

## 食習慣・運動習慣と生活習慣病：糖尿病を中心として

## Effects of dietary and physical exercise habits on the prevention of lifestyle-related diseases such as diabetes mellitus

佐藤 祐造

愛知みずほ大学大学院人間科学研究科

Yuzo Sato

The Graduate Center of Human Sciences, Aichi Mizuho College

In recent years, Westernization of dietary habits and increasingly sedentary lifestyles have led contributed to a marked increase in the number of patients with lifestyle-related diseases, including type 2 diabetes (T2D), worldwide. Epidemiological studies of physical exercise, such as the Diabetes Prevention Program and the Diabetes Prevention Program Outcomes Study, have shown that lifestyle intervention programs involving diet and/or exercise reduce the progression of impaired glucose tolerance to T2D. In studies examining the endocrinological and metabolic effects of exercise, it has been demonstrated in well-controlled diabetic patients that physical exercise promotes the utilization of blood glucose and free fatty acids in the muscles and lowers blood glucose levels. Long-term, mild, regular jogging increases the action of insulin without affecting body mass index or maximum oxygen uptake. The patients with diabetes should reduce the calorie intake and animal protein and fat. On the other hand, diabetic patients have been recommend to increase dietary fiber intake and to keep the food balance of carbohydrate (55-60%), protein (15-20%) and fat (25%>). Further the patients should take breakfast, lunch and supper regularly and eat meals slowly. It is suggested that people with T2D should undertake at least 150 min/week of moderate-to-vigorous aerobic exercise spread out over at least 3 days/week, with no more than 2 consecutive days between bouts of aerobic activity. Mild-intensity resistance training using light dumb-bells and stretch cords is recommended for elderly individuals who have decreased muscle strength and mass (sarcopenia). An active lifestyle is essential for the management of T2D, a typical lifestyle-related disease.

Key words: type 2 diabetes, dietary habit, physical exercise, insulin resistance

はじめに

現在、医学・医療の領域では、科学的根拠に基づく医療(evidence based medicine:EBM)が求められている<sup>1)</sup>。米国<sup>2)</sup>、中国<sup>3)</sup>、フィンランド<sup>4)</sup>、日本<sup>5)</sup>の疫学的長期追跡調査成績では、食事、運動などの生活習慣介入(指導)が糖尿病予備群(耐糖能異常(impaired glucose tolerance:IGT)患者)からの糖尿病発症を減少させることが明らかとなっている。本稿では、食習慣・運動習慣の改善が糖尿病を中心とした生活習慣病予防に有用であるという evidence(科学的根拠)を紹介するとともに、具体的な指導方法を述べたい。

安静の弊害:運動不足と過栄養をもたらすもの

近年にみられる生活のオートメーション(OA)化、コンピュータ化、車、携帯電話の普及は、身体活動の機会を減少させ、食生活の欧風化と相まって、運動不足と過食(動物性高蛋白・高脂肪食)をもたらしている。その結果、メタボリックシンドローム/肥満症、2型糖尿病、高血圧、脂質異常症などを増加させている<sup>6)</sup>。このような病態は以前「成人病」と呼称されていたが、厚生労働省は「生活習慣病」の概念を提唱するとともに、メタボリックシンドロームの概念を導入した生活習慣病予防対策として、2008(平成 20)年「特定健康診査・特定保健指導」をスタートさせた。

また、国民健康づくり運動として「健康日本 21」を推進し、「健康づくりのための運動指針 2006(エクササイズガイド 2006)」を公表した<sup>7)</sup>。

さらに、2013(平成 25)年には、「健康日本 21(第二次)」が開始され、「健康づくりのための身体活動指針 2013(アクティブガイド)」も公表、生活習慣病の予防、治療のためには、少しでも生活習慣の中で体を動かすことの重要性(プラス 10)が強調されている(表 1)<sup>7)</sup>。

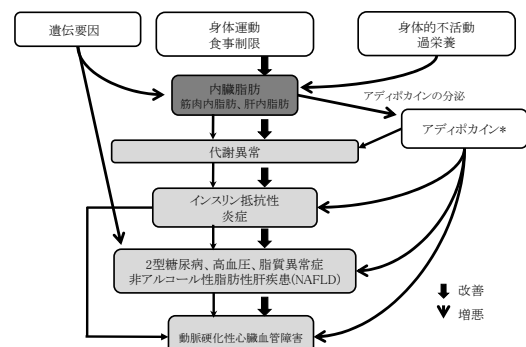
表1 日本における健康維持・増進活動のあゆみ

1957年	成人病 (厚生省)
1978年	第一次国民健康づくり対策 (栄養に重点)
1988年	第二次国民健康づくり対策 (運動に重点)
1996年	生活習慣病 (厚生省)
2000年	第三次国民健康づくり対策 : 健康日本21
2002年	健康増進法 (厚生労働省)
2006年	健康づくりのための運動指針 (エクササイズガイド) 2006
2008年	特定健診・特定保健指導
2013年	健康日本21 (第二次) 健康づくりのための身体活動指針 (アクティブガイド) 2013

食習慣・運動習慣と生活習慣病:疫学的研究成績

食事の適正化と身体トレーニングの継続という生活習慣の是正・改善の継続は、筋肉のトレーニングになるとともに、内臓脂肪を効率的に減少させるだけでな

く、皮下脂肪、内臓脂肪に続く「第三の脂肪」といわれる筋肉内脂肪(intramyocellular lipids:IMCLs)、肝内脂肪(intrahepatic lipids: IHLs)も効率的に減少させ、インスリン作用(インスリン抵抗性)と体力・心肺機能(cardio-respiratory fitness:CRF)を改善させ、メタボリックシンドローム、2型糖尿病の予防や病態改善に役立つ。また、高血圧、脂質異常症、非アルコール性脂肪性肝疾患(non-alcoholic fatty liver disease:NAFLD)など、インスリン抵抗性の関与する全ての生活習慣病の予防、治療にも有用であり(図 1)、費用対効果も優れている<sup>8)</sup>。



\*肥大化した内臓脂肪の組織から分泌される生理活性物質の総称。食事制限と身体運動の継続的実施は、筋肉のトレーニングなどと併せて、内臓脂肪や筋肉内脂肪、肝内脂肪を効率的に減少させ、インスリン抵抗性関連の生活習慣病の予防、治療に積極的役割を果たす。(Sato Y. Hypertens. Res. 2011; 34:991-993より改変) (佐藤祐造:内科学第10版(矢野義雄総編集), 朝倉書店, pp141-144, 2013)

図1 身体運動による生活習慣病予防

1. 外国における研究成績

1) ペンシルバニア大学健康研究(米国)

ペンシルバニア大学卒業生(男性)を定期的に追跡調査した。余暇時間における消費エネルギーが1週間で500kcal増加する毎に、6%糖尿病の発症率が低下した。

2) 看護師健康研究(米国)

米国看護協会登録看護師(女性)に関して、1週間に1度以上、散歩、ジョギング、サイクリングを汗が出る強度で実施している群では、非運動群に比べて2型糖尿病の発症率が0.67に低下していた。ここで、軽運動と激しい運動の糖尿病発症予防効果は同一であった。

3) マルメ研究(スウェーデン)

糖尿病予備群(IGT患者)に対し、食事・運動指導を行ったところ、介入群ではIGT群からの糖尿病発症率が低下し、死亡率も耐糖能正常群のレベルにまで低下した<sup>8)</sup>。

ダーチン

4) 大慶耐糖能異常群・糖尿病研究(中国)

IGT群に対する生活習慣介入6年間の観察成績。食事療法群で31%、運動療法群で46%糖尿病発症率が低下した<sup>3)</sup>。

5) 糖尿病予防研究(フィンランド)

肥満IGT群に生活習慣介入(指導)を行い、対照群と

比較した。介入群の糖尿病発症率は対照群に比べて58%低下した。介入の有効性について、食事療法の励行、運動実施、体重減少など指導効果をスコア化したところ、両群いずれも達成率の高い者(高得点者)ほど発症率が低下していた<sup>4)</sup>。

### 6) 糖尿病予防プログラム(米国)

肥満 IGT 群を、生活習慣介入群(低エネルギー・低脂肪食と毎週 150 分中等強度運動(速歩)の実施による7%体重減少)、メトホルミン(経口糖尿病薬)群および対照群に分けて、経過観察を行った。その結果、糖尿病発症率は、対照群に比べて、メトホルミン群では31%、生活習慣改善群では58%低下した(図2)<sup>2)</sup>。

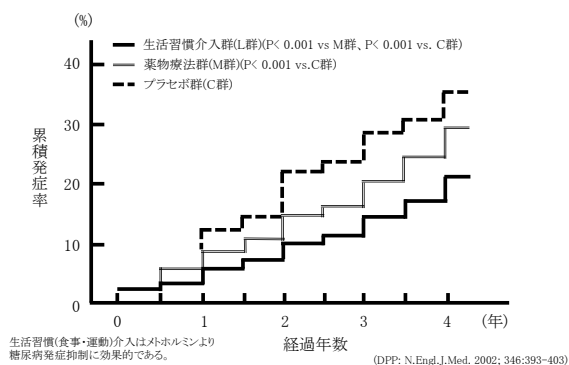


図2 糖尿病の累積発症率

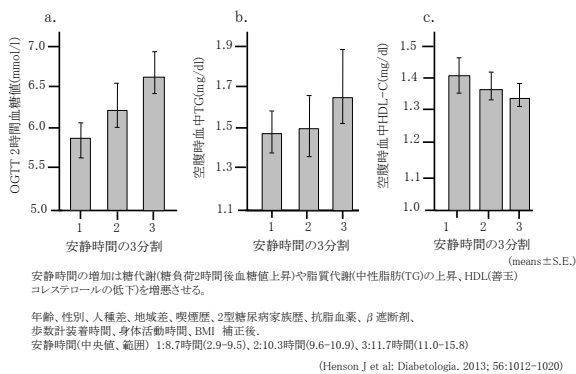


図3 安静時間の3分割と糖・脂質代謝

この成績は特定健康診査・特定保健指導で行っている食事・運動指導など生活習慣改善指導の有効性を裏付けている。また、肥満 IGT 群の方の減量目標として、とりあえず、5%減量を目指せば、糖代謝の改善が期待できることを示唆している。

### 7) 歩行 2 型糖尿病予防研究(英国)

TV 視聴など安静時間の増加は糖代謝、脂質代謝を増悪させ、動脈硬化心血管障害を招く危険性がある(図3)。安静時間の増加(time spent sedentary)は、中等強度運動の実施(moderate-to-vigorous physical activity: MVPA)の有無より有力な心血管系の健康状

態(cardiometabolic health)の予知因子となりうるという。したがって、運動強度に関係なく、散歩など「ブレイク(中断)」を入れることによる安静時間の減少を指導すべきである<sup>9)</sup>。

大慶耐糖能異常群・糖尿病研究(中国)<sup>10)</sup>、糖尿病予防研究(フィンランド)<sup>11)</sup>、糖尿病予防プログラム(米国)<sup>12)</sup>に関しては、最近追跡成績(Outcome Study:OS)が報告されている。いずれの調査成績でも、介入期間終了後 10 年以上、生活習慣改善が維持され、糖尿病発症率も低下し、生活習慣介入による生活習慣病発症予防を行うことが、費用対効果の面からも優れている事実が判明した<sup>10-12)</sup>。

## 2. わが国の調査成績

### 1) 大阪健康調査

日本人男性(大阪ガス社員)の 10 年間の観察成績。ガーデニング、家の修理、芝刈り、ショッピングなど余暇として行う週 1 回の定期的運動は、2 型糖尿病発症を 25%低下させた。また、クロスカントリースキー、ハイキング、レクリエーションスポーツなど活発な身体運動を週末に週 1 回行えば、運動不足群に比べ、糖尿病発症が 45%低下した<sup>13)</sup>。

### 2) 東京ガス研究

定期健診受診者 7 年間の有酸素運動能力(体力)の変化と糖尿病発症率に検討を加えた。有酸素運動能力変化の四分位(増悪→改善)で、糖尿病発症率は 1.0、0.64、0.40、0.33 となった(図4)。運動不足(有酸素運動能力低下)が日本人 2 型糖尿病発症の危険因子であることを示唆する研究成績である<sup>14)</sup>。

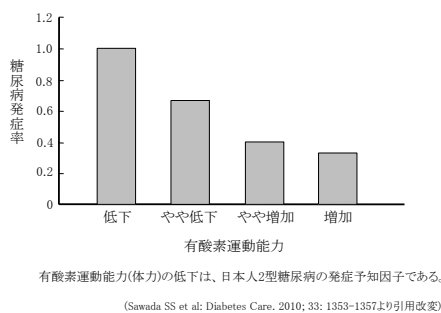
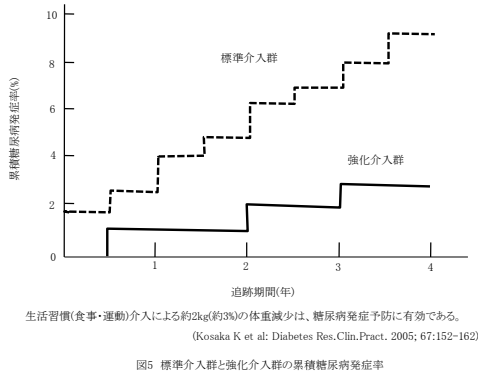


図4 有酸素運動能力(体力)の変化と2型糖尿病の関係

### 3) 虎の門病院糖尿病予防プログラム

IGT 群を対象に食事・運動など生活習慣介入を行ったところ、4 年後体重が標準介入群で 0.39kg、強化介入群で 2.18kg 減少した。後者では糖尿病発症率が 67.4%抑制されていた(図5)。食事制限と運動という生活習慣介入による約 2kg(3%)の体重減少は日本人糖尿病発症予防に極めて有効であることが明らかになった<sup>5)</sup>。

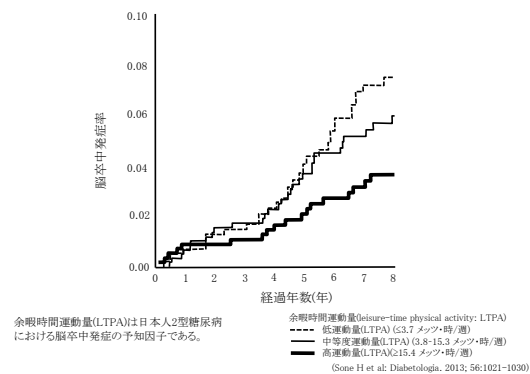


4) 関西ヘルスケア研究

通勤時の片道歩行時間が 10 分以下の群を基準とすれば、21 分以上の群では発症リスクが 27%低下した。通勤(歩行)時間が 2 型糖尿病発症予防に関して、他の要因と独立した効果を有することを示唆している<sup>15)</sup>。

5) 日本糖尿病合併症研究(JDCS)

1996(平成 8)年に開始された日本人 2 型糖尿病患者を対象にした大規模臨床介入研究。余暇時間運動量(leisure-time physical activity: LTPA)の多い少ないにより 3 群に分け、「高運動量群」では、「低運動量群」に比べ、有意に脳卒中発症頻度が低下、全原因死亡も低下した(図 6)。曾根博仁教授(新潟大学第一内科)は、余暇時間運動量の減少が、日本人 2 型糖尿病患者の脳卒中発症、全原因死亡増加につながる。したがって、余暇時間運動量は脳卒中発症の可能性を判断する因子になり得ると述べておられる<sup>16)</sup>。



同グループのメタ解析成績では、糖尿病患者では身体運動量の増加が、心血管リスクを低下させ、全原因死亡も低下させる事実が明らかとなっている<sup>17)</sup>。

運動療法の代謝効果

1. 運動の急性効果

1) 運動(収縮)筋のエネルギー需要

運動筋では、糖・脂質など大量のエネルギーが消費され、食後の運動実施は食事による血糖上昇を抑制し、血糖コントロール状態の改善が期待できる<sup>8)</sup>。

2) 強度の強い運動

高強度の運動を実施すれば、グルカゴン、カテコラミンなどインスリン拮抗ホルモンの分泌が亢進し、糖代謝が増悪する。また、高強度の運動では、筋のエネルギー源が糖質(炭水化物)に限定され、脂質は利用されない<sup>8)</sup>。

3) 交感神経刺激と脂肪組織の脂肪分解能

交感神経刺激による脂肪分解能は、内臓脂肪<sup>>皮下脂肪となっており、食事制限と運動療法を行えば、内臓脂肪が効率的に減少する<sup>8)</sup>。

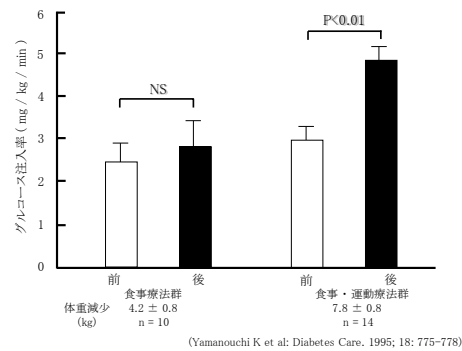
4) 糖取り込み促進のメカニズム

運動による糖取り込み促進には、インスリンシグナル伝達系とは異なる AMPK が重要な役割を果たしている。すなわち、活性化された AMPK により糖輸送担体(GLUT4)が筋細胞膜へ移動(translocation)し、糖取り込みが促進される<sup>8)</sup>。

2. トレーニング効果

1) インスリン抵抗性の改善

(1) 有酸素運動の実施:最大酸素摂取量( $VO_{2max}$ )に影響を及ぼさないような軽・中等強度の身体トレーニングでも長期間継続すれば、個体のインスリン抵抗性が改善する<sup>8)</sup>。



(2) 肥満者、肥満糖尿病患者と運動:食事制限と身体トレーニングの継続により腹部内臓脂肪を中心とした体脂肪が効率的に減少するが、筋肉など除脂肪体重(LBM)は変化しない。インスリン抵抗性も改善する。一方、運動療法を実施せず、極端な食事制限のみで減量しても、内臓脂肪は必ずしも減少せず、LBM が減少し、インスリン抵抗性は改善しない(図 7)<sup>8,18)</sup>。

(3) レジスタンス(筋力)運動の併用:ジョギングに代表される有酸素運動は、重量挙げのようなレジスタンス運動より個体のインスリン感受性改善に有用である。しかし、筋力、筋量の低下している(サルコペニア)高

齢者では、有酸素運動に加えて、チューブや軽いダンベルなどを用いたレジスタンス運動の併用も有用である<sup>8)</sup>。

(4) 身体トレーニングの頻度:インスリン感受性改善で代表されるトレーニング効果は、3日以内に低下、1週間で消失する(図8)<sup>8,19)</sup>。

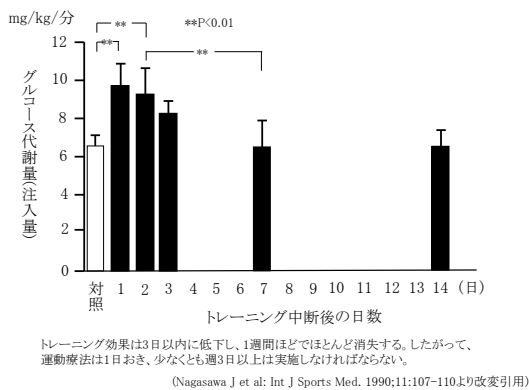
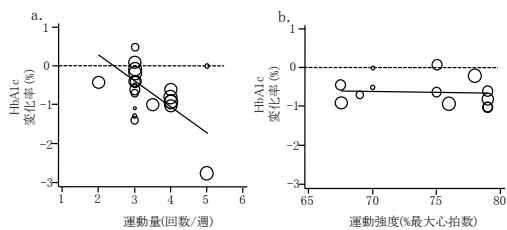


図8 トレーニングおよびトレーニング中断によるグルコース代謝量(注入量)の変動(ワット)

## 2) 運動の実施と血糖コントロール

(1) 運動療法と血糖コントロール:運動療法の実施はHbA1cを低下させ、細小血管障害などの合併症の危険性を低下させるが、体重減少には効果がない<sup>20)</sup>。

(2) 運動強度、運動量と血糖コントロール:メタアナリシスによれば、HbA1cレベルの低下は、運動量(頻度)の増加と相関があり、運動強度とは相関がなかった(図9)。2型糖尿病の血糖コントロール改善には運動量が重要な要因となっている<sup>21)</sup>。



HbA1cレベル(血糖のコントロール状態)の低下は、運動量(頻度)と相関があり、運動強度とは相関がなかった。

(Umpierre D et al: Diabetologia. 2013; 56:242-251)

図9 運動量(a)、運動強度(b)とHbA1cの相関

## 3) 身体トレーニングと体力・大血管障害

(1) 体力、全身持久力: 身体運動の継続的实施は有酸素運動能( $VO_2max$ )を増加させる。

(2) 冠危険因子: トレーニングの実施は、血清TGの低下、HDL-コレステロールの上昇、軽症高血圧の改善など冠危険因子を低下させる<sup>8,20)</sup>。

(3) 食事誘発性熱産生、基礎代謝: トレーニングの継続は、食事誘発性熱産生(dietary-induced thermogenesis: DIT)を上昇させたり、食事制限の実施による基礎

代謝の低下を防止する<sup>8)</sup>。

## 食事・運動習慣のあり方

### 1. 食習慣

#### 1) 量

過食を控え、腹八分目とする。

#### 2) 質

動物性高脂肪・高蛋白食を避け、食物繊維を多く含む食品(野菜、海藻、きのこなど)1日350gを摂取する。糖・脂質、蛋白質のバランスのとれた食事とし、極端な糖質制限食(低糖質食)は不可。

#### 3) 食行動

朝・昼・夕食を規則正しく、ことに朝食は必ず摂取し、ゆっくりよく噛んで食べる。

### 2. 運動習慣

#### 1) 運動種目

散歩、ジョギング、ラジオ体操などの有酸素運動を週3日以上(3日以上間隔を空けない)、合計週150分以上実施する<sup>6,20)</sup>、ことに高齢者では、ハーフスクワット(椅子に座るようにしゃがみ、立ち上るの繰り返し)、軽いダンベルなどを用いたレジスタンス運動も併用する。余暇の運動だけでなく、通勤、労働などの「生活活動」も、先述のように2型糖尿病のリスク低下に有用である。エレベーターの代わりに階段を使うなど日常生活の中に運動を取り入れる。歩数計(脈拍計)を用いて評価し、1日1万歩(歩数が少ない場合には、とりあえず1日1000歩増加)を目指す<sup>6)</sup>。

「健康づくりのための身体活動指針2013」(アクティブガイド)では、1日10分身体活動を増加させる(プラステン(10))ことの重要性を勧告している<sup>7)</sup>。

#### 2) 運動強度

中等強度(一般に脈拍120/分、60~70歳代は100/分)で1回10~30分、週3~5日以上。こま切れの運動でも良い<sup>6)</sup>。

#### 3) 準備・整理運動

身体運動の前後にラジオ体操やストレッチングを実施する。

## おわりに

生活習慣病に対する食事・運動習慣改善の有用性に関しては、多くのエビデンスが集積されている。しかし、日本糖尿病学会運動療法・運動処方確立のための調査研究委員会(委員長:佐藤祐造)の調査成績によれば、糖尿病患者の運動療法の実施率は52%にとどまっており、行っていない理由としては、「時間がない」があげられた<sup>22)</sup>。

歩数計(ライフコーダ®(スズケン)、メディウォーク®(テルモ))等を活用し、エレベーターの代わりに階段を

上り下りするなど、各自のライフスタイルの中に中等強度の身体運動を取り入れることの重要性を指摘しておく。なお、私は大学でも自室(1号館3階)から事務室(1階)や大学院生室(4階)に行く際、エレベーターを使わずに、階段を上り下りし、ほとんど毎日3メッツ以上の運動30分、1万歩以上をクリアーしている。なお、一方、食習慣改善は必ずしも容易ではなく、各人それぞれの創意工夫が必要と思われる。

著者のCOI(conflicts of interest)開示:特になし

#### 引用文献

- 1) 佐藤祐造:運動療法と運動処方に関する近年の動向. 運動療法と運動処方第2版(佐藤祐造編著). 文光堂、pp2-9、2008.
- 2) Knowler WC et al: Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N.Engl.J.Med.* 2002; 346: 393-403.
- 3) Pan X-R et al: Effect of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The DaQing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care.* 1997;20:537-544.
- 4) Tuomilehto J et al: Finnish Diabetes Prevention Study Group. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N.Engl.J.Med.* 2001; 344: 1343-1350.
- 5) Kosaka K et al: Prevention of type 2 diabetes by lifestyle intervention: a Japanese trial in IGT males. *Diabetes Res.Clin.Pract.* 2005; 67: 152-162.
- 6) 佐藤祐造:リハビリテーションと運動療法. 内科学第10版(矢崎義雄総編集). 朝倉書店、pp141-144、2013.
- 7) 厚生労働省: <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r985200002xple.html>
- 8) Sato Y et al: Clinical aspects of physical exercise for diabetes/metabolic syndrome. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2007; 77: S87-S91.
- 9) Henson J et al : Associations of objectively measured sedentary behaviour and physical activity with markers of cardiometabolic health. *Diabetologia.* 2013; 56: 1012-1020.
- 10) Li G et al : The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow-up study. *Lancet.* 2008; 371: 1783-1789.
- 11) Lindström J et al : Improved lifestyle and decreased diabetes risk over 13 years: long-term follow-up of the randomized Finnish Diabetes Prevention Study (DPS). *Diabetologia.* 2013; 56: 284-293.
- 12) The Diabetes Prevention Program Research Group : The 10-year cost-effectiveness of lifestyle intervention or metformin for diabetes prevention: an intent-to-treat analysis of the DPP/DPPOS. *Diabetes Care.* 2012; 35: 723-730.
- 13) Okada K et al: Leisure-time physical activity at weekends and the risk of type 2 diabetes mellitus in Japanese men: the Osaka Health Survey. *Diabet. Med.* 2000; 17: 53-58.
- 14) Sawada SS et al : Long-term trends in cardio-respiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2010; 33: 1353-1357.
- 15) Sato K.K. et al: Walking to work is an independent predictor of incidence of type 2 diabetes in Japanese men: the Kansai Healthcare Study. *Diabetes Care.*2007; 30: 2296-2298.
- 16) Sone H et al : Leisure-time physical activity is a significant predictor of stroke and total mortality in Japanese patients with type 2 diabetes: analysis from the Japan Diabetes Complications Study (JDCS). *Diabetologia.* 2013; 56: 1021-1030.
- 17) Kodama S et al : Association between physical activity and risk of all-cause mortality and cardiovascular disease in patients with diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care.* 2013; 36: 471-479.
- 18) Yamanouchi K et al: Daily walking combined with diet therapy is a useful means for obese NIDDM patients not only to reduce body weight but also to improve insulin sensitivity. *Diabetes Care.* 1995; 18: 775-778.
- 19) Nagasawa J et al: Effect of training and detraining on in vivo insulin sensitivity. *Int.J. Sports Med.* 1990; 11: 107-110.
- 20) American Diabetes Association(ADA): Executive Summary: Standards of medical care in diabetes in 2014. *Diabetes Care.* 2014; 37,Suppl 1: S31-S33.
- 21) Umpierre D et al: Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. *Diabetologia.* 2013; 56: 242-251.
- 22) 佐藤祐造他: 総論 糖尿病運動療法の流れ. 臨床スポーツ医学. 2013; 30: 923-929.