

黄羽肉鸡 FAT/CD36 cDNA 的分子克隆及其发育性表达

冯嘉颖, 宋予震, 束刚, 朱晓彤, 江青艳, 高萍, 徐平稳, 王修启, 冯定远

(华南农业大学动物科学学院, 广州 510642)

摘要: 【目的】克隆鸡 FAT/CD36 cDNA 的全长序列并探讨 FAT/CD36 mRNA 的发育性表达。【方法】采用 cDNA 末端快速扩增法 (RACE) 克隆鸡 FAT/CD36 cDNA 的全长序列。选用 22、29、42 和 56 日龄的黄羽肉鸡公鸡和母鸡各 10 羽, 分离皮下脂肪和腹脂并称量, 同时测定 22 和 56 日龄时胸肌和腿肌的脂肪含量。分别采集胸肌、腿肌、皮下脂肪和腹脂样品, 采用实时荧光定量 RT-PCR 方法检测了 FAT/CD36 mRNA 的表达。【结果】鸡 FAT/CD36 cDNA 的序列全长为 2 243 bp (GenBank: DQ323177), 其中包括 1 416 bp 开放阅读框 (ORF)。黄羽公鸡皮下脂肪和腹脂的沉积量随日龄的增加逐渐升高, 腿肌和腹脂 FAT/CD36 mRNA 的表达水平也逐渐升高, 其中腹脂的表达水平在所检测的各组织中最高; 母鸡 FAT/CD36 mRNA 的表达水平在生长早期 (22 和 29 日龄) 较高, 但在后期 (42 和 56 日龄) 反而有下降的趋势。【结论】本研究成功地克隆了鸡 FAT/CD36 cDNA 的全长序列, 黄羽肉鸡肌肉和脂肪组织 FAT/CD36 的表达存在性别差异。

关键词: FAT/CD36; RACE; 实时定量 RT-PCR; 黄羽肉鸡; 脂肪

Molecular Cloning and Ontogenetic Expression of Fatty Acid Translocase cDNA in Yellow-Feathered Broiler

FENG Jia-ying, SONG Yu-zhen, SHU Gang, ZHU Xiao-tong, JIANG Qing-yan, GAO Ping, XU Ping-wen, WANG Xiu-qi, FENG Ding-yuan

(College of Animal Science, South China Agriculture University, Guangzhou 510642)

Abstract: 【Objective】This experiment was designed to clone chicken FAT/CD36 complete cDNA sequence and study the ontogenetic expression pattern of FAT/CD36 mRNA. 【Method】Chicken FAT/CD36 complete cDNA was cloned by 5'- and 3'-RACE. Subcutaneous fat and visceral fat samples from both male and female Yellow-feathered broilers were collected and weighed on d 22, d 29, d 42 and d 56 (n=10). Fat content of breast and thigh muscles were determined on d 29 and d 56. Real time RT-PCR was conducted to investigate the tissue specific ontogenetic expression pattern of FAT/CD36 mRNA in breast and thigh muscles as well as subcutaneous and visceral fat samples collected from both male and female Yellow-feathered broilers. 【Result】Chicken FAT/CD36 complete cDNA sequence of 2 243 bp (GenBank: DQ323177), which included the 1 416 bp ORF was cloned. The accumulation of subcutaneous and visceral fat levels gradually increased with age. Moreover, the FAT/CD36 mRNA expression levels in subcutaneous and visceral fat of male broilers also increased gradually, the highest of which proved to be in the visceral fat. The FAT/CD36 mRNA expression levels of female broilers were relatively higher during the developmental prophase (d 22 and d 29), whereas a degressive expression pattern was showed during the developmental anaphase (d 42 and d 56). 【Conclusion】Chicken FAT/CD36 complete cDNA sequence was successfully cloned. The expression patterns of muscle and fat in broiler chicken FAT/CD36 mRNA were different with gender.

Key words: FAT/CD36; RACE; Real-time PCR; Yellow-feathered broilers; Fat

0 引言

【研究意义】脂肪是动物体的组成成分, 也是维

持动物正常生理功能和能量稳态的重要组织^[1]。禽类的脂肪组织主要分布在皮下、腹腔以及肌肉等组织器官周围。脂肪组织的适当沉积量和沉积部位是决定家

收稿日期: 2006-06-15; 接受日期: 2007-01-08

基金项目: 国家“973”项目之子项目 (2004CB117501), 国家自然科学基金青年基金 (30500367) 和广东省自然科学基金研究团队项目 (04205804)

作者简介: 冯嘉颖 (1982-), 女, 广东珠海人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养生理学。Tel: 020-85285469; E-mail: fengjiaying120@163.com。

通讯作者江青艳 (1966-), 男, 江西波阳人, 教授, 博士, 研究方向为动物营养生理学。Tel: 020-85285469; E-mail: qyjiang@scau.edu.cn

禽胴体品质和肉品风味的关键因素。研究表明, 禽类脂肪组织合成甘油三酯所需的脂肪酸主要来自肝脏的合成和肠道的吸收^[2]。血液中的脂肪酸以乳糜微粒或极低密度脂蛋白的形式运输, 经脂蛋白脂酶分解为游离脂肪酸, 后者通过跨膜转运机制进入细胞内, 合成甘油三酯^[3]。【前人研究进展】脂肪酸转位酶 (Fatty Acid Translocase, FAT/CD36) 是介导脂肪酸跨膜转运的重要载体蛋白, 分子量为 88 kD, 属细胞膜上的糖蛋白^[4]。研究表明, 人的心肌细胞所利用的脂肪酸有 70% 依靠 FAT/CD36 的跨膜转运^[5]。缺失 FAT/CD36 的鼠其心脏、骨骼肌和脂肪组织对脂肪酸的吸收下降 40%~80%^[6]。【本研究切入点】尽管目前有关人和鼠 FAT/CD 36 的结构和功能已有资料报道^[7-9], 但鸡 FAT/CD 36 除部分预测序列外, 其完整的 cDNA 序列尚未见报道。FAT/CD 36 在禽类脂肪组织的表达特点及其与脂肪沉积的相关性尚不清楚。【拟解决的关键问题】本研究分别采用 5'-和 3'-RACE 方法克隆了鸡 FAT/CD 36 全长 cDNA 序列, 同时检测了黄羽肉鸡不同组织 FAT/CD36 mRNA 的发育性表达模式, 旨在阐明 FAT/CD 36 参与不同部位脂肪组织沉积的可能机制, 为深入了解中国地方优良品种的种质资源和优质肉品形成的分子基础提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物和采样

选用黄羽肉鸡为实验鸡, 在华南农业大学实验鸡场饲养。1~21 d 采用常规方法进行育雏; 21 d 以后采用笼养。基础日粮为广东省畜牧研究所生产的智威牌饲料。1~21 d 饲喂小鸡料[CP=21.5%, 粗脂肪 (EE) EE=3.6%], 22~49 d 饲喂中鸡料 (CP=20.0%, EE=4.6%), 50~56 d 饲喂大鸡料 (CP=18.0%, EE=5.5%)。鸡群自由采食、饮水, 全日制光照, 按肉鸡常规饲养的免疫程序进行免疫。每天观察鸡群的采食、饮水及发病死亡情况。全期饲养试验共计 56 d。

分别于 22、29、42、56 日龄时选取接近平均体重的公鸡和母鸡各 10 只, 断颈宰杀, 宰前禁食 2 h。分离全部皮下脂肪和腹脂并称量, 采集胸肌、腿肌、皮下脂肪和腹脂样品, 液氮速冻, -80℃ 保存备用。

1.2 肌内脂肪含量测定

采用索氏抽提法^[10]分别测定 22 和 56 日龄黄羽肉鸡胸肌和腿肌肌内的脂肪含量。将腿肌和胸肌剪碎, 置 75℃ 烘干。称取 2 g 左右的样品(精确至 0.0002 g), 烘干后用 50 ml 无水乙醚抽提 4 h, 根据抽提前后重量

计算粗脂肪的质量分数 (%) = (抽提前重量-抽提后重量) / 样品重 × 100%。每个样品测定 2 次, 以其平均值作为样品的肌内脂肪含量。

1.3 主要试剂及菌株

MMLV 反转录酶购自 Promega 公司; DNase I、RNA 酶抑制剂、SMART™ RACE cDNA Amplification Kit 和 PGM18-T Vector 购自大连 Takara 公司; 凝胶回收试剂盒和质粒微量抽提试剂盒购自安徽优品公司; Quant SYBR Green PCR 试剂盒购自 TOYOBO (东洋纺) 公司。DH5α 感受态细菌由华南农业大学动物科学学院保存。

1.4 总 RNA 的提取

采用酸性酚-硫氰酸胍-氯仿一步法^[11]提取样品总 RNA (每个阶段每种性别各 6 只鸡), DNase I 处理以消除基因组微量 DNA 污染, 测定总 RNA 浓度 (Biophotometer 6131, Eppendorf)。所有样品用 1.5% 甲醛变性琼脂糖凝胶电泳检测 RNA 的质量。

1.5 5'-和 3'-RACE

按照 CloneTech Smart Race 试剂盒的操作说明书, 用 Primer 5.0 软件设计用于 5'-和 3'-RACE 的基因特异性引物 (gene specific primer, GSP) 各两条。5'-RACE 的两条引物序列分别为: 5'-ACCCTGTATGTGTAAG-GTCCTCTTTGTTC-3' (GSP1) 和 5'-TTTCCACATTA-AAGATCCAAAACCTGCCTG-3' (NGSP1)。3'-RACE 的两条引物序列分别为: 5'-CTGGGAAGGTTACTGCGATTGGTTA-3' (GSP2) 和 5'-TGGGGCATCAT TTCCTCCATTGTGTTA-3' (NGSP2)。所有引物由北京赛百盛基因技术有限公司合成。以腹脂总 RNA 为模板, 参照试剂盒说明书进行反转录和 PCR 扩增。切胶回收目的片段, 并进行 TA 克隆, 送上海英骏生物技术有限公司测序。测序结果用 DNASTar 和 Vector NTI Suite 5.5 软件进行序列拼接和同源性分析。

1.6 实时定量 RT-PCR 检测 FAT/CD36 mRNA 的表达

1.6.1 反转录 反应体系为 20 μl, 包括总 RNA 2 μg, 5 μmol·L⁻¹ Oligo dT₍₁₈₎, 4 μl 5×RT Buffer、0.5 mmol·L⁻¹ dNTP, 20 U RNA 酶抑制剂和 200 U MMLV 反转录酶。样品总 RNA 和 Oligo dT₍₁₈₎ 在反转录前 70℃ 变性 5 min, 冰上骤冷, 再加入其余试剂, 混匀后于 42℃ 反应 1 h, 80℃ 灭活 5 min。所有反转录产物用 1×TE 稀释 8 倍, -20℃ 保存备用。

1.6.2 引物设计 根据已克隆的鸡 FAT/CD36 cDNA 全长序列, 设计上、下游引物, Sense: 5'-CTGGGAAGGTTACTGCGATT-3', Antisense: 5'

GCGAGGAACTGTGAAA CGATA-3'。PCR 产物长度为 178 bp。内标基因 GAPDH (Genbank: NM 204305) 的引物序列分别为: Sense: 5'-AGAACATCATCCC AGCGTCC-3', Antisense: 5'-CGGCAGGTCAGGTCA ACA AC-3', PCR 产物长度为 133 bp。

1.6.3 标准曲线的制作 分别用 FAT/CD36 和 GAPDH 的引物进行 PCR 扩增, 获得相应目的片段, 切胶回收 PCR 产物, TA 克隆并转化 DH5 α 感受态细菌, 挑选阳性克隆测序验证。测序正确的阳性菌落扩大培养后小量提取重组质粒, 用核酸测定仪测定重组质粒的浓度, 并换算成拷贝数。用等比稀释 10 倍的方法将重组质粒稀释成系列标准品, 以此标准品为模板进行实时荧光定量 PCR, 每个样品两个重复, 根据 Ct 值以及相应标准品的浓度制作标准曲线。

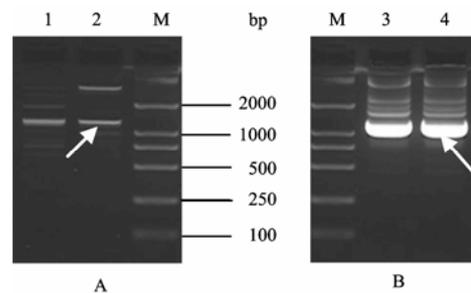
1.6.4 样品的实时荧光定量 PCR 检测 在 20 μ l 的反应体系其中包括 2 \times SYBR Green Master Mix 10 μ l, cDNA 模板 4 μ l, 0.2 mmol \cdot L $^{-1}$ 上、下游引物, 补灭菌双蒸水至 20 μ l。PCR 反应在 ABI 7500 荧光定量 PCR 仪 (Applied Biosystems, USA) 上进行, 反应条件为: 95 $^{\circ}$ C 预变性 1 min; 95 $^{\circ}$ C 变性 15 s, 56 $^{\circ}$ C 退火 15 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s, 79 $^{\circ}$ C 读板 35 s, 共进行 40 个循环。反应结束后进行熔解曲线分析。根据样品的 Ct 值以及标准曲线计算样品的原始拷贝数, 并用 GAPDH 进行归一化处理。

1.6.5 数据统计与处理 所得数据采用 SPSS (11.5) 统计处理软件进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA), 并进行 Duncan 多重比较。所有结果以平均数 \pm 标准误 (X \pm SE) 表示。

2 结果与分析

2.1 黄羽肉鸡 FAT/CD36 的 5'-和 3'-RACE

鸡 FAT/CD36 的 5'-和 3'-RACE 琼脂糖凝胶电泳如图 1 所示。将扩增片段克隆、测序后, 拼接得到长度为 2 243 bp 的鸡 FAT/CD36 cDNA 全长序列(图 2), 其中 5'端非翻译区 332 bp, 3'端非翻译区 495 bp, 开放阅读框 1 416 bp, GenBank 收录号为 DQ323177。经 Vector NTI Suite 5.5 软件分析, 鸡 FAT/CD36 与人 (NM001001548) 和鼠 (NM007643) 的同源性分别为 66%和 66.5%。从图 2 可以看出, RACE 法扩增得到鸡 FAT/CD36 cDNA 序列与已公布的预测序列相比, ORF 多 129 bp, 多编码 43 个氨基酸, 3'端非翻译区也较预测序列多 495 bp。



A. 鸡 FAT/CD36 5'-RACE PCR 结果: M. DL2000 marker; 1, 2. 5'-RACE 产物。B. 鸡 FAT/CD36 3'-RACE PCR 结果: M 为 DL2000 marker; 3、4. 3'-RACE 产物。白色箭头表示目的条带
A. PCR products of 5' RACE of broiler FAT/CD36. M. Marker (DL2000); 1, 2. 5' RACE product. B: PCR products of 3' RACE of broiler FAT/CD36. M. Marker (DL2000); 3, 4. 3' RACE. The white arrow indicates interested bands

图 1 黄羽肉鸡 FAT/CD36 5'-和 3'-RACE 琼脂糖凝胶电泳

Fig. 1 Agarose gel electrophoresis of 5' and 3'RACE of FAT/CD36 of yellow-feathered broilers

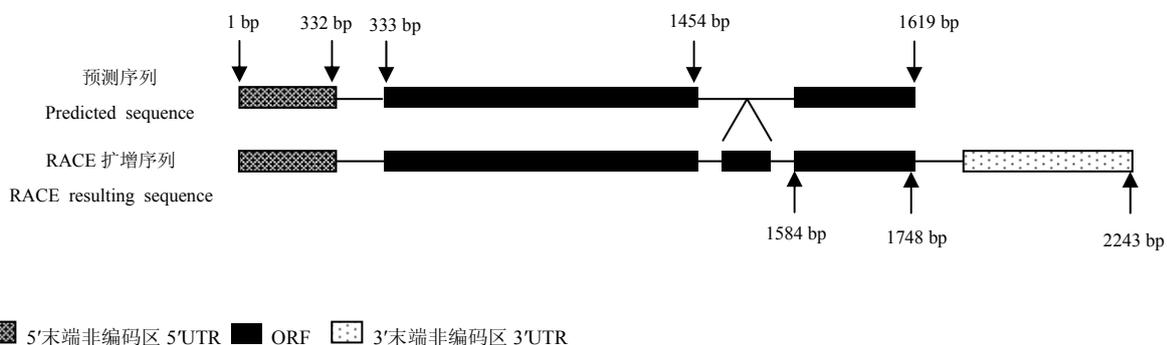


图 2 鸡 FAT/CD36 的核苷酸序列模式图

Fig. 2 The sequence profile of chicken FAT/CD36

2.2 鸡 FAT/CD36 氨基酸序列同源性分析

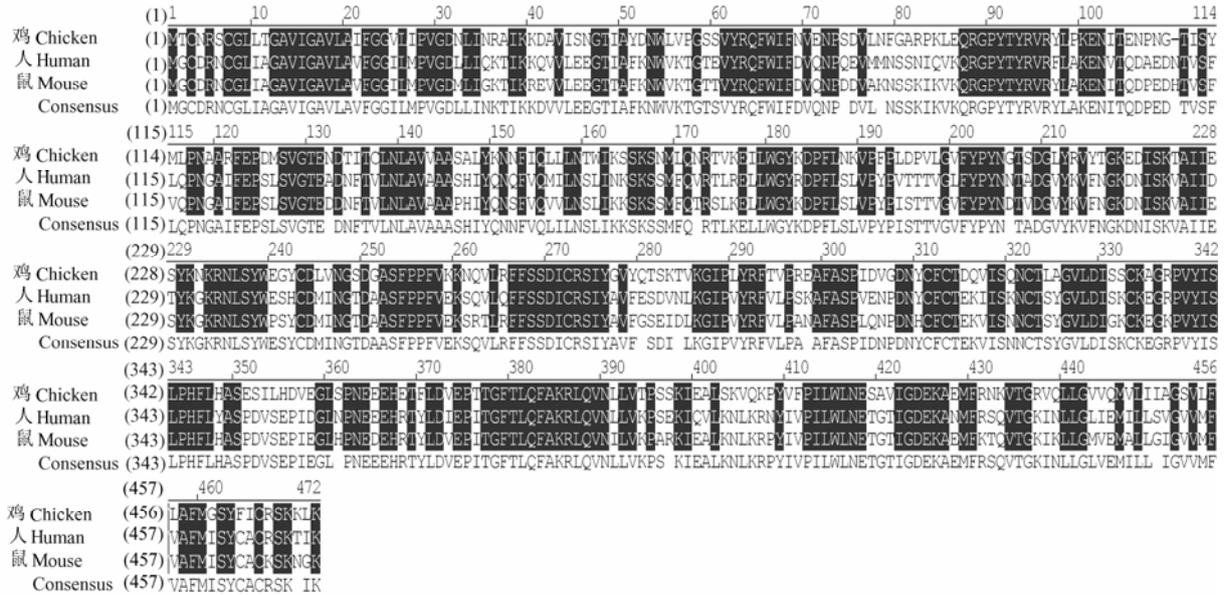
用 DNASTar 软件进行同源性分析, 结果表明鸡 FAT/CD36 编码 471 个氨基酸残基, 与人和小鼠相比缺失第 110 位氨基酸残基, 其氨基酸序列与人和小鼠的同源性分别为 61.2%和 62.7% (图 3)。

2.3 黄羽肉鸡肌内脂肪含量和脂肪组织重量

由图 4-A、图 4-B 可知, 黄羽肉鸡皮下脂肪和腹脂沉积量均随着日龄的增加而升高, 而且后期 (42~

56 d) 的沉积速率快于前期 (22~29 d), 相同日龄两部位间差异不显著。同一日龄不同性别的黄羽肉鸡皮下脂肪和腹脂沉积水平也无明显差异。公鸡与母鸡的腿肌脂肪含量约为 11%, 在 29 和 56 d 之间变化不明显; 胸肌脂肪含量 (2%~3%) 显著低于腿肌, 随日龄增加反而有降低的趋势, 其中 56 d 公鸡的胸肌脂肪含量显著低于 29 d ($P<0.05$)。

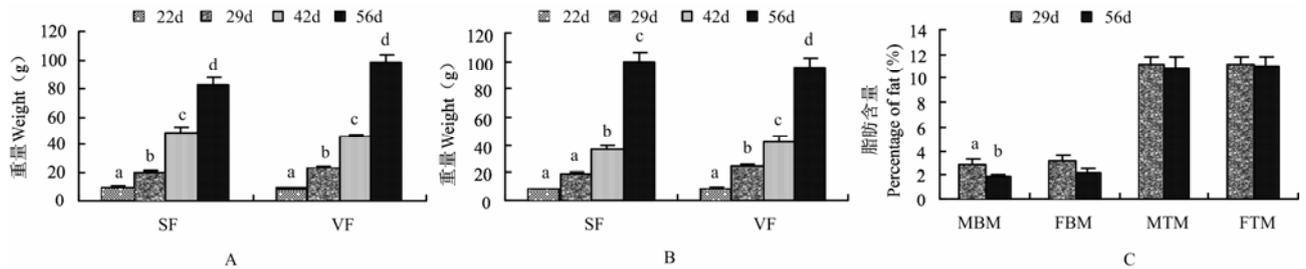
2.4 黄羽肉鸡 FAT/CD36 mRNA 的发育性表达



黑色阴影部分代表相同的氨基酸
Identical amino acids are shown in black shadow

图 3 鸡与人和鼠 FAT/CD36 氨基酸序列同源性比较

Fig. 3 The amino acid sequence of chicken FAT/CD36 and the comparison with human and rat



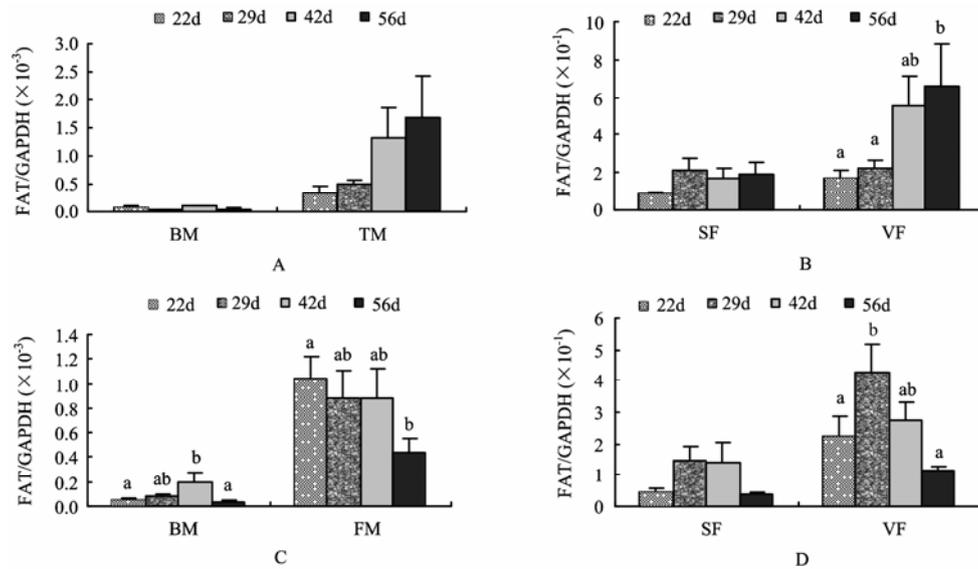
A. 不同日龄公鸡的皮下脂肪和腹脂重量; B. 不同日龄母鸡的皮下脂肪和腹脂重量; C. 不同日龄黄羽肉鸡肌内脂肪含量。SF: 皮下脂肪; VF: 腹脂; MBM: 公鸡胸肌; FBM: 母鸡胸肌; MTM: 公鸡腿肌; FBM: 母鸡腿肌。不同日龄间无相同小写英文字母表示差异显著 ($P<0.05$)。A. Weight of subcutaneous and visceral fat of male broilers at different days of age; B. Weight of subcutaneous and visceral fat of female broilers at different days of age; C. Fat content of muscle of yellow-feathered broilers at different days of age. SF: subcutaneous fat; VF: visceral fat; MBM: Breast muscle of male broilers; FBM: Breast muscle of female broilers; MTM: Thigh muscle of male broilers; FTM: Thigh muscle of female broilers. Different letters indicate significant difference ($P<0.05$) at different days of age

图 4 不同日龄黄羽肉鸡脂肪组织重量和肌内脂肪含量

Fig. 4 Adipose tissues weight and muscle fat content of Yellow-feathered broilers at different days of age ($n=10$)

由图 5-A 可知, 公鸡胸肌 FAT/CD36 mRNA 的表达水平在不同日龄间差异不显著, 而腿肌的表达量随着日龄增加逐渐上升, 整体表达量高于胸肌。从图 5-B 可看出, 公鸡皮下脂肪和腹脂 FAT/CD36 mRNA 的表达分别呈现出与胸肌和腿肌相似的表达模式。其中 56 d 公鸡腹脂的表达水平显著高于 22 d 和 29 d 腹脂。而且公鸡腹脂沉积量与 FAT/CD36 mRNA 的表达水平增长趋势一致。

母鸡皮下脂肪的 FAT/CD36 mRNA 的表达量在不同日龄间差异不显著 ($P>0.05$), 而腿肌和腹脂的表达水平随日龄的增加反而出现下降的趋势, 其中 42 d 和 56 d 腹脂 FAT/CD36 mRNA 的表达水平均低于 29 d。FAT/CD36 mRNA 的表达在不同组织之间存在差异, 同一阶段腿肌的表达量高于胸肌 (图 5-C); 腹脂的表达量高于皮下脂肪 (图 5-D)。



A. 公鸡胸肌和腿肌 FAT/CD36 发育性表达; B. 公鸡皮下脂肪和腹脂 FAT/CD36 发育性表达; C. 母鸡胸肌和腿肌 FAT/CD36 发育性表达; D. 母鸡皮下脂肪和腹脂 FAT/CD36 发育性表达。BM. 胸肌; TM. 腿肌; SF. 皮下脂肪; VF. 腹脂。无相同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

A. Ontogenetic expression of FAT/CD36 mRNA in breast and thigh muscles of male broilers; B. Ontogenetic expression of FAT/CD36 mRNA in subcutaneous and visceral fat of male broilers; C. Ontogenetic expression of FAT/CD36 mRNA in breast and thigh muscles of female broilers; D. Ontogenetic expression of FAT/CD36 mRNA in subcutaneous and visceral fat of female broilers. BM. Breast muscle; TM. Thigh muscle; SF. Subcutaneous fat; VF. Visceral fat. Different letters indicate significant difference on each day ($P<0.05$)

图 5 黄羽肉鸡 FAT/CD36 mRNA 表达的发育性变化

Fig. 5 Ontogenetic expression of FAT/CD36 mRNA of Yellow-Feathered Broiler ($n=6$)

3 讨论

FAT/CD36 属于 B 类清道夫受体, 其氨基酸序列与清道夫受体 B (SR-BI) 有 30% 的同源性^[12]。人 FAT/CD36 的结构包括胞内区、跨膜区和胞外区三部分。氨基酸序列表明其 C 端和 N 端各有一个连续的疏水氨基酸区, 这两个疏水末端固定于胞膜, 将 CD36 的单链支向胞外^[13]。

目前人 (NM 001001548)、鼠 (NM 007643)、猪 (DQ 192230) 和猴 (AY 600441) 等的 FAT/CD36 cDNA 全序列已公布, 而鸡 FAT/CD36 mRNA 仅从基因组分析得到部分预测序列, 其预测开放阅读框只有

1 287 bp, 与其它物种相比, 明显有部分核苷酸缺失。本文在鸡 FAT/CD36 预测序列的基础上, 采用 RACE 技术扩增, 得到长度为 2 243 bp 的全长 cDNA 序列, 其中 5'端非翻译区 332 bp, 3'端非翻译区 495 bp, 开放阅读框 1 416 bp。本研究结果进一步证实鸡 FAT/CD36 的预测核苷酸序列缺失了 129 bp, 其完整序列与人和鼠的同源性分别为 66% 和 66.5%。但是鸡 FAT/CD36 cDNA 只编码 471 个氨基酸, 与人和鼠相比, 在 110 位缺失一个氨基酸, 它们之间的氨基酸序列同源性分别为 61.2% 和 62.7%。鸡 FAT/CD36 第 110 位氨基酸的缺失对于其转运脂肪酸的功能有何影响还有待进一步研究。

FAT/CD36 是协助脂肪酸跨膜转运的重要载体蛋白, 在脂肪、心脏、骨骼肌、肠道和脾脏等组织都有表达^[4,13]。Drover 等报道, FAT/CD36 能够促进细胞甘油三酯的合成和外周乳糜微粒的清除^[14]。采用 FAT/CD36 的抑制剂 N-油酰基硫代琥珀酰亚胺(sulfo-N-succinimidyl oleate, SSO) 可以显著降低小鼠肌细胞内脂肪酸含量, 导致肌膜下和肌原纤维间的线粒体棕榈酸酯氧化水平分别降低 87%和 85%^[15]。本文在黄羽肉鸡脂肪组织和肌肉组织也检测到 FAT/CD36 的高水平表达, 其中腿肌的表达水平显著高于胸肌。其原因可能与鸡的胸肌和腿肌肌纤维类型不同有关。鸡的胸肌主要由 II B 型纤维(酵解型)组成, 而腿肌由 I 型纤维(氧化型)组成, 前者以糖酵解提供能量为主, 而后者则主要利用脂肪酸的有氧氧化^[16]。Marotta 等研究发现, 大鼠脂肪酸转运蛋白 1 (fatty acid transport protein, FATP1) 在比目鱼肌(氧化型纤维为主)的表达水平是腓肠肌(酵解型纤维为主)的两倍^[17]。黄羽肉鸡不同类型肌肉间 FAT/CD36 mRNA 的表达水平不仅影响到不同肌肉组织对脂肪酸的利用, 而且对肌肉内脂肪沉积和肉质可能产生重要影响。

本研究发现, 公鸡腹脂 FAT/CD36 mRNA 的表达量随日龄增加逐渐上升, 并且与腹脂沉积量增长趋势一致; 母鸡腹脂 FAT/CD36 mRNA 的表达随日龄的增加反而出现下降趋势。这提示 FAT/CD36 mRNA 的表达存在明显的性别差异。FAT/CD36 可能在母鸡生长早期的腹脂沉积中起主要作用, 而在公鸡生长后期的腹脂沉积中起主要作用。上述结果可能与不同性别鸡的脂肪沉积过程受到性激素的影响有关。此外, 从母鸡生长后期腹脂沉积量不断增加、而 FAT/CD36 表达量逐渐降低的结果来看, 是否存在其它的脂肪酸跨膜转运载体蛋白如 FATPs^[18,19]和膜脂肪酸结合蛋白(plasma membrane fatty acid binding protein, mFABP)^[20]等在母鸡后期腹脂沉积中逐步取代 FAT/CD36 而发挥主要作用有待进一步研究。

FAT/CD36 mRNA 在黄羽肉鸡不同性别、不同部位的发育性表达模式不一致, 提示在生产实践中可望通过 FAT/CD36 mRNA 表达的调控, 达到控制家禽尤其是公鸡体脂分配的目的。

4 结论

采用 RACE 技术克隆得到鸡 FAT/CD36 cDNA 的全序列, 包括 1 416 bp 的 ORF。公鸡腿肌和腹脂 FAT/CD36 mRNA 表达水平随着日龄和脂肪沉积量

的增加逐渐升高, 母鸡腿肌和腹脂 FAT/CD36 mRNA 表达水平在生长发育后期(42 和 56 日龄)反而有下降的趋势。

References

- [1] Kuniyasu A, Hayashi S, Nakayama H. Adipocytes recognize and degrade oxidized low density lipoprotein through CD36. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2002, 295: 319-323.
- [2] Mossab A, Lessire M, Guillaumin S, Kouba M, Mourot J, Peiniau P, Hermier D. Effect of dietary fats on hepatic lipid metabolism in the growing turkey. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, Biochemistry & Molecular Biology*, 2002, 132: 473-483.
- [3] Gibbons G F, Wiggins D. Intracellular triacylglycerol lipase: its role in the assembly of hepatic very-low-density lipoprotein (VLDL). *Advances in Enzyme Regulation*, 1995, 35: 179-198.
- [4] Abumrad N A, el-Maghrabi M R, Amri E Z, Lopez E, Grimaldi P A. Cloning of a rat adipocyte membrane protein implicated in binding or transport of long-chain fatty acids that is induced during preadipocyte differentiation. Homology with human CD36. *The Journal of Biological Chemistry*, 1993, 268: 17665-17668.
- [5] Lewin T M, Coleman R A. Regulation of myocardial triacylglycerol synthesis and metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2003, 1634(3): 63-75.
- [6] Coburn C T, Knapp F F Jr, Febbraio M, Beets A L, Silverstein R L, Abumrad N A. Defective uptake and utilization of long chain fatty acids in muscle and adipose tissues of CD36 knockout mice. *The Journal of Biological Chemistry*, 2000, 275: 32523-32529.
- [7] Kannan S. Regulatory role of E-NTPase/NTPDase in fat/CD36-mediated fatty acid uptake. *Cell Biology International*, 2003, 27: 147-151.
- [8] Gruarin P, Thorne R F, Dorahy D J, Burns G F, Sitia R, Alessio M. CD36 is a ditopic glycoprotein with the N-terminal domain implicated in intracellular transport. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2000, 275: 446-454.
- [9] Adachi H, Tsujimoto M. Endothelial scavenger receptors. *Progress in Lipid Research*, 2006, 45: 379-404.
- [10] 胡 坚, 张婉如, 王振权. 动物饲养学(实验指导). 第 2 版. 吉林: 吉林科学技术出版社, 1997: 16-17.
Hu J, Zhang W R, Wang Z Q. *Animal Nutrition (Experimental Guide)*. (2nd ed.). Jilin: Jilin Technology Press, 1997: 16-17. (in Chinese)
- [11] Sambrook J, Russell D W. *Molecular Cloning* (3rd ed). Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001, 7: 4-9.
- [12] Abumrad N, Coburn C, Ibrahimi A. Membrane proteins implicated in

- long-chain fatty acid uptake by mammalian cells: CD36, FATP and FABPm. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1999, 1441(1): 4-13.
- [13] Febbraio M, Hajjar D P, Silverstein R L. CD36: a class B scavenger receptor involved in angiogenesis, atherosclerosis, inflammation, and lipid metabolism. *The Journal of Clinical Investigation*, 2001, 108: 785-791.
- [14] Drover V A, Ajmal M, Nassir F, Davidson, N O, Nauli A M, Sahoo D, Tso P, Abumrad N A. CD36 deficiency impairs intestinal lipid secretion and clearance of chylomicrons from the blood. *The Journal of Clinical Investigation*, 2005, 115: 1290-1297.
- [15] Campbell S E, Tandon N N, Woldegiorgis G, Luiken J J, Glatz J F, Bonen A. A novel function for fatty acid translocase (FAT)/CD36: involvement in long chain fatty acid transfer into the mitochondria. *The Journal of Biological Chemistry*, 2004, 279: 36235-36241.
- [16] Belichenko V M, Korostishevskaya I M, Maximov V F, Shoshenko C A. Mitochondria and blood supply of chicken skeletal muscle fibers in ontogenesis. *Microvascular Research*, 2004, 68: 265-272.
- [17] Marotta M, Ferrer-Martnez A, Parnau J, Turini M, Mace K, Gomez Foix A M. Fiber type and fatty acid composition-dependent effects of high-fat diets on rat muscle triacylglyceride and fatty acid transporter protein-1 content. *Metabolism*, 2004, 53: 1032-1036.
- [18] Schaap F G, Hamers L, Van der Vusse G J, Glatz J F. Molecular cloning of fatty acid-transport protein cDNA from rat. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1997, 1354: 29-34.
- [19] Hirsch D, Stahl A, Lodish H F. A family of fatty acid transporters conserved from mycobacterium to man. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1998, 95: 8625-8629.
- [20] Stremmel W, Strohmeyer G, Borchard F, Kochwa S, Berk P D. Isolation and partial characterization of a fatty acid binding protein in rat liver plasma membranes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1985, 82(1): 4-8.

(责任编辑 高 雨)

《昆虫知识》

《昆虫知识》为通报类学术期刊，是中国生物类和植保类中文核心期刊，国内外公开发行人。刊登内容包括昆虫学及其相关领域的国内外最新研究进展，报道原始性、创新性科研成果，介绍基础知识，转载有关刊物最新科学发现。读者对象主要是从事昆虫学和植物保护研究和教学的科研人员和大学师生，以及昆虫爱好者。

据《2006年中国学术期刊综合引证报告》2005年本刊的影响因子为0.839。现已被美国化学文摘(CA)、动物学记录(RZ)、昆虫学文摘(EA)、剑桥大学：生物学文摘和昆虫文摘、俄罗斯文摘杂志(AJ)、CAB Abstracts、应用昆虫学(AE)、应用昆虫学年评(RAE)等20多种国内外重要检索机构和数据库收录。

《昆虫知识》(双月刊)2008年页码160页，全铜板纸彩插印刷。单册定价：25元，全年150元。凡在编辑部订阅2008年期刊1卷的个人或单位可获赠2005年前过刊1卷；中国昆虫学会会员可享受8折优惠价(120元/年)。编辑部尚存1999~2007年各卷，3~5折优惠(卷价分别为1999, 2000年20元；2001, 2002年25元；2003, 2004年30元，2005年45元，2006, 2007年75元)。邮购创刊50周年全文检索数据光盘A款300元(1955~2003年)，B款200元(1991~2005年)。需要者请直接汇款至编辑部(以上邮购过刊均含邮费)，并说明需要哪年的期刊。

地 址：北京市朝阳区大屯路，中国科学院动物研究所《昆虫知识》编辑部(邮编：100101)

电话、传真：(010) 64807137 电子信箱：entom@ioz.ac.cn