

猪血糖、血脂与脂肪沉积性状的关联性分析

季久秀¹, 方绍明¹, 张震¹, 曾治君^{1,2}, 麻骏武^{1*}, 陈从英^{1*}

(1. 江西农业大学省部共建猪遗传改良与养殖技术国家重点实验室, 南昌 330045;

2. 江西中医药大学中医基础理论分化发展研究中心, 南昌 330004)

摘要: 为了研究性别和品种对猪血液生化指标的影响, 以及血糖、血脂与脂肪沉积性状的相关性, 本试验对莱芜猪及苏太猪血液生化指标和脂肪沉积性状进行了测定。采用全自动血液生化分析仪, 检测了 251 头莱芜猪和 248 头苏太猪 6 项血液生化指标。结果表明, 性别间仅莱芜阉公猪的低密度脂蛋白胆固醇极显著高于母猪 ($P < 0.01$), 其他血液生化指标差异不显著 ($P > 0.05$); 品种间莱芜猪血液葡萄糖、糖化血清蛋白、低密度脂蛋白胆固醇极显著高于苏太猪 ($P < 0.01$), 而高密度脂蛋白胆固醇极显著低于苏太猪 ($P < 0.01$), 其他两项血液生化指标品种间差异不显著; 莱芜猪和苏太猪的血糖以及部分血脂指标与脂肪沉积性状有显著相关性, 在莱芜猪中, 总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇与胸部(6~7 肋)背膘厚呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 低密度脂蛋白胆固醇与臀部背膘厚呈显著正相关 ($P < 0.05$); 在苏太猪中, 血液葡萄糖、总胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇与肩部背膘厚、胸部背膘厚、腰部背膘厚、臀部背膘厚呈显著或极显著正相关 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 糖化血清蛋白与臀部背膘厚呈显著正相关 ($P < 0.05$), 甘油三酯含量与肩部背膘厚、腰部背膘厚呈显著正相关 ($P < 0.05$)。由此我们推测: 性别对血液生化指标有一定影响, 而品种间血液生化指标有显著差异, 血糖、血脂与脂肪沉积性状存在显著相关性。

关键词: 莱芜猪; 苏太猪; 血糖; 血脂; 脂肪沉积性状

中图分类号: S828; S813.3

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2016)04-0686-07

Correlations of Blood Glucose and Lipids with Fat Deposition in Pigs

JI Jiu-xiu¹, FANG Shao-ming¹, ZHANG Zhen¹, ZENG Zhi-jun^{1,2}, MA Jun-wu^{1*}, CHEN Cong-ying^{1*}

(1. State Key Laboratory for Pig Genetic Improvement and Production Technology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Research Center for Differentiation and Development of TCM Basic Theory, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330004, China)

Abstract: To study the effects of gender and breed on blood biochemical parameters and the correlations between blood glucose, blood lipids and fat deposition, we measured the blood physiological and biochemical parameters and fat deposition traits in Laiwu and Sutai pigs. Total 6 blood physiological and biochemical parameters were measured in both 251 Laiwu and 248 Sutai pigs by using automatic biochemical analyzer. The results showed that, compared to the gilts, the castrated male pigs had significantly higher LDL-C level ($P < 0.01$), but no significant difference was identified in other blood biochemical parameters between genders ($P > 0.05$) in Laiwu pig. We further compared the phenotypic values of blood glucose and lipids between Laiwu and Sutai pigs, and found that GLU, GSP, LDL-C were significantly higher in Laiwu pigs than that in Sutai pigs ($P < 0.01$). However, Laiwu pigs had significantly lower HDL-C than Sutai pigs ($P < 0.01$). The other 2 blood biochemical parameters had no significant differences between Laiwu and Sutai

收稿日期: 2015-03-17

基金项目: 国家“863”计划项目(2013AA102502)

作者简介: 季久秀(1988-), 女, 山东潍坊人, 博士生, 主要从事动物遗传育种研究, E-mail: 945685738@qq.com

* 通信作者: 麻骏武, 副教授, Tel/Fax: 0791-83813080, E-mail: ma_junwu@hotmail.com; 陈从英, 研究员, Tel/Fax: 0791-83813080, E-mail: chcy75@hotmail.com

pigs. Blood glucose and some blood lipid traits were significantly associated with fat deposition traits in Laiwu and Sutai pigs. Correlation analysis found that T-CHOL and LDL-C had extremely significant positive correlation with chest (6-7 ribs) backfat thickness ($P < 0.01$), LDL-C showed significantly positive correlation with hip backfat thickness in Laiwu pigs ($P < 0.05$). In Sutai pigs, GLU, T-CHOL and HDL-C exhibited significantly ($P < 0.05$) or extremely significant ($P < 0.01$) positive correlations with shoulder backfat thickness, chest backfat thickness, waist backfat thickness and hip backfat thickness, GSP had significantly positive correlation with hip backfat thickness ($P < 0.05$), further, TG showed significantly positive correlation with shoulder backfat thickness and waist backfat thickness ($P < 0.05$). In conclusion, we suggest that gender may have effect on porcine blood glucose and lipid levels, therefore, breed has significant effect on blood physiological and biochemical parameters. Blood glucose and lipids are significantly correlated with fat deposition traits in Laiwu and Sutai pigs.

Key words: Laiwu pigs; Sutai pigs; blood glucose; blood lipids; fat deposition traits

血液各项生化指标在同一动物机体内含量相对稳定,在正常的生理状态下,不会随环境的改变而发生变化,但当动物的某组织发生病变时,其生化指标则会发生变化,因此血液生化指标的变化可以反映动物的健康及营养状况^[1]。血糖和血脂是主要的血液生化指标,其中血脂主要包括总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇等^[2]。利用血糖和血脂指标可以预测机体可能患某些疾病的概率。如相关研究表明,糖尿病人的血糖普遍升高,冠心病患者体内胆固醇和甘油三酯含量较高,而高密度脂蛋白胆固醇含量较低^[3-4]。肥胖的人更容易犯高血压、高血脂和高血糖等疾病。猪与人类的代谢功能、心血管系统、组织器官的结构与功能极为相似,是一种理想的模式动物^[5]。目前,猪已经被广泛用于人类疾病的研究中^[6-7]。因此,研究影响猪血糖血脂的因素将对人类糖尿病及其并发症以及冠心病等疾病的治疗有所帮助。另外,猪肉的品质越来越受到消费者的关注。养猪业中人们希望得到更多的瘦肉而不是沉积的脂肪^[8]。而脂肪的合成与分解都与血液中的甘油三酯密切相关。据此,我们推测某些血液生化指标可能与脂肪沉积性状存在相关性。

莱芜猪原产于山东省莱芜市,其肉质鲜美,肌内脂肪含量高,繁殖能力强,被誉为“中国华北第一猪”^[9]。通过长期的自然选择和人工选择,莱芜猪已成为高档猪肉加工的首选猪种。苏太猪是由苏州市苏太育种中心以太湖猪为母本,杜洛克为父本,培育出的瘦肉型杂交新品种,以瘦肉率高、生长速度快、肉质优良而著称^[10]。但是迄今为止,很少有文

献报道莱芜猪和苏太猪血脂性状与脂肪沉积性状的相关性。另外,遗传因素和环境因素可以影响血液生化指标,血液生化指标的差异性体现了不同动物的生物学特性^[11]。因此,有必要研究品种对血液生化指标的影响。本试验测定了 251 头莱芜猪和 248 头苏太猪的 6 项血液生化指标,分析了性别、品种对猪血液生化指标的影响,以及莱芜猪和苏太猪血液生化指标与其脂肪沉积性状的相关性,为莱芜猪和苏太猪的饲养管理和开发利用打下了基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物

用于本研究的试验动物为两个中国地方猪群体。第一个试验群体为莱芜猪,购自山东省莱芜猪原种猪场,分 3 个批次购进约 5 月龄的猪 251 头,其中阉公猪 166 头,母猪 85 头,所有猪运至南昌市市国鸿生态园猪场,按统一饲养标准进行饲养,每栏圈养 10~12 头猪(每头猪平均占用面积为 2 m²)。日粮营养水平为:粗蛋白 16%,消化能 13.1 MJ·kg⁻¹,赖氨酸 0.78%,钙 0.6%,磷 0.5%。第二个试验群体为苏太猪,购自江苏省苏州市苏太育种中心(苏州苏太企业有限公司下属单位),分 3 个批次购进约 2~3 月龄的猪 248 头,其中阉公猪 123 头,母猪 125 头,所有苏太猪运至南昌英雄开发区华达猪场进行饲养,其饲养标准同莱芜猪。

当莱芜猪达到(300±3)日龄,苏太猪达到(240±3)日龄时,将猪运至南昌市市国鸿屠宰场,禁食禁水 24 h 后,统一采用颈动脉放血方式进行屠宰。

1.2 血清样品的采集

待猪屠宰后,将血液收集于经高温灭菌后的 7 mL Eppendorf 管内,于室温下静置 5 h 后,4 ℃、3 000 r·min⁻¹ 离心 20 min,所得血清样品保存于 -80 ℃ 待用。

1.3 血液生化指标的检测和脂肪沉积性状表型测定

1.3.1 血液生化指标和测定方法

本研究共测定 6 项血液生化指标:葡萄糖(GLU)、糖化血清蛋白(GSP)、总胆固醇(T-CHOL)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)。血液生化指标的检测仪器为全自动生化分析仪:贝克曼库尔特 AU5421(美国贝克曼库尔特公司)。血清中 GLU、GSP、T-CHOL、TG、HDL-C 和 LDL-C 指标检测所用试剂盒和检测方法分别为:葡萄糖检测试剂盒(浙江东瓯诊断产品有限公司)、葡萄糖氧化酶法;糖化血清蛋白检测试剂盒(宁波瑞源生物科技有限公司)、四氮唑蓝显色法;总胆固醇检测试剂盒(日本协和医药株式会社)、胆固醇氧化酶法;甘油三酯检测试剂盒(日本协和医药株式会社)、酶法(GPO-POD);高密度脂蛋白胆固醇检测试剂盒(日本协和医药株式会社)、均相酶比色法;低密度脂蛋白胆固醇检测试剂盒(日本协和医药株式会社)、均相酶比色法。

1.3.2 脂肪沉积性状表型测定

利用电子游标卡尺对所有屠宰猪的肩部背膘厚、胸部 6~7 肋处背膘厚、腰部背膘厚以及臀部背膘厚进行测量。

1.4 统计方法

用 Microsoft Excel 软件进行统计分析,计算血液各种生化指标的平均值(\bar{x})、标准差(s)、最大值(Maximum)、最小值(Minimum),并且采用 F 检验和 t 检验,进行差异性比较,所得检测数据用“ $\bar{x} \pm s$ ”表示,采用简单线性模型分析各性状的相关性,分析模型: $y = \mu + sex + batch + body\ weight + e$ 。其中, μ 为性状平均值, sex 为性别效应, $batch$ 为屠宰批次效应, $body\ weight$ 为体重效应, e 为残差, y 为所测得的表型值。使用 R 语言中的 $cor()$ 函数计算使用各性状指标之间的 Pearson 相关系数,进而使用 $cor.test()$ 函数对相关系数的显著性进行统计假设检验。

2 结果

2.1 性别对猪血液生化指标的影响效应分析

莱芜阉公猪的 LDL-C 极显著高于母猪($P < 0.01$),其余 5 项血液生化指标性别间无显著差异;性别对苏太猪血液生化指标的影响无显著性差异($P > 0.05$,表 1)。

表 1 性别对莱芜猪和苏太猪血脂血糖性状的影响

Table 1 Effect of gender on blood glucose and lipids in Laiwu and Sutai pigs

mmol·L⁻¹

| 性状 Trait | 莱芜猪 Laiwu pig | | 苏太猪 Sutai pig | |
|-----------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| | 母猪(n=85) Gilt | 阉公猪(n=166) Castrated boar | 母猪(n=125) Gilt | 阉公猪(n=123) Castrated boar |
| 葡萄糖 GLU | 6.84±2.26 | 6.50±2.32 | 4.28±1.12 | 4.56±1.15 |
| 糖化血清蛋白 GSP | 2.16±0.17 | 2.19±0.15 | 2.06±0.13 | 2.08±0.13 |
| 总胆固醇 T-CHOL | 2.26±0.39 | 2.31±0.40 | 2.33±0.33 | 2.28±0.33 |
| 甘油三酯 TG | 0.24±0.15 | 0.21±0.17 | 0.20±0.08 | 0.21±0.08 |
| 高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C | 1.00±0.23 | 0.97±0.25 | 1.33±0.29 | 1.33±0.29 |
| 低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C | 1.29±0.28** | 1.41±0.33 | 1.28±0.24 | 1.25±0.24 |

表中数值为“平均数±标准差”。 t 检验进行性别间的比较:*. $P < 0.05$; **. $P < 0.01$

The data in the table is the “mean ± standard deviation”. Comparison between gilts and castrated boars was performed by t -test: *. $P < 0.05$; **. $P < 0.01$

2.2 莱芜猪和苏太猪群体间血液生化指标的比较分析

2.2.1 莱芜猪及苏太猪品种内血液生化指标间的

相关性分析 校正性别、体重和屠宰批次效应后的统计结果显示,无论是莱芜猪还是苏太猪,品种内 T-CHOL 与 TG、HDL-C、LDL-C, TG 与 HDL-C,

GSP 与 LDL-C 都存在极显著的相关性($P < 0.01$), 其中 T-CHOL 与 HDL-C、LDL-C 的相关系数都在 0.6 以上, 另外, 莱芜猪中 GLU 与 HDL-C 存在极

显著的相关性($P < 0.01$); 苏太猪中 GSP 与 GLU、T-CHOL, HDL-C 与 LDL-C 存在极显著的相关性($P < 0.01$, 表 2)。

表 2 莱芜猪(苏太)血液生化指标间的相关性分析

Table 2 Correlations among blood glucose and lipid traits in Laiwu (Sutai) pigs

| | GLU | GSP | T-CHOL | TG | HDL-C | LDL-C |
|--------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------|
| GLU | 1.00 (1) | | | | | |
| GSP | 0.02 (0.17**) | 1.00 (1) | | | | |
| T-CHOL | 0.06 (-0.03) | 0.12 (0.31**) | 1.00 (1) | | | |
| TG | 0.12 (0.09) | -0.07 (0.05) | 0.35** (0.18**) | 1.00 (1) | | |
| HDL-C | 0.20** (0.02) | -0.02 (0.23**) | 0.64** (0.66**) | 0.36** (0.26**) | 1.00 (1) | |
| LDL-C | -0.07 (-0.05) | 0.21** (0.26**) | 0.77** (0.85**) | 0.12 (-0.03) | 0.08 (0.39**) | 1.00(1) |

表格内的数据为校正性别、批次和体重后的相关系数(r^2)。括号内的数据来自苏太猪。* . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$

The data in the table are the correlation coefficient that was adjusted the effects of sex, batch and body weight (r^2). The data in the brackets were obtained from Sutai pigs. * . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$

2.2.2 莱芜猪和苏太猪品种间血液生化指标的对比分析结果 由于阉公猪与母猪间血液生化指标无显著性差异(表 1), 本研究用 Microsoft Excel 软件对所有 251 头莱芜猪和 248 头苏太猪的血液生化指标数据进行比较分析。结果如表 3 所示, 莱芜猪

的 GLU、GSP、LDL-C 极显著高于苏太猪($P < 0.01$), 苏太猪的 HDL-C 极显著高于莱芜猪($P < 0.01$); T-CHOL 和 TG 品种间差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 莱芜猪和苏太猪间血液生化指标的对比分析

Table 3 Comparison of blood biochemical parameters between Laiwu and Sutai pigs

mmol · L⁻¹

| 性状 Trait | 莱芜猪(n=251) Laiwu pig | 苏太猪(n=248) Sutai pig |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| 葡萄糖 GLU | 6.61 ± 2.31** | 4.42 ± 1.14 |
| 糖化血清蛋白 GSP | 2.18 ± 0.15** | 2.07 ± 0.13 |
| 总胆固醇 T-CHOL | 2.29 ± 0.39 | 2.31 ± 0.33 |
| 甘油三酯 TG | 0.22 ± 0.16 | 0.21 ± 0.08 |
| 高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C | 0.98 ± 0.24** | 1.33 ± 0.29 |
| 低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C | 1.37 ± 0.32** | 1.26 ± 0.24 |

表中数值为“平均数 ± 标准差”。t 检验进行品种间的比较: * . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$

The data in the table are the “mean ± standard deviation”. Comparison of phenotypic values between Laiwu and Sutai pigs was performed by t-test: * . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$

2.3 莱芜猪与苏太猪品种内血液生化指标与脂肪沉积性状的相关性分析

莱芜猪中, T-CHOL、LDL-C 与胸部(6~7 肋)背膘厚呈极显著正相关($P < 0.01$), LDL-C 与臀部背膘厚呈显著正相关($P < 0.05$), 其余血液生化指标与脂肪沉积性状无相关性($P > 0.05$, 表 4)。苏太

猪中, GLU、T-CHOL 和 HDL-C 与肩部背膘厚、胸部(6~7 肋)背膘厚、腰部背膘厚、臀部背膘厚呈显著或极显著正相关($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), GSP 与臀部背膘厚呈显著正相关($P < 0.05$), TG 与肩部背膘厚、腰部背膘厚呈显著正相关($P < 0.05$), LDL-C 与脂肪沉积性状无相关性($P > 0.05$, 表 5)。

表 4 莱芜猪血液生化指标与脂肪沉积性状的相关性分析

Table 4 Results of correlation analyses between blood physiological parameters and fat deposition traits in Laiwu pigs

| 性状 Trait | 肩部背膘厚 Shoulder backfat thickness | 胸(6~7 肋)背膘厚 Chest (6-7 ribs) backfat thickness | 腰部背膘厚 Waist backfat thickness | 臀部背膘厚 Hip backfat thickness |
|-------------|-------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| GLU | -0.00 | 0.03 | 0.02 | -0.08 |
| GSP | -0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 |
| T-CHOL | 0.10 | 0.18** | 0.09 | 0.11 |
| TG | 0.07 | 0.00 | 0.06 | 0.04 |
| HDL-C | 0.03 | 0.01 | 0.00 | -0.10 |
| LDL-C | 0.12 | 0.19** | 0.10 | 0.15* |

表格内的数据为校正性别、批次和体重后的相关系数(r^2)。* . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$ 。表 5 同

The data in the table are the correlation coefficient that was adjusted the effect of the sex, batch and body weight (r^2). * . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$. The same as Table 5

表 5 苏太猪血液生化指标与脂肪沉积性状的相关性分析

Table 5 Results of correlation analyses between blood physiological parameters and fat deposition traits in Sutai pigs

| 性状 Trait | 肩部背膘厚 Shoulder backfat thickness | 胸部(6~7 肋)背膘厚 Chest (6~7 ribs) backfat thickness | 腰部背膘厚 Waist backfat thickness | 臀部背膘厚 Hip backfat thickness |
|-------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|
| GLU | 0.04* | 0.08* | 0.15** | 0.16** |
| GSP | 0.05 | 0.05 | 0.11 | 0.13* |
| T-CHOL | 0.08* | 0.07* | 0.12** | 0.1* |
| TG | 0.11* | 0.03 | 0.12* | 0.02 |
| HDL-C | 0.13** | 0.13** | 0.12** | 0.17** |
| LDL-C | 0.01 | 0.02 | 0.07 | 0.07 |

3 讨论

莱芜猪是我国优良的地方猪种,其肉质鲜美,肌内脂肪含量显著高于杜洛克和大约克猪等西方猪种^[12]。本试验利用莱芜猪和苏太猪两个群体,研究了性别对血液生化指标的影响,分析了血脂及血糖与脂肪沉积性状的相关性,比较了莱芜猪与苏太猪血液生化指标的差异性,为莱芜猪和苏太猪的标准化研究及相关试验研究提供了基础资料和数据。

3.1 性别对莱芜猪、苏太猪血液生化指标的影响

性别是影响猪血液生化指标的重要因素。已有很多文章报道性别可以影响中国地方猪的部分血液生化指标。潘金春等^[13]通过测定藏麻小型猪血液生化指标,发现性别间 NEUT 和 TC 存在显著差异;李波等^[14]测定了 8~12 月龄滇南小耳猪的 18 项血液生理指标和 30 项生化指标,发现性别显著影

响 5 项血液生理指标和 7 项生化指标($P < 0.05$)。闵凡贵等^[15]对封闭群五指山小型猪的部分血液生化指标进行性别间的统计分析,结果显示性别间粒细胞分类计数和总胆固醇差异显著($P < 0.05$)。在本研究中,莱芜猪性别间的 LDL-C 存在极显著的差异($P < 0.01$),其他血液生化指标在性别间差异不显著($P > 0.05$),未发现苏太猪的血脂性状在性别间存在显著差异($P > 0.05$)。和上述研究结果存在一定差异的原因可能是本研究使用的试验公猪都是经过阉割后的猪,消除了雄性激素的影响。

3.2 莱芜猪与苏太猪血液生化指标的比较分析

临床上,通过检测 T-CHOL、TG、LDL-C、HDL-C 等血脂性状,一方面评估正常人患心血管疾病风险的高低,另一方面对患者的药物治疗进行指导^[16]。本研究检测了 251 头莱芜猪和 248 头苏太

猪的血糖以及上述血脂性状,并分析了这些性状在品种内和品种间的差异性。

品种内,部分血脂性状间存在极显著的相关性(表 2)。D. Gallardo 等^[17]在 45 和 190 日龄分别测定了 350 头杜洛克猪的 T-CHOL、TG、LDL、HDL 等血液生化指标,发现相同日龄猪的 T-CHOL 与 TG 呈极显著的正相关($P < 0.01$)。本研究中的 T-CHOL 与 TG 也呈极显著正相关($P < 0.01$),与上述已有的研究结果相一致。品种间,GLU、GSP、LDL-C、HDL-C 等性状的表型值差异极显著($P < 0.01$)。莱芜猪的 GLU 含量极显著高于苏太猪($P < 0.01$)。另外,莱芜猪的 GLU 含量还明显高于国外品种杜洛克、长白和大约克猪^[18]。在人类中,相关的研究发现,肥胖者与正常体重者相比,LDL-C 含量增加的同时,HDL-C 的含量会降低^[19]。在本研究中,莱芜猪的 LDL-C 极显著高于苏太猪($P < 0.01$),HDL-C 极显著低于苏太猪($P < 0.01$)。原因可能是由于莱芜猪是中国地方猪种,生长速度缓慢,其脂肪沉积能力强,属于肥胖型猪种,而苏太猪是地方猪种太湖猪与国外品种杜洛克的杂交品种,掺入了外来血液,其胴体瘦肉率高,属于瘦肉型猪种。进一步说明通过检测 LDL-C 和 HDL-C 可以预测机体的肥胖程度。

3.3 血液生化指标与脂肪沉积性状的相关性分析

本研究分别分析了 251 头莱芜猪和 248 头的苏太猪的血液生化指标与脂肪沉积性状的相关性,结果表明,在莱芜猪中,LDL-C 和 T-CHOL 与部分脂肪沉积性状呈显著相关($P < 0.05$),GLU、GSP、HDL-C 和 TG 与脂肪沉积性状无相关性($P > 0.05$)。在苏太猪中,GLU、GSP、TG、T-CHOL 和 HDL-C 与部分脂肪沉积性状呈显著或极显著的相关性,LDL-C 与脂肪沉积性状无相关性($P > 0.05$)。T-CHOL 在莱芜猪和苏太猪两个品种中,都与部分脂肪沉积性状存在显著的相关性。

血液中的 GLU 与脂肪的合成与分解相互影响,在一定条件下,可以相互转化。空腹时动物可以通过肝的糖异生途径,将非糖物质(乳酸、甘油和氨基酸等)转化为葡萄糖,并将其释放到血液中,维持血糖的平衡。相关的研究表明,脂肪酸的氧化过程受到阻碍时,往往会打破禁食动物的血糖平衡,导致机体出现低血糖的症状^[20]。而脂肪酸是脂肪的主要组成物质之一。另外,当血糖浓度升高时,葡萄糖可以转化为脂肪储存在脂肪细胞中。所以,脂肪对

调节血糖的稳定具有重要的作用。这也是本研究中苏太猪的 GLU 与脂肪沉积性状呈显著相关的原因之一。T-CHOL 含量的不同可以反映动物机体对脂类的吸收和代谢程度的差异^[21]。朱年华等^[22]发现,T-CHOL 与 90 kg 试验猪的胴体瘦肉率呈显著负相关($r = -0.232, P < 0.05$)。本研究莱芜猪的 T-CHOL 与胸部(6~7 肋)背膘厚呈极显著正相关($r = 0.18, P < 0.01$),苏太猪的 T-CHOL 与 4 种脂肪沉积性状都呈显著或极显著正相关($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。间接表明 T-CHOL 与胴体瘦肉率存在相关性,这一结果与朱年华等^[22]的研究发现相一致。由此说明测定 T-CHOL 的含量将帮助我们预测胴体的瘦肉率。

4 结 论

通过研究发现,莱芜猪和苏太猪的大部分血液生化指标含量稳定,部分血液生化指标含量会因性别、品种的不同而有差异;莱芜猪和苏太猪的部分血液生化指标与脂肪沉积性状存在显著相关,这些结果为研究猪体内脂肪代谢的吸收及沉积,血脂及脂肪沉积的分子遗传机理奠定了良好的基础。

参考文献(References):

- [1] 周顺伍. 动物生物化学[M]. 北京:中国农业出版社, 1999:372-374.
ZHOU S W. Animal biochemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999:372-374. (in Chinese)
- [2] ZENG Z, CHEN R, LIU C, et al. Evaluation of the causality of the low-density lipoprotein receptor gene (LDLR) for serum lipids in pigs[J]. *Anim Genet*, 2014, 45(5):665-673.
- [3] ZHU J Z, YU C H, LI Y M. Betatrophin provides a new insight into diabetes treatment and lipid metabolism (Review)[J]. *Biomed Rep*, 2014, 2(4):447-451.
- [4] KHEIRANDISH M, ASGARI S, LOTFALIANY M, et al. Secular trends in serum lipid levels of a Middle Eastern adult population; 10 years follow up in Tehran lipid and glucose study[J]. *Lipids Health Dis*, 2014, 13:20.
- [5] NATH J, GUY A, SMITH T B, et al. Metabolomic perfusate analysis during kidney machine perfusion: the pig provides an appropriate model for human studies[J]. *PLoS One*, 2014, 9(12):e114818.
- [6] VANDECASTEELE T, VANDEVELDE K, DOOM M, et al. The pulmonary veins of the pig as an ana-

- tomical model for the development of a new treatment for atrial fibrillation[J]. *Anat Histol Embryol*, 2015, 44(1):1-12.
- [7] O'BRIEN K, BHATIA A, TSEN F, et al. Identification of the critical therapeutic entity in secreted Hsp90 α that promotes wound healing in newly re-standardized healthy and diabetic pig models [J]. *PLoS One*, 2014, 9(12):e113956.
- [8] WU T, ZHANG Z, YUAN Z, et al. Distinctive genes determine different intramuscular fat and muscle fiber ratios of the longissimus dorsi muscles in Jinhua and landrace pigs[J]. *PLoS One*, 2013, 8(1):e53181.
- [9] 魏述东, 曹洪防, 徐云华, 等. 莱芜猪的选育[J]. 中国畜牧杂志, 2001, 37(6):30-31.
WEI S D, CAO H F, XU Y H, et al. The selection and breeding of Laiwu pigs[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2001, 37(6):30-31. (in Chinese)
- [10] 潘祖荫. 苏太猪与野猪 \times 苏太杂交猪的生产性能测定[J]. 猪业科学, 2014(10):126-128.
PAN Z Y. The test on productivity of Sutai pigs and crossbred of Sutai and wide boar[J]. *Swine Industry Science*, 2014(10):126-128. (in Chinese)
- [11] CHEN C, YANG B, ZENG Z, et al. Genetic dissection of blood lipid traits by integrating genome-wide association study and gene expression profiling in a porcine model[J]. *BMC Genomics*, 2013, 14:848.
- [12] 朱荣生, 呼红梅, 韩红, 等. 莱芜猪肌肉肌苷酸和肌内脂肪含量研究[J]. 家畜生态学报, 2008, 29(6):63-65.
ZHU R S, HU H M, HAN H, et al. Research on inosinic acid and intramuscular fat content in muscle of Laiwu pigs[J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2008, 29(6):63-65. (in Chinese)
- [13] 潘金春, 闵凡贵, 王希龙, 等. 实验用蕨麻小型猪血液生理生化指标测定及分析[J]. 畜牧与兽医, 2012, 44(6):81-83.
PAN J C, MIN F G, WANG X L, et al. Determination of blood physiological and biochemical parameters in experiment with Juema minipigs[J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2012, 44(6):81-83. (in Chinese)
- [14] 李波, 郑红, 何保丽, 等. 滇南小耳猪血液生理生化部分指标测定[J]. 昆明医学院学报, 2011(8):13-18.
LI B, ZHENG H, HE B L, et al. Detection of some blood physiological and biochemical parameters in Diannan miniature pigs[J]. *Journal of Kunming Medical University*, 2011(8):13-18. (in Chinese)
- [15] 闵凡贵, 王希龙, 袁文, 等. 封闭群五指山小型猪血液生理生化指标的测定[J]. 中国实验动物学报, 2008, 16(5):372-375.
MIN F G, WANG X L, YUAN W, et al. Determination of some blood physiological and biochemical parameters in Wuzhishan mini-pigs of closed colony[J]. *Acta Laboratorium Animalis Scientia Sinica*, 2008, 16(5):372-375. (in Chinese)
- [16] MASUDI S, YAVARI P, MEHRABI Y, et al. Underestimating the effect of lipids on cardiovascular events; regression dilution bias in the population-based cohort of Tehran lipid and glucose study[J]. *Int J Endocrinol Metab*, 2015, 13(4):e27528.
- [17] GALLARDO D, PENA R N, AMILLS M, et al. Mapping of quantitative trait loci for cholesterol, LDL, HDL, and triglyceride serum concentrations in pigs[J]. *Physiol Genomics*, 2008, 35(3):199-209.
- [18] 李文平, 屈孝初. 三个引进纯种猪血液生化指标的研究[J]. 湖南农业大学学报, 1997, 23(6):582-585.
LI W P, QU X C. Comparison of blood biochemical constants among three introduced pig breeds [J]. *Journal of Hunan Agricultural University*, 1997, 23(6):582-585. (in Chinese)
- [19] ZAMBON A, SARTORE G, PASSERA D, et al. Effects of hypocaloric dietary treatment enriched in oleic acid on LDL and HDL subclass distribution in mildly obese women[J]. *J Intern Med*, 1999, 246(2):191-201.
- [20] BUDICK-HARMELIN N, ANAVI S, MADAR Z, et al. Fatty acids-stress attenuates gluconeogenesis induction and glucose production in primary hepatocytes[J]. *Lipids Health Dis*, 2012, 11:66.
- [21] 赵拴平, 王睿琪, 唐中林, 等. 3个地方品种猪血液生化指标分析[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(2):96-100.
ZHAO S P, WANG R Q, TANG Z L, et al. Analysis of the blood biochemistry parameters of three Chinese indigenous pig breeds[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2012, 39(2):96-100. (in Chinese)
- [22] 朱年华, 肖永祚. 生长猪血液生化指标与生产性能及肉质的关系[J]. 江西畜牧兽医杂志, 1997(1):13-17.
ZHU N H, XIAO Y Z. Relationship between blood biochemical parameters and production performance and meat quality of growing pigs[J]. *Jiangxi Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 1997(1):13-17. (in Chinese)