

博士（保健学）学位論文

論文題目

情報技術を用いた身体活動量測定システムの開発と
要介護高齢者への介入効果に関する研究

An Intervention Study on Physical Activities
among Elderly Disabled with Development of
Software Application to Measurement of
Physical Activities

2007 年

指導教員 宮城 重二教授

氏 名 木村 朗

KIMURA, Akira

女子栄養大学

目 次

序章 要介護高齢者における個別的な身体活動量の意義

1. 研究の目的	4
2. 研究の構成	4
3. 研究の概要	4

第1章 情報技術を用いた身体活動量測定システムの開発

I 目 的	5
II システムの仕様	5
1. 光学式読み取り装置と処理部分	5
2. PI法シミュレーションのソフトウェアの作成	6
3. システム開発の経過とシステムの内容の詳細	7
4. システムの要件定義	10
5. シミュレーションソフトウェアの公開	12
6. 実際の操作手順	12
III システムの実用性の検証	
1. 対象集団と対象データ	14
2. 実用性の指標	15
3. 実施期間と場所	15
4. ユーザビリティテストの構成	15
IV 結 果	16
1. MPIPAダウンロード操作の状況	16

2. OMR-MPIPA システムの起動と処理	16
3. ユーザビリティテストの結果	17
V 考 察	18
VI ま と め	20
第 2 章 情報技術を用いた身体活動量測定システムを用いた 要介護高齢者への介入効果	
I 目 的	21
II 対 象 お よ び 方 法	24
1. 対象母集団の定義	24
2. 研究デザイン	25
3. 参加者選択基準と割付	25
4. 主効果および副効果指標の設定	26
5. 介入内容と対照群への対処	26
6. 統計解析	29
III 結 果	30
1. 介入群と対照群の身体活動量	30
2. 介入群と対照群の二重積	30
3. 二重積改善の有無におけるオッズ比	31
4. 身体活動量の信頼性	31
5. 身体活動種目選択における対象者、指導者、	

家族間の整合性-----	31
IV. 考 察-----	32
1. 測定の実用性について-----	32
2. 介入効果のパラメータの妥当性について-----	32
3. 介入効果をもたらした要因について-----	35
4. 整合性について階層構造と一致度-----	36
5. 誤差および結果期待バイアスなどの除去について----	37
6. 研究の限界-----	39
V. ま と め-----	40
結 語-----	41
参 考 文 献-----	42
謝 辞-----	49
図 表	
APPENDIX-----	50
・ 研究で用いた概念および情報技術関連用語の解説	
要 旨	
Abstract	

序章 情報技術を用いた要介護高齢者における個別的な身体活動量の意義

健康管理における保健行動の促進は、すべてのライフステージにおいて重要な課題である。保健行動を構成する要素の1つに身体活動が挙げられる。身体活動は、疲労と重労働の関係、生活習慣病と運動の関係など、様々な健康問題との関係において調べられてきた。現在では、介護を要する虚弱な高齢者や障害者などの要介護高齢者における健康増進と身体活動の関係が注目されている。これまでは要介護高齢者に限らず身体活動の「有無」が主に調べられたが、今後は身体活動の「量」、身体活動量（Physical activities：以下、PAと略す）を推定することが必要とされている¹⁾。

また一定期間内の積算値として身体活動水準（Physical activity level：PAL）の多寡と健康事象の関連を調べるのが課題になっている²⁾³⁾⁴⁾。さらに、対象者の身体活動量の内容を変化させるために個別的指導方法としてシミュレーションを含めた方法の開発が待たれている。

PAを求める推定方法は、大きく3つに分けられる。酸素摂取量や心拍数を測定して、その値からPAを推定する生理学的な方法⁵⁾、万歩計や加速度計により得られる測定値からPAを推定する生体力学的な方法がある⁷⁾⁸⁾。最後に、質問紙や面接などにより一日の生活行動を把握して、その内容と時間からPAを推定する行動記録がある。これらの方法のうち、対象者の生活に影響を与えず、費用や手間などのコストを余りかけずに多くの人々からデー

タが得られるものという公衆衛生学やリハビリテーション等の要請にかなう方法には、対象者の自己報告や観察記録によるもので、日誌法を始めとする想起法による質問紙を用いた行動記録法がある。(Fig.1)

PAの活用は、それ自体を従属変数とする研究に端を発し、現在では、より短期間の変化として保健行動を促す情報として用いることで、虚弱な高齢者や障害者の廃用症候群を予防することが期待される。リハビリテーションや保健医療の臨床の領域では、簡便でコストのかからない方法が求められるため、行動記録に基づくPA測定法^{9) 10)}(以下、従来法)がよく用いられる。

しかし、運動障害や生活習慣病を有する健康水準が低い高齢者や障害者のPAを測定しようとする、従来法にはいくつか問題点が指摘される。

従来法でPAを算出するとき、約80種類の活動種目に1対1で対応するエネルギー消費係数が用いられる。このエネルギー消費係数は、健常者の正常な姿勢や標準的な動作形態で求めたものであるため、虚弱高齢者や運動障害のある者では誤差が大きくなると考えられる。(Fig.2)

実際、片麻痺のある高齢者が下肢を外転して歩く動作のエネルギー消費係数は、健常者の歩行時の値とは異なっている¹¹⁾。また、エネルギー消費係数が求められていない活動種目は、それに近いと考えられる種目のエネルギー消費係数で代用されるので、そのような活動種目が増えるほど、推定値の誤差が大きくなる。

これらの理由から、健常者とは異なる行動様式をとることが多い虚弱な高齢者や障害者に適用可能な、従来法よりも簡便なPA

測定法を開発する必要があった。

そこで、筆者は PA を測定する方法として、人がどのような姿勢で、どのような強度の動作にどのくらい時間を費やしたか、という比較的単純なデータから求める PA 測定方法を考案した¹²⁾。この方法は肢位強度法 (Position and Intensity Method、以下 PI 法とする) と名付けられ、3 姿勢と、3 つの運動強度からなる 9 個の格子内のエネルギー消費係数により身体活動を表現するものである。この方法は運動障害があっても適応可能で、PA を先行して決定するような代謝障害を有する者への定量的な運動指導や処方が可能になる特徴を有す¹³⁾。PA はエネルギー消費係数に体重、運動継続時間を掛け合わせ、年齢、性別の補正を行い、それらを足し合わせて推定する。(Fig.3) (Table.1)

この方法の妥当性を心拍数の変化量を従属変数として PA を用い検討を重ねてきた結果、一定の妥当性と信頼性を確認するに至った。

しかし、高齢者ケア施設に勤務する現場のスタッフは実際の勤務状況において対象者の PA に時間を確保することが極めて困難であり、通常の業務に加え、可能な剰余時間を調査したところ一日 30 分以内で遂行可能でなければ、システムとして導入が困難であった。このように集団を対象とした介入効果を検証するには課題がある。

これらの問題に対し、臨床現場で実用性を有するシステムとして、シミュレーションが可能なソフトウェアの実装と光学式読み取り装置によるデータの短時間一括処理による実用性のある方法の開発と実用性の検証を試み、健康を阻害する代表的な症候と

しての廃用症候群の予防効果を認める目標 PA の同定は未だなされていらないことから、この予防効果の発現を示す PA を新しい測定システムを用いて明らかにすることは健康管理において意義があると考ええる。

1. 本研究の目的

情報技術を応用して要介護高齢者集団の PA 測定を行い、このシステムを利用した指導介入の効果を検討することで、予防効果を認める指示すべき PA を明らかにすることである。

2. 研究の構成

本研究の枠組みは新しい測定方法システムの開発（研究 1）と廃用を防ぐために必要な PA の維持を目的とした PA の具体的指導の有効性の検証（研究 2）からなる。

3. 研究の概要

研究 1 では、新たに測定方法システムの開発と実用性の考察を行う。筆者が開発した姿勢と作業強度の組み合わせから求める PA の算出方法をスクリーニング調査に適応することを可能にする光学式読み取り装置と、それらの結果と合わせて指導するための PA のシミュレーションが簡便に可能なソフトウェアの開発を行う。このシステムの実用性を検討する。

研究 2 では、PA の測定システムによって得られた情報が及ぼす効果を検討する。要介護高齢者に 24 時間以内にフィードバックしながら身体活動の過不足を知らせ、行動を促す指導を介入とした無作為化クロスオーバー対照介入試験を行う。これらの成績より PA に及ぼす情報の効果を検証する。

第 1 章 情報技術を用いた PA 測定システムの開発

I 目 的

本研究の目的は、半自動化されたシステムとして目標 PA を計算するための PI 法シミュレーションのソフトウェアを開発し、高齢者ケアにおける実用性の検証を行うことである。

II システムの仕様

本システムは光学式読み取り装置と処理部分とシミュレーションソフトの 2 つのパートから構成される。

1. 光学式読み取り装置と処理部分

PI 法と組み合わせて使用する高齢者の 1 日の身体活動を 60 分毎に区分して、その間の姿勢とその時の作業強度の組み合わせをマークシートで選択記入させ、このデータを光学式読み取り装置

(Optical Mark Reader (以下 OMR)) で処理し、表計算ソフト上で PI 法のエネルギー消費量を計算し、出力することとした。

また、いつでもどこでも誰でも同方法による PA を算出可能にするために、インターネット上のソフトウェアベンダーから日本語によるダウンロードが可能になることを目指した。

2. PI 法シミュレーションのソフトウェアの作成

筆者は、PA を計算するための PI 法シミュレーションソフトウェア Measurement of Position and Intensity Physical Activity を、Visual Basic ver4 (マイクロソフト社) をプログラム言語として作成した。

プログラム構成は、5 パートからなる。それぞれ Worksheet-1、Worksheet-2、Worksheet-3、Worksheet-4、Worksheet-5 と表す。

Worksheet-1 は入力画面設計部分であり、全体の構成に関する入力構成パーツを設定し、それぞれの関連付けを VB ツールより選択してデザインした。

Worksheet-2 は第一段階の入力計算画面設計部分であり、入力構成パーツから、PI マトリクスを用いた身体活動量を計算するアルゴリズム (コンピュータに演算させる計算式) と組み合わせるための部分であり、それぞれの関連付けを VB ツールより選択してデザインした。

Worksheet-3 は第一段階の計算画面設計部分であり、入力構成パーツを設定し、それぞれの関連付けを VB ツールより選択して

デザインした。

Worksheet-4 は第二段階の入力計算画面設計部分であり、Worksheet-2 が処理したデータに、年齢、性別、体重を入力させるものである。それぞれの関連付けを VB ツールより選択してデザインした。

Worksheet-5 は第二段階の計算画面設計部分であり、継続時間の入力分はスクロールボタンを配置することによって入力構成パーツを設定し、最終的に PI マトリクスによるアルゴリズムを実行する部分である。それぞれの関連付けを VB ツールより選択してデザインした。

基本的に、ユーザーがマウスとマウス上のボタンをクリックするだけで直観的操作が可能な設計を目指した。

結果として、ユーザーがキーボードを使用しなくても、本ソフトウェアを使用できる性能を実装した。

3. システム開発の経過とシステムの内容の詳細

3-1. PI 法 PA 推定方法の利用

筆者は、PI 法 PA の妥当性の検証を、心拍数(Heart Rate:HR)の記録との照合によって実施し、良好な結果を得た。HR によるエネルギー消費量(Heart Rate Physical Activity:HRPA)は 24 時間のデータを基に求める。行動記録表に蓄えられた動作の分時カロリー係数は姿勢と作業強度で分類し、当てはまる箇所の値をマトリクス表から選択して決定する。24 時間に亘り装着した無線式心拍数測定装置が測定した HR はデータロガーである腕時計型

受信機に蓄えられ、この HR から $\dot{V}O_2$ を推定する一次回帰式に当てはめられ、HR 推定エネルギー消費係数を計算していた。

このとき係数 b/a の分子 b は吉武ら⁸⁾の HR と $\dot{V}O_2$ の同時測定データを用いている。 $\dot{V}O_2$ の初期値は 3.5ml、最大値が男性では 28.0ml、女性では男性の 90% の 25.2ml としている。分母 a には武者ら¹⁴⁾のデータより HR の初期値は 60 拍/分、最高値が男性では 156.5 ± 10.0 拍/分、女性では 151.5 ± 10.0 拍/分として計算した。

この研究では老人保健施設の高齢者 5 名(男 2 名、女 3 名)の 1 日の HR を測定した。得られた HR を式 2 の b/a に代入して求めた PA 値を従属変数とし、5 分毎に行動を聞き出した PI 法で求めた PA を独立変数とした一次回帰式が求められた。回帰係数は 0.77 を示し両者の絶対値を一致させるため回帰係数の逆数 1.3 を求め、 b/a に 1.3 を乗じた b/a' を HR- $\dot{V}O_2$ 係数 Coe とした。

HR による $\dot{V}O_2$ 推定の信頼性は吉武によれば 62 歳から 75 歳の 10 名の日本人女性高齢者で日常生活起居動作時の相関係数を 0.973 と示し⁸⁾、武者ら¹⁴⁾も同様の成績を報告している。

さらに、分時の HR- $\dot{V}O_2$ 関係は概算として一次回帰式で求められるが、無酸素性作業閾値の 60%HRmax 以上では、HR- $\dot{V}O_2$ はその傾きが増し、激しい身体活動を示す場合、2 つの一次回帰式が必要とされる⁵⁾。理想的には、個々の HR- $\dot{V}O_2$ 関係を求めれば最も誤差の少ないデータが得られる。しかし集団における横断的データ収集において限定された時間で行うのは困難である。同研究では予備研究において 60%HRmax 以上を示したデータはごくわずかであり、一次回帰式を計算に用いている。

このデータを基に、3種類の姿勢と3種類の作業強度から動作識別をした上で、エネルギー消費係数を割り当てるシミュレーションソフトのアルゴリズムを作成した。(Fig. 4)

心拍数からエネルギー消費係数を求める式は、24時間の心拍数から計算した $PA = \text{年齢性別補正係数} \times 24 \text{ 時間の総和} \{ [4.95 \times (1.3 \times HR) \times \text{体重}] \times \text{各活動種目の継続時間} \}$ となった。

24時間の行動記録表を用いた肢位強度法 PA は $PA = \text{年齢性別補正係数} \times 24 \text{ 時間の総和} \{ (\text{当該活動の PI マトリクス上のエネルギー消費係数} \times \text{体重}) \times \text{各活動種目の継続時間} \}$ であった。

3-2. OMR-MPIPA について

OMR-MPIPA は、光学式読み取り装置とコンピュータ、シミュレーションソフトウェアからなる、PI 法による PA に基づく評価指導のためのハードウェアおよびソフトウェアから構成されるシステムを想定して開発に取り組んだ。

構成は既存行動部分と仮想行動部分の2部門に分けることができ、それぞれ3パートからなる。既存行動は、既存行動データ入力部分、既存行動データ処理部分、既存行動の PA データ出力部分からなり、仮想行動部分は仮想行動の入力部分、仮想行動データ処理部分、仮想行動の PA データ出力部分からなった。

3-3. PA 測定方法の実用性獲得のための開発

3-3-1. OCR 自動化処理システムの構築

(記録紙の標準化・処理の時短化)

既存行動データ入力部分

本パートは、Fig.5 に示すとおり、行動記録の記録表（紙片）と OMR 読み取り可能な筆記記録が可能な筆記具と、処理ソフトウェア、コンピュータからなる。

行動記録表は、対象者の ID、年齢、体重、身長を入力するマーク欄を設定し、24 時間の行動を 1 時間ごとの 24 項目で記録する選択式記述欄からなる。

選択式記述欄は、3 つの姿勢、3 つの強度のうち尤も長く行った動作の中で、より立位に近く、より高い作業強度を選択して、この 9 つのカテゴリーから 1 つ選び、記載するものである。

Fig.6 に日本語シートを示す。

記録表の記載は、本人が記載する場合と本人以外が記載する場合で異なる。

測定の趣旨を説明し、想起法による記載の場合は、最高 5 分程度の記入時間を与え、行動記録式の場合は、記載者が本人の場合と、観察記入者が本人以外の場合、1 時間あたり最低 4 回の定時観察を行った結果から記載させる。背もたれ座位は研究の結果、臥位とみなすことで、値の妥当性と信頼性が向上することから¹⁶⁾、測定責任者に説明することを原則とした。

この記録表は光学読み取り装置 (OMR) としてスキャナ (本研究では EPSON7200U を使用) と ADF (本研究では Auto Delivery Sheet、EPSON7200IF) を使用して、パーソナルコンピュータ (PC、本研究では ACER5600、OS にマイクロソフト社 Microsoft XP home edition) を用いた。

スキャナと PC の接続には Epson TWIN デバイスソフトウェアを用いた。

光学式読み取り装置は、米国 Principia 社の Office Remarkable をベースに使用し、FIG5 に示すフローを設計し、OMR データのデジタル化を行うように処理テンプレート Fig.6 を作成した。

この部分の基本的操作は データ取り込みを行うことであった。

4. システムの要件定義

4-1. 表計算シートのマクロの構築 (Fig. 7)

(処理・出力の時短化)

4-1-1. 既存行動データ処理部分

本パートは読み取られたデータのデジタル化を行う。

米国 Principia 社の Office Remarkable をベースにした処理テンプレートが入力されたデータを数字に転換する

この入力データの数字への置換は自動的に行われる。

4-1-2. 既存行動の PA データ出力部分

本パートは、PI 法データシートをエクセルシートに挿入して、PI 法のアルゴリズムに沿って計算と結果の出力を行う。

Office Remarkable が作成した PI 法データシートをカットアンドペーストし Fig 7 に示した表計算ソフトウェア、マイクロソ

フト社 Office Excel XP および 2003 にて作成したマクロシートに挿入すると、デジタルデータに変換されたデータから、PI 法 PA の計算結果が得られる。

結果はエクセルシートの印字機能による印刷物として紙片として打ち出すことができる。

5. シミュレーションソフトウェアの公開

インターネットを活用し、シミュレーションソフトウェアの頒布を行うために、無料でダウンロード可能な仕組みとして、MPIPAver1.6 を開発し、2005 年 3 月より、ベクターサイト <http://www.vector.co.jp> より公開を開始した。

この、操作はインターネットに接続したパーソナルコンピュータ上においてベクターサイト <http://www.vector.co.jp> にアクセスし、ダウンロード画面から MPIPA を選択クリックすることで、個人のパーソナルコンピュータ上にアイコンとともに圧縮されたプログラム (MPIPA1.6.exe) がインストールされる。このアイコンを解凍ソフト (Lhara、ほか、これも同サイトから入手可能) 上にドラッグすることで解凍が始まり、その操作の結果 MPIPA が個人のパーソナルコンピュータ上で実行可能となった。

6. 実際の操作手順

6-1. 仮想行動の入力部分

仮想行動として、虚弱高齢者や運動機能障害を有する人の実際

に行うとする動作を観察、または、在宅での住宅環境をシミュレーションした上で実際に動作を行わせ、2分程度施行したのち、安静時 HR と動作終了時 HR の測定結果もしくは動作終了時の顔面の汗の発生、呼吸の乱れ、主観的な作業強度（その活動を行って楽だったか、苦しかったかを 10 段階で聞き取る）を聞き取り、姿勢と作業強度を識別する¹²⁾。

シミュレーションには MPIPA を利用する。Fig.8 に MPIPA の初期画面を示す。

基本的操作は、ダウンロードした同ソフトウェアを解凍展開し、必要に応じて dll ソフトを OS システムに加えた上で、アイコンをクリックすると、初期画面が表示される。表示された画面上に姿勢と作業強度を入力し、対象者の年齢、性別、体重を入力する。この場合、数字入力とスクロールボタンによるマウス操作のみで入力操作が可能ないように設計している。

これらの入力終了したら、処理に移る。

6-2. 仮想行動データ処理

本パートは、画面上に入力されたデータを、処理ボタンの操作によって実際に計算し、計算結果を出力するものである。姿勢と作業強度を入力し、対象者の年齢、性別、体重から、計算のボタンをクリックすると、PI 法による 1 分間あたりの PA を表示する。

6-3. 仮想行動の PA データ出力

本パートは仮想行動データ処理部分の操作によって得られた

データを、実際に対象者の生活の中で可能と想定された遂行時間を入力した結果を得る。

PI 法による 1 分間あたりの PA が表示された画面操作に続き、実際に対象者の生活の中で可能と想定された遂行時間をマウスによるスクロールもしくは数字キーによる直接入力によって、入力する。計算ボタンをクリックすることで仮想行動による任意の継続時間あたりの PA が出力される。

Ⅲ システムの実用性の検証

1. 対象集団と対象データ

このシステムの実用的指標を検証するための対象は通所デイサービスセンターに通所する虚弱高齢者集団 50 名およびシステムを使用してデータ入力から出力を行う療法士およびケアスタッフ 5 名であった。

対象としたデータは 1 日あたりの身体活動量であった。

実際の参加者は 2004 年 10 月時点で、静岡県中西部地域で主要駅から 20 k m 圏内で暮らす在宅要介護高齢者集団と設定し、同区域内で通所デイサービスを受けている高齢者であった。

同区域内で主要駅から 20 k m 圏内に居住する高齢者はおよそ 1200 人と推定され、そのうち 16%にあたる 200 人を対象としたデイサービスを行っている介護老人保健施設を特定し、同施設の通所デイサービスを利用する 197 名の高齢者中より、研究参加者の同意を得た 97 名であった。2005 年 1 月において男性 23 名、女

性 37 名が通所デイサービスを利用しており、このうち実際に参加したのは 50 名（男性 19 名、女性 31 名）であった。

2. 実用性の指標

実用性の指標として 50 人分のデータを 30 分以内に算出レポート出力可能であることと設定し、システム検証のためのテスト（以下、ユーザビリティテストとする）を設定した。

ここで用いた実用性指標は、サンプルとして選択した施設で調査した通常業務時間外に可能な時間は平均 30 分、通所対象者の平均参加率 50 人であったことに拠った。

3. 実施期間と場所

このシステムの使用性を検証するための対象は通所デイサービスセンターに通所する虚弱高齢者集団 50 名およびシステムを使用してデータ入力から出力を行う療法士およびケアスタッフ 5 名であった。実施期間は 2005 年 1 月から 3 月に行った。行動記録表への一斉記載は 2 月第 2 木曜日に行った。

4. ユーザビリティテストの構成

Shackel はソフトウェア品質テストの必要性について言及して以来、現在のユーザビリティのテストの概念が形成された¹⁵⁾。対象者向けの試験は、ISO9241-11:1998 (JIS Z8521:1999) に従って行った¹⁶⁾。JIS 化された時から使用性という用語が用いられ

ている¹⁷⁾。この概念は有効性と効率、満足度から構成される。

有効性はユーザが指定された目標を達成する上での正確さと完全さを測定して評価する。本研究では、有効性として紙片上の記載と OMR 処理を経てデジタル化されたデータの成績を比較した。

効率はユーザーが目標を達成する際に正確さと完全さに費やした資源の量と定義されている。本研究では所要時間を測定し、実用性指標と比較した。

満足度は不快さがなく、および製品使用に対しての肯定的な態度²⁰⁾とされる。本研究では、使用感を聞きとり 5 段階のリッカート尺度で測定した。

III 結 果

1. MPIPA ダウンロード操作の状況 (Fig.9)

ダウンロードサイトからの操作は 1 名において解凍ソフトの操作に手間取ったものの、全員が 30 分以内に完了することができた。平均処理時間は 13.2 分であった。

2. OMR-MPIPA システムの起動と処理 (Fig.10)

2-1 処理時間

本研究で用いたハードウェアによって処理にかかる時間は 50 人分、50 枚の A4 シートの読み取りから数字への置換まで 1 枚 25 秒であった。50 人分のデータの読み取りから数字置換にかかる時間は平均 20.6 分、およそ 21 分以内であった。

2-2 OMR の効率（一人あたりの処理時間）

Office Remarkable が作成した PI 法データシートをカットアンドペーストし Fig. 7 に示した表計算ソフトウェア、マイクロソフト社 Office Excel XP および 2003 にて作成したマクロシートに挿入した結果、デジタルデータに変換されたデータから、1 シートあたり 2 秒以内に PI 法 PA の計算結果が得られた。

2-3 シミュレーションソフトウェアの操作性（Fig. 11）

シミュレーションソフトウェアの操作は測定者全員が、1 度だけデモンストレーションするだけで、正しい操作が可能であり、5 名全員が結果の一致をみた。

シミュレーションの実際は一人当たり 3 行動で平均 152 秒、およそ 3 分以内であり、1 行動あたり 1 分以内で入力から結果の出力まで可能であった。

3. ユーザビリティテストの結果

3-1 有効性 (Fig. 12)

正確性は記入シートの情報と出力結果を照合したところ 50 人中 48 人、96% の成功率であった。脱落例を除いた、シートの完成者 48 名における正確性は 100% であった。この 48 名における完全性ではデータ入力から出力まで滞りなく遂行された。

3-2 効率（所要時間）

50 人分の処理が回答結果の入力から PIPA 算出まで 21 分であった。1 人約 22.1 秒となった。満足度では、本システムの操作に不快を感じたものではなく、ユーザー全員が肯定的な回答を示した。

集団への説明時間は約 6 分であった。脱落例の 2 名の理由は 1 名が行動記録紙の記入にあたって視力が弱く、マークが不可能であった、もう一名は見当識に問題はみられないと思っていたものの、短期記憶力の低下があり、記載内容に矛盾が生じていた。一斉に行った行動記録表の記載の所要時間は最短 3 分、最長 10 分であった。(Fig. 10)

3-3 満足度

リッカート尺度 5 件法により測定した MPIPA の操作感については 5 人中 4 名がかなり良い (very good) と答え、1 名は良い (good) と答えた。(Fig. 13)

同様に、満足度については 5 人中全員がかなり満足 (very good) と答え、全体として本システムの操作に不快を感じたものではなく、ユーザー全員が肯定的な回答を示した。(Fig. 14)

IV 考 察

1 システムの有効性

有効性では、正確性は 96% の成功率を示し、脱落例を除いた、シートの完成者 48 名における正確性は 100% であった、これはユーザビリティにおける正確性向上に有効な要因として知られているものである¹⁸⁾¹⁹⁾。シートの設計上、まぎらわしさが生じない

ように工夫したことが記載ミスを防いだものと考えられた。テスト参加者の要因としては高齢者であっても、見当識が保たれ、認知症の症状がなかったことがその成功要因と考えられた。このような被験者であれば、有効性は高いものと考えられる。

ただし、脱落例の2名が存在したことを生かし、視力が弱いこと、短期記名力の低下があることが判明するようであったら、介助した上で記入を行うことを実施上の注意に加える必要がある。

2 システムの効率

時間当たりの処理量が、設定された量を上回ることが、ソフトウェアでの効率の指標とされるが²⁰⁻²³⁾、効率において所要時間は50人分の処理が回答結果の入力からPIPA算出まで21分であったことから、実用性のある効率が得られたと考えられた。処理に要する1人あたりの所要時間は約22.1秒、集団への説明時間は約6分であったことから、目標の時間コストを満たした。これらから効率性が認められた。

入力前の処理としても一斉に行った行動記録表の記載の所要時間は最短3分、最長10分であったことから、効率において問題はないと言える。

3 システム使用時の満足度

ソフトウェアの満足度を測定する指標には、標準化されたものはないことから、IS09241-11を用いた満足度の評価も、その中の一つであるが、このシステムは単一のソフトウェアを操作するのではないため、同評価法で示されている一つのソフトウェアの評

価ではないという限界が生じている²⁴⁾²⁵⁾。

しかしながら、全体として本システムの操作に不快を感じたものではなく、ユーザー全員が肯定的な回答を示したことから、入力後の操作に無駄が少ないこと、出力までの流れがスムーズであったことが、満足度を向上させている可能性が高い。

4 本研究の限界と明確になった点

認知症および視力の低下がある高齢者では、一斉の行動記録表記載時に時間の余裕を持たせた方がその後の処理において円滑になされることが判明した。本システムは要介護高齢者集団の身体活動量の横断調査やスクリーニングテストに用いることが可能である。

V まとめ

光学式読み取り装置を用いた本システムは 50 名の高齢者において 21 分間で測定から身体活動量の出力が可能であった。本システムは 50 名以内の集団において一括処理を必要とする介入研究に適応可能であることを示唆した。

シミュレーションソフトウェアの操作は測定者全員が、1 度のデモンストレーションだけで、正しい操作が可能であった。5 名全員の結果が一致し、30 分以内に完了できた。

シミュレーションは一人当たり 3 行動を 3 分で完了し、1 行動あたり 1 分以内で入力から結果の出力まで可能であった。これらから本研究は本システムが実用性を確認したと考えられる。

第2章 情報技術を用いた PA 測定システムを用いた要介護高齢者への介入効果

I 目 的

研究の背景

国内外において、高齢者人口は増加しており、同様に高齢障害者が増加している。特に、介護予防を必要とする血管障害で片麻痺障害に至った人の数は増加している。

この集団において、重症化を避けることが重要な課題となっている。とりわけ廃用症候群を防ぐことは急務であり、そのためには身体活動量（PA）の測定に基づく、健康管理や PA そのものを増量する指導が必要な状況にある。廃用症候群は脳血管障害者において合併症として糖尿病や高血圧、心筋梗塞などの血管病変を悪化させることが知られており²⁶⁻³¹⁾、虚弱高齢者や運動障害を有する要介護高齢者にとって寝たきりを防ぐ上で、重要なパラメータであり、効果指標（アウトカム）である。身体活動や PA、身体活動水準などは公衆衛生学的研究において健康な青年や中高年を対象として健康関連事象との関連を検討した横断研究や一部の縦断研究が報告されている。身体活動を一定の水準に保つことは身体活動の低い水準に比べ健康状態に良いことがこれまでに疫学研究が示している³²⁻³⁴⁾。しかし、要介護高齢者において健康管理を主な目的とした PA の測定とデータ解析の判断に基づく介入を無作為化対照試験（RCT）にて行った研究はほとんどみられない。

研究の動機

保健行動の促進に有効性が期待される PA の活用について、従来から発表されている PA の測定は計算に多大な時間がかかる。そのため、実際はデータ取得を行うことができない場合が多い。

また単軸性の加速度センサーを使った PA の測定では、運動障害のない高齢者では、加速度から計算される動作あたりのエネルギー消費量のアルゴリズムにおいて妥当な値が検出されるとされるが、動作に障害がある要介護高齢者では、加速度の小さい歩行を長時間行っても、短軸加速度センサーの適用上の限界によって、当該活動のエネルギー消費係数は著しく小さく計算されるため、実感との乖離が生じていると考えられる^{35) 36)}。したがって、真に有効な PA の定量化がなされず、データの蓄積や研究がなされていくことが懸念され事情は深刻な状況にあると考えられた。最低限、PA を維持するために必要な量を明らかにする必要があると考えた。そのためには個人の PA を測定し、目標指導用 PA を消費するように指導した上で、その介入効果を明らかにすべきであると考えた。

研究の目的

高齢者においては加齢に伴う自然経過として全身の骨格筋の低下、心肺機能の低下、それらと高い相関を示す PA の低下がある。

間嶋らは虚弱高齢者の体力低下において、易疲労性を来とし、安静臥位時間の延長が生じることを指摘している^{37) 38)}。この状

態が続くと、一層、廃用症候群を来とし、極度の体力低下に陥ることが少なくないことを報告している。適切な身体活動の継続によって、このような廃用症候群は予防可能であるとの報告もされている。

上田は、日本の脳血管障害片麻痺を有する高齢者における 1 日 30 分の歩行を行わせることで、これらの体力低下が回復したことを報告している³⁹⁾。間嶋も、一定の低強度運動の継続が運動耐容能の維持を果たした報告をしている⁴⁰⁾。北野も同様の報告をしている⁴¹⁾。米国の疫学研究においても PA の増大が、脳卒中のリスクの低下⁴²⁾を示している。安静時の心拍数や一定負荷時の酸素摂取量を示したことを報告している⁴³⁾。一方で Evenson らは身体活動と脳卒中の発生率、予後との関連は認めらなかったという結果を報告している⁴⁴⁾。

しかし、これらの研究では PA の測定において一週間あたりの運動の有無や運動時間の積算値を聞き取るか記入させるものであり、個々人の生活時間構造に応じた身体活動の指導は行われておらず、高齢者施設におけるケアの場で集団を対象にした個別的介入の効果は示されていない。

その理由として、Polos らが指摘するように、これまで高齢者の標準的な PA 測定方法が検討されていないことが挙げられる⁴⁵⁾。横断的に 50 名程度の集団に適応可能な PA の測定システム、および短時間のシミュレーションが、これまで市販の機器およびマンパワーでは困難であったことと、根拠に基づく指導が困難であり、実際には行われてこなかったことが考えられる。

そこで、本研究では先に開発した PI 法 PA 測定システムを用い

て具体的に指導すべき PA を定量し、これまで有効性が確認された糖尿病患者の運動療法における実効性を高めることが可能であった身体活動の管理手法を高齢者の廃用予防に応用することを目指す。

本研究の目的は無作為化対照試験を行って運動指導において具体的データの教示の効果をあきらかにすることである。介入方法は運動障害のある要介護高齢者の集団における具体的な PA の算出と対象者への具体的な姿勢と作業強度、継続時間を指導することである。

本研究では仮説として、具体的な情報の乏しさが PA の自然減をもたらしていると設定する。保健医療サービス従事者と対象となる高齢者が実際に使用可能な具体的な情報の与えられた場合と、ない場合の PA に差があるか否かに注目する。新たに開発したシミュレーションソフトによって指導の内容における正確な数値が短時間で得られることに着目して、測定結果から直接タイムラグのないフィードバックを与えられること、シミュレーションによる具体的な情報を提供することの 2 点が、高齢者の行動に影響を与え、PA の低下を自然経過による低下率を上回る成績が得られるかを検証するものである。

Ⅱ 対 象 お よ び 方 法

1. 対象母集団の定義

対象母集団は、2004 年 10 月時点で、静岡県中西部地域で主要

駅から 20 k m 圏内で暮らす在宅要介護高齢者集団と設定し、同区域内で通所デイサービスを受けている高齢者とした。

同区域内で主要駅から 20 k m 圏内に居住する高齢者はおよそ 1200 人と推定され、そのうち 16% にあたる 200 人を対象としたデイサービスを行っている介護老人保健施設を特定し、同施設の通所デイサービスを利用する 197 名の高齢者を研究参加者として募った。

2. 研究デザイン (Fig. 15)

無作為対照クロスオーバー試験を計画した。

タイムシリーズは 3 ヶ月ごとにベースライン、介入期、washout 期、再測定期の 4 期から構成した。対照群において、介入群の介入期と washout 期を入れ替える (クロスオーバー) する構成であった。Fig. 15 に示したベースライン期 3 ヶ月と介入期の 3 ヶ月を解析期間とした。クロスオーバー試験のスタイルを設定した理由は介入指導を受けない群において不利が最小限になるように配慮し、倫理的配慮を行うことも含まれた。

本研究の期間は 2004 年 10 月から 2005 年 10 月であった。

3. 参加者選択基準と割付

本研究の参加者の選択基準は以下のような 6 基準を満たす 65 歳以上の人とした。(Table. 2)

- ① 65 歳以上。
- ②脳血管障害による片麻痺を有すること。
- ③在宅で自立して生活しているもの。
- ④歩行障害はあるが杖と装具を使用して独立して歩行可能なもの。
- ⑤摂食・嚥下障害のないもの。
- ⑥見当識障害がないもの。

同施設 197 名中、この 6 基準を満たしたのは 34 名であった。このうち選択基準を満たし、研究の参加に同意が得られた高齢者の中から、無作為に抽出した 34 人を選定し 2 群に分けた。

この中から介入群に 15 名を割付け、対照群も 19 名に割付けた。男性 7 名、女性 27 名であった。(Fig.16) さらに、指導にあたる者が、解析対象者が判別できないように、実施指導および対象選択に関わっていないが選抜された介入群からさらに 10 例、対照群から 10 例をランダムに割付けて、解析を行った。この段階では、割付担当者のみが、研究対象者のコードを知りえる状態であった。

4. 主効果および副効果指標の設定

効果指標は、廃用に関わる主効果指標として PA を設定し、副効果指標には早朝の朝食後、安静座位における心拍数と収縮期血圧の積、二重積(double products)を設定した。

5. 介入内容と対照群への対処

本研究では、介入群に対して、個別の PA 測定に基づき、一定目標指導 PA として 40kcal/日を設定した。この算出根拠は、2 つ

の研究成果に基づいている。1つは、糖尿病患者の血糖コントロールに及ぼす PA の知見であり、もう1つは、脳血管障害後の片麻痺患者の運動耐容能に及ぼす PA の成績である。糖尿病患者の血糖コントロールに及ぼす PA の研究において週3回、80kcal の加算指導を行った者において、実施状況が良好であった者は低強度の運動との相互効果において良好な血糖値のコントロールが得られた¹³⁾。これは、1週間当たり240kcal の加算を平均的 PA (PA 水準) とすると、一日あたりの加算すべき目標 PA は34kcal である。肢位強度法の誤差範囲は20%あるので、上限まで計算した場合一日40kcal となる。また、脳卒中片麻痺患者における廃用症候群の予防に有効な PA として、無作為化対照試験ではないが上田³⁹⁾や間嶋ら⁴⁰⁾は1日30分の歩行を加算した研究において、実際に改善が認められたという報告がある。この場合に PI 法において、一日30分の歩行による運動分の PA は立位低強度のエネルギー消費係数 0.048kcal/kg/分 から安静における臥位低強度 0.017kcal/kg/分 を引いた 0.029kcal/kg/分 相当に対して平均体重55kg と設定すると、30分の継続時間、60歳以上の男性であれば補正係数を掛け合わせた結果約43kcal が得られる。この試行を3週間の行った場合に、筋力やその他のデータも改善したとしている。最大でも6週間の試行で効果が見られたという。血糖コントロールに加え、脳卒中片麻痺患者の体力低下の改善を示す PA も約40kcal と考えられた¹³⁾。

間嶋や上田の研究では、身体活動種目が歩行に限定されているため、歩行可能な入院中の患者においては有効性が高いと思われるが、個人の能力に加え、坂道など環境因子の影響で歩行がしづ

らい高齢者において歩行以外の活動種目によって 40kcal 分の動作を指導する必要性がある。かつ本人が自己の意識に基づいて行動することを促す必要がある。身体活動種目の多様なニーズを聞き取り、高齢者の個別の問題に対応した身体活動種目を指導することで、実際に保健行動が促進されることが指摘されている。

歩行 30 分 40kcal の PA と等価交換するためのシミュレーションに基づく身体活動種目を自らの意思で決める（自己決定する）機会を持った指導を行ったのが、介入群であった。介入は指導者（Physical Therapist、PT）により、これらに加えて、本人が行いたいと望んだ活動種目（嗜好性）を採用するために、聞き取り時に具体性が乏しい場合、活動の強度や姿勢、場所のリストを挙げて、本人が思考しやすいように導く聴取と受け答え（意思決定支援）を行うといった内容で、介入群の全員に個別に指導した。

介入内容の要約は、以下の 3 点に集約される。

- 1 個別の PA 測定。
- 2 一定目標指導 PA の設定として一日 40kcal の PA の加算を指導。
- 3 シミュレーションに基づく身体活動種目の嗜好性の意思決定支援。

PA は複数の PT および介護専門職により対象サンプル日（2 週間に 1 回）の 24 時間後に測定した。生理的指標値、安静時心拍数、収縮期血圧は介護専門職および看護師により測定された。クライアントがデイサービスを利用する週の最初の朝に行う測定値を用いた。OMR シートを用いて 24 時間直後の行動記録を本人よ

り聞き取り、PIPA 表計算シートに入力して PA を算出した。また定点観察により施設内身体活動内容をカルテにて確認した。

運動不足が懸念される状況に対する介入としては、介入群においてベースライン期の平均 PA（月 1 回、3 回測定）を 40kcal 以上下回った場合に、運動不足を警告し、当該量の不足を補う身体活動種目の指導を行った。

シミュレーションは MPIPA を用いて、生活構造時間の中で可能な時間帯と、動作能力に応じた活動種目の決定支援からなっていた。この意思決定支援には階層分析法を用いた⁴⁶⁾。

階層分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) とは 1977 年 Thomas L. Saaty により開発された意思決定・解析法である。複雑な意思決定の過程を階層構造に要約した上で、単純な 1 対 1 の比較をし、この判断を統合して全体としての優先順位や配分率を決定する手法である。

AHP の特徴として 3 点が挙げられる。

1 階層構造、これは問題を階層構造に分解して表現するものである。本研究では、身体活動を姿勢・作業強度・時間の 3 層構造に分解した。(Fig. 17)

2 言葉による一対比較 (Fig. 18)、これは階層にて分解された要因の水準同士を嗜好性の高いものから順に相対的に比較するものである。

3 幾何平均法によるウェイト計算、これは階層構造で記された身体活動を一対比較した上で、組み合わせにおいて優先順位の高いものに全体の比に応じて補正係数を乗じることで求めるものである。(Fig. 19)

すなわち、評価基準や選択肢を定義して主要な比較の評価を行う。その上で、モデルを作成し、判断し、一対一の比較を行って相対的重要度を決める一連のプロセスをコンピュータで計算（表計算シート使用）することで、対象者の潜在的な関心の高い活動種目を決定することを支援するものである。これらの判断を統合して結論（優先順位の重み付け解）を導く、ついで本研究で設定した身体活動種目の意思決定に用いた階層分析法（AHP）の流れを示す（Fig. 20）。

5. 統計解析

介入群と対照群の PA(PIPA) に対して対応のない 2 群の平均値の差を計算した。同様に、二重積についても、対応のない 2 群の平均値の差を計算した。

また、PA の被験者間信頼性として測定者間の相関係数を求めた。さらに、二重積のベースラインからの低下有無を従属変数として、説明変数を介入群と対照群とした場合の相対危険度（オッズ比）を求めた。AHP の整合性の算出を行った。これらの分析には SPSS version11.fullset を用いた。

Ⅲ 結 果

実施中の一場面を Fig. 21 に示した。

1. 介入群と対照群の身体活動量 (PIPA) (Table. 3) (Fig. 22-23)

介入群 (n=10) の平均値 (±標準誤差) は前 $1668 \pm 103 \text{ kcal}$ であったが、後 $1731 \pm 104 \text{ kcal}$ と有意な増加を認めた。 ($p < 0.05$)

対照群 (n=10) の平均値 (±標準誤差) は前 $1508 \pm 60 \text{ kcal}$ であったが、後 $1482 \pm 55 \text{ kcal}$ であり差を認めなかった。

2. 介入群と対照群の二重積 (Double Products) (Fig. 24-25)

二重積

介入群 (n=10) の平均値 (±標準誤差) は前 11560.3 ± 1863.5 であったが、後 10259.5 ± 1430.0 と有意な低下を認めた。 ($p < 0.05$)

対照群 (n=10) の平均値 (±標準誤差) は前 11184.4 ± 1509.2 であったが、後 12294.7 ± 1885.7 であり差を認めなかった。

3. 二重積改善の有無におけるオッズ比 (Table. 4-5)

Fisher 's exact probability は $p < 0.001$ を示し、Relative Risk (Intervention/Control) は 0.1 (10%)、95%信頼区間は 0.015-0.641 を示し統計学的に有意であった。

4. 身体活動量の信頼性 (Fig. 26)

測定者 A および測定者 B における同一ケースの PA の相関係数は $r = 0.99$ (n=10) を示した。

5. 身体活動種目選択における対象者、指導者、家族間の整合性
家族と指導者間の CI は 2.33 (95%信頼区間は 0.565-9.639) であ

り整合性があるとは言えなかった。

対象者と家族間の CI は 1.25 (95%信頼区間は 0.296-5.272) であり整合性があるとは言えなかった。

指導者と対象者間の CI は 0.12 (95%信頼区間は 0.595-0.24) であり整合性が認められた。

*CI (consistency index) は整合度と訳される。固有値-項目数/項目数-1 であり、完璧な一対比較で 0 になり、項目数が多ければ固有値が大きくなる。0.1~0.15 以下が適切であるとされる。

IV. 考 察

1. 測定の実用性について

本研究で開発した測定処理システムは、実用性において職員の基本的勤務時間内に遂行可能であった。データの計算処理の時間においても、実験的段階時に比べ、およそ 80%の時間が節約できたため、十分汎用のための実用性を有していると考えられる。

24 時間の身体活動記録表（ルーチンの記録表）は 1 時間毎の最長時間出現活動を聞き取るようにしたため、測定者において聞き取り時間が少なくなったと思われる。

2. 介入効果のパラメータの妥当性について

介入効果として PIPA は介入群において対照群に比べ有意な増加を示し、二重積における生理学的指標と高い関連性が示された。

運動時の生理学的変化は、呼吸・循環・代謝の 3 つに大別され

る。運動中の生体にとって最も重要なことは、運動量に見合った酸素を肺から取り込み、心臓、末梢循環を通じて骨格筋に運搬することである。この骨格筋への酸素輸送において呼吸・循環・代謝が相互に絡み合い、各々が重要な役割を果たす。運動生理学的機序として運動強度を直線的に増量すると、骨格筋での酸素需要は直線的に増加する。

従って肺で取り込まれる酸素の量（酸素摂取量）も運動終点近傍まで、ほぼ直線的に増加する。炭水化物を主なエネルギー源としている場合には、運動筋において産生される二酸化炭素の量（二酸化炭素排出量）は酸素摂取量にほぼ等しいとされ、運動負荷中ある時点から乳酸の産生が増加すると（この時点を Anaerobic threshold: AT という）、乳酸を重炭酸系で緩衝することで二酸化炭素の産生が更に増加する。従って二酸化炭素排出量は AT 以下の負荷強度で負荷量に比例してほぼ直線的に増加するが、AT 以上の負荷量では乳酸の産生に依存し、非直線的に急上昇する⁴⁷⁾。

二酸化炭素の蓄積は組織のアシドーシスを生じることから、分時換気量は二酸化炭素の産生量に応じて増大する。従って換気量は最大負荷近傍まで、二酸化炭素排出量に比例して増加を示す。

分時換気量は一回換気量と呼吸数の積に等しく、両者とも運動開始後増加するが、負荷強度が低い場合には分時換気量の増加は主に一回換気量の増加に依存する。負荷が中等度以上になると一回換気量の増加が頭打ちになり、分時換気量の増加は主に呼吸数の増加に依存する。酸素摂取量は運動強度に比例して増加する。この増加の程度は Fick の法則に従い心拍出量の増大と動静脈酸

素較差の開大に依存している。心拍出量は一回拍出量と心拍数の積に等しく、運動開始後早期の心拍出量増加は一回拍出量の増加に依存する。

しかしながら一回拍出量の増加は運動負荷の中盤で頭打ちとなるため、それ以降の心拍出量増加は心拍数の増加に依存する。動静脈酸素較差も運動開始時よりすみやかに開大するが、中等度以上の負荷では開大が頭打ちとなる。従って中等度から高度の負荷での酸素摂取量の増大は、心拍数の増大に大きく依存することになる。運動強度の増加とともに平均血圧は漸増する。特に収縮期血圧の上昇が著しく、拡張期血圧はわずかに上昇するにすぎない。

以上のごとく心拍数と収縮期血圧は運動強度に依存して上昇することから、両者の積である二重積も運動強度の増量とともに増加する。一定の運動負荷に対する二重積の値を観察することで、これら心肺機能の改善のみならず、廃用症候群に陥っている心肺機能の低下を評価することができる⁴⁸⁻⁵⁰⁾。二重積が、改善する理由として PA の増加に伴う、一回心拍出量の増大、心筋の肥大、同一負荷に対する交感神経機能と副交感神経機能のトレードオフ現象の改善に伴う高負荷時の交感神経の動員率の低下、血管のコンプライアンスの向上などが挙げられる。この程度の PA で二重積が、改善する理由としては低強度において、一回心拍出量が廃用的な低下を示した対照群に比べ、介入群では維持されたものと考えられた。

このうち本研究で改善した要因は Tudor-Locke ら⁵⁰⁾、および Pate ら⁵¹⁾の報告と同様に PA の増加に伴う、一回心拍出量の増大

が生じている可能性がある。ただし、Tudor-Locke ら⁵⁰⁾、および Pate らの身体活動が中等度の運動であるのに対し、本研究では指導した活動種目がほぼ低強度域にあったという点で異なるものの、“虚弱高齢者”において低強度負荷であっても PA の増加を伴う場合、一回心拍出量の増大が生じる可能性を示唆するものである。一週間で 280kcal 程度の活動が加わることが、二重積を変化させる要因のうち一回心拍出量の維持が有意に生じたことはこれを裏付ける知見といえる。

本研究で用いた二重積の成績は、PA において、介入群の心肺機能低下を軽減する効果があることを示したと考えられる。

3. 介入効果をもたらした要因について

介入前後のベースラインからの上昇、すなわち悪化度は介入群において有意に抑制された。この理由として 3 点挙げると

1 点は、廃用がもたらす危険な症状と、PA の維持がもたらす利益について健康寿命延長効果の知見を聞いた介入群の者は一様に関心が高まった様子であったことから、このような説明は対象者の保健行動への動機付けになったものと思われる。松本による⁵²⁾健康行動理論のレビューに照らし合わせた場合、Rosenstock⁵³⁾、Becker⁵⁴⁾、高梨ら⁵⁵⁾の健康信念モデル理論における脅威の認識と有益性の促進作用がこれにあたるのではないかと思われた。対照群においては脅威の認識が働かず、予防的行動の有益性の認識がないことが具体的な行動に結びつかなかった可能性が考えられる。

2 点目として、遂行時間を分刻みで教示され、具体的な情報を

得たことから、遂行時間を時計などで測りながら身体活動を行うことで、正誤のフィードバックをえられることから、「今日は、正しくできた」等、Bandura の言う、自己効力感⁵⁶⁾を高めた可能性があろう。木下は⁵⁷⁾自己効力感において具体的な時間を用いて評価することで段階付けしており、自己効力感において正のフィードバックは具体的な情報として一日 40kcal を相当の身体活動を個々人の状態にあわせて時間を指示したことから、具体的な努力を促進したものと考えられる。対照群においては効力信念を持つ機会がなく、抽象的な条件のままで経過し、具体的な行動に結びつかなかったことが PA を増加させなかったのではないかと考えられた。

3 点目は、肢位強度法による PA シミュレーションソフトの活用によって、対象者の要求（リクエスト）に応じた活動種目で必要な運動量の所要時間を計算して示すことができたことは、リハビリテーションにおいて自らの身体活動種目の選択の幅が限られてきたクライアントが受け身でない状況を作ることに成功し、主体性を引き出す効果があったものと推察される。

本結果は、これまで提唱されている保健行動理論の中では、Estabrooks ら⁵⁸⁾の成績と類似していると考えられる。この場合に行動に寄与しているものは、自分で実行可能な活動を考えること、であろう。Ajzen⁵⁹⁾により行動への態度と行動のコントロール感の有効性が示されてきたが、Estabrooks らは高齢者が PA を保つことに成功した群において、プログラム開始時に具体的な行動意思を明確に持っていた者ほど、実施状況は良好であったことを報告している。本研究において本人の希望、行動の意思を尊重

しながら活動種目を選択決定したことは「行動の意思」を引き出したものと考えられる。

4. 整合性について階層構造と一致度

療法士とクライアント（参加者）の PA 増加に必要な活動種目選択における優先条件の一致がある場合は、ない場合に比べ廃用リスク（PA の低下）が 12%程度になると考えられる。AHP は⁴⁶⁾、複雑な問題を階層化して、1 対 1 の単純な比較にまで構造的に単純化し、その結果をとりまとめて結論を得るものであり、特徴として、量的なデータだけでなく質的データやあいまいなもの、さらに直感的なものでも対比の手法によって数値化できる。意思決定支援において、PI 法に基づき姿勢と運動強度の組み合わせから、対象者の能力に応じた活動種目を具体的に提案することが可能であったことは、自己効力感の向上にも有効であったものと考えられた。

身体活動種目選択における意思決定上の優先条件では、PT とクライアント（参加者）のみが有意なオッズを示したことからクライアントと家族、家族と PT の一致度が必ずしも PA を増加させるとは限らない可能性がある。

クライアント（参加者）は家族に負担を感じさせることを嫌うことが多いことから、家族の考える活動種目の遂行において、家族が準備等に関わる機会が生じることを避ける傾向があるのではないか。今後、人的資源の心理的な影響を考慮した活動量の指導に関する検討が必要であろう。

5. 誤差および結果期待バイアスなどの除去について

薬物療法と異なりプラセボの設定が困難な条件で介入効果を評価する手法として、二重割付を試みたが、結果として例数が少なくなったきらいがある。介入群と対照群への効果を期待して過度に差をつけようとする心理的な状況によるバイアスを減らすことが難しい以上、このような工夫は欠かせないと思われるがこの効果は不明である。

また、系統誤差の範囲とその影響による、結果の信頼性については、静岡県中西部地域で主要駅から 20km 圏内で暮らす在宅要介護高齢者が利用できる通所デイサービス機関は研究開始時点で 4 箇所存在したが、本研究で用いた場所は一日あたりの収容人数が 60 名あったことから、同地域最大規模であった。したがって、施設の選択においてこのような場所を好まない高齢者や、家族の場合には、サンプリングされない可能性がある。このようなサンプリング誤差が生じていることが考えられる。PA の増加を指示した介入群と、対照群への厳密な指導は通所デイサービスの時間内では区別されていたが、対象者の送迎中の車中の情報交換のやりとりもあり、指示されていない対照群において、何らかの PA の増やす行動を取っていた可能性も否定できない。すなわち、教育的指導が介入に含まれるクロスオーバー試験の限界として非介入期の運動時期であっても、一方の群の厳密な活動制限ができないことから、PA の値は高めに出現している可能性がある。

また、温暖で良い気候条件にある同地域条件が PA の増量に有利だったことも考えられる。厳しい気候条件や場所等での事象に当てはめて考えることはできないであろう。

これらの系統誤差を抑えた報告の成績をみると、Sallis らは⁶⁰⁾、地域間に大きな差はなく、身体活動が指導された地域住民の健康を向上させたことを報告している。古谷野 亘は多施設間研究において⁶¹⁻⁶³⁾、寝たきりほどではないが、何らかの介護が必要な高齢者に対して、運動機能の検査測定を行い、日常生活能力と関連する身体機能の測定値は正規分布型のデータ特性を有する結果を示している。

新開ら⁶⁴⁾⁶⁵⁾は、PA の増加によって日常生活の中の諸動作の改善がみられることを示している。永松らは⁶⁶⁾、地域高齢者において、生活能力を維持する体力が良好に保たれた場合に、予後が良好であったことを報告しており、高齢者の PA の維持が重要である知見がみられる。Meijer ら⁶⁷⁾は健康関連パラメータやリスクの軽減に寄与するパラメータとして PA 水準を求めて、評価すべきであるとしており、集団における PA の聞き取り調査の結果においても、その多寡によってリスクへの心筋梗塞発生率において関連性を認めたとしている。このように系統誤差を含みながら、集団の PA を横断的に測定しうる方法にはさまざまな方法があるが、個別にデータを出力し、シミュレーション可能な方法が適応可能となった。現時点での問題は、測定時誤差の問題に加え、人間を介することによる影響をいかに制御するかといった課題があると思われる。

6. 研究の限界

測定誤差の範囲とその影響による、絶対的な数値の利用価値と相対的な数値の利用価値について

行動記録表の誤差として心拍数による値と行動記録表から計算した値は、これまでの研究により相関係数が 0.94 を示したことから、絶対値としては 12%以下の誤差が生じている可能性がある。しかし、本研究の対象集団は虚弱高齢者であり、その動作様式と生活行動において健常な高齢者集団よりも活動種目は少ないことから、これよりも少ない範囲に収まっていると考えられる。二重積の値では、オシロメトリック方式の自動血圧計を用いた測定において、誤差は 3 %未満とされており、測定部位のずれなどを考慮しても 5 %以下の誤差の範囲にあると思われる。

したがって、心拍数や酸素摂取量による PA の測定値との絶対値を基準にしたものより、正確性は劣るものの、同一方法の繰り返し測定値の一致率は相関係数で 0.99 と誤差は 2%以下にあり、これらの範囲で PI 法のデータを活用すべきであろう。本研究では PI 法 PA の平均値は約 1600kcal と考えられた。一日あたり 40kcal の増量分はこの 2.5%に相当する。この値だけでは誤差範囲内にとどまるが、一週間の蓄積量として 280kcal を実行した場合は 1600kcal の 17.5%になるため測定誤差範囲を超えることから、一定の効果が表出した可能性が考えられた。開始時点の PA が著しく低下している場合もしくは高い場合では、40kcal という絶対量よりも一週間当たり 17.5%程度の増加を行わせることになる。

このような相対的な比率において有効性について言及することは、本研究はできない、今後の課題と考えられる。

V. まとめ

具体的な情報を与えられた介入群の身体活動量は、非介入群に比べ有意に増加し、本研究における身体活動量測定値は各測定者間で高い相関を示し、本研究法による測定方法の信頼性が確認された。

具体的な情報を与える介入は非介入に比べ、生理学的指標として、二重積（安静時心拍数と収縮期血圧の積）において効果を認め、一日あたり 40kcal 程度の身体活動量を促す情報付与による指導の機会が廃用症候群の予防への有効性が示唆された。

指導者・対象者・家族が希望する身体活動種目は、指導者と対象者の志向性が一致する場合に身体活動量が向上した。

結 語

肢位強度法による身体活動量測定方法による集団測定のための光学読み取り装置を用い、シミュレーションソフトウェアを使用するシステムは、市販の機器を用いて 30 分以内で 50 人分の処理が可能であり、集団の介入研究に使用可能であった。

シミュレーションに基づく一日 40kcal 相当の身体活動量の加算を、さまざまな姿勢の動作で行うときにその内容と具体的な時間の情報を与えられた介入群の身体活動量は、非介入群に比べ有意に高くなり、安静時心拍数と収縮期血圧の積からなる二重積は、介入群では、非介入群に比べ有意に低下した。肢位強度法による身体活動量測定値は異なる測定者間で高い相関を示し、一定の信

頼性が確認された。

行動記録表を用いた集団を対象とする測定方法の利点を生かしたシステムの活用は、一定の水準の誤差を含むものの、相対的な指標として活用することで廃用症候群を予防する効果を示した。

本研究は、このシステムを用いた方法が集団の PA 測定と指導を行う際に適応可能であることを示し、一週間 280kcal、3 ヶ月間の身体活動量の増量指導が、歩行以外の身体活動の実行を伴った要介護高齢者において心肺機能の加齢に伴う低下を軽減する可能性を示唆するものである。

参考文献

- 1) 横関利子. 高齢者の基礎代謝量と身体活動量. 日本栄養・食糧学会誌 46 .451-458.1993.
- 2) Shepherd. RJ. Fitness of nation. Lesson from the Canada fitness survey. Med Sport Sci.22.1-10.1986.
- 3) 小町喜男, 他編. 循環器病予防のための非薬物療法の体系化に関する研究. 平成元年度厚生省循環器病研究委託費による研究報告集. 大阪. 国立循環器病センター. 15-32.1990.
- 4) 郡司篤晃, 川久保 清, 他. 身体活動と不活動の健康影響. 第一出版. 東京. 84-88.1998.
- 5) 石井 喜八. 最大 $\dot{V}O_2$ 推定のノモグラム. 身体運動の生理学. 杏林書院. 東京. 381.1973.

- 6) Dauncy MJ, et al. Assessment of the heart-rate method for determining energy expenditure in man. using a whole-body calorimeter. Brit. J. Nutr. 42. 2-13. 1979.
- 7) Montoye HJ, et al. Measuring physical activity and energy expenditure. Champaign. Human Kinetics. IL. 122-159. 1996.
- 8) 吉武 裕. 高齢者の健康維持・増進支援システムの開発. 高齢者の身体活動量測定システム. 長寿科学総合研究 6 . 185-189. 1996.
- 9) 沼尻幸吉. 活動のエネルギー代謝. 労働科学叢書 37. 労働科学研究所. 東京. 117-213. 1978.
- 10) 馬場照美, 他. エネルギー消費量の簡易推定法の概要とその妥当性. 日本公衛誌. 27. 259-266. 1980.
- 11) 平山昌男, 加藤順一, 他. 片麻痺患者における運動耐容能と歩行能力との関係. 理学療法科学. 16 . 173-177. 2001.
- 12) 木村 朗. 生活行動の定量的評価方法の開発. 公衆衛生. 56 . 432-437. 1992.
- 13) 木村 朗. 糖尿病を有する高齢片麻痺患者の身体活動水準とFBG. 静岡理学療法ジャーナル. 13. 28-33. 2006.
- 14) 武者春樹, 小澤 敦, 他. 高齢者での心拍数評価. 臨床スポーツ医学 14. 1229-1233. 1997.
- 15) Shackel B. Ergonomics in information technology in Europe-a review. Behaviour and Information Technology. 4 (4). 263-287. 1985.
- 16) ISO9241-11. Ergonomic requirements for office work with Visual display terminals. Part 11. Guidance on Usability

- 17) JIS Z 8521.人間工学-視覚表示装置を用いるオフィス作業-使用性の手引き.
- 18) 黒須 正明. ユーザビリティテストイング. 共立出版. 2-12. 2003.
- 19) Medendorp WP, Tweed DB, Crawford JD. Motion Parallax Is Computed in the Updating of Human Spatial Memory. J Neurosci.. 23(22). 8135-8142. 2003.
- 20) Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. Comput Methods Programs Biomed. 72 (2). 155-165. 2003.
- 21) Bonato P, Boissy P, Della Croce U, Roy SH. Changes in the surface EMG signal and the biomechanics of motion during a repetitive lifting task. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 10(1). 38-47. 2002.
- 22) Heil DP. Estimating energy expenditure in wildland fire Fighters using a physical activity monitor. Appl Ergon. 33(5). 405-413. 2002.
- 23) Williams ME, Owens JE, Parker BE Jr, Granata KP. A new approach to assessing function in elderly people. Trans Am Clin Climatol Assoc. 114. 203-16. 216-217. 2003.
- 24) 鱗原晴彦, 他. 設計者と初心者ユーザーの操作時間比較によるユーザビリティ評価手法. 1999 年ヒューマンインターフェース学会誌. 56-57. 1999.
- 25) Macleod DA, et al. The MUSiC Performance Measurement Method. Behaviour and Information Technology. 16.

279-293.1997.

26) Åstrand PO, Saltin B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. J. Appl. Physiol. 16(6). 977-981. 1961.

27) Komachi Y, et al. Geographic and occupational comparisons of risk factors in cardiovascular diseases in Japan. Jpn Circulation J. 35. 189-207. 1971.

28) 福田安平. 脳卒中・心発作発生の疫学—管理と生活の影響・労働医学研究会. 10-15. 1978.

29) Montoye HJ, Block WD, Metzner MA, et al. Habitual physical activity and serum lipids. Males. age 16-64 in a total community. J. Chronic Dis. 29. 697-709. 1976.

30) Montoye HJ, Block WD, Metzner MA, et al. Habitual physical activity and glucose tolerance. males 16-64 in total community. Diabetes. 26. 172-176. 1977.

31) Paffenberger RS, Wing AL, et al. Physical Activity. all-cause mortality. and longevity of college alumni. N Engl J Med. 314. 605-614. 1986.

32) 上井満, 他. 身体的活動度と栄養摂取のバランスからみた虚血性心疾患. 脳卒中の発生に関するコホート研究. 体力研究 65. 118-128. 1987.

33) Miyagaki T, et al. Physical activity and its relationship to cardiovascular risk factors in rural Japanese men. J of Epidemiology 2. 97-104. 1992.

34) De Jonge L, Nguyen T, Smith SR, Zachwieja JJ, Roy HJ, Bray

- GA. Prediction of energy expenditure in a whole body indirect calorimeter at both low and high levels of physical activity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 25(7).929-34.2001.
- 35) Medendorp WP, Tweed DB, Crawford JD. Motion Parallax Is Computed in the Updating of Human Spatial Memory. *J Neurosci*. 23(22). 8135-8142. 2003.
- 36) Yokoyama Y, Kawamura T, Tamakoshi A, Noda A, Hirai M, Saito H, Ohno Y. Comparison of accelerometry and oxymetry for measuring daily physical activity. *Circ J*. 66(8).751-754. 2002.
- 37) 間嶋 満, 他. 脳卒中片麻痺患者の体力に関する検討. *リハ医学* 22. 64-72. 1985.
- 38) 間嶋 満. 脳卒中片麻痺患者の体力. *リハ医学* 25. 168-169. 1988.
- 39) 上田 敏. 脳卒中片麻痺患者の障害学. *リハ医学* 25. 4-10. 1988.
- 40) 間嶋 満, 他. 脳卒中片麻痺患者の体力低下の要因. *リハ医学* 27. 53-57. 1990.
- 41) 北野 浩三, 他. 脳卒中片麻痺患者の体力に関する検討(第4報) 短期間運動負荷による体力改善の効果. 第21回日本リハビリテーション医学会. 1984.
- 42) Kiely WB, et al. The Framingham study. *American J of Epidemiology*. 140. 860-869. 1992.
- 43) Hu FB, et al. Physical activity and risk of stroke in women. *JAMA* 283. 2961-2967. 2000.

- 44) Evenson KR, et al. Physical activity and ischemic stroke risk. The atherosclerosis risk in communities study. *Stroke*. 30(7).1333-1339.1999.
- 45) Polos MA, Peeters PHM, Ocke MC, et al. Repeatability and relative validity of two physical activity questionnaires in elderly women. *Med Sci Sports Exerc*. 28(8).1020-1025. 1996.
- 46) 高萩 栄一郎, 他. Excel で学ぶ AHP 入門、オーム社. 68-97. 2005.
- 47) Davis JA, Vodak P, et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J App Physiol*. 41.544-550.1982.
- 48) Lowell LB. Human Cardiovascular Control. New York . Oxford Univ. Press. pp442. 1993.
- 49) Shimizu H. Reliability and Validity of a questionnaire for assessment of physical activity in epidemiological studies. *J Epidemiol*. 8.152-159.1998.
- 50) Tudor-Locke C, Bassett DR Jr. How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med*. 34(1).1-8.2004.
- 51) Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 273(5).402-407.1995.
- 52) 松本千晶. 健康行動理論の基礎. 医歯薬出版. 1-14. 2002.

- 53) Rosenstock IM. Why people use health services. *Milbank Memorial Fund Quarterly* 44. 94-127. 1966.
- 54) Becker NH, et al. Sociobehavioral determinants of compliance with health and medical care recommendations. *Medical Care*. 13(1). 10-24. 1975.
- 55) 高梨 薫, 他. 高齢者糖尿病患者の食事療法・運動療法の順守度と治療に対する信念および家族支援との関係. *老年社会学*. 18(1). 41-49. 1996.
- 56) Bandura A. Theoretical perspectives. In A Bandura. Self-efficacy. the exercise of control. New York WH Freeman and Company. 1-35. 1997.
- 57) 木下幸代. 糖尿病を持つ壮年期の人々の自己管理行動を促進するための教育的アプローチに関する研究. 聖路加看護大学大学院看護学研究科博士論文. 聖路加看護大学大学院. 1996.
- 58) Estabrooks P, et al. The conceptualization and effect of control beliefs on exercise attendance in the elderly. *Journal of Aging and Health* 10(4). 441-457. 1998.
- 59) Ajzen I. From intentions to actions. a theory of planned behavior. In J Kuhl, J Beckmann (eds). *Action-control. from cognition to behavior*. Heidelberg. Springer. 1-39. 1985.
- 60) Sallis JF, et al. Predictors of adoption and maintenance of physical activity in a community sample. *Preventive Medicine* 15. 333-346. 1986.
- 61) 古谷野 亘, 柴田 博, 中里克治, 他. 地域老人における活動能力の測定－老研式活動能力指標の開発－. *日本公衛誌*. 34. 109

－114.1987.

62) 古谷野 亘, 橋本殖生, 府川哲夫, 他. 地域老人の生活機能－老研式活動能力指標による測定値の分布－. 日本公衛誌. 40. 468－474. 1993.

63) 古谷野 亘, 柴田 博, 芳賀 博, 他. 地域老人における日常生活動作能力－その変化と死亡率への影響－. 日本公衛誌. 31. 637－641. 1984.

64) 新開省二, 藤本弘一郎, 渡部和子, 他. 地域在宅老人の歩行移動力の現状とその関連要因. 日本公衛誌. 46. 35－46. 1999.

65) 新開省二, 渡辺修一郎, 熊谷 修, 他. 地域高齢者における「準ねたきり」の発生率. 予後および危険因子. 日本公衛誌. 48. 741-752. 2001.

66) 永松俊哉, 種田行男, 北畠義典, 他. 地域高齢者における生活体力と予後との関係. Res Exerc Epidemiol. 2 . 39-43. 2000.

67) Meijer EP, Goris AHC, Wouters L, et al. Physical inactivity as a determinant of the physical activity level in the elderly. IntJ Obes Relat Metab Disord . 25. 935-939. 2001.

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なご指導、ご鞭撻を賜りました宮城重二教授、本研究の主旨をご理解いただきご協力いただきました介護老人保健施設コミュニティケア高草、ならびに理学療法士、看護師、ケアワーカーの皆様には厚く御礼申し上げます。また、なによりも調査にご協力いただいた通所デイサービス利用の皆様はこの場をお借りして感謝申し上げます。

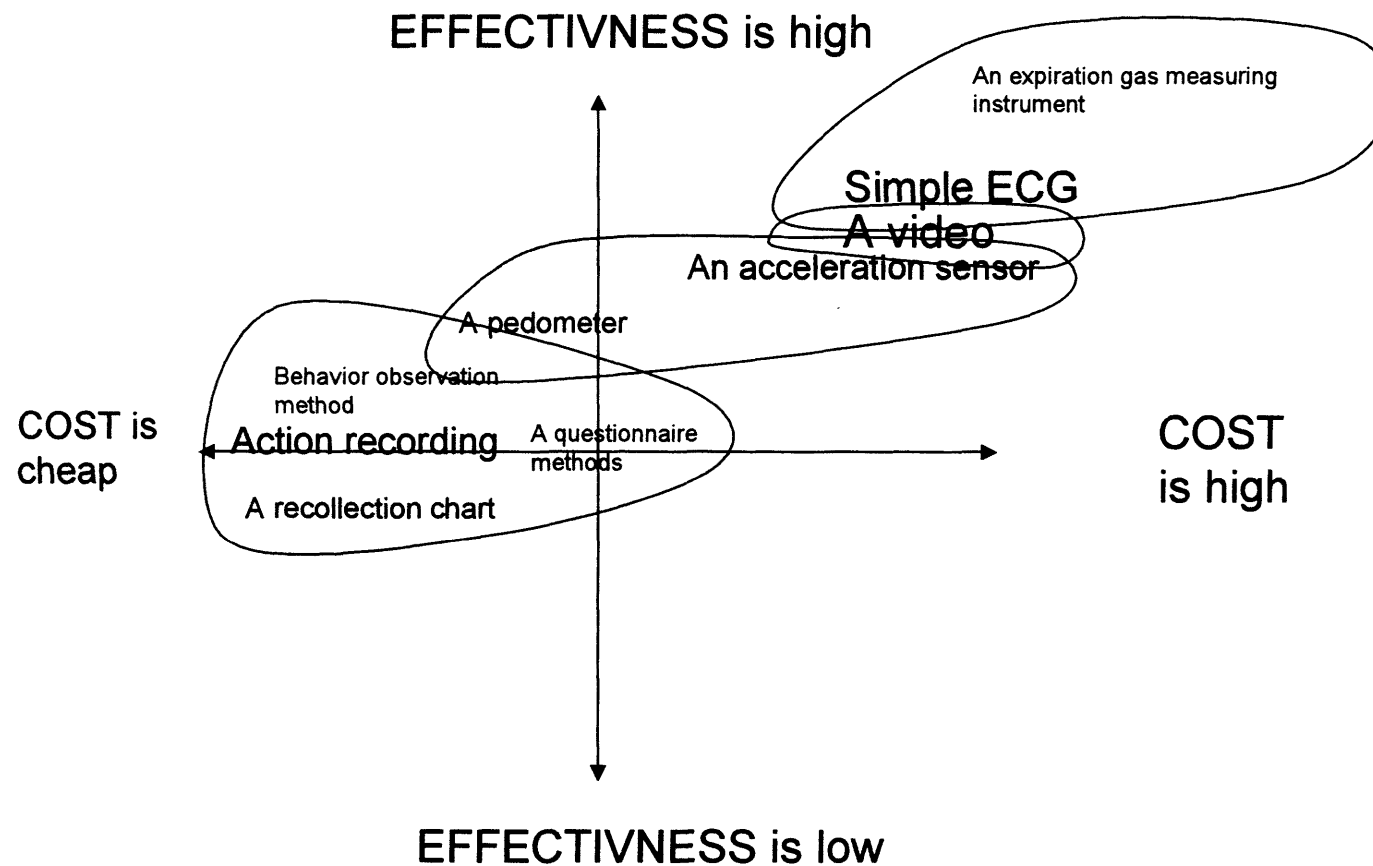


Fig. 1 Cost – effectiveness for measurement methods of physical activity

Conventional Methods (Numajiri et al)

Every physical activity item

It apply a coefficient of an energy consumption and estimate quantity of physical activity.

$$24\text{hours PA} = \sum_{i=1}^{1440} (EO \times BW \times A)_i$$

EO: an energy expenditure coefficient by a share chosen in list every activity item, BW: body weight, A: age-gender revision coefficient, energy expenditure coefficient

Fig .2 Conventional method and equation

Position and Intensity Method

Movement is resolved into posture and labor intensity.

It determine an energy consumption from an energy expenditure coefficient in a matrix to fulfill a dismantled category.

These methods do not use a list of a physical activity item.

$$24\text{hoursPA} = \sum_{i=1}^{1440} (\text{EM} \times \text{BW} \times \text{A})_i$$

EM: an energy expenditure coefficient by a chosen in PI matrix every activity item (no using list of coefficient in every activity),
BW: body weight, A: age-gender revision coefficient, energy expenditure coefficient

Fig. 3 Position and Intensity Method and equation

	Low (低い強度)	Moderate (中等度強度)	Hard (強い強度)
Lying (臥位)	0.017	0.023	0.026
Sitting (座位)	0.027	0.055	0.062
Standing (立位)	0.045	0.059	0.091

Fig. 4 PI matrix

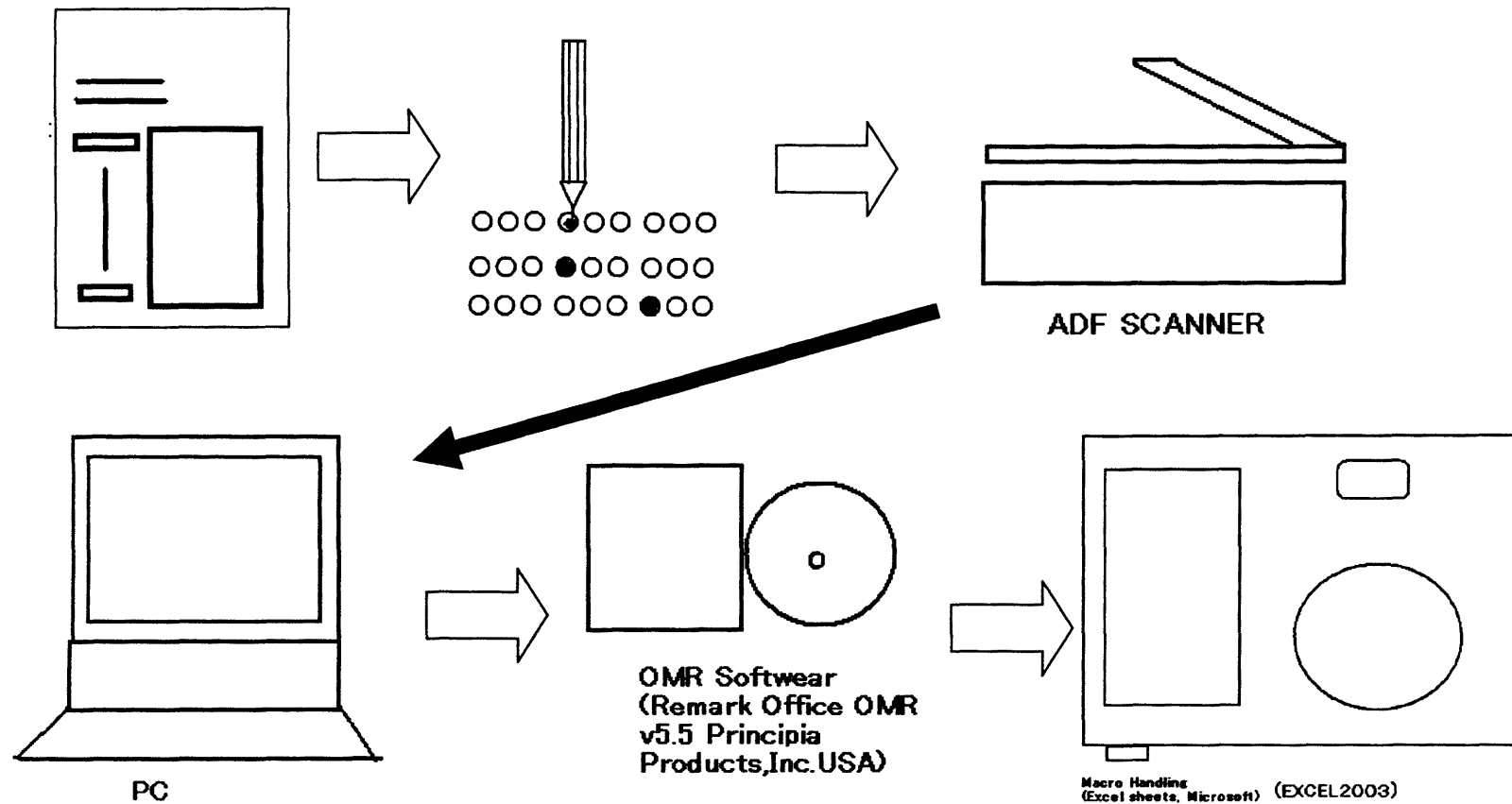


Fig. 5 Construction of this OMR automation processing system

HOUR_PIPA OMR調査用紙 v2 対象期間: ()年()月()日 性別 男 ○ 女 ○
 記入者() 対象者 ()

IDにコは 指示コたがって記入します

お名前	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
お名前	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
お名前	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
年齢 十のくらい	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
年齢 一のくらい	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
体重 十のくらい	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
体重 一のくらい	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

このアンケートのやりかたを説明するこの欄について見て
 おまじか説明し、その時の自分の状況についておまじかの欄に
 つまみ記入して下さい

姿勢	強度	楽汗息		楽汗息		楽汗息	
		楽した姿勢	楽した姿勢	楽した姿勢	楽した姿勢	楽した姿勢	楽した姿勢

問1	朝 5時から6時			0	0	0	0	0	0	0	0
問2	朝 6時から7時			0	0	0	0	0	0	0	0
問3	朝 7時から8時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問4	朝 8時から9時			0	0	0	0	0	0	0	0
問5	朝 9時から10時			0	0	0	0	0	0	0	0
問6	朝 10時から11時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問7	昼 11時から12時			0	0	0	0	0	0	0	0
問8	昼 12時から1時			0	0	0	0	0	0	0	0
問9	昼 1時から2時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問10	昼 2時から3時			0	0	0	0	0	0	0	0
問11	昼 3時から4時			0	0	0	0	0	0	0	0
問12	夕 4時から5時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問13	夕 5時から6時			0	0	0	0	0	0	0	0
問14	夕 6時から7時			0	0	0	0	0	0	0	0
問15	夕 7時から8時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問16	夜 8時から9時			0	0	0	0	0	0	0	0
問17	夜 9時から10時			0	0	0	0	0	0	0	0
問18	夜 10時から11時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問19	夜 11時から12時			0	0	0	0	0	0	0	0
問20	深夜 12時から1時			0	0	0	0	0	0	0	0
問21	深夜 1時から2時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問22	深夜 2時から3時			0	0	0	0	0	0	0	0
問23	深夜 3時から4時			0	0	0	0	0	0	0	0
問24	深夜 4時から5時			0	0	0	0	0	0	0	0
	姿勢 強度										
問25	特別な身体動き			0	0	0	0	0	0	0	0

継続時間(10の位) 分
 継続時間(1の位) 分

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fig. 6 OMR Sheet (Japanese)

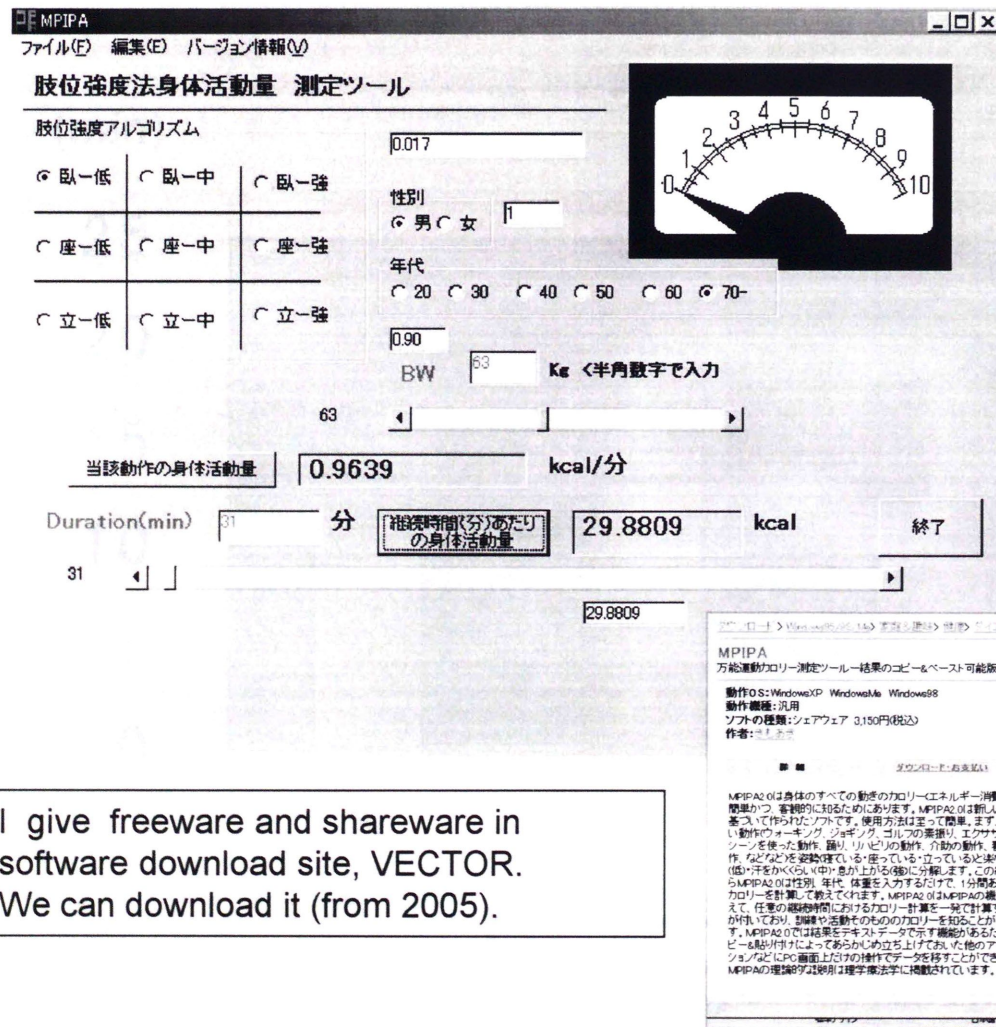
蓄積化

1

It is macro mint condition 120 seconds for 10 a processing time example

Macro use 30 seconds

Fig. 7 Macro construction of two spread sheets



I give freeware and shareware in software download site, VECTOR. We can download it (from 2005).

The physical activity item concerned

Posture / intensity

Gender / Age / Body weight

An energy consumption (kcal) that we want to estimate

Calculation of the time that is need to get the consumption concerned

It is software use six seconds a calculation time example for electronic calculator use one minute

Fig. 8 The simulation software MPIPA v1.6 (Japanese version)

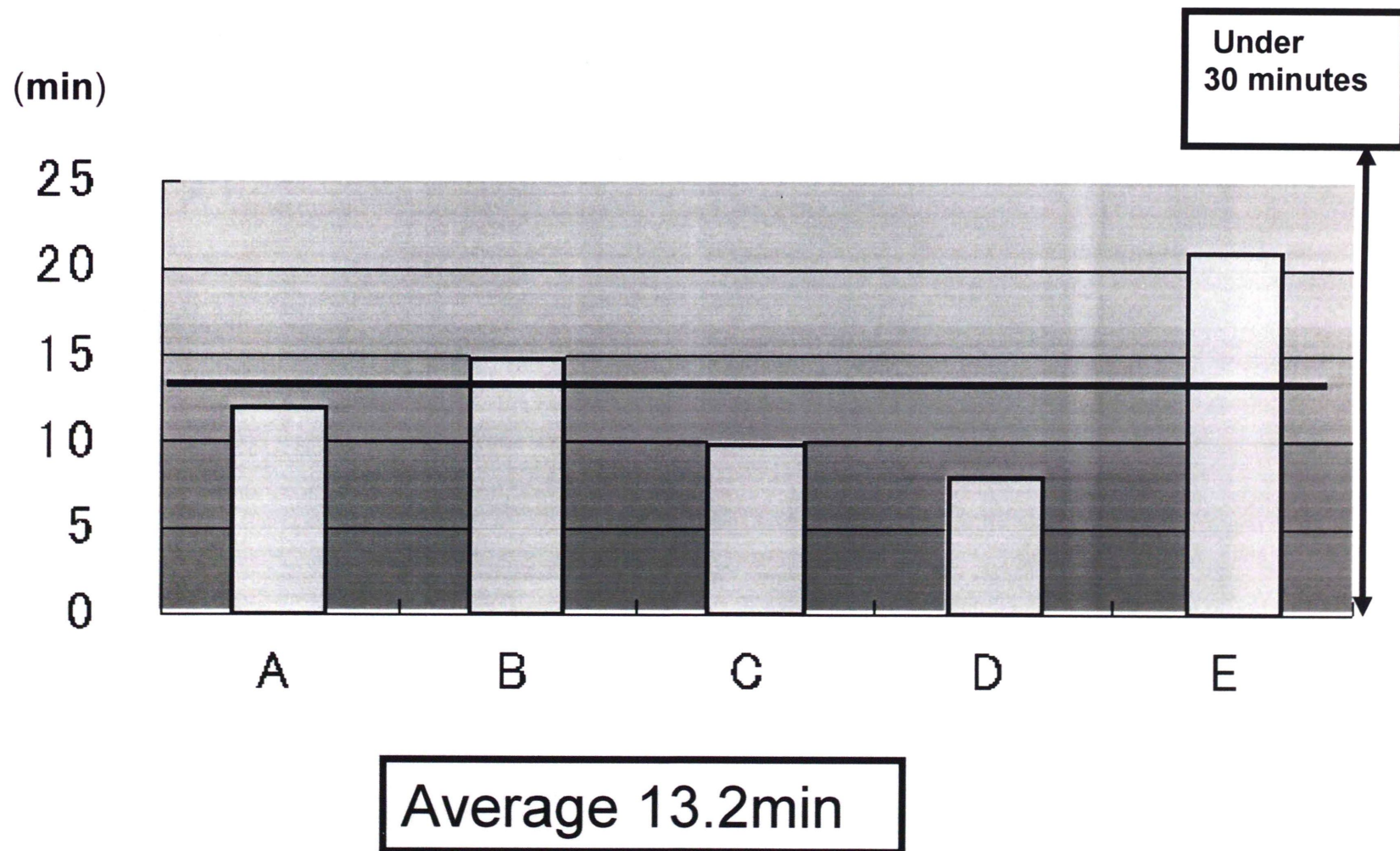
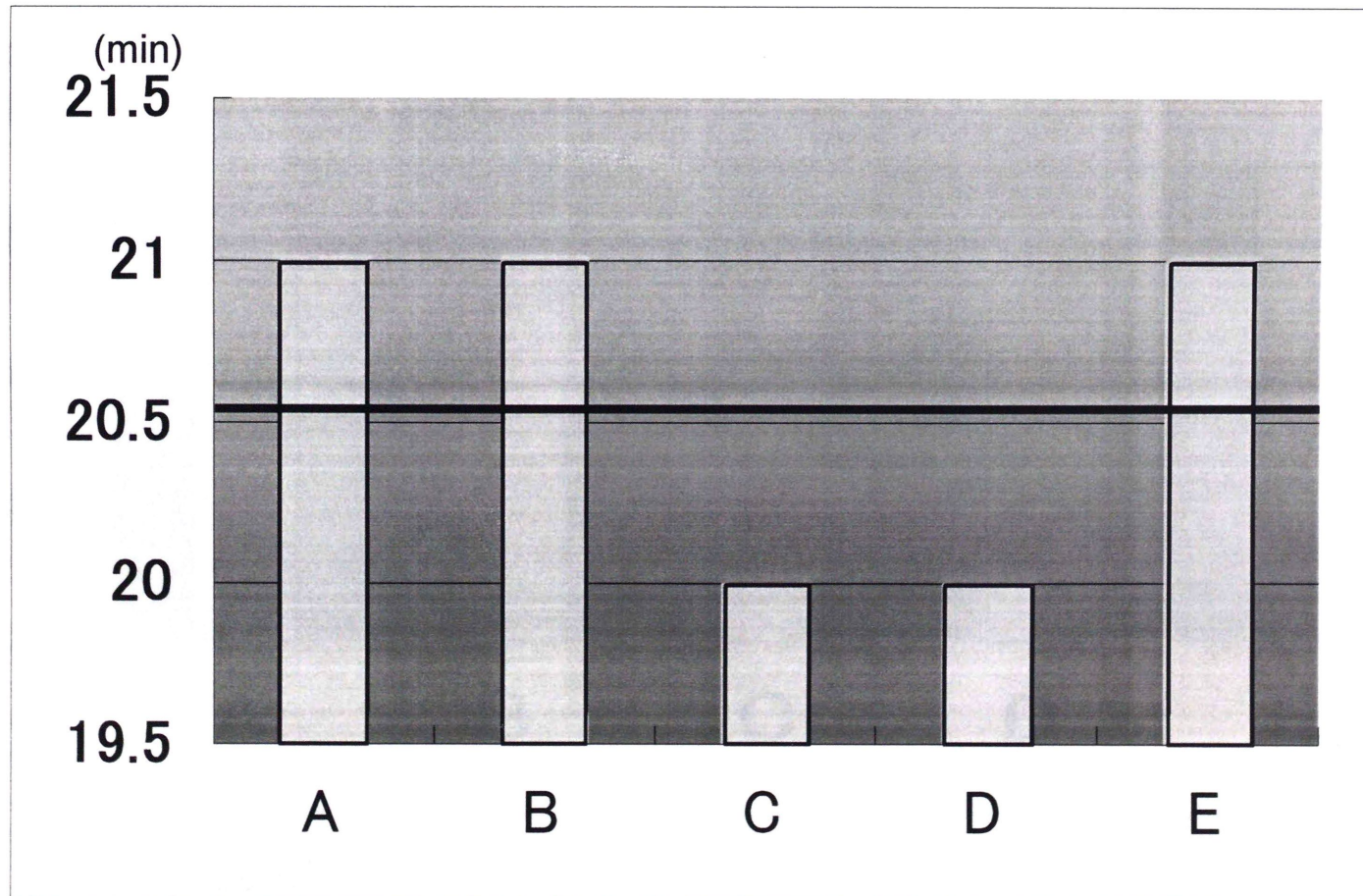


Fig. 9 The situation of MPIPA download operation

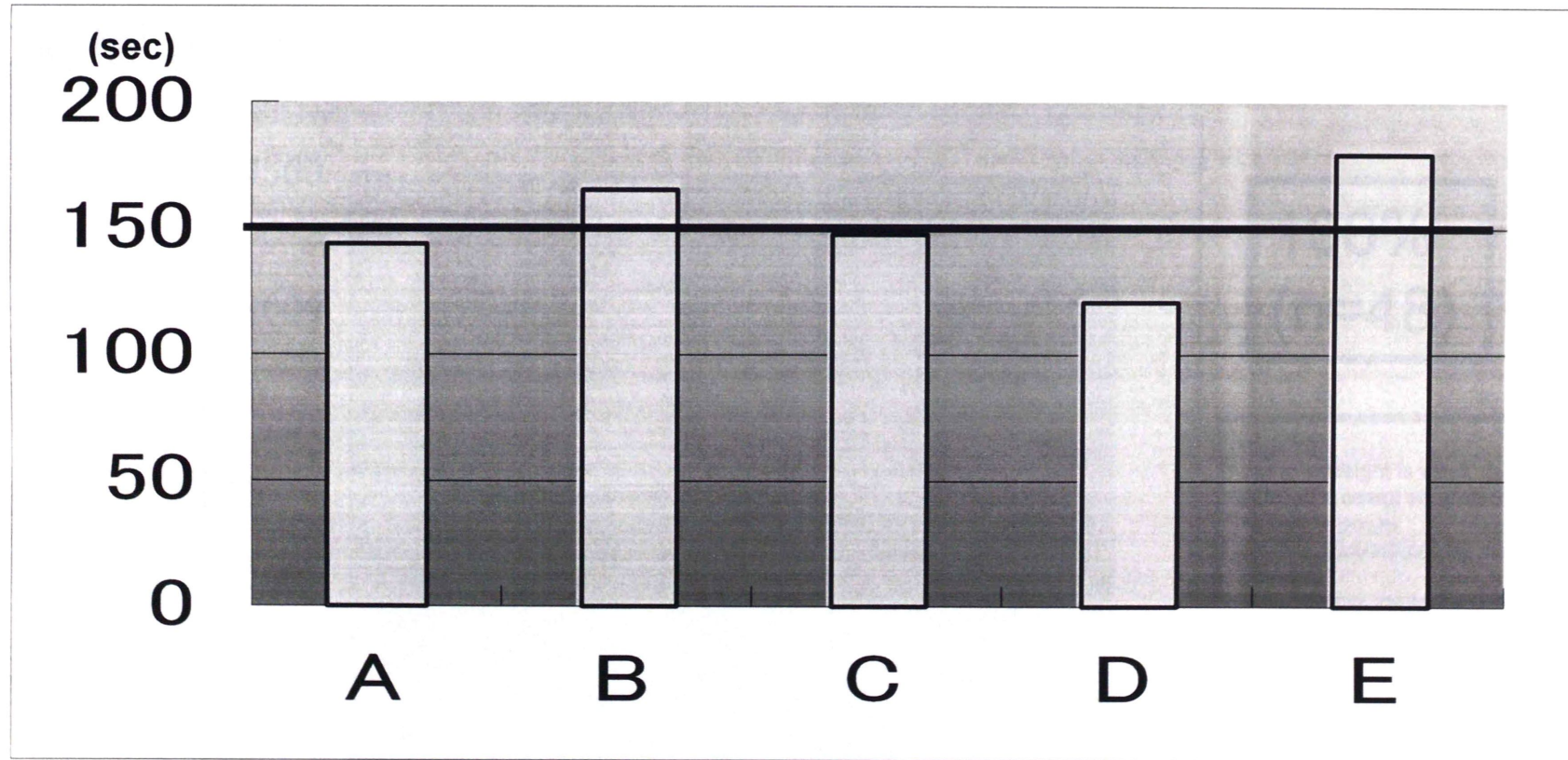


Average 20.6min. 50 / data

22.1sec
/ data

For 10 minutes longest as for the action record list mention that performed all at once for shortest three minutes; for an average of 7

Fig. 10 Duration of 50 peoples data



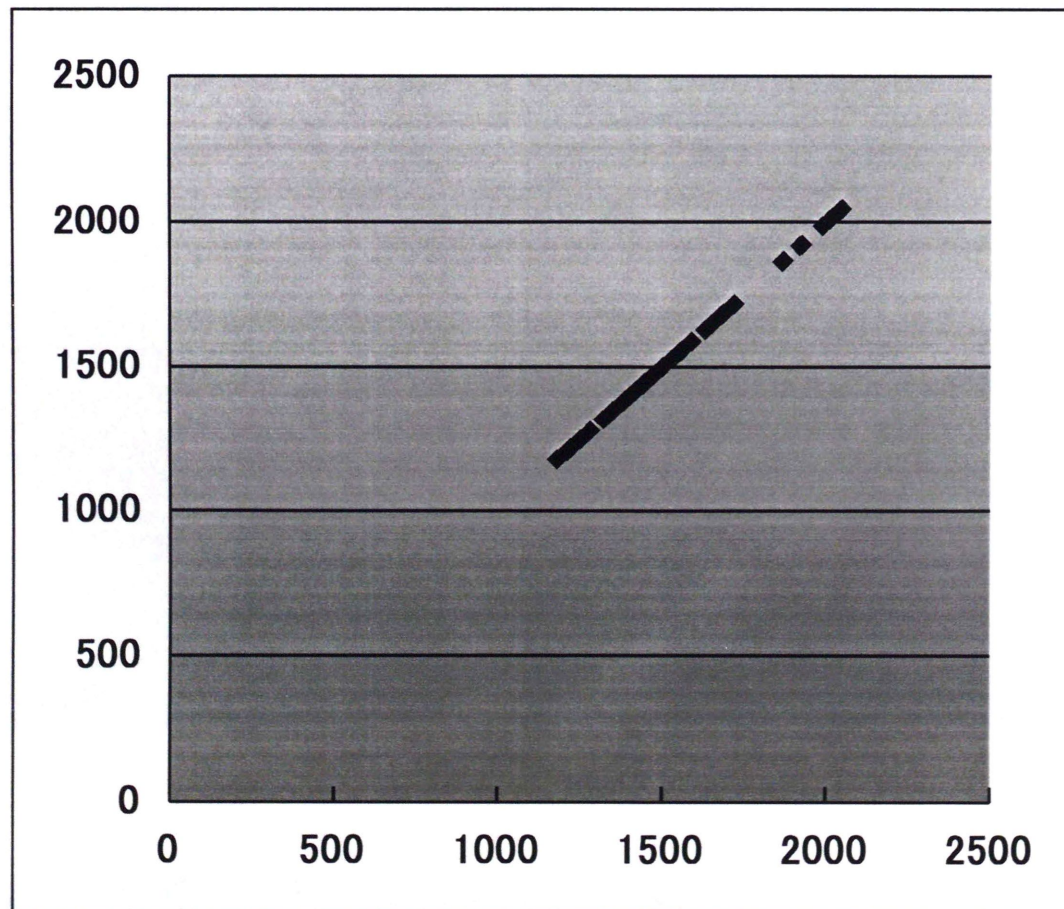
average 152sec. Three / activities

And all tester were completely operation, only taking a demonstration.

Fig .11 Start and disposal of OMR-PIPA systems

(Operation of simulation software)

Digital (kcal)



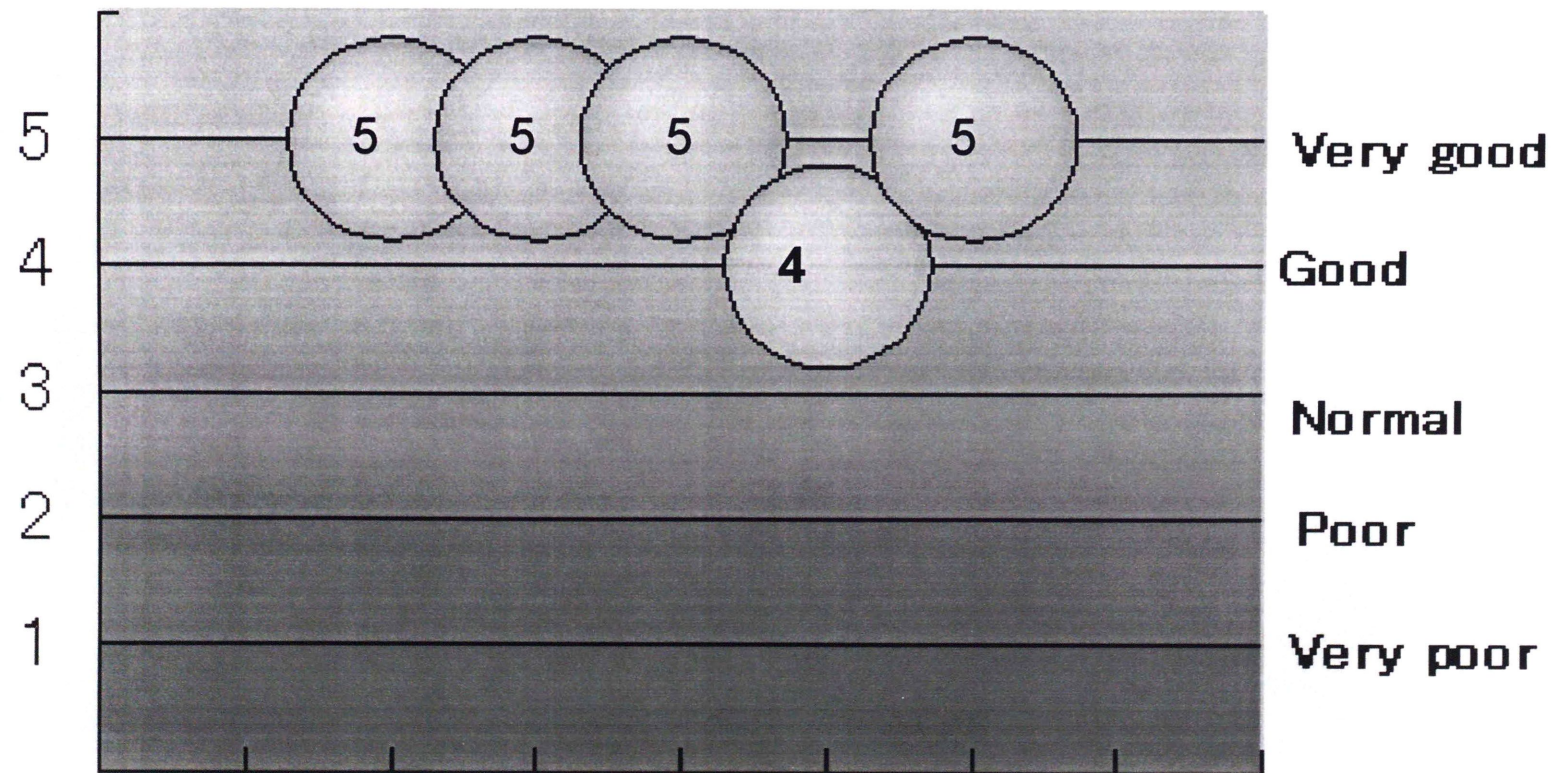
100%
(n=48)

missing
case1 eyesight is weak
A fall of a case2 short-term
signature power
It is contradicted by mention
content

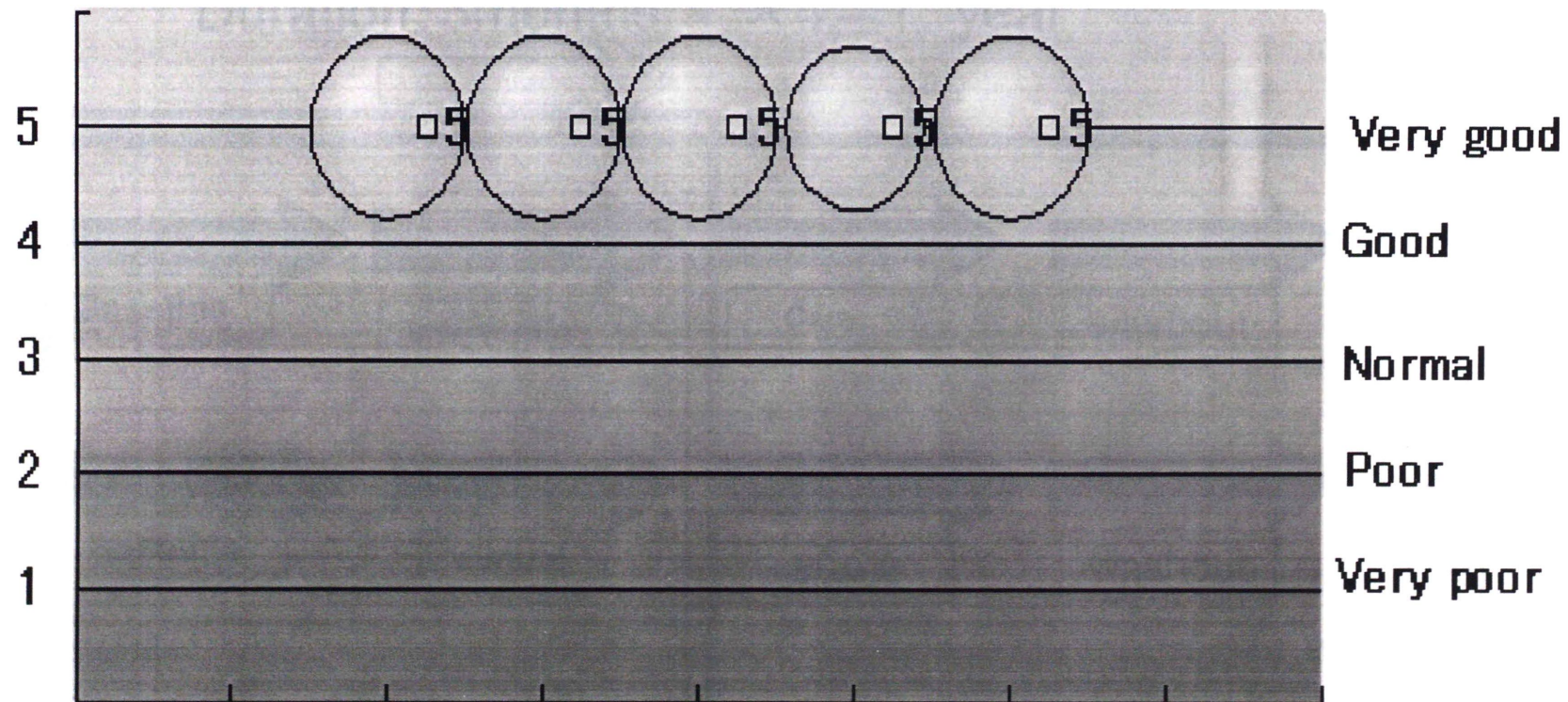
Sheet (kcal)

It is about 6 minutes in explanation
time to a group

Fig .12 Accuracy



**Fig. 13 A feeling of operation
using by MPIPA**



**Fig. 14 Satisfaction of operation
using by MPIPA**

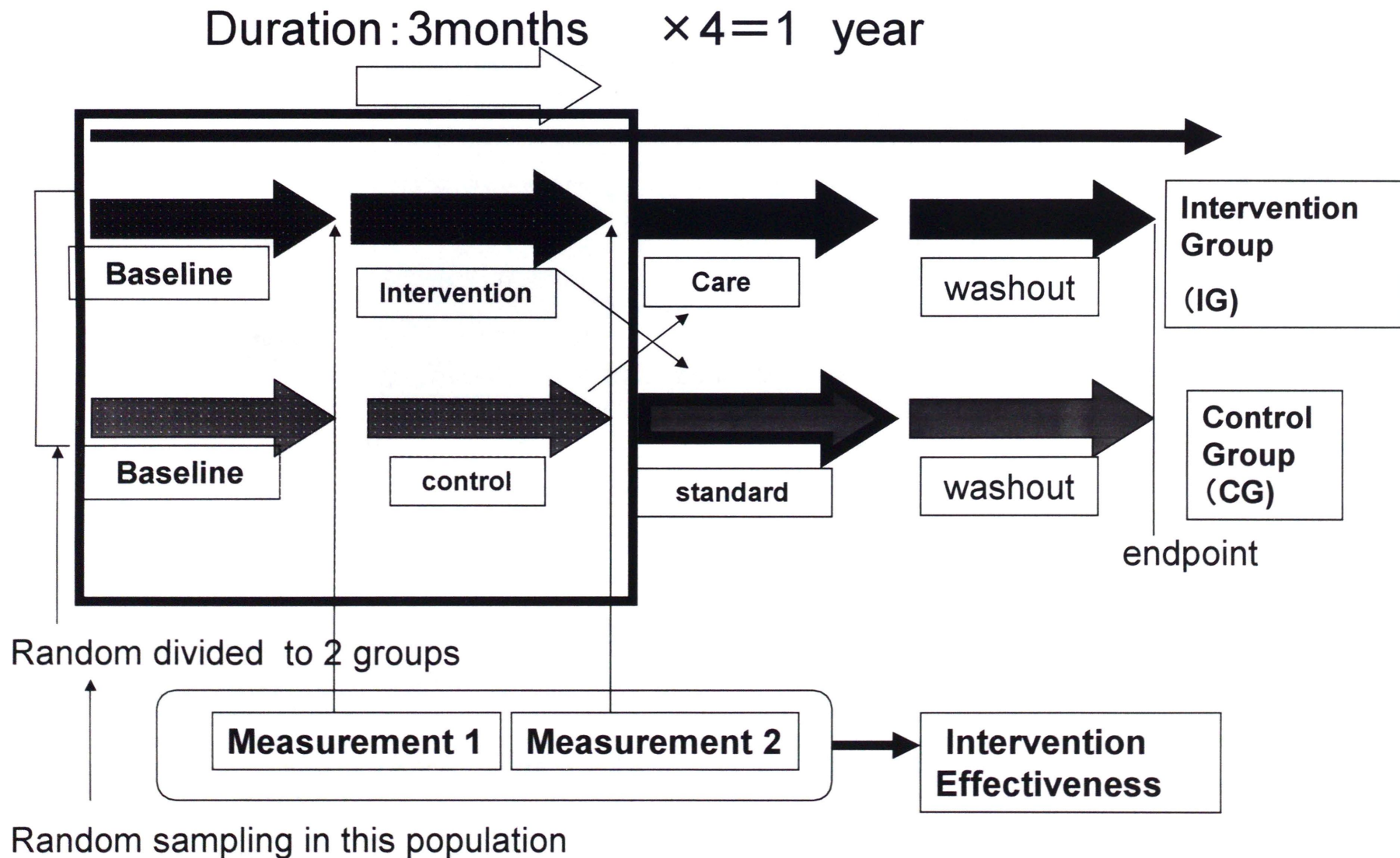
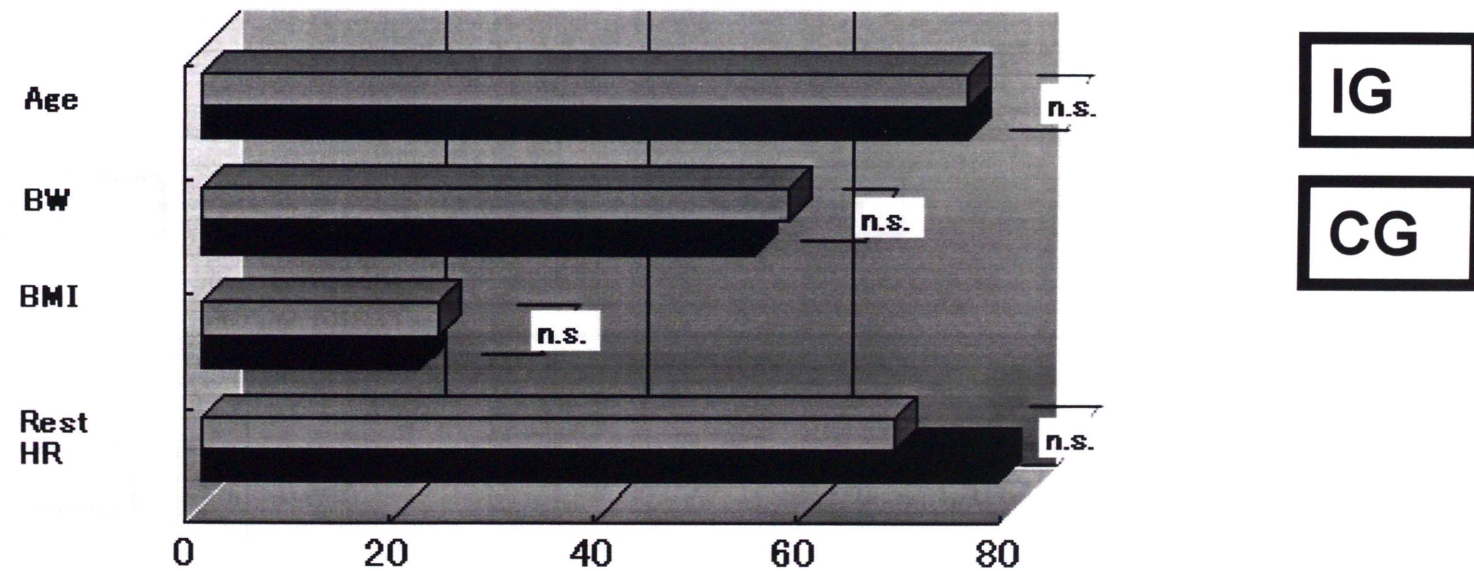


Fig. 15 Outcomes measurement protocol



	Age (year)	BW (kg)	BMI	Rest HR (bpm)
IG	75 ± 10	57.6 ± 11.3	23.2 ± 4.3	68 ± 10
CG	75 ± 8	54.2 ± 14.0	21.4 ± 4.7	78 ± 13

Fig .16 Matching after the divided participants

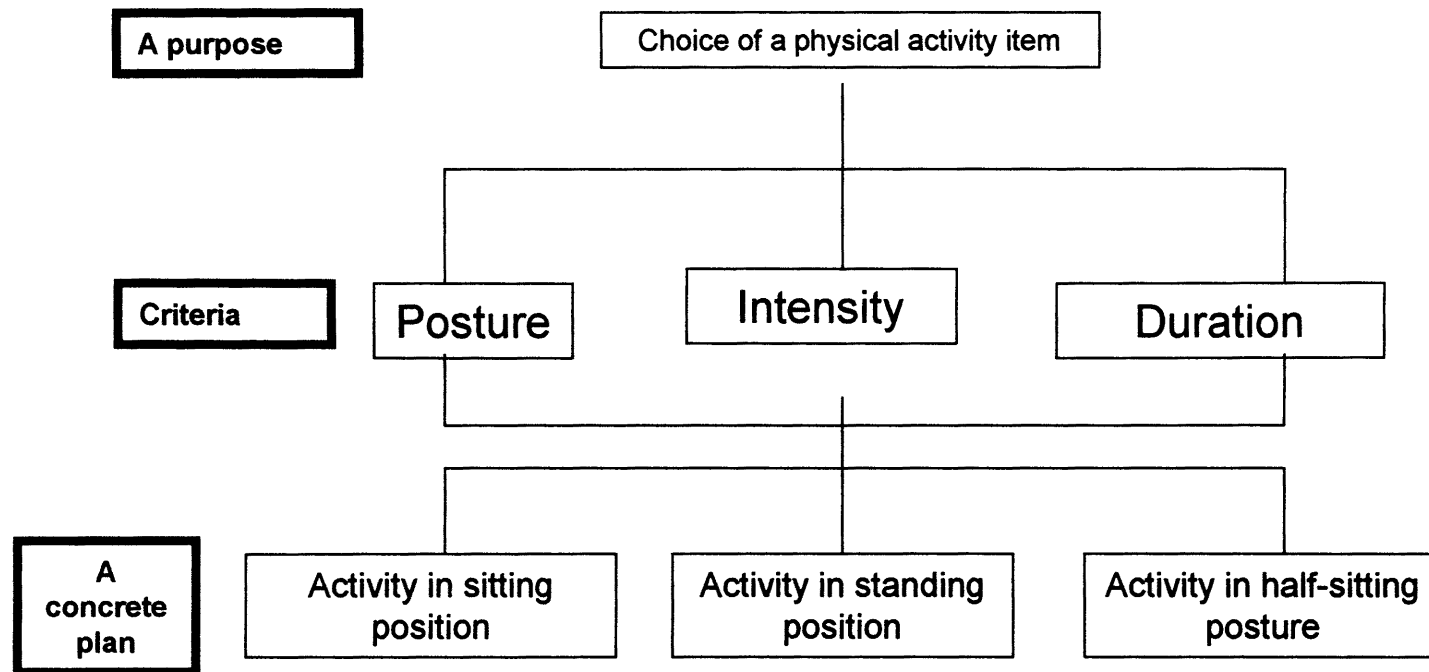


Fig .17 The physical activity and Hierarchical structure for AHP in decision making

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	タイトル	身体活動種目の選択																			
2	一対比較の種類	基準間																			
3	基準の数	3																			
4																					
5	基準1の名称	姿勢																			
6	基準2の名称	作業強度																			
7	基準3の名称	継続時間																			
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15	身体活動種目の選択に関する一対比較																				
16			左の項目が圧倒的に重要	(中間)	左の項目がうんと重要	(中間)	左の項目がかなり重要	(中間)	左の項目が少し重要	(中間)	左右同じくらい重要	(中間)	右の項目が少し重要	(中間)	右の項目がかなり重要	(中間)	右の項目がうんと重要	(中間)	右の項目が圧倒的に重要		
17			9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9		
18		姿勢									1									作業強度	
19		姿勢												1						継続時間	
		作業強度											1							継続時間	

Fig.18 A seat to perform pair comparison (Japanese)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K							
1	一対比較項目数 3																	
2																		
3	☒ 一対比較値をリストから選択する																	
4	☐ 欠損値(一部回答拒否)を認める																	
5																		
6																		
7	一対比較表																	
8	A	1	2	0.2														
9	B	0.5	1	0.333														
10	C	5	3	1														
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16	重み(評価値)を計算																	
17	矛盾する一対比較値の探索																	
18																		
19																		
20	一対比較表																	
21	A	1	2	0.2	0.196													
22	B	0.5	1	0.333	0.147													
23	C	5	3	1	0.657													
24					C.I.	0.082												
25																		

入力用一対比較表を作成

矛盾する一対比較値の探索法
中島の方法

Because it is three items, we calculate a geometric mean of three roots.

We make a grand total of the that we found a denominator, for the weighting factor, it is

(Ex. A geometric mean of A ; $1 \times 2 \times 0.2 = 0.4$ three roots 0.73685)

矛盾する一対比較値の探索法
中島の方法

Because it is three items, we calculate a geometric mean value of three roots.

We make a grand total of the average that we found a denominator, and, as for the weighting factor, it is done a normalization when we put the geometric mean to a molecule, and it is it to 1 a grand total.

Fig.19 The seat which calculates a geometric mean

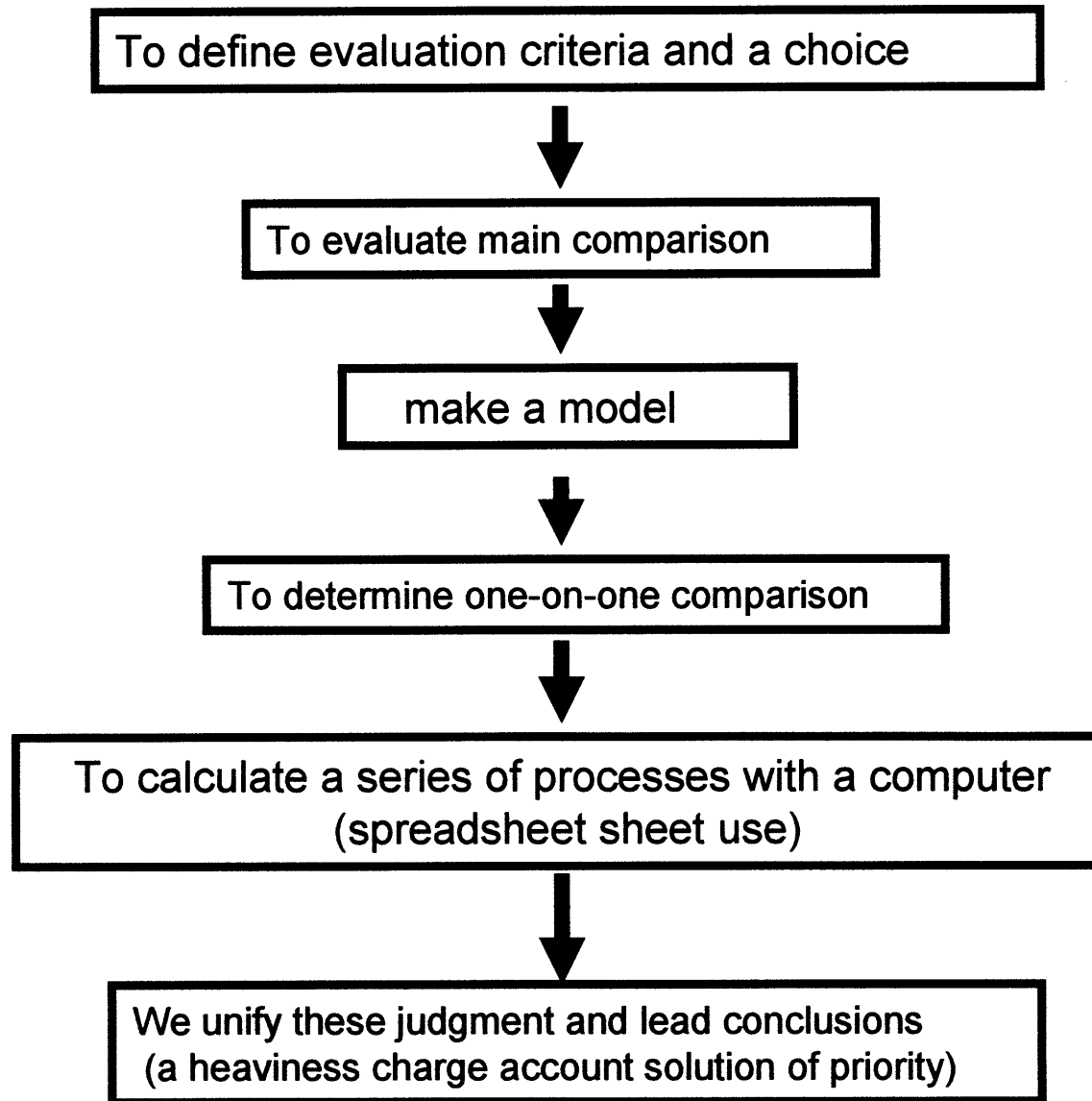


Fig .20 The Flow graph of AHP



Fig. 21 A shot of practice measurement

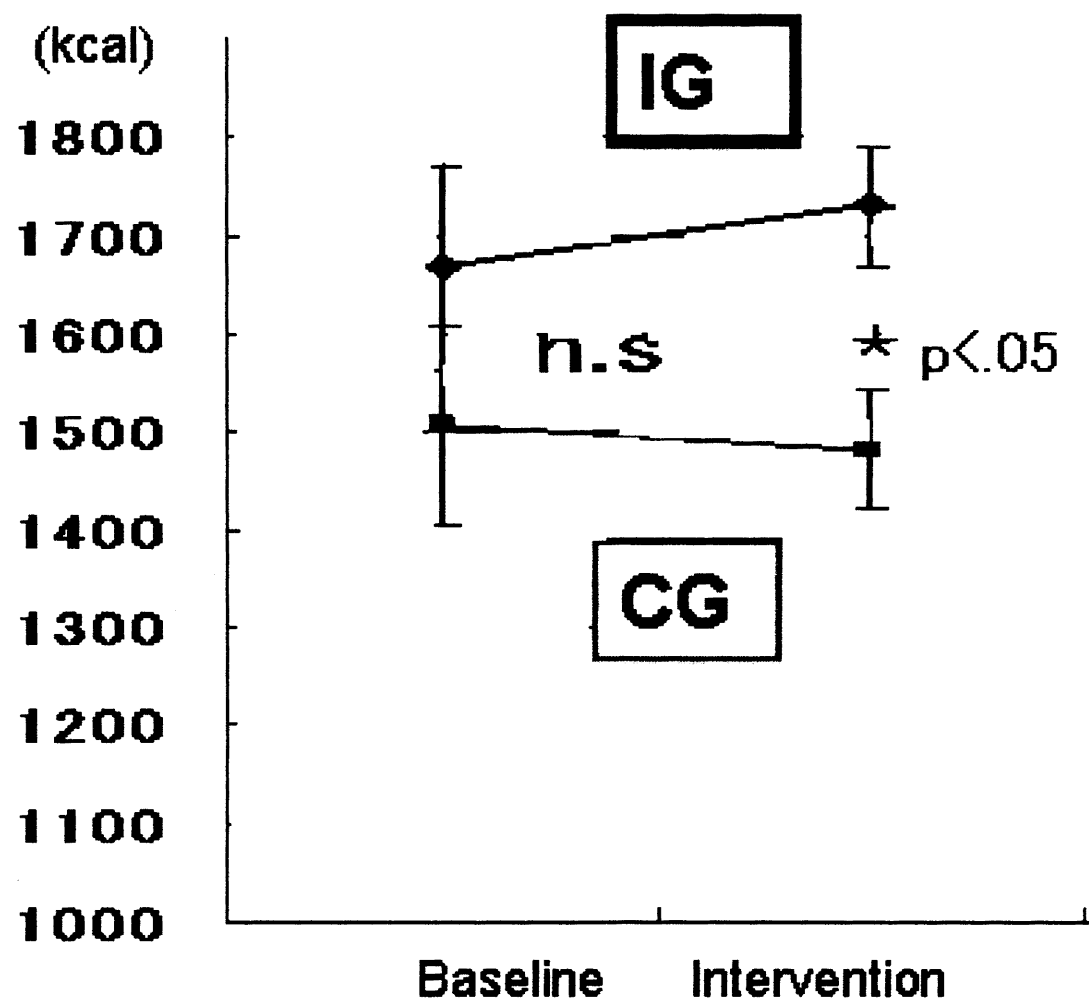


Fig. 22 The change of energy expenditure (PIPA)during the trial

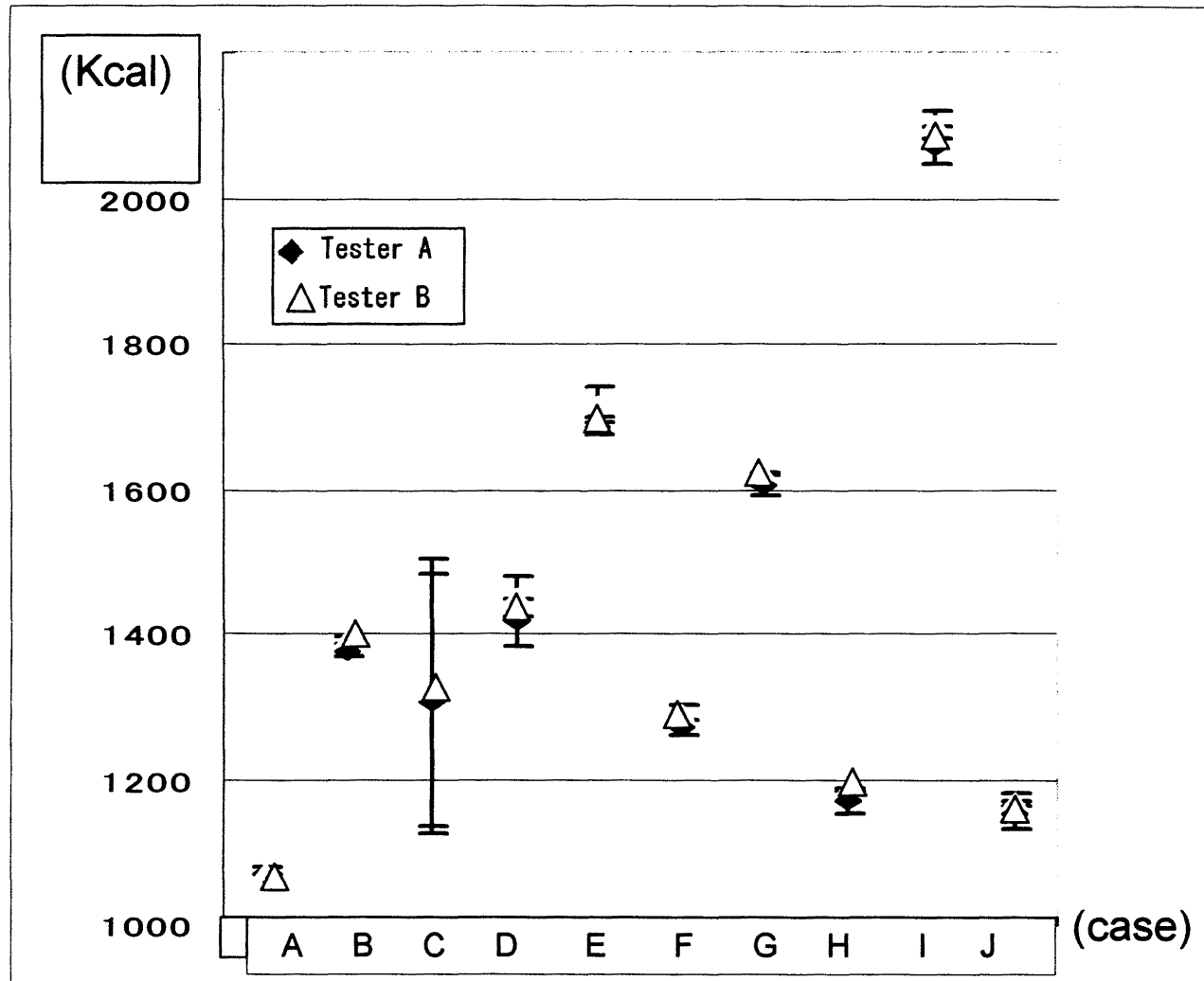


Fig .23 The scattered graph of each testers (repeated measurements) in Position and Intensity Physical Activity

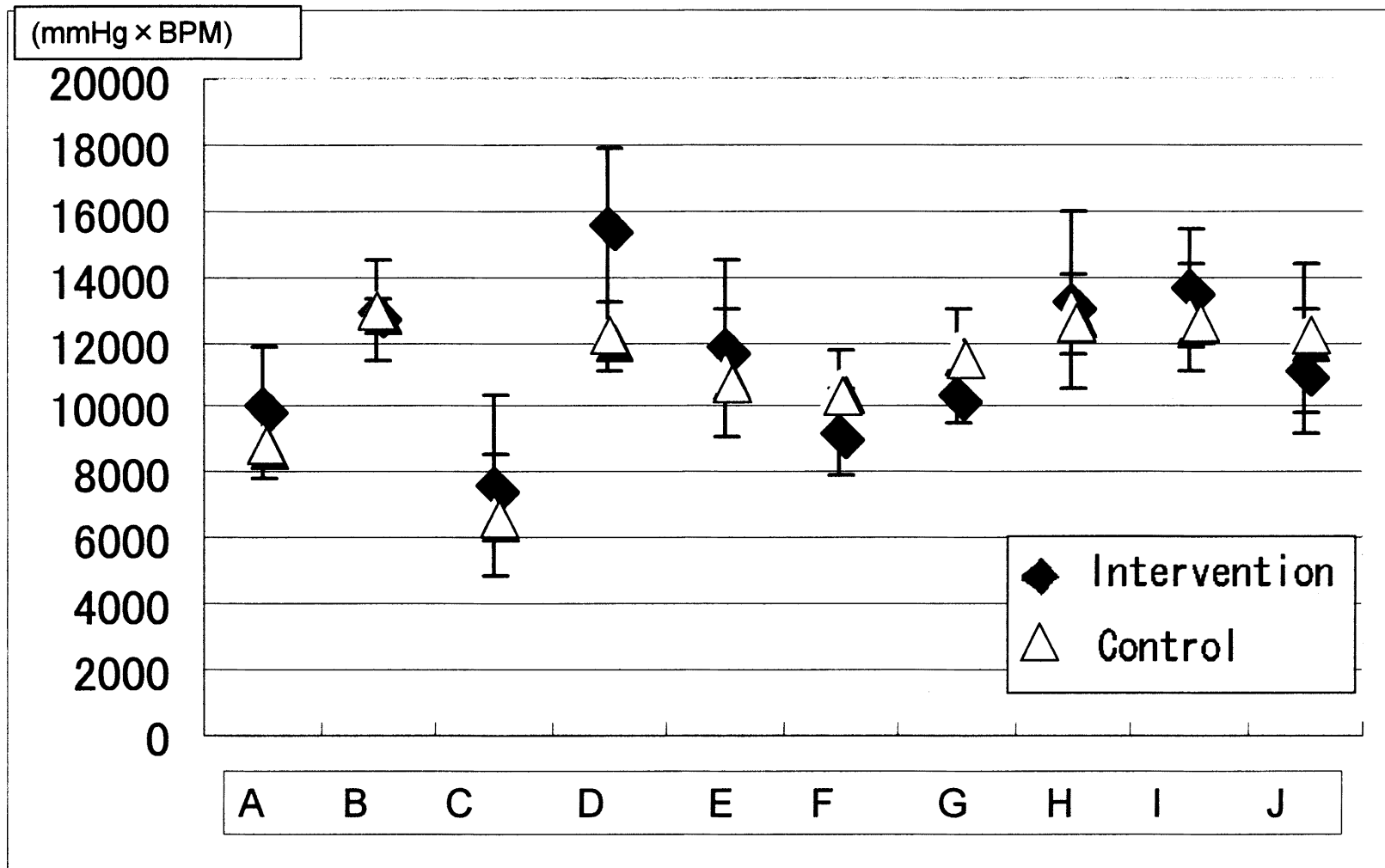


Fig .24 The scattered in before intervention study

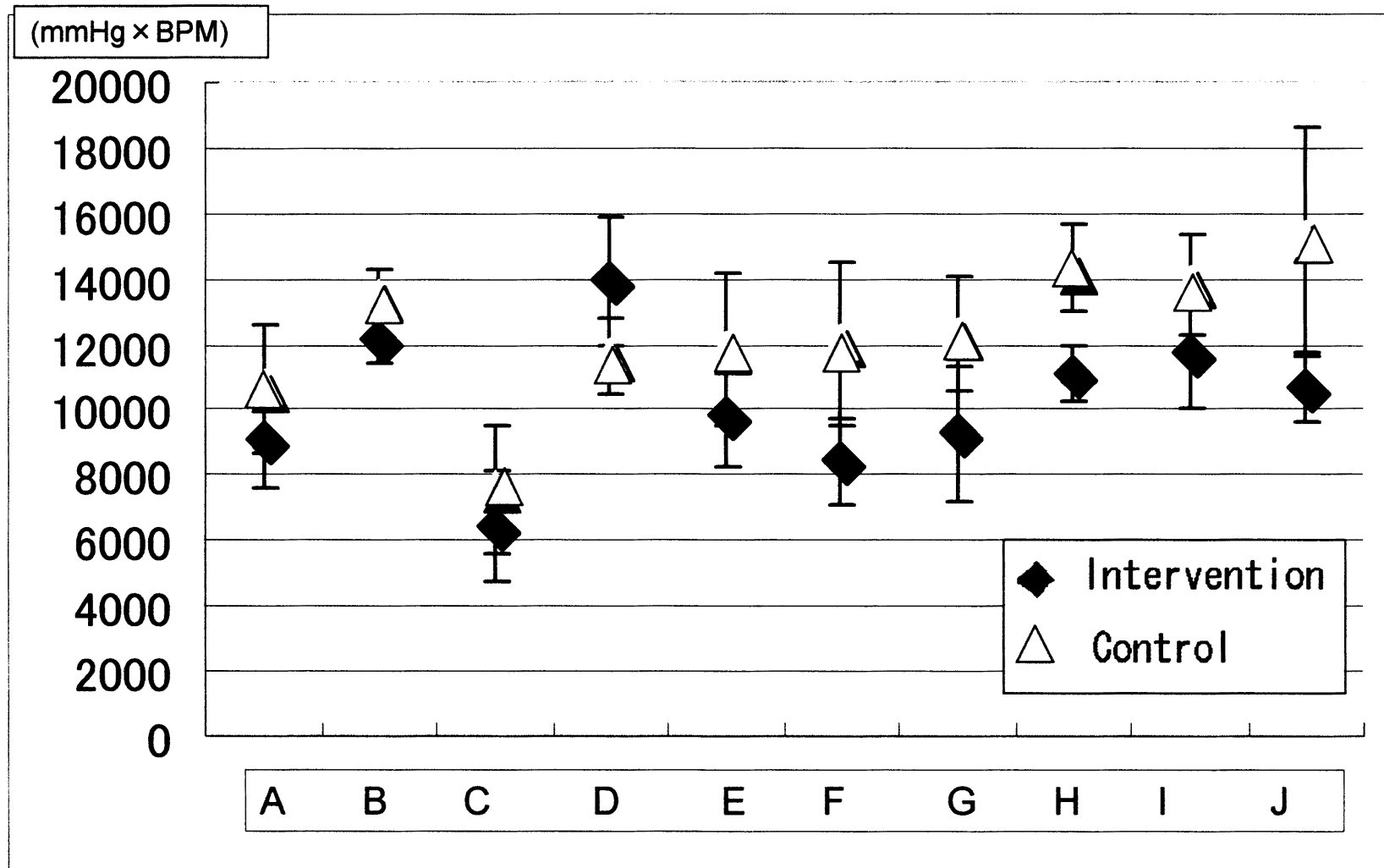


Fig .25 The scattered in after intervention study

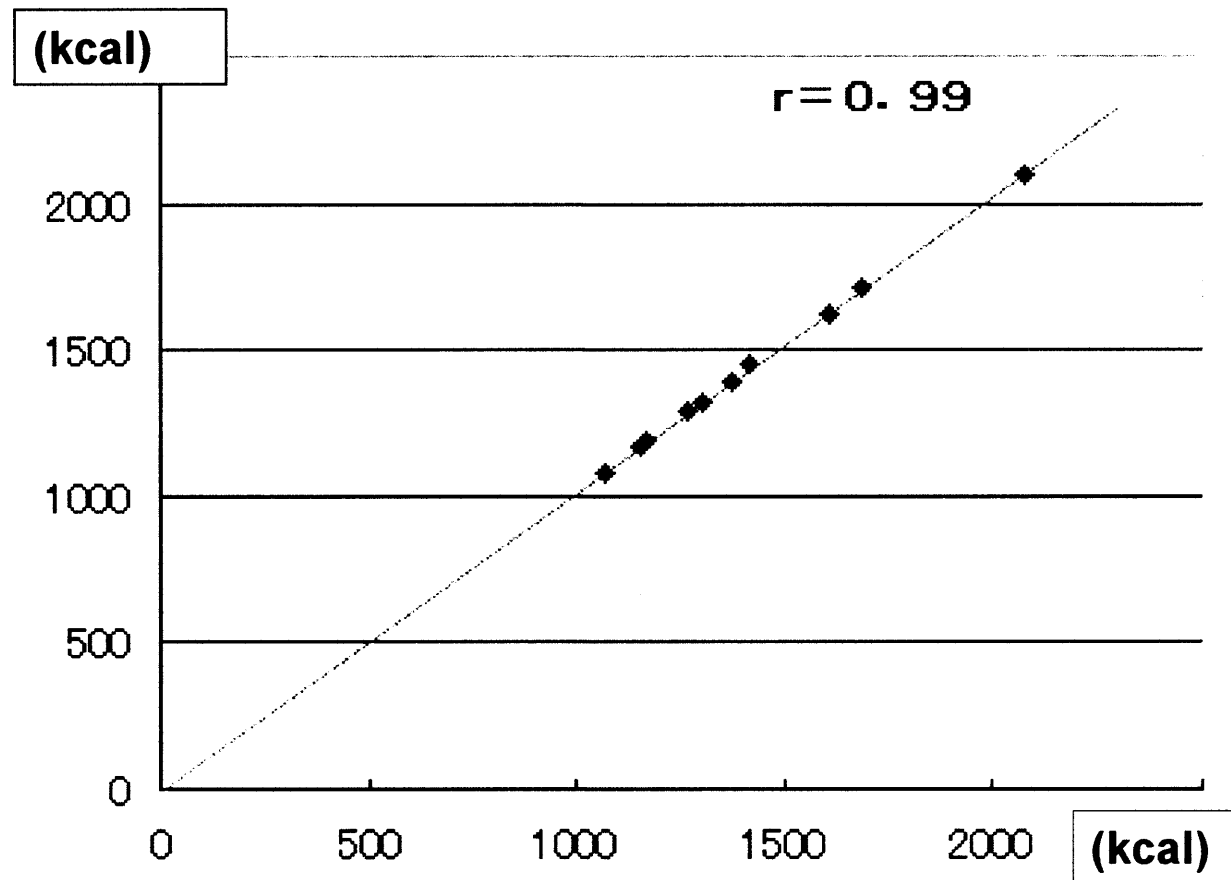


Fig.26 The relationship of each testers (repeated measurements) in Position and Intensity Physical Activity

Table 1 A revision coefficient

An age	man	woman
20-30	1.0	0.94
31-40	0.96	0.87
41-50	0.94	0.85
51-60	0.92	0.85
61-70 or more	0.9	0.83

It let you splash this revision coefficient on each other depending on every age of a subject, gender.

Table 2 A criteria of selection in this study participant

- ① More than 65 years old
 - ② Hemiplegia by cerebral vascular with motor disturbance
 - ③ At home and becomes independent living activity
 - ④ There is gait disturbance, but it is the person who can walk using a stick and aid independently
 - ⑤ Without eating / dysphagia
 - ⑥ Without orientation disturbed
-

Table 3 The change of PI physical activity of the intervention group and a control group

Average $\pm$ SE (kcal)	Before	After
Intervention group (n= 15)	1,668 $\pm$ 103	1731 $\pm$ 104 *
Control group (n= 19)	1,508 $\pm$ 60	1482 $\pm$ 55 *

* P<0.05

Table 4 Double Products Relative Risk (DPRR)

The effect of the intervention to the physical activity vs. control

		Disuse prevention		sum
		+	–	
Intervention	+	9	1	10
	–	0	10	10
sum		9	11	20

Complete measured number in Intervention group (n=10/15)

Complete measured number in Control group (n=10/19)

Table 5 The result of statistical analysis in the effectiveness to using by this intervention

- Fisher's exact probability $p < 0.001$
- Reduce to baseline for disuse expression

Relative Risk

(Intervention/Control) 0.1 (10%)

- 95%CI 0.015~0.641

Appendex

研究で用いた概念および情報技術関連用語の解説（1-37）

1. 身体活動（Physical Activity）

身体活動（Physical Activity）については1985年 Caspersen らによって、運動（exercise）や体力（physical fitness）とは区別される概念として提案された。その定義は「骨格筋によって引き起こされたからだの動きの総称で、結果としてエネルギーを消費するもの」とされている。一方、運動はこの身体活動の一部であり、体力要素の維持向上を目指して意図的に繰り返されるものとしている。従来の「運動（exercise）」から「活動（activity）」へと、その概念もより大きなものへと変化をしている。このような動きの影響もあり、1997年わが国でも「生涯を通じた健康づくりのための身体活動のあり方検討会」の報告書が出され、身体活動という概念が提示された。それによると、これまでの運動・スポーツという概念ではなく、「骨格筋の活動によって安静時よりも多くのエネルギー消費を伴う活動」と考え、日常生活活動、趣味・レジャー活動、を含めた幅広い概念となっている。

2. 実装（implementation）

そのままでは概念でしかない計算式や図表のイメージをコンピュータシステムによって計算させ、表示装置による具体的な表示を行わせ、概念を提示した本人以外の第三者に伝達可能にすることを言う。概念的なものを具体的に可視化することを実装とい

う。ハードウェアやソフトウェアに新しい機能や仕様、部品などを組み込むこと。また、実際にその機能を組み込む際の手法も意味する。例えば、ソフトウェア開発においてプログラム中に新しい関数を作成することを「新しい関数をインプリメントする」と言い、基板に新しいチップを載せることを「新しいチップをインプリメントする」と言う。「インプリメント」は実装する作業を、「インプリメンテーション」は実装された機能や部品を指す場合が多い。

3. アルゴリズム (algorithm)

コンピュータよる計算式のことをアルゴリズムという。ある目的を実現するために必要な作業の手順を、明確に述べたもののことを指す。

4. Visual Basic (Microsoft 社)

Microsoft 社によって開発されたプログラミング言語のこと。アプリケーションソフトが容易に開発できるよう工夫された独特の開発環境と共に提供されたため、これも含めた呼称として用いる場合が多い。「フォーム」と呼ばれるウィンドウにアプリケーションソフトの構成要素となる部品 (ActiveX コントロール) を張り付け、部品の設定や部品間の関係を指定することでアプリケーションソフトを開発することができる。

5. アプリケーション (Application)

文書の作成、数値計算など、ある特定の目的のために設計され

たソフトウェアのことをいう。「応用ソフト」とも呼ばれ、どのソフトウェアにも共通する基本的な機能をまとめた OS(基本ソフト)に、ユーザーが必要とするものを組み込んで利用する。

6. シミュレーション (simulation)

現実(実際のところまだ実在しない場合など)の問題を「模擬」(まね)した装置を準備し、その装置を用いた実験を行なって、事の次第を分析・予測する手法のこと。

7. 光学読み取り装置 (Optical Mark Reader, OMR)

大規模な筆記テストやアンケートで用いられる光学式のマークシート用紙の読取装置のこと。マークシート用紙には、あらかじめ決められた位置に選択式の記入欄が並んでおり、回答者は鉛筆などの筆記具でこれを塗りつぶす。OMRはこの用紙に光を当て、反射光により、どの欄が塗りつぶされているかを読み取る。

人手で行なうよりもはるかに短時間に効率よくデータ入力を行なうことができるため、大学入試センター試験などの大規模な試験や、アンケート調査などで採用されている。

8. スキャナ (scanner)

紙から図形や写真を読み取って、画像データとしてパソコンに転送する装置のこと。読み取る対象の紙などに光を当て、反射光を CCD などを読み取ってデジタルデータに変換する。読み取った画像は点の集まりとして表現されるため、どのくらい細かく画像を読み取るかの性能指標として dpi(dot per inch)が使われる。

200dpi なら 1 インチを 200 の点の集まりとして読み取る。この値が高いほど、原画に近い精細な画像が得られる。コピー機のように原稿を固定して読取装置を動かすフラットベッドスキャナ、POS システムのバーコード読み取り機のように、原稿を固定して読み取り機を手動で動かすハンディスキャナなどの種類がある。

9. ADF (Auto Document Feeder)

原稿自動送り装置をいう。Auto Document Feeder の略。一部の複合プリンタやスキャナに用意されている装置で、この ADF があれば複数枚の原稿をセットして自動的に連続読み取りを行うことができる。通常のフラットベッドスキャナでは 1 枚 1 枚原稿をセットしてスキャンする必要があるので、大量の文章をスキャンするときなどはこの ADF があると非常に便利。

また、複合プリンタはスキャナに加えてコピー機能も用意されていることが多いが、その場合も、この ADF を使えば大量の書類を自動的にコピーすることが可能となる。

10. OS (Operating System)

キーボード入力や画面出力といった入出力機能やディスクやメモリの管理など、多くのアプリケーションソフトから共通して利用される基本的な機能を提供し、コンピュータシステム全体を管理するソフトウェア。「基本ソフトウェア」とも呼ばれる。

11. デバイス (ソフトウェア) (device software)

比較的単純な特定の機能を持った機器、装置、道具という意味

の英単語のこと。何らかの特定の機能を持った電子部品という意味であり、デバイスソフトウェアと表現する場合は、コンピュータ内部の装置や周辺機器をコンピュータと接続し使用可能にするものという意味で用いられる。

12. フロー (Flow)

フローダイアグラム (Data Flow Diagram) の略、システム間のデータの流れを示す図のこと。データを発生・吸収・処理・蓄積するシステムの間を、データの流れを示す矢印で繋いで作成したもの。単にフローと示した場合は、データの流れを意味している。

13. データのデジタライズ (digitalize)

紙片情報やアナログデータを 0 と 1 の組み合わせからなるデータの集合に変換し記録処理することをいう。一般に紙片情報やアナログデータをコンピュータ上の表示に置き換えることをいう。

14. 処理テンプレート (processing template)

プログラミング言語において、抽象データ構造を定義する為に工夫された仕組みのこと。特定の型を格納する為の構造をあらかじめ決めておき、その後の設計や処理過程を比較的容易に定義するもの。

15. 表計算シート (calcsheet, spreadsheet)

数値データの集計・分析に用いられるアプリケーションソフト

ウェアにおいて、集計用紙のように並んだ格子状のセルに数値や数式を入力していくと、ソフトウェアによって自動的に計算される。この表形式のデータを表計算シートまたはスプレッドシート (spreadsheet) と呼ぶ。

16. マクロの構築 (macro)

マクロとは、プログラム中の文字列を、あらかじめ定義された規則に従って置換し、これをプログラムの目的に沿って作成することをいう。アプリケーションソフトウェア上の作業を自動化する機能やプログラム言語 (マクロ言語) のこともマクロと呼ぶ。

17. データシート (datasheet)

表計算シートにおけるデータを入力した後の状態のデータの集まり (シート) のこと。

18. カットアンドペースト (cut and paste)

コンピュータ画面上でデータをはさみで切り取り、糊で貼り付けるように操作することをいう。

19. ルーチン化 (routine)

情報技術においては、ある機能について作成した「プログラムの一部分」をまとめて名前をつけることをさす。一定の操作の繰り返しをさす場合もある。

20. 直観的処理操作 (intuitive operation)

キーボードから単語や数字の入力を必要とするコンピュータ画面上のデータの加工を行うとき、それらの操作をしなくとも画面の表示があたかも物体のように感じられる様式の操作をいう。

21. 仮想行動 (virtual activity)

人は身の回りの環境を眺めると同時に、そこでどのような行動が可能なのかを瞬時に知覚し、自身の仮想の体験を予測評価できるとされる。このように実行する前に想定される身体動作の継時的変化を伴う、言語等で表出された行動をいう。

22. 入力部分 (part of input)

キーボードやマウスなどの入力機器にてデータをコンピュータに記録させる部分のこと。

23. ダウンロード (down load)

インターネットから個人のパソコンに情報を取り寄せ、ファイルに保存することをダウンロードという。

24. dll ソフト (dynamic link library)

Dynamic Link Library ソフトウェアの略で、Windows において、複数のアプリケーションソフトが共通して利用するような汎用性の高いプログラムを部品化してファイルとして保存しておき、必要に応じてメモリに呼び出して利用する手法。また、そのようにして利用されるプログラム部品のこと。

25. スクロールボタン (scroll button)

スクロールバーの上下端/左右端には三角形や矢印状スクロールボタンがついていて、これをクリックすることによってもスクロールさせることができるもの。

26. マウス操作 (mouse operation)

表にボタンが、裏にボールがついた小さな入力装置を用いてコンピュータの画面操作を行うこと。机上で滑らせることにより裏のボールが回転し、移動方向、移動速度などのデータがコンピュータに入力される。画面上にはマウスの動きに合わせて移動する小さなキャラクタ(カーソル)が表示され、これを操ることによってコンピュータを操作する。裏にボールではなく発光器と受光器を持ち、光学的に移動方向や移動速度を検出する光学式マウスや、コンピュータとの接続にケーブルではなく赤外線を使うワイヤレスマウスなどもある。

27. Worksheet

Visual Basic を用いたプログラム作成時に、一つにまとまる操作と処理を行わせる場合に、プログラム言語を書き込むシートのことをいう。

28. 入力画面設計部分 (part of input screen designing)

コンピュータ上で実際にデータを入力する場合、最初に知覚する表示のこと。

29. 入力構成パーツ (parts of input constitution)

人間がデータや指示の投入を行なうための入力装置のプログラミングの際に使用する、あらかじめ作成された表示様式を使用するための部品のこと。

30. 関連付け (linkage)

ファイルの種類と使用するソフトウェアを結びつける機能を働かせること。

31. VB ツール (VB tool)

Visual Basic を用いたプログラム作成時に、使用可能な一つの情報処理の目的を持った部品の集合を道具にみたてて、表したものの。

32. 解凍ソフト (expanding software)

任意のファイルやフォルダの物理的情報量を圧縮してサイズを小さくしたり、圧縮したものを元に戻したりするソフトのこと。

33. Lhara

解凍ソフトの一つ。(32. 参照)

34. マトリクス (matrix)

グリッド（格子）のことをいう。情報技術において、そのグリッドの中での各位置はいくつかの情報を持っている。

35. データロガー (data logger)

アナログ情報を、自動的にデジタル値に変換 (AD 変換) してメモリに記録するものをいう。記録したデータはパソコンに転送して解析される。

36. 肢位強度法 (Position and Intensity Method; I 法)

人がどのような姿勢で、どのような強度の動作にどのくらい時間を費やしたか、という比較的単純なデータから求める身体活動量の測定方法の一つ。3 姿勢と、3 つの運動強度からなる 9 個の格子内のエネルギー消費係数により身体活動を表現するものである。

37. 立位低強度

PI 法における身体活動を翻訳する中で、用いられる用語であり、身体活動の内容が主に立位で行われ、その時の作業強度が汗をかかない程度もしくは予測最大心拍数の 40% 以下の活動である場合を表す。臥位低強度、座位低強度は、同様に低強度であるが、活動時の姿勢がそれぞれ臥位、座位であることを表す。

要旨

【目的と背景】本研究の目的は、健康管理においてこれまで困難であった要介護高齢者集団の身体活動量を行動記録から短時間で一括して計算するために、情報技術を利用した方法を開発し、そのシステムを利用した指導による介入の効果を身体活動量の測定や生理学的指標を基に z 実用性と有効性を検証することであった。

問題は半身不随のある高齢者が下肢を外転して歩く動作のエネルギー消費量等は健常者の値と異なることから、健常者の正常な姿勢や標準的な動作形態で求めた身体活動量の測定方法では必要な身体活動量を測定も指導もできないことであった。筆者は、要介護高齢者の身体活動量を測定する方法として、動作の様式に関係なく、人がどのような姿勢で、どのような強度の動作にどのくらい時間を費やしたか、という比較的単純なデータから求める方法を開発した。

この方法は身体活動を臥位、座位、立位の 3 姿勢と、低、中等度、強の 3 つの運動強度の組み合わせで 9 つに分類し、該当するエネルギー消費係数から身体活動量を計算するものである。しかし、ほとんどの高齢者のケア現場では測定の時間は現実的に確保が困難であることが多い。そこで、実用性のあるスクリーニング可能な方法の開発は急務であった。

【方法】本研究は研究 1 と研究 2 で構成した。研究 1 はシステムとして身体活動量の算出において肢位強度法によるアルゴリズムを基にしたシミュレーションが可能なソフトウェアの開発と光学式読み取り装置によるデータの短時間一括処理による方法の開発を行い、その実用性を処理時間で検証した。研究 2 はこのシステムによる虚弱な高齢者集団の身体活動量を測定し、この情報の影響を検証するため無作為化クロスオー

バー対照試験を行い、その平均値の差により有効性を調べた。研究対象は静岡県の 20 万人規模の行政区域で生活する脳血管障害による運動障害のある 50 名の要介護高齢者の身体活動量、および介護従事者と療法士 5 名の操作成績であった。介入研究の対象はデイサービス利用者 197 人から同意を得て選抜した 34 名から、指導者に分からないように解析対象を選択した 20 名の身体活動量および心拍数と収縮期血圧の積である二重積であった。研究期間はベースライン、介入期間とも 3 ヶ月とした。

介入内容は 3 点に集約され、1. 個別の身体活動量測定、2. シミュレーションソフトの計算値に基づく一定目標指導身体活動量として 1 日 40kcal の身体活動量の加算を 1 ヶ月毎に計 3 回指導、3. 身体活動種目の嗜好性の意思決定支援であった。対照群は測定のみ実施した。統計解析は、実用性の検定は記述統計、介入効果は両群の身体活動量、二重積と対応のない 2 群の平均値の差を検討した。また、二重積改善の有無におけるオッズ比および身体活動量の被験者間信頼性として測定者間の相関係数を求めた。

【結果】このシステムは 50 名のデータにつき一斉記入 6 分、読み取り、計算、出力が 21 分で完了し、シミュレーションソフトウェアの操作は全測定者が、正しく操作出来た。

介入の成績は介入群の身体活動量が対照群よりも有意な増加を認め、二重積は有意に低下した。介入群(10 名)は身体活動量平均値(±標準誤差)が $1668 \pm 103 \text{kcal}$ から $1731 \pm 104 \text{kcal}$ と有意に増加し、対照群(10 名)は $1508 \pm 60 \text{kcal}$ から $1482 \pm 55 \text{kcal}$ に至り差を認めなかった。二重積は介入群で 11560 ± 1863 から 10259 ± 1430 と有意な改善を示した。対照群は 11184 ± 1509 から 12294 ± 1885 と増加を示した。二重積改善の介入効果はオッズ比 0.1 で有意であった。測定者間における同一ケースの

身体活動量の相関係数は $r=0.99$ を示した。

【考察】24 時間の身体活動記録表は 1 時間毎の最長時間出現活動を聞き取るようにしたため回答項目が少なくなり、マークシート記録が対象者の作業への抵抗感を減らしたものと考えられる。認知症および視力の低下がある高齢者では、一斉の行動記録表記載時に時間の余裕を持たせた方がその後の処理において円滑になされることが考えられる。また、運動障害の実態に合った身体活動量の過不足を口頭で聞いた対象者は、必要な活動量の増減を実感し行動が促されたものと考えられる。二重積などを変化させる身体活動の継続を引き起こしたものと考えられた。

【結論】光学式読み取り装置とシミュレーションソフトによる、このシステムは 30 分以内で 50 人分の測定から出力が可能であった。シミュレーションに基づく 1 日 40kcal 相当の身体活動量が、さまざまな姿勢の動作で行う具体的な時間の情報とともに与えられた場合は、与えられない者に比べ有意に高くなり、二重積は低下することが示唆された。1 週間 280kcal、3 ヶ月間の身体活動量の増量指導は、歩行以外の身体活動の実行を伴った要介護高齢者で心肺機能の加齢に伴う低下を軽減する可能性を示唆するものである。

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effect of intervention by a new measurement method that monitored the amount of physical activity of disabled elderly individuals by using an automatic system. The methods included simulation as an individual guidance method to change the amount of physical activity by providing information and guidance through predictive analysis.

Thus far, for determining the value of energy expenditure during physical activity, normal posture and a normal movement pattern of a physically unimpaired person were considered; therefore, for frail senior citizens or individuals with motor disorders, the error associated was large, and the amount of deviation was substantial. The energy expenditure coefficients of movement of a senior citizen with hemiplegia while performing abduction of the lower limbs and walking are different from those of a physically unimpaired individual.

We developed a PA measurement method (position and intensity method, PI method) that required comparatively easy to obtain data on the duration of movement and the type of muscular contraction regardless of the posture from a dependent senior citizen.

The PI method measures PA based on an energy expenditure coefficient in nine lattices categorized under three postures and a combination of three exercise intensities.

However, in the case of the on-site staff who worked in a senior citizen care institution, the induction of a monitoring system was extremely difficult due to insufficient time, and in fact, during the duty hours, the PA of a subject cannot be accomplished in less than 30 min. This hindered the investigation of the effect of intervention on a group.

In this study, we used a clinical system that included a simulation software and an optical reading device; this system can be used on-site and utilizes data obtained within a short time span. Using this system, we performed a randomization crossover control test to investigate the effect of these information in a feeble senior citizen group and examined the efficacy of the system.

The subjects of this study were dependent senior citizens who had motor disorders and cerebral vascular disturbances and were living in the Shizuoka city with a population of 200,000.

Amongst 197 people who used the largest place-day service in the area, we obtained informed consent from 34 people; of these, we selected 20 cases, classified them into 2 groups, and carried out an intervention study for approximately 1 year. The method used was a randomization crossover examination. The energy expenditure during PA was set as the main outcome with regard to the prevention of disuse atrophy, while the double product (double products) was set as the secondary outcome.

For the intervention group, the outcome was based on the individual PA measurement, and 40 kcal/day was set as a constant value for guidance PA. This calculation was based on two findings of the study. The first finding was that the cumulative energy expenditure during PA that was performed for more than 3 times a week was 80 kcal/day; this resulted in an improvement in the blood sugar control in a diabetic patient. The other finding studied the results of adding 30 min to the baseline duration of walking. Ueda and Majima reported this PA was effective in preventing disuse atrophy in a cerebrovascular accident hemiplegia patient, improvement was really approved knowledge. When PA for a walk movement of 30 min sets it with average weight 55 kg for equivalency of 0.029 kcal/(kg min) which pulled a decubitus low strength 0.017 kcal/(kg min) in rest from an energy expenditure coefficient of 0.048 kcal/(kg·min) of standing position low strength in PI method in this case all day long; in duration for 30 minutes; of the over-sixties; let splash a revision coefficient on each other if male, and about 43 kcal is obtained. Further, the meaning of the phrase “improvement was really approved knowledge” is unclear in the context of the preceding sentence. Please clarify this. We performed the guidance when we had an opportunity to determine the physical activity that could be simulated in order to use it as an equivalence of PA of 40 kcal obtained when a walk of 30 min was performed. We found that the amount of PA increased by 280 kcal in the intervention group (n = 10) in one week. We found that the system treated 50 ostensible reasons in

27 min and demonstrated its utility.

Due to intervention, the PA of the intervention group was more than that of the control group, and the double product decreased significantly.

In the intervention group, the mean PA (mean $\pm$ standard error) increased from $1,668 \pm 103$ kcal before intervention to $1,731 \pm 104$ kcal after intervention. In the control group (n = 10), the mean PA decreased to $1,482 \pm 55$ kcal from the previous value of $1,508 \pm 60$ kcal; thus, no difference was observed in the PA values.

In the intervention group, the double product was previously $11,560.3 \pm 1,863.5$ but decreased to $10,259.5 \pm 1,430.0$ after intervention. However, in the control group, the double product increased from $11,184.4 \pm 1,509.2$ to $12,294.7 \pm 1,885.7$, with no substantial difference.

These results clarified that in a period of one week, our PA measurement method prevented the decrease in the cardiac function of senior citizens with motor disorders and increased the energy expenditure during PA by 280 kcal.

The measurement of PA using the PI method is an effective tool to define the criteria to prevent the decrease in the cardiac function of senior citizens with motor disorders.