

綜 説

「臨床スポーツ医学研究センター」その発足の経緯と将来展望

増木 静江^{1)4)*} 森川真悠子¹⁾²⁾⁴⁾ 花岡正明¹⁾²⁾ 能勢 博³⁾

- 1) 信州大学大学院医学系研究科スポーツ医科学
- 2) 信州大学大学院医学系研究科臨床スポーツ医学研究センター
- 3) 信州大学大学院医学系研究科 e-ヘルスサイエンス
- 4) 信州大学先鋭領域融合研究群バイオメディカル研究所

Sports Medicine Clinical Research Center: Background and Future Direction

Shizue MASUKI¹⁾⁴⁾, Mayuko MORIKAWA¹⁾²⁾⁴⁾, Masaaki HANAOKA¹⁾²⁾ and Hiroshi NOSE³⁾

- 1) *Sports Medical Sciences, Shinshu University Graduate School of Medicine*
- 2) *Sports Medicine Clinical Research Center, Shinshu University Graduate School of Medicine*
- 3) *e-Health Sciences, Shinshu University Graduate School of Medicine*
- 4) *Institute for Biomedical Sciences, Shinshu University*

Key words: interval walking training, peak aerobic capacity, chronic inflammation, integrative medicine, healthy longevity society

インターバル速歩, 体力向上, 慢性炎症, 統合医療, 健康長寿社会

I はじめに

2024年4月1日, (公益財団法人)住友電工グループ社会貢献基金の援助で, 信州大学医学系研究科に寄付講座「臨床スポーツ医学研究センター」が設置された。同センターの理念は, 我々が, 過去20年間にわたり, 一般中高年者を対象に実施してきた体力向上のための運動処方「インターバル速歩」の「疾患予防」効果を, 信州大学附属病院に通院する加齢性疾患患者に適用し, 「疾患治療」の一手段としての有効性を実証することである。それによって, 現在の「薬物」「臓器別」医療体制を「非薬物」「統合」医療体制に移行させ, 医療費を抑制し, 健康長寿社会の創造を目指す。

本稿では, 「臨床スポーツ医学研究センター」の研究に向けて, まず, 我々が一般中高年者の運動介入のために開発・蓄積した研究資源を紹介し, 次に, それに基づく具体的な研究実施計画を述べ, 最後に, その成果に裏付けられた新しい医療体制による健康長寿社会の創造戦略について述べる。

* Corresponding author: 増木静江 〒390-8621

松本市旭3-1-1 信州大学大学院医学系研究科
スポーツ医科学

E-mail: masuki@shinshu-u.ac.jp

II 研究資源

A 画期的な遠隔型個別運動処方システム

我が国は超高齢社会に突入し, 医療費抑制は喫緊の課題で, 運動はその切り札と期待されている。その理由は, 図1で示すように, 我々の体力は30歳以降10歳加齢するごとに10%ずつ低下し, それと年間の医療費(治療医療の関与度)が見事に相関するからである。したがって, 「体力向上のための運動処方」は, 医療費抑制の有効な手段の一つとなる。

一方, 体力向上のための運動処方は, 健常者, 疾患患者を問わず, まず, 個人の最大体力(最高酸素摂取量)を測定し, その60%以上の運動負荷で, 1日20分以上, 週3日以上実施することが国際標準である¹⁾。しかし, この方法を実施するにはジムなどの体育施設を利用する必要があり, 時間的, 経済的に余裕のある対象に限られていた。

それに対し, 我々は「遠隔型個別運動処方システム」によってこの課題を解決した。すなわち, 3軸の加速度計と高度計を搭載した「携帯型カロリー計」を開発して, 負荷漸増歩行によって個人の最大体力を測定し, さらに, その70%以上の負荷をかける「インターバル速歩(※)」中の運動強度(エネルギー消費

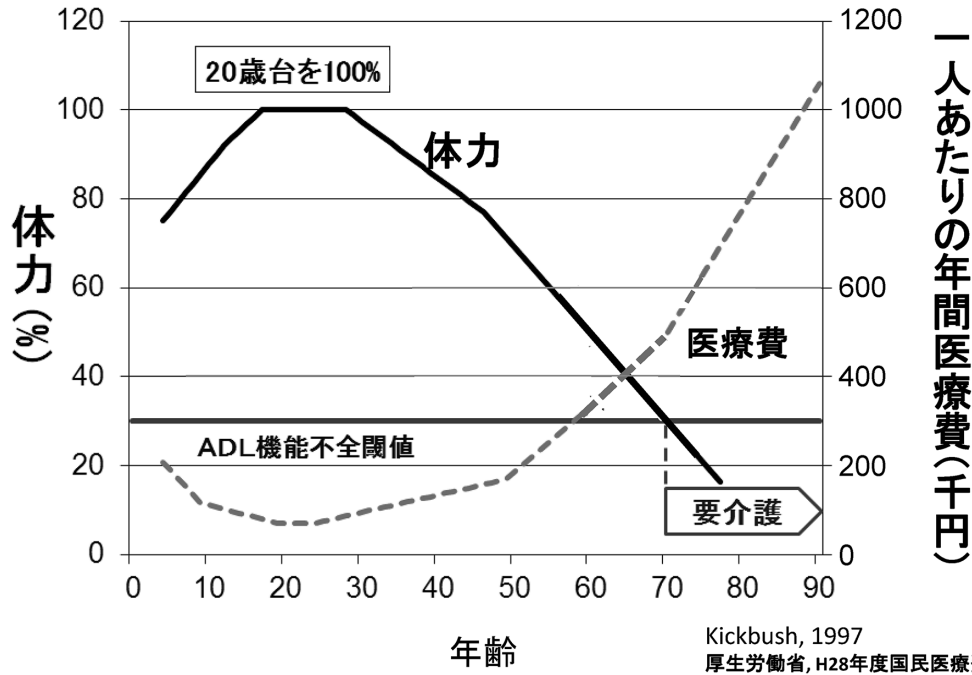


図1 年齢 vs 体力（最高酸素摂取量）と年間医療費の関係
文献³⁶⁾³⁷⁾より引用。

量)を正確に測定できるようにした²⁾。さらに、IoTを用いて、それらの測定データをサーバーに転送し、その結果を参加者にフィードバックし、遠隔で個別に運動処方を実施するシステムを開発した³⁾⁴⁾。このシステムを利用して、現役世代から要介護者まで10,000人にのぼる一般中高年を対象に5か月間のインターバル速歩トレーニングを実施した。その結果、体力が平均15%向上し、高血圧、高血糖、肥満などの生活習慣病の症状が平均20%改善し、慢性関節痛、不眠、うつ、認知症などの精神・神経疾患症状が30%以上改善し、医療費が20%抑制できた(図2)⁴⁾⁸⁾。しかも、それらが、現在、一般に実施されているジムなどの専門施設を利用する場合の1/10以下の費用で達成できた⁹⁾。

※インターバル速歩：個人の最大体力（最高酸素摂取量）の70%以上の速歩と40%のゆっくり歩きを3分間ずつ交互に行う歩行方法で、これを1日30分（5セット）、週4日実施する。個人の最大体力に合わせた速歩なので、要介護者、周術期患者、麻痺患者であっても、歩行補助器を使って歩かせさえすれば適用できる。

B 進化中の“インターバル速歩アプリ”

従来の遠隔型個別運動処方システムは、参加者が“熟大メイト”と呼ばれる独自の「携帯型カロリー計でインターバル速歩時のカロリーを測定し、1か月に1回、決められた日時に、自宅近くの地域公民館など

の事業拠点に集まり、カロリー計に保存された歩行記録を、PC端末からインターネットを介して、信州大学のサーバーに転送し、折り返しサーバーから返送されてくる“成績表”をもとに、トレーナー、保健師、栄養士などの専門スタッフが運動処方を行うものであった³⁾⁴⁾。しかし、このシステムでは、時間的余裕のある高齢世代では参加可能でも、時間的余裕のない現役世代には不便であった。

そこで、我々は、2017-18年度日本医療研究開発機構（AMED）の研究助成で、これまでのシステムのアプリ化を行い、わざわざ地域事業拠点に出向かなくても、遠隔で歩行データのサーバーへの転送と、その結果に基づく個別運動指導を遠隔で受けられるアプリの開発を行った(図3)⁴⁾。図のやる気を高める3要素：①自己比較は、インターバル速歩の「努力」が、必ず結果に表れる、努力は報われることを実感させるプログラム、②他者比較は、ライバルを意識させるプログラム、③コミュニティ育成は、本人だけではなく、みんなで頑張ることを意識させるプログラムである。最近、①自己比較だけでなく、②他者比較、③コミュニティ育成といった他者を意識し、彼らとの関わりを促進する要素が、運動継続に特に重要であることが明らかになりつつある¹⁰⁾。

さらに、2023-2025年度AMED研究助成で、運動

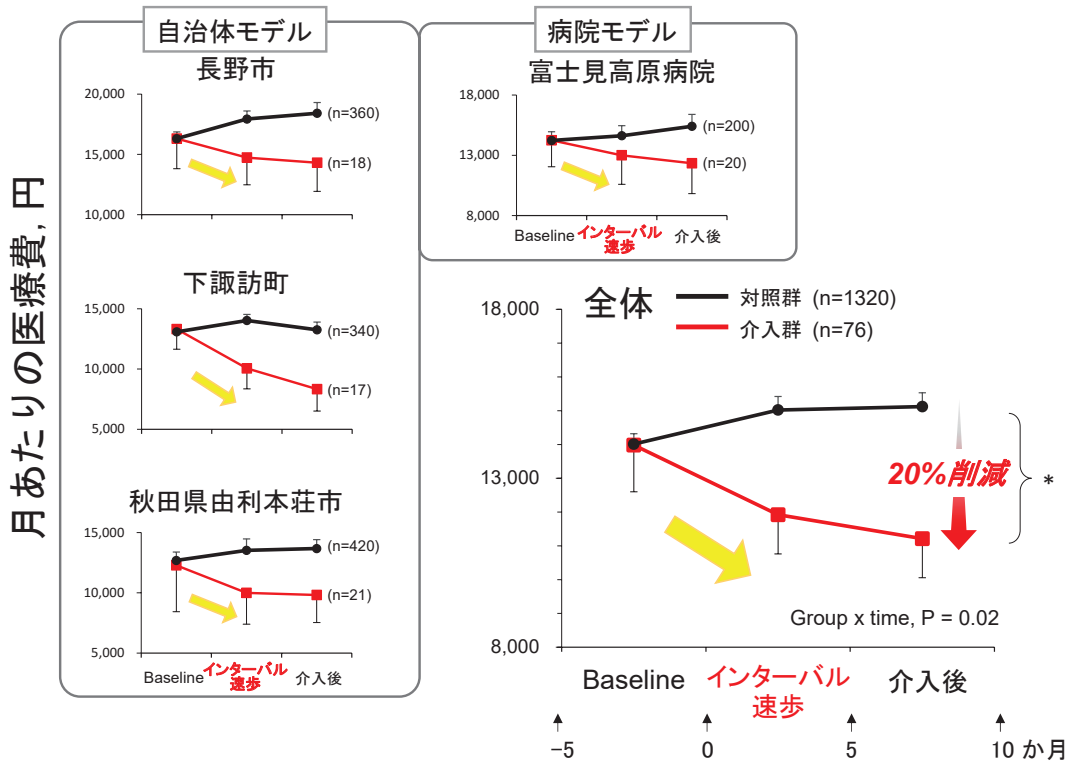


図2 インターバル速歩による医療費削減効果
 平均値と標準誤差で示す。

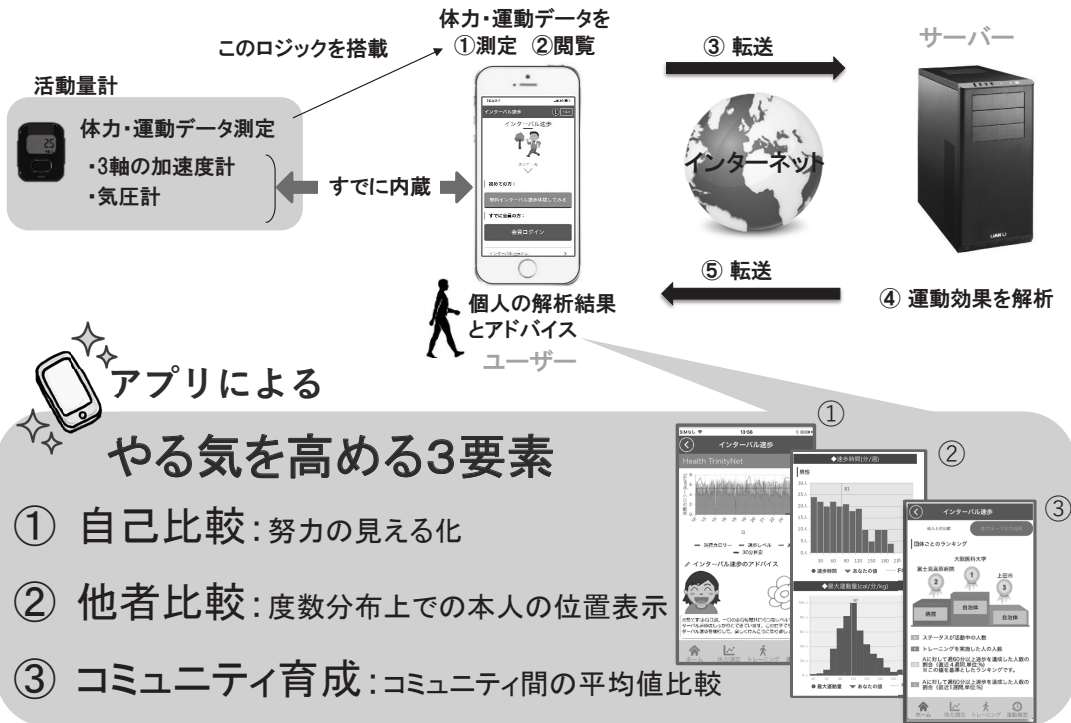


図3 IoTを活用した大規模個別運動処方のための新システム
 文献より⁴⁾引用。

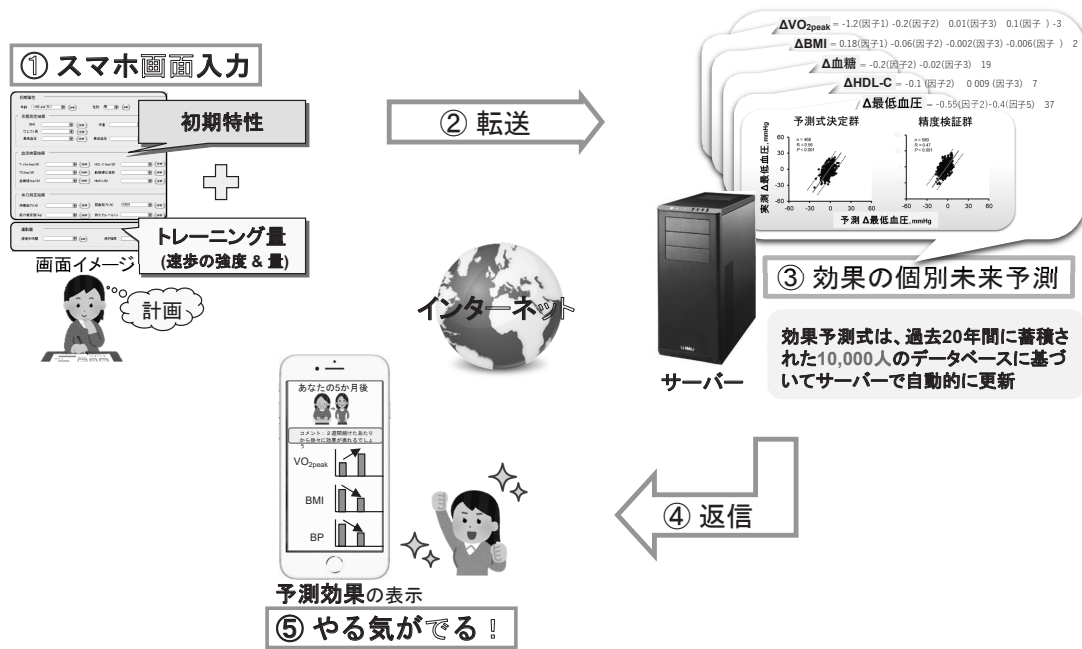


図4 運動習慣定着を促進するアプリ（現在開発中）
インターバル速歩の効果について「未来予測」ができる機能を示す。

の“開始”と“継続”を促進する心理学的要素（ナッジ効果）を考慮したアプリを開発中である（図4）。このアプリの特徴は「効果の未来予測」と「仲間づくり」である。まず、未来予測は、インターバル速歩に興味のある個人に対し、彼らの実施計画に応じて、体力向上、生活習慣病改善効果を“定量的”に予測し“開始”を促す機能¹¹⁾、また、仲間づくりは、前出のアプリの②他者比較、③コミュニティ育成¹⁰⁾の要素をより発展させたもので、運動参加者の体力などの身体特性別に日々のトレーニングの人気コースを地図情報としてアプリで公開し、自然発生的に仲間づくりをすることによって、“継続”を促す機能である。これらが完成すれば、場所や時間を問わず、同事業への参加が可能となり、インターバル速歩の開始・継続者が増加し、その効果に関するデータベースの拡大、さらに、それに基づくAIを用いたより充実した遠隔型個別運動指導が可能となる。

C 統合医療を可能にする多遺伝子・遺伝子修飾データ

我々の開発した遠隔型個別運動処方システムは、「インターバル速歩」といった単一歩行スタイルで、指導もIoTによって実施しているため、設備やスタッフの能力などの環境因子の影響を受けにくく、介入効果の個人差について遺伝子背景まで明らかにすることを可能にした。

加齢性疾患の発症メカニズムについて、最近の生命の老化研究の進歩に伴い、遺伝子、細胞、個体レベルから非常に多くの研究がなされている。国内では、2022年にAMED-JST 合同で老化メカニズムの解明と加齢性疾患の予防・治療のためのプロジェクトが発足し、また、健康寿命の延伸を目標としたムーンショット型研究開発事業（2020-29年度）が推進されるなど、大きな盛り上がりを見せている¹²⁾⁻¹⁴⁾。そのなかで、運動生理学の分野では「加齢性筋減少症（サルコペニア）」によるミトコンドリアの機能不全が注目されている。すなわち、ヒトは30歳以降、加齢に比例して筋肉が萎縮するが、それによって全身の細胞内のミトコンドリア機能が低下すると活性酸素が発生し慢性炎症が起きる。それが脂肪細胞に起きると「糖尿病」、血管内皮に発生すると「動脈硬化・高血圧」、脳細胞に発生すると「うつ病・認知症」、そして、この慢性炎症が、ガンの抑制遺伝子を抑制すると「ガン」を発症する、という説である¹⁵⁾。

この説が正しければ、多くの加齢性疾患の症状は“体力向上のための運動処方”（インターバル速歩）によって改善することが期待できる。実際、旧分子腫瘍学教室の谷口俊一郎教授（現、名誉教授）らのグループとの共同で「インターバル速歩」が、炎症関連遺伝子の不活性効果（メチル化）を引き起こすことを明ら

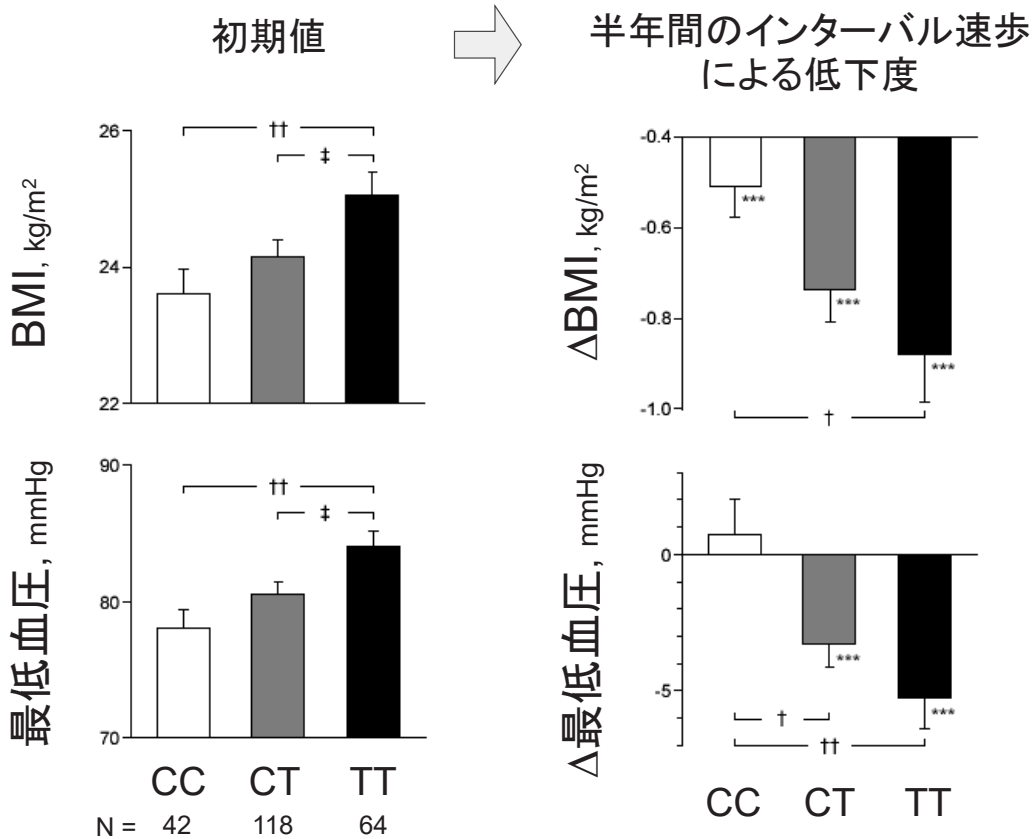


図5 バゾプレッシン V1a 受容体遺伝子多型 (rs1042615) に基づく、初期値と半年間のインターバル速歩による変化量
 平均値と標準誤差で示す。文献²⁰⁾より引用。

かにした¹⁶⁾。さらに、このインターバル速歩の効果は、以下D項で述べる適切な機能的食品摂取によって促進することも明らかにした¹⁷⁾⁻¹⁹⁾。これらの結果は、一見多様にみえる多くの加齢性疾患の根本原因は加齢性の体力低下であり、「インターバル速歩」がそれらの発症の予防だけでなく、「治療」に極めて有効な手段であることを強く示唆する。

一方、これら後天的（環境）因子だけでなく、我々は先天的（遺伝）因子も運動の定着に関係することを明らかにした。例えば、加齢生物学教室の樋口京一教授（現、特任教授）、森 政之准教授に協力いただき、図5に示すように、vasopressin V1a 受容体の遺伝子多型のTT型をもつ男性は全体の30%を占め、肥満、高血圧など生活習慣病症状を有するが、インターバル速歩をすると、これらの症状が顕著に改善することを明らかにした²⁰⁾。さらに、そのメカニズムについて、この遺伝子型を持つ男性の運動定着率を22か月間追跡した結果、他の型に比べ定着率が急速に低下することを認めた（図6）²¹⁾。すなわち、この遺伝子型を持つ

人は生来“運動嫌い”で、高い確率で生活習慣病になるが、適切な運動による介入をかければ、その症状が改善することが示唆された。

以上、“加齢性疾患”という表現型には、行動を制御する遺伝子を含め多数の遺伝子が関係して多遺伝子的（polygenetic）な反応を引き起こす。一方、“体力向上のための運動処方”（インターバル速歩）は、これらの疾患関連遺伝子群の遺伝子修飾的（epigenetic）な反応（メチル化）を引き起こし、その発症を制御する強力なカウンターメジャーになりうる。すなわち、従来の加齢性疾患に対する治療法にインターバル速歩を加え、その効果を各臨床診療科が polygenic/epigenetic 反応に焦点を当てて、横断的、統合的に観察することによって、疾患の本体に近づくことができ、従来に比べ、より効率的な治療が可能となる。

D 機能的食品の効能検証を可能にした同システム

医薬品の効能検証の場として病院があるが、機能的食品にはそのようなものはない。また、医薬品の効能検証については、服用効果が顕著で、比較的短期間で

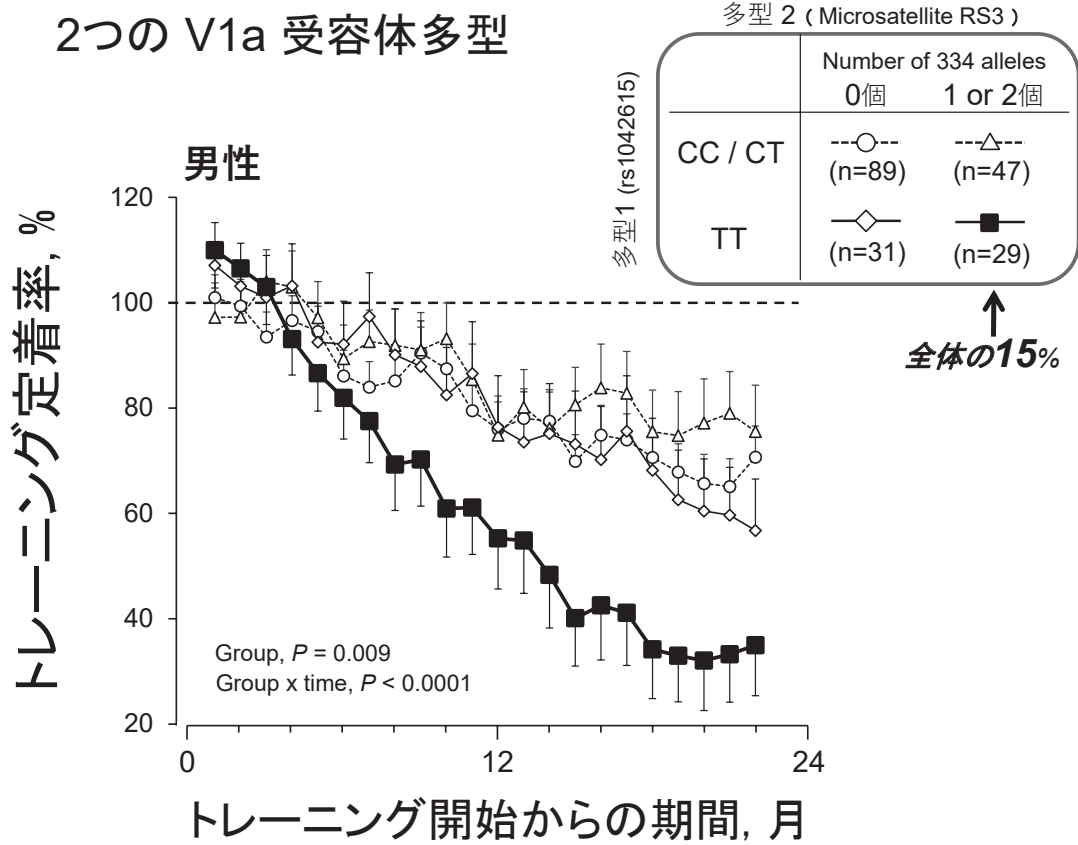


図6 バズプレッシン V1a 受容体遺伝子多型 (rs1042615と RS3) 各群における22か月間のトレーニング定着率の変化

V1a 受容体について、多型1のTT、多型2の334 allelesの両方を保有する群では、他の群に比べ、22か月間のトレーニングの定着率が悪い。平均値と標準誤差で示す。文献²¹⁾より引用。

現れるのに対し、機能的食品の摂取効果は小さく、その効果の発現には長期間を要するものが普通である。したがって、機能的食品の効果を検証する場合、多くの被験者に対し、身体特性はもとより、その効果に影響を与える可能性のある因子、例えば、介入期間中の日常活動度、栄養摂取の状況などをモニターしなければならない。我々の運動処方システムは、世界的にみてもこの条件を満たす稀有な存在であり、我々はこれまで信州大学農学部、関連企業との共同研究を行ってきた。

たとえば、糖質・乳蛋白質補助食品は、インターバル速歩と併用することで血流量を増加し発汗能などを改善し夏場の暑熱耐性を高めること²²⁾、また、トレーニングの筋力向上効果を促進し²³⁾、炎症関連遺伝子のメチル化を促進し(図7)¹⁷⁾、糖尿病、動脈硬化などの指標を改善することを明らかにした¹⁸⁾。さらに、5-アミノレブリン酸摂取は、ミトコンドリア機能を改善し、運動時の乳酸産生を抑制すること²⁴⁾、これによっ

て、うつ患者²⁵⁾、後期高齢者²⁶⁾の運動開始への身体的、心理的障壁を下げ、インターバル速歩の実施率を向上すること、さらにうつ患者の症状を改善することも明らかにした。また、インターバル速歩と高圧処理をして玄米と同様の機能的成分を保有する加工米摂取の併用は、抗酸化作用によって炎症促進遺伝子のメチル化を促進し血糖調節能を改善することも明らかにした¹⁹⁾。

以上の機能的食品は、運動と併用して初めてその効果が認められた食品であり、今後、同システムを利用することで多くの食品についての効能検証が期待できる。そして、その効果が実証された食品をインターバル速歩と併用することにより、加齢性疾患の治療に用いることが期待できる。

E すでに臨床現場への適用は始まっている

生活習慣病領域においては、信州大学において、糖尿病の通院患者を対象に、インターバル速歩に関する共同研究が糖尿病・内分泌内科と始まっている⁵⁾。また、茅野市において薬局と医院の連携による糖尿病患

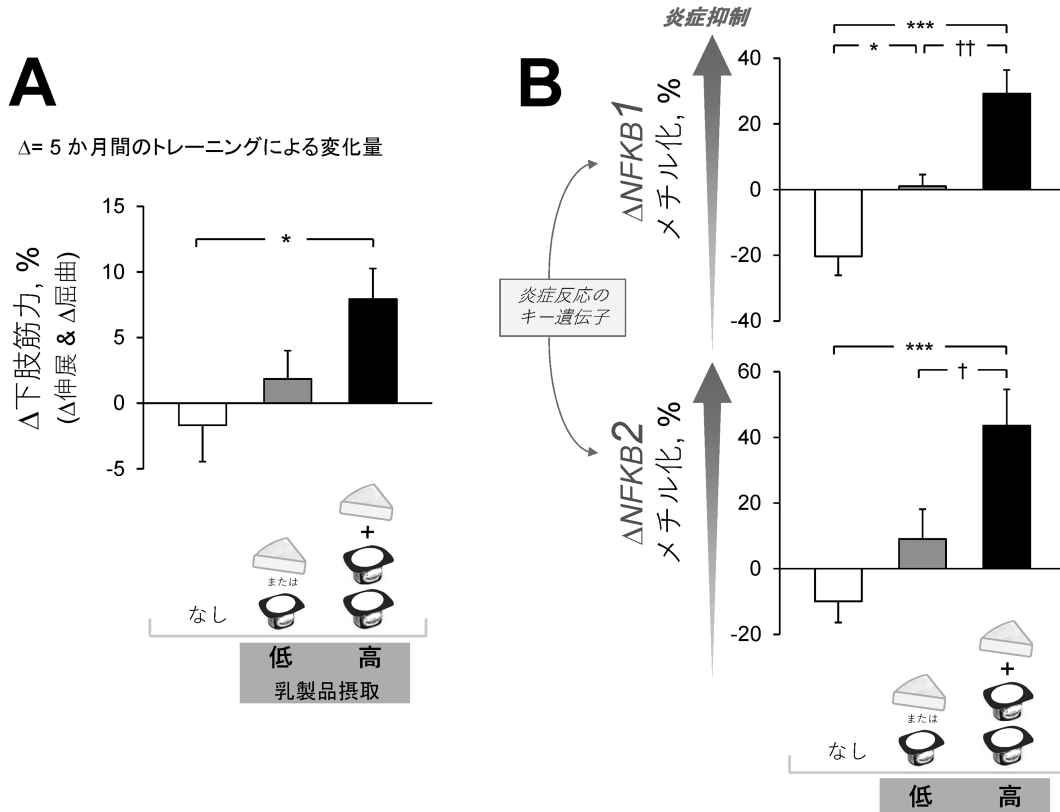


図7 インターバル速歩と乳製品摂取の併用による慢性炎症抑制効果

すでに6か月以上インターバル速歩を実施し、その効果が頭打ちになっている中高年女性を対象に、5か月間の介入を行った。乳製品摂取量に比例して下肢筋力が増加し (A)、炎症反応の中心的役割を担う遺伝子であるNFκB1、B2遺伝子のメチル化 (不活性化) が起こった (B)。対照群、低乳製品群、高乳製品群、それぞれ12名、12名、13名の平均値と標準誤差で表す。文献¹⁷⁾より引用。

者に対するインターバル速歩の効果検証も始まり²⁷⁾、それぞれ、その有効性を報告している。

整形外科的疾患領域においては、トレーニング前の骨密度が低い被験者ほど、その効果が大きいことを明らかにした²⁸⁾。さらに、軽度の骨密度低下者においては、インターバル速歩が骨粗鬆症治療薬服用と同等の効果があることを明らかにした²⁹⁾。また、東御市のみまき温泉診療所との共同研究で、膝・腰の慢性関節痛患者向けに「水中インターバル速歩」の開発を行い、その有効性を支持する結果を得た³⁰⁾。さらに、同診療所では、その後、肥満者向けに水中インターバル速歩実施に最適な錘の重さ決定に成功した³¹⁾。また、浜松医科大学との共同研究で、インターバル速歩が人工股関節全置換術を受けた中高年女性の筋力・持久力を向上することを明らかにした³²⁾。さらに、富士見高原病院のリハビリテーション科に通院する要介護1-2の患者においてもインターバル速歩の効果が実証された²⁹⁾。

一方、神経・精神疾患領域においては、従来から、

一般のインターバル速歩参加者を対象に自己うつ評価尺度 (CES-D) によるアンケート調査で、その症状が著しく改善することが明らかになっている⁴⁾。さらに、一般精神科医院 (青葉こころのクリニック) に通院するうつ病患者では、5-アミノレブリン酸摂取によって身体的、心理的障壁を低くしてインターバル速歩の実施率を向上させさえすれば、その症状改善効果があることが明らかとなった²⁵⁾。また、(株)オムロンとの共同研究で、中高年者において、インターバル速歩が中高年者の不眠症を改善すること³³⁾、さらに、穂高養生園との共同研究で、がんで手術、化学療法などを行い、いったん治療を終えた患者ではうつ傾向を認めるが、インターバル速歩によって体力、生活習慣病の症状が改善すれば社会参加に向けた心理的な改善効果があることが明らかとなった²⁹⁾。さらに、秋田県の由利本荘市において、インターバル速歩が軽度認知障害を有する高齢者の認知機能を改善することも明らかになっている³⁴⁾。

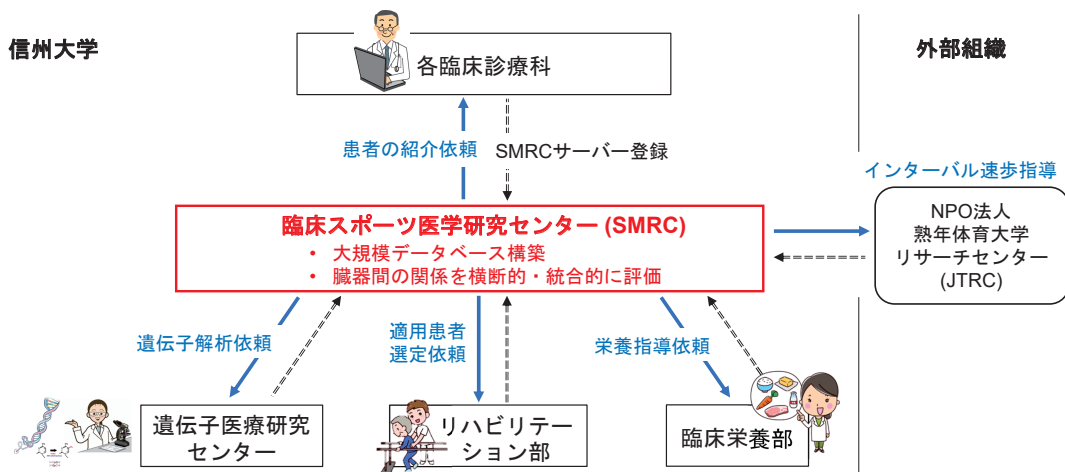


図8 研究体制図

最後に、心臓リハビリテーション領域においても、JA 長野厚生連北アルプス医療センターとの共同研究で、インターバル速歩が心疾患患者の体力向上と心機能改善に効果があることが実証されつつある³⁵⁾。

以上、生活習慣病、整形外科疾患、神経・精神疾患、心臓リハビリテーションにおけるインターバル速歩の有効性は、すでに実証されつつある。

Ⅲ 臨床スポーツ医学研究センターにおける研究実施計画

A 研究の特色

本研究の特色は、“体力向上のための運動処方”（インターバル速歩）を広い分野の診療科における加齢性疾患治療の一手段として、その有用性を統合的に検証することである。そのために、それらの疾患を有する患者にインターバル速歩を実施していただき、その際のトレーニング量と臨床症状改善効果のデータベースを構築し、polygenic/epigenetic 反応を検証し、その発症メカニズムの本体に迫ることである。

B 共同研究者の連携

このために、信州大学医学系研究科「臨床スポーツ医学研究センター（SMRC）」を新設した。同センターを軸に、信州大学の各臨床診療科、遺伝子医療研究センターの古庄知己教授、リハビリテーション部の堀内博志教授、臨床栄養部の駒津光久教授に協力いただき、本研究を進める予定である。図8に研究体制図を示す。すなわち、SMRCは、インターバル速歩を適用できる加齢性疾患患者の紹介依頼を「各臨床診療科」に行い、各診療科に適用患者の候補をSMRC

サーバーに登録してもらい、それに基づき適用患者の選定依頼を「リハビリテーション部」に行い、選定結果をサーバーに登録してもらい、そして、選定された患者のインターバル速歩指導をNPO法人・熟年体育大学リサーチセンター（JTRC）に、栄養指導を「臨床栄養部」に、遺伝子解析を「遺伝子医療研究センター」にそれぞれ依頼し、介入期間中の運動量、栄養指導結果、遺伝子解析結果を、それぞれ匿名化ののち、サーバーに登録してもらい、さらに、各診療科には、各患者で独自に実施した介入前後の各加齢性疾患の検査データのうち本研究目的に有用で、かつ患者の同意が得られたものを匿名化ののちサーバーに登録してもらい、ここで構築されるデータベースは、本研究にかかわる研究者がアクセスできる。このデータを用いて、臓器間の関係を横断的・統合的に評価する。

本研究には、上述の先生方に加えて、脳神経内科の関島良樹教授、整形外科の高橋 淳教授、麻酔科蘇生科の田中 聡 准教授を始めとする臨床診療科の先生方に協力いただき進める予定である。

C 研究遂行のプロトコル

我々がすでに予備実験を終了している糖尿病、心疾患、軽度認知症、骨粗鬆症などの疾患を中心に、各加齢性疾患患者を対照群とインターバル速歩群に無作為に分け、5か月間の「インターバル速歩」を実施し、その効果を検証する。それと並行して、それらの効果をサーバー上に登録し、臓器間の関係を横断的・統合的に評価できるデータフォーマットの作成、そのデータベースをサーバー上で解析できる仕組みの開発を行う。また、それらの結果をそれぞれの患者にフィード

バックするためのアプリ開発を行う。

IV 新しい医療体制による健康長寿社会の創造戦略

A インターバル速歩の治療成果を社会還元する受け皿はすでに準備されている

「インターバル速歩」の疾患“予防”効果については、すでに全国的に主要なマスコミ（NHK、新聞、雑誌など）で、広く知られるようになった。さらに、米国 New York Times でも2010年と2015年の2回紹介された。最近5年間のマスコミによる報道、講演依頼の合計は年間100件にのぼる。その結果、「市民の健康増進」、「医療費抑制」を目的として、インターバル速歩を導入した（している）自治体、大学、各種団体は全国で52か所、参加者は10,000人に達した。本研究によって、「インターバル速歩」の疾患“治療”効果に関して、遺伝子から臨床症状に至る科学的エビデンスが構築されれば、地方中核病院を拠点として、同トレーニングの臨床医療への普及が期待できる。

B 抑制された医療費抑制を原資とした健康長寿社会の創造

先に図2で、インターバル速歩を5か月間実施すれば、20%医療費が抑制されることを述べた。これを人口は24万人、高齢化率28%の松本市に当てはめると、もし、松本市の高齢者全員がインターバル速歩をしたと仮定すれば、年間114億円の医療費削減効

果となる。たとえ、1%でも1億円となる。市の年間予算が880億円余りだから決して無視できない。これを予防だけでなく治療医療モデルとして、日本全国の自治体に普及することで、抑制された医療費を、従来の医療以外の健康サービス産業（健康機器、健康食品、観光など）の活性化に利用することができる。それによって、若者の地元での雇用を促進し、少子高齢化で疲弊する地方自治体を活性化する。それが、健康長寿社会の創造の第一歩と考える。

V おわりに

本稿では、信州大学医学系研究科寄付講座「臨床スポーツ医学研究センター」の設立の経緯と将来展望について述べた。同センターの研究資源は、主に信州大学医学系研究科旧独立専攻の諸先輩方の長年の努力で蓄積されたものである。いよいよ、この信州大学“オリジナル”の研究成果を“治療”に適用し、健康長寿社会創造に向けて「新しい医療体制」を世界に発信するチャンスが到来したと感じている。信州大学の皆様のごさらなるご協力を切にお願い申し上げます。

謝 辞

本論文は、公益財団法人 住友電工グループ社会貢献基金（2024-2028）の助成を受けたものである。

文 献

- 1) American College of Sports Medicine: General principles of exercise prescription. In: Pescatello LS (ed), ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9th ed, pp 162-193, Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, MD, 2014
- 2) Yamazaki T, Gen-No H, Kamijo Y, et al: A new device to estimate VO2 during incline walking by accelerometry and barometry. Med Sci Sports Exerc 41: 2213-2219, 2009
- 3) Masuki S, Morikawa M, Nose H: Interval Walking Training Can Increase Physical Fitness in Middle-Aged and Older People. Exerc Sport Sci Rev 45: 154-162, 2017
- 4) Masuki S, Morikawa M, Nose H: Internet of Things (IoT) System and Field Sensors for Exercise Intensity Measurements. Compr Physiol 10: 1207-1240, 2020
- 5) Kitajima K, Oiwa A, Miyakoshi T, et al: Interval walking training in type 2 diabetes: A pilot study to evaluate the applicability as exercise therapy. PLoS One 18: e0285762, 2023
- 6) Morikawa M, Okazaki K, Masuki S, et al: Physical fitness and indices of lifestyle-related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. Br J Sports Med 45: 216-224, 2011
- 7) Nemoto K, Gen-no H, Masuki S, Okazaki K, Nose H: Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. Mayo Clin Proc 82: 803-811, 2007
- 8) Masuki S, Morikawa M, Nose H: High-Intensity Walking Time Is a Key Determinant to Increase Physical Fitness and Improve Health Outcomes After Interval Walking Training in Middle-Aged and Older People. Mayo Clin Proc

94: 2415-2426, 2019

- 9) 能勢 博: ウォーキングの科学. 講談社 ブルーバックス, 東京, 2019
- 10) 松本雪輝, 増木静江: 長野市・信州大学連携事業「IoTを活用した大規模個別運動処方のための携帯端末アプリの開発」実績報告書. 2022
- 11) Takahashi S, Morikawa M, Hanaoka M, Nose H, Masuki S: Identification and validation of factors affecting interval walking training effects (abstract). 第77回日本体力医学会大会, 宇都宮市, 2022
- 12) 中西 真: 老化を治療する. 医学界新聞 3499: 1-9, 2023
- 13) AMED: 根本的な老化メカニズムの理解と破綻に伴う疾患機序解明. 老化研究支援・推進に関する研究開発. <https://www.amedaging.com/greeting.html> (2024年8月1日アクセス)
- 14) 内閣府: ムーンショット型研究開発制度. <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/index.html> (2024年8月1日アクセス)
- 15) Handschin C, Spiegelman BM: The role of exercise and PGC1alpha in inflammation and chronic disease. *Nature* 454: 463-469, 2008
- 16) Zhang Y, Hashimoto S, Fujii C, et al: NFkappaB2 Gene as a Novel Candidate that Epigenetically Responds to Interval Walking Training. *Int J Sports Med* 36: 769-775, 2015
- 17) Masuki S, Nishida K, Hashimoto S, et al: Effects of milk product intake on thigh muscle strength and NFkB gene methylation during home-based interval walking training in older women: A randomized, controlled pilot study. *PLoS One* 12: e0176757, 2017
- 18) Uchida K, Masuki S, Morikawa M, et al: Milk plus Carbohydrate Supplementation during Interval Walking Training Enhanced the Improvement of Blood Glucose and Blood Pressure Regulations in Older People [abstract]. *FASEB J* 32: 724.6, 2018
- 19) Aida T, Masuki S, Uchida K, et al: Effects of the high pressure processed rice intake during interval walking training on glycemic control and NFkB2 gene methylation in lifestyle-related disease patients [abstract]. *FASEB J* 32: 724.2, 2018
- 20) Masuki S, Mori M, Tabara Y, et al: Vasopressin V1a receptor polymorphism and interval walking training effects in middle-aged and older people. *Hypertension* 55: 747-754, 2010
- 21) Masuki S, Mori M, Tabara Y, et al: The factors affecting adherence to a long-term interval walking training program in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* (1985) 118: 595-603, 2015
- 22) Uchida K, Shimamura R, Ikefuchi R, et al: Effects of Yogurt Intake on Cardiovascular Strain during Outdoor Interval Walking Training by Older People in Midsummer: A Randomized Controlled Study. *Int J Environ Res Public Health* 19: 4715, 2022
- 23) Okazaki K, Yazawa D, Goto M, et al: Effects of macronutrient intake on thigh muscle mass during home-based walking training in middle-aged and older women. *Scand J Med Sci Sports* 23: e286-292, 2013
- 24) Masuki S, Morita A, Kamijo Y, et al: Impact of 5-aminolevulinic acid with iron supplementation on exercise efficiency and home-based walking training achievement in older women. *J Appl Physiol* (1985) 120: 87-96, 2016
- 25) Suzuki H, Masuki S, Morikawa A, et al: Effects of 5-aminolevulinic acid supplementation on home-based walking training achievement in middle-aged depressive women: randomized, double-blind, crossover pilot study. *Sci Rep* 8: 7151, 2018
- 26) Ichihara Y, Masuki S, Uchida K, et al: Effects of 5-aminolevulinic acid with iron supplementation on respiratory responses to graded cycling and interval walking training achievement in older women over 75 yrs. *Exp Gerontol* 150: 111356, 2021
- 27) 寺澤雅治, 降幡真由佳, 下平博和, 他: 薬局と医院の連携によるインターバル速歩を核にした新しい地域医療モデルの開発 [abstract]. 第175回 日本体力医学会関東地方会, 2023
- 28) Martyanti RN, Morikawa M, Hanaoka M, et al: Increased response of postmenopausal bone to interval walking

training depends on baseline bone mineral density. PLoS One (in press)

- 29) 能勢 博：人生はインターバル速歩。オフィスM, 長野, 2018
- 30) Handa S, Masuki S, Ohshio T, et al: Target intensity and interval walking training in water to enhance physical fitness in middle-aged and older women : a randomised controlled study. Eur J Appl Physiol 116 : 203-215, 2016
- 31) Ohshio T, Masuki S, Handa S, Nose H: The impact of weight belt on the effects of interval walking training in water in middle-aged and older women with overweight [abstract]. The 6th International Sports Science Network Forum in Nagano 2016 P-04, 2016
- 32) Morishima Y, Mizushima T, Yamauchi K, et al: Effects of home-based interval walking training on thigh muscle strength and aerobic capacity in female total hip arthroplasty patients : a randomized, controlled pilot study. PLoS One 9 : e108690, 2014
- 33) Miyagawa K, Tsutsumi M, Nagayoshi S, Shiga T, Nose H: Peak aerobic capacity and sleep quality in middle-aged and older people [abstract]. The 6th International Sports Science Network Forum in Nagano 2016 P-05, 2016
- 34) Furihata M, Morikawa M, Hayashi R, et al: Effects of 5-month interval walking training on cognitive function in middle-aged and older people : a randomized controlled study [abstract]. The 100th Anniversary Annual Meeting of The Physiological Society of Japan, 2023
- 35) 赤羽弘泰, 永富丈博, 吉原恭子, 他：インターバル速歩の心臓リハビリテーションへの導入の試み：IoTによる在宅・遠隔型個別運動処方に向けて [abstract]. 第29回日本心臓リハビリテーション学会学術集会, 2023
- 36) Haskell WL, Phillips WR: Effects of exercise training on health and physical functioning in older persons. In: Nose H, Nadel ER, Morimoto T (eds), The 1997 Nagano Symposium on Sports Sciences, pp 399-417, Cooper Publishing, Carmel, IN, 1998
- 37) 厚生労働省：平成28年度 国民医療費の概況。2018

(R 6. 7. 4 受稿)