

邵春荣, 曲小露, 戴子淳, 等. 去势和外源雄激素对扬州公鹅肉质性状的影响[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(3): 748-755.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2022.03.021

## 去势和外源雄激素对扬州公鹅肉质性状的影响

邵春荣, 曲小露, 戴子淳, 朱欢喜, 陈蓉, 施振旦, 雷明明

(江苏省农业科学院畜牧研究所/农业农村部种养结合重点实验室, 江苏 南京 210014)

**摘要:** 本研究选取 144 只 150 日龄的新品种扬州公鹅为研究对象, 研究去势对公鹅肉质性状的影响。结果表明, 240 日龄去势鹅胸肌和腿肌肌纤维横截面积显著低于对照组, 去势鹅腿肌剪切力显著低于对照组, 而去势鹅肌肉脂肪含量明显高于对照组。饲喂丙酸睾酮后腿肌肌纤维横截面积增大, 肌肉脂肪含量下降。基因表达研究结果显示, 在 240 日龄去势鹅腿肌组织中 *PPAR $\gamma$* 、*RXRG*、*FASN* 和 *A-FABP* 的表达量上升, 显著高于对照组, 而饲喂丙酸睾酮后 *PPAR $\gamma$* 、*FASN* 和 *A-FABP* 的表达水平显著下降。*MYOG* 在对照组胸肌和腿肌组织中的表达量显著高于去势组。这些研究结果说明, 去势能显著提高鹅肌间脂肪沉积, 降低肌肉横截面积和肌肉剪切力, 提高肉品质。

**关键词:** 睾丸摘除(去势); 扬州公鹅; 肉质性能; 肌间脂肪

**中图分类号:** S835 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2022)03-0748-08

## Effects of caponization and exogenous androgen on meat quality of Yangzhou ganders

SHAO Chun-rong, QU Xiao-lu, DAI Zi-chun, ZHU Huan-xi, CHEN Rong, SHI Zhen-dan, LEI Ming-ming  
(Key Laboratory of Crop and Animal Integrated Farming, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Institute of Animal Science, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** In this study, 144 150-day-old Yangzhou ganders were selected as the research objects to explore the effects of caponization on meat quality of Yangzhou ganders. The results showed that the cross-sectional area of breast and leg muscles in the caponized group was significantly lower than that in the control group at 240 d, and the shear force of leg muscle in the caponized group was significantly lower than that in the control group, while the content of intramuscular fat in the caponized group was significantly higher than that in the control group. After supplementation with testosterone propionate, the intramuscular fat content decreased and the cross-sectional area of leg muscle fibers increased. The results of gene expression showed that the expression levels of *PPAR $\gamma$* , *RXRG*, *FASN* and *A-FABP* in leg muscle of the caponized geese at 240 d were significantly higher than those of the control group. After supplementation with testosterone propionate, the expression levels of *PPAR $\gamma$* , *FASN* and *A-FABP* decreased significantly. The expression levels of *MYOG* in the control group were significantly higher than those in the caponized group. In conclusion, caponization can significantly improve intermuscular fat deposition of goose, reduce muscle cross-sectional area and muscle shear force, and improve meat quality.

收稿日期: 2021-10-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31972551); 滁州市科技计划项目(2020ZN016); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-42-20)

作者简介: 邵春荣(1964-), 男, 江苏无锡人, 学士, 副研究员, 研究方向为动物遗传育种与繁殖内分泌。(E-mail) njscr@163.com

通讯作者: 雷明明, (E-mail) mm0529@163.com

After supplementation with testosterone propionate, the expression levels of *PPAR $\gamma$* , *FASN* and *A-FABP* decreased significantly. The expression levels of *MYOG* in the control group were significantly higher than those in the caponized group. In conclusion, caponization can significantly improve intermuscular fat deposition of goose, reduce muscle cross-sectional area and muscle shear force, and improve meat quality.

**Key words:** caponization; Yangzhou gander; meat quality performance; intermuscular fat

睾酮是一种类固醇性激素,由雄性的睾丸组织间质细胞分泌,肾上腺亦分泌少量睾酮。有研究表明,睾酮可以刺激生殖系统、肌肉、骨骼和结缔组织的生长<sup>[1-2]</sup>,促进和维持第二性特征发育<sup>[3-4]</sup>。去势是一种人为摘除雄性动物腹腔内睾丸的一种方法。去势后睾酮缺乏或睾酮水平降低,第二性征(鸡冠、肉瘤、打架行为和发声等)退化<sup>[5]</sup>,但可以改善肉质风味<sup>[6]</sup>。研究结果表明,去势增加公鸡的活体质量,降低腿肌质量<sup>[5-7]</sup>,在17周和22周时,肉鸡大腿肌肉减少,17周时胸肌增加<sup>[8]</sup>。从腹部、皮下和肌肉脂肪的角度来看,去势也会导致整体脂肪积累增加<sup>[9-11]</sup>,肌间脂肪积累增多<sup>[12-14]</sup>,鸡肌肉嫩度提高。

公鹅去势后性情温顺,生长发育快<sup>[15]</sup>。皖西白鹅公鹅去势后体质量明显增加,平均每只增质量1 000 g以上<sup>[16]</sup>。但是,对去势公鹅肉质方面的研究相对较少。本研究拟以150日龄新品种扬州鹅公鹅为研究对象,通过手术方法摘除公鹅腹腔双侧睾丸同时饲喂丙酸睾酮,研究去势和外源雄激素对公鹅肉品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 动物种群与试验设计

本试验选用144只扬州鹅公鹅(150日龄),饲养于安徽天之骄鹅业有限公司(安徽省全椒市)。鹅只平均活质量( $4.75 \pm 0.20$ ) kg,地面种群密度为 $1 \text{ m}^2$  4只。整个试验分为2个阶段,第一阶段是从150日龄到210日龄,试验时长60 d。该阶段鹅群分为2组:去势组和对照组。去势组( $n=96$ 只,分为2栏,每栏48只,每栏分为3个亚群,每个亚群16只):参考Chen等<sup>[5]</sup>的方法通过手术摘除双侧睾丸。对照组( $n=48$ 只,分为3个亚群,每个亚群16只):只在鹅腹部划一处 $1 \text{ cm}^2$ 的伤口,但不摘除睾丸。180日龄和210日龄时对照组随机抽取10只鹅屠宰,去势组每栏随机抽取5只鹅屠宰。第二阶段从210日龄到240日龄,试验时长30 d。该阶段鹅群分为3组:对照组、去势组和睾酮组。该阶段从去势组中选一栏饲喂丙酸睾酮作为睾酮组,另一栏去势组及对照组不变,每组选留30只鹅,每个组分为3个亚群,每个亚群10只。在睾酮组中,每只去

势鹅每天饲喂5 mg/kg的丙酸睾酮[西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司产品],丙酸睾酮溶解在芝麻油中并与饲料混合,饲喂30 d。在240日龄时,每个组随机抽取10只鹅屠宰。所有鹅都自由采食和自由饮水。

### 1.2 样本采集和肉质性状测定

屠宰后将双侧胸大肌和单侧右腿肌剥离称质量,并在相同位置测定肌肉pH值、剪切力、肌肉亮度值、肌肉红度值、肌肉黄度值、蒸煮损失、胸肌总蛋白和脂肪含量,腿肌总蛋白和脂肪含量。在每只鹅左胸肌和左腿肌相同位置取小块肌肉,经多聚甲醛固定后用于肌肉组织石蜡块的制备。同时采集胸肌和腿肌组织样本放进液氮中速冻2 h以上,然后保存在 $-80^\circ\text{C}$ 超低温冰箱。

### 1.3 肌肉组织石蜡切片制作和肌纤维横截面积测定

用4%多聚甲醛溶液分别固定24只鹅的胸肌和腿肌组织。待组织固定好后,从每个样品中切取 $0.125 \text{ cm}^3$ 的组织块,置于体积分数为50%、70%、85%、95%和100%的5种不同浓度的乙醇溶液中逐级脱水,接着置于二甲苯溶液中进行透明处理,最后置于石蜡中进行透蜡处理并制备成石蜡块。根据试验需要,将石蜡块切成 $5 \mu\text{m}$ 厚的切片,固定于载玻片上,用苏木精-伊红染色。将切片置于光学显微镜下观察、拍照,用motic digilab II测量软件计算胸肌和腿肌的横截面积。

### 1.4 RNA分离、引物合成和定量实时PCR

采用动物组织总RNA提取试剂盒[天根生化科技(北京)有限公司产品]提取总RNA, RNA纯度要求: $OD_{260}/OD_{280} \geq 1.8$ 并且 $OD_{260}/OD_{230} \geq 1.0$ 。根据GenBank数据库的基因序列,使用Primer 5.0软件([www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/Primer-blast/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/Primer-blast/))设计基因特异性引物(表1)。定量实时PCR试验参考文献[17]的方法。不同基因在组织中的相对表达水平用 $2^{-\Delta\Delta C_t}$ 法计算。

### 1.5 统计分析

所有数值均以平均值 $\pm$ 标准差表示。使用SPSS软件进行统计分析。采用单因素方差分析法分析各个组间的差异,用最小二乘法进行多重比较。所有图片使用GraphPad Prism V8.0软件绘制。

表 1 定量 PCR 引物信息表

Table 1 Primers information for quantitative PCR

基因	登录号	引物序列(5'→3')	产物长度 (bp)	基因	登录号	引物序列(5'→3')	产物长度 (bp)
<i>β-actin</i>	M26111.1	F: TGACGCAGATCATGTTTGAGA R: GCAGAGCGTAGCCCTCATAG	159	<i>RXRG</i>	XM_013190163.1	F: TGCCGGGACAACAAAGACTG R: CCGCTCCCTGCTCCTCTG	135
<i>LEPR</i>	HQ699480.1	F: TCCTTCAGAACACGCCTCCTAGT R: GCGGCGTCTTGACCTTG	118	<i>FASN</i>	XM_013197939	F: TGCCCAGCTTCATGCCTATCT R: CGGCAGATTTTCAGCAAGGATAT	174
<i>AR</i>	XM_013196119	F: GCCCCACGGAGGAGCAA R: GGCCAGCACACACCACAG	117	<i>A-FABP</i>	HQ833815	F: GAGCTGGGTCTGGGATTTG R: TCTGCTGTGGTCTCATCAAACCTC	165
<i>INSR</i>	XM_013195217.1	F: GGGGCTCTCCAACGAACAG R: GGCGCATTTTGGGGTTGT	128	<i>PAX7</i>	XM_013198564.1	F: CCTGGGCGACAAGGTAACA R: TGCTCAGCGGTGAAAGCTGG	111
<i>SOCS3</i>	KP238281.1	F: CCGGCACCTTCTCATCAG R: CCGGCGGCATGTAGTGAT	198	<i>MYOG</i>	KT290042.1	F: CGCCGCCTGAAGAAGGTGAA R: CCTGCTGGTTGAGGGTGCTGA	156
<i>SCD</i>	HQ197924	F: CCGCGTCCACCACAAGTTC R: CGGCCTTTATGTCGCTCAG	152	<i>HGF</i>	XM_013180475.1	F: GGGGCAGGGTGAGGGCTAC R: TCCGGATGTTTGGGTCAGTAGTA	200
<i>PCK1</i>	XM_013190722	F: GCGGCTGTCTATTGGGAAGG R: TGCGGCTCCAAATATTATCC	179	<i>MYOD</i>	XM_013198567.1	F: TGGCCATTACAAGCTGACAG R: GGGGTAACAGAGGGCTTTG	180
<i>SQLE</i>	XM_013185051.1	F: CCCGACAGGATAGTTGGAGAA R: CGCTCACTACACGGCCATCT	187	<i>NPY</i>	XM_013171758	F: GGGCACGCTGGCAGAAG R: GGGCTTGATCTCTTTCATACCT	144
<i>ACC</i>	XM_013193462	F: GCGCAGGCACAGAAGATTAT R: GCCCGCGCTCACATATCC	121	<i>AgRP</i>	XM_013176448	F: CCCGAGCCAATGTACACAGC R: CCCGGCGCTCATCTTCTG	172
<i>PPAR<math>\gamma</math></i>	KJ019822	F: GCCTTGCTGTGGAATGTAC R: GGCAAGTGCTCGCAGATCAG	137	<i>POMC</i>	XM_013184389	F: GGGCCGCAAGAGGAGACC R: TGGGGAAGTCGAGGGAGC	128
<i>IGFIR</i>	NM_205032	F: AACATTAGCAGAGCAGCCGTACC R: AGCACATGCGCATCAGTTCA	128				

## 2 结果与分析

### 2.1 去势和外源雄激素对公鹅肉品质的影响

由表 2 可知, 180 日龄时去势组胸肌剪切力显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 210 日龄和 240 日龄去势组鹅腿肌的剪切力显著低于对照组和睾酮组 ( $P < 0.05$ )。180 日龄去势组鹅胸肌黄度值显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 胸肌的亮度值和红度值差异不显著。240 日龄去势组腿肌的蒸煮损失低于对照组和睾酮组 ( $P < 0.05$ )。

### 2.2 去势和外源雄激素对公鹅肌间脂肪和总蛋白质含量的影响

从图 1 看出, 180 日龄和 210 日龄时胸肌和腿肌的肌间脂肪和总蛋白质含量在不同组别之间差异不显著。240 日龄时, 去势组胸肌和腿肌中肌内脂

肪含量显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。饲喂睾酮后, 胸肌和腿肌的肌间脂肪含量下降, 显著低于去势组 ( $P < 0.05$ ), 与对照组差异不显著。240 日龄去势组鹅胸肌总蛋白质含量显著低于对照组和睾酮组 ( $P < 0.05$ ), 腿肌总蛋白质含量与对照组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 去势和外源雄激素对公鹅肌纤维横截面积的影响

从图 2 可以看出, 胸肌和腿肌肌纤维石蜡切片质量良好。由图 3 可看出, 在 240 日龄时对照组公鹅胸肌肌纤维横截面积最大, 显著大于去势组 ( $P < 0.05$ )。去势鹅在饲喂睾酮 30 d 后, 胸肌肌纤维横截面积显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 与去势组间差异不显著。在 240 日龄时对照组鹅腿肌肌纤维横截面积最大, 显著大于去势组 ( $P < 0.05$ )。去势鹅在饲喂

睾酮 30 d 后,腿肌肌纤维横截面积增大,显著大于去势组 ( $P<0.05$ ),与对照组差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 2 去势和外源雄激素对不同日龄公鹅肉质性状的影响

Table 2 Effects of caponization and exogenous androgen on meat quality of ganders at 180 d, 210 d and 240 d

肉质性状	组别	胸肌			腿肌		
		180 日龄	210 日龄	240 日龄	180 日龄	210 日龄	240 日龄
pH 值	对照组	5.49±0.02a	5.56±0.09a	5.41±0.01a	6.30±0.09a	6.19±0.08a	6.20±0.07a
	去势组	5.51±0.03a	5.51±0.05a	5.49±0.13a	6.36±0.14a	6.21±0.06a	6.23±0.10a
	睾酮组			5.49±0.23a			6.09±0.06a
剪切力(N)	对照组	58.49±3.55a	65.15±7.70a	71.25±2.68a	53.06±5.49a	56.77±4.27a	52.41±2.57a
	去势组	66.61±1.09b	58.05±6.26a	70.52±2.08a	50.08±5.14a	39.92±4.49b	38.13±4.50b
	睾酮组			76.30±2.81a			47.49±3.44a
黄度值	对照组	0.86±0.25a	1.05±0.35a	1.19±0.20a	1.49±0.28a	0.99±0.42a	0.78±0.15a
	去势组	1.55±0.29b	1.31±0.21a	0.92±0.42a	1.77±0.13a	1.00±0.09a	0.97±0.27a
	睾酮组			0.85±0.30a			0.88±0.14a
亮度值	对照组	33.10±0.72a	32.97±1.12a	31.09±0.72a	33.58±0.87a	29.52±0.73a	30.45±0.55a
	去势组	35.17±0.93a	34.95±1.03a	32.19±1.32a	33.93±0.64a	30.74±0.57a	30.79±0.79a
	睾酮组			29.77±1.13a			30.06±0.35a
红度值	对照组	19.78±0.61a	18.92±1.27a	19.70±0.53a	20.66±0.49a	19.96±0.39a	18.26±0.54a
	去势组	20.44±0.49a	19.37±0.47a	19.46±0.66a	20.73±0.52a	18.32±0.56b	18.77±0.44a
	睾酮组			19.35±0.77a			18.56±0.42a
蒸煮损失(%)	对照组	13.08±0.76a	14.13±0.88a	16.06±1.26a	6.38±0.89a	7.69±2.19a	9.21±0.86a
	去势组	13.13±0.74a	14.72±1.03a	14.69±0.52a	6.09±1.01a	6.52±0.86a	6.44±1.26b
	睾酮组			13.41±1.01a			9.03±1.22a

对照组:公鹅 150 日龄进行腹腔假手术,不摘除睾丸;去势组:公鹅 150 日龄进行腹腔手术,摘除睾丸;睾酮组:随机挑选去势鹅在 210 日龄时饲喂丙酸睾酮。同一指标同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

#### 2.4 去势鹅胸肌和腿肌组织中基因表达变化

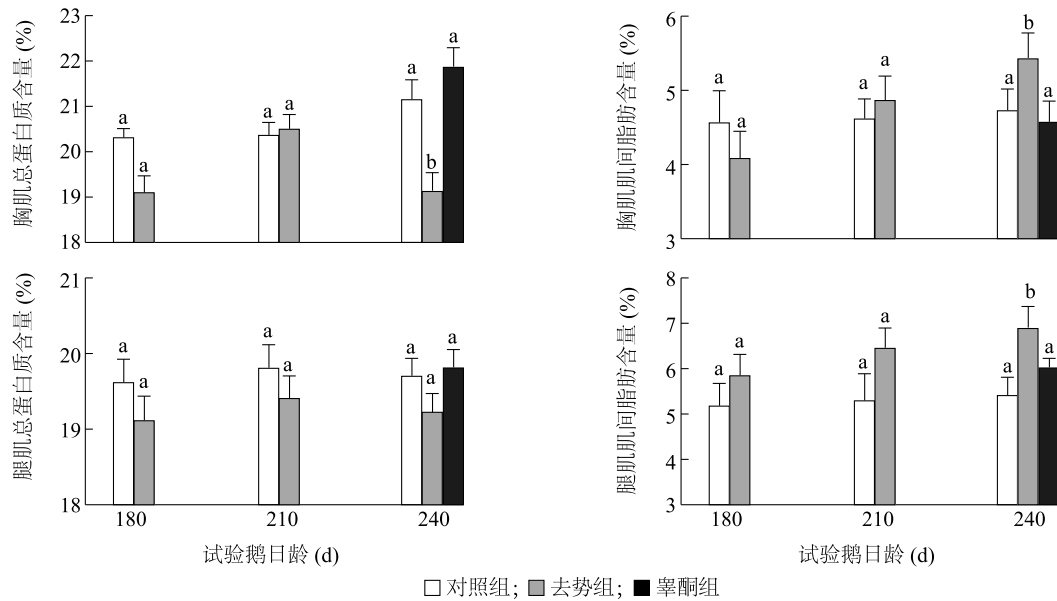
从图 4 和图 5 可以看出,去势鹅胸肌和腿肌组织中细胞信号抑制因子 3 (*SOCS3*) 表达水平显著上调 ( $P<0.05$ ),在饲喂睾酮后 *SOCS3* 表达水平显著下调 ( $P<0.05$ )。研究还发现,过氧化物酶体增长因子基因 (*PPAR $\gamma$* )、视黄素 X 受体基因 (*RXR $\alpha$* )、脂肪酸合成酶基因 (*FASN*) 和脂肪型脂肪酸结合蛋白基因 (*A-FABP*) 在去势鹅腿肌组织中的表达显著高于对照组 ( $P<0.05$ ),饲喂睾酮后,腿肌组织中 *PPAR $\gamma$* 、*FASN* 和 *A-FABP* 的表达水平下降并显著低于去势组 ( $P<0.05$ )。 *FASN* 和 *A-FABP* 在去势鹅胸肌组织中的表达显著高于对照组 ( $P<0.05$ ),饲喂睾酮后,胸肌组织中 *FASN* 表达水平下降并显著低于去势组 ( $P<0.05$ ),而 *A-FABP* 的表达水平与去势组差异不显著。肌细胞生成素 (*MYOG*) 基因表达量在对照组胸肌组织中最高,显著高于去势组和睾酮组 ( $P<0.05$ )。而腿肌

组织中,对照组 *MYOG* 基因表达量显著高于去势组 ( $P<0.05$ ),但与睾酮组差异不显著 ( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

蒸煮损失、肉色、pH、剪切力是肉质评定的主要指标<sup>[18-19]</sup>。本研究结果表明,去势对扬州公鹅肌肉蒸煮损失和剪切力影响较大,对肌肉的亮度、红度和黄度影响较小。去势鹅肌肉剪切力下降主要与肌纤维横截面积缩小有关。随着年龄的增长肌纤维横截面积不断增大,剪切力也增大<sup>[20]</sup>。朱砺等<sup>[21]</sup>的研究结果显示,肌纤维直径越小,肌肉越嫩。本研究去势组中公鹅胸肌和腿肌组织中 *MYOG* 的表达水平低于对照组,这说明去势组中肌纤维的分化和增殖受到抑制,导致腿肌肌纤维面积低于对照组。这些结果表明,去势显著影响肌纤维横截面积,进而影响肌肉剪切力。

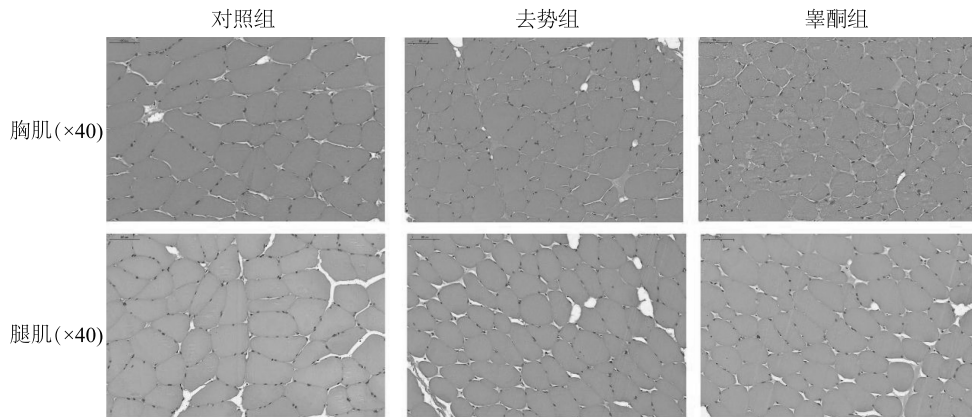




对照组、去势组、睾酮组见表 2 注。图中相同日龄不同组间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 1 去势和外源雄激素对公鹅胸肌和腿肌肌间脂肪含量和总蛋白质含量的影响

Fig.1 Effects of caponization and exogenous androgen on intermuscular fat and total protein of breast and leg muscles in ganders



对照组、去势组、睾酮组见表 2 注。

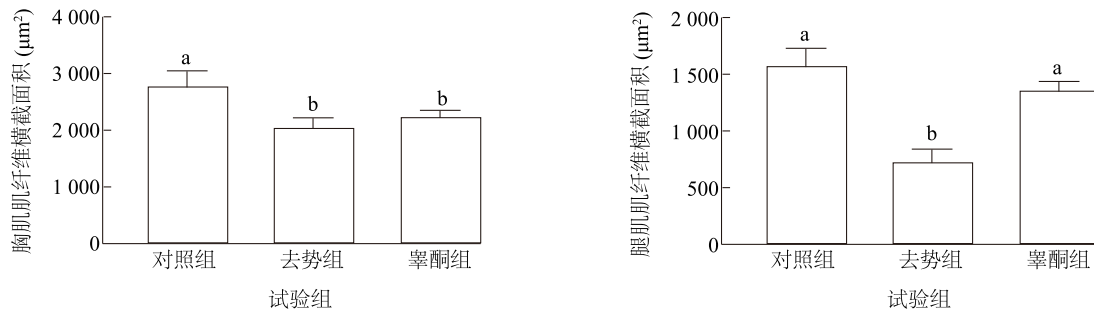
图 2 公鹅 240 日龄时胸肌和腿肌肌纤维组织学观察

Fig.2 Histological observation on muscle fibers of breast and leg muscles in ganders at 240 d

去势对肉质性状的影响主要与雄激素有关。雄激素参与蛋白质代谢,可促进蛋白质合成,调控肌肉的生长<sup>[22]</sup>。雄激素浓度高时肌肉生长较快,反之肌肉生长较慢<sup>[23-24]</sup>。本研究中扬州公鹅去势后,由于睾丸被摘除,雄激素浓度急剧下降,肌肉中 *MYOG* 表达下调。本研究还发现,240 日龄去势组胸肌的总蛋白质含量显著低于对照组,饲喂睾酮促进肌肉生长,胸肌的总蛋白质含量增加。Cui 等<sup>[25]</sup>在北京油鸡公鸡去势试验中发现,睾酮通过细胞连接下游

信号通路参与脂肪生成相关基因 *PPAR* 的表达,抑制脂肪沉积。Guo 等<sup>[26]</sup>对广西黄公鸡的研究结果表明,睾酮水平降低时促进脂肪生成相关基因(包括 *PPARγ*、*FASN* 和 *A-FABP*)表达水平上调,促进肌间脂肪沉积。研究表明,高浓度睾酮抑制雄性大鼠前脂肪细胞的增殖和分化<sup>[27-28]</sup>。因此,去势后雄激素低水平或者缺乏可以抑制肌纤维分化,提高肌间脂肪含量,提高肌肉品质。

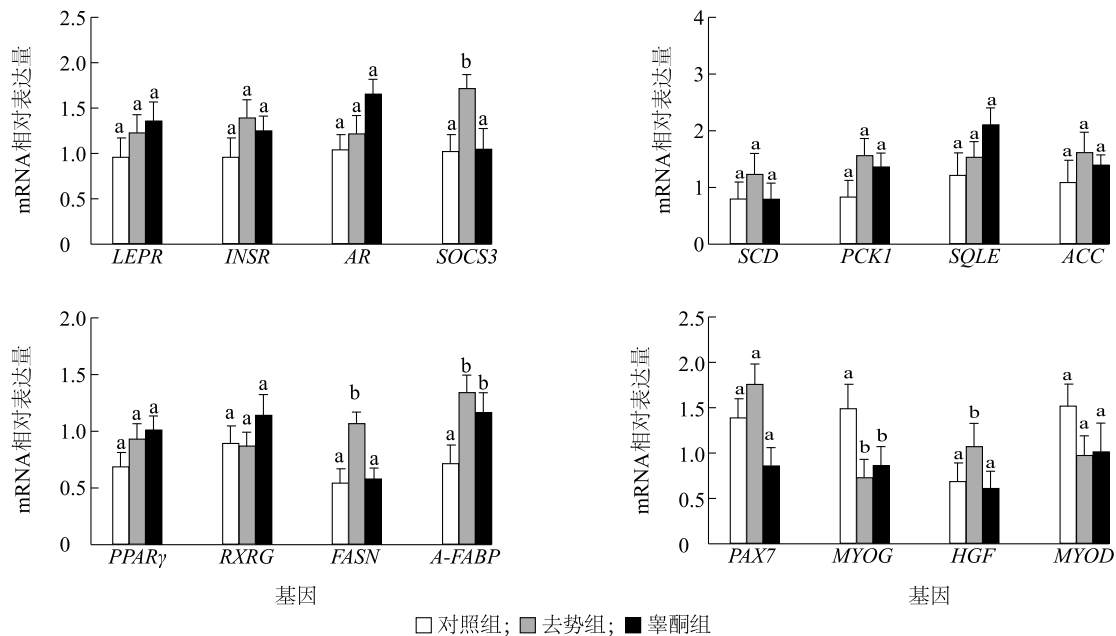
研究表明,睾酮水平降低和瘦素耐受可能是



对照组、去势组、睾酮组见表2注。图中不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图3 去势和外源雄激素对公鹅肌纤维横截面积的影响

Fig.3 Effects of caponization and exogenous androgen on cross-sectional area of muscle fibers in ganders



LEPR:瘦素受体基因;AR:雄激素受体基因;INSR:胰岛素受体基因;SOCS3:细胞信号抑制因子3基因;SCD:硬脂酰 CoA 去饱和酶基因;PCK1:磷酸烯醇丙酮酸羧激酶1基因;SQLE:角鲨烯环氧酶基因;ACC:乙酰辅酶A 羧化酶基因;PPARγ:过氧化物酶体增殖剂激活受体γ亚基基因;RXRG:视黄素X受体基因;FASN:脂肪酸合成酶基因;A-FABP:脂肪型脂肪酸结合蛋白基因;PAX7:Pax基因7;MYOG:肌细胞生成素基因;HGF:肝细胞生长因子基因;MYOD:生肌决定因子基因。对照组、去势组、睾酮组见表2注。图中相同基因不同组间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

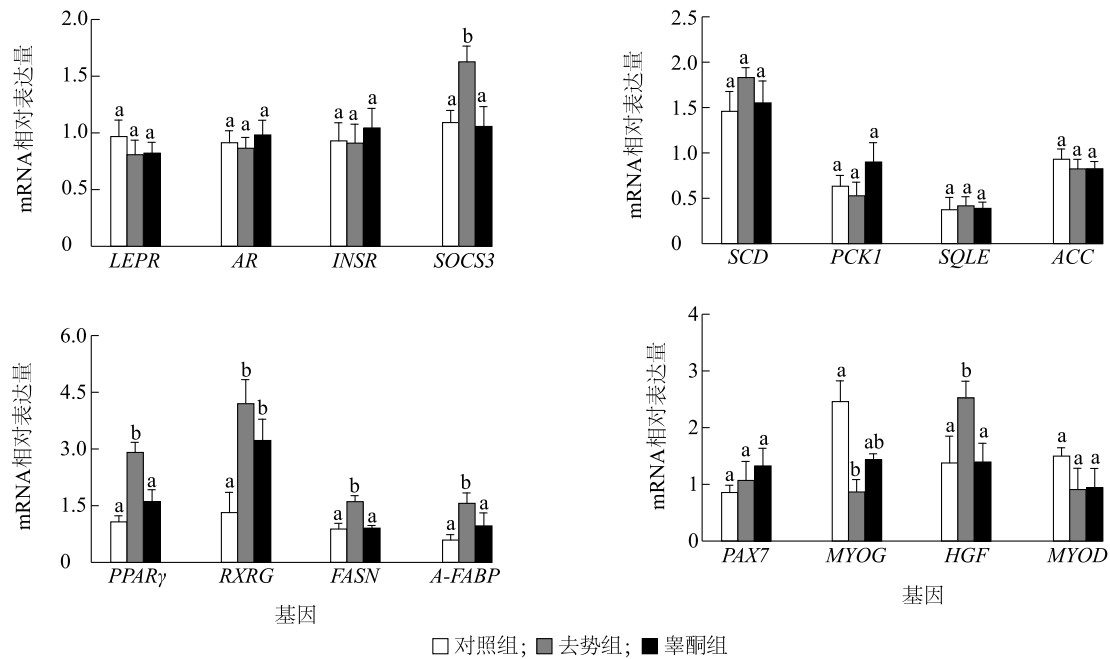
图4 去势鹅胸肌组织基因表达变化

Fig.4 Changes of gene expression in breast muscle tissues of caponized geese

动物去势后脂肪沉积增多的主要原因<sup>[29-30]</sup>。Baltaci等<sup>[29]</sup>研究发现,老鼠去势后随着睾酮水平降低,血液中瘦素浓度显著上升,进而导致瘦素耐受,采食和脂肪沉积增多<sup>[30]</sup>。瘦素耐受主要是SOCS3负反馈调控瘦素受体信号的结果<sup>[31]</sup>。Ernst等<sup>[32]</sup>研究发现,老鼠下丘脑中转录激活蛋白信号的不断升高可以提高SOCS3的表达水平,而高水平的SOCS3可以抑制瘦素受体信号传导。本研究发现,扬州公鹅去势后胸肌和腿肌组织中SOCS3表达水平显著上调,同时发现

FASN和A-FABP等基因的mRNA表达水平也上调。这个结果和前人研究的结果一致。

本研究用摘除扬州鹅公鹅腹腔双侧睾丸的方法,对去势公鹅的肉质性状、肌间脂肪、肌肉总蛋白含量以及肌纤维横截面积等指标进行研究,结果表明,去势能显著提高公鹅肉质,降低肌肉纤维横截面积、肌肉剪切力和总蛋白质含量,提高肌间脂肪含量。饲喂睾酮后,腿肌肌肉剪切力增强,肌间脂肪含量降低,肌肉总蛋白质含量增多。



*LEPR*:瘦素受体基因;*AR*:雄激素受体基因;*INSR*:胰岛素受体基因;*SOCS3*:细胞信号抑制因子3基因;*SCD*:硬脂酰 CoA 去饱和酶基因;*PCK1*:磷酸烯醇丙酮酸羧激酶1基因;*SQLE*:角鲨烯环氧酶基因;*ACC*:乙酰辅酶A羧化酶基因;*PPARγ*:过氧化物酶体增殖剂激活受体γ亚基基因;*RXRG*:视黄素X受体基因;*FASN*:脂肪酸合成酶基因;*A-FABP*:脂肪型脂肪酸结合蛋白基因;*PAX7*:*Pax*基因7;*MYOG*:肌细胞生成素基因;*HGF*:肝细胞生长因子基因;*MYOD*:生肌决定因子基因。对照组、去势组、睾酮组见表2注。图中相同基因不同组间不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图5 去势鹅腿肌组织基因表达变化

Fig.5 Changes of gene expression in leg muscle tissues of caponized geese

## 参考文献:

- [1] GIAGULLI V A, CASTELLANA M, PELUSI C, et al. Androgens, body composition, and their metabolism based on sex [J]. *Front Horm Res*, 2019, 53: 18-32.
- [2] KRAEMER W J, RATAMESS N A, HYMER WC, et al. Growth hormone(s), testosterone, insulin-like growth factors, and cortisol: roles and integration for cellular development and growth with exercise [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2020, 11: 1-25.
- [3] KATZNELSON L, FINKELSTEIN J S, SCHOENFELD D A, et al. Increase in bone density and lean body mass during testosterone administration in men with acquired hypogonadism [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 1996, 81(12): 4358-4365.
- [4] WANG H, ANDOH K, HAGIWARA H, et al. Effect of adrenal and ovarian androgens on type 4 follicles unresponsive to FSH in immature mice [J]. *Endocrinology*, 2001, 142(11): 4930-4936.
- [5] CHEN K L, CHI W T, CHIOU P W. Caponization and testosterone implantation effects on blood lipid and lipoprotein profile in male chickens [J]. *Poult Sci*, 2005, 84(4): 547-552.
- [6] AMORIM A, RODRIGUES S, PEREIRA E, et al. Physicochemical composition and sensory quality evaluation of capon and rooster meat [J]. *Poult Sci*, 2016, 95(5): 1211-1219.
- [7] RIKIMARU K, TAKAHASHI H, NICHOLS M A. An efficient method of early caponization in slow-growing meat-type chickens [J]. *Poult Sci*, 2011, 90(8): 1852-1857.
- [8] 崔小燕,王杰,刘杰,等.去势对北京油鸡鸡冠发育、屠宰性能及脂肪代谢的影响[J].*畜牧兽医学报*, 2016, 47(7): 1414-1421.
- [9] CHEN K L, CHI W T, CHU C, et al. Effect of caponization and testosterone implantation on hepatic lipids and lipogenic enzymes in male chickens [J]. *Poult Sci*, 2007, 86(8): 1754-1759.
- [10] SYMEON G K, CHARISMIADOU M, MANTIS F, et al. Effects of caponization on fat metabolism-related biochemical characteristics of broilers [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2013, 97(1): 162-169.
- [11] DUAN J, SHAO F, SHAO Y, et al. Androgen inhibits abdominal fat accumulation and negatively regulates the *PCK1* gene in male chickens [J]. *PLoS One*, 2013, 8(3): 1-10.
- [12] CUI X, CUI H, LIU L, et al. Decreased testosterone levels after caponization leads to abdominal fat deposition in chickens [J]. *BMC Genomics*, 2018, 19(1): 1-10.
- [13] MU X, CUI X, LIU R, et al. Identification of differentially expressed genes and pathways for abdominal fat deposition in ovariectomized and sham-operated chickens [J]. *Genes*, 2019, 10(2): 1-11.

- [14] MAYES J S, AND WATSON G H. Direct effects of sex steroid hormones on adipose tissues and obesity [J]. *Obes Rev*, 2004, 5 (4): 197-216.
- [15] 张德晨,张 丽. 公鹅阉割育肥好[J]. 养殖技术顾问, 2001 (6):9.
- [16] 王俊帮,余贵成,王延林,等. 提高皖西白鹅公鹅养殖效益的关键技术研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(30):14734-14736.
- [17] LEI M M, WU S Q, LI X W, et al. Leptin receptor signaling inhibits ovarian follicle development and egg laying in chicken hens [J]. *Reprod Biol Endocrin*, 2014, 12:1-12.
- [18] 张伟力, HUIS J H. 季节和屠宰日对商品猪胴体和肉质性状的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 1995(6):12-14.
- [19] 李 龙, 蒋守群, 郑春田, 等. 不同品种黄羽肉鸡肉品质比较研究 [J]. 中国家禽, 2015, 37(21):6-11.
- [20] 章 杰, 李学伟, 文勇立. 肌纤维与肉质的关系 [J]. 猪业科学, 2013, 30(3):116-118.
- [21] 朱 砺, 李学伟, 李芳琼, 等. 肌纤维生长发育规律的研究 [J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(1):46-48.
- [22] ANTINOZZI C, MARAMPON F, SGRÒ P, et al. Comparative study of testosterone and vitamin D analogue, elocalcitol, on insulin-controlled signal transduction pathway regulation in human skeletal muscle cells [J]. *J Endocrinol Invest*, 2019, 42 (8): 897-907.
- [23] ZAWACKA M, MURAWSKA D, GESEK M. The effect of age and castration on the growth rate, blood lipid profile, liver histology and feed conversion in Green-legged Partridge cockerels and capons [J]. *Animal*, 2017, 11(6): 1017-1026.
- [24] GHANIM H, DHINDSA S, BATRA M, et al. Effect of testosterone on FGF2, MRF4 and myostatin in hypogonadotropic hypogonadism; relevance to muscle growth [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2019, 104(6): 2094-2102.
- [25] CUI X, CUI H, LIU L, et al. Decreased testosterone levels after caponization leads to abdominal fat deposition in chickens [J]. *BMC Genomics*, 2018, 19: 1-10.
- [26] GUO X, NAN H, SHI D, et al. Effects of caponization on growth, carcass, and meat characteristics and the mRNA expression of genes related to lipid metabolism in roosters of a Chinese indigenous breed [J]. *J Anim Sci*, 2015, 60: 327-333.
- [27] LEE H K, LEE J K, CHO B. The role of androgen in the adipose tissue of males [J]. *World J Mens Health*, 2013, 31(2): 136-140.
- [28] REN X, FU X, ZHANG X, et al. Testosterone regulates 3T3-L1 pre-adipocyte differentiation and epididymal fat accumulation in mice through modulating macrophage polarization [J]. *Biochem Pharmacol*, 2017, 15(140): 73-88.
- [29] BALTACI A K, MOGULKOC R, OZTURK A. Testosterone and zinc supplementation in castrated rats: effects on plasma leptin levels and relation with LH, FSH and testosterone [J]. *Life Sci*, 2006, 78(7): 746-752.
- [30] JOHNSON J A, SAL C, NAIR L. Testosterone interacts with the feedback mechanisms engaged by Tyr985 of the leptin receptor and diet-induced obesity [J]. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2012, 132 (3-5): 212-219.
- [31] PAN W, ALLISON M B, SABATINI P, et al. Transcriptional and physiological roles for STAT proteins in leptin action [J]. *Mol Metab*, 2019, 22: 121-131.
- [32] ERNST M B, WUNDERLICH C M, HESS S, et al. Enhanced Stat3 activation in POMC neurons provokes negative feedback inhibition of leptin and insulin signaling in obesity [J]. *J Neurosci*, 2009, 29(37): 11582-11593.

(责任编辑:陈海霞)