

図 6. Biomedical pain の分類とその代表的な使用薬剤。痛風発作や石灰沈着性の関節炎、捻挫や骨折などが、炎症性疼痛（炎症を伴う侵害受容器性疼痛）の代表である。狭義の侵害受容器性疼痛としては、慢性期の肩関節周囲炎や腫脹のない変形性膝関節症が典型例としてあげられる。明白な神経障害性疼痛には、脊髄および神経根損傷後、帯状疱疹後神経痛などがある。

表 2. NSAIDs 使用の際に留意すべき副作用出現の危険因子と薬物相互作用（チェックリスト）[文献 16 より引用]

	消化管障害	心血管イベント	腎機能障害	喘息	薬物相互作用
既往歴および合併疾患	潰瘍の既往（特に出血の既往）、 重篤な全身性疾患（心・肺・肝）、 <i>H. pylori</i> 感染	心血管イベントの既往、 高血圧、 糖尿病、 慢性腎臓病、 末梢血管障害	高血圧、 うっ血性心不全、 腎不全	喘息の既往（特にアスピリン喘息）	
他剤の使用	糖質ステロイド、 アスピリンを代表とする抗血栓（凝固）薬、 ビスホスホネート製剤		利尿薬、 ACE 阻害薬		ワルファリン、 ジゴキシン、 ニューキノロン系抗菌薬、 メトトレキセート
生活習慣	喫煙 飲酒	喫煙			
徴候および症状	ディスペプシア				

常のヘルニア、狭窄、変性所見にばかり気をとられ、重要な所見を見逃さないための危機管理対策である。MRIでの神経障害レベル・局在および程度をみる際は、問診・診察所見から想定した答え合わせをするつもりで画像所見を確認する習慣をつけるとよい。

#### ☑ 投薬治療の基本的姿勢

——NSAIDs の使用は、根拠をもって慎重に！

痛みに対し、非ステロイド性抗炎症薬（NSAIDs）一辺倒の時代は終焉した。腰痛疾患にかかわらず、バイオメディカルな側面から、遭遇した患者の痛みがどのような状況かを判断したうえで、使用薬剤を選定するとよい<sup>16,17)</sup>（図 6）。可動域（ROM）制限と痛みの訴えは強いが、神経症状のない急性の非特異的腰痛（ぎっくり腰）は、炎症性が主体の侵害受容器性疼痛と判断し、NSAIDs の短期的な定期処方をするのは妥当であるが、炎症期にない慢性の非特異的腰痛に漫然と NSAIDs の

使用を続けるのは正しい方針とはいえない。症候性の椎間板ヘルニアおよび脊柱管狭窄症の多くは、神経障害性疼痛と炎症性疼痛の合併（混合性疼痛）と考えられる。発症からまもなく痛みの程度が強いほど炎症性の要素が大きいと判断できるが、2~4 週 NSAIDs を用いても改善しない症状は、神経障害性の要素と考えたほうがよい<sup>16)</sup>。また社会の高齢化に伴い有害事象の観点からも、NSAIDs の使用には慎重さを要する。高齢以外に留意すべき副作用出現の危険因子と薬物相互作用に関するチェックリストを示す（表 2）<sup>16)</sup>。日常診療での問診時に活用いただきたい。

#### ☑ いわゆる非特異的腰痛の判断と患者説明

##### 1. 画像と安静

椎間板変性、ヘルニア、狭窄、骨棘、すべりといった異常と説明しがちな画像所見は、腰痛症状の有無にかかわらず一般集団にみられ<sup>18)</sup>、少なくともこれらが重要視

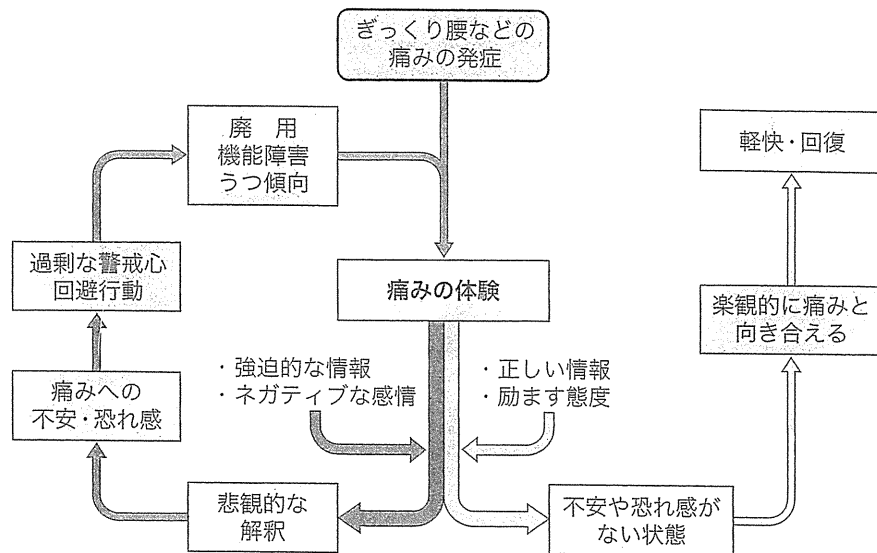


図 7. 腰痛の恐怖・回避思考（行動）モデル（文献 6 より引用）. 西欧の診療ガイドラインでは、患者を安心させること、普段の活動を維持するよう助言すること、安静臥床はすすめないことが、急性・亜急性の非特異的腰痛に対する治療として推奨されている<sup>2)</sup>. これらは図中の正しい情報、励ます態度に相当する.

すべき腰痛との関連要因とはいえ、特異的腰痛が否定されれば、画像検査を慣例的に行っても、残念ながら患者の臨床転帰を好転させることに役立っているとはいえない<sup>19)</sup>. 成人でみつかると分離症の多くも同様である。加えて腰痛があっても、治るまで安静を保つのではなく、痛みの範囲内で普段通り活動を維持するほうが望ましいという考えが主流となりつつある。“ぎっくり腰”のような急性の非特異的腰痛であっても、数日以上の安静臥床が望ましいとする根拠はほとんどないといってよい<sup>2,6)</sup>. 画像所見と安静の強調は、恐怖回避思考・行動（後述、図 7）を助長し、回復を阻害することがあるので注意を要する。

## 2. 重要な yellow flag である恐怖回避思考<sup>3,4,6,20)</sup>

「私の腰は、レントゲンで正常でなく傷んでいるといわれた。気になってしょうがない」、「自分の仕事は重労働すぎて、このまま続けていると私の腰はとんでもないことになってしまうと、ついついわるい方向に考えてしまう」、「今の腰痛が完治するまでは、とにかく無理をせず通常の仕事には戻らないほうがよい」などといった腰痛に対する強い恐怖感と、それに伴う過剰な活動の制限（恐怖回避思考・行動）が、機能障害および就労状況の予後に強く影響する。エビデンスに基づいた情報に基づく正しい教育をし、楽観的に腰痛と向き合わせるのが肝要である。

## 3. 非特異的腰痛に分類される患者の簡便な見極め<sup>3,4,9)</sup>

これが腰痛診療においてもっとも標準化しづらい点である。よって、エビデンス重視というよりも、筆者の臨床経験に依存している比重が大きいことをご了承いただきたい。

まず、姿勢や動作の違いにより腰痛が増強したり楽になったりする傾向がないか、つまりメカニカルな要因の有無を確認する。もっとも典型的かつ遭遇しやすいメカニカルな腰痛は、前かがみや猫背姿勢、持ち上げ動作時に痛みが出現し、歩行中は楽になるというパターンである。これは腰椎が後弯する方向への負荷が加わったことに由来すると判断でき、腰椎前弯を意識した姿勢保持指導とともに、治療かつ予防的エクササイズの方法は腰椎の伸展方向となる（図 8a）。反復あるいは持続的な前屈により痛みは増強しても、前屈の ROM 制限は著しくはなく、他覚的には後屈での痛みを伴う制限のあることが多い。逆に後屈制限はないが前屈制限が著しい場合は、腰椎への過前弯負荷に伴うと予想でき、指導するエクササイズの方法は腰椎の屈曲方向となる（図 8b）。以上は、ニュージーランドの理学療法士である Robin McKenzie が体系づけた評価・治療システム（mechanical diagnosis and therapy）に基づいたものであり、痛みの起源がどこであるか（たとえば犯人は椎間板？）の議論は別として、臨床現場では簡便かつ実践的である。

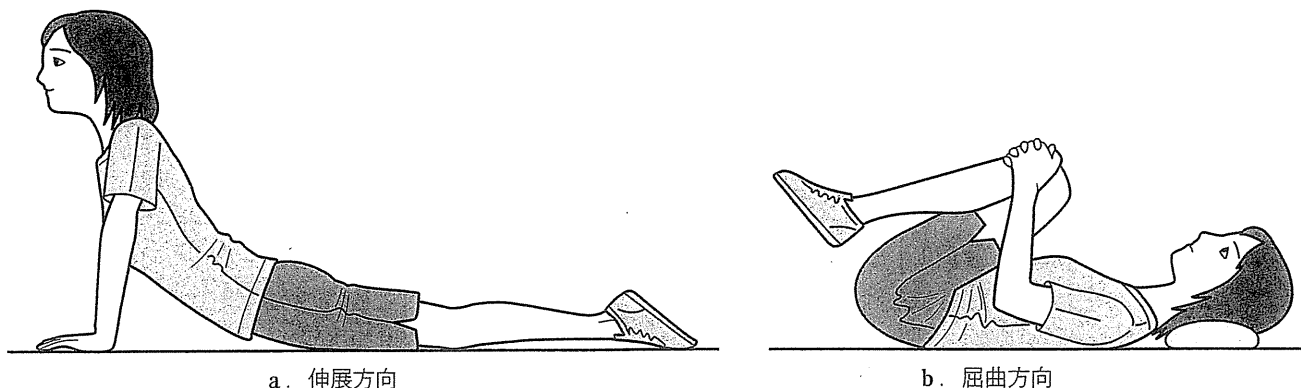


図 8. 腹臥位での適切な運動方向の判断. Mechanical diagnosis and therapy (MDT) では, 判断 (診断) が結果的に治療および予防のエクササイズ選定につながる. 教科書的には伸展を McKenzie 体操, 屈曲を Williams 体操と呼ぶことが一般的であるが, 本来の McKenzie 法とは MDT のことであり, イコール伸展体操ではない.

もう一つは, 線維筋痛症の診断時に把握する圧痛点の確認である. たとえ広範囲な訴えがなくてもチェックするとよい. 仮に診断基準を満たす 11ヶ所以上になくても, 主訴が腰痛で, たとえば頸部, 上背・胸部などに複数圧痛があれば, 心的ストレスにより全身的な筋緊張が体に現れている (いわゆる身体化徴候である) 可能性を患者に提示できうるからである. めまいや頭痛, 強い肩こり, 消化器症状あるいは抑うつなどをいくつか伴っていれば, 身体化としての腰痛を強く示唆するため, ストレッサの把握が不可欠となる. ただし, 前述したメカニカルな要因と身体化徴候が合併する場合もある. 本稿では述べないが, メカニカルな要因の有無と身体化の可能性を把握しておけば, それに基づいた対策が立てやすい.

#### おわりに

神経所見を含む器質的要因に対するプライマリケアとしての初期アプローチ法を主に概説した. しかし多くの腰痛は, 器質的要因の関与が明確にできない非特異的腰痛に分類され, 特に慢性・難治化した症例へのアプローチは容易ではないが, 本稿では非特異的腰痛に関し詳しく触れる誌面上の余裕がなかった (興味がある方は参考文献および労災疾病等 13 分野研究普及サイト: [http://www.research12.jp/22\\_kin/index.html](http://www.research12.jp/22_kin/index.html) を参照いただきたい). 診断・治療体系の確立は発展途上ではあるものの, 1990 年代に EBM が導入され西欧でガイドラインが作成され出してから, 腰痛に対するアプローチ法はパラダイムシフトしつつある. 象徴的なものとしては, 従来教科書的にもステレオタイプであった安静, 受

動的治療, 画像所見重視の医療スタイルへ疑問符がついたことがあげられる. 加えて少なくとも非特異的腰痛に関しては, 本稿でも触れた心的ストレスや恐怖回避思考を代表とする心理社会的要因のほうが画像所見よりも予後規定因子として重要であり, 生物・心理・社会的疼痛症候群<sup>5)</sup>としてとらえてアプローチせざるをえないことも認識いただけたら幸いである.

#### 文 献

- 1) 松平 浩, 竹下克志, 久野木順一ほか: 日本における慢性疼痛の実態. *ペインクリニック* 32, 2011 (in press)
- 2) Koes BW, van Tulder M, Lin CW et al: An updated overview of clinical guidelines for management of non-specific low back pain in primary care. *Eur Spine J* 19: 2075-2094, 2010
- 3) 松平 浩: 腰痛管理のためのエクササイズ (体操). *医のあゆみ* 236: 388-396, 2011
- 4) 松平 浩: 慢性疼痛と心理社会的要因—disability をとみなす腰痛を中心に. *Pract Pain Manag* 2: 106-111, 2011
- 5) 菊地臣一: 腰痛に対する primary care—新たな病態概念. 非特異的腰痛のプライマリ・ケア, 米延策雄, 菊地臣一 (編), 三輪書店, 東京, p2-26, 2009
- 6) 松平 浩: 職場での腰痛には心理・社会的要因も関与している—職場における非特異的腰痛の対策. *産業医ジャーナル* 33: 60-66, 2010
- 7) 松平 浩, 小西宏明, 三好好太ほか: 勤労者における「仕事に支障をきたす非特異的腰痛」の危険因子. *日整会誌* 84: 452-457, 2010
- 8) 松平 浩, 原 慶宏, 中村耕三: 腰背部痛—急性腰背部痛のアプローチ法. *産婦治療* 94 [増刊]: 749-756, 2007
- 9) 松平 浩, 原 慶宏, 赤羽秀徳: 腰部脊柱管狭窄症を含む変形性腰椎症の治療. *Geriat Med* 48: 361-367, 2010
- 10) 原由紀則, 松平 浩, 原 慶宏ほか: F 波による腰部脊柱管狭窄症における安静時しびれの術後改善予測. 臨整

- 外 43 : 375-379, 2008
- 11) 原由紀則, 松平 浩, 岡 敬之ほか: 母趾伸展筋力測定法の検討—EHL でよいのか? 日脊会誌 20 : 549, 2009
  - 12) 松平 浩: 坐骨神経痛の診断学. 医道の日 713 : 27-32, 2003
  - 13) 原由紀則, 松平 浩, 原 慶宏ほか: 腰部脊柱管外側部神経根障害の診断における感覚神経活動電位の役割. 関東整災誌 39 : 104-109, 2008
  - 14) 松平 浩, 岸本淳司, 原 慶宏ほか: 腰部脊柱管狭窄症の実態—症状と抑うつおよび健康関連 QOL の関係. 日腰痛会誌 13 : 192-196, 2007
  - 15) 鳥嶋康充: PAD の病態と診断, 間欠跛行における腰部脊柱管狭窄症の鑑別法. Cardiac Prac 21 : 145-150, 2010
  - 16) 松平 浩, 岡 敬之: NSAIDs, ステロイド. 整形外科臨床パサージュ 8, 運動器のペインマネジメント, 中村耕三, 山下敏彦 (編), 中山書店, 東京, p172-181, 2011
  - 17) 住谷昌彦, 山田芳嗣: 新しい疼痛治療薬. 整形外科臨床パサージュ 8, 運動器のペインマネジメント, 中村耕三, 山下敏彦 (編), 中山書店, 東京, p193-202, 2011
  - 18) Boden SD, Davis DO, Dina TS et al: Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects; a prospective investigation. J Bone Joint Surg 72-A : 403-408, 1990
  - 19) Chou R, Fu R, Carrino JA et al: Imaging strategies for low-back pain; systematic review and meta-analysis. Lancet 373 : 463-472, 2009
  - 20) 松平 浩, 犬塚恭子, 菊池徳昌ほか: 日本語版 Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ-J) の開発. 整形外科, 2011 (in press)

\*

\*

\*

### お知らせ

臨床雑誌『整形外科』編集委員会は、62巻7号 651～653 頁掲載「変形性膝関節症を伴った恒久性膝蓋骨脱臼に対し人工膝関節全置換術および脛骨粗面内側移行術を同時に施行した2例」を、2010年7月発行『中部日本整形外科災害外科学会雑誌』(53巻 955～956 頁)、2011年3月発行『日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会誌』(36巻 42～43 頁)との二重投稿と判断し、当該論文に関しては、採用・掲載を取り消しといたします。

臨床雑誌『整形外科』編集委員会

## 運動プログラムの効果と実際 動脈硬化における運動療法の臨床的検討

木村 稔\*

### はじめに

運動の健康、長寿などに及ぼす効果は、疫学的にもまた各種介入試験でも認められている。しかし、その具体的な運動の内容や種類などはさまざまであり、またその効果の作用機序、効果の程度は明確ではない。したがって臨床的に運動療法を動脈硬化の治療・予防として用いる場合、運動効果を臨床的指標で評価し確認することは重要である。本稿では、筆者らが施行する臨床現場での運動療法における各種動脈硬化指標での評価を中心にその効果と有用性につき述べさせていただき、今後の運動療法プログラムの開発、検証に寄与できれば幸いである。

### メタボリックシンドロームにおける 運動療法の臨床的評価

メタボリックシンドロームは、現代成人の動脈硬化に大きな影響を持つと考えられる病態であり、その介入はそのまま動脈硬化の予防につながると考えられる。したがってメタボリックシンドロームにかかわる体組成、内臓脂肪、インスリン抵抗性、アディポネクチンなどに対する運動効果の臨床的評価は非常に重要である。同時に、メタボリックシンドロームでは肥満が重要な病態であり、まず減量できる運動プログラムが必要であ

る<sup>1)</sup>。筆者らの肥満外来での高度肥満(BMI 30以上)の介入では、まず心肺運動負荷試験を施行し、運動耐容能を評価し、その後AT(無酸素性運動域値)レベルの運動処方を作成し、同時にレジスタンストレーニングを併用するプログラムとしている。また管理栄養士による栄養指導、臨床心理士による認知行動療法を用いた行動変容プログラムを施行している<sup>2)</sup>。これら医師、健康運動指導士、管理栄養士、臨床心理士によるチーム介入は、本誌25巻2号(2008年)、生活習慣病特集を参考にされたい。

これら肥満例での減量の場合、運動に対するモチベーションや過重負荷を避けるため、運動療法の積極的な施行には限界があり、除脂肪量の増加は困難と思われる。その結果、DEXA法(二重エネルギー法)による体組成の変化では、6ヵ月間の肥満介入プログラムにて、除脂肪量の維持、脂肪量の有意な減少を認めている(図1)。この脂肪量の変化の中で、特に体幹部の脂肪量の減少量と身体活動の増加量には有意な負の関係を認めており、活動量の増加が内臓脂肪という動脈硬化危険因子の軽減に有用であると考えられた(図2)<sup>3)</sup>。

次に体幹部の脂肪量の変化をより詳細に検討するため、腹部CTによる内臓脂肪/皮下脂肪の変化を検討したところ、6ヵ月の肥満減量指導で、内臓脂肪、皮下脂肪ともに減少を認めた(図3)。ここで注目すべきは、体幹部の脂肪の減少として、内臓脂肪は基本的に減少するが、皮下脂肪においては減少を伴う群と伴わない群の2つの群が

\* 関西医科大学健康科学センター

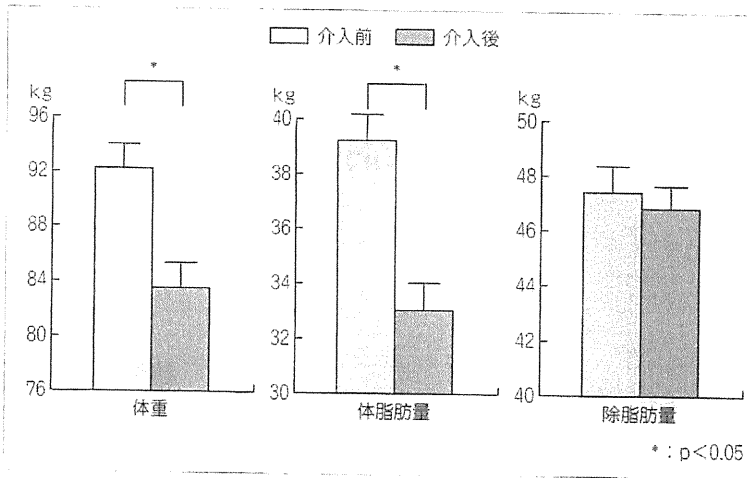


図1 ◆ DEXA法による肥満減量介入の結果  
n=22, 介入前 BMI : 35.7±5.4

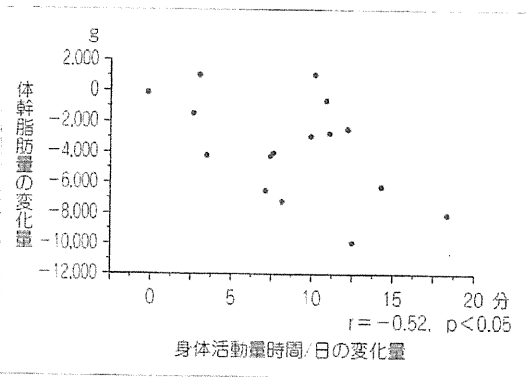


図2 ◆ 肥満介入後の日常活動の変化量とDEXA法による体幹部脂肪の変化量(文献3より引用)  
活動量はライフライザー(スズケン製)活動時間(分)/日として評価。女性のみ。

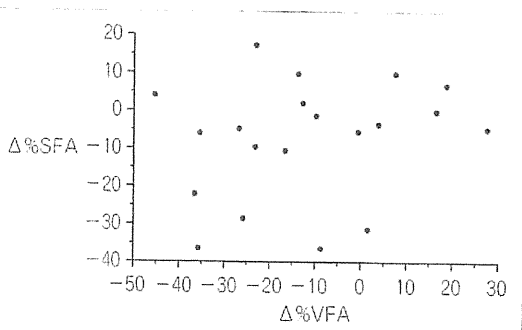


図4 ◆ 肥満減量介入時の内臓脂肪面積の変化率(Δ%VFA)と皮下脂肪面積の変化率(Δ%SFA)の比較  
両者に相関はなく、内臓脂肪面積減少例には皮下脂肪面積の減少例と不変例が存在する。内臓脂肪面積増加例では皮下脂肪面積は不変、内臓脂肪面積が増加し皮下脂肪面積が減少する例は存在しない。

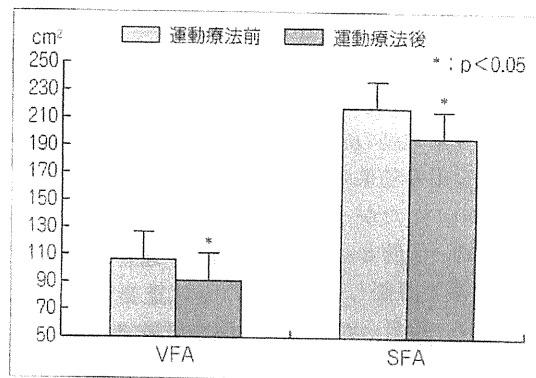


図3 ◆ 腹部(臍部)CTによる内臓脂肪面積と皮下脂肪面積の変化量  
VFA: 内臓脂肪面積, SFA: 皮下脂肪面積

存在することである(図4)。すなわち、適切な運動、食事指導により、体幹部の脂肪の減少が得られる場合、少なくとも内臓脂肪は減少しており、身体活動の重要性が示唆される結果と考えられた<sup>4)</sup>。逆に体幹部の脂肪が増加する場合、内臓脂肪の増加が主であり、皮下脂肪はあまり変化しておらず、脂肪貯蔵における内臓脂肪の重要性が確認された。

#### 動脈硬化液性因子への運動効果の検討

メタボリックシンドロームにおいて、動脈硬化の液性因子としては、インスリン抵抗性が重要である。そこで、空腹時血糖とインスリン値から求

表1 ◆

等
*体群 n=84 モデル

図5 ◆

図5 ◆

めた  
て検  
減少  
て、  
ン抵  
次の  
硬化  
ある  
子ア  
満例  
事指  
は、  
チン

表1 ▶減量時のHOMA指数改善に及ぼす各種説明変数によるロジスティック回帰分析結果

	偏回帰係数	有意確率 (p)	オッズ比	オッズ比の95% 下限	信頼区間 上限
年齢	2.036	0.063	7.662	0.893	65.740
体組成	0.714	0.020*	2.042	1.117	3.734
等速脚伸展トルク	0.426	0.421	1.531	0.542	4.322
peak $\dot{V}O_2$	0.072	0.882	1.075	0.415	2.786
性別	-0.459	0.493	0.632	0.170	2.348
定数	-3.039	0.077			

\*体組成の変化のみ HOMA 指数の改善に有効。  
n=84, 介入前 BMI : 34.1±6.4  
モデル $\chi^2$ 検定 p<0.05, 判別的中率 70.7%

(文献5より引用)

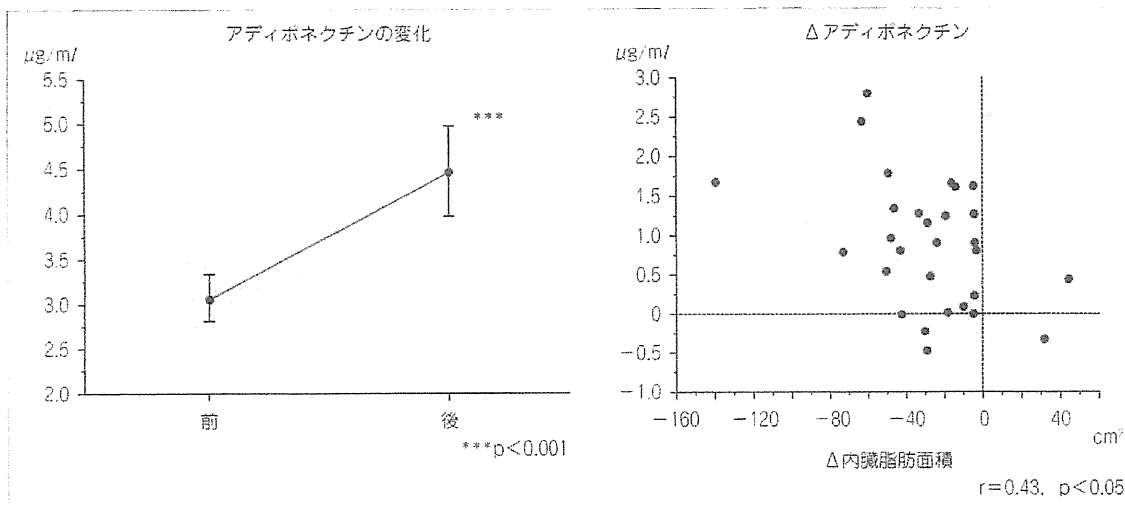


図5 ▶肥満減量介入時の高分子アディポネクチンの変化と、アディポネクチンの変化量と内臓脂肪面積の変化量の関係  
n=29, 女性のみ  
内臓脂肪面積の減少に伴いアディポネクチンの増加が認められている。

めたHOMA指数をインスリン抵抗性の指標として検討したところ、体重変化量のうち体脂肪量の減少が独立した因子として認められた。したがって、脂肪量の減少を促す運動の重要性がインスリン抵抗性の指標からも確認された(表1)<sup>5)</sup>。

次に、メタボリックシンドロームにおける動脈硬化に関連する指標として、肥満サイトカインである高分子アディポネクチンでの検討では、高分子アディポネクチンは、BMI>30以上の高度肥満例において、男女ともに6ヵ月の運動療法(食事指導を含む)で有意に増加した。また女性では、内臓脂肪面積の減少量と高分子アディポネクチンの増加量は有意な負の関係を認めた(図5)。

さらにこの高分子アディポネクチンは、呼気ガス分析による運動時(ATレベル：無酸素運動閾値)の酸素摂取量とは関係を認めないものの、AT時の脂肪燃焼量と有意な正の関係を認めた(図6)。このことより、肥満者において、有酸素運動能の向上、特に脂肪燃焼の向上がアディポネクチンの増加につながる可能性が示唆され、運動プログラムの開発にもこの脂肪燃焼を考慮したプログラムの開発が重要と考えられた<sup>6)</sup>。

その他の動脈硬化指標での運動効果の検討

本企画の応用研究でも取り上げられている大動

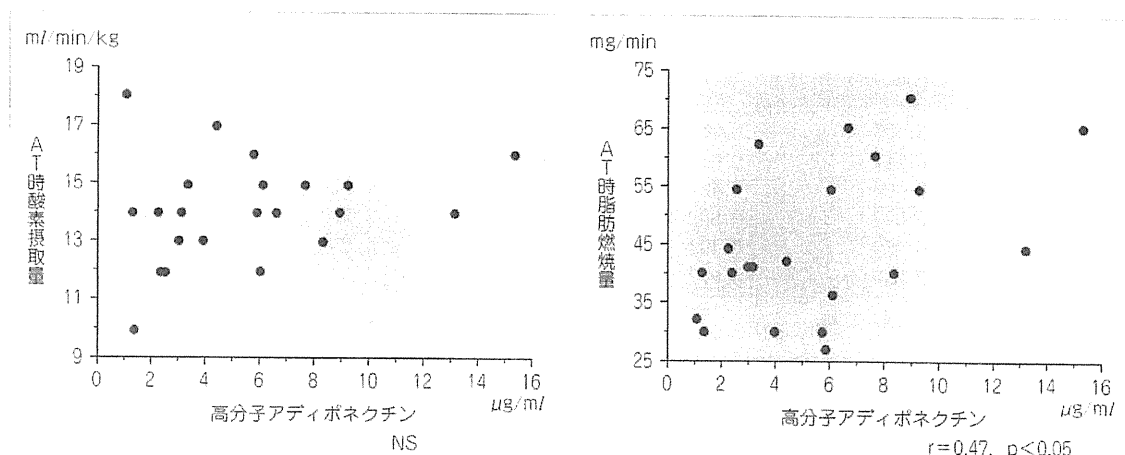


図6 ▶ 6ヵ月の肥満減量介入後の血清高分子アディポネクチン濃度と心肺運動負荷試験によるAT時酸素摂取量と脂肪燃焼量の関係  
酸素摂取量とは関係は認めないが、脂肪燃焼量とは有意な正の関係を認める。

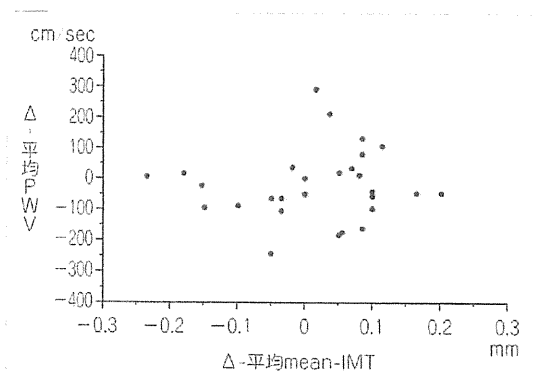


図7 ▶ 中高年の6ヵ月間の運動療法での頸動脈壁厚の変化量とPWVの変化量の関係  
n=29, 平均年齢: 58±11歳, BMI: 24.8±3.8  
PWV: pulse wave velocity (ba), IMT: intima-media thickness  
安静時収縮期血圧の減少が-10mmHg以下を除く。

脈の脈波伝播速度(PWV)は、動脈ステイフネスを表す指標として日常臨床においてもよく用いられる指標である。また超音波による頸動脈の壁厚は、局所の動脈硬化の指標のみならず、冠動脈やその他の動脈硬化指標として臨床的にその有用性が認められている。筆者らは、6ヵ月間の有酸素運動とレジスタンストレーニングを組み合わせた監視型運動療法を施行した65例において、PWVは有意に減少するも、IMTにおいては有意な変

化を認めなかった(PWVへの血圧の影響を除くため、あらかじめ10mmHg以上の降圧効果のあった例を除いた例での検討)。しかし、その両者の変化量の比較検討では、PWVの減少例にはIMTの増加例と減少例が含まれていた(図7)。すなわち、運動療法により、脈波伝播速度で評価される動脈ステイフネスは改善するも、頸動脈における局所の動脈硬化指標は、改善を伴う例と、伴わない例があると考えられた。この結果は、脈波伝播速度は、血管の機能的動脈硬化を含み、頸動脈壁厚は、動脈硬化の組織的変化を含むと考えるとわかりやすい。すなわち、運動療法による動脈硬化改善には、内皮機能などの機能的な血管ステイフネスの改善と、血管内プラークを含む組織学的動脈硬化の改善の2種類が含まれると考えられ、今後の動脈硬化の変化を検証するうえでも重要と考えられた。

#### 動脈硬化における運動療法の作用機序

運動による動脈硬化改善効果はさまざまな機序による複合的な作用の結果である。しかし、本稿の結果でも得られたように、動脈硬化の原因としてインスリン抵抗性を上流に考えると理解しやすい。すなわち、インスリン抵抗性による高インスリン血症の改善により、血管内皮機能、平滑筋機



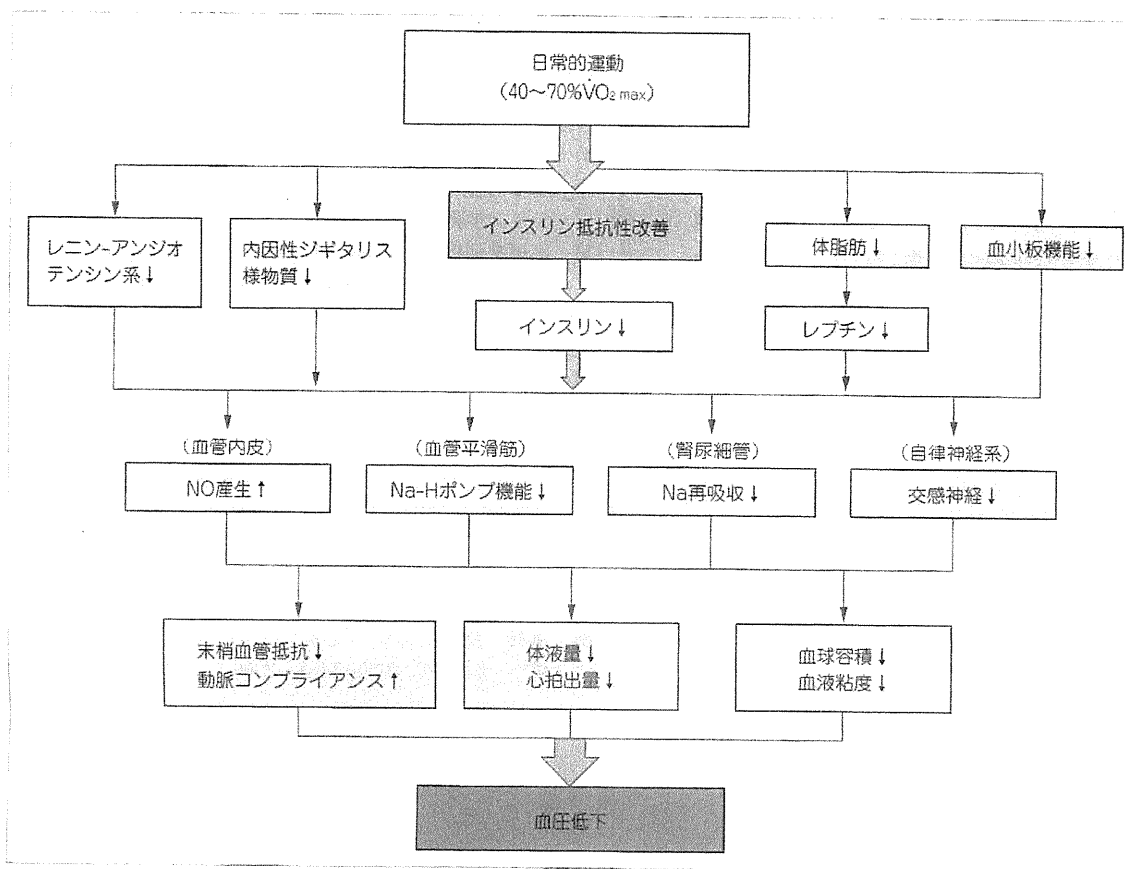


図8 ◆運動によるインスリン抵抗性改善に伴う動脈硬化改善、降圧機序

能が改善し、また腎尿細管でのNa再吸収や、交感神経機能の改善までもが、インスリン抵抗性の説明でき、運動によるインスリン抵抗性の改善の重要性が再認識されるところである(図8)。これらの作用は、自律神経、血管内皮機能の改善など動脈硬化の根絶的な治療につながると考えられ、薬物療法にはない治療効果として期待できる<sup>7)</sup>。

#### 動脈硬化運動療法の問題点

動脈硬化予防・治療に最も適した運動強度、内容については、現在未だ確実な結論は得られていない。また、動脈硬化が高度な場合、運動前安静時の血圧がすでに高くなることもあり、運動処方をするか、運動中の血圧上昇をどのように評価するか、など現場での問題点は多い。筆者らの

運動負荷試験結果では、呼気ガス分析でのAT強度以下では、収縮期血圧が200mmHg以上になることはなく、AT強度処方の一つの根拠になり得ると思われる<sup>8)</sup>。

さらに臨床上で問題として動脈硬化に対する運動療法の保険適応の限界がある。現在病床数200床未満の医療施設では生活習慣病指導管理料が適応されるが、すべての医療機関での適応ではない。また、包括医療のため、薬剤との併用の場合や他科との治療が重なる場合、保険適応での治療は困難である。今後、高血圧や糖尿病運動療法と同様に、運動療法の適応、方法論が確立され、すべての医療機関で、一定の保険医療での適応が望まれる。

### おわりに

各種臨床的動脈硬化指標における運動療法の効果を自験例での結果を中心に述べてみた。実際の臨床現場では、各種薬剤の併用例や、他の疾患の合併例もあり、運動処方に関しても薬の処方と同様にかなり細かな配慮が必要になってくる。また運動効果にしても、今後、薬剤との比較検討や併用例での検証も必要である。しかしいずれにせよ、安全で効果的な運動療法の施行は可能であり、今後さらに積極的な運動療法が臨床現場で普及することを願っている。

### 文 献

- 1) 木村 稔ほか監修：メタボリック症候群から見た循環器二次予防。理学療法MOOK12 循環器疾患のリハビリテーション。三輪書房、226-233, 2005。
- 2) 馬場天信ほか：チーム医療における心身医学の役割 肥満外来におけるチーム医療の効果、および減量効果からみた心理特性の差異。日本心療内科学会誌 8：213-219, 2004。
- 3) 木村 稔：運動・身体活動を増やす。糖尿病診療マスター 6：63-66, 2008。
- 4) 滝川瑠美ほか：CT画像による内臓脂肪評価による運動効果の検討。日本心臓リハビリテーション学会誌 12：122-124, 2007。
- 5) 高尾奈那ほか：肥満減量時のインスリン抵抗性の改善度に及ぼす体組成の影響—DEXA法での検討—。心臓リハビリテーション 13(2)：374-376, 2008。
- 6) 南出奈津子ほか：ATレベルにおける定常運動時エネルギー動態の検討。関西臨床スポーツ医・科学研究会誌 15：51-53, 2005。
- 7) Akita, Y. et al. : Exercise-induced activation of cardiac sympathetic nerve triggers cardioprotection via redox-sensitive activation of eNOS and upregulation of iNOS. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 292 : H2051-H2059, 2007。
- 8) 木村 稔：高血圧の運動療法の実際。臨床スポーツ医学 23：1479-1488, 2006。



## 新版 スポーツ外傷・障害の 理学診断・理学療法ガイド

編集●臨床スポーツ医学編集委員会

◆大好評で完売した月刊『臨床スポーツ医学』2001年(Vo.18)臨時増刊号をさらに充実させて、単行本化したもの。スポーツ外傷・障害を考慮した機能解剖と理学的診断評価手技に重点を置きつつ、疾患別にアスレチックリハビリテーションの実際をわかりやすく解説した1冊。

●B5判・580頁／定価7,350円(本体7,000円+税5%) ISBN978-4-8306-5135-9

◎文光堂 <http://www.bunkodo.co.jp> 〒113-0033 東京都文京区本郷7-2-7 tel.03-3813-5478/fax.03-3813-7241



Question

## 高度肥満のチーム医療とは？

認知行動療法を用いた肥満のチーム医療について教えてください。

木村 穰

関西医科大学健康科学センター

Answer

### 認知行動療法とは

認知行動療法は、人間の思考・行動・感情の関係性に焦点を当て、学習理論をはじめとする行動科学の諸理論や認知・行動変容の諸技法を用い、思考・行動様式を修正し症状や問題を解決していく治療法です。うつなどの精神疾患によく用いられますが、肥満治療においても、患者が健康行動を身に付け、自律的に健康維持あるいは症状管理を行っていくうえで非常に有用な治療法です<sup>1)</sup>。特に肥満治療では、栄養、運動、心理、看護など多くの職種が必要となりますが、各専門職種が統一された共通の介入コンセプトで治療にあたることが重要です。この共通コンセプトとして、認知行動療法は非常に有用で、各職種が認知行動療法を理解、実践することで、それぞれの専門性、独自性を生かしながら、かつ一人ひとりの患者に対して統一された一貫性のある介入が可能となり、肥満治療に大きな効果が得られます(図1)。

### 肥満チーム医療での認知行動療法の実際

認知行動療法において、モチベーションの維持のための手法として個人の記録は重要であり、自分自身で記録するセルフモニタリングとして用います。具体的には歩数、体重、食事記録などが重要なセルフモニタリング項目となります。多くの場合紙媒体に歩数や体重を記録することとなりますが、筆者らはより簡便な方法として携帯電話やインターネットによる記録方法も開

発しています<sup>2)</sup>。

認知行動療法では、セルフモニタリングによる自己効力感の育成、陰性感情を助長する認知のくせの修正が1つの目標となります。同時に、治療側と患者の治療関係を重視しており、対等な治療関係、受容的な関係性の構築、患者の主体性を引き出す言動が重要となります<sup>3)</sup>。

個人の目標に関しては、栄養士、運動指導士が患者にアドバイスした個々の目標から患者自身が選べるように再認識させ、主体性のある目標設定を設定することが重要です。また減量プログラムの初期においては、患者も過度な期待をいただき、より多くの目標や高度な目標を選びがちですが、このような場合、得てして実行困難な目標が多く、結果として自己効力感の消失につながることも多くなります。したがって、できるだけ簡単な実現可能な目標をアドバイスすることも重要です。そしてこれらの情報が、医師のみならず栄養士、運動指導士、看護師などに情報共有されることにより、各スタッフはあらかじめどのような対応が最も患者の行動変容に有効であるか理解して対応できるため適切な個人指導が可能となります<sup>4)</sup>(図2)。

### 認知行動療法による減量機序

セルフモニタリングの記録ができてはじめて自分の行動とその行動による変化(体重や歩数等)がリンクし、自身の行動とその結果(体重の変化)が具体的結果として認識されることにな

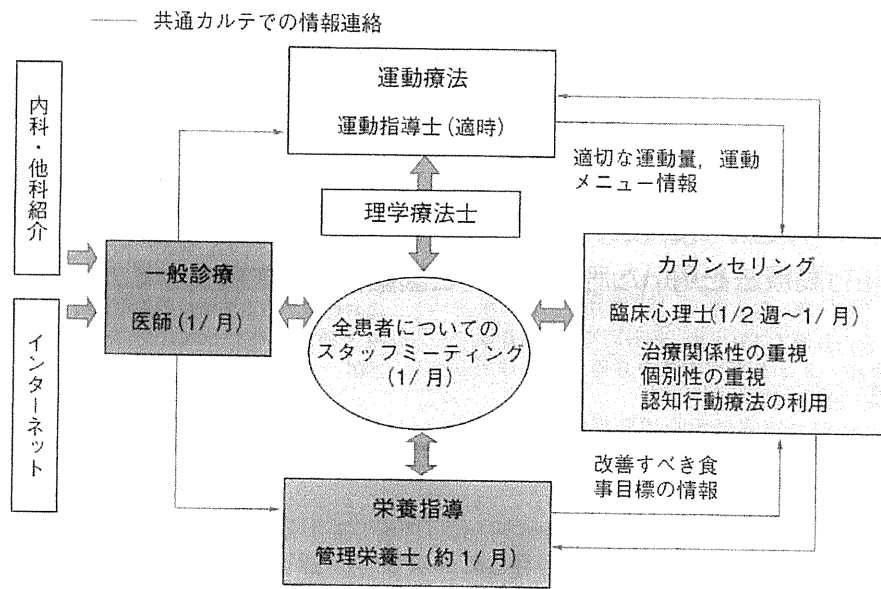


図1 肥満チーム医療モデル

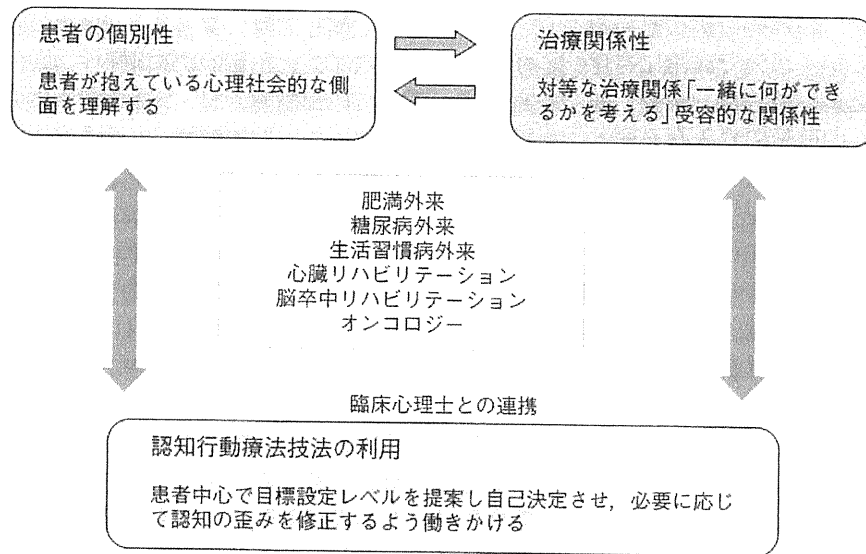


図2 チーム医療における認知行動療法の新たな展開

ります。その結果運動したり、食事を調整したりすることにより体重や血圧などが変化(改善)し、行動とリンクして認識され、同時に行動を

継続させる動機となります。すなわちここではじめて自身の行動と改善結果が自己効力感として認識され、一連の認知行動療法のプロセスが

成立します<sup>5)</sup>。

以上、多職種による肥満介入において、各専門職がこの認知行動療法を理解しておくことは非常に有用で、各専門職の共通言語として理解すればよりわかりやすいと思います。

#### 文献

- 1) 熊野宏昭, 木村 穰, 鈴木伸一, 原井宏明: 内科臨床に役立つ心療内科的アプローチ. 内科医に求められる認知行動療法・メンタルヘルスの基礎知識とは? *Medicina* **44**: 2130-2139, 2007
- 2) 木村 穰編集: 生活習慣病に対する新しいアプローチ. *臨床スポーツ医学* **25**: 97-173, 2008
- 3) 木村 穰, 馬場天信: 肥満運動療法と心理的サポート. *保健の科学* **48**: 565-569, 2006
- 4) 田嶋佐和子, 馬場天信, 有川禎子, 木村 穰: 栄養指導が守れない背景分析と食行動指導の工夫. *臨床心理士を含めたチーム医療による栄養指導. New Diet Therapy* **2**: 38-42, 2005
- 5) 斉藤 瞳, 木村 穰, 馬場天信, 佐藤 豪: 肥満外来におけるチーム医療の効果の検討: 心理特性と減量効果との関係について. *日本肥満学会誌* **13**: 68-73, 2007



認知行動療法: 認知行動療法とは、患者の主体性と自己効力感を重視した、各専門職種間の共通言語として有用です。



チーム医療において、各職種のスタッフが認知行動療法を理解することで、患者へのアプローチ方法が統一され、かつ各領域での問題点が共有され、より効果的なチーム医療が発揮できます。

# Monitoring and Evaluation of Blood Pressure Changes With a Home Healthcare System

Toshiyo Tamura, *Senior Member, IEEE*, Isao Mizukura, Masaki Sekine, *Member, IEEE*, and Yutaka Kimura

**Abstract**—We investigated changes in blood pressure with exercise, including walking and ergometer training, sleep, and body weight. Blood pressure was monitored over a period of about 1 year in 61 subjects in Osaka, Japan. The morning systolic blood pressures were analyzed using multivariate regression analysis, and the correlations between systolic blood pressure and the above parameters were determined. The systolic blood pressure distribution was classified into improved, stable, and ingravescence groups. In the improved group, exercise intensity and total calories were important factors controlling the systolic blood pressure. More than 300 kcal per day was needed to improve the systolic blood pressure. In the stable and ingravescence groups, body weight control was also an important factor in maintaining blood pressure. An increase of 1 kg in body weight was associated with systolic blood pressure increases of 3 and 6 mmHg in the stable and ingravescence groups, respectively. The long-term repeated use of home blood pressure testing may be a good self-care strategy for monitoring daily health.

**Index Terms**—Blood pressure, body weight, intervention, physical exercise, sleeping.

## I. INTRODUCTION

HERE have been several epidemiological studies regarding home blood pressure (HBP) and clinical blood pressure (CBP). Stergiou *et al.* [1] reported that HBP was the most reliable and repeatable blood pressure value among HBP, CBP, and ambulatory blood pressure monitoring. In another report, CBP was reclassified by recorded home pressures in 54% of participants: 40% and 14% were reclassified downwards and upwards, respectively. Only 46% remained in the same category for both CBP and recorded HBP [2]. Thus, it was concluded that HBP monitoring can play an important role essential in blood pressure management.

Manuscript received May 7, 2010; revised December 13, 2010 and March 28, 2011; accepted April 1, 2011. Date of publication May 19, 2011; date of current version July 15, 2011. This work was supported in part by the Japanese Ministry of Economy, Trade, and Industry, the Japanese Technology Research Association of Medical and Welfare Apparatus, the Fukuda Foundation of Medical Technology 2010, and the Suzuken Memorial Foundation 2010. This work was presented in part at the International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB2009), Larnaca, Cyprus.

T. Tamura and M. Sekine are with the Chiba University Graduate School of Engineering, Chiba 263-8522, Japan (e-mail: tamurat@faculty.chiba-u.jp; m.sekine@faculty.chiba-u.jp).

I. Mizukura was with the Chiba University Graduate School of Engineering, Chiba 263-8522, Japan. He is now with Mitsubishi Electronic Corporation, Tokyo 100-8310, Japan (e-mail: Mizukura.Isao@ma.mee.co.jp).

Y. Kimura is with the Kansai Medical University, Osaka 573-1191, Japan (e-mail: kimuray@takii.kmu.ac.jp).

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online at <http://ieeexplore.ieee.org>.

Digital Object Identifier 10.1109/TITB.2011.2156804

A long-term follow-up study indicated white coat hypertension (WCH) in 12.5% of a population of 5211 subjects. The rate of home hypertension was 10.8% in this population, and the rate of cardiovascular risk was higher in those with home hypertension than in those with WCH. The differences between WCH and normotension are still unknown [3]. The Ohasama study showed that WCH is a transitional condition to hypertension outside the medical setting, suggesting that WCH may be associated with poor cardiovascular prognosis [4].

In the PAMELA study, elevated office blood pressure was associated with larger left ventricular mass index. This was also the case for the opposite condition, i.e., left ventricular mass index and hypertrophy were similarly greater in subjects with normal office, but elevated home blood pressure [5]. Furthermore, central sympathetic hyperactivity was shown to exist in WCH [6].

Epidemiological studies, such as the Ohasama [4], PAMELA [5], [7], and Tecumseh studies [8], have yielded no definitive solution to these issues. The 11-year follow-up of the PAMELA study population provided evidence that office and HBP were similarly predictive of the risk of cardiovascular death and death from all causes, with superiority of systolic BP (SBP) over diastolic BP (DBP) and of nighttime versus daytime values. Furthermore, the risk already increases at lower values and more steeply for home than for office BP. They concluded that the different information provided by clinic and out-of-clinic BP may be combined to improve risk prediction.

HBP monitoring is a better cardiovascular index than CBP, because monitoring is carried out over a long period with relatively stable conditions. Although the number of measurements per day and monitoring time in the home are still a matter of discussion, monitoring in the home has both high reliability and reproducibility. Furthermore, HBP monitoring facilitates identification of white coat and masked hypertension, and determination of the efficacy of treatment, including levels after the morning surge. However, after monitoring SBP and DBP, the subjects' behavior was not discussed in detail. That is, no recommendations were made regarding behaviors required to improve the quality of life. Daily blood pressure values and other physiological parameters have been used to prevent cardiovascular disease, but self-control of blood pressure is difficult, and intervention by physicians and other medical staff such as dieticians and physical trainers is also required.

We developed a simple home healthcare monitoring system [1], which has been used to perform long-term monitoring, over a period of 1 year. This study evaluated participation in continuous health care monitoring using several physiological parameters. We analyzed the relationships between BP and other

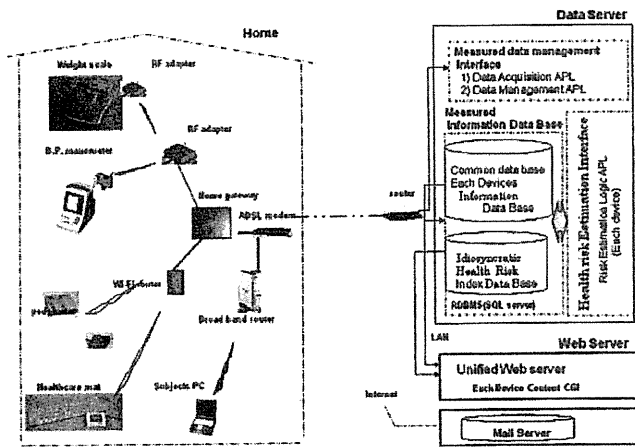


Fig. 1. Home healthcare monitoring system.

parameters including body weight, number of steps walked, and sleep.

## II. METHODS AND SUBJECTS

### A. Experimental Methods and Protocol

In total, 61 subjects in 20 families participated in this study. The home gateway and medical devices, such as blood pressure monitor, body weight scale, exercise machine, pedometer, and bed mat with pressure sensor, are shown in Fig. 1.

All devices were connected to a gateway and all data were transmitted to a central server over the Internet [1]. The concept of our system was to readily connect and transmit data obtained from home healthcare devices with different manufacturers using wireless transmission. The location of the installed equipment was chosen carefully, and a data transmission repeater was installed if necessary. Before collecting the physiological parameters, the subject's IDs were entered. The subject's own data could be viewed over a secure web link [9].

The subjects received guidance regarding the experimental protocol after the installation was complete, and basic physiological data, such as height, weight, and BP, were also obtained by clinical examination.

The BP, body weight, number of walking steps, exercise results, and sleeping condition were monitored and their relationships were evaluated.

Subjects were asked to measure BP using an automatic cuff inflation-type BP monitor (MHT-041 CITIZN, Japan) twice a day, i.e., once within 1 h of waking, after urination, sitting with 1–2 min of rest, before breakfast, and before medication in the morning, and once in the evening, within 30 min before going to bed, and sitting with 1–2 min of rest. The location of the cuff relative to the heart was set carefully.

Body weight was determined using a scale (NT-301TANITA, Japan) at the same time that BP was monitored.

The subjects wore a pedometer (NT-101TANITA, Japan) on the belt or similar location all day except when sleeping. The pedometer was connected to a wireless station with a battery charger every night to send the data and recharge the battery.

Subjects performed 30 min of training per day using an exercise machine. As the study population included patients with ischemia, the SBP was measured during the cardiopulmonary exercise test in all subjects. If the SBP increased by more than 20 mmHg, the exercise protocol was changed, under the guidance of a physician.

With regard to sleeping conditions, a sleeping mat (HSE-1710HITACHI, Japan) was installed between the sheets and mattress or futon. The bed mat was an air type that required filling with air.

For intervention by a dietician and physical trainer, the data were reviewed every 4 weeks, and comments were returned to the subject. If the data had not been sent by the subject within a certain period, the physician called the subject to ask if there were problems with monitoring.

### B. Subjects

In total, 61 subjects (27 men aged  $52.3 \pm 15.5$  years and 34 women aged  $46.0 \pm 14.4$  years) participated. Of these 61 subjects, 31 had the following diseases: ischemia ( $n = 10$ ), hypertension ( $n = 13$ ), diabetes ( $n = 3$ ), obesity ( $n = 2$ ), and sleep apnea ( $n = 3$ ). Some subjects had multiple comorbidities.

The study protocol was approved by the ethics committees of all researchers' facilities. Written informed consent was obtained from all subjects prior to enrollment.

### C. Data Analysis

This study was performed to determine the relationships between BP and other physiological parameters, such as body weight, number of walking steps, and sleeping time. Japanese Hypertension Society recommended that the effective BP monitoring is at least three times a week. To analyze the data, we selected subjects for whom at least 150 measurements over 1 year of monitoring were available. Subjects were then classified according to BP into prehypertension (SBP 130–139 mmHg or DBP 85–89 mmHg), stage I (SBP 140–159 mmHg or DBP 90–99 mmHg), and stage II (SBP 160–179 mmHg or DBP 100–109 mmHg) hypertension groups.

The elevation and reduction of BP during long-term monitoring represented the most important information for determining the effectiveness of the home healthcare system. Subjects were further classified according to changes in BP. To prevent seasonal effects, we compared BP values between the first 3 months and the last 3 months of the study period.

Relationships between BP and other physiological parameters were examined by multivariate regression analysis. Typical cases showing improvement and worsening of SBP were analyzed.

To predict SBP changes, morning SBP ( $Y$  mmHg) was used as a dependent variable with number of walking steps ( $X1$  kcal) the day before, pulse rate during sleep ( $X2$  times/min), sleeping time ( $X3$  h), quality of sleep ( $X4$ ), and body weight in the morning ( $X5$  kg) as independent variables. The analysis period was 24 weeks [10].

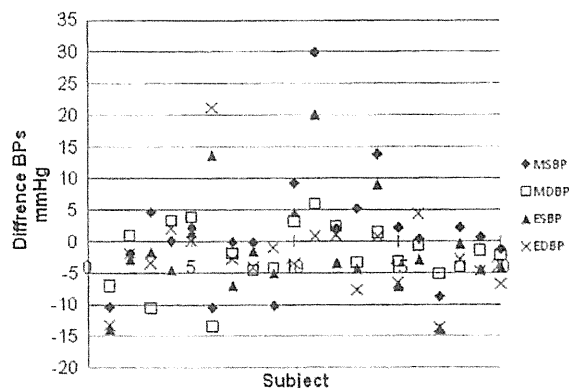


Fig. 2. Averaged SBP and DBP in the morning and evening during the first and last 3 months. Where MSBP, MDBP are morning systolic and morning diastolic blood pressure, respectively. ESBP and EDBP are evening systolic and evening diastolic blood pressure, respectively.

### III. RESULTS

#### A. Participants

During 1 year of monitoring, we focused on subjects for whom more than 150 measurements were available in BP monitoring. If the BP were measured at least three times a week, then about 150 BP measurements would be obtained per subject. Thirty-one subjects (men,  $n = 13$ , age  $62.8 \pm 6.2$  years; women,  $n = 18$ , age  $55.5 \pm 10.2$  years) fulfilled this criterion. To confirm the effectiveness of intervention, the BP changes between the first and last 3 months of the study period were 3.96 mmHg for SBP and  $-0.32$  mmHg for DBP in the morning and 5.24 mmHg for SBP and 2.07 mmHg for DBP in the evening.

Then, we excluded subjects classified as having optimal BP (SBP less than 120 mmHg or DBP less than 80 mmHg) and normal BP (SBP 120–129 mmHg or DBP 80–84 mmHg); 11 of the 31 subjects (optimal,  $n = 2$ ; normal,  $n = 9$ ) fulfilled these criteria. With regard to clinical blood pressure (CBP), the prehypertension (high-normal), stage I, and stage II hypertension groups consisted of 7, 11, and 2 subjects, respectively.

Fig. 2 shows the averaged morning SBP and DBP between the first and last 3 months of the study period in each subject. As shown in Fig. 2, three of the subjects showed significant improvements (reduction) in SBP and DBP, whereas two had worsening (elevation) of SBP and DBP over the course of BP monitoring. SBP and DBP in the other subjects did not change significantly during the year of monitoring ( $P < 0.001$ ).

Subjects who showed significant reductions in both SBP and DBP in the morning and in the evening were ID#2001, ID#2018, and ID#2065. ID#2001 showed a significant reduction in SBP. Averaged SBP and DBP were reduced from 140.1 and 82.7 mmHg to 129.7 and 75.7 mmHg, respectively. ID#2065 also showed reductions in averaged SBP and DBP from 161.1 and 96.9 mmHg to 152.4 and 91.8 mmHg, respectively. ID#2018 was eliminated from the analysis because of a lack of sleep-record data.

ID#2037 and ID#2049 showed significant elevation in both SBP and DBP in the morning and in the evening. ID#2037

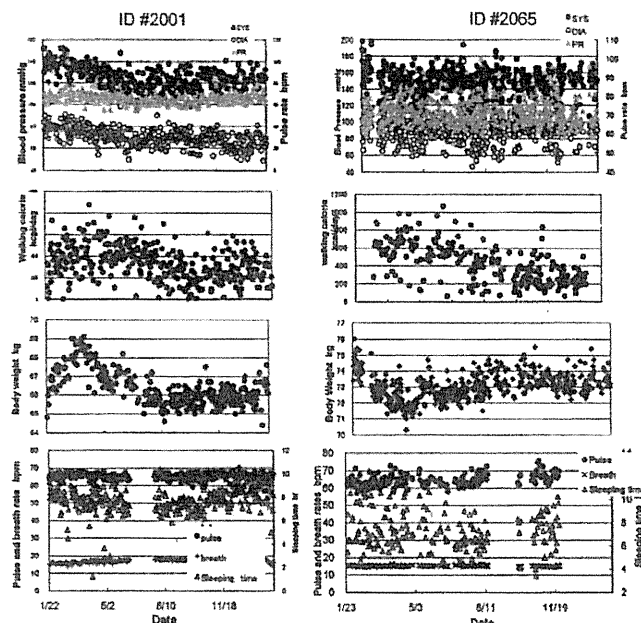


Fig. 3. One-year monitoring of BP, estimated calorie expenditure based on the number of steps walked and exercise training, sleeping conditions, and body weight for the improved cases, ID#2001 and ID#2065.

showed significant elevation of blood pressure, with averaged SBP and DBP increasing from 1317.6 and 81.0 mmHg to 161.7 and 87.0 mmHg, respectively. Additionally, ID#2049 showed elevation from 137.7 and 87.0 mmHg to 151.6 and 88.4 mmHg, respectively. We performed detailed analyses of these four cases.

Although we recognized the importance of analyzing all of the subjects in detail, some physiological parameters were missing for most subjects, despite frequent interventions.

#### B. Typical Time-Course of the Physiological Data

Fig. 3 shows the results of 1-year monitoring in ID#2001 and ID#2065 who performed self-control of BP. ID#2001 (male, aged 69 years, height 168 cm, body weight 66 kg) measured his BP, calories used, based on number of walking steps and exercise performance, body weight, and pulse rate during sleep over a period of 289 days, and ergometer exercise, which was prescribed by a physician was performed every second day for 188 days. ID#2065 (male, 67 years, height 151 cm, body weight 73.8 g) also measured his blood pressure, body weight, number of walking steps, and condition while sleeping over a period of 187 days.

Fig. 4 shows the results of 1-year monitoring in ID#2037 and ID#2049 who did not control their BP. ID#2037 (male, 67 years, height 151 cm, body weight 71 kg) measured his BP over a period of 254 days, body weight over 110 days, walking steps over 86 days, and sleeping condition over 160 days. ID#2049 (male, 65 years, height 175 cm, body weight 71.7 kg) monitored blood pressure 446 times, including simultaneous double monitoring, number of walking steps over 293 days, body weight 503 times, and sleeping condition over 273 days.



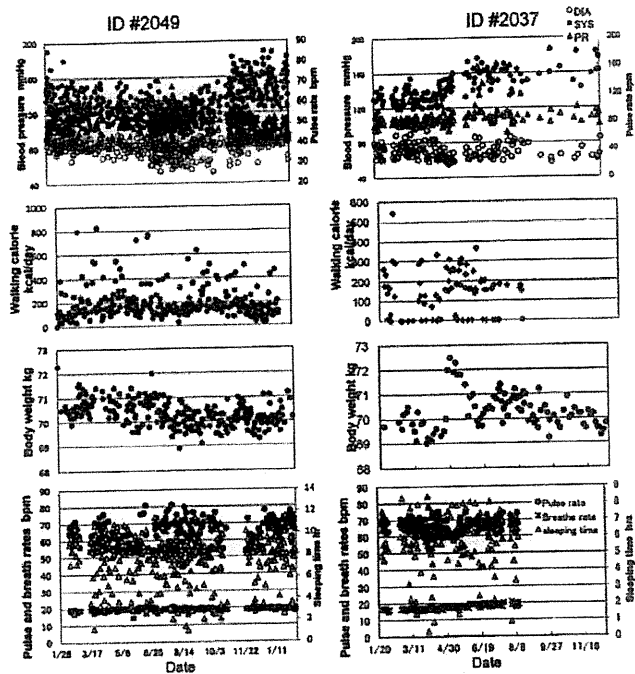


Fig. 4. One-year monitoring of BP, estimated calorie expenditure based on the number of steps walked and exercise training, sleeping conditions, and body weight for the worsened cases, ID#2037 and ID#2049. ID#2049 did not get 1 year data for walking calorie and sleeping conditions.

C. Results of Multivariate Regression Analysis

Two cases that showed improvement and two that showed worsening over the study period were analyzed.

In a case showing SBP improvement, ID#2001, the coefficient of determination ( $R^2$ ) was 0.47. In this case, SBP was reduced by 4.3 mmHg, with a cumulative total energy expenditure of 10 000 kcal by exercise and walking ( $t = -9.04$ ). However, body weight was not a significant index of changes in SBP. ID#2065 showed a lower coefficient of determination ( $R^2 = 0.24$ ). In this case, sleep influenced the morning SBP. SBP declined by 2.0 mmHg with an increase of 1 h in sleeping time. Furthermore, SBP was reduced by 2.5 mmHg with weight loss of 1 kg.

In the case showing worsening of SBP, ID#2037, the coefficient of determination was  $R^2 = 0.57$ . In this case, SBP increased by 4.1 mmHg, with a cumulative total energy expenditure of 1000 kcal ( $t = 5.65$ ). This lower accumulated energy expenditure was associated with the elevation of SBP. ID#2049 showed a coefficient of determination of  $R^2 = 0.43$ . In this case, SBP was also increased by 2 mmHg with total energy expenditure of 1000 kcal ( $t = 7.93$ ) and SBP increased by 9.1 mmHg with an increase of 1 kg in body weight.

D. Evaluation of Walking/Exercise/Energy Expenditure

Subject ID#2001 showed improvement in SBP, with energy expenditure of  $333 \pm 159$  kcal/day ( $8805 \pm 3756$  steps/day) over a period of 346 days. ID#2065 showed energy expenditure of  $421.8 \pm 215.0$  kcal/day ( $10\ 126 \pm 4342$  steps/day) over 241 days. On the other hand, subjects ID#2037 and ID#2029 who showed worsening of SBP had energy expenditure levels of  $34 \pm$

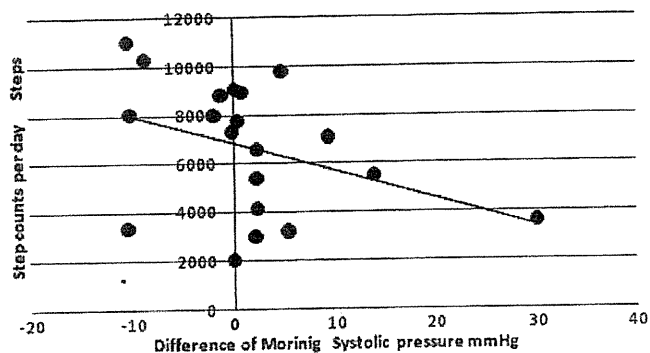


Fig. 5. The relationship between changes in SBP from the first to the last 3 months and steps walked.

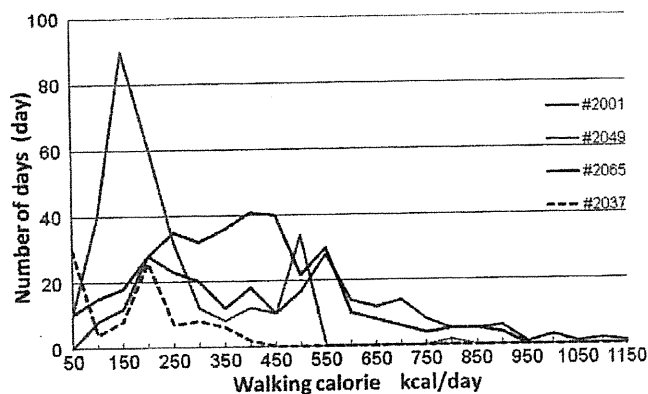


Fig. 6. Distribution of steps walked for the four subjects shown in Figs. 3 and 4.

115 kcal/day over 86 days and  $194 \pm 132$  kcal/day over 293 days, respectively. The number of steps walked and estimated energy expenditure were determined from the days on which the subject wore the pedometer. Fig. 5 shows the relationship between changes in SBP and steps walked. The intercept for reducing SBP was around 7000 steps per day.

Fig. 6 shows detailed examples of the distribution of the number of steps walked in the improved and worsened cases.

On average, the energy expenditure of subjects who showed improvements in SBP showed a normal distribution, whereas the distribution of steps for those in whom SBP worsened showed higher proportions of low-level energy expenditure.

IV. DISCUSSION

A. Participants

We developed a simple home healthcare system and performed 1-year monitoring for blood pressure control in terms of exercise and sleep. Such 1-year monitoring can be troublesome for the subjects, especially the elderly. Our monitoring protocol included a number of restrictions, such as the careful handling of the BP device and monitoring time. Thus, only very limited data were received from the subjects. In fact, only 31 of 61 subjects attempted to measure the physiological parameters more than 150 times. Three of these 31 subjects showed significant

improvement in SBP but two showed significant deterioration of the health condition.

Most previous studies examined the relationship between SBP reduction and exercise, based on data for periods of 6 months. For 1-year monitoring, it is necessary to simplify the handling of medical devices, especially for the elderly.

### B. Relationship Between Blood Pressure and Exercise

1) *Walking Steps*: Our results indicated that higher numbers of walking steps were associated with improved SBP. Paffenbarger *et al.* [11] recommended increasing energy expenditure by 2000 kcal per week to reduce SBP. This is equivalent to 300 kcal per day, which corresponds to the energy expenditure of around 10 000 steps. In previous reports, 12 weeks of walking (average number of walking steps:  $13\,510 \pm 837$  steps/day) showed improvements of 10.2 and 8.4 mmHg in SBP and DBP, respectively [12]. Moreau *et al.* reported that resting SBP was reduced by 6 mmHg ( $P < 0.005$ ) after 12 weeks and was further reduced by 5 mmHg at the end of 24 weeks ( $P < 0.005$ ) [10]. In our studies, ID#2001 showed reductions of 10.4 and 7.0 mmHg in morning SBP and DBP after 1 year, respectively. ID#2065 also showed reductions of 8.7 and 5.1 mmHg in morning SBP and DBP, respectively. These results support the findings reported by Moreau *et al.* [10]. Additionally, Fig. 5 shows that a reduction in SBP required that the subject walked for more than 7000 steps per day. This agrees with previous findings [12].

Several intervention studies used periods of 12 or 24 weeks. In case ID#2001, the averaged SBP and DBP were reduced by 14.1 and 5.1 mmHg, respectively, after 24 weeks. However, after 1 year, the SBP and DBP were reduced by 10.4 and 7.0 mmHg, respectively. On the other hand, ID#2065 showed reductions of 3.6 and 4.5 mmHg in SBP and DBP, respectively, after 24 weeks. After 1 year, the reductions were 8.7 and 5.1 mmHg in SBP and DBP, respectively. The rate of reduction differs among individual subjects as well as by season.

With regard to the intensity of walking, MET (metabolic equivalent task) above 3 is recommended to produce health benefits (ACSM/AHA recommendation) [13]. To promote and maintain health, all healthy adults need to engage in moderate-intensity aerobic physical activities, such as walking for a minimum of 30 min per day 5 days a week, or vigorous intensity aerobic activity for a minimum of 20 min per day 3 days a week. In our pedometer study, we could only estimate exercise, based on the number of walking steps per hour. The data for ID#2001 and ID#2065 shown in Fig. 6 suggested that both subjects walked more than 1000 steps/h. However, this result did not indicate large percentages of high intensity physical activity, above 3 METS, with a walking speed of 4 km/h and around 5300 steps/h. Nevertheless, subjects with more than 7000 walking steps per day showed reductions in SBP.

The estimation is also difficult because of the very large degree of variance in the number of walking steps and because constant walking is typically not possible in the elderly, because of daily changes in physical condition and motivation. For example, subjects may not go outside on days when the weather

was bad. Thus, they met the recommendations on only some days during the period of monitoring.

2) *Physical Strength, Determined Using an Ergometer*: ID#2001 attempted to use the ergometer as an exercise tool and performed to the predetermined intensity of 50 W (about 3 METs) 188 times per year. The average exercise time was  $29.6 \pm 4.8$  min/time and expended  $97.1 \pm 17.5$  kcal/time. One-third of the reduction criterion of 300 kcal was concentrated in the 30-min exercise test. This exercise was good for the winter when the subjects remained at home. That is, the exercise test is safe and applicable for the elderly because it is an indoor activity.

3) *Exercise for the Elderly*: The ACSM/AHA recommends resistance training at least twice per week to provide a safe and effective means of improving muscular strength and also frequent exercise to improve BP. However, elderly subjects have an increased risk of injury and other adverse events, and therefore exercise must be performed carefully. In a systematic review of studies performed to evaluate the associations between pedometer use and changes in physical activity and health outcomes, Bravata *et al.* [14] reported that the mean intervention duration was 15.2 weeks, and that no evidence was available regarding whether the changes associated with pedometer use were maintained over the long term.

Several conclusions based on the results of this study are as follows:

- 1) If the subject performed the exercise with a total energy expenditure of 300 kcal, the BP was reduced over a period of 3 months.
- 2) The number of walking steps showed a large degree of variation and the subjects walked after assessing their conditions.
- 3) The intensity of exercise is an important factor in maintenance and reduction of SBP. To maintain muscle strength, suitable exercise in the home is required. A simple exercise machine that shows exercise intensity is needed at home.

It is important to develop guidelines that will encourage individuals at highest risk to maintain and reduce their BP. The type, frequency, intensity, and period of exercise are important points for improving the quality of life.

Finally, we have developed a system for monitoring blood pressure and other physiological parameters simultaneously. We tried to monitor a large number of subjects over 1 year, but we could analyze only four subjects precisely. The main reason for the lack of data was subject motivation, as the monitoring proved inconvenient for the subjects. Furthermore, if the subject's data did not differ much from day to day, he or she lost interest in long-term monitoring. Further development of the system should explore two main themes: developing a simple device for blood pressure monitoring and analyzing long-term physiological data in terms of its value in predicting and preventing disease.

### V. CONCLUSION

We have developed a simple home healthcare system with a unique transmission system, with which we performed a 1-

year field trial. The system performed without serious problems, but only 31 of 61 subjects provided sufficient data for statistical analyses. Among these 31 subjects, we carefully analyzed cases that showed both improvements and worsening of BP. The results indicated that subjects with energy expenditure of more and less than 300 kcal showed reduction and elevation of BP, respectively. We conclude that exercise is the most important factor in reducing BP. The improvements and changes in daily activity with or without intervention are important factors, and it is necessary for the subjects to have the motivation to make changes in their daily life. Although we recruited a relatively large number of subjects in the present study, the amount of effective data obtained was relatively low. Further improvements to the home healthcare system are required to enhance the subjects' motivation to monitor their health condition more extensively.

#### REFERENCES

- [1] G. O. Stergiou, N. M. Baibas, A. P. Gantzarou, I. I. Skeva, C. B. Kalkana, L. G. Roussias, and T. D. Mountokalakis, "Reproducibility of home, ambulatory, and clinic blood pressure: implications for the design of trials for the assessment of antihypertensive drug efficacy," *Am. J. Hypertens.*, vol. 15, pp. 101–104, 2002.
- [2] A. Jain and A. L. R. Krakoff, "Effect of recorded home blood pressure measurements on the staging of hypertensive patients," *Blood Press. Monit.*, vol. 7, no. 3, pp. 157–161, 2002.
- [3] G. Bobrie, N. Genès, L. Vaur, P. Clerson, B. Vaisse, J.-M. Mallion, and G. Chatellier, "Is 'isolated home' hypertension as opposed to 'isolated office' hypertension a sign of greater cardiovascular risk?" *Arch. Intern. Med.*, vol. 161, pp. 2205–2211, 2001.
- [4] T. Ugajin, A. Hozawa, T. Ohkubo, K. Asayama, M. Kikuya, T. Obara, H. Metoki, H. Hoshi, J. Hashimoto, K. Totsune, H. Satoh, I. Tsuji, and Y. Imai, "White-coat hypertension as a risk factor for the development of home hypertension: the Ohasama study," *Arch. Intern. Med.*, vol. 165, no. 13, pp. 1541–1546, Jul. 2005.
- [5] R. Sega, G. Trocino, A. Lanzarotti, S. Carugo, G. Cesana, R. Schiavina, F. Valagussa, M. Bombelli, C. Giannattasio, A. Zanchetti, and G. Mancia, "Alterations of cardiac structure in patients with isolated office, ambulatory, or home hypertension data from the general population (Pressione Arteriose Monitorate E Loro Associazioni [PAMELA] Study)," *Circulation*, vol. 104, pp. 1385–1392, 2001.
- [6] P. A. Smith, L. N. Graham, A. F. Mackintosh, J. B. Stoker, and D. A. Mary, "Sympathetic neural mechanisms in white-coat hypertension," *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 40, no. 1, pp. 126–132, Jul. 2002.
- [7] R. Sega, R. Facchetti, M. Bombelli, G. Cesana, G. Corrao, G. Grassi, and G. Mancia, "Prognostic value of ambulatory and home blood pressures compared with office blood pressure in the general population: follow-up results from the Pressioni Arteriose Monitorate e Loro Associazioni (PAMELA) Study," *Circulation*, vol. 111, pp. 1777–1783, 2005.
- [8] E. A. Young, R. M. Nesse, A. Weder, and S. Julius, "Anxiety and cardiovascular reactivity in the Tecumseh population," *J. Hypertens.*, vol. 16, no. 12, pp. 1727–1733, 1998.
- [9] I. Mizukura, T. Tamura, Y. Kimura, and W. Yu, "New application of IEEE 11073 to home healthcare," *The Open Med. Inf.*, vol. 3, pp. 32–41, 2009.
- [10] K. L. Moreau, R. Degarmo, J. Langley, C. McMahon, E. T. Howley, D. R. Bassett, and D. L. Thompson, "Increasing daily walking lowers blood pressure in postmenopausal women," *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 33, no. 11, pp. 1825–1831, 2001.
- [11] R. S. Paffenbarger, R. T. Hyde, A. L. Wing, and C. C. Hsieh, "Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni," *N. Engl. J. Med.*, vol. 314, no. 10, pp. 605–613, 1986.
- [12] M. Iwane, M. Arita, S. Tomimoto, O. Satani, M. Matsumoto, K. Miyashita, and I. Nishio, "Walking 10000 steps/day or more reduces blood pressure and sympathetic nerve activity in mild essential hypertension," *Hypertens. Res.*, vol. 23, no. 6, pp. 573–580, Nov. 2000.
- [13] AHA, "Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association," *Circulation*, vol. 116, pp. 1081–1093, 2007.
- [14] D. M. Bravata, C. S. Spangler, V. Sundaram, A. L. Gienger, N. Lin, R. Lewis, C. D. Stave, I. Olkin, and J. R. Sirard, "Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review," *J. Amer. Med. Assoc.*, vol. 298, no. 19, pp. 2296–2304, 2007.



**Toshiyo Tamura** (S'75–M'80–SM'04) received the Ph.D. degree from Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, in 1980.

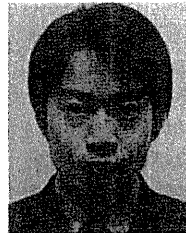
He was with Institute for Medical and Dental Engineering, Tokyo, Japan, as a research associate, in 1980. From 1993 to 1998, he was an Associate Professor at the Institute for Medical and Dental Engineering, Tokyo Medical and Dental University. From 1998 to 2003, he was the Director of the Department of Gerontechnology, National Institute for Longevity Sciences, Aichi, Japan. Since 2003, he has been a Professor in the Department of Biomedical Engineering, Chiba University, Graduate School of Engineering, Chiba, Japan. His scientific work is represented by more than 100 peer-reviewed articles in national and international journals and has presented numerous lectures at international meetings. His research and teaching interests include biomedical transducers involving noninvasive apparatus and biosignal analysis.

Dr. Tamura is an active member in several national and international societies. He has been the Chair of the IEEE/EMBS Tokyo Chapter during 1996–2000, and the Asian Pacific representative for the EMBS from 2000 to 2004. He serves as the President of the Japanese Society of Medical Electronics and Biological Engineering and the Japanese Society of Life Support Engineering.



**Isao Mizukura** received the M.S. degree from Keio University, Tokyo, Japan, in 1976 and the Ph.D. degree from Chiba University, Chiba, Japan, in 2010.

He joined Health Care Division, Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, in 1976. From 2003 to 2006, he has involved in the home healthcare project in Japan and served as an Assistant General Manager. His research themes are home healthcare, exercise therapy and system analysis.



**Masaki Sekine** (S'98–M'01) received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees from Tokyo Denki University, Tokyo, Japan, in 1996, 1998, and 2001, respectively.

He was a Postdoctoral Fellow at the Department of Gerontechnology, the National Institute for Longevity Sciences, Aichi, Japan, in 2001. From 2001 to 2003, he worked as a Research Associate at Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover, NH. He is currently an Assistant Professor at the Department of Medical System Engineering, Chiba University, Chiba, Japan. His current research

interests include biosignal processing, biosignal interpretation, health care monitoring, and rehabilitation engineering.



**Yutaka Kimura** received the M.D. degree from Kansai Medical University, Osaka, Japan, in 1981.

He is currently a Professor of Health Science and the Director of Health Science Center, Kansai Medical University, Osaka, Japan. He is a Board Certified Member of The Japanese Society of Internal Medicine, The Japanese Circulation Society, The Japanese Society of Physical Fitness, and Sports Medicine and Sports Doctor of Japan Medical Association. His research interests include exercise metabolism, obesity therapy, theme medicine, and

telecare medicine.

