

徒歩通学は大学生の体力を向上させるか？

神戸大学	岡田修一
(共同研究者) 同	平川和文
同	武井義明
同	前田正登
同	高田義弘

Dose Walking at a Quick Pace Improve Physical Fitness in College Students ?

by

Shuichi Okada, Kazufumi Hirakawa, Yoshiaki Takei,
Masato Maeda, Yoshihiro Takada
College of Liberal Arts, Kobe University

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of going to the University at a quick pace on aerobic work capacity and leg strength in college female students. Ten healthy female students participated in this study, and they were divided into two groups of 5 females each. One was the quick pace group (QG) which was required to go to the University at a quick pace as fast as possible for 5 weeks of training period, and another one was the control group (CG). The average heart rate at a quick pace in QG was 153 ± 12 beats/min, and the duration and the frequency were 23.4 ± 1.2 min and 3.8 ± 0.3 days/week, respectively. Measurements were made on $\dot{V}_{O_{2max}}$, the distance of 5 min run and maximum isometric strength of knee extensor for three times : before and after training period, and after 4 weeks of de-training period. $\dot{V}_{O_{2max}}$ and the

distance of 5 min run in QG showed significant increases of 2.3 ml (6.0%) and 50 m (5.0%) after training, respectively, but leg strength did not show significant increase. CG did not show any change in $\dot{V}_{O_{2max}}$ throughout the experimental period. Heart rate at a given submaximal work load in QG showed significant decrease of 16 beats /min (11%) after training and was kept at the similar level after de-training, as well as $\dot{V}_{O_{2max}}$. It was concluded that going to the University at a quick pace improved the aerobic work capacity in college female students.

要 旨

本研究は、女子大学生を対象にして、徒歩通学が呼吸循環系能力および脚筋力に及ぼす効果について検討するものである。被験者は健康な女子学生 10 名を選び、そのうち、5 名を 5 週間急歩で徒歩通学させるグループ（徒歩通学群）とし、他の 5 名は自由に通学するグループ（コントロール群）とした。彼らに対し、体重、呼吸循環系能力、5 分間走距離および等尺性最大脚伸展筋力を測定した。

徒歩通学中の平均心拍数は 153 ± 12 拍であり、また通学時間は 23.4 ± 1.2 分、通学日数は 3.8 ± 0.3 日/週であった。徒歩通学後に 1% 水準で有意に最大酸素摂取量および 5 分間走距離の増加が認められた。また、脚筋力も増加する傾向がみられた。一方、コントロール群では、最大酸素摂取量および最高心拍数には変化がみられなかった。4 週間の脱順化後での各測定値は、両群ともに徒歩通学後とほとんど同様の値を維持していた。

最大下同一作業テストにおいては、徒歩通学後の心拍数に 1% 水準で有意な低下が認められた。脱順化後においても、徒歩通学後と同様の値を示した。

以上のことから、5 週間の坂道急歩の徒歩通学によって、呼吸循環系能力は向上することが明らか

かになり、急歩徒歩通学の有効性が示唆された。

1. 緒 言

わが国の科学技術の進歩は、子どもから中高年にわたる広範囲な年齢層に運動（身体活動）不足をもたらしている^{13,20}。とくに近年のモータリゼーションの発達は、就学生の通学方法に影響を及ぼしており、歩いて学校に行くという徒歩通学が減り、バスなどの交通手段によって通学するという生徒や学生が多くみられるようになってきた²⁰。一方、大学の受験戦争がますます激しくなったことから、受験勉強の低年齢化が起り、発育期全体を通した身体活動量の絶対的な不足が生じてきている¹⁵。

このような身体活動の不足している学生が続々入学している大学において、近年、体力の低い学生の数が増加しているのが問題になりつつある^{9,17,18,19}。こうした状況の中、学生の体力の維持・向上をねらいとして、徒歩通学の奨励・推進を図ることは意義あるものと思われるが、今まで、徒歩通学の学生の体力を詳細に分析し、その効果を検討した研究はあまりみられない。

本研究では、女子大学生を対象に徒歩通学を行わせ、通学中の運動強度を測定するとともに、徒歩通学が呼吸循環系能力および脚筋力に及ぼす効果について検討し、徒歩通学の有効性を明らかに

するものである。

2. 方法

2.1 被験者

被験者として定期的に運動を実施していない、健康な女子学生 10 名を選んだ。そのうち、5 名を徒歩通学させるグループ（以後徒歩通学群と呼ぶ）とし、他の 5 名は自由に通学するグループ（以後コントロール群と呼ぶ）とした。両群の年齢および身体特性は表 1 に示す通りである。両群の年齢、身長、体重、最大酸素摂取量および最高心拍数の間には有意な差異はみられなかった。また、徒歩通学群およびコントロール群の徒歩通学前の最大酸素摂取量は、東京都立大学の報告している標準値²⁰⁾とほぼ一致することから、本研究の被験者は一般的な呼吸循環系能力をもった女子学生と考えられる。

2.2 通学方法

大学までの距離および標高差は図 1 に示すように、駅から 1,940 m の距離で標高差は 140 m である。徒歩通学群に対しては、徒歩通学の体力に及ぼす影響を明確にするため、まず 5 週間強制的にバス通学を行わせた後、5 週間の徒歩通学を強制した。徒歩通学の後、脱順化を検討するため、4 週間の強制バス通学を行わせた。徒歩通学期間には、急歩で通学するように指示した。各種体力測定は、徒歩通学の前後、および脱順化後に以下の通り実施した。なお、本研究は、10 月～12 月にか

けて行った。

2.3 測定項目

まず、急歩徒歩通学中の運動強度を調べるため、通学中の心拍数変動を心拍メモリー装置（VINE 社製）を用いて測定した。また、徒歩通学群には通学時間および通学日数を記録させた。

つぎに、徒歩通学の形態および体力に及ぼす効果判定として、体重、呼吸循環系能力および脚筋力を測定した。

呼吸循環系能力の測定は、室温 21 度、湿度 60% に設定した人工気候室内で、自転車エルゴメータ（竹井機器製ハイパワーエルゴメータ）を用いて、負荷漸増法により行った。回転数は 50 rpm と規定し、0.5、1.0、1.5 kp の負荷でそれぞれ 4 分間の作業の後、1 分間に 0.25 kp の割合で負荷を漸増し、疲労困憊まで行った。

運動中の呼気ガス分析は、エアロモニター（ミナト医科学社製 AE-280）を用い、1 分ごとに測定した。また、胸部双極誘導（CM₅）による心電図から、心拍数を測定した。得られたデータの最高値をもって、最大酸素摂取量と最高心拍数とし

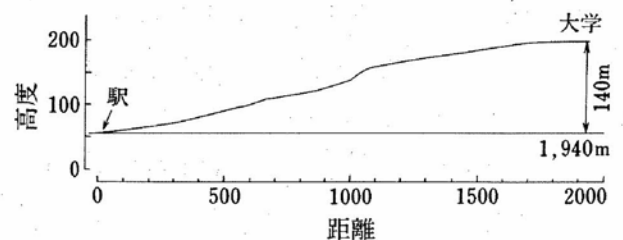


図 1 大学までの距離および高度

表 1 被験者の年齢および身体特性

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	最大酸素摂取量 (ml/kg/分)	最高心拍数 (拍/分)
徒歩通学群 (N=5)	19.9 ±0.1	155.7 ±4.9	45.9 ±4.4	38.6 ±3.4	198.8 ±11.5
コントロール群 (N=5)	20.1 ±0.3	156.3 ±2.6	52.0 ±4.5	36.3 ±1.8	193.4 ±12.2

平均値±標準偏差

た。また、漸増負荷中の7～8分(負荷1.0kp)の心拍数および酸素摂取量応答を、最大下作業時の指標とするとともに、心拍数—酸素摂取量関係式を求め、急歩徒歩通学時の運動強度の推定を行った。他に徒歩通学群に対しては、後日パフォーマンステストとして5分間走テストと、脚筋力テストとしてひざ角度90度における等尺性最大脚伸展筋力(椅座位)を測定した。

2.4 統計処理

徒歩通学群とコントロール群の測定値間の差異については、対応のない student の t テストを用

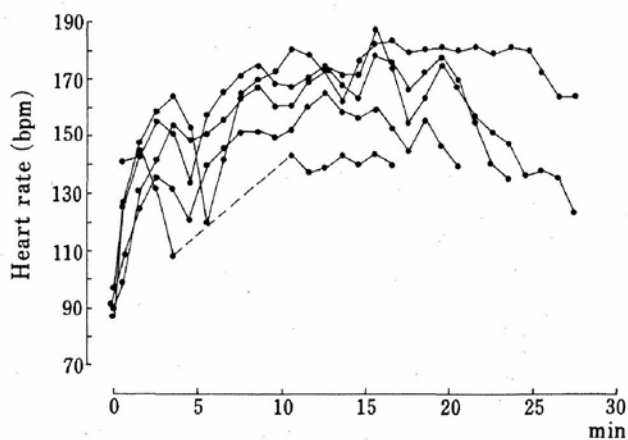


図2 徒歩通学群5名の通学中の心拍数変動

い、徒歩通学の効果の判定には、対応のある student の t テストを用いて平均値の差検定を行い、5%水準以下をもって有意とした。

3. 結果

図2は、徒歩通学群5名の通学中の心拍数変動を示したものである。大学までの5名の平均心拍数は153±12拍であった。また個人の酸素摂取量と心拍数の関係をあらわす直線回帰式に個人の通学時平均心拍数を代入することによって求めた酸素摂取量の推定値を最大酸素摂取量あたりの値($\% \dot{V}_{O_{2max}}$)にし、5名の平均値を算出すると、49.8±4.7%となった。さらに、通学に要した時間の平均は23.4±1.2分であり、通学日数は1週間に平均3.8±0.3日であった。

表2は、徒歩通学前後および脱順化後の体重、最大酸素摂取量、最高心拍数、5分間走距離および脚筋力の平均値と標準偏差を示したものである。徒歩通学後に1%水準で有意に最大酸素摂取量および5分間走距離の増加が認められた。また、脚筋力の値も増加する傾向がみられた。最高心拍数にはほとんど変化がみられなかった。

表2 徒歩通学前後および脱順化後の体重、最大酸素摂取量、最高心拍数、5分間走距離および脚筋力

	徒歩通学群			コントロール群		
	前	後	脱順化後	前	後	脱順化後
体 重 (kg)	45.9 ±4.4	46.0 ±4.7	46.0 ±4.7	52.0 ±4.5	51.3 ±4.6	51.7 ±4.9
最大酸素摂取量 (ml/kg/分)	38.6 ±3.4	40.9** ±2.8	40.7 ±3.3	36.3 ±1.8	36.5 ±2.1	36.5 ±2.5
最 高 心 拍 数 (拍/分)	198.8 ±11.5	195.8 ±9.7	195.6 ±11.7	193.4 ±12.2	192.8 ±11.4	194.1 ±12.3
5 分 間 走 距 離 (m)	1049 ±63	1099** ±52	1090 ±81			
脚 筋 力 (kg)	73.0 ±17.8	76.3 ±17.1	77.0 ±16.4			

平均値±標準偏差 **P<0.01

表3 徒歩通学前後および脱順化後の最大下同一負荷テストにおける酸素摂取量および心拍数

	徒歩通学群		
	前	後	脱順化後
酸素摂取量 (ml/kg/分)	18.6 ±1.5	17.7 ±1.6	17.8 ±1.6
心拍数 (拍/分)	152.6 ±9.2	136.6** ±9.9	134.6** ±9.9

平均値±標準偏差 **P<0.01

一方、コントロール群では、最大酸素摂取量および最高心拍数には変化がみられなかった。脱順化後での各測定値は、両群ともに徒歩通学後とほとんど同様の値を示した。

表3は、徒歩通学前後および脱順化後の最大下同一負荷テストにおける酸素摂取量および心拍数の平均値と標準偏差を示したものである。徒歩通学後の酸素摂取量および心拍数は徒歩通学前に比べ減少し、とくに心拍数においては1%水準で有意な低下が認められた。脱順化後での各測定値は、徒歩通学後とほとんど同様の値を示した。

4. 考 察

神戸大学は、沿線の最寄りの駅から距離1,940 m、標高差140 mの六甲山腹に位置し、大半の学生はバス通学を行っている。また、毎年実施している新入生の体力テストの推移をみると、本学の学生も日本人青年の結果と同様、身長・体重は充実してきているが、12分間走距離は入学後低下しているという結果を得ている²³⁾。本研究では、このような学生の体力的現状に対する対策として、特別な時間・施設を要しない急歩徒歩通学が呼吸循環系能力および脚筋力にどのような効果を及ぼすかを検討しようとしたものである。

一般に平常歩行の場合の運動強度は低いことが報告されているが²⁶⁾、歩行スピードあるいは傾斜が増すと心拍数と酸素摂取量が増加する⁹⁾という

関係が認められている。これは、本学の坂道の多い地理的条件を利用し急歩の徒歩通学を行えば、効果的な運動として十分運動処方条件を満たすことを示唆するものである。実際に、徒歩通学群の急歩徒歩通学時の平均心拍数および平均 $\dot{V}_{O_{2max}}$ は、それぞれ153拍、49.8%であり、ACSMのPosition Stand^{D)}による呼吸循環機能改善のための運動強度50% $\dot{V}_{O_{2max}}$ に相当している。また、運動時間および運動頻度も徒歩通学群はそれぞれ23.4分、3.8日/週で、ACSM^{D)}が勧告している時間20~60分、頻度3~5日という条件を満たしている。このように、下肢を中心とする大筋活動である急歩徒歩通学は、運動処方の観点からは、一般成人の呼吸循環系能力改善に適した運動様式と考えられる。

本研究の結果、5週間の急歩徒歩通学によって、最大酸素摂取量は38.6から40.9 ml/kg/分と2.3 ml (6%)と有意に増加していた。また5分間走距離は1,049から1,099 mと50 m (約5%)と有意な増加が認められた。一方、コントロール群は、3回の測定を通して $\dot{V}_{O_{2max}}$ の変化がほとんど見られなかった(表2)。山岡ら²⁴⁾は、女子学生を対象とした一連のトレーニング効果の研究で、同様な急歩運動やジョギングで $\dot{V}_{O_{2max}}$ に3.2%、5分間走距離に7.6%の効果を報告している。その他、60% $\dot{V}_{O_{2max}}$ 以下の運動強度で、石河ら⁸⁾、Kilbom¹¹⁾および進藤ら¹⁶⁾も $\dot{V}_{O_{2max}}$ やパフォーマンスの改善を報告している。強制的にバス通学を行わせた急歩徒歩通学後の4週間の脱順化においては、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ および5分間走距離ともほぼ急歩徒歩通学後の値を維持しており、4週間では脱順化は認められなかった。

最大下同一作業時の酸素摂取量と心拍数は徒歩通学による減少がみられ、とくに心拍数は平均152拍から136拍と16拍もの有意な減少を示し、脱順化後もこの減少が維持されていた(表3)。この結果と最高心拍数が徒歩通学前後でそれぞれ平

均 198.8 ± 11.5 拍, 195.8 ± 9.7 拍と有意な変化がなかったことを考え合わせると, 急歩徒歩通学によって, 最大下作業が余裕をもって遂行できるようになったものと考えられる. 本研究と同様な最大下同一作業における酸素摂取量や心拍数の減少は Astrand と Rodahl²⁾, Badenhop ら³⁾, Kilbom¹⁾ および山岡ら²⁴⁾ も報告しており, 5 週間の急歩徒歩により運動の効率が改善されたものと推論される.

一方, 脚筋力においては, 標高 140 m 差という徒歩通学条件から脚筋力にも効果があらわれるものと予想していたが, その増加はわずかで有意ではなかった. 平川ら⁶⁾ は, 高齢者を対象として早朝登山を実施している群と一般高齢者群の体力を比較し, 早朝登山群の脚力・瞬発力が有意に優れていることを報告するとともに, 高齢者の体力の改善には運動時間と運動の継続が重要であることを指摘している. また, ACSM¹⁾ は筋力・筋持久力を向上させるためには, 8~12 回くらいの反復回数の高負荷・低回数が最も効果的であると報告している. これらのことを考慮すると, 本研究において脚筋力に効果が認められなかったのは, 5 週間という徒歩通学の期間が短かったことによるのか, あるいは筋力向上のためには本研究の徒歩通学では脚筋への負荷が弱すぎたことによるものと思われる.

以上のように, 5 週間の坂道急歩の条件で行う徒歩通学によって, 呼吸循環系能力は向上することが明らかになり, 急歩徒歩通学の有効性が示唆された.

一般にトレーニングによって $\dot{V}O_{2\max}$ が増加する割合は, トレーニング開始前の値 (Initial level) が低い水準にある者ほどその後の増加率が大きいとされていること^{14, 22)} から, 本研究の被験者の体力水準より劣る女子学生においては, 徒歩通学の効果は本研究で得られた効果に比べ大きいことが推測される.

また近年, 骨粗鬆症と密接な関係にある骨密度の減少している女子学生が増加してきていることが報告され⁷⁾, その原因として, カルシウムの摂取不足と運動不足が指摘されている. 運動は骨密度維持に重要な因子のひとつで, 骨形成促進作用のあることが知られており, とくに重力に逆らうような運動が骨密度の維持に効果的であること^{5, 12)} を考えると, 継続的な坂道の急歩徒歩通学は骨密度の維持に効果をもたらすものと期待される. 今後の研究が必要であろう.

文 献

- 1) American College of Sports Medicine Position Stand ; The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22**, 265-274 (1990)
- 2) Åstrand, P. O., K. Rodahl ; 11. Evaluation of physical work capacity on the basis of tests & 12. Physical training, *Textbook of work physiology*, 341-430, McGraw-Hill (1970)
- 3) Badenhop, D. T., P. A. Cleary, S. F. Schaal, E. L. Fox, R. L. Bartrels ; Physiological adjustments to higher-or lower-intensity exercise elders, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **15**, 496-502 (1983)
- 4) Costill, D. L., H. Thomason, E. Roberts ; Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running, *Med. Sci. Sports*, **5**, 248-252 (1973)
- 5) Davee, A. M., Rosen, C. J., Adler, R. A. ; Exercise patterns and trabecular bone density in college women, *J. Bone Miner. Res.*, **5**, 245 (1990)
- 6) 平川和文, 岡田修一, 神吉賢一, 高田義弘, 小田慶喜, 家治川豊; 高齢者早朝登山者の体力, *デサントスポーツ科学*, **11**, 241-253 (1990)
- 7) 広田孝子, 真砂江美, 松下正子, 山田喜八, 広田憲二; 骨粗鬆症の予防のための運動と栄養, *デサントスポーツ科学*, **11**, 145-152 (1990)
- 8) 石河利寛, 清水達雄, 永井信雄, 佐藤 佑; 女子大学生における最大酸素摂取量の 35, 50, 65 および 80% 強度でのトレーニング効果について, *体育科学*, **2**, 207-217 (1974)
- 9) 加藤橋夫; 体力科学からみた健康問題, 杏林書院

- (1975)
- 10) Kilbom, Å. ; Physical training with sub-maximal intensities in women, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **28**, 141-161 (1971)
 - 11) Kilbom, Å. ; Effect on women of physical training with low intensities, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **28**, 345-352 (1971)
 - 12) Lane, N. E., Bloch, D. A., Fries, J. F. et al. ; Running, Osteoarthritis, and bone density. Initial 2 year longitudinal study, *Am. J. Med.*, **88**, 452 (1990)
 - 13) 松浦義行; 子どもの生活と運動不足, *体育の科学*, **30**, 96-100 (1980)
 - 14) Pollock, M. L., T. Cureton, L. Grenniger ; Effects of frequency of training on working capacity, cardiovascular function, and body composition of adult men, *Med. Sci. Sports*, **1**, 70-74 (1969)
 - 15) 斎藤正三; 子どもの遊びの身体科学, *体育の科学*, **37**, 122-126 (1987)
 - 16) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原史朗, 徳山郁夫; 中高年齢者の自転車エルゴメータによる 50% $\dot{V}_{O_2 \max}$ 強度の 60 分間トレーニング, *体育科学*, **2**, 139-152 (1974)
 - 17) 田中喜代次, 渡辺一志, 羽間鋭雄, 中川 敬; 浪人生活が体格および運動能力に及ぼす影響, *教育医学*, **29**, 30-36 (1984)
 - 18) 田中喜代次, 吉原一男, 遠藤儀男, 羽間鋭雄, 渡辺一志, 中塘二三生; 浪人生活が健康・体力に及ぼす影響 (1) 全身持久性について, *教育医学*, **32**, 84-88 (1986)
 - 19) 田中喜代次, 中塘二三生, 福田 隆, 渡辺一志, 吉原一男, 遠藤儀男, 羽間鋭雄, 中川 敬; 大学進学遅延者の入学後における全身持久性の変化, *体育の科学*, **38**, 961-963 (1988)
 - 20) 東京都立大学体育学研究室; 日本人の体力標準値第 4 版, 不昧堂出版 (1989)
 - 21) トヨタ自動車; 大学生の 4 輪ドライバーと 2 輪ライダーの交通安全意識調査, トヨタ自動車 (1988)
 - 22) Wilmore, J., J. Royce, R. Girandola, F. Katch, V. Katch ; Physiological after alterations resulting from a 10 week program of jogging, *Med. Sci. Sports*, **2**, 7-14 (1970)
 - 23) 山中保人, 家治川豊, 和久田賢夫, 他 12 名; 神戸大学学生の形態と全身持久力の推移と実態について, *体育学研究集録*, **15**, 37-46 (1987)
 - 24) 山岡誠一, 平川和文, 辻田純三; 女子学生に対する最大酸素摂取量の 50 ~ 60% の強度のトレーニング効果について, *体育科学*, **4**, 20-30 (1976)
 - 25) 山本隆久; 職場の生活と運動不足, *体育の科学*, **30**, 106-111 (1980)
 - 26) 山地啓司; 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店 (1981)