HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 体重選抜がマウス胚、胎児の生存性に及ぼす影響 |
| Author(s) | 佐藤, 直人; 東倉, 健人; 森, 匡; 上田, 純治; 清水, 弘 |
| Citation | 北海道大学農学部邦文紀要, 16(2), 212-220 |
| Issue Date | 1988-10-31 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/12096 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 16(2)_p212-220.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 体重選抜がマウス胚，胎児の生存性に及ぼす影響[1)]

佐藤直人[2)]・東倉健人・森　匡
上田純治・清水　弘
(北海道大学農学部家畜育種学講座)

(昭和63年6月8日受理)

# The Effect of Increased Maternal Body Weight on the Viability of Fetus in Mice

Naoto SATOH[2)], Taketo TOHKURA, Tadashi MORI
Junji UEDA and Hiroshi SHIMIZU
(Laboratory of Animal Breeding, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

## 緒　言

多胎性の家畜のモデルとしてマウス等の実験動物を用いた体重選抜試験は数多く報告されている。これらの研究は産肉性と関連の深い発育の遺伝的機構を明らかにすることと，体重の増加に伴って変化する繁殖形質の遺伝的特性に関心が向けられている[23,35,36,51)]。

若齢期の体重選抜がマウスの繁殖性に影響を与えることは一般に知られている[27,28,33,41)]。体重増加に伴う排卵数の増加はいずれの報告でも一致しているが[3,4,10,16,37)]，明らかな産子数の増加[37)]と，有意な増加が認められなかった報告[10,16)]があり，必ずしも一致していない。この差異は受精率ないしは，その後の胚の損耗に因ると考えられ，特に胚の生存性に及ぼす母体側と胚側の要因の究明に注目し，近年研究されてきている[1,14,15,18,20,39,42,44,47,48,52)]。

森ら (1985) は，性間で選抜強度を変えた高体重への選抜試験で，明らかな体重増加が認められた系統間に，産子数の増減に差が見られたことを報告した。雌のみ高体重に選抜した系統 (F 系統) は体重増加に伴って明らかな産子数の増加が見られたのに対し，雄のみ選抜した系統 (M 系統) ではF系統と同程度の体重増加にも拘らず，産子数の増加が認められなかった。さらに，雌雄共に選抜したMF系統では体重の増加は最も著しかったが，産子数はむしろ減少した。またF系統とMF系統では排卵数に有意な増加が認められた。

産子数は排卵数，受精率及び受精後の胚生存性によって左右される。排卵数が増加しても産子数が必ずしも増加しないのは胚胎の生存性の低下によると考えられる[22,55)]。また胚の生存性は胚自身の生存能力と母体の子宮内環境の影響を受ける[25,54)]。

本研究の目的は，産子数に対する排卵数及び胚胎の生存性の重要性と，受精卵移植技術を応用して胚胎の生存性に及ぼす母体の影響を調べ，前述の体重選抜系統で認められた産子数の増減の原因を体重選抜との関連で明らかにすることである。さらに生後の発育に及ぼす母体の影響についても検討した。

## 材料及び方法

### 1. 実験材料

供試したマウスは森ら (1985) の用いた系統の3つの選抜系統 (それぞれ M, F, MF 系統とする) と無選抜対照系統の C 系統である。M 系統は6週齢時体重において雄のみを重い方向に選抜した系統，F 系統は同様に雌のみを選抜した系統，MF 系統は同様に雌雄共に選抜した系統である。

マウスの飼育室は温度23°C，湿度55～60%，午前6時

1) 文部省科学研究費 (一般 B，課題番号 59480075) による研究成果
2) 現所属岩手県畜産試験場　Iwate Prefectural Livestock Experimental Station, Takizawa-mura, Iwate-ken 021-01

から午後7時までの13時間点灯に制御した。餌は市販の飼育用及び繁殖用マウス飼料を用い，水と共に不断給餌し自由採食させた。

本実験ではこれらの選抜10～13世代の初産及び2産目の子を用いた。但し選抜には初産の子のみを用いた。

## 2. 実験方法

(1) 自然妊娠による胚胎の生存調査

各系統内で自然交配させ，膣栓を発見した日を妊娠1日目とし，妊娠14日目に解剖し，妊娠黄体数，着床数，正常胎児数を調べ，黄体数と着床数の差を着床前損耗数とした。また着床数と正常胎児数の差を着床後損耗数とした。

(2) 移植卵による母体効果の調査

C系統内で全きょうだい交配を避けて交配させ，膣栓発見後2日目又は3日目に卵管を灌流して供与卵を採取した。採取した受精卵（2細胞期又は4～8細胞期）は手術中PBSまたはBMOC-3（ともにGibco）内に放置した。レシーピエントに選抜3系統の雌を用い，精管結紮した雄と交配させ，膣栓確認により偽妊娠1日目のものを用いた。ネンブタールで麻酔し，実体顕微鏡下で平均5個の受精卵を卵管采より移植した。手術後18日目に解剖し，着床数及び正常胎児数を調べた。

(3) 分娩後の発育に及ぼす母体の影響

(2)と同様にC系統の供与卵を各系統のレシーピエントに移植し，さらに分娩させた。分娩後，生時，1週，2週，3週齢時に体重を測定した。但しMF系統については十分な数の標本数が得られなかったので分析対象から除外した。分娩時に産子数が5匹に満たないときは，同日に分娩したC系統の子を里子につけて，哺育数を5匹に調整した。産子数には変動があったので，生時体重は産子数について補正した後に，各系統の平均生時体重を比較した。1～3週齢時体重についてはそのままT-testにより検定した。

## 結　果

実験に用いたものと同世代の選抜試験群の雄と雌の9週齢時体重をTable 1と2に示した。雌雄ともいずれの世代でも選抜群（M, F, MF系統）は対照系統（C）よりも有意に重く，F系統はM系統より僅かに重く，MF系統は一番重いという傾向があった。しかしF系統とM系統の差，F, M系統とMF系統の差は有意ではなかった。選抜系統の平均体重はC系統の平均体重より約20%重かった。

**Table 1.** Mean body weight at 9 weeks of age in male mice (g)

| Line | Generation | | | | Line average |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| C | 38.34±0.55 (29)[a] | 37.29±0.63 (26)[a] | 37.10±0.58 (20)[a] | 36.76±0.68 (14)[a] | 37.47±0.31 (98)[a] |
| M | 42.58±0.64 (35)[b] | 45.18±0.65 (30)[b] | 43.88±0.69 (32)[b] | 46.71±0.74 (37)[bc] | 44.61±0.35 (134)[b] |
| F | 41.49±1.17 (14)[b] | 45.18±0.52 (28)[b] | 45.69±0.69 (23)[c] | 47.88±0.57 (27)[b] | 45.54±0.39 (92)[bc] |
| MF | 49.22±0.85 ( 6)[c] | 45.25±2.01 (13)[b] | 46.88±0.76 (23)[c] | 44.67±0.71 (30)[c] | 45.86±0.55 (72)[c] |

Mean±standard error.
( ): Number of sample.
a, b, c: Those with different superscript letters are significantly different among lines at 5% level.

**Table 2.** Mean body weight at 9 weeks of age in female mice (g)

| Line | Generation | | | | Line average |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| C | 30.49±0.32 (39)[a] | 31 61±0.30 (19)[a] | 29.43±0.38 (29)[a] | 30.97±1.00 (12)[a] | 30.45±0.23 (99)[a] |
| M | 35.83±0.54 (39)[b] | 37.21±0.39 (37)[b] | 36.43±0.54 (31)[b] | 39.35±0.61 (44)[b] | 37.31±0.29 (151)[b] |
| F | 34.84±0.73 (18)[b] | 38.10±0.37 (37)[b] | 37.18±0.46 (26)[b] | 39.56±0.69 (34)[b] | 37.86±0.28 (115)[b] |
| MF | 40.77±1.11 (12)[c] | 40.38±1.62 ( 8)[b] | 38.64±0.80 (18)[c] | 39.98±0.63 (27)[b] | 39.80±0.44 (65)[c] |

See the footnote of Table 1.

**Table 3.** Mean litter size

| Line | Generation | | | | Line average |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| C | 8.38±1.22 (8)[a] | 8.11±1.17 (9)[a] | 7.33±1.39 (9)[a] | 8.50±1.36 (6)[ab] | 8.03±0.62 (32)[a] |
| M | 10.25±0.99 (8)[bc] | 9.67±1.10 (9)[a] | 11.78±0.85 (9)[bc] | 11.67±0.94 (9)[bc] | 10.86±0.49 (35)[b] |
| F | 13.25±1.70 (8)[b] | 13.86±0.67 (7)[b] | 14.25±1.95 (8)[b] | 15.17±1.56 (6)[c] | 14.07±0.77 (29)[c] |
| MF | 8.83±0.98 (6)[ab] | 9.83±1.14 (6)[a] | 9.43±0.69 (7)[ac] | 7.00±1.22 (5)[a] | 8.88±0.51 (24)[a] |

See the footnote of Tabe 1.

**Table 4.** Survival rate of fetus at 14 days of natural gestation

| Line | Number of recipient | CL | I | N | Pre-I loss | Post-I loss | I/CL (%) | N/CL (%) | N/I (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | 19 | 14.3 (12–19) | 13.4 (10–18) | 10.9 (6–16) | 1.0 (0–4) | 2.5 (0–6) | 93.38[ab] | 76.10[a] | 81.50[a] |
| M | 25 | 15.2 (12–20) | 14.6 (8–18) | 12.4 (5–16) | 0.6 (0–4) | 2.2 (0–6) | 96.04[a] | 81.53[a] | 85.49[a] |
| F | 28 | 18.2 (14–23) | 16.5 (11–20) | 14.8 (10–20) | 1.8 (0–5) | 1.7 (0–6) | 90.39[b] | 80.98[a] | 90.59[b] |
| MF | 13 | 16.9 (12–23) | 15.2 (11–18) | 10.4 (1–17) | 1.7 (0–5) | 4.8 (1–10) | 89.95[b] | 61.64[b] | 68.53[c] |

Upper: Mean number. ( ): Range (min-max).
CL: Ovulation rate, I: Number of implantation, N: Number of normal fetus,
Pre-I loss: Number of lost fetus before implantation,
Post-I loss: Number of lost fetus after implantation,
See the footnote of Table 1.

各系統の平均産子数は Table 3 に示すように系統平均で，F 系統が平均約 14 匹で最も多く，次いで M 系統が 11 匹，MF 系統と C 系統が 8～9 匹であった。MF 系統と C 系統の間には有意な差が見られなかったが，その他の系統間に有意な差が見られ，繁殖性に差異が認められた。

自然妊娠させ，14 日目に解剖して，卵巣と胎児の調査結果を Table 4 に示した。妊娠黄体数（排卵数）は，F 系統が最も多く (18)，次いで MF 系統 (17)，M 系統 (15) で，3 選抜系統は対照 C 系統 (14) より多かった。着床数も同じ順序で F 系統が最も多かったが，正常胎児数については，MF 系統の着床後の胚損耗数が多く (4.8)，MF と C 系統間では差がなく，F 系統が最も多かった。着床前の胚損耗数は各系統とも平均 1～2 個で差はなかったが，着床後の胚損耗数は，他の 3 系統より MF 系統で多かった。

排卵数に対する着床数の比率（着床率）は排卵数の多い F，MF 系統が低い傾向にあり，最も着床率の高い M 系統と有意な差が認められた。しかし，胎児生存率については MF 系統が他の 3 系統より有意に低かった。M 系統は C 系統より高い傾向にあったが，有意な差ではなかった。F 系統の排卵数に対する胎児の生存率は，C, M 系統と有意な差はなかったが，着床数に対する胎児の生存率は 4 系統中最も有意に高かった (90.6%)。

体重選抜によって，体重が増加するに伴い，排卵数の増加が 3 選抜系統で同様に認められた。しかし，同様に，着床前あるいは着床後の胚損耗も増加した。特に，雌雄共に高体重選抜し，体重増加が最も大きい MF 系統は着床後に胚損耗数が最も多くなり，妊娠 14 日目の正常胎児数では C 系統と差がなかった。これに対して，雌のみ体重選抜した F 系統は着床後の胚損耗数が少なく，正常胎児数は最も多く，このことが排卵数の増加と共に，産

**Table 5.** Survival rate of transferred embryos

| Line of recipient | | A | S | I | N | L | Rate of implantation (%) I/A | I/S | Survival rate (%) N/I | L/I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | 2 cell | 128 (25) | 76 (15) | 64 | 53 | 11 | 48.3[a] | 79.8[a] | 81.7[ab] | 18.3[ab] |
| | 4～8 cell | 19 ( 3) | 13 ( 2) | 7 | 5 | 2 | | | | |
| | total | 147 (28) | 89 (17) | 71 | 58 | 13 | | | | |
| M | 2 cell | 198 (39) | 106 (21) | 62 | 45 | 17 | 28.5[b] | 51.3[b] | 72.7[ac] | 27.3[ac] |
| | 4～8 cell | 72 (14) | 43 ( 8) | 15 | 11 | 4 | | | | |
| | total | 270 (53) | 150 (29) | 77 | 56 | 21 | | | | |
| F | 2 cell | 183 (36) | 108 (21) | 82 | 78 | 4 | 46.8[a] | 77.9[a] | 90.2[b] | 9.8[b] |
| | 4～8 cell | 35 ( 8) | 23 ( 5) | 20 | 14 | 6 | | | | |
| | total | 218 (44) | 131 (26) | 102 | 92 | 10 | | | | |
| MF | 2 cell | 230 (27) | 29 ( 6) | 22 | 12 | 10 | 7.3[c] | 67.7[ab] | 52.2[c] | 47.8[c] |
| | 4～8 cell | 84 (14) | 5 ( 1) | 1 | 0 | 1 | | | | |
| | total | 314 (41) | 34 ( 7) | 23 | 12 | 11 | | | | |

A: Total number of transferred embryos, S: Number of embryos succeeded in transfer, I: Number of implantation, N: Number of normal fetus, L: Number of lost embryos, See the footnote of Table 1.

子数の増加に反映した。

着床率および胎児生存率の系統間差異が，胎児の遺伝的要因と母体の子宮内環境要因の影響を受けていると考えられる。胎児の生存性と生後の発育に及ぼす母体の効果を選抜系統間で比較するために，C 系統の胚を 3 選抜系統の雌に移植し，移植 18 日目の胎児の生存性を調査し，その結果を Table 5 に示した。Table 5 には，採卵時の胚の分割段階によって，2 細胞期胚と 4～8 細胞期胚とについて，各個数を示してあるが，着床率と生存率は，分割段階の異なる胚間で大きな差がないので，それらを合計した比率を示した。

総移植卵数に対する着床率 (I/A) について，F 系統は C 系統と有意な差はなかったが，M, MF 系統は，他の 2 系統より有意に低く，MF 系統は M 系統よりさらに低かった。しかし，妊娠したレシピエントへの移植卵数に対する着床率 (I/S) については，MF 系統が低い傾向を示し，C, F, MF 系統間では有意な差はなかったが，M 系統は C, F 系統より有意に低かった。

着床後の胎児の生存率については，F 系統は有意ではないが C 系統より高く，また M 系統より有意に高かった。M 系統は有意な差ではないが C 系統より低かった。MF 系統は有意に最も低く 52.2% であった。

雌を高体重に選抜した F 系統は有意ではないが，子宮環境が胎児の生存に好ましい変化をしたのに対して，雄のみないし雌雄の体重選抜系統 (M, MF 系統) は初期胚，胎児の生存性に好ましくない変化をしたことが認められた。

受精卵移植の後生まれた子マウスの生時と離乳 3 週齢までの各週齢の平均体重をレシピエントマウスの系統ごとに Table 6 に示した。MF 系統の母親から生まれた子マウスの数は少なかったので除外した。生時体重は系統間で差はないが，1～3 週齢では，M, F 系統の母マウスから生まれ哺育された子マウスは C 系統より有意に重かった。このことは生後の子マウスの発育に母親の効果が大きく影響を及ぼすが，胎児の発育に母体効果の系統間差はないことを示している。

## 考　　察

豚など多胎性家畜において，産子数は繁殖形質のうちでも経済的に最も重要な形質の 1 つである。産子数は排卵数と着床前の胚の損耗 (未受精卵を含めて)，着床後の胎児の損耗によって決定される。高体重選抜によって体重が増加することに伴って排卵数が増加することは，全ての体重選抜試験で共通に認められる現象である。ま

**Table 6.** Weekly body weight of offspring from transferred embryos after birth (g)

| Line of recipient | Week of age | | | |
|---|---|---|---|---|
| | At birth* | 1-wk | 2-wk | 3-wk |
| C | 1.94 | 5.39±0.14[a] | 8.45±0.13[a] | 11.02±0.29[a] |
| M | 1.92 | 6.43±0.18[b] | 10.11±0.23[b] | 13.45±0.34[b] |
| F | 1.97 | 6.25±0.22[b] | 9.48±0.20[b] | 13.15±0.35[b] |

See the footnote of Table 1.
*: The birth weights are adjusted to the litter size of five when litter size are smaller than five.

た，両形質間には正の遺伝相関が認められている。高体重選抜や産子数の選抜によって排卵数が増加するのはFSH活性とFSHに対する卵巣の感受性が増加することによる[17,26,38]。しかし産子数については，増加した報告と有意な増加が認められなかった報告もあり必ずしも一致していない[10,11,24,37,46]。雌雄共に高体重に選抜したMF系統はM，F系統より体重増加が著しかったにも拘らず，産子数が減少した。これに対してM，F系統では産子数の増加が認められた。排卵数と胚生存性とが異なった遺伝的機構によって支配されているために，排卵数が増加しても胚生存性が低下し，それによって産子数が増加しないこともあるといわれている[2,7,19,21,22,29]。

系統内で自然交配し，妊娠14日目に調べた胎児の生存性の調査結果から (Table 4)，雌を高体重に選抜したF系統は3系統中で排卵数が最も多く，着床前および着床後の胚損耗率は無選抜対照系統より有意に少なく産子数が最も多かった。雄を高体重に選抜したM系統は排卵数の増加が認められ，着床前の胚損耗率はF系統より低かったが，着床後の胚損耗率は対照系統と変わらなかった。着床後の胚損耗率は，系統内自然交配実験での結果 (Table 4) とC系統の受精卵を4系統に移植したときの結果 (Table 5) とは良く一致していることから，着床後の胚損耗は胚自身の生存性よりも母体の子宮内環境の影響をより強く受けていることが明らかにされた。MOLER らも同様に，胚の生存性に及ぼす遺伝的な影響は母親に因る方が大きいということを報告している[43]。雌のみ選抜したF系統の産子数が多いのは，体重増加に伴って排卵数が多くなることと，着床後の胚損耗が少ないことに因る。雄のみ選抜したM系統の着床前胚損耗率はF系統よりさらに低く最も低かった。しかし，交配2日目に採卵した2細胞胚を胚盤胞まで培養し胚の発生を調べた森らの報告[46]では，胚盤胞までの発生率でM，F系統はともにC系統より高かったが，M，F系統間では殆ど差がなかった。したがって，M，F系統の着床前胚損耗率は Table 4 の値ほど，両系統間に差がないと思われる。Table 4 の着床後の損耗率と Table 5 の損耗率の系統間差異の傾向が良く一致していることから，M系統の着床後損耗率はF系統より高くC系統と同程度と考えられる。M系統は選抜の対象が雄で，F系統での雌との性の違いはあるが，F系統と同様に高体重への選抜がなされ，F系統と同程度の体重増加が得られているのにも拘らず，F系統と異なり排卵数は高まらず着床後の胚損耗率はC系統よりやや低い程度であった。性間で選抜強度を変えた体重選抜によって，M，F両系統間に体型的な分化が認められている[53]。雄を選抜したM系統は長肢短胴の体型に変わり，これに対して，雌を選抜したF系統はM系統とは逆に短肢長胴の体型と対照的であった。このことは雄と雌で増体のメカニズムに差があることを示唆しており，それによって繁殖形質の相関反応に両系統間で差が生じたと考えられる。

雌雄共に高体重に選抜したMF系統は体重増加が最も著しく，また排卵数も増加したにも拘らず産子数が増加しなかったのは，M系統と同様の原因により損耗率が高いことにも因ると思われる。また，一般に長期の体重選抜は繁殖性に悪影響を及ぼすといわれている[10,24,37,46]。MF系統は雌雄選抜により最も選抜強度が高かったことも原因と考えられる。規則的な性周期を示す系統は胚胎の高い生存性を示すことから，ホルモン活性の規則的な周期的変動とホルモンバランスが胚胎の生存性に重要で，要因としてFSH，LHのような性線刺激ホルモンのほかにエストロジェンのようなステロイド系のホルモンが重要となる。BRADFORD, BARRIA と BRADFORD の用いたマウスの増体量の高い系統Gの繁殖性の低下は体内に蓄積した過剰の脂肪に由来したステロイドホルモンのレベルの変化によることが示唆されている[7,9,10]。エストラディオールは排卵の遅れたラットの卵胞卵母細胞に作用し，分割発生の異常や妊娠の抑制を引き起こすことが報告されている[47]。家兎でもエストロジェン処理

による胚死の増加が報告されている[30,31,42,43]。雌の体脂肪量の増加に伴い，ステロイド系ホルモンのバランスが乱れることや[40]，先のエストラディオールとプロジェステロンとの相互作用が妊娠期間や性周期の乱れを誘引し，卵の分割発生に異常を与えたり，妊娠を抑制したりすることも報告されている[6,45]。これらのことから，体重増加による特定ホルモンの活性の増加等によって排卵数が増加しても，過度の肥満が生殖機能制御機構に作用してホルモンバランスをくずし，子宮環境を悪化させ，繁殖性が低下する原因となると考えられる。

受精卵の移植実験の結果から，胎児に対する母体の影響は胎児の生存性に対して系統間に差が認められたが，生時体重については殆ど差がないことから，胎児の発育に対する母体の影響は重要でないと考えられる。しかしながら，生後の発育は哺育される母親の影響を受ける[8,12,13,32,34]。RIORS らは3～9週齢の増体量を高い方向へ選抜したラットの系統(U)は，対照群と比較して泌乳量の向上を報告している[49,50]。また，マウスでは BANDY と EISEN は6週齢時体重で重い方向へ選抜した系統(W)の方が対照群よりも哺育した子の増体量が大きかったことを報告している[5]。本研究でも特に母親が選抜によって体重が増加するにつれて，泌乳量も増加し，このことが子の発育に反映されている。

雌マウスの体重に M, F 系統間で大きな差がないのに，胎児の着床後の損耗が F 系統で改善され，M 系統では減少しなかった要因については，本研究では明らかにできなかったが，今後，子宮内の生理・生化学的な面からの解明が必要と思われる。

## 摘　　要

性間で選抜強度を変えた高体重選抜系統の間で認められた産子数の変化の差の要因の1つである胚胎の生存性について系統間で比較し，さらに受精卵移植を応用して母体の影響についても検討した。供試マウスは，雄のみあるいは雌のみの体重選抜系統 M および F 系統，雌雄選抜系統の MF 系統と無選抜対照系統の C 系統の4系統である。まず，各系統内で自然交配し妊娠14日目に解剖し，排卵から着床までの着床前胚損耗率と着床後14日目までの胚損耗率で各系統の胚胎の生存率を評価し，次いで，C 系統の受精卵を M, F, MF 系統に移植し，18日目までの生存性を調査して系統間での母体の影響の差を検討し，さらに生後の発育についても調査検討し，以下の結果が得られた。

(1) 自然交配での着床後の損耗率と受精卵移植したときの損耗率が各系統ともほぼ等しいことから，胎児の生存性はそれ自身の能力よりは母体の影響をより大きく受けることが明らかにされた。

(2) F 系統は排卵数が4系統中最も多く，着床後あるいは移植後の損耗も最も少なく，着床前の損耗も C 系統より有意に少なかった。これらが反映して，雌のみ体重選抜した F 系統は産子数が最も増加した。

(3) 雄のみ体重選抜した M 系統は F 系統に近い体重増加が認められたが，排卵数は F 系統程多くなく，また，着床後および移植後損耗率は C 系統と同程度で改善されず，産子数は F 系統ほどの増加は認められなかった。

(4) 体重増加が最も著しい MF 系統は排卵数が多いにも拘らず，胚胎の損耗が多く産子数が増加しなかった。雄，雌の強い選抜によって母親の子宮内環境が胚胎の生存性に好ましくない方向に変化したことによると考えられる。

(5) 母親の系統間差は胚胎の生存性に影響を及ぼすが，胎児の発育には重要ではない。

## 引 用 文 献

1. AL-MURRANI, W. K.: Maternal effects on embryonic and postembryonic growth in poultry. *Brit. Poult. Sci.*, **19**: 277–281. 1978
2. AL-MURRANI, W. K. and ROBERTS, R. C.: Maternal effect on body weight in mice selected for large and small size. *Genet. Res.*, **32**: 295–302. 1978
3. 粟田　崇，清水　弘，上田純治，八戸芳夫：マウス排卵数の遺伝的特性．北大農邦文紀，**14**: 311–317. 1984
4. BAKKER, H., WALLINGA, J. H. and POLITIEK, R. D.: Reproduction and body weight of mice after long term selection for large litter size. *J. Anim. Sci.*, **46**: 1572–1580. 1978
5. BANDY, T. R. and EISEN, E. J.: Direct and maternal genetic differences between lines of mice selected for body weight and litter size: Traits of dams. *J. Anim. Sci.*, **59**: 630–642. 1984
6. BARKLEY, M. S., GESCHWIND, I. I. and BRADFORD, G. E.: The gestational pattern of estradiol, testosterone and progesterone in selected strains of mice. *Biol. Reprod.*, **20**: 733–738. 1979
7. BARRIA, N. and BRADFORD, G. E.: Long-term selection for rapid gain in mice. II. Correlated

changes in reproduction. *J. Anim. Sci.*, **52**: 739–747. 1981

8. BATEMAN, N.: The measurement of milk production of mice through preweaning growth of suckling young. *Phisiol. Zool.*, **27**: 163–173. 1954
9. BRADFORD, G. E.: Genetic control of ovulation rate and embryo survival in mice. I. Respnse to selection. *Genetics*, **61**: 905–921. 1968
10. BRADFORD, G. E.: Growth and reproduction in mice selected for rapid body weight gain. *Genetics*, **69**: 499–512. 1971
11. BRADFORD, G. E. and NOTT, C. F. G.: Genetic control of ovulation rate and embryo survival in mice. II. Effects of crossing selected lines. *Genetics*, **63**: 907–918. 1969
12. BRUMBY, P. J.: The influence of the maternal environment on growth in mice. *Heredity*, **14**: 1–18. 1960
13. BUTLER, L. and METRAKOS, J. D.: A study of size inheritance in the house mouse. I. The effect of milk source. *Canad. J. Res.*, **28**: 16–28. 1950
14. CHAI, C. K.: Analysis of Quantative inheritance of body size in mice. I. Hybridization and maternal influence. *Genetics*, **41**: 157–164. 1956
15. COX, D. F., LEGATES, J. E. and COCKERHAM, C. C.: Maternal influence on body weight. *J. Anim. Sci.*, **18**: 519–527. 1959
16. DURRANT, B. S., EISEN, E. J. and ULBERG, L. C.: Ovulation rate, embryo survival and ovarian sensitivity to gonadotrophins in mice selected for litter size and body weights. *J. Reprod. Fert.*, **59**: 329–339. 1980
17. EDWARD, R. G.: The size and endocrine activity of the pituitary in mice selected for large or small body size. *Genet. Res.*, **3**: 428–443. 1962
18. EISEN, E. J.: Direct and maternal genetic response resulting from selection for 12-day litter weight. *Can. J. Genet. Cytol.*, **15**: 483–490. 1973
19. EISEN, E. J.: Genetic and phenotypic factors influencing sexual maturation of female mice. *J. Anim. Sci.*, **37**: 1104–1111. 1973
20. EISEN, E. J. and DURRANT, B. S.: Genetic and maternal environmental factors influencing litter size and reproductive efficiency in mice. *J. Anim. Sci.*, **50**: 428–441. 1980
21. EISEN, E. J. and DURRANT, B. S.: Effects of maternal environment and selection for litter size and body weight on biomass and feed efficiency in mice. *J. Anim. Sci.*, **50**: 664–679. 1980
22. EISEN, E. J., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., BANDY, T. R. and SAXTON, A. M.: Postpartum performance in a diallel cross among lines of mice selected for litter size and body weight. *J. Anim. Sci.*, **58**: 863–877. 1984
23. EISEN, E. J., HANRAHAN, J. P. and LEGATES, J. E.: Effects of population size and selection intensity on correlated response to selection for postweaning gain in mice. *Genetics*, **74**: 157–170. 1973
24. ELLIOT, D. S., LEGATES, J. E. and ULBERG, L. C.: Changes in the reproductive processes of mice selected for large and small body size. *J. Reprod. Fert.*, **17**: 9–18. 1968
25. EL OKSH, H. A., SUTHERLAND, P. M. and WILLIAMS, J. S.: Prenatal and postnatal maternal influence on growth in mice. *Genetics*, **57**: 79–94. 1967
26. FALCONER, D. S.: Selection for large and small size in mice. *J. Genet.*, **51**: 470–501. 1953
27. FALCONER, D. S.: Replicated selection for body weight in mice. *Genet. Res.*, **22**: 291–321. 1973
28. FOWLER, R. E. and EDWARDS, R. G.: The fertility of mice selected for large or small body size. *Genet. Res.*, **1**: 397–407. 1960
29. GOODALE, H. D.: A study of the inheritance of body weight in the albino mouse by selection. *J. Heredity*, **29**: 101–111. 1938
30. GREENWALD, G. S.: Interruptation of pregnancy in the rabbit by the administration of estrogen. *J. exp. Zool.*, **135**: 461–470. 1957
31. GREENWALD, G. S.: The role of the mucin layer in development of the rabbit blastocyst. *Anat. Rec.*, **142**: 407–415. 1962
32. HANRAHAN, J. P. and EISEN, E. J.: A lactation curve for mice. *Lab. Anim. Care.*, **20**: 101–104. 1970
33. HÖRSTGEN-SCHWARK, G., EISEN, E. J., SAXTON, A. M. and BANDY, T. R.: Reproductive performance in a diallel cross among lines of mice selected for litter size and body weight.

*J. Anim. Sci.*, **58**: 846–862. 1984

34. JARA-ALMONTE, M. and WHITE, J. M.: Milk production in laboratry mice. *J. Dairy Sci.*, **55**: 1502–1505. 1972
35. KENNEDY, T. G. and KENNEDY, J. R.: Effects of age parity on reproduction in young female mice. *J. Reprod. Fert.*, **28**: 77–84. 1972
36. LAND, R. B.: Genetic and phenotypic relationships between ovulation rate and body weight in the mouse. *Genet. Res.*, **15**: 171–182. 1970
37. LAND, R. B. and FALCONER, D. S.: Genetic studies of ovulation rate in the mouse. *Genet. Res.* **13**: 25–46. 1969
38. LASALLE, T. J., WHITE, J. M. and VINSON, W. E.: Direct and correlated response to selection for increased postweaning gain in mice. *Theor. Appli. Genet.*, **44**: 272–277. 1974
39. LEGATES, J. E.: The role of maternal effect in animal breeding. IV. Maternal effects in laboratory species. *J. Anim. Sci.*, **35**: 1294–1302. 1972
40. MACARTHUR, J. W.: Genetics of body size and related characters associated with body size in mice. *Am. Nat.*, **78**: 224–237. 1944
41. MACARTHUR, J. W.: Selection for small and large body size in the house mouse. *Genetics*, **34**: 194–209. 1949
42. MEYER, H. H. and BRADFORD, G. E.: Estrus, ovulation rate and body composition of selected strains of mice on *ad libitum* and restricted feed intake. *J. Anim. Sci.*, **38**: 271–278. 1974
43. MOLER, T. L., DONAHUE, S. E., ANDERSON, G. B. and BRADFORD, G. E.: Effects of maternal and embryonic genotype on prenatal survival in two selected mouse lines. *J. Anim. Sci.*, **51**: 300–303. 1981
44. MOORE, R. W., EISEN, E. J. and ULBERG, L. C.: Prenatal and postnatal maternal influences on growth in mice selected for body weight. *Genetics*, **64**: 59–68. 1970
45. MOORE, R. W., EISEN, E. J. and ULBERG, L. C.: Genetic and uterine effects on suvival in mice selected for body weight. *J. Reprod. Fert.*, **23**: 271–275. 1970
46. 森　匡，清水　弘，上田純治，八戸芳夫： 体重選抜が雌マウスの繁殖形質に及ぼす影響．北大農邦文紀，**14**: 403–408. 1985
47. PAGE, R. D., KIRKPATRICK-KELLER, D. and BUTCHER, R. L.: Role of age and length of oestrus cycle in alteration of the oocyte and intrauterine environment in the rats. *J. Reprod. Fert.*, **69**: 23–28. 1983
48. RAHNEFELD, G. W., BOYLAN, W. J., COMSTOCK, R. E. and SINGH, M.: Mass selection for postweaning growth in mice. *Genetics*, **48**: 1567–1583. 1963
49. RIOS, J. G., NIELSEN, M. K. and DICKERSON, G. E.: Selection for postweaning gain in rats. II. Correlated response in reproductive performance. *J. Anim. Sci.*, **60**: 46–53. 1986
50. RIOS, J. G., NIELSEN, M. K. and DICKERSON, G. E.: Selection for postweaning gain in rats. III. Correlated response in maternal performance. *J. Anim. Sci.*, **63**: 54–58. 1986
51. ROBERTS, R. C.: The limits to artificial selection for body weight in the mouse. III. Selection from crosses between previously selected lines. *Genet. Res.*, **9**: 73–85. 1967
52. RUTLEDGE, J. J., ROBINSON, O. W., EISEN, E. J. and LEGATES, J. E.: Dynamics of genetics and maternal effects in mice. *J. Anim. Sci.*, **35**: 911–918. 1972
53. SHIMIZU, H., AWATA, T., UEDA, J. and HACHINOHE, Y.: Principal component analysis for the size of skeletal bones in mice. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, **56**: 495–504. 1985
54. YOUNG, C. W., LEGATES, J. E. and FARTHING, B. R.: Prenatal and postnatal influences on growth, prolificacy and maternal performance in mice. *Genetics*, **52**: 553–561. 1965
55. YOUNG, L. D., PUMFREY, R. A., CUNNINGHAM, P. J. and ZIMMERMAN, D. R.: Heritabilities and genetic and phenotypic correlations for prebreeding traits, reproductive traits and principal components. *J. Anim. Sci.*, **46**: 937–949. 1978

## Summary

Apparent differences in litter size and ovulation rate were observed among the strains of mice which were seletced for heavy body weight with the different intensity of selection in males and females. This study examined the effect of fetal and maternal strains on prenatal survival and postnatal growth in three slected strains (M, F and MF strains) and an unselected control strain (C strain). M strain was selected for heavy body

weight in males alone, F strain in females alone and MF strain in both sexes. To compare prenatal survival among strains, pregnant mice were killed at 14 days of gestation and the ovulation rate and pre- and post-implantation losses were estimated. To examine the prenatal and postnatal effect of maternal strains, the embryos of C strain were transferred into the females of four strains. The survival of fetuses was investigated at 18 days of gestation. Some of the transferred females were left to deliver and foster young, which were weighed weekly until weaning. The following results were obtained:

(1) The prenatal survival was affected more by the effect of maternal strains than by that of the fetus' own strain.

(2) The significant increase in litter size of F strain was due to the increased ovulation rate and improved maternal effects.

(3) M strain showed fewer increases in ovulation rate and the same post-implantation losses as C strain. This resulted in fewer increases in litter size than F strain, though the strain showed the same increase in body weight as F strain.

(4) MF strain, which had the largest body weight, showed increases in ovulation rate but no increase in litter size because of the largest losses of embryos. This might be due to the inferior uterine condition caused by the strongest intensity of selection.

(5) The differences in the maternal effect among the strains seemed to affect the survival of the fetus, but revealed no important effect on its growth.