



Title	大学周辺における坂道歩行のエネルギー消費量
Author(s)	小松, 敏彦; 松下, 唯夫; 鳴川, 六司 他
Citation	大阪外国語大学論集. 1990, 2, p. 257-264
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/79488
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

大学周辺における坂道歩行のエネルギー消費量

小松敏彦、松下唯夫、
鳴川六司、辻 忠

The energy expenditure of up hill and down hill walking
around the university

Toshihiko KOMATSU, Tadao MATSUSHITA,
Mutsuji NARUKAWA, Tadashi TSUJI

The purpose of this study was to estimate the exercise intensity of hill walking around the university. Oxygen consumption was measured on 7 male and 7 female subjects at each type of hill walking (up and down).

The obtained results were as follows;

1. The walking speeds ranged from 64.9 to 74.0 m/min. That of the up hill walking was less than the down hill.
2. The parameters measured to evaluate the physical intensity were oxygen requirement and relative metabolic rate (RMR). The measured oxygen requirement and RMR of the up hill walking were higher than that of the down hill. However, the relationship between male and female was not significant.
3. As far as the mean values are concerned, the amount of physical activity of the male subject was 61.9 RMR·min for the up hill walking and 26.5 RMR·min for the down hill. While that of the female was 59.2 RMR·min for the up hill walking and 25.2 RMR·min for the down. In addition, total the amount of physical activity of both types of walking was 88.4 RMR·min for males and 54.5 RMR·min for females, respectively.
4. The coefficients of correlation and linear regression equation of RMR and the amount of physical activity were calculated for each type of walking. These values were all highly significant. Also, That of all types of walking and

the 14 subjects was 0.985. The following regression equations estimating the amount of physical activity (Y) against RMR (X) were obtained:

$$\hat{Y}=15.32 X-5.08$$

From the results, it was concluded that the hill walking had sufficient physiological intensity to be an effective activity for the exercise program designed to develop and maintain physical condition.

はじめに

近年、機械文明や交通機関の発達、あるいは受験の激化などにより、大学生の身体活動量がかなり減少してきている。特に男子学生の場合、日本人の同年齢のエネルギー量に比べ、平日、土曜、日曜とも下回っている者が全体の約40%を占め、量的には80~200 RMR・分(kcal)/日 不足しており、健康の保持・増進上十分でないことを明らかにした¹⁾。また、適度な身体運動は健康づくりのために良いと認識していても、あるいは健康や体力に不安であると意識しているにもかかわらず、実際にスポーツ活動を実施している頻度はそう高くない⁶⁾。

こうした身体活動量の減少は、単に体力の低下を誘発するだけにとどまらず、健康状態にも様々な影響を与えるものと思われる。従って、体力の低下を未然に防止し、健康づくりのために、適度な身体運動を行うことが基本となり、積極的な健康づくりが進められるようなサポートシステムを考えていくことが重要と思われる。

例えば、日常生活に不可欠な歩行やランニング¹⁾²⁾あるいは気軽に行えるキャッチボール³⁾など、年齢階級別あるいはそれぞれ段階的な運動強度と生体反応との関連性からみた運動処方に関する研究も報告されている。

そこで本研究の目的は、日常生活の中に積極的に身体運動を取り入れるためのアプローチとして大学周辺にある坂道などの歩行のエネルギー量を追究し、身体活動量を推定することを主眼とした。

実験方法

被検者は、本学の健康な男女学生14名であり、年齢は18~23歳であった。また、男子においては全員運動部所属の学生であった。

歩行運動：行われた運動は通勤、通学路である阪急間谷住宅入口バス停前から本学構内のC棟研究室までの上り、下り坂歩行及び、屋外運動場の平地歩行である。すなわち、上り坂コースは、阪急間谷住宅入口バス停前から大学方面に向かってスタートし、バス路線に沿って歩行する。そ

して大学構内に入り、警備棟を右折し、大学会館前・図書館前、そして大学バス停前を通過してC棟2階運動生理学研究室までの960mである。下り坂コースは上り坂歩行と全く逆の順序である(図1)。また、男子被検者には本学屋外運動場(陸上競技用トラック)を用いて同距離の平地歩行をも行わせた。なお、歩行の運動強度は、いずれも被検者に「マイペースで」という主観的努力を指示した。

エネルギー量の測定: エネルギー量の測定には、ダグラスバッグ

法を用いた。被検者に採気用のマスクを装着させ、そこから蛇管を通してダグラスバッグに呼気を採集した。

まず、上り坂歩行に先んじて、実験室で被検者に30分以上の椅座位安静状態をとらせ、最後の5分間の呼気を採集し安静時のエネルギー量とした。その後、乗用車により阪急間谷住宅入口バス停まで移動させた。呼気の採集は上り坂歩行、回復期、下り坂歩行の順に行い、その間連続して測定を行った。呼気濃度の分析には、三栄測器社製瞬時ガス分析器(1H26)を用い、換気量の測定には乾式ガスメーターを用いた。これらの結果を基に、所定の算式から酸素需要量、エネルギー消費量及びエネルギー代謝率(RMR:Relative Metabolic Rate)を求めた。エネルギー消費量は酸素1ℓあたり5kcalとして換算した。またRMRの算出は男子では安静時代謝量を1.2、女子では1.15⁷⁾で除して基礎代謝量を推定した。さらに、各歩行運動中の所要時間(分)とその運動に対応するRMRとの積を身体活動量とした。これは山岡らの労作量指数¹⁴⁾と同様である。

なお、上り坂と下り坂歩行の測定は同一実験日に行っているが、男子の平地歩行の測定は別の日に行われた。

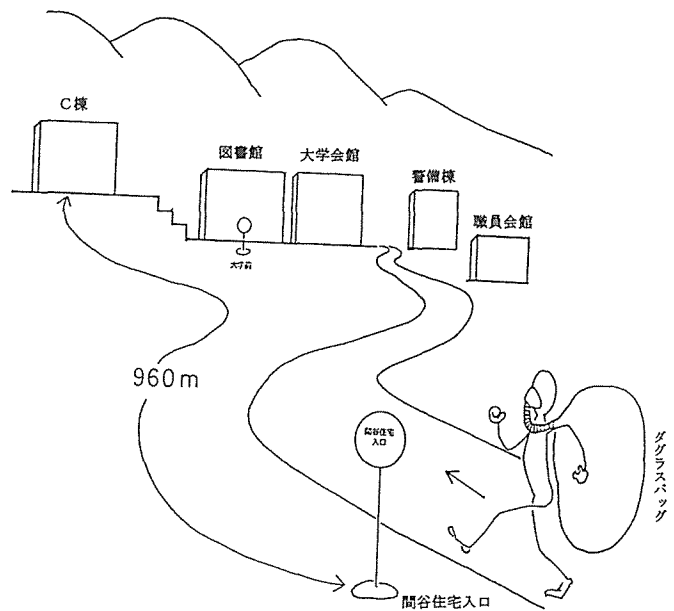


図1 測定方法

結果及び考察

1. 身体的特徴と歩行時間

表1に身体的特徴と各歩行時の所要時間を示す。身長、体重値を厚生省報告の推計基準値⁴⁾と

比較すると、男子の20歳、女子の18歳の値は推計基準値に比べ下回っていた。しかし、全体では男子は身長、体重ともに基準値を上回り、特に体重は本研究の対象者の方が約10kg大きかった。

表1 身体的特徴と歩行時間

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	歩行時間(分:秒)		
				上り坂	下り坂	平地
男子						
H.S.	19	175.5	84.5	14'04"	12'25"	12'26"
H.Y.	19	180.6	74.0	13'51"	12'36"	12'49"
K.Y.	20	162.3	57.5	12'41"	12'02"	12'22"
T.A.	20	165.8	64.4	13'35"	14'03"	12'27"
M.S.	21	176.4	85.0	15'48"	14'35"	14'10"
K.T.	22	178.6	88.6	12'58"	11'33"	11'37"
T.O.	23	172.6	70.0	12'39"	12'41"	11'48"
平均値	21	173.1	72.0	13'39"	12'50"	12'31"
標準偏差 :	1.5	6.25	10.53	1'01"	1'03"	0'46"
女子						
Y.A.	18	152.1	55.8	14'49"	12'58"	-----
T.Y.	18	155.8	51.5	15'58"	13'40"	-----
H.T.	19	151.9	48.6	13'56"	13'51"	-----
K.K.	19	161.2	56.4	13'55"	12'33"	-----
K.N.	20	156.6	49.0	14'49"	13'07"	-----
M.I.	20	159.0	51.8	14'03"	12'55"	-----
N.T.	23	160.1	52.8	14'55"	12'52"	-----
平均値	20	156.7	52.3	14'44"	13'08"	-----
標準偏差 :	1.6	3.42	2.79	0'45"	0'26"	-----

た。女子は、身長、体重ともに基準値とほぼ同じ値であった。

所要時間の平均値では、上り坂が男女とも最も長く、男子は13分39秒、女子は14分44秒であった。なお、各所要時間の変異係数を見ると(表示省略)、上り坂では男子7.5%、女子3.1%、下り坂ではそれぞれ8.2%、2.0%、平地では3.7%であった。すなわち、男子の所要時間は女子に比べ、いずれも個人差が大きくあらわれた。

歩行速度では、上り坂が男子70.3m/分、女子64.9m/分、下り坂はそれぞれ74.8m/分、73.0m/分、平地は76.7m/分であった。なお、平地歩行の速度は、山岡ら¹⁴⁾が報告している散歩(60-70m/分)と常歩(80-90m/分)との中間の値を示した。

2. 酸素消費量とRMR

表2は、安静時及び歩行時の酸素消費量と所定の算出式によって得られたRMRを併記している。

酸素消費量の平均値では、安静時には男子4.71ml/kg/分、

表2 エネルギー消費量とエネルギー代謝率

被検者	安静 V _{O₂}	上り坂 ml / kg / 分	平地	
			下り坂 (R M R)	
男子				
H. S.	4.65	17.98 (3.4)	10.70 (1.6)	12.09 (1.9)
H. Y.	3.78	19.73 (5.1)	10.81 (2.2)	14.19 (3.3)
K. Y.	4.52	21.39 (4.5)	11.13 (1.8)	13.22 (2.3)
T. A.	4.66	19.72 (3.9)	9.16 (1.2)	13.82 (2.4)
M. S.	2.94	17.41 (5.9)	10.71 (3.2)	12.24 (3.8)
K. T.	3.84	18.74 (4.7)	11.06 (2.3)	12.64 (2.8)
T. O.	4.86	21.14 (4.0)	12.57 (2.2)	16.29 (2.8)
平均値	4.17	19.44 (4.5)	10.88 (2.0)	13.50 (2.8)
標準偏差	0.64	1.39 (0.76)	0.92 (0.60)	1.34 (0.59)
女子				
Y. A.	3.76	17.56 (4.2)	10.57 (2.1)	
T. Y.	3.50	15.53 (4.0)	9.32 (1.9)	
H. T.	3.50	19.34 (5.2)	11.11 (2.5)	
K. K.	4.43	20.57 (4.2)	12.23 (2.0)	
K. N.	4.29	17.14 (3.5)	9.80 (1.5)	
M. I.	4.05	18.53 (4.1)	10.23 (1.8)	
N. T.	4.36	16.76 (3.3)	10.82 (1.6)	
平均値	3.98	17.92 (4.1)	10.58 (1.9)	
標準偏差	0.36	1.57 (0.59)	0.87 (0.31)	

女子3.98ml/kg/分、上り坂歩行では、それぞれ19.44ml/kg/分、17.92ml/kg/分、であった。このことから、上り坂の酸素需要量（上り坂の酸素消費量から安静時の酸素消費量を控除）は男子15.27ml/kg/分、女子13.93ml/kg/分、となり、上り坂の酸素需要量は安静時の酸素消費量に対し、男子で3.7倍、女子で3.5倍と男女とも大きく、逆に下り坂では小さな値を示し、男子で1.6倍、女子で1.7倍であった。

RMRの平均値では、上り坂が男女とも大きく、下り坂が小さな値を示した。これは山岡¹⁴⁾らの結果と若干相違していた。すなわち、本研究に用いた通学路は山岡らが示した「ゆるい坂道」よりもはるかに険しいことを示している。

酸素消費量及びRMRの男女差ではいずれも統計的な有意性は認められなかった。しかし、それぞれの変異係数では男子の場合、RMRの変異係数は女子に比べ大きく、RMRに個人差が大きいことが推察された。また、変異係数が小さな値を示したものは、男女とも各歩行での酸素消費量であり、大きな値を示したのは男女とも下り坂のRMRであった。

3. 身体活動量とエネルギー需要量

表3は各歩行時の身体活動量とエネルギー需要量の平均値と標準偏差を示している。

身体活動量の平均値を見ると、上り坂の身体活動量は男子61.9RMR・分、女子59.2RMR・分で、男女とも大きく、下り坂の身体活動量はそれぞれ26.5R

表3 身体活動量とエネルギー需要量

歩 行	性	身体活動量 (RMR・分)	エ ネ ル ギ ー 需 要 量	
			(kcal)	(kcal/kg/分)
上り坂	男子	61.9 (14.42)	75.1 (12.72)	0.076 (0.0054)
	女子	59.2 (7.44)	53.1 (5.27)	0.070 (0.0076)
下り坂	男子	26.5 (9.11)	31.4 (9.03)	0.034 (0.0053)
	女子	25.2 (4.75)	22.8 (3.21)	0.033 (0.0040)
平 地	男子	34.7 (9.33)	42.3 (3.21)	0.047 (0.0059)

平均値 (標準偏差 ±)

MR・分、25.2RMR・分であった。これらを合計（往復路）すると、男子で88.4RMR・分、女子では84.4RMR・分となり、このときのエネルギー需要量は、男子106.5kcal、女子で75.9kcalに相当した。

RMRは性、年齢、体格、および環境条件のいかに拘らず、同じ作業を行う場合には同じ値を表わす指数であることから⁹⁾身体活動量をエネルギー量で推算してみると、それぞれの歩行は身体活動量1RMR・分に対し、男子は1.2kcal、女子は0.9kcalとなった。この女子の比率は、一般成人男女の推算値⁹⁾と比較するとほぼ同じ値であったが、男子ではその値よりわずかに大きかった。さらに、男子では日本人の同年齢のエネルギー量に対し、不足している者が相当数存在

10)12)13)していることを考慮すると、本研究で用いた上り・下り坂の往復路を25分程度歩行することによって、1日当たりの不足しているエネルギー量の約半分を充足できることが明らかになった。一方、女子においては、身体活動量の平均値は良好なものとなっており、栄養素のバランスも男子に比べ著しく優れている。しかし、身体運動を定期的実施している割合が極めて低い点が問題である⁵⁾。従って、女子の場合も男子同様に積極的な身体運動によってエネルギー消費量を高めることが必要と考えられる。

また、エネルギー需要量の男女間には大差は認められなかった。一般的に女子の基礎代謝量や安静時代謝量は、男子に比べ若干低い¹⁵⁾。これは男女間の解剖学的な筋量を始め生理的な適応態勢などの機能的相違が考えられているが、本研究ではこれらを明らかにすることは困難であった。

4. RMRと身体活動量

図2は各歩行時のRMRと身体活動量の散布図を示している。これを見ると、身体活動量はRMRに比例してほぼ直線的な増加を示している。本研究での歩行別RMRならびに身体活動量の男女間に大差が認められなかったので(表3)、男女あわせて相関関係を見てみると、各歩行とも有意な正の相関係数が得られ、また全歩行を1群として捉えた場合も同様に高い相関係数が得られた。その値は、 $r=0.985(P<0.001)$ を示し、

RMR (X) に対する身体活動量 (Y) の回帰方程式は $\hat{Y}=15.32X-5.08$ であった。従って、Xに運動強度を代入すると、身体活動量を得ることができ、これに身体活動量1 RMR・分当たりの熱量(男子1.2kcal、女子0.9kcal)を考慮することによって運動に要した熱量が推算されることになる。

しかし、白井⁸⁾は青少年が健康を保持していくためには、必要量のみの獲得にとどまらず、少なくともRMR3.0以上の生活活動が不可欠であるとし、さらに、活動量が十分に満たされていても栄養素の摂取(エネルギー摂取)が不足する場合は決して好ましい状態ではないと述べてい

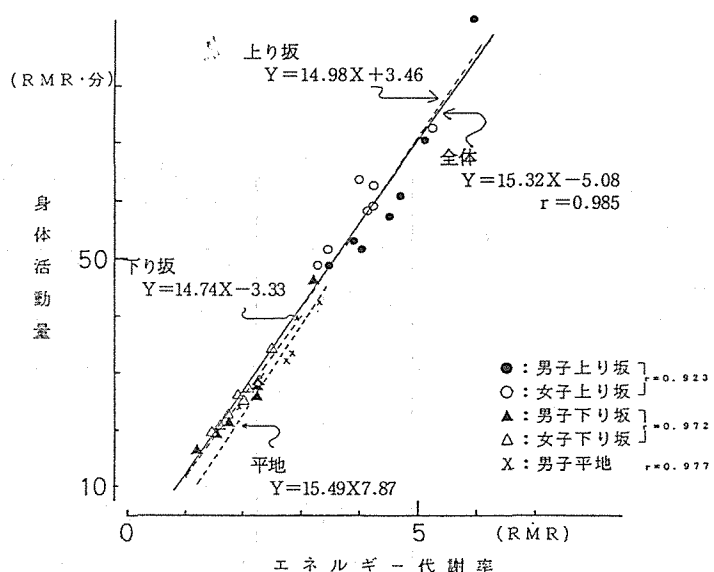


図2 各歩行時のRMRと身体活動量(RMR分)との関係、破線は各歩行の回帰方程式、実線は歩行全体に対する回帰方程式を示す。

る。従って、積極的な健康づくりを進めるためには常歩（RMR3.0）以上の強度を維持するとともに十分な栄養素の摂取と休養にも傾注することが重要であるといえる。ただ、歩行速度が速くなった場合（全身機能の定常状態の成立限界）、身体活動量が増加するかどうかという問題がある。この詳細については、今後の研究に俟つ他ない。

以上のことから、坂道歩行中のエネルギー量を測定することにより、その運動強度、身体活動量を推定することができ、日常生活での不足がちな身体活動量に対してその約半分を補うことができると推察された。従って、よりよい健康状態を保持するためには積極的に身体運動を取り入れることが必要であると同時に、今一度、現在のライフスタイルについて見直す必要があると思われる。

要 約

本研究は、健康な男女学生14名を対象に大学周辺の坂道（上り坂・下り坂）歩行について、エネルギー量を実測し、この値を基に運動強度、身体活動量を推定することで、日常生活での健康・体力づくりのための運動処方に役立てようとした。

その結果、次のことを得た。

- 1) 各歩行での歩行速度は、男女間で平均64.9～74.0m/分であり、上り坂は下り坂よりも小さな値を示した。
- 2) 生理的負担度を酸素需要量、RMRから捉えた。男女とも上り坂歩行において大きな値を示した。また、これらの値の男女間には統計的な有意差は認められなかった。
- 3) 身体活動量の平均値は、上り坂で男子で61.9RMR・分、女子で59.2RMR・分下り坂ではそれぞれ26.5RMR・分、25.2RMR・分を示し、往復では、男子88.4RMR・分、女子54.4RMR・分であった。
- 4) RMRと身体活動量（RMR・分）の関係をみると、各歩行間において、男女とも有意な相関関係が得られた。また、被検者全員と全歩行とをみた場合も高い相関が得られ（ $r=0.985$ ）、その回帰方程式は

$$\hat{Y}(\text{RMR} \cdot \text{分}) = 15.32X(\text{RMR}) - 5.08$$

であった。

以上のことから、坂道歩行中のエネルギー量を測定することで、その運動強度、身体活動量を推定することができ、日常生活への身体運動をとり入れるための一つの指標を得ることができた。

本実験を実施するにあたり、大阪市立大学の河端隆志氏、立命館大学の岡本直輝氏に多大な協力を得た。記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) BOBBERT, A.C.: Energy expenditure in level and grade walking. J. Appl. Physiol. 15(6): 1015-1021, 1960
- 2) HENRY J. MONTROYE, et al.: The oxygen requirement for horizontal and grade walking on a motor-driven treadmill. Med. Sci. Sports Exercise, 17(6): 640-645 1985.
- 3) 石井喜八 他: 投捕球動作の運動強度. 体育科学. 6: 17-24, 1978
- 4) 厚生省公衆衛生局栄養課編 (1979) 日本人の栄養所要量, 36. 第一出版.
- 5) 辻 忠 他: 大学生の生活実態と健康管理. 大阪外国語大学論集. 2 (投稿中)
- 6) 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.
- 7) 大島正光 他: スポーツ科学講座 4 スポーツと疲労・栄養. 大修館書店. 168-189, 1965
- 8) 白井伊三郎: 人体エネルギー代謝に関する研究. 栄養と食料. 26(6): 343-351, 1973.
- 9) 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.
- 10) 辻 忠: 男子大学生の生活時間調査—理科系・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.
- 11) 辻 忠: 大学生の生活時間の解析. 京都府立医科大学雑誌. 94(4): 1041-1056, 1985.
- 12) 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.
- 13) 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(2): 591-596, 1987.
- 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. 148-155, 1977.
- 15) 山田敏男 他: 運動選手の基礎代謝量に関する研究 — 第2報 女子運動選手の基礎代謝量の季節変動について — 体育学研究. 14(3): 185-191, 1969.

(1990. 1. 9 受理)