

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19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 20(2008)年 3 月

主任研究者:能勢 博

目 次

I. 総括研究報告

- 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…………… 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. 傾斜地歩行時の消費エネルギー量測定機器の開発 …………… 25
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 …………… 41
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 …………… 51
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- …………… 59
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 …………… 63

I. 総括研究報告

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系研究科・スポーツ医科学分野・教授

分担研究者

樋口京一 信州大学大学院医学系研究科・加齢生物学分野・教授
三木哲郎 愛媛大学大学院医学系研究科・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国の内外に展開し、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。

熟年体育大学の特徴は、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可能にしたことである。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ることを可能にしたことである。

平成 17-18 年度には、経産省「健康サービス産業創出支援事業」（平成 16-17 年度）で、熟大メイト（三洋電機社製）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、製品化した。さらに、厚労省「長寿科学総合研究」（平成 17-18 年度）の研究費で、長野県内外 6 市町村、3 企業、4 病院、2 老人ホーム、3 大学の 1,400 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。さらに、このうち 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 の遺伝子型判定を愛媛大学の協力を得て実施し、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おこない、循環・代謝調節に関与するいくつかの候補遺伝子の同定に成功した。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。

平成 19 年度には、以上の実績を踏まえ、①事業対象を拡大し、3,984 名規模にまで参加者を増加し、②運動処方効果の個人差を解明するための遺伝子探索を 1,014 名にまで拡大し、③運動処方の国際標準化に向け Mayo Clinic と Yale 大学との国際共同研究を行い、④傾斜地でも使用可能な新しい

「熟大メイト」を開発し、⑤インターバル速歩トレーニングと栄養補助食品の併用効果の有効性を明らかにした。また、⑥遺伝子解析研究推進のための基盤整備を行った。

A. 研究目的

- ①運動処方効果に関するのべ4,000名のDBの蓄積すること
- ②運動処方反応性遺伝子を探索すること
- ③「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究を行うこと
- ④ 傾斜地でも使用可能な「熟大メイト」の開発と商品化を行うこと
- ⑤「インターバル速歩トレーニング」と栄養補助食品の摂取効果を検証すること
- ⑥ 遺伝子解析研究推進のために基盤整備を行うこと

B. 研究方法

1) 実施規模:

平成19年度の事業で、総数1,274を対象に事業を実施した。内訳は、①自治体モデル(1,056名):松本市,上田市,茅野市,伊那市,日野市,山形村,小谷村,②医療機関モデル(51名):丸の内病院,③大学モデル(37名):信州大学,④老人ホームモデル(50名):あすか小諸,⑤個人会員モデル(20名)⑥海外医療機関(60名):Mayo Clinic, Yale 大学,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:

① 運動処方効果に関するのべ3,984名のDBの蓄積:

・健康チェック・体力測定:参加者について、4月,10月,翌年2月,の計3回,体力(持久性,抵抗性)と生活習慣病予防指標[動脈血圧,BMI,骨密度(DEXA),血中脂質(HDL,LDL,中性脂肪),血糖値,HbA1C,うつ自己評価指数(CESD)],介護予防指標[等尺性膝筋力(伸展,屈曲),等速性膝筋力,大腿筋断面積(CT),最大酸素摂取量],を測定した。その際,同意をえられた参加者について,遺伝子解析用の血液を採取した。

・自治体・企業・医療機関・大学・老人ホーム向け運動処方:参加者は「熟大メイト」を2週間に一度,各ランチの情報センターに持参し,ITネットワークを通じてJTRC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の提供を受けた。

② 運動処方反応性遺伝子の探索:

・遺伝子解析の同意が得られた1,014名の被験者について,「熟年体育大学リサーチセンターにおける遺伝的背景を考慮した個別健康指導方法の確立」の研究プロジェクトチームが中心となり,白血球からDNAを抽出し,愛媛大学との共

同研究によって候補遺伝子を解析した。

③「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究:

・我々の「インターバル速歩トレーニング効果」に関する論文が、Mayo Clinic Proceedings 82: 803-811, 2007に掲載されたのを契機として国際的にも高い評価を受けるようになった。そこで、同トレーニング方法の国際標準化を目指して、Mayo ClinicとYale大学との共同研究を開始した。交付申請書の提出時には、予算の関係上、Yale大学と小規模で実施する予定であったが、幸い、平成19年7月に(財)長寿科学振興財団(国際共同研究事業)による採択が決定されたため、急遽、予定を変更して実施規模を拡大して、両研究機関との交渉を開始した。その結果、Yale大学よりも長期間、かつ大規模で実施することを希望したMayo Clinicとの共同研究費を、本研究費の中から委託費として確保した。一方、当初から、共同研究を希望していたYale大学の共同研究費は、(財)長寿科学財団からの助成金の一部をあてることとした。研究経過として、Mayo Clinicは平成19年10月から3ヶ月間、Yale大学は平成20年2月から1ヶ月間をトレーニング期間とし、それぞれ「インターバル速歩トレーニング効果」の検証実験を行い、その結果、従来からわが国で蓄積してきた所見を再確認する結果を得た。以上から、同トレーニング方法は、さらに高い国際的評価を受け、国際標準化に向け、第一歩を踏み出すこととなった。

④ 傾斜地でも使用可能な「熟大メイト」の開発と商品化:

・平成16年から使用していた熟大メイトは平地専用であり、傾斜地には不向きであった。すなわち、上り坂では平地に比べエネルギー消費量が低く評価され、逆に下り坂では高く評価される欠点があった。

特に、信州は傾斜地が多く、参加者からその改善を強く要望されてきた。そこで、気圧計を内蔵することで高度変化を測定し、その結果からエネルギー消費量を算出するロジックの開発に成功した。それを、従来の熟大メイトに搭載し、「新熟大メイト」として製品化した。

⑤「インターバル速歩トレーニング」と栄養補助食品の併用効果:

・「インターバル速歩トレーニング」によるエネルギー消費量が正確に測定できるようになり、参加者は今までになく、食事によるエネルギー摂取量に興味をもつようになった。実際、我々の開発したe-Health Promotion Systemでは、端末画面から摂取した食事映像を選択すれば、簡単に1日の摂取カロリー、栄養成分が分析できる。そこで、これらの実績をもとに、ダイエット食品や、糖質・タンパク質補助食品を摂取した場合の効果を判定することとした。対象は「インターバル速歩トレーニング」事業への参加者を対象群と摂取群にわけ検証した。

・また、最近、信州地域でも夏季の熱中症の発症は社会問題となっている。特に、中高年でその発症頻度は高い。「インターバル速歩トレーニング」を実施する上で、熱中症を予防することは重要である。一方、中高年は、いわゆるスポーツドリンクよりも、水、お茶を好む傾向があり、そのため、熱中症予防のためのスポーツドリンクの有用性についての実験を行うこととした。研究実施の危険を回避するため、対象は若年男性とし、インターバル速歩トレーニングの前、中、後において、水、お茶、スポーツドリンクを摂取した場合の血漿量、体内水分貯留率を測定した。

⑥ 遺伝子解析研究推進のために基盤整備:

・昨年行なったゲノムリテラシーの調査に加え、松本市熟年体育大学参加者を対象に、今後普及する可能性のあるDTC(Direct to consumer,

消費者直結型) 遺伝子検査についての意識調査を行なった。

C: 研究結果

① 運動処方効果に関するのべ 3,984 名の DB の蓄積:

- 大学モデル(212名), 企業モデル(219名), 自治体モデル(2,965名), 個人モデル(78名), 海外医療機関モデル(60名), 老人ホームモデル(105名), 病院モデル(405名), 総計 3,984 名について, インターバル速歩トレーニングによる速歩運動量とトレーニング前後の臨床所見について, 信頼性の高いデータベースを作成するためのデータのクレンジングプログラム, さらに, SPSS によるデータ解析のためのデータセットの切り出し手法, そして, それらの一連の操作を, バッチ処理で行うソフトウェアの開発を行った。さらに, それらのデータベースを用いて, 各個人の初期属性別にインターバル速歩トレーニングによる速歩運動量とその効果についての予測式の決定を行った。
- また, 自治体モデルについて, 生活習慣病予備軍である積極的支援レベルの参加者が全体の 30%程度を占めているが, 5ヶ月間のインターバル速歩トレーニングによって, そのうち 30%が積極的支援レベルから脱却することを明らかにした。

② 運動処方反応性遺伝子の探索:

- 血圧・脂質代謝調節関連の遺伝子の多型, 11種類について, 形態, 血圧, 血液成分のいずれかの測定値について, トレーニング前値, トレーニングによる変化値で有意差を認めた。

③ 「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究:

- Mayo Clinic において実施した結果, 参加者 26 名で, 全日程の 57%でインターバル速歩を 3ヶ月間実施した。1日あたりの実施時間は 34分, そのうち速歩, 普通歩きは, それぞれ 17

分であった。以上の結果, 体力は 20%, 血液成分もその初期値に比例して改善した。これらの結果は, 国内で蓄積してきた日本人における結果と, ほぼ一致した。

④ 傾斜地でも使用可能な「熟大メイト」の開発と商品化:

- 上り坂, 下り坂を含むフィールド歩行時の消費エネルギー量について, 実測値と新型熟大メイトを比較した結果, その差は 0.01 ± 0.23 (平均 \pm SD, l/min) となり, 傾斜地のエネルギー消費量が精度よく計測できることが明らかとなった。
- ⑤ 「インターバル速歩トレーニング」と栄養補助食品の併用効果の検証:
 - 2ヶ月間ダイエット食品摂取の併用することで, 対照に比べ 1kg の体重減少を認めたが, 筋力, 持久力は維持された。さらに, 摂取終了後, 少なくとも 4ヶ月間は体重の増加を認めなかった。
 - 2ヶ月間糖質・タンパク質補助食品を摂取することで, 対照に比べ筋力の増加量が 50%高かった。さらに, 冬季の血漿量の低下が防止できた。
 - お茶, 水に比べて, 糖質・電解質溶液の体内残留率の高い結果を得た。

⑥ 遺伝子解析研究推進のために基盤整備:

- DTC 遺伝子検査に対して, 1) 一般市民はどう考えているのか, 2) 健康意識が高いと思われる熟年体育大学受講生の皆様はどう考えているのか, 3) 両者の意識に差はあるのかなど, DTC 遺伝子検査に対する社会意識を把握し, 今後の遺伝医療に役立てるためにアンケート調査を行った。

D: 考察

① 運動処方効果に関するのべ 3,984 名の DB の蓄積:

- 統計解析プログラムが整備されたことから, 今

後、年齢、性別、体力などの個人属性、都市部、山間部などの地域属性、国の内外などの国・民族属性別に解析し、それぞれの属性で、運動処方効果の予測プログラムを作成する。

② 運動処方反応性遺伝子の探索:

・現在、1014名を対象に実施しているSNPs解析について、対象人数、対象SNPsの規模拡大を行い、上記の運動処方効果の予測プログラムにSNPsの情報を加えて解析する。最終的には、個人の体質に応じたテーラーメイド型個別運動処方を開発する。

③「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究:

・本トレーニング方法の評価は、海外の参加者でも非常に高かった。今後、英語版「熟大メイト」、e-Health Promotion Systemを商品化し、積極的に海外に進出する。

④ 傾斜地でも使用可能な「熟大メイト」の開発と商品化:

・傾斜地でも歩行時の消費カロリーが正確に測定できる装置の開発によって、その利用地域が格段に広がった。

⑤「インターバル速歩トレーニング」と栄養補助食品の併用効果の検証:

・栄養補助食品の有効性が明らかになったことから、今後、栄養処方と運動処方の併用が加速すると考えられる。

⑥ 遺伝子解析研究推進のために基盤整備:

・中高年で、女性が多くかつ健康意識が高いと思われる集団においても、DTC遺伝子検査についてはあまり認識されていないこと、DTC遺伝子検査には興味はもたれているものの、利用については不安と問題を感じていること、などがわかり、今後の検査の有用性の評価が定まっていないDTC遺伝子検査の今後の監視の方法のあり方について示唆を富む結果が得られた。

E. 結論

1) 中高年の健康スポーツ教室「熟年体育大学」事業において、生活習慣病予防・介護予防の運動処方効果判定のための前向きコフォート研究を行い、のべ4,000名規模のデータベースを構築に成功した。

2) 運動処方反応性遺伝子探索のために、上記参加者のうち1,014名について、DNAバンクを構築し、運動処方効果の個人差を説明する11のSNPsを発見した。

3) Mayo Clinic, Yale大学との国際共同研究を実施し、わが国での結果と同様の結果を得、同トレーニング方法の国際標準化に向け、第一歩を踏み出した。

4) 同トレーニングと栄養補助食品の併用の有効性を支持する結果を得た。

5) 松本市熟年体育大学参加者の遺伝子についての意識・知識の状況を把握することができた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 岡崎和伸, 能勢 博: 運動による介護予防システムの構築, **体育の科学**, 58:51-57, 2007.
- 2) 能勢 博: eヘルスプロモーションとは?, **肥満と糖尿病** 6:497-499, 2007.
- 3) 能勢 博 他: ITでどこまでわかるか?, **肥満と糖尿病** 6: 425-440, 2007.
- 4) 半田秀一, 根本賢一, 源野広和, 能勢 博: インターバル速歩による筋力増強, **理学療法** 24:932-938, 2007.
- 5) 源野広和, 能勢 博: **スポーツ・ストレス科学と健康**, 共立出版, 東京, pp217-221, 2007.
- 6) 能勢 博, 岡崎和伸: 高齢者の体力測定法(持久力), **健康運動指導士養成講習会テキスト**, (財)健康・体力づくり事業団, 東京, pp843-856, 2007.
- 7) 後藤正樹, 能勢 博: 高齢者の体力低下: 加齢と廃用の影響, **リハビリテーション医療**, 金芳堂, 京都, pp43-49, 2007.
- 8) 岡崎和伸, 能勢 博: 持久力の評価, **病氣予防百科**, 日本医療企画, 東京, pp380-381, 2007.

- 9) 岡崎和伸, 能勢 博: エクササイズガイド2006, 病氣予防百科, 日本医療企画, 東京, pp392-393, 2007.
- 10) 岡崎和伸, 能勢 博: まだまだ, どんとこい熟年!, オフィスエム, 長野, pp1-81, 2007.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

- 1) 森 政之, 樋口京一, 増木静江, 能勢 博, 源野広和: 生活習慣病改善および体力増強を目的とした運動処方に対する感受性を予測する方法, 特願 2007-191507 (出願日: 平成19年7月24日)
- 2) 能勢 博, 源野 広和, 山崎 敏明: 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, 特願 2007-60705 (出願日: 平成19年3月12日)

2. 実用新案登録

なし

3. その他

「政府広報・雑誌など」

- 1) 能勢 博 他, 「メタボリックシンドロームへの対応ー運動・食事・姿勢よりー」, POSTURE, (財) 姿勢研究所, 東京, 29: 8-32, 2007.
- 2) 信州大学: 科学的証拠に基づく健康増進の取り組みー予防医療の体系化をめざしてー, 国立大学による地域貢献, (社) 国立大学協会, p149, 2007.
- 3) 長野県松本市・熟年体育大学: インターバル速歩で, 心身ともに健康に, POSTURE, (財) 姿勢研究所, 東京, 30: 57-62, 2007.

「新聞報道など」

- 1) 2007.04.04 「インターバル速歩」支援 医療費, 体脂肪削減に効果【中日新聞】
- 2) 2007.04.05 医療費削減10万人プログラム【NHK「イブニング信州」】
- 3) 2007.04.05 駒ヶ根市がヘルスアップ事業 メタボ予備軍個別指導【長野日報】
- 4) 2007.04.05 タイで健康増進ツアー 信大 NPO 11月から3回【日本経済新聞】
- 5) 2007.05.01 ウォーキング効果, 一目で【神戸新聞(共同通信社)】

- 6) 2007.05.17 松本の熟年体育大学成果を本に【信濃毎日新聞】
- 7) 2007.05.29 生活習慣病に効果【毎日新聞】
- 8) 2007.06.22 独自健康増進法, 海外に〜「熟年体育大学」に海外の研究者も注目【日本経済新聞】
- 9) 2007.06.29 【ABN「abn ステーション」】
- 2007.07.04 「インターバル速歩」普及へ運動計測器が発売【信濃毎日新聞】
- 10) 2007.07.04 生活習慣病予防に 運動量アドバイス【日本経済新聞】
- 11) 2007.07.07 「熟大メイト」を一般個人向け販売【長野日報】
- 12) 2007.07.08 インターバル速歩計測器一般販売スタート【市民タイムス】
- 13) 2007.07.13 メタボに効果 運動法は?【SBC「NEWS キャッチ」】
- 14) 2007.08.10 若々しくなる旅! ハイキングのコツ【日本テレビ「午後は〇〇 おもいっきりテレビ」】
- 15) 2007.09.06 インターバル速歩を紹介 健康づくり教室始まる(塩尻市)【市民タイムス】
- 16) 2007.09.07 熟年体育大学が好評 山形村 体調改善多いリピーター【市民タイムス】
- 17) 2007.09.10 県薬と信大の協力事業「インターバル速歩教室」開催 上田市丸子地区の4薬局が参加【医療タイムス】
- 18) 2007.09.26 インターバル速歩海外へ アメリカで効果検証 信大と熟年体育大【市民タイムス】
- 19) 2007.09.26 インターバル速歩海外進出へ 一歩 信大と NPO 米で来月調査開始【信濃毎日新聞】
- 20) 2007.09.28 「健康増進教室を開講」信大, メタボリック症候群予防へ【信濃毎日新聞】

- 21) 2007.10.03 松本に学べ」議員が行列 全
国から視察増加【市民タイムス】
- 22) 2007.10.12 インターバル速歩体感 富士
見で県連婦の講座開講【長野日報】

- 23) 2007.11.19 三浦雄一郎さん 松本で講演
【信濃毎日新聞】

II. 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）

インターバル速歩トレーニングが生活習慣病予防・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系研究科・スポーツ医科学分野・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
信州大学医学系研究科・スポーツ医科学分野・特任助教
増木静江 信州大学医学系研究科・スポーツ医科学分野・助教
上條義一郎 信州大学医学系研究科・スポーツ医科学分野・助教

信州大学大学院医学系研究科・博士課程

森川真悠子 JTRC・健康推進コーディネータ（3年生）
宮川 健 JTRC・健康推進コーディネータ（2年生）
田邊愛子 JTRC・事務局長（1年生）

信州大学大学院医学系研究科・修士課程（2年生）

矢澤大輔
降幡真由佳
近藤新一 稲荷山医療福祉センター

その他

丸岡禎之 JTRC・健康推進コーディネータ

研究要旨

17-18 年度の実績をもとに、「インターバル速歩トレーニング」の国際標準化を目指して、Mayo Clinic と Yale 大学との国際共同研究を行った。その結果、これまで日本人で得た所見を再確認する結果を得、今後、より大規模でこの事業を展開する方策を話し合った。さらに、運動処方効果の個人差を解明する目的で、 $\beta 2$ アドレナリン受容体とバズプレッシン V1a 受容体多型と運動処方効果について検討し、それらの関与を示唆する結果を得た。また、インターバル速歩トレーニングとダイエット食品・タンパク質補助食品の併用効果についてトレーニング効果を増強するとう結果を得た。さらに、インターバル速歩トレーニング中の熱中症予防のためのスポーツドリンクの有用性を示唆する結果を得た。

A. 研究目的

1) 「インターバル速歩トレーニングの効果」 に関する国際共同研究を行うこと

我々が開発し、実用化している「遠隔型個別運動処方 (e-Health Promotion System)」の英訳化を行い、それを海外医療機関で評価させることで、海外でも使用可能なものに改良し、「運動処方の国際標準化」にむけたシステムを開発すること。

2) β 2-アドレナリン受容体・バゾプレッシン V1a 受容体の遺伝子多型とインターバル速歩トレーニングの効果

・研究協力者である増木は、米国 Mayo Clinic 留学中、Joyner 教授のもとで、beta2-アドレナリン受容体の遺伝子多型と運動時循環応答についての研究プロジェクトに参加した。今回、同遺伝子多型が日本人中高齢者の持久性運動トレーニング効果に与える影響を検討することを目的とした。

・さらに、我々は、先行研究で「vasopressin の V1a 遺伝子欠損マウスにおいては、安静時、運動時の代謝量が抑制されている」ことを発見した。特に、夜間活動期において、活動時の呼吸商が低下し、糖質代謝が抑制されていることを認めた。一方、ヒトにおいて、「V1a 受容体の C/T(Phe136Phe) 遺伝子多型の T allele 型 (CT 型+TT 型) 保有者は、CC 保有者に比べ、安静時血糖値が有意に上昇している」ことを認めた。そこで、本研究では、同遺伝子多型は中高齢者の代謝機能と血圧の初期値に影響するか、もしそうならば、この差はインターバル速歩トレーニングで変化するかを検討することを目的とした。

3) 「インターバル速歩トレーニング」とダイエ

ット食品の併用効果を検証すること

我々は中高年を対象として3分間ごとに最高酸素摂取量の70%以上の速歩と30%の緩歩を30分/日、4日/週、5ヶ月実施するインターバル速歩トレーニング (IWT) が、生活習慣病予防、体力向上に効果的であることを報告した。一方、ダイエット食品摂取は体重減少など生活習慣病予防に効果がある一方、体力の低下や摂取後の体重のリバウンドを引き起こすとされる。そこで、IWT とダイエット食品を併用は、生活習慣病予防効果を加速し、体力低下を防止し、摂取後の体重のリバウンドも抑制できるという仮説を検証した。

4) 「インターバル速歩トレーニング」とタンパク質補助食品の併用効果を検証すること

従来からジムでの運動トレーニングとタンパク質サプリメントの併用は、運動トレーニングの効果を増強することが報告されている。そこで、IWT と糖質・蛋白質含有補助食品 (PRO-CHO) との併用効果を検証すると、インターバル速歩トレーニングの効果が増強する、という仮説を検証した。

5) 「インターバル速歩トレーニング」時のスポーツドリンク摂取の熱中症予防効果を検証すること

現在、運動中及び運動後の体液保持・回復に対するスポーツドリンクの有効性は、広く認知されている。しかし、日々の運動に伴って摂取したスポーツドリンクの体内水分回復率が、他の飲料と比較してどのくらい優れているのか、については不明である。そこで、夏季における運動前、中及び後に、糖質・電解質溶液 (G-E 溶液)、お茶、ミネラルウォーター (以下、水) をそれぞれ摂取したとき、

これら飲料別の体内水分回復率を比較することを目的とした。

B. 研究方法

1) 「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究：

① 国際共同研究の立案・組み立て・交渉：

- ・ H19年7月1日－9月31日：
- ・Yale 大学・John B. Pierce 研究所, Loretta DiPietro 准教授, Mayo Clinic・Bruce Johnson 教授と共同研究の申し入れと同意, 研究計画の合意, 先方の医倫理委員会 (IRB) の提出用の計画書の共同作成, 信州大学とそれぞれの研究機関の共同研究契約を結んだ。
- ・それと並行して, 民間企業 (キッセイコムテック社) との共同研究で, 「英語版」の遠隔型個別運動処方マニュアルの作成をおこなった。すなわち, 「熟大メイト」, 「インターバル速歩トレーニング方法の解説書」, 「e-Health Promotion System」を英文化した。

② 現地指導者の派遣：

- ・ H19年10月1日－5日：
- ・海外医療機関での実施指導のために, 長寿科学リサーチレジデント (本学特任助教) ・岡崎和伸, キッセイコムテック社マネージャー (本学大学院生) ・山崎敏明の2名が, Yale 大学, Mayo Clinic 訪問し, それぞれの現地スタッフに対し, 「熟大メイトの使用方法」, 「インターバル速歩トレーニングの仕方」, 「e-Health Promotion System の使用方法」, 「運動反応性遺伝子解析方法」を指導した。

③ 運動処方の実施：

- ・ H19年12月－H20年2月：共同研究者である, Mayo Clinic の Bruce Johnson 教授, Sophie Lalande 博士研究員は, IRB の承認を得た後, Mayo Clinic 内の施設で 26 名の被験

者を対象に, インターバル速歩トレーニングを実施させ, 運動量とその効果に関するデータの解析結果を下記の国際シンポジウムで発表した。

- ・平成 20 年 1 月－3 月：共同研究者である, Yale 大学の Loretta DiPietro 准教授は, IRB の承認を得た後, Yale 大学内の施設で, 20 名を対象に, 上記 Mayo Clinic と同様の研究を行い, 下記国際シンポジウムで発表した。

④ 研究状況の視察と将来展望の討議：

- ・平成 20 年 2 月 18 日－23 日：主任研究者である能勢博教授, さらに共同研究者である樋口京一教授, 森政之准教授, 増木静江助教 (以上, 信州大学) は, 研究の進捗状況の視察, 解析方法の標準化, 将来の共同研究のあり方を討議する目的で, Mayo Clinic と Yale 大学を訪問した。

⑤ 成果発表会の開催：

- ・平成 20 年 3 月 27 日：信州大学で「熟年体育大学リサーチセンターにおける遺伝子背景を考慮した個別運動指導の確立」をテーマとした国際シンポジウムを開催し, そこで国際共同研究者に成果発表を依頼し, 将来の国際共同研究に向けて, さらに討議した。

2) β2-アドレナリン受容体・バゾプレッシン V1a 受容体の遺伝子多型とインターバル速歩トレーニングの効果

- ・β2-アドレナリン受容体の解析は, 平成 17 年 4 月から平成 18 年 9 月まで, インターバル速歩トレーニングを継続した松本市の参加者を対象とした。β2-アドレナリン受容体の第 16 番目のアミノ酸の遺伝子多型において, Arg16/Arg 型 (n=44, 男性 8 名, 女性 36 名; age, 65±1 歳) を有する者と, Gly16/Gly 型 (n=87, 男性 30 名, 女性 57 名; 65±1 歳) を有する者に

ついて、体力レベル、身体特性、血液検査値をトレーニング前後で比較した。

・バゾプレッシン V1a 受容体の解析は、平成 17 年 4 月から平成 17 年 9 月まで、インターバル速歩トレーニングを継続した松本市の参加者を対象とした。Vasopressin V1a 受容体の C/T(Phe136Phe) 遺伝子多型において、CC (n=21; age, 68±1 歳), CT (n=62; 69±1 歳), and TT (n=31; 67±1 歳) 型を有する男性について、身体特性、血圧、血液検査値、体力レベルをトレーニング前後で比較した（遺伝子型の解析方法に関しては、分担研究者 樋口らのページを参照）。

3) 「インターバル速歩トレーニング」とダイエット食品の併用効果：

被験者は1年～2年のIWTの継続者で、BMI が 23.6以上 の男性8名、女性52名（年齢：60歳、体重65kg，体脂肪率35%）とした。これらをIWTのみを実施する群（CT群，n=30）と、ダイエット食品（MICRODIET®，サニーヘルス）摂取+IWTを実施する群（MD群，n=30）に、両群間で、男女比、身体特性に差がないように分けた。「試験期間」は、MD群については、2ヶ月間を「ダイエット食品摂取期間」し、その前の1ヶ月を「対照期間」、摂取終了後の4ヶ月間の「回復期間」とし、計7ヶ月間とした。CT群のプロトコールはダイエット食品を摂取させないこと以外はMD群と同じとした。両群とも試験期間中IWTを実施させた。食事指導は試験期間の2週間ごとに連続する3日間の食事内容を記入させ管理栄養士が実施した。ダイエット食品摂取は、毎日の昼食もしくは夕食のどちらか1食とした。等尺性脚筋力、最高酸素摂取量（3段階ステップアップ法）を、食品摂取「前」、「後」、「回復期間後」の計3回測定した。試験期間中、2週間ごとに体

重、体脂肪率を測定した。熟大メイトに記録された運動量は2週間ごとにサーバーに転送した。

4) 「インターバル速歩トレーニング」とタンパク質補助食品の併用効果：

本実験のトレーニング実施期間は 2006 年 9 月 23 日から翌年 2 月 23 日の 5 ヶ月間とした。被験者は、男性 26 名（～69 歳）、女性 35 名（～61 歳）の計 61 名（～64 歳）とした。これらを IWT のみを行う「C 群」（男性 15 名、女性 18 名）と IWT+PRO-CHO 摂取（Calorie Mate®，大塚製薬：200kcal，糖質 33 g，蛋白質 6.7g，脂質 4.4g）を行う「S 群」（男性 11 名、女性 17 名）に身体特性に差がないように分けた。実験期間中の IWT による運動量は携帯型カロリー計（熟大メイト）で測定し、2 週間ごとにサーバーに転送した。S 群の PRO-CHO 摂取条件は、IWT の速歩閾値の 70%最高酸素摂取量以上のレベルで 15 分以上の場合のみ運動終了後 30 分以内に 1 日 1 個を摂取させた。また、試験期間中の栄養摂取量は 2 週間ごとに連続する 3 日間の食事記録を提出させることで算出した。IWT の効果を比較する目的で、試験期間前後で、形態、等尺性脚筋力（Biodex system3）、大腿部筋断面積（CT 法）、最高酸素摂取量（3 段階ステップアップ法）、血漿量（Evans Blue 法）、血漿アルブミン量（BCG 法）、血漿 Na 量（炎光法）を測定した。

5) 「インターバル速歩トレーニング」時のスポーツドリンク摂取の熱中症予防効果：

中高年で実験を行う前に、まず若年者において実施した。男子大学生 24 名において、平成 19 年 8 月 28 日に、形態測定（身長、体重、体脂肪率、腹部周囲径）、血圧測定を行い、

新型熟大メイトを用いて、歩行による3段階ステップアップ法による推定 VO_{2peak} の測定を行なった。その後、被験者は8月29日~8月31日までの間、G-E 溶液、お茶、水摂取の3条件を連日繰り返した。試行順番は24名でランダム化した。実験当日は、朝食を摂らずに、8:30に体育館に集合し、まず排尿し膀胱を空の状態にした。体重計測をした後、1回目の採血(5ml)を行い、その直後に指定された1回目の飲料を5ml/kg摂取させた。さらに30分間の安静をとって2回目の採血を行った後、1時間のインターバル速歩を実施させた。運動開始30分後に、指定された2回目の飲料を摂取させた。運動終了直後に尿量と体重の計測を行い、運動終了30分後に3回目の採血を行い、その直後に準備した3回目の飲料を摂取させ、さらに30分毎に、それぞれ3回目と4回目の採血を行なった後、尿・体重を計測し、実験を終了した。

C. 研究結果

1) 「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究：

①「英語版」の遠隔型個別運動処方の説明書の作成：

・インターバル速歩トレーニング効果の科学的証拠：

H17-18 年度厚生労働省科学研究費補助金・長寿科学総合研究事業・総括研究報告書に記載した同トレーニング効果を立証する科学的証拠の一部を基に、海外の研究者、トレーナーにもわかりやすい、プレゼン資料を作成した。

・熟大メイトの使用法：

現在、市販されている「熟大メイト」の取り扱い説明書およびその使用法のビデオを

英訳した。

・「インターバル速歩トレーニング」の実施方法：

現在、一般参加者向けにインターバル速歩の指導用に使用しているビデオの英訳化を行った。

・e-Health Promotion System によるデータ解析方法：

現在、我々が使用されている同システムの一部英訳化をおこなった。

② Mayo Clinic における結果：

・Mayo Clinic では、職員の中で特に生活習慣病と診断された者26名を対象として、H19年12月から翌年2月末までの3ヶ月間、インターバル速歩トレーニングを実施した。トレーニング場所は外気温が -20°C と非常に寒冷であることから、機関内のジムに設置された一周200mの周回トラックで実施した。

・その結果、被験者実施日数の59%でトレーニングを実施し、速歩時のエネルギー消費量は平均で7.4kcal/minと松本の場合の倍の強度で運動トレーニングを実施した。その結果、最大歩行速度が5%、最大酸素摂取量が20%有意に向上した(表1)。さらに、血液成分がその初期値が悪い被験者ほど改善した。このように、同トレーニング方法の被験者への効果が米国のRochesterでも立証された。これらの結果は、近く論文として発表される予定である。

③ Yale 大学における結果：

・Yale 大学ではIRBの承認が遅れ、実験の開始時期が平成20年1月に連れ込んだため、トレーニング効果の判定にまでには至っていない。しかし、3月以降20名の高齢者を対象に実施し、6月末日には終了する予定で

ある。その途中結果について3月27日の国際シンポで発表した。

④ 10月と2月の2回の海外研究期間の視察によって確認したこと:

・英語版海外普及システムの検証: 10月にYale大学とMayo Clinicの共同研究者を対象に、同共同研究の目的、方法、期待される結果について説明をおこなったが、その一連の過程の妥当性を確認した。

・実施結果の検証: 2月にYale大学とMayo Clinicの共同研究者と、それぞれの研究実施結果について議論した。その結果、特に、Mayo Clinicにおいては、同システム自体の被験者に対する評判、得られた結果についての評価は高かった。そのため、今後も、Mayo Clinicの職員の健康増進システムとして導入する可能性を検討するため、Dr. Kerry Olsen, MD, Board of Governors, Medical Director of Wellness Centerの聴取を受けた。

・今後の方向性についての討議: Mayo ClinicのMike Joyner教授は、我々との討議において、このシステムは、体力向上を目的とした運動プログラムとして、①マシンが不要であること、②トレーナーが不要である点で、「特に虚弱者に対する個別運動処方をジムから開放した」と高く評価した。それに基づき、彼は、今後、この事業をわが国で普及するためには、行政(厚生労働省)へ強い説得工作を続けることが必要、と主張した。その根拠は、日本のように、単一民族、単一言語、広い意味で文化的なバリエーションが少なく、地域コミュニティが維持されている国においてのみ、この事業の検証研究が可能であること、を主張し、さらに、今後わが国では、西欧化が進み、現在の長寿健康国

家としての土台が崩れる可能性が高いので、そうならないうちにこの事業を早く全国に普及し、科学的証拠に基づいた運動処方を核にした予防医療を確立すべきである、とも主張した。さらに、この事業を遺伝子探索にまで発展させるには遺伝統計(Bioinformatics)の専門家を参加させるべきであると主張した。

⑤ 3月27日の発表会において得たこと:

・厚生科研によってわが国で、今年度、1,400名を対象に実施してきた研究結果と、Mayo Clinic, Yale大学での結果を比較し、さらに、今後高齢化が進む、韓国、タイの研究者の意見を交え、運動処方の国際標準化に向けての討議を行った。

2) β2-アドレナリン受容体・バゾプレッシンV1a受容体の遺伝子多型とインターバル速歩トレーニングの効果

・β2-アドレナリン受容体遺伝子多型について、トレーニング期間中のウォーキング実施率はArg16/Arg型 0.50 ± 0.03 、Gly16/Gly型 0.52 ± 0.02 で群間に有意差を認めなかった。期間中の速歩時間はArg16/Arg 24 ± 1 、Gly16/Gly 24 ± 1 min/dayで群間に有意差を認めなかった。速歩エネルギー消費量はArg16/Arg 103 ± 8 、Gly16/Gly 104 ± 6 kcal/dayで群間に有意差を認めなかった。トレーニング前の最大酸素摂取量は、Arg16/Arg型で 21.7 ± 0.6 、Gly16/Gly型で 20.6 ± 0.4 ml/min/kgと群間に有意差を認めなかったが、トレーニング後にArg16/Arg型で 27.1 ± 0.9 、Gly16/Gly型では 25.3 ± 0.5 ml/min/kgに上昇し、その値はGly16/Glyと比較して、Arg16/Arg型で高値だった($P<0.05$)。トレーニング前の持久力測定時の最大心拍数は、Arg16/Arg型で 127 ± 2 、Gly16/Gly型で

124±2 beats/min と群間に有意差を認めなかったが、トレーニング後に Arg16/Arg 型で 143±2, Gly16/Gly 型では 136±2 beats/min に上昇し、その値は Gly16/Gly と比較して、Arg16/Arg 型で高値だった (P<0.05)。トレーニング前の Body mass index (BMI) は、Arg16/Arg 型で 23.6±0.5, Gly16/Gly 型で 24.1±0.4 kg/m² と群間に有意差を認めなかったが、トレーニング後に Arg16/Arg 型で 22.4±0.4, Gly16/Gly 型では 23.2±0.3 kg/m² に低下し、その値は Gly16/Gly と比較して、Arg16/Arg 型で低い傾向を示した。トレーニング前の血糖値は、Arg16/Arg 型で 104±2, Gly16/Gly 型で 110±2 mg/dl と Arg16/Arg 型で有意に低値であった (P<0.05)。インターバル速歩トレーニング後に血糖値は Arg16/Arg 型で 97±2, Gly16/Gly 型では 104±2 mg/dl に低下し、その値は Gly16/Gly と比較して、Arg16/Arg 型で低値であった (P<0.05)。以上、Arg16/Arg 型ではインターバル速歩トレーニングの効果が亢進することが示唆された。

・バゾプレッシン V1a 受容体の遺伝子多型について、トレーニング前、BMI と拡張期血圧は CC 型と比較して TT 型で有意に高値であった (P<0.05)。期間中 CC, CT, TT 型のトレーニング量は同じであったにもかかわらず (P>0.1)、初期値でみられた差はトレーニング後に消滅した (P>0.1)。トレーニング後、TT 型の BMI と拡張期血圧はそれぞれ 1.1±0.2 kg/m², 7±1 mmHg 低下し、これは CC 型の BMI と拡張期血圧の低下 (0.5±0.1 kg/m², 1±2 mmHg) と比較して、有意に高値であった (P<0.05)。さらに、LDL と Total cholesterol も CC 型と比較して TT 型で大きく低下した (P<0.05)。一方、最大酸素摂取量と大腿筋力の初期値、およびトレーニングによる上昇に

は 3 群で差を認めなかった (P>0.05)。以上、中年男性において、vasopressin V1a 受容体の C/T 遺伝子多型は、インターバル速歩トレーニングが代謝機能と血圧に与える影響を変化させることが示唆された。

3) 「インターバル速歩トレーニング」とダイエット食品の併用効果：

試験期間中の運動量は群間で差は無く目標の週 60分以上の速歩を達成した。食品摂取期間中の食物繊維、蛋白質の摂取量は両群間で差はなかったが、MD群の総摂取カロリーはCT群と比べて、食品摂取期間では350kcal (P<0.001)、回復期1ヶ月目は150kcal (P<0.05)低下した。しかし、4ヶ月目にはCT群と差がなくなった。一方、MD群の体重、体脂肪率は、CT群に比べ食品摂取期間ではそれぞれ1.6kg, 0.8%低下した(ともにP<0.01)が、回復期1ヶ月目でもその低下量が維持された (P<0.001)。また、被験者のうち27名を回復期4ヶ月目まで追跡するとその低下量が維持された (P<0.05)。MD群の体力はCT群に比べ低下しなかった。

4) 「インターバル速歩トレーニング」とタンパク質補助食品の併用効果：

実験期間中の、トレーニング日数、週平均速歩時間、トレーニング中の1分間および1日当たりのカロリー消費量は両群間で差はなかった。栄養摂取量は、S群ではC群に比べ、総摂取カロリー10.6%、糖質 9.2%、蛋白質 10.5%、脂質 15.9%高かった (P<0.001)。トレーニング後、大腿部筋断面積はC群で2.2%、S群で1.6%増加し (P<0.001)、膝伸展筋力はC群で7.3%、S群で9.8%増加した (P<0.001) が、両群間で差はなかった。一方で、膝屈曲筋力はS群においてのみ9.9%

増加した ($P<0.01$)。最高酸素摂取量は両群において IWT 後に変化しなかったが、3段階ステップアップによる最高酸素摂取量測定時に求めた酸素脈は S 群でのみ増加した ($P=0.051$)。血漿量、血漿アルブミン量、血漿 Na 量は、C 群で冬季に減少した ($P<0.01$) が S 群では維持された。

5) 「インターバル速歩トレーニング」時のスポーツドリンク摂取の熱中症予防効果：

回復期における貯留率は、G-E 溶液で高い傾向を示した。また、また、血漿量回復率は、お茶が、G-E 溶液と水と比較して有意に低かったが、G-E 溶液と水との間には有意差を認めなかった。しかし、回復期の血清蛋白質濃度において、G-E 溶液が、お茶・水と比較して有意に低値を示したことから、G-E が最も血漿量増加に寄与すると考えられた。

D. 考察

1) 「インターバル速歩トレーニングの効果」に関する国際共同研究：

①生活習慣病治療としての運動処方への応用：

・米国における生活習慣病の罹患率と、それに起因する医療費の高騰はわが国を圧倒しており、我々が開発した運動処方が、生活習慣病の「治療医療」となりうるか、という命題を検証するのに、両医療機関は最適な現場である。このことは、近い将来、わが国における「医療機関連携型の運動処方モデル」の確立にも役立つ。

②運動処方反応性遺伝子の民族間比較：

・運動処方効果の民族差について、例えば、黄色人種と白人などを比較することを目的とした国際研究パラダイムを創出できる。

③運動処方システムの汎用性の改良：

・米国は多民族国家であり、かつ、さまざまな教育レベルがあり、そこで、本プログラム・システムを試用、改良されれば、それらは、より汎用性の高いものとなる。そして、改良されたプログラム・システムをわが国に逆導入することで、国内事業のさらなる普及にもつながる。

④運動処方プログラムの海外輸出：

・蓄積されたデータベースは知的財産となる。また、それをもとに作成された汎用性の高いプログラム・システムは、欧米をはじめ、今後、高齢化を迎える中国、韓国、タイなどのアジア諸国にも輸出でき、国内の健康サービス産業の育成にもつながる。

⑤運動処方の世界標準化：

・運動処方効果に関して、遺伝的、社会的、文化的な国際間比較が可能となり、それらの成果として運動処方が改良されれば、運動処方の世界標準化の第一歩となる。それは、運動処方が「新しい学問分野」となることを意味する。

2) β 2-アドレナリン受容体・バゾプレッシン V1a 受容体の遺伝子多型とインターバル速歩トレーニングの効果

この研究の成果として、ヒトと動物、実験室と現場、の双方向性研究が可能になった点を強調したい。従来から、 β 2-アドレナリン受容体の遺伝子多型が運動時の心拍数および心拍出量を変化させることは報告されていたが、その運動トレーニングへの影響は不明であった。すなわち、この検証のためには、多人数の被験者の genotype と phenotype を決定し、かつ長時間のフォローが必要であったからである。本システムは、その解析を可能にし、同遺伝子多型の Arg16/Arg 型ではインターバ

ル速歩トレーニングの効果が亢進することを、初めて明らかにした。また、*vasopressin V1a* 遺伝子に関しても、我々は先行研究において、*V1a* 遺伝子欠損マウスでは代謝量が低下することを示唆する結果を得た。これをもとに、インターバル速歩トレーニングの参加者において、同遺伝子の多型と代謝関連パラメータに注目し、上記の結果を得た。このように、実験室で得られた実験結果をフィールド研究に応用することに成功した。

3) 「インターバル速歩トレーニング」とダイエット食品の併用効果：

・ダイエット食品摂取によって肥満解消を実施する場合、カロリー摂取制限に伴う活動量の低下によって体力が低下すること、さらに、介入後のリバウンドによって摂取カロリー量が介入前以上に増加し、数ヶ月の間に介入前のレベルにまで戻ってしまう、という難点があった。しかし、インターバル速歩トレーニングとダイエット食品摂取を併用することで、この問題を解決した。すなわち、本研究の結果から、ダイエット摂取群でも体力が低下せず、さらに、介入終了後少なくとも4ヶ月間は減少した体重を維持した。以上、インターバル速歩トレーニングとダイエット食品の併用モデルは、効率的な生活習慣病予防方法として活用できる。

4) 「インターバル速歩トレーニング」と糖質・タンパク質補助食品の併用効果：

・従来から、実験室実験によって、運動トレーニング直後のタンパク質摂取は筋力向上を加速することが報告されている。我々は、高齢者のマシンを用いた運動トレーニング時に糖質・タンパク質サプリメントを摂取させると、アルブミン合成が加速して血漿量が増加し、持久力、

体温調節能を向上することを明らかにした。そこで、本研究では、インターバル速歩トレーニングとタンパク質サプリメントの併用が、従来、実験室で報告されてきた結果と同様であるかを再確認することを目的とし、その仮説を支持する結果を得た。すなわち、インターバル速歩トレーニングは、マシンなしで体力アップが達成できる汎用性の高いトレーニング方法であることから、今後、同トレーニング方法の普及とともにタンパク質サプリメントの使用も拡大するものと考えられる。

5) 「インターバル速歩トレーニング」時のスポーツドリンク摂取の熱中症予防効果：

・高齢者はスポーツドリンクと呼ばれる糖質・電解質溶液 (G-E溶液) より、お茶、水を好む傾向にある。そこで、どれが体内貯留率が高いか、を検証し、G-E溶液の有用性を支持する結果を得た。今後、高齢者の夏季インターバル速歩トレーニング時に熱中症予防のためにスポーツドリンクを摂取させることとなった。

E. 結論

1) インターバル速歩トレーニングは、Mayo Clinicでも評価され、今後、国際的に展開する基礎ができた。

2) *beta2*-アドレナリン受容体および *vasopressin V1a* 受容体の遺伝子多型はインターバル速歩トレーニング効果の個人差に一部関与することが示唆された。

3) インターバル速歩トレーニングとダイエット食品の併用は肥満改善、体力維持により効果があることが明らかとなった。

4) インターバル速歩トレーニングと糖質・タンパク質補助食品摂取は、体力強化を加速することが明らかとなった。