

吸商からみた脂質酸化能に及ぼす影響. 第
29回日本肥満学会. 大分 10月18日
2008

20) 竹中晃二・浜崎伸夫・大場ゆかり・藤
澤雄太・前泊成人 2008 ヘルス・コミュニ
ケーションの実際:事前調査,企画,実行
,評価. 日本健康心理学会第18回大会シ
ンポジウム

21) 竹中晃二 2008 健康行動変容:理論を
実践に活かす. 日本健康心理学会第18回
大会準備委員会企画ワークショップ

22) 竹中晃二・大場ゆかり・緑川裕美
2008 スモールチェンジ健康づくり介入に関
わる予備研究. 日本健康心理学会第18回
大会

23) 前泊成人・藤澤雄太・竹中晃二 2008
離島地域における生活習慣病予防プログラ
ムの開発. 日本健康心理学会第18回大会

24) 大場ゆかり・竹中晃二 2008 健康行動
におけるスモールチェンジに関する探索的
研究. 日本健康心理学会第18回大会

25) 堀内明子・竹中晃二・前泊成人・小松
ゆみこ 2008 身体活動ガイドライン策定に
関する予備的研究:健康度を決定する歩数
の基準値を探る. 日本健康心理学会第18
回大会

26) 万行里佳・竹中晃二 2008 キャンパス
の地域差による大学職員の生活習慣につい
て. 日本健康心理学会第18回大会

27) 藤澤雄太・竹中晃二 2008 保健指導の
成否に関する原因貴族パターンの検証. 日
本健康心理学会第18回大会

28) 満石寿・竹中晃二・長野祐一郎 2008
運動中における感情および心臓血管系の反
応. 日本健康心理学会第18回大会

29) 竹中晃二・大場ゆかり・満石寿 2008
ストレス対処に果たすスモールチェンジ行
動の調査. 日本ストレスマネジメント学会
第7回大会

30) 満石寿・竹中晃二 2008 運動前に行う
教示によって感情および心臓血管反応に変
化はみられるか. 日本ストレスメン
ト学会第7回大会

31) 満石寿・竹中晃二 2008 軽度の運動実
施に伴う感情および心臓血管反応の性別差
. 日本スポーツ心理学会第35回大会

32) 堀内明子・竹中晃二 2008 身体活動ガ
イドライン策定に関する予備的研究-健康
度を決定する歩数の基準値を探る-. 日本
子ども健康科学学会第10回大会

33) 竹中晃二 2009 地域におけるウォーキ
ングを用いた健康づくりの取り組み-如何
にして継続させるか-. 九州スポーツ心理
学会第22回大会フォーラムII.

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を
含む)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

全施設のデータを用いた解析

研究代表者 田畑 泉（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究協力者 曹 振波（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究協力者 佐々木梓（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究要旨

20～69歳の健康的な男女857名を対象に、「健康づくりのための運動指針2006（エクササイズガイド2006）」を基に、身体組成、腹囲、最大酸素摂取量(VO_{2max})、3分間歩行、脚伸展パワー、イスの座り立ち10回にかかる時間、握力、垂直跳び、運動及び生活活動に関する意識を測定した。本研究結果より、加齢による持久力の低下および脚筋力の低下が確認された。 VO_{2max} と腹囲との間には負の相関関係があることが示唆された。男女とも、腹囲の健診指標をクリアしていない者に比べて、腹囲の健診指標をクリアしている者の VO_{2max} はより高値を示した。内臓脂肪減少のための体力づくりに関しても、その妥当性が示唆された。男性の腹囲健診基準値（85cm）は生活習慣病予防に必要な体力という観点から妥当な値であるが、女性の腹囲健診基準値（90cm）は、再検討する余地があることが示唆された。また、3分間歩行を用いて持久力をより正確的評価するためには身長による補正が必要であり、3分間歩行距離の基準値の再検討が必要であることが示唆された。

A. 研究目的

本研究の目的は、国民の持久力（最大酸素摂取量）の現状値の測定と、2006年策定の「健康づくりのための運動基準2006-身体活動・運動・体力」と「健康づくりのための運動指針2006（エクササイズガイド2006）」のバリデーションを行うことであった。

B. 研究方法

1. 対象者

被験者は、20～69歳の健康的な男性464名、女性393名、合計857名（43.3±14.1歳、平均±SD）を対象とした。

本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所倫理委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り行った。対象者には事前に本研究の趣旨や測定内容、測定時の危険性などに関する説明を行い、参加への承諾を得た。

2. 身体組成・腹囲の測定

各被験者に対して、身長は計測とインナーキャン BC-600（株式会社タニタ社製）を用いたインピーダンス法によって身体組成（体重、体脂肪率、骨量、体脂肪量、除脂肪量、骨格筋量）を測定した。また、布製のメジャーを使用し、臍位置での腹囲を測定した。

3. 最大酸素摂取量・3分間歩行の測定

自転車エルゴメーター（モナーク社製）を用いた漸増負荷法により、最大酸素摂取量

(VO_{2max})を測定した。ペダル回転数は60rpmとし、心拍数(HR)が110bpm前後になるような負荷で5分間ウォーミングアップを行わせた後、その負荷から測定を開始し、1分毎に15Wずつ負荷を増加させた。運動中は心拍数と心電図を心電計でモニタリングし、負荷を上げる毎に運動直後の主観的運動強度(RPE)を記録した。RPEが18以上でペダル回転数が60rpmを維持できなくなった時点まで疲労困憊と見なし、測定終了とした。運動中の呼気ガスはARCO1000(アルコシステム社製)によって分析し、運動中の酸素摂取量の最大値をVO_{2max}とした。

次に、「エクササイズガイド2006」において持久力の評価として挙げられている3分間歩行を行った。3分間歩行は、体育館で40m周囲の四方形或は20m幅の直線のコースを、3分間「ややきつい」と被験者自身が感じる早さで歩き、その距離を測定した。

4. 脚伸展パワー・イスの座り立ち・握力・垂直跳びの測定

脚伸展パワーの測定には、脚伸展パワー測定マシン(アネロプレス3500、COMBI社製)を用いた。男性1名において膝痛のため測定を中止した。

次に、「エクササイズガイド2006」において筋力の指標として取り上げられているイスの座り立ちを行った。背筋を伸ばしてイスに座り、膝が完全に伸びるまで立ち上がり、その後素早く開始時の座った姿勢に戻る動作を、できるだけ早く10回繰り返す行い、要した時間を小数点以下第1位まで測定した。男性2名において、腰痛のため測定を中止した。

握力は握力計を用いて左右2回ずつ測定し、高い方の値を採用した。男性1名において、体調不良のため測定を実施しなかった。

垂直跳びはメジャータイプのジャンプメーター(竹井, T.K.K. 5406)を用いて測定した。

5. 生活習慣調査

生活習慣調査票を用いて生活習慣調査を行った。

6. 統計処理

全てのデータは平均値±SDで表した。2群間における平均値の差の検定には対応のないt-testを用いた。Pearson相関関係の検定を行った。有意水準は5%以下とした。

C. 研究結果

被験者の身長、体重、BMI、体脂肪率、腹囲はそれぞれ、男性170.4±6.2cm、68.3±10.2kg、23.5±3.1kg/m²、19.6±5.3%、82.4±8.3cm、女性157.5±5.9cm、52.0±6.6kg、21.0±2.6kg/m²、26.8±5.8%、75.5±8.7cmであった【表1,3】。またVO_{2max}および3分間歩行の値はそれぞれ、男性36.4±8.6mL/kg/min、368±47m、女性29.3±6.3mL/kg/min、342±38mだった。脚伸展パワー及びイスの座り立ち10回にかかる時間はそれぞれ、男性23.1±6.5W/kg、9.9±2.2秒、女性14.7±4.1W/kg、10.5±2.4秒であった。握力の値は、男性右46.3±6.7kg重、左44.1±7.0kg重、女性右28.7±5.1kg重、左26.9±5.5kg重であった。【表2,4】

男女ともに、年齢と身長の間には負の相関関係が見られ(p<0.001)、また年齢とBMI、体脂肪率及び腹囲の間には正の相関関係がみられた(p<0.001)。年齢とVO_{2max}(p<0.001、図1-3)及び脚伸展パワー(p<0.001)、また年齢と握力及び3分間歩行の間には、負の相

関関係が見られた($p<0.001$, $p<0.001$)。年齢とイスの座り立ち時間の間には正の相関関係が見られた($p<0.001$)。

体重及びBMIと腹囲の間には、正の相関関係が見られた($p<0.001$)。身体組成の指標(BMI、体脂肪率及び腹囲)と VO_{2max} の間には、負の相関関係が見られた($p<0.001$)。

本研究の VO_{2max} 値と先行研究の値とを比較する結果は【表5,6】に示した。性・年代別にみると本研究の被験者(男女とも)の VO_{2max} 値は張らの先行研究より高値を示した。一方、健康づくりのための運動基準2006(EPAR2006)の基準値と比較すると、男性においてはEPAR2006の基準値を満たしている割合は男性で20歳代61%,30歳代57%と高いが、40歳代では33%となり中年期において生活習慣病予防に必要な体力を保持していないという結果が得られた。女性においては、すでに30歳において基準値を満たしているのは4割を下回っていた。これらにより、生活習慣病予防という観点から、中年期における体力向上の必要性が示された。

腹囲が健診指標をクリアしていない者はそれぞれ40歳以上の男性45%、40歳以上の女性11%であった【表7】。腹囲別の VO_{2max} を見ると、男女とも、腹囲の健診指標をクリアしていない者に比べて、腹囲の健診指標をクリアしている者の VO_{2max} はより高値を示した。EPAR2006の VO_{2max} 基準値を満たしている者の腹囲とEPAR2006の VO_{2max} 基準値を満たしていない者の腹囲に比較すると、男性においては、20歳代では最大酸素摂取量の基準値を満たしている者と満たしていない者に腹囲(臍位)に差はなかったが、30歳ではEPAR2006の VO_{2max} 基準値を満たしてい

ない者の腹囲(85.8cm)は満たしている者(80.1cm)より有意に高かった【表8】。その他の40歳以上でも同じであった。全年代において、 VO_{2max} が基準値より高い者の腹囲は殆ど86cm以下であった。この点から腹囲85cmは、生活習慣病予防に必要な体力という観点から妥当な値であると考えられる。一方、女性においては最大酸素摂取量が基準値よりも高い者の腹囲は、低い者の腹囲よりも小さいという結果であったが、男性のようにメタボリックシンドロームの健診基準である90cmで差は見られなかった。この点から女性の腹囲健診基準値は、生活習慣病予防に必要な体力という観点から検討する余地があると考えられる。

VO_{2max} と健康づくりのための運動指針2006(EPAG2006)で示された簡易な持久力の評価法である3分間歩行距離の間には正の相関関係が見られた($p<0.001$, 図2)。一方、3分間歩行と身長との間には女性において相関関係は見られなかったが、男性においては正の相関関係が見られた(男性 $r = 0.20$, $P < 0.001$; 女性 $r = 0.09$, $P = 0.09$)。すなわち、同じ VO_{2max} でも身長の高い者のほうは歩行距離が長い傾向が見られた。従って、今後エクササイズガイドにおける基準値においても、特に男性においては身長による補正が必要であると考えられる。3分間歩行距離の基準値による持久力のスクリーニングの有効性を検討した結果は【表9】に示した。3分間歩行距離の基準値による持久力のスクリーニングの感度は49.8%、特異度は62.5%であった。しかも、男女とも偽陰性の数は偽陽性の数より多いであった。特に、女性においては偽陰性の数は偽陽性の数より4倍以上多かった。この結果はEPAG2006で示され

た3分間歩行距離の基準値は持久力のスクリーニングとして再検討する必要があることが示唆するものと考えられる。

D. 結論

本研究結果より、加齢による持久力の低下および脚筋力の低下が確認された。VO_{2max}と腹囲との間には負の相関関係があることが示唆された。男女とも、腹囲の健診指標をクリアしていない者に比べて、腹囲の健診指標をクリアしている者のVO_{2max}はより高値を示した。内臓脂肪減少のための体力づくりに関しても、その妥当性が示唆された。男性の腹囲健診基準値（85cm）は生活習慣病予防に必要な体力という観点から妥当な値であるが、女性の腹囲健診基準値（90cm）は、再検討する余地があることが示唆された。また、3分間歩行を用いて持久力をより正確の評価するためには身長による補正が必要であり、3分間歩行距離の基準値の再検討が必要であることが示唆された。

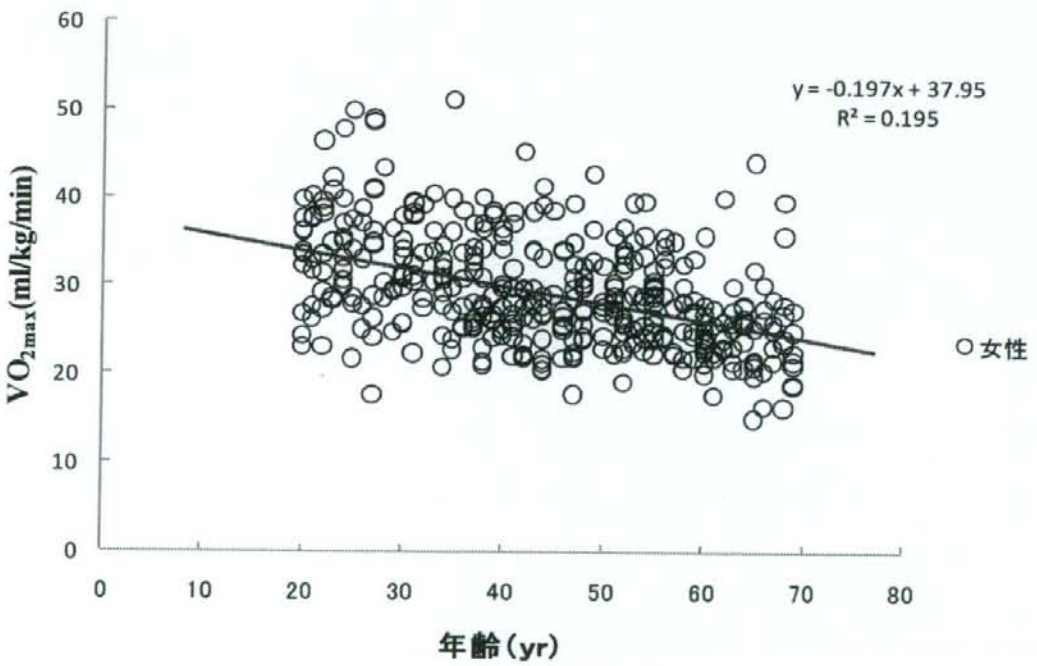
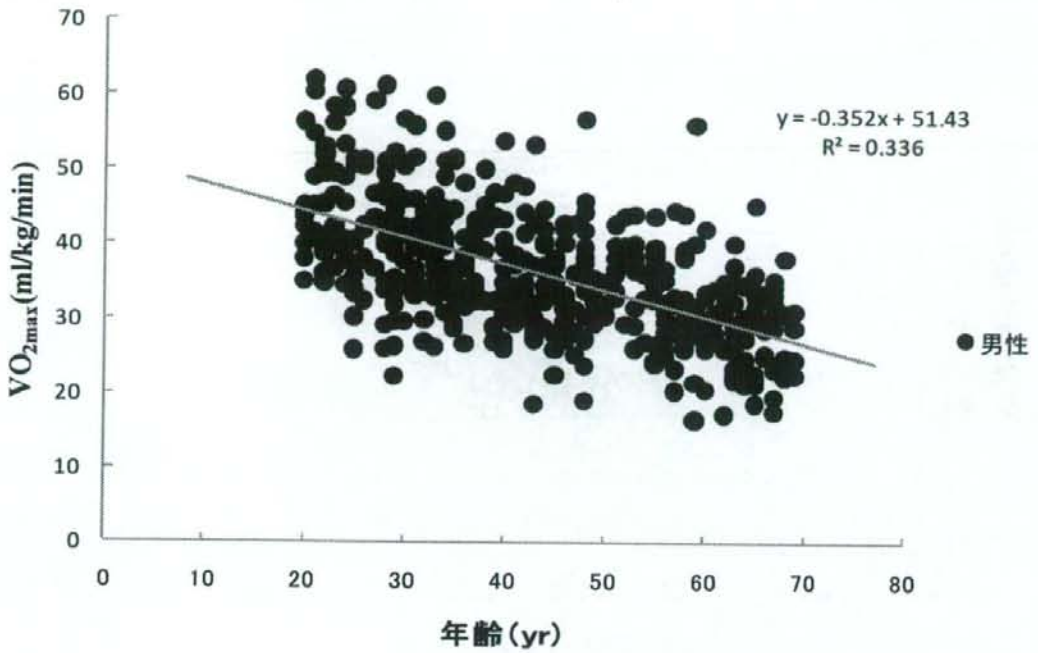


図1 年齢と VO_{2max} (男性 42.6 ± 14.2 yr、 $N = 464$; 女性 44.2 ± 14.0 yr、 $N = 393$)

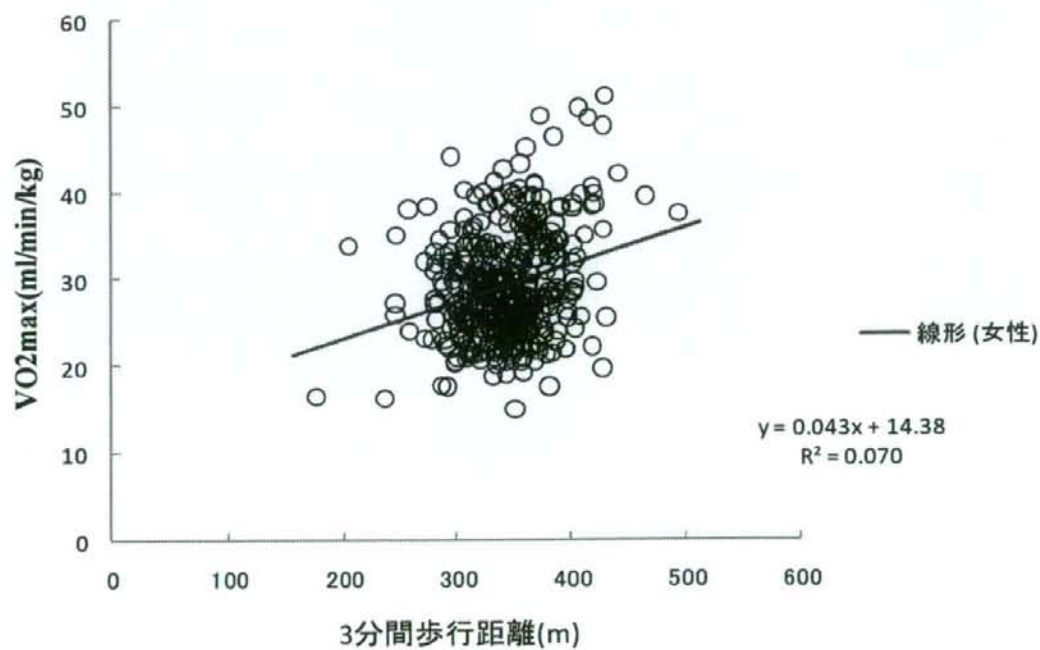
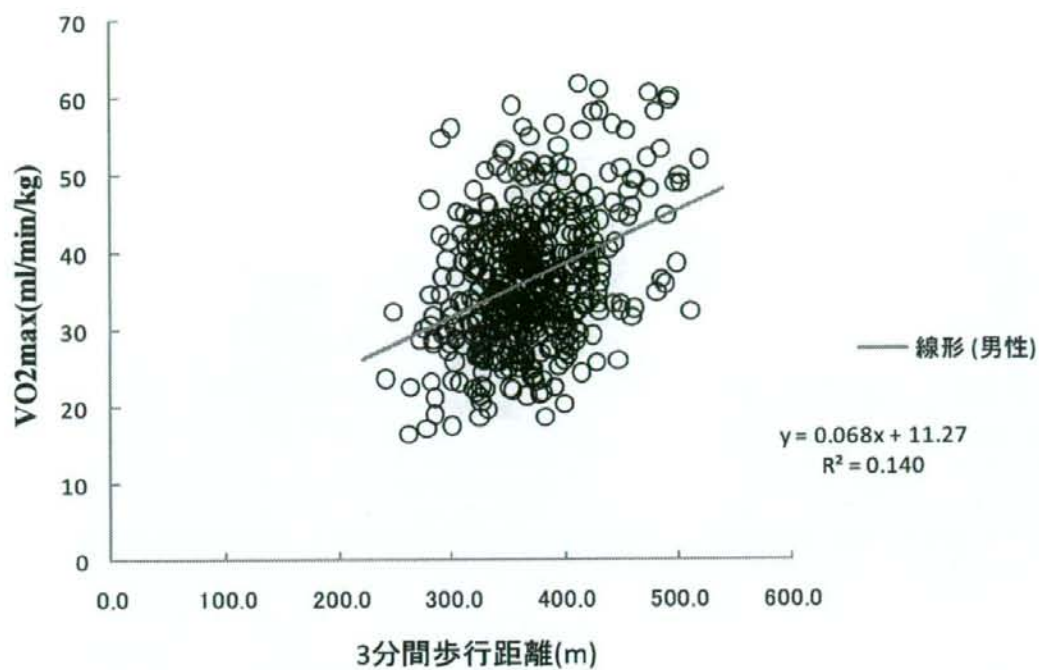


図2 VO₂max と 3分間歩行距離 (男性 N = 463; 女性 N = 387)

表1 被験者の身体組成 (男性)

	All	20s	30s	40s	50s	60s
N	468	104	110	101	74	79
年齢(yr)	42.6±14.2	24.9±3.0	33.9±2.6	44.2±2.9	55.4±2.8	64.3±2.5
身長(m)	170.4±6.2	171.9±6.2	172.3±5.5	171.1±5.9	169.5±5.4	165.7±5.6
体重(kg)	68.3±10.2	66.2±10.6	70.8±11.0	70.4±10.8	68.0±7.4	64.9±8.3
BMI(kg/m ²)	23.5±3.1	22.3±2.9	23.8±3.4	24.0±3.4	23.7±2.5	23.6±2.7
体脂肪率(%)	19.6±5.3	16.9±5.5	20.2±5.3	20.5±5.2	20.1±4.9	20.5±4.5
腹囲(cm)	82.4±8.3	76.9±7.3	82.7±8.4	83.9±8.9	84.6±7.2	85.0±6.7

Mean±SD

表2 体力測定結果 (男性)

	All	20s	30s	40s	50s	60s
N	464	103	110	99	73	79
VO _{2max} (ml/kg/min)	36.4±8.6	43.0±8.6	39.4±7.1	34.8±7.0	33.3±6.6	28.6±5.6
3分間歩行(m)	368±47	384±51	376±50	358±41	369±41	347±41
脚伸展パワー(W/kg)	23.1±6.5	28.0±6.3	25.2±5.3	23.3±4.8	19.9±3.1	15.2±3.2
イスの座り立ち(秒/10回)	9.9±2.2	9.2±1.7	9.3±1.4	10.1±2.2	9.9±1.8	11.3±3.1
垂直跳び(cm)	45.6±9.6	52.3±8.5	48.5±7.5	45.4±8.0	41.1±7.6	34.0±6.9
握力(右)(kg)	46.3±6.7	46.5±5.8	48.1±7.1	47.7±6.2	45.5±6.5	42.4±6.4
握力(左)(kg)	44.1±7.0	44.7±6.6	46.1±6.9	45.2±7.6	43.6±6.0	39.6±5.6

Mean±SD

表3 被験者の身体組成 (女性)

	All	20s	30s	40s	50s	60s
N	394	73	83	82	85	71
年齢(yr)	44.2±14.0	24.0±2.8	34.7±3.0	44.2±2.8	54.2±2.7	64.2±3.1
身長(m)	157.6±9.6	158.4±1.8	160.3±4.4	158.7±5.4	156.5±5.2	153.8±5.3
体重(kg)	52.8±7.2	51.4±6.1	53.3±6.8	54.3±8.5	52.6±7.2	51.9±6.9
BMI(kg/m ²)	21.2±2.8	20.0±2.2	20.8±2.6	21.5±3.2	21.5±2.7	21.9±3.0
体脂肪率(%)	26.8±5.8	24.6±5.0	26.0±5.2	27.2±5.7	27.2±6.0	29.0±6.1
腹囲(cm)	76.0±8.7	70.2±5.8	73.8±7.3	76.3±9.1	77.8±8.6	81.6±8.3

Mean±SD

表4 体力測定結果（女性）

	All	20s	30s	40s	50s	60s
N	393	73	83	82	85	70
VO _{2max} (ml/kg/min)	29.3±6.3	33.6±6.8	30.7±5.7	28.9±5.7	28.1±4.5	24.8±5.2
3分間歩行(m)	342±38	351±45	342±41	340±31	348±29	330±41
脚伸展パワー(W/kg)	14.7±4.1	18.1±4.2	15.3±4.4	15.2±3.6	13.7±3.1	11.7±2.3
イスの座り立ち(秒/10回)	10.5±2.4	10.1±2.7	10.6±2.5	10.3±2.1	10.3±1.9	11.3±2.9
垂直跳び(cm)	29.5±7.7	35.1±7.1	32.0±8.3	30.1±5.8	25.6±6.4	24.0±5.4
握力(右)(kg)	28.7±5.1	29.2±5.1	28.7±4.5	31.6±5.1	29.3±4.5	25.0±4.2
握力(左)(kg)	26.9±5.2	26.9±4.8	27.1±5.8	29.6±4.8	27.2±4.2	23.6±4.2

Mean±SD

表5 本研究のVO_{2max}と先行研究との比較（男性）

	本研究		張ら		EPAR2006	基準値に達している方 %	基準値に達していない方 %
	VO _{2max}	N	VO _{2max}	N			
20代	43.0±8.6	103			40	61.2	38.8
30代	39.4±7.1	110	32.7±8.0	231	38	57.3	42.7
40代	34.8±7.0	99			37	33.3	66.7
50代	33.3±6.6	73	26.3±7.2	141	34	42.5	57.5
60代	28.6±5.6	79			33	22.8	77.2
合計	36.4±8.6	464				44.8	55.2

Mean±SD

表6 本研究のVO_{2max}と先行研究との比較（女性）

	本研究		張ら		EPAR2006	基準値に達している方 %	基準値に達していない方 %
	VO _{2max}	N	VO _{2max}	N			
20代	33.6±6.8	73			33	53.4	46.6
30代	30.7±5.7	83	26.6±6.0	202	32	38.6	61.4
40代	28.9±5.7	82			31	28.0	72.0
50代	28.1±4.5	85	22.1±5.8	135	29	36.5	63.5
60代	24.9±5.2	70			28	12.9	87.1
合計	29.3±6.3	393				34.1	65.9

Mean±SD

表7 健診指標で腹囲のスクリーニング

男性	腹囲 (cm)		女性	VO2max(ml/kg/min)		
	n	>=85		<85	n	>=90
20代	13		81	20代	0	59
30代	28		72	30代	2	70
40代	39		52	40代	4	68
50代	30		34	50代	8	66
60代	35		42	60代	11	54
合計	145		281	合計	25	317
%	>=85	<85	%	>=90	<90	
20代	13.8	86.2	20代	0.0	100.0	
30代	28.0	72.0	30代	2.8	97.2	
40代	42.9	57.1	40代	5.6	94.4	
50代	46.9	53.1	50代	10.8	89.2	
60代	45.5	54.5	60代	16.9	83.1	
合計	34.0	66.0	合計	7.3	92.7	

VO2max: >=85: 31.4±6.8
<85: 38.2±8.4

VO2max: >=90: 25.5±4.2
<90: 29.6±6.3

表8 性年代別に、VO_{2max} 基準値に達している者と達していない者の腹囲

	VO2max基準値に達している方の腹囲 (cm)				VO2max基準値に達していない方の腹囲 (cm)				P
	Mean	SD	n (ALL)	n (>=85)	Mean	SD	n (ALL)	n (>=85)	
男性									
20代	76.3	5.9	57	4	77.9	9.1	36	9	0.337
30代	80.1	5.7	55	8	85.8	9.9	45	20	0.001
40代	79.4	7.0	27	5	86.0	9.0	62	32	0.000
50代	82.6	6.9	25	8	86.1	7.1	38	21	0.054
60代	81.0	5.7	17	3	86.1	6.6	60	32	0.004
女性									
20代	69.1	5.1	31	0	71	6.3	28	0	0.125
30代	70.8	5.4	30	0	76	7.9	42	2	0.002
40代	72.5	7.8	19	0	78	9.2	53	4	0.022
50代	75.2	6.2	27	0	79	9.5	47	8	0.026
60代	81.6	8.9	8	2	82	8.3	56	9	0.986

表9 3分間歩行によるスクリーニングした心肺体力のグループ分けとVO2maxによる判定した心肺体力のグループ分けとのクロス表

		3分間歩行によるスクリーニングの判定					
		男性			女性		
		心肺体力の基準値を満たさない群(+)	心肺体力の基準値を満たす群(-)	合計	心肺体力の基準値を満たさない群(+)	心肺体力の基準値を満たす群(-)	合計
VO2maxによる結果	心肺体力の基準値を満たさない群(+)	128	129	257	83	173	256
	心肺体力の基準値を満たす群(-)	78	130	208	38	95	133
	合計	206	259	465	121	268	389
注:							
心肺体力の基準値を満たす群の見かけの的中率(特異度)		62.5			71.4		
心肺体力の基準値を満たさない群の見かけの的中率(感度)		49.8			32.4		
心肺体力を正しく判定される全体の見かけの的中率		55.5			45.8		

最大酸素摂取量の運動負荷実験によらない推定式の開発に関する研究

—1日の歩数と身体活動の強度（時間）を用いて—

研究代表者 田畑 泉（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究協力者 曹 振波（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究要旨

本研究の目的は、①歩数計で計測した1日の歩数及び身体形態な変数を利用して、 VO_{2max} の運動負荷実験によらない推定式の開発と、その妥当性について検討することであった。②加速度センサー付き身体活動量計で計測した3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間、1日の歩数及び身体形態な変数を利用して、 VO_{2max} の運動負荷実験によらない推定式の開発と、その妥当性について検討することであった。その結果、①身体活動量の指標としての1日の歩数は VO_{2max} を反映する重要な独立した予測因子であることが確認された。また、本研究で1日の歩数を用いて導出された推定式は妥当なものであり、日本人成人女性の VO_{2max} の推定に応用可能であることが示唆された。②身体活動強度の指標としての3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間は VO_{2max} を反映する重要な独立した予測因子であることが確認された。加速度センサー付き身体活動量計で計測した3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間、1日の歩数及び身体形態な変数を用いて導出された推定式は妥当なものであり、日本人成人女性の VO_{2max} の推定に応用可能であることが示唆された。

<実験1>

A. 研究目的

有酸素性作業能力の指標である最大酸素摂取量（ VO_{2max} ）は、循環器疾患や死亡などの独立した危険因子であることが国内外の疫学研究により明らかにされている。2006年7月、厚生労働省は生活習慣病を予防する観点から「健康づくりのための運動基準2006」を公表し、生活習慣病発症予防に必要な最大酸素摂取量の基準値を示した。従って、 VO_{2max} は健康に関する体力の重要な指標の一つであり、健康管理及び適切な運動量の決

定においては、 VO_{2max} を評価することは大変重要である。より多くの健康・運動指導の現場及び大規模なコホート研究でより簡便に VO_{2max} を利用できるように、これまでの研究によって身体組成及び身体活動量を用いて様々な VO_{2max} の運動負荷実験によらない推定式が提案されている。しかし、身体活動量を評価する際に、主観的な評価方法（質問紙）を使用したために、この推定式を別の被験者に用いて推定精度を確認した報告によると、 VO_{2max} の実測値と推定値の相関関係は非常に低く、大きな推定誤差が生じることが確認されている。近年、歩数計は、その簡便

な操作性と日常活動そのものを拘束しない客観的手法として、その評価の有効性が確認され、大規模な疫学研究でポピュラーな測定法となっている。しかし、歩数計で計測した1日の歩数を用いて VO_{2max} を推定する研究はまだなされていない。そこで、本研究では、歩数計で計測した1日の歩数及び身体形態な変数を利用して、 VO_{2max} の運動負荷実験によらない推定式の開発と、その妥当性について検討した。

B. 研究方法

1. 対象者

被験者は、20~69歳の健康的な女性189名を対象とした。のうち、87名(45.7±10.9才、平均±SD)を妥当性群、102名(53.0±14.2才、平均±SD)を交差妥当性群に分類した。被験者の特性は【表1】に示した。

本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所倫理委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り行った。対象者には事前に本研究の趣旨や測定内容、測定時の危険性などに関する説明を行い、参加への承諾を得た。

2. 身体組成・腹囲の測定

各被験者に対して、身長は計測とインナーキャン BC-600 (株式会社タニタ社製)を用いたインピーダンス法によって身体組成(体重、体脂肪率)を測定した。

3. 最大酸素摂取量の測定

自転車エルゴメーター(モナーク社製)を用いた漸増負荷法により、最大酸素摂取量(VO_{2max})を測定した。ペダル回転数は60rpmとし、心拍数(HR)が110bpm前後になるような負荷で5分間ウォーミングアップを行わせた後、その負荷から測定を開始し、1分毎に15Wずつ負荷を増加させた。運動

中は心拍数と心電図を心電計でモニタリングし、負荷を上げる毎に運動直後の主観的運動強度(RPE)を記録した。RPEが18以上でペダル回転数が60rpmを維持できなくなった時点を疲労困憊と見なし、測定終了とした。運動中の呼気ガスはARCO1000(アルコシステム社製)によって分析し、運動中の酸素摂取量の最大値を VO_{2max} とした。

4. 身体活動量

対象者は、連続する7日間に起床時から就寝時まで睡眠時と入浴時を除いて腰部に身体活動記録機ライフコーダ(株式会社スズケン社製)を装着し、平均1日の歩数を測定した。

5. 統計処理

全てのデータは平均値±SDで表した。2群間における平均値の差の検定には対応のないt-testを用いた。Pearson相関関係の検定を行った。階層線形回帰分析を用いて VO_{2max} の運動負荷実験によらない推定式を求めた。推定式の妥当性を検証するために、重相関係数(R)と推定の標準誤差(SEE)を検証した。その後、この推定式はBland-Altman approachと線性回帰を用いて交差妥当性を検証された。使用した係数はピアソンの相関係数(r)、推定の標準誤差(SEE1)及び合計誤差(TE)であった。有意水準は5%以下とした。

C. 研究結果

1日の歩数は、 VO_{2max} と有意な正の相関関係(年齢とBMIを調整した偏相関係数 $r=0.40$ 、 $P<0.001$)が認められた。このことは、年齢と身体組成にかかわらず、1日の歩数は VO_{2max} の独立した予測因子であることを示したものである。ほかの独立変数も VO_{2max} と有意な相関関係が認められた【表

2]。VO_{2max}を従属変数とし、1日の歩数、年齢およびBMIを独立変数に用いて重回帰分析の結果においては、Rは0.71(P < 0.001)、SEEは5.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹であった【表3】。妥当性群より導出された推定式を交差妥当性群に適用したところ、VO_{2max}の実測値と推定値との間には、高い有意な正の相関関係が認められ(r = 0.81、P < 0.001)、合計誤差TEは3.43 ml·kg⁻¹·min⁻¹、推定標準誤差SEE1は3.25 ml·kg⁻¹·min⁻¹であった(図1)。また、Bland-Altman Plotにおいては、有意な系統誤差は認められなかった(図2)。したがって、本研究で導出されたVO_{2max}の推定式の精度は十分に保証されたと考えられる。

D. 結論

本研究では、身体活動量の指標としての1日の歩数はVO_{2max}を反映する重要な独立した予測因子であることが確認された。また、本研究で1日の歩数を用いて導出された推定式は妥当なものであり、日本人成人女性のVO_{2max}の推定に応用可能であることが示唆された。

<実験2>

A. 研究目的

実験1で1日の歩数を用いて導出された推定式は妥当なものであり、日本人成人女性のVO_{2max}の推定に応用可能であることが分かった。しかし、歩数は身体活動・運動の強度を反映できない欠点がある。これはVO_{2max}の運動負荷実験によらない推定式の予測精度に影響を及ぼす可能性があると考えられる。一方、加速度センサー付き身体活動量計は歩

数以外にはそれぞれの強度で行う身体活動の時間も計測できる。しかし、加速度センサー付き身体活動量計で計測した身体活動の強度(時間)を用いてVO_{2max}を推定する研究はまだなされていない。そこで、更にVO_{2max}の運動負荷実験によらない推定式の予測精度を改善するために、加速度センサー付き身体活動量計で計測した身体活動の強度(時間)、1日の歩数及び身体形態な変数を利用して、VO_{2max}の運動負荷実験によらない推定式の開発と、その妥当性について検討した。

B. 研究方法

1. 対象者

被験者は、20~69歳の健康的な女性148名を対象とした。のうち、76名(46.0±15.2才、平均±SD)を妥当性群、72名(48.0±9.0才、平均±SD)を交差妥当性群に分類した。被験者の特性は【表1】に示した。

本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所倫理委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り行った。対象者には事前に本研究の趣旨や測定内容、測定時の危険性などに関する説明を行い、参加への承諾を得た。

2. 身体組成・腹囲の測定

各被験者に対して、身長を計測とインナースキャンBC-600(株式会社タニタ社製)を用いたインピーダンス法によって身体組成(体重、体脂肪率)を測定した。また、布製のメジャーを使用し、臍位置での腹囲を測定した。

3. 最大酸素摂取量の測定

自転車エルゴメーター(モナーク社製)を用いた漸増負荷法により、最大酸素摂取量(VO_{2max})を測定した。ペダル回転数は60rpmとし、心拍数(HR)が110bpm前後

になるような負荷で5分間ウォーミングアップを行かせた後、その負荷から測定を開始し、1分毎に15Wずつ負荷を増加させた。運動中は心拍数と心電図を心電計でモニタリングし、負荷を上げる毎に運動直後の主観的運動強度(RPE)を記録した。RPEが18以上でペダル回転数が60rpmを維持できなくなった時点を疲労困憊と見なし、測定終了とした。運動中の呼気ガスはARCO1000(アルコシステム社製)によって分析し、運動中の酸素摂取量の最大値を VO_{2max} とした。

4. 身体活動量

対象者は、連続する7日間に起床時から就寝時まで睡眠時と入浴時を除いて腰部に1軸身体活動記録機ライフコーダ(㈱スズケン社製)あるいは3軸身体活動記録機(松下電工製)を装着し、平均1日の歩数と3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間を測定した。

5. 統計処理

全てのデータは平均値±SDで表した。2群間における平均値の差の検定には対応のないt-testを用いた。Pearson相関関係の検定を行った。階層線形回帰分析を用いて VO_{2max} の運動負荷実験によらない推定式を求めた。推定式の妥当性を検証するために、重相関係数(R)と推定の標準誤差(SEE)を検証した。その後、この推定式は3種類の統計方法:PRESS、下位グループの定誤差(CE)及びBland-Altman approachと線性回帰を用いて交差妥当性を検証された。使用した係数はPRESS決定係数(R^2p)と推定の標準誤差(SEE_p)、CE、ピアソンの相関係数(r)、推定の標準誤差(SEE₁)及び合計誤差(TE)であった。有意水準は5%以下とした。

C. 研究結果

1日の歩数、3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間は、 VO_{2max} と有意な正の相関関係(年齢と身体組成(BMI、腹囲および体脂肪率)を調整した偏相関係数 $r = 0.47$ 、 $r = 0.36$ 、 $r = 0.60$ 、($P < 0.001$)が認められた。このことは、年齢と身体組成にかかわらず、1日の歩数、3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間は VO_{2max} の独立した予測因子であることを示したものである。ほかの独立変数も VO_{2max} と有意な相関関係が認められた【表2】。 VO_{2max} を従属変数とし、1日の歩数、3メッツ及び6メッツ以上の身体活動時間、年齢および身体組成を独立変数に用いて重回帰分析の結果は、【表3】に示した。推定式の予測精度は $model^{SC}$ 、 $model^{MVPA}$ 、 $model^{VPA}$ の順で高くなった。その中で、体脂肪率 $model^{VPA}$ の予測精度は最も高いであった($R = 0.91$ 、 $SEE = 2.6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $P < 0.001$)。PRESSの交差妥当性の結果も【表3】に示した。 R^2p はわずかに減少し、 SEE_p はわずかに増加した。下位グループの交差妥当性の結果は【表4、5】に示した。妥当性群より導出された推定式を下位グループに適用したところ、最も高く予測された下位グループは、 $model^{MVPA}$ を用いた場合においては、中年(45-50yr)、身体活動量の低い及び持久力の平均値以下の下位グループで; $model^{VPA}$ を用いた場合においては、全年齢、全身体活動量レベル及び持久力の平均値の下位グループであった。持久力の高い下位グループにおいては、高いCEが示された。妥当性群より導出された推定式を交差妥当性群に適用したところ、 VO_{2max} の実測値と推定値との間には、高い有意な正の相関関係が認められ($r = 0.83-0.85$ 、 $P < 0.001$)、

%SEE1 と%TE はそれぞれ、10%と 11.5%以下であった(図 1、2)。また、Bland-Altman Plot においては、有意な系統誤差は認められなかった(図 3、4)。したがって、本研究で導出された VO_{2max} の推定式の精度は十分に保証されたと考えられる。

D. 結論

本研究では、身体活動強度の指標としての 3 メッツ及び 6 メッツ以上の身体活動時間は VO_{2max} を反映する重要な独立した予測因子であることが確認された。また、本研究で、加速度センサー付き身体活動量計で計測した 3 メッツ及び 6 メッツ以上の身体活動時間、1 日の歩数及び身体形態な変数を用いて導出された推定式は妥当なものであり、日本人成人女性の VO_{2max} の推定に応用可能であることが示唆された。

表1. 被験者の特性

Variable	妥当性群	交差妥当性群
	<i>n</i> = 87	<i>n</i> = 102
年齢 (yr)	45.7±10.9	53.0±14.2*
身長 (cm)	157.2±5.6	155.6±5.7*
体重 (kg)	52.5±6.9	54.3±7.1*
BMI (kg·m ⁻²)	21.3±2.9	22.5±2.9*
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	31.4±7.4	29.8±5.5
1日の歩数 (steps·d ⁻¹)	9809±3156	10143±3096

平均±SD. BMI, ボディマス指数. * 2群間の有意差, $P < 0.05$.

表2. VO_{2max} とほかの独立変数との相関関係 (*n* = 87)

	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	年齢 (yr)	身長 (cm)	体重(kg)	BMI (kg·m ⁻²)
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	-				
年齢 (yr)	-0.60**	-			
身長 (cm)	0.21*	-0.37**	-		
体重 (kg)	-0.26*	0.08	0.22*	-	
BMI (kg·m ⁻²)	-0.37**	0.27*	-0.31**	0.86**	-
1日の歩数 (steps·d ⁻¹)	0.26*	0.05	-0.18	0.02	0.10

BMI, ボディマス指数. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$.

表 3. 階層線形回帰分析の結果.

VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	回帰係数	β	SE
Model 1			
定数	55.318		4.682
年齢 (yr)	-0.260	-0.54***	0.042
BMI ($kg \cdot m^{-2}$)	-0.565	-0.22*	0.224
Model 2			
定数	49.859		4.516
年齢 (yr)	-0.263	-0.55***	0.039
BMI ($kg \cdot m^{-2}$)	-0.641	-0.25**	0.207
1日の歩数 ($10^3 \cdot steps \cdot d^{-1}$)	0.734	0.31***	0.183

BMI, ボディマス指数; β , 標準化回帰係数; R^2 , 決定係数; SE, 標準誤差; SEE, 推定の標準誤差. $R^2 = 0.40^{***}$ for Model 1; $R^2 = 0.50^{***}$ for Model 2. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$. SEE = $5.79 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ for Model 1; SEE = $5.33 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ for Model 2.

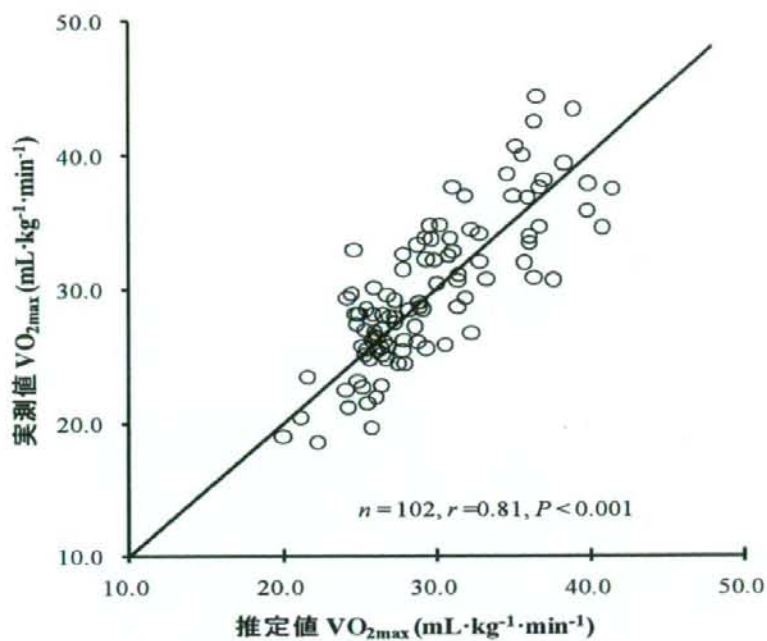


図 1. 実測値 VO_{2max} と推定値 VO_{2max} との関係

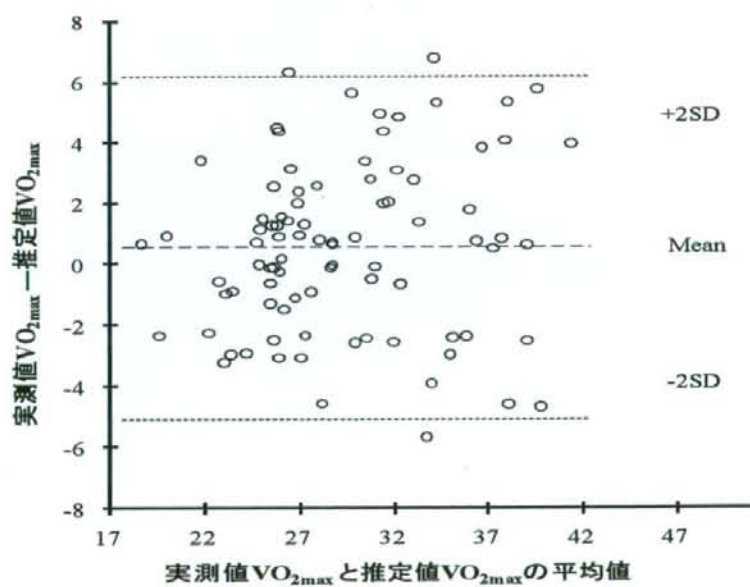


図 2. Bland-Altman plot

表 1. 被験者の特性

変数	妥当性群	交差妥当性群
	N = 76	N = 72
年齢 (yr)	46.0 ± 15.2	48.0 ± 9.0
身長 (cm)	157.2 ± 5.3	156.9 ± 6.0
体重 (kg)	52.5 ± 7.0	56.0 ± 9.4*
BMI (kg·m ⁻²)	21.2 ± 2.8	22.8 ± 3.5**
体脂肪率 (%)	28.2 ± 5.7	27.4 ± 6.2
腹囲 (cm)	76.7 ± 9.5	79.0 ± 10.6
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	30.3 ± 6.1	31.5 ± 5.6
1日の歩数 (steps·d ⁻¹)	9527 ± 3073	12709 ± 5117***
MVPA (min)	16.5 ± 15.2	37.2 ± 22.5***
VPA (min)	2.7 ± 5.5	2.3 ± 6.2

* P < 0.05; ** P < 0.01; ***P < 0.001. BMI, ボディマス; MVPA, 3メッツ以上の身体活動時間; VPA, 6メッツ以上の身体活動時間.

表 2. VO_{2max}とほかの独立変数との相関関係

	VO _{2max}	年齢	BMI	体脂肪率	腹囲	1日の歩数	MVPA
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	-						
年齢 (yrs)	-0.70**	-					
BMI (kg·m ⁻²)	-0.44**	0.23*	-				
体脂肪率 (%)	-0.69**	0.37*	0.83**	-			
腹囲 (cm)	-0.66**	0.50**	0.80**	0.84**	-		
1日の歩数 (steps·day ⁻¹)	0.20*	0.07	0.18	0.11	0.16	-	
MVPA (min)	0.46**	-0.23*	-0.14	-0.35**	-0.28*	0.19	-
VPA (min)	0.56**	-0.19	-0.09	-0.32**	-0.26*	0.29**	0.74**

N = 76; * P < 0.05, ** P < 0.001. BMI, body mass index; MVPA, 3メッツ以上の身体活動時間; VPA, 6メッツ以上の身体活動時間.