

# 女子大学生の体組成および体力におよぼす 斜面地の坂・階段を利用した下りウォーキングの効果 －予備的研究

福田 理香

## Effects of Descending Walking Using Outdoor Slopes and Stairs on Body Composition and Physical Fitness in Healthy Young Women - A Pilot Study

Rika Fukuda

This exploratory pilot study investigated the effects of three types of walking using outdoor slopes and stairs, descending (DD), ascending (AA) and descending and ascending (AD) walking, on body composition and physical fitness.

Healthy young women (age 21-23 years, n=15) were randomly divided three groups. Descending slopes and stairs walking, AA and AD were performed twice a week for 11wk by changing the walking course and increasing the repetitions gradually. Body weight (BM), percent body fat (%Fat), skeletal muscle mass (SMM), knee extensor maximal voluntary isometric contraction strength (MVC), PWC150, and several functional physical fitness measures were assessed before and after the intervention. No significant changes were found in BM in three groups. But %Fat and SMM improved after training for the DD and AA similarly. MVC in DD and AD increased. PWC150 was improved for AA and AD, while it was not change for DD.

These results suggest that DD walking using slopes and stairs outdoors can be useful exercise intervention for young women to reduce %Fat and improve MVC.

### 1. 緒言

世界保健機関（WHO）が世界の若者の運動習慣について調査した結果、11～17歳の80%を超える者が運動不足であり、とくに男性に比べて女性の方が深刻であることを報告書している<sup>1)</sup>。そして、この青少年期の顕著な運動不足は将来的に高い健康リスクを伴うことから、緊急に対策を講じる必要があると警告している<sup>1)</sup>。

運動が健康づくりや多くの疾病の予防・改善にもたらす要因は数多くあるが、筋収縮様式の種類もその重要な一つである。私たちの日常の身体活動および運動は、等尺性、短縮性、伸張性筋収縮から構成されている。主に短縮性筋収縮からなる運動は“コンセントリック（CON）運動”と呼ばれ、これに対して主に伸張性筋収縮からなる運動は、“エキセントリック（ECC）運動”と呼ばれている。例えば、坂道や階段を上るとき、大腿前面の筋は1段ごとに膝関節を伸ばし体重を引き上げるために短縮性の収縮をしており、CON運動に分類される。一方下るときは、大腿前面の筋は、1段ごとに体重を支持するために伸張性の収縮をしており、ECC運動に分類される。

持久性のECC運動は、同じ動作の持久性のCON運動より、代謝量は少なく<sup>3, 4)</sup>、階段の下りの酸素消費量は上りのわずか30%と少ない<sup>2)</sup>。近年、この非常に「楽」な持久性ECCトレーニングが高齢者の身体機能やインスリン感受性の改善に効果的であり、新たな運動ツールとして注目されてい

る。Theodorou et al.<sup>5)</sup> は、週3回、6週間の階段下りウォーキングが上りよりも有意に脚伸展筋力を向上することを認めている。また、Chen et al.<sup>6)</sup> は、週2回、12週間、ビルの階段の上りおよび下りウォーキングを高年齢肥満女性に課した研究において、下り群は上り群と比較して、最大等尺性脚伸展筋力 (MVC)、30秒間イス座り立ち、2分間ステップ、8フィートup and go、片脚立ちおよびインスリン抵抗性、血脂質プロファイルが、有意に改善したことを報告している。しかし、これまでの先行研究のほとんどは、トレッドミル歩行<sup>7)</sup> や特殊なステッパー<sup>5)</sup> を用いた運動、ビルの階段<sup>6)</sup> を用いた研究が多い。運動は継続することが重要であり、簡便性は必須の条件である。日常生活環境の中で運動量を確保できる手段を見出すことは意義あるものと考えられる。また、一般的には階段や坂道を下るには上ることも必要であるが、上りと下りを交互に行った時との比較はなされていない。

そこで本研究では、女子大学生を対象として、日常生活道路である斜面地の坂・階段を利用した上り、下り、上り・下りウォーキングの効果について、体組成、体力の面から検討することを目的とした。下りウォーキングは、体組成、筋出力に関係する体力評価項目では上りウォーキングと比較して有意に改善し、全身持久性体力の評価項目であるPWC150には介入効果が認められない、また、上り・下りは上りウォーキングおよび下りウォーキングの中間的な特徴を示す、という仮説について検証した。

## 2. 方法

### (1) 参加者

坂・階段を使ったウォーキング（以下、坂段ウォーキング）を実施するうえで身体的に問題がなく、過去1年間、定期的に強度の高い運動を行っていない、女子大学生15名（年齢:21~22歳）がこの研究に参加した。本研究の内容について十分に説明し、介入期間中、食事内容や日常生活活動量を変えないことを確認したうえで、研究に同意を得られたものを対象とした。なお本研究は、活水女子大学倫理委員会の承認を得た（倫18-005号）。

### (2) グルーピング

介入に先立ち、下記の体組成測定および体力測定を実施し、体重、体格指数 (Body Mass Index : BMI)、体脂肪率 (%Fat)、脚伸展筋力およびPWC150の値が等質になるように各群5名ずつ、計3群に分けた。

### (3) 坂段ウォーキング介入

週2回、11週間、南大浦地区斜面地の屋外に設置されている長崎市道グラバースカイロード（斜行エレベーターと垂直エレベーター、標高差約68m）と、その周辺の坂道や階段を利用した。各群、ウォーキングコースおよび距離は同じとし、AA群は上りのみ歩き、下りはスカイロードを利用、AD群は下りのみ歩き、上りはスカイロードを利用、AD群は上り、下りとも歩き、とした。コース、反復回数の組み合わせで、2週間ごとに徐々に強度を増した。各コースの平均斜度は、13~15度であった。また、歩行ペースが同じになるように、各群のリーダーがペースを作った。一回当たりの介入時間は、ウォーミングアップ、クーリングダウンを含めて、30分~1時間であった。

### (4) 測定

以下の項目について、介入前 (Pre) と後 (Post) に実施した。

#### 1) 体組成測定

Inbody270 (インボディー・ジャパン社製) を用い、体重、BMI、%Fat、骨格筋量 (Skeletal Muscle Mass : SMM) を測定した。測定時間帯は、いずれも午前中、同一時間帯とした。

#### 2) 体力、身体機能測定

握力、反復横跳び、立ち幅跳び、長座体前屈、上体起こし、脚伸展筋力、PWC150、階段の

上りおよび下りテストを実施した。

握力、反復横跳び、立ち幅跳び、長座体前屈、上体起こしは、文部科学省新体力測定実施要領に従って実施した。

脚伸展筋力は、アイソメトリック脚伸展筋力測定装置 (TKK-5715、竹井機器工業社製) を用いた。被検者は、両腕を胸の前に組んだ状態で測定台の上に腰かけ、膝関節90度で測定者の掛け声とともに3秒間脚伸展筋力を発揮した。測定は左右交互に各2回実施し、優れている方の記録を採用した。

PWC150は、自転車エルゴメーター (AEROBIKE 75XL II、COMBI社製) を用い、多段階負荷方式によるペダリング運動にて実施した。運動中、ハートレートモニタ (RS800CX、Polar社製) を用いて心拍数 (HR) を記録した。ペダリン負荷とHRより最小二乗法にてHR150拍/分の時点の負荷 (W) を算出した。

階段の上りテストおよび下りテストは、屋内の蹴上高16cm、踏み幅30cmの14段の階段を、走らずにできるだけ速く“上る”、“下る”、際の各タイムを測定した。測定は、それぞれ2回実施し、優れている方の記録を採用した。

#### (5) 統計処理

3グループの介入前の測定値について一元配置の分散分析を行った。介入の効果とグループ間の差を検討するために、時間 (介入前後) ×グループ (AA、AD、DD) の二元配置の分散分析を行った。その後、有意差が認められた項目について、t-検定で各群の介入効果 (Pre vs Post) を検討した。統計処理は、SPSS (Ver. 25, IBM) を用いた。いずれの有意水準も5%水準とし、値は平均±標準偏差で示した。

### 3. 結果

DD群の1名において、介入前と介入中の日常活動量に著しい差が認められたことから、分析の対象から除外した。

#### (1) グループ

介入前の全ての測定項目においてグループ間に差は認められなかった (表)。

#### (2) 体組成

体重およびBMIはいずれの群においてもPreとPostの間に有意な差は認められなかった。% Fatは、AA群とDD群においてPreよりPostが有意に減少した (表) が、変化率に群間差は認められなかった (AA:  $-9.4 \pm 5.3\%$ 、DD:  $-8.3 \pm 2.0\%$ )。また、SMMも同様にAA群とDD群においてPreよりPostが有意に優れた値を示した (表) が、変化率に群間差はなかった (AA:  $4.0 \pm 1.9\%$ 、DD:  $3.7 \pm 1.5\%$ )。

#### (3) 体力

##### 1) 握力、反復横跳び、立ち幅跳び、長座体前屈、上体起こし

立ち幅跳びで、AA群のみ有意な介入効果が認められた (表)。その他の項目については、いずれの群においてもPreとPostの間に差は認められなかった (表)。

##### 2) 脚伸展筋力

AD群とDD群でPreよりPostが有意に優れた値を示し介入効果が認められた (表) が、AA群では介入効果が認められなかった。また、AD群とDD群の変化率に群間差は認められなかった (AD:  $27.5 \pm 15.3\%$ 、DD:  $23.8 \pm 11.9\%$ )。

##### 3) PWC150

AA群とAD群でPreよりPostが有意に優れた値を示したが、DD群では介入効果が認められなかった。AA群とAD群の変化率に群間差は認められなかった (AA:  $14.0 \pm 11.1\%$ 、AD:  $11.2 \pm 7.9\%$ )。

表. 体組成および各種体力

		AA (n=5)		AD (n=5)		DD (n=4)		1元配置の 分散分析
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
体重 (kg)	Pre	51.9 ± 3.3		54.2 ± 13.6		52.3 ± 1.9		n. s.
	Post	51.6 ± 3.6		53.6 ± 12.9		51.9 ± 2.3		
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Pre	21.0 ± 2.0		22.6 ± 6.6		20.9 ± 1.5		n. s.
	Post	20.9 ± 2.1		22.3 ± 6.5		20.8 ± 1.6		
体脂肪率 (%)	Pre	28.8 ± 5.9		29.7 ± 9.0		31.0 ± 5.0		n. s.
	Post	26.3 ± 6.6*		27.9 ± 9.2		28.4 ± 4.9*		
骨格筋量 (kg)	Pre	19.8 ± 1.3		20.3 ± 3.1		19.2 ± 1.4		n. s.
	Post	20.6 ± 1.3*		20.6 ± 2.6		19.2 ± 1.3*		
握力 (kg)	Pre	25.8 ± 2.1		27.7 ± 3.0		27.2 ± 3.3		n. s.
	Post	25.6 ± 1.6		27.2 ± 4.2		26.6 ± 4.7		
上体起こし (回)	Pre	27.0 ± 2.0		23.0 ± 6.7		22.8 ± 7.7		n. s.
	Post	27.2 ± 2.9		22.2 ± 6.5		22.3 ± 7.5		
立ち幅跳び (cm)	Pre	165.8 ± 17.7		161.1 ± 19.0		167.8 ± 13.5		n. s.
	Post	175.6 ± 21.3*		175.5 ± 15.4 <sup>§</sup>		176.0 ± 17.6		
反復横跳び (回)	Pre	51.4 ± 2.3		49.0 ± 5.9		50.8 ± 5.1		n. s.
	Post	53.0 ± 2.3		52.2 ± 7.4		54.3 ± 6.7		
長座体前屈 (cm)	Pre	41.2 ± 4.2		43.0 ± 3.8		42.0 ± 3.5		n. s.
	Post	40.6 ± 8.9		44.4 ± 3.7		43.0 ± 2.8		
脚伸展筋力 (kg)	Pre	22.7 ± 6.9		21.5 ± 4.2		20.3 ± 5.7		n. s.
	Post	27.6 ± 4.1 <sup>§</sup>		27.4 ± 8.5*		25.1 ± 7.9*		
PWC150 (W)	Pre	98.2 ± 9.7		100.2 ± 7.3		90.6 ± 8.5		n. s.
	Post	112.3 ± 18.4*		110.7 ± 6.4*		90.9 ± 7.7		
階段上り (sec)	Pre	4.3 ± 0.1		4.6 ± 0.5		4.4 ± 0.5		n. s.
	Post	3.7 ± 0.2*		4.1 ± 0.7 <sup>§</sup>		4.1 ± 0.8*		
階段下り (sec)	Pre	3.7 ± 0.3		4.0 ± 0.3		4.0 ± 0.3		n. s.
	Post	3.4 ± 0.2		3.5 ± 0.5*		3.5 ± 0.6*		

\*:  $P < 0.05$ , <sup>§§</sup>:  $P < 0.1$ n. s. : no significant ( $P > 0.05$ ) difference among groups based on 1way-ANOVA

## 4) 階段の上りおよび下りテスト

階段の上りテストでは、AA群とDD群において同様の有意な向上が認められたが、AD群に介入の効果は認められなかった (表2)。一方、階段の下りテストでは、AD群とDD群において同様の有意な向上が認められたが、AAには介入効果が認められなかった (表)。

## 4. 考察

健康な女子大学生を対象として、週2回、11週間、日常生活道路である坂・階段を利用しウォーキングを行わせた結果、DD群の%Fat、SMMおよび階段上りは、AA群と同等の有意な改善を認め、脚伸展筋力および階段の下りは、AD群と同等の有意な改善を認めた (表)。一方でPWC150については、AA群およびAD群が有意に向上したが、DD群には介入効果が認められなかった (表)。これらの結果は、DD群がAA群と比較して体組成、筋出力に関係する体力評価項目では有意に改善し、有酸素能力への改善効果は認められない、またAD群はAA群とDD群の中間的な特徴を示すという仮説を一部支持する結果であった。表に示すように、被検者数が、AA群とAD群で各5名、DD群で4名、計14名と少なかったため、各項目の変化率についてグループ間で有意な差が認められなかったものと考えられる。

本研究において、体重およびBMIは3グループとも変化はなかったが、%FatとSMMはDD群とAA群に同等の有意な改善が、AD群は減少傾向 ( $P=0.077$ ) が認められた。Chenら<sup>6)</sup>は、ビル内での階段下りウォーキングは上りウォーキングと比較して、体重、BMI、%Fatにおいてわずかであるが有意な減少を報告している。一方、RodioとFattorini<sup>7)</sup>は、本研究と同じ年代の女性を対象に、週3回、6週間、トレッドミルウォーキングを実施し、下り、上り・下りともに体重および%Fatは変化しなかったと報告している。Chenら<sup>6)</sup>の対象者は肥満女性であり、また本研究の対象者は、BMIが $21.5 \pm 1.5\%$ と標準でありながら、%Fatは $29.8 \pm 6.5\%$ と高く、隠れ肥満タイプであった。これに対して、RodioとFattorini<sup>7)</sup>の対象者の%Fatは $20.74 \pm 5.56\%$ であり、介入前の初期値が低かった。このことから、%Fat介入前の初期値の差が影響しているものと考えられる。本研究で対象者

に課した下りウォーキングは、隠れ肥満傾向にある若い女性にとって、SMMの増加を伴い%Fatの減少に効果的な運動であったといえる。

脚伸展筋力は、DD群とAD群において同様の有意な向上が、AA群は向上傾向がみられた(表)。14人中AA群の1人を除いた13名の筋力が向上した。ECCトレーニングはCONトレーニングと比較して膝伸展筋力が有意に向上することは、先行研究において報告されている<sup>6-8)</sup>。本研究では、変化率に有意な群間差は認められなかったが、居住地域の坂・階段を利用したわずか10~30分の週2回、11週間のウォーキングで、健康な女子大学生の脚筋力を向上させたことは、下りだけでも歩くという習慣を身につけることにより、脚筋力の維持・向上が期待できることを意味しており、とても意義のあることである。

全身持久性体力の指標であるPWC150は、AA群とAD群で同等に有意に改善したのに対して、DD群は介入効果が認められず(表)、仮説を支持する結果となった。Chenら<sup>6)</sup>は、週2回、12週間、ビルの階段を用いた研究において、下り(ECC)は上り(CON)と比較して有意な脚筋力の向上を伴い、6分間歩行距離が改善したことを報告している。また、トレッドミルウォーキング<sup>9,10)</sup>や自転車エルゴメーター<sup>11)</sup>を用いたECCトレーニングにおいて、脚筋力の有意な改善を伴った6分間歩行距離の改善を認めている。6分間歩行テストは有酸素能力を評価するフィールドテストの一つであるが、脚筋力の改善もそのパフォーマンスに影響を及ぼすため、純粋な全身持久性体力の改善がえられたと評価すべきではないと考えられる。本研究においても、自転車エルゴメーターの仕事量に影響する脚筋力は、3群とも有意な向上あるいは向上傾向にあったが、群間差は認められなかった(表)。このことから、DD群でPWC150に介入効果が認められなかったことは、本研究で実施した坂・階段を利用した下りウォーキングが脚筋力以外の全身持久性体力の優劣に影響する呼吸・循環器系の改善には効果がないことを示すものと考えられる。Toyomuraら<sup>12)</sup>は、20~25歳の男性を対象にトレッドミルでの下りランニングが有酸素能力を改善するのについて検討を行っている。その結果、downhillランニングは、脚筋力の改善には効果があるが、有酸素能力を高める効果はないことを報告している。本研究で参考データとして各群2名のHRを測定したが、上り中は115~155拍/分で推移し(平均約130拍/分)、下り中は90~110拍/分(平均約105拍/分)であった。Toyomuraら<sup>12)</sup>の約80%HRmaxという高強度のdownhillランニングでさえも、 $\dot{V}O_2\max$ をはじめとした有酸素能力の指標に変化がなかったことを考慮に入れると、本研究のDD群の強度では全身持久性体力の向上が認められなかったことは妥当である。したがって少なくとも健康な女子大学生においては、坂や階段の下りウォーキングほどの低強度の運動では、持久力の改善は期待できないものと考えられる。

新体力測定の12分間走以外の項目と階段の上り、下りテストを実施した。体力測定項目では3群ともほぼすべての項目において変化は認められなかった(表)。階段テストでは、DD群は上りおよび下り両方のタイムが有意に向上し、AA群は上りにおいてのみ、またAD群は下りのみで有意な改善が認められた(表)。DD群は介入中下りウォーキングしか行っていなかったが、前述したように脚筋力が有意に増加したと密接な関係があると考えられる。一方で、下りテストは、坂・階段の下りウォーキングを経験していないAA群に有意な向上が認められなかったことは興味深い。ECCトレーニングは、バランス能力を有意に改善した<sup>6)</sup>、動作の切り返しが必要な方向変換能力を向上させた<sup>12)</sup>などの報告がある。階段下り際には、つま先から着地し、大腿前面や下腿三頭筋がECCによって衝撃を吸収しており、筋の出力をコントロールする特異的な能力を必要とする。このため、AA群は脚伸展筋力が向上したにもかかわらず、階段下りテストの記録改善には結びつかなかったものと考えられる。

要約すると、本研究において日常生活道路である坂・階段を利用した低強度の下りウォーキングでも、若い女性の体組成および脚筋力を改善する効果はあるが、持久力を高めるには十分な運動強度ではないことが明らかとなった。特別な道具や施設を使わなくても、若いうちから身近にある地

形を利用して下りだけでも歩くことによって、脚筋力の維持、向上が期待でき将来的にフレイルやサルコペニアを予防し、自立した生活を送る可能性を示す結果である。しかし、対象者数が少なかつたため、上り、下り、上り・下りの明確な特徴を見出すことはできなかった、今後数を増やすとともに、対象者の範囲を広げて検討する必要がある。

### 謝辞

本研究は、井上桜氏、高田紗愛氏および参加者の皆さんの協力によって遂行できたことを、ここに記して感謝の意を表します。

### 文 献

- 1) New WHO-led study says majority of adolescents worldwide are not sufficiently physically active, putting their current and future health at risk. 22 November 2019 News release Geneva, Switzerland.
- 2) Baseett DR, Vachon JA, Kirkland AO, Howley ET, Duncan GE, Johnson KR. Energy cost of stair climbing and descending on the college alumnus questionnaire. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29(9):1250-1254.
- 3) LaStayo PC, Reich TE, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt SL. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 1999; 276(2): R611-615.
- 4) Penailillo L, Blazeovich A, Nosaka K. Energy expenditure and substrate oxidation during and after eccentric cycling. *Eur J Appl Physiol.* 2014; 114(4): 805-814.
- 5) Theodorou AA, Panayiotou G, Paschalis V, Nikolais MG, Kyparos A, Mademli L, Grivas GV, Vrabas IS. Stair descending exercise increases muscle strength in elderly male with chronic heart failure. *BMC Res Notes.* 2013; 6:87.
- 6) Chen TC, Hsieh CC, Tseng KW, Ho CC, Nosaka K. Effects of descending stair walking on health and fitness of elderly obese women. *Med Sci Sports Exerc.* 2017; 49(8):1614-1622.
- 7) Rodio A, Fattorini L. Downhill walking to improve lower limb strength in healthy young adults. *European Journal Sport Science*, 2014. Doi.org/10.1080/17461391.2014.908958.4) Gault ML, Willems ME. Isometric strength and steadiness adaptations of the knee extensor muscle to level and downhill treadmill walking in older adults. *Biogerontology.* 2012; 14(2):197-208.
- 8) Katsura Y, Takeda N, Hara T, Takahashi S, Nosaka K. Comparison between eccentric resistance exercise training without equipment for changes in muscle strength and functional fitness of older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2019; 119:1581-1590.
- 9) LaStayo P, Marcus RL, Dibble LE, Smith SB, Beck SL. Eccentric exercise versus usual-care with older cancer survivors: the impact on muscle and mobility an exploratory pilot study. *BMC Geriatr.* 2011; 11: doi:10.1186/1471-2318-11-5.
- 10) Gault ML, Willems ME. Isometric strength and steadiness adaptations of the knee extensor muscle to level and downhill treadmill walking in older adults. *Biogerontology.* 2012; 14(2): 197-208.
- 11) Marcus RL, LaStayo PC, Dibble LE, Hill L, McClain DA. Increased strength and physical performance with eccentric training in women with impaired glucose tolerance: a pilot study. *J Women Health.* 2009; 18(2): 253-260.
- 12) Toyomura J, Mori H, Tayashiki K, Yamamoto M, Kanehisa H, Maeo S. Efficacy of downhill running training for improving muscular and aerobic performances. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2018; 43:403-410. Dx.doi.org/10.1139/apnm-2017-0538.