

蘭嶼母豬於動情週期中血漿脂蛋白、膽固醇、 三酸甘油酯和蛋白質分析⁽¹⁾

劉振發⁽²⁾ 吳明哲⁽³⁾ 張釵如⁽⁴⁾ 陳洵一⁽⁴⁾

收件日期：90 年 6 月 28 日；接受日期：91 年 4 月 22 日

摘 要

本試驗以 6 頭蘭嶼種母豬進行動情週期血漿脂蛋白、膽固醇、三酸甘油酯和蛋白質含量之研究。母豬在動情週期的第 1、3、5、7、9、11、13、15、17、19 和 21 天，採集頸靜脈血樣，分析血漿脂蛋白、膽固醇、三酸甘油酯、蛋白質和助孕酮含量。血漿脂蛋白的極低密度脂蛋白 (VLDL) 占脂蛋白的比例從第 1 天 ($8.2 \pm 1.8\%$) 緩緩上升到第 15 天 ($14.5 \pm 1.8\%$) 並達最高值，而後開始下降；低密度脂蛋白 (LDL) 之比例變化並不顯著；高密度脂蛋白 (HDL) 之比例則從第 1 天 ($48.9 \pm 2.2\%$) 逐漸下降到第 11 天的最低量 ($40.1 \pm 2.2\%$) ($P < 0.05$)。膽固醇於第 1 天 ($83.3 \pm 5.7 \text{ mg/dL}$) 為最高量，然後逐漸下降到第 11 天 ($63.3 \pm 5.7 \text{ mg/dL}$) 為最低量 ($P < 0.05$)。動情週期血漿中膽固醇含量和助孕酮含量呈顯著的負相關 ($r = -0.75$, $P = 0.008$)。由於 HDL 亦是在第 11 天下降到最低，依據本試驗結果推測此種現象是蘭嶼種母豬在整個動情週期卵巢組織從血液中攝取膽固醇來進行助孕酮的合成，其原料可能大部分來自 HDL 的提供。三酸甘油酯以第 3 天 ($40.5 \pm 4.6 \text{ mg/dL}$) 為最高量。蛋白質含量在整個動情週期並無顯著的變化。

關鍵詞：豬、動情週期、血漿。

緒 言

脂蛋白是一種由蛋白質和脂質所構成的複合體，為一顆粒狀的結構，其主要功能是使脂質在血管中與組織之間穩定的運送和交換 (Chapman and Forgez, 1985)。其結構是有一個主要由非極性 (nonpolar) 的甘油三酯 (triacylglycerol) 和膽固醇酯所形成的脂質核心 (lipid core)，其表面是圍繞著一些較具極性的磷脂質 (phospholipid)、游離膽固醇 (free cholesterol) 和脫輔基蛋白 (apoprotein) 的構成。在哺乳類動物脂蛋白可依其密度的不同概要區分為三個類別：分別

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1096 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所家畜生理系。

- (3) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。
- (4) 國立中興大學畜產學系。

是極低密度脂蛋白 (very low density lipoprotein, VLDL)、低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 和高密度脂蛋白 (high density lipoprotein, HDL)。VLDL 又稱為前 β 脂蛋白大部分源自小腸和肝臟，含有相當高量的三酸甘油酯 (45%-65%)、微量游離態 (4%-8%) 及結合態 (16%-22%) 膽固醇、磷脂質 (15%-22%) 以及 6%-10% 之蛋白質。VLDL 中的三酸甘油酯，主要源自肝臟。而其主要功能是運送大部分的三酸甘油酯和少部分膽固醇，從肝臟到外圍組織。VLDL 之密度低於 1.006 g/ml，平均直徑為 43 nm，其電泳後之位置在 pre- β 處；LDL 又稱 β -脂蛋白，大部分源自乳糜微粒及 VLDL 代謝而來，LDL 之三酸甘油酯含量低 (4%-8%)，但膽固醇含量較高 (6%-8% 為游離態，而 40%-45% 為結合態)，並含有 8%-24% 磷脂質及 18%-22% 的蛋白質。LDL 之功能，主要是將膽固醇由腸壁攜帶至肝臟，再經由血液循環分散至各種組織中。LDL 之密度介於 1.019 和 1.063 g/ml 之間，平均直徑為 27 nm，其電泳後之位置在 β -球蛋白處；HDL 又稱 α -脂蛋白，源自肝臟及小腸，其蛋白質含量較多 (15%-55%)，而脂質含量少，故密度最大。其與 VLDL、乳糜微粒和膽固醇代謝有關。HDL 之脂質成分中，三酸甘油酯為 2%-7%，游離態膽固醇為 3%-5%，而結合態膽固醇為 15%-20%，磷脂質為 26%-32%。HDL 之功能為將膽固醇帶至肝臟，使代謝成膽汁酸而隨膽汁排出。HDL 之密度介於 1.063 和 1.21 g/ml 之間，平均直徑為 8 nm，其電泳後之位置在 α -球蛋白處。

因脂肪的密度比水小，故脂蛋白中脂質所佔的比例愈高，其密度就愈低，所以在上述三類的脂蛋白其所含的三酸甘油酯、膽固醇、磷脂質和蛋白質的量亦各有不同，在不同的動物別中其血清中主要脂蛋白的濃度及其脂質的組成亦有差別，例如人與豬血中主要的脂蛋白種類為 LDL，牛及老鼠則是以 HDL 為主 (Grummer and Carroll, 1988)。且在不同的生理週期有變異；如泌乳牛在泌乳期 (Glascok and Welch, 1974; Raphael *et al.*, 1973)，豬 (Bertand *et al.*, 1985) 及馬在懷孕期 (Watson *et al.*, 1993) 等不同生理週期血清中各種脂蛋白的濃度亦會有所差異。血清中的脂蛋白除了運送脂質做為動物體內能量的代謝外，脂蛋白亦是黃體進行類固醇合成 (steroidogenesis) 時原料的提供者 (Buhr, 1987; Pate and Condon, 1982)。Lavoie *et al.* (1997) 指出血液循環中的脂蛋白提供卵巢組織進行類固醇合成主要是高密度脂蛋白 (HDL) 和低密度脂蛋白 (LDL)。HDL 和 LDL 在血液循環中是運送膽固醇的主要脂蛋白，在許多研究濾泡液中脂蛋白組成的報告中 (Grummer and Carroll, 1988; Goff, 1994; Rajkumar *et al.*, 1989)，指出濾泡液中只有 HDL 的存在，而沒有發現 LDL 或 VLDL。Grummer and Carroll (1988) 亦指出卵巢濾泡有一基底膜 (basement membrane)，此基底膜不具滲透性 (impermeable) 因此只有分子量在小於 400 KD 者才能通過，故在所有脂蛋白中只有 HDL 分子量較小才能透過基底膜進入濾泡液中。因此在血管形成 (vascularization) 之前只有 HDL 提供膽固醇給濾泡內的顆粒性細胞 (granulosa cell)。另外 Rajkumar *et al.* (1989) 的研究中亦發現顆粒性細胞在利用 LDL 和 HDL 這兩種脂蛋白進行助孕酮 (progesterone; P_4) 合成的路徑是不一樣的。在過去一般都是認為脂蛋白在身體組織的利用都是透過各種不同的受體 (receptor) 結合後再進行系列性的胞飲作用 (包括將物質內攝進入細胞內，而後形成 coated vesicle 再經由 lysosome 分解後進行利用)，LDL 即是以此方式被卵巢組織利用。但是 HDL 在卵巢組織被利用的方式似乎不是透過此路徑。Acton *et al.* (1996) 研究 SR-BI (Scavenger Receptor, Class B, Type I) 在老鼠的卵巢細胞對 HDL 的利用情形發現 SR-BI 利用 HDL 只是選擇性將 HDL 核心部分的脂質運送到細胞內，而整個 HDL 顆粒的外殼 (包括 apoprotein 和 phospholipids) 仍原封不動地留在細胞外。Kozarsky *et al.* (1997) 與 Babitt *et al.* (1997) 亦有相類似的報告。Li *et al.* (1998) 研究豬卵巢在整個動情週期 SR-BI 基因的表現，指出 SR-BI 基因在不同時期的表現強度和位置有所不同。然而在可供參考的文獻中均是利用細胞在體外培養的資料，在活體的試驗報告尙付之闕如。本試驗旨在探討蘭嶼種母豬於動情週期間血液中三

種脂蛋白比例及膽固醇、三酸甘油酯和蛋白質含量的變化，進一步分析助孕酮的變化及其與血中膽固醇間的關係。

材料與方法

I. 試驗動物之飼養管理

試驗豬隻為 16 月齡至 24 月齡之體色全黑的蘭嶼豬種亦稱迷你豬。豬隻被飼養在水泥地板之豬欄中（5×13 M²）；平均 7-8 隻關在同一欄，內有自動飲水杯，24 小時供水。飼料給予是採用自動落料系統，每天給料 2 次，給料的時間是上午的 10:30 和下午的 13:30，每次餵料量為每頭 1.5 kg。飼料配方及營養成分如表 1 所示。精料水分不超過 13%，內含 16%粗蛋白質、3.6%粗脂肪、6.5%粗纖維、10%粗灰分、0.78%鈣、0.64%磷和 100 ppm銅。

表 1. 試驗豬的飼料配方

Table 1. Components of the pig diet

Ingredient	(%)
Corn, yellow	68.00
Soybean meal	20.75
Wheat bran	5.00
Limestone, pulverized	1.00
Dicalcium phosphate	1.40
Choline chloride, 50%	0.20
Salt, iodized	0.40
Vitamin premix ^a	0.10
Mineral premix ^b	0.15
Molasses	3.00
Total	100.00
Calculated values (fed)	
Crude protein, %	15.00
DE, kcal/kg	3315
Calcium, %	0.78
Phosphorus, %	0.64
Analyzed values (fed)	
Dry matter, %	86.54
Crude protein, %	15.78
Crude fat, %	3.61

^a Vitamin premix provides the following vitamins, per kg of diet: vitamin A, 8000 IU; vitamin D₃, 800 IU; vitamin E, 30 IU; vitamin K₃, 1.0mg; thiamin, 2.0 mg; riboflavin, 5.0 mg; vitamin

B₁₂, 25 µg; Ca-pantothenate, 12 mg; niacin, 18 mg ; folic acid, 0.4 mg; biotin, 0.06 mg.

^b Mineral premix provides the following minerals per kg of diet: Fe, 100 mg; Cu, 10 mg; Mn, 10 mg; Zn, 100 mg; I, 0.45 mg and Se, 0.1 mg.

II. 動情週期血樣之採集

本試驗是在 10 頭蘭嶼種母豬中，先以蘭嶼試情公豬進行母豬發情的偵測，觀察兩個週期，挑選動情週期正常的母豬才進行血樣採集。計有 6 頭蘭嶼種母豬經過兩次週期的觀察，其動情間隔的日數在 19-21 日之間，因此，選用這 6 頭蘭嶼種母豬進行動情週期血樣之採集。當母豬開始允許試情公豬穩定駕乘時，視為動情週期的第 1 天。這 6 頭母豬分別在其動情週期的第 1、3、5、7、9、11、13、15、17、19 及 21 天進行頸靜脈採血，以 EDTA(1.6 mg/ml)為抗凝血劑採血 4-5 ml，並在 4℃ 與 1200×g 條件下離心 10 分鐘，進行血漿的分離。分離後的血漿分裝在 1.5 ml 的微量離心管，分別存放於 4℃ 和 -20℃ 中保存，以供脂蛋白和血漿成分與助孕酮的分析。

III. 分析項目及方法：

(i)、血液中的脂蛋白電泳分析

血液中脂蛋白分析，是採用 Helena Titian Gel 電泳系統。原理是將血漿(3-4 µl)施點於瓊脂膠片(agarose plate, Cat No 3045)上，然後進行電泳，即可將各種脂蛋白分離。分離後之脂蛋白經以 Fat Red 7B 染色，於瓊脂膠片會呈現三個脂蛋白條帶。由負極到正極分別為 β 、pre- β 和 γ 脂蛋白(即 LDL、VLDL 和 HDL)。

電泳片上的 VLDL、LDL 和 HDL 脂蛋白條帶是用電泳膠片密度掃描儀 (EZ-SCAN densitometer, Helena Laboratories) 在波長 525 nm 下判讀，可估算出三種脂蛋白的百分率。

(ii)、血漿成分分析

血漿中的成分是使用柯達 750 型全自動血液生化分析儀及該分析儀所配製的套裝試劑來進行分析，分析的項目有三酸甘油酯、膽固醇和蛋白質。血漿中的成分分析方法分別以雙縮尿反應酵素法(direct biuret method)(Kingsley, 1942)測量蛋白質含量；以膽固醇酯水解酶 (cholesterol ester hydrolase)、膽固醇氧化酶(cholesterol oxidase)和過氧化酶 (peroxidase)之連續作用法(Allain *et al.*, 1974)測量膽固醇含量；以脂肪分解酶 (lipase)、甘油激酶 (Glycerol kinase)、甘油磷酸氧化酶(Glycerophosphate oxidase)和過氧化酶 (Peroxidase)之連續作用法(Spayd, 1978)測量三酸甘油酯含量。

(iii)、血漿中助孕酮濃度的測定

血清中助孕酮 (P₄) 含量的分析是利用 Access 全自動免疫分析儀 (貝克曼公司)，以化學冷光免疫分析法(Chemiluminescent immunoassay, CIA)進行測量，該儀器可檢測範圍為 0 - 40 ng/ml，檢測出濃度為 0.08 ng/ml 的可信度達 95% 以上。其濃度測定所需的試劑及步驟，悉依該公司之說明書中所述進行。

IV. 統計分析

母豬血漿中的成分於動情週期的第 1、3、5、7、9、11、13、15、17、19 和 21 天的各項數值，利用 SAS 統計套裝軟體 (SAS, 1999) 進行相關資料統計分析，使用一般線性模式(General Linear Model, GLM)程式計算最小均方平均值(Least-squares means)及檢定各項最小均方平均值間的差異顯著性。

結果與討論

I. 蘭嶼種母豬動情週期脂蛋白組成的變化

本試驗血中脂蛋白組成的變化如圖 2 所示。結果發現在整個動情週期中 VLDL 占脂蛋白之比例(以下簡稱比例)有逐漸上升的趨勢，從第 1 天的 $8.2 \pm 1.8\%$ 緩緩上升到第 15 天的 $14.5 \pm 1.8\%$ 為最高量，而後開始下降；LDL 比例在第 1 天為 $42.9 \pm 2.5\%$ 其變化的情形亦是與 VLDL 呈現相似的情形但是不顯著 ($P > 0.05$)；然而 HDL 則呈現相反的現象，從第一天的 $48.9 \pm 2.2\%$ 逐漸下降到第 11 天的 $40.1 \pm 2.2\%$ 最低量 ($P < 0.05$)，而後逐漸上升到第 21 天回復到與第 1 天相似的比例 ($46.7 \pm 2.2\%$)。

在過去的文獻報告中並無有關豬在動情週期中血液中脂蛋白組成的資料，但部分的文獻報告中指出卵巢組織在進行類固醇合成時與其有關的脂蛋白的種類主要是 LDL 和 HDL (Lavoie *et al.*, 1997; Buhr, 1987; Pate and Condon, 1982; Veldhuis *et al.*, 1984)。Buhr (1987) 指出在豬的黃體細胞，LDL 刺激產生 P_4 的效果要比 HDL 的效果強。Veldhuis *et al.* (1984) 亦指出不管是成熟或是未成熟的顆粒性細胞，LDL 刺激產 P_4 的量都要比 HDL 高。Bao *et al.* (1995) 在牛卵巢細胞的研究中亦有相似的結果，但 HDL 和 LDL 兩者在牛的顆粒性細胞刺激 P_4 的產生有加成的效果。然而在 Rajkumar *et al.* (1989) 指出在豬未成熟的顆粒性細胞，HDL 刺激其產生 P_4 的效果要比 LDL 明顯。另外，一些報告 (Acton *et al.*, 1996; Johnson *et al.*, 1998; Kzoarsky *et al.*, 1997; Li *et al.*, 1998) 指出在豬及老鼠卵巢、肝臟與腎上腺皮質等與膽固醇的利用和代謝有關的組織，有一種與 HDL 具有高度親合性的基因，稱做 SR-BI (scavenger receptor, class B, type I) 基因，它能將 HDL 內部的膽固醇選擇性運送到組織細胞內供組織利用，而整個 HDL 顆粒的外殼 (包括 apoprotein 和 phospholipids) 仍原封不動地留在細胞外；Li *et al.* (1998) 研究豬卵巢在整個動情週期中 SR-BI 基因的表現，發現在不同時期的表現強度和位置有所不同，在濾泡形成的時期，SR-BI 的表現僅局限在間隙細胞與鞘膜細胞 (theca cell)，且其表現會隨著濾泡的逐漸成熟而增強，直到排卵後才又逐漸減弱，在排卵後，SR-BI 的表現除了在間隙細胞與鞘膜細胞外，顆粒性細胞也開始表現，且其表現亦會隨黃體的逐漸形成而增強。卵巢組織具分泌動情素與助孕酮的功能，其間隙細胞與鞘膜細胞主要是分泌動情素，而顆粒性細胞在排卵後會逐漸的黃體化，其主要的功能為分泌助孕酮。另外，Reaven *et al.* (1998) 指出在老鼠卵巢利用 SR-BI 的途徑所獲得的膽固醇與利用 LDL 受體 (receptor) 的途徑所獲得的膽固醇相比較，是以 SR-BI 的途徑所獲得的膽固醇量較多，亦就是由 HDL 所提供的膽固醇量比 LDL 所提供的多。故目前對於卵巢利用 LDL 或 HDL 做為進行類固醇合成比重尚有研究的空間。但在本試驗的結果是以 HDL 在整個動情週期的變化較 LDL 和 VLDL 明顯。這是否意謂著蘭嶼母豬的卵巢是利用較多的 HDL 進行類固醇合成？則有待進一步的探討。

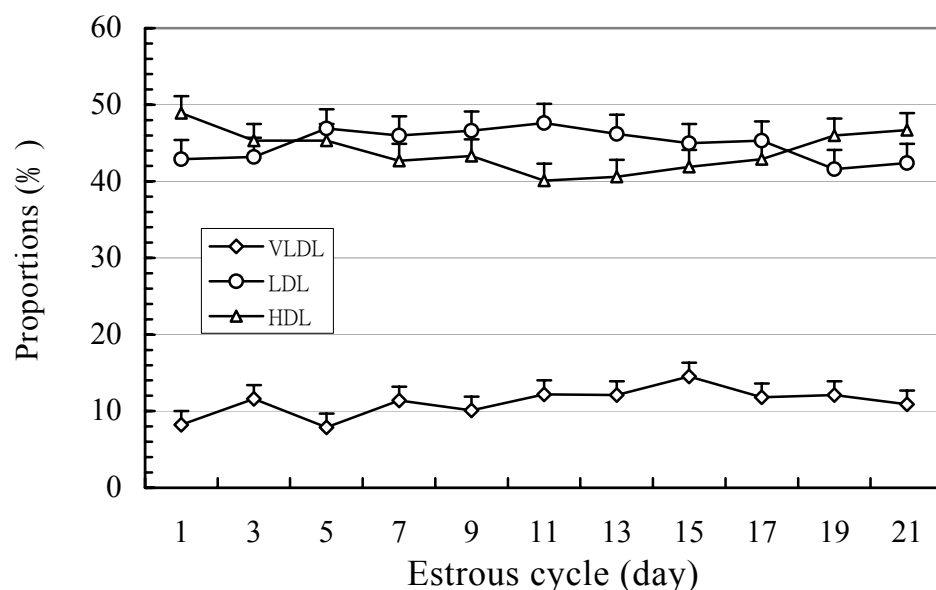


圖 2. 蘭嶼母豬動情週期血漿中 VLDL、LDL 與 HDL 的組成比例(平均 \pm SE)變化。

Fig. 2. Changes in the proportions (mean \pm SE) of lipoprotein levels in plasma of Lanyu sows during estrous cycle (%).

II. 蘭嶼種母豬動情週期血中總膽固醇、總三酸甘油酯和總蛋白質的變化

在整個動情週期當中（21 天），從第 1 天開始每隔 2 天進行頸靜脈採血分析，結果如表 2 所示，膽固醇的含量於第 1 天是 83.3 ± 5.7 mg/dL，之後逐漸下降到第 11 天的 63.3 ± 5.7 mg/dL 為最低量（ $P < 0.05$ ）。三酸甘油酯的含量於第 1 天為 35.16 ± 4.6 mg/dL，在第 3 天上升為 40.50 ± 4.6 mg/dL 是整個動情週期的最高量（ $P < 0.05$ ），到第 5 天和第 7 天（ 24.8 ± 4.6 mg/dL 和 26.0 ± 4.6 mg/dL）又顯著的下降（ $P < 0.05$ ），之後期間的變化則不顯著。蛋白質的含量則是下降的趨勢，但整個動情週期的變化並不顯著（ $P > 0.05$ ）。整個動情週期的膽固醇和蛋白質及三酸甘油酯是呈正相關（ $r = 0.54$ ； $P = 0.07$ ）。

在動情週期中膽固醇是卵巢合成類固醇內分泌素的先質，Lussier *et al*（1977）指出在豬的動情週期血中膽固醇的濃度最高的時間是在週期的第 2~3 天，最低是在第 10-11 天，本試驗的結果與其類似。Tralvera *et al.*（1985）在荷蘭牛的研究亦有相類似的報告。在上述動情週期脂蛋白組成的變化試驗中 HDL 亦是在第 11 天降到最低。由此結果推測動情週期血中膽固醇的變化可能與血中的 HDL 變化有關。

蘭嶼種小耳豬血液脂質組成分析的有關參考資料不多，僅有葉等（1994）的資料可供參考，在本試驗所測得膽固醇、三酸甘油酯和蛋白質的數值均在其報告中發表的數值範圍內。另外曾等（1997）報告指出桃園母豬靜脈血中蛋白質含量，在整個動情週期間的變化並不顯著，本試驗蘭嶼母豬血中蛋白質含量與在整個動情週期間的變化情形與桃園母豬相似。

表 2. 蘭嶼母豬動情週期血漿中蛋白質、膽固醇與三酸甘油酯濃度變化

Table 2. Changes of protein, cholesterol and triglycerides levels in plasma of Lanyu sows during estrous cycle

Day of Estrous cycle	Protein	Cholesterol	Triglycerides
	g/dl	mg/dl	
1	9.3 ^a	83.3 ^a	35.2 ^{ab}
3	8.8 ^a	76.0 ^{ab}	40.5 ^a
5	9.1 ^a	74.2 ^{ab}	24.8 ^b
7	8.1 ^a	67.8 ^{ab}	26.5 ^{ab}
9	8.1 ^a	66.2 ^{ab}	26 ^{ab}
11	8.2 ^a	63.8 ^b	32.5 ^{ab}
13	8.2 ^a	73.0 ^{ab}	32 ^{ab}
15	8.6 ^a	73.2 ^{ab}	27.7 ^{ab}
17	8.6 ^a	73.2 ^{ab}	30.3 ^{ab}
19	9.3 ^a	78.2 ^{ab}	31.5 ^{ab}
21	8.1 ^a	74.7 ^{ab}	34.2 ^{ab}
SE	0.6	5.7	4.6

^{a,b,c,d} Means within day of estrous cycle with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

III. 血中膽固醇與助孕酮的關係

據 Lussier *et al.* (1977) 指出在母豬 21 天的動情週期間，1~7 天是濾泡期，8~21 天是黃體期，而在整個動情週期間，血液中膽固醇含量的高峰是出現在排卵前 2 到 3 天，相對的這時後血液中助孕酮含量會降到最低。本試驗蘭嶼種母豬動情週期血中膽固醇含量在動情週期的第 1 天開始是呈現逐漸下降的趨勢，直到動情週期的第 11 天降到最低量，然後再逐漸上升(表 2)。而助孕酮所呈現的情形正好與膽固醇相反，助孕酮是在動情週期第 1 天的基礎值 (4.0 ng/mL) 開始逐漸上升到動情週期第 13 天達最高量 (76.2 ng/mL)，然後再下降到第 21 天最低量 (15.3 ng/mL)，其兩者在動情週期間的關係如圖 3 所示。另外，蘭嶼母豬在整個動情週期助孕酮含量變異的圖像，與以往研究者在洋種豬及桃園豬所獲得的結果(Robertson and King, 1974; Ash and Heap, 1975; 鄭等, 1985; King and Rajamanhendran, 1988; 曾等, 1997)頗為類似。

母豬配種後，黃體為母豬在整個懷孕期間助孕酮產生的主要來源，可維持正常懷孕直到分娩，這段期間其血液中助孕酮的含量會維持在一個高濃度。若發情未配種或配種但未懷孕，則黃體細胞在持續一段時間之後，旋即退化。本試驗中，蘭嶼母豬助孕酮的含量在動情週期的第 13 天開始下跌，到第 15 天以後，就呈急速下降。據此推測，蘭嶼母豬解黃體作用可能發生在此時或稍前。另外，隨著卵巢生理週期的變化，血液中助孕酮濃度在不同階段亦出現不同的變化，而血中膽固醇的含量亦是如此，然而血中膽固醇和助孕酮關係，兩者呈負相關($r=-0.75$; $P=0.008$)。依此現象可說明黃體細胞分泌助孕酮所需的膽固醇，是由血液中的膽固醇來供應。另外，依據本試驗結果推測，蘭嶼母豬可能在動情週期的第 11~13 天之間是卵巢組織分泌 P4 最旺盛的階段，此結果與 Lussier *et al.* (1977) 研究豬動情週期血中膽固醇與 P4 之間關係的結果相類似。Talavera *et al.* (1985) 亦指出類似的報告。

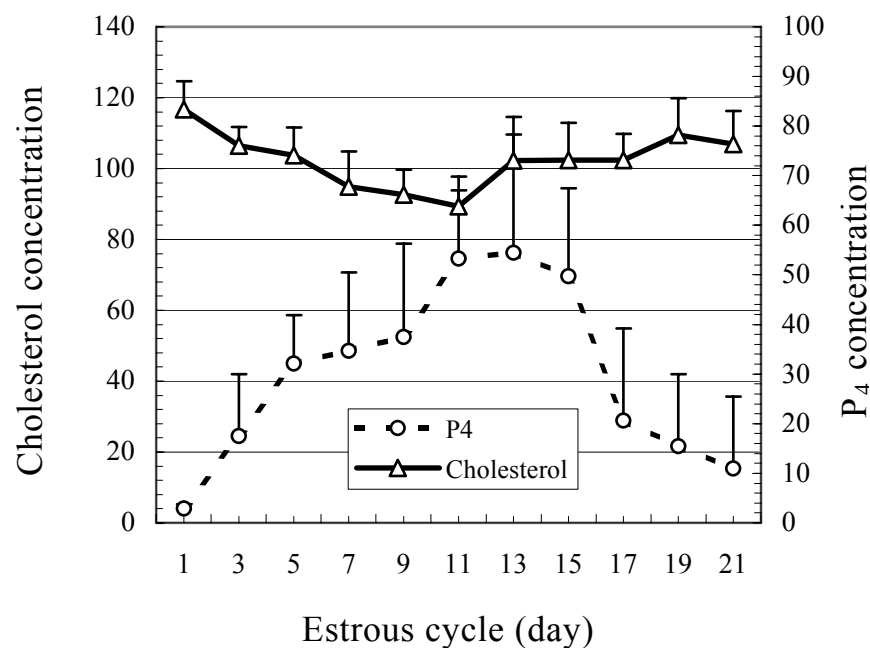


圖 3. 蘭嶼母豬動情週期血漿中膽固醇和助孕酮濃度的變化。

Fig. 3. Changes of cholesterol and progesterone (P₄) levels in plasma of Lanyu sows during estrous cycle.

參考文獻

李啓忠、陳文誠、曾晉郎、張秀鑾、吳明哲。1994。逢機配種的蘭嶼豬群之產仔分析。畜產研

究 27: 109~117。

陳文誠、李啓忠、曾晉郎、吳明哲、張秀鑾。1997。人工涵洞對豬繁殖性狀的影響。畜產研究 30: 283~291。

曾啓明、吳兩新、林仁壽。1997。桃園新母豬於懷孕早期與動情週期血漿中性腺內泌素與蛋白質濃度之變異。中畜會誌 26: 297~311。

葉素惠、劉瑞珍、張秀鑾、李啓忠。1994。保種家畜禽基礎血液生理值測定：小耳種蘭嶼系。畜產研究 27: 187~195。

鄭三寶、余玉林、白火城、曾小珍、郭有海、蔣榮章、萬家茂。1985。性週期和懷孕初期新母豬血漿中性腺荷爾蒙含量之變異。中畜會誌 14(1-2): 67~75。

Acton, S., R. Attilio, T. L. Katherine, X. Shangzhe, H. H. Helen and K. Monty. 1996. Identification of scavenger receptor SR-BI as high density lipoprotein receptor. Science. 271: 518~520.

Allain, C. C., L. S. Poon and C. S. G. Chan. 1974. Enzymatic determination of total cholesterol in serum. Clin. Chem. 20:470~478.

Ash, R. W. and R. B. Heap. 1975. Oestrogen, progesterone and corticosteroid concentration in peripheral plasma of sows during pregnancy, parturition, lactation and after weaning. J. Endocrinol. 64: 141~154.

Babitt, J., T. Bernardo, R. Attilio, J. S. Eric, G. W. A. Richard, X. Shangzhe and K. Monty. 1997. Murine SR-BI, a high density lipoprotein receptor that mediate selective lipid uptake is N-glycosylated and fatty acylated and colocalizes with plasma membrane caveolae. J. Biol. Chem. 272: 13242~13249.

Bao, B., M. G. Thomas, M. K. Griffith, R. C. Burghardt and G. L. Williams. 1995. Steroidogenic activity, insulin-like growth factor-I production, and proliferation of granulosa and theca cell obtained from dominant preovulatory and nonovulatory follicles during the bovine estrous cycle: effects of low-density and high-density lipoproteins. Biol. Reprod. 53: 1271~1279.

Barry, B., K. J. Robert, R. G. Ric and A. Louis. 1988. Triglyceride accumulation and very low density lipoprotein secretion by rat and goat hepatocytes in vitro. J. Dairy Sci. 71: 1813~1822.

Bertrand, H., X. A. Aude and Girard-Globa. 1985. Lipoproteins and apoproteins of fetal and newborn piglets. Biol. Neonate 47: 270~279.

Buhr, M. M. 1987. Effect of lipoproteins and luteinizing hormone on progesterone production by large and small luteal cells throughout the porcine estrous cycle. J. Anim. Sci. 65: 1027~1033.

Chapman, M. J. and P. Forgez. 1985. Lipid transport systems in swine, cattle and trout during development. Reprod. Nutr. Dev. 25: 217~229.

Ferreri, L. F. and R. C. Elbein. 1982. Fractionation of plasma triglyceride-rich lipoprotein of the dairy cow: Evidence of chylomicron-size particles. J. Dairy Sci. 65: 1912~1920.

Glascok, R. F. and V. A. Welch. 1974. Contribution of the fatty acids of three low density serum lipoproteins to bovine milk fat. J. Dairy. Sci. 57: 1364~1370.

Goff, D. L. 1994. Follicular fluid lipoproteins in the mare: Evaluation of HDL transfer from plasma to follicular fluid. Biochim. Biophys. Acta. 1210: 226~232.

Grummer, R. R. and D. J. Carroll. 1988. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: Importance to ovarian function. J. Anim. Sci. 66: 3160~3173.

Jenkins, K. J., G. Griffith and J. K. G. Kramer. 1988. Plasma lipoproteins in neonatal, peruminant, and weaned calf. J. Dairy Sci. 71: 3003~3012.

Johnson, M. S. C., S. Perarne, B. Khalil, B. Hakan, L. Goran, M. S. C. Lean and C. Bjorn. 1998.

- Characterization and chromosomal localization of rat scavenger receptor class B type I, a high density lipoprotein receptor with a putative zipper domain and peroxisomal targeting sequence. *Endocrinology* 193 : 72~80.
- Kingsley, G. R. 1942. The direct biuret method for determination of serum proteins as applied to photoelectric and visual colorimetry. *J. Lab. Clin. Med.* 27: 840~845.
- King, G. J. and R. Rajamahendran. 1988. Comparison of plasma progesterone profiles in cyclic, pregnant, pseudopregnant and hysterectomized pigs between 8 and 27 days after estrus. *J. Endocrinol.* 119 : 111~116.
- Kozarsky, K. F., H. D. Mary, R. Attilio, N. I. Sohah, E. Elazer and K. Monjy. 1997. Over expression of the HDL receptor SR-BI alters plasma HDL and bile cholesterol levels. *Nature* 387 : 414~417.
- Lavoie, H. A., A. M. Benoit, J. C. Garmey, R. A. Dailey, D. J. Wright and J. D. Veldhuis. 1997. Coordinate developmental expression of gene regulating sterol economy and cholesterol side-chain cleavage in the porcine ovary. *Biol. Reprod.* 57 : 402~407.
- Li, X., P. Helle and K. M. J. Menon. 1998. In situ hybridization of high density lipoprotein (scavenger, Type I) receptor messenger ribonucleic acid (mRNA) during folliculogenesis and luteinization: evidence for mRNA expression and induction by human chorionic gonadotropin specifically in cell types that use cholesterol for steroidogenesis. *Endocrinology* 139 : 3043~3049.
- Lussier, C. S., E. Bolte, M. Bidallier, Y. S. Huang and J. Davignon. 1977. Cyclic fluctuation of plasma cholesterol in the female miniature swine and its relationship to progesterone secretion. *Proc. Soc. Exp. Bio. Med.* 154 : 471~474.
- Mephram, T. B. 1987. *Physiology of Lactation*. Open University Press, Philadelphia.
- Pate, J. L. and W. A. Condon. 1982. Effects of serum and lipoprotein on steroidogenesis in cultured bovine luteal cells. *Mol. Cell Endocrinol.* 28 : 551~562.
- Peaker, M., I. R. Fleet, A. J. Davis and E. Taylor. 1995. The effects of relaxin on the response of intramammary pressure and mammary blood flow to exogenous oxytocin in the goat. *Exp. Physiol.* 80 : 1047~1052.
- Prosser, C. G., S. R. Davis, V. C. Farr and P. Lacasse. 1996. Regulation of blood flow in the mammary microvasculature. *J. Dairy Sci.* 79 : 1184~1179.
- Rajkumar, K., H. Ly, P. W. Schot and B. D. Murphy. 1989. Use of low-density and high-density lipoproteins in undifferentiated porcine granulosa cell. *Biol. Reprod.* 41 : 855~861.
- Raphael, B. C., P. S. Dimick and D. L. Puppione. 1973. Lipid characterization of bovine serum lipoproteins throughout gestation and lactation. *J. Dairy Sci.* 56 : 1025~1032.
- Reaven, E., A. Nomoto, S. L. Sucheta, R. Temel, D. L. Williams and S. Azhar. 1998. Expression and microvillar localization of scavenger receptor, class B, type I (a high density lipoprotein receptor) in luteinized and hormone-desensitized rat ovarian models. *Endocrinology* 139 : 2847~2856.
- Robertson, H. A. and G. J. King. 1974. Plasma concentrations of progesterone, oestrone, oestradiol-17 β and of oestrone sulphate in the pig at implantation, during pregnancy and at parturition. *J. Reprod. Fertil.* 40 : 133~141.
- SAS. 1999. *SAS/STAT User's Guide*, Release 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Spayd, R. 1978. Multilayer film elements for clinical analysis. *Clin. Chem.* 24: 1348~1350.
- Stead, D. and V. A. Welch. 1974. Lipid composition of bovine serum lipoproteins. *J. Dairy Sci.* 58 :

122~127.

- Talavera, F., C. S. Park and G. L. Williams. 1985. Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 60 : 1045~1051.
- Trinder, P. 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen receptor. *Ann. Clin. Biochem.* 6: 24~31.
- Veldhuis, J. D., J. T. Gwynee, J. F. Strauss III and L. M. Demers. 1984. Role of estradiol as a biological amplifier of gonadotropin action in the ovary: In vitro studies using swine granulosa cells and homologous lipoproteins. *Endocrinology* 114 : 2312~2325.
- Watson, T. D. G., L. Burns, C. J. Packard and Shepherd. 1993. Effects of pregnancy and lactation on plasma lipid and lipoprotein concentrations, lipoprotein composition and post-heparin lipase activities in Shetland pony mares. *J. Reprod. Fertil.* 97 : 563~568.

Profiles of Plasma Lipoprotein, Cholesterol, Triglycerides and Protein in Lanyu Sows during the Estrous Cycle ⁽¹⁾

Jenn-Fa Liou⁽²⁾, Ming-Che Wu⁽³⁾,
Chai-Ju Chang⁽⁴⁾ and Shuen-Ei Chen⁽⁴⁾

Received : Jun. 28, 2001 ; Accepted : Apr. 22, 2002

Abstract

The purpose of this study was to investigate the plasma lipoprotein, cholesterol, triglycerides and protein profiles of Lanyu Sows. Blood was collected from jugular vein of six Lanyu sows on estrous cycle Day 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 and 21, respectively. The results showed that plasma VLDL increased gradually from Day 1 in the estrous cycle ($8.2 \pm 1.8\%$) and reached the highest value ($P < 0.05$) on Day 15 ($14.5 \pm 1.8\%$), and then decreased gradually. LDL varied insignificantly ($P > 0.05$). HDL decreased gradually from Day 1 ($48.9 \pm 2.2\%$) and reached its lowest value ($P < 0.05$) on Day 11 ($40.1 \pm 2.2\%$). Plasma cholesterol had the highest value on Day 1 (93.3 ± 5.7 mg/dL) and decreased gradually to the lowest level on Day 11 (63.3 ± 5.7 mg/dL) ($P < 0.05$). Plasma cholesterol concentration was negatively correlated with progesterone level ($r = -0.75$, $P = 0.008$). A similar profile of gradual decreasing to the lowest level on Day 11 in HDL was observed. These results suggested that ovarian progesterone in estrous cycle were synthesized from blood cholesterol. The major source of blood cholesterol for progesterone synthesis was obtained from plasma HDL. Concentration of plasma triglycerides on Day 3 was at the highest level (40.5 ± 4.6 mg/dL). No significant change was observed on the level of plasma protein in estrous cycle.

Key words: Sows, Estrous cycle, Plasma.

(1) Contribution No. 1096 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Department of Animal Physiology, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R. O. C.

(3) Hsinchu Branch Institute, COA-TLRI, Hsinchu Taiwan, R. O. C.

(4) Department of Animal Science, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.