

DOI: 10.1360/yc-007-1089

MyoG 基因多态性与优质肉鸡屠宰性状和肉质性状的相关性分析

王琼¹, 刘益平¹, 蒋小松², 杨朝武¹, 杜华瑞², 邱莫寒¹, 朱庆¹

1. 四川农业大学动物科技学院, 雅安 625014;
2. 四川省畜牧科学研究院, 成都 610066

摘要: 采用 PCR-SSCP 分析方法, 对 8 个品系 240 只个体的大恒优质肉鸡进行了 *MyoG* 基因 5' 调控区的研究。结果表明, *MyoG* 基因 5' 调控区存在 A、B 2 个多态位点, 结合测定的生产资料, 分析了该基因 5' 调控区两个变异位点产生的基因型之间在屠宰性状和肉质性状的差异并进行了最小二乘分析和显著性检验。表明 *MyoG* 基因对鸡的肌纤维生长发育有显著的正相关。

关键词: 鸡; *MyoG* 基因; PCR-SSCP; 屠体性状; 肉质性状; 相关分析

Correlation analysis of relationships between polymorphisms of high quality chicken myogenin gene and slaughter and meat quality traits

WANG Qiong¹, LIU Yi-Ping¹, JIANG Xiao-Song², YANG Chao-Wu¹, DU Hua-Rui², QIU Mo-Han¹, ZHU Qing¹

1. Animal Science and Technology College of Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, China;
2. Sichuan Province Institute of Animal Husbandry Research, Chengdu 610066, China

Abstract: PCR-SSCP technique was designed in this study to investigate the effect of *MyoG* on quality meat chicken (developed by Sichuan Dahan Poultry Breeding Company using local breeds). Four mutations at base position in promoter were detected among individuals in each line, i.e. T/C in locus A and T/A, T/C and A/G in locus B. The least square analysis showed that there were a significant difference between genotypes and breast muscle percentage and some carcass traits ($P < 0.05$) for locus A. There were a significant difference ($P < 0.05$) in breast muscle weight between AC, AA and AB genotypes; a significant difference ($P < 0.05$) in leg muscle percentage between CC and AC for locus B, and a extremity significant difference ($P < 0.01$) in the frequency of genotype muscle Fibre Density for Bothlocus A to locus B. There was no significant difference ($P > 0.05$) in the other traits. It was concluded from the results that *MyoG* gene is the major gene affecting the muscle fiber traits of chicken or it links with the candidate gene, and the mutation could be used as the molecular genetic marker to select the chickens for Meat Quality traits.

Keywords: chicken; *MyoG* gene; PCR-SSCP; carcass traits; meat traits; correlation analysis

动物肌纤维的发育在胚胎形成过程中就完成, 并受到 *MyoD* 基因家族的调控。因此, 关于肌纤维的

收稿日期: 2006-12-01; 修回日期: 2007-04-05

基金项目: 四川省畜禽育种攻关项目资助(编号: 01NG002-06) [Supported by the Province Key Technologies R & D Program of Livestock and Poultry Breeding in Sichuan (No. 01NG002-06)]

作者简介: 王琼 (1980-), 女, 四川宣汉人, 硕士研究生, 专业方向: 家禽遗传育种。E-mail: goldensky365@yahoo.com.cn

通讯作者: 朱庆 (1959-), 男, 重庆市人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 家禽遗传育种。E-mail: zhuqing@sicau.edu.cn

分子研究也较多地集中在 *MyoD* 基因家族。*MyoD* 基因家族有 4 种结构上相关的基因, 即 *MyoD1*、肌细胞生成素 (*myogenin*, *MyoG*)、*Myf-5* (*myofactar-5*) 和 *Myf-6* (*myofactar-6*)。这些基因编码螺旋-环-螺旋 (*basic-helix-loop-helix*, *bHLH*) 蛋白, 通过调节肌肉分化阶段特异性蛋白的表达来参与肌细胞的决定和分化^[1-5]。其中 *Myf-5* 和 *MyoD1* 在成肌细胞增殖过程中表达; 肌细胞生成素 (*MyoG*) 在胎儿发育中起作用, 在分化的末期表达; 而 *Myf-6* 主要在出生后表达, 参与成年动物肌肉形成量的调节。成肌细胞的增殖率和增殖的时间长短及启动分化的时间都影响肌纤维形成的数量, 也就影响瘦肉生长的最大潜能^[6]。*MyoD1* 的多态性与肌肉的修复过程有关^[7] 在鹌鹑中发现启动分化的延迟与肌纤维的肥大有关^[8]。

对于猪的 *MyoD* 基因家族研究结果表明^[9], *MyoG* 基因座位的变异^[10] 会影响肌纤维数, 与出生重、生长率和屠体重有关^[11]。因此我们将与肉质性状密切相关的基因 *MyoG* 作为影响家禽肌肉发育的候选基因加以研究。将传统和现代分子遗传学方法结合起来运用于畜禽育种实践必将极大地提高选择效率及进一步提畜生产性能。

1 材料和方法

1.1 实验材料

本试验所用优质肉鸡全部来自四川省畜牧科学院家禽所、四川大恒家禽育种有限公司。共 8 个群体, 包括 5 个新品系纯系, 为 S01、S02、S03、S05、D99, 3 个杂交组合, 为 S01 × D99、S01 × S10、S01 × S05, 每个群体各选公母 15 只, 饲养全阶段由专人管理, 单笼饲养, 管理及营养水平一致, 自由采食, 达到适宜上市体重和日龄时屠宰。结合屠宰测定进行采样, 翅静脉采取血样, EDTA 抗凝, 编号后于 -20℃ 保存; 取全胸肌样, 编号后冷冻保存, 速送至四川农业大学动物营养研究所进行肉质分析及测定; 取 1 cm × 2 cm × 3 cm 胸肌样, 编号固定后福而马林液保存, 备切片用。

1.2 实验方法

1.2.1 PCR 扩增

由全自动核酸提取仪提取 DNA。根据 GenBank 发表的序列 (AF487518) 用 primer5 结合 oligo6 设计引物, 并由宝生物工程(大连)有限公司合成。引物序列及 PCR 产物长度如下:

F1: 5'-ggtggtgtgtgggaatggtgct-3';

R1: 5'-ccggctttgtctctaatcct-3'; 203 bp。

F2: 5'-aaaccatcccatctgtgc-3';

R2: 5'-catcatctggtcccttcagtt-3'; 236 bp。

PCR 扩增条件: 95℃ 4 min, 33 × (95℃ 40 s, 56℃ 45 s, 72℃ 55 s), 72℃ 10 min。

1.2.2 SSCP 分析

3 μL PCR 产物与 0.5 μL 6 × Loading buffer 混匀, 95℃ 变性 15 min 后, 立即冰浴 5 min 后点样, 10% 聚丙烯酰胺, 室温下电压 160 V 8 h, 电泳结束后进行银染显色。

1.2.3 PCR 产物的测序

采用宝生物工程(大连)有限公司的胶回收试剂盒纯化 PCR 扩增产物, 然后送上海英骏生物技术有限公司进行正反向直接测序。

1.3 数据的统计分析

1.3.1 遗传多态性分析

根据实验结果计算各品系群体中不同等位基因的基因型频率与基因频率分布情况, 多态信息含量 (*PIC*) 用于对标记基因多态性的估计。*PIC* > 0.5 为高度多态; 0.25 < *PIC* < 0.5 为中度多态; *PIC* < 0.25 为低度多态。

$$PIC = 1 - \left(\sum_{i=1}^n P_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n 2P_i^2 P_j^2 \right)$$

其中 *i*, *j* 为第 *i*, *j* 个等位基因; *P_i* 和 *P_j* 分别为第 *i* 和第 *j* 个等位基因的频率; *n* 为等位基因数。

1.3.2 统计分析

所有数据用 SAS 软件包 (SAS Institute Inc, SAS 6.12, 1996) 的常规线性模型并建立 DBF 数据库分析各基因座位的基因型频率和基因频率在品种间的差异性。

1.3.3 各基因位点的遗传效应分析

对所测数据采用 SAS 软件进行重复数不等的方差分析, 以分析各基因位点的遗传效应。基因型效应统计分析模型如下:

$$\text{模型: } Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + G_k + E_{ijk} + b_{jk}X$$

其中: *Y_{ijk}*: 个体屠宰及肉质性状的观测值; *μ*: 屠宰及肉质性状的群体均值; *A_i*: 第 *i* 个品系效应 (*i* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8); *B_j*: 性别效应 (*j* = 1, 2, 分别为公鸡与母鸡); *G_k*: 第 *k* 个基因型效应 (*k* 分别对应各位点基因型); *E_{ijk}*: 随机参差效应; *b_{jk}*: 影响屠体重的回归系数 *X*: 屠体重 (协变量)。对于

胸肌重、胸肌率、腿肌重、腿肌率、腹脂重、腹脂率以及皮下脂肪厚等性状, 本应将屠体重作为协变量放在模型中, 因为屠体重对这些性状有一定影响。但是本研究所得到的实验材料均来自同一饲养场, 在饲养过程中进行了选择和淘汰, 所用鸡只整齐度高, 屠体重几乎一致, 故在模型中忽略。

运用 GLM 程序计算不同基因型屠宰性状、肉质性状的最小二乘均值和标准误, 同时进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 PCR-SSCP 结果

通过 PCR-SSCP 分析, 发现 *MyoG* 基因 5' 调控区 A 位点检测到 3 种基因型。通过 PCR-SSCP 分析, 发现 *MyoG* 基因 5' 调控区 B 位点检测到 6 种基因型。

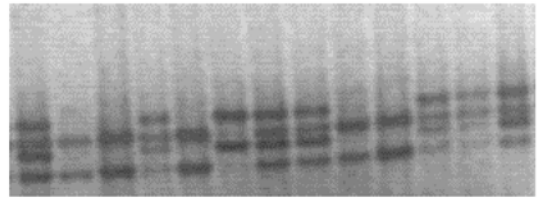


图 1 *MyoG* 基因 5' 调控区 A 位点 PCR-SSCP 电泳结果
Fig. 1 The electrophoresis of PCR-SSCP

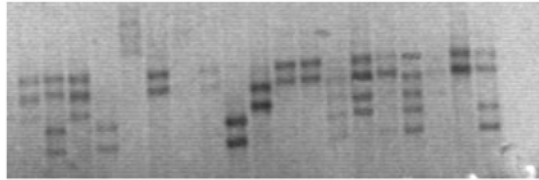


图 2 *MyoG* 基因 5' 调控区 B 位点 PCR-SSCP 电泳结果
Fig. 2 The electrophoresis of PCR-SSCP

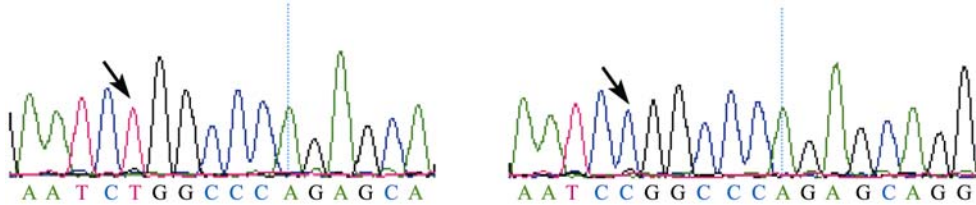


图 3 *MyoG* 5' 调控区 154 位点 T/T 纯合型 G/G 纯合型测序图
箭头所指为 154 位点。

Fig. 3 The sequencing result of T/T homozygote and G/G homozygote in the 154 site in 5' control region of *MyoG*
The arrow indicates the 154 site.

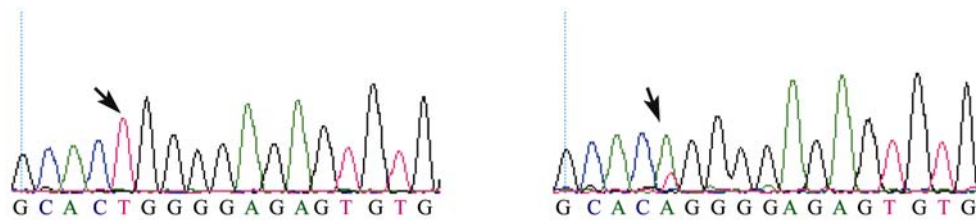


图 4 *MyoG* 5' 调控区 348 位点 T/T 纯合型 A/T 杂合型测序图
箭头所指为突变位点。

Fig. 4 The sequencing result of T/T homozygote and A/T heterozygosis in the 348 site in 5' control region of *MyoG*
The arrow indicates the 348 site.

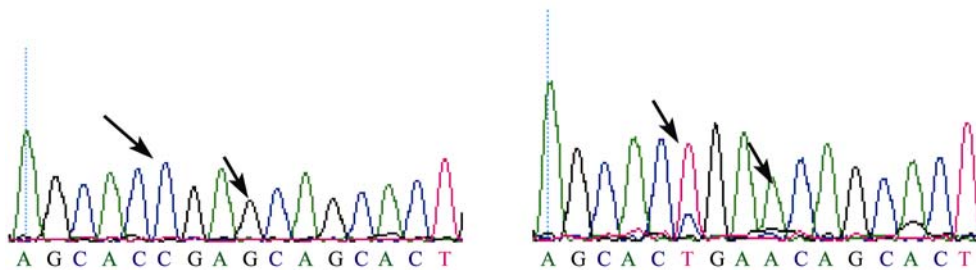


图 5 *MyoG* 5' 调控区 425 位点 C/C 纯合型, C/T 杂合型; 428 位点 G/G, A/A 纯合型测序图
箭头所指为突变位点。

Fig. 5 The sequencing result of C/C homozygote and C/T heterozygosis in 425 site; G/G and A/A homozygote in 428 site in 5' control region of *MyoG*
The arrow indicates the mutable point.

2.2 测序结果

取 PCR 产物进行直接测序, 测序结果经 DNA-STAR6.0 比对发现在 5 调控区 A 位点中出现 T-C(154)突变、B 位点中出现 T-A(348), T-C(425), A-G(428)突变。

2.3 MyoG 基因 5 调控区的 PCR-SSCP 遗传多态性分析

对 8 个群体的供试个体进行遗传指标的统计, 包括纯合度(H_o), 杂合度(H_e), 有效等位基因数(N_e), 多态信息含量(PIC)。等位基因频率除 S03 品系个体外均是 B 等位基因占优势。该位点的 PIC 含量均在 0.25 与 0.5 之间。而 $0.25 < PIC < 0.5$ 的位点表现出中度多态。该位点在各个群体中的 PIC 含量表现比较一致, 最大值为 S01 × S05 杂交组合, $PIC = 0.4286$, 最小值为 S01 × D99 杂交组合, $PIC = 0.3198$ 。就 B 位点而言, 该位点不同基因型在各品系间的独立性检验结果显示, 这 8 个品系间分布差异极显著 ($P < 0.01$)。 PIC 含量均在 0.5 以上 $PIC > 0.5$ 表现出高度多态。该位点在各群体中的 PIC 含量表现基本一致, 最大值为 S01 × S10 杂交组合, $PIC = 0.662$, 在最小值为 S05 和 S03, $PIC = 0.563$ 。说明该位点在各群体中出现多态的几率较大。

2.4 MyoG 基因 5 调控区 PCR-SSCP 多态性与屠宰性状的相关性分析

对 MyoG 基因 A 位点基因型与屠宰性状进行最小二乘分析, 结果见表 3、表 4。可以看出, AA 和 BB 基因型与 AB 基因型间的胸肌率差异显著 ($P < 0.05$), 其余性状间差异均不显著 ($P > 0.05$)。A 等位基因对屠体重、活重、胸肌重、胸肌率、腿肌重、腿肌率、皮下脂肪厚有正向的加性效应。其加性效应值分别为 41g、40.5g、6.21g、0.10%、13.04g、0.34 和 0.02%。而对半净堂、全净堂、腹脂重和腹脂率有负向效应。效应值为 0.16%、0.10%、0.21g 和 0.07%, B 等位基因则起相反的效应。就 B 位点而言, CC 基因型个体与 AB、AC、BC 基因型个体之间的全净堂率差异显著 ($P < 0.05$); AC 基因型个体与 AA 和 AB 基因型个体间胸肌重差异显著 ($P < 0.05$); AC 基因型个体与 AA、CC 基因型个体之间的胸肌率差异显著 ($P < 0.05$); CC 基因型个体与 AC 基因型个体之间腿肌率差异显著 ($P < 0.05$)。由上述结果可见, MyoG 基因 5 调控区两个多态位点对鸡屠宰性状的胸肌重, 胸肌率以及腿肌重腿肌率均有显著的相关性。因此, 可以推出该基因可能与家禽肌纤维生长发育有重要的关联性。

表 1 鸡 MyoG 基因 5' 调控区 A 位点基因型频率和等位基因频率及遗传多态指标

Table 1 The genotypes, allele frequencies and genetic parameters of MyoG gene 5' control region A site in eight populations of chickens

品系 Strains	基因型频率 Genotype frequency			等位基因频率 Allele frequency		多态指标			
	AA	AB	BB	A	B	H_o	H_e	ENA	PIC
S03 (27)	0.185 (5)	0.741 (20)	0.074 (2)	0.056	0.444	0.506	0.494	1.976	0.372
S02 (29)	0.103 (3)	0.414 (12)	0.483 (14)	0.310	0.690	0.572	0.428	1.749	0.337
D99 (27)	0.111 (3)	0.370 (10)	0.519 (14)	0.296	0.704	0.583	0.417	1.175	0.330
S01 (29)	0.035 (1)	0.690 (20)	0.276 (8)	0.379	0.621	0.529	0.471	1.890	0.360
S01×D99 (29)	0.690 (2)	0.414 (12)	0.517 (15)	0.276	0.724	0.600	0.400	1.666	0.320
S01×S10 (29)	0.211 (7)	0.483 (14)	0.276 (8)	0.483	0.517	0.501	0.499	1.998	0.375
S05 (28)	0.286 (8)	0.357 (10)	0.357 (10)	0.464	0.536	0.503	0.498	1.990	0.374
S01×S05 (28)	0.179 (5)	0.500 (14)	0.321 (9)	0.429	0.571	0.451	0.549	2.215	0.429

注: $PIC > 0.5$ 为高度多态; $0.25 < PIC < 0.5$ 为中度多态; $PIC < 0.25$ 为低度多态。括号里数字为基因型的个体数。

Notes: $PIC > 0.5$ for high polymorphism; $0.25 < PIC < 0.5$ for medium polymorphism; $PIC < 0.25$ for low polymorphism. The numbers in the brackets are the individuals that belong to the respective genotypes.

表 2 鸡 *MyoG* 基因 5' 调控区 B 位点基因型频率和等位基因频率及遗传多态指标

Table 2 The genotypes, allele frequencies and genetic parameters of *MyoG* gene 5' control region B site in eight populations of chickens

品系 Strains	基因型频率 Genotype frequency						等位基因频率 Allele frequency			多态指标			
	AA	AB	AC	BB	BC	CC	A	B	C	Ho	He	ENA	PIC
S03(27)	0.482(13)	0.222(6)	0.037(1)	0.185(5)	0.370(1)	0.370(1)	0.580	0.284	0.136	0.436	0.564	2.295	0.563
S02(27)	0.370(1)	0.259(7)	0.370(1)	0.741(2)	0.482(13)	0.111(3)	0.296	0.333	0.370	0.336	0.664	2.975	0.661
D99(29)	0.000(0)	0.690(2)	0.275(8)	0.345(1)	0.517(15)	0.103(3)	0.287	0.332	0.391	0.339	0.661	2.972	0.659
S01(30)	0.167(5)	0.200(6)	0.667(2)	0.133(4)	0.200(6)	0.233(7)	0.322	0.289	0.389	0.339	0.661	2.953	0.659
S01 × S10(30)	0.133(4)	0.333(1)	0.400(12)	0.100(3)	0.167(5)	0.167(5)	0.333	0.300	0.367	0.336	0.664	2.980	0.662
S05(30)	0.533(16)	0.100(3)	0.067(2)	0.200(6)	0.000(0)	0.100(3)	0.589	0.265	0.156	0.436	0.564	2.292	0.563
S01 × S05(28)	0.000(0)	0.429(12)	0.179(5)	0.143(4)	0.143(4)	0.107(5)	0.250	0.393	0.357	0.344	0.656	3.904	0.653

注：PIC>0.5 为高度多态；0.25<PIC<0.5 为中度多态；PIC<0.25 为低度多态。括号里数字为基因型的个体数。

Notes: PIC>0.5 for high polymorphism; 0.25<PIC<0.5 for medium polymorphism; PIC<0.25 for low polymorphism. The numbers in the brackets are the individuals that belong to the respective genotypes.

表 3 鸡 *MyoG* 基因 5' 调控区 PCR-SSCP 调控区 A 位点不同基因型对屠宰性状的影响

Table 3 Effect of different genotypes of PCR-SSCP in 5' control region of *MyoG* A site on slaughter traits

性状 Traits	位点 A A locus	最小二乘均值 ± 标准误 LSM ± SE		加性效应 Additive effect	显性效应 Dominanc effect
	AA (37)	AB (113)	BB (76)		
活重(g)BW	1897 ± 38.94	1839 ± 21.95	1815 ± 21.33	-41	-17
屠体重(g)CW	1690 ± 36.46	1636 ± 20.56	1609 ± 25.59	-40.5	-13.5
半净膛率(%)SEP	92.52 ± 0.40	93.04 ± 0.23	92.84 ± 0.29	0.16	0.36
全净膛率(%)EP	77.59 ± 0.42	76.94 ± 0.24	77.39 ± 0.30	0.10	-0.54
胸肌重(g)BMW	208.17 ± 5.90	194.24 ± 3.32	195.75 ± 4.14	-6.21	-7.72
胸肌率(%)BMP	12.35 ^a ± 0.22	11.85 ^b ± 0.13	12.15 ^{ab} ± 0.16	-0.10	-0.40
腿肌重(g)LMW	302.76 ± 8.23	286.08 ± 4.64	276.67 ± 5.77	-13.04	-3.62
腿肌率(%)LMP	17.75 ± 0.24	17.34 ± 0.14	17.06 ± 0.17	-0.34	-0.06
腹脂重(g)AW	39.01 ± 3.39	42.16 ± 1.91	39.42 ± 2.48	0.21	2.96
腹脂率(%)AP	2.37 ± 0.19	2.60 ± 0.11	2.51 ± 0.14	0.07	0.16
皮下脂肪厚(mm)SFT	3.92 ± 0.13	3.75 ± 0.08	3.88 ± 0.09	-0.02	-0.14

注：标注不同字母表示差异显著(P<0.05)；标注相同字母表示差异不显著(P>0.05)括号内为基因型的个体数。加性效应 a = (BB-AA)/2，显性效应 d = AB-(AA+BB)/2。

Notes: Different superscripts indicate significant difference (P<0.05) and the same superscripts indicate insignificant difference (P>0.05). The numbers in the brackets are the individuals that belong to the respective genotypes. additive effect a=(BB-AA)/2, dominance effect d=AB-(AA+BB)/2.

2.5 鸡 *MyoG* 基因 5 调控区 PCR-SSCP 多态性对肉质性状相关分析

对 *MyoG* 基因 5 调控区不同基因型与肉质性状进行最小二乘分析, 结果见表 5、表 6。在 *MyoG* 基因 5 调控区 A 位点上, AB 基因型个体与 BB 基因型

个体之间干物质含量差异显著(P<0.05)。AA 基因型个体与 BB 基因型个体间肌纤维密度差异极显著(P<0.01)。该位点基因型个体对其余各肉质性状的影响均未达显著水平(P>0.05)。BB 基因型个体肌纤维密度大于 AA、AB 基因型个体, 而肌纤维直径长

表 4 鸡 *MyoG* 基因 PCR-SSCP 调控区 B 位点不同基因型对屠宰性状的影响
Table 4 Effect of different genotypes of PCR-SSCP control region of *MyoG* B site on slaughter traits

性状 Traits	位点 B Locus B					最小二乘均值 ± 标准误 LSM ± SE	加性效应 Additive Effect	显性效应 Dominant effect				
	CC(25)											
	AA(39)	AB(37)	AC(31)	BB(25)	BC(44)							
活重 BW (g)	1883 ± 56.65	1810 ± 52.24	1898 ± 58.67	1783 ± 62.27	1872 ± 50.95	1884 ± 62.07	50	-0.5	0.5	-23	14.5	38.5
屠体重 CW (g)	1666 ± 52.90	1613 ± 48.78	1686 ± 54.79	1584 ± 58.15	1663 ± 47.58	1663 ± 57.96	41	1.5	39.5	-12	21.5	39.5
半净膛率 SEP (%)	92.75 ± 0.41	92.36 ± 0.38	92.30 ± 0.43	93.03 ± 0.45	93.08 ± 0.37	93.56 ± 0.45	-0.11	-0.4	0.27	-0.54	-0.86	-0.22
全净膛 EP (%)	77.43 ^{ab} ± 0.47	76.77 ^b ± 0.44	77.16 ^b ± 0.49	76.72 ^{ab} ± 0.52	77.06 ^b ± 0.42	77.37 ^a ± 0.52	0.36	0.03	0.33	-0.27	-0.24	0.02
胸肌重 BMW (g)	196.69 ^b ± 7.85	192.05 ^b ± 7.24	210.64 ^a ± 8.13	191.25 ^{ab} ± 8.63	201.12 ^{ab} ± 7.06	196.37 ^{ab} ± 8.60	2.27	0.16	2.65	-3.86	14.1	7.31
胸肌率 BMP (%)	11.82 ^b ± 0.25	11.92 ^{ab} ± 0.23	12.49 ^a ± 0.25	11.98 ^{ab} ± 0.27	12.04 ^{ab} ± 0.22	11.75 ^b ± 0.27	-0.08	0.06	-0.13	0.02	0.73	0.18
腿肌重 LMW (g)	292. ± 11.99	278. ± 11.06	288. ± 12.42	275.00 ± 13.18	293.45 ± 10.78	298.63 ± 13.14	8.8	-3.02	11.8	-5.14	-7.39	6.6
腿肌率 LMP (%)	17.40 ^{ab} ± 0.29	17.13 ^{ab} ± 0.27	17.05 ^b ± 0.30	17.15 ^{ab} ± 0.32	17.58 ^{ab} ± 0.58	17.80 ^a ± 0.32	0.13	-0.2	-0.34	-0.14	-0.55	0.11
腹脂重 AW(g)	37.10 ± 3.81	40.07 ± 3.51	40.76 ± 3.94	33.89 ± 4.18	42.67 ± 4.32	37.81 ± 4.17	1.6	-0.36	-1.96	4.57	3.3	6.82
腹脂率 AP(%)	2.24 ± 0.23	2.56 ± 0.21	2.46 ± 0.24	2.22 ± 0.25	2.58 ± 0.21	2.29 ± 0.25	0.01	-0.02	0.03	0.33	0.20	0.32
皮下脂厚 SFT(mm)	3.65 ^{bc} ± 0.16	3.81 ^{bac} ± 0.15	4.07 ^a ± 0.16	3.49 ^c ± 0.17	4.16 ^{ba} ± 0.14	3.71 ^{bc} ± 0.17	0.08	-0.03	0.11	-0.07	0.39	0.56

注: 标注不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 标注相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$) 括号内为基因型的个体数。

Notes: Different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$) and the same superscripts indicate insignificant difference ($P > 0.05$). The numbers in the brackets are the individuals that belong to the respective genotypes.

度却与此相反。A 等位基因对肌纤维密度有正加性效应影响, B 等位基因则相反。就 B 位点而言, AC 基因型个体与 BB 和 CC 基因型个体之间肌纤维密度差异极显著($P<0.01$), AA 和 BB 基因型个体与 BC 和 CC 基因型个体间粗蛋白含量差异显著($P<0.05$)。AC 基因型个体肌纤维密度极显著的大于 BB 和 CC 基因型个体。A 等位基因对基纤维密度有正加性效应影响。该位点基因型个体对其他性状的影响均未达显著水平($P<0.05$)。由此可进一步推出 *MyoG* 基因对鸡的肌纤维生长发育有显著的正相关。

3 讨论

鸡的数量性状(肌纤维密度, 肌纤维直径, 肌纤维数等)对鸡的肉质指标(肌间脂肪、体脂含量、嫩度、肉色)具有决定性作用, 并且都具有较高的遗传力, 因此肉质性状是可以遗传手段加以改善的。肌纤维直径影响肌肉的嫩度, 并且在发育过程中主要受 *MyoD* 基因家族的调控。Soumillion 等研究猪的 *Mgogenin* 基因座位的变异发现它影响肌纤维数, 与出生重、生长率和屠体重有关^[11]。林万华等^[12]用 *Msp*-PCR-RFLP 检测了不同窝数二花脸猪之间

表 5 鸡 *MyoG* 基因 5' 调控区 PCR-SSCP A 位点不同基因型对肉质性状的影响

Table 5 Effect of different genotypes of PCR-SSCP 5' control region of *MyoG* A site on meat traits

性状 Traits	位点 A Locus A			加性效应 Additive effect	显性效应 Dominance effect
	AA (15)	AB (37)	BB (28)		
干物质 Matter (%)	91.61 ^{ab} ± 2.08	91.91 ^a ± 1.36	85.95 ^b ± 2.35	-2.83	3.13
粗蛋白 Protein (%)	84.14 ± 0.51	83.30 ± 0.33	83.93 ± 0.57	-0.11	-0.74
灰分 Ash (%)	4.33 ± 0.05	4.31 ± 0.03	4.34 ± 0.05	0.005	-0.025
肌苷酸 IMP (mg)	1.54 ± 0.04	1.46 ± 0.02	1.48 ± 0.04	-0.03	-0.05
肌内脂肪 Fat (mg)	4.88 ± 0.42	5.37 ± 0.37	4.98 ± 0.49	0.05	0.44
肌纤维密度 MFN (根/mm ²)	724.03 ^B ± 74.12	826.99 ^{AB} ± 48.43	950.19 ^A ± 83.34	113.08	-10.12
肌纤维直径 MFD (um)	3.27 ± 0.23	3.30 ± 0.15	3.24 ± 0.26	-0.02	0.05

注: 右上角标注不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$), 标注不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different captial superscripts indicate very significant difference ($P<0.01$) and different small superscripts indicate insignificant difference ($P<0.05$).

表 6 鸡 *MyoG* 基因 5' 调控区 PCR-SSCP B 位点不同基因型对肉质性状的影响

Table 6 Effect of different genotypes of PCR-SSCP 5' control region of *MyoG* B site on meat traits

性状 Traits	位点 B Locus B						加性效应 Additive effect		显性效应 Dominante effect			
	最小二乘均数 ± 标准误 LSM ± SE											
	AA (20)	AB (11)	AC (14)	BB (14)	BC (20)	CC (5)						
干物 Matter (%)	91.31 ± 2.58	90.09 ± 2.88	93.46 ± 2.65	91.56 ± 2.54	87.50 ± 2.21	91.77 ± 4.21	-0.12	0.22	-0.11	-1.35	1.91	-4.16
粗蛋 Protein (%)	84.24 ^a ± 0.61	83.62 ^a ± 0.68	82.53 ^{ba} ± 0.63	83.86 ^{bmc} ± 0.60	83.48 ^c ± 0.53	84.88 ^c ± 1.00	0.19	0.32	-0.51	-0.43	-2.03	-0.89
灰分 Ash (%)	4.31 ± 0.06	4.32 ± 0.06	4.30 ± 0.06	4.31 ± 0.06	4.37 ± 0.06	4.31 ± 0.09	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.06
肌苷 IMP (mg)	1.52 ± 0.05	1.48 ± 0.05	1.41 ± 0.05	1.54 ± 0.05	1.45 ± 0.04	1.48 ± 0.07	-0.01	-0.02	0.03	0.01	-0.09	-0.06
肌内脂 Fat (mg)	4.84 ± 0.50	4.74 ± 0.56	6.00 ± 0.52	5.23 ± 0.50	5.04 ± 0.43	5.18 ± 0.82	-0.20	0.17	0.03	-0.30	0.99	-0.17
肌纤维密度 MFN (根/mm ²)	883.4 ^{ab} ± 89.24	792.8 ^{ab} ± 99.59	932.9 ^A ± 91.61	654.1 ^B ± 87.68	878.7 ^{ab} ± 7.64	684.1 ^B ± 145.61	114.65	-99.65	-15.04	20.08	209.6	149.15
肌纤维直径 MFD (um)	3.22 ± 0.3	3.48 ± 0.3	2.56 ± 0.3	3.65 ± 0.3	3.35 ± 0.2	3.50 ± 0.4	0.04	0.00	-0.04	0.01	0.01	0.03

注: 右上角标注不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$), 标注不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different captial superscripts indicate very significant difference ($P<0.01$) and different small superscripts indicate insignificant difference ($P<0.05$).

*MyoG*基因的遗传变异,结果发现在一定程度上*MyoG*基因可以影响二花脸猪的初生重和肌纤维数目。朱砾等用同样的方法分析了雅南猪等不同品种猪*MyoG*基因在 3 端*Msp* 位点不同基因型与相关性状的关联性,及不同等位基因的遗传效应,结果表明N等位基因具有使肌纤维生长更充分,直径变粗,面积变大的作用还能极显著地增加胴体瘦肉率和眼肌面积,改善胴体产肉量,提高胴体品质^[13]。Malik等^[14]对鸡的*MyoG*基因研究时发现在 5 调控区的上游有一个 131 bp 的片段,其中含有 1 个E-盒和 1 个肌细胞增强结合因子位点(myocyte-enhancer-binding-factor-2, MEF-2),为一个完整的启动子,其功能是(a)通过*MyoG*蛋白自身来调节*MyoG*基因的激活,(b)通过封闭MEF2 位点的激活功能来调节*PKC*(*protein kinase C*)基因的关闭。本研究以鸡的*MyoG*基因为影响肌纤维数和肌纤维直径的候选基因,分析该基因 5 调控区(启动子区)的变异,然后将不同基因型与鸡的活重、屠体重、半净堂、全净堂、胸肌重、胸肌率、腿肌重、腿肌率、腹脂重、腹脂率以及皮下脂肪厚进行最小二乘分析,分析结果表明胸肌重、胸肌率以及腿肌率在两个位点不同基因型个体间差异显著($P < 0.05$),且肌纤维密度在两个位点不同基因型个体间有极显著差异($P < 0.01$),就B位点而言不同基因型个体对全净堂率有显著的差异($P < 0.05$)。由此可以得出*MyoG*基因与鸡肌肉生长发育关,且该基因的变异可能会与肌纤维的变异有关联。因此,有必要对该基因作为与鸡肉肉质性状相关的候选基因进行更加深入的研究。

参考文献(References):

- [1] Fujisawa-Sehara A, Nabeshima Y, Komlya T. Differentiation trans-activation of muscle-specific regulatory elements including the myosin light chain box by chicken *MyoD*, myogenin, and MRF4. *The Journal of Biological Chemistry*, 1992,267(14): 10031-10038.
- [2] Barbut S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry*,1993,32(12): 681-690.
- [3] Clude AD, Qinwei, Juanita E. E-Box-and MEF-2-independent muscle-specific expression, positive autoregulation, and cross-activation of the chicken *MyoD*(*CMDI*) promoter reveal an indirect regulatory pathway. *Molecular and Cellular Biology*, 1994, 5474-5486.
- [4] Olson EN. *MyoD* family: a paradigm for development. *Genes Dev*, 1990, 4: 1454-1461. [\[DOI\]](#)
- [5] Weintraub H, Davis R, Tapscott S, Black weik TK, Turner D, Rupp R, Hollenberg S, Zhang Y, Lassar A. The *MyoD* gene family: nodal point during specification of the muscle cell lineage. *Science*, 1991,251: 761-766. [\[DOI\]](#)
- [6] Te Pas MFW, Visscher AH, Genetic regulation of meat production by embryonic muscle formation a review. *Anim Breed Genet*,1994, 111: 404-412.
- [7] Key PH, Marlow SA, Mitchell CA, Papadimitriou JM. Studies on the evolution and function of different forms of the mouse myogenic gene *MyoD1* and upstream flanking region. *Gene*, 1993, 124(2): 215-222. [\[DOI\]](#)
- [8] Coutinho LL, MomsJ, Marks HL, Buhr RJ, Ivarie R. Delayed somite formation in a quail line exhibiting myofiber hyperplasia is accompanied by delayed expression of myogenic regulatory factors and myosin heavy chain. *Development*, 1993, 117(2): 563-569.
- [9] Te Pas MFW, Verburg FJ, Gerritsen CLM, de Greef KH. Messenger ribonucleic acid expression of the *MyoD* gene family in muscle tissue at slaughter in relation to selection for porcine growth rate. *American Society of Animal Scienc*, 2000, 78: 69-77.
- [10] Soumillion A, Erkens JHF, Lenstra JA, ReHenberger G, TePers MFW. Genetic variation in the porcine myogenin gene locus. *Mammalian Genome*, 1997,8(8): 564-568. [\[DOI\]](#)
- [11] Te Pas MFW, Soumillion A, Rettenberger G, VandenBosch TJ, Veninga G, Meuwissen THE. Characterization of the porcine myogenin gene locus and association between polymorphism and growth traits. *Animal Genetical*, 1996, 27: 101-119.
- [12] LIN Wan-Hua, HUANG Lu-Sheng, AI Hua-Shui, ZHOU Li-Hua, GUO Yuan-Mei, MA Jun-Wu, YAN Xue-Ming, LUO Ming. Influences of *MyoG* genotypes on early growth traits and muscular histological characteristics of Chinese Erhualian pig. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2002, 10 (4): 367-372.
林万华, 黄路生, 艾华水, 周利华, 郭源梅, 麻骏武, 晏学明, 罗明. *MyoG* 基因型对二花脸猪早期生长性状及肌肉组织学特性的影响. *农业生物技术学报*, 2002, 10(4): 367-372.
- [13] ZHU Li, LI Xue-Wei. The genetic effects of *MyoG* gene. *Hereditas(Beijing)*, 2005, 27(5): 710-714.
朱砾, 李学伟. *MyoG* 基因的遗传效应分析. *遗传*, 2005, 27(5): 710-714.
- [14] Malik S, Huang CF, Schmidt J. The role of the CANNTG promoter element(E-box) and the myocyte-enhancer-binding-factor-2(MEF-2) site in the transcriptional regulation of the chick myogenin gene. *Eur J Biochem*, 1995, (230): 88-96.