

2. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion 1996 *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, Ga. US Dept of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. 1996.
3. Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr*. 2004;79:913S-920S.
4. Karmisholt K, Gotzsche PC. Physical activity for secondary prevention of disease: systematic reviews of randomised clinical trials. *Dan Med Bull*. 2005;52:90-94.
5. Shavers VL, Shavers BS. Racism and health inequity among Americans. *J Natl Med Assoc*. 2006;98:386-396.
6. Teitelbaum JB. Health care and civil rights: an introduction. *Ethn Dis*. Spring 2005;15(2, suppl 2):S27-S30.
7. Meyer IH. Prejudice, social stress, and mental health in lesbian, gay, and bisexual populations: conceptual issues and research evidence. *Psychol Bull*. 2003;129:674-697.
8. Sartorelli J. Gay rights and affirmative action. *J Homosex*. 27:179-222.
9. Kokkinos PF, Narayan P, Papademetriou V. Exercise as hypertension therapy. *Cardiol Clin*. 2001;19:507-516.
10. Smith TC, Wingard DL, Smith B, Kritz-Silverstein D, Barrett-Connor E. Walking decreased risk of cardiovascular disease mortality in older adults with diabetes. *J Clin Epidemiol*. 2007 Mar;60:309-317. Epub 2006 Oct 2.
11. Boardley D, Fahman M, Topp R, Morgan AL, McNevin N. The impact of exercise training on blood lipids in older adults. *Am J Geriatr Cardiol*. 2007;16:30-35.
12. Albright C, Thompson DL. The effectiveness of walking in preventing cardiovascular disease in women: a review of the current literature. *J Womens Health (Larchmt)*. 2006;15:271-280.
13. Larun L, Nordheim LV, Ekeland E, Hagen KB, Heian F. Exercise in prevention and treatment of anxiety and depression among children and young people. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006;3:CD004691.
14. Rosal MC, Ockene JK, Ma Y, et al. Behavioral risk factors among members of a health maintenance organization. *Prev Med*. 2001;33:586-594.
15. Dietz W. Physical activity and childhood obesity. *Nutrition*. 1991;7:295-296.
16. Levine JA. Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology [published correction appears in *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005;288:E285]. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2004;286:E675-E685.
17. Levine JA, Lanningham-Foster LM, McCrady SK, et al. Interindividual variation in posture allocation: possible role in human obesity. *Science*. 2005;307:584-586.
18. Morris JN, Hardman AE. Walking to health [published correction appears in *Sports Med*. 1997;24:96]. *Sports Med*. 1997;23:306-332.
19. Blair SN, Brodney S. Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:S646-S662.
20. Katsanos CS. Prescribing aerobic exercise for the regulation of postprandial lipid metabolism: current research and recommendations. *Sports Med*. 2006;36:547-560.
21. Kimber NE, Heigenhauser GJ, Spriet LL, Dyck DJ. Skeletal muscle fat and carbohydrate metabolism during recovery from glycogen-depleting exercise in humans. *J Physiol*. 2003 May 1;548:919-927. Epub 2003 Mar 21.
22. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Exercise physiology versus inactivity physiology: an essential concept for understanding lipoprotein lipase regulation. *Exerc Sport Sci Rev*. 2004;32:161-166.
23. Jilcott SB, Laraia BA, Evenson KR, Lowenstein LM, Ammerman AS. A guide for developing

- intervention tools addressing environmental factors to improve diet and physical activity. *Health Promot Pract* 2007;8:192-204.
24. Elliott MC, Wagner PP, Chiu L. Power athletes and distance training: physiological and biomechanical rationale for change. *Sports Med* 2007; 37:47-57
 25. Zderic TW, Hamilton MT. Physical inactivity amplifies the sensitivity of skeletal muscle to the lipid-induced downregulation of lipoprotein lipase activity. *J Appl Physiol* 2006 Jan;100:249-257 Epub 2005 Sep 29
 26. Orr CM. Knuckle-walking anteat: a convergence test of adaptation for purported knuckle-walking features of African Hominidae. *Am J Phys Anthropol*. 2005;128:639-658
 27. Morgan E. Bipedalism *Nutr Health* 1993;9:193-203
 28. UN-Habitat *State of the World's Cities 2004/2005: Globalization and Urban Culture*. New York, NY: United Nations Human Settlements Programme (Habitat), 2004.
 29. Levine JA, Weisell R, Chevassus S, Martinez CD, Burlingame B, Coward WA. The work burden of women. *Science* 2001;294:812.
 30. Weber R. The transparent village: the community and child rearing in Trinidad and Tobago *Desarro Base* 1994;18:19-31.

[Privacy](#) | [Contact Us](#)

Terms of use applicable to this site. Use of this site signifies your agreement to the Terms of Use
Copyright ©2001-2007 Mayo Foundation for Medical Education and Research. All Rights Reserved.

運動基準・指針を生かす個別プログラム

岡崎 和伸¹⁾・源野 広和²⁾・森川真悠子³⁾・能勢 博⁴⁾

1. 生活習慣病予防のための個別運動プログラム

個別運動指導の目的は、身体活動量と運動量を増加することによって、体力（最大酸素摂取量および筋力）を維持向上させることで、生活習慣病（メタボリックシンドローム：肥満、高血糖、高血圧、高脂血症）の発症リスクを可能な限り抑制することである。運動基準・指針で示された運動量、最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2\max$ ）、筋力の基準値^{1,2)}が一応の目安となるが、個人によって体力やトレーニング効果が大きく異なることから^{3,4)}、「自分の体力にあったプログラム」に基づいて運動することが望ましい。なぜなら、運動のやりすぎは筋や関節の障害や事故の原因になり、軽すぎる運動は効果が少なく、トレーニングが長続きしない原因になるからである。それにはまず、個別に体力測定を実施し、その結果に基づいて最適な運動強度を設定することが必要である。しかし、体力測定が困難な場合には、心拍数や主観的運動強度（RPE）に基づいてトレーニングを実施してもよい。ただし、その場合には運動による体力向上の効果を定量的に評価できない。

2. 個別運動プログラムの作成および指導方法

1) 持久性トレーニング

(1) $\dot{V}O_2\max$ の測定および推定方法

①直接法：専門スタッフと測定機器が完備されている場合で、運動負荷装置（自転車エルゴメータ、トレッドミル）の他、呼気ガス分析装置、心電図モニタ（心拍計）が完備していることが必要である。負荷漸増法によって最大運動負荷時の呼気ガスから $\dot{V}O_2\max$ を決定する⁵⁻⁷⁾。

②間接法：呼気ガス分析装置がない場合、高齢者などで最大運動まで負荷を上げない場合に用いる。方法は、負荷漸増法で最大下（RPE 13以上）まで運動強度を上げ、その際の心拍数と仕事量の間の回帰式を求める。次に、その式から予測最高心拍数（ $220 - \text{年齢}$ ）の仕事量を外挿して求め、それに仕事効率を乗じて $\dot{V}O_2\max$ とする^{5,7,8)}（表1参照）。

③簡易法：測定機器のない場合、あるいは一度に多人数の測定を行なう場合には、フィールドにおける12分間走^{9,10)}、20mシャトルラン¹⁰⁾など最大運動の結果から $\dot{V}O_2\max$ を推定する（表1）。

筆者：1) おかざき かずのぶ（信州大学大学院医学研究科）
 2) げんの ひろかず（信州大学大学院医学研究科）
 3) もりかわ まゆこ（信州大学大学院医学研究科）
 4) のせ ひろし（信州大学大学院医学研究科）

表1 VO₂maxの推定および最大運動強度の算出法 (文献8~11より筆者作成)

VO ₂ max (mL/kg/分)	12分間走 の走行距離 (m)	20m シャトルラン の往復回数 (回)	自転車 仕事量 (watts/kg)	走行速度 (m/分)	歩行速度 (m/分)	最大 運動強度 (kcal/kg/分)	最大 運動強度 (METs)
10	—	—	0.45	—	63	0.05	2.9
12	—	—	0.59	—	83	0.06	3.4
14	—	—	0.73	—	99	0.07	4.0
16	—	—	0.87	—	104	0.08	4.6
18	—	—	1.01	—	109	0.09	5.1
20	—	—	1.15	—	114	0.10	5.7
22	—	—	1.29	—	119	0.11	6.3
24	—	—	1.43	—	124	0.12	6.9
26	—	—	1.57	—	129	0.13	7.4
28	1,678	9	1.71	—	134	0.14	8.0
30	1,773	17	1.85	133	—	0.15	8.6
32	1,868	26	1.99	143	—	0.16	9.1
34	1,963	35	2.13	153	—	0.17	9.7
36	2,059	44	2.27	163	—	0.18	10.3
38	2,154	53	2.41	173	—	0.19	10.9
40	2,249	62	2.55	183	—	0.20	11.4
42	2,344	71	2.69	193	—	0.21	12.0
44	2,440	80	2.83	204	—	0.22	12.6
46	2,535	89	2.97	214	—	0.23	13.1
48	2,630	98	3.11	224	—	0.24	13.7
50	2,725	106	3.24	234	—	0.25	14.3

$$(\text{VO}_{2\text{max}}, \text{mL/kg/分}) = (12\text{分間走の走行距離, m}) \times 0.021 - 7.233$$

$$= (20\text{m シャトルランの往復回数, 回}) \times 0.225 + 26.07$$

$$= (\text{自転車仕事量, watts/kg}) \times 14.3 + 3.5$$

$$= (\text{走行速度, m/分}) \times 0.199 + 3.5$$

$$= (\text{歩行速度, m/分}) \times 0.103 + 3.5 (\sim 99\text{m/分})$$

$$= ((\text{歩行速度, m/分}) \times 0.392 - 28.2) + 3.5 (100\text{m/分} \sim)$$

$$(\text{最大運動強度, kcal/kg/分}) = (\text{VO}_{2\text{max}}, \text{mL/kg/分}) \times 0.005$$

$$(\text{最大運動強度, METs}) = (\text{VO}_{2\text{max}}, \text{mL/kg/分}) \div 3.5$$

④自分一人でできる簡易持久力推定：上記の方法は、基本的には専門の体育施設で、専門家によって実施されるVO₂maxの測定方法である。しかし、このような機会のない人が、自分一人で持久力の目安を簡単に知る方法を提案する。それは、運動場などあらかじめ距離のわかる場所で、RPEが13「ややきつい」と感じる程度で3分間程度の歩行・走行を実施し、その際の距離と時間から算出される速度(m/分)をもとに酸素摂取量(表1)を決定し、それを1.54倍(20/13)した値がおおよそそのVO₂maxとなる。この際のRPE13とは、ボルグ指数と呼ばれ、表2で示すように、何もしないで安静にしている時を6、全力を出し切って、

これ以上きつい運動ができない時を20とした時の相対値である。(例：RPE13「ややきつい」で6分間歩いたときの歩行距離が660m(速度：110m/分)の時、酸素摂取量は18.4mL/kg/分、推定されるVO₂maxは、18.4×1.54≒28.4mL/kg/分となる。しかし、これはあくまでも目安であって、できるだけ専門家の立会いで上記①～③の方法で測定することが望ましい。)

(2) 持久性トレーニングプログラムの作成方法
個人の測定・推定したVO₂maxを最大運動強度(kcal/kg/分あるいはMETs)に換算し^{*)}(表1)、それにしたがって以下の手順で運動プログラムを作成する。

表2 主観的運動強度 (RPE), Borg 指数

RPE スケール	感じ方
20	
19	非常にきつい
18	
17	かなりきつい
16	
15	きつい
14	
13	ややきつい
12	
11	楽である
10	
9	かなり楽である
8	
7	非常に楽である
6	

①運動強度

持久力向上のための安全で効果的な運動強度は、最大運動強度の70%程度である^{3,12,13}。これから運動を開始する人では、運動開始から1カ月目は50%、2カ月目に60%、3カ月目に70%と段階的に強度を増加させる。すでに運動習慣のある人では、60%からはじめ、2カ月目に70%を目標とする。ただし、体力レベルの低い人 ($\dot{V}O_2\max$ が健康づくりのための基準値²⁾ 以下の人) では、40%からはじめ、1カ月ごとに10%ずつ増加し、4カ月目に70%を目指す。各個人のトレーニングに対する反応により±10%増減してもよいが、最大運動強度の85%を超えないようにする。実施する運動の絶対強度を次式により算出する。

$$\text{(絶対強度)} = \text{(最大運動強度)} \times \text{(相対強度)} \times 0.01$$

(例： $\dot{V}O_2\max$ が30mL/kg/分で最大運動強度が0.15kcal/kg/分の人が、相対強度60%で運動する場合、実施する運動の絶対強度は、 $0.15 \times 60 \times 0.01 = 0.09\text{kcal/kg/分}$ (= 5METs) である。)

一方、強度がわからない運動をする場合や、距離がわからない起伏のある場所で速歩やランニングを実施する場合は、目標の相対強度を達成するために運動中の心拍数 (HR) を参考にする。個人の最高HRが既知の場合には、次式により各個

人ごとに目標HRを算定する。また、個人の最高HRが不明な場合には、年齢からの予測最高HR ($220 - \text{年齢}$) を用いる^{3,5)}。

$$\text{(目標HR)} = ((\text{最高HR}) - (\text{安静時HR})) \times \text{(相対強度)} \times 0.01 + (\text{安静時HR})$$

(例：最高HRが160拍/分、安静時HRが60拍/分の人が、相対強度60%で運動する場合、目標HRは、 $(160 - 60) \times 60 \times 0.01 + 60 = 120\text{拍/分}$ である。)

この場合、運動中にHRの測定を行わない場合は、表2のRPEを指標にして目標の運動強度を達成させる。これから運動をはじめる人では、運動開始から1カ月目は9の「かなり楽である」、2カ月目に11の「楽である」、3カ月目に13の「ややきつい」と感じる強度を目標とする。すでに運動習慣のある人では、1カ月目は11の「楽である」、2カ月目に13の「ややきつい」と感じる強度を目標とする。

②運動種目・様式

設定された絶対強度に相当する運動を「主な活動時におけるMETs値」^{14,15)} の表中から選択し、各個人の身体状況、好みやライフスタイルにあわせて決定する。通常、速歩、自転車、水泳、水中運動、エアロビクス、ランニングなどが推奨される。同程度の強度のレクリエーション運動 (球技、ダンス、登山など) を行なってもよい。また、同一の運動を繰り返すことによる傷害や飽きを防ぐために、異なった形式の複数の運動を併用するのもよい。しかし、「主な活動時におけるMETs値」はあくまでも平均値であり、同じ種目の運動でも競技として実施する場合と楽しんで実施する場合では強度が大きく異なることに注意する。この場合、運動中に目的の相対強度になるように運動の内容を調節する。速歩、ランニング、自転車の場合は、絶対強度から表1を用いて行なう運動の速度 (m/分) あるいは負荷 (watts/kg) を算出することができる。(例：絶対強度0.09kcal/kg/分 (= 5METs) の運動は、速歩 (109m/分) や自転車 (1.01watts/kg) などである。)

③運動量

表3 筋力トレーニングの状況別の負荷強度、回数、セット数、頻度、および種目

	マシン・フリーウエイト		目重負荷あるいはバンド
	最大筋力測定あり	最大筋力測定なし	最大筋力測定なし
負荷強度回数	最大筋力の50～80% 高負荷なら3～5回 中負荷なら8～10回 低負荷なら12～15回	RPE15～16(最大疲労を感じる2～3回手前)	左に同じ
セット数	1～2セット	左に同じ	左に同じ
頻度	2～3日/週	左に同じ	週3～7日
種目	スクワット、レッグエクステンション、ヒップエクステンション、カーフレイズ、チェストプレス、上体起こし、腹筋、背筋など	左に同じ	スクワット、ヒップエクステンション、かかと上げ、腕立て伏せ、上体起こし、腹筋、背筋など

各人の運動量は基準値の範囲(週2～10METs・時)を目標とする。現在、運動習慣のまったくない人は、週2METs・時(≒125kcal/週)からはじめ、慣れてきたら段階的に週4METs・時(≒250kcal/週)以上を目標とする。現在の運動量が週4METs・時以下の人では、段階的に運動量をあげ、週4METs・時以上を目標とする。一方、現在の運動量が週4METs・時以上の人や体力のある人では、段階的に週10METs・時(≒625kcal/週)まで増加させる。運動量の増加率は1カ月毎に週2METs・時(≒125kcal/週)を目安とする。

④運動時間

1週間当たりの運動時間(分/週)は、目標の運動量と実施する運動の絶対強度から次式により決定する。

$$(\text{運動時間, 分/週}) = (\text{目標運動量, kcal/週}) \div ((\text{絶対強度, kcal/kg/分}) \times (\text{体重, kg}))$$

(例: 体重60kg, 運動量の目標値が250kcal/週(≒4METs・時/週)、実施する運動の絶対強度が0.09kcal/kg/分(≒5METs)の速歩の場合、運動時間は、 $250 \div (0.09 \times 60) \approx 46$ 分/週である。)

⑤運動頻度

目標の1週間当たりの運動時間を週2～5日で達成するように、各個人のライフスタイルにあわせて運動頻度を設定する。1回の運動時間は、20分以上が推奨される^{3,12)}。しかし、まとまった時

間のとれない人では、10分程度の運動を1日に複数回実施するなどして、目標の1週間当たりの運動時間を達成するように指導する。(例: 46分/週の運動なら、20分と26分の2回の運動、あるいは、15分の運動を3回、などのように実施する。)

⑥期待される効果

健康な成人では、このような個別の持久性トレーニング(相対強度40%～85%、1回20～60分、週3～5回^{3,4,12,13)}を3～6カ月間実施すると、年齢性別にかかわらず、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は5～20%増加することが期待できる^{3,4)}。

2) 筋力トレーニング

運動基準・指針では、生活習慣病を予防するために、筋力を各年代の平均値以上に保つことが推奨されている^{3,14)}。筋力は加齢により低下し、特に上肢に比べて下肢の筋力低下が顕著であり¹⁵⁾、これに伴ってADLの低下や転倒の危険性が増加する^{3,15,16)}。また、中高年者では下肢の筋力や筋量とともに $\dot{V}O_2\text{max}$ が低下する^{16,17)}。したがって、生活習慣病予防のために、特に下肢主要筋群に対する筋力トレーニングを実施することが重要である^{3,15)}。

(1) 筋力トレーニングプログラムの作成方法

①負荷強度および回数

・専門スタッフがいる場合: 専門スタッフがあり、筋力トレーニングマシンやフリーウエイトの

設備がある場合は、まず、各種目で最大筋力を測定^{3,12}し、それに基づいて負荷強度と回数を決定する^{3,12,13} (表3)。

・専門スタッフがない場合：専門スタッフがない場合で設備がある場合、高齢者など最大筋力の測定が困難場合には、最大筋力の測定は行なわず、各種目とも10～15回でRPEが15「きつい」～16、あるいは最大疲労を感じる2～3回手前程度の負荷を設定する^{3,12,14}。さらに、マシン設備がない場合、自重負荷あるいはバンドを用いて、各種目ともRPE 15「きつい」～16と感ずる程度までの回数を行なう^{3,12,13}。

ただし、いずれの場合も負荷強度と回数は、1～2カ月かけて目標値に到達するようにする。正しい姿勢で行なうように指導する。反動や勢いをつけず、1回3秒収縮－3秒伸展で行なう。運動中に息をこらえないように注意する。

②セット数

1日、1～2セット行なう。これから運動をはじめめる人では1セットからはじめ、慣れてきたら2セット行なうようにする。正しい姿勢で運動が行なえるように、セットの間には十分時間をとる。

③1週間当たりの運動頻度

マシンやフリーウェイトを用いる場合は、週2～3日行なう。1日にすべての種目を行なわず、2～3種類の運動を数日に分けて行なってもよい^{3,12,13}。自重負荷あるいはバンドを用いる場合は、週3～7日行なう¹⁵。

④期待される効果

健康な成人では、このような個別の筋力トレーニング (50～80%IRM, 3～15回×1セット以上、週2～3回^{3,4,12,13}) を3～6カ月間実施すると、年齢性別にかかわらず、最大筋力 (IRM) は10～110%増加することが期待できる^{3,4,19,20}。

3) その他

(1) 運動プログラム

1回のトレーニングメニューは、準備運動 (5～10分) —主運動 (20～60分) —整理運動 (5～10分) で構成する^{1,21}。主運動は持久性運動およ

び筋力運動で構成する。準備運動 (ウォーミングアップ) ・整理運動 (クーリングダウン) は、運動によるケガや事故を予防し、運動後の疲労を軽減するために必要であり、柔軟性運動²¹と低強度の持久性運動 (20～40% $\dot{V}O_2$ max) を実施する。われわれの実施例を表4に示した。

(2) トレーニング評価、再設定のための 体力測定

実施した運動の内容 (強度、種目、時間) を記録し、定期的にトレーニング効果を評価する。トレーニングで $\dot{V}O_2$ maxや筋力が増加すると、以前と同じ負荷で運動を行なっても、効果が見込めない。そこで定期的 (3～6カ月ごと) に体力測定を行ない、運動負荷強度の再設定を行なう。この結果を本人にフィードバックすることで、トレーニング効果を客観的に自覚でき運動継続につながる。

(3) 留意点

①各個人の体調にあわせて運動の内容を調節する。②運動を実施する環境 (天候、気温) を考慮し、実施する運動の内容を調節する。特に、夏場の暑熱環境下で運動する場合には、脱水や熱中症の発症に注意する。③何らかの疾病治療中の者、整形外科的疾患を有する者は医師と相談する。

3. 個別運動指導の実施例

1) 松本市熟年体育大学のマシントレーニング

松本市熟年体育大学¹⁶⁻²⁰は2年制で、1年目は、ウォーキングと軽スポーツの集団指導を、2年目からは生活習慣病予防と体力向上を目的として、個人の体力にあった個別運動指導を実施している。その内容は、①年3回の健康・体力評価、②週1回、約90分のマシンを使った個別運動指導 (表4)、③家庭でのトレーニング (ウォーキング、自重負荷筋力トレーニング)、④月1～2回の健康スポーツなどの実技セミナー、⑤トレーニング成果の個別フィードバックである^{21,22}。この個別運動指導を466名 (62±6 (SD) 歳) に行なった結果、6～9カ月後に生活習慣病指標 (体重、体脂

表4 松本市熟年体育大学におけるマシンを使った個別運動指導

内容	詳細		
セルフチェック	血圧、体重、体脂肪率		
ウォーミングアップ	ストレッチ (5分)、ウォーキング (6分)		
自重負荷筋力トレーニング (スクワット、かかと上げ、腹筋、背筋、骨盤挙上)	1～3週	4週～	
	回数: 5回 (1回5秒) × 2セット	回数: 10回(1回5秒) × 2セット	
持続性トレーニング (自転車エルゴメータ)	1～6週		7週～
	負荷: 50% VO ₂ max ※ 時間: 30分 (15分 × 2回)		負荷: 60～80% VO ₂ max ※ 時間: 30分 (15分 × 2回)
マシンを使った筋力トレーニング (レッグエクステンション、レッグカール)	1～4週	5～12週	13週～
	負荷: 40% 1RM ※ 回数: 10回 × 2セット	負荷: 50% 1RM ※ 回数: 10回 × 2セット	負荷: 50% 1RM ※ 回数: 10回 × 3セット
クーリングダウン	ストレッチ (5分)、アイシング (6分)		

※体調が悪い場合やトレーニング間隔が3週間以上あいている場合は、負荷を10%下げる。

肪率、血圧、血中脂質) が改善し、さらに、VO₂max、等尺性膝伸展筋力、最大歩行速度などが10～20%向上した^{21,24)}。

2) マシンなしの体力アップのための

個別運動指導の実施例

マシンを使った体力向上トレーニングは、施設、スタッフ、費用の面から参加者に制限がある。そこで、われわれは、「インターバル速歩」と「ITネットワーク」を併用した体力向上のための遠隔型個別運動指導を開発したので紹介する^{18,19,23,24)}。図1にその概念図を示した。まず、個人の最大運動強度 (VO₂max) を計測し、その70%の強度を運動計測器 (熟大メイト) に記録する。参加者は、熟大メイトを腰に装着し、最大運動強度の70%と30%の歩行をそれぞれ3分ずつ交互に繰り返す「インターバル速歩」を、1日30～60分間、週4日実施する。インターバル速歩中の消費カロリー量は熟大メイトに記録される。参加者は2週間ごとに熟大メイトをサービス拠点に持参し、インターネットを通してデータをホストコンピュータに転送する。すると、それに対する評価がホストコンピュータからフィードバックされる。それに基づいてトレーナーが個別運動指導を行なう。その際、保健師も同席し、栄養指導、メンタル指導を行なう。

平成17年度、経済産業省「健康サービス産業創出支援事業」の資金的援助を得、この遠隔型個別運動指導を20～80歳代の912名 (56 ± 17 (SD) 歳) に実施した。インターバル速歩の実施率は、全トレーニング日数の43% (3日/週) で、1日当たりの速歩時間は20分、普通歩き時間は26分であった。また、1日当たりの速歩および普通歩きによるエネルギー消費量は、それぞれ87および51kcalであった。5カ月の指導後に、生活習慣病指標である、体重、体脂肪率、BMI、最高血圧、最低血圧、血中高コレステロール濃度、空腹時血糖値、HbA1Cのすべてが改善した。特に、これらのパラメータが高い上位20%の集団では、それぞれの値が約10%低下した^{19,20,24)}。さらに、介護予防指標である、膝伸展筋力 (図2)、膝屈曲筋力、最大酸素摂取量についても改善がみられ、特に、体力の低い下位20%の集団では、20%ものこれらの体力指標の向上を認めた。また、これらすべての改善度は1週間当たりの速歩時間に比例した。

以上のように、体力向上のための個別運動指導の本質は、「まず、個人の体力測定を行ない、体力の最大値を求めること」、次に「その一定割合以上の運動を負荷すること」に尽きる。さらに、これらのさまざまな指標の変化を逐次参加者に

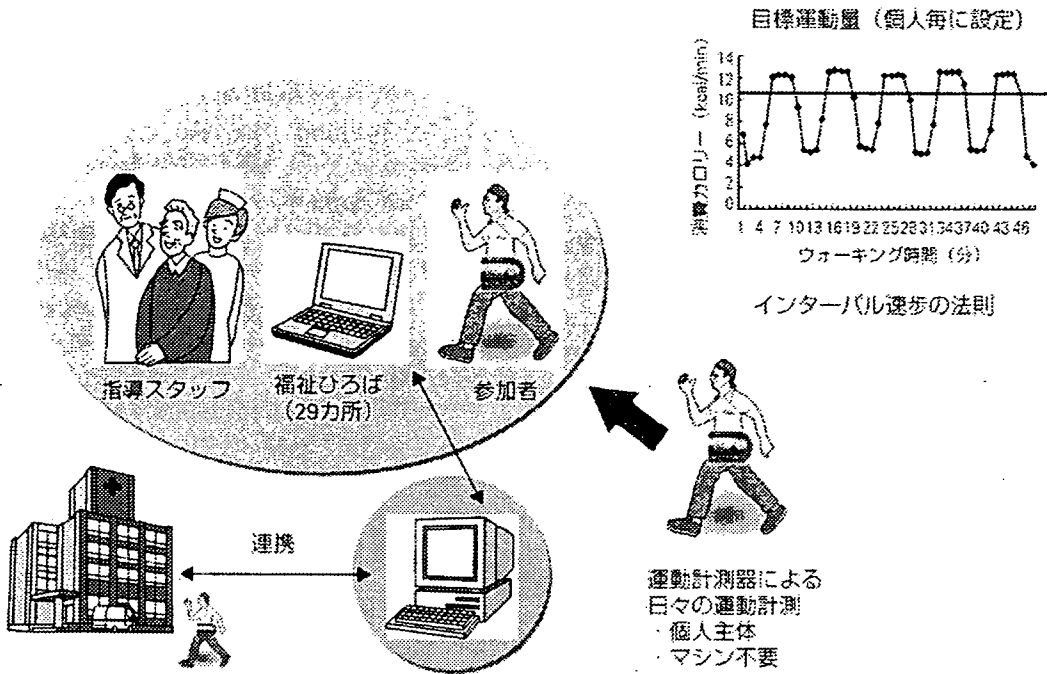


図1 「インターバル歩き」と「ITネットワーク」を用いた遠隔型個別運動指導の概念図

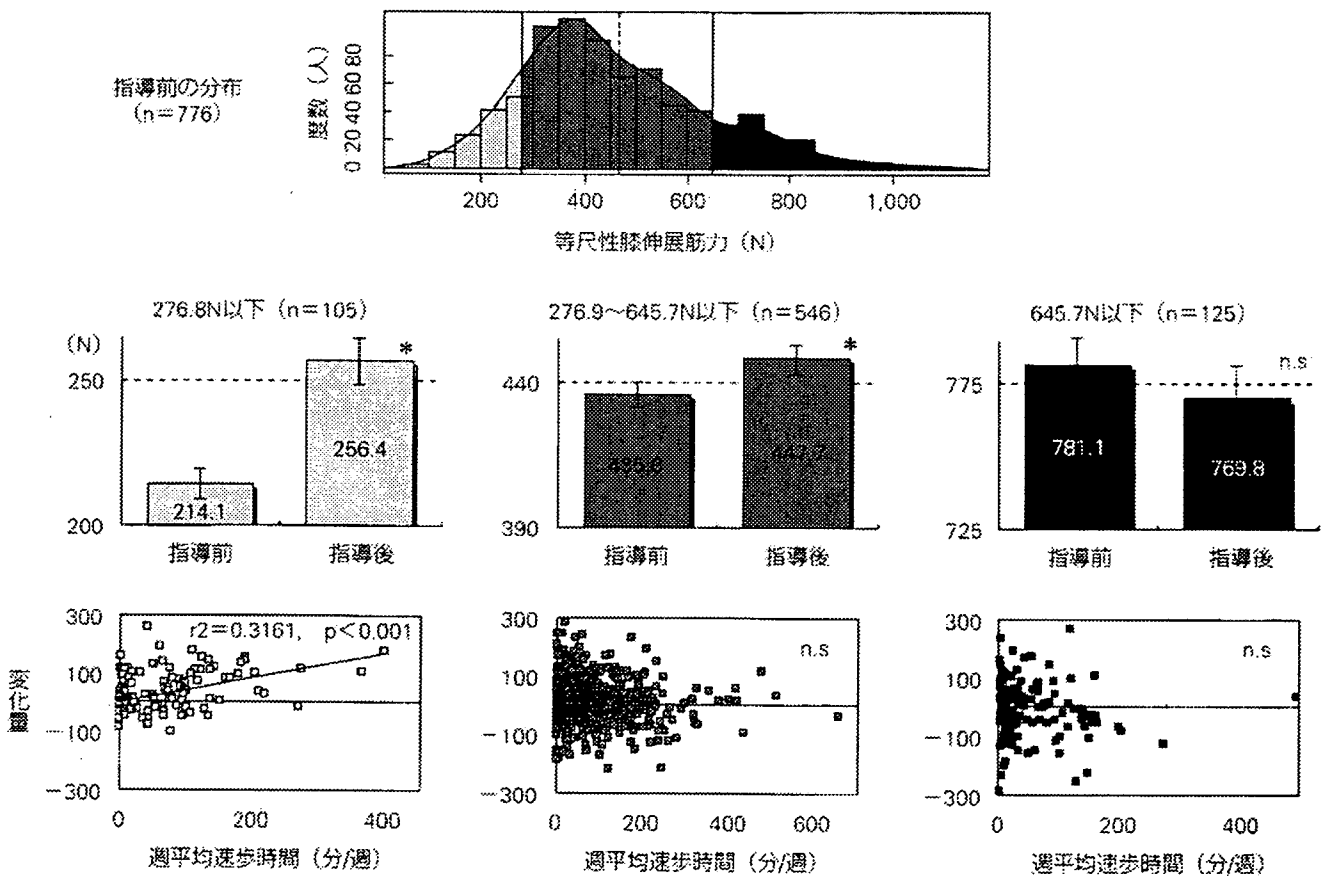


図2 インターバル歩きトレーニングによる等尺性膝伸展筋力の変化

全参加者の平均的な値より低い層 (左)、平均的な値の層 (中央)、平均的な値より高い層 (右)

*指導前と比べて有意差 $p < 0.001$

フィードバックすることが運動継続をエンカレッジするために重要である。

【文 献】

- 1) 田中茂徳：生活習慣病予防のための身体活動・運動量. 体育の科学, 56 : 601—607, 2006
- 2) 宮地元彦：生活習慣病予防のための体力. 体育の科学, 56 : 608—614, 2006
- 3) General Principles of Exercise Prescription Chapter 7 In : ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 7th Edition. pp133—173. 2005
- 4) Okazaki K. et al.: Effects of exercise training on thermoregulatory responses and blood volume in older men. J Appl Physiol, 93 : 1630—1637, 2002
- 5) Health-Related Physical Fitness Testing and Interpretation Chapter 4 In : ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 7th Edition. pp55—92. 2005
- 6) Clinical Exercise Testing Chapter 5 In : ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 7th Edition. pp93—114. 2005
- 7) 山路啓司：改訂 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院, 2001
- 8) Appendix D Metabolic Calculations In : ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 7th Edition. pp286—299. 2005
- 9) Cooper KH : A means of assessing maximal oxygen intake. JAMA, 203 : 135—138. 1968
- 10) 文部科学省：新体力テストの有意義な活用のために. ぎょうせい, 2000
- 11) Ainsworth BE. et al.: Compendium of physical activities : an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc. 32 : S498—S504. 2000
- 12) American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 30 : 975—991. 1998
- 13) American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. Med Sci Sports Exerc. 30 : 992—1008. 1998
- 14) 健康づくりのための運動基準 (2005年) ~身体活動量・運動・体力~. 厚生労働省, 2006
- 15) Hunter GR. et al.: Effects of resistance training on older adults. Sports Med, 34 : 329—348. 2004
- 16) Fleg JL. et al.: Role of muscle loss in the age-associated reduction in $\dot{V}O_2$ max. J Appl Physiol, 65 : 1147—1151. 1988
- 17) 岡崎和伸ほか：高齢者への持久性および筋力トレーニングが血液量、下肢筋量、および最大酸素摂取量に与える影響. 体力科学, 50 : 885, 2001
- 18) 田中喜代次ほか：高齢者を対象とした運動の種類と特徴. 高齢社会における運動支援実践ガイド. 臨スポーツ医 (臨時増刊号), 22 : 86—91, 2005
- 19) Iwashita S. et al.: Triaxial accelerometry to evaluate walking efficiency in older subjects. Med Sci Sports Exerc. 35 : 1766—1772. 2003
- 20) Nemoto K. et al.: Walking regimen to increase aerobic capacity and thigh muscle strength for elderly people by accelerometry. FASEB J. 20 : A383. 2006
- 21) 岩下 聡ほか：熟年体育大学 実践マニュアル. pp1—78. オフィス・エム, 2005
- 22) 岩下 聡ほか：平成13年度「松本市熟年体育大学」における個別・持久性・筋力トレーニングの成果. 体力科学, 51 : 698. 2002
- 23) 能勢 博ほか：松本市熟年体育大学 (組織運営の立場から). 高齢社会における運動支援実践ガイド. 臨スポーツ医 (臨時増刊号), 22 : 340—345. 2005
- 24) 能勢 博ほか：松本市熟年体育大学 (プログラムの実際). 高齢社会における運動支援実践ガイド. 臨スポーツ医 (臨時増刊号), 22 : 346—351. 2005

連載：運動による介護予防の実践

4 運動による介護予防システム構築の試み(1) — 熟年体育大学の挑戦 —

岡崎 和伸¹⁾・源野 広和²⁾・能勢 博³⁾

1. 熟年体育大学の理念

「松本市熟年体育大学」は、松本市と信州大学の共同事業として平成9年度に発足し、今年で11年目になる。当初、官主導型の事業で定員が100名であったが、その後、市民の絶大な支持を得、民間企業や長野県内外の自治体を巻き込んで、総参加者1,400名の産・学・官・民の共同事業体にまで発展している。現在、運営は市民中心の組織である「NPO法人・熟年体育大学リサーチセンター(JTRC, <http://www.jtrc.or.jp/index.html>)」が担当している。

図1¹⁾は本事業の「理念」を示したものである。図からわかるように、われわれの身体機能は20歳代でもっとも高くなり、その後は加齢とともに10歳ごとに5~10%ずつのペースで低下する。そして、これらが20歳代のおおよそ30%以下にまで低下すると、自立した日常生活が困難となり、要支援・要介護の対象となる。これをADL不全閾値と呼び¹⁾、「健康寿命」の終焉を意味する。図の例では、運動習慣のない人の健康寿命が70歳であるのに対し、ある人では85歳である。ヒトの生物学的な寿命が90歳前後と考え

れば、運動習慣を獲得することで、健康寿命を終えてから死ぬまでの要支援・要介護に必要な医療費の削減につながることを期待できる。実際、WHOの2004年の報告によると、2002年の日本人の平均寿命は男性で78.4歳、女性で85.3歳と、両者とも世界一であるものの、健康寿命は男性で72.3歳、女性で77.7歳であり、それぞれ6.1年、7.6年の期間が要支援・要介護の対象となっている。松本市熟年体育大学の理念は、この期間をできるだけ短縮し、参加者に死ぬまで健康で(ピンピン)、天寿を全う(कोरोリ)してもらうことである。以下、その特徴と成果を概説する。

2. 熟年体育大学のシステムの特徴

松本市熟年体育大学のシステムの概略を図2に示した。まず、各個人の最大消費エネルギー(=最高酸素摂取量、 $\dot{V}O_{2peak}$)を計測し、その70%の強度を熟大メイトに記録する。次に、参加者は熟大メイトを用いて $\dot{V}O_{2peak}$ の70%強度以上の速歩を普通歩行と交互に3分ずつ繰り返す「インターバル速歩」を、速歩の週合計が60分以上になるように実施するが、この際、実施期間中

筆者：1) おかざき かずのぶ (信州大学大学院医学研究科 加齢適応医科学系独立専攻 スポーツ医科学分野, NPO法人・熟年体育大学リサーチセンター(JTRC))
2) げんの ひろかず (信州大学大学院医学研究科 加齢適応医科学系独立専攻 スポーツ医科学分野, NPO法人・熟年体育大学リサーチセンター(JTRC))
3) のせ ひろし (信州大学大学院医学研究科 加齢適応医科学系独立専攻 スポーツ医科学分野, NPO法人・熟年体育大学リサーチセンター(JTRC))

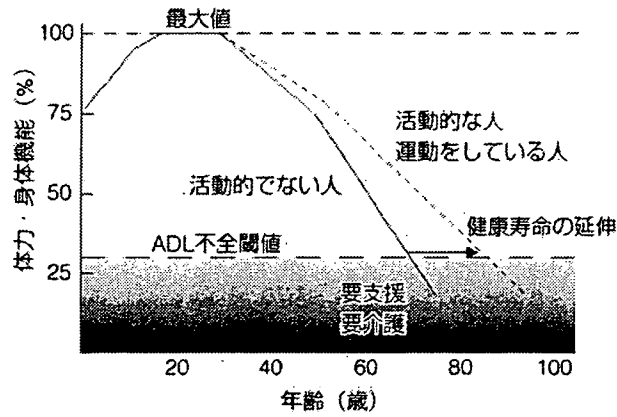


図1 運動による介護予防の概念図(岡崎ほか, 2007¹⁾, Kickbusch, 1997²⁾より引用改変)

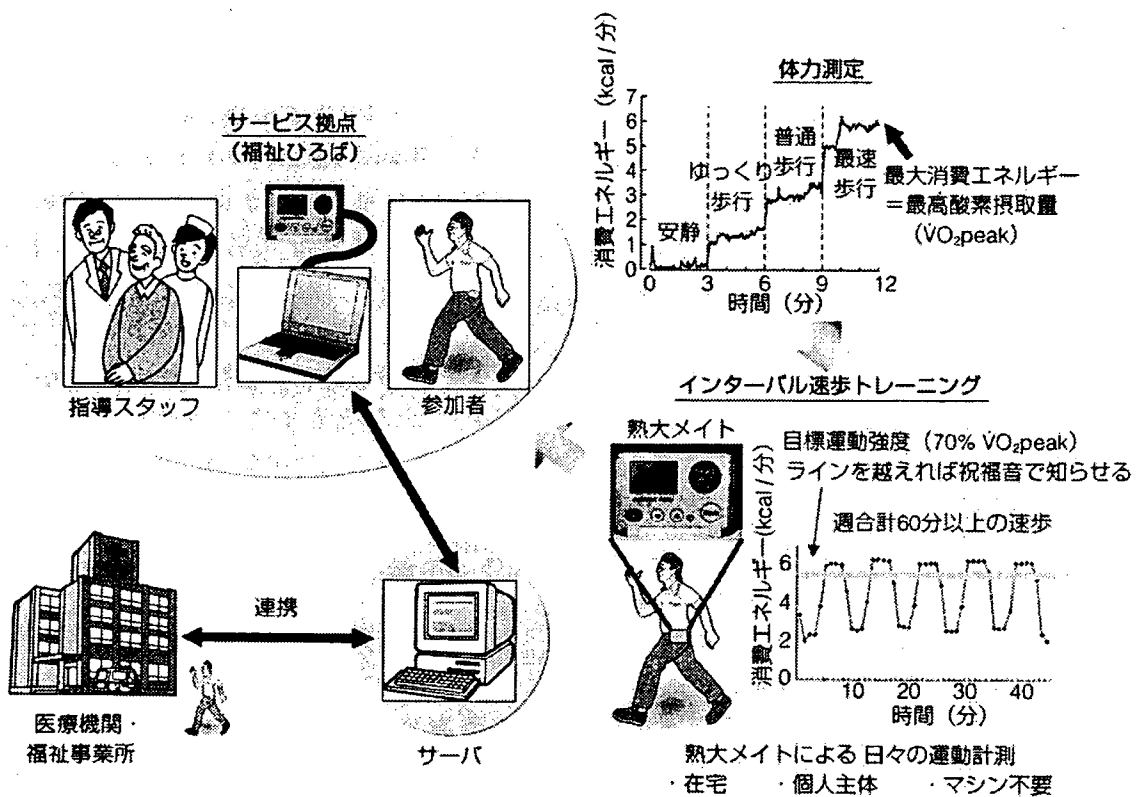


図2 松本市熟年体育大学のシステム概念図

の運動量を熟大メイトに記録する。そして、2週間に1度、熟大メイトをサービス拠点に持参し、データをサーバに転送する。その際、折り返しサーバから自動的にフィードバックされた評価をもとに、トレーナー、保健師などの現場スタッフが、個別運動・健康指導を行なう。以上が本システムの概略であるが、この方法に到達するのにわれわ

れは10年近い歳月を必要とした。以下に同システムの開発経緯と特徴を述べる。

1) 体力アップのためには個別運動処方が大切
この事業を開始した当時、「1日1万歩」をスローガンに運動指導を実施した。ところで、ウォーキングによる運動指導の効果を検証するには、参

加者の毎日の歩数の記録が必須である。しかし、当時は現在ほどITが普及していなかったため、参加者に歩数計を配布し、毎日の歩数を日誌に記録していただき、それを月に一度、市の体育館で開催するスポーツ・イベントにあわせて回収し、手作業でコンピュータに打ち込む、という大変な作業を市職員にお願いした。そして数年間のデータの蓄積から、「1年間1日1万歩毎日歩けば、一体どんな効果があるか」を検証した。その結果、全参加者の30%がウォーキングを8,000歩・日以上、全日程の90%以上実施したが、その方々では確かに体重、体脂肪率、血圧、血中脂質などの生活習慣病予防指標が改善したが、介護予防指標である全身持久力、脚筋力はまったく変わらなかった³⁻⁶⁾。その原因を文献から詳細に検討した結果、中高年の通常のウォーキングにおける運動強度が $\dot{V}O_2\text{peak}$ の30~40%程度でしかなく、体力アップを図るには低過ぎることが明らかとなった。

そこで、熟年体育大学で1年間ウォーキング・プログラムを修了した参加者を対象に、米国スポーツ医学会の運動処方指針に基づき、個人ごとに体力測定を実施し、それに基づく1年間の個別運動処方プログラムを実施した。現在までに、その総数は600名に達する。まず、各個人ごとに、マシンで等尺性脚伸展・屈曲筋力、 $\dot{V}O_2\text{peak}$ を測定し、その後、1日1週の頻度で、マシンを用いた積極的な持久性（自転車エルゴメータ、50~80% $\dot{V}O_2\text{peak}$ 、30分・日）と筋力トレーニング（脚伸展および屈曲、40~50%1RM、10回×2~3セット・日）を実施した。この結果、全参加者の80%が全プログラムを完遂し、生活習慣病予防指標が、通常のウォーキング指導に比べより大きく改善し、さらに $\dot{V}O_2\text{peak}$ 、等尺性脚伸展・屈曲筋力、 $\dot{V}O_2\text{peak}$ が10~20%増加した³⁻⁶⁾。また、運動継続率が通常のウォーキング指導に比べて著しく向上したが、それは、個人の体力に基づいた運動プログラムを提供し、その効果を専門のトレーナーが一定期間ごとに評価することが参加者の励みになったためである。

ところが、このようなマシンを使ったトレーニングは、施設、スタッフ、費用の面から限度があり、20万人都市の松本市でさえ年間100~200名が精一杯で、全国民が広く参加することは困難である。

2) 「熟大メイト」によってフィールドで個別運動処方が可能になった

個別運動処方をフィールドで実施するために、マシンを用いなくてもフィールドで個人ごとに脚筋力、 $\dot{V}O_2\text{peak}$ を簡便測定でき、かつ、その70%以上の強度で運動した際のエネルギー消費量を精度よく測定できる装置が必要となった。そこで開発したのが「熟大メイト」である(図2)。熟大メイトは3軸の半導体加速度計を内蔵しており、通常のウォーキング以上の速度で歩いてもエネルギー消費量(酸素摂取量)が精度よく測定できる装置である^{3,7,8)}。まず脚筋力は、熟大メイトを参加者の腰に装着させた後、25mの距離を最大速度で歩行させ、その間の加速度から求めるが、この値はマシンによる等尺性脚伸展筋力とほぼ一致する⁹⁾。また、 $\dot{V}O_2\text{peak}$ は3段階ステップアップ歩行テストによって求める。すなわち、各参加者に、立位安静、ゆっくり歩行、普通歩行、最大歩行を3分間ずつ行なわせ、最大歩行時の最後の3分間のエネルギー消費量を熟大メイトで求める。その際、付属の赤外線センサーを耳朶に装着し心拍数を計測し、それが年齢から推定される最大心拍数であることを確認する。ここで求めた値は自転車エルゴメータによる負荷漸増法から求めた結果とほぼ一致する⁷⁾。この70%の値が個人のトレーニング中の目標運動強度として熟大メイトに自動的に設定される。その後、参加者は熟大メイトを腰に装着し、装置から発せられる速歩―普通歩行切り替え音や、速歩時に目標値に到達したことを知らせる祝福音を頼りにインターバル速歩を実施する。以上、本器の開発によってフィールドでの個別運動処方が可能となった。

3) インターバル速歩でマシンなしで 体力アップが可能になった

次に、マシンを使わない運動方法を開発した。米国スポーツ医学会 (ACSM) の運動処方指針によれば、 $\dot{V}O_2\text{peak}$ の 50~85% の自転車やトレッドミル運動を 3~4 日/週、30~60 分間/日実施すれば、6 カ月間で $\dot{V}O_2\text{peak}$ が 10~20% 増加することを示唆している。そこで、この方法を中高年のウォーキングに応用したのがインターバル速歩である。すなわち、中高年者では最大歩行を 3 分間実施させるとほぼ心拍数がその最大値に達することを発見し、したがって、その 70% 以上の運動強度でウォーキングを実施させれば、持久力アップが期待できると考えた。また、「速歩」「緩歩」を交互に行なうスタイルを採用したのは、1 年間の予備実験から、3 分間以上の連続速歩が中高年参加者には非常に不評で、体力アップに必要な運動量が得られなかったからである。以上の背景からインターバル速歩トレーニングの効果を判定するために、44~78 歳の中高年の男女 246 名をインターバル速歩群、普通歩行群、コントロール群に分けて、5 カ月間のトレーニング効果を比較した。インターバル速歩群では、被験者に 70~85% $\dot{V}O_2\text{peak}$ に相当する速歩を 15 分/日 (3 分間 \times 5 回)、4 回/週以上行なわせた。一方、普通歩行群では、40~50% $\dot{V}O_2\text{peak}$ に相当するウォーキングを 1 日 8,000 歩以上、4 回/週以上行なわせた。その結果、インターバル速歩群でのみ、 $\dot{V}O_2\text{peak}$ と等尺性脚伸展筋力が 10~15% 増加した (図 3)²⁾。以上、インターバル速歩トレーニングはマシントレーニングと同等の効果があることが明らかとなった。

4) e-Health Promotion System で少数のトレーナーで大勢の個別運動処方が可能になった このシステムは、インターバル速歩トレーニン

グ・プログラムの参加者の日常のトレーニング量、栄養摂取量、さらに 6 カ月ごとに行なわれる形態、血圧、血液成分、体力測定の結果を、数万人規模で収集、管理し、参加者にフィードバックすることを最終目標としたシステムである。図 2 で示したように、参加者は 2 週間ごとに、地域公民館などのサービス拠点を訪れ、熟大メイトに蓄積されたデータをインターネット経由で JTRC のサーバに転送する。その際、折り返し e-Health Promotion System から、そのトレーニングの評価がフィードバックされる。この評価の主な内容は、以前に比べてどの程度結果が改善したかという「経過比較」と、他の参加者と比べてどうかという「他者比較」、さらに、このまま運動していればどのような結果が得られるかという「未来予測」の 3 つである。これらの評価は、過去蓄積されたインターバル速歩トレーニングの効果に関する 3,000 名のデータベースを解析して提供される。この評価に基づいて、JTRC の健康推進コーディネーター¹⁾の統括的指導のもと、健康推進トレーナー²⁾が運動指導を行ない、さらに保健師や管理栄養士がメンタル指導、栄養指導を行なう。以上、e-Health Promotion System は少人数のスタッフで、容易かつ安価に、大勢の参加者を対象とした個別運動処方を可能にした。

5) 地域コミュニティの育成

参加者はそれぞれが所属する市内の 30 カ所の「地区福祉ひろば」を拠点として活動しているが、自らのトレーニング結果を指導スタッフだけではなく、仲間みせて刺激し合うことが彼らの運動継続の大きな励みになっている。さらに、月 1 回、「文化的カリキュラム」が開催されるが、さまざまな分野で活躍する市民が講師となって、ストレッチングやレクリエーションなどの健康スポーツ、料理教室や英会話、また、夏期には信州の自

注 1) 健康推進コーディネーター：信州大学大学院医学研究科・修士課程・健康推進コーディネーター養成コースの修了者で、インターバル速歩を中心とした健康づくりの専門家。

注 2) 健康推進トレーナー：熟年体育大学の事業に 3 年間以上参加し、さらに JTRC が提供する養成コース (20 クラス程度の e-learning による講義と実習) を修了した中高年の人たち。

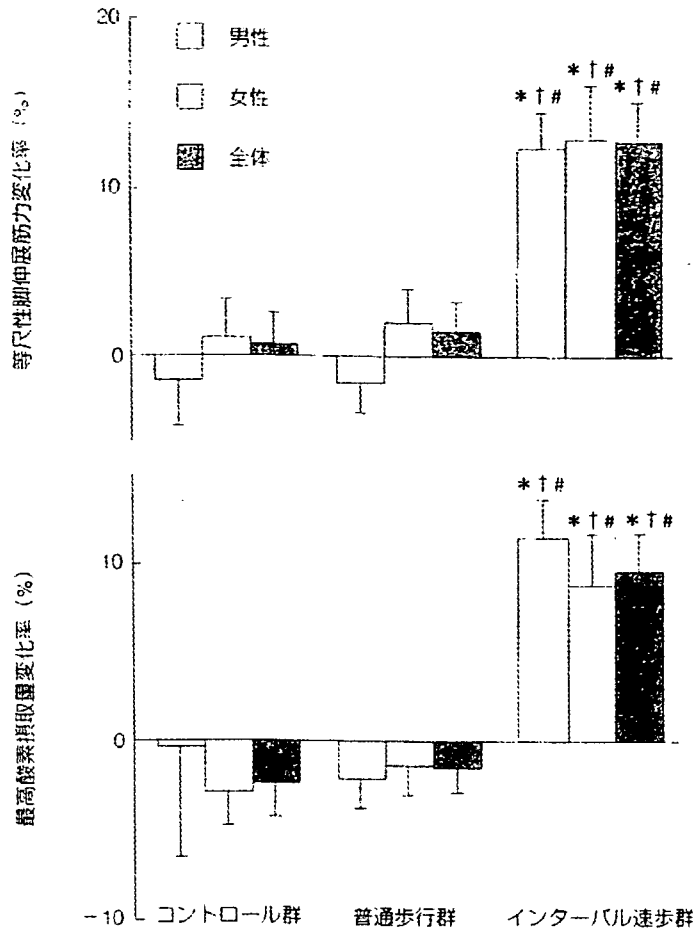


図3 5カ月間のインターバル速歩トレーニングの効果 (Nemoto, et al., 2007²⁾より引用改変)

*トレーニング前, †コントロール群, #普通歩行群と比べて有意差 $p < 0.05$

然を生かしたハイキングやキャンプなどを実施している。これらは、参加者同士の仲間意識をさらに高め、「自らの健康は自らが守る」という意識の共有と、住民同士が互いを支え合う地域コミュニティの形成に役立っている。

3. 熟年体育大学の効果実績

平成17年度には、長野県内外の7市町村、2企業、3病院、2老人ホーム、2大学の合計1,405名。平成18年度には、10市町村、3病院、2老人ホーム、2大学の合計1,226名を対象にインターバル速歩とITによる個別運動処方を実施した。ほとんどの参加者がプログラムを完遂し、脱落者

は1%に満たなかった。

ここでは、自治体モデルへの参加者のうち、本事業にはじめて参加した50歳以上の中高年、男性283名、女性663名、合計946名(平均年齢65歳)を解析した結果を示す。5カ月間の指導期間中のインターバル速歩の実施率は全トレーニング日数の 52 ± 1 (SE) %、1日当たりの歩行時間は速歩 24 ± 0 分、普通歩行 27 ± 1 分、1日当たりの消費エネルギーは速歩 94 ± 2 kcal、普通歩行 50 ± 1 kcalであった。その効果を解析するのに、指導前の値が平均値 - 1SDより低い範囲に属する者を下位群、平均値 \pm 1SDの範囲に属する者を中間群、平均値 + 1SDより高い範囲に属する者を上位群の3群に分けた。その結果、運動指導終

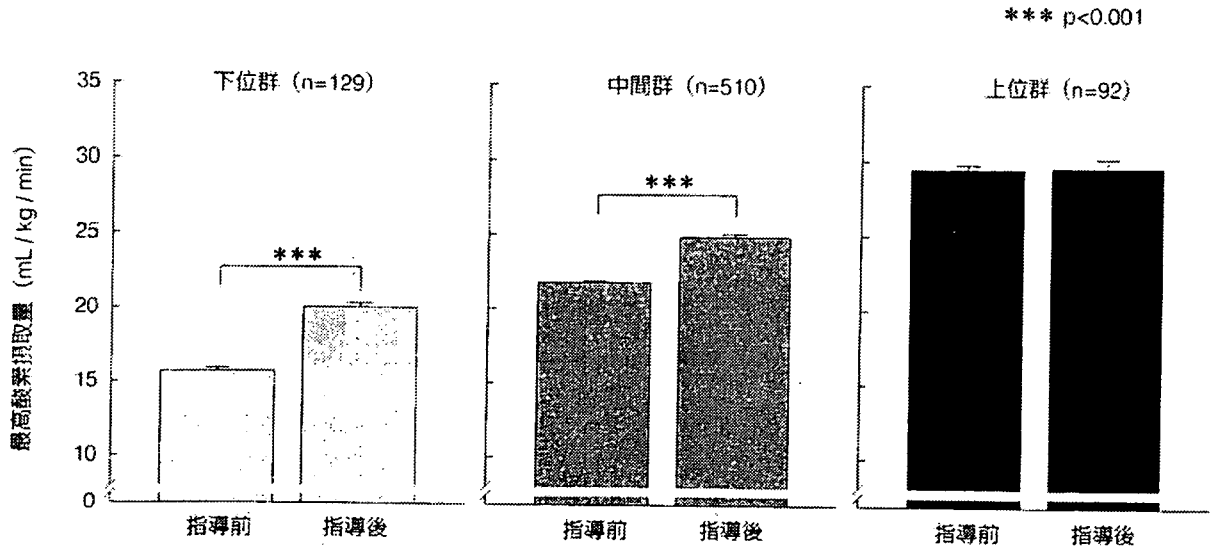


図4 5カ月間のインターバル速歩トレーニングによる最高酸素摂取量の変化 (能勢ほか, 2007¹⁰⁾
 指導前後で最高酸素摂取量の測定を実施した参加者のうち、指導前の値で全体の平均値±1SDの範囲に属する者を中間群、平均値-1SDより低い範囲に属する者を下位群、平均値+1SDより高い範囲に属する者を上位群として解析。

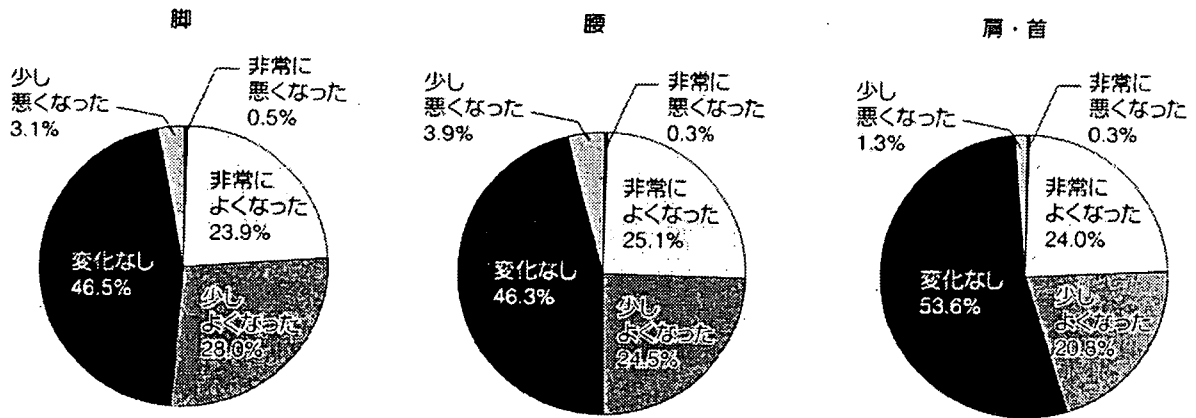


図5 インターバル速歩トレーニングによる脚、腰、肩・首の痛みの変化 (岡崎, 2007³⁾ より引用改変)

了後、体重、体脂肪率、BMI、最高血圧、最低血圧、ウエスト周囲径において、一部の低位群を除いてすべて有意に低下したが、特に上位群で3~10%と低下率が大きかった。さらに血液成分においては、総コレステロール、LDLコレステロール、中性脂肪、血糖値のすべてにおいて低位群で5~10%有意に上昇し、中位群では変化せず、特に上位群では5~10%有意に低下した。また、伸展筋力、屈曲筋力は低位群で、それぞれ有意に18%、24%上昇したが、中間群では変化せず、上位群ではわずかに低下した。一方、VO₂peakは、低位

群で27%、中間群で24%とそれぞれ有意に増加し、上位群では変化しなかった(図4)¹⁰⁾。また、これらの参加者のうち、中高年女性288名(平均年齢64歳)において、腰椎および大腿骨頸部の骨密度を測定した結果、低位群では、指導後に各部位の骨密度が有意に2~4%増加した^{9,10)}。一方、図5³⁾に示すように全体のほぼ50%の人で足腰の痛みが改善し、逆に悪化した人は5%以下に過ぎなかった^{3,9,10)}。さらに、参加者の医療費が一般市民と比較して6カ月間で有意に22,901円削減された^{9,10)}。以上の結果は、本システムが特に低体

力者に効果的であることを強く示唆する。

4. 熟年体育大学の将来像

このシステムの特徴は、従来ジム等の専門施設に行かなければ実現できなかった個別運動処方「熟年メイト」「インターバル速歩」「e-Health Promotion System」によってフィールドでも可能にしたことである。さらに、ここで蓄積される運動処方の「費用対効果」に関するデータは、すべて「物理量」であり、将来、運動形態が変化しても、このデータベースは利用できる。また、「歩行」という非常に単純な運動形態であるため、安全性、汎用性に富み、いわゆる介護予防だけでなく、要介護からの脱却、さまざまな疾患の治療・リハビリテーションにも適用可能である。さらに歩行という単純な入力であることから、そこから出力される個人差について、それを説明する遺伝子多型の探索研究も可能となった。現在、厚生労働省の研究支援で国際的な民族間比較も視野に入れた研究を進めている。

【文 献】

- 1) 岡崎和伸ほか：高齢者の体力測定法(持久力)。健康運動指導上養成講習会テキスト下。pp843—856。財団法人健康・体力づくり事業財団。2007
- 2) Kickbusch E: Healthy aging: a challenge for health policy and public health. In: Huber G Ed. Healthy Aging, Activity and Sport, pp17—24. Health Promotion Publications. 1997
- 3) 岡崎和伸：まだまだどんとこい熟年。pp1—87。オフィス・エム。2007
- 4) 岩下 聡ほか：熟年体育大学 実践マニュアル。pp1—78。オフィス・エム。2003
- 5) 岩下 聡ほか：平成13年度「松本市熟年体育大学」における個別・持久性・筋力トレーニングの成果。体力科学。51：698。2002
- 6) 能勢 博ほか：松本市熟年体育大学(プログラムの実際)。高齢社会における運動支援実践ガイド。臨スポーツ医(臨時増刊号)。22：346—351。2005
- 7) Nemoto K, et al: Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. Mayo Clin Proc. 82: 803—811. 2007

- 8) Iwashita S, et al: Triaxial accelerometry to evaluate walking efficiency in older subjects. Med Sci Sports Exerc. 35: 1766—1772. 2003
- 9) 能勢 博ほか：平成17年度 電源地域活性化先導モデル事業 熟年体育大学リサーチコンソーシアム(JTRC) 調査研究報告書。pp1—149。2007
- 10) 能勢 博ほか：中高年健康増進のためのITによる地域連携型運動処方システムの構築。厚生労働省科学研究費補助金長寿科学総合研究事業 平成18年度研究報告書。pp1—82。2007

投稿論文募集の お知らせ

体育の科学では、体育・スポーツに関する研究報告、資料を随時募集しています。originalityに富んだ論文は特に大歓迎いたします。

詳細は巻末の「体育の科学」投稿規定をご覧ください。

