis of the factors that determine the contour of the iris, Am. J. Ophthalmology. 1991,111:338-341.
- [9] Anderson Dr and Jin JC and Wright MM. The

(下转第3页)

3 结论

面积模量、曲率半径和面应变的比较结果均显示

医疗设备信息

等。其中 EasyArchive 是一个易于对任何超声图像进行存档的工具,能附加到任何超声系统上,图像输入来自视频或数字图像输入,操作平台为运行 Windows NT 的标准 PC,提供各种显示格式,黑白或彩色图像存档,能长期存档,测量功能(距离,面积,角度),采用各种存储介质(CDROM,MO,……),用 MS Word 输出报表,DICOM3 输出格式,网络功能。

3 应用 3D 超声进行临床检查的若干实例

3.1 3D 子宫内体测量

用常规的 2D 超声测量子宫内膜厚度是检查子宫内膜的主要方法。增加的子宫内膜厚度常常与绝经后的病人生长子宫瘤有关。3D 超声是对于 2D 超声用于基本妇科检查的补充,它能提供精确的子宫内膜体积测量。这是由对三维数据集逐步处理,追踪子宫内膜的轮廓来实现的。大于或等于 13ml 的子宫内膜体积量度被认为与子宫癌有关。

3.2 3D 子宫物质评估

用 3D 阴道内探头或 3D 经腹壁的探头,整个子宫可以在 3 秒钟以内扫描完毕。三维多平面显示提供一个更可信的子宫物质的评定,提供在 3 个互相垂直的扫描平面内的精确定位。每一个解剖学平面可以沿 x, y 和 z 轴旋转,以选择最佳的子宫内膜和子宫肌层的解剖学观察视图。三维超声软件步进穿过子宫解剖层面的能力可提供更详细的肿瘤大小、形状和位置的测定。

3.3 用 3D 超声进行妇女生育能力的计算机辅助卵泡分析

了解女性生殖系统的状态对于生育问题和与年龄相关的家庭计划是很重要的。这种关于生育问题的需求在稳定地增加。阴道内的卵巢内的卵泡的 3D 超声图片给出有关子房的年龄的重要信息,即卵泡的数

目、大小、位置和对荷尔蒙刺激的反应。从连续的 2D 多平面重构来对卵泡计数和测量大小是很烦琐和易于出错的。新西兰图像科学学院的 Bart M. ter Haar Romeny 等人开发了一个称之为“Winding numbers”的计算机算法,能自动找到卵泡的中心,然后便可以找出边界,从而得出它们的形状和大小。

3.4 3D 移植肾检查

3D 超声是评估移植肾的有效的方法。能获取移植肾的体数据,并能在此后观察它,使得 3D 超声技术对于肾移植后一系列的研究来说是一个理想的工具。能沿着 x, y 和 z 轴旋转肾脏解剖学结构的功能确保了当进行一系列测量时得到真实的长度。

3.5 3D 超声乳房检查

易于通过 3D 体数据分析发现和定位在 2D 超声扫描中难以发现的小的损伤。

[参考文献]

[1] Patlas M et al. Ultrasound vs CT for the detection of ureteric stones in patients with renal colic. The British Journal of Radiology. 2001(December), 74: 901 - 904.

[2] Clementschitsch G et al. Comparison between two - and three - dimensional ultrasound measurements of nuchal translucency. Ultrasound Obstet Gynecol 2001. (December), 18:475 - 480.

[3] 3D - Ultrasound, <http://www-kismet.iai.fzk.de/MRICTUS/html/usound3D.html>.

[4] Haar Romeny BM et al. Computer Assisted Human Follicle Analysis for Fertility Prospects with 3D Ultrasound. Proc. XVth Conf. on Information Processing in Medical Imaging (IPMI'99), June 28 - July 2 1999, Szeged, Hungary. Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag 1999.

(上接第 21 页)

physiologic characteristics of relative pupillary Block, Am. J. Ophthalmology. 1991,111: 344 - 347.

[10] 曾衍均. 角膜力学特性试验研究[A]. 生物力学进展. [C]. 北京:科学出版社, 1994. 117.

[11] Theodore Krupin. 青光眼的诊断与治疗[M]. 北京:人民卫生出版社,1995. 112.

[12] 刘志成,林丁,王玉慧,等. 虹膜组织力学特性研究的实

验方法探索[J]. 中国医学物理学杂志,2001,18(4): 234 - 236.

[13] 刘志成,林丁,王玉慧,等. 兔眼虹膜组织力学特性的实验研究[J]. 中国医学物理学杂志,2002,19(1): 40 - 43.

[14] 刘志成,林丁,王玉慧,等. 人眼虹膜组织力学特性的实验研究[J]. 中国医学物理学杂志,2002,19(2):82 - 84.