

下肢は剣道の打突速度にどの程度貢献するのか

Degree of contribution to the lower limbs on the striking-speed in kendo

椿 武*

Takeshi TSUBAKI

要 旨

本研究は、下肢関節の動作制限を行うことによって剣道の打突速度にどのような影響が及ぼされるか検討することで、打突速度に対する下肢の貢献度を明らかにすることを目的とした。被験者はA大学女子剣道部員8名であり、通常条件と動作制限条件の2条件で実践的な面打突の測定を行った。その結果、下肢関節の動作制限を行うことによって、剣先における下方向の速度は高まるものの、前方向の速度は低下し、打突速度（合成速度）は7%低下した。また、竹刀の角速度の最大値には有意差は認められないものの、竹刀の振り上げ角度が小さくなり、打突時の竹刀角度も小さい結果が得られた。さらに、体幹部の角度においては、より前傾角度が大きくなり角速度も高まった。以上の結果より、下肢関節は剣道の打突速度に7%貢献することが明らかとなった。

キーワード：剣道、打突速度、動作制限、下肢関節、貢献度

1. はじめに

剣道では、稽古や試合において重要視する順番として「一眼二足三胆四力」や、打突時における力の入れ方や意識を置く割合として「手二分足八分」など下肢の重要性が指導場面においてよく用いられている。筆者も指導場面において下肢の運用方法の教授をよく行っており、競技者としても下肢の重要性を認識している。その経験から、これまでに剣道の競技パフォーマンスを高めるための下肢のトレーニング方法の開発を研究課題として取り組んできた。先行研究においても、これまでに打突動作時の下肢に着目した研究が数多く行われている。しかしながら、実際に下肢が打突動作にどの程度影響を及ぼすのか明らかにした研究はこれまで行われていない。

神崎ら（2005）は、剣先速度を高める要因を基

本打ち（竹刀を大きく振り上げての正面打ち）と実践打ち（試合等実践で用いる正面打ち）の動作分析より、異なる竹刀操作における要因を明らかにした。その結果、基本打ちでは主に左右の肩関節と肘関節の屈曲によって竹刀を振り上げ、左右の肩関節、肘関節および手関節の伸展によって竹刀を振り下ろし打突していた。実戦打ちでは左右の肩関節は竹刀の振り上げから打突まで常に屈曲させ、竹刀の振り下ろしにおいては左右の肘関節と左の手関節の角度変化は少なく右の手関節が伸展していた。基本打ちでは主に竹刀を回転させることによって、実戦打ちでは主に竹刀を前方へ突き出す操作を行うことによって、それぞれ異なった竹刀操作で剣先速度を生み出していたと報告している。村瀬ら（2014）は、剣道の正面打撃時間の短縮に及ぼすバイオメカニクスの要因を明らか

* 本学発達教育学部ジュニアスポーツ教育学科

にしており、競技力の高い者ほど正面打撃時間が短い傾向にあったと報告している。また、正面打撃時間を短縮させる要因としては、「右足を床から早く離す」、「左足で地面を強く蹴って身体の前方向移動を速くする」、「竹刀を大きく速く振り上げて振り下ろす」、「肩関節をより屈曲位にして打撃する」ことが報告されている。上記の先行研究では、実践的な打突動作において、剣先速度を高めるあるいは、打突時間を短縮させる要因として肩関節を屈曲位にすることが共通点である。しかしながらこれらの研究は、特徴的な関節運動を挙げているのみであり、打突速度や打突時間に身体各部位がどの程度貢献しているかは明らかにされていない。北田（2011）は、野球の球速に影響を及ぼす要因を明らかにするために、投球動作における段階的な動作制限法を用いて検討を行い、球速に影響を及ぼす身体運動のメカニズムを明らかにした。

そこで本研究では、北田の研究をヒントに、下肢関節の動作制限を行うことによって打突速度にどのような影響が及ぼされるか検討することで、剣道の打突速度における下肢の貢献度を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

1. 被験者

A 大学女子剣道部員 8 名とした。

2. 測定条件

打突動作の測定は、各被験者の任意の一足一刀の間合いから継ぎ足をせずに実践的な正面打突を行う試技（以下、通常条件）と、図1のように、被験者の足関節、膝関節、股関節を動かない壁に固定して打突を行う試技（以下、動作制限条件）の2条件とした。打突の際に被打撃者と被験者の身長差による影響を少なくするため、被打撃者は被験者とはほぼ同等の身長のものとした。動作制限条件は、打突の際に下肢関節でみられる、足関節の底屈・背屈、膝関節の屈曲・伸展、股関節の伸展動作を制限することとした。本研究においては、

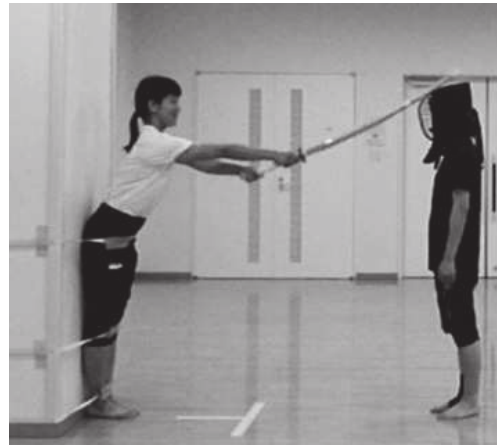


図1 動作制限条件

股関節の屈曲動作は制限を行わなかったため、体幹部の前傾動作は行える状態で打突を行わせた。つまり動作制限条件は、通常条件の打突にみられる並進運動を制限した課題であった。各被験者十分に練習を行わせた後、有効打突と認められる打突が5回測定できるまで試技を行わせた。測定終了後、打突速度の分析を行い最大値と最小値を記録した試技を除外し、残りの3試技を各被験者の値として動作分析の比較対象とした。

3. 測定・分析方法

被験者の右側方からハイスピードカメラ LUMIX FZ-200 (Panasonic 社製) を用い、240 frame/sec で撮影を行った。その際のシャッタースピードは2,000Hz とした。撮影した映像はパソコンに取り込み、動作解析システム Frame-DIAS V (DKH 社製) を用い、2次元 DLT 法を用いて分析を行った。得られた2次元位置座標値は、横山ら (2001) の先行研究にならい Wells and Winter (1980) の方法を用いて最適遮断周波数 (8-10Hz) を決定し、Butterworth digital filter により平滑化した。本研究では、打突動作開始から打突後5コマまでを分析対象とした。

4. 分析項目

図2のように竹刀においては、竹刀の剣先から求めるものとして、打突速度 (剣先の合成速度)、剣先の X 成分速度 (前後方向の速度：前方向をプ

ラスとした)、剣先のY成分速度(上下方向の速度:上方向をプラスとした)を算出した。また、竹刀全体(剣先と鍔元を結んだ線)の動きから求めるものとして、水平面に対する竹刀の角度(水平面と竹刀が平行の時を0度とした)及び竹刀の角速度(振り下ろしをプラスとした)を算出した。体幹部(胸骨上縁と大転子を結んだ線)の動きから求めるものとして、鉛直方向に対する体幹部の角度(前額面と体幹部が平行の場合を0度とし、前傾方向をプラスとした)及び体幹部の角速度(前傾方向をプラスとした)を算出した。

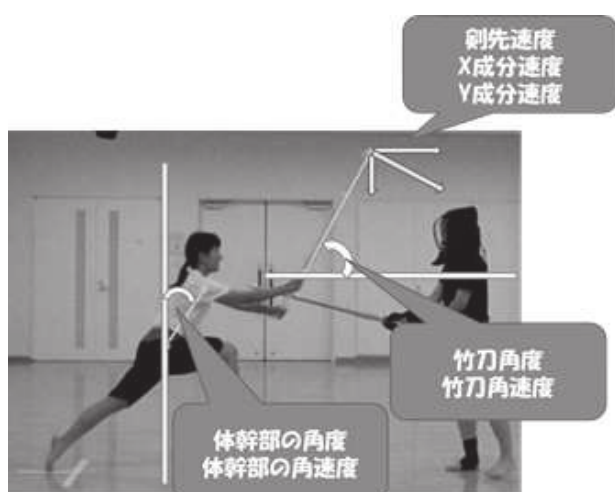


図2 分析項目

5. 規格化及び統計処理

本研究では、打突動作開始から竹刀最大振り上げまでを80%、最大振り上げから打突までを20%の計100%で規格化を行った。規格化したデータは、規格時間1%ごとに全被験者の値の平均値±標準偏差を算出した。統計処理は、Excelを用いて通常条件と動作制限条件の両群間を規格時間の1%ごとに対応のあるT検定を行った。有意水準は5%未満とした。なお、各測定項目における有意差の表記は、図の下部にアスタリスク(*)を用い、有意差が認められた区間に記した。

3. 結果

1. 打突速度(剣先の合成速度)

図3は両条件の打突速度の結果を示しており、

最大振り上げから打突にかけて通常条件が動作制限条件よりも有意に打突速度が高い結果が得られた。また、打突速度のピークでは動作制限を行うことにより打突速度が7%低下した。図4は剣先のX成分速度の結果を示しており、打突速度と同様に通常条件が動作制限条件よりも有意にX成分のプラス方向の速度が高かった。また、打突速度のピーク時では動作制限することによって前方向の速度が16%低下した。図5は剣先のY成分速度の結果を示しており、前者とは異なり動作制限条件が通常条件よりも有意にY成分のマイナス方向の速度が高かった。また、打突速度のピーク時では動作制限することによって下方方向の速度が20%高まった。

2. 竹刀の角度及び角速度

図6は竹刀の角度の結果を示しており、竹刀の最大振り上げ時の前から打突にかけて通常条件が動作制限条件よりも有意に竹刀の角度が大きかった。特に、最大振り上げ時では、通常条件が動作制限条件よりも4%角度が大きく、打突時では通常条件が動作制限条件よりも12%角度が大きい結果が得られた。図7は竹刀の角速度の結果を示しており、打突速度の結果とは異なり打突速度のピーク前後において、竹刀の角速度に両群間に有意な差は認められなかった。また、打突時においては、動作制限条件が通常条件よりも竹刀の角速度が有意に高かった。

3. 体幹部の角度及び角速度

図8は体幹部の角度の結果を示しており、竹刀の最大振り上げ後から打突にかけて動作制限条件の方が通常条件よりも有意に体幹部の前傾角度(打突方向に倒れ込み)が有意に大きかった。打突時においては、動作制限条件は通常条件よりも4%大きく前傾していた。図9は体幹部の角速度の結果を示しており、最大振り上げ前から打突前にかけて動作制限条件の方が通常条件よりも前傾の角速度が有意に高かった。

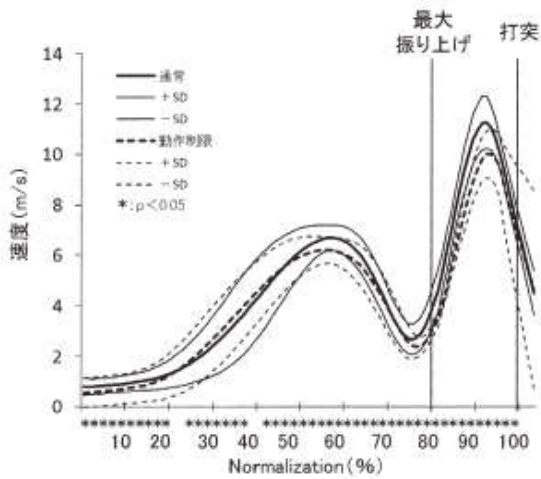


図3 打突速度（剣先の合成速度）

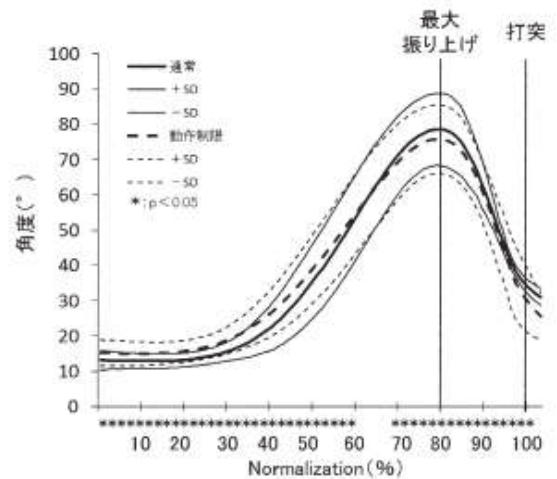


図6 竹刀の角度

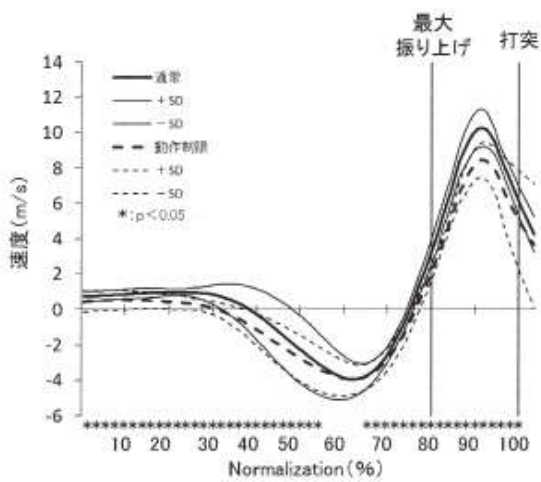


図4 剣先のX成分速度

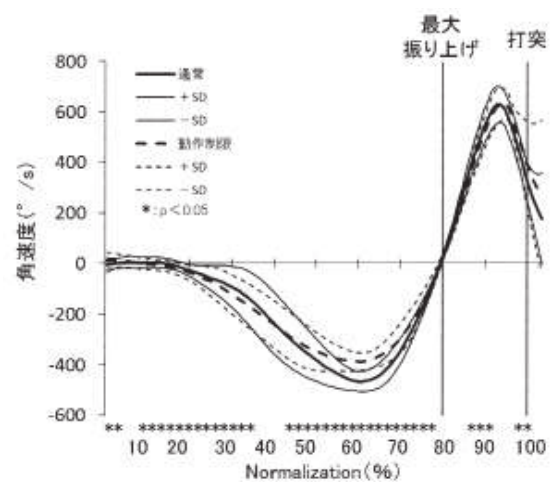


図7 竹刀の角速度

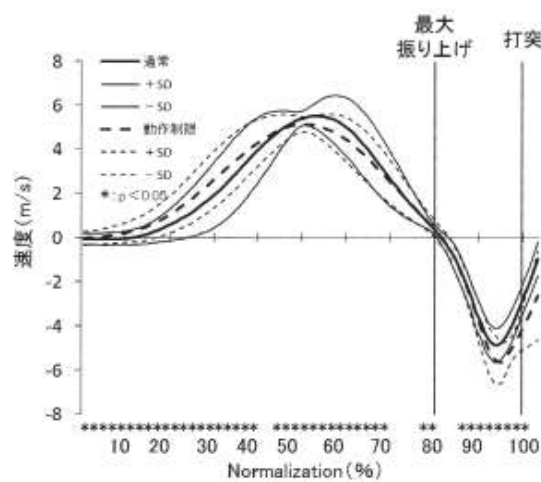


図5 剣先のY成分速度

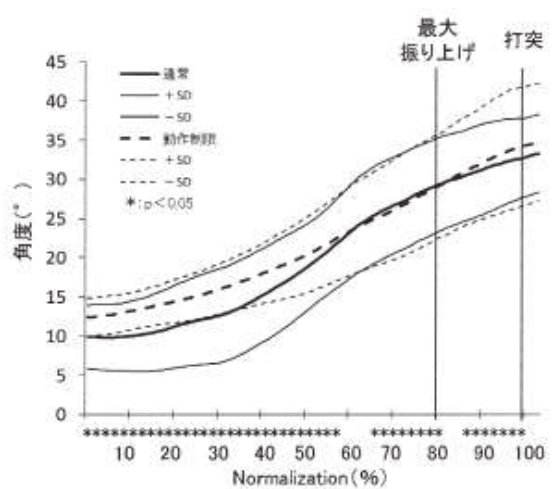


図8 体幹部の角度

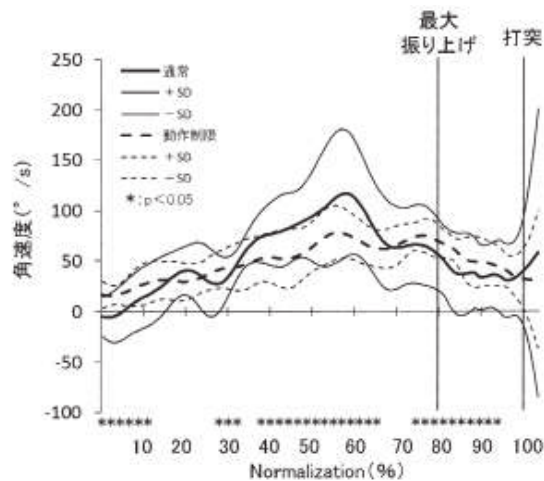


図9 体幹部の角速度

4. 考察

本研究は、下肢関節の動作制限を行うことによって、打突速度にどのような影響が及ぼされるか通常条件と比較検討することで、下肢が打突速度にどの程度貢献しているか明らかにした。その結果、下肢関節の動作制限によって、Y成分（下方向）の速度は通常条件よりも20%高まったものの、X成分（前方向）の速度が16%低下し、剣先の合成速度である打突速度は有意に低下（7%減少）した。このことは、本研究の動作制限のねらいである下肢関節による並進運動は打突速度に7%影響を及ぼすことが示唆された。この結果は、実験開始前の筆者の仮説を下回る結果であり、打突速度には他の関節運動の貢献度が高いことが推察され、今後様々な条件で検討する必要性が考えられた。

竹刀の角速度においては、打突速度のピーク前後に両群間に有意な差は認められなかった。また、打突時の竹刀の角度においては、動作制限条件が通常条件よりも竹刀角度が有意に小さく（動作制限条件の角度が12%小さい）、振り下ろしの局面から打突時に向かって竹刀角度の差が大きくなった。この原因として、竹刀を保持する左右の手の影響が考えられた。動作制限条件では有効打突と判定できる打突力を産み出すために、左右の押し手・引き手の作用（右手は打突方向に押し、左手は右手と反対の方向に力を加え竹刀を回転さ

せる動作）によって、通常条件よりも竹刀を速く回転させることにより、竹刀の角速度を高めている可能性が考えられた。実験終了後の被験者のアンケートでは、「打突しづらかった」や、「腕に力が入った打突になってしまった」などの回答が得られた。これらのことから、下肢関節の動作制限によって、有効打突と判定できる打突力を産み出すために通常条件よりも上肢を意識した打突になったことが考えられ、それによって押しと引手の作用が強まり、打突時の竹刀の角度が小さくなった可能性が示唆された。

体幹部の角度・角速度においては、動作制限によって打突時の体幹部の前傾角度が通常条件よりも4%大きい結果が得られた。角速度においては、最大振り上げ前からインパクトの前にかけて、動作制限条件の打突方向への角速度が有意に高い結果が得られた。これらの結果から、動作制限によって体幹部の前傾角度の増加及び体幹部の角速度の増大が、竹刀の角速度に影響を及ぼした可能性が示唆された。また、剣道の打突は押し切り（打突時に剣先方向に竹刀を突き出すあるいは押し出す方法）と呼ばれる方法を用いて打突を行っている。動作制限によって打突時の前方への押し出す動作が制限されることにより、その代償動作として体幹部を前傾させた可能性も考えられた。しかしながら、本研究では上肢関節の分析や各関節の相互作用を検討していないため、詳細なメカニズムを明らかにするには至っていない。

今後の展望としては、股関節の屈曲動作の制限によって打突速度にどの程度影響を及ぼすか明らかにすることで、体幹部の前傾動作の打突速度への貢献度を明らかにする。また、上肢の関節（肩関節・肘関節・手関節）の動作制限による影響や、動作制限を行う身体運動の組み合わせによる相互作用を明らかにすることによって、より詳細な貢献度を明らかにすることが出来ると考えられる。さらに、本研究は2次元DLT法を用いて分析を行ったが、剣道の打突は三次元的な動作が含まれるため、3次元DLT法を用いた分析を行うこと

によって、より詳細なメカニズムの解明を行う必要性も考えられた。

5. まとめ

本研究は、下肢関節の動作制限による打突速度への影響を検討したところ、以下のような結論が得られた。

①下肢の動作制限は、剣先の下方向（Y成分）の速度を増加（20%）させるものの、前方向（X成分）の速度は16%減少されるため、結果的に打突速度を有意に（7%）低下させることが明らかとなった。このことから、下肢関節による並進運動は、打突速度に7%貢献することが明らかとなった。

②下肢の動作制限は、有効打突と判定できる打突力を産み出すために、体幹部を通常条件よりも前傾させ、体幹部の角速度を高める打突動作を行っていた。また、竹刀の角度においては、打突時にかけて通常条件よりも有意に角度が小さくなっていた。この結果から、左右の押し手・引き手の作用を利用して竹刀を回転させることにより、竹刀の角速度を高め、通常条件と同程度の角速度を産み出していることが明らかとなった。

6. 引用文献

- 神崎 浩，伊藤 章（2005）剣道の正面打ち動作に関する動作学的研究—剣先速度に及ぼす動作要因—，大阪体育大学紀要，第36巻，pp51-60.
- 北田耕司，岩竹 淳，小森康加，與谷謙吾，田巻弘之（2011）動作制限法による投球速度に影響する動作の検討，日本体育学会大会予稿集，第62回大会，p149.
- 村瀬直樹，鷺見勝博，林 邦夫，堀山健治，桜井伸二（2014）剣道の正面打撃時間の短縮に及ぼすバイオメカニクスの要因の検討，武道学研究，第47巻別冊，p29.
- 村瀬直樹，桜井伸二（2015）剣道の正面打撃動作中の踏み切り脚における下肢関節キネティクスの特徴—中京大学体育研究所紀要（29）—，pp69-75.

椿 武，前田 明（2006）剣道における踏み切り足のトレーニングが連続打突時の打突速度と打突姿勢に及ぼす影響，トレーニング科学，第18巻（4），pp339-344.

椿 武，前田 明（2011）踏み込み足のトレーニングが剣道の打突動作時の姿勢に及ぼす影響，日本体育学会予稿集，第62回大会，p141.

椿 武，前阪茂樹，竹中健太郎，下川美佳，前田明（2013）カンガルージャンプトレーニングが打突動作速度と打突姿勢に及ぼす影響，武道学研究，第46巻別冊，p32.

横山直也，百鬼史訓，久保哲也，川上有光（2001）剣道における正面打撃動作の標準的3次元動作モデルの構築—武道学研究，第33巻（3）—，pp39-50.