



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	カービングスキーが筋活動に及ぼす影響-表面筋電図法によるノーマルスキーとの比較-
Author(s)	谷口, 圭吾; 乗安, 整而; 岡野, 五郎; 加藤, 満; 竹田, 唯史
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要,第3号: 91-100
Issue Date	2000 年
DOI	10.15114/bshs.3.91
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6581
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n13449192391.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	カービングスキーが筋活動に及ぼす影響-表面筋電図法によるノーマルスキーとの比較-
Author(s)	谷口, 圭吾; 乗安, 整而; 岡野, 五郎; 加藤, 満; 竹田, 唯史
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要,第3号: 91-100
Issue Date	2000 年
DOI	10.15114/bshs.3.91
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6581
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n13449192391.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

カービングスキーが筋活動に及ぼす影響 —表面筋電図法によるノーマルスキーとの比較—

谷口 圭吾¹, 乗安 整而², 岡野 五郎³, 加藤 満⁴, 竹田 唯史⁴

札幌医科大学大学院保健医療学研究科修士課程¹

札幌医科大学保健医療学部理学療法学科²

札幌医科大学医学部運動科学教室³

北海道浅井学園大学短期大学部保健体育学科⁴

要 旨

上級男性スキーヤー4名を対象に、表面筋電図測定とビデオ撮影を用いて、新しく開発されたカービングスキーおよび従来のノーマルスキー滑走時の筋活動（右側下肢および体幹の8筋）を定量的に解析した。カービングスキー滑走は、ノーマルスキーと比較して、測定した全8筋の平均活動量が小さく、筋への負担度が少なかった。しかし、内側腓腹筋および大腿二頭筋の2筋は、カービングスキーで、より多くの筋活動が要求された。滑走スピードは、カービングスキーでノーマルスキーよりも速くなる傾向にあった。これらの結果から、カービングスキーは筋力の弱い中高年および女性スキーヤーの筋疲労を軽減する一方で、スキー傷害発生の様相を変える可能性も示唆された。

<索引用語>筋電図、筋活動、スキー用具、スキー傷害

緒 言

アルペンスキーにおける「カービング；carving」とは、スキーが横ズレをすることなく滑走していく技術である。1997年頃に登場した板のくびれのきついカービング（carving）スキー（板）は、その「カービング」技術を一般の人でも容易にできるように開発されたスキー（板）の総称である¹⁾。

カービングスキー（板）の問題点として、Vogel²⁾は新しい技術を習得する必要はないが、従来のスキー（板）（以下、ノーマルスキー）よりも筋力負荷が大きいことを指摘している。これまでスキー運動を筋電図学的に分析した研究はいくつか報告されているが^{3,9)}、カービングスキー（板）とノーマルスキー（板）を比較して、滑降中の筋活動を分析し、さらに筋力負担度を検討した研究はみられない。

本研究では、今後スキー板の主流となるであろうカービングスキーとノーマルスキー間の筋力負担度を探るこ

とを目的として、筋電図測定とビデオ撮影を用いて、ターン時の筋活動を両スキー滑走で定量的に解析した。そして、得られたデータをもとに、カービングスキー滑走のバイオメカニクスの特徴、ならびにスキー傷害発生への影響などについて検討した。

方 法

1. 被験者

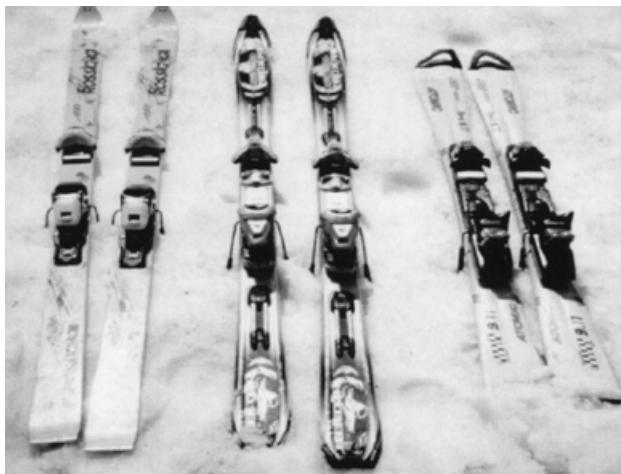
被験者は、全日本スキー連盟（以下、SAJ）公認基礎スキー技能テスト1級以上の資格を有する男性上級スキーヤー4名（年齢：25±5歳、身長：168±5cm、体重：63±3kg）である。被験者は実験目的・方法に関する説明を受け、主旨を理解した上で同意し、実験に参加した。なお、被験者は下肢・体幹に整形外科的および神経学的な疾患のない健常男性である。

2. 使用スキー用具

スキー板として、従来からあるノーマルスキー、新しく開発された2種のカービングスキー（ピュアカーブお

よびエキストリームカーブ)の計3種を使用した(図1)。これらのスキー板は、サイドの曲線・弧の形状、すなわちサイドカーブが異なる。カービングスキーでは半径20メートル前後、ノーマルスキーでは半径30メートル以上が一般的とされている¹⁰⁾。また、ピュアカーブは中上級者およびレース志向者向きとして最も現在普及しているスキーである。一方、エキストリームカーブはフリー志向のスキーヤー向きで、サイドカーブが最もきつく、他のカービングスキーに比して短い形状になっている¹¹⁾。

実験に使用したノーマルスキーは、ロシニョールAR35 AH518(長さ190cm、半径45m)である。ピュアカーブのカービングスキーは、サロモンNEOBEAT SERIES(長さ180cm、半径19m)であり、エキストリームカーブは、アトミックβETA CARV X9.11(長さ150cm、半径11m)である。



ノーマル ピュア エキストリーム

図1 実験に使用した3種のスキー板

3. 測定条件および環境

測定は1999年5月22日および23日に行った。気象状況は、天候晴れ、気温22度、雪温1度であり、積雪量は80cmであった。滑走コース(図2)は、全長90m、助走距離20m、落差20m、ターン幅5.5m、平均斜度15度(最大17度)であり、ターン数は3回転とした。被験者の右下肢が偶数ターンで外足、奇数ターンで内足になるようにした。

4. スキー滑走のプロトコール

被験者は測定前に、数回の準備滑走を行い、十分な休息後、測定を開始した。ノーマルスキー、ピュアカービングスキー、エキストリームカービングスキーの順に、各種スキーでそれぞれ2回、計6回の滑走を行い測定した。滑走前にZeglinksiら⁹⁾が行った指示と同様に、転倒の危険のない範囲で自己の持てる最大速度で滑走をすること、また回転技術を意識した滑りをする必要はないことを指示した。

5. 筋電図の準備および記録

被験筋は、右側の前脛骨筋、内側腓腹筋、内側広筋、大腿二頭筋、大腿直筋、長内転筋、大殿筋および脊柱起立筋の計8筋である。これらの筋は、スキー操作の3大要素である荷重、角づけおよび回旋に深く関与することが知られている^{4,6)}。導出部位は、皮膚摩耗剤で十分に皮膚抵抗を低下させた。ペースト入り銀塩化銀電極(ブルーセンサー、NECメディカルシステムズ、東京)を筋走行に沿って、3cm間隔で各被験筋の筋腹中央に貼付し、皮膚表面双極誘導法¹²⁾により導出した。

表面筋電計として、ホルター筋電計(ME3000P、エムピージャパン、東京)2台を使用した。高周波成分の雑音¹³⁾およびモーションアーチファクト¹⁴⁾を除去するた

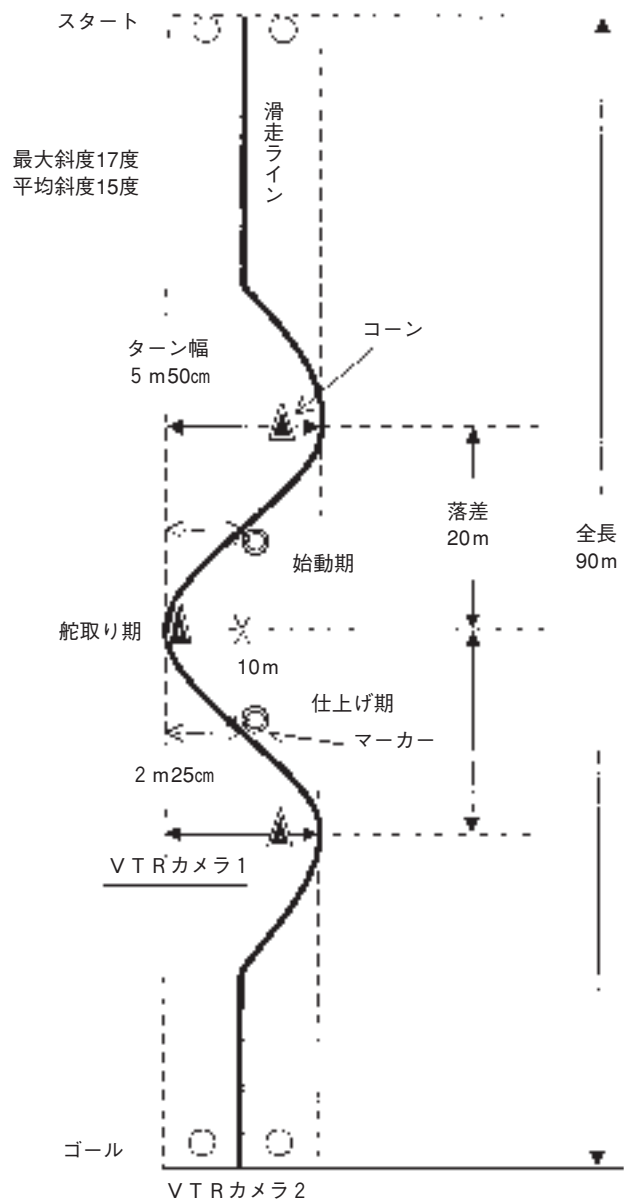


図2 滑走コースの設定



図3 始動期、舵取り期、仕上げ期の動作相別に記録した各種スキー滑走時の連続写真

め、周波数帯域は15～500Hzに設定した。筋電計を被験者の腰にベルトで固定した後、スイッチおよび測定ケーブルを接続した。筋電図信号の記録は、一旦記憶装置であるSRAMカードに蓄積し、各試行終了後に分解能12ビットのA/D変換後、光ケーブルを介してPCパーソナルコンピュータ（Dynabook Satellite220、東芝、東京）に転送した。サンプリング周波数は、エイリアシング現象を防ぐため¹⁹⁾、1000Hzにした。

滑走中における各筋の相対的な負担度を示す指標を得るために、Hintermeisterら⁴⁾やZeglinksiら⁶⁾の方法に準じて、滑走前に等尺性最大随意収縮時の筋電位（Isometric Maximum Voluntary Contraction. 以下IMVC）を記録した。測定間に10～20秒間の休息をとりながら、各筋毎にIMVC（5秒間）を3回測定した。記録したIMVCのうち、異なる筋電図信号を発生する開始直後¹⁶⁾を除外し、後半3秒間の筋電図を採用した。

6. 動作記録

スキー滑走中のビデオ記録は、ビデオカメラレコーダー（Video HI8 Handycam CCD-TRV92、ソニー、東京）2台を用いて撮影し、フレーム数は30Hzで行った。1台のカメラを2ターン目の20m下に、他の1台を全体の滑走が映るゴール地点に設置した。また、ビデオで撮影した滑走中の動作と筋電図を同期させるため、スタートの際、筋電図のスイッチを押すと同時に、ストロボのフラッシュ光をカメラ内に取り込んだ。

7. データ解析

データの分析対象は、右下肢がターン外側に位置する2ターン目とした。筋電図データの分析は、最初に被験者4名の個別性の検討を行った後、全被験者内の平均値を用いて、各筋および各動作相別に、3種のスキー間で筋活動を比較した。

7.1. 筋電図

筋電位生波形（IMVCおよびスキー滑走時）は、Biglandらの方法¹⁷⁻¹⁹⁾に準じて、全波整流したのち、10ms毎にroot mean square値（RMS）を算出して処理した。処理された筋電位は、スキー滑走の段階区分毎に平均化

し、各筋、各被験者および各スキーで平均振幅を算出した。IMVCは、Zeglinksiら⁶⁾と同様、採用した3秒間のうち最も活動が認められる1.5秒間を抽出し、3試行の平均振幅を算出した。また、滑走中の各筋の負担度を評価するため、IMVC測定時の平均振幅を100%として、実際のスキー動作時における平均振幅を相対化し^{14, 20)}、その値（%IMVC）を筋活動量の指標とした。

7.2. ビデオ記録

ターン弧は、Hintermeisterら⁴⁾やSAJ²¹⁾と同様に、ターン運動を始動期、舵取り期および仕上げ期の3相に分けて検討した（図3）。コーンおよびマーカーの設置地点を各動作相の中間地点と定義し、2ターン目に移行する部分にあるマーカーを始動期、最大傾斜線上にあるコーンを舵取り期、3ターン目に移行する部分にあるマーカーを仕上げ期とした。

ビデオ記録にある30Hz単位のタイムコードを用いて、各マーカーおよびコーンを被験者が通過するタイムを算出した。そのタイムを基準に、前後0.3秒ずつの計0.6秒間を各動作相の時間とし、筋電図のデータに対応させた。

8. 統計処理

全4名の被験者において、3種のスキー板、各動作相および各筋別に、%IMVCの平均、標準偏差および変動係数を算出した。また全被験者内で、滑走時間の平均、標準偏差および変動係数を各スキー別に算出した。有意差の検定については、被験者数が4名と少数であるため記載しなかった。

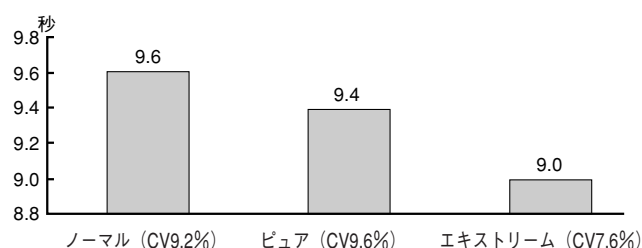


図4 各種スキーにおける平均滑走時間
CV：変動係数

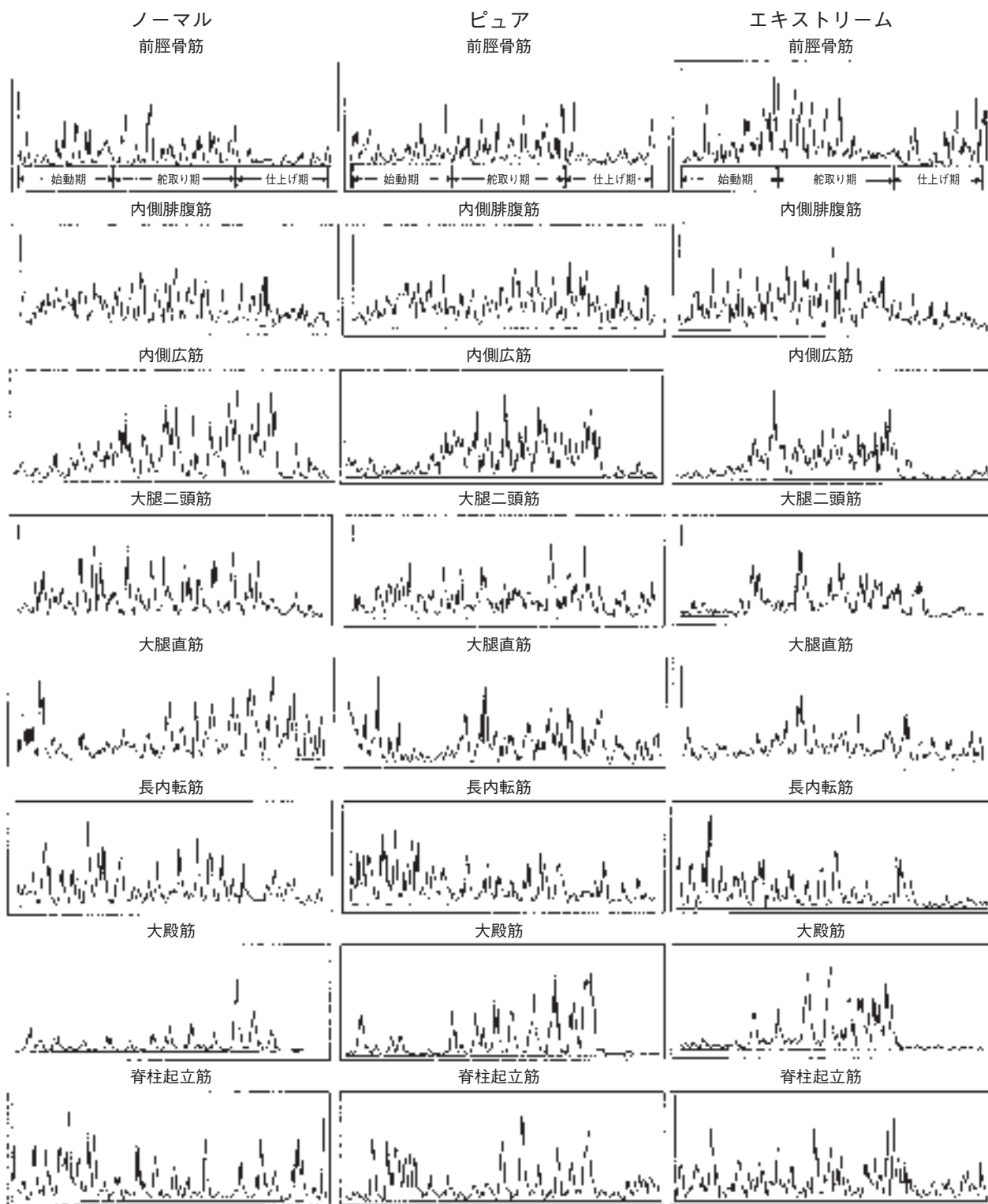


図5 全8筋における各種スキー滑走時の筋電図の代表例

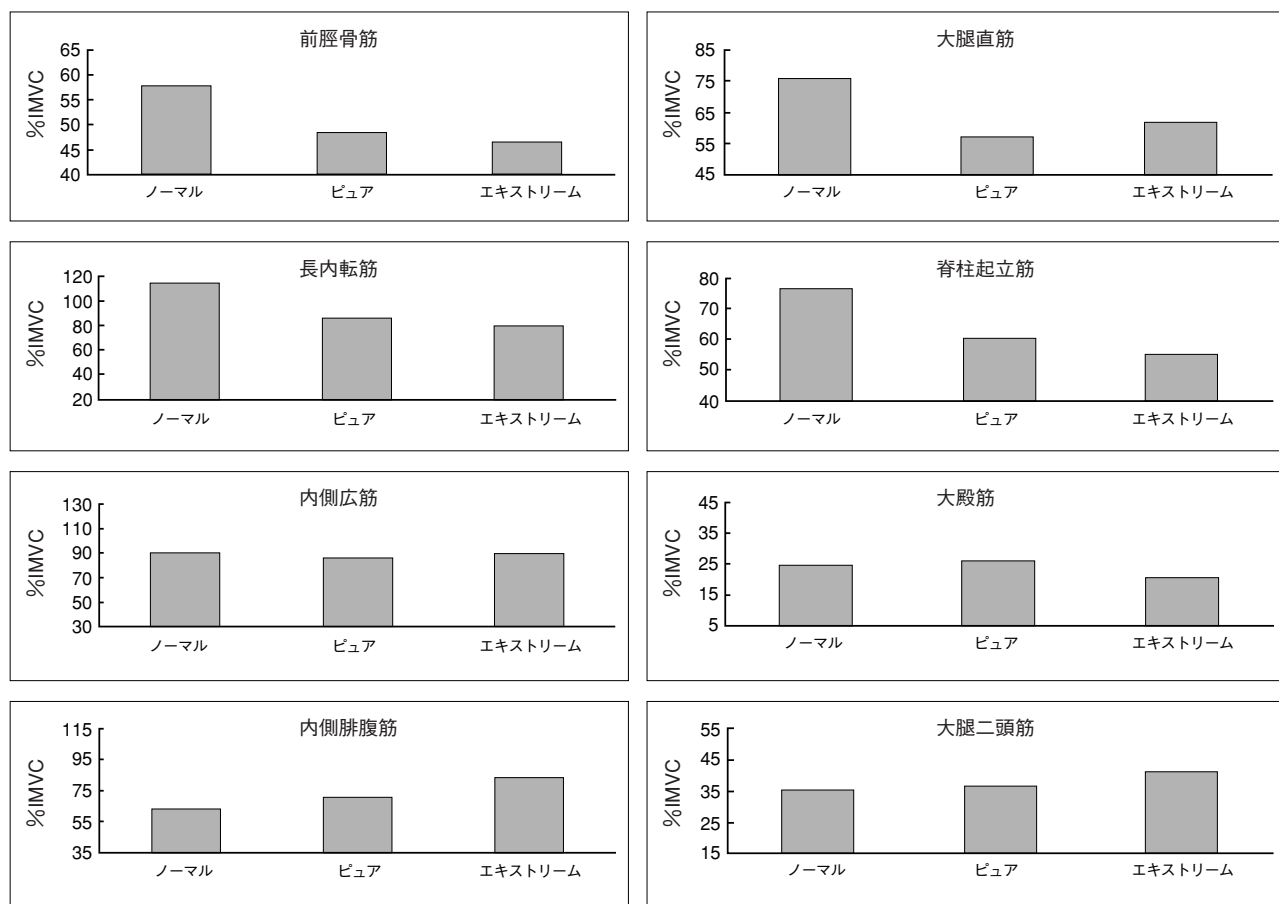


図6 動作相別にみた各筋の平均筋活動量におけるスキー間の比較

%IMVC: 等尺性最大随意収縮時の筋電位 (IMVC) を100%として算出した相対的筋活動量

結 果

1. 滑走時間

スタートから2ターン目の仕上げ期までの平均滑走時間を、ノーマルスキー、ピュアカービングスキーおよびエキストリームカービングスキーで比較し図4に示した。ノーマルスキー (9.6 ± 0.9 秒)、ピュアカービングスキー (9.4 ± 0.9 秒) およびエキストリームカービングスキー (9.0 ± 0.7 秒) の順に徐々に滑走時間は短くなる傾向にあり、エキストリームカービングスキーはノーマルスキーに比べて0.6秒短かった。被験者間の変動係数 (CV) は、エキストリームカービングスキーの7.6%からピュアの9.6%の範囲内であった。また、各スキー間での滑走時間を被験者毎にみた場合、全被験者において平均値と同様の様相を示した。

2. 筋活動のパターン分析

図5は、ノーマルスキーおよびカービングスキー滑走時の筋電図整流波形の代表例を各筋毎に示したものである。前脛骨筋、内側腓腹筋、内側広筋および長内転筋の筋活動では、各スキー間で同様の経時的様相を示した。一方、大腿二頭筋、大腿直筋、大殿筋および脊柱起立筋

の筋活動は、舵取り期から仕上げ期にかけてカービングスキーで小さいが、ノーマルスキーでは大きい傾向にあった。しかしこれら4つの筋は、その動作相間の筋活動変化量が35%未満と小さかった。

3. 筋活動の定量的分析

3.1. 各筋における平均筋活動量

ターン全体における各スキー滑走時の測定筋毎の平均筋活動量 (%IMVC) を図6および表1に示した。前脛骨筋、大腿直筋、長内転筋および脊柱起立筋の筋活動量は、カービングスキーがノーマルスキーに比べて、小さい傾向にあった。内側腓腹筋および大腿二頭筋では、カービングスキーがノーマルスキーに比べて大きい傾向にあった。内側広筋および大殿筋の筋活動量は、各スキー間で著明な差がみられなかった。被験者間の変動係数 (CV) は、12.5から81.6%の範囲内であった。

3.2. 全8筋における平均筋活動量

4名の被験者の全8筋における平均筋活動量を、始動期、舵取り期、仕上げ期およびターン全体別に、3種のスキー滑走で比較した (図7)。始動期の筋活動量 (図7-a) は、カービングスキー (ピュア64.8%IMVC、エキストリーム67.7%IMVC) がノーマルスキー (60.0%IMVC)

に比べて大きい傾向にあった。一方舵取り期の筋活動量(図7-b)は、カービングスキー(ピュア69.8%IMVC、エキストリーム71.7%IMVC)がノーマルスキー(77.1%IMVC)に比べて小さい傾向にあった。また仕上げ期の筋活動量(図7-c)は、舵取り期と同様にカービングスキー(ピュア40.3%IMVC、エキストリーム38.8%IMVC)がノーマルスキー(55.1%IMVC)に比べて小さい傾向にあった。最終的に、ターン全体の筋活動量を図8にまとめた。ピュア(60.5%IMVC)およびエキストリーム(61.9%IMVC)のカービングスキーが、ノーマルスキー(71.4%IMVC)に比べて、10%も小さい傾向にあった。また3種のスキー間で、全8筋の平均筋活動量を被験者毎に各動作相およびターン全体と比較すると、図7および図8でみられた様相と同じ傾向が認められた。

考 察

1. 滑走時間におけるスキー間の比較

各スキー板での滑走時間(スタートから第2ターンの仕上げ期まで)は、カービングスキーがノーマルスキーに比較して0.2~0.6秒速い傾向にあり、この傾向は被験者全員に共通していた。一般的に、角づけされたスキーは進行方向で生じる縦摩擦より横摩擦の方が大きいいため、スピードを出すには横ずれの小さいターンができるスキーの方がよい²²⁾。また理論上、スキーの迎え角に伴う横ずれは、除雪抵抗によって制動力が働き、ターンの速度を低下させる²³⁾。以上の理由から、横ずれの少ないターンを実現させやすいカービングスキーがノーマルスキーよりも滑走時間を短くすると考えられる。

2. 各筋の筋活動パターンにおけるスキー間の比較

各スキー滑走時の筋活動を定性的に分析した結果、前脛骨筋、内側腓腹筋、内側広筋および長内転筋の4筋において、各スキー間でほぼ同様の経時的様相が認められた。一方、大腿二頭筋、大腿直筋、大殿筋および脊柱起立筋の4筋は、各スキー間で異なる様相を示した。しかしこれらの筋は、各動作相に移行する際の筋活動変化量が35%未満と比較的小さかった。Zeglinskiら⁶⁾は、各動作相間の筋活動量の増減が50%以上のとき、筋活動パターンに変化があるといえるとしている。したがって、本実験での大腿二頭筋、大腿直筋、大殿筋および脊柱起立筋の4筋は、各スキー間で筋活動パターンが明らかに異なるとはいえないだろう。

3. 各筋の平均筋活動量におけるスキー間の比較

前脛骨筋、大腿直筋、長内転筋および脊柱起立筋のターン全体における平均筋活動量は、カービングスキーがノーマルスキーに比べて、小さい傾向にあった。Hitermeisterら⁴⁾や加藤ら²⁴⁾によれば、前脛骨筋はスキー滑走時のバランス維持に関係し、足関節を固定し、姿勢を制御する働きがある。また大腿直筋および脊柱起立筋

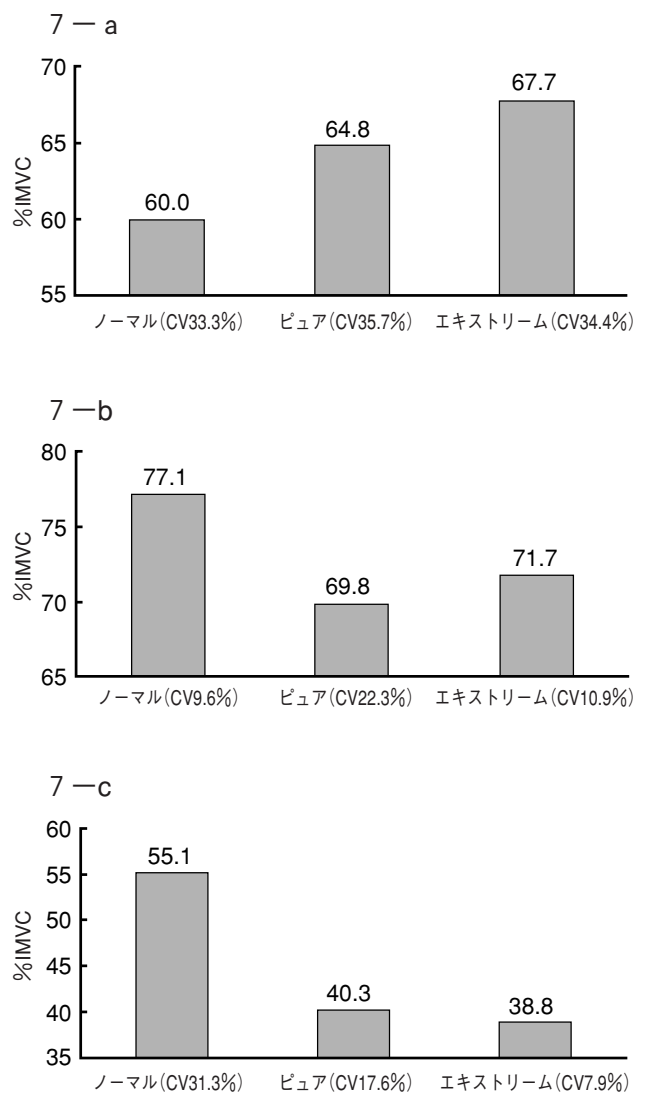


図7 各動作相の総平均筋活動量

7-a: 始動期 7-b: 舵取り期 7-c: 仕上げ期
 %IMVC: 等尺性最大随意収縮時の筋電位 (IMVC) を100%として算出した相対的筋活動量
 CV: 変動係数

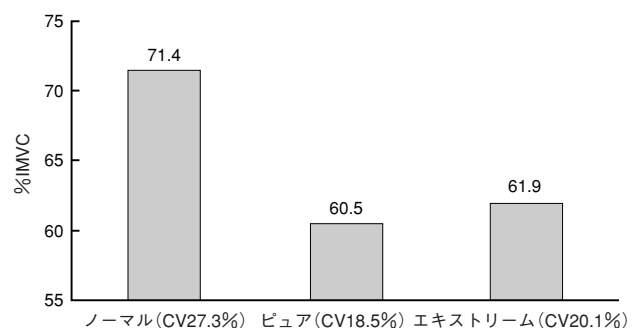


図8 ターン全体の総平均筋活動量

%IMVC: 等尺性最大随意収縮時の筋電位 (IMVC) を100%として算出した相対的筋活動量
 CV: 変動係数

も、前脛骨筋と同様に姿勢バランスの調節に関与する。内転筋は、股関節内転・内旋作用によりスキーを回旋、角づけし、回転力を発生させる役割がある⁹⁾。カービングスキーはノーマルスキーに比して、スキー板が10cm以上短く、スキー滑走中の安定性に関わるトップとテールの面積が大きく、さらに、深いサイドカーブのため回転性能に優れている¹¹⁾。これらの特徴が前述の筋の負担度を減少させたものと考えられる。

一方、内側腓腹筋および大腿二頭筋の平均筋活動量は、カービングスキーがノーマルスキーに比べて、ターン全体で大きい傾向にあった。内側腓腹筋は足関節の底屈作用があるため、スキー板の前部に圧を加えて雪面からの抵抗を捉える働きがある⁹⁾。また回転に必要な雪面抵抗は、スキーの前半部に強く作用することから²⁵⁾、トップの幅が広いカービングスキーはノーマルスキーに比べて、抵抗が増大すると考えられる。また市野²⁶⁾は、カービングスキーの登場で、これまでターン運動に有効とされてきた回旋によるスキー操作は必要とされず、荷重と角づけが一層重要となると述べている。これらを総合的に考慮すると、カービングスキーは、スキー板自体の性能によって、スキー操作に関する回旋要素が減少し、雪面抵抗の反力である荷重要素²⁵⁾がノーマルスキーよりも求められ、これが内側腓腹筋活動の増大を生む可能性が示唆される。さらに、内側腓腹筋の活動により身体から外側に離れていくスキーに適切な操作を加え続けるため、体幹および下肢とスキーの位置関係を一定に保つ必要がある。カービングスキーにおける内側腓腹筋活動の増加にともない、膝関節の屈曲作用により身体がスキーの運動方向に連動する働きは、ノーマルスキーよりも多く要求される。このことが、大腿二頭筋の活動増加をもたらしたと考えられる。

4. 各動作相およびターン全体の総平均筋活動量における各スキー間の比較

始動期における全8筋の平均筋活動量は、カービングスキーがノーマルスキーと比較して、5～8%大きい傾向にあった。最近のスキー技術は、従来の抜重による方向の切り換えから、カービングスキーの深いサイドカーブによる荷重、角づけによる切り換え技術へと変化してきた²⁷⁾。今回の被験者は上級以上の技術レベルを持ち、カービングスキーの性能を引き出すことのできるスキーヤーである。さらに、カービングスキーの特性から、ターン始動期の操作において、下肢の運動量がノーマルスキーよりも増え、それらがカービングスキーの始動期における総平均筋活動量を増加させた要因と考えられる。

舵取り期および仕上げ期の総平均筋活動量は、カービングスキーがノーマルスキーに比べて、舵取り期で5～7%、仕上げ期で15～16%小さい傾向にあった。カービングスキーとノーマルスキーを使用した同一条件下の山回りターン運動での実験²⁸⁾によると、カービングスキー

表1 ターン全体における各種スキー滑走時の各筋の平均筋活動量(%IMVC)

	ノーマル	ピュア	エキストリーム
前脛骨筋	57.8±8.5	48.4±17.6	46.5±24.6
内側腓腹筋	63.3±35.5	70.5±44.0	83.7±54.8
内側広筋	90.3±18.7	85.8±20.3	89.3±19.2
大腿二頭筋	35.2±12.2	36.6±12.7	41.4±8.1
大腿直筋	75.8±9.5	57.0±10.7	61.8±15.4
長内転筋	114.6±88.8	85.7±64.1	79.3±64.7
大殿筋	24.7±6.7	26.1±8.3	20.7±11.2
脊柱起立筋	76.5±45.2	60.4±46.0	55.1±39.5

*値(%IMVC)は平均±標準偏差を表す(N=4)

の回転半径は、ノーマルスキーに比べて小さいことが認められている。一般的に、ターン中盤から後半は、斜面下向きに作用する重力が回転外側に働くことでターン運動が妨げられる²⁵⁾。また、スキーと身体は重力により下降し、回転半径は大きくなる傾向にある。一方、回転力としてターン内側に作用する向心力は、ターン中盤から後半にかけて重力と逆向きに働く²⁵⁾。ターン後半の回転半径を小さくする、もしくはカービングスキーと同等の大きさの回転半径を、ノーマルスキーで描く場合、向心力を生み出す雪面からの抗力がより多く要求される。つまり、ターン前半よりも、またカービングスキー使用時よりも、下肢の筋力を用いて雪面に働きかけ、雪面抵抗を増大させることで、重力を上回る向心力を確保する必要がある。したがって、ターンの回転半径を一定にさせた本実験下では、サイドカーブが深いカービングスキー時の筋活動がノーマルスキーと比較して小さい可能性が考えられる。

ターン全体の総平均筋活動量は、カービングスキーがノーマルスキーに比べて10～11%少ない傾向にあり、この減少を導いた筋は、内側腓腹筋および大腿二頭筋を除く6筋であった。各動作相の総平均筋活動量では、カービングスキーは始動期で大きく、舵取りから仕上げ期にかけて小さい。また、3相を総合したターン全体では、ノーマルスキーに比べてカービングスキーでの総平均筋活動量は少ない傾向にある。したがって、ターン前半の増加量よりもターン中盤から後半における減少量の方が大きいといえる。

以上のことから、サイドカーブの深いカービングスキーはターン運動を容易にする可能性をもつが、ターン運動を遂行する一連の筋活動パターン、すなわちスキー操作上の本質的な側面に影響を及ぼすことはない。むしろターンの各局面での筋力的な負担度の指標、すなわち筋活動量という定量的な側面に影響を及ぼすといえる。

5. カービングスキーによる傷害発生の可能性およびその予防対策

スキー用具は技術や指導法と密接に関わるだけでな

く、スキー傷害の様相に大きく影響を及ぼしてきた。他のスポーツと比較して、用具の変遷に応じて発生する傷害も大きく変化するのがスキー傷害の特徴である。傷害の年次推移と用具の変遷の関係をみた調査²⁸⁾によれば、バインディングの進歩は下腿から足関節部のスキー傷害の予防に有効であった。反面、スキーブーツは材質が硬く、アッパーシェルも高く変化したため、足関節が固定され、足関節傷害の減少と引き替えに膝関節の傷害、特に前十字靭帯損傷を増加させた²⁹⁾。したがって、カービングスキーという新しいスキー用具の登場がスキー傷害に変化をもたらす可能性も予測できる。

ターン全体の総平均筋活動量を各スキー間で比較した結果、カービングスキーはノーマルスキーに比べ、筋力的な負担が少なく、筋疲労の軽減につながる可能性が示唆される。異なる3種のスキーの筋活動に及ぼす影響を検討したClarysら⁹⁾の報告によると、ソフトスキー(板の硬さが柔らかい)はコンパクトスキー(板の長さが短い)および競技用のレーシングスキーと比べて、筋力負担が軽かった。しかし、各スキー間の差は3%以下であった。本研究では、カービングスキーがノーマルスキーよりも筋活動量が約10%少ない傾向にあるため、筋力的な負担はスキー間で顕著に現れる可能性がある。このことは、特に長距離滑走を行う場合や、技術はあるが筋力が弱い中高年や女性スキーヤーにおいて、筋疲労の増大が要因となる傷害発生の予防に貢献することが示唆される。

一方、滑走スピードをスキー間で比較すると、カービングスキーはノーマルスキーよりも速いことから、スキーヤー同士、スキーヤーとスノーボーダー、および静止障害物との衝突外傷が増加する危険性が予想される。更にスピードの増加は、転倒の際、生体により大きな外力が加わり、外傷の重傷度を増す恐れがある。事実、ゲレンデ整備の充実により高速滑走が可能となったこと、また近年スノーボード人口の急増などにより、衝突事故による外傷の重症化が起きている^{30,31)}。カービングスキーの普及に伴い傷害の発生を助長することのないよう、カービングスキーの特徴に関する説明や安全指導などを行い、事前に予防対策に努めることが重要と思われる。

個々の筋でカービングスキーとノーマルスキーの筋活動を比較した結果、内側腓腹筋および大腿二頭筋の筋活動は、全体の傾向に反して、カービングスキーでより大きい傾向にあった。このことは、筋疲労に起因する傷害予防のため、これらの筋の強化が必要であることを示唆する。また、今後スキー滑走中の関節角度や角速度などの運動学的パラメーターを電気角度計等で測定し、カービングスキー滑走中の筋収縮様式や関節運動の領域および速度を調べることにより、具体的な筋力強化法を考案していく必要がある。

謝 辞

稿を終えるに当たり、本研究に御協力をいただきました全日本デモンストレーターの山田卓也氏および北海道大学基礎スキー部の学生諸氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 塚脇誠：日本におけるカービングスキーの指導方法論的一考察. 日本スキー学会誌, 8 : 121-132, 1998
- 2) Vogel W : Carving. Sportverletzung. Sportschaden., 11 : 124-125, 1997
- 3) 前島孝, 石河利寛, 形本静夫・他：身体運動の科学 II, 身体運動のスキル. スキー回転技術に関する筋電図学的研究. 杏林書院. 東京, 1980, p201-208
- 4) Hintermeister RA, O'connor DD, Dillman CJ, et al : Muscle activity in slalom and giant slalom skiing. Med. Sci. Sports. Exerc., 27 : 315-322, 1995
- 5) Hintermeister RA, O'connor DD, Dillman CJ, et al : Muscle activity in wedge, parallel, and giant slalom skiing. Med. Sci. Sports. Exerc., 29 : 548-553, 1997
- 6) Zeglinksi CM, Swanson SC, Self BP, et al : Muscle activity in the slalom turn of alpine skiing and in-line skating. Int. J. Sports. Med., 19 : 447-454, 1998
- 7) Nemeth G, Lamontagne M, Tho KS, et al : Electromyographic activity in expert downhill skiers using functional knee braces after anterior cruciate ligament injuries. Am. J. Sports. Med., 25 : 635-641, 1997
- 8) Aune AK, Schaff P, Nordsetten L : Contraction of knee flexors and extensors in skiing related to the backward fall mechanism of injury to the anterior cruciate ligament. Scand. J. Med. Sci. Sports., 5 : 165-169, 1995
- 9) Clarys JP, Van Puymbroeck L, Publie J, et al : Influence of ski materials on muscle activity. J. Sports. Sci., 4 : 129-139, 1986
- 10) 全日本スキー連盟：CARVING・カービングスキーのスキー指導. スキージャーナル. 東京, 1998, p92-93
- 11) 全日本スキー連盟：CARVING・カービングスキーのスキー指導. スキージャーナル. 東京, 1998, p7-13
- 12) 伊東元：動作筋電図. 細田多穂, 柳澤健編. 理学療法ハンドブック. 協同医書. 東京, 1991, p123-149
- 13) 三秋泰一, 濱出茂治：表面筋電計. 理学療法, 15 : 289-295, 1998
- 14) 才藤栄一, 金田嘉清, 岡田誠・他：表面筋電図による筋力推定. 総合リハ, 24 : 423-430, 1996
- 15) Perry J : EMG-force relationships in skeletal

- muscle. Crit. Rev. Biomed. Eng., 7 : 1-22, 1981
- 16) Kamen G, Caldwell GE : Physiology and interpretation of the electromyogram. J. Clin. Neurophysiol., 13 : 366-384, 1996
 - 17) Bigland B, Lippold O : The relations between force, velocity, and integrated electrical activity in human muscles. J. Physiol., 123 : 214-224, 1954
 - 18) 木村貞治 : 筋力と筋電図. 運動生理, 7 : 175-187, 1992
 - 19) 佐鹿博信 : 動作分析と表面筋電図. 総合リハ, 18 : 347-355, 1990
 - 20) Hemingway MA, Biedermann HJ, Inglis J : Electromyographic recordings of paraspinal muscles. Variations related to subcutaneous tissue thickness. Biofeedback. Self. Regul., 20 : 39-49, 1995
 - 21) 全日本スキー連盟 : 日本スキー教程. スキージャーナル. 東京, 1994, p55-57
 - 22) 清水史郎 : 科学的スキー上達法. 講談社. 東京. 1995, p28-41
 - 23) 尾原和夫 : ターン時の両脚荷重と片脚荷重. スキー学会誌, 9 : 87-93, 1999
 - 24) 加藤満, 川初清典, 須田力・他 : スキーの小回りパラレルターンにおける前脛骨筋および長指伸筋の特有な働きについて. 第9回日本バイオメカニクス学会大会論集 : 132-137, 1988
 - 25) 全日本スキー連盟 : 日本スキー指導教本. スキージャーナル. 東京. 1994, p34-48
 - 26) 市野聖治 : カービング革命. スキージャーナル. 東京. 1999, p25-48
 - 27) 中浦皓至, 猫塚義夫, 細川佳之 : Skiing Together. 北海道アルペンスキー研究会. 砂川. 1996, p39-48
 - 28) 全日本スキー連盟 : スキー傷害の実態. スキーと安全. スキージャーナル. 東京. 1991, p18-24
 - 29) Natri A, Jarvinen M, Kannus P, et al : Changing injury pattern of acute anterior cruciate ligament tears at Tampere University Hospital in the 1980s. Scand. J. Med. Sci. Sports., 8 : 100-104, 1995
 - 30) 高桑徹也, 安井豊, 遠藤重厚・他 : スキー場における衝突外傷. 臨床スポーツ医学, 11 : 1422-1427, 1994
 - 31) Morrow P.L : Downhill ski fatalities, the Vermont experience. J. Trauma., 28 : 95-100, 1988

Influence of the carving ski on muscle activity – A comparison with the conventional ski using surface electromyography –

Keigo TANIGUCHI¹, Seiji NORIYASU², Goroh OKANO³, Mitsuru KATO⁴, Tadashi TAKEDA⁵

Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University¹

Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University²

Department of Exercise Science, School of Medicine, Sapporo Medical University³

Department of Health and Physical Education, Hokkaido Asaigakuen College⁴

Abstract

This study was designed to compare quantitatively the muscular activity during skiing between a new type of ski called a carving ski and the conventional alpine ski. Four advanced skiers were the subjects used in this study. The electromyographic data of eight muscles from the trunk and lower extremities were collected by surface electromyography accompanied by video recordings. Carving skiing showed a lower mean muscle activity in all eight muscles investigated and more an economical expenditure of muscular efforts than with the conventional ski. However, in the gastrocnemius and biceps femoris, greater muscle activity took place during skiing with carving skis as compared to with conventional skis. Velocities during the skiing were greater with the carving ski than with the conventional ski. These results indicate that the carving ski is beneficial to middle aged skiers and women skiers whose muscle strength is somewhat weak and that it has the potential to significantly alter incidence and type of skiing injuries.

Key words : Electromyography, Muscle activity, Ski materials, Ski injuries