



Title	Effects of changes in skiing posture on the kinetics of the knee joint
Author(s)	小柳, 磨毅
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49853
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【44】

氏 名	こ ^{やなぎ} 柳 ^ま 磨 ^き 毅
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 3 8 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 20 年 6 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	Effects of changes in skiing posture on the kinetics of the knee joint (スキー滑走姿勢の変化が膝関節の力学的負荷に及ぼす影響)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 吉 川 秀 樹 (副査) 教 授 菅 本 一 臣 教 授 大 平 充 宣

〔 目 的 〕

スキー滑走中の後方転倒を契機とした非接触的な膝前十字靭帯（ACL）損傷の受傷機転には、スキーブーツが下腿を前方へ押し出す外力の他に、大腿四頭筋の筋収縮による下腿の前方引き出し力の関与が指摘されている。しかしこれには否定的な見解もあり、筋収縮力が非接触的な ACL 損傷の発生に及ぼす影響は明らかではない。こうした機序の解明には、転倒に至る身体重心や下肢関節角度などの姿勢変化と、膝関節の前方剪断力を生じる下肢筋活動の不均衡との関連を明らかにする必要がある。本研究の目的は、滑降姿勢の変化が膝関節の力学的負荷に及ぼす影響を調査し、ACL 損傷の発生予防の見地から安全なフォームを追求することである。

〔 方法ならびに成績 〕

1 対 象

下肢に傷害の既往歴がない健常女性 10 名（23.7±0.5 歳、165.6±2.4cm、52.3±2.8kg）を対象とした。

2 方 法

床反力計の上に設置した 20° の斜面上にスキーブーツを固定し、被験者の膝関節の屈曲角度を装具により 30° に制限し、片脚の立位（中間）姿勢から重心位置を変化させ、前傾および後傾姿勢をとらせた。被験者には体表指標を装着させ、運動計測装置および床反力計を用いてこれら 3 つの姿勢における下肢の関節モーメントを算出した。また大腿直筋と内側広筋・ハムストリング・腓腹筋・前脛骨筋の 5 筋の表面筋電図を計測し、整流化して Root Mean Square を求めた。さらに感圧シートをブーツ後壁に挿入し、最大圧を計測した。積分筋電図とブーツ後壁圧は、中間姿勢に対する前傾、後傾姿勢の割合を算出した。条件間の比較には分散分析を用い、有意水準は 5 %未満とした。

3 結 果（Table1）

1) 関節モーメント：前傾姿勢は股関節の伸展と足関節の底屈モーメントが増大し、膝関節の伸展モーメントは減少した。後傾姿勢では股関節の屈曲と膝関節の伸展モーメント、足関節の背屈モーメントが増加した。

2) 筋活動：前傾姿勢は下肢の後面筋であるハムストリングスの筋活動が増大し、大腿四頭筋の筋活動は減少した。後傾姿勢では大腿四頭筋と前脛骨筋の活動が増加し、ハムストリングスの筋活動は減少した。腓腹筋の筋活動には明らかな差はなかった。

3) ブーツ圧：ブーツ後壁の圧は前傾姿勢で減少し、後傾姿勢で増大した。

4 考 察（Table2）

1) 前傾姿勢：前傾姿勢では重心線が膝関節軸に近づいたために大腿四頭筋の筋活動は減少した。逆に股関節の伸展モーメントとこれを発生するハムストリングスの筋活動は増大し、大腿四頭筋に対する均衡が高まっていた。膝関節の前方剪断力と下腿の内旋を生じる大腿四頭筋は ACL の Strain に対して拮抗筋（antagonist）であり、逆に後方剪断力を発生させるハムストリングが共同筋（synergist）的な作用を果たす。また前傾姿勢では膝伸展域で ACL の antagonist とされる腓腹筋の筋活動は増大していなかった。これより前傾姿勢は ACL の synergist であるハムストリングスへ

の依存度が高く、脛骨高原が前方へ傾斜して大腿骨顆が重力によって前方へ滑るため、さらに前方剪断力が減少すると推察された。以上の結果から、前傾姿勢は ACL の Strain が小さく、ACL 損傷の発生予防には有利な姿勢であると考えられた。

2) 後傾姿勢：後傾姿勢では股関節の屈曲と膝関節の伸展モーメントが増大し、これを支持する大腿四頭筋は前傾姿勢の 2～3 倍の筋活動を示した。これに対しハムストリングスの筋活動は明らかに減少し、大腿四頭筋との不均衡はさらに増大した。荷重状態での ACL の Strain は膝関節の 30° 位付近から伸展位にかけて最も増大するとされ、さらに下腿を前方へ押し出すブーツからの圧力も高まっていたことから、後傾姿勢は ACL 損傷が発生する危険性が高い姿勢であると考えられた。スキーのジャンプにおける着地前の動作筋電図でハムストリングスが強い筋活動を示したため、大腿四頭筋筋力による ACL 損傷の発生には否定的な見解がある。しかしわれわれの研究結果は、後傾姿勢の保持は大腿四頭筋への依存度が高いことを示した。着地前からのハムストリングスの活動は予測された動作に対する防御的な反応であり、後傾姿勢の着地動作でこれらが遅延または作用しない場合には、大腿四頭筋の前方引き出し力が ACL 損傷の発生要因になると考えられた。また後方転倒時には膝関節は深い屈曲位となって ACL の Strain は生じないとの見解があるが、本研究結果は膝関節が軽度屈曲位の後傾姿勢で ACL 損傷が発生し、後方へバランスを崩して転倒する可能性を示唆した。

〔 総 括 〕

膝関節を軽度屈曲した斜面上のスキー滑走姿勢において、前傾姿勢はハムストリングスへの依存度が増大していたことから、ACL 損傷の発生予防に有利な姿勢であると考えられた。逆に後傾姿勢では大腿四頭筋活動が増大してハムストリングとの不均衡が高まり、ブーツ後壁圧の受動的要因に加えて、大腿四頭筋による引き出し力が非接触的な ACL 損傷の発生要因となる可能性が示唆された。

Table 1 Joint moments in each posture

Posture	Hip	Knee	Ankle
Neutral position	-29.1 (12.4)	50.8 (15.2)	58.3 (11.1)
Forward-bending	24.9 (11.6)	26.3 (7.6)	83.7 (11.7)
Backward-bending	-70.3 (17.0)	101.3 (15.9)	-1.4 (11.8)

This table shows the maximum quantity of joint moment in each posture as the extension moments of the hip and knee, and plantar moment of ankle joint were positive (Nm). Numbers in parentheses show the standard deviation of each value. Significant differences were observed in all joint moments with each posture ($P<0.01$)

Table 2 The effect of changes in skiing posture

		Forward bending	Backward bending
Extension moment	Hip	++	-
	Knee	-	+++
	Ankle	++	-
	QF	-	+++
Muscle activity	TA	-	++
	HM	++	-
	GC	-	++
Force induced by the boot			
Inclination of tibial plateau		+	-

This table shows extension moment, muscular activity, force induced by the boot and inclination of the tibial plateau in comparison with the neutral position. Values are defined in four grades (-, under; +, over 10%; ++, over 20%; +++, over 30% for neutral position). QF quadriceps femoris, TA tibialis anterior, HM hamstrings, GC gastrocnemius

論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、スキー滑走姿勢における身体重心の変化が膝関節の力学的負荷に及ぼす影響を明らかにし、膝前十字靭帯（ACL）損傷の予防的見地から安全なフォームを追及することである。

10名の健常被験者に床反力計上の斜面で片脚立位の中間姿勢から、身体重心を変化させて前傾および後傾姿勢をとらせ、運動解析装置を用いて下肢の関節モーメントを算出した。また各姿勢におけ

る大腿四頭筋・ハムストリング・腓腹筋・前脛骨筋の表面筋電図から積分値（IEMG）を求めた。さ

らに下腿の後面に圧センサーシートを挿入し、ブーツ後壁の圧を計測した。

膝関節を軽度屈曲した斜面上のスキー滑走姿勢において、前傾姿勢はハムストリングスへの依存度が增大していたことから、ACL損傷の発生予防に有利な姿勢であると考えられた。逆に後傾姿勢では大腿四頭筋活動が増大してハムストリングとの不均衡が高まり、ブーツ後壁圧の受動的要因に加えて、大腿四頭筋のinternal forceが非接触的なACL損傷の発生要因となる可能性が示唆された。

審査の結果、本論文は博士（医学）の学位授与に値すると考えられる。