

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 ○松井 祐介
 県立長崎シーボルト大学栄養健康学科 非会員 村木 里志
 近畿大学理工学部 フェロー 三星 昭宏
 近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 野村 貴史

1. はじめに

現在、急速に高齢化が進む日本において、駅ターミナル利用者の高齢化が進むことと同時に高度な土地利用の展開による駅ターミナルの垂直移動の増加が考えられる。複雑化したターミナル内の数多く存在するルートは、高齢者・障害者の身体的負担を増加させる。そこで車いす利用者が駅ターミナル内の移動でどのような身体的負担を身体に生じているのかを知るため、指標として運動の程度に比例する酸素摂取量を水平・スロープ走行時の測定を行う。そしてこの結果から、駅ターミナルの移動における負担を定量的に表すことができる負担度評価方法の作成を最終的な目的とする。

2. 実験方法

被験者は車いす生活者男性5名、女性1名の計6名を対象に行った。実験方法は実際のスロープを仮想したトレッドミルと呼ばれる運動負荷装置を用いてトレッドミル上を走行させ勾配を-5.0%～10.0%まで2.5%毎に計7段階実験した。トレッドミル走行中、酸素摂取量を呼気分析装置を用いて測定する。酸素摂取量とは、呼吸により体内に酸素を取り入れる量を表し、一般に1分間当たりの摂取量(l/min)で示される。運動がはげしくなるにつれより多くの酸素を体内に摂取しエネルギーをつくる必要があり、そのため酸素摂取量も大きくなる。逆にいえば酸素摂取量が大きい運動ほど、はげしい運動とされている。

3. 実験結果

restVO2・VO2の測定結果を以下の表.1に示す。

表.1 restVO2・VO2測定結果 対象：車いす生活者

		被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F
VO2	restVO2	0.283	0.175	0.230	0.207	0.218	0.168
	レベル0 0.0%	0.395	0.342	0.450	0.407	0.430	0.315
	レベル1 -2.5%	0.360	0.181	0.267	0.242	0.277	0.176
	レベル2 -5.0%	0.280	0.211	0.281	0.279	0.280	0.251
	レベル3 2.5%	0.482	0.441	0.442	0.422	0.471	0.323
	レベル4 5.0%	0.652	0.492	0.492	0.575	0.502	0.340
	レベル5 7.5%	0.674	0.474	0.486	0.575	0.504	0.420
	レベル6 10.0%	0.696	0.490	0.581	0.811	0.563	

※ rsetVO2は安静時の酸素摂取量を表し、斜線部は被験者の体力等により測定不能

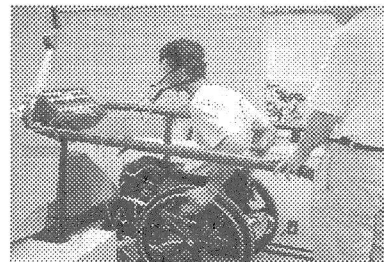


図.1 実験の様子

4. METs (Metabolic unit) の分析

酸素摂取量は個人の運動能力によって同じ運動でも値に差が生じてしまう、これを解消し運動の強さを相対的に表したものがMETsである。(表.2) METsはrestVO2とVO2の比で構成され、各種運動がどの程度の運動かを安静時の何倍の運動として表し次式で表されている。 $METs = VO2 / restVO2$ (1METs=3.5mlO₂/kg・min)

実験結果からMETsを各勾配に算出し勾配とMETsの相関関係を図.2に示す。

表.2 身の回りの運動における主なMETs

運動の種類	Mets	運動の種類	Mets
身の回りの行動		運動の種類	Mets
座位(安静)	1.0	家庭での机上の事務的な仕事	1.5~1.9
立位(安静)	1.1~1.5	軽作業やパソコン、タイプライター作業	1.5~2.0
手洗い、洗顔、歯磨き	1.5~2.0	仕事	3.1~4.2
運動		庭仕事(草むしりなど)	3.1~4.2
ウォーキング(4.8km/h)	3.0~4.0	階段を下りる	4.0~5.0
ウォーキング(6.4km/h)	5.0~6.0	階段を上る	6.0~8.0
ジョギング(8km/h)	7.0~8.0	サッカー	12.0
サイクリング(16km/h)	5.0~6.0	ボウリング	2.0~4.0

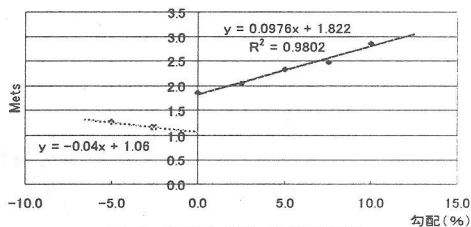


図.2 勾配とMETsの相関関係

5. 換算係数の算出

METsは酸素摂取量の倍数でその運動の強度を表しており、つまり酸素摂取量の倍数が身体に及ぼす負担の倍数である。このことから、スロープ走行で測定した総酸素摂取量（運動にのみ得られたもの）を運動距離で割ることによりスロープ走行における単位m当たりの酸素摂取量を求めることができる。そして水平走行 1mを基準とするスロープ走行 1m当たりの負担を係数化することにより水平走行の負担の何倍に相当するか換算する。（表.3）その係数を、測定したrestVO2, VO2から勾配毎に算出した結果をグラフすると、図.3のような近似曲線が得られた。

ここでyを換算係数、xを勾配とすると

上り勾配における近似曲線 $y=0.0683x^2+0.1766x+1.0163$ -----式① ($x \geq 0$)

下り勾配における近似曲線 $y=-0.112x-0.03$ -----式② ($x < 0$)

6. 負担度評価方法

この換算係数を用いて負担度評価を行う方法として、移動距離・勾配から求めた負担度（m）を総和したものをルートにおける車いす走行の負担度とし、ルートにおける負担度算出方法を提案した。

ここで負担度P（m）、水平移動距離L（m）、スロープ換算係数上りKu、下りKd、スロープ移動距離上りLu（m）、下り移動距離Ld（m）とすると負担度Pは次式で表される。

$$P = \sum L + \sum Kd \cdot Ld + \sum Ku \cdot Lu \text{-----式③}$$

仮に図.4のような仮想ルートを車いすで左から右へ移動した場合、身体に及ぼす負担度は以下ようになる。

$$\text{式①より } Ku = 0.0683(7)^2 + 0.1766(7) + 1.0163 = 5.46$$

$$\text{式②より } Kd = -0.112(-10) - 0.03 = 1.09$$

$$\therefore \text{式③より } P = 1.0 \times 10 + 5.46 \times 5 + 1.0 \times 8 + 1.09 \times 4 + 1.0 \times 15 = 64.67 \text{ (m)}$$

負担度Pが64.67mとなり、このルートを走行した場合、移動距離42mに対して水平移動64.67m分の負担度と表すことができる。ケーススタディとして、負担度算出方法を用いて実際のルート評価（梅田ターミナル 四つ橋線南口～御堂筋線南口）を行った結果、負担度の小さかったルート（負担度からみた最適ルート）と案内標識が示すルートと一致した。

7. 考察とまとめ

車いすのスロープ走行はMETsが勾配10%であっても2.84（ボーリング程度の運動）と、程度の低い運動だとわかった。これは車いす運動が十分なVO2を取り入れる全身運動ではなく腕や手を使った局所的な運動であるためであると考えられる。また移動円滑化ガイドラインにも規定されているスロープ勾配（屋内1/12、屋外1/20）においても、それほどはげしい運動ではなかった。しかし移動負担の指標（図.3）では、上り勾配の変化が著しく身体的負担に影響を及ぼすことが明確となった。換算係数はスロープの運動距離とVO2から単位m当たりの負担を算出しており、また運動強度はスロープ走行のVO2から単位時間当たりの負担を算出している。2つのグラフ（図.2、図.3）を比較しても、特に上りにおいては、車いす運動におけるスロープ運動が身体的負担に大きな影響を及ぼすことがわかる。またこの指標を用い規模の大きな駅を評価することにより、サイン・EV・ES等、移動補助施設の設置位置の検討・提案など幅広い展開が期待される。

表.3 式に展開と単位

式の展開		単位
水平走行	スロープ走行	
運動にのみ得られた酸素摂取量	運動にのみ得られた酸素摂取量	(l/min)
VO2-restVO2	VO2-restVO2	
↓	↓	
$[(VO2-restVO2) \times \text{時間}]$ ①	$[(VO2-restVO2) \times \text{時間}]$ ②	(l/m)
↓	↓	
①/①=1.0(基準)	②/①=K(換算係数)	なし

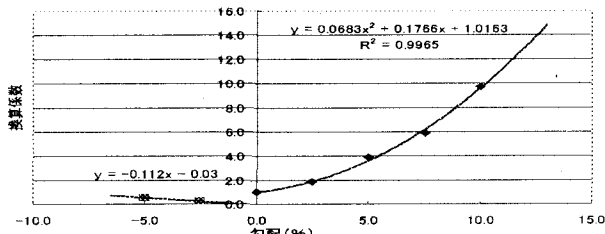


図.3 換算係数と勾配の相関関係

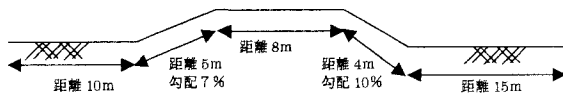


図.4 仮想ルート