

発育期における糖摂取及び運動実施がマウスの 発育, 糖・脂質代謝に及ぼす影響

本間聖康*・駒井説夫*・白石龍生**・三野 耕***

(* 人文学部保健体育教室・** 大阪教育大学保健学教室・*** 兵庫教育大学)

Effects of Glucose Intake and Exercise on Body Weight, Glucose Metabolism and Lipids Metabolism of Growing Mice

Kiyoyasu HONMA *, Setsuo KOMAI *, Tatsuo SHIRAIISHI **
and Tsutomu MINO ***

* *Department of Health and Physical Education, Faculty of Humanities, Kochi University.*

** *Department of Health Science, Osaka Kyoiku University.*

*** *Hyogo University of Teacher Education.*

Abstract : In this paper, the effects of glucose intake and exercise on body weight, glucose metabolism and lipids metabolism were examined by using mice divided into 4 groups, namely WS, which used standard food and no exercise; WE, which used standard food and 1 hour treadmill exercise velocity of 750m/hour; GS, which used standard food, liquid glucose and no exercise; and GE, which used standard food, liquid glucose and 1 hour exercise from 5 to 10 weeks of age.

The results were as follows:

- (1) Body weight was heavy in the order of GS, GE, WS and WE, and the GS was significantly heavier than the others.
- (2) GS and GE had less food intake and more liquid glucose intake.
- (3) The ability of glucose metabolism was worse in the order of heavy body weight, and the GS was significantly worse than the others.
- (4) TG, FFA and T-cho values tended to show significantly high in the GS than in the others.
- (5) From the results mentioned above, it was thought that liquid glucose intake was worse for glucose and lipids metabolism because it brought too much intake of calories and heavy body weight. On the other hand, it was thought that exercise was useful for glucose and lipids metabolism because it was useful for body weight control.

キーワード : 運動, マウス, 糖代謝, 脂質代謝

緒 言

戦後日本の急速な経済発展, 技術革新は, 人々の生活を大きく変えた生活革命でもあった。すなわち, 利便性を商品化した即席めん, レトルト食品, 冷凍食品の生産量は年々増加を示し, 家電製

品の普及によって、家事労働は肉体的、精神的、時間的に軽減されるなど、ライフスタイルに大きな変化をもたらした¹⁾。その結果、栄養の過剰摂取や栄養摂取の偏り、運動不足、ストレスの増加を招き、高血圧、心臓病、脳卒中、糖尿病などいわゆる成人病を増加させた²⁾。今後の老人人口の増加を考えると成人病対策は最も重要な課題となっている。成人病のうち癌などの腫瘍性疾患を除く疾患は、実は子どもの時からの食生活の欧米化、富栄養化と運動不足などの生活習慣に基因して、すでに小児期から少しずつ進行していることが明らかになってきて³⁾、成人病の若年化が問題になってきている⁴⁾。地方においても、小児成人病の予備軍は増加が認められ、小学校1年生にまで低年齢化している可能性もあり⁵⁾、小児期からの成人病の予防の必要性が指摘されてきている⁶⁾。

成人病の発症因子の一つである食生活では、動物性タンパク質や脂質、スナック菓子や清涼飲料水(砂糖など)のとり過ぎが問題とされている^{3) 4)}。砂糖分の摂取量に関して、ある調査では、夏休み1週間に小・中学生で清涼飲料水を平均7-9本(1本=250ml; 20-30mgの砂糖分)飲み、間食として1日平均100g近い砂糖分を摂取していたという結果もある⁷⁾。砂糖分の摂取は食欲を失わせ、結果として、タンパク質やビタミンの摂取量が減少し、また、とり過ぎると体液が酸性に傾き、カルシウムが消費され、脱カルシウム症になるなど問題が指摘されている⁷⁾。さらに、カルシウムの栄養所要量(100)に対する摂取量の比率は87と平均を下回っており⁶⁾、また、児童・生徒の疾病で被患率の最も高いものは「むし歯」であるというのが現状である⁶⁾。

そこで、本研究では、このように子供の清涼飲料水の過剰摂取が問題にされている今日の現状をも考えて、マウスを用いて標準食に加えて糖質液を自由摂取させ、マウスの発育が盛んな時期における、高カロリー・高糖食の摂取や運動の実施がマウスの発育及び糖・脂質代謝に及ぼす影響について検討した。

方 法

1. 実験方法

5週令の dd 系雄マウス(84匹)を、

- ① 標準食で運動を実施しない WS (Water Sedentary) 群
- ② 標準食で運動を実施する WE (Water Exercise) 群
- ③ 高カロリー・高糖食で運動を実施しない GS (Glucose Sedentary) 群
- ④ 高カロリー・高糖食で運動を実施する GE (Glucose Exercise) 群

の4群(各群21匹)に分け、10週令まで飼育した。

飼料(オリエンタル製標準固形飼料)と飲料水は、自由摂取とした。なお、GS群、GE群には、高カロリー・高糖食として、標準飼料に加えて糖質液(20%グルコース溶液)を自由摂取させた。(予備実験の結果、飲料水と糖質液との併用にもかかわらず、糖質液のみを飲用し飲料水は飲用しなかったため、本実験においては飲料水の併用は行なわなかった。)運動は、トレッドミルを用いて、1時間750mの運動を1日1回、1週間に6日負荷した。なお、実験中の室温は $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の条件であった。

2. 測定項目と測定法

体重は、午前10時に0.1g精度のマウス・ラット用天秤(夏目製作所製)を用いて測定し、飼料と飲料水及び糖質液の摂取量は午前11時30分から12時の間に測定した。

糖代謝能をみるために、糖負荷試験を行なった。すなわち、ゾンデを用いて25%グルコース溶液を体重100g当り0.6cc 経口投与した。なお、採血は、尾先端より行い、採血時間は、糖負荷前、30分後、60分後とした。

血中脂質としては, 中性脂肪 (Triglyceride; TG), 遊離脂肪酸 (Free fatty acid; FFA), 総コレステロール (Total-cholesterol; T-cho) を測定した。

血糖, TG は酵素法 (中外製薬ユニキット), FFA は Itaya-Ui 変法 (和光純薬キット), T-cho は Zurkowski 変法 (中外製薬ユニキット) により測定した。

結 果

Fig. 1. は, 各群の体重曲線を示したものである。10週令時の体重と標準偏差をみると, GS 群 53.4 ± 4.3 g (M \pm S. D.; n=21), GE 群 49.2 ± 4.1 g (n=20), WS 群 48.1 ± 3.3 g (n=21), WE 群 46.9 ± 2.4 g (n=19) の順に高値を示し, GS 群では他のいずれの群よりも有意な体重増加が認められた。また, GE 群と WE 群の間にも有意な差がみられた。一方, 標準偏差も, GS, GE 群で大きく, WE 群が最も小さかった。

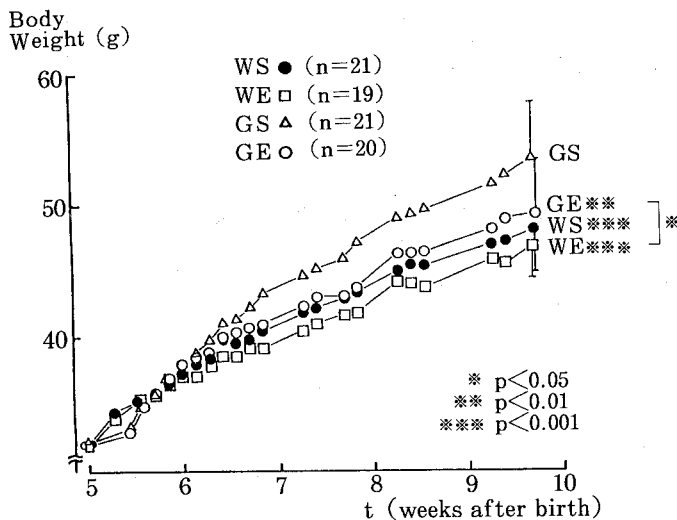


Fig. 1. The changes of mean body weight on each group.

Fig. 2. は, 各群の飼料摂取量 (平均値) を, Fig. 3. は, 水または糖質液の摂取量 (平均値) をみたものである。摂取量は, いずれもエサ箱及び給水ビンからの減量を測定したもので, 食べこぼしもあり, 厳密な値ではないが, 明かに, GS, GE 群では, 飼料の摂取量は少なく, 糖質液の摂取量が多かった。

Fig. 4. は, 実験終了時における各群の糖負荷試験の成績を平均値と標準偏差 (M \pm S. D.) で示したものである。空腹時血糖は, WS 群 109.3 ± 27.7 mg/dl, GS 群 102.1 ± 36.9 mg/dl, WE 群 98.4 ± 29.7 mg/dl, GE 群 89.4 ± 37.5 mg/dl の順に高値を示したが, 各群間には顕著な差は認められなかった。糖負荷試験を実施したところ GS 群の 30 分値 387.2 ± 77.5 mg/dl, 60 分値 345.1 ± 94.8 mg/dl, GE 群 339.6 ± 66.7 mg/dl, 286.3 ± 79.0 mg/dl, WS 群 312.0 ± 92.2 mg/dl, 280.6 ± 77.4 mg/dl, WE 群 290.1 ± 84.6 mg/dl, 237.3 ± 76.1 mg/dl と体重曲線の成績と同様の順に高値を示し, GS 群では他の群に比較して糖代謝能の有意な低下が認められた。

Fig. 5. は, 各群の実験終了時における血中脂質の成績を平均値と標準偏差で示したものである。TG は, GS 群 190.8 ± 41.9 mg/dl, GE 群 149.3 ± 27.6 mg/dl, WS 群 143.0 ± 31.2 mg/dl, WE 群 137.1

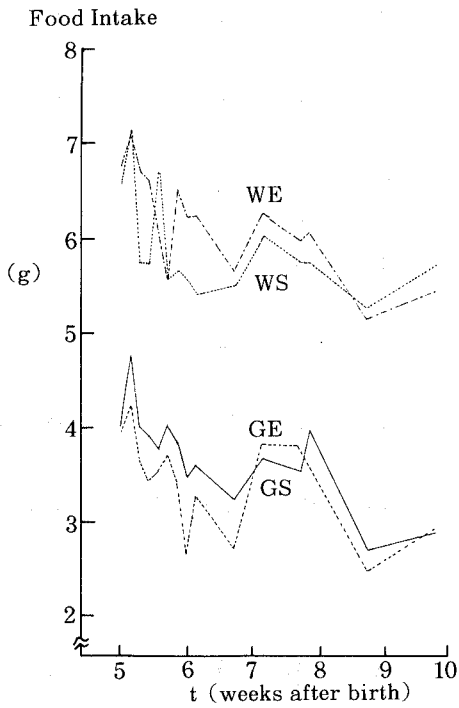


Fig. 2. The changes of food intake on each group.

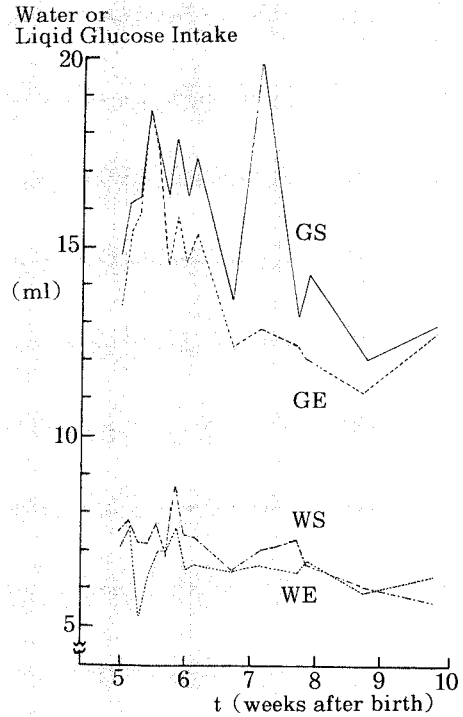


Fig. 3. The changes of water or liquid glucose intake on each group.

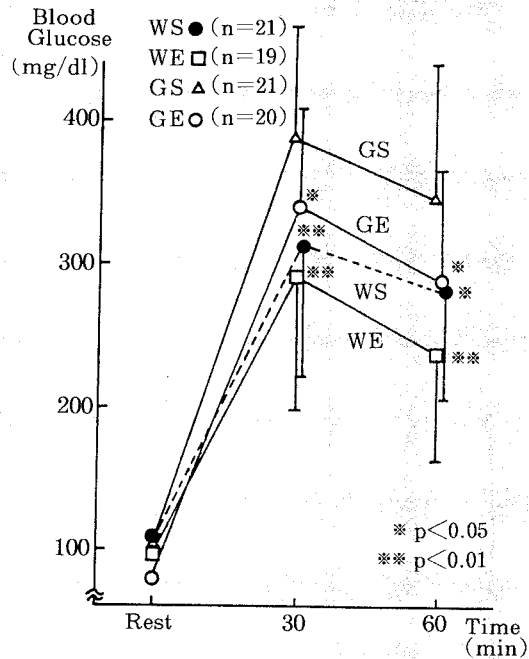


Fig. 4. The changes of blood glucose values after oral glucose tolerance test on each group.

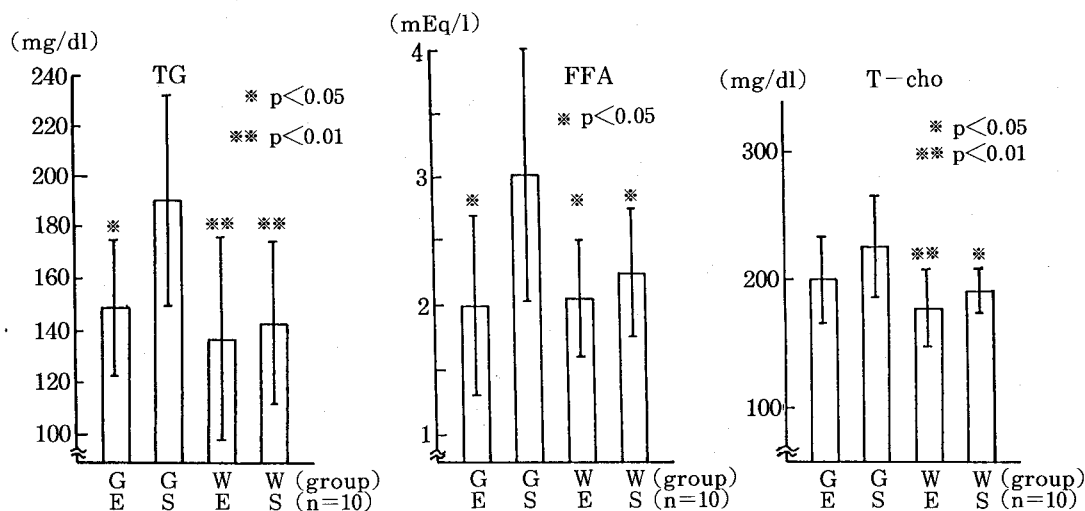


Fig. 5. The results of TG, FFA and T-cho after experiment. (mean ± S. D.)

±38.9mg/dl, FFA は, GS 群 3.01 ± 1.00 mEq/l, GE 群 2.00 ± 0.69 mEq/l, WS 群 2.24 ± 0.52 mEq/l, WE 群 2.05 ± 0.46 mEq/l, T-cho は, GS 群 224.4 ± 40.1 mg/dl, GE 群 199.4 ± 33.3 mg/dl, WS 群 191.0 ± 17.8 mg/dl, WE 群 177.6 ± 29.8 mg/dl で, TG, FFA, T-cho いずれの項目もGS 群が最も高値を示し, TG, FFA は他のいずれの群よりも, T-cho はWS, WE 群よりも有意に高い値であった。

考 察

肥満の大部分は, 単純性肥満であり, 運動不足と過食が主因と考えられている^{8) 9)}。肥満は糖尿病, 高脂血症, 痛風などの代謝性疾患, 狭心症, 心筋梗塞などの動脈硬化性心疾患, 高血圧などの発生と深い関係が認められ^{10) 11)}, 成人病の重要な危険因子である。学童期の肥満は現在でも年々増加する傾向にあり⁴⁾, 小児期の肥満が成人の肥満になる確率は80%以上であるといわれ³⁾, また, 子供の肥満も若年性の成人病を引き起こすことが知られており¹⁰⁾, 小児期の肥満予防が重要になってきている。

肥満に対する治療方法としては, 食事療法と運動療法とがあるが¹²⁾, 本実験の成績も, 標準食で運動を実施したWE 群が最も体重の増加が小さく, 一方, 高カロリー・高糖食で運動を実施しなかったGS 群の体重の増加が最も大きく, 以下, GE 群, WS 群の順であった。WS 群と比較してGE 群の体重増加が大きかったことは, 本実験で負荷した750m/hourの運動(ガス代謝量の測定により, 安静時酸素摂取量の2倍程度の軽運動と推察される)によるエネルギー消費よりも糖質液自由摂取によるエネルギー摂取が過剰であったことを示唆している。

運動による減量は, 本実験の成績にも見られたように, 脂肪の代謝を活発にし, 血中脂質や糖代謝能を改善させ, 筋力や心臓の予備力の低下を防ぐなど, 食事による減量では得られない有効性が認められているが, 上記結果は, 肥満の予防, 解消には運動療法のみならず, 食事療法との併用が必要であることを示唆する結果であった。しかし一方で, 極端な食事制限による貧血の女子生徒の増加もみられ³⁾, あくまでも運動と食事の両面の長所を生かした無理のない方法を長期的に計画することが必要である。

糖質液の摂取量は, Fig. 3. に示したようにGS 群, GE 群では顕著で, その一方で食欲を失い,

Fig. 2. にみられるように、飼料摂取量は著しく少ない結果を示した。今回の結果や清涼飲料水程度の砂糖濃度では水と比べ飲水量が増え、薄い尿を多量に排泄し(10倍位)、その結果カルシウム、食塩が失われたという白ねずみでの報告¹⁰⁾からも、糖質液摂取は、高カロリー摂取になりやすく体重過剰傾向を招き、また、食欲を減退させ他の栄養素の摂取が少なくなる危険性が考えられた。さらに、乳児期から幼児期にかけての味覚の形成期における糖質液摂取は、甘味嗜好を形成するといった食習慣に関わる重大な問題も含んでおり注意が必要である。

糖質液摂取と運動実施が糖・脂質代謝に及ぼす影響についてみると、糖負荷試験の成績は、上述した糖質液の過剰摂取と運動不足の結果、体重増加の大きかった群ほど糖代謝能の低下も大きく、余剰脂肪組織の増大がインスリンの感受性を低下させているものと考えられた。また、血中脂質の成績も、TG, FFA, T-cho いずれの項目もGS群が他の群に比して有意に高い傾向を示した。TG, FFA は体のエネルギー源としての役割を持つが、TGは皮下脂肪として最も多く存在し、異常に増加すると肥満症となる。FFAはTGに蓄えられ、またTGから分解して出てきてエネルギーとして使われる¹⁴⁾。T-choは体細胞の重要な構成成分としての意味を持つが、高コレステロール血症は動脈硬化を進行させ成人病の危険因子となる。血清コレステロール値は1960年から1980年の20年間にかなりの上昇がみられ、特に10才-20才の上昇が著しく、地方の地域の子供にも明かな増加傾向がみられ¹⁾、同世代のアメリカ人と比較して明らかに高い結果となった³⁾。動脈硬化性病変は、15才以前は可逆的であるが、15才以上では不可逆的となることが明らかになってきて、小児期からの運動習慣や食習慣など生活習慣の改善が決定的に必要となってきた³⁾。

以上の結果から、発育期における高カロリー・高糖食の摂取は、体重の増加を招き、糖・脂質代謝機能の低下をきたすものと考えられた。一方、運動の実施により体重の増加は抑制され、糖負荷試験の成績や血中脂質は低値を示す傾向が認められ、運動は糖・脂質代謝に好影響を与えるものと考えられた。なお、運動実施にあたっては、身体活動の時間が、テレビ、ファミコン、塾など子供をとりまく生活環境の変化によって著しく制約されている現状では、運動嫌いの子供もあり活動量の個体差が大きいことを考えると¹⁵⁾¹⁶⁾、意図的、計画的な運動を継続的に行なわせるといった配慮が必要であると考えられる。

要 約

発育期における糖摂取や運動実施が、発育及び糖・脂質代謝に及ぼす影響を検討するために、5週令のdd系雄マウスを、①標準食で運動を実施しないWS群、②標準食で運動(750m/hour/day, 6 days/week)を実施するWE群、③高カロリー・高糖食(標準食と20%グルコース溶液を摂取)で運動を実施しないGS群、及び④高カロリー・高糖食で運動を実施するGE群の4群(各群21匹)に分け、10週令まで飼育し、体重、飼料と糖質液摂取量、糖負荷試験による糖代謝能、及び血中脂質の成績を比較した。

得られた結果を要約すると次のとおりである

- 1) 体重はGS群、GE群、WS群、WE群の順に高値を示し、GS群では他のいずれの群よりも有意な体重増加が認められた。
- 2) GS群、GE群では、飼料の摂取量は少なく、糖質液の摂取量が多かった。
- 3) 糖代謝能は、体重が重い群ほど低下が大きく、GS群では他のいずれの群よりも有意な低下が認められた。
- 4) TG, FFA, T-choはいずれの項目も、GS群が有意に高値を示す傾向が認められた。
- 5) 上記結果から、発育期における高カロリー・高糖食の摂取は、体重増加を招き、糖・脂質代

謝機能の低下をきたすものと考えられた。一方、運動の実施は体重の増加を抑制し、血糖、血中脂質は低値を示す傾向が認められ、運動は糖・脂質代謝に好影響を与えるものと考えられた。

文 献

- 1) 経済企画庁：国民生活白書（平成2年版），p. 99-161，大蔵省印刷局
- 2) 橋本勲：新しい日本人の栄養所要量と運動所要量，*体育の科学*，**40**，354-360（1990）
- 3) 玉沢昭：現代の子供のからだ—小児成人病を中心に，*公衆衛生*，**55**，296-300（1991）
- 4) 日本子どもを守る会：子ども白書・1991年版，p. 42-71，草土文化
- 5) 藤村千賀，公文富貴：高知県における成人病の低年齢化についての疫学調査（第1報）—低年齢化の範囲一，*高知女子大学紀要 自然科学編*，**36**，45-53（1988）
- 6) 総務庁青少年対策本部：青少年白書（平成2年版），p. 174-190，大蔵省印刷局
- 7) 村上悦子，平山セツ，他：さとうは？清涼飲料は？—甘すぎませんか食べものが—，別冊・食べもの文化，p. 8-28（1983）
- 8) 山川喜久江：肥満と栄養，*J. J. Sports Sci.*，**5**，768-773（1986）
- 9) 佐藤祐造：肥満における運動の目的と方法，*ホルモンと臨床*，**38**，247-255（1990）
- 10) 淵時雄：子どもの肥満，*J. J. Sports Sci.*，**5**，783-789（1986）
- 11) 徳永勝人，松沢佑次：肥満とやせ，*臨床検査*，**35**，333-337（1991）
- 12) 佐藤祐造，押田芳治：肥満と行動療法，*J. J. Sports Sci.*，**5**，864-871（1986）
- 13) 伊藤里美：飲料水の蔗糖濃度が白ねずみの食欲，尿量及びカルシウムの代謝におよぼす影響（第1報），*四国女子大学研究紀要*，**25**，139-142（1979）
- 14) 中村治雄：血清脂質の異常とその治療 改訂第2版，p. 1-22，南山堂（1990）
- 15) 三野耕，本間聖康，白石龍生：発育期ラットにおける発育及び糖・脂質代謝に及ぼす身体トレーニングの影響，*大阪市立大学保健体育学研究紀要*，**15**，61-66（1980）
- 16) 藤村千賀，彼末富貴，藤村巖，田野悦子：高知県における成人病の低年齢化についての疫学調査（第2報）—小・中学生の栄養所要量の設定，体型と栄養摂取量の関連一，*高知女子大学紀要 自然科学編*，**37**，39-49（1989）

（平成3年9月30日受理）

（平成3年12月27日発行）

