



Title	大学構内における歩行運動のエネルギー消費量
Author(s)	小松, 敏彦; 沖本, 昭子; 鳴川, 六司 他
Citation	大阪外国語大学論集. 1993, 8, p. 207-214
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/79593
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

大学構内における歩行運動のエネルギー消費量

小松敏彦・沖本昭子
鳴川六司、辻 忠

Energy Expenditure of Walking Exercise on the Campus

Toshihiko KOMATSU, Akiko OKIMOTO
Mutsuji NARUKAWA, Tadashi TSUJI

The purpose of this study was to estimate the exercise intensity of walking on the circumference around the athletic field at the university. Oxygen consumption was measured on 7 male and 7 female subjects at each of the three walking courses (clockwise, counterclockwise and level) and determined by the Douglas Bag method.

The obtained results were as follows:

- 1) In the clockwise and counterclockwise walking courses, the walking time was longer as compared to level walking course and walking speed was slower.
- 2) Relative metabolic rate (RMR) for each walking course ranged from 3.8 to 4.0 for the male and from 3.6 to 4.3 for the female subjects.
- 3) Oxygen requirement for male and female subjects for each type of walking course was similar, and also with respect to the level walking course, it was considered that the effect of increased walking speed was important.

It was concluded that when walking pitch reached to 120beat/min, exercise had sufficient physiological intensity to be an effective activity for the exercise program.

はじめに

健康や体力の保持・向上のための運動処方意識の高まりとともに、いかにライフスタイルの中に身体運動を取り入れていくかがこれからの重要な課題といえる。

例えば、本学学生の場合、定期的に運動を実施している頻度はあまり高いとはいえない⁴⁾。また、学生のライフスタイルは栄養の摂取頻度の偏りやその簡易化、生活パターンの乱れなど多様化の傾向にあり、我々はこれらの複雑な生活習慣は健康状態に深刻な影響を与えているということを指摘してきた^{3,8-13)}。さらに前報において、運動を行う機会が少ない学生のために、身近な場所で積極的に健康づくりが奨められるようなサポートシステム化を目指し、大学周辺の坂道（通称、外大坂）での上り・下りの歩行運動中のエネルギー消費量を明らかにすることで、運動処方への指標を追究した²⁾。

今回は前報と同様の手法を用いて、大学構内の屋外運動場の外周道路歩行を取り上げ、その歩行時での運動の質・量を推定することを主眼とした。

方 法

1. 歩行運動

本学構内にある屋外運動場を囲む外周道路（693m）は、研究棟や講義棟から体育館、サークルボックスあるいは学生寮等への移動道路として用いられている。そしてこの道路は研究・講義棟側から体育館方面に向かって上り傾斜になっており、その傾斜の程度も左右非対称的なものになっている（図1）。

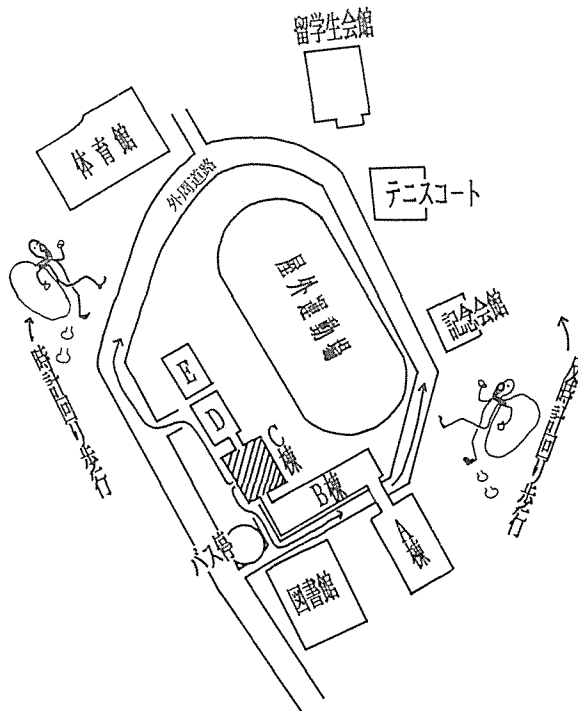


図1 構内外周道路と歩行コース

本実験は、この外周道路1周とC棟2階の実験室から外周道路に至るまでの移動距離を加えた760mの歩行運動である。そして同一被検者に対して2通りの歩行運動を行わせた。すなわち、C棟玄関を基準として時計回りコース（D棟方面）への歩行と反時計回りコース（B棟方面）への歩行運動である。時計回りコースは、D棟前から緩やかな長い上り坂（体育館入り口まで）から下り傾斜に移行し（テニスハードコートまで）、その後急な下り坂（記念会館入り口階段付近まで）から、平坦な道路（バス停まで）を経て、C棟横の階段を通して再びC棟2階の実験室に戻るコースである。

さらに、本学屋外運動場（1周400mの陸上競技場）において、外周道路と同じ760mの平地歩行を行なわせた。なお、歩行ピッチはいずれの歩行運動とも120歩/分とし、携帯用カセットレコーダーによりテンポ音を再生させた。

2. 酸素消費量

酸素消費量の測定にはダグラスバッグを用いて、椅座位安静時および歩行中の呼気を採集し、所定の算出方式によって求めた。

まず、歩行運動の前に実験室で被検者に30分の椅座位安静の状態をとらせた後、5分間の呼気を採集し、安静時の酸素消費量とした。そして実験室から外周道路1周（760m）の歩行運動中の呼気を3分間毎に採集し、さらに歩行運動終了後5分間毎に、延べ15分間の呼気を採集した。また、平地歩行では、上記と同様に安静時の酸素消費量を測定した後、屋外運動場に移動させ歩行運動中の呼気を採集した。

採集した呼気ガスは、湿式ガスメーターを用いて換気量を計量し、呼気ガス濃度を三栄測器社製瞬時ガス分析器（1H26）を用いて分析した。これらの結果を基に酸素需要量、酸素消費量、およびエネルギー代謝率（RMR：Relative Metabolic Rate）を求めた。なお、酸素消費量は酸素1ℓあたり5kcalとして換算し、基礎代謝量の推定は安静時代謝量を男子1.2、女子1.15で除して求めた。また、それぞれの歩行運動でのRMRと歩行運動中の所要時間（分）の積から身体活動量（RMR分）を算出した。

被検者は本学の健康な男女学生各7名（男子、年齢 20 ± 0.8 歳、身長 171 ± 4.7 cm、体重 62.3 ± 4.9 kg、女子、年齢 19 ± 1.0 歳、身長 157.9 ± 5.1 cm、体重 51.6 ± 2.4 kg）の計14名であった。

結 果 と 論 議

1. 各種の歩行運動時の歩行時間・歩行速度・歩数

表1は各種歩行運動時の歩行時間、歩行速度および歩数の結果である。

各種歩行運動時の歩行時間、歩行速度、歩数の平均値は、男子の場合、時計回り歩行ではそれぞれ8分51秒、85.2m/分、1066歩、また反時計回り歩行では8分56秒、85.2m/分、1073歩を示

表1 外周道路歩行の歩行時間・速度・歩数

	被検者	時計回り歩行			反時計回り歩行			平地歩行		
		時間 (分;秒)	速度 (m/分)	歩数 (歩)	時間 (分;秒)	速度 (m/分)	歩数 (歩)	時間 (分;秒)	速度 (m/分)	歩数 (歩)
男 子	A.T.	9' 00"	84.4	1080	9' 12"	82.6	1104	8' 25"	90.3	1010
	K.K.	9' 23"	81.0	1125	9' 09"	83.1	1098	8' 35"	88.6	1029
	M.D.	8' 51"	85.9	1062	9' 09"	83.1	1098	8' 35"	88.6	1029
	M.T.	9' 04"	84.2	1088	9' 10"	83.0	1100	9' 00"	84.4	1080
	H.W.	8' 38"	88.1	1035	8' 51"	85.9	1062	8' 41"	87.6	1041
	M.H.	8' 46"	86.7	1052	8' 45"	86.9	1050	7' 37"	99.7	914
	S.T.	8' 30"	89.4	1020	8' 19"	91.9	998	7' 53"	96.4	945
							**			
	平均値	8' 51"	85.7	1066	8' 56"	85.2	1073	8' 22"	90.8	1007
	標準偏差	0' 18"	2.58	32.6	0' 18"	3.13	36.2	0' 26"	4.95	53.4
							**			
					*					
女 子	M.A.	10' 22"	73.3	1244	10' 00"	76.0	1200	9' 57"	76.4	1194
	M.O.	9' 15"	82.2	1110	9' 15"	82.2	1110	9' 04"	83.8	1088
	M.T.	9' 29"	80.1	1137	8' 54"	85.4	1068	8' 54"	85.4	1068
	J.U.	9' 20"	81.7	1119	9' 14"	82.3	1107	8' 56"	85.1	1071
	N.I.	10' 16"	74.0	1232	9' 50"	77.3	1179	10' 11"	74.7	1221
	R.U.	9' 37"	79.0	1154	9' 25"	80.7	1130	9' 10"	82.9	1100
	Y.T.	9' 29"	80.2	1137	8' 44"	87.0	1047	8' 48"	86.4	1056
	平均値	9' 41"	78.6	1162	9' 20"	81.6	1120	9' 17"	83.5	1114
	標準偏差	0' 25"	3.31	50.0	0' 26"	3.69	51.1	0' 31"	6.27	61.0
					*					
						*				

*P<0.05、**P<0.01

し、両外周道路歩行の値はいずれもほぼ同じであった。これに対し平地歩行では、それぞれ8分22秒、90.8m/分、1007歩となり、平地歩行は両外周道路の歩行運動に比べ歩行速度と歩数の平均値に有意な差が認められた。一方、女子の場合、時計回り歩行ではそれぞれ9分41秒、78.6m/分、1162歩、反時計回り歩行では9分20秒、81.6m/分、1120歩、同様に平地歩行では9分17秒、83.5m/分、1114歩を示し、時計回り歩行運動と他の歩行運動の歩行速度の平均値に有意な差が認められた。また、男女間の各種歩行運動の平均値の差（表示は省略）は歩行時間（男<女）、歩行速度（男>女）、歩数（男<女）とも統計的に有意であった。

すなわち男子では、両外周道路と平地歩行運動との間の歩行速度の違いは、テンポ音から算出した歩数の違いとよく符合していた。つまり、歩行コースの傾斜に対する歩幅の変動が影響を及ぼしたといえる。また、女子の場合も男子と同様の傾向を示しているが、歩行コースの傾斜に対する歩幅の変動は比較的軽微であった。しかし、女子は男子に比べ各種の歩行運動とも歩行速度が遅く、そのために歩行時間が延長し歩数も増加していることが推察された。

これらのことから、本実験の各種の歩行運動の歩行速度は、男女各被検者とも山岡ら¹⁴⁾が報

告している平地歩行の常歩（80～90m/分）に相当していること、各種の歩行運動の歩数は、男子では歩行時間の7分37秒～9分23秒に対して914～1125歩、女子では歩行時間の8分44秒～10分22秒に対して1047～1244歩を数えているが、万歩計を使った目標値、例えば、①1分間に100歩以上（RMR4.5に相当）速く歩くこと、②1000歩以上、10分程度を1度に歩くこと、③毎日7000歩以上歩くことなどを考慮すると、②の目標値に相当していることが明らかになった。

2. 酸素消費量とRMRおよび運動後の回復について

表2は各種の歩行運動の安静時および運動時の酸素消費量とそのRMRの結果である。

表2 各種歩行運動中の酸素消費量とRMR

	被検者	時計回り歩行			反時計回り歩行			平地歩行		
		安静時	歩行時	RMR	安静時	歩行時	RMR	安静時	歩行時	RMR
		(ml/kg/分)			(ml/kg/分)			(ml/kg/分)		
男 子	A. T.	4.05	17.50	4.0	3.66	15.23	3.8	3.59	15.98	4.1
	K. K.	3.56	14.24	3.6	3.93	14.72	3.3	3.65	14.34	3.5
	M. D.	4.45	17.13	3.4	4.07	17.09	3.8	4.70	15.16	2.7
	M. T.	3.51	15.37	4.1	3.17	15.72	4.7	3.20	13.78	4.0
	H. W.	4.69	18.20	3.5	4.54	18.38	3.7	4.42	17.35	3.5
	M. H.	3.53	15.88	4.2	3.53	16.27	4.3	3.59	18.55	5.0
	S. T.	3.85	18.61	4.6	4.15	18.76	4.2	4.32	18.03	3.8
	平均値	3.95	16.70	3.9	3.87	16.59	4.0	3.92	16.17	3.8
女 子	標準偏差	0.44	1.47	0.4	0.42	1.43	0.4	0.51	1.72	0.7
	M. A.	2.76	13.44	4.4	3.50	13.54	3.3	3.55	12.33	2.8
	M. O.	2.58	15.99	6.0	3.20	16.26	4.7	2.70	13.91	4.8
	M. T.	3.09	15.90	4.8	3.83	19.35	4.7	3.57	17.94	4.6
	J. U.	3.64	18.44	4.7	3.05	17.42	5.4	3.69	15.00	3.5
	N. I.	3.27	11.63	2.9	3.12	12.37	3.4	3.50	10.49	2.3
	R. U.	3.49	13.90	3.4	3.12	13.52	3.8	3.31	13.66	3.6
	Y. T.	3.54	16.02	4.1	4.06	18.97	4.2	4.09	16.62	3.5
	平均値	3.20	15.05	4.3	3.41	15.92	4.2	3.49	14.28	3.6
	標準偏差	0.37	2.06	0.9	0.37	2.60	0.7	0.39	2.33	0.8

*
*P<0.05、***P<0.001

安静時の酸素消費量の平均値では各種歩行運動とも大差なく、男子は3.87～3.95ml/kg/分、女子は3.2～3.49ml/kg/分であった。歩行運動時の酸素消費量の平均値では男子は各歩行運動とも16.17～16.70ml/kg/分で大差なく、女子は反時計回り歩行で15.92ml/kg/分と最も大きく、平地歩行では14.28ml/kg/分と最も小さい値を示した（両歩行運動時の酸素消費量の平均値の差は統計的に有意）。また、各種の歩行運動時の酸素消費量から安静時の酸素消費量を控除した酸素消費量（酸素需要量）に対する基礎代謝量の割合、すなわちRMRの平均値は各種歩行運動とも3.8～4.0、女子では3.6～4.3を示し、女子の平地歩行のRMRが最も小さかった。

このRMRは、運動時の酸素需要量の個人差を無くして表す指標として便利であり、また運動

強度を表す指標として我が国では広く用いられている。山岡らの日常生活動作時のRMR、例えば常歩（80～90m/分）の3.0、速歩（100～110m/分）の4.5～5.0と比較すると、本実験の平地歩行では、歩行速度は常歩と同様の結果を示したが、そのときのRMRは男女とも約1.2倍上回り、青少年が健康の保持増進に必要な身体活動量を獲得する手段としてのRMR3.0以上の運動強度を含む生活行動（白井^{6,7)}）に対しても、各種の歩行運動時のRMRは男女とも著しく上回っていた。

このように、各歩行運動の運動強度が男女ともほぼ同じであった原因として、歩行速度、歩数などがあげられる。すなわち、平地歩行運動時の歩行速度は外周道路歩行に比べ男女とも速く、逆に歩数量が少ないことは、運動強度と全く関係がないとはいえないように思われる。

表3は両外周道路歩行運動の安静時代謝量と歩行運動後5分間毎の酸素消費量の平均値と標準偏差である。

表3 外周道路歩行における安静時代謝量と運動後の回復過程

歩行様式	被検者	安静時代謝量		運動後回復0～5分		運動後回復5～10分		運動後回復10～15分	
		時計回り、反時計回り		時計回り、反時計回り		時計回り、反時計回り		時計回り、反時計回り	
		(ml/kg/分)		(ml/kg/分)		(ml/kg/分)		(ml/kg/分)	
男 子	A.T.	4.05	3.66	6.83	6.30	3.75	3.86	3.54	3.47
	K.K.	3.56	3.93	6.22	6.25	3.79	3.99	4.13	3.11
	M.D.	4.45	4.07	7.14	6.61	4.05	4.26	4.40	3.68
	M.T.	3.51	3.17	6.31	6.00	3.57	3.31	3.37	3.53
	H.W.	4.69	4.54	7.17	7.07	4.67	4.69	4.69	4.55
	M.H.	3.53	3.53	6.94	6.18	3.97	3.98	3.65	3.48
	S.T.	3.85	4.15	7.55	7.42	4.64	4.77	4.24	4.32
	平均値	3.95	3.87	6.88	6.54	4.06	4.12	4.00	3.73
	標準偏差	0.44	0.42	0.44	0.48	0.40	0.47	0.46	0.48
女 子	M.A.	2.76	3.50	6.08	5.56	3.70	3.50	3.48	3.50
	M.O.	2.58	3.20	6.15	5.81	3.46	3.61	3.56	3.51
	M.T.	3.09	3.83	7.24	6.29	4.10	3.72	3.92	3.54
	J.U.	3.64	3.05	6.86	6.24	3.91	3.67	3.47	3.77
	N.I.	3.27	3.12	6.25	5.91	3.56	3.66	3.17	3.51
	R.U.	3.49	3.12	6.23	5.32	3.37	3.23	3.13	3.02
	Y.T.	3.54	4.06	6.94	7.28	4.04	4.43	3.75	4.28
	平均値	3.20	3.41	6.53	6.06	3.73	3.69	3.50	3.59
	標準偏差	0.37	0.37	0.43	0.59	0.27	0.34	0.27	0.35

歩行運動後の酸素消費量は男女とも歩行運動後5分以降に著しく減少し、回復10～15分では、男子は両外周道路歩行運動とも安静時レベルまではほぼ回復し、女子はその90%以上の回復がみられた。このことは、本実験での外周歩行運動は運動終了後15分程度では疲労の回復を図れる運動強度といえることができる。

3. 身体活動量と酸素需要量

表4は各種歩行運動時の身体活動量と酸素需要量の平均値と標準偏差である。

表 4 身体活動量と酸素需要量

歩行様式	性	身体活動量 (RMR分)	酸 素 需 要 量	
			kcal	kcal/kg/分
時 計 回 り	男子	34.6 (3.2)	34.5 (1.1)	0.063 (0.0046)
	女子	41.7 (7.9)	29.4 (3.7)	0.059 (0.0100)
反時計回り	男子	35.6 (4.0)	34.5 (2.5)	0.062 (0.0042)
	女子	39.2 (5.7)	29.4 (4.1)	0.062 (0.0109)
平 地	男子	31.8 (4.6)	31.5 (3.2)	0.061 (0.0071)
	女子	33.1 (6.5)	25.2 (4.1)	0.053 (0.0099)

平均値 (標準偏差)

身体活動量の平均値は男子
31.8～35.6RMR分、女子33.1
～41.7RMR分で平地歩行運
動時のRMR分が男女とも小
さかった。また、女子は男子
に比べ各種歩行運動とも大き
い傾向を示した。これは、各
種歩行運動時の歩行速度の違

いによる歩行時間の長短が身体活動量にかなりの重みで関連したものと考えられる。

酸素需要量の平均値では、男女とも各種歩行運動ではほぼ同じで、0.053～0.063kcal/kg/分であつた。本実験の結果で最も注目されることは、平地と両外周道路の歩行運動間の酸素需要量に有意な差が認められなかったことである。すなわち、平地歩行運動の場合には、両外周道路の歩行運動の歩行速度が酸素需要量を高めることになったといえる。つまり、運動が激しくなるに連れて（速度が速くなる）酸素需要量が指数関数的に増大するという結果⁵⁾を追認することになったと考えられる。

以上、屋外運動場の外周道路歩行時での運動の質的な面は、先行研究の健康の保持増進に必要な目標値（RMR3.0以上の生活行動および1000歩以上10分程度1度に歩く）が保たれていること、平地の歩行運動は両外周道路の歩行運動に比べ、男女とも歩行速度が速く、その結果酸素需要量が増大することで、運動強度が高くなることなどが明らかになった。そして、厚生省の健康の保持増進のための18歳のエネルギー消費量の男子2650kcal/日、女子2100kcal/日に対して、平常運動を行っていない本学の学生は、男子で約200kcal/日、女子では約150kcal/日、下回っていることから、従来の報告資料^{1,2,4)}を基にして、大学周辺での歩行運動が1日の身体活動量にどの程度影響を及ぼすかを検討してみると、通学路である阪急間谷住宅入り口バス停から大学構内C棟までの上り・下り坂歩行および屋外運動場の外周道路の歩行時の酸素需要量を加算すると、男子は140kcal、女子では105kcalとなり、男女とも不足しているエネルギー消費量の70%を補えることが推察された。また、これらの歩行運動に要した時間を積算すると男子は約35分、女子は約37分であった。本学学生の多くが全般に非活動的な生活を送っていることを考えると、この問題への解決は健康の保持増進上重要で、大学周辺の歩行運動を積極的に行うことによって、望ましい身体活動量が獲得できる可能性が示唆された。

要 約

健康な男女学生14名を対象に、大学構内の屋外運動場を囲む外周道路の歩行運動（時計回り、反時計回り歩行）時の酸素消費量を測定し、運動の質・量について検討した。

1. 外周道路の時計回りおよび反時計回りの歩行運動時の歩行時間は、男女とも平地の歩行運動に比べいずれも長く、逆に歩行速度が遅くなる傾向を示した。
2. RMRの平均値は男子では3.8～4.0、女子では3.6～4.3となり、各種の歩行運動および男女間に大差はなかった。
3. 各種の歩行運動時の酸素需要量は男女ともほぼ同じ値であった。また、平地歩行運動時の酸素需要量には男女とも歩行速度の増大が大きく影響していることが推察された。

以上、本学構内での外周道路歩行および平地歩行の歩行ピッチを120歩／分とした場合、男女とも至適運動強度となっている点が注目された。

謝 辞

本実験を実施するに当たり、京都女子大学の中井誠一先生に多大なご指導を頂きました。記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養編：第三次改訂日本人の栄養所要量. 第一出版、1984.
- 2) 小松敏彦、他：大学周辺における坂道歩行のエネルギー消費量. 大阪外国語大学論集第2号：257-264、1989.
- 3) 小松敏彦、他：男子大学生の健康状態に影響を及ぼす要因. 大阪外国語大学論集第3号：209-218、1990.
- 4) 前山 直、他：健康・体力・運動・栄養に関する調査 —健康状態および体力の自己認識別比較—. 大阪外国語大学学報 55：35-43、1982.
- 5) 大島正光、他：スポーツ科学講座、スポーツと疲労・栄養. 大修館書店、pp.168-189、1965.
- 6) 白井伊三郎、他：各種作業者の労働量に就いて. 労働科学 27(1)：34-40、1951.
- 7) 白井伊三郎：人体のエネルギー代謝に関する研究. 栄養と食糧 26(6)：343-351、1973.
- 8) 辻 忠、他：大学生の生活時間調査. —運動クラブ練習時の実態—. 体育の科学 31：493-497、1981.
- 9) 辻 忠：男子大学生の生活時間調査. —文科系・理科系学生の身体活動量. エネルギー消費量の比較—、学校保健研究 26(8)：394-400、1984.
- 10) 辻 忠：大学生の生活時間の解析. 京都府立医科大学雑誌 94(10)：1041-1056、1985.
- 11) 辻 忠：大学生男女の生活時間構造とスポーツ活動について. 学校保健研究 27(5)：243-259、1985.
- 12) 辻 忠：男女大学生の生活時間構造 —平日・土曜・日曜の起床時刻ならびに就床時刻の時刻配置—. 学校保健研究 29(12)：591-596、1987.
- 13) 辻 忠：大学生の生活実態と健康管理. 大阪外国語大学論集第2号：163-177、1989.
- 14) 山岡誠一、他：特殊栄養学講座4 スポーツ・労働栄養学. 医歯薬出版. pp.148-155、1977.

(1992. 9. 16 受理)