

# 两品系豚鼠屈光状态和眼球径的发展和比较

卫振<sup>1</sup>, 张森<sup>2</sup>, 蒋丽琴<sup>2</sup>, 陈雁虹<sup>1</sup>, 吴凯<sup>1</sup>, 谢敏<sup>1</sup>, 刘迪文<sup>1\*</sup>, 谢强敏<sup>1</sup>

(1. 浙江大学实验动物中心, 杭州 310058; 2. 温州医科大学, 温州 325035)

**【摘要】** 目的 了解断奶后 Zmu-1:DHP 和 DHP 两个品系豚鼠屈光状态和眼球径的发展规律。方法 首先进行 3 周龄两品系豚鼠屈光检测, 然后选择 Zmu-1:DHP 品系豚鼠 12 只, DHP 品系 8 只, 按品系分成两组。在 4 ~ 12 周龄, 每隔一周检测屈光度、眼轴长和角膜曲率等参数。结果 3 周龄, 327 只 Zmu-1:DHP 品系豚鼠, 屈光度为  $-5.19 \pm 3.92$  D, 近视率达 85.1%; 而 117 只 DHP 品系豚鼠屈光度为  $2.13 \pm 4.40$  D, 近视率仅为 22.6%。4 ~ 12 周龄, Zmu-1:DHP 品系豚鼠近视不断加深, 屈光参差  $> 1.5$  D; DHP 品系豚鼠屈光发育稳定。t-检验, Zmu-1:DHP 品系豚鼠眼轴长度、玻璃体腔深度显著高于 DHP 品系, 视力低于 DHP 品系。多因素方差分析, Zmu-1:DHP 品系豚鼠散光随时间变化显著 ( $P < 0.01$ ), 而 DHP 品系不显著 ( $P = 0.07$ )。相关性分析, Zmu-1:DHP 品系豚鼠屈光状态与眼轴长相关系数为  $-0.79$  ( $P < 0.01$ )、与玻璃体腔深度相关系数为  $-0.75$  ( $P < 0.01$ ); 而 DHP 品系相应相关系数为  $-0.19$  ( $P = 0.09$ ) 和  $-0.34$  ( $P < 0.01$ )。结论 Zmu-1:DHP 品系豚鼠近视高发, 正视化过程难以完成, 其近视与眼轴长度和玻璃体腔深度高度相关。

**【关键词】** 豚鼠; 近视; 屈光; 眼轴长; 角膜曲率

**【中图分类号】** Q95-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1005-4847(2016) 01-0092-06

Doi:10.3969/j.issn.1005-4847.2016.01.016

## Comparison of the refractive development and ocular growth between two strains of guinea pigs

WEI Zhen<sup>1</sup>, ZHANG Sen<sup>2</sup>, JIANG Li-qin<sup>2</sup>, CHEN Yan-hong<sup>1</sup>, WU Kai<sup>1</sup>, XIE Min<sup>1</sup>, LIU Di-wen<sup>1\*</sup>, XIE Qiang-min<sup>1</sup>

(1. Laboratory Animal Center of Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035)

**【Abstract】** **Object** To compare the refractive development and axial eye growth between Zmu-1:DHP and DHP guinea pig strains after weaning. **Methods** After screening of the refractive status of two strains of guinea pigs at 3 weeks of age, twelve Zmu-1:DHP guinea pigs and eight DHP guinea pigs were chosen. Each group underwent a series of ocular measurements at five time-points (4, 6, 8, 10 and 12 weeks), including refraction, axial length, corneal curvature and other ocular parameters. **Results** The refraction of 3-week old Zmu-1:DHP strain ( $n = 327$ ) was  $-5.19 \pm 3.92$  D with a myopic rate of 85.1%. While the refraction of DHP strain guinea pigs ( $n = 117$ ) was  $2.13 \pm 4.40$  D with a myopic rate of 22.6%. From 4 to 12 weeks of age, the guinea pigs of Zmu-1:DHP strain developed toward more myopic, their anisometropia was larger than 1.5 D. The DHP strain had a stable refractive state. The Zmu-1:DHP guinea pig strain had larger axial length and vitreous thickness than strain DHP ( $t$ -test;  $P < 0.01$ ), and the DHP guinea pig strain had better vision ( $P < 0.01$ ). Astigmatism of Zmu-1:DHP strain guinea pigs changed significantly from 4 to 12 weeks (ANOVA;  $P < 0.01$ ), while DHP strain did not (ANOVA;  $P = 0.07$ ). In the Zmu-1:DHP strain, the refractive status had significant correlation with axial length ( $r = -0.785$ ,  $P < 0.01$ ) and vitreous chamber depth ( $r = -0.754$ ,  $P < 0.01$ ). In the DHP strain, the correlation coefficients were  $-0.19$  ( $P = 0.089$ ) and  $-0.34$  ( $P < 0.01$ ). **Conclusions** Zmu-1:DHP strain guinea pigs have a higher rate of spontaneous myopia than DHP strain. The emmetropization is disrupted. This myopia is highly correla-

[基金项目] 浙江省公益性技术应用研究计划(2012C37085), 浙江省医药卫生科技计划(2014KYB074)。

[作者简介] 卫振(1982-), 男, 硕士。研究方向, 实验动物模型与动物实验。Email: mudi001@126.com。

[通讯作者] 刘迪文, 研究员。研究方向, 实验动物学。Email: liudiwen2004@163.com。

ted with axial length and vitreous chamber depth.

【Key words】 Guinea pig; Myopia; Refraction; Axial length; Corneal curvature

Corresponding author: LIU Di-wen, E-mail: liudiwen2004@163.com

豚鼠是进行近视研究常用的实验动物。相对于鸡、小鼠和灵长类,豚鼠有性情温顺、价格低,容易进行屈光状态和眼球径测定等优点。离焦诱导(lens-induced)<sup>[1]</sup>、形觉剥夺(form-deprivation)<sup>[2,3]</sup>和光线诱导<sup>[4,5]</sup>等近视造模方法在豚鼠上的应用日趋成熟。豚鼠基因组草图也已经完成(<http://genome.ucsc.edu/index.html>),为基因方面的研究提供了方便的平台。目前,针对不同豚鼠品系屈光性状进行比较,对不同模型进行评估的研究还很有限。Zmu-1;DHP 是浙江大学实验动物中心经过 20 多年近交选育的豚鼠品系,我们在实验中发现,相对于其他品系,该品系自发性近视高发<sup>[6,7]</sup>。为了解 Zmu-1;DHP 豚鼠品系的屈光发展规律,本文选择 Zmu-1;DHP 和 DHP 两个豚鼠品系互为对照,对断奶后两个豚鼠品系的屈光状态和眼球径进行测定和分析。从而,为豚鼠近视模型的建立和相关研究提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物

清洁级 Zmu-1;DHP 和 DHP 豚鼠,3 周龄,体重 140 - 180 g,购自浙江大学实验动物中心[SCXK(浙)2012-0052],动物实验内容及操作均获浙江大学动物实验伦理委员会审批许可[ZJU2015-496-04],在浙江大学实验动物中心清洁级屏障实验设施中进行[SYXK(浙)2012-0178]。

### 1.2 主要仪器

红外偏心摄影验光仪(eccentric infrared photoretinoscope, EIR),实验室自行搭建;角膜曲率计(OM. 4, Topcon, Japan),实验室改良<sup>[8]</sup>;A 超测定仪(AVISO Echograph Class I-Type Bat, Quantel Medical, Clermont-Ferrand, France);条栅视力仪,实验室自主研制<sup>[9]</sup>。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 屈光度测定

在暗室中,将豚鼠置于检测台上,待测眼对准验光仪的光源。调整豚鼠位置使 Purkinje 影像位于瞳孔中央,待瞳孔和屈光状态稳定时,记录屈光值。连续测量三次,取平均值。

#### 1.3.2 眼轴长、前房深度、晶体厚度和玻璃体腔深度测定

豚鼠眼睛滴入一滴 0.5% 盐酸丙美卡因(Alcon, Puurs, Belgium),使用 A 超探头测量眼轴长等性状。设置超声在眼球内不同介质的传播速度,前房 1557.5 m/s,晶状体 1723.3 m/s,玻璃体 1540 m/s。每眼重复测量 10 次,取平均值。

#### 1.3.3 曲率测定

一人固定豚鼠,另一人操作改良角膜曲率计,使光标清晰,并且呈正圆形,然后调整曲率计进行读数。每只眼连续测量 3 次,记录水平和垂直 2 条子午线的度数,测量时间控制在 5 min 之内<sup>[8]</sup>。

#### 1.3.4 视力测定

将豚鼠放于条栅视力仪转鼓中央的台上,通过豚鼠视动反应来测量其条栅视力<sup>[9]</sup>。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 16.0 软件,品系、眼别、周龄等因素对屈光性状的影响采用多因素方差分析,多重比较使用 Post Hoc,两组间比较采用 *t-test*,相关性分析采用 correlation analysis。

## 2 结果

### 2.1 两个品系豚鼠 3 周龄时屈光状态

3 周龄,Zmu-1;DHP 和 DHP 两个品系豚鼠屈光度统计见表 1。

### 2.2 两个品系豚鼠 4 ~ 12 周龄的屈光发育和眼球生长情况

分别在 4、6、8、10 和 12 周龄时,两个品系豚鼠组间屈光状态、眼轴长和玻璃体腔深度差异极显著( $P < 0.01$ ),Zmu-1;DHP 品系豚鼠的眼轴长和玻璃体腔深度高于 DHP 品系( $P < 0.01$ )。两个品系豚鼠 4 ~ 12 周龄测定的屈光参数见表 2。

### 2.3 两个品系豚鼠 4 ~ 12 周龄屈光参数变化

多因素方差分析,眼别对各个屈光参数影响均不显著,而年龄、品系影响显著,不同测定方向对曲率值影响显著。4 ~ 12 周龄,Zmu-1;DHP 品系豚鼠屈光状态随周龄变化差异有显著性( $P < 0.01$ )。随着周龄的增长,其近视度数不断加深,但增速放缓。Post Hoc 分析,8、10、12 周屈光度极显著高于 4 周龄( $P < 0.01$ ),10、12 周龄屈光度显著高于 6 周龄( $P < 0.05$ )。DHP 品系豚鼠屈光度随周龄变化差异无显著性( $P = 0.97$ ),各周龄间未出现显著差异。屈

光状态变化见图 1。周龄对 Zmu-1;DHP 和 DHP 两个品系豚鼠屈光参差变化影响差异均无显著性 ( $P = 0.64, 0.53$ )。多重比较,两品系内不同周龄间均未见显著性差异。Zmu-1;DHP 品系豚鼠各个周龄屈光参差  $> 1.5$  D, DHP 品系各周龄均未达到。4 ~

12 周内,两个品系豚鼠眼轴长增长极显著。Zmu-1;DHP 豚鼠品系,每个周龄都比前一周龄增长达到显著或者极显著水平。DHP 豚鼠品系,8 到 10 周龄眼轴增长差异无显著性 ( $P = 0.07$ ),其他周龄增长极显著,眼轴长变化见图 2。

表 1 3 周龄 Zmu-1;DHP 和 DHP 品系豚鼠屈光度比较

Tab. 1 Comparison of refractive powers between the 3-week-old Zmu-1;DHP and DHP guinea pigs

品系 Strains	样本数 No.	屈光度 (D) Dioptry	近视/% Myopia/%	屈光参差 $\geq 1.5$ D/% Anisometropia /%
Zmu-1;DHP	327	$-5.19 \pm 3.92$	85.12	69.23
DHP	117	$2.13 \pm 4.40^{**}$	22.65	45.87

注: \*\* 表示组间差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

Note. \*\* indicates significant difference at the level of 0.01.

表 2 Zmu-1;DHP 和 DHP 品系豚鼠 4 ~ 12 周龄屈光度、曲率和眼轴组分比较

Tab. 2 Comparison of diopter, corneal curvature and axial components between the Zmu-1;DHP and DHP guinea pig strains at 4 - 12 weeks of age

屈光参数 Ocular parameter	品系 Strains	4 周 4 weeks	6 周 6 weeks	8 周 8 weeks	10 周 10 weeks	12 周 12 weeks
屈光度 Diopter	I ( $n = 12$ )	$-9.09 \pm 4.36$	$-11.91 \pm 5.38$	$-14.42 \pm 6.12$	$-15.36 \pm 6.65$	$-16.25 \pm 7.76$
屈光参差 Anisometropia	II ( $n = 8$ )	$4.47 \pm 1.23^{**}$	$4.45 \pm 1.24^{**}$	$3.95 \pm 0.86^{**}$	$4.28 \pm 1.14^{**}$	$4.23 \pm 0.82^{**}$
眼轴长 AL	I ( $n = 12$ )	$1.65 \pm 1.85$	$2.10 \pm 2.34$	$3.04 \pm 2.96$	$2.60 \pm 2.55$	$2.88 \pm 2.69$
AL	II ( $n = 8$ )	$1.25 \pm 1.40$	$1.47 \pm 0.82$	$0.84 \pm 0.61$	$1.13 \pm 1.13$	$0.78 \pm 0.63^*$
曲率 1 CRC 1	I ( $n = 12$ )	$8.45 \pm 0.17$	$8.73 \pm 0.20$	$8.96 \pm 0.19$	$9.08 \pm 0.24$	$9.29 \pm 0.29$
CRC 1	II ( $n = 8$ )	$8.14 \pm 0.09^{**}$	$8.28 \pm 0.08^{**}$	$8.48 \pm 0.09^{**}$	$8.67 \pm 0.07^{**}$	$8.75 \pm 0.08^{**}$
曲率 2 CRC 2	I ( $n = 12$ )	$3.48 \pm 0.07$	$3.60 \pm 0.08$	$3.69 \pm 0.07$	$3.75 \pm 0.09$	$3.79 \pm 0.10$
CRC 2	II ( $n = 8$ )	$3.52 \pm 0.08$	$3.58 \pm 0.08$	$3.74 \pm 0.07$	$3.82 \pm 0.09^*$	$3.90 \pm 0.09^{**}$
散光 stigmatism	I ( $n = 12$ )	$3.42 \pm 0.09$	$3.52 \pm 0.10$	$3.60 \pm 0.09$	$3.62 \pm 0.09$	$3.75 \pm 0.09$
stigmatism	II ( $n = 8$ )	$3.41 \pm 0.05$	$3.54 \pm 0.10$	$3.66 \pm 0.10$	$3.74 \pm 0.09^{**}$	$3.85 \pm 0.08^{**}$
前房深度 ACD	I ( $n = 12$ )	$2.20 \pm 1.32$	$2.31 \pm 1.60$	$2.48 \pm 1.49$	$3.38 \pm 1.64$	$1.58 \pm 1.83$
ACD	II ( $n = 8$ )	$3.24 \pm 1.65^*$	$2.04 \pm 1.56$	$2.20 \pm 1.16$	$1.85 \pm 1.10^{**}$	$2.14 \pm 1.60$
晶体厚度 LT	I ( $n = 12$ )	$1.05 \pm 0.07$	$1.11 \pm 0.07$	$1.12 \pm 0.07$	$1.14 \pm 0.06$	$1.17 \pm 0.07$
LT	II ( $n = 8$ )	$1.10 \pm 0.05^*$	$1.09 \pm 0.04$	$1.12 \pm 0.05$	$1.19 \pm 0.05^{**}$	$1.17 \pm 0.08$
玻璃体腔深度 VCD	I ( $n = 12$ )	$3.86 \pm 0.08$	$4.01 \pm 0.07$	$4.16 \pm 0.08$	$4.30 \pm 0.12$	$4.40 \pm 0.09$
VCD	II ( $n = 8$ )	$3.83 \pm 0.07$	$3.99 \pm 0.07$	$4.14 \pm 0.07$	$4.22 \pm 0.07^*$	$4.30 \pm 0.07^{**}$
		$3.54 \pm 0.17$	$3.61 \pm 0.20$	$3.68 \pm 0.19$	$3.70 \pm 0.24$	$3.73 \pm 0.25$
		$3.21 \pm 0.07^{**}$	$3.20 \pm 0.08^{**}$	$3.21 \pm 0.08^{**}$	$3.27 \pm 0.07^{**}$	$3.27 \pm 0.05^{**}$

注: (1) 品系 I, 表示 Zmu-1;DHP 品系, 品系 II 表示 DHP 品系; (2) 曲率 1 为与子午线相同方向的眼球曲率, 曲率 2 为与子午线垂直方向的眼球曲率; (3) AL: Axial length; CRC: Radius of corneal curvature; ACD: Anterior chamber dept; LT: Lens thickness; VCD: Vitreous chamber depth; (4) \*\* 表示组间差异极显著 ( $P < 0.01$ ), \* 表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note. (1) Strain I: means Zmu-1;DHP; strain II, means DHP; (2) Corneal curvature 1: Corneal curvature of the horizontal meridian; corneal curvature 2: Corneal curvature of the vertical meridian; (3) AL: Axial length; CRC: Radius of corneal curvature; ACD: Anterior chamber depth; LT: Lens thickness; VCD: Vitreous chamber depth; (4) \*\* indicates significant difference at the level of 0.01, \* indicates significant difference at the level of 0.05.

多因素方差分析,不同轴向对曲率测定值影响显著,因此,分别统计分析两个轴向的曲率,而未采用两者平均值进行分析。4 ~ 12 周龄,两个豚鼠品系在两个轴向的曲率增长极显著 ( $P < 0.01$ ),两个品系豚鼠在子午线方向上测定的曲率值大于垂直方向。4 ~ 12 周龄,Zmu-1;DHP 品系豚鼠散光随周龄变化差异有显著性 ( $P < 0.05$ ),而 DHP 品系差异无显著性 ( $P = 0.07$ )。

曲率变化见图 3。

## 2.4 两个品系豚鼠屈光状态与其他性状的相关性分析

结合散点图,对两个品系豚鼠屈光状态与曲率和眼轴各组作偏相关分析 (partial correlation analysis),见表 3。另外,曲率 1 和曲率 2 高度相关,在 Zmu-1;DHP 和 DHP 品系相关系数分别为 0.88 和 0.92 ( $P < 0.01$ )。

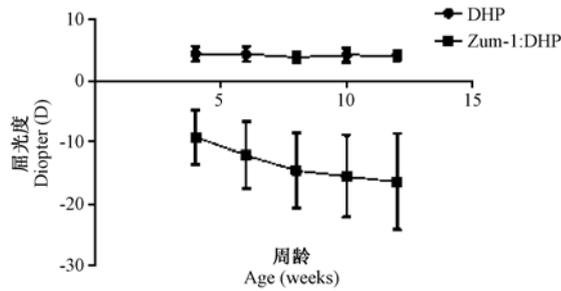


图 1 4~12 周龄间的屈光发育

Fig. 1 The refractive development of the guinea pigs at 4~12 weeks of age

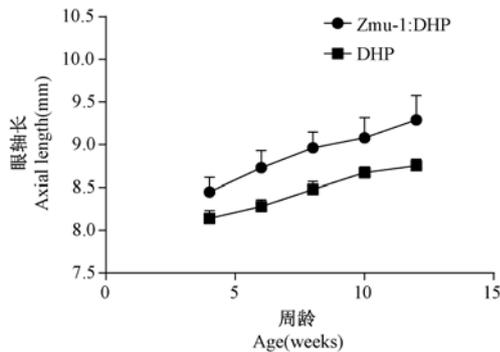


图 2 4~12 周龄眼轴长变化

Fig. 2 Changes of the eye axial length in the guinea pigs at 4~12 weeks of age

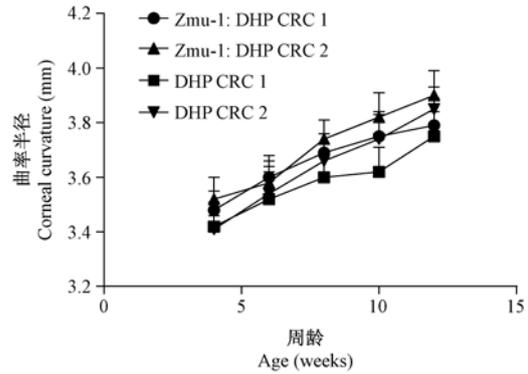


图 3 4~12 周龄角膜曲率变化

Fig. 3 Changes of the corneal curvature in the guinea pigs at 4~12 weeks of age

### 2.5 两个品系豚鼠视力

随着年龄的增长,两个品系豚鼠视力均下降。其中,DHP 品系下降显著( $P < 0.01$ ),见表 4。

## 3 讨论

### 3.1 品系对豚鼠屈光性状的影响

本文对断奶后 Zmu-1:DHP 和 DHP 两个豚鼠品系进行屈光状态的测定分析,发现两品系表现迥异。Zmu-1:DHP 品系豚鼠,3 周龄近视自发率为 85.1%,4~12 周龄,近视不断加深,不能够完成正视化过程;屈光参差超过 1.5 D,达到了病理性的标

表 3 Zmu-1:DHP 和 DHP 豚鼠屈光状态与曲率和眼轴各组分的相关性分析

Tab. 3 The correlation between the diopter, corneal curvature and axial components in the Zmu-1:DHP and DHP strains

屈光度 Refraction	眼轴长 AL	曲率 1 CRC 1	曲率 2 CRC 2	前房深度 ACD	晶体厚度 LT	玻璃体腔深度 VCD
屈光度 a	$r$ -0.79	0.06	0.31	-0.26	-0.3	-0.75
Refraction a	$p$ 0	0.5	0	0.01	0	0
屈光度 b	$r$ -0.19	-0.04	0.16	-0.06	-0.12	-0.34
Refraction b	$p$ 0.09	0.72	0.16	0.6	0.31	0

注释:(1) $r$  表示相关系数, $p$  表示显著性概率;(2)屈光度 a 表示 Zmu-1:DHP 品系的屈光度,屈光度 b 表示 DHP 品系的屈光度。

Note. (1)  $r$  means correlation coefficient,  $p$  means significant level; (2) Refraction a means refraction of the Zmu-1:DHP strain; Refraction b means refraction of the DHP strain.

表 4 两个品系豚鼠视力比较

Tab. 4 Comparison of grating acuity between the two guinea pig strains

品系 Strains	3 周龄 3 weeks	12 周 12 weeks
DHP	2.78 ± 0.48	2.10 ± 0.79
Zmu-1:DHP	1.51 ± 1.29**	1.20 ± 0.98**

注:\*\*表示组间差异有显著性( $P < 0.01$ )。

Note. \*\* indicates significant difference at the level of 0.01.

准。DHP 品系,近视低发,屈光度发展稳定。Jiang<sup>[6]</sup>曾报道白化的豚鼠品系 2 周龄近视率为 70.1%,对照有色品系近视率为 28.6%;经过 2~4 周离焦诱导,白化的近视豚鼠变得比有色的近视豚鼠更加近视;经过 2~4 周形觉剥夺诱导,有色的近

视豚鼠的近视进一步加深,而白化的近视豚鼠却不能<sup>[7]</sup>。Jodi<sup>[10]</sup>研究来航鸡的屈光发育规律发现,白来航鸡孵化第 6 天,屈光度为 -1.9D,28 d 时为 -2.6 D,未能完成正视化,而对照组正常来航鸡孵化后第 6 天为 5.1 D,28 d 时为 0.5 D,基本完成正视化。王瑞卿<sup>[11]</sup>对英国种短毛三色豚鼠进行检影测定,出生时为远视 5.25 ± 0.22 D,到 11 周时近视为 1.34 ± 0.61 D,完成正视化。本实验使用自行搭建的红外偏光验光仪测定 DHP 豚鼠,4~12 周龄屈光度基本稳定,10、12 周龄屈光度为 4.28 ± 1.14 D 和 4.23 ± 0.82 D。Zhou<sup>[8]</sup>曾报道认为正常的豚鼠 3

周龄已经完成正视化。不同的豚鼠品系屈光性状可能存在不同,这一现象在小鼠近视模型中也存在。Machelle<sup>[12]</sup>分析使用小鼠进行近视研究的文献,发现相同年龄的 C57BL/6J 小鼠在不同实验室测定的屈光度差距很大。这提示我们在制作近视动物模型开展相关研究时,一定要选择遗传背景清楚,繁育规范的实验动物。Zmu-1;DHP 品系豚鼠近视高发,为近视机理研究提供了一种很好的自发性动物模型。

### 3.2 眼球性状对 Zmu-1;DHP 品系豚鼠屈光度的影响

本实验相关性分析,Zmu-1;DHP 品系豚鼠的屈光状态与眼轴长高度负相关,相关系数  $-0.79 (P < 0.01)$ ;屈光度与子午线垂直方向的眼球曲率相关系数为  $0.31 (P < 0.01)$ ,而与子午线方向眼球曲率相关系数为  $0.062 (P = 0.50)$ 。DHP 品系豚鼠屈光状态与眼轴长、曲率相关系数较小。可以推测,Zmu-1;DHP 品系豚鼠的近视与眼轴长高度负相关,与曲率的相关性较小,为眼球前后径生长过快的轴性近视。Zmu-1;DHP 品系豚鼠的屈光状态与玻璃体腔深度相关系数  $-0.75 (P < 0.01)$ ,远高于前房深度(相关系数  $-0.30$ )和晶体厚度(相关系数  $-0.30$ )。DHP 品系豚鼠的屈光度与玻璃体腔深度相关系数  $-0.34 (P < 0.01)$ ,而与前房深度(相关系数  $-0.06$ )、晶体厚度(相关系数  $-0.12$ )相关性不显著。可以推测,豚鼠屈光的变化与玻璃体腔深度的增加密切相关,近视品系 Zmu-1;DHP 相关性更高。相关研究有王瑞卿<sup>[11]</sup>发现正常幼年豚鼠正视化过程主要与玻璃体腔深度的变化相关。Louis Tong<sup>[13]</sup>采用多元回归分析新加坡学生近视情况,认为近视与玻璃体腔深度的过度增长相关。McBrien<sup>[14]</sup>研究认为,眼球结构改变造成成年人的近视和近视加深的主要结构因素是玻璃体腔深度的延长。Rabsilber<sup>[15]</sup>调查分析认为在正视和近视人群中,前方深度没有差异。Zmu-1;DHP 品系豚鼠的近视可能是眼轴长的过度生长,特别是玻璃体腔深度的过度增加造成,而角膜曲率、前房深度和晶体厚度对其的影响较小。相对于实验诱导的眼球生长加速模型,其可以作为自然动物模型,对眼球生长过快致病理性近视,进行眼球生长调控的分子机理研究。

### 参 考 文 献

[ 1 ] Howlett MH, McFadden SA. Spectacle lens compensation in the

- pigmented guinea pig [J]. *Vision Res*, 2009, 49(2): 219-27.
- [ 2 ] Lu F, Zhou XT, Zhao HL, et al. Axial myopia induced by a monocularly-deprived facemask in guinea pigs: a non-invasive and effective model [J]. *Exp Eye Res*, 2006, 82(4): 628-636.
- [ 3 ] Howlett MH, McFadden SA. Form-deprivation myopia in the guinea pig (*Cavia porcellus*) [J]. *Vision Res*, 2006, 46(1-2): 267-283.
- [ 4 ] 邸悦, 刘睿, 褚仁远, 等. 频闪光诱导视觉异常性豚鼠近视模型 [J]. *中国实验动物学报*, 2012, 820(4): 48-52.
- [ 5 ] Di Y, Liu R, Chu RY, et al. Myopia induced by flickering light in guinea pigs: a detailed assessment on susceptibility of different frequencies [J]. *Int J Ophthalmol*. 2013, 6(2): 115-119.
- [ 6 ] Jiang LI, Schaeffel F, Zhou X, et al. Spontaneous axial myopia and emmetropization in a strain of wild-type guinea pig (*Cavia porcellus*) [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009, 50(3): 1013-1019.
- [ 7 ] Jiang LI, Long K, Schaeffel F, et al. Disruption of emmetropization and high susceptibility to deprivation myopia in albino guinea pigs [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011, 52(9): 6124-6132.
- [ 8 ] Zhou XI, Qu J, Xie R, et al. Normal development of refractive state and ocular dimensions in guinea pigs [J]. *Vision Res*. 2006, 46(18): 2815-2823.
- [ 9 ] 施明光, 蒋丽琴, 周纯. 学龄前儿童的条栅视力观察 [J]. *中华眼科杂志*, 2006, 9: 788-791.
- [ 10 ] Rymer J, Choh V, Bharadwaj S, et al. The albino chick as a model for studying ocular developmental anomalies, including refractive errors, associated with albinism [J]. *Exp Eye Res*, 2007, 85(4): 431-442.
- [ 11 ] 王瑞卿, 赵海岚, 胡娱新, 等. 正常幼年豚鼠视觉发育的正视化过程 [J]. *吉林大学学报:医学版*, 2008, 34(1): 19-23.
- [ 12 ] Pardue MT, Stone RA, Iuvone PM. Investigating mechanisms of myopia in mice [J]. *Exp Eye Res*. 2013, 114: 96-105.
- [ 13 ] Tong L, Wong EH, Chan YH, et al. A multiple regression approach to study optical components of myopia in Singapore school children [J]. *Ophthalmol Physiol Opt*. 2002, 22(1): 32-37.
- [ 14 ] McBrien NA, Adams DW. A longitudinal investigation of adult-onset and adult-progression of myopia in an occupational group. Refractive and biometric findings [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1997, 38(2): 321-333.
- [ 15 ] Rabsilber TM, Becker KA, Frisch IB, et al. Anterior chamber depth in relation to refractive status measured with the Orbscan II Topography System [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2003, 29(11): 2115-2121.

[ 收稿日期 ] 2015-11-30