

長時間でのスキー運動時の筋疲労を探索

Assessment of Muscular Fatigue during Prolonged Skiing Exercise

木竜 徹, 牛山 幸彦, 千明 剛, 村山 敏夫

新潟大学自然科学系 (大学院自然科学研究科)

Tohru Kiryu, Yukihiko Ushiyama, Takeshi Chigira, and Toshio Murayama

Graduate School of Science and Technology, Niigata University

1. はじめに

スキー運動の様に長時間の繰り返し運動時では、休息の取り方によって疲労の現れ方が異なってくる。そこで、運動中の生体機能の変化を知ることができれば、運動機能の低下によるケガなどの傷害を未然に防ぐことができると考えている。この様な観点から、著者らはできるだけ運動の阻害にならないように生体信号を計測するウェアラブル装置を開発してきている[1]。この際、筋活動情報をスキーの滑走開始から終了までを同一に解析すると、筋活動が盛んな局面とそうでない局面が混在していて、筋活動の評価が判断し難い場合があった。

そこで、スキー運動が膝の屈伸を繰り返す運動であり、ターンの際には圧雪抵抗力、遠心力などに抗するための活発な筋活動が行われていることから、膝関節角度を参照してターン毎に筋疲労評価を行ってみた。その結果、筋疲労の出現の様子をより明確にとらえることができた[2]。

2. 運動時の計測とフィールド実験支援システム

2.1 ウェアラブル計測

運動中に被験者が携帯する生体信号計測装置は目的とする運動を妨げるものであってはならない。ここでは、市販の装置を組み合わせ、600gのウェアラブル計測を実現した(図1)。すなわち、PDA (iPAQ Pocket PC h5550, HP製)にPCMCIAタイプのA/D変換カード(DAQCard-6024E, National Instruments製)、さらに小型の生体情報計測ユニット(MYO-4, DELSYS製)からなる。なお、PDAに計測機能を持たせるために、LabVIEW PDA Module (National Instruments製)を用い、1チャンネルあたり1000Hzのサンプリングを実現した。

2.2 無線LANによるフィールド実験支援システム

スキーゲレンデ構築したフィールド実験支援システムは、スキーヤー(被験者)側のウェアラブル計測でのPDAと支援側の解析用及びサーバーとしての機能を持つPCからなる。なお、ウェアラブル計測のPDA側には、計測したデー

タを無線LANで転送するため、CedarFTP for Pocket PC (FTPクライアント)を用いた。なお、無線LANはIEEE802.11b規格、最大転送速度11Mbpsである。



図1 PDAによるウェアラブル計測ユニット

3. 実験

フィールド実験は、新潟県中頸城郡妙高高原池の平温泉スキー場カヤバゲレンデにおいて、2005年3月10, 11日に行った。実験に用いたコースは全長約4000mであり、前半部分が中斜度(最大傾斜約20度)、後半部分が緩斜面(最大傾斜約7度)である(コース全体を通じての平均斜度約14度)。被験者はスキー歴20年の成人男性(31歳, 168cm, 67kg)であり、プルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターンの各フォームで各10トライアルずつ計測した。

パラレルターンでの滑走距離が最も長く、ひとつのトライアルは約20分のリフト搭乗(休息)、約5分のスキー運動(運動)の合計約25分からなる。ここで、リフト搭乗時の途中では2分間の心電図を、スキー運動開始から終了迄では5分間の表面筋電図、膝関節角度、および心電図を計測した。これらの計測すべてをウェアラブル生体情報計測ユニットで一括して行った。

表面筋電図における被験筋は、スキー滑走時に姿勢を維持するための右前脛骨筋および重力とターンによる遠心力に抗するための外側広筋とし、いずれも右脚を被験側とした。表面電極は幅1cm電極間隔1cmの2-barアクティブアレイ電極(DE-2.3 electrode, DELSYS製)を用いた。また、

フレキシブルゴニオメータを用いて両足の膝関節角度も同時に計測した。

4. 膝関節角を参照した筋活動の解析

スキーマのターン中において被験側が外脚になる局面で被験側の筋活動が盛んになる。これは谷回りにおいて膝が屈曲しながら外足に加わる遠心力に対する筋力を発揮し、次に山回りにおいて伸展を行いながら圧雪抵抗に抗するための筋力を発揮するからである。そこで、右の外側広筋と前脛骨筋及び左右の膝関節角度から、右足が外足となる左ターンのみを特定するため、左右の膝関節角度が等しくなる点をターンの切り替えのポイントとした。その上で、ターンの切り替えのポイント間で右の膝関節角度の値が小さい区間を解析対象の筋電図として抽出した。

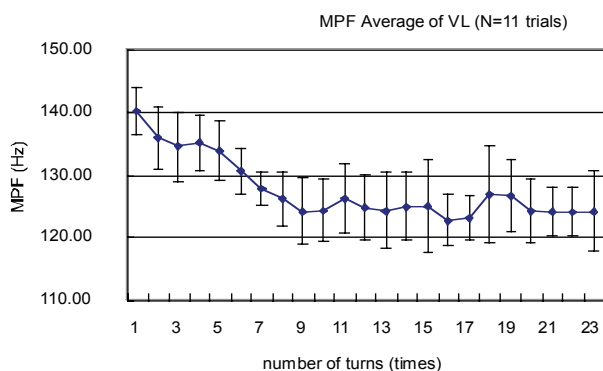


図2 ターン毎に求めた MPF の推移

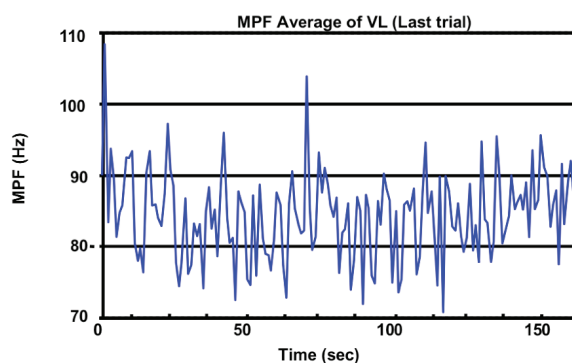


図3 最終トライアルでの MPF の時間変化

5. 結 果

外側広筋における各ターンでの表面筋電図から求めた MPF 平均値の推移を図2に示す。これは実験期間中のすべてのトライアル (N=11) についてまとめたものである。1ターン目は $140.1 \pm 3.73\text{Hz}$ であり、その後、徐々に低下して10ターン目で $124.3 \pm 5.03\text{Hz}$ となった。その後の緩斜面におけるターンでの MPF の変化は少なく、分散も小さくなった。一方、図3はひとつのトライアルでの MPF の変化を示したものである。解析区間長は2sec, シフト長は1secである。図2に比べ、筋疲労の特徴がわかりにくい。

6. 考察とまとめ

安全で楽しくやれるスキー運動をめざして、ウェアラブル計測とフィールド実験支援システムを開発し、さらにターン毎に筋疲労度を評価する方法を実現した。すなわち、スキー運動時に加わる外力が大きい局面で、前脛骨筋と外側広筋の筋活動を膝関節角度変化を参照に抽出し、それらの部分での表面筋電図からターン毎の MPF を算出した。

その結果、前脛骨筋では、スキー上級者において MPF の変化では明らかな筋疲労の傾向を読みとることが出来なかったが、外側広筋の MPF の変化からトライアル中の筋疲労の傾向が明らかとなった。さらに、一日を通して筋疲労が蓄積されていく様を観ることができた。

これらのことから、膝関節角度の変化をとらえて、スキーマの被験側に加わる外力の大きい部分の筋活動を抽出し、その MPF の変化を観察することで、長時間の繰り返し運動であるスキー運動時の筋疲労を明確にとらえることができるようになった。今後は、他のフィールド運動に対してもシステムの有効性や筋疲労の評価法を開発していく予定である。

参考文献

- [1] 千明 剛, 牛山幸彦, 木竜 徹, "フィールドにおける運動機能評価のためのユビキタスサービスをめざして", 電子情報通信学会技術研究報告, MBE2005-9 pp. 33-36, 2005.
- [2] 牛山幸彦, 千明 剛, 村山敏夫, 木竜 徹, "膝関節角度を参照した筋電図解析によるスキー運動時筋疲労評価システム", 5-7, 生体医工学シンポジウム 2005 講演予稿集, 2005.