

日本老年医学会雑誌

Japanese Journal of Geriatrics



JANUARY
2017

【総説】

高齢慢性腎臓病患者の食事療法

【老年医学の展望】

10歳若返る！「インターバル速歩」
—生活習慣病・介護予防のための
新しい運動処方システム—

【特集】

要介護高齢者を取り巻く環境と経済



一般社団法人日本老年医学会

10歳若返る！「インターバル速歩」 —生活習慣病・介護予防のための 新しい運動処方システム—

Interval Walking Training to be 10-year younger !:

Exercise prescription to prevent age-associated decline of physical fitness and lifestyle-related diseases

能勢 博

要約

超高齢社会を迎え高齢者が人生の最期まで「健康」で「生きがい」を維持続けることができる「健康長寿社会」の構築が急務である。特に、予防医療体制の整備は医療費削減の見地から早急におこなわなければならない。その中でも運動処方は予防医療の最後の切り札として期待されている。筆者は、過去20年間、松本市を中心に中高年者の運動教室「熟年体育大学」事業に参画してきたが、この事業は、最近、科学的エビデンスに基づく運動処方として、国の内外から注目を集めるまでになった。本稿では、この事業の歴史と将来展望について述べる。老年医学を専門とされる読者の皆さんの参考になれば幸いである。

Key words 生活習慣病, 要介護, 遠隔型個別運動処方システム

(日老医誌 2017; 54: 10-17)

役に立つ生理学とは

私の専門は環境・運動生理学である。応用生理学、人体生理学と呼ぶ人もいる。私が、その価値を認識し、自分のライフワークにしようと本格的に決めたのは、今から30年近く前、米国Yale大学・医学部、John B. Pierce 研究所、故Ethan R. Nadel教授の研究室に留学したときだった。実験を開始する前に、彼に計画書を提出して承認を得るのだが、彼は、あらかじめ、私に2つの条件を提示した。一つは、「ヒトと実験動物は生理機能が著しく異なる、ヒトのように二本足で歩行(運動)し、大量の皮膚血流量、発汗量で高い暑熱環境適応能を持っている生物種は地球上に他にいない、したがって対象はヒトにしよう」ということ、も

う一つは、「何時役に立つかわからない基礎研究は他の研究者に任せておいて、即、世の中の役に立つ社会問題解決型の研究をしよう」ということだった。当然、この二つは不可分の関係にある。

その結果、私が、当時従事した研究テーマは「暑熱環境下で運動パフォーマンスを向上させるスポーツ飲料の開発」だった。その結果は上々で¹⁾、それに基づき、ゲータレード社が1988年「スポーツ科学研究所」を設立し、その後10年間で同社の製品が「科学的根拠に基づくスポーツ飲料」として、世界シェアの90%を占めることになる。「役に立つ生理学」とは何か、「世の中を動かす生理学とは何か」を実感できる研究プロジェクトに参画できたことは、その後の私の研究スタイルを決定することになる。帰国後、信州大学にお世

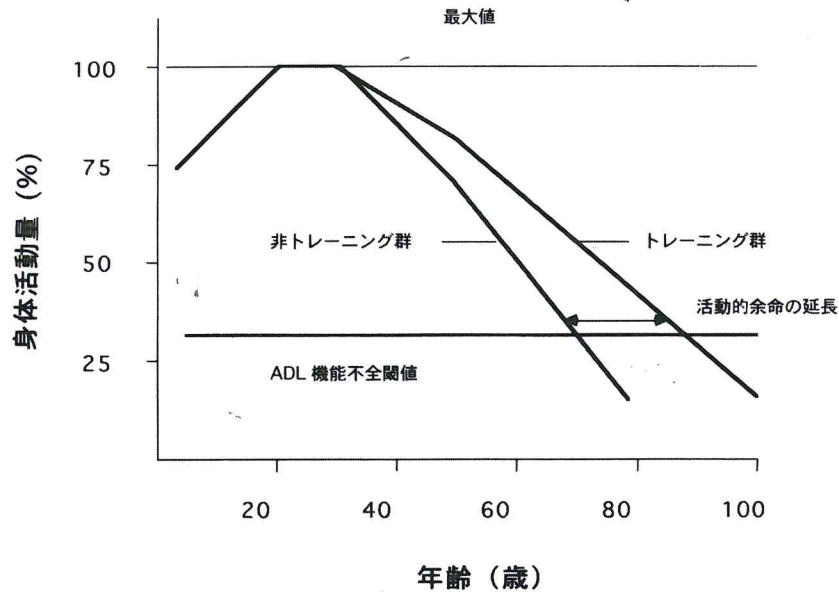


図1 加齢による体力変化 文献2)より引用

話になることになったが、本稿で述べる「インターバル速歩トレーニング」も、松本市を舞台に留学中に学んだ研究理念から生み出されたといつてよい。

何が社会問題か？

直面する社会問題の一つとして我が国の少子高齢化がある。全人口に対する65歳以上の人口比率（高齢化率）はH24年度には全国平均で24%だったが、わずか10年後のH35年度には32%を突破する。一方、14歳以下の若年者人口は10%まで低下する。このような、少子高齢社会で最も問題になるのが高齢者医療費の高騰である。H24年度には年間24兆円であったが、このままの医療体制では、H35年度には56兆円になると予測されている。それは我が国の一般会計予算90兆円の60%に相当する。もう5年以上前になるが、厚労省の老健局のある課長が、「これからの高齢者は畳の上で死ねたら幸せだと思え」といっていたが、彼の言いたかったことは、今後急増する高齢者を収容する施設を増設する財力が、もう我が国にはない、ということである。現在でも、政府が介護料の自己負担率の増加などを提案しているが、上記の財政事情を考えれば当然のことなのである。では、経済的に余裕の

ある一部の高齢者ならまだしも、私を含め一般庶民はどうすればよいのか。答えは、簡単、「国に頼らず、自分の身は自分で守れ」である。そのために、私たちが最も推奨しているのが「インターバル速歩」をはじめとする運動トレーニングである。これからその根拠を述べる。

何故、体力か？

図1に加齢と生活活動度の関係を示す。生活活動度は「体力」を表していると考えてよい。我々の体力は20歳代をピークとし、30歳以降10歳加齢するごとに5~10%ずつ体力は低下する。そして、体力が20歳代の30%以下になると自立した生活ができなくなり要介護状態となる。この体力の低下は運動不足だけのためではなく、顔にしわがよったり、髪の毛が薄くなるのと同じメカニズムで筋肉の委縮が進行する²⁾。これを「老人性筋委縮症(サルコペニア)」と呼ぶ。さて、ここで興味深いのはこの加齢による体力の低下と医療費が非常によく相関することだ。すなわち、糖尿病をはじめとする生活習慣病の発症は、この筋委縮による体力低下が根本原因になっている可能性が高い。

何故、個別運動処方か？

そこで、私たちは16年前のH9年度に、「運動処方によって体力が向上すれば生活習慣病の症状が改善し、医療費が抑制される」という作業仮説をもとに、松本市の中高齢者を対象に「熟年体育大学」事業を開始した。事業発足当初H9～H13年度の4年間、厚労省が推奨する「1日1万歩を毎日歩こう」をスローガンに事業1,000人で実施した。しかし、1年間の定着率が50%以下で、さらに、たとえ1万歩/日、毎日歩いても、体力が向上せず、したがって生活習慣病の症状の改善が期待するほどではないことが明らかとなった³⁾。

では、より効果の期待できる運動処方とはどのようなものなのか。当時から、米国スポーツ医学会は、体力向上、生活習慣病予防・治療のためには、まず「個人」の最大体力を測定し、その70%以上の負荷の運動を30分/日以上、4日/週以上、実施すれば、6カ月で体力が10%向上、生活習慣病の症状も10～20%改善することを保証している。この個別運動処方が現在の国際標準である⁴⁾。すなわち、「一日一万歩」のスローガンには「運動強度(きつさ)」という概念が含まれておらず、したがって、いくらそれを実践しても効果が期待できない。ちなみに、「一日一万歩」時の運動強度は、個人の最大体力の40%に満たない。

何故、欧米型個別運動処方は普及しないのか？

このように、個別運動処方は実践さえすればその効果が約束されている。しかし、その普及は、米国でも15%程度に過ぎない(日本では5%)。原因は「費用がかかる」の一言につきる。すなわち、トレッドミル、自転車エルゴメータ等のマシンの購入費、それを収容するための施設、それらのマシンを使いこなせるトレーナーの雇用費を考えれば、1人の参加者当たり年間20万円の費用が必要となり、一般庶民には手が届かない。

「インターバル速歩」とは何か？

体力向上のためにもっと現実的な運動処方を提案できないか。私たちはH13年度より何時でも、何処でも、誰でも、安価に実施できる体力向上のための運動処方として個人の体力に合った個別運動処方「インターバル速歩トレーニング」を提案し、以降、それを軸に事業を展開してきた(図2)。詳細はNPO法人熟年体育大学リサーチセンターのホームページ(<http://www.jtrc.or.jp>)を参照していただきたいが、特徴は、以下の3つである。

①携帯型カロリー計(熟大メイト)

3軸の加速度計と気圧による高度計を内蔵し、それぞれ傾斜地(階段)歩行時の運動エネルギー、位置エネルギーを測定し、それらの和から歩行時の消費エネルギー量を正確に測定できる世界初のロジックを搭載している。この装置を腰に装着して、フィールドで3分間の最速歩行を実施すれば、体力に自信のない人(中高年者の90%以上、若年者の60%以上)であれば、個人の体力が正確に測定できる。すなわち、この装置の開発でマシンなしで個人の最大体力の測定と運動中のエネルギー消費量の測定が可能になった⁵⁾。

②インターバル速歩トレーニング

個人ごとに3分間の最速歩行で決定した最大体力の70%以上の速歩と40%以下のゆっくり歩きを3分間ずつ交互に5～10セット/日、4日/週以上を目標に、5カ月間繰り返す方法⁶⁾。

③遠隔型個別運動処方システム(e-HPS)

「熟大メイト」を装着して、各自、自由にインターバル速歩トレーニングを実施する。2週間に1回、近くの地域公民館から熟大メイトに記憶された歩行記録をPC端末からサーバーに転送する。すると、サーバーから折り返し、歩行中のカロリー消費量のトレンドグラフと、DBに基づいてe-HPSによって自動的に作成されたコメントが返信される。このグラフに基づき、トレーナー、栄養士、保健師が目標の達成度を確認し個別運動指導を行う⁷⁾。

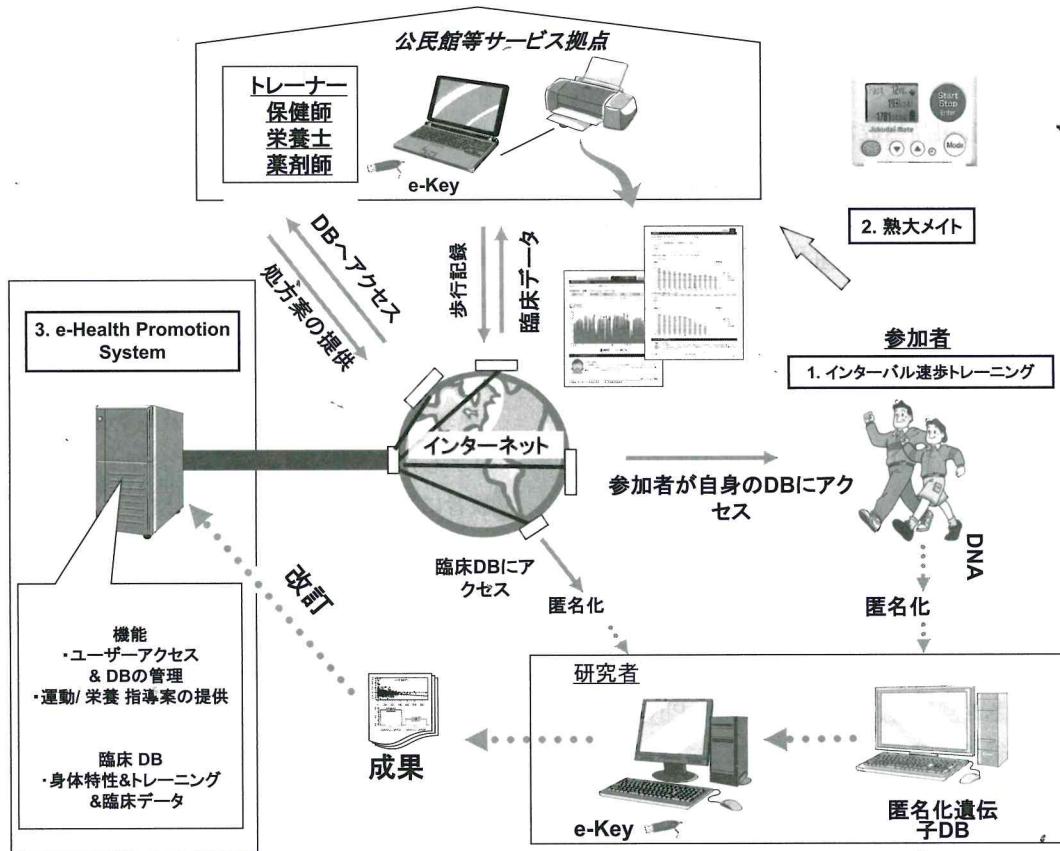


図2 インターバル速歩トレーニングのシステム図 文献7)より引用

マシン並みの効果があるのか？

H22年度末までにインターバル速歩トレーニングの効果について4,000人のDBを構築した(現在は6,200人)。その結果、5カ月間の同トレーニング効果について、体力が最大20%向上し、それに比例して、生活習慣病の症状が20%改善、うつ症状と膝関節痛の症状がそれぞれ50%改善し、医療費が20%抑制できた。また、5カ月間の継続率が95%と、マシントレーニングより高かった⁹⁾。以上、マシントレーニングに匹敵する効果がその1/4の費用で達成できた。これらの結果は、20年近く前、同事業を開始する際に私たちが掲げた「体力向上が、生活習慣病の症状を改善し、医療費を削減する」という作業仮説を支持する。さらに、20%の高齢者医療費の削減は、人口20万人の松本市の高齢者が全員5カ月間のインターバル速歩を

施すれば、年間120億円、10%で12億円、1%でも1.2億円となる。その額は、年間の市の予算が880億円であることを考えれば馬鹿にできない。

分子生物学的な裏付けはあるのか？

最近、生活習慣病の発症機序について、加齢、運動不足によって細胞内のミトコンドリア機能が劣化し、これによって全身性の慢性炎症がおき、それが脂肪細胞でおきれば「糖尿病」、免疫細胞で起きれば「循環器疾患」、脳細胞でおきれば「認知症」、「うつ病」、がん抑制遺伝子に影響すれば「がん」になる、すなわち、それぞれ疾患の症状は違うが、根本原因は加齢・運動不足であるという考え方が世界の潮流になりつつある⁹⁾。最近、私たちは、インターバル速歩の遺伝子修飾(メチル化)への効果をゲノムワイドで解析した。

その結果、炎症促進遺伝子群のメチル化(不活性化)、炎症抑制遺伝子の脱メチル化(活性化)が起きることを突き止めた¹⁰⁾¹¹⁾。そして、それらの遺伝子のメチル化が運動直後の乳製品摂取で促進する結果を得た¹²⁾。さらに、遺伝子に関する2,200人のDBから、運動処方に特に反応する遺伝子多型の同定に成功し¹³⁾、さらにその遺伝子が運動開始時の昇圧反応を介して¹⁴⁾、運動習慣の定着にも関与していることを明らかにした¹⁵⁾。これらの結果は、学術的に興味深いだけでなく、同運動処方が再現性と確実性の高いことを意味している。

普及は期待できるのか？

インターバル速歩は、「科学的証拠に基づく体力向上のための運動処方」として、国内では厚労省「エクササイズガイド2006」、文科省「平成22年度科学技術白書」に紹介され、国外では、Journal of Physiology (Lond.)⁷⁾の表紙で未来型の運動処方として紹介された。それと並行してコペンハーゲン大学、米国イェール大学、メイヨークリニックで追試実験が行われ、インターバル速歩の有効性を支持する論文が発表された^{16)~18)}。

マスコミの取材も盛んで、インターバル速歩は、国外ではNew York Times Magazineで、2011年4月15日に「What is the best single exercise?」、2015年2月22日に「Walk hard. Walk easy. Repeat.」のタイトルで紹介され、国内ではNHKの「ためしてガッテン」で複数回紹介されるなど、多くのマスコミによって取り上げられた。過去3年間の取材件数は200件以上になる。また、学会、自治体など各種団体からの講演依頼は100件以上にのぼる。このような同事業への追い風の中、私たちは、最近、(株)オムロンヘルスケア社と共同して携帯端末にも対応できる新型熟大メイト(i-Walk Pro[®])を発売した。これによって、より若い世代にもインターバル速歩が普及するものと期待している。

機能的食品の効果判定のテストベッドとしての役割

薬剤の効果を検証するには病院というテストベッドがある。一方、機能的食品の効果判定を施設はこれまで存在していなかった。その理由は、薬剤に比べ機能的食品では、その効果が顕著ではなく、その発現には時間がかかるため、それを検証するには、被験者の身体特性、日常の活動量、食事内容など、長期間の大規模な追跡調査を必要とするからである。私たちの「熟年体育大学」事業は、これらの問題点を見事にクリアした。すなわち、事業に参加する際に、大勢の被験者に対し、体力測定、血液検査を実施し、さらに、e-Health Promotion Systemによって、日常の運動量を測定し、食事調査も遠隔で実施できる。これまで実施した研究の中で、特に、マスコミに注目されているのが、運動直後の糖質・乳製品摂取である。これを摂取することで、中高年者の筋力が向上し¹⁹⁾、血液量が増加する^{20)~22)}ことを明らかにした。筋力の向上は、上述のメカニズムから生活習慣病の予防につながるし、血液量の増加は、立位で歩行し、大量の皮膚血流量、発汗量で体温調節を行うヒトで特に有効で、心臓への静脈還流量を増加させることによって体温調節機能を向上させることが期待できる²³⁾²⁴⁾。一方、この血液量の増加について、高血圧患者の症状が悪化することを懸念する一部の臨床医の意見もあったが、最近の我々の研究から、運動によって血管コンプライアンス、血圧反射感度が向上することで、血液量が増えても血圧はむしろ低下することを明らかにした²⁵⁾。さらに、最近、ミトコンドリアの電子伝達系のComplex IVの構成成分である5-アミノレブリン酸を摂取すると好氣的運動能が向上し、乳酸産生が抑制され、その結果、トレーニング中の運動実施率が向上することを報告した²⁶⁾。

リハビリテーション医学への応用

私たちは、インターバル速歩のリハビリテーション医学への応用も検討した。その理由は、術後の在院日数が制限され、そこで患者が受けられるリハビリが十

分でなく、通院や在宅で手軽にできる運動処方が求められていたからである。そこで、私たちは、股関節人工骨頭全置換術を受けた患者を対象に、12週間のインターバル速歩トレーニングの効果を検証した。その結果、対照群に比べ、下肢筋力、好氣的運動能の大幅な向上を認めた²⁷⁾。さらに、膝、腰関節痛患者のために、8週間の水中インターバル速歩の効果を検証した。その結果、陸上群に比べ、より高い下肢筋力、好氣的運動能の大幅な向上を認めた²⁸⁾。いずれの患者からもQOL（生活の質）の大幅な改善が報告されている。

新しい生理学の創出の可能性

私が、20年近く中高年者を対象に運動処方事業に携わってきて、コペンハーゲン大学のBente K. Pedersen教授が提唱した「disease of physical inactivity（不活動症候群）」という概念の妥当性を感じる。彼女によると、ヒトが不活動になると、糖尿病、心臓血管病、肥満、うつ病、認知症、がんになるが、それらは「伝染病」のように同じコミュニティ内で集団発生するという²⁹⁾。その原因は、たとえば、運動嫌いの人たちが周囲が大勢いれば自分も運動嫌いになる、あるいは、周囲がファストフードを食べるのなら、自分だけがそれに従わないのには努力がいる、すなわち、集団内で構成員のライフスタイルが同調するというのだ。したがって、彼女は、生活習慣病を予防・治療するには、医者と患者が一对一对応で行うのでは限界があって、あたかも、伝染病を封じ込めるように集団としてのヒトに対応しなければならない、と主張する。

私は、私たちの運動処方システムを、この目的に使えないか、と考えている。最近の携帯端末、無線技術の進歩は、遠隔から生体信号をサーバーコンピュータに高速転送することを可能にした。たとえば、心電図、血圧はもとより、心エコー画像も例外ではない。その結果、かかりつけ医は、患者の体調を絶えずモニターし、必要なときに患者に来院を促すことが可能となった。そこで、これらの技術を私たちのシステムに取り入れれば、あるコミュニティを対象とした運動介入効果が即座に検証できる。たとえば、血圧は気温の影響

を強く受けるが、携帯端末のGPS機能を利用すれば、日本列島の中高年者の平均血圧分布と気温との関係をジェオグラフィカルに表示することが可能になった。天気予報の桜前線のように血圧前線が描けるであろう。したがって、次のステップとして、その情報に基づいて、あるコミュニティに運動介入をかければ、その集団の平均血圧が低下することが、これまたジェオグラフィカルに把握できる。血圧だけではない。運動介入すると快適と感じる環境温度が高い方に移動して夏場の空調温度を上げることが可能になることが期待できるが、そのときの各家庭の空調機の設定温度、消費電力を連続モニターすれば、ヒトの体温調節能が向上することによって、どれほど資源エネルギーの削減効果が得られるか、も評価できるだろう。

生理学は生体の恒常性維持メカニズムを研究する学問である。その概念を「個体」から「集団」としてのヒトの健康増進に役立てる時代が到来したのだと思う。若いころ読んだ本の中に「生物とは即興演劇の役者のようである」という記述があったのを思い出す³⁰⁾。即興演劇の役者は、観客から与えられる注文にしたがって演劇を行い、さらにそれを見た観客からの新たな注文にしたがって演劇の内容をどんどん変化させる。すなわち、生物の本質は普遍的な「個」として存在するのではなく、周囲環境の影響を受けて変化し、その変化によって引き起こされる周囲環境の変化によって、さらに自らを変化させていくことだ。一方、現行の科学一般に要求されているのは、できるだけ実験条件を一定にして「単純な系」で実験することである。しかし、それは本当に生物の本質に迫る行為なのだろうか、と思う。日本列島丸ごと、あるいは地球丸ごとを研究フィールドと考え、環境変化に対する集団としてのヒトの生理反応を観察し、そこでピックアップされた課題の解決のための介入方法を提案する、それが超高齢化、地球温暖化から生じるさまざまな社会問題解決のために求められる「新しい生理学」のように思うが、いかがだろうか。「新しい老年医学」のあり方について参考にしていただければ幸いです。

おことわり

本文は、日本生理学雑誌 77 (3), 35-41, 2015.