

# 傾斜角度の異なる走行運動における呼吸・循環機能変化について

キーワード：走行運動，呼吸機能，循環機能，エネルギー代謝

山 本 忠 志

兵庫教育大学研究紀要 第26巻 抜刷

2005年2月28日

# 傾斜角度の異なる走行運動における呼吸・循環機能変化について

## Change of respiratory and circulatory function on slope running

山本 忠志\*  
YAMAMOTO Tadashi

The following physical phenomenon in the body was found in consequence when subjects run at 140m/min. speed and at the six different degrees of slopes for 15 minutes.

Running at the more degrees of the uphill slope involved functionally promoting the more circulation and respiration and increasing the more energy consumption. The upward tendency of the functions was in direct proportion to how many degrees of the slope.

In the meantime running at the less degrees of the downhill slope involved declining the less respiration, circulation and energy consumption.

It was also observed that running at the uphill and the downhill involves the bigger change in the functions of the body.

キーワード：走行運動，呼吸機能，循環機能，エネルギー代謝

Key words：slope running, respiratory function, circulatory function, energy metabolism

### 1. 緒言

人間の身体運動機能のなかで歩行行動が極めて重要な位置を占めていることは言うまでもない。この人間の基本の運動形態として誕生した直立歩行または、二足歩行の運動は人間が誕生してほぼ1年で行われる。さらに、生活圏を拓げるために走行運動へと拓げられた。この走行運動も成長とともに安定したフォームになり、走行速度も速くなっていく<sup>1)</sup>。このように人間社会の中で移動手段としての走行運動は必要不可欠なものと考えられる。

著者は前号、前々号では歩行時における各種傾斜角度ならびに荷重負荷量の変化に伴う呼吸・循環機能の変化ならびにエネルギー代謝について報告した<sup>2)3)</sup>。今回は、走行時における各種傾斜角度時の生体負担を呼吸・循環機能およびエネルギー代謝の変化から考察するものである。

そこで、ある一定速度での走行時の傾斜角度の違いによる生体の呼吸機能や循環機能にどのような変化をもたらすのかを肺機能測定ならびに心拍数測定から観察し、あわせてエネルギー消費量を求め、傾斜角度による呼吸・循環機能ならびにエネルギー代謝への影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

#### (1) 被験者

本研究の被験者は、表1に示すように、23~33歳の兵庫教育大学の大学院生の健康な成人男子6名である。過去に呼吸循環器疾患の既往歴はなく、日常比較的身体労作を実施しているものである。

表1 被験者の身体特性

Sub.	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI
N.K	26	172	60	20
M.O	27	176	68	22
Y.I	23	172	70	24
O.S	24	173	73	24
T.F	33	169	68	24
F.M	33	171	66	23
平均	27.7	172.2	67.5	22.8
標準偏差	4.37	2.32	4.37	1.51

#### (2) 実験方法

実験は人工気象室内で行い、温度20℃、湿度50%の環境条件のもとで実施した。運動負荷は人工気象室内に設置されたトレッドミルを使用し、実験にあたり走行の速度はすべて一定とし、その速度は、一般健康成人の経済

\*兵庫教育大学第5部(生活・健康系講座)

速度であると報告されている70m/min<sup>4)</sup>の倍になる140m/minに設定した。また、比較のために傾斜角度0度での走行速度170および200m/minを実施した。全ての運動時間は15分間とした。各種傾斜角度運動はまず最初に0度の平地走行から開始し、1.5度、3度、5度の3種類の登り走行、さらに、-1.5度、-3度の2種類の降り走行についてはランダムに実施し、傾斜角度の異なる計6種類の走行を実施した。運動負荷実験は、被験者に1分間以上の安静状態を継続させた後、15分間の走行運動を実施させた。実験は数回の練習を行い普段の走行にちかづけた後、それぞれの走行を各被験者とも1週間以上の間隔をあけて実施した。

呼吸機能の測定は、一呼吸毎に測定されるプレス・バイ・プレスの呼吸機能測定装置(ミナト社製・レスピロモニターRM-200)を用いた。走行運動中の呼気の分析を、換気量、酸素摂取量、炭酸ガス排泄量について1分毎に算出した。また、心電図の記録にはテレメーター心電計(フクダ社製・カーディオケアユニECU-10)を用い、全実験中の心電図撮影を実施した。心拍数は心電図のR-R間隔の測定より1分毎に算出を行った。また、運動中の酸素摂取量と呼吸商によりエネルギー消費量を算出<sup>5)</sup>した。

### 3. 結果および考察

#### (1) 呼吸機能について

##### (a) 換気量

運動中の1分当たりの量について、それぞれの角度毎に被験者全員の平均値と標準偏差ならびに、最小と最大値を示したのが表2である。表に示すように、角度が増加するに伴って換気量も増加する事が認められた。ところが、降り走行よりも登り走行の方がその変化は大きく認められた。特に、3度から5度での変化が最も大きく認められた。すなわち、この角度変化によって生体への負担が最も強く感じられる角度であることが示唆された。また、速度変化との比較では速度が増すに伴って換気量の増加が認められた。30m/minの速度増加に伴う平均値の変化は1.5度の角度変化に伴う変化よりも大きいことが認められた。ところが、個人の変化では速度変化よりも角度変化の方が、換気量の増加がみられるもののがわかった。

表2 各種傾斜角走行時における換気量 (l/min)

傾斜角度 (°)	平均値±標準偏差	最小値	最大値
-3	40.3±4.3	31.7	44.2
-1.5	45.1±4.0	38.9	50.7
0	50.9±2.5	48.5	54.8
1.5	56.4±2.8	53.9	61.5
3	62.2±3.2	58.5	66.5
5	78.1±6.1	67.8	86.7
0° / 170m	59.0±5.4	51.0	66.4
0° / 200m	74.8±3.3	70.2	80.8

#### (b) 酸素摂取量と炭酸ガス排泄量について

運動中の1分当たりの量について、それぞれの角度毎に被験者全員の平均値と標準偏差ならびに、最小と最大値を示したのが表3、4である。表に示すように、登り角度が増加するに伴ってそれぞれの量も増加する事が認められた。ところが、換気量とちがって降り走行では角度が大きくなるに従ってそれぞれの平均値からみた量は増加することが認められた。また、登り走行での標準偏差の数値は角度の増加に伴って小さくなる事が認められたことより、被験者間のばらつきが小さくなる事がわかった。また、速度変化との比較では速度が増すに伴ってそれぞれの量の増加が認められた。30m/minの速度増加の伴う平均値の変化は1.5度の角度変化に伴う変化よりも大きいことが認められた。ところが、個人の変化では速度変化よりも角度変化の方がそれぞれの量の増加がみられるもののがわかった。

また、酸素摂取量と炭酸ガス排泄量を比較してみると、すべての測定において酸素摂取量の方が大きいことが認められた。すなわち、生体の中で運動時のエネルギー供給系が糖と脂肪燃焼による有酸素的な状態<sup>6)</sup>による運動が継続していることがわかった。

表3 各種傾斜角走行時における酸素摂取量 (ml/min)

傾斜角度 (°)	平均値±標準偏差	最小値	最大値
-3	1440±163	1255	1658
-1.5	1392±329	951	1826
0	1689±338	1151	2192
1.5	1835±319	1509	2335
3	2261±184	1930	2532
5	2694±146	2525	2917
0° / 170m	2105±237	1606	2322
0° / 200m	2527±186	2233	2815

表4 各種傾斜角走行時における炭酸ガス排泄量 (ml/min)

傾斜角度 (°)	平均値±標準偏差	最小値	最大値
-3	1285±112	1139	1424
-1.5	1238±275	847	1548
0	1566±330	1058	2050
1.5	1709±316	1368	2186
3	2126±140	1869	2285
5	2579±94	2486	2720
0° / 170m	1916±207	1474	2068
0° / 200m	2434±215	2121	2750

(2) 循環機能について

(a) 心拍数について

運動中の1分当たりの量について、それぞれの角度毎に被験者全員の平均値と標準偏差ならびに、最小と最大値を示したのが表5である。表に示すように、角度が増加するに伴って心拍数が増加することが認められた。と

表5 各種傾斜角走行時における心拍数 (beats/min)

傾斜角度 (°)	平均値±標準偏差	最小値	最大値
-3	118±15	88	134
-1.5	118±15	91	135
0	130±17	101	154
1.5	140±19	103	163
3	143±17	109	160
5	167±14	140	178
0° / 170m	147±16	109	160
0° / 200m	164±19	140	178

ころが、降り走行においては1.5度と3度では同程度の数値であり、ほとんど変化なく推移していることが認められた。すなわち、降り走行では循環機能において角度に関係なく、同様の生体負担であることがわかった。一方、登り走行では特に3度から5度での変化が最も大きく示された。すなわち、この角度変化によって生体への負担が最も強く感じられる角度であることが示唆された。また、速度変化との比較では速度が増すに伴って心拍数の増加が認められた。30m/minの速度増加に伴う平均値の変化は1.5度の角度変化に伴う変化よりも大きいことが認められた。

(3) エネルギー消費量について

呼吸商が1.0で酸素1ℓを消費するためのエネルギーは5kcalである<sup>3)</sup>。このことから、それぞれの運動中15分間のエネルギー消費量について、それぞれの角度毎に被験者全員の平均値と標準偏差ならびに、最小と最大値を示したのが表6である。表に示すように、角度が増加するに伴ってエネルギー消費量も増加する事が認められた。ところが、0度から-1.5度への変化については小さくなるが、-1.5から-3度への変化では増加する傾向が認められた。また、0度から+1.5度の変化よりも

1.5度以上の変化とではその変化は大きくなる傾向にあることが認められた。また、速度変化との比較では、速度が増すに伴って増加が認められた。30m/minの速度増加に伴う平均値の変化は1.5度の角度変化に伴う変化よりも大きいことが認められた。さらに、前々回に報告<sup>2)</sup>した歩行との比較では平地における2倍の速度の変化が

表6 各種傾斜角走行時におけるエネルギー消費量 (Cal/15min)

傾斜角度 (°)	平均値±標準偏差	最小値	最大値
-3	106±11.7	91.1	119.7
-1.5	103±23.8	70.0	133.0
0	125±24.6	85.1	159.7
1.5	136±24.0	112.0	173.6
3	168±13.1	144.6	187.1
5	201±9.9	189.4	216.8
0° / 170m	156±17.3	152.7	170.1
0° / 200m	189±14.6	166.6	211.1

約2倍のエネルギー消費量になっており、約6度の歩行と同程度であることが認められた。また、3度での歩行と9度での歩行とほぼ同程度であることが認められた。

これらの結果から、走行におけるエネルギー消費量と歩行にみられたエネルギー消費量を比較してみると、坂道歩行の方が効率よくエネルギーを使っていることが示唆される結果であった。

#### 4. まとめ

各種傾斜角度の走行を、速度を一定にして15分間走った時の呼吸機能としての換気量、酸素摂取量、炭酸ガス排泄量、循環機能として心拍数、さらに、酸素摂取量からエネルギー消費量を測定したところ、次のことが明らかになった。

(1) 呼吸機能については、角度の変化に伴って機能亢進が認められた。特に、降りよりも登りにその変化は大きく認められた。また、その変化は測定項目によって異なり、換気量では登りの傾斜角度の増加に伴って増加し、特に3度から5度の変化が最も大きくなった。酸素摂取量と炭酸ガス排泄量では角度増加に伴った比例的増加の変化が認められた。

(2) 心拍数については、登りの角度変化に伴って増加するが、降りの角度変化においてはほとんど変化が認められなかった。また、登りの変化では3度から5度での変化が大きく認められた。

(3) エネルギー消費量については、角度の増加に伴ってエネルギー消費量が増加する事が認められた。降り走行の1.5度と3度の変化量は同様な数値を示していた。しかし、登り走行では1.5度から3度での変化は大きくなった。

以上の結果から、登り走行では傾斜角度、さらに平地

走行での速度が大きくなるにしたがって、呼吸、循環機能の亢進とともにエネルギー消費量が大きくなることがわかった。

#### 文献

- 1) 小笠原道生 (1934) 同速度の歩行と走行における酸素需要量について、体育研究、2 (3) 215-230.
- 2) 山本忠志 (2003) 傾斜角度の異なる歩行運動における呼吸・循環機能変化について、兵庫教育大学研究紀要、23 : 67-70.
- 3) 山本忠志 (2004) 傾斜角度および荷重負荷量の異なる歩行運動における呼吸・循環機能変化について、兵庫教育大学研究紀要、24 : 45-48.
- 4) Kagaya, H. (1985) The comparative study on walking ability in Canadian and Japanese. 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学) (Ⅲ) 34 : 35-39.
- 5) Bobbert, A.C. (1956): Energy expenditure in level and grade walking. J. Appl. Physiol. 15:1015-1021.
- 6) 中野昭一編 (1982) 図説・運動の仕組みと応用、医歯薬出版 K K.