

学位論文題名

クロストレーニングの手段としての
クロスカントリースキーに関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、積雪寒冷地におけるクロストレーニングの手段として、クロスカントリースキー（以下、XC スキー）に注目し、その特徴について主に筋生理の観点から総合的に検討したものである。XC スキーが有酸素能力の向上に効果的な運動であること、さらに、クロストレーニングがアスリートのトレーニング形態として好ましい特徴を有していることはこれまでも報告されている。しかしながら、XC スキーをクロストレーニングの手段の一つとしてとらえ、その特徴について検討した研究はこれまで行われていない。本論文では、XC スキーをクロストレーニングとして活用するための情報として、XC スキー滑走に伴う生体への負担度およびスキーヤーの身体特性の季節変動について明らかにすることを目的とした。

第1章では、XC スキーのテクニック、運動中の生理応答、XC スキーヤーの身体特性およびトレーニング方法に関する文献的検討を行い、XC スキーの特徴について考察した。すなわち、XC スキー滑走は上肢、下肢および体幹部の多くの筋が動員される持久性運動であり滑走中の酸素需要量が高く、XC スキーヤーは有酸素能力に優れることを説明した。さらに、XC スキーヤーのトレーニング量が非常に多いことに加え、冬季および夏季でトレーニングの形態を大きく変化させていることに着目した。すなわち XC スキーヤーが、専門とする種目以外の運動をトレーニングに取り入れる「クロストレーニング」を実施していることについて述べ、さらにクロストレーニングの特徴、および XC スキー以外の運動を用いたクロストレーニングの効果についても文献的検討を行った。

第2章では、研究1として XC スキーの生体への負担度について注目し、滑走に伴う筋腱の損傷について検討した。代表的な長距離種目である 50km レースに参加し完走した XC スキーヤーを対象に、レース前からレース後数日間にわたり間接的な筋損傷マーカーを一斉に測定した。すなわち、等尺性最大随意収縮筋力の測定、血液サンプルの採取および筋肉痛の評価をレース前日、レース直後、24、48、72 および 144 時間後に行った。等尺性最大随意筋力は、椅座位で膝および股関節を 90° とし伸展方向に最大努力で力発揮させ、ロードセルを用いて測定した。血液サンプルから、血中へ逸脱した筋タンパク質濃度および炎症反応の程度について分析を行った。また、身体部位別にみた筋肉痛の発症とその変動につ

いて視覚的アナログ尺度法を用いて評価した。その結果、50kmXC スキーレースに伴い、下肢筋群を中心にレース直後から翌日にかけて筋肉痛が出現したが早期に痛みは消失した。さらに、レース直後には有意な最大筋力の低下が認められたが、24 時間後にはベースラインまで回復した。また、血液成分についてはレース後にすべての項目について有意な上昇が認められた。しかしながら、血液成分の中で代表的な筋損傷マーカーであるクレアチンキナーゼ活性は 72 時間後にはベースラインに回復した。上昇のピーク値についても、先行研究において示された長距離ランニング(マラソン)後の値と比較して小さく、ベースラインへの回復も早期であった。したがって、XC スキーに伴う筋損傷および筋肉痛は軽度であり、運動の阻害因子が少なく、高頻度のトレーニングや有酸素能力の向上において非常に効率的かつ安全なスポーツであると考えられる。長時間の走運動に伴う筋損傷の程度を推定した研究はこれまで多く行われているが、XC スキーに伴う筋腱の損傷に注目したシステムティックな検討は世界で初めてである。研究 1 で得られた知見は、XC スキーがクロストレーニングの手段として好ましい性質を有することを示唆するものである。

第 3 章では、研究 2 として XC スキーヤーが実践している長期的な複合型クロストレーニングの特徴を検討するため、XC スキーヤーを対象とした体力測定を、夏季(8 月後半～9 月前半)および冬季(3 月前半)に実施し、有酸素能力および筋活動特性の変化について検討した。すなわち、有酸素能力の指標として自転車エルゴメータを用いた漸増負荷運動により最大酸素摂取量を測定した。さらに筋活動特性の指標として膝および膝関節の等尺性最大随意筋力および等負荷性短縮性伸展運動における最大パワー発揮能力を評価した。最大パワー発揮能力の測定では、負荷の条件を複数設定し、各負荷に対し全速全力で伸展動作を行わせピークパワーを測定した。さらに、動作の特異性の影響についても検討するため、XC スキー滑走の基本的な動作であるダブルポーリングにおける最大パワー発揮能力の測定も行った。トレーニング状況の把握については、被験者自身が記録したトレーニング日誌を基に測定前 3 ヶ月間の週あたりのトレーニング時間および頻度を内容別に算出した。その結果、最大酸素摂取量については冬季および夏季で変化が認められず、高い最大酸素摂取量が維持されることが確認された。すなわち、XC スキーヤーが実践している長期的な複合型クロストレーニングでは、競技力および健康・体力に極めて重要である有酸素能力が維持される可能性が示された。一方、最大筋力およびパワー発揮能力には季節変動が認められた。すなわち、上肢の最大パワーは冬季に向上するが、下肢の最大筋力は冬季に低下する傾向であることが示された。この背景として、XC スキーはポーリング動作を伴う上肢への負担度の高い運動であることから、冬季における滑走トレーニング量の増大に伴って上肢へのトレーニング効果が現れたことが考えられる。一方、冬季における下肢の筋力低下は、強い負荷をかけるウェイトトレーニングの実施頻度が低下することや、ランニングトレーニングの量が減少することが影響したものと考えられる。研究 2 で得られた結果は、XC スキーを含む複合型のクロストレーニングは冬季におけるトレーニング量の減少が抑えられ、有酸素能力の維持に適したトレーニング形態であることを示すものである。

結論として、XC スキーは積雪寒冷地におけるクロストレーニングの手段として、筋肉痛などの運動の阻害因子が低く、冬季の有酸素能力低下を予防し得るスポーツであることが明らかとなった。さらに今

後の課題として、夏季競技のアスリートを対象とした実践研究を行い、XC スキーを用いたクロストレーニングの最適な方法を明らかにしていくことが挙げられる。また、北海道のような積雪寒冷地においても XC スキーなどのウィンタースポーツを手軽に導入できる環境は整っていないのが現状である。効果に関する科学的な研究および環境整備の両面からアプローチしていくことが重要であると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 塚 吉 則
副 査 教 授 藤 井 義 明 (大学院工学研究科)
副 査 教 授 石 井 好 二 郎 (同志社大学)
副 査 教 授 竹 田 正 樹 (同志社大学)

学 位 論 文 題 名

クロストレーニングの手段としての クロスカントリースキーに関する研究

本論文は、積雪寒冷地におけるクロストレーニングの手段として、クロスカントリースキー（以下、XC スキー）に着目し、XC スキー滑走に伴う生体への負担度およびスキーヤーの身体特性の季節変動について検討し、XC スキーはクロストレーニングの手段の一つとして有効であることを明らかにしたものである。

序論において、XC スキーのテクニック、XC スキーヤーの身体特性、運動中の生理応答、およびトレーニング方法に関する文献的検討を中心に、XC スキーの特徴について考察しており、さらにこのトレーニング方法がクロストレーニングの特徴を有していることを、以下のようにまとめている。①XC スキー滑走は上肢、下肢および体幹部の多くの筋が動員される持久性運動であり滑走中の酸素需要量が高く、XC スキーヤーは有酸素能力に優れている。②XC スキーヤーのトレーニング量は非常に多く、冬季と夏季とでトレーニング方法を大きく変化させている。③このトレーニング方法の変化は、専門とする種目に特徴的な運動以外の運動を取り入れる「クロストレーニング」になっている。④いわゆるクロストレーニングの特徴は、その目的・方法が多彩であり、アスリートか一般の健康な方か、スポーツ障害を有するか否かなどにより、大きく異なっている。

続いて研究1として、XC スキーの生体に与える負担に注目し、滑走に伴う筋腱の損傷について、代表的な長距離種目である50km レースに参加し完走したXC スキーヤーを対象に検討している。その内容は、等尺性最大随意収縮筋力の測定、血液サンプルの採取および筋肉痛の評価をレース前日、レース直後、24、48、72 および144 時間後に行い、また、身体部位別にみた筋肉痛の発症とその変動について視覚的アナログ尺度法 (VAS) を用いて評価している。

その結果、下肢筋群を中心にレース直後から翌日にかけて筋肉痛が出現したが早期に痛みは

消失。レース直後には有意な最大筋力の低下が認められたが、24 時間後には初期値まで回復。また、代表的な筋損傷マーカーであるクレアチンキナーゼ活性は 24 時間後に最高値を示したが、72 時間後には初期値に回復し、上昇のピーク値についても、先行研究において示された長距離ランニング(マラソン)後の値と比較して小さく、初期値への回復も早期であった。

したがって、XC スキーに伴う筋損傷および筋肉痛は軽度であり、運動継続の阻害因子が少なく、高頻度のトレーニングや有酸素能力の向上において、効率的かつ安全なスポーツであると推察している。

長時間の走運動に伴う筋損傷の程度を推定した研究はこれまで多く行われているが、XC スキーに伴う筋腱の損傷に注目した今回のような検討は初めてであり、研究1で得られた知見は、XC スキーがクロストレーニングの手段として好ましい性質を有することを示唆するものである。

研究2では、XC スキーヤーが実践している長期的なクロストレーニングの特徴を検討するため、XC スキーヤーを対象とした体力測定を、夏季(8 月後半~9 月前半)および冬季(3 月前半)に実施し、有酸素能力および筋活動特性の変化について検討している。有酸素能力の指標として自転車エルゴメータを用いた漸増負荷運動により最大酸素摂取量を測定し、筋活動特性の指標として、膝および膝関節の等尺性最大随意筋力および等負荷性短縮性伸展運動における最大パワー発揮能力を評価している。さらに、動作の特異性の影響についても検討するため、XC スキー滑走の基本的な動作であるダブルポーリングにおける最大パワー発揮能力の測定も行っている。

その結果、最大酸素摂取量は冬季および夏季で変化が認められず、高い最大酸素摂取量が維持されていることが確認された。一方、最大筋力およびパワー発揮能力には季節変動が認められ、上肢の最大パワーは冬季に向上し、下肢の最大筋力は冬季に低下することを明らかにした。前者は冬季には滑走トレーニング量が増大し、ポーリング動作を伴う上肢へのトレーニング効果が現れる、後者はウェイトトレーニングの実施頻度の低下やランニング量の減少が影響したものと考察している。

研究2で得られた知見は、XC スキーヤーの行うようなクロストレーニングは季節によるトレーニング量の減少が抑えられ、有酸素能力の維持に適したトレーニング形態であることを示すものである。

XC スキーは積雪寒冷地におけるクロストレーニングの手段として、筋肉痛などの運動の阻害因子が少なく、冬季の有酸素能力低下を予防し得るスポーツであることが明らかとなったが、今後の課題として、夏季競技のアスリートを対象とした実践研究を行い、XC スキーを用いたクロストレーニングの最適な方法を明らかにしていくことが必要である。また、北海道のような積雪寒冷地においても XC スキーなどのウィンタースポーツを手軽に導入できる環境は整っていないのが現状であり、効果に関する科学的な研究および環境整備の両面からアプローチしていくことが重要であると結論している。

以上、XCスキーをクロストレーニングの手段の一つとしてとらえ、その特徴について検討した研究はこれまでになく、意義のある研究であり、高く評価することができる。

よって著者は、北海道大学博士（教育学）の学位を授与される資格があるものと認める。