

2. 大外刈における刈り足の「刈り力」に及ぼす足関節および膝関節角度の影響

神戸大学 岡田 修一

2. Effects of Ankle and Knee Joints Angles on Power of Functional Leg at the time of “Kake” throwing motion in “Osoto-gari”

Shuichi Okada (Kobe University)

The purpose of this study was to clarify the effects of ankle and knee joints angles on power of functional leg at the time of “Kake” (attack) throwing motion in “Osoto-gari” .

The subjects were six male university judo players. The power of functional leg with changing ankle and knee joints angles were measured at the time of “Kake” throwing motion in “Osoto-gari”. The power of functional leg in 30 degree of plantarflexion , and orientation of knee joint and 30 degree of knee flexion were significantly higher than other angle pairs of ankle and knee joints. These results suggest that the power of functional leg become higher by changing of angles of ankle and knee joints in the time of “Kake” throwing motion in “Osoto-gari” .

I 緒言

柔道投げ技における大外刈は、明治時代では大外刈の「刈」にくさかんむり（部首）をつけた「刈」⁷⁾と書かれており、鋭利な鎌で草を薙ぎ倒すように相手の足を刈れとの意味が込められている⁷⁾。柔道大辞典⁴⁾によると、大外刈は相手の体重を片足に移し、さらにその踵の方向へ押し崩し、進退きわまった相手の支持足を一気に刈り倒すと説明されている。このように、大外刈においては刈り足がその技の成否に大きく関与している。

大外刈の刈り動作における刈り足の足関節と膝関節について未熟練者と熟練者を比較すると、足関節では未熟練者は背屈するのに対し、熟練者は底屈の状態相手の大腿部後面を刈る傾向が

ある。また、膝関節では未熟練者は屈曲するのに対し、熟練者は伸展の状態で刈る傾向がある。

このように、未熟練者と熟練者における刈り動作時の刈り足の足関節と膝関節の動きには大きな差異が観察されるが、これらの関節運動の違いが刈り足の発揮力に及ぼす影響については不明な点が多い。

Imamura et al.²⁾は、大外刈のバイオメカニクス的研究から刈り足側の股関節の角速度は足関節の底屈位と背屈位では差がなく、底屈位・背屈位とも刈る時には膝関節の動きが伴ったことから、刈り足は足関節の底背屈に関わらず、むしろ膝関節の動きを用いた鞭的な効果を発揮していたと報告している。また、柔道指導書のなかでは、大外刈試技時の刈り足の足関節と膝関節の動きに関する記述として、馬が前足で土などを掘るときのように、足裏を上に向けるようにして一気に後方に刈り倒す⁶⁾、刈る動作は足先で畳を擦るような気持ちで刈り動作を行い、足首を曲げ、踵で刈るようでは利かない⁷⁾などがみられる。

これらのように、大外刈の刈り足における足関節と膝関節の動きは、刈り動作と密接な関係にあるものの、これまで刈り足の足関節および膝関節の角度を考慮して、刈り足の発揮する力を検討した研究はみられない。

本研究では、柔道有段者を対象に大外刈試技時の刈り足における足関節と膝関節に注目し、足関節・膝関節角度を任意の角度で固定した状態で刈り足の発揮力を測定し、両関節角度の組み合わせごとに刈り足の発揮力を比較・検討することによって、刈り足の発揮力に及ぼす足関節および膝関節角度の影響について明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 被験者

被験者は、大学男子柔道選手6名であった。彼らの年齢、身長、体重、柔道経験年数および段位の平均値および標準偏差は、それぞれ 23.1 ± 2.2 歳、 170.8 ± 5.3 cm、 68.2 ± 5.8 kg、 7.5 ± 5.1 年および 2.8 ± 0.7 段であった。

2. 刈り力の測定

大外刈試技時の刈り動作は、主として股関節の伸展動作といえる。本研究では、この股関節伸展によって生じる力積を「刈り力」と定義した(図1)。すなわち、刈り力は刈り動作時に大腿部下部後面が力量計(日本電気三栄社製)に当たる際の力積によって評価した。

大腿部が力量計に当たる時の痛みや障害を防止するため、力量計の計測部分に厚さ2mmのアルミニウム製の板を取り付け、さらにその板のうえに発泡スチロールを取り付けた。力量計は、角材(長さ2m、横10cm、縦4cm)に固定し、その位置が被験者の刈り動作時に大腿部下部に当たるように角材の高さを調節した。

3. 足関節および膝関節角度の固定方法(図2)

アキレス腱断裂後の足関節の固定に用いられている装着具をもとに作成した足関節固定器具を用い、足関節を任意の角度

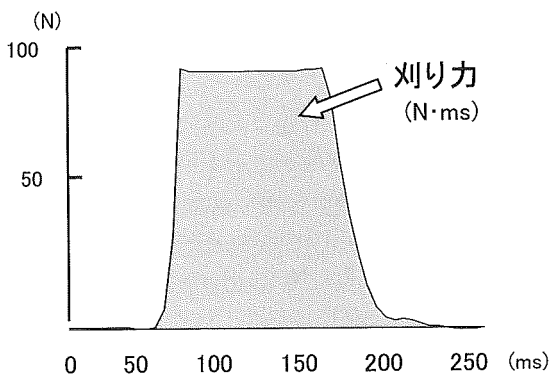


図1 刈り動作時の刈り力の算出方法

に固定した。また、市販の膝関節固定器具 (DONJOY ORTHO社製) を用い、膝関節を任意の角度に固定した。

4. 刈り動作時の足圧中心動揺の測定

刈り力は、支え足 (踏み込み足) の足圧中心位置による影響を受けるものと思われる。そこで、フォースプレート (パテラ社製) を用いて、支え足の前後左右方法の足圧中心位置を測定した。

5. 実験手順

被験者に足関節・膝関節角度固定器具を装着した。被験者の安静立位時の足関節角度を東大式角度計 (ヤガミ社製) にて計測し、足関節正位とした。また、安静立位時の膝関節完全伸展位を東大式角度計にて計測し、膝関節正位とした。

実験時に設定した足関節角度は、正位、背屈10度、底屈30度であり、膝関節角度は、正位、屈曲30度、屈曲50度であった。また、股関節角度は70度で一定とした。股関節角度の計測方法は、東大式角度計を用い、被験者の支持足の太転子を支点に膝関節方向と刈り足の膝側面との角度を70度とした。これらの関節角度の設定は、大外刈を得意とする被験者2名の大外刈試技時の刈り足の足関節および膝関節角度を参考に決定した。

以下に、足関節と膝関節の関節角度の組み合わせによる9つの実験条件を示す。

- 1) 第1条件：足関節正位、膝関節正位、股関節70度
- 2) 第2条件：足関節正位、膝関節屈曲30度、股関節70度
- 3) 第3条件：足関節正位、膝関節屈曲50度、股関節70度
- 4) 第4条件：足関節背屈10度、膝関節正位、股関節70度
- 5) 第5条件：足関節背屈10度、膝関節屈曲30度、股関節70度
- 6) 第6条件：足関節背屈10度、膝関節屈曲50度、股関節70度
- 7) 第7条件：足関節底屈30度、膝関節正位、股関節70度
- 8) 第8条件：足関節底屈30度、膝関節屈曲30度、股関節70度
- 9) 第9条件：足関節底屈30度、膝関節屈曲50度、股関節70度

実験は、刈り動作時に上半身が動かないよう、被験者は支持足側の胸部および腹部を壁に付け、その後、検者が被験者の背部を押さえることによって固定した。被験者の足元には、フォースプレートを設置し、前方には股関節角度を70度に規定するための紐を張った。刈り動作は、前方に張った紐に大腿部下前面 (膝蓋骨上部) が接するように刈り足を振り上げた時点から最大努力により刈り動作を行った。実験前には、この動作に慣れるよう練習を行った。上記の9つの実験条件ごとに5回連続の刈り動作を行い、各試技の間には10秒間の休息を取った。各実験条件間には、筋疲労を避けるために5分以上の休息を取った。なお、実施した実験条件の順は、被験者ごとにアランダムとした。

6. 分析方法

フォースプレートからの足圧中心および力量計からの発揮力を200Hzのサンプリング周波数

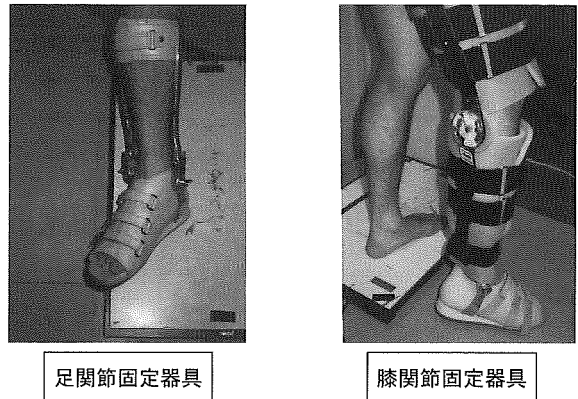


図2 足関節および膝関節固定方法

表1 各実験条件における刈り動作時の支え足の
最大前後・左右方向足圧中心変動

	最大前後足圧中心変動 (cm)	最大左右足圧中心変動 (cm)
第1条件	20.5±4.7	4.1±2.1
第2条件	21.3±5.2	4.3±2.2
第3条件	22.1±5.1	4.7±2.5
第4条件	21.9±4.9	4.5±1.9
第5条件	23.1±5.3	4.3±2.0
第6条件	23.4±5.2	4.5±2.2
第7条件	22.9±4.8	4.7±2.4
第8条件	23.5±5.3	4.2±2.3
第9条件	23.0±5.1	4.6±2.1

平均値±標準偏差

- 第1条件：足関節正位、膝関節正位、股関節70度
 第2条件：足関節正位、膝関節屈曲30度、股関節70度
 第3条件：足関節正位、膝関節屈曲50度、股関節70度
 第4条件：足関節背屈10度、膝関節正位、股関節70度
 第5条件：足関節背屈10度、膝関節屈曲30度、股関節70度
 第6条件：足関節背屈10度、膝関節屈曲50度、股関節70度
 第7条件：足関節底屈30度、膝関節正位、股関節70度
 第8条件：足関節底屈30度、膝関節屈曲30度、股関節70度
 第9条件：足関節底屈30度、膝関節屈曲50度、股関節70度

表2 各実験条件における刈り力

	刈り力 (N·ms)
第1条件	1976.7±450.2
第2条件	1917.9±438.2
第3条件	1758.1±359.8
第4条件	1815.9±261.2
第5条件	1953.1±290.7
第6条件	1654.2±220.8
第7条件	2531.3±422.1
第8条件	2652.9±429.9
第9条件	1778.7±193.1

平均値±標準偏差

- 第1条件：足関節正位、膝関節正位、股関節70度
 第2条件：足関節正位、膝関節屈曲30度、股関節70度
 第3条件：足関節正位、膝関節屈曲50度、股関節70度
 第4条件：足関節背屈10度、膝関節正位、股関節70度
 第5条件：足関節背屈10度、膝関節屈曲30度、股関節70度
 第6条件：足関節背屈10度、膝関節屈曲50度、股関節70度
 第7条件：足関節底屈30度、膝関節正位、股関節70度
 第8条件：足関節底屈30度、膝関節屈曲30度、股関節70度
 第9条件：足関節底屈30度、膝関節屈曲50度、股関節70度

でA/D変換し、コンピュータに取り込んだ後、分析を行った。力量計のデータは、各実験条件における力のピーク値から前後0.5秒間の計1秒間の力積を算出した。

7. 統計処理

実験条件による測定値間の差の検定には、関節角度を要因とする一元配置分散分析を行った。そのF値が有意な場合には、Scheffeの多重比較検定を行った。なお、有意水準は $p<0.05$ とした。

III 結果

1. 刈り動作時の支え足(踏み込み足)の足圧中心変動

表1に各実験条件における刈り動作時の支え足の最大前後・左右方向足圧中心変動の結果を示した。前後・左右方向ともに9実験条件間に有意な差はみられず、同様な値を示した。この足圧中心結果から、各実験条件における刈り動作の差異はほとんどみられないことが推察される。

2. 刈り力

表2および図3に各実験条件における刈り力の結果を示した。分散分析の結果、実験条件間に5%水準で有意な差が認められたので、多重比較を行った結果、第7条件および第8条件での刈り力が他の条件に比べ有意に大きな値を示した($p<0.05$)。これらの2条件を除く条件間には差異はみられなかった。

IV 考察

本結果から、大外刈の刈り動作において足関節底屈30度で膝関節正位および屈曲30度の場合に大きな刈り力が発揮されることが明らかになった。この結果から、足関節を底屈し、膝を伸ばすか、あるいは少し曲げた状態で刈り動作を行うことによって、大外刈の刈り足の力

は大きくなることが示唆される。また、このような下肢の動作は、熟練者にみられる大外刈試技時の足関節と膝関節の動きと合致する。

実験条件間にみられた刈り力の差異は、刈り動作時の足関節および膝関節角度の差に起因するものであり、足関節および膝関節の角度変化が刈り力、換言すれば股関節伸展力に影響を及ぼしていると考えられる。下肢の関節は股関節、膝関節、足関節に大別され、それぞれの関節の角度変化に伴い筋力発揮に参与する筋の種類が異なる⁸⁾。筋には、1つの関節に付着して、その筋が作用する単関節筋と、2つの関節にまたがって付着してそれぞれの関節によりその筋が作用する2関節筋とがある。2関節筋は一方の関節で生み出したパワーを他方の関節に伝えることができる。

したがって、刈り動作は、股関節、膝関節、足関節の3関節を動員させる動作であることから、この2関節筋が単関節筋に比べ、刈り力により強く影響を及ぼしていると推測される。中村と斎藤⁹⁾は、股関節伸展力を有効に発揮するには膝関節伸展位の方がよいと述べている。つまり、膝関節伸展位が起こると、大腿二頭筋が引き伸ばされて股関節伸展位をとりやすくなる。さらに、膝関節伸展位の場合には足関節底屈動作を強力に発揮することができる⁹⁾。膝関節伸展が引き起こされると腓腹筋が引き伸ばされ、その結果、足底屈を引き起こしやすくなる¹⁾。これらのことから、腓腹筋の筋力発揮の面からは足関節底屈位・膝関節伸展位の方が有効であると考えられる。

河端および小田⁵⁾は股関節、膝関節、足関節を中心とした多関節運動において、関節個々の筋出力がこれらの関節運動によってなされたパフォーマンスに対し、それぞれの程度の影響を与えるかを明らかにするために、各関節トルクを指標としてパフォーマンスを比較検討した結果、各関節の伸展および屈曲運動時のトルク値は、股関節伸展が最も高く、これを基準に相対化してみると、膝関節伸展が78%、股関節屈曲が62%、膝関節屈曲が44%、足関節底屈が33%、足関節背屈が11%であったと報告している。これは、膝関節に関しては屈曲よりも伸展、足関節に関しては背屈よりも底屈の方が関節個々の筋出力トルクが高いことを示唆している。

本研究で評価した刈り力は、股関節伸展動作における股関節、膝関節、足関節のそれぞれで発揮された筋出力の総和と考えることができる。また、刈り動作は股関節、膝関節、足関節の3関節をすべて動かす動作であるため、二関節筋の影響を強く受ける。すなわち、股関節伸展力が効率よく発揮されるためには膝関節を伸展させる方がよく、さらにその膝関節の伸展により、足関節の底屈力もより大きく発揮できるようになる³⁾。本結果は、これらの機能解剖学的知見と合致するものと考えられる。

本結果から、柔道初心者への大外刈の技術指導、あるいは柔道熟練者の刈り足の発揮力の増強において、大外刈試技時の膝関節の伸展と足関節の底屈に注意を払うべきことが示唆される。

V まとめ

大学生柔道有段者6名を対象に、足関節正位・背屈10度・底屈30度および膝関節正位・屈曲30度・屈曲50度を組み合わせた9条件での大外刈の刈り動作時における刈り足の発揮力（刈り

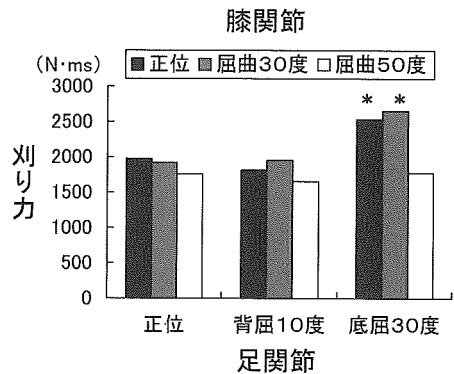


図3 足関節正位・背屈10度・底屈30度および膝関節正位・屈曲30度・屈曲50度における刈り力

力)を測定し、条件間で比較・検討することによって、刈り力に及ぼす足関節および膝関節角度の影響について明らかにした。

その結果、9つの実験条件での刈り力は、足関節を底屈30°で膝関節を正位、および足関節を底屈30°で膝関節屈曲30°の2条件の場合に他の実験条件に比べ有意に大きな値を示した。これは、足関節を底屈し、膝を伸ばすか、あるいは膝を少し曲げる動作を行うことによって、大外刈りの刈り力が大きくなることを示唆している。

文献

- 1) Cresswell A.G. and Loscher W.N. (1995) Influence of gastrocnemius muscle length on triceps surae torque development and electromyographic activity in man. *Exp. Brain Res.* 105:283-290.
- 2) Imamura R.T., Iteya M. and Takeuchi Y. (2005) The Biomechanics of Osoto-gari. 講道館柔道科学研究会紀要第10輯:47-55.
- 3) Kaslund S. (1992) Clinical significance of altered gastrocnemius muscle coordination in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2:79-83.
- 4) 嘉納行光・竹内善徳・醍醐敏郎・中村良三・川村禎三・佐藤宣践(1999) 柔道大辞典、アテネ書房、東京.
- 5) 河端隆志・小田伸午(1987) 3関節トルク(足関節、膝関節、股関節)とパフォーマンスとの関係、*体力科学* 36:503.
- 6) 小谷澄之(1981) 図解コーチ柔道、成美堂出版、東京.
- 7) 松本芳三・浅見高明(1979) 写真と図解による柔道、大修館書店、東京.
- 8) 中村隆一・斎藤 宏(1994) 基礎運動学、医歯薬出版、東京:212-235.
- 9) Sale D. and Quinlan J. (1982) Influence of joint position on ankle plantarflexion in humans. *Am. Physiol. Soc.* 52:1636-1642.