

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20008

研究課題名（和文）シットスキー選手のスポーツ傷害予防と競技力向上のためのバイオメカニクス的研究

研究課題名（英文）Biomechanical Study for Prevention of Sports Injury and Performance Enhancement of Cross-Country Sit Skiing

研究代表者

笹代 純平（Sasadai, Junpei）

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツメディカルセンター・専門職

研究者番号：20758221

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）： 下肢や体幹に障害のあるシットスキー選手の特徴として、肩関節に慢性的なスポーツ傷害が多いことが報告されており、これはシットスキー選手のポーリング動作が影響している可能性がある。しかし、これまでにシットスキー選手のポーリング動作をスポーツ傷害との関連に着目し分析した研究はない。本研究では、健康者を対象とした立位と座位でのポーリング動作について、肩関節・肩甲骨の運動学的分析によって座位での肩甲骨腕関節挙上角度の増大がシットスキー選手の肩痛の原因となりうることを明らかにした。次に実際のシットスキー選手に対して同様の分析を行い、適切なシットスキーの選択や調整が予防につながる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オリンピック・パラリンピックの自国開催を契機に、パラスポーツを通じた障がい者の社会参加が益々進むなか、スポーツを安全に行うための取り組みは健常スポーツと比べて大きく遅れている。本研究でシットスキー選手のポーリング動作の運動学的特徴を分析し肩関節痛との関連を調べたこと、また予防法の一部に言及できたことで、パラスポーツの発展だけでなく障がい者の健康増進にも寄与する可能性がある。

研究成果の概要（英文）： Double poling is an important fundamental skill required for cross-country skiing in able-bodied athletes and in those with physical disabilities. Meanwhile, the performance improvement and injury prevention related to double poling requires a thorough assessment, whereas the scapular and shoulder kinematics in different postural conditions remain to be clarified. The study revealed that double poling in the sitting condition increased the humerothoracic and glenohumeral elevation angle to secure the poling margin. If these are excessive, there is a risk of shoulder injuries such as subacromial impingement. In addition, the same analysis was performed on sit-ski athletes with amputated lower legs, indicating that appropriate sit-ski selection and adjustment may lead to prevention.

研究分野：理学療法学

キーワード：パラスポーツ クロスカントリースキー シットスキー バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

パラリンピックにおけるクロスカンリースキー競技は、選手の身体障がいの部位や程度によって立位と座位にクラス分けされる。下肢や体幹に障がいのある座位の選手は、シットスキーと呼ばれる椅子状のフレームにスキーやローラーを取り付けた競技用具で、ポーリング動作と呼ばれる両上肢や体幹の運動でポールを操作し前方への推進力を得る(図1)。近年、スポーツ現場では「肩甲骨の動き」がキーワードとなっているが、下肢や体幹が使えないシットスキー選手においては、肩甲骨を含めた上肢の運動がパフォーマンスに及ぼす影響は特に大きく、その運動学的特徴を分析することはスポーツ傷害の予防や競技力向上において重要である。

障がい者のスポーツを通じた社会参加が進むなか、スポーツを安全に行うための取り組みは健全スポーツと比べて大きく遅れている。近年になりようやくパラリンピック期間中の疫学調査などが行われ、報告が散見されたものの(Derman, et al. 2016 & 2018)、シットスキー選手の傷害の発生原因などを詳細に分析し、予防へと発展させるには至っていないのが現状である。ポーリング動作の分析も一部行われているが、スポーツ傷害予防の観点からのバイオメカニクス的研究はなく必ずしも十分とはいえない。

申請者らは、スポーツ傷害予防や競技力向上の観点から三次元動作解析を用いた研究を行ってきた(Sasadai, et al. 2015)。近年はスポーツ選手の肩甲骨の運動に着目して、下肢や体幹に障がいのあるパラカヌー選手では、体幹の運動が小さく、その代償として肩甲骨や上腕骨の運動が大きいことを確認した(坂光, 笹代, 他. 2017)。冬季パラリンピック選手の特徴として、肩関節に慢性的なスポーツ傷害を有する選手が多いといわれており、これには競技動作が影響している可能性が十分に考えられるが、実際にシットスキー選手のポーリング動作時にどこにどのような負荷が加わっているかは不明である。本研究によってシットスキーのポーリング動作のバイオメカニクスが明らかになることで、スポーツ傷害の予防や競技力向上に役立てることが可能となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、クロスカンリースキーのポーリング動作のバイオメカニクスについて、シットスキー選手の障がいレベルの違いによる特徴を捉え、スポーツ傷害予防や競技力向上のための効果的なトレーニングやコンディショニング方法の提案の一助とすることである。

そのために、電磁ゴニオメーターを用いた肩関節・肩甲骨の高精度の運動学的分析を主にしたバイオメカニクスの手法によって、健全者における立位と座位でのポーリング動作時の上肢・体幹の運動の違いがあるか、下肢・体幹に障がいのあるものと健全者で座位でのポーリング動作時の上肢・体幹運動の違いがあるかを調べる。そして、これらの結果をふまえて、シットスキーのポーリング動作中にポールを介して上肢に加わる力学的負荷を解明できれば、障がい者スポーツの医科学の分野において非常に意義のある研究となる。

3. 研究の方法

(1) 健全者を対象とした磁気式 3 次元動作解析装置による座位ポーリング動作中の上肢運動の分析

健全男性 11 名を対象として、スキーエルゴメーター (SkiErg, Concept2 社) を用いたポーリング動作の分析を実施し、立位、椅子座位の 2 条件で比較を行った。対象は 15 回の全力でのポーリング動作を各条件で 3 回ずつ実施し、ポーリング動作の平均出力、パワーに加え、磁気式 3 次元動作解析装置 (Liberty, Polhemus 社) にて肩関節運動を測定した。

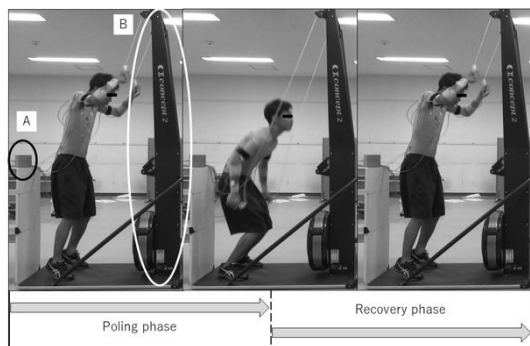


図. 測定環境とポーリングフェーズの期分け
A: 磁気式 3 次元動作解析装置
B: スキーエルゴメーター

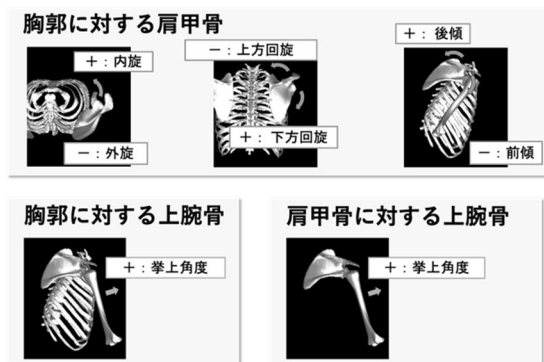


図. 運動学的分析方法

(2) 両下腿切断の座位パラクロスカントリースキー選手を対象とした磁気式 3 次元動作解析装置による座位ポーリング動作中の上肢運動の分析

パラリンピック出場経験のある両下腿切断のクロスカントリースキー選手 1 名（男性）を対象にスキーエルゴメーターを用いたポーリング動作の分析を実施した。対象は日常的に使用している下腿義足を用いた立位，椅子座位，シットスキーの 3 条件で比較を行った。対象は 15 回の全力でのポーリング動作を各条件で 3 回ずつ実施し，ポーリング動作の平均出力，パワーに加え，磁気式 3 次元動作解析装置にて肩関節運動を測定した。

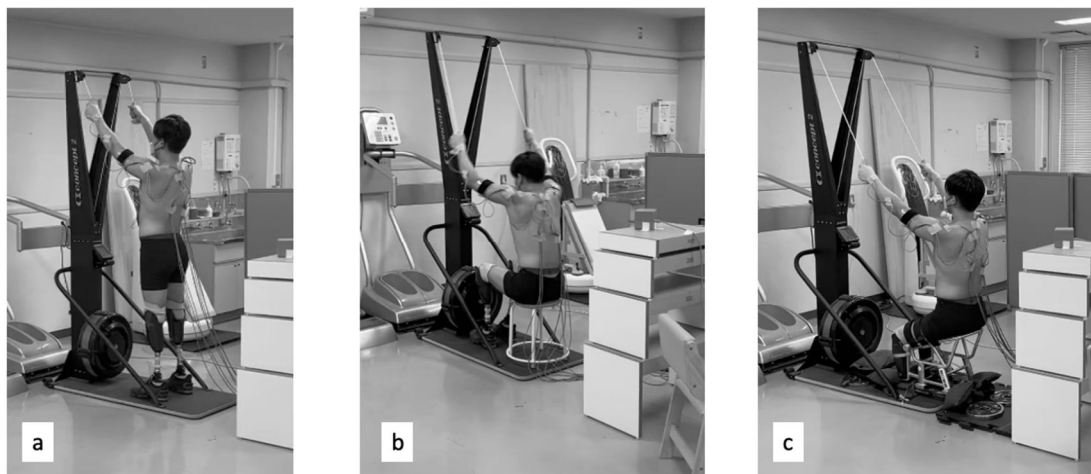


図 3 条件でのポーリング動作の測定
(a.義足着用立位, b.椅子座位, c.シットスキー座位)

4. 研究成果

(1) 健常者を対象とした磁気式 3 次元動作解析装置による座位ポーリング動作中の上肢運動の分析

座位ポーリング動作のパワーは，立位の約 64%であった ($p < 0.001$)。胸郭に対する上腕骨の挙上角度は，立位の 97.7° に対して座位で 116.1° と，約 18.4° 有意に大きかった ($p < 0.01$)。肩甲胸郭関節の運動は立位と座位で差はなく，肩甲上腕関節の挙上角度は座位で約 13° 有意に大きかった ($p < 0.01$)。

座位でのポーリング動作は立位と比較して，競技パフォーマンスの指標であるパワーが低いことを確認した。さらに座位のポーリング動作では，1 回の動作で立位と同等の距離を得ようとするために，上肢を大きく挙上させることが明らかになった。さらに，立位と座位で肩甲胸郭関節の運動には差がなく，座位では肩甲上腕関節の挙上角度が大きかったことから，これが肩峰下インピンジメントなどによる肩痛を引き起こす一因と考えられる。以上より，座位では下肢運動が制約されるため動作中の肩関節の挙上角度が大きくなり，このような上肢の運動学的特徴が，シットスキーの肩痛に関与している可能性が示唆された。

(2) 両下腿切断の座位パラクロスカントリースキー選手を対象とした磁気式 3 次元動作解析装置による座位ポーリング動作中の上肢運動の分析

ポーリング動作のパフォーマンス指標である平均出力とパワーは立位 (399N, 350W) とシットスキー (414N, 348W) でほぼ同等，椅子座位 (366N, 305W) では低値を示した。運動学データでは，胸郭に対する上腕骨挙上角度は椅子座位で 117° とシットスキーで 116° と，立位の 97° よりも高値を示し，肩甲胸郭関節における肩甲骨上方回旋角度は大きい順からシットスキーで 40° ，椅子座位で 34° ，立位で 23° となっており，肩甲上腕関節の挙上角度は立位の 72° ，椅子座位の 78° と比べてシットスキーで 69° と低値を示した。

以上の結果は(1)にて健常者を対象とした立位と椅子座位でのポーリング動作を比較した研究と類似しており，実際の座位のクロスカントリースキー選手においても椅子座位での肩甲上腕関節挙上角度の増大が起きており，これが肩関節インピンジメントを引き起こす可能性が示された。一方で，選手個人に合わせて採寸し制作されたシットスキーであれば，肩甲骨の可動性が高まることで肩甲上腕関節の過度な挙上が起きていないことが明らかになった。

本研究では健常者および座位のクロスカントリースキー選手のポーリング動作の運動学的特徴を明らかにした。その結果として椅子座位では肩甲上腕関節の挙上角度が増大しており，これが肩痛に関連するが，一方では，適切なシットスキーのシーティングの調整が予防につながる可能性も示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sasadai Junpei, Maeda Noriaki, Morikawa Masanori, Komiya Makoto, Shimizu Reia, Fukui Kazuki, Yoshimi Mitsuhiro, Kono Yoshifumi, Urabe Yukio	4. 巻 58
2. 論文標題 Biomechanics of Double Poling in Paralympic Cross-Country Skiing? A Cross-Sectional Study Comparing the Standing and Sitting Positions in Healthy Male Subjects	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Medicina	6. 最初と最後の頁 201 ~ 201
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/medicina58020201	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 笹代 純平, 前田 慶明, 森川 将徳, 篠原 博, 浦辺 幸夫
2. 発表標題 シットスキーのポーリング動作の反復が関節運動におよぼす影響
3. 学会等名 JOSKAS-JOSSM2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹代 純平, 前田 慶明, 小宮 諒, 森川 将徳, 福井 一輝, 清水 怜有, 鈴木 章, 浦辺 幸夫
2. 発表標題 磁気式3次元動作解析装置による座位ポーリング動作中の上肢運動の分析
3. 学会等名 第58回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹代純平, 浦辺幸夫, 森川将徳, 事柴壮武, 沼野崇平, 山本圭彦, 前田慶明
2. 発表標題 シットスキーのポーリング動作は肩関節運動を変化させるか
3. 学会等名 JOSKAS-JOSSM 2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------