

の境界値は、若年群のうち 20 歳代は最大酸素摂取量 34ml/kg/min、30 歳代は 31ml/kg/min、中年群のうち 40 歳代は 28ml/kg/min、50 歳代は 25ml/kg/min、老年群のうち 60 歳代は 22ml/kg/min、70 歳代以上は 19ml/kg/min であった。

2. 最大酸素摂取量の測定

最大酸素摂取量の測定は自転車エルゴメーター(Monark818E)を使用し、多段階負荷漸増法で実施した。運動は被験者が運動を随意に継続できなくなり、疲労困憊に至るまで実施した。呼気はダグラスバック法により 30 秒ごとに採取し、ガスメーター(品川製作所製)にて換気量を測定するとともに質量分析計(アルコシステム社製)を用いて酸素および二酸化炭素濃度を分析した。これらの最大値を最大酸素摂取量とし、体重当たりに表した。

3. 身体組成の測定

身体組成は、DXA 法(QDR-4500, Hologic, Waltham, MA, USA)を用いて、上肢、下肢、体幹におけるそれぞれの体脂肪率(%FM)および筋量の指標として除脂肪軟組織(LSTM)、全身除脂肪体重(LBM)を求めた。

4. 筋力の測定

筋力としては握力を測定した。栄研式握力計を用いて右左の最大等尺性筋力を測定し、分析には左右のそれぞれにおける最大値の平均値を用いた。

5. 血圧検査

血圧は血圧脈波検査装置(form PWV/ABI, COLIN 社製)を用いて測定した。分析には上腕部測定値の左右の平均値を用いた。

6. 血液生化学的指標の測定

採血は、空腹時に実施し、血糖値、イン

スリン、ヘモグロビン A1c、血中総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪の濃度を測定した。インスリン抵抗性の指標として HOMA 指数(空腹時血糖値×インスリン/405)を算出した。

7. 統計

各項目について、年齢群および体力水準群を要因とした二元配置分散分析を行なった。各要因に対する主効果が有意な場合のみ、student-Newman-keuls の post-hoc test を行った。有意水準は危険率 5%未満とした。

C. 研究結果

本研究で対象とした被験者の特徴を表 1 に示した。各年齢群における被験者数は、若年群の場合、高体力群は 27 名、低体力群は 37 名で、最大酸素摂取量の平均値はそれぞれ、 41.7 ± 5.8 ml/kg/min、 31.3 ± 2.9 ml/kg/min であった。同様に中年群の場合、高体力者は 43 名、低体力者は 40 名で、最大酸素摂取量はそれぞれ、 38.7 ± 4.5 ml/kg/min、 28.6 ± 3.6 ml/kg/min であった。老年群の場合、高体力者は 20 名、低体力者は 31 名で、最大酸素摂取量はそれぞれ、 33.8 ± 3.2 ml/kg/min、 26.1 ± 3.9 ml/kg/min であった。最大酸素摂取量は、すべての年齢群において、低体力群は高体力群よりも有意に低い値を示した。身長は年齢群が高いほど、有意に低い傾向にあったが、体力水準間での違いは認められなかった。体重は、中年群が有意に若年群より高い値を示し、また、中年群における低体力群は同高体力群に比較して有意に高い値を示した。

各群における全身・身体各部群における全身・身体各部群における全身、身体各部位の体脂肪率および血液生化学的指標の結

果は表 2 に示した。全身%FM、上肢%FM、下肢%FM および体幹%FM は、年齢群間および体力群間で有意差が認められた。年齢群間差をみてみると、全身%FM、上肢%FM、および体幹%FM については、中年群、老年群において、高体力群および低体力群ともに若年群の同体力群に比較して高い値を示した。また、これらの指標について体力群間の差をみてみると、若年群、中年群において、低体力群は高体力群に比較して有意に高い値を示した。下肢%FM については、年齢群間差は、老年群の高体力群が若年群の同体力群に比較して高い値を示した以外は年齢群による差は認められなかったが、体力群間差をみてみると他の%FM 指標と同様に、若年群、中年群において低体力群が高体力群に比較して有意に高い値を示した。糖質および脂質代謝に関する血液生化学的指標は、老年群の総コレステロール平均値が、基準値より高い傾向にあった以外は、他のすべての各年齢群および各体力群において、各項目の平均値は基準値範囲内であった。血糖値、HbA1c、総コレステロール、中性脂肪においては、年齢群間による有意差のみが認められ、中年群、老年群において、高体力群および低体力群ともに、若年群の同体力群に比較して高い値を示した。一方で、HDL コレステロール、インスリン、HOMA 指数については、体力群間にも有意差が認められ、HDL コレステロールは、中年群においてのみ低体力群が高体力群よりも有意に低い値を示し、一方、インスリン、HOMA 指数については、若年群においてのみ、低体力群が高体力群よりも有意に高い値を示した。血圧は、収縮期血圧の場合、年齢群間および体力群間に有意

差が認められた。年齢群の影響をみてみると、中年群、老年群で、高体力群および低体力群ともに若年群の同体力群に比較して高い値を示した。体力群間の差をみてみると、老年群において、高体力群が低体力群よりも有意に低い値を示した。拡張期血圧の場合は、年齢群間にもみ差がみとめられ、中年群、老年群で、高体力群および低体力群ともに若年群の同体力群に比較して高い値を示した。

全身 LBM および身体各部位の LSTM、全身骨密度、筋機能の結果については、表 3 に示した。全身 LBM、下肢 LSTM、体幹 LSTM については、年齢群の影響のみが認められ、老年群において、高体力群および低体力群ともに若年群の同体力群に比較してそれぞれ低い値を示した。上肢 LSTM についても、年齢群の影響が認められ、老年群において、高体力群および低体力群ともに若年群の同体力群に比較して低い値を示したが、体力群間の差も認められ、老年群の高体力群は同低体力群に比較して高い値を示した。全身骨密度の場合も、年齢群間および体力群間に有意差が認められ、老年群の高体力群、低体力群および中年群の高体力群はそれぞれ、若年群の同体力群と比較して低い値を示した。しかし体力群間の差は若年群のみで認められ、若年群では高体力群は低体力群に比較して高い値を示した。握力の場合、年齢群間および体力群間に差が認められ、老年群において、高体力群および低体力群ともに若年群の同体力群に比較して低い値を示したが、老年群の高体力群は同低体力群に比較して高い値を示した。上肢 LSTM 当たりの握力は、年齢群間にも有意差が認められ、老年群、中年

群の高体力群および低体力群は、若年群の同体力群よりも有意に低い値を示した。

D. 考察

本研究では、加齢による生活習慣病および危険因子の異常化、および介護予防に関係する指標の低下を、全身持久的な運動により抑制可能かどうかを明らかにする前段階として、若年者から高齢者までの最大酸素摂取量水準と生活習慣病危険因子(全身、身体各部位の体脂肪率、血液生化学的指標)、および介護予防関連指標(全身、身体各部位の筋量、全身骨密度、筋力、単位筋量あたり筋力)との関係を横断的研究方法で明らかにすることを目的とした。その結果、生活習慣病危険因子ならびに介護予防関連指標は、加齢および体力水準によって、1) 加齢による変化を体力づくりでは抑制できない指標、2) 加齢による変化を体力づくりで抑制可能な指標、3) 加齢の影響を受けないが、体力づくりが効果的な指標、4) 加齢、体力づくり両方の影響を受けない指標のうち、4)を除く 1)~3)の 3 群に分類された(表 4)。

まず、1)加齢による変化を体力づくりでは抑制できない指標としては、拡張期血圧、血糖値、HbA1c、総コレステロール、中性脂肪、全身 LBM、下肢および体の LSTM、上肢筋量当たりの握力、全身骨密度が含まれた。この中で拡張期血圧、血糖値、HbA1c、総コレステロール、中性脂肪は高体力群、低体力群ともに年齢群が高くなると増加する傾向を示し、一方、全身 LBM、下肢および体幹の LSTM、上肢筋量当たりの握力、全身骨密度は両体力群ともに加齢低下を示した。このなかで血液生化学的指標については、先行研究で、持久的運動効果の認め

られているものについても今回、運動の効果が認められなかったのは、本研究における被験者が両体力群ともに健康な集団であったことが影響しているかもしれない。また、今回の結果は、介護予防の観点から重要である全身 LBM、下肢および体幹の LSTM、上肢筋量当たりの握力、全身骨密度については、全身持久力を高めるような運動を行うだけでは、その異常化、低下を抑制することは困難であることを示唆しており、別の対処法を考慮する必要性を意味しているといえる。すなわち、筋量の減少や骨粗鬆症の予防については、持久的運動とは別に筋量、筋力を向上させるようなレジスタンストレーニングなどを実施することが必要であろう。

次に、2)加齢による変化を、体力づくりで予防可能な指標としては、全身%FM および身体各部位%FM、収縮期血圧、上肢 LSTM、握力が挙げられた。このことは、体脂肪率などの身体組成からみた生活習慣病危険因子の加齢変化や、従来、下肢に比べて加齢低下は小さいと言われてきた上肢における筋量(Miyatani et al.2003, Janssen et al. 2000)や筋機能(Bemben et al.1991)の低下は、持久的運動による体力づくりでその変化をある程度、抑制可能であることを意味している。3)の加齢による変化がなく、体力づくりによりその異常化を抑制、または、より良く改善可能な指標としては、HDL コレステロール、インスリン、HOMA 指標の血液生化学的指標が挙げられた。このことは、高血糖を生じる前段階のインスリン抵抗性の増加をどの世代においても持久的運動によって抑制できる可能性を示唆している。

近年、最大酸素摂取量に優れている者はそうでない者に比較して、生活習慣病危険因子に異常が少ないことから(Tobita et al. 1995, 前田ら 2002)、最大酸素摂取量が、健康度を評価するうえで有用な体力指標とされるようになってきた。本研究の結果においても、最大酸素摂取量は、生活習慣病予防、寝たきりの防止の体力面からみた指標として、有用であることが示唆された。しかしながら、介護予防関連指標としての筋量、単位筋量あたりの筋力および骨密度などは全身持久力的な体力づくりだけでは加齢低下を抑制できないことが示されたので、今後さらなる対処方法を検討する必要がある。

以上のように、年齢と全身持久力指標と生活習慣病危険因子および、介護予防関連指標との関係には、項目間で差異が存在し、全身持久力を高く保つことで、加齢に伴う異常化および低下を抑制できる指標と、抑制できない指標があることがわかった。今後は、今回の横断的研究での成果をもとに引き続き、定期的な身体運動習慣のない一般健常者が、持久的トレーニングや筋力トレーニングを比較的長期にわたり積極的に実施することにより、生活習慣病危険因子や介護予防に関連した因子に対して改善効果が認められるかどうかを、無作為割り付け介入研究により明らかにする予定である。

E. 結論

本研究では日本人女性の全身持久力と生活習慣病危険因子と要介護に関する因子との関連を横断的手法により検討した。その結果、最大酸素摂取量が高いことが、肥満、高血圧、インスリン抵抗性といった生活習慣病のリスクを低く抑えることが示唆され

た。一方で、骨粗鬆症、サルコペニアといった要介護のリスクには関係しないことも示唆された。

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Fukuba Y, Ohe Y, Miura A, Kitano A, Endo M, Sato H, Miyachi M, Koga S, Fukuda O. Dissociation between the time courses of femoral artery blood flow and pulmonary VO₂ during repeated bouts of heavy knee extension exercise in humans. *Experimental Physiology* ; 89(3); 245 -253 , 2004
2. 松井健, 宮地元彦, Linda Masako Ueno, 小野寺昇. 中高年者の循環器系自律神経調節に及ぼす入浴および運動後入浴の影響. *デサントスポーツ科学*; 25; 145 -157, 2004
3. Miyachi M, kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K, Tabata I, Tanaka H. Unfavorable Effects of Resistance Training on Central Arterial Compliance. A Randomized Intervention Study. *Circulation* ; 110(18); 2858-2863 , 2004
4. 宮地元彦. 筋力トレーニングと Arterial Stiffness Arterial Stiffness ; 5; 19-25 , 2004
5. 宮地元彦. 心拍出量のはかり方 体育の科学 ; 54(6) ; 485 -492, 2004
6. 宮地元彦. 加齢による動脈機能の低下と運動 体育の科学 ; 54(9); 693 -699 , 2004

2. 学会発表

1. Miyachi M, Kawano K, Yamazaki K, Takahashi K, Hayashi K, Sugawara J, Tanaka. Unfavorable Effects of Resistance Training on Central Arterial Compliance: A Randomized Controlled Intervention Stud. ; 51st Annual Meeting, American College of Sports Medicine, 2004 .06 .02 Indianapolis, Indiana, USA
 2. Kawano H, Tanaka H, Miyachi M. Effects of the Intensity of Resistance Training on Central Arterial Compliance. 2004 American Physiological Society Intersociety Meeting, The Integrative Biology of Exercise, 2004 .10.07, Hilton Austin, Austin, TX, USA
 3. Miyachi M, Tabata I, Kawano H, Okajima M, Oka J, Tanaka H. Lack of Age-related Decreases in Limb Blood Flow in Resistance-Trained Men 2004 American Physiological Society Intersociety Meeting, The Integrative Biology of Exercise, 2004 .10 .07, Hilton Austin, Austin, TX, USA
 4. 宮地元彦, 吉岡利忠. 有酸素性運動プログラムの作成及び指導のための測定と評価 第 12 回日本運動生理学会, 2004 .08 .01, 順天堂大学
 5. 宮地元彦, 家光素行, 菅原順, 大槻毅, 高橋康輝, 山崎健, 田辺匠, 松田光生. 動脈進展性と運動効果の個人差 前田誠司, 文部科学省科学技術振興調整費シンポジウム 地域の中高齢者における生活機能増進法の具体策 ~体力年齢の若返り法とその地域システム~, 2004 .08 .03, つくば国際会議場
 6. 宮地元彦. シンポジウム「運動と循環」日本体育学会東京支部研究会, 2004 .11 .20, 東京
 7. 宮地元彦, 岡島真由美, 河野寛, 田畑泉. レジスタンストレーニングと四肢動脈形態 第 12 回日本運動生理学会, 2004 .08 .01, 順天堂大学
 8. 松本希, 安東裕美, 南淵淳, 小堀浩志, 宮地元彦. 地域における運動介入が循環器病危険因子を改善する 第 59 回日本体力医学会大会, 2004 .09 .14, 埼玉県大宮市
 9. 宮地元彦, 河野寛, 菅原順, 小野寺昇, 田畑泉, 田中弘文. 筋力トレーニングが中心動脈コンプライアンスに及ぼす影響: 無作為割付介入研究 第 59 回日本体力医学会大会, 2004 .09 .14
 10. 河野寛, 高橋康輝, 山崎健, 妹尾奈月, 小野寺昇, 柚木脩, 宮地元彦. 2 ヶ月間の筋力トレーニングおよびクロストレーニングが頸動脈コンプライアンスに及ぼす影響 第 59 回日本体力医学会大会, 2004 .09 .13, 埼玉県大宮市
 11. 岡島真由美, 宮地元彦, 河野寛, 小野寺昇. 習慣的身体活動と動脈硬化リスクファクター 第 59 回日本体力医学会大会, 2004 .09 .13, 埼玉県大宮市
 12. 松井健, 宮地元彦, 河野寛, 西村正広, 天岡寛, 妹尾奈月, 小坂多恵子, 小野くみ子, 小野寺昇. 入浴および運動後入浴が中高年者の循環器系自律神経調節に及ぼす影響 第 59 回日本体力医学会大会, 2004 .09 .15
- H. 知的財産権の出願・登録状況
1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表1. 被験者の身体的特徴

	若年群		中年群		老年群	
	高体力群	低体力群	高体力群	低体力群	高体力群	低体力群
人数：人	27	37	43	40	20	31
年齢：歳	29.9 ± 6.5	26.2 ± 6.2	48.9 ± 6.0	50.9 ± 5.8	64.7 ± 4.2	68.5 ± 4.9
最大酸素摂取量：ml/kg/min	41.7 ± 5.8	31.3 ± 2.9 #	38.7 ± 4.5 *	28.6 ± 3.6 #	33.8 ± 3.2 *	26.1 ± 3.9 *#
身長：cm	157.8 ± 4.2	161.0 ± 6.7	156.6 ± 6.7 *	156.8 ± 4.7 *	154.9 ± 3.8 *	151.6 ± 6.0 *
体重：kg	51.1 ± 4.4	53.8 ± 7.1	52.4 ± 7.6 *	57.9 ± 9.7 *#	53.8 ± 5.2	52.3 ± 7.2

平均値±標準偏差

*p<0.05 vs 若年群, #p<0.05 vs 高体力群

表2. 全身、身体各部位の体脂肪率および血液生化学的指標

	若年群		M群		O群	
	高体力群	低体力群	高体力群	低体力群	高体力群	低体力群
全身%FM：%	19.1 ± 4.1	24.0 ± 3.9 #	22.9 ± 5.4 *	29.1 ± 6.2 *#	27.2 ± 4.6 *	30.0 ± 5.7 *
上肢%FM：%	21.4 ± 5.4	28.4 ± 5.7 #	26.7 ± 7.3 *	34.6 ± 8.6 *#	32.5 ± 6.2 *	34.5 ± 7.5 *
下肢%FM：%	23.4 ± 5.1	28.9 ± 3.8 #	26.0 ± 4.7	30.1 ± 4.2 #	27.8 ± 4.5 *	30.5 ± 5.4
体幹%FM：%	15.0 ± 4.3	19.7 ± 5.4 #	20.2 ± 7.6 *	28.2 ± 9.0 *#	26.8 ± 6.2 *	29.4 ± 7.9 *
血糖値：mg/dl	87.0 ± 7.8	84.4 ± 6.0	93.2 ± 15.3 *	95.8 ± 11.8 *	94.8 ± 10.9 *	95.1 ± 14.9 *
インシュリン：μU/ml	3.8 ± 2.3	5.9 ± 3.2 #	5.0 ± 2.9	5.9 ± 3.2	5.8 ± 3.6	5.7 ± 3.2
ヘモグロビンA1c：%	4.8 ± 0.2	4.7 ± 0.3	4.9 ± 0.5 *	5.0 ± 0.4 *	5.2 ± 0.7 *	5.2 ± 0.6 *
総コレステロール：mg/dl	183.7 ± 32.6	179.0 ± 23.3	201.6 ± 31.2 *	208.5 ± 43.0 *	236.0 ± 24.2 *	216.2 ± 24.8 *
HDLコレステロール：mg/dl	73.7 ± 15.3	70.2 ± 11.6	77.8 ± 19.7	68.4 ± 17.3 #	68.4 ± 14.9	64.7 ± 14.4
中性脂肪：mg/dl	53.7 ± 20.9	59.5 ± 25.8	66.7 ± 25.8 *	90.8 ± 70.3 *	93.9 ± 35.2 *	99.3 ± 40.2 *
収縮期血圧：mmHg	107.1 ± 7.8	106.2 ± 12.7	117.7 ± 16.0 *	122.4 ± 13.4 *	114.5 ± 13.8 *	133.6 ± 25.0 *#
拡張期血圧：mmHg	62.9 ± 6.3	61.7 ± 10.3	72.0 ± 11.4 *	71.9 ± 9.7 *	68.3 ± 6.6 *	75.0 ± 12.0 *
HOMA指数 ^{a)}	0.8 ± 0.5	1.2 ± 0.8 #	1.2 ± 0.7	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.8	1.3 ± 0.8

平均値±標準偏差

^{a)}血糖値×インシュリン/405, %FM：体脂肪率

*p<0.05 vs 若年群, #p<0.05 vs 高体力群

表3. 全身除脂肪体重、除脂肪軟組織量、および筋機能

	若年群		中年群		老年群	
	高体力群	低体力群	高体力群	低体力群	高体力群	低体力群
全身LBM：kg	41.5 ± 3.7	40.8 ± 4.3	40.2 ± 4.8	41.0 ± 4.8	39.1 ± 3.7 *	38.1 ± 4.4 *
上肢LSTM：kg	3.8 ± 0.5	3.5 ± 0.5 #	3.6 ± 0.6	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.4 *	3.1 ± 0.3 *#
下肢LSTM：kg	13.3 ± 1.2	13.3 ± 1.6	12.9 ± 1.8	12.6 ± 1.6	12.1 ± 1.1 *	11.1 ± 1.2 *
体幹LSTM：kg	19.2 ± 1.8	19.6 ± 2.7	18.9 ± 2.3	19.8 ± 2.7	18.5 ± 1.5 *	17.2 ± 1.5 *
握力：kg	34.3 ± 4.9	32.8 ± 5.5	32.1 ± 4.7	30.7 ± 5.8	29.1 ± 3.8 *	25.4 ± 4.9 *#
握力/上肢LSTM ^{a)}	17.4 ± 2.4	18.5 ± 2.6	17.6 ± 2.3 *	17.1 ± 2.0 *	16.8 ± 1.6 *	15.8 ± 2.7 *
骨密度：g/cm ²	1.168 ± 0.79	1.117 ± 0.82 #	1.092 ± 0.09 *	1.098 ± 0.11	0.974 ± 0.10 *	0.949 ± 0.09 *

平均値±標準偏差, LSTM：除脂肪軟組織量, a) 左右平均握力/左右上肢平均LSTM, *p<0.05 vs 若年群, #p<0.05 vs 高体力群

表4. 各指標への年齢および最大酸素摂取量を指標とした運動効果のまとめ

	運動効果なし	運動効果あり
年齢変化あり	血糖値 } 糖尿病 ヘモグロビンA1c } 総コレステロール } 高脂血症 中性脂肪 } 拡張期血圧 } 高血圧症 全身除脂肪体重 } 下肢LSTM } 体幹LSTM } サルコペニア 握力/上肢LSTM } 骨密度 } 骨粗鬆症	全身%FM } 上肢%FM } 肥満症 下肢%FM } 体幹%FM } 収縮期血圧 } 高血圧症 上肢LSTM } 握力 } サルコペニア
年齢変化なし		HDLコレステロール } 高脂血症 インスリン } 糖尿病 HOMA指標 }

LSTM: 除脂肪軟組織量, %FM: 体脂肪率

中高年女性の身体組成に対するウォーキングと食品成分の併用効果

主任研究者 田畑 泉 独立行政法人国立健康・栄養研究所 健康増進研究部部長

研究協力者 石見佳子

〃

食品表示分析・規格研究部

閉経後5年以内の健常女性128名を対象に、ウォーキングと大豆イソフラボン摂取の併用が身体組成に及ぼす影響を検討した。週3回のウォーキング(1回45分、時速6km/h)により、全身の脂肪重量は6ヶ月目より非運動群に比べて有意に低下し、骨密度は1年目に大腿骨頸部およびWARD'S三角部の骨密度の低下が非運動群に比べて有意に抑制された。一方、1年間のイソフラボン摂取により大腿骨WARD'S三角部の骨密度の低下が対照群に比べて有意に抑制された。これらの身体組成の変化は運動とイソフラボン摂取の併用群で最も顕著であったが、両因子に交互作用は認められなかった。以上の結果より、1年間の介入においては両者の効果は相加的であることが明らかになった。

A. 研究目的

閉経後女性ではエストロゲン欠乏に起因する骨代謝および脂質代謝の異常が認められている。これらの疾病を予防するには運動の実施と食生活の改善が有効である可能性が示唆されている。そこで本研究では、閉経後女性を対象に運動生理学および栄養学的視点から生活習慣病の発症の予防に有効な方法の確立を目指す。平成16年度はウォーキングと食品成分の併用効果を評価した。

B. 研究方法

閉経後5年以内の健常女性128名を対象に、運動と食品成分の併用が骨密度および身体組成に及ぼす影響を検討した。運動は中高年女性にとって負担の少ないウォーキング種目を選択し、週3回(45分/回)実施した。食品成分は骨に対して弱い女性ホルモン様作用を示す大豆イソフラボン(75mg/日)を選択した。群分けは無作為割付とし、イソフラボンに関しては二重盲検法を採用した。群分けは1.対照群、2.イソフラボン摂取群、3.運動群、4.イソフラボン摂取+運動群とし、試験は1年間実施した。身体組成は二重エネルギー吸収法(DXA)を用い

た。統計学的解析は二元配置分散分析法を用いた。本研究の遂行に当っては、本研究所所定の「人を対象とする実験・調査等に関する倫理指針」に基づくことはもちろんのこと、関連法規を厳守して被験者の人権と安全性を最大限に尊重して実施した。

C. 研究結果

1. 被験者の閉経後年数は各群とも3-4年であった。試験開始時の身長、体重、BMI、全身体脂肪率、全身、腰椎および大腿骨頸部の骨密度に有意な差は認められなかった。
2. 対照群では1年間に体脂肪率の上昇と大腿骨頸部の骨密度の低下が認められた。全身及び腰椎骨密度は全群において1年間で有意に低下した。
3. 週3回のウォーキング(1回45分)により、全身、体幹部の脂肪重量は3ヶ月目より、四肢の脂肪重量は6ヶ月目より非運動群に比べて有意に低下した。骨密度に関しては、1年間のウォーキングにより大腿骨頸部およびWARD'S三角部の骨密度の低下が非運動群に比べて有意に抑制された。これらの変化は併用群で最も顕著であった。
4. 1年間のイソフラボン摂取により、体幹

部の脂肪重量が対照群に比べて有意に低下した。骨密度に関しては、1年間のイソフラボン摂取により大腿骨 WARD' S 三角部の骨密度の低下が対照群に比べて有意に抑制された。これらの変化は併用群で最も顕著であった。

5. 血中の HDL-コレステロールは併用群において有意な上昇が認められた。

D. 考察

閉経後女性において、1年間のウォーキングは全身および四肢の脂肪重量を低下させること、また大腿骨近位部の骨密度の低下を抑制することが明らかになった。ウォーキング群の1年間の1日当たり平均歩数は約 8,500 歩であり、対照群では約 6,000 歩であったことから、1日平均 2,500 歩のウォーキング(時速およそ 6km/h)の実施により、効果的に身体組成が改善されることが明らかになった。

一方、今回の試験ではイソフラボンの体脂肪率および骨に対する有効性は特定の部位に限られていた。栄養調査の結果では、本試験に参加した被験者の1日当たりのイソフラボン摂取量は約 45mg であった。従って、イソフラボンの効果が顕著でなかった理由として、日本人においては既にイソフラボンを日常的に摂取しているため、介入効果が得られにくい可能性が示唆された。今後はイソフラボンの介入量を検討する必要がある。

今回の試験では大腿骨骨密度に対するウォーキングおよびイソフラボンの有効性は各々単独では認められたが、両者の交互作用は認められなかった。このことから、1年間の介入では両者の併用効果は相加的であり、相乗効果は認められないことが明らかになった。

E. 結論

閉経期の女性では体脂肪率の上昇と大腿骨頸部骨密度の低下が認められたが、週 3 回のウォーキングを 1 年間継続することにより、これらの変化が有意に抑制された。1日あたり 75mg のイソフラボンを 1 年間摂取

することにより、大腿骨 WARD' S 三角部の骨密度の低下が抑制された。運動とイソフラボン摂取の効果には交互作用は認められなかったが、両者の併用により脂質代謝および骨密度の維持に関して最も高い効果が得られた。

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Wu J, Wang XX, Chiba H, Higuchi M, Nakatani T, Ezaki O, Cui H, Yamada K, Ishimi Y. Combined intervention of soy isoflavone and moderate exercise prevents fat elevation and bone loss in ovariectomized mice. *Metabolism* 53: 942-948 (2004)

2. 学会発表

1. 呉堅, 岡純, 藤岡舞子, 樋口満, 田畑泉, 杉山文恵, 宮内理恵, 江崎潤子, 戸田登志也, 寺本貴則, 奥平武則, 山田和彦, 石見佳子. 生活習慣病予防における大豆イソフラボンと運動の併用効果: Randomized, double-blind, placebo-controlled trial-その 1- 第 58 回日本栄養・食糧学会
2. 石見佳子, 呉堅, 岡純, 藤岡舞子, 樋口満, 田畑泉, 戸田登志也, 寺本貴則, 奥平武則, 上野友美, 内山成人, 浦田宏二, 山田和彦. 生活習慣病予防における大豆イソフラボンと運動の併用効果 Randomized, double-blind, placebo-controlled trial-その 2- 第 58 回日本栄養・食糧学会
3. 呉堅, 岡純, 樋口満, 田畑泉, 戸田登志也, 奥平武則, 上野友美, 浦野宏二, 山田和彦, 石見佳子. 大豆イソフラボンの閉経後女性の骨量減少に対する抑制作用は個体の "bacterio-type" に依存する -Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Trial- 第 22 回日本骨代謝学会

4. Wu J, Oka J, Higuchi M, Tabata I, Fujioka M, Sugiyama F, Fuku N, Toda T, Okuhira T, Ueno T, Uciyama S, Urano K, Yamada K, Ishimi Y. Effects of isoflavone on bone loss in postmenopausal women Ddepend onbacterio-typing for equol, a bacterial metaboliteof isoflavone: randomaized, placebo-controlled trial. The 26th Annual Meeting for the American Society for Bone and Mineral Research: Seattle, Washington

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

日常における身体活動の評価法に関する検討

主任研究者 田畑 泉 独立行政法人国立健康・栄養研究所 健康増進研究部 部長

研究協力者 田中茂穂

//

健康増進研究部 室長

最近では、運動に限らず、日常の様々な身体活動でも減量や生活習慣病の予防に効果があるのではないかと考えられるようになってきた。しかし、運動以外の身体活動量を評価するのは容易ではない。そこで、ヒューマンカロリメーターを基準として、日常における座位や立位、そうじ、歩行といった代表的な身体活動の評価法について検討した。対象は、健康な成人男女であった。主な知見は以下の通りである。

- 1) 座位や立位等の静的な活動でも、PAR(エネルギー消費量/基礎代謝量)に個人差がみられ、座位より立位の個人差が大きかった。また、特に座位の値は、従来使われてきた値より小さかった。
- 2) IDEEA(MiniSun社)を用いると、多くの姿勢や動作を詳細に把握できる。ただし、日常生活での使用においては、着替えや睡眠、入浴等において使用しづらいという問題があった。
- 3) 3次元加速度計は、活動強度を大別することが可能である。また、日常生活における侵襲性も非常に小さい。

A. 研究目的

最近では、運動に限らず、日常の様々な身体活動でも減量や生活習慣病の予防に効果があるのではないかと考えられるようになってきた。しかし、運動以外の身体活動量を評価するのは容易ではない。また、エネルギー代謝率(relative metabolic rate)やメッツ(METs)といった活動強度の指標は、主に実験室内での厳格な条件のもとで測定された値から算出されており、必ずしも日常生活を反映しているとは限らない。そこで、ヒューマンカロリメーターを用いて、日常における座位や立位、そうじ、歩行といった代表的な身体活動の強度と、その簡便な評価法について検討した。

B. 研究方法

1. 対象者

被験者は、健康な日本人成人男女 23 名とした。

2. 測定項目及び方法

被験者は、ヒューマンカロリメーターで予定表に従って生活した。1日3回の食事と睡眠(8時間)の他、そうじ・片付け、座位と立位を規定した時間をそれぞれ30分×2回ずつ含めた。また、トレッドミル上での歩行を95m/分と71m/分の速度で行った。それ以外の時間帯は自由時間とした。基礎代謝量(BMR)は、7時に起床後、早朝空腹時に仰臥安静・覚醒状態にて測定した。

測定室へ滞在中、被験者は IDEEA(MiniSun社)や3次元加速度計(アクティブトレーサー、ジー・エム・エス社)を装着するとともに、活動内容を自分で記録した。これらの方法から PAR(エネルギー消費量/BMR)を推

定した。IDEEA については、BMR および座位や立位での安静時代謝量の実測値を用いた場合と用いなかった場合の両方について検討した。3次元加速度計は、各方向について1分毎の平均値をメモリへ記憶するように設定し、各加速度およびそれらの合成加速度から、活動強度を判別できるか検討した。また、これらを日常生活において装着し、日常生活に支障がないか、質問紙により検討した。対象は大学生男女23名であった。各測定項目間の関係は、ピアソンの単相関係数および単回帰分析によって評価した。

(倫理面への配慮)

本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の許可を得て実施した。測定にあたって、対象者に測定の目的、利益、不利益、危険性、データの管理や公表について説明を行い、書面にて同意を得た。データは厳重に管理し、外部に流出することがないようにした。測定に伴う危険はない。

C. 研究結果

ヒューマンカロリメーターにおける座位(TV、読書、デスクワーク)での PAR は 1.2~1.5(平均 1.31 ± 0.10)、立位は 1.2~1.9(平均 1.46 ± 0.19)と広い分布を示した。そうじ(休憩を含む)時は 2.27 ± 0.31 、71m/分の歩行は 3.41 ± 0.35 、95m/分の歩行は 4.78 ± 0.52 であった。

IDEEA を用いると、BMR や安静時代謝量の実測値を用いた場合に、座位活動内での PAR をある程度推定できた ($R^2 = 0.36$)。立位やそうじに関しては、実測値を用いるかどうかに関わらず、同程度の推定精度であった。

歩行時は更に推定精度が高くなったが、71m/分の時 ($R^2 = 0.64$)の方が、95m/分の時 ($R^2 = 0.38$)より推定できた。

一方、3次元加速度計を用いると、これらの活動間の判別は、座位と立位は約70%、それ以外は90%程度の精度で判別が可能であった。また、尚、PAR と合成加速度との関係式が、活動間で不連続となっていた。

また、日常生活の3日間で、IDEEA や3次元加速度計を装着した。IDEEA については、23人中7人が「常に気になった」、残りの16人が「気になることもあった」と答えていた。不便を感じたのは、着替えやトイレ、睡眠、自転車こぎ時等が多かった。装着によって行動を変えたとする者もいたが、大きな変化ではなかった。アクティブトレーサーについては、2人が「常に気になった」、15人が「気になることもあった」、6人が「ほとんど気にならなかった」とした。また、装着によって行動を変えたとした者はほとんどいなかった。

D. 考察

PAR は、座位や立位でも広く分布しており、これが1日当たりの身体活動レベル(Physical activity level: PAL)の個人差にも関係している可能性がうかがえた。ただし、IDEEA で BMR や座位安静時代謝量の両方を用いると座位時の PAR の推定精度があがった。また、座位時の安静時代謝量は、体重との関係式において、大きな切片が存在する。したがって、座位時の PAR の推定に安静時代謝量の実測値を用いるか、体重を適切に考慮した推定値を用いれば、精度が高まる可能性が示唆された。また、座位時の PAR の推定値として、1.4(読書、テレビなど)や1.7(デスクワーク)等を用いてき

たが、実際の値はこれらより小さかった。

3次元加速度計でも、合成加速度により、活動強度の大別が可能である。これまでの方法と異なるのは、比較的強度(PARで2未満や3未満)でも、強度が判別できる点である。特に3次元加速度計の場合は、日常生活での支障もかなり小さいことから、活動強度の分類ができれば、低強度の身体活動の評価には有効であり、活動内容のパターン化も可能となる。尚、エネルギーと加速度との関係が、活動強度によって不連続的になっている。したがって、エネルギー消費量の推定には、活動強度の範囲別の検討が必要である。

一方、活動内容をより詳細にとらえるには IDEEA の方が優れている。ただし、それほど大きくはないものの装着の負担があり、対象者によっては、長期間の装着は困難である可能性がある。

E. 結論

座位や立位の PAR にも個人差が存在する。これらを含む詳細な身体活動の把握が必要な場合は IDEEA を、活動強度を大別する必要がある場合は 3次元加速度計を用いることにより、身体活動の内容を量的に評価することが可能である。

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし。

2. 学会発表

田中茂穂, 熊江隆, 高田和子, 緑川泰史, 二見順, 田畑泉. ヒューマンカロリメーターによる身体活動レベルの評価法に関する検討. 第 59 回日本栄養・食糧学会 2005. 5,

東京 (予定)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

簡易な身体活動量測定機器の評価

主任研究者 田畑 泉 独立行政法人国立健康・栄養研究所 健康増進研究部 部長
研究協力者 高田和子 // 健康増進研究部 主任研究員

多様な運動習慣を有する人の身体活動量を評価する方法を検討していくために、本研究では活動量の多いエアロビクスインストラクターを対象に身体活動量の測定を行った。10年以上エアロビクスの指導にあたっている女性14名を対象に、基礎代謝量、二重標識水（DLW）による身体活動量調査、2方向加速度計、3方向加速度計による測定を行った。その結果、加速度計により測定したエネルギー消費量はDLWに比べて過小に評価しており、歩数や合成加速度とDLWで測定したエネルギー消費量の間には関連がみられなかった。エアロビクス中の運動量は加速度計による強度の分類ではジョギングに比べ軽度の時間が多く、狭い室内でのエアロビクスの運動量を低く見積もっていることが過小評価につながっていると推測された。多様な運動習慣を有する者を対象とした身体活動量の評価には課題が多いと考えられる。

A. 研究目的

望ましい身体活動量のあり方に関する研究をすすめること、あるいは各個人の身体活動量の評価をするためには、簡易で精度の高い身体活動量の評価方法を検討していくことが必要である。加速度計を応用した機器による身体活動量の評価は歩数計を主として広く出回っているが、現時点でゴールドスタンダードとされている標識水（doubly labeled water: DLW）法と比べると過小に評価されることが指摘されている。多様な運動習慣を有する人の身体活動量を評価する方法を検討していくために、本研究では活動量の多いエアロビクスインストラクターを対象に2方向の加速度計、3方向の加速度計、DLWによる身体活動量の測定を行った。

B. 研究方法

10年以上エアロビクスの指導にあたっている女性14名を対象に以下の測定を行った。

1. 基礎代謝量：早朝空腹時に10分間の呼吸をダグラスバッグに採集して、酸素濃度、二酸化炭素濃度、ガス量を測定した。推定値は第六次改定日本人の栄養所要量の基礎代謝基準値を使用した。

2. DLW法による身体活動量調査：体重1kgあたり0.12gの ^2H と2.5gの ^{18}O を投与し、投与後4時間、5時間、及び1日目、8日目の早朝第二、第三尿を採尿し、尿中の ^2H 、 ^{18}O 濃度を質量比分析計で測定した。

3. 2方向加速度計：Suzuken社のLifecorderEXを使用して1日の総消費エネルギー量、歩数を測定した。

4. 3方向加速度計:GMS社のA-210を使用して、前後、上下、左右の3方向の加速度を測定した。

5. 身体計測:身長、体重測定とDEXA(Hologic社QDR-4500)による体脂肪量とFat Free Mass(FFM)の測定を行った。
(倫理面への配慮)

本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所医学倫理委員会の承諾を得て実施した。対象者には研究の目的、方法等を十分に説明し、同意を得た。データの分析・解析はすべて独立行政法人国立健康・栄養研究所内で実施し、データの保管に当たっては個人名等とデータを分けて管理した。

C. 研究結果

対象者の身体特性を表1に示した。年齢は35歳~55歳で体脂肪率は平均22.1%と少なかった。基礎代謝量の測定値は基準値とほぼ同程度であった。

DLWで測定したエネルギー消費量と2方向加速度計によるエネルギー消費量、歩数、3方向加速度計による合成加速度の関係を図1~3に示した。加速度計によるエネルギー消費量はDLWに比べて過小に評価され、その差はエネルギー消費量が大きい者ほど大きかった。DLWで測定したエネルギー消費量と歩数、合成加速度との間には明確な関係はみられなかった。Bland & Altmanの方法によりDLWで求めたエネルギー消費量と加速度計で求めたエネルギー消費量の関係を図4に示した。差の平均は-775kcalで、1名を除く全員が±2SDの範囲にあった。DLWで求めたエネルギー消費量を実測したBMRで除したPALを、DLWで求め

たエネルギー消費量を推定BMRで除したPAL、加速度計で求めたエネルギー消費量を実測したBMRで除したPAL、加速度計で求めたエネルギー消費量を推定したBMRで除したPALと比較した。エネルギー消費量をDLWで測定した値を使用した場合は、BMRを実測、推定いずれを用いてもほぼ同じ値を示したが、加速度計によるエネルギー消費量を使用した場合は、PALが2以上になる者はいなかった。

加速度計は活動の強度により0~9と微小運動の11種に活動内容を分類している。その分布をジョギング、エアロビクスなどで比較した(図6)。ジョギングでは強度が強いが60%以上を占めていたが、エアロビクスでは様々な活動強度の時間が混在していた。

D. 考察

日本人を対象としてDLWにより測定したエネルギー消費量と加速度計で速手したエネルギー消費量を検討した研究(Ebine N et al, 2000, 海老根ら,2002、Rafamantanantsoa HH et al,2002、東野ら,2003、彭ら,2004)ではいずれも加速度計は7~37%の過小評価をしている。今回、活動量の多いエアロビクスインストラクターを対象に測定したが、加速度計はDLWに比べ100~7%、平均30%の過小評価をしていた。この値はこれまでの研究に比べると大きい傾向にある。これは、これまでの研究でも指摘されているように活動量の多い者での過小評価が大きい傾向にあることと一致している。また、室内でのエアロビクスのクラスの運動がジョギングなどの単

一の運動を継続する場合に比べ加速度計での評価が難しく、運動時間中のエネルギー消費量を小さく見積もっている可能性が考えられる。

E. 結論

多様な運動習慣を有する者を対象とした既存の加速度計での評価に、まだ課題が多い。

F. 健康危険情報

本年度の研究では、健康危険情報は特に認められなかった。

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 対象者の身体特性

			最小	最大
年齢	(歳)	41.7 ± 6.7	35	55
身長	(cm)	157.2 ± 4.1	150.0	164.5
体重	(kg)	52.4 ± 4.6	43.3	59.1
体脂肪率(DEXA)	(%)	22.1 ± 4.0	15.8	28.2
FFM(DEXA)	(kg)	40.7 ± 3.1	35.5	46.9
基礎代謝量(実測)	(kcal/kg/day)	22.0 ± 1.4	19.4	24.0
基礎代謝量(基準値)	(kcal/kg/day)	21.6 ± 0.4	20.7	21.7

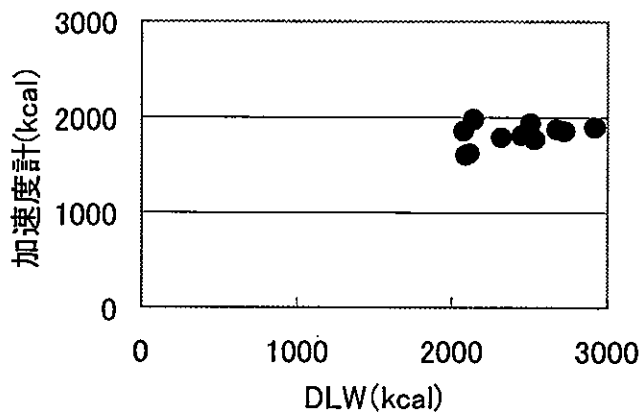


図1 DLWで測定したエネルギー消費量と加速度計で測定したエネルギー消費量

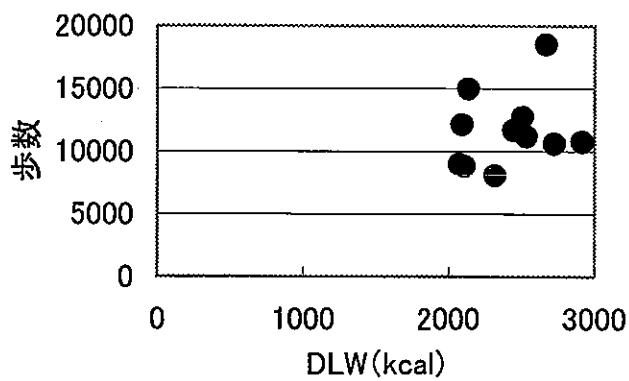


図2 DLWで測定したエネルギー消費量と加速度計で測定した歩数

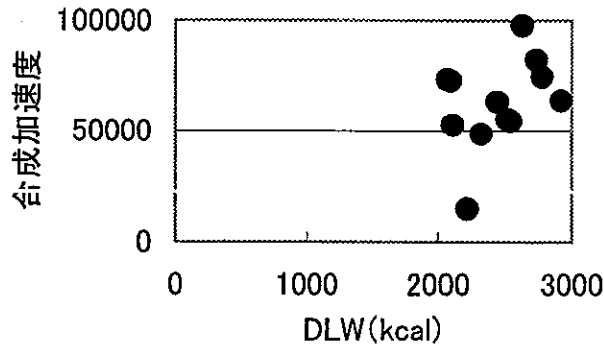


図3 DLWで測定したエネルギー消費量と3方向加速度計でもとめた合成加速度

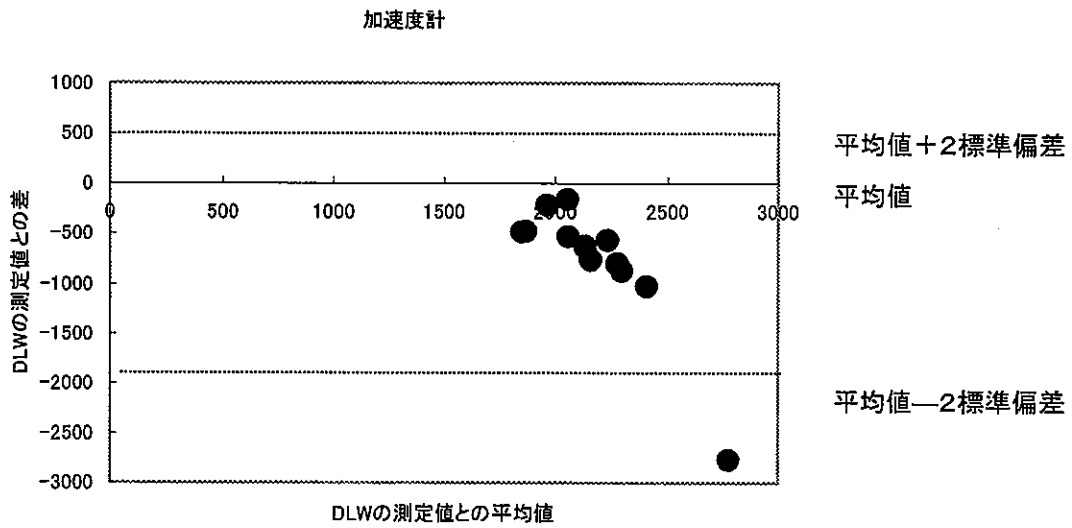


図4 Bland and Altman の方法で比較した DLW と加速度計で測定したエネルギー消費量の関係

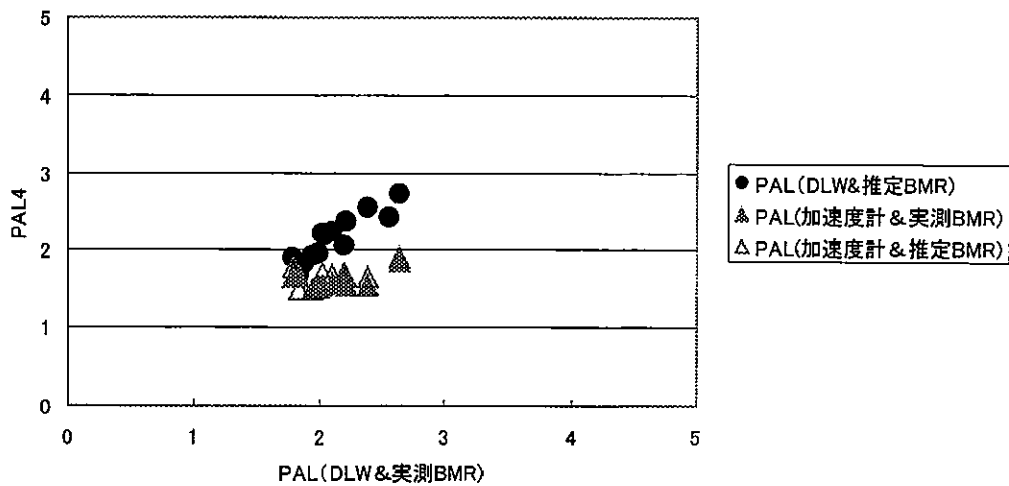


図5 各種方法で測定した PAL の比較

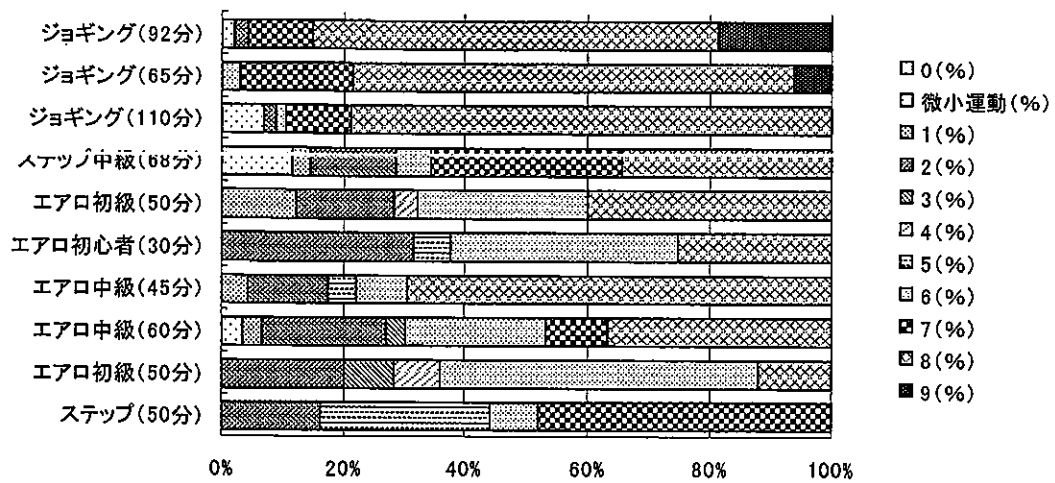


図6 各種活動中の加速度計で測定した強度の分布