HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	慢性足関節不安定症におけるkinesiophobiaの役割
Author(s)	渡邊, 謙太郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第15816号
Issue Date	2024-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k15816
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91845
Type	doctoral thesis
File Information	Kentaro_Watanabe.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文

慢性足関節不安定症における kinesiophobia の役割

渡邊　謙太郎

北海道大学大学院保健科学院
保健科学専攻保健科学コース

2023 年度

目　次

要約 **- 1 -**

1.　緒言 **- 3 -**

1.1.　足関節捻挫 - 3 -
1.1.1.　疫学 - 3 -
1.1.2.　発生機序 - 3 -
1.1.3.　危険因子 - 4 -

1.2.　慢性足関節不安定症 - 5 -
1.2.1.　病態 - 5 -
1.2.2.　慢性足関節不安定症症例における主観的足関節不安定性 - 6 -
1.2.3.　慢性足関節不安定症症例における下肢関節キネマティクス - 6 -
1.2.4.　慢性足関節不安定症症例における姿勢安定性 - 7 -

1.3.　慢性足関節不安定症と kinesiophobia の関連 - 9 -
1.3.1.　Kinesiophobia - 9 -
1.3.2.　スポーツ外傷と kinesiophobia の関連 - 9 -
1.3.3.　慢性足関節不安定症と kinesiophobia の関連 - 10 -

1.4.　論文目的 - 12 -

2.　研究課題 1:
慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と主観的足関節不安定性の関連 **- 14 -**

2.1.　緒言 - 14 -

2.2.　方法 - 15 -
2.2.1.　研究デザイン - 15 -
2.2.2.　対象 - 15 -
2.2.3.　調査手順 - 15 -
2.2.4.　アンケート内容 - 16 -
2.2.5.　統計学的解析 - 17 -

2.3.　結果 - 18 -

2.4.　考察 - 20 -

2.5.　結論 - 21 -

3.　研究課題 2:
慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と下肢関節キネマティクスの関連 **- 22 -**

3.1.　緒言 - 22 -

3.2.　方法 - 23 -
3.2.1.　研究デザイン - 23 -
3.2.2.　対象 - 23 -
3.2.3.　実験手順 - 24 -
3.2.4.　データ解析 - 26 -
3.2.5.　統計学的解析 - 27 -

3.3. 結果 - 28 -
3.4. 考察 - 31 -
3.5. 結論 - 32 -

4. 研究課題 3:
慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と姿勢安定性の関連 - 33 -

4.1. 緒言 - 33 -
4.2. 方法 - 34 -
4.2.1. 研究デザイン - 34 -
4.2.2. 対象 - 34 -
4.2.3. 実験手順 - 34 -
4.2.4. データ解析 - 36 -
4.2.5. 統計学的解析 - 38 -
4.3. 結果 - 39 -
4.3.1. 静的姿勢安定性 - 39 -
4.3.2. 動的姿勢安定性 - 41 -
4.4. 考察 - 42 -
4.5. 結論 - 43 -

5. 総括論議 - 44 -

6. 結論 - 45 -

7. 謝辞 - 46 -

8. 引用文献 - 47 -

9. 業績一覧 - 62 -

要約

1. 緒言

足関節外側捻挫 (lateral ankle sprain: LAS)は，多くのアスリートにとって身近なスポーツ外傷であり，再発率が高いことが知られている．LAS の受傷後に様々な機能障害が残存した状態は慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability: CAI)と呼ばれ，CAI 症例は LAS の再受傷を頻回に経験することが特徴である．近年では，CAI の病態における心理的因子についての関心が高まっており，心理的因子の一つである kinesiophobia に着目した研究が散見される．Kinesiophobia は運動や再受傷などに対する恐怖心を指し，膝前十字靱帯損傷などのスポーツ外傷受傷後の障害との関連が示唆されている．CAI 症例は健常例と比較して強い kinesiophobia を有することが明らかとなっているが，kinesiophobia が CAI の病態に及ぼす影響については十分に明らかにされてはいない． CAI の病態における kinesiophobia の役割を明らかにすることで，LAS 再発の原因解明に寄与する知見が得られる可能性がある．本研究では，CAI の病態における主要な障害である主観的足関節不安定性，また，LAS の再発との関連が示唆されている下肢関節キネマティクスおよび静的・動的姿勢安定性と kinesiophobia との関連を明らかにすることを目的とした.

2. 研究課題 1: 慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と主観的足関節不安定性との関連

本学に所属する 329 名の大学生アスリートのうち，CAI を有していた 42 名を対象とした．Kinesiophobia の評価には Tampa Scale for Kinesiophobia-11 (TSK-11)を用い，主観的足関節不安定性の評価には Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)を用いた．また，足関節機能を Foot and Ankle Ability Measures (FAAM) Sports subscale，スポーツ活動中の足関節の疼痛強度を 11 段階の Numerical Rating Scale を用いて評価した．従属変数を CAIT スコア，独立変数を TSK-11 スコア，FAAM Sports subscale スコア，疼痛強度，性別として，強制投入法による重回帰分析を行った．重回帰分析から得られた回帰モデルは，CAIT スコアの 50.3%を説明した ($R^2 = 0.503, P < 0.001$). TSK-11 スコア，FAAM Sports Subscale スコア，性別は CAIT スコアと有意に関連した ($P < 0.05$). 疼痛強度は CAIT スコアと関連しなかった ($P = 0.504$)．非標準化偏回帰係数 (B)より， TSK-11 スコアの高さ ($B = -0.382$)，FAAM Sports Subscale スコアの低さ ($B = 0.122$)，性別が女性であること ($B = -2.646$)は，CAIT スコアの低さと関連することが示された.

3. 研究課題 2: 慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と下肢関節キネマティクスとの関連

CAI を有する大学生アスリート 24 名を対象とし，片脚着地課題における足関節，膝関節，股関節キネマティクスを算出した．初期接地前後 200 ms における各関節キネマティクスの特徴を，主成分分析を用いて主成分得点に集約した．相関分析を用いて，TSK-11 スコアと各関節キネマティクスの主成分得点との相関性を検討した．前額面上の足関節角度の第 1 主成分得点と TSK-11 スコアの間に有意な正の相関が認められた ($\rho = 0.487, P = 0.016$)．第 1 主成分の解釈より，この相関は TSK-11 スコアが高いほど足関節内がえし角度が大きいことを示唆した．その他の変数

との間には，いかなる相関関係も認められなかった ($P > 0.05$)．本研究結果から，CAI 症例では kinesiophobia の強さが LAS 受傷リスクの高い足関節キネマティクスと関連することが示唆された．

4. 研究課題 3: 慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と姿勢安定性との関連

CAI を有する大学生アスリート 24 名を対象とし，片脚立位課題における静的姿勢安定性指標である time-to-boundary (TTB)，および片脚着地課題における動的姿勢安定性指標である Dynamic Postural Stability Index (DPSI)を算出した．TTB 指標の解析区間は片脚立位保持中の 10 秒間とし，DPSI 指標の解析区間は初期接地から 3 秒間とした．相関分析を用いて，TSK-11 スコアと TTB 指標および DPSI 指標との相関性を検討した．開眼条件，閉眼条件ともに TTB 指標と TSK-11 スコアとの間に有意な相関関係は認められなかった ($P > 0.05$)．同様に，DPSI 指標と TSK-11 スコアとの間にも有意な相関関係は認められなかった ($P > 0.05$)．本研究結果から，kinesiophobia は CAI 症例の静的・動的姿勢安定性と関連しないことが示唆された．

5. 考察および結論

本研究結果より kinesiophobia の強さは，CAI 症例の主観的足関節不安定性の高さ，および片脚着地課題における再受傷リスクの高い足関節キネマティクスと関連することが示された．一方，静的・動的姿勢安定性は kinesiophobia と関連しなかった．以上より， kinesiophobia は CAI の病態を構成する他の障害と関連する因子であることが明らかになった．今後の臨床および研究においては，CAI 症例が有するこれらの障害のメカニズムや，障害に対する治療戦略を検討する上で kinesiophobia の影響を考慮する必要がある．Kinesiophobia に着目したリハビリテーションが LAS の再発予防に寄与するかどうかは，今後の縦断的な研究によって検証されるべきである．

1. 緒言

1.1. 足関節捻挫

1.1.1. 疫学

足関節捻挫の発生率は，2022 年時点で 429.4/100,000 person-years と推定され，筋骨格系外傷の中で最も高い [1]．足関節外側捻挫 (lateral ankle sprain: LAS)は足関節捻挫の中で最も発生率が高く [2,3]，「後足部の過度な内がえしあるいは足部の底屈および内旋との組み合わせによって生じる足関節の外側靱帯複合体の急性外傷性損傷」と定義される [4]．

アスリートにとっても LAS は身近な外傷であり，National Collegiate Athletic Association に所属するアスリートにおける発生率は 4.61/10,000 athlete exposures であった [5]．競技別に見ると，LAS はラグビーやサッカー，バレーボール，ハンドボール，バスケットボールなどのコート競技やチームスポーツで好発することが明らかとなっており [5,6]，方向転換や切り返しなど急激な減速動作が求められる競技や，他の競技者との接触によって発生することが多いと考えられる．また，LAS は練習中に比して試合中での発生率が高い [5,7]．これは，練習と比較した場合，試合中はプレー強度が高く，アスリートが多方面に注意を分散していることに起因している可能性がある．加えて LAS の発生率は試合の後半あるいは前半の終盤数分で高いことから，発生には疲労が影響している可能性も示唆されている [8]．

さらに，LAS は再発率が高いことも特徴である．競技によっても異なるが，スポーツ中に発生した LAS の 7%–47%は再発性であった [9]．このように，LAS はアスリートにとって一般的なスポーツ外傷であり，再受傷を経験することも少なくないことから，再発予防が重要な外傷である．

1.1.2. 発生機序

LAS の受傷パターンは，スポーツ中に他の選手の足の上に着地するなどして受傷する接触型と，ジャンプからの着地時やカッティング，および方向転換時などに受傷する非接触型に大別される．National Collegiate Athletic Association に所属するアスリートにおいて発生した LAS のうち，選手同士の接触による LAS は 35.1%であった．また，playing surface や器具との接触，あるいは明らかな接触がない状況 (地面に足部が固定された状態での回旋など)で発生した LAS は 52.1%であった [5,10]．

LAS で生じる足関節外側靱帯損傷の中では，前距腓靱帯の単独損傷が最も多く (39.9%)，次いで前距腓靱帯と踵腓靱帯の複合損傷が多い (19.1%)[11]．前距腓靱帯は外果前方から距骨体部外側に走行しており，距骨の前方偏位と足関節の底屈および内がえしを制動する [12–14]．踵腓靱帯は腓骨遠位端前縁から踵骨後外側を走行し [15,16]，主に足関節内がえし制動機能を有している [17,18]．したがって，非生理的な足関節底屈および内がえしが LAS の主要な発生機序であると考えられてきた．

近年では，スポーツ場面あるいは実験室環境で生じた LAS や足関節の giving way について運動学的，運動力学的解析が行われ，受傷場面における足関節運動の特徴が明らかになって

きている．Lysdal らは，LAS および giving way 発生時のケースレポートを体系的に調査し，発生時には通常より過度な足関節内がえし角度，角速度，外部モーメントを認めたことを報告した [19]．そして，予防のためには足関節内旋，底屈よりも内がえしを防ぐことに主眼を置くべきであると結論づけた [19]．これまで，初期接地時の足関節底屈および内がえし角度の増大が LAS の危険因子であると考えられてきたが，複数の研究が受傷時には必ずしも過度な足関節底屈は生じていないことを示しており [20–23]，現在では LAS は矢状面上の足関節角度に関係なく生じると考えられている．ただし，受傷時に足関節内がえしと内旋に加えて底屈が生じた場合，前距腓靱帯と踵腓靱帯を損傷し，底屈が生じていない場合は踵腓靱帯を単独損傷すると推測されている [24]．以上より，LAS の発生を防ぐためには過度の足関節内がえしを防ぐことが最重要であると考えられる．

1.1.3. 危険因子

LAS の危険因子を調査した前向き研究の meta-analysis から，過去の LAS の既往歴，体重や body mass index の高さ，筋力低下，動的姿勢安定性の低下，節位置覚の低下，筋反応時間の遅延が LAS の危険因子であることが明らかとなっている [25–27]．他にも年齢，静的姿勢安定性の低下，歩行時の足圧中心位置や足部の可動性などが危険因子であると報告されている [28–31]．LAS の予防においては，姿勢安定性障害や神経筋機能障害などの改善可能な因子に着目する必要がある．したがって，それらの障害が生じているメカニズムや，障害と関連する因子を明らかにすることが重要である．

1.2. 慢性足関節不安定症

1.2.1. 病態

慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability: CAI)は，LAS の受傷後に様々な機能障害が残存し，LAS の再受傷や足関節の giving way を頻回に経験する病態である [4]．Doherty らは，初回 LAS 受傷者の 40%が 1 年後に CAI へ進展したことを報告した [32]．アスリートにおける CAI の有症率は競技よっても異なるが，全体の 25%，LAS 既往者の 46%が CAI を有していたことが報告されている [33]．本邦における大学生アスリートを対象とした調査においても，全体の 19.8%，LAS 既往者の 43.9%が CAI を有していた [34]．このように，LAS 受傷後に後遺症の残存や LAS の再受傷を経験するアスリートは多く，CAI の影響は看過できないものとなっている．

2013 年に International Ankle Consortium (IAC)は症例対照研究における CAI の選択基準についての基本方針を発表した [4]．IAC は CAI の選択基準として次の 3 点を挙げている: 1) 1 回以上の重篤な LAS の経験があること，2) 繰り返す giving way あるいは LAS の経験があること，3) カットオフ値が確立された患者立脚型評価を用いて主観的足関節不安定性の存在が確認されていること [4]．近年の研究では，この IAC の選択基準に則って対象者が選択されることが一般的となっており，研究間の均質性，比較性の向上を通して今後の研究を大きく発展させることが期待されている．

CAI の病態を理解するために，これまでにいくつかの病態モデルが発表されており [35,36]，2023 年現在で最新の病態モデルは Hertel と Corbett が 2019 年に発表したモデルである [37]．このモデルの中心には，病理機械障害 (pathomechanical impairments)，感覚知覚障害 (sensory-perceptual impairments)，運動行動障害 (motor-behavioral impairments)が位置しており，これまで報告されてきた CAI 症例の有する様々な障害がそれぞれに分類されている．病理機械障害は，LAS によって生じる足関節あるいはその周囲組織の構造学的異常と定義され，病的弛緩性や関節運動学的，骨運動学的制限などが含まれる．これは，感覚知覚障害や運動行動障害に含まれる様々な機能障害に繋がると考えられている．感覚知覚障害は，身体や外傷または自己についての意識や感覚と定義される．最新の病態モデルは，この感覚知覚障害に心理的因子が含まれたことが特徴の一つであり，近年は CAI 症例の心理的因子に着目した研究がいくつか発表されている．運動行動障害には，運動パターンの変化，バランスの低下，身体活動量の低下などの障害が含まれている．この 3 つの障害を中心としたモデルにおいて，感覚知覚障害と運動行動障害は相互に関連するという perception-action cycle の理論が取り入れられたことも重要な点である．この病態モデルにおいては，感覚知覚障害に対する介入は運動行動障害を変化させ，その逆もあると考えられており，CAI 症例に対する評価と治療には，この関連を理解することが不可欠である [37]．最新の病態モデルは，従来のモデルに比べ多因子的なモデルであるが，モデルに含まれたすべての障害をすべての CAI 症例が有するわけではなく，CAI の病態の個別性が一層強調されている．昨今の CAI に関する研究は，この病態モデルに基づいて行われることが多く，多因子的なモデルにおいて各障害間の関連や対象の個別性に着目した研究を行っていくことで，病態の理解を深めることに繋がると考えられる．

1.2.2. 慢性足関節不安定症症例における主観的足関節不安定性

「足関節が不安定である」あるいは「giving way の恐れがある」という感覚は CAI 症例において一般的な主訴であり，主観的足関節不安定性 (perceived instability)と呼ばれる [37]．主観的足関節不安定性は，Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)や Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI)などの患者立脚型評価を用いて評価されることが一般的である [37]．CAIT と IdFAI は IAC が提唱する CAI の選択基準にも用いられており [4]，CAI の有無を決定する要素の一つである．主観的足関節不安定性は，CAI 症例の生活の質に悪影響を及ぼすことから [38]，LAS 受傷後あるいは CAI 症例において改善が必要な障害である．また，American Physical Therapy Association の診療ガイドラインでは，CAI 症例の治療方針として主観的足関節不安定性の改善を目的とした運動療法が推奨されており [39]，複数のランダム化比較試験で主観的足関節不安定性に対する介入効果が検討されていることからも [40–42]，臨床的に重要な因子であると言える．以上より，主観的足関節不安定性は CAI の病態における主要な障害であり，臨床において一般的に介入が行われる障害である．したがって，CAI 症例における LAS の再受傷予防を目指す上で，主観的足関節不安定性に関連する因子を明らかにすることが有益であると考えられる．

1.2.3. 慢性足関節不安定症症例における下肢関節キネマティクス

CAI 症例が経験する LAS の再受傷や giving way は，歩行などの日常生活動作，あるいは着地やカッティングなどのスポーツ動作中に生じる [43–46]．そのため，動作中の下肢関節キネマティクスに関して 3 次元動作解析装置を用いた検討が数多く行われてきた．その結果，CAI 症例では歩行，ランニング，カッティング，着地など様々な動作課題において，健常例とは異なる関節キネマティクスを示すことが明らかとなっている．

歩行動作では，CAI 症例は健常例と比較して，足関節および後足部内がえし角度の増加 [47–50]，足関節背屈角度の減少 [51] を示すことが報告されている．膝関節および股関節キネマティクスに関しては有意な群間差を認めていない [48–50]．ランニング中の下肢関節キネマティクスも概ね歩行と同様の傾向であり，健常例と比較して足関節および後足部内がえし角度が大きいことが示されている [47,51–53]．これらの結果は，CAI 症例が有する異常な関節キネマティクスが giving way や再受傷の一因となっていることを示唆するものである．

歩行やランニングと比較して高難度な課題である着地動作やカッティング動作においても，下肢関節キネマティクスが調査されてきた．足関節内がえし角度については，着地動作やカッティング動作では一致した見解が得られていない [54,55]．これは，研究間で対象者特性や動作課題のプロトコルが異なっていることに起因する可能性がある [54]．また，足関節だけでなく膝関節・股関節での変化も多く報告されている．片脚でのカッティング動作および着地課題における関節キネマティクスを報告した研究を対象とした meta-analysis では，CAI 症例は健常例と比較して着地後の足関節底屈角度が大きいことに加えて，膝関節屈曲・股関節屈曲角度が小さいことが示された [54]．ただし，この meta-analysis では研究間の異質性が高く，最終的な解析に含まれた論文数が少ないため，結果の解釈は慎重に行われるべきである．実際，カッティング動作および着地課題における膝関節・股関節屈曲角度の増大を報告した研究も

存在する[56–60]．CAI 症例における近位関節キネマティクスの変化は，疼痛や機能障害を有する足関節への負荷を軽減するための戦略である可能性がある一方で，保護的な運動パターンが足関節の機能障害を遷延させる一因となり，最終的に LAS の再受傷を引き起こす可能性があるとも考えられている[61]．また，足関節から近位関節への力学的負荷の再分配は足関節にとっては有益と考えられる一方で，膝関節・股関節の二次的な障害の誘引となることも懸念されている[62]．

このように，CAI 症例では様々な動作課題で足関節だけでなく，下肢関節全体に運動学的変化が生じている．CAI 症例の運動学的特徴を体系的に理解するためには，動作課題や対象特性の特徴など，下肢関節キネマティクスと関連する可能性のある因子を同時に調査しデータを蓄積していくことが必要であると考えられる．また，CAI 症例に認める異常な関節キネマティクスの原因については十分に解明されておらず，関節キネマティクスに関連する因子を明らかにしていくことが求められる．

1.2.4. 慢性足関節不安定症症例における姿勢安定性

姿勢安定性は，動的姿勢安定性と静的姿勢安定性に大別され，前者は「体が動いていない状態で身体質量中心を支持基底面上に置き，姿勢の安定性と方向性を維持する能力」，後者は「体の一部が動いている中，身体質量中心が支持基底面上にある状態で姿勢の安定性と方向性を維持する能力」と定義される[63]．静的・動的姿勢安定性の低下は LAS 受傷の危険因子であることから[26,29]，多くの研究で CAI 症例の姿勢安定性が調査されてきた．CAI 症例を対象とした研究では，静的姿勢安定性の評価には片脚立位課題が，動的姿勢安定性の評価には Star Excursion Balance Test (SEBT)や片脚着地課題が用いられることが一般的である．

実験室環境における静的姿勢安定性指標として，開眼および閉眼条件における足圧中心 (center of pressure: COP)の振幅や速度，軌跡長，動揺面積などが用いられる．CAI 症例は健常例と比較して，これらの COP 指標で評価した静的姿勢安定性が低下していることが示されている[64]．一方で，COP 指標では CAI 症例の姿勢安定性低下の検出には精度が不十分である可能性も指摘されており[65,66]，time-to-boundary (TTB)という指標による評価も行われている[65,67]．TTB は，ある時点において COP が同じ速度で動き続けたと仮定したとき，COP が安定性限界に到達するまでの時間として定義され，空間的要素と時間的要素を同時に評価していることが特徴である． TTB が小さい場合，COP が安定性限界に到達するまでの時間が短く，姿勢安定性が低いことを意味する．TTB は従来の COP に基づく指標と同等の再現性を有する一方で，一部の COP 指標と強い相関を有さないことから，従来の指標とは異なる姿勢安定性の一側面を捉えていると考えられている[68]．Hertel と Olmsted-Kramer は，従来の COP に基づく指標では CAI 症例と健常例の間で有意な差を認めなかった一方，TTB では有意な群間差を認めたことを報告した[65]．これ以降，TTB を用いて姿勢安定性を評価した研究も散見される．

実験室環境において，動的姿勢安定性は片脚着地課題を用いて評価されることが多い．着地時の床反力 (ground reaction force: GRF)データから算出される time-to-stabilization (TTS)と Dynamic Postural Stability Index (DPSI)の 2 つの指標が一般的に用いられる[69,70]．前者は GRF

の前後，左右，垂直成分それぞれについて，波形が安定するまでの時間を求めるものであり，値が大きいほど安定化までの時間が長く，姿勢安定性が低いことを意味する．後者は所定の時間内における GRF の平均二乗偏差を算出するものであり，動的状態から静的状態へ移行する能力を示す [71]．こちらも値が大きいほど姿勢安定性が低いことを意味する．CAI 症例は健常例と比較して TTS 指標，DPSI 指標の値が大きく [55,65,66]， CAI 症例の有する固有受容感覚や神経筋制御の障害が，片脚着地動作における身体質量中心の加速度を制御する能力を低下させていることが示唆されている [55]．TTS 指標と DPSI 指標は，どちらも同じ動的姿勢安定性の指標とされているが，両者は相関しないことが明らかとなっている [72]．また静的姿勢安定性指標は，TTS 指標と相関する一方，DPSI 指標とは相関しないことが示されている [72]．したがって，CAI 症例の姿勢安定性を評価する際には，静的姿勢安定性評価として TTB 指標を，動的姿勢安定性評価として DPSI 指標を用いることで，包括的な姿勢安定性の評価が可能になると考えられる．

1.3. 慢性足関節不安定症と kinesiophobia の関連

1.3.1. Kinesiophobia

スポーツ外傷は，アスリートに対して身体面だけでなく心理面にも悪影響を与えることが知られており，リハビリテーションにおいて心理的因子の評価は重要である．スポーツ外傷に関わる心理的因子の中でも代表的なものが，運動や再受傷に対する恐怖であり，kinesiophobia と呼ばれる．Kinesiophobia は「疼痛をともなう傷害，あるいは再受傷に対する脆弱感に起因する，過剰で不条理かつ脆弱的な身体活動に対する恐怖」と定義され [73]，急性外傷受傷後に慢性的な疼痛が残存してしまう理由を説明するために考案された理論である Fear Avoidance Model の構成要素の一つであった [74]．当初は，腰痛を始めとした慢性疼痛傷害に対して適用されていた kinesiophobia の概念であったが [75]，近年ではスポーツ外傷においてもその影響が調査されている．スポーツ外傷における kinesiophobia は疼痛に対する恐怖に限定されず，新たな傷害や再受傷，生涯に渡る残存症状，パフォーマンスレベルの低下などに対する恐怖などが含まれる [76]．スポーツ外傷受傷後の kinesiophobia は，様々な機能障害やリハビリテーションに関わる因子と関連することが明らかになっており [77–80]，スポーツ復帰を目指す上で軽視できない因子である．

臨床や研究において kinesiophobia は，患者立脚型評価を用いて定量化され，現在では Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK)[81] と Fear Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ)[82] の 2 つが最も一般的に用いられている．この 2 つの患者立脚型評価は，日本語版の信頼性および妥当性が検証されており [83,84]，スポーツ外傷の領域では膝前十字靭帯再建術後症例を中心に広く用いられている．TSK は「痛み」や「体を傷めること」に対する回避志向を問う設問を中心とした 17 の設問で構成される．心理測定学的特性の低い 6 つの設問を除いた短縮版 (TSK-11)も存在し，オリジナルよりも簡潔でありながらオリジナルと同等の妥当性を有していることが報告されている [85]．そのため TSK-11 を用いた研究も多い．一方，FABQ は 16 の設問で構成され，腰痛症例を対象とすることが前提の設問文である (「以下は，腰痛に関する考え方についての質問です」，など)．FABQ をスポーツ外傷症例に対して用いるために，設問文を改変して使用した研究がいくつか存在するが [86–88]，この信頼性および妥当性は検証されていない．したがって，腰痛症例以外のスポーツ外傷に関連した kinesiophobia を評価する際には，現在のところ TSK の使用が最も望ましいと考えられる．

1.3.2. スポーツ外傷と kinesiophobia の関連

スポーツ外傷の中でも，kinesiophobia の影響が広く調べられている領域の一つが膝前十字靭帯再建術後症例である．受傷以前の競技レベルに復帰できなかった膝前十字靭帯再建術後症例は，復帰できた症例と比較して kinesiophobia が有意に強く，受傷以前の競技レベルに復帰できなかった者の 24%がその理由に再受傷に対する恐怖を挙げた [89]．膝前十字靭帯再建術後症例において TSK で評価される kinesiophobia の強さは，主観的膝関節機能の評価である International Knee Documentation Committee Score の低さ [79,90]，再受傷率の高さ [91]，パフォーマンステストの成績の低さ [91,92]，等尺性筋力の非対称性の大きさ [91]，受傷リスクを高める下肢

関節キネマティクス [93]，スポーツ復帰に対する自信や満足度の低さ [77,78]，と関連することが報告されている．他のスポーツ外傷において kinesiophobia の影響を調べた研究は多くはないが [94]，アキレス腱断裂後の kinesiophobia は，身体活動レベルや患者立脚型評価のスコアと有意に相関することが示されている [95]．このように， kinesiophobia はスポーツ外傷における様々な障害と関連することが示されており，kinesiophobia はスポーツ復帰までの過程に影響を与える可能性がある因子であると言える．

1.3.3. 慢性足関節不安定症と kinesiophobia の関連

近年，LAS 既往者あるいは CAI 症例に関連した kinesiophobia についての報告が増えている．Suttmiller と McCann らの systematic review では，CAI 症例は健常例と比較して強い kinesiophobia を有すると結論づけられた [96]．そして CAI の病態においても，kinesiophobia が Fear Avoidance Model を通して回避行動を促進し，姿勢制御能力の低下，動作パターンの変化，身体活動量の低下，障害レベルの増大など，他の障害につながる神経適応を引き起こす可能性があることを示し，CAI の病態において kinesiophobia の影響を考慮することの重要性を強調した [37,96,97]．また，LAS 既往者の kinesiophobia を調査した研究では，反復性 LAS 症例，初発 LAS 症例，健常例の順で有意に kinesiophobia が強かった [87]．このように，LAS 既往者は強い kinesiophobia を有しているというエビデンスが存在するが，kinesiophobia が LAS 受傷後あるいは CAI の病態に及ぼす影響を検討した研究は限られている．

Alshahrani と Reddy は機能的足関節不安定性症例を対象に，足関節底背屈の関節位置覚，および片脚立位課題における姿勢安定性と TSK-17 スコアとの相関性を調査し，TSK-17 スコアはすべての変数と有意に相関したことを報告した [98]．特に足関節背屈の位置覚，および内外側方向の姿勢安定性と TSK-17 スコアとの間には中程度の相関が認められた ($R = 0.51–0.60$). また，Han らは kinesiophobia を有する CAI 症例 (TSK-17 スコア ≥ 37)と kinesiophobia を有さない CAI 症例 (TSK-17 スコア ≤ 36)の姿勢安定性を比較した [99]．片脚立位課題における静的姿勢安定性については群間で有意差が認められなかったが，姿勢制御に対する視覚依存性を示す Romberg ratio (閉眼/開眼比)に有意差を認め，CAI 症例の中でも kinesiophobia を有する場合，片脚立位保持に対する視覚情報の寄与が大きいことを示した． Suttmiller らは，126 名の CAI 症例を対象に，自己申告による足関節機能 (Foot and Ankle Ability Measure: FAAM)，および身体活動における障害 (Disablement in the Physically Active Scale: DPA)に関連する因子を，重回帰分析を用いて調査した [100]．その結果，主観的足関節不安定性 (IdFAI スコア)，足関節の疼痛，破局的思考の影響を統制した後でも，TSK-11 スコアは FAAM スコアおよび DPA スコアと有意に関連することを明らかにした．これより，kinesiophobia が主観的な足関節機能を低下させ，身体活動に対する回避行動を促進する可能性が示唆された．さらに，回避行動が時間の経過にともなってさらなる回避を促す神経適応を引き起こし，バランス感覚の低下や運動パターンの変化，身体活動レベルの低下など，CAI 症例に典型的な障害をもたらす可能性を示唆した．これらの研究は，LAS 既往者あるいは CAI 症例が有する kinesiophobia を管理する重要性を示唆している．しかし，kinesiophobia と CAI 症例が有するその他の障害との

関連は検討されておらず，その影響が及ぶ範囲は十分に明らかになってはいない．したがって，CAI の病態における kinesiophobia の役割については，さらなる研究が必要である．

1.4. 論文目的

これまでの CAI 症例を対象とした研究では，足関節の機能面および構造面に対する検討が主であったが，近年では心理的因子に着目した研究が増えている．スポーツ外傷が心理面に及ぼす悪影響として kinesiophobia の増大が挙げられる．LAS 以外のスポーツ外傷を対象とした研究では，kinesiophobia の強さが様々な障害と関連することが示されており，受傷後にアスリートがスポーツ復帰できない一因となること，あるいは再発に関与する可能性が示唆されている [89,91]．CAI 症例も健常例と比較して強い kinesiophobia を有することが明らかになっているが [96]，CAI の病態における kinesiophobia の役割は十分に明らかになっていない． CAI 症例においては，足関節の位置覚，静的姿勢安定性，自己申告による足関節機能，および身体活動の障害が kinesiophobia と関連することが報告されているが [98–100]，その他の因子に対して kinesiophobia が関連するかは明らかになっておらず，さらなる研究が求められる．

主観的足関節不安定性は CAI 症例の主訴として最も一般的なものであり，CAI の有無を決定する要因の一つとして CAI の病態の中心に位置する障害である [4,37]．ランダム化比較試験において，主観的足関節不安定性に対する介入効果が報告されているが，その効果は限定的であった [40,41]．そのため，CAI 症例の主観的足関節不安定性と関連する因子を明らかにすることで，より効果的な治療方法確立の一助となる可能性がある．また，LAS の再受傷や giving way は動的環境下で発生することから，CAI 症例を対象にスポーツ動作中の下肢関節キネマティクスが調査されてきた．その結果，CAI 症例に認める異常キネマティクスは再受傷と関連していると考えられている [54,55]．さらに，静的・動的姿勢安定性は LAS 受傷の危険因子の一つであり [26,29]，これまでに多くの研究で CAI 症例の姿勢安定性低下が報告されている．したがって，CAI 症例における LAS 再受傷の原因を明らかにし，予防方法を確立するためには，関節キネマティクスや姿勢安定性と心理的因子との関連を検討する必要があると考えられる．上記の因子と kinesiophobia との関連を調査することにより， CAI の病態における kinesiophobia の役割が明らかになるとともに，CAI 症例における LAS 再受傷の原因を解明する上で有益な知見が得られる可能性がある．

そこで本論文の目的は，CAI 症例を対象に kinesiophobia と 1) 主観的足関節不安定性， 2) 下肢関節キネマティクス， 3) 静的・動的姿勢安定性との関連を検討することとした．

図 1. 先行研究で明らかになっている kinesiophobia の役割と本研究の着眼点．現在の病態モデルには心理的因子である kinesiophobia が含まれており，これは他の障害と相互作用の関係にあると考えられている．先行研究より，kinesiophobia は体性感覚低下および自己申告による足関節機能低下と関連することが明らかとなっている (黒の実線)．しかし，CAI 症例における一般的な主訴である主観的足関節不安定性，そして運動行動障害に分類され足関節外側捻挫の再受傷に繋がりうる運動パターン変化やバランス低下との関連は明らかになっていない (黒の破線)．本研究は，CAI の病態における kinesiophobia の役割を明らかにすることを目的とし，kinesiophobia と主観的足関節不安定性，下肢関節キネマティクス，静的・動的バランスとの関連を検討した．

2. 研究課題 1:
慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と主観的足関節不安定性の関連

2.1. 緒言

CAIは，LAS受傷後に主観的足関節不安定性が残存したり頻回の再受傷を経験したりする病態である[4].「足関節が不安定である」あるいは「giving wayの恐れがある」という感覚はCAI症例において一般的な主訴であり[37]，CAI の有無を判定する際の基準の一つである[4]．したがって，CAIの病態において中心となる因子と言える．ランダム化比較試験において，主観的足関節不安定性に対する介入効果が報告されているが，その効果は限定的であった[40,41]．したがって，主観的足関節不安定性の改善に寄与する因子について，さらなる検討が必要である．

近年では，CAIの病態に含まれる心理的因子としてkinesiophobiaの影響についての関心が高まっている．CAI 症例では，TSK-11 を用いて評価した kinesiophobia の強さが，自己申告による足関節機能や身体活動レベルの低下と関連することが明らかとなっているが[100]，主観的足関節不安定性と関連するかは不明である．両者の関連を調査することで，複雑な CAI の病態に対する理解を深められるとともに， CAI 症例が有する主観的足関節不安定性の改善を目指したリハビリテーションプログラムを発展させる一助となる可能性がある．

ただし，主観的足関節不安定性と kinesiophobia の関連を調査する上で，交絡因子の影響を考慮する必要がある．先行研究では，足関節の疼痛と FAAM で評価される自己申告による足関節機能はそれぞれ主観的足関節不安定性，kinesiophobia の双方と関連することが報告されており[101–104]，潜在的な交絡因子である可能性がある．重回帰分析を用いることで，交絡因子の影響を調整した上で，主観的足関節不安定性と kinesiophobia の関連を明らかにすることができると考えられる．そこで本研究の目的は，重回帰分析を用いて kinesiophobia，自己申告による足関節機能，足関節の疼痛強度と主観的足関節不安定性の関連性を調査することとした．本研究の仮説は，kinesiophobia の強さ，自己申告による足関節機能の低さ，足関節痛の強さは主観的足関節不安定性の高さと関連するとした．

2.2. 方法

2.2.1. 研究デザイン

本研究では，横断研究として Web ベースのアンケート調査を行った．アンケートは本研究オリジナルの質問票 (人口統計学的変数や既往歴，足関節の疼痛に関する質問を含む)，CAIT，FAAM Sports Subscale，TSK-11 の 4 つから構成されていた．本学の運動系部活動に所属するアスリートを対象にアンケート調査を実施し，アンケートの回答から IAC の選択基準[4]に基づいて CAI を有するアスリートを選択した．選択された CAI 症例を対象に，重回帰分析を用いて従属変数 (CAIT スコア)と独立変数 (TSK-11 スコア，FAAM Sports Subscale スコア，疼痛強度，性別)の関係を調査した．なお，本研究は北海道大学大学院保健科学研究院倫理審査委員会の承認を得て行われた (承認番号 22-12).

2.2.2. 対象

北海道大学体育会に所属する運動系部活動，および医学部公認団体の運動系部活動に研究参加を依頼し，協力が得られた 18 の部活動から合計 329 名のアスリートが本研究に参加した．そのうち，以下の IAC の選択基準[4]に合致した者を重回帰分析の対象とした．包含基準は次の 4 つとした: 1) 最低 1 回の重篤な LAS の既往がある，2) 研究参加の 6 ヶ月以内に同側足関節に 2 回以上の giving way の経験がある，または同側足関節に LAS の再受傷の経験がある，3) CAIT スコアが 25 点以下である[105]，4) 初回の LAS は研究参加の 1 年以上前に経験している．除外基準は次の 2 つとした: 1) 整復を要する下肢の骨折歴，手術歴がある，2) 研究参加の 3 ヶ月以内に主要な筋骨格系外傷の既往がある．

2.2.3. 調査手順

本研究は Web ベースのアンケート調査であり，選択バイアスを減じるために集合調査法にて実施した．研究者は各部活動の練習やミーティングを訪問し，研究目的や手順を説明した．続いて部活動の代表者を通じて，Google フォーム (Google LLC, Mountain View, California, USA)で作成したアンケートの URL を，研究参加に同意した対象者のスマートフォンやコンピューターに共有した．対象者には，回答の送信をもって研究参加に同意したとみなす旨を事前に説明した．その上で，アンケートの最初に本研究への参加に対する同意を問う設問を設け，研究参加に同意しない者はその場で回答を終了する権利を保証した．研究参加に同意した者は，その場ですべてのアンケートに回答し，回答に要する時間に制限は設けなかった．対象者がアンケートに回答している間，研究者はその場に留まり，対象者から設問に対しての質問があった場合には適切に回答した．研究者は対象者全員が回答を終了したことを確認し，調査終了とした．

2.2.4. アンケート内容

Google フォームで作成したアンケートは，本研究オリジナルの質問票 (後述)と 3 つの患者立脚型評価で構成された．患者立脚型評価には，CAIT，FAAM，TSK-11 を用いた．CAIT と FAAM は，それぞれ足関節不安定性と足関節機能の評価として IAC が使用を推奨している [4]．TSK-11 は，CAI 症例の kinesiophobia を定量化する際に一般的に用いられることから選択された [96]．すべての対象者は，次項から示す順番でアンケートに回答した．

2.2.4.1. 本研究オリジナルの質問票

年齢，性別，身長，体重，所属部活動，1 週間あたりのスポーツ活動時間，足関節を含む下肢の既往歴，過去 1 週間で経験したスポーツ活動中の足関節の疼痛強度，を問う設問で構成された．

2.2.4.2. 主観的足関節不安定性

主観的足関節不安定性の評価には CAIT を用いた [106]．CAIT は足関節の疼痛について問う設問 1 つと，足関節の不安定性を感じる場面について問う 8 つの設問で構成され，合計スコアは 0–30 点である．スコアが低いほど主観的足関節不安定性が高いことを意味する．CAIT 日本語版の信頼性，妥当性は検証されている [105]．

2.2.4.3. 自己申告による足関節機能

自己申告による足関節機能は FAAM を用いて評価した [107]．FAAM は Activity of Daily Living Subscale と Sports Subscale の 2 つで構成され，それぞれ 21 問，8 問の設問に対し，0 (非常に難しい)–4 (ぜんぜん難しくない)の 5 段階のリッカート尺度によってスコアリングを行う．合計スコアを満点の値で除し，最終スコアをパーセントとして表現する．スコアが高いほど足関節機能が高いことを意味する．本研究の対象者は日常的にスポーツ活動に参加している大学生アスリートであったため，統計学的解析には Sports Subscale のスコアを使用した．FAAM 日本語版の信頼性，妥当性は検証されている [108]．

2.2.4.4. Kinesiophobia

Kinesiophobia の評価には TSK-11 を用いた [85]．TSK-11 は恐怖回避思考を問う 11 の設問に対し，1 (少しもそう思わない)–4 (強くそう思う)で回答し，合計スコアは 11–44 点である．スコアが高いほど強い kinesiophobia を有することを意味する．TSK-11 日本語版の信頼性，妥当性は検証されている [83]．

2.2.4.5. 疼痛強度

足関節の疼痛強度の評価には Numerical Rating Scale (NRS)を使用した．対象者は，過去 1 週間のスポーツ活動中に経験した最も強い足関節痛の強度を，0 (全く痛くない)–10 (想像できる最大の痛み)の 11 段階で評価した．

2.2.5. 統計学的解析

人口統計学的変数，各患者立脚型評価のスコア，および疼痛強度に対し，正規性を確認するため Shapiro-Wilk 検定を実施した．

重回帰分析の実施に先立ち，各変数の正規性に応じて Pearson product-moment correlation coefficient (R)または Spearman's rank correlation coefficient (ρ)を算出し，解析に用いる変数間の相関性を確認した．これは潜在的な多重共線性の問題を事前に回避するために行われ，相関係数 ≥ 0.7 となる変数の組み合わせがあった場合は，研究上より重要と考える変数を解析に用い，もう一方を解析から除外した [109]．

主観的足関節不安定性に関連する因子を明らかにするために，強制投入法による重回帰分析を実施した．従属変数は CAIT スコアとし，独立変数は TSK-11 スコア，FAAM Sports Subscale スコア，疼痛強度，性別とした．なお性別は，男性を 0，女性を 1 としてダミー変数化を行った．独立変数間の多重共線性を確認するために variance inflation factor (VIF)を算出し，VIF ≥ 3 の場合は多重共線性が存在すると解釈した [109]．Durbin-Watson ratio (d)は，最終的なモデルにおいて残差の自己相関が存在しないかを判断するために用いた．Durbin と Watson の報告 [110] に基づき，$1.25 \leq d \leq 1.57$ の場合に残差は自己相関しないと判断した．統計学的有意水準は $\alpha = 0.05$ に設定した．すべての統計学的解析は IBM SPSS Statistics 26 (IBM Corporation, Armonk, NY)を用いて行った．

2.3. 結果

アンケートの回答が得られた 329 名のうち，42 名が CAI を有していた．対象者が参加していたスポーツは，テニス (7 名)，サッカー (6 名)，ラクロス (5 名)，体操 (4 名)，フットサル (4 名)，野球 (4 名)，陸上競技 (4 名)，ソフトボール (3 名)，バスケットボール (3 名)，バドミントン (1 名)，卓球 (1 名)であった．表 2.1 に対象者の人口統計学的変数および各患者立脚型評価のスコアの代表値を示した．Shapiro-Wilk 検定の結果，すべての変数に対して正規性が認められなかった．以下は CAI 症例 42 名を対象とした統計学的解析の結果である．

表 2.2 に各変数間の相関係数を示した．すべての変数に対して正規性が認められなかったため，すべての変数の組み合わせにおいて ρ を算出した．$\rho \geq 0.7$ となる変数の組み合わせは存在しなかったため，すべての変数を重回帰分析に用いた．

表 2.3 に重回帰分析の結果を示した．回帰モデルは CAIT スコアの 50.3%を説明した ($R^2 = 0.503$, $P < 0.001$)．TSK-11 スコア，FAAM Sports Subscale スコア，性別は CAIT スコアと有意に関連した ($P < 0.05$)．疼痛強度は CAIT スコアと関連しなかった ($P = 0.504$)．非標準化偏回帰係数 (B)より，TSK-11 スコアの高さ ($B = -0.382$)，FAAM Sports Subscale スコアの低さ ($B = 0.122$)，性別が女性であること ($B = -2.646$)は，CAIT スコアの低さと関連することが示唆された．回帰モデルに投入されたすべての変数は VIF < 3 であり，偏回帰係数に影響を与えうる多重共線性は生じていないと判断した．

Durbin-Watson ratio について $d = 1.456$ であった．これより残差は自己相関せず，各変数の独立性は満たされていたと判断した．また，目的変数である CAIT スコアと各独立変数の線形性，および残差の線形性を視覚的に確認し，いかなる非線形関係も認めないことを確認した．残差の等分散性は残差プロットを作成し，明らかな外れ値がないこと，いかなる傾向も認めないことを確認した．最後に正規確率プロットを作成し，残差が正規分布していることを確認した．以上より，得られた回帰モデルは重回帰分析を行う上での前提を満たしていたことが確認された．

表 2.1. 対象者の人口統計学的変数および患者立脚型評価のスコア

	中央値 (四分位偏差)
n (女性/男性)	42 (5/37)
年齢, 歳	20.5 (2.0)
身長, cm	170.0 (11.8)
体重, kg	64.0 (13.5)
1 週間あたりのスポーツ活動時間, h	12.0 (6.5)
過去の LAS の回数	3.0 (2.5)
CAIT スコア, /30	22.0 (5.8)
TSK-11 スコア, /44	24.0 (6.8)
FAAM Sports Subscale スコア, %	96.9 (9.4)
疼痛強度	2.0 (4.0)

略語: LAS, lateral ankle sprain; CAIT, Cumberland Ankle Instability Tool; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11, FAAM, Foot and Ankle Ability Measure.

表 2.2. 従属変数および独立変数間の相関行列

	CAIT	TSK-11	FAAM Sports Subscale	疼痛強度	性別
CAIT	-				
TSK-11	-0.485*	-			
FAAM Sports Subscale	0.541*	-0.349*	-		
疼痛強度	-0.382	-0.012	-0.573*	-	
性別	-0.145	-0.091	-0.020	0.254	-

*$P < 0.05$.
性別は男性を 0，女性を 1 としてダミー変数化した.
略語: CAIT, Cumberland Ankle Instability Tool; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; FAAM, Foot and Ankle Ability Measure.

表 2.3. CAIT スコアを従属変数とした重回帰分析の結果

	B	*β*	*P*
Model (R^2 = 0.503, P < 0.001)			
TSK-11	-0.382	-0.437	0.002*
FAAM Sports Subscale	0.122	0.367	0.038*
疼痛強度	-0.182	-0.112	0.504
性別	-2.646	-0.272	0.031*

*$P < 0.05$.
従属変数: CAIT スコア．性別は男性を 0，女性を 1 としてダミー変数化した.
略語: *B*, 非標準化偏回帰係数; *β*, 標準化偏回帰係数; CAIT, Cumberland Ankle Instability Tool; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11, FAAM, Foot and Ankle Ability Measure.

2.4. 考察

本研究の目的は，CAI を有するアスリートを対象に，主観的足関節不安定性と，kinesiophobia，自己申告による足関節機能，疼痛強度，性別の関連を明らかにすることであった．CAIT スコアを従属変数とした重回帰分析の結果，その他の変数の影響を統制した上で TSK-11 スコアの高さは有意な独立変数であり，非標準化偏回帰係数 (*B*)から TSK-11 スコアの高さが CAIT スコアの低さと関連することが明らかとなった．これは当初の仮説を支持した．また，FAAM Sports Subscale スコアの低さ，および性別が女性であることは CAIT スコアの低さと有意に関連していた．

CAI 症例の kinesiophobia は複数の患者立脚型評価を用いて評価され，CAI 症例は Coper や健常例と比較して強い kinesiophobia を有していることが報告されている [96]．本研究の対象となった CAI 症例の TSK-11 スコアの中央値は 24 点であった．TSK-11 スコアの明確なカットオフ値は存在しないが，先行研究における CAI 症例の TSK-11 スコアの中央値は 18 点 (range: 17–21)であり [111]，本研究の CAI 症例は先行研究よりも強い kinesiophobia を有していたと考えられた．CAI 症例においては kinesiophobia が関節位置覚，静的姿勢安定性，自己申告による足関節機能と関連することが報告されている [98–100]．しかし，CAI 症例で認める他の障害との関連は未だ明らかとなっていなかった．本研究結果は，自己申告による足関節機能，疼痛強度，性別の影響を統制した後でも，kinesiophobia は主観的足関節不安定性と有意に関連することを明らかにした．さらに TSK-11 スコアの標準化偏回帰係数 (β)は，FAAM Sports Subscale スコアと同等かそれ以上であった (TSK-11: β = -0.431, FAAM Sports Subscale: β = 0.367)．これらの結果は，kinesiophobia が足関節機能と同等の強さで主観的足関節不安定性と関連することを示唆し，CAI を有するアスリートの主観的足関節不安定性を管理する上では，足関節機能と同様に kinesiophobia にも着目する必要があることを示した．CAI の病態における kinesiophobia の役割は十分に明らかになっていないが，膝前十字靭帯再建術後症例が有する様々な障害と kinesiophobia が関連することが報告されており，機能障害を改善させるために着目すべき因子であると考えられている [77–79,90–93]．LAS 受傷後あるいは CAI を有するアスリートのリハビリテーションを行う上では，主観的足関節不安定性に影響を与える可能性のある因子として kinesiophobia を評価する必要性が示唆された．

本研究対象となった CAI 症例の FAAM Sports Subscale スコアの中央値は 96.9%であった．身体活動レベルの高い若年者を対象とした先行研究では，CAI 症例の FAAM Sports Subscale の平均は 78% (range: 69‑86)であり [111]，本研究の CAI 症例は先行研究と比較して高い足関節機能を有していたと考えられた．この差には対象者が参加していたスポーツの競技レベルの差が影響していた可能性がある．FAAM Sports Subscale が主観的足関節不安定性と関連したことは，先行研究を支持する結果であった [112]．一方，調整変数として投入した性別が有意な独立変数であったことは注目すべき点である．性別は男性を 0，女性を 1 としたダミー変数として投入したため，非標準化偏回帰係数 (B = -2.646)は，女性であることで CAIT スコアが約 2.6 点減少する，つまり不安定性が増大することを意味する． LAS の発生率や CAI の有症率は女性で高いことが報告されている [3,7,33,113]．また，内外がえし方向の足関節弛緩性は男性に比して女性で有意に高かった [114]．これらの性差が，性別が有意な独立変数であったことの背景因子であった可能性がある．本研究結果は，今後の CAI 症例を対象とした研究では性別の影響を考慮する必要性を示唆した．ただし，本研究の対象者に女性は 5 名しか含まれなかったため，結果を一般化する際には注意が必要である．

仮説に反して，疼痛強度は有意な独立変数ではなかった．CAI症例においては，足関節痛が主観的足関節不安定性および自己申告による足関節機能と有意に関連したことが報告されている[100,102]．これらの先行研究では，疼痛はあり・なしの二値変数として評価していた．一方，本研究では 11 段階の NRS を用いて疼痛の強度を評価した．以上より，CAI 症例の主観的足関節不安定性には疼痛の存在が関連するが，その強度は関連しないことが示唆された．

本研究には考慮すべき限界がいくつか存在する．第一に，本研究はアンケート調査であったため，過去の LAS に関する情報をはじめとした対象者の回答には想起バイアスが生じていた可能性がある．また本研究で使用したアンケートは，Google フォームの仕様上，設問の順番をランダム化できなかったため，すべての対象者が同じ順番 (本研究オリジナルの質問票，CAIT，FAAM，TSK-11 の順)で設問に回答した．したがって，順序バイアスが結果に影響を与えた可能性は否定できない．さらに，本研究の対象者は 1 つの大学に所属するアスリートのみを対象としていたため，本研究結果の一般化には限界がある可能性がある．最後に，本研究の独立変数に客観的評価が含まれていなかった点が挙げられる．得られた回帰モデルの決定係数は R^2 = 0.503 であり，TSK-11 スコア，FAAM Sports Subscale スコア，性別，疼痛強度を合わせても CAIT スコアの分散の約 50%しか説明しなかった．姿勢安定性や筋力，関節弛緩性など CAI 症例で認められる機能障害 [37] を客観的に評価し，独立変数に加えることで，残りの 50%を説明できる可能性がある．

2.5. 結論

本研究は重回帰分析を用いて，CAI を有するアスリートでは TSK-11 スコアの高さ，FAAM Sports Subscale の低さ，女性であることが CAIT スコアの低さと関連することを明らかにした．さらに標準化偏回帰係数 (β)は，TSK-11 スコアが CAIT スコアに対して FAAM Sports Subscale スコアと同等の寄与を持つことを示唆した．以上より，kinesiophobia が主観的足関節不安定性に負の影響を及ぼすことが明らかとなり，CAI を有するアスリートの主観的足関節不安定性を管理する際には，足関節機能だけでなく kinesiophobia にも着目する必要性が示唆された．

3. 研究課題 2:
慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と下肢関節キネマティクスの関連

3.1. 緒言

CAI 症例は LAS の再受傷を頻回に経験し [4]，LAS の約半数はスポーツ活動中に発生する [115]．そのため，多くの研究が CAI 症例を対象にスポーツ動作中の下肢関節キネマティクスを調査してきた．その中で，一般的に用いられる動作課題の一つが片脚着地動作である．CAI 症例の着地課題における下肢関節キネマティクスは健常例と異なっており，これが LAS の再受傷と関連することが示唆されている [54,55]．受傷メカニズムを考慮すると，着地動作における足関節内がえし角度の増大は再受傷リスクの高いキネマティクスであると言える [19]． LAS の再受傷を予防するためには，再受傷リスクの高いキネマティクスを避ける必要があるが，CAI 症例の異常キネマティクスの原因は十分に明らかになっておらず，臨床的に修正可能な因子と下肢関節キネマティクスの関連を調査することで，CAI 症例の異常キネマティクスの原因解明やその改善に寄与する知見が得られる可能性がある．

膝前十字靱帯再建術後症例においては，kinesiophobia の強さが再受傷リスクの高いキネマティクスと関連しており [116]，否定的な心理的反応を有しながら競技に復帰した場合，生理的，注意的反応の変化が生じ，再受傷を経験すると理論化されている [117]．心理的ストレスは脅威に対する注意を増大させ，対象者が行うべき課題に対する注意を低下させると考えられている [118]．すなわち，kinesiophobia などの心理的ストレスが強い症例では，kinesiophobia に対する注意が増大し，遂行すべき課題に対する注意が低下した結果，再受傷リスクの高いキネマティクスを示す可能性がある．これらの理論は CAI 症例にも適用できる可能性があるが，CAI 症例を対象に下肢関節キネマティクスと kinesiophobia の関連を検討した研究は，著者の知る限り存在しない．両者の関連を明らかにすることで，CAI 症例の異常キネマティクスの原因解明あるいはその改善を目的とした介入方法確立の一助となる可能性がある．

したがって本研究の目的は， CAI 症例の着地課題における下肢関節キネマティクスと kinesiophobia の関連を明らかにすることとした．仮説は， CAI 症例において kinesiophobia の強さは着地課題における足関節内がえし角度の大きさと相関するとした．

3.2. 方法

3.2.1. 研究デザイン

横断研究として行われた本研究では，3 次元動作解析装置を用いて計測した着地課題における下肢関節キネマティクスと kinesiophobia との関連を，相関分析を用いて検討した．関節キネマティクスは前額面・水平面・矢状面上の足関節・股関節角度，および矢状面上の膝関節角度を算出した．CAI 症例の下肢関節キネマティクスはいくつかのサブグループに分類できることから[119]，初期接地時の角度や最大値などの離散値による解析では対象の動作特性を正確に代表値に集約できない可能性がある．そこで本研究では，解析区間における関節キネマティクスの特徴を，主成分分析を用いて主成分得点に集約し，代表値として統計学的解析に用いた．また，kinesiophobia は TSK-11 スコアを用いて評価した．なお，本研究は北海道大学大学院保健科学研究院倫理審査委員会の承認を得て行われた (承認番号 23-6).

3.2.2. 対象

北海道大学体育会に所属する運動系部活動，および医学部公認団体の運動系部活動に所属する CAI 症例 24 名 (男性 19 名，女性 5 名)を対象とした (表 3.1)．包含基準は IAC の選択基準[4]に基づき，次の 4 つとした: 1) 最低 1 回の重篤な LAS の既往がある，2) 研究参加の 6 ヶ月以内に同側足関節に 2 回以上の giving way の経験がある，または同側足関節に LAS の再受傷の経験がある，3) CAIT スコアが 25 点以下である[105]，4) 初回の LAS は研究参加の 1 年以上前に経験している．除外基準は次の 2 つとした: 1) 整復を要する下肢の骨折歴，手術歴がある，2) 研究参加の 3 ヶ月以内に主要な筋骨格系外傷の既往がある．

本研究への参加に先立ち，対象者には本研究の目的と実施手順に関して口頭および書面にて十分なインフォームドコンセントを行った後，書面にて研究参加への同意を得た．

表 3.1. 対象者の人口統計学的変数および患者立脚型評価のスコア

	平均値 (標準偏差)
n (女性/男性)	24 (5/19)
年齢, 歳	20.1 (1.7)
身長, cm	169.2 (6.9)
体重, kg	63.3 (8.3)
1 週間あたりのスポーツ活動時間, h	8.9 (5.2)
過去の LAS の回数	4.9 (2.9)
CAIT スコア, /30	20.7 (6.2)
FAAM Sports subscale スコア, %	94.4 (7.6)
TSK-11 スコア, /44	23.7 (5.0)

略語: LAS, lateral ankle sprain; CAIT, Cumberland Ankle Instability Tool; FAAM, Foot and Ankle Ability Measures; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11.

3.2.3. 実験手順

対象者は来室後，既往歴に関する質問票，CAIT，FAAM，TSK-11 に回答した．実験着に着替えた後，自転車エルゴメーターを自己選択速度で漕ぐ 5 分間のウォーミングアップを行った．その後，全 25 個の赤外線反射マーカーを，両面テープを用いて対象者の骨ランドマークに貼付した (図 3.1)．貼付部位は modified Helen-Hayes marker sets[120,121] に基づき，両側の上前腸骨棘，大転子，大腿外側，大腿骨内外側上顆，下腿外側，内外果，第 1, 2, 5 中足骨頭，踵骨，および仙骨とした．動作課題は裸足で実施した．動作課題中のマーカー座標データは 7 台のデジタルカメラ (Hawk Cameras; Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA, USA)を用いて，サンプリング周波数 200 Hz で記録された．GRF データは 1 枚の床反力計 (Type 9286B; Kistler, Winterthur, Switzerland)を用いて，サンプリング周波数 1000Hz で記録された．マーカー座標データと GRF データは，モーションキャプチャソフトウェア (Cortex version 5.5; Motion Analysis Corporation)を用いて同期した．

始めに，対象者の静止立位時のマーカー座標データを 5 秒間記録した．対象者には両足を肩幅に開き，つま先を正面に向け，両肩関節を 90 度外転するよう指示した．

続いて，片脚着地動作の計測を実施した．片脚着地動作では 30 cm 台からの single-leg drop landing を行った [121]．30 cm 台上での対象足による片脚立位を開始姿勢とし (図 3.2A)，合図に続いて，上方へのジャンプを最小限にし，床反力計上に飛び降り，対象足での片脚着地を行った (図 3.2B)．対象足は CAI を有する足と定義し，対象者が両側に CAI を有する場合は，主観的足関節不安定性を示す CAIT スコアがより低い足を対象足とした．対象者には，着地後に 5 秒間の片脚立位姿勢を保つよう指示した．1) 足部全体が床反力計に接地しなかった試行，2) 最初に着地した位置から足部が動いた試行，3) 5 秒間の片脚立位姿勢を保てなかった試行を失敗試行と定義し，成功 3 試行が記録できるまで，繰り返し計測を行った．対象者は動作課題に慣れるため，本試行前に十分な回数の練習試行を行った．疲労の影響を考慮し，試行間に 1 分間の休息時間を設けた．

図 3.1. マーカー貼付位置

図 3.2. 片脚着地課題．対象足による片脚立位を開始姿勢とし (A)，対象足での片脚着地を行った (B).

3.2.4. データ解析

マーカー座標データに欠損があった場合は，Cortex (version 5.5; Motion Analysis Corporation)を用いて補間処理を行った．その後，記録されたマーカー座標データおよび GRF データを Visual3D (version 6; C-motion, Germantown, MD, USA)を用いて処理した．まず，4th order zero-lag Butterworth low-pass filter with a cutoff frequency of 12 Hz によってマーカー座標データと GRF データに対しフィルター処理を行った [122]．続いて，対象者ごとに骨盤，両大腿，下腿，足部セグメントから成る下肢骨格モデルを作成し，下肢関節キネマティクスを算出した．各セグメント座標系は右手直交座標系であり．X 軸は前方，Y 軸は上方，Z 軸は右方に設定した．股関節・膝関節運動においては，X 軸周りの運動を内転・外転 (前額面運動)，Y 軸周りの運動を内旋・外旋 (水平面運動)，Z 軸周りの運動を屈曲・伸展 (矢状面運動)と定義し，それぞれ内転，内旋，屈曲を正の値として表記した．足関節運動においては，X 軸周りの運動を内がえし・外がえし (前額面運動)，Y 軸周りの運動を内旋・外旋 (水平面運動)，Z 軸周りの運動を背屈・底屈 (矢状面運動)と定義し，それぞれ内がえし，内旋，背屈を正の値として表記した．ZXY の順に回転するオイラー角を用い，近位セグメントに対する遠位セグメントの相対角度を算出した．各関節角度の 0 度は静止立位時の値に設定した．

MATLAB (2023a; MathWorks Inc., Natick, MA, USA)で作成されたカスタムプログラムによって，解析区間の定義とデータの出力を行った．関節キネマティクスデータ (サンプリング周波数: 200 Hz)と GRF データ (サンプリング周波数: 1000 Hz)の時系列を揃えるために，GRF データのダウンサンプリングを行った．初期接地 (initial contact: IC)は垂直床反力が 10 N を超えた点と定義し [122]，解析区間は IC の前後 200 ms とした．成功 3 試行の平均波形をその後の解析に用いた．

各関節キネマティクスの特徴は，主成分分析を用いて主成分得点に集約された．主成分分析は，動的課題における従来の離散値による解析では検出することができない運動学的特徴を検出することができる [123]．また，CAI 症例の着地時の下肢関節キネマティクスは複数のサブグループに分けられることから [119]，ある時点における離散値の意味するものがすべての対象者で同じであるとは限らない．したがって，本研究では関節キネマティクスの解析に主成分分析を適用した．

主成分分析は，片脚着地中の前額面・水平面・矢状面上の足関節・股関節角度，および矢状面上の膝関節角度の計 7 つの関節角度に対して実施した．24 名の対象者からそれぞれ 81 のデータ (サンプリング周波数 200 Hz で計測された IC の前後 200 ms 間のデータ)が得られた． 24×81 の行列から各主成分の固有値と因子負荷行列，主成分得点が得られた．ここで元の関節角度データは各主成分の線形結合であり，式(1)で表現される [124,125]．

$$\widehat{X_i} = \bar{X} + U_1 * Z_{1i} + U_2 * Z_{2i} + \cdots + U_k * Z_{ki} \tag{1}$$

$\widehat{X_i}$: 1×n の行列であり対象者 i の元々の波形を示す，n:データポイントの数 (本研究では 81)，$\bar{X}$: 1×n の行列であり全対象者の平均波形を示す，U_j: 1×n の行列であり第 j 主成分の因子負荷行列，Z_{ji}: 対象者 i の第 j 主成分得点，k: 主成分分析から得られた主成分の数 ($k \leq n$)

各関節角度において，累計寄与率が 90%を超える主成分までを後の相関分析の対象とした[126]．TSK-11 スコアと主成分得点の間に有意な相関が認められた主成分のみ，single component reconstruction による解釈を行った[125]．この手法により，主成分に集約された特徴を他の主成分の特徴を取り除いた上で解釈することが可能になる[125,127]．式(1)より，元々の波形は各主成分の線形結合であることから，第 R 主成分の特徴を示す波形の上限と下限はそれぞれ次の式(2), (3)で表される．

$$\widehat{X_U} = \bar{X} + U_R * Z_{95} \tag{2}$$

$$\widehat{X_L} = \bar{X} + U_R * Z_5 \tag{3}$$

$\widehat{X_U}, \widehat{X_L}$: $1\times n$ の行列であり，それぞれ第 R 主成分が示す特徴の波形の上限と下限を示す，$\bar{X}$: $1\times n$ の行列であり 全対象者の平均波形を示す，U_R: $1\times n$ の行列第 R 主成分の因子負荷行列， Z_{95}，Z_5: それぞれ第 R 主成分得点の 95 パーセンタイル，5 パーセンタイルに該当する対象者の第 R 主成分得点

なお，主成分得点が高いデータほど，元のデータがその主成分が示す特徴に近い波形であることを意味し，主成分得点が低いデータほど，元のデータがその主成分が示す特徴から離れた波形であることを意味する．

3.2.5. 統計学的解析

下肢関節キネマティクスと kinesiophobia との関連を明らかにするために相関分析を行った．相関分析に先立ち，Shapiro-Wilk 検定を行い各変数の正規性を確認した．各変数の正規性に応じて Pearson product-moment correlation coefficient (R)あるいは Spearman rank-signed correlation coefficient (ρ)を算出し，各関節角度の主成分得点と TSK-11 スコアとの関連を調べた．統計学的有意水準は $\alpha = 0.05$ に設定した．すべての統計学的解析は IBM SPSS Statistics (version 26; IBM Corporation, Armonk, NY, USA)を用いて行った．

3.3. 結果

図 3.3–3.5 に片脚着地動作における各関節角度の主成分得点と TSK-11 スコアの相関を示す．TSK-11 スコアに正規性を認めなかったため，すべての相関分析において ρ を算出した．相関分析の結果，前額面上の足関節角度の第 1 主成分得点と TSK-11 スコアの間に有意な正の相関が認められた ($\rho = 0.487$, $P = 0.016$, 図 3.3)．Single component reconstruction の結果，前額面上の足関節角度の第 1 主成分は前額面上の足関節角度の大きさを示すと解釈された (図 3.6)．したがって，TSK-11 スコアとの間に認められた有意な正の相関は，TSK-11 スコアが高いほど前額面上の足関節角度が大きいことを示唆した．

その他の主成分得点と TSK-11 スコアの間に有意な相関は認められなかった ($P > 0.05$, 図 3.3–3.5).

図 3.3. 足関節角度の主成分得点と TSK-11 スコアの相関.
* $P < 0.05$.
略語: TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; PC, principal component.

図 3.4. 膝関節角度の主成分得点と TSK-11 スコアの相関.
略語: TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; PC, principal component.

図 3.5. 股関節角度の主成分得点と TSK-11 スコアの相関.
略語: TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; PC, principal component.

図 3.6. Single component reconstruction による前額面上の足関節角度の第 1 主成分の解釈 (A)と因子負荷 (B). A において，黒の破線は全対象者の平均波形を示し，赤，青の実線はそれぞれ主成分得点が高い (95 パーセンタイル)代表波形と主成分得点が低い (5 パーセンタイル)代表波形を示す. 縦軸の正方向は足関節内がえしを示す.
略語: IC, initial contact.

3.4. 考察

片脚着地課題における前額面上の足関節角度の第 1 主成分得点と TSK-11 スコアとの間に有意な正の相関を認めた (ρ = 0.487, P = 0.016; 図 3.3). Single component reconstruction から得られた波形より，前額面上の足関節角度の第 1 主成分は前額面上の足関節角度の大きさを示すと解釈され (図 3.6A)，TSK-11 スコアとの間に認められた有意な正の相関は，kinesiophobia が強いほど片脚着地課題における足関節内がえし角度が大きいことを示唆した.

過度な足関節内がえしは LAS の典型的な発生メカニズムであり，あらゆるケースレポートにおいて一貫して報告されている特徴である [19]. したがって，足関節内がえし角度の増大は LAS の受傷リスクが高いキネマティクスであると言える．本研究においては前額面上の足関節角度の大きさを示す第 1 主成分得点と TSK-11 スコアとの間に有意な正の相関を認めた．この有意な相関と，主成分が示す特徴を解釈するために実施した single component reconstruction の結果より，強い kinesiophobia を有する CAI 症例ほど前額面上の足関節角度が大きく，特に IC 前に足関節内がえし位を示す傾向があることが明らかとなった (図 3.6A). これは当初の仮説を支持する結果であり，CAI 症例において kinesiophobia の強さが再受傷リスクの高いキネマティクスと関連していることが明らかとなった.

CAI 症例を対象に関節キネマティクスと kinesiophobia の関連を調べた研究は著者の知る限り本研究が初めてであるため，本研究結果を先行研究と比較することはできなかった．膝前十字靱帯再建術後症例では，着地課題における最大膝関節外反角度と TSK-11 スコアとの間に有意な相関関係が認められた [116]. これは，kinesiophobia の強さと再受傷リスクの高いキネマティクスが関連していたという点で，本研究結果と一致する．2 つの研究に共通した kinesiophobia と再受傷リスクの高いキネマティクスとの関連は，心理的因子が注意に与える影響によって説明できる可能性がある．心理的因子と傷害受傷との関連を説明した理論的枠組みにおいては，心理的ストレスが強い場合，遂行すべき課題に対する注意が減少し，脅威に対する注意が増大すると考えられている [118,128]. 本研究においては，強い kinesiophobia を有する CAI 症例ほど，着地動作の遂行に対する意識が減少し，足関節内がえし角度が大きくなった可能性がある.

膝蓋大腿疼痛症候群症例や膝前十字靱帯再建術後症例では，kinesiophobia の強さと動作時の膝関節屈曲角度減少や膝関節伸展筋群と屈曲筋群の共同収縮率の増大との関連を認めており，kinesiophobia が強い場合は関節に対して保護的な運動戦略が認められることが示唆されている [129–131]. しかし，本研究では足関節に対して保護的な運動戦略は認められなかった．CAI 症例の足関節底背屈の関節位置覚は TSK-17 スコアと相関し，kinesiophobia が強いほど位置覚の誤差が大きいことが報告されている [98]. また CAI 症例では健常例と比較して，足関節内外がえしの位置覚の低下が認められている [132]. 足関節内外がえしの位置覚と kinesiophobia の関連は明らかではないが，kinesiophobia が強い症例ほど内外がえしの位置覚の障害が重度であり，適切に足関節を制御できていなかった可能性がある．また，単純に着目した関節，対象，動作課題などが異なっていたことに起因した可能性も考えられる.

本研究は横断研究であったために因果関係に関して結論づけることはできなかった．再受傷リスクの高いキネマティクスが強い kinesiophobia を惹起していた可能性があることには留意が必要である．現在の病態モデルにおいては，感覚知覚障害と運動行動障害は相互作用を有すると考えられている [37]. 関節キネマティクスと kinesiophobia の因果関係を明らかにするためには，今後の縦断的な調査が必要である.

着地動作中の足関節内がえし角度の増大は LAS の再受傷と関連する因子であり，これに対する介入は，再受傷予防を目的としたリハビリテーションにおいて重要である．CAI 症例の着地時の足関節内がえし角度は神経筋トレーニングなどによって減少させることが可能であることが報告されている [133,134]．本研究結果は，これらに加え kinesiophobia が足関節内がえし角度の減少を目指す上で焦点となりうることを示した．今後の研究では，kinesiophobia を軽減させるような介入が CAI 症例の着地時の足関節キネマティクスを改善し，将来的な再受傷を予防するかを検証する必要がある．

本研究にはいくつかの限界が存在した．第一に，横断研究であったために関節キネマティクスと kinesiophobia の因果関係は不明である．また，サンプルサイズが少なかったため，type II error により検出されなかった相関関係があった可能性がある．最後に，本研究の対象者は本学に所属するアスリートから募集したため，結果の一般化には限界がある可能性がある．

3.5. 結論

本研究は，CAI 症例を対象に片脚着地課題における下肢関節キネマティクスと kinesiophobia との関連を検討した．TSK-11 スコアは，片脚着地動作における前額面上の足関節角度の第 1 主成分得点と有意に相関した．第 1 主成分の解釈に基づき，この相関は kinesiophobia が強いほど片脚着地課題における足関節内がえし角度が大きいことを示唆した．これより，kinesiophobia は CAI 症例の片脚着地課題における再受傷リスクの高い足関節キネマティクスと関連することが示された．CAI 症例における LAS の再発には kinesiophobia が関与している可能性，および着地キネマティクスの改善に対しては kinesiophobia に着目した介入が有効である可能性が示された．

4. 研究課題 3:
慢性足関節不安定症症例における kinesiophobia と姿勢安定性の関連

4.1. 緒言

姿勢安定性の低下は LAS 受傷の危険因子である [26,29]．姿勢安定性は，静的姿勢安定性と動的姿勢安定性に大別され，CAI 症例において，前者は片脚立位課題における COP 指標や TTB 指標 (COP が安定性限界に到達するまでの時間)，後者は SEBT や片脚着地課題における TTS 指標 (GRF が安定するまでに要する時間)，DPSI 指標 (所定の時間内における GRF の平均二乗偏差)などで評価される [65,67,69,70]．CAI 症例では，静的・動的姿勢安定性が健常例と比較して低いことが報告されており [55,64]，これが LAS の再発と関連していることが示唆されている．したがって，姿勢安定性の低下と関連する因子を特定することが LAS 受傷の原因解明および再発予防のための一助となる可能性がある．近年，CAI の病態における心理的因子に着目した研究が増えており，その中の一つとして kinesiophobia についての報告が散見される [96,135,136]．Kinesiophobia は，Fear Avoidance Model を通じて回避行動を促進し，機能障害の慢性化に寄与すると理論化されている [75]．しかし，CAI 症例に認める姿勢安定性の低下と kinesiophobia の関連はほとんど明らかになっていない．

Han らは，CAI 症例を kinesiophobia の有無によって 2 群に分け，静的姿勢安定性を比較した．その結果，kinesiophobia を有する CAI 症例は片脚立位保持中の Romberg ratio (閉眼/開眼比) が高く，姿勢保持における視覚への依存が高かったことを報告した [99]．一方で，COP 指標によって評価された静的姿勢安定性指標においては，kinesiophobia の有無で有意な群間差は認められなかった [99]．COP 指標は，CAI における姿勢安定性低下を検出するためには精度が不十分である可能性が示唆されている [65,66]． TTB 指標は，従来の COP 指標に替わる静的姿勢安定性指標として CAI 症例を対象に評価されており [65,68]，TTB 指標を用いることで kinesiophobia と静的姿勢安定性との関連をより詳細に検討できる可能性がある．しかし， TTB 指標で評価した片脚立位課題における静的姿勢安定性と kinesiophobia の関連を調査した研究はない．

動的姿勢安定性と kinesiophobia の関連を調査した研究は，著者の知る限り kinesiophobia の有無で SEBT のリーチ距離を比較した 1 編だけである [99]．この研究では，kinesiophobia を有する CAI 症例は，SEBT の前方リーチ距離が有意に短く，kinesiophobia が動的姿勢安定性と関連することを示した [99]． しかし，着地課題における動的姿勢安定性指標である DPSI 指標と kinesiophobia との関連を検討した研究はない．LAS は動的環境下で発生することから，スポーツ動作中の姿勢安定性との関連も調査する必要がある．したがって本研究の目的は， CAI 症例を対象に TTB 指標で評価した静的姿勢安定性，および DPSI 指標で評価した動的姿勢安定性と kinesiophobia の関連を明らかにすることとした．仮説は，CAI 症例において kinesiophobia の強さは静的・動的姿勢安定性の低さと相関するとした．

4.2. 方法

4.2.1. 研究デザイン

横断研究として行われた本研究では，片脚立位課題における静的姿勢安定性，および片脚着地課題における動的姿勢安定性と kinesiophobia との関連を，相関分析を用いて検討した．静的姿勢安定性の評価として TTB 指標を，動的姿勢安定性の評価として DPSI 指標を算出した．また，kinesiophobia は TSK-11 スコアを用いて評価した．本研究のデータ計測は研究課題 2 と同時に実施された．なお，本研究は北海道大学大学院保健科学研究院倫理審査委員会の承認を得て行われた (承認番号 23-6).

4.2.2. 対象

北海道大学体育会に所属する運動系部活動，および医学部公認団体の運動系部活動に所属する CAI 症例 24 名 (男性 19 名，女性 5 名)を対象とした (表 3.1). 包含基準は IAC の選択基準[4]に基づき，次の 4 つとした: 1) 最低 1 回の重篤な LAS の既往がある，2) 研究参加の 6 ヶ月以内に同側足関節に 2 回以上の giving way の経験がある，または同側足関節に LAS の再受傷の経験がある，3) CAIT スコアが 25 点以下である[105]，4) 初回の LAS は研究参加の 1 年以上前に経験している．除外基準は次の 2 つとした: 1) 整復を要する下肢の骨折歴，手術歴がある，2) 研究参加の 3 ヶ月以内に主要な筋骨格系外傷の既往がある．

本研究への参加に先立ち，対象者には本研究の目的と実施手順に関して口頭および書面にて十分なインフォームドコンセントを行った後，書面にて研究参加への同意を得た.

4.2.3. 実験手順

研究課題 2 における静止立位時のマーカー座標データ計測後，本研究の片脚立位動作の計測が行われた．動作課題中の COP, GRF データは 1 枚の床反力計 (Type 9286B; Kistler)を用いて，サンプリング周波数 1000 Hz で記録された． すべての動作課題は裸足で行われた.

片脚立位動作では，対象足での片脚立位姿勢を 10 秒間保つよう対象者に指示をした (図 4.1)[65]．計測中は反対側下肢を軽く屈曲し，両手を腰に固定するよう求めた[65]．対象足は CAI を有する足と定義し，対象者が両側に CAI を有する場合は，主観的足関節不安定性を示す CAIT スコアがより低い足を対象足とした．1) バランスを崩し計測姿勢を保てなかった試行，2) 足部位置が課題開始時から動いた試行， 3) 反対側下肢が床反力計に接地した試行を失敗試行と定義し，成功 3 試行が記録できるまで実施した．視覚条件は開眼と閉眼の 2 条件とし，開眼条件では，対象者には計測中は視線を前方に向けるよう指示した．閉眼条件では，対象者が計測姿勢をとり，目を閉じたことを確認した後，計測を開始した．順序効果の影響を減じるため，開眼条件，閉眼条件の順番は無作為に実施した．なお，対象者の足長，足幅に基づいて床反力計上に目印を作成し，試行間で足部を置く位置を統一した (図 4.1).

続いて，片脚着地動作の計測を行った．片脚着地動作では 30 cm 台からの single-leg drop landing を行った [121]．30 cm 台上での対象足による片脚立位を開始姿勢とし (図 3.2A)，合図に続いて，上方へのジャンプを最小限にし，床反力計上に飛び降り，対象足での片脚着地を行った (図 3.2B)．着地後は 5 秒間の片脚立位姿勢を保つよう対象者に指示した．1) 足部全体が床反力計に接地しなかった試行，2) 最初に着地した位置から足部が動いた試行，3) 5 秒間の片脚立位姿勢を保てなかった試行を失敗試行と定義し，成功 3 試行が記録できるまで，繰り返し計測を行った．

それぞれの動作課題において，対象者は動作課題に慣れるため，本試行前に十分な回数の練習試行を行った．疲労の影響を考慮し，試行間に 1 分間の休息時間を設けた．

図 4.1. 片脚立位課題の計測姿勢．対象者の足長と足幅に基づいて足部位置を規定する目印を作成し (オレンジ色のテープ)，試行間で足部を置く位置を統一した．

4.2.4. データ解析

4.2.4.1. 静的姿勢安定性

先行研究に準じて，以下の手順で片脚立位課題中の COP データを処理し，静的姿勢安定性の指標である TTB 指標を算出した [65,67]．すべての処理は MATLAB (2023a; MathWorks Inc.)で作成されたカスタムプログラムを用いて行われた．解析区間は片脚立位保持中の 10 秒間とした．

まず，4th order zero-lag Butterworth low-pass filter with a cutoff frequency of 5 Hz[67] によって COP データの内外側成分 (COP-ML)と前後成分 (COP-AP)のフィルタリングを行った．TTB は COP の位置と速度，そして長方形に近似された足部縁との距離から計算される (図 4.2A)．以下に内外側方向の TTB (TTB-ML)を算出する場合の手順を示す．COP-ML が足部内側縁方向に移動していた場合，COP-ML と足部内側縁との距離 (mm)を算出した．この距離を，対応する COP-ML の速度 (mm/s)で除すことで，COP-ML が加減速なく同じ方向に動き続けた場合に足部内側縁に到達するまでの時間 (TTB-ML (s))を算出した．COP-ML が足部外側縁方向に移動していた場合も同様に，COP-ML と足部外側縁との距離を算出し，対応する COP-ML の速度で除すことで，COP-ML が足部外側縁に到達するまでの時間を算出した．TTB-ML (s)を時系列プロットすると，極大と極小を繰り返す波形が得られる (図 4.2B)．このプロットにおいて，極小値は COP の移動方向が変わる瞬間であり姿勢制御が不安定になる可能性がある点を示す．一方，極大値は最も安定した点を示していると解釈される．TTB-ML の各極小値を minima とし，minima の平均値を mean of minima (s)，最小値を absolute minimum (s)，標準偏差を S.D. (standard deviation) of minima (s)とした．これらの変数はすべて，値が小さいほど姿勢安定性が低いことを意味する．先行研究に基づき，mean of minima，absolute minimum，S.D. of minima の算出にあたって，全体の平均値+2 標準偏差以上の TTB-ML は外れ値と見なし，解析から除外した [137]．

COP-AP に対しても同様の処理を行い，TTB-AP における mean of minima，absolute minimum，S.D. of minima を算出した．

各変数において，成功 3 試行の平均値を代表値として統計学的解析に用いた．

図 4.2. TTB 指標の算出方法の模式図 (A)と TTB の時系列プロット (B). B において赤丸は極小値を示し，姿勢制御が不安定になる可能性のある点を示す.
略語: TTB, time-to-boundary; COP, center of pressure; ML: mediolateral.

4.2.4.2. 動的姿勢安定性

先行研究に準じて，以下の手順で片脚着地課題中の GRF データを処理し，動的姿勢安定性の指標である DPSI 指標を算出した [70,72]. すべての処理は MATLAB (2023a; MathWorks Inc.)で作成されたカスタムプログラムを用いて行われた. 解析区間は IC (垂直床反力 > 10 N)から 3 秒間とした [70].

まず，4th order zero-lag Butterworth low-pass filter with a cutoff frequency of 12 Hz[72] によって GRF データの内外側成分 (GRF-ML)，前後成分 (GRF-AP)，および垂直成分 (GRF-V)のフィルタリングを行った. GRF データの各成分は対象者の静止立位時の値 (N)で除すことで，%BW として表現した [72].

以下の式 (4)～(6)に基づき，GRF-ML，-AP，-V の平均二乗偏差を算出し，それぞれ MLSI, APSI, VSI とした. また式 (7)より 3 成分の合成である DPSI を算出した.

$$MLSI = \sqrt{\sum \frac{(0-x)^2}{number\ of\ data\ points}} \tag{4}$$

$$APSI = \sqrt{\sum \frac{(0-y)^2}{number\ of\ data\ points}} \tag{5}$$

$$VSI = \sqrt{\sum \frac{(1-z)^2}{number\ of\ data\ points}} \tag{6}$$

$$DPSI = \sqrt{\frac{\sum (0-x)^2 + \sum (0-y)^2 + \sum (1-z)^2}{number\ of\ data\ points}} \tag{7}$$

x, y, z はそれぞれ GRF-ML, -AP, -V を示す

各変数において，成功 3 試行の平均値を代表値として統計学的解析に用いた．

4.2.5. 統計学的解析

静的・動的姿勢安定性と kinesiophobia との関連を明らかにするために相関分析を行った．相関分析に先立ち，Shapiro-Wilk 検定を行い各変数の正規性を確認した．各変数の正規性に応じて Pearson product-moment correlation coefficient (R)あるいは Spearman rank-signed correlation coefficient (ρ)を算出し，TTB 指標および DPSI 指標と TSK-11 スコアとの関連を調べた．統計学的有意水準は $\alpha = 0.05$ に設定した．すべての統計学的解析は IBM SPSS Statistics (version 26; IBM Corporation)を用いて行った．

4.3. 結果

4.3.1. 静的姿勢安定性

TTB 指標の解析に際して 1 名のデータ欠損が生じたため，23 名のデータを解析対象とした．図 4.3, 4.4 にそれぞれ開眼・閉眼条件における TTB 指標と TSK-11 スコアの相関を示す．TSK-11 スコアに正規性を認めなかったため，すべての相関分析において ρ を算出した．開眼条件，閉眼条件ともに，すべての変数において TSK-11 スコアとの間に有意な相関は認められなかった ($P > 0.05$, 図 4.3, 4.4).

図 4.3. 開眼条件における TTB 指標と TSK-11 スコアの相関.
略語: TTB, time-to-boundary; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; ML, mediolateral; AP, anteroposterior; S.D., standard deviation.

図 4.4. 閉眼条件における TTB 指標と TSK-11 スコアの相関.

略語: TTB, time-to-boundary; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; ML, mediolateral; AP, anteroposterior; S.D., standard deviation.

4.3.2. 動的姿勢安定性

DPSI 指標の解析に際して 1 名のデータ欠損が生じたため，23 名のデータを解析対象とした．図 4.5 に DPSI 指標と TSK-11 スコアの相関を示す．TSK-11 スコアに正規性を認めなかったため，すべての相関分析において ρ が算出された．すべての変数において TSK-11 スコアとの間に有意な相関は認められなかった ($P > 0.05$).

図 4.5. DPSI 指標と TSK-11 スコアの相関
略語: DPSI, Dynamic Postural Stability Index; TSK-11, Tampa Scale for Kinesiophobia-11; MLSI, mediolateral stability index; APSI, anteroposterior stability index; VSI, vertical stability index.

4.4. 考察

片脚立位課題における TTB 指標と TKS-11 スコアの関連について，開眼条件，閉眼条件ともにすべての変数間で有意な相関を認めなかった ($P > 0.05$; 図 4.3, 4.4)．また，片脚着地課題における DPSI 指標と TKS-11 スコアの関連についても，すべての変数間で有意な相関を認めなかった ($P > 0.05$; 図 4.5)．これらの結果は，CAI 症例において kinesiophobia は静的・動的姿勢安定性と関連しないことを示唆した．

当初の仮説に反して，kinesiophobia は TTB 指標で評価された姿勢安定性と関連しなかった．Han らは，CAI 症例を対象に kinesiophobia の有無で片脚立位課題中の COP 指標を比較し，Romberg ratio (閉眼/開眼比)が kinesiophobia を有する CAI 症例で有意に高かったことを報告した[99]．これより，kinesiophobia を有する CAI 症例は片脚立位保持に対する視覚依存性が高いと考えられる．片脚立位課題における姿勢安定性に対する kinesiophobia の影響は，COP 指標や TTB 指標などの姿勢安定性指標そのものに対してではなく，Romberg ratio で評価される視覚依存性に表れる可能性がある．

先行研究では，CAI 症例において前後および内外側方向の COP 指標と TSK-17 スコアとの間に有意な相関を認めており[98]，本研究とは異なる結果であった．この結果の違いは，静的姿勢安定性指標，およびデータの計測方法の違いに起因した可能性がある．第一に，従来の COP 指標を用いた先行研究と TTB 指標を用いた本研究とでは静的姿勢安定性の評価に用いた指標が異なっていたため，結果が異なった可能性がある．TTB 指標は一部の COP 指標と強い相関性を有していないことから，姿勢安定性評価において従来の COP 指標とは異なる側面を捉えていることが示唆されており[68]，これが結果に影響したと考えられる．また，COP データの計測時間が結果に影響を与えた可能性も考えられる．先行研究では片脚立位中の COP データを 30 秒間計測していた一方[98]，本研究の計測時間は 10 秒であった．片脚立位課題において，データの計測時間は COP 動揺面積の結果に影響を与え，より長い時間の計測によって若年者と高齢者の姿勢安定性の差を検出できることが示されている[138]．さらに両脚立位課題においては，計測時間が延長するにつれ，COP 指標や TTB 指標で評価される姿勢安定性がより低下することが示されており[139]，同様の傾向が片脚立位課題においても認められる可能性がある．本研究は CAI 症例を対象に TTB 指標を評価した先行研究に基づきデータの計測時間を決定したが[65,68]，kinesiophobia の影響を検出するには計測時間が十分でなかった可能性がある．

本研究では，動的姿勢安定性を評価する DPSI 指標と TSK-11 スコアとの間に有意な相関は認められなかった (図 4.5)．DPSI 指標と関連する因子として，足関節背屈可動域，足関節外がえし・内がえし筋，膝関節屈曲・伸展筋力，矢状面上の足関節でのエネルギー吸収，主観的足関節不安定性が報告されており[140,141]， CAI 症例においてはこれらの因子に関連する障害が報告されている[37,66,142]．研究課題 2 において，矢状面上の関節キネマティクスと TSK-11 との間に有意な相関を認めなかったため，本研究において VSI, DPSI と TSK-11 スコアとの間にも相関関係が認められなかったと考えられる．MLSI と APSI については CAI 症例と健常例との間に差がないとする報告がある[71,143,144]．本研究の対象となった CAI 症例も，内外側および前後方向において kinesiophobia が影響するほどの姿勢安定性の低下を有していなかった可能性がある．

VSI や DPSI を用いて CAI 症例の動的姿勢安定性低下を報告した研究では，床反力計中心から 70 cm 離れた地点から両脚でジャンプし，最大垂直跳び高の 50%の高さに設定された目標物に触れた後，片脚で着地する動作課題を用いていた[71,143,144]．一方，本研究では全対象者が 30 cm の

高さからの single-leg drop landing を行った．先行研究で用いられた着地課題と比較して，drop landing は前後方向の重心移動が少なく，前後方向の GRF が小さいと考えられる．同時に，内外側方向の姿勢制御も先行研究に比して簡単であったかもしれない．本研究で用いた動作課題は，kinesiophobia が影響するほどの要求を対象者に与えていなかった可能性がある．

本研究にはいくつかの限界が存在した．第一に，横断研究であったために姿勢安定性と kinesiophobia の因果関係は不明である．前向き研究によって両者の因果関係を確立することで，CAI の病態がより明確に整理されることが期待される．また，本研究はサンプルサイズが小さかったために type II error が生じ，検出できなかった相関関係があった可能性がある．さらに，健常対照群を設けなかったため， CAI 症例が健常例と比較して姿勢安定性の低下を有していたかは不明であった．最後に，本研究の対象者は本学に所属するアスリートから募集したため，結果の一般化を行う際には留意が必要である．

4.5. 結論

本研究は，CAI 症例を対象に静的・動的姿勢安定性と kinesiophobia との関連を検討した．片脚立位動作における TTB 指標，および片脚着地動作における DPSI 指標は TSK-11 スコアと関連しなかった．これより，CAI 症例の静的・動的姿勢安定性は kinesiophobia と関連しないことが示された．

5. 総括論議

本研究は， CAI 症例においてこれまで報告されてきた障害と心理的因子である kinesiophobia との関連を調査し， CAI の病態における kinesiophobia の役割を明らかにすることを目的とした．研究課題 1 では，CAI の有無を定義する上で不可欠な因子である主観的足関節不安定性と kinesiophobia の関連について重回帰分析を用いて検討した．その結果，足関節機能をはじめとした交絡因子の影響を統制した上で，kinesiophobia が主観的足関節不安定性に対して負の影響を及ぼすことがあきらかとなり，また，その寄与は足関節機能と同等かそれ以上であることが示唆された．研究課題 2 および 3 では，CAI 症例が経験する再受傷と関連しうる因子である着地キネマティクスおよび姿勢安定性と kinesiophobia の関連を，相関分析を用いて検討した．結果より，kinesiophobia は片脚着地課題における足関節内がえし角度の大きさと有意に相関することが明らかとなった．一方で，静的・動的姿勢安定性は kinesiophobia と関連しないことが示された．

他のスポーツ外傷において kinesiophobia は様々な障害と関連し，再受傷率を高め，スポーツ復帰を阻害する因子であることが示されている [77–79,89–95]．CAI 症例も健常例と比較して強い kinesiophobia を有することが明らかになっていたが [96]，kinesiophobia が CAI の病態においてどのような役割を果たしているのかは十分に検討されていなかった．本研究結果から，kinesiophobia が主観的足関節不安定性，および再受傷リスクの高い足関節キネマティクスと関連することが示され，これまでに CAI 症例で認められてきた障害と関連することが明らかとなった．今後の臨床および研究においては，これらの障害のメカニズムの一部として kinesiophobia の影響を考慮すべきである．また，これらの障害の改善を目的としたリハビリテーションにおいて， kinesiophobia に着目する必要性が示されたものと考える．

CAI 症例の姿勢安定性に対する介入効果の報告は数多く存在する一方，下肢関節キネマティクスに対する介入効果はほとんど報告されていない [133,134,145]．本研究結果より，kinesiophobia の軽減が CAI 症例の異常キネマティクスの修正に繋がる可能性が示された．認知行動療法など心理的因子に対するアプローチを含んだ介入は，スポーツ外傷の発生リスクを低減させることが meta-analysis によって報告されている [146]．CAI 症例に対する心理的因子を考慮した介入が，kinesiophobia の軽減や着地キネマティクスの改善，そして LAS の再発予防に繋がるか，今後の介入研究において明らかにする必要がある．

一方で，本研究は横断研究であったために kinesiophobia と主観的足関節不安定性，下肢関節キネマティクスとの因果関係を明らかにすることはできなかった．Kinesiophobia が CAI 症例の機能障害の原因であった可能性もあるが，機能障害が kinesiophobia を惹起していた可能性があることに留意する必要がある．今後，前向き研究によって，受傷後の kinesiophobia が一定期間経過後の転帰や障害の残存と関連するかどうかを検討することで，CAI の病態における kinesiophobia の役割を一層明確にすることができるだろう．

6. 結論

本研究では，CAI の病態における kinesiophobia の役割を明らかにするため，CAI 症例を対象に kinesiophobia と他の障害との関連を明らかにすることを目的とした．TSK-11 スコアと，主観的足関節不安定性，下肢関節キネマティクス，および静的・動的姿勢安定性との関連を検討し，以下の結論を得た．

1. TSK-11 スコアは，自己申告による足関節機能，性別，疼痛強度の影響を統制した上で，主観的足関節不安定性と有意に関連した．Kinesiophobia が強いほど，主観的足関節不安定性は増大し，kinesiophobia が主観的足関節不安定性に与える影響は足関節機能と同等かそれ以上であることが示唆された．

2. TSK-11 スコアは，片脚着地課題における前額面上の足関節角度の第 1 主成分得点と有意に相関した．第 1 主成分の解釈より，kinesiophobia が強いほど前額面上の足関節角度が大きいことが示された．CAI 症例においては，kinesiophobia が LAS の再受傷リスクが高い足関節キネマティクスと関連することが示唆された．

3. TSK-11 スコアは，片脚立位課題における TTB 指標，および片脚着地動作における DPSI 指標と相関しなかった．Kinesiophobia は CAI 症例の静的・動的姿勢安定性と関連しないことが示された．

7. 謝辞

本研究は，筆者が北海道大学大学院保健科学院博士後期課程在学中に，同大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野，遠山晴一教授にご指導いただき行われたものです．本研究を遂行するにあたり，遠山晴一教授には研究計画立案から，学会発表，論文作成に至るまで，あらゆる局面で多大なるご指導やご支援を賜りました．至らぬ点ばかりの私に，熱心に御指導くださいました遠山晴一教授に，心からの敬意と感謝の意を表します.

北海道大学大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野，寒川美奈准教授には，研究内容に関していつも親身なご指導，ご指摘を賜り，深く感謝申し上げます．また，ご多忙の中，本論文の主査をお引き受けいただきましたこと，重ねて深謝申し上げます.

北海道大学大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野，越野裕太助教には，本研究の計画立案にはじまり，データ収集，解析，論文執筆に至るまで，幾多のご指導，ご助言を賜りました．心より感謝申し上げます.

北海道大学大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野，石田知也講師には，本研究の遂行および論文執筆に際し，専門的な見地から様々なご指導，ご指摘を賜りました．深く感謝申し上げます.

北海道大学大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野，笠原敏史助教には，本研究に関していつも貴重なご指導，ご指摘を賜りました．深く感謝申し上げます.

北海道大学病院リハビリテーション科，向野雅彦教授，リハビリテーション部，大澤恵留美技師長，由利真副技師長，堀弘明副技師長をはじめとした同部の皆様には，社会人学生としてご理解，ご協力をいただきましたことを深謝申し上げます．また，向野雅彦教授には，ご多忙の中，本論文の副査として親身なご指導，ご指摘を賜りましたことを，心より感謝申し上げます.

北海道大学大学院保健科学研究院運動器障害学研究室の皆様には，本研究を進めるにあたり，多大なるご協力やご支援を賜り，公私に渡って支えていただきましたことを深く感謝いたします.

最後に，長期間に渡る学生生活を最後まで支えてくれた家族に，この場を借りて心から感謝の意を表します.

8. 引用文献

1. Ponkilainen V, Kuitunen I, Liukkonen R, Vaajala M, Reito A, Uimonen M. The incidence of musculoskeletal injuries: a systematic review and meta-analysis. *Bone Joint Res*. 2022;11(11):814-825. doi:10.1302/2046-3758.1111.BJR-2022-0181.R1
2. Shah S, Thomas AC, Noone JM, Blanchette CM, Wikstrom EA. Incidence and Cost of Ankle Sprains in United States Emergency Departments. *Sports Health*. 2016;8(6):547-552. doi:10.1177/1941738116659639
3. Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C. The Incidence and Prevalence of Ankle Sprain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Epidemiological Studies. *Sports Med*. 2014;44(1):123-140. doi:10.1007/s40279-013-0102-5
4. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty CL, Fourchet F, Fong D, Hertel J, Hiller C, Kaminski TW, McKeon PO, Refshauge KM, van der Wees P, Vicenzino B, Wikstrom EA. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(8):585-591. doi:10.2519/jospt.2013.0303
5. Chandran A, Moffit RE, DeJong Lempke AF, Boltz AJ, Alexander AS, Robison HJ, Kerr ZY, Collins CL, Wikstrom EA. Epidemiology of Lateral Ligament Complex Tears of the Ankle in National Collegiate Athletic Association (NCAA) Sports: 2014-15 Through 2018-19. *Am J Sports Med*. 2023;51(1):169-178. doi:10.1177/03635465221138281
6. Fong DTP, Hong Y, Chan LK, Yung PSH, Chan KM. A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports. *Sports Med*. 2007;37(1):73-94. doi:10.2165/00007256-200737010-00006
7. Roos KG, Kerr ZY, Mauntel TC, Djoko A, Dompier TP, Wikstrom EA. The Epidemiology of Lateral Ligament Complex Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sports. *Am J Sports Med*. 2017;45(1):201-209. doi:10.1177/0363546516660980
8. de Noronha M, Lay EK, Mcphee MR, Mnatzaganian G, Nunes GS. Ankle sprain has higher occurrence during the latter parts of matches: Systematic review with meta-analysis. *J Sport Rehabil*. 2019;28(4):373-380. doi:10.1123/jsr.2017-0279

9. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019;54(6):603-610. doi:10.4085/1062-6050-447-17

10. Dick R, Agel J, Marshall SW. National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System commentaries: introduction and methods. *J Athl Train*. 2007;42(2):173-182.

11. Swenson DM, Collins CL, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of US High School sports-related ligamentous ankle injuries, 2005/06-2010/11. *Clin J Sport Med*. 2013;23(3):190-196. doi:10.1097/JSM.0b013e31827d21fe

12. van den Bekerom MPJ, Oostra RJ, Golanó P, van Dijk CN. The anatomy in relation to injury of the lateral collateral ligaments of the ankle: a current concepts review. *Clin Anat*. 2008;21(7):619-626. doi:10.1002/ca.20703

13. Khawaji B, Soames R. The anterior talofibular ligament: A detailed morphological study. *Foot*. 2015;25(3):141-147. doi:10.1016/j.foot.2015.05.004

14. de Asla RJ, Kozánek M, Wan L, Rubash HE, Li G. Function of anterior talofibular and calcaneofibular ligaments during in-vivo motion of the ankle joint complex. *J Orthop Surg Res*. 2009;4:7. doi:10.1186/1749-799X-4-7

15. Yang H, Su M, Chen Z, et al. Anatomic Measurement and Variability Analysis of the Anterior Talofibular Ligament and Calcaneofibular Ligament of the Ankle. *Orthop J Sports Med*. 2021;9(11):23259671211047268. doi:10.1177/23259671211047269

16. Taser F, Shafiq Q, Ebraheim NA. Anatomy of lateral ankle ligaments and their relationship to bony landmarks. *Surg Radiol Anat*. 2006;28(4):391-397. doi:10.1007/s00276-006-0112-1

17. Kobayashi T, Yamakawa S, Watanabe K, et al. The in situ force in the calcaneofibular ligament and the contribution of this ligament to ankle joint stability. *Clin Biomech*. 2016;40:8-13. doi:10.1016/j.clinbiomech.2016.10.009

18. Li L, Gollhofer A, Lohrer H, Dorn-Lange N, Bonsignore G, Gehring D. Function of ankle ligaments for subtalar and talocrural joint stability during an inversion movement - an in vitro study. *J Foot Ankle Res*. 2019;12:16. doi:10.1186/s13047-019-0330-5

19. Lysdal FG, Wang Y, Delahunt E, et al. What have we learnt from quantitative case reports of acute lateral ankle sprains injuries and episodes of 'giving-way' of the ankle joint, and what shall we further investigate? *Sports Biomech*. 2022;21(4):359-379. doi:10.1080/14763141.2022.2035801

20. Fong DTP, Hong Y, Yosuke S, Krosshaug T, Yung PSH, Chan KM. Biomechanics of Supination Ankle Sprain :A Case Report of an Accidental Injury Event in the Laboratory. *Am J Sports Med*. 2009;37(4):822-827.

21. Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Kinematics and kinetics of an accidental lateral ankle sprain. *J Biomech*. 2011;44(14):2576-2578. doi:10.1016/j.jbiomech.2011.07.014

22. Mok KM, Fong DTP, Krosshaug T, et al. Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports: 2 cases during the 2008 Beijing Olympics. *Am J Sports Med*. 2011;39(7):1548-1552. doi:10.1177/0363546511399384

23. Skazalski C, Kruczynski J, Bahr MA, Bere T, Whiteley R, Bahr R. Landing-related ankle injuries do not occur in plantarflexion as once thought: A systematic video analysis of ankle injuries in world-class volleyball. *Br J Sports Med*. 2018;52(2):74-82. doi:10.1136/bjsports-2016-097155

24. Panagiotakis E, Mok KM, Fong DTP, Bull AMJ. Biomechanical analysis of ankle ligamentous sprain injury cases from televised basketball games: Understanding when, how and why ligament failure occurs. *J Sci Med Sport*. 2017;20(12):1057-1061. doi:10.1016/j.jsams.2017.05.006

25. Wikstrom EA, Cain MS, Chandran A, et al. Lateral Ankle Sprain and Subsequent Ankle Sprain Risk: A Systematic Review. *J Athl Train*. 2021;56(6):578-585. doi:10.4085/1062-6050-168-20

26. Mason J, Kniewasser C, Hollander K, Zech A. Intrinsic Risk Factors for Ankle Sprain Differ Between Male and Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Open*. 2022;8(1):139. doi:10.1186/s40798-022-00530-y

27. Kobayashi T, Tanaka M, Shida M. Intrinsic risk factors of lateral ankle sprain: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*. 2016;8(2):190-193. doi:10.1177/1941738115623775

28. Delahunt E, Remus A. Risk Factors for Lateral Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019;54(6):1062-6050-44-18. doi:10.4085/1062-6050-44-18

29. Wang HK, Chen CH, Shiang TY, Jan MH, Lin KH. Risk-Factor Analysis of High School Basketball-Player Ankle Injuries: A Prospective Controlled Cohort Study Evaluating Postural Sway, Ankle Strength, and Flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(6):821-825. doi:10.1016/j.apmr.2006.02.024

30. Willems T, Witvrouw E, Delbaere K, De Cock A, De Clercq D. Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: A prospective study of risk factors. *Gait Posture*. 2005;21(4):379-387. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.04.002

31. Grassi A, Alexiou K, Amendola A, et al. Postural stability deficit could predict ankle sprains: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(10):3140-3155. doi:10.1007/s00167-017-4818-x

32. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Recovery From a First-Time Lateral Ankle Sprain and the Predictors of Chronic Ankle Instability. *Am J Sports Med*. 2016;44(4):995-1003. doi:10.1177/0363546516628870

33. Lin CI, Mayer F, Wippert PM. The prevalence of chronic ankle instability in basketball athletes: a cross-sectional study. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2022;14(1):27. doi:10.1186/s13102-022-00418-0

34. Koshino Y, Samukawa M, Murata H, et al. Prevalence and characteristics of chronic ankle instability and copers identified by the criteria for research and clinical practice in collegiate athletes. *Phys Ther Sport*. 2020;45:23-29. doi:10.1016/j.ptsp.2020.05.014

35. Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *J Athl Train*. 2002;37(4):364-375.

36. Hiller CE, Kilbreath SL, Refshauge KM. Chronic ankle instability: Evolution of the model. *J Athl Train*. 2011;46(2):133-141. doi:10.4085/1062-6050-46.2.133

37. Hertel J, Corbett RO. An Updated Model of Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019;54(6):572-588. doi:10.4085/1062-6050-344-18

38. Al Mahrouqi MM, MacDonald DA, Vicenzino B, Smith MD. Quality of life, function and disability in individuals with chronic ankle symptoms: a cross-sectional online survey. *J Foot Ankle Res*. 2020;13(1):1-9. doi:10.1186/s13047-020-00432-w

39. Martin RRL, Davenport TE, Fraser JJ, et al. Ankle stability and movement coordination impairments: Lateral ankle ligament sprains revision 2021. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2021;51(4):CPG1-CPG80. doi:10.2519/JOSPT.2021.0302

40. Thanasootr KO, Hunsawong T, Chatchawan U, Siritaratiwat W. A 6-Week Nine-Square Exercise Programme for Collegiate Athletes with Chronic Ankle Instability: A Randomised Controlled Trial. *Malays J Med Sci*. 2022;29(6):104-114. doi:10.21315/mjms2022.29.6.10

41. Kim KM, Estepa-Gallego A, Estudillo-Martínez MD, Castellote-Caballero Y, Cruz-Díaz D. Comparative effects of neuromuscular- and strength-training protocols on pathomechanical, sensory-perceptual, and motor-behavioral impairments in patients with chronic ankle instability: Randomized controlled trial. *Healthcare*. 2022;10(8):1364. doi:10.3390/healthcare10081364

42. Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. *J Athl Train*. 2015;50(1):36-44. doi:10.4085/1062-6050-49.3.71

43. Kosik KB, Hoch MC, Heebner NR, Hartzell J, Gribble PA. A laboratory captured 'giving way' episode during a single-leg landing task in an individual with unilateral chronic ankle instability. *J Biomech*. 2019;90:153-158. doi:10.1016/j.jbiomech.2019.05.009

44. Li Y, Ko J, Zhang S, Brown CN, Simpson KJ. Biomechanics of ankle giving way: A case report of accidental ankle giving way during the drop landing test. *J Sport Health Sci*. 2019;8(5):494-502. doi:10.1016/j.jshs.2018.01.002

45. Terada M, Gribble PA. Jump landing biomechanics during a laboratory recorded recurrent ankle sprain. *Foot Ankle Int*. 2015;36(7):842-848. doi:10.1177/1071100715576517

46. Takeda R, Nakajima K, Anzai E, Tanaka S, Ohta Y, Matsumoto T. A "Giving way" captured during walking by gyroscopes and plantar force sensors. *J Biomech*. 2021;129:110754. doi:10.1016/j.jbiomech.2021.110754

47. Drewes LK, McKeon PO, Paolini G, et al. Altered ankle kinematics and shank-rear-foot coupling in those with chronic ankle instability. *J Sport Rehabil*. 2009;18(3):375-388. doi:10.1123/jsr.18.3.375

48. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Altered Neuromuscular Control and Ankle Joint Kinematics during Walking in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint. *Am J Sports Med*. 2006;34(12):1970-1976. doi:10.1177/0363546506290989

49. Monaghan K, Delahunt E, Caulfield B. Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls. *Clin Biomech* . 2006;21(2):168-174. doi:10.1016/j.clinbiomech.2005.09.004

50. Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. Lower limb biomechanics in individuals with chronic ankle instability during gait: a case-control study. *J Foot Ankle Res*. 2021;14(1):1-10. doi:10.1186/s13047-021-00476-6

51. Chinn L, Dicharry J, Hertel J. Ankle kinematics of individuals with chronic ankle instability while walking and jogging on a treadmill in shoes. *Phys Ther Sport*. 2013;14(4):232-239. doi:10.1016/j.ptsp.2012.10.001

52. Deschamps K, Dingenen B, Pans F, Van Bavel I, Matricali GA, Staes F. Effect of taping on foot kinematics in persons with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport*. 2016;19(7):541-546. doi:10.1016/j.jsams.2015.07.015

53. Lin CF, Chen CY, Lin CW. Dynamic ankle control in athletes with ankle instability during sports maneuvers. *Am J Sports Med*. 2011;39(9):2007-2015. doi:10.1177/0363546511406868

54. Chan LYT, Sim YTN, Gan FK, Bin Abd Razak HR. Effect of chronic ankle instability on lower extremity kinematics, dynamic postural stability, and muscle activity during unilateral jump-landing tasks: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2022;55:176-188. doi:10.1016/j.ptsp.2022.04.005

55. Simpson JD, Stewart EM, Macias DM, Chander H, Knight AC. Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review. *Phys Ther Sport*. 2019;37:210-219. doi:10.1016/j.ptsp.2018.06.003

56. Son SJ, Kim H, Seeley MK, Hopkins JT. Movement strategies among groups of chronic ankle instability, coper, and control. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(8):1649-1661. doi:10.1249/MSS.0000000000001255

57. Kim H, Son SJ, Seeley MK, Hopkins JT. Altered movement strategies during jump landing/cutting in patients with chronic ankle instability. *Scand J Med Sci Sports*. 2019;29:1130-1140. doi:10.1111/sms.13445

58. Koshino Y, Ishida T, Yamanaka M, et al. Kinematics and muscle activities of the lower limb during a side-cutting task in subjects with chronic ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(4):1071-1080. doi:10.1007/s00167-015-3745-y

59. Koshino Y, Yamanaka M, Ezawa Y, et al. Lower limb joint motion during a cross cutting movement differs inindividuals with and without chronic ankle instability. *Phys Ther Sport*. 2014;15(4):242-248. doi:10.1016/j.ptsp.2013.12.001

60. Simpson JD, Rendos NK, Stewart EM, et al. Bilateral spatiotemporal postural control impairments are present in participants with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport*. 2019;39:1-7. doi:10.1016/j.ptsp.2019.06.002

61. Dejong AF, Koldenhoven RM, Hertel J. Proximal Adaptations in Chronic Ankle Instability: Systematic Review and Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(7):1563-1575. doi:10.1249/MSS.0000000000002282

62. Xu Y, Song B, Ming A, Zhang C, Ni G. Chronic ankle instability modifies proximal lower extremity biomechanics during sports maneuvers that may increase the risk of ACL injury: A systematic review. *Front Physiol*. 2022;13:1036267. doi:10.3389/fphys.2022.1036267

63. O'Sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk GD. *Physical Rehabilitation*. 6th ed. F.A. Davis Company; 2014.

64. Arnold BL, De La Motte S, Linens S, Ross SE. Ankle instability is associated with balance impairments: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(5):1048-1062. doi:10.1249/MSS.0b013e318192d044

65. Hertel J, Olmsted-Kramer LC. Deficits in time-to-boundary measures of postural control with chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2007;25(1):33-39. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.12.009

66. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing. *J Athl Train*. 2008;43(3):293-304. doi:10.4085/1062-6050-43.3.293

67. McKeon PO, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba E, Bennett BC, Hertel J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(10):1810-1819. doi:10.1249/MSS.0b013e31817e0f92

68. Hertel J, Olmsted-Kramer LC, Challis JH. Time-to-boundary measures of postural control during single leg quiet standing. *J Appl Biomech*. 2006;22(1):67-73. doi:10.1123/jab.22.1.67

69. Wikstrom EA, Tillman MD, Borsa PA. Detection of dynamic stability deficits in subjects with functional ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(2):169-175. doi:10.1249/01.MSS.0000149887.84238.6C

70. Wikstrom EA, Tillman MD, Smith AN, Borsa PA. A new force-plate technology measure of dynamic postural stability: The dynamic postural stability index. *J Athl Train*. 2005;40(4):305-309.

71. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Borsa PA. Dynamic postural stability deficits in subjects with self-reported ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(3):397-402. doi:10.1249/mss.0b013e31802d3460

72. Huurnink A, Fransz DP, Kingma I, de Boode VA, van Dieën JH. The assessment of single-leg drop jump landing performance by means of ground reaction forces: A methodological study. *Gait Posture*. 2019;73:80-85. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.06.015

73. Kori S, Miller R, Todd D. Kinesiophobia : a new view of chronic pain behavior. *Pain Manag*. 1990;3:35-43.

74. Vlaeyen JW, Kole-Snijders AM, Rotteveel AM, Ruesink R, Heuts PH. The role of fear of movement/(re)injury in pain disability. *J Occup Rehabil*. 1995;5(4):235-252. doi:10.1007/BF02109988

75. Vlaeyen JWS, Kole-Snijders AMJ, Boeren RGB, van Eek H. Fear of movement/(re)injury in chronic low back pain and its relation to behavioral performance. *Pain*. 1995;62(3):363-372. doi:10.1016/0304-3959(94)00279-N

76. Kvist J, Silbernagel KG. Fear of Movement and Reinjury in Sports Medicine: Relevance for Rehabilitation and Return to Sport. *Phys Ther*. 2022;102(2). doi:10.1093/ptj/pzab272

77. Ueda Y, Matsushita T, Shibata Y, et al. Satisfaction with playing pre-injury sports 1 year after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring autograft. *Knee*. 2021;33:282-289. doi:10.1016/j.knee.2021.10.013

78. Tripp DA, Stanish W, Ebel-Lam A, Brewer BW, Birchard J. Fear of reinjury, negative affect, and catastrophizing predicting return to sport in recreational athletes with anterior cruciate ligament injuries at 1 year postsurgery. *Rehabil Psychol*. 2007;52(1):74-81. doi:10.1037/0090-5550.52.1.74

79. Chmielewski TL, Jones D, Day T, Tillman SM, Lentz TA, George SZ. The association of pain and fear of movement/reinjury with function during anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008;38(12):746-753. doi:10.2519/jospt.2008.2887

80. Lentz TA, Barabas JA, Day TIM, Bishop MD, George SZ. The relationship of pain intensity, physical impairment, and pain-related fear to function in patients with shoulder pathology. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(4):270-277. doi:10.2519/jospt.2009.2879

81. Miller RP, Kori SH, Todd DD. The Tampa Scale: a Measure of Kinisophobia. *Clin J Pain*. 1991;7(1):51.

82. Waddell G, Newton M, Henderson I, Somerville D, Main CJ. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*. 1993;52(2):157-168. doi:10.1016/0304-3959(93)90127-B

83. Kikuchi N, Matsudaira K, Sawada T, Oka H. Psychometric properties of the Japanese version of the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK-J) in patients with whiplash neck injury pain and/or low back pain. *J Orthop Sci*. 2015;20(6):985-992. doi:10.1007/s00776-015-0751-3

84. Matsudaira K, Kikuchi N, Murakami A, Isomura T. Psychometric properties of the Japanese version of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ). *J Orthop Sci*. 2014;19(1):26-32. doi:10.1007/s00776-013-0471-5

85. Woby SR, Roach NK, Urmston M, Watson PJ. Psychometric properties of the TSK-11: a shortened version of the Tampa Scale for Kinesiophobia. *Pain*. 2005;117(1-2):137-144. doi:10.1016/j.pain.2005.05.029

86. Ross MD. The relationship between functional levels and fear-avoidance beliefs following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Traumatol*. 2010;11(4):237-243. doi:10.1007/s10195-010-0118-7

87. Houston MN, Hoch JM, Hoch MC. College Athletes With Ankle Sprain History Exhibit Greater Fear-Avoidance Beliefs. *J Sport Rehabil*. 2018;27(5):419-423. doi:10.1123/jsr.2017-0075

88. Piva SR, Fitzgerald GK, Irrgang JJ, et al. Associates of Physical Function and Pain in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(2):285-295. doi:10.1016/j.apmr.2008.08.214

89. Kvist J, Ek A, Sporrstedt K, Good L. Fear of re-injury: A hindrance for returning to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005;13(5):393-397. doi:10.1007/s00167-004-0591-8

90. Lentz TA, Tillman SM, Indelicato PA, Moser MW, George SZ, Chmielewski TL. Factors associated with function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Health*. 2009;1(1):47-53. doi:10.1177/1941738108326700

91. Paterno MV, Flynn K, Thomas S, Schmitt LC. Self-Reported Fear Predicts Functional Performance and Second ACL Injury After ACL Reconstruction and Return to Sport: A Pilot Study. *Sports Health*. 2018;10(3):228-233. doi:10.1177/1941738117745806

92. Bakhsh HR, Metikala S, Billy GG, Vairo GL. Association Between Self-Reported Kinesiophobia and Single-Leg Hop for Distance in Patients With ACL Reconstruction: A Systematic Review. *Sports Health*. 2022;14(5):674-680. doi:10.1177/19417381211049357

93. Dudley RI, Lohman EB, Patterson CS, Knox KG, Gharibvand L. The relationship between kinesiophobia and biomechanics in anterior cruciate ligament reconstructed females. *Phys Ther Sport*. 2022;56:32-37. doi:10.1016/j.ptsp.2022.06.002

94. Marusic J, University of Primorska, Faculty of Health Sciences, Izola, Slovenia, Dolenc P, Sarabon N, University of Primorska, Faculty of Health Sciences, Izola, Slovenia, University of Primorska, Faculty of Health Sciences, Izola, Slovenia. Psychological aspect of rehabilitation and return to sport following lower limb injuries. *Montenegrin J Sports Sci Med*. 2020;9(2):59-64. doi:10.26773/mjssm.200902

95. Olsson N, Karlsson J, Eriksson BI, Brorsson A, Lundberg M, Silbernagel KG. Ability to perform a single heel-rise is significantly related to patient-reported outcome after Achilles tendon rupture. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(1):152-158. doi:10.1111/j.1600-0838.2012.01497.x

96. Suttmiller AMB, McCann RS. Injury-Related Fear in Individuals With and Without Chronic Ankle Instability: A Systematic Review. *J Sport Rehabil*. 2021;30(8):1203-1212. doi:10.1123/jsr.2021-0015

97. Woby SR, Urmston M, Watson PJ. Self-efficacy mediates the relation between pain-related fear and outcome in chronic low back pain patients. *Eur J Pain*. 2007;11(7):711-718. doi:10.1016/j.ejpain.2006.10.009

98. Alshahrani MS, Reddy RS. Relationship between Kinesiophobia and Ankle Joint Position Sense and Postural Control in Individuals with Chronic Ankle Instability-A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(5). doi:10.3390/ijerph19052792

99. Han S, Oh M, Lee H, Hopkins JT. The effects of kinesiophobia on postural control with chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2024;107:269-274. doi:10.1016/j.gaitpost.2023.10.014

100. Suttmiller AMB, Cavallario JM, Baez SE, Martinez JC, McCann RS. Perceived instability, pain, and psychological factors predict function and disability in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2022;57(11-12):1048-1054. doi:10.4085/1062-6050-0605.21

101. Goldberg P, Zeppieri G, Bialosky J, et al. Kinesiophobia and Its Association With Health-Related Quality of Life Across Injury Locations. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(1):43-48. doi:10.1016/j.apmr.2017.06.023

102. Adal SA, Mackey M, Pourkazemi F, Hiller CE. The relationship between pain and associated characteristics of chronic ankle instability: A retrospective study. *J Sport Health Sci*. 2020;9(1):96-101. doi:10.1016/j.jshs.2019.07.009

103. Vuurberg G, Kluit L, van Dijk CN. The Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) in the Dutch population with and without complaints of ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(3):882-891. doi:10.1007/s00167-016-4350-4

104. Wang W, Liao D, Kang X, et al. Development of a valid Chinese version of the Cumberland Ankle Instability Tool in Chinese-speaking patients with chronic ankle instability disorders. *Sci Rep*. 2021;11(1):9747. doi:10.1038/s41598-021-87848-x

105. Kunugi S, Masunari A, Noh B, Mori T, Yoshida N, Miyakawa S. Cross-cultural adaptation, reliability, and validity of the Japanese version of the Cumberland ankle instability tool. *Disabil Rehabil*. 2017;39(1):50-58. doi:10.3109/09638288.2016.1138555

106. Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, Herbert RD, Kilbreath SL. The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(9):1235-1241. doi:10.1016/j.apmr.2006.05.022

107. Arnold BL, Wright CJ, Ross SE. Functional Ankle Instability and Health-Related Quality of Life. *J Athl Train*. 2011;46(6):634-641. doi:10.4085/1062-6050-46.6.634

108. Uematsu D, Suzuki H, Sasaki S, et al. Evidence of validity for the Japanese version of the foot and ankle ability measure. *J Athl Train*. 2015;50(1):65-70. doi:10.4085/1062-6050-49.3.42

109. Hair JF, Babin BJ. *Multivariate Data Analysis*. 8th ed. Cengage; 2018.

110. Durbin J, Watson GS. Testing for serial correlation in least squares regression. II. *Biometrika*. 1951;38(1-2):159-178.

111. Houston MN, Van Lunen BL, Hoch MC. Health-related quality of life in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2014;49(6):758-763. doi:10.4085/1062-6050-49.3.54

112. Hadadi M, Ebrahimi Takamjani I, Ebrahim Mosavi M, Aminian G, Fardipour S, Abbasi F. Cross-cultural adaptation, reliability, and validity of the Persian version of the Cumberland Ankle Instability Tool. *Disabil Rehabil*. 2017;39(16):1644-1649. doi:10.1080/09638288.2016.1207105

113. Tanen L, Docherty CL, Van Der Pol B, Simon J, Schrader J. Prevalence of chronic ankle instability in high school and division I athletes. *Foot Ankle Spec*. 2014;7(1):37-44. doi:10.1177/1938640013509670

114. Ericksen H, Gribble PA. Sex differences, hormone fluctuations, ankle stability, and dynamic postural control. *J Athl Train*. 2012;47(2):143-148. doi:10.4085/1062-6050-47.2.143

115. Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ Jr. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(13):2279-2284. doi:10.2106/JBJS.I.01537

116. Baez S, Collins K, Harkey M, et al. Kinesiophobia Is Associated with Peak Knee Abduction Angle during Jump Landing after ACL Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc*. 2023;55(3):462-468. doi:10.1249/MSS.0000000000003075

117. Baez SE, Hoch JM, Cormier M. The Stress and Injury Model and Cognitive Appraisal Model: Implications for Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Athl Train Sports Health Care*. 2020;12(4):181-187. doi:10.3928/19425864-20190924-02

118. Eysenck MW, Derakshan N, Santos R, Calvo MG. Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*. 2007;7(2):336-353. doi:10.1037/1528-3542.7.2.336

119. Hopkins JT, Son SJ, Kim H, Page G, Seeley MK. Characterization of Multiple Movement Strategies in Participants With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019;54(6):698-707. doi:10.4085/1062-6050-480-17

120. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res*. 1990;8(3):383-392. doi:10.1002/jor.1100080310

121. Watanabe K, Koshino Y, Ishida T, Samukawa M, Tohyama H. Energy dissipation during single-leg landing from three heights in individuals with and without chronic ankle instability. *Sports Biomech*. 2022;21(4):408-427. doi:10.1080/14763141.2021.2009549

122. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Reliability of landing 3D motion analysis: Implications for longitudinal analyses. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(11):2021-2028. doi:10.1249/mss.0b013e318149332d

123. O'connor KM, Bottum MC. Differences in Cutting Knee Mechanics Based on Principal Components Analysis. *Med Sci Sports Exercise*. 2009;41(4):867. doi:10.1249/MSS.0b013e31818f8743

124. Edward Jackson J. *A User's Guide to Principal Components*. Wiley; 1991. doi:10.1002/0471725331

125. Brandon SCE, Graham RB, Almosnino S, Sadler EM, Stevenson JM, Deluzio KJ. Interpreting principal components in biomechanics: representative extremes and single component reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013;23(6):1304-1310. doi:10.1016/j.jelekin.2013.09.010

126. Jolliffe IT. *Principal Component Analysis*. Springer New York; 2002. doi:10.1007/b98835

127. Ramsay JO, Silverman BW. *Functional Data Analysis*. Springer New York; 1997. doi:10.1007/978-1-4757-7107-7

128. Williams JM, Andersen MB. Psychosocial antecedents of sport injury: Review and critique of the stress and injury model'. *J Appl Sport Psychol*. 1998;10(1):5-25. doi:10.1080/10413209808406375

129. de Oliveira Silva D, Barton CJ, Briani RV, et al. Kinesiophobia, but not strength is associated with altered movement in women with patellofemoral pain. *Gait Posture*. 2019;68:1-5. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.10.033

130. Markström JL, Grinberg A, Häger CK. Fear of Reinjury Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Manifested in Muscle Activation Patterns of Single-Leg Side-Hop Landings. *Phys Ther*. 2022;102(2). doi:10.1093/ptj/pzab218

131. Trigsted SM, Cook DB, Pickett KA, Cadmus-Bertram L, Dunn WR, Bell DR. Greater fear of reinjury is related to stiffened jump-landing biomechanics and muscle activation in women after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(12):3682-3689. doi:10.1007/s00167-018-4950-2

132. Xue X, Ma T, Li Q, Song Y, Hua Y. Chronic ankle instability is associated with proprioception deficits: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci*. 2021;10(2):182-191. doi:10.1016/j.jshs.2020.09.014

133. Kim E, Choi H, Cha JH, Park JC, Kim T. Effects of Neuromuscular Training on the Rear-foot Angle Kinematics in Elite Women Field Hockey Players with Chronic Ankle Instability. *J Sports Sci Med*. 2017;16(1):137-146.

134. Feger MA, Donovan L, Herb CC, et al. Effects of 4-week impairment-based rehabilitation on jump-landing biomechanics in chronic ankle instability patients. *Phys Ther Sport*. 2021;48:201-208. doi:10.1016/j.ptsp.2020.07.005

135. Powden CJ, Koldenhoven RM, Simon JE, et al. Participant-Level Analysis of the Effects of Interventions on Patient-Reported Outcomes in Patients With Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil*. 2023;32(2):124-132. doi:10.1123/jsr.2022-0053

136. Wikstrom EA, Song K. Generic and psychological patient-reported deficits in those with chronic ankle instability: A cross sectional study. *Phys Ther Sport*. 2019;40:137-142. doi:10.1016/j.ptsp.2019.09.004

137. Richmond SB, Whittier TT, Peterson DS, Fling BW. Advanced characterization of static postural control dysfunction in persons with multiple sclerosis and associated neural mechanisms. *Gait Posture*. 2021;83:114-120. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.10.015

138. Parreira RB, Boer MC, Rabello L, Costa V de SP, de Oliveira E Jr, da Silva RA Jr. Age-related differences in center of pressure measures during one-leg stance are time dependent. *J Appl Biomech*. 2013;29(3):312-316. doi:10.1123/jab.29.3.312

139. Richmond SB, Otto G, Dames KD. Characterization of trial duration in traditional and emerging postural control measures. *J Biomech*. 2023;147:111438. doi:10.1016/j.jbiomech.2023.111438

140. Williams VJ, Nagai T, Sell TC, et al. Prediction of Dynamic Postural Stability During Single-Leg Jump Landings by Ankle and Knee Flexibility and Strength. *J Sport Rehabil*. 2016;25(3):266-272. doi:10.1123/jsr.2015-0001

141. Mineta S, Fukano M, Hirose N. Less impact absorption at the ankle joint is related to the single-leg landing stability deficit in patients with chronic ankle instability. *J Biomech*. 2023;149:111509. doi:10.1016/j.jbiomech.2023.111509

142. McCann RS, Terada M, Kosik KB, Gribble PA. Energy dissipation differs between females with and without chronic ankle instability. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;28(3):1227-1234. doi:10.1111/sms.13004

143. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Naugle KE, Borsa PA. Dynamic postural control but not mechanical stability differs among those with and without chronic ankle instability. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(1):137-144. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00929.x

144. Brown CN, Bowser B, Orellana A. Dynamic postural stability in females with chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(12):2258-2263. doi:10.1249/MSS.0b013e3181e40108

145. Delahunt E, Cusack K, Wilson L, Doherty C. Joint mobilization acutely improves landing kinematics in chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(3):514-519. doi:10.1249/MSS.0b013e3182746d0a

146. Li S, Wu Q, Chen Z. Effects of Psychological Interventions on the Prevention of Sports Injuries: A Meta-analysis. *Orthop J Sports Med*. 2020;8(8):2325967120928325. doi:10.1177/2325967120928325

9. 業績一覧

本論文の一部は以下の論文にて発表した．

1. **Watanabe, K**, Koshino, Y, Kawahara, D, Akimoto, M, Mishina, M, Nakagawa, K, Ishida, T, Kasahara, S, Samukawa, M, Tohyama, H. Kinesiophobia, self-reported ankle function, and sex are associated with perceived ankle instability in college club sports athletes with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport*. 2023;61:45-50. doi:10.1016/j.ptsp.2023.02.008

本論文の一部は以下の学会にて発表した．

1. **渡邊 謙太郎**，越野 裕太，石田 知也，笠原 敏史，寒川 美奈，遠山 晴一．大学生アスリートにおける疼痛および運動恐怖感と主観的足関節不安定性の関連, 第 14 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会，北海道，2022.6.

その他の業績一覧

学術論文

1. Osuka S, Koshino Y, **Watanabe K**, Kataoka Y, Tohyama H. Fear-Avoidance Beliefs Associated with Non-Specific Chronic Low Back Pain in College Athletes. *J Pain Res*. 2024;17:285-292. doi:10.2147/JPR.S447121
2. Koshino Y, **Watanabe K**, Akimoto M, Ishida T, Samukawa M, Kasahara S, Tohyama H. Factors associated with persistent pain in college athletes with a history of lateral ankle sprain. *Phys Ther Sport*. 2023;64,27-31. doi:10.1016/j.ptsp.2023.08.007
3. Yamashita M, Ishida T, Osuka S, **Watanabe K**, Samukawa M, Kasahara S, Kondo E, Tohyama H. Trunk Muscle Activities during Ergometer Rowing in Rowers with and without Low Back Pain. *J Sports Sci Med*. 2023;22,338-344. doi:10.52082/jssm.2023.338
4. Koshino Y, Akimoto M, Kawahara D, **Watanabe K**, Ishida T, Samukawa M, Kasahara S, Tohyama H. Inertial Sensor-Based Assessment of Static Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability. *J Sports Sci Med*. 2023;22,36-43. doi:10.52082/jssm.2023.36
5. Osuka S, Sudo H, Yamada K, Tachi H, **Watanabe K**, Sentoku F, Chiba T, Iwasaki N, Mukaino M, Tohyama H. Effects of Posterior Spinal Correction and Fusion on Postural Stability in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Clin Med*. 2023;12,270. doi:10.3390/jcm12010270
6. Kawahara D, Koshino Y, **Watanabe K**, Akimoto M, Ishida T, Kasahara S, Samukawa M, Tohyama H. Lower limb kinematics during single leg landing in three directions in individuals with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport*. 2022;57,71-77. doi:10.1016/j.ptsp.2022.07.011
7. **Watanabe K**, Koshino Y, Ishida T, Samukawa M, Tohyama H. Energy dissipation during single-leg landing from three heights in individuals with and without chronic ankle instability. *Sports Biomech*. 2022;21(4),408-427. doi:10.1080/14763141.2021.2009549
8. Koshino Y, Samukawa M, Chida S, Okada S, Tanaka H, **Watanabe K**, Chijimatsu M, Yamanaka M, Tohyama H. Postural Stability and Muscle Activation Onset during Double- to Single-Leg Stance Transition in Flat-Footed Individuals. *J Sports Sci Med*. 2020;19(4),662-669.

学会発表 (口述発表)

1. **渡邊 謙太郎**，越野 裕太，中川 胡純，石田 知也，笠原 敏史，寒川 美奈，遠山 晴一．慢性足関節不安定症症例における片脚ヒールレイズと片脚着地動作中の足関節キネマティクスの相関性．第 34 回日本臨床スポーツ医学会学術集会，神奈川，2023.11.
2. 中川 胡純，越野 裕太，**渡邊 謙太郎**，石田 知也，笠原 敏史，寒川 美奈，遠山 晴一．慢性足関節不安定症症例における疼痛と着地動作時の下肢関節 kinematics の関連．第 34 回日本臨床スポーツ医学会学術集会，神奈川，2023.11.
3. 江 林京，笠原 敏史，衛 雨亭，**渡邊 謙太郎**，石田 知也，寒川 美奈，遠山 晴一．ランダムオーダーによる足関節底屈筋力トレーニングがトレーニングを行っていない健常若年者に及ぼす影響．第 14 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会，北海道，2022.6.
4. 秋元 萌子，**渡邊 謙太郎**，越野 裕太，川原 大輝，石田 知也，寒川 美奈，笠原 敏史，遠山 晴一．慢性足関節不安定症症例における片脚ヒールレイズ中の後足部 kinematics と足底圧中心位置の特徴．第 32 回日本臨床スポーツ医学会学術集会，オンライン開催，2021.11.
5. 川原 大輝，**渡邊 謙太郎**，越野 裕太，秋元 萌子，石田 知也，寒川 美奈，遠山 晴一．慢性足関節不安定症症例の前方、内側、外側方向への片脚着地における下肢関節 kinematics の検討．第 31 回日本臨床スポーツ医学会学術集会，オンライン開催，2020.11.
6. 並木 隆浩，高木 瑛梨，石田 知也，**渡邊 謙太郎**，石垣 大輔，寒川 美奈．成長期サッカー選手における足関節捻挫既往が片脚立位バランスに与える影響．第 75 回日本体力医学会大会，オンライン開催，2020.9.
7. 不動 桃子，石田 知也，大須賀 聡，齋藤 優輝，**渡邊 謙太郎**，遠山 晴一．腰痛を有するボート選手の rowing 動作における体幹筋活動の検討．第 11 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会，北海道，2019.6.
8. **渡邊 謙太郎**，越野 裕太，千田 周也，石田 知也，寒川 美奈，山中 正紀，遠山 晴一．足関節底屈位における足部運動と足底圧中心外側偏位との相関性の検討，第 137 回北海道整形災害外科学会，北海道，2019.6.
9. **渡邊 謙太郎**，越野 裕太，千田 周也，石田 知也，寒川 美奈，山中 正紀，遠山 晴一．片脚ヒールレイズにおける足底圧中心位置と後足部運動の関係，第 21 回日本体力医学会北海道地方会学術集会，北海道，2019.4.

学会発表 (ポスター発表)

1. **渡邊 謙太郎**, 越野 裕太, 石田 知也, 遠山 晴一，落下高が慢性足関節不安定症症例の片脚着地バイオメカニクスに与える影響，第 12 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会・第 46 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会，兵庫，2020.12.
2. Ishida T, Samukawa M, Ino T, **Watanabe K**, Sabashi K, Hori T, Koshino Y, Tohyama H. Association between lower-limb joint loading pattern and center of pressure during squat exercise in subjects with anterior cruciate ligament reconstruction. The 23rd International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Virtual Congress, 2020.7.
3. **Watanabe K**, Koshino Y, Chida S, Ishida T, Samukawa M, Yamanaka M, Tohyama H. The Relationship between Laterally Shifted Foot Center of Pressure and Rearfoot Inversion during a Single-leg Heel Raise, The 4th FHS International Conference, Hokkaido, 2019.7.