

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11391

研究課題名(和文) ヒトとモノの定量化による剣道の打突パフォーマンスの解析

研究課題名(英文) Analysis of kendo striking performance by quantitation of human and object

研究代表者

與谷 謙吾 (Yotani, Kengo)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：10581142

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：剣道で有効打を得るには、競技者の操作によって竹刀が動き、それが対戦相手へ届くことが前提となる。本研究では、ヒト(競技者)とモノ(竹刀)の総合的な評価によって剣道の打突パフォーマンスを捉えることを目的とした。まず、竹刀は主として前方へ移動する際、移動方向と逆側へ撓むことが示唆されている。しかし、その撓みの状態は、打突の時点において移動方向と逆側へ撓んだ状態のみならず、同方向へ撓んだ状態の2パターンを示すことが明らかになった。さらに、その撓みの状態は上肢の筋活動様式と関係し、意識的に筋活動を調整(変化)させながら打突を実施させることで、竹刀の撓みの状態も変化することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで道具を用いる競技種目の調査は、主としてヒトあるいはモノといった各々へ焦点を当てながら評価を行ってきた。一方、本研究ではそれらを総合的に評価し、剣道の打突パフォーマンスを評価することで、剣道競技者の筋活動と竹刀の撓みの状態との間で関係を示す新たな知見を見出した(学術的意義)。これらの結果は、ヒトとモノが全く独立したものでないことを示唆し、今後、本研究がフレームワークとなって、健常者に限らず、義足等が必要な者へも波及し、ヒトとモノの繋がり観点から幅広く応用できるものと考えられた(社会的意義)。

研究成果の概要(英文)：For acquisition of a point (Ippon) in kendo, the swordsman must hit the opponent with a bamboo sword, called shinai, through control of a human. The objective of the present study was to estimate the kendo striking performance by a comprehensive assessment of human (kendo athlete) and object (shinai). First, recent evidence suggests that the shinai is deflected in the opposite direction to the swing. However, in striking point, the status of deflection showed two patterns of same direction or opposite direction to the swing, and moreover the status of deflection was shown to be associated with muscle activation patterns of the upper limbs. Finally, when kendo athletes altered muscle activity during strikes, deflection of the shinai also was able to change.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：剣道 竹刀 筋電図

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

剣道は日本における伝統武道の一つであり、対一の試合形式において対戦相手から逸早く一本(有効打)を得ることが要求される競技である。また、剣道では、他の武道競技と比較して競技展開(競技者の動き等)が速く、その中で競技者による竹刀操作が求められること(打具を用いること)が大きな特徴となる。これまで剣道に関する研究は、現場で主体となる競技者(ヒト)へ焦点を当てたパフォーマンス調査が多く行われてきた(e.g. 百鬼ほか, 1977; Koshida et al., 2011)。一方、上述のように、剣道で有効打を獲得するには、競技者の操作によって竹刀が動き、それが対戦相手へ届くことが前提となる。そのため、剣道の打突パフォーマンスは、ヒトだけでなくモノの特性も考慮しながらの評価が必要になってくると思われる(図1B)。

特に、剣道では、競技の特性上、外部刺激に対する素早い反応(敏捷性)が求められる。これまで剣道競技者における反応時間の調査においては、光刺激を合図に打突が完了するまでの時間経過を神経系(1-5)、筋系(6)、動作系(7)の時間要素に区分する評価が行われてきた(與谷ら, 2007)(図2)。さらに、各時間要素にフォーカスを当て、トレーニング等による向上(時間短縮)が可能かについての調査では、神経系が同一課題を反復実施することで短縮し、それは図2の4-5の期間ではなく、1-3の上位中枢の処理期間のみが短くなるということが明らかになっている(Yotani et al., 2011; 2013; 2014)。また、筋系では動作前の関節角度に影響し、筋収縮から関節移動に至るまでの筋腱複合体のたるみ(slack)を解消するフォーム(姿勢)を見出すことで時間短縮が可能になることも示唆されている(Irie et al., 1983)。一方、動作系においては、反応課題の終了時点までの時間的距離に依存し、遠くよりも近い位置(距離)で課題を設定することが時間短縮に繋がると想定できるため、課題設定に左右されるという点で従来の反応時間研究がこの動作系に積極的に焦点を当てることはなかった。しかし、近年の調査において、竹刀は前方へ移動中(振り下ろす際)、移動方向と逆側へしなる(撓む)ことが明らかになった(與谷ら, 2019)。それは課題終了までの竹刀の移動範囲において、撓む程度の大きさが時間的距離に影響する可能性があり、身体以外の要素が反応パフォーマンスに関わってくると考えられる。従って、剣道の打突パフォーマンスにおいてヒトとモノとの繋がりを捉えることは、有効打を得るために対戦相手よりも逸早く打つという剣道競技の本質に帰する取組みと見えよう。剣道以外の種目においても、モノの特性が競技成績に少なからず影響することが示唆されているが(前田, 2014)、剣道に関しては不透明な点が多く、また、これまでの竹刀の撓みに関する評価が竹刀の移動中の現象を捉えたに過ぎず、有効打を得る観点からも打突の時点での知見が明らかになっていない。

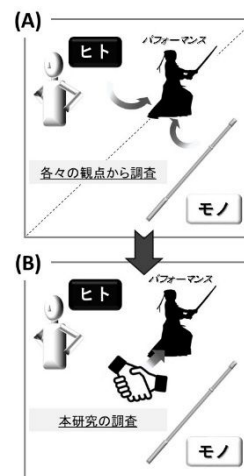


図1 剣道の研究状況。

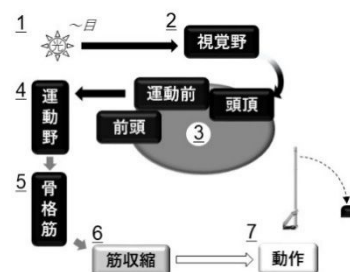


図2 打突-反応パフォーマンスに関する時間要素。

2. 研究の目的

これらの背景を踏まえ、本研究では従来と異なる新たな取組みとして剣道の打突パフォーマンスをヒトとモノの立場から総合的に評価することを目的とし、以下の3つの取組みを行った。

- (1) 竹刀の撓む範囲(撓み量)を評価するための推定式の作成：実験で用いる竹刀を機械的に撓ませながら、竹刀の撓み量を評価するための推定式を作成した。
- (2) 剣道の打突に伴う上肢の筋活動様式と竹刀の撓み量の調査：(1)で準備した竹刀と推定式を基に、ヒトによる剣道打突を評価し、打突の時点での竹刀の撓み量と竹刀操作に関わる上肢の筋活動様式との関係を調査した。
- (3) 竹刀の撓み操作に関する調査：(2)の調査を踏まえつつ、ヒトの筋活動を変化させることでモノへ意図的な変化がみられるのかについて事例調査を行った。

3. 研究の方法

(1) 実験 I

竹刀

竹刀は剣道の試合等で使用される胴張型を用いた。

実験手続き

竹刀には予めストレインゲージセンサを取り付け(竹刀の先端から 33.5cm (a)と 59.5cm (b)の位置)、竹刀の手で持つ部分(柄)のみを固定台に設置した。その後、錘を用いて負荷を 0.5kg ずつ(5.0kg まで)かけながら、竹刀が撓んだ範囲を計測した。

分析項目

各負荷時の各センサの電位(mV)を計測し、撓んだ範囲(cm)と各電位値との間で相関関係を調査しつつ、それぞれの回帰式(推定式)を求めた。

(2) 実験 II

実験対象者

対象者は健康な成人男子大学生であり、剣道競技を専門とする者(剣道競技者群)と剣道を未経験とする者(非剣道競技者群)とした。

実験手続き

被験者は実験Iで用意した竹刀を両手で把持した状態で、打込み台の前方で座位(端坐位)させ、剣道の引き技をモデルに、右肘関節角度を一定させた状態から自身のタイミングで素早い打突を実施させた。その際、被験者の左右上肢には表面筋電図を、右肘関節にはゴニオメータを設置し、打突時点の同定のために打込み台へ加速度センサを取り付けた。

分析項目

竹刀の撓み量は、打突によって加速度センサが反応した時点(竹刀が当たった時点)の各ストレインゲージセンサの電位を実験Iで求められた各式の x へ代入して y を算出し、各 y の合計値($a+b$)を竹刀の撓み量として評価した。また、上肢の筋活動様式においては、竹刀を前方へ回転移動するために関わる右上腕三頭筋(RTB)と左上腕二頭筋(LBB)の活動開始のタイミングの差分(RTB - LBB)や打突直前に竹刀のブレーキとして作用する右上腕二頭筋(RBB)の活動開始から打突時点までの活動時間を評価した。さらに、各筋の活動開始から打突時点までの期間内における筋放電量(%RMS)を求め、撓み量と筋活動様式との間で単相関分析を行った。

(3) 実験 III

実験対象者

被験者は、剣道競技を専門とする健康な成人男子大学生とした。

実験手続き

実験IIと同様に、被験者は実験Iで用意した竹刀を両手で把持した状態で打込み台の前方で座位(端坐位)させ、右肘関節を一定にした状態から自身のタイミングで素早く前方の台へ竹刀を振り下ろして打突する課題を実施させた。その後、被験者には約5分程度の休息後に再度、課題を行ってもらった。尚、休息期間中には、被験者へ竹刀の撓みを変化させるための筋活動を教示し、それを意識しながら休息後の課題を実施させた。

分析項目

竹刀の撓みの状態はこれまでと同様にストレインゲージセンサを用いて打突時点の評価し、さらには打込み台に設置したロードセルより打突力を計測して竹刀の撓みの状態や打突力について教示の前後で比較を行った。

4. 研究成果

(1) 実験 Iの結果

各ストレインゲージセンサの電位値と撓んだ範囲(mV(x), cm(y))との関係は、決定係数が約0.99の回帰直線を示し、 a と b の各々の回帰式(推定式)が $y=9.9130x$ と $y=9.4291x$ であった(図3)。今後は、実際に打突した際に得られる各電位をそれぞれの「 x 」へ代入して撓み量の評価を行う。

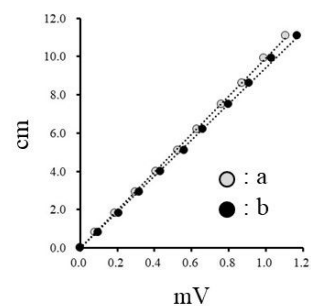


図3 各ストレインゲージセンサの電位値と撓んだ範囲(mV(x), cm(y))との関係

(2) 実験 IIの結果

剣道競技者群と非剣道競技者群における竹刀の撓み量と筋活動様式との相関係数において、非剣道競技者群は、撓み量と筋活動様式との間でいずれも相関関係は認められなかった。一方、剣道競技者群では、撓み量とブレーキとしてのRBBの活動時間との間で統計的に有意な正の相関関係を示し、さらに、撓み量と竹刀の回転移動に関わるRTBの%RMSとの間で有意な負の相関関係を示した。また、これらの相関関係内において、数名の被験者は竹刀の撓みの状態が移動方向と同方向のパターンを示していることが観察された。

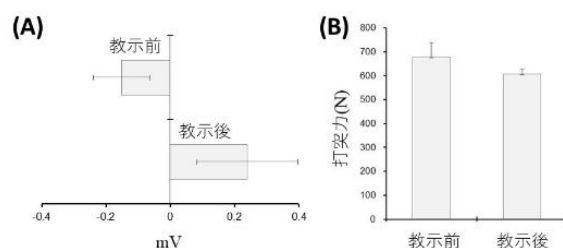


図4 竹刀の撓みの状態(A)と打突力(B).

(3) 実験 IIIの結果

竹刀の撓みの状態は、打突の時点において教示前で竹刀の移動方向と逆側へ撓んだ状態であったが、教示後において移動方向と同

方向へ変化する傾向を示した(図 4A: 電位がマイナス(負)の場合は竹刀の移動方向と逆側へ撓んだ状態、プラス(正)の場合は同方向へ撓んだ状態を表す)。一方、打突力においては、教示前よりも教示後で低下傾向を示し、筋活動の変更が竹刀の撓みの状態以外の要素へも影響することが明らかになった(図 4B)。

以上より、本研究では剣道の打突パフォーマンスをヒトとモノの立場から総合的に評価したところ、剣道競技者は竹刀の撓みの状態と竹刀操作に関わる上肢の筋活動様式との間で関係することが明らかになった。さらに、それらの知見を基に、筋活動を意識して変化(調整)することで竹刀の撓みの状態も変化することが明らかになった。これらの結果は、ヒトとモノが全く独立したものでない事に加え、剣道競技において、竹刀による曲線的な打突といった新たな可能性を示すことができた。しかし、それは普段の筋活動と異なって撓み以外の要素へも影響するため、実施(取り扱い)に関する更なる調査が必要になると考えられた。同時に、これらの結果は端坐位姿勢での評価に留まっているため、今後、実践的な立位姿勢での評価等が必要であり、そのリミテーションを段階的にクリアすることで、将来的に剣道の打突に関する新たな指導法の立案と現場応用に活かせると思われた。

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 與谷謙吾, 幸篤武, 荻田太, 田巻弘之	4. 巻 26
2. 論文標題 光刺激に対する観察トレーニングが視覚-運動関連時間へ与える影響.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本生理人類学会誌	6. 最初と最後の頁 9-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20718/jjpa.26.1_9	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13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Tamaki H., Ogita F., Yotani K.
2. 発表標題 Effects of hypobaric swimming training on trabecular bone volume and structure in old type 2 diabetic rats.
3. 学会等名 2022 ECTS Congress. (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田巻弘之, 中川弘毅, 大賀亮也, 吉塚有紀子, 西山輝, 横田幹太, 與谷謙吾
2. 発表標題 若齢及び中高齢期ラット脛骨の荷重による骨ひずみ特性.
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 與谷謙吾, 幸篤武, 田巻弘之, 前阪茂樹
2. 発表標題 竹刀形状の違いが剣道の打突場面での撓み量に及ぼす影響.
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大賀亮也, 藤田誠也, 加地智哉, 與谷謙吾, 田巻弘之, 荻田太
2. 発表標題 陸上競技の種目特性の相違による有酸素性および無酸素性エネルギー供給機構の貢献度の特徴.
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ogita F., Yotani K., Tamaki H.
2. 発表標題 Effects of short-lasting high-intensity interval exercise under hypoxic conditions on glucose tolerance and body composition.
3. 学会等名 26th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamaki H., Yotani K., Ogita F.
2. 発表標題 In vivo bone strain environment of rat tibia during eccentric, concentric and isometric contractions induced by electrical stimulation.
3. 学会等名 2021 Annual Meeting of American Society for Bone and Mineral Research (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田巻弘之, 與谷謙吾, 荻田太
2. 発表標題 坐骨神経及びカプサイシン感受性神経のdenervationがラット脛骨骨梁構造に及ぼす影響
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamaki H., Yotani K., Ogita F.
2. 発表標題 Effects of bone strain of rat tibia during electrical stimulation-induced muscle contraction on bone strength in the early stages of disuse musculoskeletal atrophy.
3. 学会等名 2020 Annual Meeting of American Society for Bone and Mineral Research (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ogita F., Yotani K., Tamaki H.
2. 発表標題 Effects of short-lasting high-intensity interval training under hypobaric hypoxic conditions on blood pressure and arterial stiffness.
3. 学会等名 25th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荻田太, 宮里要, 藤田誠也, 大和谷健太, 與谷謙吾, 田巻弘之
2. 発表標題 陸上または水中における一過性の中強度運動が血圧および動脈ステイフネスに及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 與谷謙吾, 幸篤武, 大和谷健太, 荻田太, 田巻弘之, 前阪茂樹
2. 発表標題 光刺激を用いた反応条件の有無が剣道の正面打突時の打突と踏込に与える影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田巻弘之, 與谷謙吾, 荻田太
2. 発表標題 電気刺激誘発性筋収縮時の収縮様式の違いによるラット脛骨のひずみ特性
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荻田太, 與谷謙吾, 田巻弘之
2. 発表標題 低圧低酸素環境下における短時間高強度インターバル運動が身体組成、血中脂質、耐糖能に及ぼす影響
3. 学会等名 第28回日本運動生理学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関