

厚生労働省科学研究費補助金
長寿科学総合研究事業

平成18年度
総括研究報告

研究課題名:

中高年健康増進のためのITによる地域連携型
運動処方システムの構築

平成19(2007)年3月

主任研究者:能勢 博

目 次

I. 総括研究報告	
中高齢健康増進のための IT による地域連携型運動処方システムの構築-----	3
能勢 博 (信州大学医学研究科スポーツ医科学分野)	
II. 分担研究報告	
1. インターバル速歩が生活習慣病予防・介護予防に与える効果 -----	13
能勢 博 (信州大学医学研究科スポーツ医科学分野)	
2. インターバル速歩の効果予測システムの開発 -----	35
山崎敏明 (キッセイコムテック (株))	
3. 松本市熟年体育大学を基盤とした運動処方反応性遺伝子の探索 -----	51
樋口京一 (信州大学医学研究科加齢生物学分野)	
4. 松本市熟年体育大学を基盤とした生活習慣病ならびに運動処方感受性遺伝子探索 のための遺伝子多型解析 -----	65
三木哲郎 (愛媛大学医学系研究科加齢制御内科学)	
5. 遺伝子解析研究推進のための基盤整備 -ゲノムリテラシー向上と個人情報保護- -----	75
福嶋義光 (信州大学医学部遺伝医学分野)	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	81

平成18年度

総括研究報告

研究課題名:

中高年健康増進のための IT による地域連携型
運動処方システムの構築

平成 19(2007)年 3 月

主任研究者:能勢 博

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
（総括研究報告書）

中高年健康増進のためのITによる地域連携型運動処方システムの構築

主任研究者 能勢 博 信州大学大学院医学研究科・教授

分担研究者

樋口京一 信州大学大学院医学研究科・加齢生物学分野・教授
三木哲郎 愛媛大学大学院医学研究科・加齢制御内科学・教授
福嶋義光 信州大学医学部・遺伝医学分野教授
山崎敏明 キッセイコムテック（株）・メディカルシステム事業部・マネージャー

研究要旨

本研究の目的は、松本市、信州大学、地元企業が、中高年の健康スポーツ教室、「松本市熟年体育大学」の過去10年間の実績を踏まえ、ITシステムを用いて個別運動処方を全国的に展開し、運動処方反応性遺伝子を視野に入れた、運動処方効果に関する優れたデータベースを構築しつつ、生活習慣病予防、介護予防、医療費削減のための運動処方を確立することである。

熟年体育大学の研究体制は、①携帯型運動量連続測定装置（熟大メイト）（特許3571272）を開発し、②「インターバル速歩」によって、マシントレーニングに匹敵する効果があることを立証し、③長野県内外10の市町村の予防医療サービス拠点と熟年体育大学リサーチセンターにITネットワークを構築し、遠隔型個別運動処方を実施した。さらに、このサービス拠点を企業・大学の保健管理センター、病院の健診センター、介護老人ホームに拡大させ、全世代横断型の事業に発展させた。

平成18年度の主な実績としては、平成17年度の研究成果をもとに、熟大メイト（キッセイコムテック社製）を量産するとともに、ITインフラ（キッセイコムテック社製）を開発し、それらを製品化した。さらに、長野県内外10市町村、3病院、2老人ホーム、2大学の1,226名を対象に6-18ヶ月間の遠隔型個別運動処方を実施し、生活習慣病予防、介護予防指標の顕著な改善の結果を得、年間4.6万円の医療費の削減効果を得た。また、これらの研究と並行して参加者の一部の協力を得て、①インターバル速歩が生活習慣病予防・介護予防に与える効果の検証、②インターバル速歩の効果予測システムの開発、③運動処方反応性遺伝子の探索、を行った。

これらの結果から、年齢、体力など広い属性の個人を対象にインターバル速歩を実施することによって、生活習慣病、介護予防が可能であること、さらに、運動処方効果に関する遺伝子を探索するためのデータベース構築システムが可能になった。

A. 研究目的

松本市、信州大学、地元企業が、中高年の健康スポーツ教室、「松本市熟年体育大学」の過去10年間の実績を踏まえ、ITシステムを用いて個別運動処方を全国的に展開し、運動処方反応性遺伝子を視野に入れた、運動処方効果に関する優れたデータベースを構築しつつ、生活習慣病予防、介護予防、医療費削減のための運動処方を確立することである。

B. 研究方法

1) 実施規模：

平成18年度の事業で、総数1,226を対象に事業を実施した。内訳は、①自治体モデル(1,005名)：松本市、上田市、茅野市、伊那市、千曲市、日野市、池田町、山形村、小谷村、京都市西京区の各市町村、②企業・医療機関モデル(123名)：丸の内病院、富士見高原病院、東御市みまき診療所、③大学モデル(24名)：信州大学、④老人ホームモデル(45名)：富士見高原病院附属紅林荘、あすか小諸、⑤個人会員モデル(29名)である。

2) 実施体制：

運営スタッフの確保：本事業の運営はNPO法人 松本市熟年体育大学リサーチセンター(JTRC)が担当した。JTRCから派遣される健康推進コーディネータおよびトレーナと、自治体(病院)から派遣される保健師が、個別運動処方を実践し、データ収集を行った。また、遺伝子探索に関しては、体力測定時に、遺伝子解析に関して個別に説明を行いインフォームドコンセントを得た。その際、血液成分の分析用に採取した血液サンプルの一部

から遺伝子多型用のDNAを抽出し、後日、愛媛大学にSNPsの測定を依頼した。その際、個人が同定できないように、信州大学医学部遺伝医学分野の協力を得て匿名化を行い、また、生理的パラメータとの関連を検討する際には、再結合を行った。

3) 研究内容：

・健康チェック・体力測定：

参加者について、4月と10月、そして翌年の2月の年3回、体力(持久性、抵抗性)と生活習慣病予防・介護予防指標を測定した。参加者は通年、または半年単位で事業に参加した。その際、同意をえられた参加者について、遺伝子多型解析用の血液を採取した。

・運動処方：

1日30-60分間のインターバル速歩トレーニングを週に数回実施した。参加者は「熟大メイト」を2週間に一度、自治体では「地域公民館」、大学・企業・医療機関では「健康管理センター」などに持参し、ITネットワークを通じて「熟年者スポーツ支援センター」のホストコンピュータに転送し、それに基づいて遠隔型個別運動処方を提供した。

さらに、参加者の一部の協力を得て、①インターバル速歩が生活習慣病予防・介護予防に与える効果の検証実験に関して、健康食品との併用効果、要介護者、変形性関節症患者における効果の検討をおこない、医療機関との連携で骨密度の改善効果を検討した。また、ウォーキング中の熱中症予防のための水分摂取方法、水中インターバル速歩トレーニング、傾斜地対応の熟大メイトなど、インターバ

ル速歩トレーニングの適応範囲拡大のための予備実験を行った（以上、能勢が担当）。さらに、② インターバル速歩の効果予測システムの開発に関しては、参加者の初期属性に応じてデータベースを小グループ化し、それぞれについて運動効果の未来予測プログラムを開発した（以上、山崎が担当）。また、これらの実験と並行して、③ 運動処方反応性遺伝子の探索については、すべての被験者についてインフォームドコンセントを得て、血液サンプル中の白血球からDNAを分離し、運動トレーニング効果に関連すると予想される候補遺伝子のSNPsを解析した。その際、遺伝子の多型解析に関しては、今年度は、参加者のうち469名を対象とし、生活習慣病、介護予防関連の86個の遺伝子について、合計132個のSNPsの遺伝子型判定を実施した。最後に、トレーニング効果に関する各種臨床データと対応させることで、運動処方反応性遺伝子の探索を行った。この遺伝子研究計画は「熟年体育大学を基盤とした遺伝子研究チーム」を学内に結成し、計7回に及ぶ協議の末、信州大学医倫理委員会の承認を得て実施した（以上、樋口、三木、福嶋が担当）。

C. 研究結果

① インターバル速歩が生活習慣病予防・介護予防に与える効果の検証：平成18年度、1,226名の参加者のうちほとんどが半年間の運動処方プログラムを最後まで実施し、脱落者は1%に満たなかった。これらの平成18年度の結果と既に実施した17年度結果について、初めて5-6ヶ月間

のインターバルウォーキングに参加した中高年の男性283名、女性663名（平均年齢65歳）のみを抜きだして、それらを対象としてインターバル速歩の効果を検証した。その結果、半年間で体重が2-3%、体脂肪率が5-8%、BMIが3-4%、ウエスト周囲長が2-3cm低下した。一方、最高、最低血圧については、下位15%に分布する被験者で、それぞれ10mmHg、6mmHg上昇し、上位15%で15mmHg、10mmHg、それぞれ低下した。同様に、血液成分についても、総コレステロールの下位15%に分布する被験者では6%上昇したが、上位15%では6%低下した。さらに、中性脂肪では、下位15%の被験者では50%上昇し、上位15%では30%低下した。同様にLDLコレステロールでは、下位15%で8%上昇し、上位15%で8%低下し、さらに、血糖値では、下位15%では9%上昇し、上位15%では10%低下した。また、HDLコレステロールは、下位15%では9%上昇した。以上、半年間のインターバル速歩トレーニングは、体重、体脂肪率、ウエスト周囲長を著しく減少させることが判明した。また、動脈血圧、血圧成分については、高い群については低下させ、低い群については上昇させ、いわゆる正常値に近づくことが明らかとなった。

さらに、健康食品との併用効果、要介護者、変形性関節症患者への適用、骨密度の改善効果、ウォーキング中の熱中症予防のための水分摂取方法、水中インターバル速歩トレーニング、傾斜地対応の熟大メイトなどの開発についても、インターバル速歩トレーニングの有用性を示す結果が得られ、同運動処方の適応範囲

拡大を支持する結果を得た（分担報告書参照）。

② インターバル速歩の効果予測システムの開発：これまでのデータベースをもとに、被験者の初期属性について、性別、年齢を入力し、生活習慣病指標、体力指標を上位、中位、下位の3段階にわけ入力すれば、それらの指標が、どれくらいの運動をすれば、どれほど改善するか、という未来予測が瞬時にして得られるプログラムを開発した。さらに、この予測的中率を上げるため、複数の属性をもつ被験者、例えば、最高血圧が高く、なおかつ、体脂肪率が高い被験者を抽出し、それぞれの指標の改善予測を行えるプログラムを開発した。

③ 運動処方反応性遺伝子の探索：血圧、糖代謝、脂質代謝、骨代謝、難聴、老化に関与することが示唆されている92個の遺伝子を選定し、これらの遺伝子上の98個のSNPsに関して、90個のSNPsの解析を終了した。その結果、いくつかの遺伝子上の特定のSNPsを所有する被験者において、生活習慣病指標の運動処方前値および運動処方による改善効果との間に特に高い有意相関を認めた。これらは運動処方反応性遺伝子であると考えられる。

D. 考察

予防医療体制の整備は医療費削減の見地からも早急に行なわなければならない、その中でも運動処方は予防医療に不可欠な手段として注目されている。それにもかかわらず、現在、世界規模で予防医療の現場で広く用いられている科学的運動処方は存在しない。

その原因は、運動処方はいずれの体力に合わせた個別指導が原則であり、一方、現場で広く実施できる運動方法が必要であるが、これら二つの課題を同時に解決できる方法が存在しなかったからである。すなわち、体力が異なる個人に的確な指導を行うためには、現場で簡便に行える運動方法と、その運動量を正確に計測する方法が必要であるが、現在までそれらが存在せず、その結果、「運動量と効果の関係」もしくは「費用対効果」を示す科学的証拠が存在しなかった。

この問題解決のために、我々は現場で簡便に実施できる速歩運動とその運動量計測方法を開発し、「運動量」と「生活習慣病・介護予防および医療費削減効果」の関係について、信頼性の高い「科学的証拠の構築」に成功した。さらに、本年度の研究では、これらのデータベースをもとに、被験者個人の初期属性を入力すれば、瞬時にして運動処方効果が予測できるプログラムの開発に成功した。また、いくつかの運動処方反応性遺伝子について、運動処方効果の個人差を裏付ける結果を得ている。

今後の課題としては、現在1,226名の参加者を次の2年間で1万人規模に拡大し、運動処方効果判定のためのデータベースをさらに充実させる。それらのデータベースには、要介護者などの虚弱者、膝関節症患者などを含み、いわゆる健康人だけではなく「治療」としてのインターバル速歩トレーニングの適用についてもプログラムを拡充させる。そのためには、現在のフィールドにおける体力測定、血液検査だけではなく、医療機関と連携し

て、血管撮影、MRI、DXAなどの検査結果をデータベースに蓄積する。また、インターバル速歩による生活習慣病予防、介護予防効果を加速させる健康食品を同定することで、運動処方と栄養処方の併用が可能となる。さらに、これらの処方効果の個人差について、運動処方反応性遺伝子による裏づけがとれれば、今後、個人にあったテーラーメイド型の健康増進方法の整備につながるものと期待できる。

E. 結論

1) 健常者におけるインターバル速歩トレーニングの生活習慣病予防、介護予防における効果の1400名のデータベースについて、さらに1,226人のデータを追加した。

2) このデータベースに基づき、個人属性に合った運動処方を実施するための効果判定予測可能な遠隔型個別運動処方プログラムを開発した。

3) インターバル速歩トレーニングは、要介護者、膝関節症患者、骨粗鬆症患者の治療にも有効であることが明らかとなった。

4) 従来、被験者数に限界があって困難であった運動処方反応性遺伝子探索が可能となり、実際、その効果の個人差について、それを裏づけるいくつかの遺伝子多型を同定した。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kamijo Y, Nose H: Heat illness during working and preventive considerations from body fluid homeostasis. Industrial Health 44:345-358, 2006.
- 2) 岡崎和伸、源野広和、森川真悠子、能勢 博：運動基準・指針を生かす個別プログラム、「新しい健康づくりのための運動基準・指針」、体育の科学 56:627-634, 2006.
- 3) 後藤正樹、能勢 博：長期臥床が循環機能に及ぼす影響—起立性低血圧症を中心に—、「廃用性症候群を吟味する—無動・不動、低活動、臥床の影響の理解と予防」、MB Med. Reha 72: 39-44, 2006.
- 4) 能勢 博、根本賢一、森川真悠子、山崎敏明、源野広和、井澤雅子：低活動による要介護予防への総合的取り組み—松本市熟年体育大学の試み—、「廃用性症候群を吟味する—無動・不動、低活動、臥床の影響の理解と予防」、MB Med. Reha 72: 55-62, 2006.
- 5) 能勢 博、後藤正樹：高齢者の体力低下とカウンターメジャー：松本市熟年体育大学の試み、理学療法研究・長野 34: 47-50, 2006.
- 6) 能勢 博：産官学連携による生活習慣病予防のモデル事業—熟年体育大学—、エスペック技術情報、46:1-11, 2006.
- 7) 能勢 博、源野広和、井澤雅子：産・官・学・民連携による病気予防へのモデル事業—松本市熟年体育大学—、[ここまでわかってきた生活習慣病健診と対策のすべて—診断からフォロー

ーアップまで]、奈良昌治（監）、山門 実（編）、ライフサイエンスセンター、横浜市、pp358-365, 2006.

- 8) 能勢 博、源野広和、花岡正明、根本賢一、井澤雅子：実践指導の経験から、「健康長寿と運動」、(財)長寿科学財団、東浦町、pp207-217, 2006.

2. 学会発表

- 1) 能勢 博：インターバル速歩と熟年体育大学、「健康スポーツと予防医療：熟年体育大学の将来像（主催：信州大学大学院医学研究科）」、松本、2月18日、2006年.

- 2) 能勢 博 他：インターバル速歩でパワーアップ！：熟年体育大学が進める、疾病予防、健康増進プロジェクト、「元氣フォーラム」（主催：経済産業省）、松本、3月12日、3月31日、2006年.

- 3) 能勢 博 他：松本市熟年体育大学を拡張発展させたヘルスマネジメント型サービス事業の推進（熟年体育大学リサーチコンソーシアム）、「サービス産業創造フォーラム2006（主催：経済産業省）」、東京、3月23-24日、2006年.

- 4) 能勢 博：健康スポーツとストレス緩和：松本市熟年体育大学事業の試み、「生活管理とストレス」、ヒューマンストレス産業技術研究会・第10回講演会、大阪、9. 22. 2006.

- 5) 能勢 博、根本賢一、井澤雅子、花岡正明、源野広和：松本市熟年体育の歴史、「運動処方と予防医療：熟年体育大学の挑戦」、第61回日本体力医学会大会、神戸、9. 25. 2006、体力科学 56 (1)：64, 2007.

- 6) 根本賢一、源野広和、能勢 博：マシンなしの筋トレ：インターバル速歩と熟大メイト、「運動処方と予防医療：熟年体育大学の挑戦」、第61回日本体力医学会大会、神戸、9. 25. 2006、体力科学 56 (1)：65, 2007.

- 7) 山崎敏明、長岩利幸、花岡正明、源野広和、能勢 博：ITネットワークを用いた遠隔個別運動処方プログラムの開発、「運動処方と予防医療：熟年体育大学の挑戦」、第61回日本体力医学会大会、神戸、9. 25. 2006、体力科学 56 (1)：66, 2007.

- 8) 源野広和、丸岡 禎之、降旗俊一、下平博和、鬼塚さやか、田邊愛子、宮川 健、能勢博：インターバル速歩の効果に関する科学的証拠の構築とその将来展望、「運動処方と予防医療：熟年体育大学の挑戦」、第61回日本体力医学会大会、神戸、9. 25. 2006、体力科学 56 (1)：67, 2007.

- 9) 井澤雅子：地域コミュニティの育成に向けての「官」・「民」の取り組み、「運動処方と予防医療：熟年体育大学の挑戦」、第61回日本体力医学会大会、神戸、9. 25. 2006、体力科学 56 (1)：68, 2007.

- 10) 鬼塚さやか、源野広和、樋口京一、澤下仁子、花岡正明、石川 忍、長岩利幸、関 洋一、能勢 博：健康食品のテストベッドとしての熟年体育大学、運動処方と予防医療：熟年体育大学の挑戦」、第61回日本体力医学会大会、神戸、9. 25. 2006、体力科学 56 (1)：69, 2007.

- 11) 能勢 博：10歳若返る！「インター

バル速歩の将来」、「運動と健康—生活習慣病予防をめざした運動と体質—：平成18年度・厚生労働科学研究費・長寿科学総合研究事業・研究成果発表会」、松本、1.27.2007.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

1)

名称：運動効果予測システム、運動効果予測プログラム、および、運動効果予測方法

出願番号：特願2006-257706

出願日：平成18年9月22日

発明者：能勢 博、源野 広和、長岩 利幸
2)

名称：加速度計を用いたふらつき評価方法、ふらつき評価用プログラム、および携帯

型ふらつき簡易計測機

出願番号：特願2006-256566

出願日：平成18年9月22日

発明者：能勢 博、源野 広和、下平 博和
3)

名称：消費カロリー算出方法および携帯用消費カロリー測定装置

出願番号：特願2007-60705

出願日：平成19年3月12日

発明者：能勢 博、源野 広和、山崎 敏明

2. 実用新案登録

なし

3. その他

「政府広報・雑誌など」

1) 厚生労働省・中央労働災害防止協会：
「熱中症の発生防止に係る調査研究報告書」、pp1-60, 2005.

2) 能勢 博：医師開発の骨・関節強化法、「健康365」、9：44-48, 2005.

3) 能勢 博：インターバル速歩は筋力・体力が若返るうえに表情も明るくなる、「健康365」、5：20-21, 2006.

4) 厚生労働省、運動所要量・運動指針の策定検討会：「健康づくりのための運動基準2006—身体活動・運動・体力—報告書」、pp1-26, 2006.

5) 厚生労働省、運動所要量・運動指針の策定検討会：「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」、pp1-44, 2006.

6) (社)国立大学協会：科学的証拠に基づく健康増進の取り組み—予防医療の体系化をめざして—、「国立大学による地域貢献」、149, 2006.

7) 能勢 博：健康長寿社会構築に向けて：運動生理学の挑戦、「Vision (巻頭言)」、日本生理学雑誌 68(6)：193-194, 2006.

8) 能勢 博：「インターバル速歩」で若返り—松本市熟年体育大学の実践—、「ドクターはあなた—すこやかな熟年を目指して—」、信州大学・SBC放送、松本、pp28-33, 2006.

9) 熟年体育大学リサーチコンソーシアム(JTRC)：松本市熟年体育大学を拡大発展させたヘルスマネジメント型サービス事業の推進、「サービス産業創出支援事業(健康サービス)」成果発表会・配布資料、pp5-8, 2006.

10) 熟年体育大学リサーチコンソーシアム(JTRC)：松本市熟年体育大学を拡大発展させたヘルスマネジメント型サービス事業の推進、「平成17年度 電源地域活性化先導モデル事業・調査研究報告

- 書」、pp1-149, 2006.
「新聞報道など」
- 1) ウォーキングと温泉で健康増進、団塊世代向けツアー商品、信大系NPOと観光協会、今秋から本格展開、日本経済新聞、4. 6. 2006.
 - 2) 運動の効果出る人でない人、遺伝子との関係研究、松本市・信大などのNPO きめ細かい健康指導へ、信濃毎日新聞、7. 9. 2006.
 - 3) 先端予防医療センター、テラーメイド健康管理普及へ、理論・ノウハウ体系化、熟大の取り組み基礎に、医療タイムス、7. 20. 2006.
 - 4) 予防医療で医療費削減効果、NHK ニュース、7. 24. 2006.
 - 5) SBCスペシャル「アンチエイジング特集」、SBC、7. 27. 2006.
 - 6) 運動の大切さ伝えたい、病院勤務のかたわら大学院へ、根本賢一さん(38)、市民タイムス、8. 2. 2006.
 - 7) インターバル速歩学ぶ、大桑で公民館研究集会、市民タイムス、9. 6. 2006.
 - 8) 「熟年健康づくり教室」参加者、医療費2割少なく、松本のNPO調査、1人2万余軽減の計算、信濃毎日新聞、10. 4. 2006.
 - 9) 医療費抑制に効果、信大や市の熟年体育大学「速歩」運動で健康に、市民タイムス、10. 14. 2006.
 - 10) 若者のカラダ黄信号? 「速歩」と食生活改善を推進、朝日新聞、11. 28. 2006.
 - 11) 健康寿命を延ばしたい～熟年体育大学の挑戦～テレビ信州、12. 16. 2006.
 - 12) 信大発「速歩」世界へ、健康づくり手法発信、信濃毎日新聞、1. 3. 2007.
 - 13) 健康食品のテストベッドとしての熟年体育大学、MD UPDATE !, 1. 15. 2007.
 - 14) 「速歩」の効果 信大が講座、信濃毎日新聞、1. 26. 2007.
 - 15) 保健指導の対象者が30%減、NHK ニュース、1. 27. 2007.
 - 16) 運動の効果アミノ酸の構造で違い、NHK ニュース(おはよう日本)、1. 27. 2007.
 - 17) インターバル速歩が効果的、生活習慣病予防週間特集、市民タイムス、1. 31. 2007.
 - 18) 登山中の体力測定器を開発、NHK ニュース(おはよう日本)、3. 21. 2007.
 - 19) 信大グループ、遭難防止に消費カロリー測定器開発、NHKニュース、3. 21. 2007.
 - 20) 普及へ運動量測定装置来月発売へ、健康効果注目「インターバル速歩」、信濃毎日新聞、3. 24. 2007.
 - 20) 歩行運動量測る、信大NPOと装置開発、日本経済新聞、3. 27. 2007.
 - 21) 信大NPO、「熟年体育大学」海外に、米中の大学などと連携、会員企業と製品開発も、日本経済新聞、3. 29. 2007.

平成18年度

分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

中高年健康増進のためのITによる地域連携型運動処方システムの構築分担研究報告書

インターバル速歩が生活習慣病予防・介護予防に与える効果

主任研究者 能勢 博 信州大学大学院医学研究科・教授

研究協力者

源野広和 信州大学健康管理センター・教育特任教授
岡崎和伸 (財)長寿科学振興財団・リサーチレジデント
増木静江 信州大学医学研究科・スポーツ医科学分野・助手
上條義一郎 信州大学医学研究科・スポーツ医科学分野・助手

信州大学大学院医学研究科・博士課程

森川真悠子 JTRC・健康推進コーディネータ（2年生）
宮川 健 JTRC・健康推進コーディネータ（1年生）

信州大学大学院医学研究科・修士課程（2年生）

市原靖子 特別介護老人ホーム・紅林荘・理学療法士
加藤真理子 富士見高原病院・理学療法士
半田秀一 東御市立みまき温泉診療所・理学療法士
丸岡禎之 JTRC・健康推進コーディネータ
田邊愛子 JTRC・健康推進コーディネータ
鬼塚さやか JTRC・健康推進コーディネータ

その他

下平博和 JTRC・健康推進コーディネータ
古旗俊一 JTRC・健康推進コーディネータ
井澤雅子 松本市・健康福祉部・保健師

研究要旨

参加者の一部の協力を得て、以下のインターバル速歩トレーニング効果判定に関する研究を実施した。すなわち、1)生活習慣病予防・介護予防への効果判定、2)医療費削減効果の検証、3)骨密度の増加効果、4)ダイエット食品摂取との併用効果、5)要介護者の体力増強効果、6)膝関節症患者における効果、7)水中インターバル速歩の効果、8)夏季トレーニング時の熱中症予防のための水分補給効果、9)若年者（大学生）における効果、10)坂道対応の「熟大メイト」の開発、11)「熟大メイト」への平衡能測定機能の搭載、を行った。その結果、年齢、体力など広い属性の個人を対象にインターバル速歩を実施することによって、生活習慣病、介護予防が可能であること、さらに、運動処方効果に関する遺伝子を探索するためのデータベース構築システムが可能になった。さらに、熟大メイトの改良や、水中、暑熱環境下におけるインターバル速歩トレーニングの効果やリスク回避のデータが蓄積されることで、全国民に向けて同トレーニングの汎用性を確信するに至った。

A. 研究目的

- 1) 生活習慣病予防・介護予防への効果判定：中高年におけるインターバル速歩トレーニングが生活習慣病指標、介護予防指標に与える効果についてのデータベースの被験者数の拡充することを目的とした。
- 2) 医療費削減効果の検証：中高年におけるインターバルトレーニングの医療費削減効果を検証することを目的とした。
- 3) 骨密度の増加効果：中高齢女性を対象に、インターバル速歩トレーニングによる骨密度の改善効果を検討することを目的とした。
- 4) ダイエット食品摂取との併用効果：熟年世代の肥満傾向～肥満者において、フォーミュラ食品(タンパク質を主原料に糖質・脂質を必要最少量に抑え、ビタミン・ミネラルを含んだ規格商品)の一つであるマイクロダイエット-S (MD: サニヘルズ株式会社製) を用いた食事療法とインターバル速歩トレーニングを主体とした運動処方法の併用効果を検証することを目的とした。
- 5) 要介護者の体力増強効果：インターバル速歩トレーニングの介護予防効果を検証することを目的とした。
- 6) 膝関節症患者における効果：変形性膝関節症患者において、ストックを用いたインターバル速歩トレーニングの効果を検証することを目的とした。
- 7) 若年者における効果：インターバル速歩が若年者に及ぼす効果を検証することを目的とした。
- 8) 水中インターバル速歩の効果：携帯型運動量計(以下、熟大メイト)を水中歩行

- へ応用し、①水中歩行時の熟大メイトからの出力を酸素摂取量へ換算する式の決定、②水中歩行トレーニング時の運動量の測定、③水中インターバル速歩トレーニング効果の検証することを目的とした。
- 9) 夏季トレーニング時の熱中症予防のための水分補給効果：中高年の糖質電解質溶液(CHO)摂取が持久力維持に効果があるか、を検証することを目的とした。
 - 10) 坂道対応の「熟大メイト」の開発：坂道の上り下りで歩行をした際でも、カロリーが正確に測定できる機器を開発することを目的とした。
 - 11) 「熟大メイト」への平衡能測定機能の搭載：静止立位時の重心動揺を加速度センサ計(熟大メイト、三洋電機)で簡易計測する可能性を調査するため、従来の重心動揺計(G-5500、アニマ)と比較することを目的とした。

B. 研究方法

- 1) 生活習慣病予防・介護予防への効果判定：解析の対象は、松本市、茅野市、上田市、日野市、伊那市、千曲市、池田町、小谷村、山形村で、4-10月の期間、本事業初めて参加した50歳以上の男性283名、女性663名、合計946名(平均年齢65歳)である(図1)。実験のプロトコールは、4月に筋力、持久力の体力測定、血液検査の後、5-6ヶ月間のインターバル速歩トレーニングを実施し、9-10月に再度、体力測定、血液検査を行い、効果を判定した。解析方法は、トレーニング前の各測定項目について、平均値±1標準偏差(SD)の範囲に属する被験者を中間群とし、平均値-1SDより下に属する被験者

を下位群、平均値+1SDより上に属する被験者を上位群として解析した。

2) 医療費削減効果の検証：松本市における、平成17年度事業の参加者の中で国民健康保険に加入している50-80代の166名（男性：女性=85：81）について、トレーニングの6ヶ月ごとの医療費の推移を調べ対照群と比較した。対照群は事業に参加していない一般市民について、平成16年下期の医療費、年齢、男女比が事業参加者群と同じになるように2,353名を抽出し、その群について平成17年度の医療費を追跡した。

3) 骨密度の増加効果：平成17年10月-3月までの運動を継続した女性288名（平均年齢63.9歳）を対象とした。骨密度はDual Energy X-ray Absorptiometry (DXA法)を用い、腰椎と両側大腿骨を計測した。解析は、初回測定時の平均値±1SDを中間群（196名）とし、平均値-1SDより下位群（44）と平均値+1SDより高い上位群（48名）の3群に分類し、運動前後の骨密度計測値の差を検討した。

4) ダイエット食品摂取との併用効果：被験者は、インターバル速歩トレーニングのみを行う群（以下CT群男性：9名、年齢：62±2 (SE) 歳、体重：70.1±1.4kg、女性：24名、年齢：60±1歳、体重：62.9±2.1kg）と、MDとインターバル速歩トレーニングを併用する群（以下MD群男性：11名、年齢：65±2歳、体重：73.0±2.2kg、女性：36名、年齢：61±1歳、体重：61.5±1.0kg）で群間に差がないように分けた。また、両群は2週間のうち連続する3日間の食事内容を、食品ガイドブック（キッセイヘルコム株式会社製）に基づいて記入した。測定項目は、初期体

力測定時に身長、体重・体脂肪率、血圧、血液成分、筋力（膝伸展筋力・膝屈曲筋力）を測定した。その後、松本市内の各地区福祉ひろばで2週間毎に熟大メイト（加速度計）で測定した日々の運動量、体重、体脂肪率、血圧を記録した。試験終了後、初期体力測定時に測定した項目を再び測定した。

5) 要介護者の体力増強効果：A群として、H17年8月～12月に介護保険施設のデイサービス利用者で、歩行可能（補装具使用や歩行介助ありの方も含む）な介護度1～3の要介護者と要支援者（22名）、B群として、H18年6月～9月に介護保険施設の入所サービス利用者で15分間の歩行可能な介護度1-2の要介護者（10名）を対象とした。スタッフとして、A群では、2名のデイサービス職員と職員指導のため1名の理学療法士が、B群では、3施設それぞれ1名ずつの理学療法士が関与した。プロトコールとして、両群ともトレーニング前後のストレッチと、3分間ずつの緩歩と速歩（最大歩行速度の70%）を繰り返すインターバル速歩トレーニングを約3ヶ月間実施した。目標運動量は、A群では9分間/日のインターバル速歩を週1日、B群では15分間/日のインターバル速歩を週3日、である。トレーニング中の運動量は運動計測器（熟大メイト）で測定し、トレーニング前後で、体力、生活習慣病指標を計測して比較した。

6) 膝関節症患者における効果：対象者は、富士見高原病院に通院する両変形性膝関節症と診断された外来患者で、JOA膝治療成績判定基準で70/100点以上で、1本杖または独歩で10分以上連続歩行が可能な

高齢者合計12名を対象とし、A群（ストックなし）はH17年.8~12月の期間中に、男性3名、女性3名（年齢73.6±5.9、平均値±SD）、B群（ストック有り）はH18年6~9月の期間中に女性6名（年齢71.2±10.7歳）で実施した。プロトコルとして、両群とも毎日の歩行トレーニング前後において、所定のストレッチ運動を行うこと、また、最大歩行速度の70%と30%のウォーキングをそれぞれ3分間ずつ（インターバル速歩）、30~60分/日、最低3日/週以上を目標に約3ヶ月間実施させた。期間中のトレーニングによる運動量は携帯型運動量計測器（熟大メイト）で測定した。また、トレーニング期間前後で、体力・生活習慣病指標を計測してその効果を判定した。

7) 若年者における効果：年齢~19歳の男子10名、女子73名の大学生を対象とした。トレーニング期間は、平成17年年9月17日から12月10日までの83日間とした。まず、「インターバル速歩」トレーニング実施前の約1ヶ月間に、被験者の体重・体脂肪率、血液検査、持久力測定、脚筋力を測定した。持久力測定は、①自転車エルゴメータによる最大酸素摂取量（ $CV_{O_{2peak}}$ ）と、②熟大メイト（加速度計）を用いた3段階ステップアップ歩行による持久力推定（ WVO_{2peak} ）の2つの方法で測定した。 WVO_{2peak} 測定時に、男性は10kg、女性は5kgの重り付きのベストを着用させた。利き足の脚筋力はBiodex System3で測定した。各人のトレーニング速歩閾値は70% $CV_{O_{2peak}}$ とし、そのレベル以上で1週間に60分間以上歩くことを指導した。解析は、 $CV_{O_{2peak}}$ の初期値で、平均値-1SD以下を低体

力群（n=9）、平均±1SDの範囲を中体力群（n=49）、平均+1SD以上を高体力群（n=9）に分けて実施した。

8) 水中インターバル速歩の効果：中高年女性19名（年齢：59±5歳、身長：155±5cm、体重：55±10kg平均値±SD）を被験者とし、水深110cm、水温31度の25mプールにおいて、①呼気ガス採取用マスクと後頭部に熟大メイトを被験者に装着させ、低速、中速、高速で各3分間ずつ水中歩行させ、その間の酸素摂取量と熟大メイトの出力（総力積、 I_{total} ）の関係を決定した。②高速水中歩行時の最後1分間の運動量を速歩の目標値として熟大メイトに記憶させ、水中における速歩（目標値以上）と通常歩行（目標値の70%）を繰り返して行う「水中インターバル速歩」を1日30分間、週3日を目標に8週間行わせた。トレーニング期間中の熟大メイトによる運動量は1)でもとめた式で酸素摂取量に換算し、歩行日数、歩行時間と共に記録した。③トレーニング前後で、生活習慣病指標、体力を測定した。

9) 夏季トレーニング時の熱中症予防のための水分補給効果：男性21名（~61歳）、女性17名（~59歳）を被験者とし、それぞれCHO（Gatorade®）摂取（CHO）と非摂取（no-CHO）の2条件の実験に参加した。実験当日、屋内（気温28℃、相対湿度40%）で3分間ずつの3段階速度の歩行テストによって最高速歩時のエネルギー消費量（ EE_{max} ）を加速度計で求めた。その後、屋外（気温30℃、相対湿度40%）でインターバル速歩を（260kcal/42min）実施した。その際CHOでは10ml/kg体重の速歩中

に摂取させた。その後、屋内で再度EE_{max}を測定した。

10) 坂道対応の「熟大メイト」の開発：
まず、中高年の被験者42名を（男性：21名 女性：21名 年齢：63±7(SD)）を対象として、勾配0%に設定したトレッドミル上を、安静、低速、中速、高速、最速の5段階で3分間ずつ歩行させた。次にトレッドミルの勾配を+5%、+10%、+15%と上昇させ、また逆に、-5%、-10%、-15%と下降させ、それぞれの勾配で、3、4、5kmの速度で歩行させた。その間、呼気ガス分析によって酸素消費量を、さらに、熟大メイトによってX、Y、Z方向の加速度とそのノルムを求め、体重との積から総力積(I_{total})を算出した。

11) 「熟大メイト」への平衡能測定機能の搭載：被験者は高齢群32名(62.7±5.5歳、男性4名、女性28名)、若年群12名(30.4±6.8歳、男性7名、女性5名)とした。加速度センサ計は被験者のズボン背面中心に装着し、静止立位で開眼及び閉眼をそれぞれ30秒間、重心動揺計と同時計測した。開眼時は、前方2mの壁へつけた指標を注視するよう指示した。

C. 研究結果

1) 生活習慣病予防・介護予防への効果判定：図1に年齢の分布とトレーニング量を示す。ウォーキングの実施率は52±1%で、2日に1回の割合でウォーキングを実施していることがわかる。さらに1日あたりの歩行時間は速歩で24±0分、普通歩きで27±1分、1日あたりのエネルギー消費量は、速歩で94±2 kcal (3.9kcal/min)、普通歩きで50±1kcal (1.9kcal/min)と、速

歩では約倍の強度で歩行運動を実施した。

トレーニングの結果を表1-9に示す。表1-3は、男女を全体、表4-6は男性、表7-9は女性について、それぞれの測定項目のトレーニング前後の値と変化量および有意差の有無を示した。表1-3からわかるように、体重、体脂肪率、BMI、最高血圧、最低血圧、腹周囲径において、一部の下位群を除いてすべて有意に低下したが、特に上位群の低下が大きかった(P<0.001)。また、伸展筋力、屈曲筋力、持久力レベルは下位群では増加したが(P<0.001)、上位群では低下(P<0.001)もしくは変化しなかった。さらに、血液成分においては、総コレステロール、HDLコレステロール、LDLコレステロール、中性脂肪、血糖値のすべてにおいて、下位群では上昇し(P<0.05-P<0.001)、上位群では低下した(P<0.05-P<0.001)。これらの傾向に男女差を認めなかった。以上、インターバル速歩トレーニングの生活習慣病予防、介護予防における効果を再確認した。

2) 医療費削減効果の検証：図2で示すように、事業参加前の平成16年下期には、事業参加者群で87,649円、対照群で87,746円であり、事業参加後6ヶ月間では両群間で差を認めなかったが、12ヶ月後には、事業参加群で96,272円、対照群で119,173円と22,901円の有意な削減効果を認めた(P<0.05)。以上、インターバル速歩トレーニングの医療費削減効果が明らかとなった。

3) 骨密度の増加効果：トレーニング期間の総日数(183日)のうち43%(78日)でインターバル速歩が実施され、速歩時間

が 19 ± 2 (分/日)、普通歩行時間が 30 ± 3 (分/日)であった。下位群において、腰椎で3.1% ($P < 0.01$)、左側大腿骨頸部で2.2% ($P < 0.001$)の骨密度の増加を認めた。以上、インターバル速歩の骨粗鬆症予防効果が明らかとなった。

4) ダイエット食品摂取との併用効果: 約140日間の試験期間におけるCT群とMD群のインターバル速歩トレーニング実施日数は、約85日であり両群間で差がなかった。また、1日の総歩行時間は両群とも約50分であり差はなかったが、速歩時間はCT群の30.2分/日に比べ、MD群で23.5分/日と有意に低かった ($P < 0.05$)。トレーニングの結果、体重はCT群で-2.5kg減少したのに比べ、MD群で-4.8kgとより大きく減少した

($P < 0.001$)。体脂肪率はCT群で-3.9%減少したのに比べ、MD群で-5.4%とより大きく減少した ($P < 0.05$)。BMIはCT群で-1.1減少したのに比べ、MD群で-1.9とより大きく減少した ($P < 0.001$)。筋力は、MD群女性の膝屈曲筋力の平均値が初期値219Nからトレーニング後に240Nと有意に増加した

($P < 0.01$)。また、1日に摂取した平均蛋白質摂取量は、男性でCT群97g、MD群93gと差がなかったが、女性ではCT群78g、MD群81gと有意に高かった ($P < 0.01$)。医療費に関しては、試験期間前(平成16年度上期と下期)は両群間に差がなかったが、試験期間中(平成17年度上期)ではCT群90,554円、MD群36,937円となり、MD群はCT群に比べて53,617円有意に低下した

($P < 0.05$)。以上、インターバル速歩とダイエット食品の併用の有効性が明らかとなった。

5) 要介護者の体力増強効果: 参加者のう

ち所定のプログラムを最後まで継続したのはA群で18名(男5名、女13名、平均80歳)、B群で8名(男5名、女3名、平均82歳)であった。A群の平均運動量は、週1日、11分間/日であり、そのうち速歩は8分間であった。また、歩行による消費カロリーは緩歩で0.7kcal/分、速歩で1.2kcal/分で、1日あたり12kcalであった。その結果、トレーニングによる体力強化、生活習慣病予防に効果を認めなかった。B群の平均運動量は、週2日、17分間/日であり、そのうち速歩は11分間であった。歩行時消費カロリーは緩歩で1.0kcal/分、速歩で1.6kcal/分で、1日あたり27kcalであった。その結果、B群のトレーニング後には、最大速度歩行時の最大心拍数(HRmax)が10%上昇し ($P < 0.01$)、最大酸素摂取量(V_{O2peak})も8名中7名で11%上昇した ($P = 0.05$)。一方、等尺性膝伸展・屈曲筋力は上昇しなかった。血漿アルブミン濃度は5%上昇し ($P < 0.01$)、LDLコレステロール濃度も12%上昇した ($P < 0.05$)。以上、要介護者におけるインターバル速歩の有効性が示唆された。

6) 膝関節症患者における効果: A群の運動量は、 1.0 ± 0.2 日/週、 18.3 ± 7.2 分/日で、うち速歩は 9.6 ± 4.1 分/日であった。また、エネルギー消費量は速歩で $29.9 \text{kcal} \pm 17.3$ /日、緩歩で 15.7 ± 6.0 kcal/日だった。一方、B群の運動量は、 2.7 ± 0.5 日/週、 39.4 ± 9.8 分/日で、うち速歩は 19.3 ± 2.7 分/日であった。エネルギー消費量は速歩で 53.2 ± 13.2 kcal/日、緩歩で 25.3 ± 7.1 kcal/日だった。ウォーキング実施日数において、B群はA群より有意に高かった ($P < 0.05$)。その他

の項目（普通歩行・速歩時間とエネルギー消費量）においては有意差はないがその平均値は約2倍に増加した。その結果、A群ではトレーニングによる体力・生活習慣病指標の有意な差は見られなかったが、B群では上肢筋力が 11.7 ± 3.6 %上昇し ($P < 0.01$)、右膝痛がNRSで 2.3 ± 0.7 点 ($P < 0.01$) 低下した。また、左膝痛では有意差は認められなかったものの 1.3 ± 1.4 点低下した。血液検査では血清アルブミン 4.3 ± 1.4 % ($P < 0.05$)、平均赤血球色素濃度 2.2 ± 0.7 % ($P < 0.05$)、平均赤血球色素量 2.7 ± 0.6 % ($P < 0.01$) が、それぞれ低下し、さらに、全体で有意差は認めなかったものの6名中5名で血糖値が低下し、その5名についてその低下値は 6.1 ± 1.6 % ($P < 0.05$) であった。以上、変形性膝関節症患者におけるインターバル速歩の有効性が明らかとなった。

7) 若年者における効果：全群の平均で、歩行日数は 15.3 ± 1.3 日、歩行時間は普通歩行 61.9 ± 0.1 分で速歩時間は 3.5 ± 0.5 分だった。低体力群において、脚伸展筋力が11.3%増加し ($P < 0.01$)、脚屈曲力が11.8%増加した ($P < 0.01$)。また、総コレステロールは 9mg/dl ($P < 0.05$)、HDLコレステロールは 7mg/dl ($P < 0.05$)、血糖値は 4mg/dl ($P < 0.05$) 増加し、改善が認められた。一方、中体力群、高体力群では顕著な改善を求めなかった。さらに、熟大メイトでの最大速歩時のエネルギー消費量 ($WVO_{2peak, Y}$) と自転車エルゴメータによる最大酸素摂取量 ($CVO_{2peak, X}$) の関係は、 $Y = 1.16X + 127$ ($r^2 = 0.475, P < 0.0001$) と、ほぼ一致した。以上、若年者のうち低体力者におけ

るインターバル速歩の効果が明らかとなった。

8) 水中インターバル速歩の効果：

①水中歩行時の熟大メイトによる酸素摂取量の換算式は $V_{O2} = 0.146 \times I_{total} + 0.163$ ($r = 0.92$) であった。②トレーニング期間中の水中歩行日数は 32 ± 2 日 (平均値 \pm SE) で、1日当たりの総歩行時間は 35 ± 1 分で、速歩時間は 19 ± 2 分、通常歩行時間は 16 ± 3 分であった。その際、速歩時の消費カロリーは 6.4 ± 0.4 kcal/分、普通歩行時の場合は 5.0 ± 0.3 kcal/分であった。1日当たりの総消費カロリーは 219 ± 26 kcalであった。③その結果、BMIは 22.9 ± 0.8 から 22.6 ± 0.7 に ($P < 0.05$)、腹周囲径 (cm) は 80.4 ± 2.6 から 78.3 ± 2.2 に減少した ($P < 0.001$)。一方、安静時最高血圧 (mmHg) は 129 ± 3 から 124 ± 3 に ($P < 0.05$)、安静立位時心拍数 (拍/分) は 83 ± 3 から 76 ± 2 に低下した ($P < 0.01$)。また、等尺性膝伸展筋力 (Nm) は 97 ± 7 から 114 ± 7 に ($P < 0.001$)、膝屈曲筋力 (Nm) は 50 ± 3 から 54 ± 3 に増加した ($P < 0.05$)。さらに、血中コレステロール濃度は、初期検査で 220mg/dl 以上だった10名では 249 ± 5 から 227 ± 9 に減少した ($P < 0.01$)。以上、中高年の水中インターバル速歩の有効性が示唆された。

9) 夏季トレーニング時の熱中症予防のための水分補給効果：糖質電解質補給群

(CHO) では非補給群 (no-CHO) に比べ、体重と血漿量の減少が、それぞれ600g、1.65% 抑制された。また、CHOでは脱水後に、安静時口腔温が 0.2°C 低下し、 E_{Emax} と最高心拍数 (HRmax) が維持されたが、no-CHOでは、 E_{Emax} が5%低下し、HRmaxが3

拍/分上昇した。以上、中高年の暑熱環境下、インターバル速歩トレーニング時の糖質電解質補液の有効性が示唆された。

10) 坂道対応の「熟大メイト」の開発：それぞれの条件での歩行時の最後の3分目の1分間の酸素消費量と総理軌跡を求めた結果、トレッドミルの勾配ごとに $R^2 > 0.9$ ($P < 0.001$)の高い相関を認め、さらにそれぞれの回帰係数(VO_2/I_{total})はトレッドミルの昇り(下り)の勾配に比例して増加(低下)した。そこで、これらのトレッドミルの勾配による係数の変化は、高度獲得(喪失)による余分なエネルギー消費と考え、理論上の単位時間当たりの位置エネルギーの獲得量(体重・重力加速度・高度獲得(喪失)速度)と勾配0%で求めた VO_2 と I_{total} の間で求めた回帰式に各勾配のトレッドミル歩行時の I_{total} を代入し VO_2 を求め、その値と実際測定した VO_2 の差(ΔVO_2)との関係を算出した。その結果、獲得位置エネルギー(ΔPE_g)または喪失位置エネルギー(ΔPE_l)と ΔVO_2 の間に高い相関関係を認めた。すなわち、傾斜地の歩行時の $VO_2 = 0.046 I_{total} + 0.0014 \Delta PE_g - 0.006 \Delta PE_l + 0.23$ ($R^2=0.91$, $P < 0.0001$)であらわすことができた。次に、この式の精度を検証する目的で、中高年者11名(男性8名、女性3名、年齢 58 ± 10 歳)を対象として、実際の傾斜地を歩行し、その際の I_{total} 、 ΔPE を測定して VO_2 を算出し(EVO_2)、同時に呼気ガスから測定した VO_2 と比較した。 ΔPE は半導体気圧計によって測定した。その結果、両者はよく相関し($R^2=0.90$, $P < 0.0001$)、その回帰式は、 $VO_2=0.91EVO_2+0.1$ であった。以上、傾斜地でも使用できる携帯型

カロリー計を開発した。

11) 「熟大メイト」への平衡能測定機能の搭載：重心動揺計で計測された総軌跡長と水平面加速度累積値との間に有意な相関を認めた(高齢群：開眼時 $r=0.59$ 、閉眼時 $r=0.64$ 、若年群：開眼時 $r=0.40$ 、閉眼時 $r=0.48$)。また、重心動揺計で計測された外周面積と水平面加速度累積値との間にも有意な相関を認めた(高齢群：開眼時 $r=0.69$ 、閉眼時 $r=0.55$ 、若年群：開眼時 $r=0.67$ 、閉眼時 $r=0.57$)。以上、静止立位時の重心動揺を加速度センサ計で簡易計測できる可能性が示唆された。

D. 考察

・年齢、体力など個人の属性別にインターバル速歩の生活習慣病予防、介護予防効果の予測が可能になった点：大学生から要介護の高齢者に至るまで、インターバル速歩トレーニングの生活習慣病予防、介護予防、骨粗鬆症予防における効果が明らかになった。運動処方は、体力等個人の属性に応じて個別に実施することが必要だがトレーニングマシン、トレーナーの整備に莫大な費用がかかるために現在まで普及していなかった。我々はこの課題を、インターバル速歩の考案、熟大メイトの開発、インターネットを用いたe-Health Promotion System(遠隔型個別運動処方)を開発することで解決した。これによって、運動トレーニングの量を $kcal/min$ の物理量で表すことができ、また、体力も、持久力については $kcal/min$ 、筋力についても Nm (ニュートン・メートル)で表すことを可能にした。これによって、運動処方の量とその効果について、