

博士論文要旨

スポーツ競技者におけるハムストリングス肉離れの再受傷の発症機序解明

河合智則

ハムストリングス肉離れ(Hamstrings Strain Injury: HSI)はあらゆるスポーツ競技種目において共通に生じる障害の一つである。ハムストリングスは大腿二頭筋、半腱・半膜様筋で構成される大腿後面の協働筋群であり、肉離れは筋組織の挫傷と定義されている。HSIの発症要因としてHSIの既往歴が大きく関与することが知られているが、HSIの既往歴がHSI再受傷に関与する機序は不明である。一方、HSIでは筋組織だけでなく、筋膜を含む結合組織が損傷されることが報告されている。また、筋膜の中で特に深筋膜には、深部感覚受容器が豊富に存在する。これらのことから筆者はHSIの再受傷の発症機序として、1) HSIの初期受傷により筋組織だけでなく筋膜も損傷されて筋膜(深筋膜)の組織硬度が増大し、これら深筋膜の特性変化は受傷後も長期にわたり継続して存在する、2) 深筋膜の特性変化により深筋膜の深部感覚が障害されて平衡機能の調節障害が生じる、及び3) これら深筋膜の特性変化及びそれに基づく平衡機能障害が競技復帰後も継続して存在するため復帰後の運動時に患肢に高度の機械的ストレスが負荷され、再受傷するという仮説を想定した。そこで本研究は、上記仮説に基づいた3つの研究課題から本仮説を検証した。

研究課題1では、HSI受傷による深筋膜領域の硬度(組織弾性率)変化を解析した。このため、片側HSI既往歴を有するラグビー選手11名を用い、超音波剪断波エラストグラフィ(Shear Wave Elastography: SWE)により患側部及び健側部のハムストリングスの筋及び深筋膜領域の組織弾性率を比較・解析した。その結果、HSI既往歴を有する被験者の受傷部位の深筋膜領域の組織弾性率は健側部と比較して有意に増大したが、筋組織の組織弾性率は患側-健側間で有意差は認められなかった。

研究課題2では、HSI受傷時の深筋膜変化に伴う深部感覚障害を解析した。被験者として男性サッカー選手でHSI既往歴を有する者8名(HSI既往歴群)と既往歴を有さない者(健

常群)8名を用い、ハムストリングス領域の深筋膜領域及び筋組織を含めた連合組織弾性率及び振動覚(深部感覚)を、それぞれ組織硬度計及び音叉計を用いて比較・解析した。これら計測では、HSI既往歴群患側/健側、及び健常群の利き足(優位側)側/非利き(非優位側)側に分けて行なった。その結果、HSI既往歴群患側の平均連合組織弾性率は、健常群の優位側及び非優位側と比較して有意に増大していた。同様に、HSI既往歴群患側の平均連合組織弾性率は、同群の健側と比較して有意に増大していた。一方、HSI既往歴群患側の平均振動覚知覚時間は、健常群の優位側及び非優位側と比較して有意に低下していた。同様に、HSI既往歴群患側の平均振動覚知覚時間は、同群の健側と比較して有意に低下していた。

研究課題3では、下肢の肉離れ既往歴と筋再受傷との関係を解析した。このため、下肢に肉離れ既往歴を有する男性サッカー競技者8名(肉離れ既往歴群)及び既往歴がない8名(健常群)を用いてトレーニングを負荷し、筋損傷の指標として用いられている尿中タイチンNフラグメント(Urinary titin N-terminal fragment: UTF)レベルを比較・解析した。その結果、肉離れ既往歴群及び健常群ともに運動前と比較して運動後UTFレベルが有意に増加した。さらに肉離れ既往歴群における運動前後のUTF値の変化比は健常群と比較して有意に増大していた。また運動前後のUTFレベルと前回の負傷から現在までの期間との間に有意な正相関が認められた。

以上の結果より、1)HSI既往歴を有する競技者では深筋膜領域の組織特性変化が残存している、2)HSI既往歴を有する競技者では、深筋膜領域における特性変化の残存により深部感覚が障害されている、及び3)肉離れ既往歴を有する競技者では、深部感覚障害に由来する平衡機能の調節障害により運動時に高強度の機械的ストレスが罹患肢に負荷されてHSIが再発することが示唆された。これまでHSI再発の要因は明らかにされておらず、本研究により初めてその要因として筋膜が関与することが示唆された。これらのことからHSIの再発を予防するためには、ハムストリング受傷からの競技復帰の判断基準として深筋膜領域の特性変化を評価する必要がある、また筋膜に対する新たなリハビリテーションプログラムを考案することが望まれることなどが示唆された。

審査結果の要旨

河合智則氏による学位審査請求論文に対する本審査会は令和5年12月14日に本学にて河合氏、審査委員3名、オブザーバーとして東亜大学大学院総合学術研究科人間科学専攻主任である古川智教授の計5名で開催された。冒頭30分で論文要旨の説明を河合氏が行い、その後に論文内容についての質疑応答が約20分間行われた。審査委員会から複数の質問がなされ、それらに対して適切な回答が河合氏からなされた。その後、合否判定を審査委員間で行った結果、審査委員会として「合格」の判定を下した。同日、本審査会終了後に公聴会が開催された。公聴会参加者から複数の質問がなされ、それらに対して適切な回答が河合氏からなされた。公聴会終了後、合否の議論を専攻教員間で行った結果、人間科学専攻の総意として「合格」の判定が下された。その後、河合氏は審査委員及び公聴会参加者の意見（1. 解析した筋膜の定義を明確にする、2. 研究課題1-3の研究の進め方に関して論理的に説明する）に従って論文訂正し、審査委員会は論文が適切に修正されていることを確認した。

主たる審査会の内容は以下の通りである。

1. 論文の序論に記載されている筋膜の定義が不明瞭であると審査委員から指摘があった。河合氏より、本研究で対象とした筋膜は深筋膜に該当し、筋膜構造について序論に追記すると回答があった。なお同様の内容を公聴会の質疑応答時に参加者からも質問され、河合氏は上記内容を回答した。
2. HSI 既往歴を有する競技者は筋膜の硬度が HSI の受傷部位に限定して高くなるのか、それとも受傷部位だけでなく広範囲の領域で高くなるのかと審査委員から質問があった。河合氏からは次の回答があった。研究課題1では、受傷部位中心及びその周辺の3領域から筋膜の硬度を測定し、平均値を健側部と比較しており、患側部の深筋膜領域の硬度は健側部と比較して有意に増大していた。一方、研究課題2では、組織硬度の測定部位を個々の受傷部位ではなく被験者間で統一しており、受傷部位に関わらず同一部位（坐骨結節から12.8cm離れた部位）から測定した場合で

も、HSI 既往歴群の患側の組織硬度は健常者と比較し有意に増大していた。これらの結果から、HSI 既往歴を有する競技者では、患側ハムストリングスの広範囲にわたり筋膜硬度が増大していると推測される。

3. 公聴会の質疑応答時に参加者より、研究課題 1-3 の研究の進め方について論理的に分かるように論文を記述・修正して頂きたいとの意見があった。これに対し、河合氏より、意見に基づいて論文を修正するとの回答があった。
4. スポーツ医学において HSI の再受傷の機序は未だ明らかにされておらず重要な課題となっている。本研究は、HSI の再受傷の要因に筋膜が関与するという新たな視点を初めて示したものであり、HSI 再受傷の機序解明だけでなく、再受傷予防や治療法開発に大きく寄与すると考えられる。以上から、本論文はスポーツ医学分野において意義が高く、学位授与に値すると評価された。

以上