様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　４ 年　 ６ 月 １５ 日現在

機関番号：１７７０２
研究種目：若手研究
研究期間：2019～2021
課題番号：１９Ｋ２００７３

研究課題名（和文）剣道における踏み込み時の音に着目した足踵部を傷めない動作への改善方法

研究課題名（英文）How to improve the movement of the foot focusing on the sound at the time to damage the heel part of stepping in kendo.

研究代表者
竹中　健太郎（takenaka, kentaro）

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・教授

研究者番号：９０５０６２９７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　1,300,000円

研究成果の概要（和文）：右足踵部痛は，剣道における代表的な傷害の一つである．本研究は，大学剣道選手の右足踵部痛の傷害経験の有無により対象群を設定し，踏み込みの動作と地面反力，踏み込み時の音の違いについて比較，検討した．その結果，踵を痛めた経験がない選手は，その経験を有する選手に比べ，踏み込みの力が強いにも関わらず，踵を痛めない動作を獲得していた．その特徴は，踏み込み直前に膝関節が屈曲し，膝よりも踵が後方に位置していた．さらに，踵痛未経験者の踏み込み音は高く大きな音であり，踏み込みの音は，右足踵部痛の改善に向けたフォーム修正へのアプローチに活用し得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
本研究においては，右足踵痛の経験の有無により，打突時の動作と踏み込み時に発生する音の違いについて明らかにした．動作の差異については、概ね明らかとなっていたが，踏み込み音との関連性については検討されておらず，本研究は両者の関連性を明らかにしたところに新規性がある．踵を傷めない動作は，大きく高い踏み込み音を発生させることから，動作の修正に向け，音の変化を改善の手掛かりとして活用できる可能性が示唆された．
本研究で得られた知見の公表は，剣道選手の特徴的な疾患であり，活動中に最も発生頻度が高い、右足踵部の外傷リスクの軽減に貢献するものと考えられる．

研究成果の概要（英文）：Right heel pain is one of the typical injuries in kendo. In this study, the target group was set according to the presence or absence of injury experience of the right heel pain of a university kendo player, and the difference between the stepping motion, the ground reaction force, and the sound at the time of stepping was compared and examined. As a result, the athletes who had no experience of injuring the heel acquired the movements that did not injure the heel, even though the stepping force was stronger than that of the athletes who had the experience. The characteristic was that the knee joint was flexed just before stepping on, and the heel was located posterior to the knee. Furthermore, the stepping sound of a person who had no experience with heel pain was high and loud, and it was shown that the stepping sound could be used as an approach to form correction for improving right heel pain.

研究分野：コーチ学（剣道）

キーワード：右足踵痛　踏み込み動作　踏み込み音　地面反力

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

足踵部の外傷については，踏み込みによって痛みが発生する「踵骨挫症」から，次第に痛みが強くなり「踵骨下滑液包炎」を引き起こすケースが多く見受けられる．剣道における踏み込み動作においては，右足着地時に体重の約 10 倍もの床反力が発生することが報告されていることから,実践現場においては「剣道をやる以上は踵が痛くなるのは仕方がない」といった風潮もある．したがって，踵に痛みが発生した場合，サポーターを装着して一時的に痛みを軽減して稽古を続行することが多く，動作改善に向けた取り組みがなされないことも珍しくない．

現場がこのような状況にある中，稽古現場における剣道選手の踏み込みを観察すると，踵を痛めた経験を有しない選手の踏み込みの音は「パン」という乾いた音が発生し，反対に踵を傷めた経験を有する選手の踏み込みの音は，「ドン」「ゴン」などの鈍い音を発していることが推察された.つまり,踵を傷めるか否かの動作の違いは,踏み込みの音に影響を及ぼすことが考えられた．そこで本研究では，動作のみならず踏み込み時に右足の着床により発生する「音」に着目し，踏み込みの動作と踏み込みの音の関連性について検討することとした．

２．研究の目的

本研究では，以下の 3 つの研究課題を設定した．1）打突における踏み込み動作において，踵の痛みが発生しやすい動作と踵の痛みが発生しにくい動作のそれぞれの特徴を探ること．2）踏み込み音と踵の痛みのレベルとの関係性を探ること．3）音を手掛かりとして踵の痛みが発生しにくい踏み込み動作への改善方法を提案し，その事例を提示すること．以上の研究課題を達成することで，足踵部の痛みについてその原因を究明し，加えて改善するための具体的な方法論についての知見を得ることを本研究の目的とした．

３．研究の方法

（１）被検者選定における基礎資料の作成（「踵の痛みのレベル」についての調査およびその分析）（2019 年度前期）

右足踵痛経験の有無の調査，ならびに右足踵痛経験者の痛みのレベル（5 段階）を明確にして被検者を選定する基礎資料を得るため，大学剣道選手 111 名にアンケート調査を実施．

（２）右足踵痛を改善した競技者の事例からの検討（2019 年度後期～2020 年度前期）

対象群を設定した本格的な測定に先立ち，右足踵痛を改善させたある一人の競技者の踏み込みに着目し，その事例から踏み込み動作とその動作による地面反力，踏み込み音の違いを検討．

（３）右足踵痛の有無による剣道競技者の踏み込み動作の解析と地面反力，踏み込み音の測定と分析（2020 年度後期～2021 年度前期）

踏み込み動作については，光学式モーションキャプチャシステム MAC3D，多分析フォースプラットフォームを使用し，運動条件は小手打突による 3 本の試技．測定項目は踏み込み時の右足関節及び左右膝関節，左股関節，地面反力（3 方向）とし，3 本の試技の平均値を被検者個人の代表値としてサンプリングし検討．

踏み込み音は，基準音発生装置(GWINSTEK 社製，AFG-2005，図 1)により 100Hz（73.4db）の基準音を発生させながら，ビデオカメラ（SONY 社製，HDR-CX675）を用いて収集．運動条件については，小手空間打突 3 本とし，踏み込み音だけを収集しやすい環境を設定．踏み込み方の様相については，ハイスピードカメラ（CASIO 社製，EXILIM EX－F100PRO）を使用し，踏み込み音の解析については，FFT モジュールのフーリエ変換アルゴリズム(National Instruments 社製，データ収集ソフトウェア DasyLab)を用い，FFT フーリエ解析の振幅スペクトル（Vrms）について検討．

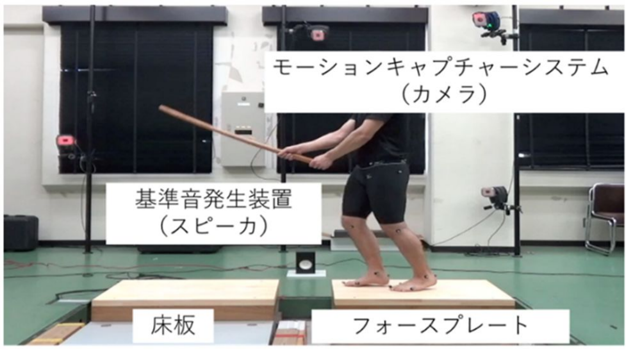

図 1．実験環境

４．研究成果

（１）右足踵痛経験の有無と傷害経験者の痛みのレベルの調査

K 大学剣道選手男女 111 名（男子 75 名・女子 36 名，年齢 18～22 歳，段位 2～4 段，剣道経験年数 8～16 年）に対し，右足踵の痛みについての実態調査を実施した．傷害未経験の選手は

11 名（10%）であった．一方，上記 11 名を除く 100 名（90%）の剣道選手がこれまでに右足踵を痛めた経験を有したが，その内 75 名の右足踵痛は過去の経験であり，痛みには以下のような個人差（表 1）が見られた．したがって，痛みのレベルが高い「レベル③・④」の選手 10 名（踵部痛経験群）と傷害未経験の選手 11 名（踵痛未経験群）を上記「研究方法（３）」における測定の対象者とした．

痛みの強さ	症 状	該当人数
レベル①	軽い痛み（どちらかというと痛い程度）	9
レベル②	稽古の時間や強度が高まると痛くなる（時々痛くなる）	6
レベル③	踏み込むと痛い（痛いが稽古時にサポーターまでは必要ない）	7
レベル④	踏み込むと非常に痛い（踵サポーターを装着しないと稽古できない）	3
レベル⑤	歩くのに支障があるほどの痛み（踵がつけない）	0

表 1．右足踵部痛の「痛みのレベル」

（2）右足踵痛を改善した一人の競技者の事例

2019 年度の後期からは，対象群を設定した本格的な測定に先立ち，右足踵部痛を改善させたある一人の競技者の踏み込みに着目し，その事例から踏み込み動作とその動作による地面反力，踏み込み音の違いを検討した（下川ほか，2020）．その結果，以下のことが明らかとなった．

①右足踵部痛改善後の地面反力は，改善前の前方への加速力からより値が小さい後方への減速力が発揮されるようになり，鉛直力のピーク値が半減した（図 2）．

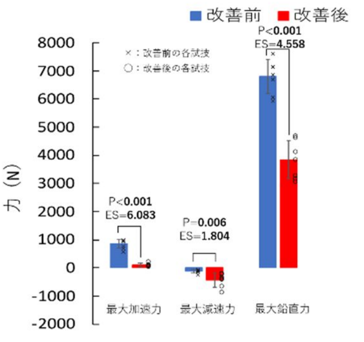

図2．踏み込み動作毎の各地面反力(下川ら,2020)

② 右足踵部痛改善後の踏み込み動作は，改善前と比較して踏み込み脚大腿の挙上が低く，接地直前における踏み込み脚足部がより大きな角度であり，接地直前における踏み込み脚 MP 関節（つま先）がより底屈した．

③右足踵部痛改善前と改善後の踏み込み音では高音域で変化が見受けられ，改善後に大きな音が発生した（図 3）．

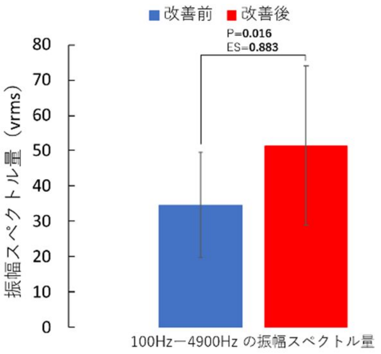

図3．踏み込み動作毎の振幅スペクトル量(下川ら,2020)

以上のことから，踏み込み動作の修正とその力発揮の変容によって，踏み込み音が高く大きな音に変化し動作の修正が踏み込み音に関与していることが示唆された．

（３）右足踵痛の有無による剣道競技者の踏み込み動作の解析，地面反力および踏み込み音の測定と分析

上記の一人の競技者の改善事例を基礎資料とし，右踵痛の有無により対象群を設定し，地面反力，打突動作の解析，踏み込み音の分析を実施した．その結果，以下のことが明らかとなった．

①踵痛未経験者は，踵痛経験者よりも大きな地面反力を発揮していた（図 4）．

鉛直力について，接地直後に両群ともピークを示したが，踵痛未経験群のその値は，踵痛経験群の約 2 倍であった．先行研究によれば，右足踵部痛の原因は，踏み込んだ瞬間に床面から右足が受ける衝撃力（地面反力）（大崎ほか,1986・磯崎ほか,1988））であり，下川ほか（2020）でも，右足踵痛を改善した事例対象者の背景には，発揮された地面反力のピーク値減少があると指摘している．物理的には地面反力の値が小さいほうが右足踵部の受ける衝撃が少なく，踵部痛を発生させるリスクが低いと考えられるが，本研究では鉛直地面反力の最大値，平均値ともに踵痛未経験群の方が踵痛経験者よりも有意に大きく，それらの指摘とは相反する結果となった．単に地面反力の大小のみが踵部痛に関与しているとは断言できないことが示唆された．踏み込み動作の差異による踵痛への影響，つまり両群間の踏み込み方（フォーム）の違いが右足踵痛の有無に関与している可能性が推測された．

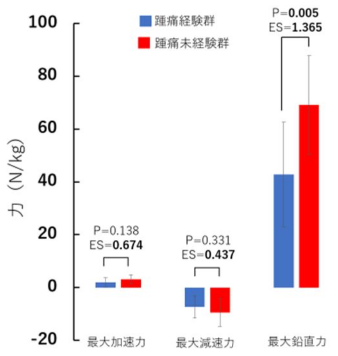

図4．踏み込み動作の各地面反力(竹中ら,2022)

②踵痛未経験者の踏み込み動作は，踵痛経験者と比較して踏み込み直前の右足膝関節角度が小さく，踵部が膝よりも後方に位置し，足部がより水平に近い踏み込み動作であった（図 5）．

踏み込み動作における右足着床直前の足部角度が大きいと踵部から先に着床する動作となり，踵部への衝撃が高まることが推測される．反対に，踵痛未経験群は，右足底着床直前において右足踵が後方に位置するため，踏み込み直前の足部角度が水平に近い．このことは，極端な踵から

の着床を抑制し「右の足裏全体で床を踏み着ける」動作を促すと考えられる．以上のことから，両群間の踏み込み動作における違いは，踏み込み直前の膝と踵の位置関係にあり，その差異が踵痛発生の有無に関与しているものと示唆された．

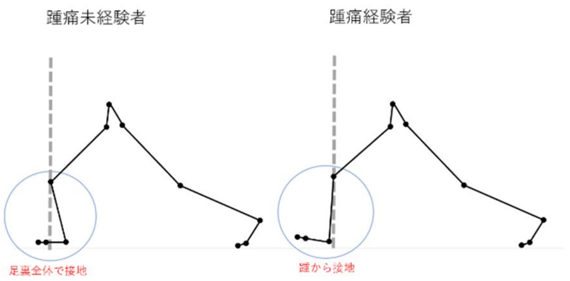

図5．踏み込み時における右足接地直前の下肢動作(竹中ら,2022)

③踵痛未経験者と踵痛経験者の踏み込み音では，ほとんどの周波数帯で違いが見受けられ，踵痛未経験者の方が高く大きな音が発生した（図 6）．

両群間の踏み込み音の比較では，踵痛未経験群により大きな音が発生していた．これは，下川ほか（2020）において事例対象者の動作改善後に大きな音が発生していたとの報告を支持する結果であり，踵痛未経験群の踏み込み動作の方が剣道の打突において，より良い音を発生させられることを示している．さらに，周波数帯毎の振幅スペクトル量における比較では，検定結果に効果量を加えた検討から，概ねすべての周波数帯で音の違いが見受けられた．先行研究によれば，踵踏み込み動作よりも足裏全体踏み込み動作による音の方が，高音域で大きな傾向にあり（下川ほか，2017），下川ほか（2020）における一人の事例対象者による動作改善前後の比較では，4700㎐ の周波数帯のみで有意な違いが確認された．しかしながら，本研究では，500㎐ から4900㎐ までの周波数帯において，800㎐，1600㎐，3400㎐を除いた周波数帯で有意な違いが見られ，前報の一人の競技者による事例（下川ほか，2020）での結果以上に，踏み込みの音の違いが顕著に示され，踏み込み音と踵痛の経験の有無には関連性が高いものと推察された．

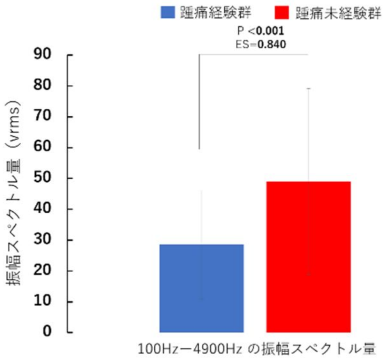

図6．踏み込み動作の振幅スペクトル量(竹中ら,2022)

以上，踵痛未経験者は，踏み込みの力が大きいにもかかわらず，踵を傷めない踏み込み動作を体現しており，動作（フォーム）の違いが踵痛により強く関与している可能性が示唆された．その動作は，踏み込み直前の右足膝関節角度が小さく，踵部が膝よりも後方に位置し，足部がより水平に近い踏み込み動作であった．また，踵痛未経験者のその踏み込み動作は，右膝関節角度が大きく，右足踵が鉛直方向に位置し，つま先より踵が低い位置にある（踵から接地する）踵痛経験者よりも，高く大きな踏み込み音を発生させた．以上のことから，踏み込みの音を踵痛未経験者の音（高く大きな音）に近づけた場合，踏み込みの動作修正を促すことが期待される．したがって，右足踵部痛の改善，あるいは予防を試みた場合，踏み込みの音は，踏み込み動作改善への手掛かりとして活用し得る可能性が示唆された．

なお，剣道は今や国際的に普及し海外の剣道愛好家も増加している．しかしながら，海外での稽古場所は主に体育館であり，床の弾力性が乏しい場合が多く，国内以上に修錬者の踵痛発生のリスクが高いといえる．本研究で得られた知見は，剣道がこれまで以上に国際的な普及を目指すうえで重要な資料として活用されたい．また，本研究を実施するにあたり，新型コロナウイルス感染拡大の影響を受けたことにより，実践事例の提示は，一人の競技者による改善例のみに留まった．今後は踵痛を有する複数の剣道競技者を対象に，踏み込み動作の音を変化させる事例から動作修正や踵痛改善との関与について検討することで，より現場で活用し得る知見への検証が可能と考えられる．

＜引用文献＞

①磯崎芳史，百鬼史訓，本多庸悟(1988)剣道における踏込み動作と右足踵部障害との関連について．武道学研究，21(1)：31-39．

②大崎雄介，渡辺正敏，恵土孝吉(1986)剣道の打突動作と踵部障害．武道学研究，19(2)：157-158．

③下川美佳，永原隆，本嶋良恵，金高宏文，前田明，竹中健太郎(2020)剣道における右足踵部痛改善前後の踏み込みの動作と地面反力，音の違い―右足踵部痛を改善させたある剣道競技者の回顧的アプローチによる事例―．スポーツパフォーマンス研究，12：260-275．

④竹中健太郎，永原隆，下川美佳(2022)大学剣道選手における右足踵部の傷害経験の有無による踏み込みの動作と地面反力，音の違い―右足踵痛未経験者の踏み込み時に発生する音についての検証―．スポーツパフォーマンス研究，14：97-108．

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計2件（うち査読付論文　2件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　2件）

１．著者名 下川美佳，永原隆，本嶋良恵，金高宏文，前田明，竹中健太郎	４．巻 12
２．論文標題 剣道における右足踵部痛改善前後の踏み込みの動作と地面反力，音の違い －右足踵部痛を改善させたある剣道競技者の回顧的アプローチによる事例－	５．発行年 2020年
３．雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	６．最初と最後の頁 260～275
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 －

１．著者名 竹中健太郎，永原 隆，下川美佳	４．巻 14
２．論文標題 大学剣道選手における右足踵部の傷害経験の有無による踏み込みの動作と地面反力，音の違い －右足踵痛未経験者の踏み込み時に発生する音についての検証－	５．発行年 2022年
３．雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	６．最初と最後の頁 97～108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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0件

〔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