

表 2 座位がちなライフスタイルの臨床結果

不活動は健康状態、人種、性別、年齢に関わらず多くの慢性的な病気の危険因子である。また、それは生活の質と寿命にも影響する。	筋骨格障害 腰痛、骨粗しょう症とそれにもなう骨折、 骨関節炎とリュウマチ性の関節炎
代謝状態 肥満、2型糖尿病、脂質代謝障害、高脂血症、 メタボリックシンドローム、胆石形成	胃腸の状態 腸の能動性の減少、便秘
心血管系疾患 高血圧症、間欠性跛行症、(休息時でなく歩行時の 足の痛み)、狭心症、血小板の癒着と凝集、 アテローム性動脈硬化症、血栓症、冠動脈疾患、 心筋梗塞、心臓機能不全と脳卒中	免疫システムの変調 免疫不全と慢性炎症
肺疾患 喘息と慢性閉鎖性肺疾患	加齢性筋減弱症 (サルコペニア) 年齢に関係する筋肉の消耗
癌 乳がん、結腸がん、子宮がん、前立腺がん、 膵臓がんとメラノーマ(悪性黒色腫)	生活の質の低下 身体の弱さ、心理的幸福度の低下、日常の仕事と 社会的相互作用を実行能力の低下、機能的な自立 性の低下、動きの低下、心理的ストレスへの感度 の増加、反応的なスキルを悪化させる、バランス 感覚や柔軟性、敏捷性の阻害
神経性障害 学習と記憶能力の悪化、認知機能障害、認知症、うつ、 気分と不安障害、神経変性(退化)(アルツハイマー病や ハンチントン病、パーキンソン病で起こるもの)	より短い寿命

3. 運動の疫学に基づくヘルスプロモーションの展開

運動行動は、生活習慣に関連した健康行動(例えば、禁煙、節酒、ダイエット行動など)の中でも行動の変容および、その継続性が難しいと考えられている。これまでの運動疫学研究の成果によれば、定期的な運動や身体活動の実践は、総死亡率、疾患別死亡率、各心血管系危険因子をはじめ、高齢者の身体的自立阻害(寝たきりなど)、更にはうつ病や認知症などのメンタルヘルス関連の疾患の抑制や改善にとって、その有効性が実証されつつある³⁾。近年、HandschinとSpiegelman⁴⁾は、Nature誌に「座位がちなライフスタイルの臨床結果」について要約し(表2)、その中核的なメカニズムとして、運動誘発性のAMP-activated protein kinase(AMPK)により活性化される転写補助因子(Peroxisome proliferator activated receptor γ (PPAR γ) coactivator-1 α (PGC1- α))の役割に焦点を当てた挑戦的かつ衝撃的な仮説を提唱している。この点に関しては、後述する。

ところで、疫学のテキストに「健康の疫学」が初め

(Handschin, C. and Spiegelman, B.M. Nature, 454, 2008)

て記載されたのが1996年である。他の臨床疫学のテキストには健康や運動の疫学に関する記載はない。1998年には邦人を対象にした運動疫学研究の必要性から、運動疫学研究会が設立された。この研究会では、運動行動の一次、二次予防効果、更には健康増進効果に関する研究成果の蓄積と運動による健康政策の提言、および運動疫学の研究者育成を目的としている。また、研究会誌である「運動疫学研究」が年に一回発行されている。健康日本21の開始年度に当たる2000年には、日本臨床に「身体活動と生活習慣病」と題した増刊号⁵⁾が特集され、本邦において初めて生活習慣病に関する運動疫学の研究の成果が体系的に紹介された。更に、2009年4月には日本臨床の増刊号として、「身体活動・運動と生活習慣病：運動生理学と最新の予防・治療」が出版される予定である⁶⁾。

1) 運動の疫学とは

運動疫学研究では、運動習慣を評価する指標として身体活動、運動、体力、および身体不活動などが用いられている(表3)。これらの指標を用い

て、様々な健康事象との因果関係を明らかにする学問が運動疫学である。荒尾によれば、運動疫学とは‘人間集団を対象として、運動や身体活動が疾病の発生予防や進展防止、人生の享受、更には老化予防に対してどのようにかかわっているかを包括的に考究する学問’として定義された³⁾。

表 3. 運動の疫学に用いられる指標

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. 身体活動 (Physical activity) | エネルギー消費を来たす、骨格筋によるすべての身体の動き
例) エネルギー消費量、歩行数、心拍数など |
| 2. 運動 (Exercise = Training) | 身体活動の一部で、行動体力の維持・向上を目指して行う計画的、構造的、反復的な目的のある身体活動 |
| 3. 体力 (Physical fitness) | ヒトが持っている身体活動を行う能力
例) 全身持久力、筋力、敏捷性、柔軟性、巧緻性 |
| 4. 身体的不活動 (Physical inactivity) | 日常生活における座位生活の時間
例) 余暇時間でのTV視聴時間等 |

(Caspersen C.J. et al.: Public Health Reports, 100: 126-131, 1985 より改変)

2) 運動疫学の研究成果

現代社会は、人類が作りあげた便利で効率的な社会環境の獲得により、皮肉にも身体活動や運動不足に起因した疾病や障害の増加に遭遇している。かかる時代状況にあって、運動疫学研究による証拠に基づいた健康支援(evidence-based health promotion)の展開に大きな期待が寄せられている。以下に生活習慣病および介護予防の観点から運動疫学研究の成果を要約する。

(1) 生活習慣病

1953年に英国の研究者であるMorrisは、ロンドンの2階建てバスの運転手と車掌の身体活動量の違いに着目し、冠動脈硬化性心疾患の発症率に関する初の運動疫学研究を行った。その研究成績は、著名な医学分野の週間雑誌であるLancet誌⁷⁾に掲載された。それから、約50年の間に運動の疫学研究は質・量ともに飛躍的に増加した。世界的には、ハーバード大学卒業生研究での身体活動量と死因別死亡率⁸⁾に関する研究、クーパーエアロビクス研究所の体力(全身持久力)と死因別死亡率に関する研究が有名

であるが、それらによって運動の疫学は疫学という学問の世界で不動の地位を得たのであった。本邦においても、二つの著名な運動疫学研究である東京ガススタディと大阪ガススタディが行われ、アメリカで得られた成績は日本人にも当てはまることが実証された⁹⁾。

(2) 介護予防との関連

近年は、高齢社会特有の健康事象(生活習慣病に加え、うつ病、認知症など)をアウトカムとして、運動による無作為化対照比較研究を用いた介入研究の成績が報告され、運動による健康への恩恵が次々と実証されつつある^{9,10)}。トピックスとして、以下に高齢者の体力(筋力)と日常生活動作と生存率との関連性に関する前向き調査の成績を紹介する。

筋力の指標のうち、握力は測定が容易であり、体力に関する疫学研究でもしばしば用いられる。握力が低いことは加齢に伴う身体機能の低下や死亡率と関連することを示唆する疫学的エビデンスが報告されている。Rantanenら¹¹⁾は、3218人の45-68歳の健康なホノルル在住日系人男性を対象に、握力が高い群、中間の群、低い群の3群に区分し、25年後の日常生活上の動作能力や身体機能を調査した。その結果、全ての項目で握力が低いほど、加齢に伴う身体機能の低下や日常生活動作の障害の発生率が高いことが報告された。ここで示されている身体機能や日常生活動作の多くは、握力自体とは関係無いように思われる。おそらく、この結果は握力だけを鍛えれば生活動作の低下を抑制するというのではなく、身体の様々な部位の筋力やそれと関連する身体機能が握力に反映された結果である可能性を意味している。

図1はアメリカの70-79歳の1124人の男性と1168人の女性を握力で4グループに分け、生存曲線を示したものであり、握力が低いほど生存率が低いことを示している¹²⁾。また、この研究では握力だけでなく膝伸展筋力においても同様の結果が得られている。この原因の詳細は不明であるが、おそらく、筋力低下は加齢に伴う身体機能の低下や日常生活動作の障害を誘発し、さらに身体活動量の低下などによる代謝性疾患の影響も加わり、このような結果に結びついたのかもしれない。

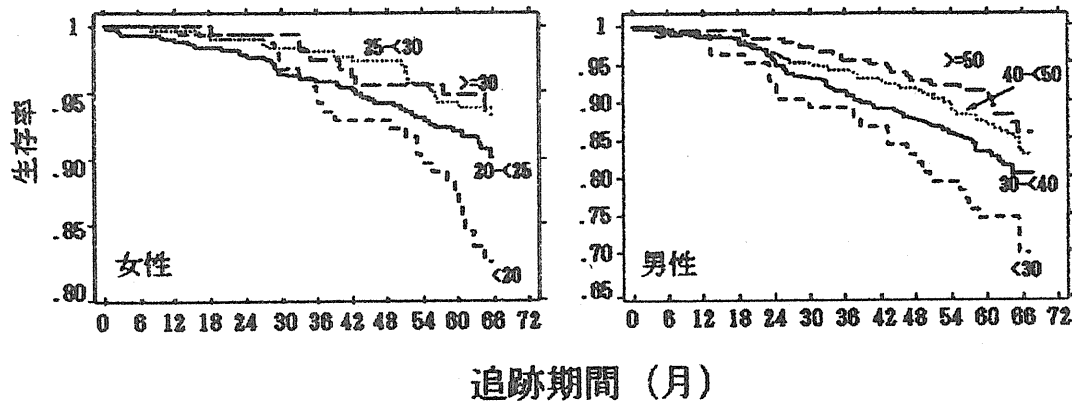


図1 握力で4グループに分類したときの生存曲線
(Newman, A.B., et al., J Gerontol A Biol Sci Med Sci., 2006)

3) 運動疫学の研究課題

運動疫学研究では、身体活動・不活動、運動および体力と種々の健康事象およびそれらの危険因子との関連性が報告されている³⁾。しかしながら、禁煙や節酒などに比べ身体活動や運動といった生活習慣要因の疾病発症予防や改善への影響に関しては不明な点も少なくなく、今後も詳細な検討が必要と考えられている。以下に、健康維持や改善に及ぼす運動の効果や役割に関する疫学研究の課題を提示する。

① 身体活動量および不活動量の評価法の標準化

疫学研究では集団を対象とすることから、より簡便で、信頼性と妥当性の高い標準化された身体活動量および身体不活動量の評価法の開発が望まれる。

② 観察期間中の身体活動量の測定に基づく検証

観察期間中の身体活動量について多点観察を行うことで、体力や身体活動の変化と健康状態との関連性が、よりよく理解できる。

③ 無作為抽出と無作為割付の条件を満たす調査研究の実施

観察研究における無作為抽出と介入研究における無作為割付が必要となる。これらの研究デザイン上の条件を満たす質の高い研究成果に基づく運動による健康支援が望まれる。

④ 集団的運動プログラムの開発

多くの人々を対象として長期にわたり運動・身体活動を実施・継続する健康づくりにより、疾病予防と医療費抑制という社会的成果について検証する

ことが求められる。

⑤ 運動をしていない者にも、運動を継続させることに有効なプログラムを確立すること。

⑥ 運動による介入の疾病予防に関する有効性について検討すること。

⑦ 運動・身体活動とメンタルヘルスに関する研究の必要性

職業性ストレスの実態、その関連要因としての運動・身体活動（不活動）および就労のあり方を明らかにし、運動・身体活動のストレス緩和作用を明らかにすることが必要である。メンタルヘルスには、経済状況や教育などのその国独自の文化的背景、社会状況なども強く影響する。したがって、日本人を対象とした大規模な疫学調査などによるエビデンスの蓄積は早急の課題である。

⑧ 高齢者の生活機能との関係

高齢者が身体活動や運動、あるいはそのような活動を伴う社会参加活動することにより、抑うつ発症を防ぎ、閉じこもり人口を減少させることは極めて重要な課題である。

⑨ 危険因子から健康因子へ¹³⁾

臨床疫学は、疾病生成論的な観点から危険因子探しに躍起になってきた。しかし、同一の危険因子やストレスの存在にもかかわらず、疾病を発症しない集団特性や要因に関しては、あまり触れられてこなかった。今後は、健康生成論に基づく健康因子の解明や証明、更には実践に向けた研究が必要であろう。

4. 運動生理学的解釈:筋適応のシグナル伝達経路の解明から

近年、骨格筋の収縮に伴い、種々の筋の適応（ミトコンドリアバイオジェネシスや筋線維のスイッチングなど）が生じることで、種々の障害や生活習慣病、更にはうつ病や認知機能障害などのメンタルヘルスの安定維持に貢献していることは多くの運動疫学研究から実証されつつある³⁾。しかしながら、その分子メカニズムやシグナル伝達経路に関しては不明な点が少なくない。近年、その中核的な役割を担うと考えられているのが、AMP-activated protein kinase (AMPK)と転写補助因子である PPAR γ coactivator 1 α (PGC-1 α) 蛋白⁴⁾である。

AMPK は、1973 年に肝臓で HMG-CoA reductase (コレステロール合成)と acetyl-CoA carboxylase (脂肪酸合成)を不活性化する酵素として同定され α , β , γ の 3 つのサブユニットから構成され、 α サブユニットに酵素活性を有する¹⁴⁾。骨格筋では、運動、低圧・低酸素曝露、活性酸素、レプチン、およびアディポネクチンによって活性化される。肝臓では糖放出と脂肪酸合成の抑制に働き、視床下部ではレプチンにより不活性化され摂食の抑制に働いている。

AMPK は、運動によって骨格筋などで強く活性化される分子で、身体運動による血糖降下作用をはじめ、運動がもたらす様々な効果を調節している主要因子として認識されている。以下に、その機序につ

いて説明を加える。筋収縮にはエネルギー消費の増加、つまり ATP の消費と AMP の増加が伴うが、この ATP/AMP 比の減少により AMPK が活性化されることは周知の事実である。AMPK が活性化するとミトコンドリアの脂肪酸取り込みが亢進することは従来から知られていたが、近年この AMPK 活性化により骨格筋への糖取り込みも亢進され、さらには骨格筋の代謝特性の決定に関与する遺伝子群の発現にも影響を及ぼしている可能性が示唆されてきた。

このような背景から、著者らは AMPK の下流に存在する骨格筋特性を探るために薬理学的手法を用い、幾つかの研究を行っている。まず、AMPK の特異的活性化剤である AICAR を用いてラット骨格筋の AMPK を慢性的に活性化し続ける実験を試みた¹⁵⁾。その結果、ミトコンドリアの TCA 回路や脂肪酸 β 酸化の酵素活性が増加した。また、骨格筋の糖取り込みに重要な役割を持つ糖輸送担体 4 (glucose transporter 4:GLUT-4) やヘキソキナーゼ活性の増加、加えて解糖系の酵素活性の増加やエネルギー代謝を高める作用を有する脱共役タンパク 3 (uncoupling protein 3:UCP3) の発現も亢進していた。更に興味深い知見として、骨格筋線維組成も速筋線維タイプから収縮速度が遅く疲労耐性が高いタイプの遅筋線維に変化していた。これらの結果から、AMPK には糖代謝能や脂質代謝能を全般的に高め、より持久能力の高い骨格筋をつくる働きがあることが明らか

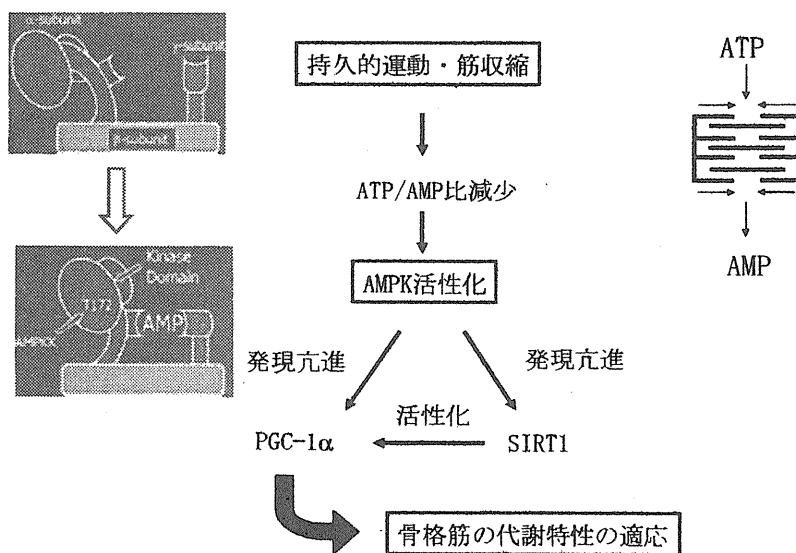


図2 トレーニングに伴うシグナル伝達経路

(Suwa, M., Kumagai, S. et al.: Metabolism, 57:986-998, 2008 より作図)

となった。さらに、AMPK を活性化するとミトコンドリアの増殖や筋線維組成決定に関与している遺伝子の転写補助因子である PGC-1 α タンパクの発現も高まったことから、AMPK を介した骨格筋適応の少なくとも一部には PGC-1 α が関与していることが示唆された。

ビッグアミド系糖尿病改善薬であるメトホルミンは、膵臓からのインスリン分泌を刺激するスルホニル尿素薬とは異なり、低血糖を引き起こさない、肥満を助長しない、脂質代謝も改善することから運動療法と類似した効果を有すると考えられている。しかし、その作用機序は不明であった。最近、メトホルミンは骨格筋と肝臓の AMPK を活性化する作用を有することが明らかとなった。

Musi ら¹⁶⁾は、2型糖尿病患者へのメトホルミン投与は骨格筋の AMPK 活性を高めることを報告した。著者ら¹⁷⁾は、ラットへのメトホルミン経口投与の5-6時間後に骨格筋 AMPK が活性化することを初めて報告した。また、ラットへの2週間のメトホルミン混餌投与により、PGC-1 α タンパクが増加し、ミトコンドリア酵素やタンパクが増加することも確認した。すなわち、メトホルミンはこれらの代謝的適応を介してインスリン抵抗性の改善に貢献していると考えられた。

近年、NAD⁺依存性脱アセチル化酵素 Sirtuin1

(Sirt1) が PGC-1 α 活性化をもたらすことが報告されている。ワインに含まれるポリフェノール、特にレスベラトロールは、高カロリー食での短命化抑制に、Sirt1 の活性化を介した PGC-1 α の活性化が関与していることが報告された¹⁸⁾。そこで著者ら¹⁹⁾は、ラットを用いて、低強度および高強度の身体トレーニングを行い、Sirt1 および PGC-1 α への影響に関して検討を加えた。その結果、Sirt1 は酸化能が高い筋で多く発現していた。Sirt1 は一過性の持久的運動の2時間後、および持久的トレーニングで増加した。高強度トレーニングにより、足底筋では Sirt1 の増加とともに酸化系酵素活性やミトコンドリア蛋白も増加したが、PGC-1 α 発現の変化は見られなかった。以上の結果から、骨格筋において、PGC-1 α の増加は持久的トレーニングによる代謝特性の適応に必須ではないことに加え、Sirt1 の増加は持久的トレーニングによる代謝特性の適応に関与している可能性を報告した(図2)。

このように、筋収縮により骨格筋の様々なシグナル伝達経路が活性化されるとその下流の骨格筋特性が変化することが解明されつつある。今後も、より詳細な検討が行われることで、肥満や糖尿病などの代謝性疾患の治療薬としての開発に貢献できるかもしれない。

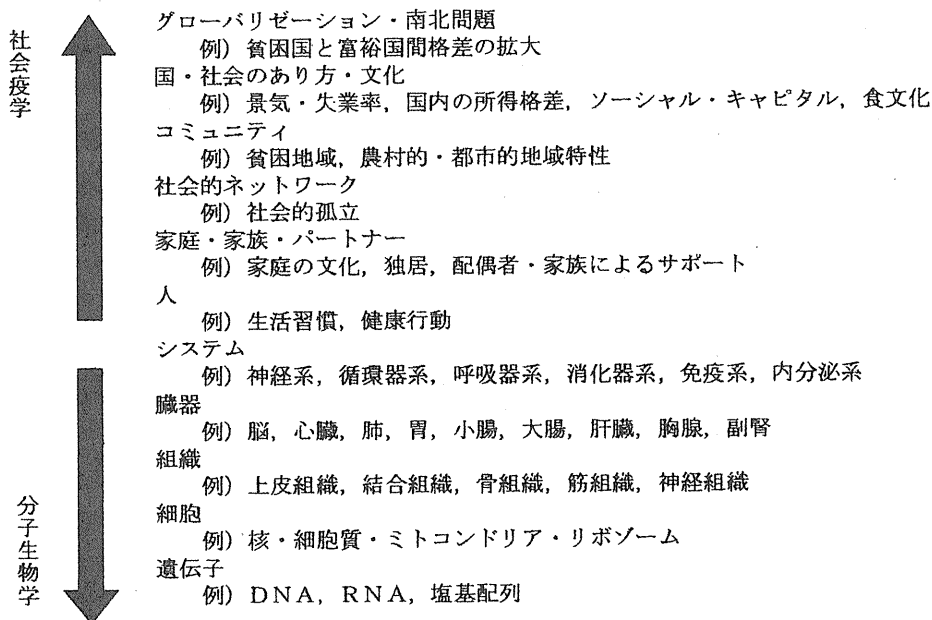


図3 2つの医学フロンティア—健康に影響する因子の階層
(近藤克則著：健康格差社会、医学書院より)

5. 運動行動の社会疫学

運動疫学研究による健康の恩恵に関する証拠は、数多く存在し、その予防的役割に関しては学問の世界のみならず、社会的にもおおむね受け入れられている。

近年、疾病および健康障害、更に死亡率が、社会環境および社会経済的要因に加え、介在する種々の因子（健康行動など）によって誘発されるとする社会環境要因モデルに基づく社会疫学研究が盛んに行われている。社会疫学とは、‘社会構造が健康と疾病の分布にどのように影響し、またこれらに関係するメカニズムを解明しようとする疫学の新しい分野²⁰⁾と定義されている。すなわち、社会疫学は、社会構造 - 個人 - 健康および疾病の関連を多重レベルからなる相互関係としてとらえようとする点に特色がある。

科学は測定することであるという精神からいけば、研究の目的は測定することに置くべきである。ある要因の疾病への影響は、その要因があることで、どれだけ疾病が増加したか予防できたかで判定できる。これは、社会疫学研究においてもあてはまる。社会疫学研究の中心的課題は、健康の社会階層格差に焦点が置かれてきた。これまでの集団を対象とした生物学的なモデルを中心とした臨床疫学では、疾病生成論に基づく危険因子の確定とそれらを有する個人の生活習慣行動要因の改善に焦点が置かれてきた(図3)²¹⁾。それを受けて、医学研究では疾病生成論に基づく固体のミクロレベルな方向性を志向とした研究が活発に展開されている。しかし、この方向性だけでは、人々の健康状態の改善のアプローチには限界がある。一方、社会疫学では、社会構造 - 個人 - 健康および疾病の関連を多重レベルからなる相互関係として捉えようとする点に特色がある(図3)²¹⁾。

個人が行っている日常的な生活習慣行動は、疾病や健康の状態に影響を及ぼす大きな要因であることは間違いない事実であろう。しかしながら、この生活習慣行動は、様々な社会環境および社会経済的要因や社会心理学的要因によって規定されている可能性が高い。以下に具体的な成績を示す。

我が国の65歳以上の高齢者を対象とした社会疫学研究では、等価所得と要介護・要支援状態との間に負の関連性の存在が報告された²²⁾。更に、様々な

健康行動（喫煙、運動、検診受診行動など）や転倒歴なども所得や教育歴と関連することも報告された²³⁾。これらの成績は、個人の好ましくない健康行動の是正にだけ目を向けても、集団レベルでの健康状態の改善には至らない可能性を示唆している。

更に、オランダで実施されたスポーツ活動への参加に関する社会疫学研究²⁴⁾では、所得や教育歴との間に負の関連性が報告された。すなわち、これらの成績は異なる国や集団からの報告ではあるものの、運動行動への社会経済因子との関連性に加え、既に運動行動にも格差拡大の可能性を示唆している。

これまでの運動疫学研究は、健康の維持・増進にとって運動行動の重要性に関して、確固たる成績を示してきた。しかし、余暇での身体活動や運動・スポーツ行動の実施が、社会環境および社会経済的要因に規定されているとするならば、更に、もしそのような集団から好ましくない健康状態や要介護状態に移行する人が増えていくなれば、我々はターゲットとする対象やその特性に応じた健康支援アプローチなどを含め、これまでの健康政策を再考しなければならない。

今後は、疾病や健康状態のみならず、生活習慣行動としての運動・スポーツ行動に関する社会疫学研究の推進によって、個人と社会といった多重レベルでの規定要因の解明が進むことで、様々な社会階層の人々が運動やスポーツに親しめる社会環境の構築を目指す健康政策への転換が必要となろう。

6. 今後の研究の方向性と課題

1) 運動・社会疫学研究の証拠に基づく健康支援構築の必要性（図4）

本総説では、生活習慣病、介護予防における運動の役割に焦点を絞り、疫学からメカニズム、健康政策の転換などに関して、包括的に論じてきた。今後は、運動・社会疫学研究の証拠に基づく健康支援の構築に必要なエビデンスの蓄積が急務の研究課題となる。以下に、その実現に向けた研究の方向性と研究内容に関して紹介する。

2) この研究で明らかにしたいこと（図4）

本研究は、日本が直面している生活習慣病・介護予防に関する運動・社会疫学研究成果に基づく健康支援の展開のための疫学的機構解明を行うもので

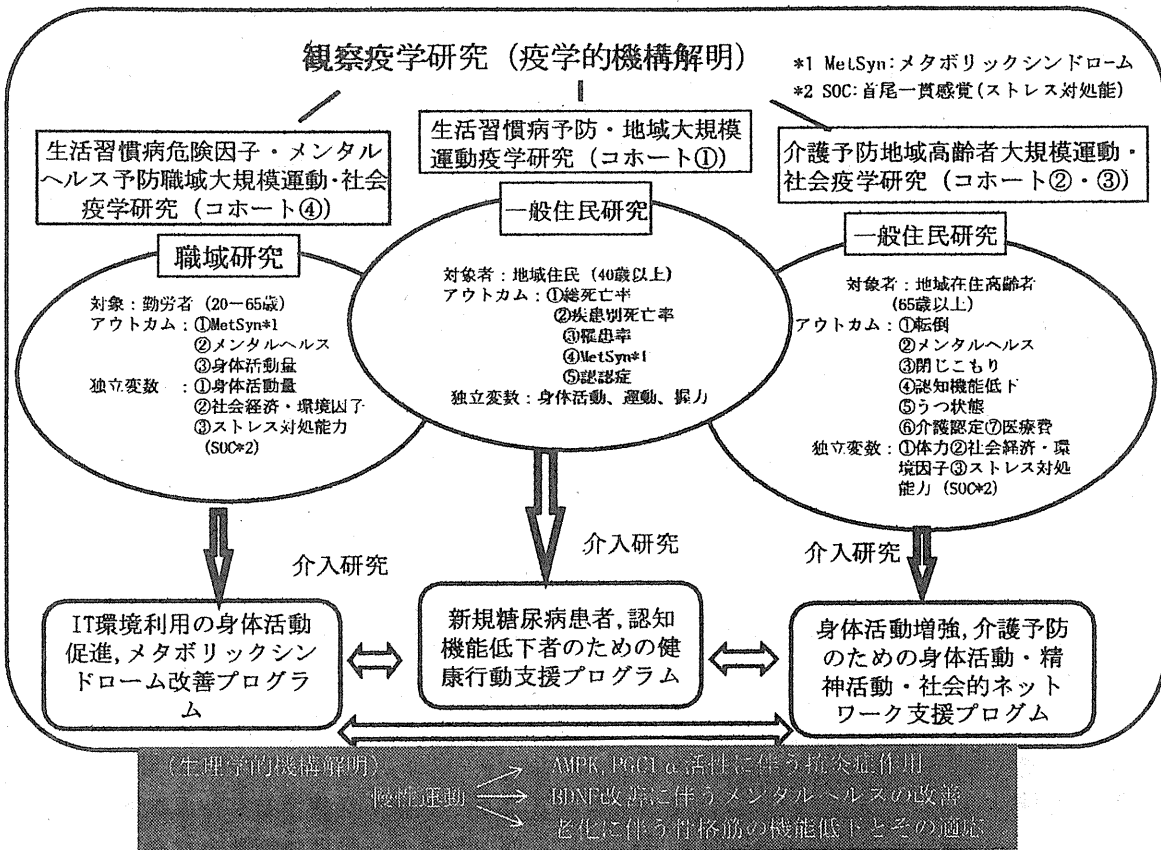


図4 運動・社会疫学研究の証拠に基づく健康支援構築の概念図（熊谷，2008）

ある。そのために、生活習慣病に関しては、異なる生活環境にある職域と地域のコホート研究を同時に行う必要がある。さらに、高齢期のアウトカム評価として、生活習慣病に加え、介護認定や医療費への影響も検討する。その目的達成のために4つのコホートを前向き評価すると共に、糖尿病患者や認知機能低下者に関しては、ヒトでの介入研究に加え、その改善機構の解明には動物実験も必要である。4つのコホート研究の目的および代謝・認知機能改善メカニズム、さらには身体活動・運動の規定要因、および身体活動水準を効果的に改善しうる非対面生活習慣病改善プログラムの効果に関する研究内容は以下のとおりである。

3) 4つのコホート研究の目的とその内容

(1) 一般地域住民生活習慣病予防コホート①

このコホートでは、40歳以上の全住民(約2000名)を対象に、身体活動、運動習慣の簡易調査および筋力と死亡率、罹患率およびメタボリックシンドローム(MS)との関連性に関する前向きコホート研究を

行うことで、研究成果の地域住民への一般化が検討できる。また、新規糖尿病患者や認知機能低下者を対象とした運動介入研究を実施するとともに、その機構解明が行える。

(2) 一般地域高齢者介護予防コホート②

このコホートでは、地域在住高齢者(n=800)を対象に、種々の体力と転倒、メンタルヘルス、介護認定との関連性を前向きに調査研究するための大規模コホート研究である。現在、転倒調査は終了しており、すでに2編の論文^{25),26)}を発表している。今後はメンタルヘルスと介護認定をアウトカムとした追跡調査を継続する予定である。

(3) 一般地域高齢者介護予防コホート③

このコホートでは、地域在住高齢者(n=2000)を対象に、閉じこもり、認知機能低下、うつ状態、介護認定さらには医療費をアウトカムとした前向き調査を行うための新規コホートの構築を行い、前向き調査を継続する。介入は認知機能低下者を対象に、地域で持続可能な身体・精神活動、社会的ネットワーク支援プログラムを開発・展開し、その介入効果

を検討できる。

(4) 職域コホート研究④

これは、様々な業種の勤労者を対象(n=4000)に、身体活動量とMS、メンタルヘルスとの関連を、社会経済的因子、ストレス対処能力、職場ストレスの関与を含め、前向き研究するための新規コホートである。また本コホートでは、web環境を利用した身体活動・運動促進プログラムの介入評価も行う。

上記の地域コホート研究からは、生活習慣病と介護予防の要因解析を包括的かつ時系列的に解析できる点に特徴がある。職域コホート研究からは、職場ストレスに加え、ストレス対処能力などの社会心理的要因を含めて身体活動や運動による生活習慣病やメンタルヘルス発症の要因解明ができる。特に高齢者介護予防研究では、健康行動と社会経済的要因が介護認定や医療費に及ぼす影響を個人と社会の多重レベルから解析できる。

4) 運動による代謝改善およびメンタルヘルス改善効果の機構解明 (図4)

健康、障害、および死亡率に関する運動・社会疫学的観点からの要因分析に加えるのみでなく、運動による改善が期待されている代謝性疾患および認知機能低下のメカニズムについて、老化の影響を含め、筋の適応の観点から、そのシグナル伝達経路に関しても基礎的な観点から検討を加える必要がある。具体的には、運動誘発性のAMPKにより活性化される転写補助因子PGC-1 α ³⁾やPGC-1 α を活性化する作用を有するNAD⁺依存性脱アセチル化酵素Sirt1¹⁸⁾に加え、うつ病やアルツハイマー病との関連が深い脳由来神経栄養因子(Brain-derived neurotrophic factor: BDNF)⁹⁾に着目し、ヒトや動物実験を用い、運動生理・生化学的な側面から、加齢の影響も含め、運動による改善機構に関する検討が必要である。

5) 身体活動・運動促進プログラムの規定要因の解析と非対面生活習慣プログラムの評価

身体活動・運動を促進するためには、身体活動・運動の規定要因(特に環境要因)に関する分析と、それらの証拠に基づいた身体活動・運動促進プログラムの開発と評価が行わなければならない。特に後者に関しては、紙媒体やWeb環境を利用した身体活

動・運動の行動要因や社会的要因を考慮したプログラムの開発とその評価が必要である。

7. まとめ

本総説では、わが国の健康政策を踏まえつつ、運動による健康の支援に関して、運動疫学の証拠あるいは、それらに基づいたヘルスプロモーションの展開とその課題について要約し、運動による諸効果の運動生理学的な解釈、さらには運動行動の規定要因としての社会環境および社会経済的要因に関する社会疫学研究成果に基づいた健康政策への転換の必要性を指摘した。また、今後の研究の方向性として、運動行動を促進するための運動疫学と社会疫学研究双方の必要性とその課題を概観し、運動による代謝調節およびメンタルヘルス改善効果の機構解明に向けた研究の方向性と研究内容の概要を示した。

謝辞

本総説論文は、日本臨床増刊号「身体活動・運動と生活習慣病」(2009)の序文に記載した内容に関して、追記・修正したものである。論文作成にあたり、資料の提供、および貴重なご意見等をいただいた多くの研究者の皆様にご心よりお礼申し上げます。

8. 参考文献

- 1) 熊谷秋三(2008): 運動行動の健康支援: 運動疫学から社会疫学への展開. 運動・身体活動と公衆衛生 (連載6). 日本公衆衛生学雑誌, 55:518-521.
- 2) 厚生科学審議会地域保健健康増進推進部会 (2007): 「健康日本21」中間評価報告書. <http://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkounippon21/ugoki/kaigi/pdf/0704hyouka.tyukan.pdf>
- 3) 熊谷秋三(編集責任)(2008): 健康と運動の疫学入門—証拠に基づくヘルスプロモーションの展開. 医学出版, Pp.240.
- 4) Handschin C and Spiegelman BM (2008): The role of exercise and PGC-1 α in inflammation and chronic disease. Nature, 454: 463-469.
- 5) 身体活動と生活習慣病: 運動生理学と生活習慣病予防・治療最新の研究. (2000) 日本臨床増刊号, p.58.
- 6) 身体活動・運動と生活習慣病: 運動生理学と最

- 新の予防・治療。(2009) 日本臨床増刊号。(印刷中)
- 7) Morris JN, Heady JA, and Raffle PA, Roberts CG, and Parks JW (1953): Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet*, 265: 1111-1120.
 - 8) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, and Hsieh CC (1986): physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med*, 314: 605-613.
 - 9) 熊谷秋三, 中野裕史, 野藤 悠, Radak Z (2007): 認知機能および脳由来神経栄養因子に関する運動疫学. *運動疫学研究*, 9: 1-15.
 - 10) Hilmann GH, Erickson KI, and Kramer AF (2008): Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Rev Neurosci*, 9: 58-65.
 - 11) Rantanen T, Guralnik J M, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, and White L (1999): Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, 281: 558-560.
 - 12) Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick EM, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Tyllavsky FA, Rubin SM, and Harris TB (2006): Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61: 72-77.
 - 13) 熊谷秋三(巻頭言)(2007): 健康・運動の疫学研究が目指すものー健康支援学からの提言ー: 危険因子から健康因子探索へ. *運動疫学研究*, 9.
 - 14) Winder WW (2001): Energy-sensing and signaling by AMP-activated protein kinase in skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 91: 1017-1028.
 - 15) Suwa M, Nakano H, and Kumagai S (2003): Effects of chronic AICAR administration on fiber composition, glycolytic and oxidative enzyme activities and UCP3 and PGC-1 protein content in rat muscles. *J Appl Physiol*, 96: 960-968.
 - 16) Musi N, Hirschman MF, and Nygren J, Svanfeldt M, Bavenholm P, Royackers O, Zhou G, Williamson JM, Ljunqvist O, Efendic S, Moller DE, Thorell A, and Goodyear LJ (2002): Metformin increases AMP-activated protein kinase activity in skeletal muscle of subjects with type 2 diabetes. *Diabetes*, 51: 2074-2081.
 - 17) Suwa M, Egashira T, Nakano H, Sasaki H, and Kumagai S (2006): Metformin increases the PGC-1 α protein and oxidative enzyme activities possibly via AMPK phosphorylation in skeletal muscle *in vivo*. *J Appl Physiol*, 101: 1685-1692.
 - 18) Baur JA, Pearson KJ, Price NL, Jamieson HA, Lerin C, Kalra A, Prabhu VV, Allard JS, Lopez-Lluch G, Lewis K, Pistell PJ, Poosala S, Becker KG, Boss O, Gwinn D, Wang M, Ramaswamy S, Fishbein KW, Spencer RG, Lakatta EG, Couteur DL, Shaw RJ, Navas P, Puigserver P, Ingram DK, de Cabo R, and Sinclair DA (2006): Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature*, 444: 337-342.
 - 19) Suwa M, Nakano H, Radak Z, and Kumagai S (2008): Endurance exercise increases the SIRT1 and PGC-1 α protein expressions in rat skeletal muscle. *Metabolism*, 57: 986-998.
 - 20) 川上憲人他編(2006): 社会格差と健康. 東京大学出版会.
 - 21) 近藤克則(2007): 健康格差社会. 医学書院.
 - 22) 近藤克則(2000): 要介護高齢者は低所得層になぜ多いのか; 介護予防への示唆. *社会保険旬報*. 2073: 6-11.
 - 23) 松田亮三, 平井 寛, 近藤克則, 290 齊藤嘉孝 (2005): 「健康の不平等」研究会: 日本の高齢者一介護予防に向けた社会疫学的大規模調査・3 高齢者の保健行動と転倒歴ー社会経済的地位との相関. *公衆衛生*, 69: 231-235.
 - 24) Kamphuis CBM, Lenthe FJV, and Giskes K, Huisman M, Brug J, and Mackenbach JP (2008): Socioeconomic status, environmental and individual factors, and sports participation. *Med Sci Sports Exer*, 40: 71-81.
 - 25) 畑山知子, 畝 博, 吉武 裕, 木村靖夫, 諏訪雅貴, 平野 (小原) 裕子, 熊谷秋三(2004): 地域在住高齢者の転倒発生への身体的・精神的要因に関する前向き研究. *健康支援*, 6: 123-131.
 - 26) 畑山知子, 長野真弓, 畝 博, 吉武 裕, 木村靖夫, 百瀬義人, 甲斐裕子, 諏訪雅貴, 熊谷秋三 (2008): 傷害を伴う転倒未経験の地域在住高齢者における転倒発生と体力および身体的要因との関連. *体力科学*, 57: 503-510.

Information Communication Technology を活用した 身体活動介入プログラムに関する研究

山津幸司¹⁾, 熊谷秋三^{2)*}

Physical activity intervention based on information communication technology

Koji YAMATSU¹⁾ and Shuzo KUMAGAI^{2)*}

Abstract

BACKGROUND: Regular physical activity (PA) is important for maintaining the health and well-being of individuals. Given the prevalence of physical inactivity among Japanese adults, convenient low-cost interventions are urgently required.

PURPOSE: To evaluate the internet or mobile phone (information communication technology [ICT]) as potential interventional tools.

METHODS: Electronic databases (PubMed and Medline) were searched using the following key words: internet, mobile, personal digital assistant (PDA), physical activity, and intervention. Further, we contacted colleagues working in the study area and examined reference lists of relevant publications in an effort to identify studies with the internet and mobile phone as interventional tools.

RESULTS: Sixty-five studies (52 involving the internet and 13 mobile phones or PDAs) were identified. Of the 52 internet studies, 51 were performed overseas and only 1 was performed in Japan. Positive changes in PA behavior were reported in about half the studies. Of the 13 mobile phone or PDA studies, 5 (38.5%) was reported from Japan. Positive changes in PA behavior were reported in 2 studies. In the previous review articles, the following parameters were found to be important for ICT interventions: (1) intervention duration, (2) number of contacts, (3) theoretical basis of the intervention, (4) initial face-to-face contact, (5) intervention involving multiple behaviors, (6) decrease in program use, and (7) participant and field characteristics.

CONCLUSION: Among PA interventions based on ICT, internet use was high and mobile phone or PDA use was low. Although internet interventions may cause short-term positive changes in PA, the number of mobile phone or PDA interventions must be increased. Future research should focus on integrating the internet and mobile phone or PDA in ICT programs.

Key words: physical activity, information communication technology, internet, mobile, behavior medicine

(Journal of Health Science, Kyushu University, 32: 31-38, 2010)

1) 佐賀大学文化教育学部 Faculty of Culture and Education, Saga University

2) 九州大学健康科学センター Institute of Health Science, Kyushu University

*連絡先: 九州大学健康科学センター 〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1 TEL.&FAX: 092-583-7853

Correspondence to: Institute of Health Science, Kyushu University 6-1 Kasuga-park, Kasuga, Fukuoka 816-0811, Japan

1. はじめに

Information Communication Technology (ICT) の顕著な進歩やインフラの拡充状況などから、生活習慣介入の ICT 化に対する期待が近年高まっている。通信型健康教育プログラムについても例外ではなく、日本でも老人保健事業の中で ICT を活用した健康教育の導入が検討されている。このように、ICT を活用した生活習慣介入法は、行政面からはその開発の必要性が叫ばれており、学術面からも有効性の結論を導くためのエビデンスの整理が不可欠な状況である。

ICT を活用した生活習慣介入への期待の高さは、わが国のインターネットと携帯電話の普及率の高さと関係しているだろう。総務省の平成 20 年通信利用動向調査¹⁾によると国内のインターネット利用者数は 9091 万人で、人口普及率は 75.3% となり前年比で 23 ポイント増であったと報告されている (Table 1)。また同調査¹⁾によると、携帯電話の個人利用率は 75.4% でそのうち 20 代~40 代で 9 割を超えていると報告されている (Table 1)。

Table 1. インターネットおよび携帯電話による介入の特徴と利点

	インターネット介入 (Internet intervention)	携帯電話による介入 (Mobile intervention)
普及状況	利用者数 9091 万人 (2009年4月調査) 普及率 75.3% (2009年4月調査)	普及率 75.4% (2009年4月調査)
身体活動介入研究	海外を中心に増加	国内外含めて少ない
利点	・ 箱数の非言語情報の活用が可能 ・ 利用コストが比較的低い	・ 指導時間や場所の制約が極めて少ない ・ 介入費用が比較的安価

健康情報の入手先も、2007 年の調査²⁾ ではインターネット関連が 32.6% とこれまで主流であった新聞・雑誌 39.0%、テレビ 37.9% に並びつつあり、健康情報入手先としてインターネットなどの ICT の重要性が高まっている。

定期的な身体活動の実施は、冠動脈心疾患、糖尿病、ある種のがん、肥満、骨粗鬆症、およびその他の慢性疾患のリスク軽減に効果的であることが実証されている³⁾。平成 19 年国民健康栄養調査⁴⁾ によると、1 回 30 分以上の運動を週 2 日以上実施し 1 年以上継続している者と定義されている運動習慣者の割合は男性 29.1%、女性が 25.6% であり、10 年前の調査結果⁵⁾ とほとんど変わっていない (男性 28.6%、女性 24.6%)。また、健康日本 21⁶⁾ の歩数目標値である男性で 1 日に 9200 歩以上、女性で 8300 歩以上に達していない者は、男性で 71.3%、女性で 73.0% と低調である⁴⁾。このように定期的な身体活動の重要性は共通理解をえているものの、その実践は低調なままである。

身体活動量の目標を達成できていない者が男女共に約 7 割であることを考慮すると、身体活動介入プログラムは数万人規模の人数にも対応でき、かつコストのかからない方法で提供できる方法論が必要となるだろう。その最有力と考えられているのが ICT である。

そこで、本研究の目的は、インターネットや携帯端末機器経由での身体活動介入研究をレビューしそれらの有効性を明らかにするとともに、有効性を高める要因について検討することである。

2. インターネットを活用した身体活動介入研究

1) 海外の研究

インターネットを活用した身体活動介入研究は、Fotheringham et al⁷⁾ が 2000 年にはじめて報告して以来、2009 年 12 月 20 日までに公表されかつ我々が知りえただけでも 53 編 (付録参照) であった。インターネットと携帯端末を活用した身体活動介入研究の推移を Fig. 1 に示した。

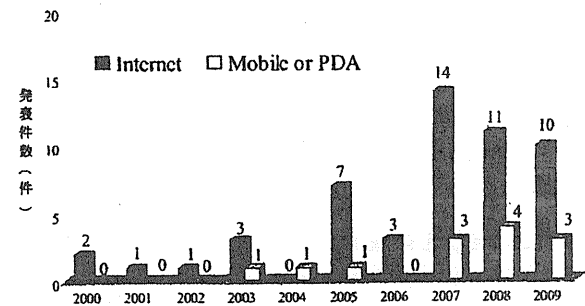


Fig. 1. インターネットと携帯端末を用いた身体活動介入研究数の年次推移

特にインターネットを活用した介入研究は 2006 年の 3 編から 2007 年には 14 編と大幅に増加している。

インターネットを媒体とした身体活動介入研究の総説は、すでに 6 編報告⁸⁻¹³⁾ されており、研究動向をよみとることができる。この中で質の高いシステマティックレビュー 2 編を紹介する。

Vandelanotte et al¹⁰⁾ は、2006 年 7 月までに出版された 15 編の研究のうち 8 編 (53.3%) に身体活動の改善効果が認められ、その平均効果サイズは 0.44 (0.13-0.67) と有意であったと報告している (Table 2)。より良好な介入成績は参加者との接触回数が 5 回以上の時や追跡期間が 3 ヶ月以下の短期 (60%) の方が中期 (3~6 ヶ月, 50%) や 6 ヶ月より長期 (40%) の時より良いというものであった。Norman et al¹¹⁾ は、2000 年から 2005 年までの身体活動介入に関する 13 編の研究論文を検討し

た結果、その平均効果サイズは 0.12 (-0.03-0.31) と小さく対面型の介入より効果的ではない可能性がある」と結論付けている。また、詳細に検討した結果、11 編 (84.6%) の研究論文で社会的認知理論とトランスセオレティカルモデルが応用されており、介入期間 2 ヶ月以下が 8 編 (61.5%)、介入終了率は 59% から 100% で 75% 以上であったのは 10 編 (76.9%) であったことを報告していた。

Table 2. インターネット介入研究の効果サイズ

	効果サイズ	レンジ		介入成功率 (%)
		最小	最大	
Vandclanotte et al (2007) ⁶²⁾	0.44	0.13	0.67	53.3
Norman et al. (2007) ⁶¹⁾ *身体活動研究のみ抽出	0.12	-0.03	0.31	63.6

Table 3. インターネット介入研究で用いられている介入要素と活用頻度

	活用頻度
ウェブサイト(Website)	☆☆☆
電子メール(E-mail)	☆☆☆
チャット(Chat)	☆
行動計画(Activity planning)	☆☆☆
ディスカッショングループ(Discussion group)	☆☆
オンラインコーチとビデオ(Online coach and video)	☆
コンピュータ・ラーニング(Computer tailoring)	☆

*☆☆☆:とても多い ☆☆☆:多い ☆:少ない

以上の総説を概観すると、PC におけるインターネット介入は短期の身体活動量を増強可能であるが、成功率は 50% 程度と期待ほどではない可能性がある。介入要素は Table.3 のように多様であるが、介入要素が増すと介入効果が高まるとの報告もあった⁹⁾。また、介入の効果を高めると考えられる要因は、対象者との接触回数、介入期間、プログラムの利用状況、複数の行動への介入であった。インターネット介入の脱落率は高く、効果の判定には ITT 分析 (intention-to-treat analysis) を行う必要があり¹⁰⁾、介入終了率の向上や効果の長期継続性についての課題が残されている。さらに、プログラムの参加者では高学歴者が多いため、効果の一般化を確認するためには低教育歴の者での研究が必要である。

2) 国内の研究

海外におけるインターネット介入研究の増加とは対照的に、国内の研究報告数は極めて少なかった。我々が入手できたのは、岡崎ら¹⁴⁾の研究報告である。岡崎らは、大学1年生を対象に、教養体育の授業をインターネ

ット経由で提供し、14 週後には対照群の総身体活動量の増加が 13±340kcal/日に比べてインターネット介入群では 270±477kcal/日と大幅に増加したと報告している。岡崎らのプログラムは「i-PAP」と命名されており、わが国における貴重な成績と考えられるが、対象者の割付における無作為化の必要性や身体活動を実測するなどの課題を残している。

3. 携帯端末を活用した身体活動介入研究

1) 海外の研究

携帯型端末を用いた身体活動介入に関しては、2000 年代後半から増加傾向にあるインターネットや E メールを用いた介入研究に比べると少ない。海外での最初の報告は 2007 年の Hurling et al¹⁵⁾ のものである。後述のように、久保田ら²¹⁾の研究はすでに 2003 年に報告されており、携帯端末を用いた身体活動介入は日本の方が歴史が古いことがわかる。しかし、以下に示すように、2008 年以降の研究は質量共に欧米の研究の進展の早さが伺える。

携帯電話ではないが、携帯型コンピュータ端末 (PDA) を媒体とした身体活動介入研究が King et al¹⁶⁾ により報告されている。平均年齢 60.7 歳の地域住民 19 名に PDA を提供し、PDA が午後 2 時と午後 9 時に発するアラームに応じて 2~3 分程度 (36 問) で行った身体活動の情報 (量、種類、場所など) を回答し、毎日および毎週フィードバックを行うという内容であった。無作為に割付けられ標準的な健康教育の小冊子を提供された対照群に比べて身体活動量が 8 週後に有意に増加していた。また、King et al は同じシステムで食行動への介入成績も報告している¹⁷⁾。

身体活動の改善のみを目的とした研究ではないが、携帯電話のショートメッセージサービス (Short Message Service: SMS) を活用した行動変容介入研究の総説が Fjeldson et al¹⁸⁾ により報告されている。携帯電話を用いた 1990 年 1 月から 2008 年 3 月までの 14 編の研究論文のうち、13 編 (92.9%) で良好な行動変容効果が認められた。SMS に関する研究は他にも 2 編^{19,20)} 報告されており、携帯電話の E メールを用いた生活習慣介入の主流は現時点で短文による文字情報であることがわかる。身体活動を対象とした Hurling¹⁵⁾ の報告では、介入群の 9 週後の身体活動の週あたり増加時間は 2 時間 18 分で対照群より有意に大きかったとされている。

以上の結果から、携帯端末を活用した身体活動介入

研究は今後研究の増加が見込まれる分野のひとつであり、PC 経由でのインターネット介入研究で培ったノウハウを吸収しつつも、携帯端末独自の介入法を模索していく必要があると考えられた。

2) 国内の研究

国内において携帯電話を活用した身体活動介入研究は2003年に久保田ら²¹⁾によって報告されて以降、同研究グループにより4編の報告がなされている。

久保田ら²¹⁾は、携帯電話を活用した身体活動促進プログラム「i-exer」を2003年に報告して以降、携帯電話のメール機能を活用した「i-exerM (MはMobile・Mailを指す)」²²⁾やウォーキング促進に特化した「i-exerW (WはWalkingを指す)」²³⁾などの改良版を次々に報告している。久保田らの一連の研究において、評価指標が標準化された身体活動量の測定法を用いていないのが残念であるが、一部の報告では歩行に関連する体カテストや減量効果が示されている²⁴⁾。

わが国における携帯電話を活用した身体活動介入研究の報告は、前述の久保田ら²⁰⁻²¹⁾の報告以外に見当たらなかったが、岡崎ら¹⁴⁾によりPCのインターネット介入と連動させ携帯電話のメール機能を活用した報告がなされている。

4. ICT を活用した介入プログラムとその可能性

1) 介入効果を高めるには

ICT を活用した身体活動介入を成功させるポイントは、以下のように考えられている。

a) 介入期間

一般的には介入期間が長いほど介入効果も大きいと考えられているが、実際にはプログラムへの参加率が低く、途中脱落も増えるとの報告がある⁹⁻¹¹⁾。また、介入後にサポートを継続しない期間が長くなるほど身体活動増強効果は漸減するとの報告¹⁰⁾もある。以上のことから、介入効果の長期継続性を実現するには飽きのこない継続的なサポートが必要と考えられる。

b) 接触回数

対象者との接触回数が多いほど介入効果も大きいと考えられているが、プログラム提供者側の負担は増加する。Vandelandotte et al¹⁰⁾の総説では接触回数が5回以上で介入成功率が最も高いと報告されている。

c) 理論応用型の介入

ICT を活用した身体活動介入プログラムでは心理学の理論を応用しているものが多い。中でも社会的認知理論、トランスセオレティカルモデル、計画的行動理論の3つが多用されている¹¹⁾。

また、行動科学に基づくノウハウをプログラムに適用させる必要があると多くの研究者が指摘しているが、どの行動変容技法が効果に影響を及ぼすかに関して検証した研究は少なく結論を導くことは難しい¹⁰⁾。多用されている行動変容技法は、目標設定とセルフモニタリングである¹¹⁾。ICT を活用し、運動行動を促す先行刺激や早期に効果を実感(行動の結果)させる工夫を盛り込むことが重要である。

d) 対面要素の初期導入

ICT を活用した介入といっても、ほとんどの研究で最初にプログラムや機器の使用法の説明を含めた対面指導が組み込まれている^{10,11)}。しかし、対面サポートの有無は介入効果に影響しないという報告もあり、この要素が必須かは結論づけられていない¹¹⁾。

e) 食などの他行動との同時介入

プログラムの効果をより広範(例えば減量や内臓脂肪の減少)に求めるには、身体活動以外の行動を改善させることも重要である。複数の行動変容を促す方がよいとする報告もある¹⁰⁾。健康増進に関心が高くても、必ずしも身体活動に関心を示す者が多いとは限らないので、対象者のニーズに応じたプログラム開発が必要である。

f) 対象者・介入フィールドの特性

わが国でも最近では経済格差が問題視されているが、経済や教育格差は健康問題の格差にまで派生しうる重要な要因であることが知られている¹⁰⁾。経済的所得の低さはICTにアクセス可能な機器購入の困難さや身体活動介入に参加する余裕のなさといった不活動の原因のひとつとなる。また、教育歴の低さは、プログラムで提供される情報の理解を妨げ行動変容が促されにくくなると考えられている。考慮すべき対象者の特性は経済面や学歴のみではないが、対象者の特性を踏まえたプログラム開発が不可欠である。経済や教育格差が対象者個人間でも認められるように、その格差は地域や職域などでも認められるので、集団アプローチによる

身体活動プログラム開発においても地域特性を踏まえた視点が不可欠である。

2) 集客ツールとしての可能性

この点に関しては Marshall et al⁸⁾が総説の中で指摘していたこともあるが、介入ツールというより、対象者の集客ツールとして ICT を活用するという方法もある。現在、市町村の運動教室の勧誘の多くは、市報などの広報を通じたものである。広報は全戸配布であり有効な情報提供ツールではありうるが、市町村における運動教室参加者を大幅に増加させるメディアになるとは考えにくい。そこで、大手のフィットネスクラブや販売会社がすでに活用しているように、今後は ICT とマーケティング手法を取り入れたリクルート法としての可能性を検討する必要がある。

3) 新機能を上手く活用した介入研究の開発

インターネットや携帯電話の新規機能の開発は目覚ましいものがある。介入効果を高める介入要素として新規機能をいかに取り込むかは重要な課題である。例えば、加速度計機能を搭載した携帯電話の活用が考えられる。携帯電話に搭載された加速度計機能による身体活動の評価の妥当性と信頼性は不明であるが、ユーザーのモニタリングツールとしてみた場合には、その利便性は高い。現在いくつかの介入研究では歩数計の数値や取組み状況などをインターネットや E メール経由で報告させている^{14,22)}が、加速度計機能を搭載した携帯電話はデータセンターへの返送のためのプロセスが大幅に削減可能であり、返送率の増加を高めうるだろう。プログラムのアクセス率と介入効果は比例するため、その利用を早急に検討する必要がある。

5. ICT を活用した介入プログラムの課題

1) 費用対効果の検証の必要性

ICT を活用した介入プログラムの研究が進まない背景には、指導者と直接接する対面型介入に比べて行動変容の効果が期待より小さいことが挙げられるかもしれない。Vandelanotte et al¹⁰⁾によるとインターネット介入の平均の効果サイズは 0.44 (0.13-0.67) であることから ICT の活用は身体活動介入に効果的と考えられる。しかし、比較対象が標準的な健康教育教材の配布という簡便な介入であるため、現場で介入を行う担当者に

はそれが効果的なツールであるという実感が持てず、それが研究やプログラム開発の促進要因とはなりにくいかもしれない。

今後の研究の方向性としては、費用対効果や費用便益の評価手法を用いることも必要である^{26,27)}。ICT を活用した身体活動介入法は、多くの研究者が指摘しているように、一人ひとりに与える直接効果は専門家がガイドしながら進める対面型の介入に比べて必ずしも高いとはいえない。しかしながら、対象者の平均歩数を 1000 歩増すのに要する ICT 介入のコストは対面型に比べて、その恩恵が大きくなる可能性が高い。さらに、対面型の運動教室で年間 100 名を対象とするより、ICT 介入にて年間 10000 名に介入を提供する方が医療費や介護費用の抑制には有効との指摘もある。

2) プログラム利用の減少

介入期間中のプログラムの利用率（例えばアクセス率）の低下が多くの研究で指摘されている^{10,11)}。これは ICT を活用した介入研究に限定したことはないが、プログラム利用率は高いほど介入効果も高くなる傾向があるため、プログラムの利用率向上は避けては通れない重要な研究課題である。利用を促すメールの活用はいくつかの研究で用いられている¹⁰⁾ものの根本的な解決策とはなっていない。根本的な解決策はいまだ明らかになっていないが、例えば利用状況が低下しつつあることを早期に同定し、プログラムへのアクセスを促すための新規コンテンツ導入などが有効かもしれない。また、1回で対象とする人数にもよるが、指導者(人)経由でのメールまたは電話でプログラム利用を刺激すればコストはかかるが効果が期待できる。

3) 効果の高い標的行動の特定

現在 ICT を活用した介入研究のアウトカムは Table 4 に示したように、総身体活動量や強度別の身体活動量、また国内の身体活動ガイドラインの達成などが挙げられている。インターネットや携帯電話の利用そのものは、通常の利用範囲内であれば不活動 (sedentary behavior) といえよう。ICT を活用した身体活動介入がアウトカムをどのように設定したときにより有効かを示すことも重要かもしれない。現在までにわが国で公表されている成人における身体活動の目標値 (Table 5) を用いるのもひとつの方法であろう。

Table 4. ICTを用いた身体活動介入のアウトカム

総身体活動量 (Total Physical Activity Level)
高強度の身体活動量 (High Intensity of Physical Activity Level)
中等度の身体活動量 (Moderate Intensity of Physical Activity Level)
身体活動ガイドラインの達成 (Meeting Physical Activity Guidelines)
運動行動のステージ
体重または体重減少
体力(柔軟性など)

Table 5. 成人における適切な身体活動量の目標値

学協会	身体活動目標
厚生省(1997) ²⁸⁾	1日20分以上で週2回以上、その合計時間は最大酸素摂取量の50%程度の有酸素運動の場合、1週間で合計140~180分以上
健康日本21(2001) ²⁹⁾	1日の歩数を今より1000歩増加
厚生労働省(2006) ²⁹⁾	週23METs*時(そのうち4METs*時は運動で確保)

健康日本21: 21世紀における国民健康づくり運動

4) 客観的な身体活動量の評価指標の利用

ICTを活用した身体活動介入研究の課題のひとつに、評価指標における質問紙法の多用がある。いずれも標準化された手法ではあるが、次のような研究デザインの工夫により、結論の妥当性を高める必要がある。例えば、質問紙法のみで結論を得るためには、標準化された複数の項目で結論の確証性を高める、さらには加速度計を同時に測定することなどが必要である。

まとめ

ICTを活用した身体活動介入研究は、特にPC経由のインターネット介入の増加が顕著であり、携帯端末を用いた介入研究は少なかった。現在報告されている研究も短期の介入成功率は50%程度であり、長期効果を評価できている研究は少なかった。今後、携帯端末による身体活動介入研究が増加してくると考えられるが、PCと携帯端末の利点を組合わせて利用者の身体活動増強をサポートできるようなシステム開発の必要性も考えられた。

付記

本研究は、平成21年度厚生労働科学研究費補助金糖

尿病戦略等研究事業(研究代表者:山津幸司)、文部科学省科学研究費補助金若手研究B(20700516)、および平成21年度厚生労働科学研究費補助金循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業(研究代表者:熊谷秋三)の一部として行われた。

引用文献

- 1) 総務省(2009):平成20年通信利用動向調査の結果(概要).
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000016027.pdf)
- 2) アサヒビールお客様生活文化研究所(2008),食と健康のセンサス調査「健康情報の入手先:すすむテレビ離れ」.
(<http://www.asahibccr.co.jp/enjoy/hapiken/census/bn/20080418/>)
- 3) Sallis JF & Owen N (1999): Physical activity & Behavioral Medicine, SAGE publications, Inc: Thousand Oaks.
- 4) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室(2008):平成19年国民健康・栄養調査結果の概要.
(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/12/h1225-5a.html>)
- 5) 厚生省保健医療局生活習慣病対策室(1998):平成9年国民栄養調査結果の概要.
(http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1011/h1112-1_11.html)
- 6) 厚生省(2000):21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21). (<http://www.kenkoujippon21.gr.jp/>)
- 7) Fotheringham MJ, Owies D, Leslie E, et al (2000): Interactive health communication in preventive medicine: Internet-based strategies in teaching and research. Am J Prev Med, 19(2): 113-120.
- 8) Marshall AL, Owen N, Bauman AE (2004): Mediated approaches for influencing physical activity: update of the evidence on mass media, print, telephone and website delivery of interventions. Journal of Science and Medicine in Sport, 7(1): 74-80.
- 9) van den Berg MH, Schoones JW, Vliet Vlieland TP (2007): Internet-based physical activity interventions: a systematic review of the literature. J Med Internet Res, 9(3):e26.
- 10) Vandelandotte C, Spathonis KM, Eakin EG, et al (2007): Website-delivered physical activity interventions a review of the literature. Am J Prev Med, 33(1): 54-64.
- 11) Norman GJ, Zabinski MF, Adams MA, Rosenberg DF, Yaroch AL, Atienza AA (2007): A review of eHealth

- interventions for physical activity and dietary behavior change. *Am J Prev Med*, 33(4): 336-345.
- 12) Müller-Riemenschneider F, Reinholda T, Nocona M, Willich SN (2008): Long-term effectiveness of interventions promoting physical activity: A systematic review. *Prev Med*, 47(4): 354-368.
- 13) Marcus BH, Ciccolo JT, Sciamanna CN.(2008) Using electronic/computer interventions to promote physical activity. *Br J Sports Med*, 43(2):102-5.
- 14) 岡崎勘造, 岡野慎二, 羽賀慎一郎, 関 明彦, 鈴木久雄, 高橋香代 (印刷中): 大学生対象の ICT を用いた遠隔双方向型の身体活動促進プログラムの開発と評価. *日本教育工学会論文誌*.
- 15) Hruling R, Catt M, DeBoni M, et al (2007): Using internet and mobile phone technology to deliver an automated physical activity program: randomized controlled trial. *J Med Internet Res*, 9: e7.
- 16) King AC, Ahn DK, Oliverira BM, Atienza AA, Castro CM (2008): Promoting physical activity through hand-held computer technology. *Am J Prev Med*, 34(2): 138-142.
- 17) Atienza AA, King AC, Oliverira BM, Ahn DK, Gardner CD (2008): Using hand-held computer technologies to improve dietary intake. *Am J Prev Med* 2008, 34(6): 514-518.
- 18) Fjeldson BS, Marshall AL, Miller YD (2009): Behavior change interventions delivered by mobile telephone short-message service. *Am J Prev Med*, 36(2): 165-173.
- 19) Yoon KH, Kim HS (2008): A short message service by cellular phone in type 2 diabetic patients for 12 months. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 79: 256-261.
- 20) Shapiro JR, Bauer S, Hamer RM, Kordy H, Ward D, Bulik CM (2008): Use of text messaging for monitoring sugar-sweetened beverages, physical activity, and screen time in children: a pilot study. *J Nutr Educ Behav*, 40(6):385-91.
- 21) 久保田晃生, 鈴木輝康 (2003): インターネットによる運動習慣定着支援プログラム (i-exer: アイエクサ) の開発および有効性について. *体育の科学*, 53(7): 543-547.
- 22) 久保田晃生, 藤田信, 波多野義郎 (2004): 携帯電話のメール機能を活用した健康教育プログラムの開発と有効性の検討. *日本公衆衛生雑誌*, 51(10): 862-873.
- 23) 久保田晃生, 藤田信(2005): 携帯電話によるウォーキング促進プログラムの開発. *体育の科学*, 55(5): 405-409.
- 24) 久保田晃生 (2007): 携帯電話のメール機能を活用した歩行能力向上支援システムの開発. *体育学研究*, 52: 383-392.
- 25) 久保田晃生 (2007): 市町村での普及を目指した「インターネットを活用した健康づくりシステム」の開発. *公衆衛生*, 71(3): 269-273.
- 26) Robroek SJ, Brecht FJ, Burdorf A (2007): The (cost-)effectiveness of an individually tailored long-term worksite health promotion programme on physical activity and nutrition: design of a pragmatic cluster randomised controlled trial. *BMC Public Health*, 7:259.
- 27) Cobiac LJ, Vos T, Barendregt JJ (2009): Cost-effectiveness of interventions to promote physical activity: a modelling study. *PLoS Med*, 6(7):e1000110.
- 28) 厚生省保健医療局健康増進栄養課 (1997), 生涯を通じた健康づくりのための身体活動のあり方検討会報告書について.
(<http://www1.mhlw.go.jp/houdou/0903/h0321-1.html>)
- 29) 厚生労働省 (2006), 健康づくりのための運動指針 2006～生活習慣病予防のために～エクササイズガイド 2006.
(<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf/data.pdf>)

付録 本文中に引用できなかった論文

- Fotheringham MJ, Wannacott RL, Owen N (2000). *Ann Behav Med*, 22(4): 269-275.
- McKay HG, King D, Eakin EG, et al (2001). *Diabetes Care*, 24(8): 1328-1334.
- Sciamanna CN, Lewis B, Tate D, et al (2002). *Prev Med*, 35: 612-615.
- Marshall AL, Lesilie EI, Bauman AE, et al (2003). *Am J Prev Med*, 25(2): 88-94.
- Napolitano MA, Fortheringham MJ, Tate D, et al (2003). *Ann Behav Med*, 25(2): 92-99.
- Doshi A, Patrick K, Sallis JF, Calfas K (2003). *Ann Behav Med*, 25(2):105-11.
- McCoy MR, Couch D, Duncan ND, Lynch GS (2005). *Health Promot Int*, 20(3):221-228.
- Frenn M, Malin S, Brown RL, et al (2005). *Appl Nurs Res*, 18(1):13-21.
- Kypri K, McAnally HM (2005). *Prev Med*, 41(3-4):761-6.
- Rydell SA, French SA, Fulkerson et al (2005). *J Am Diet Assoc*, 105(9):1447-50.
- Hagman PA, Walker SN, Pullen CH (2005). *J Geriatr Phys Ther*, 28(1):28-33.
- Slootmaker SM, Chin A Paw MJ, Schuit AJ, et al (2005). *BMC Public Health*, 5:134.
- Kosma M, Cardinal BJ, McCubbin JA (2005). *Disabil Rehabil*, 27(23):1435-42.
- Jago R, Baranowski T, Baranowski JC, et al (2006). *Prev Med*, 42(3):181-7.
- Woolf SH, Krist AH, Johnson RE, et al (2006). *Ann Fam Med*, 4(2):148-52.
- Kim CJ, Kang DH (2006). *Comput Inform Nurs*, 24(6):337-45.
- Dinger MK, Heesch KC, Cipriani G, Qualls M (2007). *J Sci Med Sport*, 10(5):297-302.
- Spittaels H, De Bourdeaudhuij I, Brug J, Vandelanotte C (2007). *Health Educ Res*, 22(3):385-96.
- Spittaels H, De Bourdeaudhuij I, Vandelanotte C (2007). *Prev Med*, 44: 209-217.
- Marcus BH, Lewis BA, Williams DM, et al (2007). *Contemporary Clinical Trials*, 28: 737-747.
- Steele R, Mummery KW, Dwyer T (2007). *Patient Education and Counseling*, 67: 127-136.
- Steele R, Mummery WK, Dwyer T (2007). *J Phys Act Health*, 4(3):245-60.
- Spittaels H, De Bourdeaudhuij I (2007). *Int J Behav Nutr Phys Act*, 4:39.
- van den Berg MH, Ronday HK, Peeters AJ, et al (2007). *Rheumatology*, 46(3):545-552.
- Steele RM, Mummery WK, Dwyer T (2007). *Int J Behav Nutr Phys Act*, 4:7.
- Steele R, Mummery KW, Dwyer T (2007). *Patient Educ Couns*, 67(1-2):127-136.
- Jilcott SB, Laraia BA, Evenson KR, et al (2007). *Health Promot Pract*, 8(2):192-204.
- Polzien KM, Jakicic JM, Tate DF, Otto AD (2007). *Obesity*, 15(4):825-830.
- Marcus BH, Lewis BA, Williams DM, et al (2007). *Arch Intern Med*, 167(9):944-949.
- Verheijden MW, Jans MP, Hildebrandt VH, Hopman-Rock M (2007). *J Med Internet Res*, 9(1):e1.
- Winett RA, Anderson ES, Wojcik JR, Winett SG, Bowden T (2007). *Ann Behav Med*, 33(3):251-61.
- Richardson CR, Mehari KS, McIntyre LG, et al (2007). *Int J Behav Nutr Phys Act*, 4:59.
- Carr LJ, Bartee ET, Dorozynski C, et al (2008). *Prev Med*, 46: 431-438.
- Kerr J, Patrick K, Norman G, et al (2008). *Depress Anxiety*, 25(7):555-558.
- Lewis B, Williams D, Dunsiger S, et al (2008). *Prev Med*, 47: 508-513.
- Wangberg SC (2008). *Health Educ Res*, 23(1):170-179.
- Cussler EC, Teixeira PJ, Going SB, et al (2008). *Obesity*, 16(5):1052-1060.
- Ocnoma A, Brug J, Dijkstra A, de Weerd I, de Vries H (2008). *Ann Behav Med*, 35(2):125-135.
- Thompson D, Baranowski T, Cullen K, et al (2008). *Prev Med*, 47(5):494-497.
- Chiauzzi E, Brevard J, Thum C, Decembrele S, Lord S (2008). *J Health Commun*, 13(6):555-72.
- Dunton GF, Robertson TP (2008). *Prev Med*, 47(6):605-611.
- Lu C, Schultz AB, Sill S, et al (2008). *J Occup Environ Med*, 50(11):1209-1215.
- Allan JD (2008). *Evid Based Nurs*, 11(1):13.
- Ferney SI, Marshall AL, Eakin EG, Owen N (2009). *Prev Med*, 48: 144-150.
- Smith DT, Carr LJ, Dorozynski C, Gomashe C (2009). *J Appl Physiol*, 106(1):49-56.
- Bosak KA, Yates B, Pozehl B (2009). *West J Nurs Res*. [Epub ahead of print]
- Huang SJ, Hung WC, Chang M, Chang J (2009). *J Health Commun*, 14(3):210-27.
- Steele RM, Mummery WK, Dwyer T (2009). *Health Educ Behav*, 36(6):1051-1064.
- Slootmaker SM, Chinapaw MJ, Schuit AJ, et al (2009). *J Med Internet Res*. 2009 Jul 29;11(3):e27.
- Buis LR, Poulton TA, Holleman RG, et al (2009). *BMC Public Health*;9:331.
- Carr LJ, Bartee RT, Dorozynski CM, et al (2009). *J Phys Act Health*, 6(4):444-55.
- Lubans DR, Morgan PJ, Collins CE, Warren JM, Callister R (2009). *Int J Behav Nutr Phys Act*, 6:76.
- Wanner M, Martin-Diener E, Braun-Fahrlander C, et al (2009). *J Med Internet Res*, 11(3):e23.
- Olson AL, Gaffney CA, Lee PW, Starr P. (2008). *Am J Prev Med*, 35(5 Suppl):S359-364.
- Shrewsbury VA, O'Connor J, Steinbeck KS, et al (2009). *BMC Public Health*, 9:119.
- Heron KE, Smyth JM (2009). *Br J Health Psychol*. [Epub ahead of print]

在宅個別運動と集団運動教室の身体活動と減量の短期効果の検討

山津幸司 (佐賀大学文化教育学部)、村山純子 (富良野市保健福祉部保健医療課)、
木下力 (ふらのまちづくり株式会社)、花井篤子 (北翔大学短期大学部人間総合学科)

Short-term effects of group- or home- based physical activity intervention on physical activity and weight loss

Koji YAMATSU, Junko MURAYAMA, Tsutomu KINOSHITA, Atsuko HANAI

Abstract

INTRODUCTION: Prevalence of metabolic syndrome (MS) has become a major health problem in Japan and developed countries. Regular physical activity (PA) contributes to improved MS risk factors. Although group- or home-based PA intervention was often conducted, it is unknown which PA interventions were more effective. The purpose of this study was to compare the efficacy of these two interventions in Japanese subjects with MS or several MS risk factors.

METHODS: Seventy three subjects with MS or several MS risk factors were selected either Group-based PA Intervention (GPI: N=40) or Home-based PA Intervention (HPI, N=33). Finally, the results were analyzed for 67 subjects (GPI: n=38, HPI: n=32) at post-intervention (after 12-weeks). Both interventions had 12 week duration. All participants received two or three face-to-face counseling, one behavioral feedback letter, and lecture about health and exercise information. The behavioral goals in both groups were to increase daily walking step. Subjects in GPI have a 10 exercise and recreation classes for 60-minutes. The main outcome measures were body weight, body mass index (BMI), percent fat (%FAT), waist-hip ratio (WHR), and body compositions.

RESULTS: Program completion rates were 95.0% in GPI and 97.0% in HPI. After 12-weeks, participants in both groups lost their weight, BMI, %FAT, and WHR. But weight loss in GPI was superior to that in HPI. Participants in both groups increased walking steps, endurance fitness, and lean body mass ($P<0.05$).

CONCLUSIONS: Compared to home-based PA intervention, group-based PA intervention had short-term beneficial effects on weight loss. Especially, effect of weight loss in group-based PA intervention may be superior to that in home-based PA intervention.

I. 研究の背景と目的

近年、2型糖尿病やメタボリックシンドロームなどの生活習慣病保有者の増加が公衆衛生的な問題となっている。平成9年度と平成14年度の2度の全国調査から、2型糖尿病が強く疑われる者は平成9年度の690万人から平成14年度の740万人へと約50万人増加し、予備群の増加はその4倍の約200万人と著しいことが問題視されている^{1,2)}。また、糖尿病関連の医療費は年々増加し、医療経済上無視できない水準に達している。

一方、メタボリックシンドロームやその予備群と判定された者は、平成18年度国民栄養調査によると、約2000万人に達することが明らかとなり、40歳から74歳までの男性の2人に1人が該当することが国家的問題として挙げられている³⁾。

2型糖尿病やメタボリックシンドロームは、内臓脂肪の過剰蓄積が主な原因と考えられており、ウエスト周囲径の減少を伴う内臓脂肪蓄積型の肥満を解消するための減量指導が重要と考えられている^{4,5)}。

2型糖尿病やメタボリックシンドロームの予防や治療において、定期的な運動の実施や身体活動量の増加は有効と考えられている。これまでの運動介入研究では、2型糖尿病やメタボリックシンドロームの予防に限定したものではないが、施設を中心として実施する集団運動教室や、自宅中心での運動量の増加を支援する個別運動教室が実施され、運動量の増加に有効との報告もなされてきている⁶⁾。

そこで、本研究では、2型糖尿病やメタボリックシンドロームの予防を目的に、保健センターに集まって運動を実施する集団運動教室とセンターでの個別での面談後は自宅を中心に運動量の確保を目指す在宅個別運動教室を秋季と冬季の2回開催し、その2教室による身体活動量の増加や減量に及ぼす効果を検討した。

II 研究方法

1. 対象者の選別(表1)

対象者は、北海道富良野市保健センターが平成18年度の秋季と冬季に行った運動教室に参加を希望したメタボリックシンドロームまたはその予備軍であった中高年者73名であった。参加した73名のうち、40名が集団運動教室(年齢 57.4 ± 5.3 歳。女性77.5%)へ、残り33名は個別運動教室(年齢 57.2 ± 5.8 歳。女性60.6%)への参加を希望した。参加者の内訳は、秋季の集団運動教室が20名(年齢 55.9 ± 5.0 歳。女性80.0%)、個別運動教室は21名(年齢 56.3 ± 6.2 歳。女性47.6%)、冬季がそれぞれ20名(年齢 59.0 ± 5.4 歳。女性75.0%)と12名(年齢 58.8 ± 4.9 歳。女性83.3%)であった。

2. 介入方法

秋季の運動教室は9月から、冬季は1月からの3ヵ月間であり、その手順は以下のとおりであった。

運動教室への参加者は、最初に介入前の肥満度や身体活動量を評価した後、保健師による面談、健康スポーツ科学の専門家による運動処方⁶⁾の提案を受け、その後は2つの群に分かれて、下記のような内容を行った。

集団運動群(40名)：参加者は、保健師との面談の後、センターに集まって運動指導士のもとで運動を実施し、スポーツ科学の専門家が作成した運動処方をもとに日常の身体活動量の増加を目標とした。

個別運動群(33名)：個別運動教室への参加者は初回に保健師との面談により設定した運動などの行動目標を自宅中心に実践した。

3. 測定指標と分析方法

介入効果の検討に用いた測定指標は、肥満度や体組成、持久的体力、身体活動量であった。これらの測定は介入前と3ヵ月後の終了時に行った。

肥満度は、InBody720（バイオスペース社）を用いて測定し、体重、Body Mass Index（BMI）、体脂肪率、ウエスト・ヒップ比（WHR）を用いた。また、ウエスト周囲径は介入前のみで全員に測定を行った。

体組成は、同じくInBody720を用い、骨格筋量、体脂肪量、体水分量、蛋白質量、ミネラル量の5項目を用いた。

持久的体力は最大酸素摂取量（VO₂max）を自転車エルゴメーターを用いて測定し、Åstrandのノモグラム⁷⁾から間接法で推定した。

身体活動量はスズケン社のライフコーダーEXを1から2週間装着させ、12時間以上装着していた日の歩数のみの平均値を算出し用いた。

なお、メタボリックシンドロームおよびその予備軍と判定するのに用いた血液指標は直近の地域健康診査時の採血により得られた値であった。メタボリックシンドロームとその予備軍の判定には2005年に設定された日本内科学会の基準を用いた⁸⁾。

統計解析は、統計ソフトSPSS17.0 Jを用い、対応のないt検定、 χ^2 検定、分散分析を行なった。集団運動群と個別運動群の介入前のBMIに有意差を認めため、BMIに対する介入効果の検定は介入前指標を共変量とする共分散分析を行った。有意水準は危険度5%未満とした。

III 結果と考察

1 介入前の対象者の特性(表2)