

スロープ登坂時における車いす利用者の身体的負荷の評価

Evaluation of physical load on climbing slope in wheelchair users

○ 毛利太一（徳島大） 橋詰努（福まち研） 伊藤伸一 佐藤克也 藤澤正一郎（徳島大）

Taichi MOURI, Tokushima University
 Tsutomu HASHIZUME, Hyogo Institute of Assistive Techology
 Shinichi ITO, Tokushima University
 Katsuya SATO, Tokushima University
 Shoichiro FUJISAWA, Tokushima University

Key Words: Wheelchair, Physical Load, Torque, Climing Slope

1. はじめに

車いす使用者の移動環境整備のため、身体的負荷の客観的評価が求められている。また、車いす使用者は運動不足となる傾向があり、メタボリックシンドロームが増加しているため、その対策も必要とされている。本研究では、車いす走行時の酸素摂取量、心拍数および駆動トルクを計測することにより、車いす使用者の身体的負荷を定量的に評価することを目的としている。車いす使用者の身体的負荷を定量化することは、使用者の健康管理をはじめ、車いすの改良、道路環境整備のための指針づくりに有効である。

今回の実験では特に、車いすにとって大きなバリアであるスロープに着目している。トレッドミルを用いた車いすのスロープ走行について検討した研究¹⁾は散見されるが、実路面での研究は少ない。そこで実環路面においてスロープ走行実験を行い、身体的負荷について考察を行ったので結果を報告する。

2. 実験手法

2-1 計測装置

車いすを駆動するときにハンドリムに加わるトルクを計測するため、トルク変換器（共和電業製TP-10KMSA84）とロータリー・エンコーダ（小野測器製RP-8514L）を組み込んだ計測用車いすを使用した（Fig.1）。

酸素摂取量は携帯型呼吸代謝測定装置VO2000（S&ME社製）を用いて、10秒毎の平均酸素摂取量、二酸化炭素排出量等を計測した。また、心拍数は心拍計S625X（ポラール社製）を使用した。車いす駆動トルクはFig.1に示すパソコン（PC）に直接記録される。呼気ガスデータは計測中はVO2000のデータロガーに記録され、計測終了後PCに転送される。心拍数は腕時計状受信器に5秒毎に記録される。

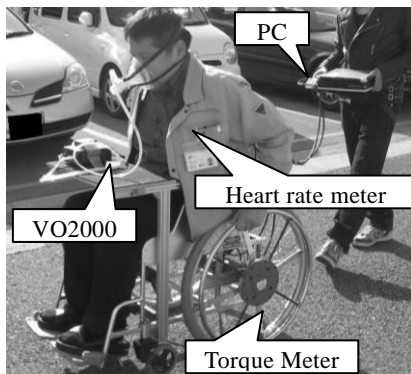


Fig. 1 Experimental wheelchair with torque meter, VO2000 for oxygen uptake, and heart rate meter

2-2 スロープ形状

走行実験は、障害者スポーツ施設の避難用スロープで実施した。スロープの勾配は約8%で、道路の移動円滑化ガイドライン²⁾に示されている歩道等の縦断勾配の上限8%に相当する。1階から3階までの高低差は約7.6m、走行距離は約120mであり、途中1.5階・2階・2.5階の折り返し地点では平坦な踊り場になっている。スロープの途中には0.8mの平坦区間が2ヶ所ある。スロープ形状をFig.2に示す。

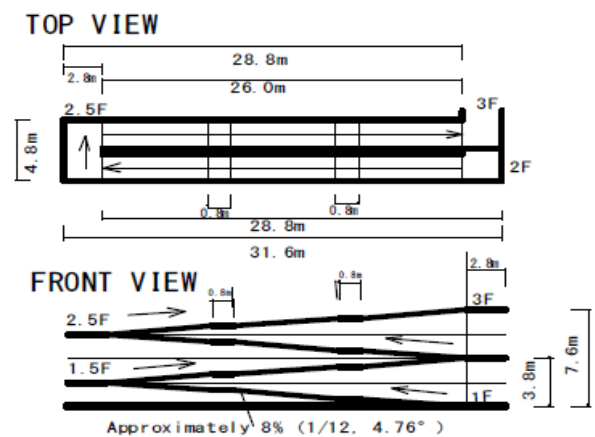


Fig. 2 Profile of the slope course

2-3 被験者と計測方法

被験者は健常成人男性8名である（Table 1）。

車いすのスロープ走行は、1階で5分間安静状態の酸素摂取量を計測した後、3階まで連続してスロープを上り、その間の酸素摂取量、車いす駆動トルクを計測する。続いて、3階で10分間安静状態の酸素摂取量を計測後、1階まで連続してスロープを下る。なお、車いすを漕ぐピッチと速度は自由とした。

心拍数は、A, D, E, F, G, Hの6名について、スロープの上り区間のみ計測した。

Table 1 Summary data of subjects

Subjects	Sex	Age(yrs)	Weight(kg)	Height(cm)
A	Male	21	59	167
B	Male	21	57	173
C	Male	21	65	168
D	Male	42	90	173
E	Male	56	71	175
F	Male	21	57	163
G	Male	22	50	160
H	Male	23	57	168

3. 実験結果

3-1 酸素摂取量と心拍数

各被験者について、1階から3階までの各階毎、および時間毎による酸素摂取量の変化を Fig.3, Fig.4 に示す。また、車いす走行時の心拍数のグラフを Fig.5 に示す。

酸素摂取量は、走行開始直後に急激に増加するが、徐々に増加が緩やかになり、定常状態に移行する。また、心拍数も同様に、走行開始直後急激に増加し、徐々に増加が緩やかになっていく。

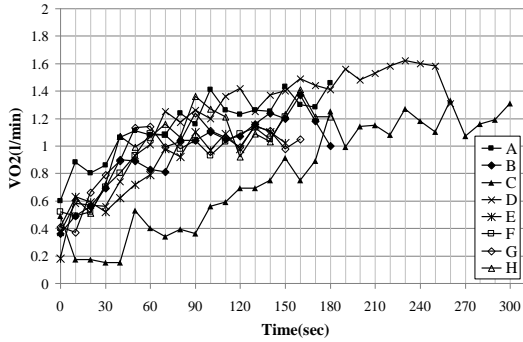


Fig. 3 Oxygen uptake pattern during ascending slope

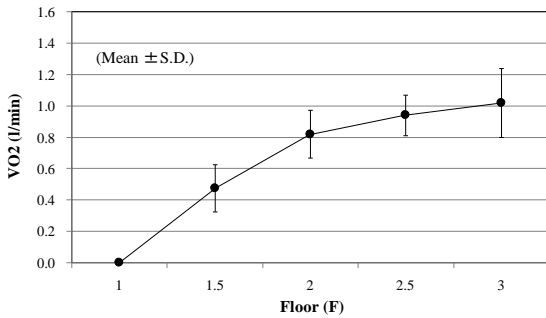


Fig. 4 Average Oxygen uptake during ascending slope

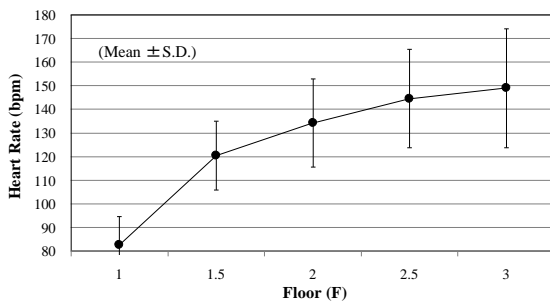


Fig. 5 Average Heart rate during ascending slope

3-2 トルク

Fig.6 に車いす走行時の駆動トルクのデータ例を示す。

スロープを上る時の駆動トルクパターンは、最初に初速を得るために大きなトルクが必要であり、その後スロープを登るための最小のトルクで走行する傾向が見られる。また、1階から1.5階、1.5階から2階と、階を増すごとにトルク値が小さくなる。一方、トルクを加えている時間は長くなっている。

仕事率は、駆動トルクと回転角より求められる。各階毎による仕事率の変化を Fig.7 に示す (1階から1.5階に至る間の平均仕事率を1.5階の目盛りに表示、以下同様)。仕事率は、階を増すごとに減少していくことがわかる。

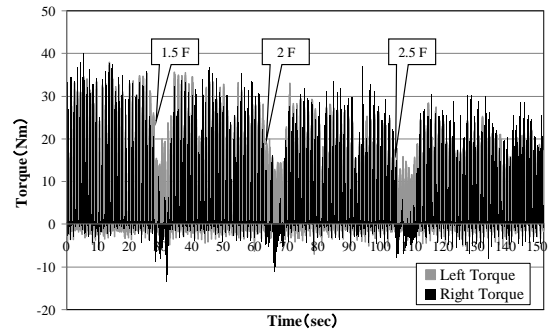


Fig. 6 Torque pattern during ascending slope

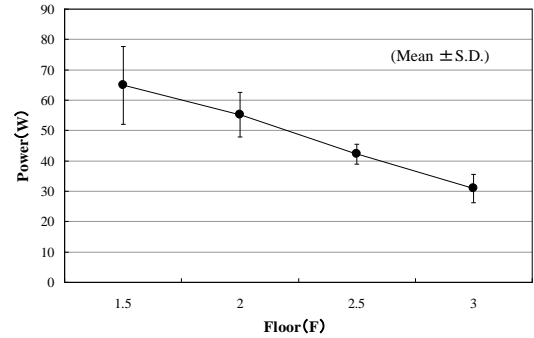


Fig. 7 Wheelchair driving power during ascending slope

4. 考察とまとめ

スロープを登り3階に至るまでの酸素摂取量は個人差が大きく、到達時間も約2.5~5分とバラつきが大きい (時速1.4~2.9 km)。

3階到達時の被験者6名の平均心拍数は約150 bpmであり、主観的運動強度を示すボルグ指数15 (きつい) に相当する。これは被験者の身体的負担感 (かなりきつい、限界である) と一致し、縦断勾配8% (距離約120 m) が車いす走行にとって大きな負担であることが示された。

階 (走行距離) を増すごとにトルク値が減少していく原因は、急坂を連続して上ることによる、急激な上肢の筋疲労によるものと考えられる。このことは階毎の仕事率が低下することからも明らかであり、身体的負担が車いすを駆動する仕事率に反映されている。

我々の先行研究³⁾において、室内平坦路走行 (距離600 m, 時速約3.6 km, 被験者A, B, C, D, E) での平均仕事率は15.2 Wであった。スロープ全体の登坂の平均仕事率48.3 Wと比較すると、約3倍の仕事率となり身体的負担が大きい。

今後、スロープの勾配、距離の変化がどのように身体的負担に影響するのか、研究する。

謝辞：本研究の一部は科研費基盤研究 (C) (課題番号21560566) の助成を受けて実施された。

参考文献

- (1) 村木, 三星, 松井, 野村, 車いすによるスロープ走行時の身体的負担の定量化とその応用, 土木学会論文集D, Vol.62, no. 3, pp. 401-416, 2006.
- (2) 財団法人国土技術研究センター, 道路の移動等円滑化整備ガイドライン, 大成出版社, 2008.
- (3) 橋詰, 北川, 上田, 宮本, 高見, 米田, 鎌田, 松下, 藤澤, 末田, 車いす走行中のエネルギー消費と駆動力の研究, 福祉工学シンポジウム2009講演論文集, pp.225-226, 2009