

## 肉鷄의 肥滿現象에 關한 考察

金 載 弘

(全南大學校 農科大學)

### Environmental and Genetic Aspects of Obesity in Broilers

Kim, Jae-Hong

College of Agriculture, Chonnam National University  
Kwang-ju 500, Korea

#### SUMMARY

Excessive fat deposition, particularly in the abdominal region, has become a problem in broiler production. When the caloric intake exceeds the body demands for energy, excess food is stored as fat in broilers.

Researchers have shown that fat deposition varies with breed, strain, sex, age, nutrition, exercise, ambient temperature and rearing systems. These factors affect fat deposition through their effects on the size or the number of adipose cells or a combination of both.

In some measurements on live birds to predict body fat, the wet weight and percentage fat of skin in pectoral feather tract are significantly correlated with percentage abdominal fat. But these correlation coefficients are not so high. Therefore, correlation coefficients indicate that these measurements on live birds are not useful for estimating body fat weight and percentage.

Most reports show that an increase in the proportion of carcass fat, when measured at a given age, is correlated with selection for increased body weight. On the other hand some research results show that selection for body-weight gain dose not lead to an alteration in the proportion carcass fat when measured at a given body weight. Besides, selection for improved food conversion efficiency alone resulted in a decrease in carcass fat and an increase in protein and water when measured at either a given age or body weight.

Thus eventhough it is uncertain whether carcass fat is increasing as a result of body-weight selection in broilers; however it is clear that selection for improved food conversion efficiency, either alone or in combination with growth rate, should result in leaner carcasses than selection for growth rate alone.

## I. 結 論

肥滿 (Obesity) 이란 體內 脂肪蓄積過多 現象을 말한다. 이는 섭취한 에너지가 體維持와 成長에 필요한 要求量을 超過할때, 超過된 에너지가 體脂肪으로 저장됨에 따라서 일어나는 現象이다.

筋肉内に 적당히 沈着된 지방은 고기의 風味와 軟度 및 肉汁을 위해 절대적으로 필요하다. 그러나 지나친 脂肪肉은 最近 健康問題와 결부시켜 기의 현상을 보이고 있고, 料理中 減量 (Cooking loss)이 많아 낭비적인 생산물로 취급된다. 한편 생산자 입장에서 볼때 脂肪組織은 筋肉組織보다 많은 에너지와 적은 수분함량을 갖고있기 때문에, 지방조직을 생산하는 데는 同量의 근육조직을 생산할때보다 더 많은 사료에너지를 所要케 해서 飼料效率을 低下시키는 結果가 되고, 더우기 腹腔内に 蓄積된 脂肪은 屠鷄處理過程에서 폐기물로 제거되기 때문에 이의 生産에 소요된 사료에너지는 完全 浪費가 된다. 뿐만아니라 屠鷄場에서 폐기된 脂肪은 水質汚染源이 되어서 處理費用을 過重케 하므로 결국 肉鷄의 肥滿은 生産者, 消費者 그리고 屠鷄業者 모두가 바라지 않는 現象인 것이다. (Summers and Leeson, 1979; Lin et al, 1980)

오늘날 肉鷄가 肥滿現象을 보이게 된것은 體成分組成에 別 關心을 두지않은체 體重 또는 成長率을 增加시키는 方向으로만 選擇·改良하여온 結果로 指摘되고 있는데 (Proudman et. al, 1970; Wethli and Wessels, 1973; Lin et.al. 1980; Lin, 1981) mice나 rats를 갖이고 行한 연구결과들도 대부분 비슷한 현상을 보여주고 있다. (Roberts, 1965; Timon et.al. 1970; Eisen, 1976; Mephee and Neil, 1976; Eisen et.al. 1977). 即 體重 또는 成長率의 遺傳的 改良은 同時에 지나친 體脂肪蓄積을 가져온다는 것이다. 그래서 本稿는 이 問題를 좀더 考察하여보기 爲해 肥滿現象에 影響을 주는 重要 要因들과 肥滿現象 改善을 爲한 選擇問題들을 살펴보고자 한다.

## II. 脂肪蓄積의 當然性

體重 또는 成長率改善을 爲한 選擇은 食慾을 增加시켰고 (Fowler, 1958, 1962; Hull, 1960; Siegel and Wisman, 1966; Biondini et.al. 1968; Hayes and McCarthy, 1976); 그 結果 增加된 飼料攝取量

은 다음과 같은 理由들로 蛋白質보다는 脂肪으로 蓄積될 수밖에 없다고 한다. (Lin, 1981)

첫째, 動物의 貯藏機構를 볼때 細胞는 餘分의 炭水化合物을 glycogen形態로 貯藏하는 能力이 極히 限定되어 있을뿐 아니라, 餘分의 蛋白質을 蛋白質形態로 저장할 能力이 전혀 없다. 그러나 動物은 餘分의 에너지를 脂肪形態로 저장하기 위한 脂肪組織 (Adipose tissue)를 갖고 있으며,

둘째, 動物組織에서 炭水化合物이나 蛋白質은 쉽게 脂肪으로 轉換되지만 逆으로 脂肪은 炭水化合物이나 蛋白質로 轉換되어질 수 없다. 물론 이때 蛋白質은 飼料成分中에서 가장 비싼 成分이기 때문에 蛋白質을 glucose나 脂肪으로 轉換시키는 일은 낭비적인 과정인 것이다.

셋째, 動物의 脂肪合成過程은 蛋白質合成過程에 비해 훨씬 간단하고 容易할 뿐 아니라 脂肪의 精成成分인 脂肪酸은 두種類를 除外하고 모두 體內에서 合成·利用할 수 있는데 反해 蛋白質의 경우 體內에서 合成·利用할 수 없는 필수 아미노산이 10여종이나 되어 蛋白質의 體內合成은 더욱 제약을 받게 된다.

결국 營養素의 過剩攝取는 體內 脂肪蓄積을 增加시킬 수 밖에 없다는 結論이 된다.

## III. 脂肪組織의 一般의 特徵

組織學的으로 볼때 脂肪組織은 脂肪細胞 (adipocytes)와 基質細胞 (Stromal cells) 群으로 이루어져 있으며 脂肪蓄積量은 바로 이 脂肪細胞들의 數와 크기에 따라 左右되어 진다. 어린 家畜의 지방축적은 지방세포의 크기 보다는 세포수를 늘려서 증가시키고, 어느정도 成長한 後부터는 반대로 주로 세포들의 크기가 커져서 지방축적량이 增加되는 것으로 알려져 있다. (Hirsch and Han, 1969; Hirsch and Knittle, 1970; Greenwood and Hirsch, 1974)

脂肪細胞들은 核을 갖고있는 넓고 얇은 膜이 커다란 triglyceride滴을 둘러싸고 있는 形態인데 이 triglyceride滴은 가장 效率的인 貯藏에너지 인 것이다. 따라서 脂肪細胞의 主任務는 에너지貯藏인 것이며, 이들 細胞가 모인 脂肪組織은 體溫維持와 臟器의 保護役割等을 하게된다. 野生動物들은 먹이가 不足할 때를 對備해서 體內에 에너지를 備蓄하고 있어야 하기 때문에 脂肪蓄積은 生存上 必須

的이다. 그러나 일정간격으로 사료를 공급받고 있는 家畜에겐 에너지의 備蓄이 필요가 없으며, 脂肪過多 蓄積은 오히려 卵巢機能低下, 脂肪肝病 候群等의 誘發로 增殖 乃至 生存上 不利하다.(Couch, 1950 ; Lin et. al. 1980)

일반 哺乳動物과는 달리 닭의 脂肪組織은 脂肪酸合成이 比較的 어렵다. 그래서 脂肪組織에 蓄積된 脂肪酸들은 肝에서 合成되어 운반되어진 것들이다. 일단 蓄積된 脂肪組織은 靜的인 狀態로 있는것이 아니고 脂肪細胞內에 있는 lipase의 作用때문에 triglyceride가 지속적으로 改編(turnover)되고 있다. (Good ridge, 1968 ; O'Hea and Leveille, 1968 ; Leveille et. al. 1968) 물론 飼料內의 지방산조성은 体内에 蓄積된 지방의 지방산 조성에 크게 영향을 미친다.

#### IV. 肥滿現象에 영향을 주는 要因들

##### 1. 外的環境要因들

###### 1) 飼料의 影響

給與飼料가 닭의 體組成에 有意的인 影響을 주는 이미 잘 알려진 사실이다. (Hill and Dansky, 1954 ; Donaldson et. al. 1956 ; Summers et. al. 1965 ; Edwards and Denman, 1975 ; Bartov et. al. 1974 ; Bartov and Bornstein, 1976) 即 앞에서도 言及했던 바와 같이 飼料로 供給한 에너지가 代謝要求量을 超過할 때 体内 脂肪含率이 높아짐은 물론이고 (Essary et. al. 1960 ; Macklin and Gordon, 1961 ; Kubena et. al. 1974<sup>b</sup>, Griffiths et. al. 1977<sup>a</sup>), 飼料內 卡로리 蛋白比率과 飼料의 脂肪含率 및 그 組成, 그리고 幼雛時 飼料의 營養소함율과 飼料의 除限給與等도 體脂肪蓄積에 影響을 준다는 것이다. (Newell et. al. 1956 ; Spring and Wilkinson, 1957 ; Comb et. al. 1964 ; Bixler et. al. 1969 ; Essary et. al. 1965)

일반적으로 蛋白質含率이 낮은 飼料를 먹는 닭은 정상적인 成長에 필요한 蛋白質을 充當키 위해 飼料를 더 많이 섭취하게 되고, 그 결과로서 脂肪蓄積이 많아지는 것으로 알려져 있는데 (Adams et. al. 1962 ; Edwards and Demman 1975)이 같은 現象은 다음 Griffiths et. al (1977<sup>a</sup>)의 시험 결과에 잘 나타나 있다. (표 1 參照). 即 飼料內에 卡로리 蛋白比를 變更시키지 않은채 熱量水準

을 높인 것은 飼料섭취량이 감소되어 결국 열량섭취량은 변화가 없고 따라서 복강내 脂肪축적량도 同一하다. 그러나 열량수준을 2970kcal/kg로 고정한채 蛋白質水準을 15.8, 18.6 및 21.4%로 높인 것은 飼料섭취량이 줄어들므로써 열량섭취량이 줄고 따라서 복강지방축적량도 줄어들었다. 이는 胴체內 脂肪蓄積量을 飼料의 質로서 감소시킬 수 있다는 것이다. 그러나 이경우 飼料內 단백질 함을 높여야 하기 때문에 飼料의 單價가 높아져 문제가 될 것이다.

한편 飼料內 脂肪含率과 体内 脂肪 蓄積量間의 關係는 報告者間에 見解差가 있는것 같다. 即 Baldini and Roseberg(1957), Rand et. al (1957), Young and Artman(1961), Edwards and Hart (1971) 그리고 Bartov et. al. (1974)에 依하면 同熱量水準의 飼料일 경우 脂肪을 飼料內에 添加하였더라도 屠体内 脂肪含率은 變化가 없다. 이에 反해 Rand et. al (1958), Carew and Hill (1964, 1966), Carew et. al. (1964) 그리고 Jensen et. al (1970)의 報告는 同熱量水準의 飼料라 할지라도 飼料內 脂肪含率이 높을경우 섭취한 單位代謝熱量當 体内 蓄積熱量이 높아져 있다. 이것은 飼料의 熱量評價方法으로서 代謝에너지 體系가 脂肪의 熱量價를 과소평가하기 때문에 나타난 現象으로 보고 있지만 正味에너지로 計算해서 同熱量飼料를 만들어 給與해도 脂肪添加給與區에서 體重等이 여전히 큰 경향을 보이고 있다. (Griffith et. al. ; 1977<sup>b</sup>).

닭의 體脂肪은 肝에서 合成되어질 뿐 아니라 飼料內의 脂肪으로 부터도 유래되기 때문에 飼料의 脂肪은 體脂肪의 性質에도 影響을 미친다 (Edwards et. al. 1973 ; Edwards and Denman, 1975 ; Bartov and Bornstein, 1976). 特히 飼料內 不飽和脂肪은 屠体内 不飽和脂肪蓄積을 增加시키며 脂肪組織의 脂肪酸組成은 바로 屠體의 安定性을 左右한다. 即 不飽和脂肪酸들은 酸化가 쉽게 됨으로 屠體의 質 維持를 어렵게 만드는 것이다. (Klose et. al. 1951 ; Marion and Woodroof, 1966).

前述한 바와같이 營養과다섭취가 肥滿을 만들기 때문에 飼料의 除限給與가 体内 脂肪蓄積을 줄인다는 것은 재론할 여지가 없다. 그러나 흥미로운 것은 雛의 成長初期 一定期間 營養素給與 除限이 後日 脂肪蓄積을 감소시킨다는 報告들이다. (March

**Table 1. Effect of energy level and calorie:protein ratio on mean 4-8 week body weight gain, caloric intake, feed:body weight gain, abdominal fat pad size and abdominal fat pad moisture content. 3.**

Contrasts	4-8 week body weight gain (gm.)		Caloric intake (Kcal., me-Feed : etabolizab-body le energy) weight gain		Abdominal fat pad	
	Feed intake (gm.)	Weight (gm. / 100 grams body weight)	Weight (gm. / 100 grams body weight)	Moisture %	Weight (gm. / 100 grams body weight)	Moisture %
<b>Metabolizable energy</b>						
2970 Kcal. /kg.	1448 <sub>a</sub>	3503 <sub>a</sub>	10,404 <sub>a</sub>	2.42 <sub>a</sub>	2.57 <sub>a</sub>	17.1
3190 Kcal. /kg.	1454 <sub>a</sub>	3268 <sub>a</sub>	10,425 <sub>a</sub>	2.25 <sub>a</sub>	2.55 <sub>a</sub>	16.7
<b>Calorie:protein ratio</b>						
187.6	1451 <sub>a</sub>	3503 <sub>a</sub>	10,789 <sub>a</sub>	2.41 <sub>a</sub>	3.19 <sub>a</sub>	14.3
159.5	1463 <sub>a</sub>	3352 <sub>a</sub>	10,324 <sub>a</sub>	2.29 <sub>a</sub>	2.61 <sub>a</sub>	17.0
138.7	1440 <sub>a</sub>	3296 <sub>a</sub>	10,152 <sub>a</sub>	2.29 <sub>a</sub>	2.22 <sub>a</sub>	17.5

1. Within each column and contrast values bearing the same letter are not significantly different ( $P < 0.05$ )
2. Constant energy level of 2970 Kcal/kg and protein levels of 15.8, 18.6 and 21.4 %
3. Griffith et. al. (1977<sup>a</sup>)

**Table 2. Growth rates and increases in retroperitoneal adipose tissue in broiler-type and White Leghorn chicks.1)**

Age Wk.	Broiler-type chicks					White Leghorn chicks				
	AV. body Wt. gm.	AV. adipose * lipid gm.	AV. DNA * mg.	mg. DNA /kgm body Wt.	gm. lipid /gm. DNA	AV. body Wt. gm.	AV. adipose * lipid gm.	AV. DNA * mg.	mg. DNA /kgm body Wt.	gm. lipid /gm. DNA
2	229	1.34	2.81	12.27	476					
3	390	4.36	4.36	11.18	1,000	221	0.74	1.48	6.70	500
4	604	6.31	6.31	10.45	1,000	301	1.31	2.62	8.70	500
5	775	7.68	6.14	7.92	1,250	415	1.18	2.83	6.82	417
6	1,015	10.73	7.50	7.39	1,430	538	1.24	3.60	6.69	400

\*. From retroperitoneal adipose tissue.

1. March and Hansen, 1977 (selected data)

and Hansen, 1977; Lin et. al. 1980). 물론 이점에 關係 모든 報告가 一致하곤 있지 않다. 即 Griffiths et. al. (1977<sup>a</sup>)의 報告는 부화후 3주까지 熱量 給與除限을 하였으나 복부지방축적에 하등 차이가 없고, 또 어떤 報告는 反對로 사료급여제한후 오히려 食욕이 증대되어 結果적으로 더욱심한 肥滿現象을 보인 系統도 있다는 것이다. (Cherry et. al. 1978). 결국 성장초기 영양소 급여제한이 後日 肥滿에 미치는 影響은 系統에 따라 反應이 다르다는 결론이며 이는 곧 脂肪蓄積能力에 對한 유전자형과 사료급여제한 방법간에 相互作用이 있다는 結論이다 (Johnson et. al; 1973).

成長初期 熱量給與除限은 脂肪細胞數와 크기를 감소시키므로써 계속 지방축적을 감소시킨다는 사실은 위에서 먼저 알려졌고 (Knittle and Hirsch, 1968; Oscari et. al. 1972) 雀지에서 報告된바 있다. (Baratunde et. al; 1967). 그리고 強制給餌시켜 肥滿시킨 뒤 사료급여방법을 自由給食方法으로 變更시키면 사료섭취량이 本來 限界攝取量까지 감소되어 脂肪蓄積量 역시 本來 能力限界까지 감소되어 진다는 報告도 있어 흥미롭다 (Lepkovsky and Furuta; 1970).

## 2) 飼育溫度 및 方法

肉鷄의 飼育溫度가 體組成에 影響을 주고 있음도 오래전부터 指摘되고 있다. (Kubena et. al. 1972, 1974<sup>a</sup>). 即 肉鷄의 飼育溫度가 높을수록 屠體內 水分含率은 적어지고, 脂肪含率은 增加되어 지는데, Fisher et. al (1962)의 報告를 보면 環境溫度의 變化가 體脂肪의 脂肪酸組成까지 變化시키고 있다. 이에 反해 Adams et. al. (1962)의 報告를 보면 21.1°C와 29.4°C間의 飼育溫度差는 屠體의 脂肪이나 水分含率에 有意的인 差를 가져오지 않았다.

한편 Mickelberry et. al. (1966)의 報告를 보면 飼料에 코코넛油를 添加給與할 경우 29°C에서 育成한 것이 21°C에서 育成한 것에 比해 屠體脂肪含率은 높다. 結局 飼料等 地要因들과 相互作用때문에 그 程度差異는 있지만 높은 飼育溫度가 體脂肪含率을 많게하는 것은 분명한 것 같다. 따라서 肥滿을 피하면서 最大의 成長을 얻으려면 적당한 溫度에서 肉鷄를 育成하는 일 또한 重要할것 같다.

肉鷄의 飼育方式도 體脂肪 蓄積에 影響을 미치는 것으로 報告되고 있다. Deaton et. al. (1974)에

依하면 肉鷄를 케이지에서 기를경우 平舍에서 飼育할때보다 腹腔內의 脂肪蓄積量이 월등히 많은데, 이점 卵用種에서도 指摘되고 있다. (Jeffrey et. al. 1941; Merkley et. al. 1973). 이것은 活動이 제한되므로써 운동에 의한 에너지소모가 줄어든 結果인데, 野生動物에서 肥滿現象이 거의 發見되지 않는 점으로 미루어 보아도 알수 있다.

그러나 Evans et. al. (1976)의 報告를 보면 白肉이나 赤肉 어느部位를 막론하고 屠體의 脂肪含率은 平舍에서 育成할때 더 높다. 結局 腹腔等 脂肪組織에 蓄積되는 脂肪은 케이지에서 飼育할때 크게 增加되지만 筋肉組織等に 沈着되는 脂肪은 平舍에서 기를때 오히려 많아진 것으로 歸結되어져 이점 더 究明할 사항으로 Lin et. al. (1980)은 結論하고 있다.

## 2. 內的環境要因들

### 1) 性

體內 脂肪蓄積能力이 性에 따라서 差異가 있음은 분명하다. 即 수컷 보다 암컷에서 脂肪蓄積이 많은은 여러사람들이 指摘한 바다. (Thomas et. al. 1958; Wethli and Wessels; 1973; Edwards et. al. 1973; Farrell, 1974; Edwards and Denman, 1975; Pym and Solvyns, 1979; Mirosh et. al. 1981; Becker et. al. 1981). 그러나 Evans et. al. (1976)의 報告를 보면 肉鷄를 平舍에서 기를때 反對로 수탉에서 脂肪蓄積量이 더 많아 脂肪蓄積에 對한 性과 飼育方式間의 相互作用이 指摘되고 있다. 한편 Washburn et. al. (1975)의 報告를 보면 8週間 時 成長이 빠른 系統은 兩性間에 屠體 脂肪含率 差異가 현저하지만 成長이 느린 系統에선 거의 差가 없다. 兩性間의 體脂肪 含率差는 體重 1,200g 以後부터 현저해지기 시작한다 이때 처리방법을 체중의 函數로 표시된다. (Edwards, et. al. 1973).

### 2) 年齡

年齡이 增加됨에 따라서 體內脂肪蓄積이 많아짐도 이미 잘알려진 사실이다. (Kubena et. al. 1972; Edwards et. al. 1973; Deaton et. al. 1974; Evans et. al. 1976; Griffiths et. al. 1978; Burgener et. al. 1981). 屠體內 脂肪含率은 높아지면 相對的으로 水分과 蛋白質含率은 낮아진다. 따라서 年齡은 體組織의 相對的 比率을 결정하는 重要한 要因인 것이다.

그러나 肉鷄의 出荷年齡은 現在 계속 낮아지고 있기 때문에 市場出荷年齡과 屠體 脂肪蓄積量間의 關係는 걱정할 문제가 아니다. 단 문제가 되는 것은 過肥를 排除하기 위한 選拔年齡이다. 쥐의 肥滿排除를 爲한 Hull (1960) 또는 Hayes and McCar Carthy (1976)의 選拔試驗 結果를 보면 體重에 큰 쪽으로 어려서 選拔한 것이 年齡이 들어서 選拔했 을 때 보다 脂肪蓄積量이 훨씬 많다. 即 選拔年齡이 選拔效果에 變化를 가져온 것인데 年齡이 들어서 選拔한 것이 過肥를 막는데 더 效果의 이란 結論이다. (Lang and Logates, 1969 ; Sutherland et. al. 1974 ; Mcphee and Neill, 1976).

年齡增加에 따른 肉鷄의 體脂肪沈着 增加狀況을 살펴보면 屠體의 경우 8週齡時 舍率은 4週齡時 舍率보다 12% 增加한데 反해 腹腔脂肪의 舍率은 約 40%가 增加되어서 이 期間中 脂肪沈着은 주로 腹腔에 됨을 알수있고 (Griffith et. al. 1978), 8週齡時 體內 脂肪分布는 屠體에 70~71% 腹腔에 22%, 나머지는 內臟等에 分布되어 있다 (Becker et. al. 1981).

### 3. 遺傳的 要因

#### 1) 品種 및 系統間의 差異

일반적으로 肉用種品種은 卵用種이나 兼用種品種에 比해 脂肪組織이 잘 發達한다. 이는 다음 表 2를 보면 분명하다.

이는 March et. al. (1977)이 肉用種과 레구혼의 後腹膜脂肪組織의 發達狀況을 조사한 것이다. 여기서 DNA量은 곧 脂肪細胞數를 간접적으로 표시한 것임으로 單位體重當 DNA量은 바로 單位體重當 脂肪細胞의 數를 뜻하고, 單位 DNA量當 脂肪組織重量 比率은 곧 脂肪細胞의 크기를 表示한다. 그런데 肉用種은 레구혼종에 比해 어느 年齡에서 單位體重當 DNA量 및 單位 DNA量當 脂肪組織重量이 모두 높다. 그리고 肉用種에서는 年齡이 增加할수록 單位體重當 DNA量이 줄어들고 單位 DNA量當 脂肪組織重量이 붙어난 것은, 어려서 脂肪細胞數를 增加시키고, 年齡이 들어서 脂肪細胞 自体를 크게 해서 지방조직을 증가시킨다는 사실을 잘 보여주고 있다. 그러나 레구혼種은 單位體重當 脂肪細胞數나 脂肪細胞 自体의 크기가 年齡에 따라 거의 변하지 않고 있어서 品種間에 脂肪組織의 發達狀況이 현저하게 차이를 알수 있다.

하지만 肉用種品種이라 해서 모두 脂肪蓄積量이 많은 것 같지는 않다. 同一한 環境에서 育成한 4週齡의 다섯品種에 體脂肪舍率을 調査한 Edwards and Denonan (1975)의 報告를 보면 Dark Cornish는 肉用種인데도 屠體脂肪舍率이 8.6%로서 單冠 白色 Leghorn (8.8%)보다 낮고, 白色 Plymouth Rock (10.2%)는 兼用種이면서도 Dark Cornish나 Black Jersey Giant (9.5%)種보다 높다. 따라서 Cornish種은 成長이 빠르면서도 屠體脂肪舍率이 比較的 적은 品種이라 할수 있으며, 실제 이의 交雜種 屠體는 料理減量 (cooking loss)이 적은 것으로 報告되고 있다 (Moran et. al. 1970).

한편 市中의 肉用實用鷄 系統間에도 腹腔內 脂肪蓄積率의 差가 있음이 여러 사람들에 依해 指摘되고 있고 (Littlefield, 1972 ; Farr et. al. 1977 ; Merkley et. al. 1977 ; Griffiths et. al. 1978 ; Nordstrom et. al. 1978 ; Cherryet. al. 1978 ; Summers and Leeson, 1979) 屠體脂肪舍率에도 差가 현저한 것으로 報告되고 있다. (Hunt, 1965 ; Washburn et. al. 1975). 따라서 體內 脂肪蓄積은 여러 環境要因의 支配를 받는 形質이지만 한편 選拔을 통해 改良할 수 있는 遺傳形質임도 분명하다.

#### 2) 矮小因子 dw (Dwarfing gene)의 影響

體內 脂肪蓄積은 多數同義因子들의 支配를 받고 있지만 몇몇 單一遺傳子의 影響을 받아 蓄積率이 달라지는 경우도 있다. mice에서 보면 正常遺傳子들이 劣性으로 突然變異를 하므로서 肥滿型 個體가 흔히 나타나는데 A<sup>y</sup> (yellow gene), ad (adipose gene), ob (obese gene)이 代表的인 因子들이 다 (Lin et. al. 1980).

앞에선 脂肪蓄積에 關與하고 있는 單一遺傳子로서 dw因子가 있다. 이 유전자는 性染色体上에 있으며 S (silver gene)와는 7單位, 그리고 K (Slow feathering gene)와는 6.6單位의 거리에 있는 劣性 矮小因子로서, 品種固有의 正常體重을 30~40%가 량 감소시키는 것으로 알려져 있는데 成鷄에선 그렇지 않으나 成長中인 矮小鷄는 同一種 正常個體에 比해 體脂肪 舍率이 約 40%나 더 많다고 한다. (Guilloume ; 1976). dw因子를 갖는 矮小鷄들이 成長期에 體內 脂肪蓄積이 많아진 것은 甲狀腺機能의 低下 (Bayley et. al. 1971. Grandhi et. al. 1975<sup>a, b, c, d</sup>)와 Somatomedins에 對한 體組織의 感受性 低下 때문인 것으로 보고 있다. (Guilloume ; 1976).

## V. 肥滿現象 排除를 爲한 選拔問題

体脂肪蓄積量을 直接 選拔目標로 해서 選拔試驗을 한 報告는 아직 많지 않은것 같다. 그러나 父親의 分散成分으로 推定한 腹腔内 脂肪蓄積量의 遺傳力은 0.30-0.79로 높게 報告되고 있어(Lin et. al. 1980). 脂肪蓄積量을 줄이는 문제는 그렇게 어려운것으로 생각되지는 않는다. 問題는 脂肪蓄積量을 적은 쪽으로 選拔해 갈때 成長率等 經濟形質들에 미치는 影響과 닭을 屠殺하지 않고서 体内 脂肪蓄積量을 어떻게 推定할수 없겠느냐 하는 點이다. 물론 選拔指數法을 利用하면 他 形質들과 함께 改善할 수 있을 것이며 또 世代間隔이 짧고 系統間에 脂肪蓄積의 程度差가 있음으로 家系選拔法等을 利用해 改良할 수도 있다. 하지만 脂肪蓄積量은 遺傳力이 높은 形質이기 때문에 “個体選拔을 통한 改良可能性은 없을까” 하는데 關心이 모아지는 것 같다.

### 1. 個体選拔을 爲한 体脂肪蓄積狀況 豫測

体内 部位別 蓄積脂肪中 가장 문제가 되는 것은 成長後期에 갑자기 增加되어지는 腹腔脂肪이다. 이 腹腔脂肪量은 닭은 屠殺하지 않고선 直接 定量할 수가 없기 때문에 個体選拔을 爲해서는 間接推定을 할수 밖에 없다. 間接推定을 爲해서는 우선 生存鷄에서 測定 可能한 形質로서 腹腔内 蓄積脂肪量과 相關도가 높은 形質을 찾아야 할 것이다. 지금까지 學論되어진 生体測定 可能形質들을 보면 皮膚의 두께와 일정면적에서 절취한 피부중량 및 그의 脂肪含率 그리고 血清内 脂肪含率等이다(Mirosh et. al. 1980). 최근 기술개발로 닭을 국소마취시킨 뒤 피부 절취예정부위의 우모를 뽑고, 피하조직과 함께 일정 면적의 피부를 절취해서 그의 重量 또는 脂肪含率等 成分을 조사할 수 있게 되어 있다.

일찍이 Gutteridge (1937<sup>a, b</sup>)는 皮下脂肪을 포함한 皮膚의 脂肪含率과 体重에 對한 腹腔脂肪量(%) 간에 높은 相關關係가 있음을 報告한바 있는데, 이에 따르면 脂肪의 皮下分布는 体表面 全体에 均等하게 分布된 것이 아니고 個体에 따라서 分布地域 및 그 地域의 脂肪沈着程度가 相當한 差異를 보인다. 그러나 胸骨稜과 平行을 이루고 있

는 羽域(腹域; Sternal feather tract)에는 모든 個体が 다 脂肪을 沈着시키고 있어서 이 部位가 蓄積量을 調査하는데 가장 좋은 곳임을 指摘하고 있다.

하지만 最近 Mirosh et. al. (1980)의 實驗結果는 목에서 옆가슴으로 연결되어 내려온 胸部域(pectoral feather tract)의 皮膚에 脂肪含率만이 腹腔脂肪含率(%)과 比較的 높은 相關( $\gamma: 0.47 \sim 0.75$ )을 보이고 있고 Becker et. al (1979)의 報告는 背部的 皮膚(Back skin)도 그의 脂肪含率이 腹腔脂肪含率(%)과 中程度의 相關( $\gamma=0.47 \sim 0.58$ )을 보일뿐 아니라 屠体脂肪含率과는 더 높은 相關( $\gamma=0.57$ )을 보여주고 있다. 皮膚脂肪含率과 屠体脂肪含率間에 相關이 있음은 Dansky and Mill (1952)에 의해서도 指摘된 바 있다.

皮膚의 重量도 体重에 對한 腹腔脂肪蓄積量(%)과 相關을 보이고 있는데 그 程度는  $\gamma=0.49 \sim 0.60$ 으로 중간정도이고(Essary and Dawson, 1965) 腹域이나 上腕域(Humeral feather tract)의 皮膚重量 역시 腹腔脂肪量(%)과 相關을 보이나 그의 程度는 아주 낮다.

한편 Wagen and Marion (1974)은 七面鳥屠体를 가지고 行한 실험에서 목과 가슴부위의 피부두께가 年령증가에 따라 두꺼워 짐을 보고 피부두께측정이 肌肉成程度를 推定하는 方法이 될수 있을 것으로 판단한바 있는데, 실제 肉鷄에서 여러곳의 피부두께와 腹腔脂肪蓄積量間의 關係를 調査한 報告를 보면 믿을 만한 추정은 불가한 것으로 보인다. 즉 특별히 고안된 caliper로 7週齡 肉鷄의 腹部, 胸部, 上腕部の 羽域두께와 어깨의 web 두께를 측정해서 腹腔脂肪蓄積量과 相關關係를 조사한 Mirosh et. al. (1980, 1981)의 報告를 보면 Web 두께나 上腕部の 皮膚두께의 경우 相關係수가 有意性이 인정되기는 하지만 너무 적고( $\gamma=0.12 \sim 0.18$ ) 또 血中 脂肪量과 腹腔脂肪量間에도 相關係수는 거의 0에 가깝다. 결국 이들을 측정해서 복강지방량을 추정할수는 없다는 것이다.

以上 거론되어진 것을 종합하여 볼때 胸部羽域의 皮膚重量 및 脂肪含率이 腹腔脂肪量과 비교적 높은 相關을 보이곤 있지만 이들 역시 그렇게 높은 것은 아니기 때문에 生存鷄에서 이들 형질을 조사해 選拔한다 하더라도, 腹腔脂肪에 나타난 相關反應은 기대할만한 것이 못된다는 결론이다.

2. 몇가지 경제형질에 대한 선택이  
 体脂肪蓄積에 미친 影響

1) 成長率改善을 爲한 選抜結果

앞에서 成長率改良이 体脂肪蓄積量을 增加시킬 수 밖에 없음을 指摘한 바 있다. 실제 最近의 報告들(Pym and Solvyns, 1979; Becker et. al. 1981)을 보아도 肉鷄의 9週齡 体重과 腹腔脂肪 蓄積量(g) 또는 屠体脂肪量(g/kg) 間에 正의 相關을 보이고 있다.

그러나 Griffiths et. al. (1978)의 報告를 보면 相關程度가 系統에 따라 큰 差異를 보이고 있고 또 실제 有意성이 인정된 계통은 4系統中 1系統뿐이다. 더우기 4系統에서 各各 体重이 가장 큰 個体和 작은 個体들을 5首씩 抽出해 生体重에 對한

腹腔脂肪量(g/100g)을 比較한 結果는 体重의 大小에 따른 有意的인 差가 인정되지 않고 있다. 뿐만 아니라 白色 Plymouth Rock를 계로로 56日齡 体重을 兩極端으로 數代 選抜한 後 比較調査한 Burgener et. al. (1981)의 報告를 보면 腹腔脂肪이나 皮下脂肪의 絶對量은 分離된 兩系統間에 有意差가 인정되지만 体重에 對한 脂肪量含率(%)은 腹腔이나 皮下 어느곳이고 間에 有意차가 나지 않고, 屠体内 脂肪含率도 同一하다. (표 3 參照) 이점은 Pym and Solvyns(1979)의 報告에서도 指摘되고 있는데 体重이 큰 쪽으로 5代를 選抜한 後 對照系統(Randomly Selected Control Line)과 屠体 脂肪蓄積量(g/kg)을 同一年齡 또는 同一体重에서 比較한 結果 面系統間에 전혀 有意差가 인정되지 않고 있다(表 4 參照). 이들과 비슷한 시험결과들이

Table 3. Means for traits associated with fat deposition in males at 63 days of age from lines selected for high and low weight.

	Line	
	High	Low
Body weight. (g)	1,363 <sup>b</sup>	571 <sup>a</sup>
Abdominal fat. (g)	60 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>
Abdominal fat (% body wt.)	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>
Total sartorial fat. (g)	8.9 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>
Total sartorial fat. (% body wt.)	0.65 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>
Carcass fat. (% dry matter)	37.6 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>
Carcass fat. (% body wt.)	12.8 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>

a. b.

Means for each trait with the same letter are not significantly different ( $P < 0.05$ )

1. Burgener et. al., 1981(selected data)

mice(Falconer and King, 1953; Fowler, 1958; Lang and Legates, 1969; Eisen, 1976; Eisen et. al. 1977)와 rats(Baker and Chapman, 1975)에서도 報告되고 있는데 結局 成長率을 빠른쪽으로 選抜하여갈 경우 体内脂肪蓄積에 나타난 相關反應은, 系統에 따라서 相當한 差異가 있고, 이는 곧 사료 energy의 利用效率이 系統間에 差가 있음을 暗示하는 것으로 해석된다(Hayes and McCarihy, 1976) 일반적으로 成長中에 있는 肉鷄가 体内에 脂肪蓄積을 갑자기 增加시키는 時期는 成長率이 最高

에 達한 以後 점차 감소되기 시작하는 때 부터이다. 即 成長率이 계속 감소되는데도 食욕은 감소되지 않고 그대로 유지되고 있어서 에너지가 과다 섭취되기 때문이다. 따라서 이론적으로는 肉鷄가 市場出荷体重에 到達할때까지 成長率이 감소 또는 정체되지 않고 계속 增加토록 할수 있다면 出荷鷄의 肥滿現象이 줄어들 것으로 예견된다. 그러나 現在의 실정은 最高成長率 到達時期를 단축시키는데 머물고 있는것 같다.



Table 4. Body composition (g/kg) of chickens at generation 5 in the four lines (W. F. E. C.) when killed at 9 weeks of age or at about the same weight\*

Time for Killing	Chickens sampled			Carcass component		
	Line	No.	Weight (g)	Water	Fat	Protein
At 9 weeks of age	W	26	1,428	661.8 <sup>b</sup>	105.6 <sup>b</sup>	181.4 <sup>b</sup>
	F	30	1,306	636.4 <sup>c</sup>	134.0 <sup>a</sup>	180.1 <sup>b</sup>
	E	27	1,203	677.8 <sup>a</sup>	82.5 <sup>c</sup>	187.4 <sup>a</sup>
	C	33	1,158	659.1 <sup>b</sup>	104.7 <sup>b</sup>	185.6 <sup>a</sup>
At about the same weight	W	22	1,287	659.6 <sup>b</sup>	106.7 <sup>b</sup>	190.0 <sup>a,b</sup>
	F	22	1,294	631.1 <sup>c</sup>	140.5 <sup>a</sup>	185.7 <sup>b</sup>
	E	19	1,283	673.9 <sup>a</sup>	88.1 <sup>c</sup>	194.1 <sup>a</sup>
	C	25	1,268	657.1 <sup>b</sup>	107.1 <sup>b</sup>	193.3 <sup>a</sup>

a. b. c. Line means with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ )

\*Pym and Solvyns, 1979. (selected data)

## 2) 飼料攝取量 爲主의 選抜結果

사료섭취량이 많은 쪽으로 選抜해 가면 同時에 單位體重當 體脂肪重量도 크게 增加되어 같은 이 미 잘 알려진 사실이다 (Biondini et. al. 1968 ; Sutherland et. al. 1974 ; Pym and Solvyns, 1979). 輕種에 비해 重種(肉用鷄) 닭에서 體脂肪蓄積量이 언제나 많은 理由는 飼料를 過多 攝取하도록 肉鷄가 이미 選抜·改良되었기 때문이며 (Summers and Leeson, 1979) Nir et. al (1978)의 시험결과를 이를 잘 설명해 주고 있다. 即 輕種은 사료를 강제로 급식시킬때 무제한 자유급여시의 섭취량에 약 43%를 더 먹을 수 있는데 反해, 重種은 약 13% 이상 더 먹을 수 없었으며, 이는 자발적으로 먹을 수 있는 身體의 限界가 이미 최고에 達했기 때문이란 것이다.

일반적으로 닭을 체중이 큰 쪽으로 選抜해 가면 自然히 사료섭취량도 증가되어 진다. 그러나 이와 같은 경우 계통에 따라서는 增加된 飼料 攝取量이 脂肪으로 轉換·蓄積되어지는 것보다 其他 組織成長에 주로 쓰여져서 에너지의 利用效率이 높아지는 경우도 흔히 있다. 하지만 사료섭취량이 많은 쪽으로 選抜하여 잘 경우는 예외없이 체지방축적

량이 유의적으로 많아지는 것 같다. (Pym and Solvyns ; 1979)

## 3) 飼料效率 爲主의 選抜結果

脂肪組織은 筋肉組織보다 많은 에너지를 含有하고 있을뿐 아니라 水分含率이 적기때문에 脂肪蓄積은 飼料效率을 低下시킬 것이고, 따라서 飼料效率이 좋은 系統은 体内 脂肪含率이 적을 것으로 Brody (1935)는 豫見한바 있고, 실제로 Thomas et. al. (1958)의 報告를 보아도 同一系統內에서 飼料效率이 높은 個體들은 낮은 個體들에 비해 屠體脂肪含率이 훨씬 적다.

하지만 Palmer et. al. (1946)와 Dickerson and Gowen (1947)이 mice와 rats로 실험한 것을 보면 正반대의 現象이 일어났으며 더우기 Biondini et. al. (1968), Proudman et. al. (1970), Timon et. al. (1970)의 報告를 보면 體重이 큰 쪽으로 選抜할때 흔히 사료효율도 改善되고 体内 脂肪蓄積量도 增加한다는 것이며 Wethli and Wessels (1973)의 報告도 飼料轉換率 (Feed conversion rate) 과 屠體脂肪含率間에 負相關이 나타나 있다.

이같은 相反된 報告들을 좀더 考察하기 爲해 同一集團에서 體重이 큰 個體들(系統 W.), 사료섭

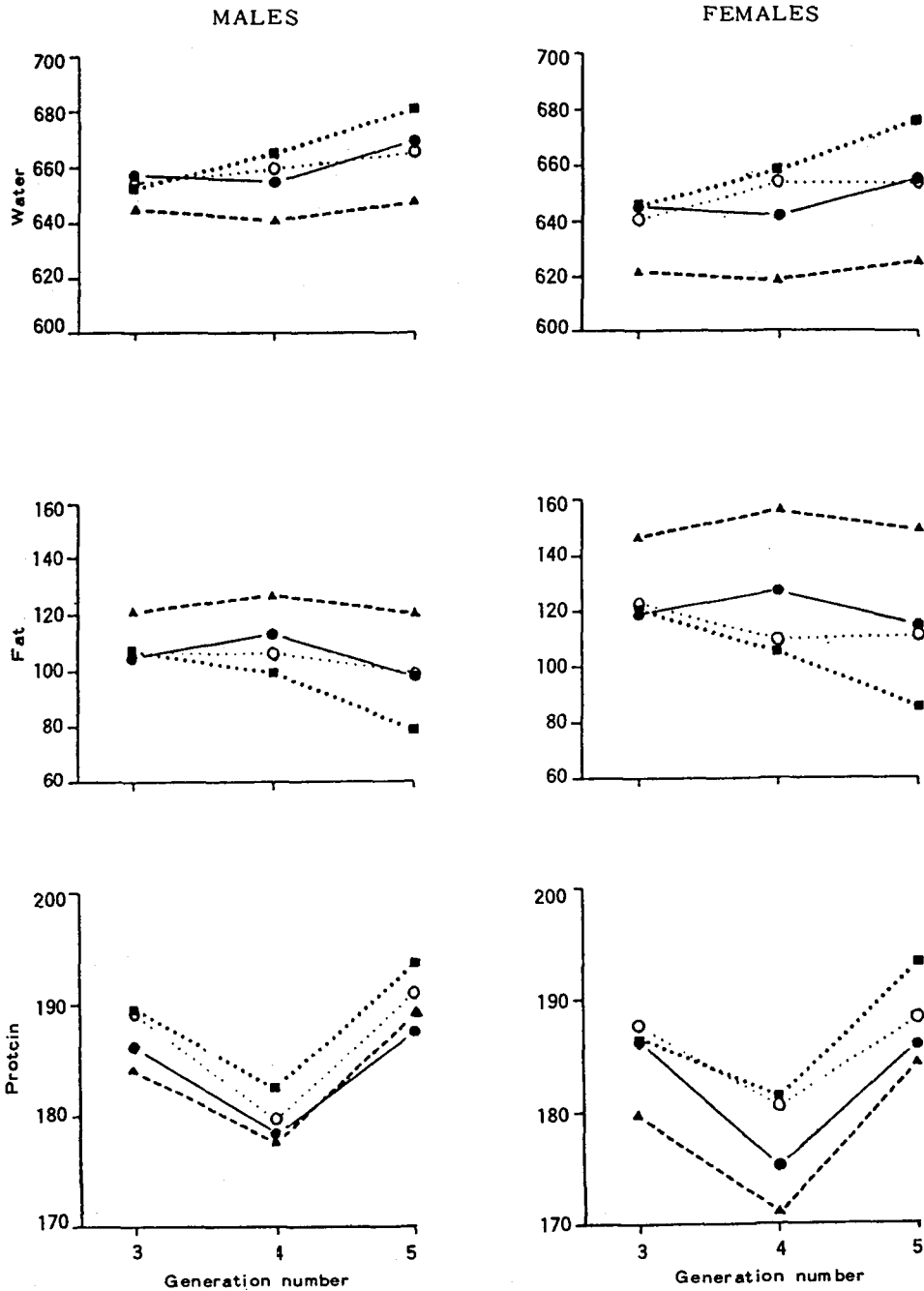


Fig.1 — Water, fat and protein (g/kg fresh carcass) in male and female chickens sampled from the four lines in generations 3, 4 and 5.

● — ●, line W ; ▲ — ▲, line F ; ■ — ■, line E ; ○ — ○, line C.

\* Pym et. al., 1979

취량과 많은 個體들(系統 F.). 사료효율이 좋은 個體들(系統 E.)을 각각 択해서 5代를 各己方向으로 選拔한 後 無選択系統(系統 C.)과 9週齡時의 肉成을 서로 比較한 Pym and Solvyns (1979)의 結論과(表 4 와 그림 1)를 살펴보면, 系統 E의 體脂肪含量은 他系統들에 比較 同一 年齡에 선 높고이고 同一 體重에서도 有意의으로 低고 이 같은 結果는 選拔 3代以後부터 일어난을 그림 1에 示 되어 있다. 여기서 選拔效果가 遲延된 理由는 飼料率에 對한 選拔이 일차적으로 닭의 維持에 必要인 飼料량과 사료에너지의 代謝能力같은 生理的 變因을 變更시키고, 이같은 變更結果로서 屠體脂肪含量이 附隨的으로 調整 變化되기 때문이라고 Pym and Farrell(1977)은 說明코 있다. 體脂肪含量에 對한 變化的인 變因은 닭의 品種, 飼料 供給의 程度, 飼料效率의 調査期間, 選拔과 屠殺時의 日齡差異等에 따라서도 相異한 結果가 示 되어 있음이 指摘되고 있다.

이것을 結論하여 볼때 사료섭취량을 중심으로 選拔하면 體脂肪含量이 높아지지만, 반대로 사료섭취가 좋은 쪽으로 選拔해 갈 경우 選拔초기 에 體脂肪 含量에 反應이 없으나 점차 體脂肪 含量이 낮아지 고 體중을 中心으로 選拔할 경우는 體중 增加에 對한 體脂肪의 절대량 是 增加되나 단위 體중당 脂肪 含量은 別로 變化를 보이지 않는다. 따라서 사 料 섭취를 改善하는 方向으로 肉鷄를 改良해 갈때 體중 增加는 다소 지연되지만 體脂肪 蓄積量을 增加 시키고 또 精肉(lean meat)의 生産量도 增

일 수 있을 것으로 結論되어 진다.

## VI. 摘 要

最近 肉鷄의 體脂肪 過多蓄積現象은 큰 문제로 되어 있다. 이는 肉鷄가 生理的 要求量 以上으로 에너지를 섭취하기 때문에 일어난 現象이다.

많은 文獻들을 綜合하여 보면 肉鷄의 品種, 系統, 性, 年齡, 飼料條件, 運動程度, 環境溫度 및 飼育方法等이 體內 脂肪蓄積에 影響을 미치는 要因인 것 같다. 이들 要因들은 脂肪組織의 脂肪細胞의 數와 크기를 左右하는 것이다.

肉鷄를 屠殺하지 않고 體內 脂肪蓄積量을 推定하기 爲한 여러가지 生體調査測定值中에서 胸部羽域의 皮膚두께와 그의 脂肪含量이 腹腔 脂肪量과 比較的 높은 相關係를 보이고 있지만, 이들의 相關係數는 體脂肪量 推定에 利用할 수 있을 程度로 높은 것은 아니다.

大部分의 報告들은 體중이 큰 쪽으로 選拔해 갈 때 주어진 日齡에서 體脂肪量도 增加되고 있으나 일부 報告들을 보면 體중을 爲主의 選拔을 하여 가도 같은 體중에 선 脂肪蓄積量에 變化가 없다. 한편 飼料效率이 좋은 쪽으로 選拔하여 갈 경우는 體脂肪 蓄積量이 줄어들고 反對로 蛋白質과 水分含量이 높아진다. 따라서 體중을 爲主의 選拔이 반드시 肥滿現象을 초래한다고 結論하기는 어려우나, 飼料效率 改善方向의 選拔은 肥滿現象을 완화시킨다 고 結論할 수 있을 것 같다.

## < 參 考 文 獻 >

- Adams, R.L., F.N. Andrews, J.C. Rogler and C.W. Carrkck. (1962) The protein requirement of 4-week-old chicks as affected by temperature. *J. Nutrition*, 77:121-126.
- Baker, R.L. and A.B. Chapman. (1975) Correlated responses to selection for postweaning gain in the rat. *Genetics*, 80:191-203.
- Baldini, Z.T., and H.R. Rosenberg. (1957) The effect of calorie source in a chick diet on growth, feed utilization and body composition. *Poultry Sci.* 26:432-435.
- Baratunde, C.M., W.G. Pond, L.D. Van Velck, G.H. Kroening and J.T. Reid (1967) Effect of plane of nutrition, sex and body weight on the chemical composition of Yorkshire pigs. *J. Animal Sci.* 26:718.
- Bartov, I. and S. Bornstein (1976). Effects of degree of fatness in broilers on other carcass

- characteristics; relationship between fatness and the composition of carcass fat. *Br. Poultry Sci.* 17:17-27.
- Bartov, I., S. Bornstein and B. Lipsstein (1974). Effect of calorie to protein ratio on the degree of fatness in broilers fed on practical diets. *Br. Poultry Sci.* 15:107-117.
- Bayley, H.S., M.S. McDonald and P. Hunton (1971). Comparison of the metabolic rates of normal and dwarf meat-type chickens *Poultry Sci.* 50:1551.
- Becker, W.A., J.V. Spencer, L.W. Mirosh, and J.A. Verstrate, (1979) Prediction of fat and fat free live weight in broiler chickens using backskin fat, abdominal fat and live body weight. *Poultry Sci.* 58:835-842.
- Becker, W.A., J.V. Spencer, L.W. Mirosh and J.V. Verstrate (1981). Abdominal and carcass fat in five broiler strains, *Poultry Sci.* 60:693-697.
- Biondini, P.E., Sutherland, T.M. and L.H. Haverland (1968). Body composition of mice selected for rapid growth rate. *J. Animal Sci.* 27:5-12.
- Bixler, E.G., F.G. Combs and G.S. Shaffner (1969). Effect of protein level on carcass composition of turkeys. *Poultry Sci.* 48:261-266.
- Brody, S. (1935) *Nutrition Annual review of Biochemistry*, 4:383-412.
- Burgener, J.A., J.A. Cherry and P.B. Siegel (1981). The association between sartorial fat and fat deposition in meat-type chickens *Poultry Sci.* 60:54-62.
- Carew, L.B. and F.W. Hill (1964). Effect of corn oil on metabolic efficiency of energy utilization by chicks, *J. Nutrition.* 83:293-299.
- Carew, L.B. and F.W. Hill (1966). Effect of diethylstilbestrol on energy and protein utilization by chicks fed a diet high in fat content, *J. Nutrition.* 92:393-398.
- Carew, L.B., D.T. Hopkins and M.C. Nesheim, (1964) Influence of amount and type of fat on metabolic efficiency of energy utilization by the chick, *J. Nutrition.* 83:300-306.
- Cherry, J.A., P.B. Siegel and W.L. Beane. (1978) Genetic nutritional relationships in growth and carcass characteristics of broiler chickens. *Poultry Sci.* 57:1482-1487.
- Combs, G.F., E.H. Bossard, G.R. Childs and D.L. Blamberg, (1964) Effect of protein level and amino acid balance on voluntary energy consumption and carcass composition. *Poultry Sci.* 43:1309.
- Couch, J.R. (1956) Fatty livers in laying hens—a condition which may occur as a result of increased strain. *Feedstuffs.* 28:46-54.
- Dansky, L.M. and F.W. Mill (1952) The influence of dietary energy level on the distribution of fat in various tissues of the growing chicken. *Poultry Sci.* 31:912.
- Deaton, J.W., L.F. Kubena, T.C. Chen and F.N. Reece. (1974) Factors influencing the quantity of abdominal fat in broilers. 2. cage versus floor rearing. *Poultry Sci.* 53:574-576.
- Dickerson, G.E. and J.A. Gowen. (1947) Hereditary obesity and efficient food utilisation in mice. *Science*, 105:496-498.
- Donaldson, W.E., G.F. Combs and G.L. Romoser, (1956) Studies on energy levels in poultry rations. 1. The effect of calorie-protein ratio of the ration on growth, nutrient utilization and body composition of chicks. *Poultry Sci.* 35:1100-1105.
- Edwards, H.M. and F. Denman (1975) Carcass composition studies. 2. Influences of breed, sex and diet on gross composition of the carcass and fatty acid composition of the adipose tissue. *Poultry Sci.* 54:1230-1238.
- Edwards, H.M., F. Denman, A. About-Ashour and D. Nugara. (1973) Carcass composition studies 1. Influences of Age, sex and type of dietary fat supplementation on total carcass and fatty acid composition. *Poultry Sci.* 52:934-948.
- Edwards, H.J., and P. Hart. 1971. Carcass composition of chickens fed carbohydrate-free diets containing various lipid energy sources. *J. Nutrition.* 101:989-996.
- Eisen, E.J. (1976). Results of growth curve analyses in mice and rats. *J. Animal Sci.* 42:1008-1023.
- Eisen, E.J., H. Bakker and J. Nagai (1977). Body composition and energetic efficiency in two lines of mice selected for rapid growth rate and their F<sub>2</sub> crosses. *Theoretical and Applied Genetics.* 49:21-34.
- Essary, E.O. and L.E. Dawson. (1965) Quality of fryer carcasses as related to protein and fat levels

- in the diet. 1. Fat deposition and moisture pick-up during chilling. *Poultry Sci.* 44:7-15.
- Essery, E.O., L.E. Dawson, E.L. Wisman and C.E. Holmes (1960) Influence of different levels of fat and protein in the diet on access of fat deposition in fryers. *Poultry Sci.* 39:1249.
- Essary, E.O., L.E. Dawson, E.L. Wisman and C.E. Holmes. (1965) Influence of different levels of fat and protein in broiler rations on live weight dressing percentage and specific gravity of carcasses. *Poultry Sci.* 44:924-930.
- Evans, D.G., T.L. Goodwin and L.D. Andrews. (1976) Chemical composition, carcass yield and tenderness of broilers as influenced by rearing methods and genetic strains. *Poultry Sci.* 55:748-755.
- Falconer, D.S. and J.W. B. King (1953) A study of selection limits in the mouse. *J. of Genetics*, 51:561-581.
- Farr, A.J., A. Hebert, and W.A. Johnson, (1977) Studies of the effects of dietary energy levels and commercial broiler strains on live bird, dry carcass, and abdominal fat weights. *Poultry Sci.* 56:1713.
- Farrell, D.J. (1974) Effects of dietary energy concentration on utilisation of energy by broiler chickens and on body composition determined from carcass analysis and predicted using tritium. *Br. Poultry Sci.* 15:25-41.
- Fisher, H., K.G. Hollands and H.S. Weiss (1962) Environmental temperature and composition of body fat. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 110:832-
- Fowler, R.E. (1958) The growth and carcass composition of strains of mice selected for large and small body size. *J. of Agri. Sci.* 51:137-148.
- Fowler, R.E. (1962) The efficiency of food utilization, digestibility of food stuffs and energy expenditure of mice selected for large and small body size. *Genetical Research* 3:51.
- Goodridge, A.G. (1968) Metabolism of glucose-U-14 C in vitro in adipose tissue from embryonic and growing chicks. *Am. J. Physiol.* 211:1352.
- Grandhi, R.R. and R.G. Brown. (1975) Thyroid metabolism in the recessive sex-linked dwarf female chicken. 1. Age related changes in thyroid hormone synthesis and circulating thyroid hormone levels. *Poultry Sci.* 54:488-493.
- Grandhi, R.R., R.G. Brown, B.S. Reinhart and J.D. Summers (1975) Thyroid metabolism in the recessive sex-linked dwarf female chicken. 2. Binding of thyroid hormones by serum proteins. *Poultry Sci.* 54:493-499.
- Grandhi, R.R., and R.G. Brown. (1975) Thyroid metabolism in the recessive sex-linked dwarf female chicken. 3. The influence of exogenous thyroid hormones in glycogen metabolism. *Poultry Sci.* 54:499-502.
- Grandhi, R.R., R.G. Brown, B.S. Reinhart and J.D. Summers (1975) Thyroid metabolism in the recessive sex-linked dwarf female chickens. 4. The influence of exogenous thyroid hormones on amino acid uptake by plasma and tissues. *Poultry Sci.* 54:503-509.
- Greenwood, M.R.C. and J. Hirsch (1974) Postnatal development of adipocyte cellularity in the normal rat. *J. Lipid Res.* 15:474.
- Griffiths, L., S. Leeson, and J.D. Summers. (1977<sup>a</sup>) Fat deposition in broilers: Effect of dietary energy to protein balance, and early life calorie restriction on productive performance and abdominal fat pad size. *Poultry Sci.* 56:638-646.
- Griffiths, L., S. Leeson and J.D. Summers. (1977<sup>b</sup>) Influence of energy system and level of various fat sources on performance and carcass composition of broilers. *poultry Sci.* 56:1018-1026.
- Griffiths, L., S. Leeson and J.D. Summers. (1978) Studies on abdominal fat with four commercial strains of male broiler chickens. *Poultry Sci.* 57:1198-1203.
- Guillaume, J. (1976) The dwarfing gene dw; It's effects on anatomy, physiology, nutrition, monagement. It's application in poultry industry. *Wld's Poultry Sci. J.* 32:285-305.
- Gutteridge, H.S. (1937<sup>a</sup>) Methods and rations for fattening Poultry. *Sci. Agr.* 17:340-358.
- Gutteridge, H.S. (1937<sup>b</sup>) Methods and rations for fattening poultry. 1. Experimental technique and comparative value of fattening rations. *Sci. Agr.* 18:198-206.
- Hayes, J.F. and J.C. McCarthy, (1976) The effects of selection at different ages for high and low body weight on the pattern of fat deposition in mice. *Genetical Research*, 27:389-403.

- Hill, F.W., and L.M. Dansky, (1954) Studies of the energy requirements of chickens 1. The effect of dietary energy level on growth and feed consumption. *Poultry Sci.* 33:112-119.
- Hirsch, J. and P.W. Han (1969) Cellularity of rat adipose tissue; effect of growth, starvation and obesity. *J. Lipid Res.* 10:77.
- Hirsch, J. and J.L. Knittle, (1970) Cellularity of obese and non-obese human adipose tissue. *Fed. Proc.* 29:1516.
- Hull, P. (1960) Genetic relations between carcass fat and body weight in mice. *J. of Agri. Sci.* 55:317-321.
- Hunt, J.R. (1965) Factors influencing body N: H<sub>2</sub>O ratio of growing chicks. *Poultry Sci.* 44:230-240.
- Jeffrey, F.P., and R.E. Britt (1941) Effect of confinement in laying cages on the physical composition of hens, *Poultry Sci.* 20:302-303.
- Jensen, L.S., G.W. Schumaier and J.D. Latshaw (1970) "Extra caloric" effect of dietary fat for developing turkeys as influenced by calorie-protein ratio. *Poultry Sci.*, 53:974-978.
- Johnson, P.R., J.S. Stern, M.R.G. Greenwood, L.W. Zucker and J. Hirsch (1973) Effect of early nutrition on adipose cellularity and pancreatic insulin release in the Zucker rat. *J. Nutrition.* 103:738-743.
- Klose, A.A., E.P. Mecchi, H.L. HANSON, and H. Lineweaver (1951) The role of dietary fat in the quality of fresh and frozen storage turkeys. *J. Am. Oil chem. Soc.* 28:162-164.
- Knittle, J.L., and J. Hirsch (1968) Effect of early nutrition on the development of rat epididymal fat pads: cellularity and metabolism. *J. Clin. Inves.* 47:2091-2098.
- Kubena, L.F., J.W. Deaton, T.C. Chen, and F.N. Reece (1974<sup>a</sup>) Factors influencing the quality of abdominal fat in broilers. 1. Rearing temperature, sex, age or weight, and dietary choline and inositol supplementation. *Poultry Sci.* 53:211-214.
- Kubena, L.F., T.C. Chen, J.W. Deaton and F.N. Reece (1974<sup>b</sup>) Factors influencing the quantity of abdominal fat in broilers. 3. Dietary energy levels. *Poultry Sci.* 53:974-978.
- Kubena, L.F., B.D. Lott, J.W. Deaton, F.N. Reece and J.D. May. (1972) Body composition of chicks as influenced by environmental temperature and selected dietary factors. *Poultry Sci.* 51:517-522.
- Lang, B.J. and J.E. Legates, (1969) Rate, composition and efficiency of growth in mice selected for large and small body weight. *Theoretical and Applied Genetics.* 39:306-314.
- Lepkovsky, S., and F. Furuta (1970) The role homeostasis in adipose tissues upon the regulation of food intake of white leghorn cockerels. *Poultry Sci.* 50:573-577.
- Leveille, G.A., E.L. O'Hea and K. Chakraborty. (1968) In vivo lipogenesis in the domestic chicken. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.* 128:598.
- Lin, C.Y. (1981) Relationship between increased body weight and fat deposition in broilers. *World's Poult. Sci. J.* 37:106-110.
- Lin, C.Y., G.W. Friars and E.T. Moran (1980) Genetic and environmental aspects of obesity in broilers. *World's Poult. Sci. J.* 36:103-111.
- Littlefield, L.H. (1972) Strain difference in quantity of abdominal fat in broilers. *Poultry Sci.* 51:1829.
- March, B.E. and G. Hansen, (1977) Lipid accumulation and cell multiplication in adipose bodies in white leghorn and broiler-type chickens. *Poultry Sci.* 56:886-894.
- Mackline, L.J., and R.S. Gordon. (1961) Effect of dietary fatty acids and cholesterol on growth and fatty acid composition of the chicken. *J. Nutrition.* 75:157-164.
- Marion, J.E., and J.G. Woodroof (1966) Composition and stability of broiler carcass as affected by dietary protein and fat. *Poultry Sci.* 45:241-247.
- McPhee, C.P. and A.R. Neill. (1976) Changes in the body composition of mice selected for high and low 8 week weight. *Theoretical and Applied Genetics.* 47:21-26.
- Merkley, J.W., L.H. Littlefield and G.W. Chaloupka. (1973) Abdominal fat, skin and subcutaneous fat from sir broiler strains raised on the floor and in coops. *Poultry Sci.* 52:2064.
- Merkley, J.W., L.H. Littlefield, G.W. Malone, and G.W. Chaloupka (1977) Fresh eviscerated yields of five commercial broiler strains. *Poultry Sci.* 56:1738.
- Mickelberry, W.C., J.C. Rogler and W.J. Stadelman, (1966) The influence of dietary fat and

- environmental temperature upon chick growth and carcass composition. *Poultry Sci.* 45:313-321.
- Mirosh, L.W., W.A. Becker, J.V. Spencer and J.A. Verstrate (1980) Prediction of abdominal fat in live broiler chickens. *Poultry Sci.* 59:945-950.
- Mirosh, L.W., W.A. Becker, J.V. Spencer, and J.A. Verstrate. (1981) Prediction of Abdominal fat in broiler chickens using wing web. and Humeral feather tract measurements. *Poultry Sci.* 60:509-512.
- Moran, E.T., H.L. Orr, and E. Larmond (1970) Dressing, grading, and meat yields with broiler chicken breed. *Food Technol.* 24:73-78.
- Newell, G.W., J.L. Fry and R.H. Thayer, (1956) The effect of fat in the ration on fat deposition in broilers. *Poultry Sci.* 35:1162-1163.
- Nir, I., Z. Nitsan, Y. Dror, and N. Shapira, (1978) Influence of overfeeding on growth, obesity and intestinal tract in young chicks of light and heavy breeds. *Brit. J. Nutrition.* 39:27-35.
- Nordstrom, J.O., R.H. Towner, G.B. Havenstein and G.L. Walker. (1978) Influence of genetic strain, sex and dietary energy level on abdominal fat deposition in broilers. *Poultry Sci.* 57:1176.
- O'Hea, E.K. and G.A. Leveille (1968) Lipogenesis in isolated adipose tissue of the domestic chick. *Com. Biochem. Physiol.* 30:149.
- Oscai, L.B., C.N. Spirakis, C.A. Walff and R.J. Beck. (1972) Effect of exercise and of food restriction on adipose tissue cellularity. *J. Lipid Res.* 13:588-592.
- Palmer, L.S., C. Kennedy, C.E. Calverley, C. Lohn and P.H. Westwig. (1946) Genetic differences in the biochemistry and physiology influencing food utilisation for growth in rats. *Technical Bulletin of the University of Minnesota Agricultural Experiment Station* 176:1-54.
- Proudman, J.A., W.J. Mellen and D.L. Anderson. (1970) Utilization of feed in fast and slow growing lines of chickens. *Poultry Sci.* 49:961-972.
- Pym, R.A.E. and D.J. Farrell (1977) A comparison of the energy and nitrogen metabolism of broilers selected for increased growth rate, food consumption and conversion of food to gain. *Br. Poultry Sci.* 18:411-425.
- Pym, R.A.E. and A.J. Solvyns (1979) Selection for food conversion in broilers: body composition of birds selected for increased bodyweight gain, food consumption and food conversion ratio. *Br. Poultry Sci.* 20:87-97.
- Rand, N.T., F.A. Kumerow and H.M. Scott (1957) The relationship of dietary protein, fat and energy on the amount, composition and origin of chick carcass fat. *Poultry Sci.* 36:1151.
- Rand, N.T., H.M. Scott and F.A. Kummerow. (1958) Dietary fat in the nutrition of the growing chick. *Poultry Sci.*, 37:1075-1085.
- Roberts, R.C. (1965) Some contributions of the laboratory mouse to animal breeding research. *Animal Breeding Abstracts*, 33:339-353.
- Siegel, P.B., and E.L. Wisman (1966) Selection for body weight at eight weeks of age. 6. Changes in appetite and feed utilization. *Poultry Sci.* 45:1391-1397.
- Spring, J.L., and W.S. Wilkinson. (1957) The influence of dietary protein and energy level on body composition of broilers. *Poultry Sci.* 36:1159.
- Summers, J.D. and S. Leeson. (1977) Composition of poultry meat as affected by nutritional factors. *Poultry Sci.* 58:536-542.
- Summers, J.D., S.J. Slinger and G.C. Ashton, (1965) The effect of dietary energy and protein on carcass composition with a note on a method for estimating carcass composition. *Poultry Sci.* 44:501-509.
- Suierland, T.M., Biondini, P.E. and G.M. Ward. (1974) Selection for growth rate, feed efficiency and body composition in mice. *Genetics*, 78:525-540.
- Thomas, C.H., Glazener, E.W. and W.L. Blow (1958) The relationship between feed conversion and ether extract of broilers. *Poultry Sci.* 37:1177-1179.
- Timon, V.M., Eisen, E.J. and J.M. Leatherwood (1970) Comparisons of ad libitum and restricted feeding of mice selected and unselected for postweaning gain. II. Carcass composition and energetic efficiency. *Genetics*, 65:145-155.

- Wagen, R.M. and W.W. Marion, (1974) Relationship of age to general composition, skin thickness, phospholipid content and enzymatic activity in turkeys. *J. Food. Sci.* 39:317-320.
- Washburn, K.W. R.A. Guill and H.M. Edwards, Jr. (1975) Influence of genetic differences in feed efficiency on carcass composition of young chickens. *J. Nutrition* 105:1311-1317.
- Wethli, E., and Wessels, J.P.H. (1973) The associations between body fat content and thyroid activity, feed intake, mass gain, feed conversion and final body mass in growing chickens. *Agroanimalia*, 5:83-88.
- Young, R.J., and N.R. Artman, (1961) The energy value of fats and fatty acids for chicks. 2. Evaluation by controlled feed intake. *Poultry Sci.* 40:1653-1662.