

位置情報記録式 GPS 装置と心拍数記録装置を用いた 高齢者のウォーキング指導の提案

タカイシ テツ オ ヤマ ダ ヨシ エ タ ナカ ツトム
高石 鉄雄* 山田 美恵* 田中 勤^{2*}
カネワカ ミユキ ヤナギサワ ヒサ ヨ
金若 美幸^{3*} 柳澤 尚代^{4*}

目的 位置情報記録式 GPS 装置と心拍数記録装置を使って高齢者のウォーキング実態を把握し、その結果に基づくウォーキング方法の指導がウォーキングの内容に及ぼす影響について検討する。

方法 ウォーキング習慣を持つ高齢者24人（69.6±4.5歳）に対して位置情報記録式 GPS 装置と心拍数記録装置を貸し出し、それらを自身で操作させることで、各被験者が実施しているウォーキングの実態（歩行経路、歩行速度および運動強度）を調査した。調査によって得られた結果と血液検査等の結果を基に各被験者に対して面接によるウォーキング指導を行い、その指導がこれらの調査項目に与える影響について検討した。

成績 1) 指導前後におけるウォーキング中の歩行速度は、男女それぞれ 91.8±12.8 m/分から 97.3±12.2 m/分、および 81.4±9.7 m/分から 85.6±7.0 m/分へといずれも有意に増加した（ $P<0.05$ ）。

2) 心拍数予備量に対する割合で表した指導前後におけるウォーキング中の運動強度は、男女それぞれ 37.0±10.5% から 48.6±8.9%、および 34.9±13.4% から 47.7±8.8% へいずれも有意に増加した（ $P<0.01$ ）。

結論 位置情報記録式 GPS 装置と心拍数記録装置を併用することで、ウォーキング中の歩行速度、歩行経路および運動強度を明らかにすることができる。その結果を用いて個別に具体的なウォーキング指導を行うことは、ウォーキング内容の改善をもたらす。

Key words : GPS, 地域在住高齢者, 健康づくり, ウォーキング, 運動処方

Ⅰ 緒 言

健康志向の高まり、医療費個人負担割合の増大、要介護への不安などにより、中高齢者の運動実践者は近年増加傾向にある。平成16年度に厚生労働省が行った国民健康栄養調査¹⁾によれば、週2日以上、1回30分以上の定期的な運動を1年以上継続している者は60-69歳の男女ではそれぞれ43.6%および34.7%、70歳以上の男女ではそれぞれ43.5%および30.9%である。また平成18年度の別の調査²⁾では、60-69歳男女がこの1年間に行った運動やスポーツ種目（複数回答）のうちの54.6%を“ウォーキング

（歩け歩け運動、散歩を含む）”が占め、70歳以上についても同種目が41.7%となっている。ウォーキングは時間的拘束や経済的負担が少ない、特別な技能を必要としないなどの理由から健康づくり運動として広く国民に認知されており、“1日1万歩”は、厚生労働省の「健康日本21」の中にも運動の具体的な目標として位置づけられている。

ウォーキングの継続的実施の効果として、肥満の抑制³⁾、血清脂質の改善⁴⁾、高血圧の改善⁵⁾、糖尿病予防⁶⁾あるいはインスリン感受性の改善⁷⁾などが挙げられる。但し、ウォーキングによる生活習慣病予防効果あるいは改善効果を示すこれらの研究に対し、日常的なウォーキングを単に奨励するだけでは降圧効果が有意でなかった⁸⁾、ジョギング愛好者では HDL コレステロール値が一般人に比べて高かったが、ウォーキング愛好者ではその値が一般人と変わらなかった⁹⁾、あるいは歩行だけでは骨密度を上げる効果は少ない¹⁰⁾などの調査結果も報告され、効

* 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科

^{2*} 名古屋市立大学大学院医学研究科

^{3*} 岐阜大学医学部看護学科

^{4*} 茨城キリスト教大学看護学部看護学科

連絡先：〒467-8501 愛知県名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑1 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科 高石鉄雄

果の有無は一樣でない。

健康成人における呼吸循環器機能維持向上のための運動の質と量に関する勧告として、アメリカスポーツ医学会 (American College of Sports Medicine 以下 ACSM)¹¹⁾ は、最大酸素摂取量の50%もしくは最大心拍数予備量[(最大心拍数) - (安静時心拍数)、Heart Rate Reserved 以下 HRR] の50-85% (低体力者では下限はいずれも40%) に安静時心拍数を加えた心拍数 (50/40-85% HRR) に相当する強度の運動を1日あたり20-60分、週3回以上実施することを推奨している。このことは、わが国におけるウォーキング実践者についても個々人の運動能力を正確に把握し、その結果に基づく適切な運動強度のウォーキングを実践させることが運動をより効果的なものにすることを意味している。

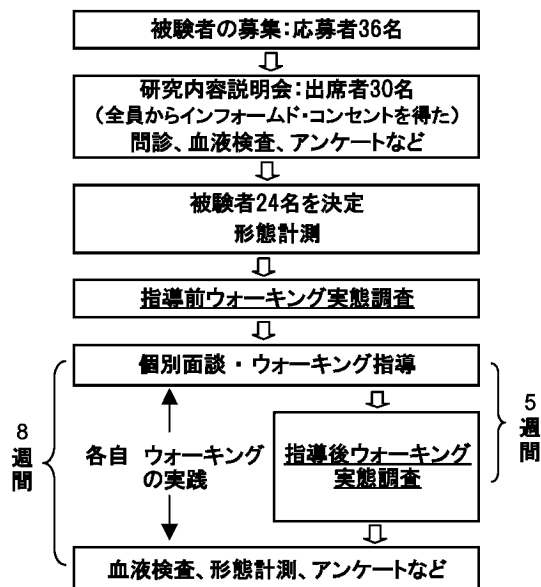
本研究の目的は、既にウォーキング習慣を持つ高齢者に携帯型の全地球無線測位システム装置 (Global Positioning System 以下 GPS 装置)、腕時計式心拍数記録装置および歩数計を貸与し、被験者自身にこれらの装置を操作させることで移動経路、心拍数、歩数などを測定・記録させ、そのデータを基にウォーキングの実態 (歩行速度、歩行経路、運動強度 [心拍数で評価] など) を明らかにすることである。また、それらのデータを参考に個別にウォーキング指導を行い、指導 (介入) 後に、ウォーキング時の歩行速度、歩行経路、運動強度等に変化が認められるか否かについても検証する。

II 方 法

1. 対象者および研究手順

研究手順の概略を図1に示した。まず始めに、A大学東部に位置するY川堤防道路においてウォーキング中の高齢者に直接声をかけ、研究に対して興味を示した男女36人に研究説明会への出席を依頼した。後日、研究説明会に参加した男性15人、女性15人に対して研究の目的、方法、各種測定に関わる危険性、データ管理方法、検者側の守秘義務などに関する説明を行い、参加者全員からインフォームドコンセントを得た。同日、これら研究協力者に対して問診 (既往症、服用薬調査など)、血液検査、その後の測定への参加の意思確認および測定実施の日程調整を行なった。後日、血液検査の結果および問診結果などから、狭心症治療薬服用男性2人 (除外理由: 心電図監視下での運動ではないため) およびβブロッカー系降圧剤服用者男女各1人 (除外理由: 心拍数による運動強度評価が困難なため) を除く男性12人、女性14人を被験者候補とし、電話にて被験者決定を報告すると同時に次回測定までに各自の主

図1 研究手順



治医から本研究への参加についての了解を得るよう依頼した。その際、女性2人が研究協力を辞退したため、男女各12人を本研究の被験者とし、形態計測、運動機能評価などを実施した。

次に、各被験者に対して各種測定装置を用いて各被験者のウォーキング実態 (歩数、運動強度、歩行速度、歩行経路など) の実態調査を行った。続いて、被験者個々の体力、ウォーキング実態調査の結果、居住地域の地理的条件などを基にウォーキング方法に関する具体的指導を行い、指導から5週間後にウォーキング実態の再調査を実施した。また、ウォーキング指導から8週間後に、形態計測、血液検査を実施した。本研究は、名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科倫理委員会の承認 (承認番号3) を得て実施された。研究実施期間は平成16年10月中旬～平成17年5月上旬であった。

2. 調査方法

1) 血液検査

前日午後9時から水分を除く絶食の後、肘正中静脈から採血を行った。血糖、中性脂肪、総コレステロール (Total-C)、HDL コレステロール (HDL-C)、LDL コレステロール (LDL-C) を評価し、各被験者へのウォーキング方法指導の際の参考データとした。同検査は計2回、すなわち研究説明会直後およびウォーキング方法指導から約8週間後に実施した。

2) アンケート

ウォーキング指導前において、各自が今まで実施してきたウォーキングの概要 (継続年数、週当たりの実施日数、一日の実施時間、ウォーキング実施時の目標) および薬の服用に関するアンケートを実施

した。さらに、ウォーキング指導後、各自が実践したウォーキングの内容、同期間中に身体に感じた変化などに関するアンケートを実施した。

3) 漸増負荷テスト

被験者ごとに歩行速度と歩行時心拍数の目標を設定するために、実歩行による漸増負荷テストを行い、歩行速度と心拍数との一次回帰式を算出した。その方法は、a)1周250mの高低差のない屋外周回コースを、b)ペースメーカーとなる検者が先頭に立って1周ごとにペースを上げながら歩き、c)被験者は検者の後を離れずに追従する、というもので、各被験者に対する歩調、歩幅の指示は行わなかった。歩行のペースは大まかに、「ゆっくり（分速70-75m）」、「普通に（分速85-90m）」、「やや速く（分速95-105m）」、「速く（分速110-115m）」、「できるだけ速く（分速120-130m）」の5段階とした。被験者には、各周回中は可能な限り歩行速度を一定させるよう指示し、身体に異常を感じたり、その速度で1分以上歩き続けることが困難と感じたりした場合には即座に歩行を中止するよう指示した。各被験者に装着させた腕時計式心拍数記録装置（後述）により、歩行中の心拍数およびコース1周ごとの所要時間を測定・記録し、その所要時間から平均歩行速度を算出した。

4) 最大歩行能力テスト

被験者が歩行によって到達できる最高心拍数および最大歩行速度を明らかにするため、最大歩行能力テストを実施した。同テストでは、本学Yキャンパス西部に位置する勾配3%、長さ約200mの坂道を各自、出来る限り速く一定速度で歩くよう指示し、その間の所要時間、心拍数変化などを測定・記録し、ウォーキング指導の際の参考データとした。

5) ウォーキング実態調査

各被験者が日常的に行っているウォーキングの実態（歩数、運動強度、歩行速度、歩行経路）を明らかにするため、以下の3種類の調査を実施した。この調査は、ウォーキング指導前と指導から5週間後の計2回実施した。いずれにおいても装置の取り扱い方法を被験者に説明した後、各測定器1個と予備の電池を事前に被験者に貸与し、被験者自身でそれら进行操作させることで1週間の測定・記録を行なわせた。

(1) 歩数調査

加速度式歩数計（スズケン社製 Lifecorder EX；以下、L式歩数計）を使用した。L式歩数計の装着はウォーキング時のみとし、その他の外出、家事などを行っている時には装着しないよう被験者に依頼した。装置回収後、データを専用のソフトにより

パーソナルコンピュータ（以下PC）に取り込み、ウォーキング時の歩数を評価した。

(2) 心拍数調査

ウォーキング中の運動強度を把握するため、腕時計式心拍数記録装置（POLAR社製：ACCUREX PLUS；以下心拍数メモリー）を使って15秒ごとの平均心拍数を測定・記録し、専用ソフトを用いてPCにデータを保存した後、解析を行った。図2-A、-Bに心拍数データの一例を示した。図2-Aでは、ウォーキング実施時間内においてほとんど心拍数に変動がない（運動強度に強弱がない）ことが分かる。このようなデータでは、被験者の歩行開始2分目以降から歩行停止あるいは歩行休止まで（いずれも後述のGPS装置利用による被験者の移動の有無により判別）を定常歩行区間と見なし、同区間の心拍数の平均値を歩行時平均心拍数（①：点線）と定義した。図2-Aの中には、心拍数が一時的に上昇した部分がいくつか認められる。データ全体について、元データ5個（1分15秒間相当）ごとの移動平均を時系列で求め、その最大値を歩行時最高心拍数と定義した。図2-Aの例では、ウォーキング中の歩行時平均心拍数、歩行時最高心拍数（②：破線）はそれぞれ、96.1拍/分（以下bpm）、100.5bpmであった。また、図2-Bのように心拍数の急激な変化を多く含む場合には、歩行速度が安定しており、かつ心拍数が連続して10分以上安定している区間を定常歩行区間（③：点線）とし、その平均値を歩行時平均心拍数とした（ここでは105.8bpm）。歩行時最高心拍数の決定はこの図のような変動に対しても前

図2-A 心拍数の決定 I

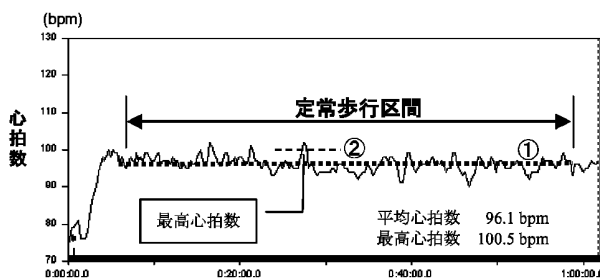
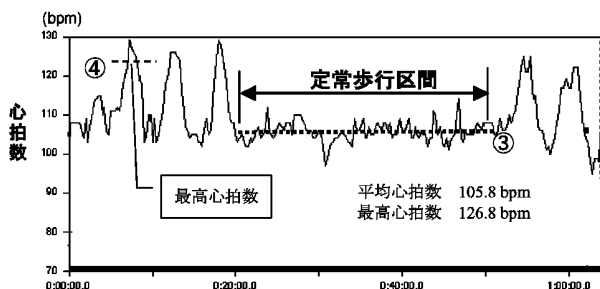


図2-B 心拍数の決定 II



述と同様とし、図 2-B では、左端の急激な変動部分（④：破線）において心拍数126.8 bpm が得られた。

各被験者に対し、ウォーキング開始前には3分以上の座位安静を取るよう指示を与え、その間に得られた最小心拍数を安静時心拍数とした。被験者の最大心拍数は、原則的に220－年齢による推定値とし、前述の最大歩行能力テスト等における実測値の方が大きい場合にのみ最大実測値を最大心拍数とした。この方法によって決定した最大心拍数から安静時心拍数を引くことで各被験者の最大心拍数予備量（HRR）を求め、歩行時平均心拍数から安静時心拍数を引いた値が各自の最大心拍数予備量の何%にあたるか、すなわち、ウォーキング中の%HRRの値を算出した。

（3）歩行経路および歩行速度調査

一方の腕の肘を軽く曲げ、手掌を上向きにした状態で携帯型GPS装置（GARMIN社製 Geko-201）を被験者に把持させ、ウォーキング中の被験者の位置情報（緯度、経度）を15秒毎に測定・記録させた。同装置は、外寸：99.1×48.3×24.4 mm（高さ×幅×厚さ）、重量90 g（単4電池2本含）で、測位頻度1秒～24時間（1秒刻み）、記憶ポイント数10000点のメモリー式である。データの読み出しにはPCを要し、実時間による位置データの無線送信、屋内での使用とともに不可である。なお、電池寿命は未使用アルカリ電池装填状態（装置貸出し時）において最長12時間であり、通常、本研究の測定期間（1週間）中の電池交換は不要であったが、液晶画面上の電池残量表示目盛りが1つでも減少（通常は4目盛り点灯）した場合には、速やかに予備の電池と交換するよう指示した。

表1は、GPS装置によって記録した位置データの一部を抜粋したものである。名称 No. 1 のデータは、グリニッジ標準時刻の2003年12月23日21時34分31秒（日本時間24日午前6時34分31秒）に東京測地

系北緯35度7分32.7秒、東経136度56分47.5秒に被験者が位置したことを示す。今回の測定地付近における緯度と経度は0.1秒の移動がそれぞれ3.09 m、2.53 mに相当する。このようにして得られた被験者の位置情報を用いてMS-EXCEL上に移動軌跡図を作成し、インターネットから取り込んだ縮尺3000分の1地図（マピオン）上に重ね合わせた。歩行速度の決定にあたっては、定常歩行区間において3分以上連続して一定速度でウォーキングを行っている区間を任意に3～5ポイント選び、距離と所要時間との関係から各ポイントにおける速度を算出し、その平均値を各被験者の歩行速度とした。

本研究では、これら3種類の測定装置を各15個使用した。

3. ウォーキング方法の指導とその具体例

ウォーキング実態に関する諸データ（心拍数、歩行速度および歩行経路）、漸増負荷テストおよび血液検査などの結果が揃った後、各被験者に対して面接形式でウォーキング方法の指導（以下、ウォーキング指導または指導）を行った。運動強度設定にあたっては、呼吸循環機能の維持向上のための運動としてACSMが概ね50%（低体力者では40%）HRRの運動強度を基準として推奨している。本研究の被験者は漸増負荷テスト等の結果から低体力者にはあたらないと判断されたため、本研究では50%HRRを運動強度の目標とした。ウォーキング時に心拍数メモリーに表示される心拍数を参考にすることは被験者が運動強度を知る上で有効な方法である。しかし、指導前の調査により被験者の多くが日の出前あるいは日没後に歩いていることが判明し、暗い中でモニターをみながらウォーキングを実施するのは危険であること、さらに心拍数メモリー装着の本来の目的は指導内容がどの程度心拍数に反映されるかを記録することにあつたことなどから、本研究では同装置に表示される心拍数の確認はウォーキング開始時の動作確認だけに留め、心拍数を参考にしながらの歩行速度調節は控えるよう被験者に依頼した。指導は歩行速度、歩行経路など運動強度（心拍数）に影響を及ぼす項目に限定し、ウォーキング実施日数、時間数の増減などは指示しなかった。本研究においては被験者への指導はあくまで“指示”ではなく、各自のウォーキング実態とその他の諸データ、さらに運動強度確保の理由などを詳しく説明した上でのウォーキング方法に関する“提案”であり、指導内容の採用・実践については被験者の意思に委ねた。ただし、本研究では用語を“指導”と統一する。被験者の目標心拍数、歩行速度、歩行経路などの設定方法については次の具体例に示した。

表1 GPSデータによって記録された緯度、経度、時刻の一例（抜粋）

種別	名称	緯度	経度	日付	時刻 (UTC)	測地系
T1	No. 1	35.07327	136.56475	2003/ 12/23	21:34:31	Tokyo
T1	No. 2	35.07332	136.56476	2003/ 12/23	21:34:46	Tokyo
T1	No. 3	35.07321	136.56482	2003/ 12/23	21:35:01	Tokyo
T1	No. 4	35.07318	136.56490	2003/ 12/23	21:35:16	Tokyo

[指導の具体例]

図3は、ある女性被験者のウォーキング指導前（破線）と指導後（実線）の歩行軌跡図の一部抜粋である。図4はウォーキング中の心拍数変化〔指導前（細実線）、指導後（太実線）〕、図5は漸増負荷テストによって得られた同被験者の歩行速度と心拍数との関係（◇）、および最大歩行能力テストの結果（◆：最高心拍数 163 bpm、歩行速度 102 m/分）をプロットしたものである。図5には、さらに漸増負荷テストの結果に対して最小二乗法を用いて算出した歩行速度と心拍数との関係式およびその回帰直線を示した。図3の軌跡およびその他の解析結果から、この被験者は自宅が周囲よりも若干高い丘の上に位置し、坂道を下って近所に住む友人と合流した後、指導前においては陸上競技場東部のなだらかな上り勾配のある公園内通路を通り抜け、その後はほぼ一定速度（分速 83 m）でY川沿いの平坦な堤防

道路上を約1 km 北まで歩いて往復していること（紙面の都合により北側部分省略）、図4から堤防道路歩行中の平均心拍数（図5にウォーキング時実測

図4 運動方法提案前後の心拍数変化の比較

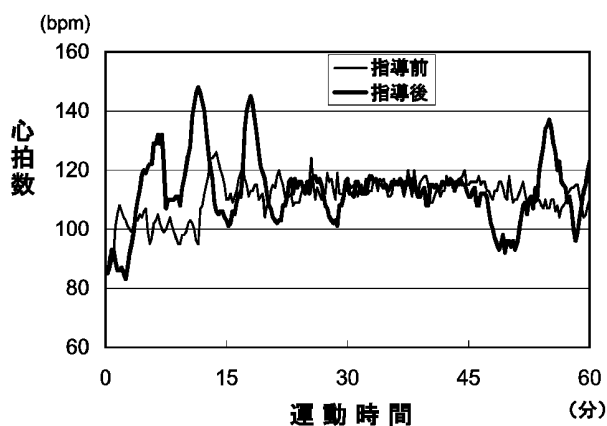
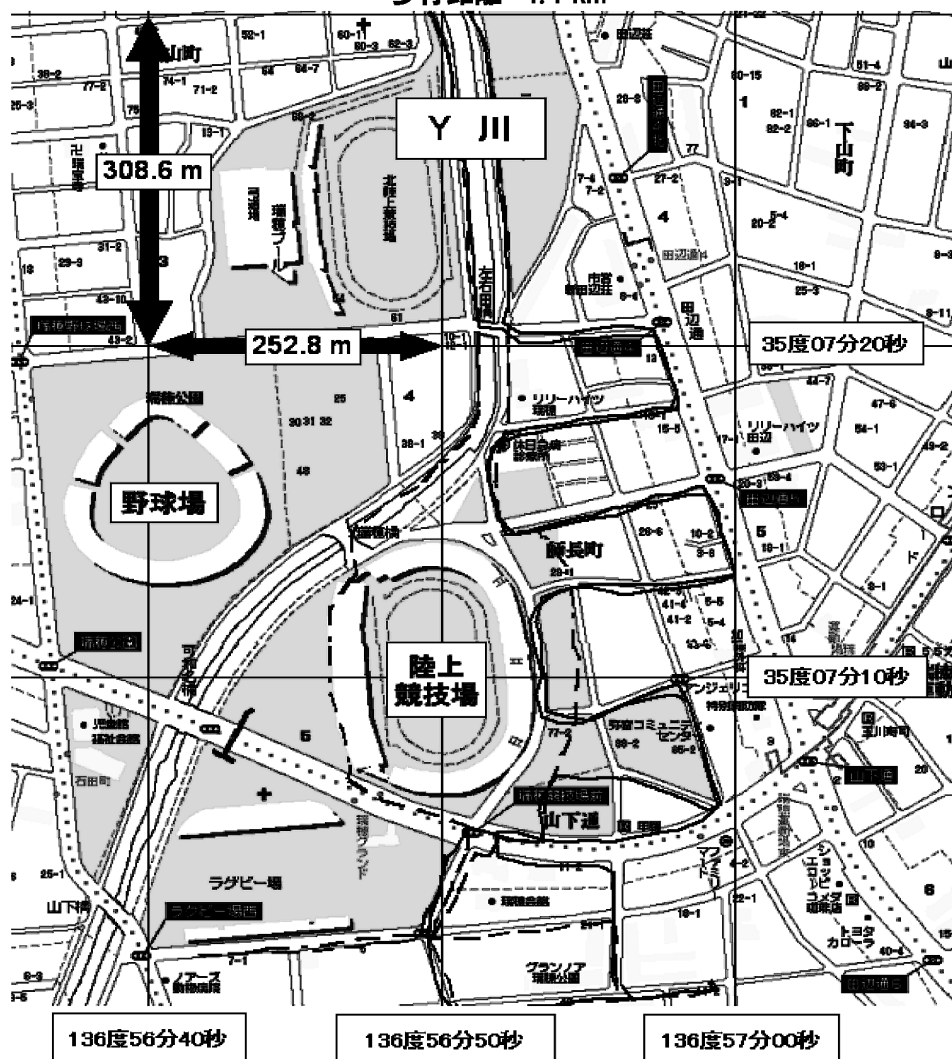


図3 指導前後の歩行経路

至I橋 総歩行数 7100 歩
歩行距離 4.4 km



値＊として記載）が115 bpmであること、さらに同心拍数は同被験者の42.9%HRRに相当することなどが明らかになった。

これらの情報および図3～5の結果から、この被験者に対しては若干の運動強度増強が必要であり、また、多少心拍数の高い運動であっても実施可能と判断した。そこで図5で得られた歩行速度と心拍数との関係式にこの被験者の50%HRR（ $[163-79] \times 0.50 + 79$ ）に相当する心拍数121 bpmを代入することで目標歩行速度である分速89 m（図5に指導強度★として記載）を得た。面接指導の際には、被験者に対し心拍数125 bpm、分速90 m程度を目安とした歩行を普段のウォーキングに取り入れ、それを20分間程度継続することが望ましいこと、ある程度緩急のあるウォーキングを取り入れることも有効であることなどを説明した。さらに、図3よりも広範囲が描かれている8000分の1の地図に歩行軌跡を提示しながら「今までよりも少し速く、例えばP橋からQ橋までの700 mを8分弱ぐらいで歩いて下さい」、「R交差点からS交差点までの長い坂道をコースに取り入れて下さい。または競技場東の急な

坂道をコースに含めても構いません。ただし、坂道を下る場合は今までよりもゆっくり歩いて下さい」などの具体的な指導を行った。また、ウォーキング時間の延長、歩行速度の大幅な上昇などは必要がないこと、身体に無理を感じた場合には直ちに歩行速度を落とすこと、あるいは座って休むことなどを併せて指導し、ウォーキング終了後、その実施日や内容をメモ書き程度に記録するよう依頼した。指導のための各面接は45分から1時間程度であった。

4. 統計処理

統計量は平均±標準偏差で示した。運動指導前後に測定した歩行時平均心拍数、%HRR、歩行時最高心拍数、歩行速度について、対応のあるt検定を実施した。危険率5%以内を統計的有意とした。

III 結 果

1. 被験者の特性

本研究の被験者は、ウォーキング習慣のある高齢者男女各12人（4組の夫婦を含む）で、年齢の平均±標準偏差およびその範囲はそれぞれ68.8±4.4歳（65～78歳）および70.3±4.8歳（65～77歳）であった。男女それぞれ7.6±4.6年および12.2±9.1年のウォーキング歴を有し、その身体的特性は表2の通りである。

表3は、ウォーキング指導における目標値設定のために実施した漸増負荷テストおよび最大歩行能力

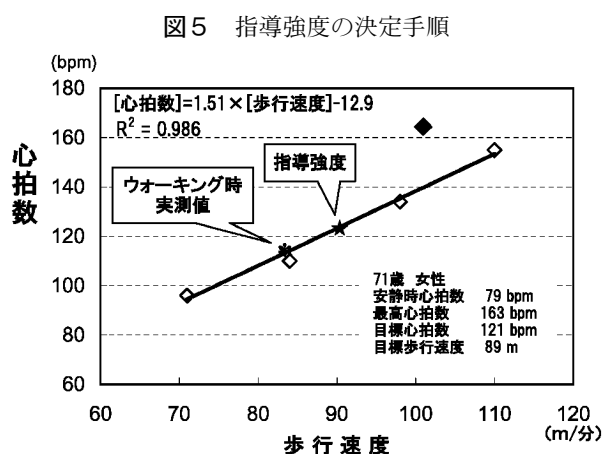


表2 被験者の属性

	男性 (n=12)	女性 (n=12)
身長 (cm)	165.3±6.7	149.7±5.5
体重 (kg)	63.8±9.7	53.9±7.7
BMI (kg/m²)	23.4±3.1	24.0±2.6

平均±標準偏差

表3 運動機能評価の成績

	第1段階	第2段階	漸増負荷テスト			最大歩行能力テスト (坂道)
	(n=12)	(n=12)	第3段階 (n=12)	第4段階 (n=10)	第5段階 (n=6)	(n=12)
男性						
歩行速度 (m/分)	71.5±3.4	86.3±1.7	99.1±2.9	113.0±3.3	122.7±2.8	112.9±14.4
心拍数 (bpm)	83.2±7.8	93.5±9.0	110.6±13.4	121.5±11.4	128.3±10.7	141.0±6.5
%HRR (%)	18.7±7.8	31.3±9.7	52.1±15.9	64.0±11.9	73.1±10.6	88.4±7.7
女性						
歩行速度 (m/分)	70.8±2.9	84.8±3.8	96.2±4.1	108.2±6.9	119.5±0.7	103.5±10.1
心拍数 (bpm)	84.4±3.7	99.7±4.6	117.8±7.1	133.4±7.2	143.5±3.5	150.5±8.0
%HRR (%)	18.0±4.4	35.4±5.5	55.9±9.9	72.9±8.8	79.8±9.1	93.4±5.9

平均±標準偏差

テストの結果を示したものである。男女とも第3段階までは全員が歩行可能であったが、分速110 mあたりから歩行速度を維持できない者が現れ、分速120 mで継続的な歩行が可能であった女性は2人であった。

2. 指導前後の比較

1) ウォーキング実施日数

指導前後における被験者のウォーキング実施日数の平均±標準偏差は、男性では 5.2 ± 1.4 日および 4.9 ± 1.4 日、女性では 4.7 ± 1.6 日および 4.4 ± 1.6 日であり、指導前後でウォーキング実施日数に違いは認められなかった。また、指導後において被験者が「指導内容を考慮したウォーキング」を実施した日数は男女それぞれ 2.8 ± 1.5 日および 3.2 ± 1.8 日であった。調査期間中に被験者が各種測定装置による計測を実施した日数は、ウォーキング指導前後においてそれぞれ 4.9 ± 1.5 日および 4.7 ± 1.4 日であり、これらの日数の間に有意差は認められなかった。測定装置の誤操作による途中停止、心拍数メモリ送信機接触不良によるデータの乱れ、GPS装置電池切れによる記録不良等の発生により、被験者全体の測定延べ日数(回数)に対して、GPS装置については5%、心拍数メモリについては13%の解析不能データがあった。但し、いずれの被験者についても、最低2日間、解析に支障のないデータが記録されていた。

2) 歩数

指導前後における歩数の平均±標準偏差は、男性では 8300 ± 3700 歩/日および 8130 ± 3820 歩/日、女性では 7860 ± 1540 歩/日および 7570 ± 2680 歩/日で、男女間および指導前後で歩数に違いは認められなかった。

3) 歩行に関わる運動強度

表4に指導前後における運動強度(最高心拍数、平均心拍数、%HRR)および歩行速度を示した。全ての項目において、男女とも指導後の値が指導前の値に比べて有意に大きかった。指導前の%HRRの範囲は25.7~53.2%であり、ACSMの推奨レベル(50%HRR)を越える者は男性0人、女性2人であったが、指導後では男性6人、女性4人が50%HRRを越えた。指導における目標心拍数の平均±標準偏差は男女それぞれ 108.1 ± 8.6 bpm および 111.4 ± 10.5 bpm、平地における目標歩行速度は男女それぞれ 98.1 ± 8.6 m/分および 86.2 ± 10.5 m/分であった。男女いずれについても、心拍数の目標値あるいは歩行速度の目標値は、指導後のそれらの実測値と有意に異なるものではなかった。

3. ウォーキングパターンの変化

被験者のウォーキング内容は、指導前後で大きく異なった。典型的なパターンの一つが、歩行経路に坂道を複数取り入れた図3である。この被験者では、指導前(破線)には比較的安定した心拍数が続いていたが、指導後(図中太実線)では、急激な心拍数変化がいくつも観察され運動強度に緩急が認められる。その歩行経路は、指導前(図中点線)ではY川堤防道路の平坦な部分が大半を占め、歩行速度はほぼ一定(約83 m/分)であった。しかし指導後(図中実線)では、陸上競技場東側に蛇行部分が認められる。このあたりは、東に向かって平均8%近い勾配のある傾斜地になっており、GPSデータ解析の結果、被験者は100~150 m強の長さの坂道を、約70 m/分の速度で上り、約75 m/分で下っていた。今回の研究対象地域には他にも多くの坂道があり、被験者は自宅から川沿いまでの都合のよい区間でそれらを適宜取り入れていた。

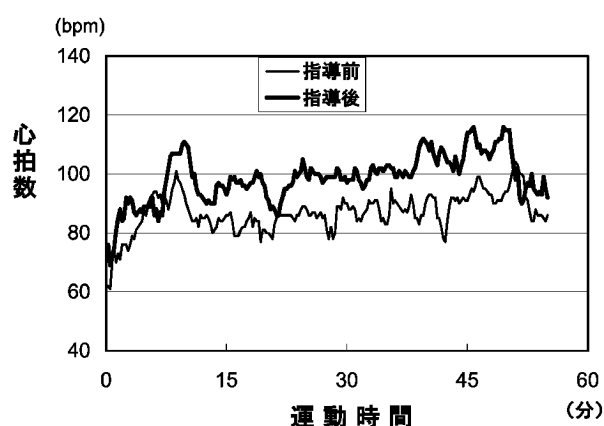
また別のパターンとして、ウォーキング指導後、歩行経路に変化は認められなかったが、心拍数が上昇したパターンが認められた(図6、経路図省略)。

表4 指導前後におけるウォーキング強度関連データの比較

		指導前	指導後	P値
歩行時最高心拍数 (bpm)	男性	109.2(12.5)	121.0(12.9)	<0.001
	女性	105.9(12.6)	122.9(10.9)	<0.001
歩行時平均心拍数 (bpm)	男性	97.3(11.1)	107.2(9.0)	0.002
	女性	97.8(13.4)	108.8(8.5)	0.001
歩行時%HRR (%)	男性	37.0(10.5)	48.6(8.9)	0.002
	女性	34.9(13.4)	47.7(8.8)	0.001
歩行速度 (m/分)	男性	91.8(12.8)	97.3(12.2)	0.029
	女性	81.4(9.7)	85.6(7.0)	0.048

平均値(標準偏差)

図6 運動方法提案前後の心拍数変化の比較(歩行速度の変更例)



この被験者では歩行速度が指導前の86 m/分から指導後では98 m/分へと上昇し、それに伴って心拍数が1分間あたり約15拍増加した。さらにもう一つのパターンは、これらの変更をいずれも取り入れたパターンである。被験者によって程度の違いはあるが、ウォーキング指導後には全被験者にウォーキング内容の変化が認められ、勾配のあるコースを取り入れた者、歩行速度上昇を取り入れた者およびその両方を取り入れた者の人数はそれぞれ順に男性で3人/2人/7人および女性では3人/3人/6人であった。

4. アンケート

指導前のアンケートにおける『ウォーキング実施の目的』に対する自由回答では、全員が「健康づくり」を挙げ、内容としては、「寝たきりにならないように（足腰を鍛える）」、「病気になるように」、「太らないように」などが全体の79%（19/24）、「コレステロール（あるいは血圧）が高いため医師（あるいは地域保健所の保健師）に歩くように言われたから」などが20.1%（5/24）を占めた。『（研究参加以前の）ウォーキング時の具体的目標の一つ』については、自身の歩数計を有していた12人のうち9人が「1日1万歩」と回答し、残りの3人については「1日最低でも8000歩」であった。歩数計を有しない12人については、「最低でも1時間歩く」と回答した者が6人あり、残りの6人は「〇〇まで歩く」あるいは「自分で決めているコース（5～10 km、距離に個人差あり）を回る」などと回答した。指導後のアンケートにおける『指導内容を取り入れた後、身体に感じた最も大きな変化（効果）は何か』との問いに対する回答では、11人が「まだ分からない」、4人が「坂道や階段が苦にならなかった」、3人が「よく眠れるようになった」、4人が「身体の動きが軽くなった」としながらも、「足が痛くなった」、「膝に負担を感じた」と訴える者が各1人あった。

Ⅳ 考 察

本研究では、各被験者に心拍数メモリーと携帯型GPS装置の操作および歩数計の装着を委ね、各測定値から彼らのウォーキングの実態を把握し、さらにその結果を基に各自の居住地域の地理的状况を考慮したウォーキング方法についての具体的指示を与えることでウォーキング内容の変更を試みた。その結果、回収されたデータを基にウォーキング実態の詳細が把握できること、さらにそれらのデータに基づく具体的な運動指導が実際にウォーキング内容を変化させ得ることなどが示された。

1. ウォーキングの実態

心拍数メモリーに記録されたウォーキング中の心拍数に対して%HRR法による運動強度評価を行った結果、本研究の指導前の平均運動強度は男女共に40% HRRをやや下回っており、男性では25% HRR足らずの者も含まれることが明らかになった。また、GPS装置による調査では、本研究の対象地域には比較的勾配のある道路が多いにも関わらず、被験者の歩行経路はその殆どが平坦な道路上にあること、さらにその歩行速度の平均は男性92 m/分、女性81 m/分程度であり、「健康づくりのための運動指針2006」¹²⁾に推奨されている「速歩」を実践していたのは分速120 mを超える速度で歩いていた男性被験者を始めとする一部の被験者に限られていたことなどが明らかになった。

樋口ら¹³⁾は、加速度計付歩数計を用いて高齢者54人の1日の身体活動強度を評価し、ACSMが推奨する速歩に相当する身体活動は1日に5分以内であったこと、さらに、同装置において軽強度運動にあたる「歩行強度3」でさえ1日10分以内しか記録されなかったことなどを報告している。またDavisとFox¹⁴⁾は、樋口らとは異なるタイプの加速度計を使って高齢者の身体活動強度調査を行い、161人の高齢者のほぼ半数について、中等度以上に相当する身体活動が10分以上継続されている時間が1日のうちに全く認められなかったとしている。これらの研究では心拍数および歩行速度が計測されていないため本研究との直接比較は困難であるが、高齢者が実施しているウォーキングの運動強度はACSMの推奨する中等度レベルに達しない可能性が高く、さらに、たとえそのレベルに達することがあっても継続時間において十分とは言えないことが示唆される。

本研究では、各種測定装置によるウォーキング実態調査のほか、アンケート調査および面接を実施した。その結果、被験者の多くが健康増進のためには歩数を多く、あるいは歩く時間を長く取ることが重要であると認識し、その具体的目標として“1日1万歩”を位置づけていることが明らかになった。また、一定時間内にどれだけの距離を歩くという“運動強度（歩行速度）”に関わる具体的目標を持っている者は24人中1人であり、歩行中に脈拍を計測して運動強度の目安とする、軽く息が弾む程度の歩行速度を意識し継続する、運動強度を上げるために積極的に腕を振るなどを実践していた者は認められなかった。さらに、被験者の大半がほぼ毎回、決まった時刻に決まったコースをほぼ同じ時間をかけて歩いており、各自の自宅からY川沿いに出るまでの坂道を除いて勾配のあるコースを歩くことはなく、

ウォーキング時間の大半をY川堤防道路における一定速度歩行に費やしていた。その他、夫婦一緒に参加した被験者では大抵夫婦一緒に歩いており、そのことが夫の運動強度を下けている可能性が高いこと、あるいは女性ではその半数が仲間と一緒に歩いており、そのことが歩行速度を上げない（上げられない）理由になっていることなど、日常的に行なわれている高齢者のウォーキングの様子がGPS装置の利用によって明らかになった。

本研究における各種測定、アンケートおよび面接による聞き取り調査の結果は、高齢者が自ら実践しているウォーキングの運動強度が日常生活における移動手段としての歩行の運動強度と同等であることを示し、また、前述の加速度計を用いた2つの研究結果を併せると、本研究の被験者についても、指導前のウォーキングでは健康づくりに対して大きな効果が期待できないことを示唆している。本研究は被験者数が24人と少数であり、今回の結果が我が国における同年代高齢者のウォーキングの実態を忠実に反映しているとは言い難い。しかし、彼らが週に5日のウォーキングを何年にも渡って実践している比較的健康づくりに対する意識が高い人々であることを考えると、本被験者で明らかになった高齢者のウォーキングの特徴（運動強度、歩行速度、歩行経路等）は、我が国の多くの一般高齢者が実践しているウォーキングの実態から大きくかけ離れるものではないと推察される。

2. GPS装置の信頼性

今回使用したGPS装置に必要な操作は電源スイッチのON/OFFのみであったため測定に伴う混乱は特に認められなかった。GPS装置の信頼性についてSchutzとHerren¹⁵⁾は、距離100mの直線コースにおける歩行および200mの直線コースにおける走行を実施し、要した時間から算出した移動速度とGPSデータから算出した移動速度とを比較した結果、時速2.9～25.2キロの範囲にある27組の測定値に対して0.9998の相関係数が得られたとしている。さらに近年では、GPSを使って歩行中の頭部の上下動（±6cm程度）を捉えた研究¹⁶⁾も報告されており、その測定システムとしての精度の高さが伺える。本研究においては、全ての被験者の歩行経路が図3に示されたようにほぼ地図上の道路と重なっていた。このことは、本研究の測位が正確に行なわれ、そのデータによる歩行速度の算出が妥当であったことを裏付けるものと考えられる。GPS装置は衛星との通信によって位置を決定しているため、装置と衛星との間に障害物があった場合、その測位データは正確性を欠く。筆者らはこれまでに、周囲

を高いビルに囲まれた場所や頭上が高架道路（線路）あるいは葉の茂った木々などで完全に覆われた道路においてしばしば測位不能となり、同装置のデータ記録が欠落することを確認している。しかし、本研究の対象となった地域は比較的道路幅が広く上空も開けていたことから、本研究においては装置の誤操作および電池切れ以外のGPSデータ欠落は認められず、また得られた軌跡は道路上から外れることがなかったため、記録されたデータによる歩行速度の算出は容易であった。GPS装置を用いた歩行経路、歩行速度の算出には正確な測位が必要である。同測定を実施するにあたって周囲に高い建物が多いことが予測される場合には、より正確な歩行速度が得られるよう遮蔽物の少ない地域を意図的にウォーキングコースに含めることも必要と考えられる。

3. 指導後に確認された変化

1) 歩数

本研究における歩数の男女平均はウォーキング時だけで約8,000歩であったため、歩数の増加を促す指導は行わなかった。指導後、男性については約200歩、女性では約300歩の歩数減少が認められたが、これらの減少はいずれも有意ではなく、被験者が歩行速度を上げたことによる歩幅の増大が歩数の減少傾向をもたらした可能性がある。

2) ウォーキング実施日数

本研究におけるウォーキング実施日数の男女平均は指導前5.0日であった。これは、ACSMが推奨する週当たりの運動実施日数3～5日を満たすものである。ウォーキング実施日数を増やすことは本来の目的ではなかったことから本研究においては実施日数の増加を促す指導は行われず、指導後のウォーキング実施日数に変化は認められなかった。但し、指導内容（歩行速度上昇、歩行経路の変更など）を取り入れたウォーキングを実施した日数は平均3.0日確認され、これらは運動強度の有意な増加に貢献したと考えられた。

3) ウォーキング中の運動強度

本研究においては、指導後、被験者が坂道を歩くことで心拍数をインターバルトレーニングのように変動させるパターンと、平地における歩行速度を上昇させ全体的に心拍数を上昇させるパターンが認められた。また、これら2つのウォーキングパターンは平均約10%HRRに相当する運動強度の上昇をもたらした。被験者全体の運動強度は指導目標とした50%HRRをほぼ達成した。Fahlmanら¹⁷⁾は高齢者15人（平均年齢76歳）に本研究と同様の心拍数メモリーを装着させ、同装置の心拍数表示によりウォーキング中の目標心拍数（70%HRR）を確認、維持

させる介入を10週間にわたって実施し、血清脂質の改善が認められたことを報告している。本研究はこの研究とは対照的に、心拍数メモリーのモニター上に表示される心拍数による運動強度確認を控えるようあらかじめ指示してあった。それにも関わらず今回はほぼ目標どおりの運動強度が得られたことは、漸増負荷テストによって得られた歩行速度と心拍数との関係および最大歩行能力テストの結果などを用いる本研究の運動指導が、被験者の運動強度を目標値に近づける上で妥当であったことを示唆するものであると考えられる。

4. GPS 装置使用の利点

今日までに、ウォーキング習慣のある高齢者のウォーキング実態を加速度計付歩数計あるいは心拍数メモリーによって把握し、そのデータを基にウォーキング内容の改善を促すことがどの程度運動強度を変化させるかを報告した研究は見当たらない。したがって、GPS 装置を利用した本研究の指導方法がその他の装置を使った指導法に比べて優位性を持つか否かは明らかでないが、加速度計付歩数計あるいは心拍数メモリーに記録されたデータだけでは、実際にどの場所をどの程度の速さで歩いたことでそれらのデータが得られたのかが分からない以上、GPS 装置を利用して個人のウォーキング実態を明らかにすることは個人の体力と行動様式をより総合的に理解し、その後の運動指導を進める上で有効であると考えられる。居住地域の勾配あるいは各種建造物間の距離などを使って具体的にを行った本研究の指導内容の分かりやすさについては被験者からも評価を得ており、このことが、指導の際に目標とした50% HRR をほぼ達成できた要因であると考えられる。

5. 適切な運動強度設定の必要性

Kelley ら⁴⁾は、ウォーキングが LDL コレステロール値および、総コレステロール値/HDL コレステロール値の割合の有意な低下をもたらすと報告している。彼らが分析対象とした研究報告における歩行は、ACSM が推奨している50%HRR 以上を必要とする brisk walking (機敏な歩行) が一般的であり、中には最大酸素摂取量の75%を被験者に課した研究も含まれている。運動強度が運動時間とは独立した因子として冠動脈疾患発症の軽減に関係していることは Tanasescu ら¹⁸⁾によっても報告されており、歩くことを一つのスポーツとして捉え、一定強度を超える歩行、すなわちエクササイズウォーキングが単なる肥満予防以上の効果をもたらすことは、最大歩行速度の70%と30%のウォーキングを3分ごとに交互に繰り返す“インターバル速歩”の実践が、血液性状のみならず脚力および心肺機能の向上

をもたらしたとする能勢ら¹⁹⁾の研究結果によっても明らかにされている。

近年、「健康づくり」に対する強い関心を持ち、日々自発的に運動実践に励んでいる中高齢者は決して少なくない。今回用いた測定装置は、GPS 装置と心拍数メモリーを合わせても5万円程度で、今日では既にそれらの機能を併せ持つ装置もより安価に市販されている。自治体による健康づくりや介護予防事業にもこのような機器を積極的に利用し、すでに運動習慣を持つ者から確実に結果を出していくことが運動実施の重要性とその効果をより強く高齢者の間に浸透させ、運動実践者を増やすことにつながると考えられる。

V 結 語

本研究では、GPS 装置と心拍数メモリーを併せて使用することにより、高齢者のウォーキング実態がどの程度把握できるかを検討した。その結果、被験者自らの測定・記録であっても正確な歩行速度、歩行経路および運動強度の把握が可能であること、さらには、その実態に基づくウォーキング指導が、個人のウォーキング方法に影響を与え得ることが明らかになった。

本論文執筆にあたって多数の貴重なご意見をいただきました鹿屋体育大学 吉武裕教授、信州大学 能勢博教授、九州保健福祉大学 樋口博之准教授に深く感謝いたします。

(受付 2007. 8.22)
(採用 2008.12.26)

文 献

- 1) 厚生労働省. 平成16年国民健康・栄養調査報告書. 2005.
- 2) 総理府. 平成18年体力・スポーツに関する世論調査報告書. 2007.
- 3) French SA, Jeffery RW, Forster JL, et al. Predictors of weight change over two years among a population of working adults: the Healthy Worker Project. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994; 18: 145-154.
- 4) Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Walking, lipids, and lipoproteins: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Prev Med* 2004; 38: 651-661.
- 5) Arakawa K. Hypertension and exercise. *Clin Exp Hypertens* 1993; 15: 1171-1179.
- 6) Sato Y. Diabetes and life-styles: role of physical exercise for primary prevention. *Br J Nutr* 2000; 84 (Suppl. 2): S187-S190.
- 7) Yamanouchi K, Nakajima H, Shinozaki T, et al. Effects of daily physical activity on insulin action in the elderly. *J Appl Physiol* 1992; 73: 2241-2245.

- 8) Cooper AR, Moore LA, McKenna J, et al. What is the magnitude of blood pressure response to a programme of moderate intensity exercise? Randomised controlled trial among sedentary adults with unmedicated hypertension. *Br J Gen Pract* 2000; 50: 958-962.
 - 9) 竹島伸生. 高齢者の健康づくり：運動処方の実践と課題. 東京：メディカルレビュー社, 1997; 76-78.
 - 10) Palombaro KM. Effects of walking only interventions on bone mineral density at various skeletal sites: a meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther* 2005; 28: 102-107.
 - 11) ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 975-991.
 - 12) 厚生労働省. 健康づくりのための運動指針 2006. 2006.
 - 13) 樋口博之, 綾部誠也, 進藤宗洋, 他. 加速度センサーを内蔵した歩数計による若年者と高齢者の日常身体活動量の比較. *体力科学* 2003; 52: 111-118.
 - 14) Davis MG, Fox KR. Physical activity patterns assessed by accelerometry in older people. *Eur J Appl Physiol* 2007; 100: 581-589.
 - 15) Schutz Y, Herren R. Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 642-646.
 - 16) Terrier P, Turner V, Schutz Y. GPS analysis of human locomotion: further evidence for long-range correlations in stride-to-stride fluctuations of gait parameters. *Hum Movement Sci* 2005; 24: 97-115.
 - 17) Fahlman MM, Boardley D, Lambert CP, et al. Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women. *J Gerontol* 2002; 57A: B54-B60.
 - 18) Tanasescu M, Leitzmann MF, Rimm EB, et al. Exercise type and intensity in relation to coronary heart disease in men. *JAMA* 2002; 288: 1994-2000.
 - 19) 能勢 博, 根本賢一, 森川真悠子. 自治体における現状 松本市熟年体育大学プログラムの実際：高齢社会における運動支援実践ガイド. *臨床スポーツ医学* 2005; 22 臨時増刊：346-351.
-

Recommendation of using a registering type GPS and a heart rate monitor for walking instructions in the elderly

Tetsuo TAKAISHI*, Yoshie YAMADA*, Tsutomu TANAKA^{2*},
Miyuki KANEWAKA^{3*} and Hisayo YANAGISAWA^{4*}

Key words : GPS, Community-dwelling elderly, Health promotion, Walking, Exercise prescription

Objective The efficacy of exercise for health promotion depends on the protocol. We examined the possibility of determining the characteristics of walking (route, speed and work intensity) with a registering type GPS and a heart rate monitor. We also demonstrated the effects of giving a walking regimen utilizing the data on characteristics of walking.

Methods Route, speed, and heart rate during the walking of 24 elderly habitual walkers were estimated with a memory-type GPS apparatus and a heart rate monitor, respectively. The elderly were instructed to modify the route and/or speed of walking according to the data.

Results 1) The walking speeds for male and female subjects increased from 91.8 ± 12.8 m/min to 97.3 ± 12.2 m/min and 81.4 ± 9.7 m/min to 85.6 ± 7.0 m/min, respectively ($P < 0.05$).
2) The average work intensity estimated by % HRR during the walking increased from $37.0 \pm 10.5\%$ to $48.6 \pm 8.9\%$ and $34.9 \pm 13.4\%$ to $47.7 \pm 8.8\%$, respectively ($P < 0.01$).

Conclusions Utilization of a GPS apparatus and a heart rate monitor is effective in determining characteristics of walking and facilitates giving effective instructions for health promotion to the elderly with a habit of walking.

* Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University

^{2*} Graduate School of Medicine, Nagoya City University

^{3*} School of Nursing Faculty of Medicine, Gifu University

^{4*} College of Nursing, Ibaraki Christian University