

体重調節における運動・身体活動効果と食事効果

岸本 裕歩¹⁾、野藤 悠²⁾、大河原一憲^{3) 4)}、中田 由夫⁵⁾

Effects of exercise and diet on weight control

Hiro KISHIMOTO¹⁾, Yu NOFUJI²⁾, Kazunori OHKAWARA^{3) 4)}, Yoshio NAKATA⁵⁾

Abstract

Lifestyle modification by interventions combining healthy diet and increased physical activity is an effective preventing and therapeutic approach on weight control. This review discusses a single effect of physical activity or diet on preventing weight gain and promoting weight loss. Moreover, we reviewed recent prospective studies and randomized control trials (RCT) using lifestyle modifications. Although the majority of studies that focused on combining dietary and physical activity approaches significantly decreased body weight, BMI level, and prevalence of obesity, the results of the studies focused on the effect of single approach were inconsistent. A 24-month RCT in obese men demonstrated that increased physical activity and/or energy restriction improved metabolic profiles equally. Therefore, both physically active lifestyle and healthy diet are important and effective for weight control. The combining approaches promote appropriate weight control and prevent obesity-related disorders.

Keywords : weight control, physical activity, diet

-
- 1) 九州大学大学院医学研究院
〒811-2501 福岡県粕屋郡久山町大字久原1822-1ヘルスC&Cセンター内
電話 092-652-3080 FAX 092-652-3075 電子メール hiro4@envmed.med.kyushu-u.ac.jp
Department of Environmental Medicine, Graduate School of Medical Science, Kyushu University
3-1-1 Maidashi, Higashiku, Fukuoka City, 812-8582, Japan
Phone : +81-92-652-3080, Fax : +81-92-652-3075 E-mail : hiro4@envmed.med.kyushu-u.ac.jp
 - 2) 九州大学健康科学センター
Institute of Health Science, Kyushu University
 - 3) 電気通信大学情報理工学部
Faculty of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications
 - 4) 国立健康・栄養研究所基礎栄養研究部
Department of Nutritional Science, National Institute of Health and Nutrition
 - 5) 筑波大学医学医療系
Faculty of Medicine, University of Tsukuba

はじめに

肥満や肥満に関連した疾患は世界中で増加しており、これらの疾患を予防するための政策が各国で展開されている¹⁾。わが国ではメタボリックシンドロームの予防を目的に、内臓脂肪の減少、すなわち体重増加や肥満を予防するための運動習慣や食習慣の改善に取り組んでいる。しかし、平成21年度の国民健康・栄養調査²⁾によれば、体重管理を心がける者は平成16年度の調査に比べ増えているにもかかわらず、肥満者の割合は横ばいないし増加傾向にある。このことから、体重調節における運動・身体活動と食事の効果についての科学的知見を再確認するとともに、それぞれの役割や実現可能性について考察する必要がある。

本稿では、体重調節における運動・身体活動と食事それぞれの効果に関して、諸外国で報告されている先行研究をまとめ、体重増加と肥満の予防・改善における運動・身体活動および食事の影響について考察する。

運動・身体活動と体重調節

運動・身体活動と体重調節に関する研究の始まりは1940年代に遡る。身体活動量や消費エネルギー量の少なさが小児肥満の原因の一つであること³⁾、女子高校生の肥満形成には過食よりも身体活動の方が影響すること⁴⁾など、初期の研究では成長期の肥満に対する運動・身体活動の影響が示されている。1950年代、Morrisら⁵⁾の身体活動と心疾患との関連をみた疫学研究を機に、運動・身体活動と生活習慣病を含む様々な健康事象との関係が報告されている。

1. 運動・身体活動の定義と種類

本総説では、運動・身体活動を次のように定義する。まず、身体活動は「骨格筋により生み出され、カロリー消費につながる身体動作」⁶⁾とした。次に、運動は「身体活動の一部に含まれ、計画・意図された身体活動」⁶⁾とした。

2. 体重増加や肥満の予測因子としての運動・身体活動

1) 一時点の運動・身体活動レベル

運動・身体活動と体重調節に関する多くの疫学研究では、分析疫学（観察疫学）の中の横断研究や前向きコホート研究といった研究デザインが用いられている。特に前向きコホート研究では、追跡開始時（一時点）の運動・身体活動レベルによってその後の体重増加量や肥満の発症頻度を比較することで、追跡開始時の肥満の有無によって運動・身体活動の思い出し方が異なるといった因果の逆転によるバイアスを最小限にすることができる。2000年に報告

された前向きコホート研究の系統的レビューでは⁷⁾、16編のうち7編が追跡開始時の身体活動は体重増加の予測因子であると報告している⁸⁻¹⁴⁾。一方、体重増加が追跡開始時の身体活動よりも追跡後の身体活動との間で強い負の関連を認める研究もいくつかみられた。2005年に発表された12編の系統的レビュー¹⁵⁾では、最近の報告であるほど身体活動と体重増加の関係性が強く、身体活動の予測能が向上していると述べられている。このように、体重増加や肥満に対する予測因子としての身体活動の有用性は、対象集団の規模の拡大、身体活動の評価方法の改善、解析手法の精度向上など研究方法論的なバイアスが減少したことによって向上したと考えられている¹⁶⁾。

2) 運動・身体活動の変化量

運動・身体活動量レベルは、しばしば追跡期間中に変化することがある。それゆえ、最近では繰り返し測定によって運動・身体活動の変化量を評価し、その後の体重増加および肥満の関係をみる前向き研究が報告されている。Health Professionals Follow-up Studyに参加した40～75歳の男性19,478人の追跡調査¹⁷⁾では、追跡期間中にジョギング、ランニング、水泳、自転車、ボート漕ぎなどの6メッツ以上の運動を週1.5時間以上おこない、テレビ視聴時間を短縮し、間食をしない生活習慣にかえた場合、ベースライン時の体重よりも平均1.4 kg減少することを報告している。また、追跡開始時における6メッツ以上の運動時間は体重との間に負の関連があること、この関連は高齢者（65歳以上）よりも中年者（40-64歳）で強いこと、一般に加齢に伴う体重増加はどの集団にもみられる現象であること¹⁸⁾も考慮すると、6メッツ以上の運動を65歳未満で習慣化し、不活動な時間や過剰なエネルギー摂取を減らすことで、体重増加を阻止できる可能性が示唆された。対象者や研究方法論上の限界により、体重調節の効果が必ずしも一致するわけではないが、Australian Longitudinal Study on Women's Health¹⁹⁾、Study of Women's Health Across the Nation²⁰⁾、Aerobics Center Longitudinal Study²¹⁾、およびWoman's Health Study²²⁾の疫学調査より、身体活動の維持・増加は体重増加の予防に有効であることが認められている（表1）。

3. 客観的評価による運動・身体活動と体重調節に関する最近の研究動向

身体活動の評価方法には、質問紙による主観的評価法と二重標識水法などを用いる客観的評価法がある。大規模な疫学研究では前者が主に用いられている。しかし、前者の方法では身体活動が過大に申告される傾向がある。Wilksら²³⁾は、加速度計や二重標識水法など客観的評価法

表1 身体活動と体重増加・肥満との関係をみた前向き研究

コホート名, 国名 ^{文献}	対象者 (人)	年齢 (歳)	追跡 (年)	評価項目	アウトカム	栄養因子 の調整	身体活動と 体重増加の関係
Australian Longitudinal Study on Women's Health, オーストラリア ¹⁹⁾	8,071	45-55	5	3年分の運動や スポーツ活動を スコア化して評価 (質問紙)	・体重の変化 ・5 kg以上の 体重増加	エネルギー 摂取量 (FFQ)	負の関連
Study of Women's Health Across the Nation, 米国 ²⁰⁾	3,064	40-45	3	総身体活動 の変化量 (質問紙)	6.6 %以上の 体重増加	なし	身体活動の維持・増加 が体重増加を抑制
Aerobics Center Longitudinal Study, 米国 ²¹⁾	5,323	43±9	5	トレッドミル評価した 持久的体力の変化	5 kg又は10 kg の体重増加	なし	体力維持・増加 が体重増加を抑制
Women's Health Study, 米国 ²²⁾	34,079	54.2	13	・余暇時の身体 活動の変化 ・ベースライン時の 身体活動レベル (質問紙)	・体重の変化量 ・2.3 kg以上の 体重増加	脂肪、果物、 野菜の 摂取量	1日60分以上の 中等度運動が 体重増加を予防

BMI: Body mass index, FFQ: Food frequency questionnaire

による身体活動と体脂肪量の変化との関係を検討した前向き研究のレビューを行なった。集められた文献は、成人を対象に2000年1月～2008年9月に発表された研究で、「体重」、「体重調節」、「運動」、「身体活動」の検索キーで抽出された6編であった。6編のうち3編では、身体活動量と体脂肪量との間に負の関連を報告していたが、いずれの研究においてもこれらの関係性は弱かった。また、残りの3編では、研究開始時の身体活動量とその後の体脂肪の変化量との間に関連を見出せなかった。対象文献の1編であるEkelundら²⁴⁾の研究では、若年者では身体活動量と体脂肪量との間に負の関連があるが、55歳以上の中高年者では逆に正の関連が認められ、年齢によって身体活動と体脂肪との関連性は異なった。以上のことから、身体活動量が多いことが体重増加や肥満の予防に貢献するという研究成果は、質問紙による主観的評価や客観的評価による先行研究の一部で得られているものの、その関係性は明確であるとは言えないことが示唆された。

近年、米国スポーツ医学会と米国心臓学会の合同声明²⁵⁾、世界保健機関²⁶⁾、米国保健社会福祉省²⁷⁾など様々な機関から、寿命の延長や慢性疾患の予防といった包括的な健康管理のための身体活動のガイドラインが出されている。また、体重調節に着目した指針では、米国スポーツ医学会が体重調節のための身体活動についての声明を出している²⁸⁾。その概要は、1) 体重増加を予防するには、150～250分/週の中程度以上の身体活動が必要であること、2) 減量するには、250分/週以上の中程度以上の身体活動を実施することで臨床的に意味のある減量効果が期待できること、3) 適切な食事制限との併用ならば、150

～250分/週の身体活動で減量効果が高まること、4) 減量後に体重を維持するためには、250分/週以上の身体活動が望ましいこと、である。

運動・身体活動は、測定値の評価方法に研究間での違いがあるため、それぞれの研究結果を量的にまとめることは非常に困難である。加えて、上述のガイドラインは欧米諸国による研究成果に基づくため、日本人を含む欧米諸国以外の集団にとって妥当なガイドラインであるかという問題点もある。体重調節における運動・身体活動の効果に関する知見は、対象集団の拡大や研究方法論的手法の改善によって、両者の関連性がより明確になることが予想されるため、今後は、日本人による科学的根拠も数多く発表されることが期待される。

食事と体重調節

体重の増減は、主にエネルギーの摂取と消費のバランスによってもたらされる。本章では、エネルギー摂取の観点から、主なエネルギー源である脂質、炭水化物、蛋白質(主要栄養素)の摂取やそれらを大きく捉えた食品、食品群、食事パターンと体重増加や肥満との関係を検証する。

1. 主要栄養素

横断研究では脂質の摂取量と体重増加や肥満発症の間に正の関係を見出しているが、前向きコホート研究の結果は一致していない^{29,30)}。多くの場合、人は食事で単一の栄養素を摂取するのではなく、複数の栄養素が混在する食品を摂取する。そのため、単一の栄養素と体重増加や肥満の関係を検討する場合、他の栄養素の影響を排除する

必要がある。しかし、栄養素間の摂取量の相関性が強く、単一栄養素と肥満の関係が他の栄養素の交絡によって歪む可能性がある。また、単一栄養素と肥満の関係は主要栄養素のみでなく、生活習慣の変容、つまり健康を意識した行動による交絡の影響を受ける可能性も考えられる。炭水化物の摂取量と体重増加および肥満の関係も同様に、交絡の問題が生じているため一致した結論が得られていない³¹⁾。蛋白質の摂取量については、ランダム化比較試験(randomized control trial: RCT)により高蛋白食が短期間の体重減少に有効であることを示す知見³²⁾があるが、長期的な効果は不明のままである

2. 食品・食品群

体重増加や肥満の抑制と関係の深い食品・食品群として、全粒穀類・食物繊維³³⁻³⁵⁾、果物・野菜³⁶⁾、乳製品・カルシウム^{37,38)}、コーヒー・カフェイン^{39,40)}がある。反対に、体重増加や肥満の促進と関係の深い食品・食品群として、砂糖入り甘味飲料⁴¹⁾およびアルコール⁴²⁾が報告されている。このような食品・食品群および飲料の摂取と体重増加の関連は、実践的な食事指針を作成する上で有用な根拠となっている。

本来ならば、食品・食品群によるRCTの成果をもとに食事指針を作成することが望ましいが、このような試験は実施費用が高いわりに、対象者のプログラム遵守度が低く脱落例も多い。そのためRCTの成績が必ずしも優れているとは言えず、食事指針で用いられた科学的根拠としては観察疫学研究の成績を主に採用しているようだ。また、食事では複数の食品・食品群を組み合わせて摂取することに加え、居住地域や国の社会経済状態によって入手可能な食品とそうでない食品もあることから、研究成果を健康支援現場などで応用する際には、研究の対象集団の人種や地域など社会背景要因にも留意する必要があると考えられる。

3. 食事パターン

食事パターンとは、因子分析やクラスター分析などの統計手法によって、日ごろ摂取する食品の類似性(食事パターン)に食の嗜好性や食生活の特徴を含めて分類する評価方法である。30編の横断研究による系統的レビュー⁴³⁾では、食事パターンとBMIとの間の因果の逆転や調査方法の違いによるバイアスを制御できず、食事パターンとBMIの間には一貫した関連が得られなかった。しかし、Baltimore Longitudinal Study of Agingに参加した男女459人の解析結果⁴⁴⁾では、精白パン・精製穀類・加工肉・じゃがいも・肉・砂糖入り清涼飲料水の摂取が少なく、かつ非精白パン・低脂肪食品・果物・豆・シリアル摂取が多い食事パターンは、男性の腹囲、女性のBMIまたは腹囲との間に負の関連を認めた。また、Nurses' Health Study IIに参加した26~46歳の女性51,670人における8年間の研究⁴⁵⁾では、Prudentパターン(果物・野菜・全粒穀類・魚・鶏肉の摂取が多い食事)からWesternパターン(赤身肉や加工肉・精製穀類・デザート・じゃがいもの多い食事)へと食事パターンが変化した女性で体重増加量が最も多く(平均6.5 kg)、パターンが逆方向に変化した群で体重増加量が最も少ない(1.3 kg)ことが示されている。

体重調節における運動効果と食事効果

Weinheimerら⁴⁶⁾は、減量に対する運動と食事の効果をみた1950年から2009年までのRCTにおいて、平均年齢が50歳以上、BMIが25 kg/m²以上、介入期間が6週間以上を条件に抽出した52編を系統的にレビューしている。その結果、報告数が最も多かった体重減少率は、食事制限+運動あるいは食事制限のみの介入で5~10%、運動のみの介入で5%未満であった(図1)。また、BMIが25 kg/m²以上、平均年齢が18歳以上、介入期間が1年以上の条件で抽出した80編のRCTにおいて、介入12ヵ月後の体重減少量は、運動による介入で約2kg、食事による介入で約6

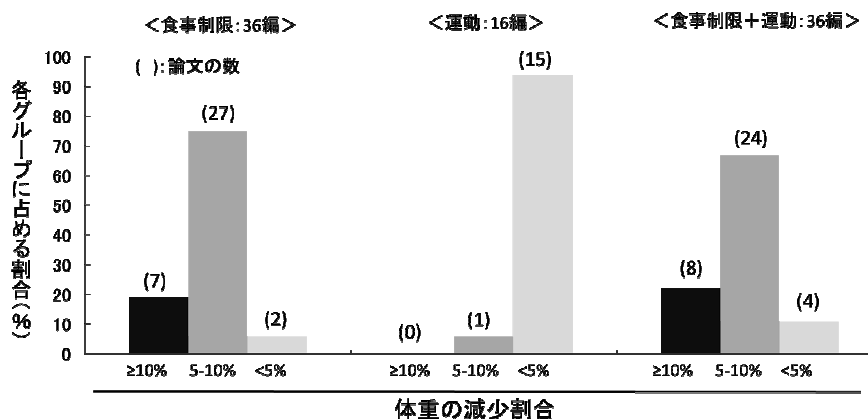


図1 体重減少への運動と食事の介入効果(文献46)を改変)

kgであった⁴⁷⁾。介入48か月後では、運動による減量効果は消失し、食事介入による減量効果のみが残存した（ベースライン時に比べて-4 kg）。これにより、肥満予防には運動よりも食事介入でより効果が高い可能性が示唆された。

体重の増加は、肥満のみでなく、心血管病危険因子である高血圧、高脂血症、糖尿病も惹起することが知られている^{48,49)}。そのため、運動・身体活動や食事によるRCTでは心血管病危険因子への改善効果も検討されている。国際糖尿病連合（International Diabetes Federation：IDF）のメタボリックシンドローム（metabolic syndrome：MetS）基準に該当した米国男性137人を、食事群、運動群、食事+運動群、対照群にランダム割り付けし、24ヵ月間のMetSとその構成因子の改善効果を比較した研究がある⁵⁰⁾。運動介入は集団指導で行われ、最大心拍数の60～80%強度となる有酸素運動プログラムを1回60分、週3回のペースで実施した。食事介入は魚・魚肉加工品の摂取量を増やし、飽和脂肪酸とコレステロールの摂取量を減らすよう個別に指導した。その結果、MetSは介入前に比べ、対照群で11.5%、運動群で23.5%、食事群で35.3%、運動+食事群で67.4%減少し、食事群および運動+食事群と対照群との間に群間の統計的有意差を認めた。図2において介入前後におけるMetS構成因子の該当者の減少率を比較すると、運動群は食事群に比べ、高中性脂肪症、低比重リポ蛋白コレステロール血症（低HDL-c血症）、拡張期高血圧の減少率が高く、食事群は運動群に比べ、収縮期高血圧、高血糖の減少率が高かった。すなわち、IDF基

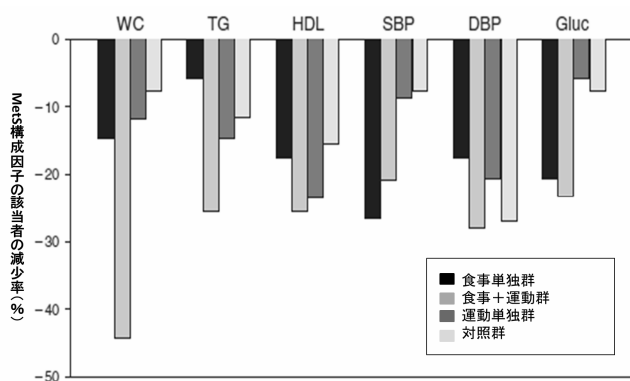


図2 IDF基準でみたMetS構成因子に対する運動と食事の介入効果（文献50）を改変

WC：腹部肥満（94cm以上）、TG：高中性脂肪症（ $\geq 1.7\text{mmol/l}$ または服薬あり）、HDL：低HDL-c血症（ $< 1.03\text{mmol/l}$ または服薬あり）、SBP：収縮期高血圧（ $\geq 130\text{mmHg}$ または服薬あり）、DBP：拡張期高血圧（ $\geq 85\text{mmHg}$ または服薬あり）、Gluc：高血糖（空腹時血糖 $\geq 5.6\text{mmol/l}$ または2型糖尿病の診断あり）（いずれもIDF基準に準拠）

準におけるMetS構成因子は運動と食事では効果の出る構成因子に差異があるものの、運動と食事を組み合わせることによりMetSやMetS構成因子を総合的に改善できることが示唆された。

一方、体重増加予防の観点から、運動不足の副次作用について興味深い知見がある。Stubbsら⁵¹⁾はうつ症状、服薬、運動習慣のない20代非肥満男性6人を対象に、運動をおこなわせる試行（運動試行）と座りがちの生活をおこなわせる試行（座位試行）をクロスオーバーデザインで設定し、各試行における累積エネルギーバランスの変化を検討している。両試行の開始前、対象者全員のエネルギー収支を統一させるために、消費エネルギー量を安静時代謝量（resting metabolic rate：RMR）の1.3倍に、摂取エネルギーは蛋白質、脂質、炭水化物の摂取割合をそれぞれ13%、40%、47%とする等エネルギー食を摂取させた。運動試行中の活動量はRMRの1.8倍になるように、食事を等エネルギー食+自由摂食、運動を自転車エルゴメータによる中等度運動の実施量で調節した。座位試行中の活動量はRMRの1.4倍までとし、食事は等エネルギー食+自由摂食、運動は自転車エルゴメータによる低強度運動をおこなわせた。全試行中、被験者はエネルギー代謝測定室にて検者の監視下におかれた。各試行は7日間とし、両試行の間は7日以上の間隔を空けた。その結果、累積エネルギーバランスは運動試行中では変化をみなかったが、座位試行中では脂質摂取量の増加に伴い正の方向へと傾いた。興味深い点は、視覚的評価スケール（visual analog scale：VAS）で評価した両試行中の食欲に差がなかったことである。このことは、身体活動量が低下することにより、無意識のうちに脂質の多い食品を選択し摂取している

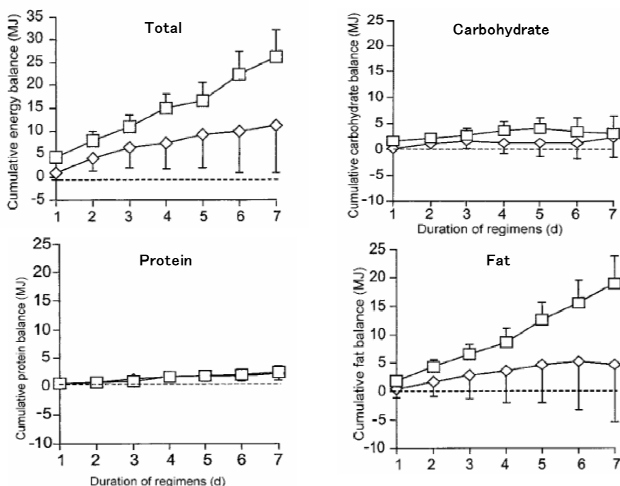


図3 身体活動量低下による累積エネルギーバランスの変化（文献51）を引用

平均値±標準誤差、□：座位試行、◇：運動試行

ことを示唆している。したがって、身体活動の役割はエネルギー消費量の増加を介した肥満予防効果のみにあるのではなく、身体活動の刺激それ自体に体重を調節する何らかの機序があるのかもしれない。

まとめ

運動・身体活動と食事はエネルギーバランスを保ち、体重を調節する役割を有する。しかし、食事の欧米化や座りがちな生活様式が体重を増加方向へと傾け、その結果、肥満や肥満に関連した疾患が世界的に増加している。運動・身体活動、あるいは食事の単独効果をみた先行の疫学研究では、研究デザインや評価方法の違いにより結果は必ずしも一致しないが、それぞれが体重の増減に関わる主要な因子であることを報告している。しかし、運動・身体活動と食事それぞれの量や頻度などを、対象集団に応じてどのように組み合わせることが体重を調節する最も有効な手段かという点についての科学的根拠は十分とは言えない。今後も、運動・身体活動と食事を同時に評価し、体重増加や肥満に対するこれらの単独効果または組み合わせによる効果をみた研究成果を蓄積する必要がある。

体重増加や肥満を予防する目的の一つに、肥満に関連した疾患の発症予防や病態改善が挙げられる。本総説において取り上げた24ヵ月間のRCT⁵⁰⁾の結果からは、MetS構成因子への改善効果は、運動あるいは食事の単独介入において、効果の現れる因子が異なることが認められた。ただし、運動と食事のどちらか一方のみに介入しても、他方が介入前後で全く変化しないという実証はなく、他方の効果がMetS構成因子の変化に影響した可能性は否定できない。このことから、体重調節における運動効果と食事効果を区分することは、厳密には困難かもしれない。しかし、運動や食事双方の是正が単にエネルギーバランスを変化させるだけでなく、このバランスを長期的かつ継続的に負に保つことで、脂肪組織の過剰蓄積、すなわち肥満を解消し、インスリン抵抗性、血圧、血中コレステロール濃度を改善させる効果を生む。これらの効果を考慮すると、運動と食事、それぞれの特徴や重要性を理解し、それぞれを組み合わせることで、より効果的で個人に合った体重調節が可能となり、その先にある生活習慣病の予防につながると考えられる。

謝辞

本稿は、第12回日本健康支援学会年次学術集会プレカンファレンス（2011年2月18日）において開催された「健康支援に関わる若手研究者による運動と栄養に関するディベート」の内容の一部をまとめたものである。

ディベートの開催をご支援下さいました熊谷秋三先生（九州大学）、林直亨先生（九州大学）をはじめ、大会を運営して下さいました皆様に深く御礼申し上げます。また、企画調整にご尽力下さいました、飛奈卓郎先生（福岡大学）、宮下政司先生（早稲田大学）、原田和弘先生（早稲田大学）、山田陽介先生（福岡大学）、江藤幹先生（筑波大学）、ならびに健康支援若手の会の皆様に、記して感謝の意を表します。

文献

- 1) World Health Organization, WHO World Health Assembly adopts global strategy on diet, physical activity and health, GENEVA, 2004. (閲覧日: 2011年7月24日) <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/wha3/en/>
- 2) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室、平成21年度国民健康・栄養調査結果の概要、2010. (閲覧日: 2011年6月7日) <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000000xtwq.html>
- 3) Brunch H, Obesity in childhood, *Am J Dis Child*, 1940; 60: 1082.
- 4) Johnson ML, Burke BS, Mayer J, The prevalence and incidence of obesity in a cross-section of elementary and secondary school children, *Am J Clin Nutr*, 1956; 4: 231-238.
- 5) Morris JN, Heady JA, Raffle PA, Roberts CG, Parks JW, Coronary heart-disease and physical activity of work, *Lancet*, 1953; 2656: 1111-1120.
- 6) Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM., Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985; 100: 126-131.
- 7) Fogelholm M, Kukkonen-Harjula K, Does physical activity prevent weight gain—a systematic review, *Obes Rev*, 2000; 1: 95-111.
- 8) Klesges RC, Klesges LM, Haddock CK, Eck LH. A longitudinal analysis of the impact of dietary intake and physical activity on weight change in adults. *Am J Clin Nutr*. 1992; 55: 818-822.
- 9) Owens JF, Matthews KA, Wing RR, Kuller LH. Can physical activity mitigate the effects of aging in middle-aged women? *Circulation*. 1992; 85: 1265-1270.
- 10) Taylor CB, Jatulis DE, Winkleby MA, Rockhill BJ, Kraemer HC. Effects of life-style on body mass index change. *Epidemiology*. 1994; 5: 599-603.
- 11) Kahn HS, Tatham LM, Rodriguez C, Calle EE, Thun

- MJ, Heath CW Jr. Stable behaviors associated with adults' 10-year change in body mass index and likelihood of gain at the waist. *Am J Public Health*. 1997 ; 87 : 747-754.
- 12) Barefoot JC, Heitmann BL, Helms MJ, Williams RB, Surwit RS, Siegler IC. Symptoms of depression and changes in body weight from adolescence to mid-life. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998 ; 22 : 688-694.
- 13) Coakley EH, Rimm EB, Colditz G, Kawachi I, Willett W. Predictors of weight change in men: results from the Health Professionals Follow-up Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998 ; 22 : 89-96.
- 14) Fogelholm M, Kujala U, Kaprio J, Sarna S. Predictors of weight change in middle-aged and old men. *Obes Res*. 2000 ; 8 : 367-373.
- 15) Wareham NJ, van Sluijs EM, Ekelund U. Physical activity and obesity prevention: a review of the current evidence. *Proc Nutr Soc*, 2005 ; 64 : 229-247.
- 16) Hu FB. Physical activity, sedentary behaviors, and obesity. *Obesity Epidemiology*, Oxford University Press, Inc., New York, 2008 : 301-319.
- 17) Coakley EH, Rimm EB, Colditz G, Kawachi I, Willett W. Predictors of weight change in men: results from the Health Professionals Follow-up Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1998 ; 22 : 89-96.
- 18) Hill JO, Wyatt HR, Reed GW, Peters JC. Obesity and the environment: where do we go from here? *Science*, 2003 ; 7 : 299 : 853-855.
- 19) Brown WJ, Williams L, Ford JH, Ball K, Dobson AJ. Identifying the energy gap: magnitude and determinants of 5-year weight gain in midage women. *Obes Res*, 2005 ; 13 : 1431-1441.
- 20) Sternfeld B, Wang H, Quesenberry CP Jr, Abrams B, Everson-Rose SA, Greendale GA, Matthews KA, Torrens JI, Sowers M. Physical activity and changes in weight and waist circumference in midlife women: findings from the Study of Women's Health Across the Nation. *Am J Epidemiol*, 2004 ; 160 : 912-922.
- 21) DiPietro L, Kohl HW 3rd, Barlow CE, Blair SN. Improvements in cardiorespiratory fitness attenuate age-related weight gain in healthy men and women: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1998 ; 22 : 55-62.
- 22) Lee IM, Djoussé L, Sesso HD, Wang L, Buring JE. Physical activity and weight gain prevention. *JAMA*, 2010 ; 303 : 1173-1179.
- 23) Wilks DC, Besson H, Lindroos AK, Ekelund U. Objectively measured physical activity and obesity prevention in children, adolescents and adults: a systematic review of prospective studies. *Obes Rev*, 2011 ; 12 : e119-e129.
- 24) Ekelund U, Brage S, Franks PW, et al., Physical activity energy expenditure predicts changes in body composition in middle-aged healthy whites: effect modification by age. *Am J Clin Nutr*, 2005 ; 81 : 964-969.
- 25) Haskell WL, Lee IM, Pate RR, et al; American College of Sports Medicine; American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 2007 ; 116 : 1081-1093.
- 26) World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health, 2010.
- 27) Physical Activity Guidelines Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report. Washington, DC: Department of Health and Human Services ; 2008.
- 28) Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand, Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2009 ; 41 : 459-471.
- 29) Lissner L, Heitmann BL. Dietary fat and obesity: evidence from epidemiology. *Eur J Clin Nutr*. 1995 ; 49 : 79-90.
- 30) Seidell JC. Dietary fat and obesity: an epidemiologic perspective. *Am J Clin Nutr*. 1998 ; 67 (3 Suppl) : 546S-550S.
- 31) Malik VS, Hu FB. Popular weight-loss diets: from evidence to practice. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2007 ; 4 : 34-41.
- 32) Skov AR, Toubro S, Rønn B, Holm L, Astrup A. Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1999 ; 23 : 528-536.
- 33) Pereira MA, Jacobs DR J, Slattery ML, et al., The association of whole grain intake and fasting insulin in a biracial cohort of young adults: The CARDIA

- Study, *CVD Prevention*, 1998 ; 1 : 231-242.
- 34) Koh-Banerjee P, Rimm EB, Whole grain consumption and weight gain: a review of the epidemiological evidence, potential mechanisms and opportunities for future research, *Proc Nutr Soc*, 2003 ; 62 : 25-29.
- 35) Pereira MA, Jacobs DR Jr, Pins JJ, et al., Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults, *Am J Clin Nutr*, 2002 ; 75 : 848-855.
- 36) He K, Hu FB, Colditz GA, Manson JE, Willett WC, Liu S, Changes in intake of fruits and vegetables in relation to risk of obesity and weight gain among middle-aged women, *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2004 ; 28 : 1569-1574.
- 37) Zemel MB, Shi H, Greer B, Dirienzo D, Zemel PC, Regulation of adiposity by dietary calcium, *FASEB J*, 2000 ; 14 : 1132-1138.
- 38) Zemel MB, Thompson W, Milstead A, Morris K, Campbell P, Calcium and dairy acceleration of weight and fat loss during energy restriction in obese adults, *Obes Res*, 2004 ; 12 : 582-590.
- 39) Acheson KJ, Gremaud G, Meirim I, et al., Metabolic effects of caffeine in humans: lipid oxidation or futile cycling? *Am J Clin Nutr*, 2004 ; 79 : 40-46.
- 40) Lopez-Garcia E, van Dam RM, Rajpathak S, Willett WC, Manson JE, Hu FB, Changes in caffeine intake and long-term weight change in men and women, *Am J Clin Nutr*, 2006 ; 83 : 674-680.
- 41) Schulze MB, Manson JE, Ludwig DS, et al., Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women, *JAMA*, 2004 ; 292 : 927-934.
- 42) Liu S, Serdula MK, Williamson DF, Mokdad AH, Byers T, A prospective study of alcohol intake and change in body weight among US adults, *Am J Epidemiol*, 1994 ; 140 : 912-920.
- 43) Togo P, Osler M, Sørensen TI, Heitmann BL, Food intake patterns and body mass index in observational studies. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2001 ; 25 : 1741-1751.
- 44) Newby PK, Muller D, Hallfrisch J, Andres R, Tucker KL, Food patterns measured by factor analysis and anthropometric changes in adults, *Am J Clin Nutr*, 2004 ; 80 : 504-513.
- 45) Schulze MB, Fung TT, Manson JE, Willett WC, Hu FB, Dietary patterns and changes in body weight in women, *Obesity (Silver Spring)* , 2006 ; 14 : 1444-1453.
- 46) Weinheimer EM, Sands LP, Campbell WW, A systematic review of the separate and combined effects of energy restriction and exercise on fat-free mass in middle-aged and older adults: implications for sarcopenic obesity, *Nutr Rev*, 2010 ; 68 : 375-388.
- 47) Franz MJ, VanWormer JJ, Crain AL, et al., Weight-loss outcomes: a systematic review and meta-analysis of weight-loss clinical trials with a minimum 1-year follow-up, *J Am Diet Assoc*, 2007 ; 107 : 1755-1767.
- 48) Denke MA, Sempos CT, Grundy SM, Excess body weight, An underrecognized contributor to high blood cholesterol levels in white American men, *Arch Intern Med*, 1993 ; 153 : 1093-1103.
- 49) Colditz GA, Willett WC, Rotnitzky A, Manson JE, Weight gain as a risk factor for clinical diabetes mellitus in women, *Ann Intern Med*, 1995 ; 122 : 481-486.
- 50) Anderssen SA, Carroll S, Urdal P, Holme I, Combined diet and exercise intervention reverses the metabolic syndrome in middle-aged males: results from the Oslo Diet and Exercise Study, *Scand J Med Sci Sports*, 2007 ; 17 : 687-695.
- 51) Stubbs RJ, Hughes DA, Johnstone AM, Horgan GW, King N, Blundell JE, A decrease in physical activity affects appetite, energy, and nutrient balance in lean men feeding ad libitum, *Am J Clin Nutr*, 2004 ; 79 : 62-69.