

## 論文要旨

### 【研究背景】

剣道では従来、四部位の中でも面、とりわけ正面打撃が重要視される傾向があり、練習過程において正面打撃に最も多くの修練がなされている。実際の指導現場において、剣道を始めたばかりの初心者に対して初めに打たせる部位は正面が一般的である。先行研究（恵土ほか、1983；巽、1985）では、全日本学生大会および全日本選手権大会において、有効打になった技の中で出現率が一番高い技の種類はとび込み技であり、打突部位は面が一番高い割合であったことが示されている。つまり、剣道において面打撃、中でも最も基本の技である正面打撃は、試合でも頻繁に繰り出され、有効打を取得する割合も高いとされている。

恵土と星川（1984）は、有効打突を取得するためには、相手の防御動作よりも打撃動作が早いことが重要であると述べている。つまり、相手との攻防動作を行っている中で、自分が打てると感じた瞬間から打撃までの時間をいかに短縮させるかが重要であると言える。

これまでの正面打撃時間に関する研究については、正面打撃時間と体格、筋力、パワーとの関係を調べたもの（大崎ほか、1987）、中段の構えにおける体重配分と正面打撃時間の関係を調べたもの（横山ほか、1987）、構えの足の前後幅と正面打撃時間の関係を調べたものがみられる。しかし、これらの研究は、打撃動作の特徴の観点から正面打撃時間を短縮させる要因を検討しておらず、さらに打撃動作の早さと剣道競技者の競技力との関係を調べていない。

剣道は、相手の防御動作より打撃動作が早いことが重要（恵土と星川、1984）といわれていることから、相手と対峙して攻防動作を行っている中で、打つという判断を下した瞬間の位置から相手の打突部位までの距離の間での、身体の早い移動を伴った打撃が求められる。剣道の基本的な構えとなる中段の構えは、前後に足を開いた状態で構え、前足（右足）を離床させて、片脚でのその場からの前方ジャンプのように後足（左足）のみで踏み切る動作をしている。つまり、剣道において高いパフォーマンスを発揮するためには、左脚による大きな力発揮が重要であることが予想される。

これまでの剣道の踏み切り動作に関する研究は、中段の構えにおける踏み切り足（左足）の足先角度と足底力との関係を調べた研究（横山と百鬼、1984）、構えにおける両足の前後幅の変化が下肢のEMG放電量と地面反力に及ぼす影響を調べ、その特性を明らかにした研究（久保ら、2001）がみられる。しかし、これらの研究では、踏み切り動作中の地面反力の様相や筋活動量が提示されているが、踏み切り脚の関節周りの筋群がどの程度力を発揮しているか、或いはトルク発揮の変化の様相などといった、力学的特徴（キネティクス的特徴）については充分といえるほど明らかにされていない。一方、他の種目においては、踏み切り動作中の下肢関節のキネティクス的特徴を明らかにし、トレーニング方法の考案に対して有益な知見を示している研究がみられる（荻山と凶子、2014；Muraki et al, 2008；鳥海ほか、2002）。これらの先行研究の各種ジャンプに関する踏み切り動作においては、踏み切り脚の関節におけるキネティクスの特徴は明らかにされ、また、ジャンプの種類によってその特徴に違いがあることが示されている。剣道の打撃動作中の踏み切り脚においても、各関節が発揮するトルクやトルクパワーなどを求め、どの関節周りの筋群がどの程度活動しているかなどのキネティクスの特徴を明らかにすることは、剣道の踏み切りに適したトレーニング手段の特性を理解するため、ひいては打撃動作を早くし、競技力を向上させるために必要不可欠であると考えられる。

以上により、剣道の正面打撃時間と競技力の関係を調査するとともに、1. 正面打撃時間と打撃動作の

特徴の関係、2. 正面打撃動作中の踏み切り脚のキネティクスの特徴をそれぞれ明らかにすることで、剣道の正面打撃時間の短縮に影響を及ぼすバイオメカニクスの要因を検討することを本論文の目的とした。

### 【研究1】正面打撃時間と打撃動作特徴の関係

20名の男子大学剣道部員（実験の約2ヶ月前に行われた大学剣道部員による部内総当たりリーグ戦の結果から順位づけされている者）に、LEDランプが装着された打撃目標物（面、小手）に対して、LEDランプが点灯した方に向かって2.3mの距離から最大努力で打撃を行わせ、正面打撃時間、反応時間、動作時間、竹刀振り上げ局面時間、竹刀振り下ろし局面時間、および右足離床時間を算出し、打撃動作、および両足に作用する地面反力について分析した。

部内戦の順位と正面打撃時間との間に有意な相関関係が認められたことから、剣道の競技力向上に正面打撃時間の短縮は影響を及ぼすことが示唆された。

竹刀振り上げ局面においては、まず右足離床を早めることが重要であることが明らかとなった。剣道は右足が前、左足を後ろに構えることが一般的で、左足で踏み切る。つまり、右足を離床しないと身体が移動できないことから、早い右足の離床が必要となる。そして早い離床をするためには、離床するまでの間において、両足での体重のかけかえをなくすことが求められる。また、本研究では、正面打撃時間と右足への体重配分との間に有意な相関関係が認められなかったことから、正面打撃時間の長短には、構えている時の体重配分は影響しておらず、打つと判断を下した瞬間から体重のかけかえを行わずに右足を離床できるか否かが大きく影響している。また、正面打撃時間と、身体重心の合成平均速度および鉛直方向における地面反力のピーク値との間にそれぞれ有意な相関関係が認められたことから、踏み切り足（左足）で床を強く蹴ることによって、身体を素早く移動させることが重要であることが明らかとなった。加えて、速い竹刀の振り上げも必要になる。

竹刀振り下ろし局面においては、竹刀の振り下ろしスピードを高めることが必要であると同時に、打撃目標物から遠い位置で打撃を完了させることの重要性が明らかとなった。遠い位置で打撃をするためには、左肩関節をより屈曲位にして（腕を前方に伸ばして）打撃をすることが重要になると考えられる。

### 【研究2】正面打撃動作中の踏み切り脚のキネティクスの特徴

研究1で行った実験で得られたデータを用いて分析を行い、正面打撃時間、踏み切り時間、踏み切る瞬間までの身体重心の位置変位、および踏み切り脚の3関節それぞれのトルク、トルクパワー、力学的仕事を算出した。また、トルク発揮のタイミングの同期性（被検者ごとの下肢3関節が発揮した底屈および伸展トルクのピーク値の出現時刻をそれぞれ抽出して、その平均値と標準偏差を算出し、標準偏差を「トルク発揮のタイミングの同期性」とした）も算出した。

正面打撃時間の平均は、 $0.781 \pm 0.081s$ で、踏み切り時間は平均 $0.720 \pm 0.073s$ であったことから、正面打撃時間を構成する約90%の時間において、踏み切り足は地面と接していることを示し、この間、踏み切り脚は身体を前方に送り出すために力を発揮している。また、本研究の実験条件（打撃目標物より2.3mの距離からの打撃試技）における踏み切るまでの身体重心の位置変位は平均 $0.63 \pm 0.07m$ であったことから、剣道の打撃動作は、約60cmの距離をいかに短時間で移動できるかがポイントとなり、他の様式の跳躍動作のように、遠くに跳ぶことを目的としていないことが明らかとなった。加えて、本研究では、踏み切り時間と下肢3関節のピークトルクパワーおよび力学的仕事の値との間にそれぞれ有意な相関関係が認められなかったことから、剣道の踏み切りは、踏み切り時の身体重心速度を高めるのではなく、他の様式の跳躍動作と比較して、短い移動距離の中で予備動作時間の短縮を優先するような戦略が必要になると考えられる。

そのため、本研究では、下肢3関節それぞれのトルクが発揮されるタイミングとそのズレ幅に着目し、

踏み切り時間と被検者ごとの下肢3関節それぞれの底屈および伸展トルクの最大値を迎える瞬間の3つの平均時刻の標準偏差（トルク発揮のタイミングの同期性）との関係を調べた。その結果、踏み切り時間が短い者ほど、トルク発揮のタイミングの同期性の値が小さい傾向であった。つまり、下肢3関節の同様なタイミングでのトルク発揮が、剣道の踏み切りにおいては有効であることが明らかとなった。また、本研究では、下肢3関節ともエキセントリックな筋活動が少ない傾向であった。これらのことから、短時間の内に素早く身体を移動させるには、下肢3関節のコンセントリック局面におけるトルク発揮を瞬間的に同期させて行う必要がある。

### 【総括】

剣道の打撃動作はスムーズな初動が重要である。それは早い右足の離床や踏み切り脚の同様なタイミングでのトルク発揮、およびそれによる身体の素早い移動の重要性から推察される。つまり、予備動作なく重心を加速させることが必要になる。そして、移動中の竹刀の速い操作、遠い位置から打撃できるよう両腕を前方に伸ばして（すなわち肩をより屈曲位にして）打撃するというような、竹刀操作や打撃姿勢も正面打撃時間の短縮につながる事が明らかとなった。

以上の点を意識して打撃動作に取り組むことで、正面打撃時間は短縮されると考えられる。正面打撃時間は競技力向上に繋がる事が明らかとなり、正面打撃時間を短縮させる要因を検討することの重要性が示された。本論文の結果は、今日の剣道の指導現場に対して有用な知見を提供する。