

9. 柔道投技の「崩し」における頭部回転のタイミングと「引き手」力に関する基礎的研究

神戸大学	岡田	修一
高知県社会福祉協議会	間	章
京都教育大学	藪根	敏和
甲南大学	山崎	俊輔
兵庫教育大学	永木	耕介
龍谷大学	徳田	眞三
大阪体育大学短期大学部	松田	基子

9. A Study of the Relationship Between the Timing of Head Rotation and *Hikite* (Pulling Hand) Power in *Kuzushi* (Braking Balance) in Judo Throwing Techniques.

Shuichi Okada	(Kobe University)
Akira Hazama	(Kochi Prefecture Council for Social Welfare)
Toshikazu Yabune	(Kyoto University of Education)
Shunsuke Yamasaki	(Konan University)
Kosuke Nagaki	(Hyogo University of Teacher Education)
Sinzou Tokuda	(Ryukoku University)
Motoko Matsuda	(Osaka University of Health and Sports Science Junior College)

Abstract

It was well known that head rotation plays an important role in applying judo throwing techniques. However, the relationship between the timing of head rotation and *hikite* (pulling hand) power in *kuzushi* (braking balance) in judo throwing technique has not been examined scientifically. The purpose of this study was to investigate that relationship.

Ten male beginning judo students participated in this study. The isokinetic elbow extension strength, the angle of head rotation in the horizontal plane, and the electromyographic activity (EMG) of the triceps brachii

and biceps brachii muscles were measured when (1) there was no movement of the head rotation (no-movement), (2) the movement of the head rotation and arm extension was simultaneous (simultaneous timing), and (3) the movement of the head rotation was later than that of an arm extension (later timing).

These results were as follows:

1. An impulse in elbow extension per second in the timing of simultaneous timing was significantly higher ($p<0.05$) than that of the timing of no-movement.
2. A integrated EMG of the triceps brachii muscle in the timing of simultaneous timing was significantly ($p<0.05$) higher than that of the timing of no-movement.
3. A integrated EMG of biceps brachii muscle in the timing of simultaneous timing was significantly ($p<0.05$) lower than that of the timing of no-movement.

These results suggest that *hikite* power increases when the movement of the head rotation and arm extension is simultaneous, due to the stronger influence of tonic neck reflex compared to other timings of head rotation.

It is recommended we teach beginning judo students to make the movement of head rotation and arm extension simultaneous in *kuzushi* when applying judo throwing techniques.

1 緒言

身体のある部位の筋を随意的に収縮させて運動を行うと、主動筋や共同筋、拮抗筋という、その運動と直接関係のある筋だけでなく、それ以外の遠隔筋の運動ニューロンプールの興奮も変化する⁵⁾。特に頭部の運動は、しばしば日常動作での体幹や四肢筋の活動状態に変化をもたらすと報告されている³⁾。このように人間の姿勢を調節する姿勢反射のうち、体幹に対する頭位の変化が四肢に一定法則的な持続性緊張をもたらすものを緊張性頸反射という⁴⁾。例えば、頭部右回転により、右側の上下肢は緊張性に伸張し、左側の上下肢は屈曲する。この反射は従来、脳疾患患者あるいは初生児にのみ現れるとされてきたが、健康な成人にも潜在的に存在することが明らかにされている⁴⁾。

西端⁶⁾と福田⁴⁾は、スポーツにおける運動姿勢を連続写真から分析した結果、緊張性頸反射に合致したフォームが数多く見られると報告している。福田⁴⁾は、特に最高の筋力を発揮しようとする運動場面において、緊張性頸反射の発現姿勢と合致したフォームがみられると述べている。また猪飼ら⁷⁾は、柔道の投技に関する16mm高速度カメラを用いた分析から、投技時の取は頭部の位置を変化させ、頸反射を利用して腕の引きを強くしていると考察している。同様に、井浦ら⁸⁾も動作分析の結果から、柔道の中等度熟練者には、左右上肢と頭位の関係に緊張性頸反射の発現パターンと合致した現象がみられると報告している。

一方、頭部回転運動と上肢筋の筋力および筋活動の関係について、CurryとClelland²⁾は、頭部の回転運動を行ったときに、頭部の回転方向側の手首の伸展力が有意に増加し、反対に、頭部の回転方向と反対側の手首の伸展力が有意に低下することを報告している。また、渡辺¹¹⁾は、頭部

回転運動により、主動筋活動の開始に先行して遠隔筋である上腕筋の伸筋には促通が現れ、筋放電が増加し、屈筋には抑制が現れ、筋放電が減少することを報告している。

これらのことから、パフォーマンスを高めようとする運動場面において、緊張性頸反射を利用するようなフォームが多くみられ、また、頭部回転運動により、回転方向側の上肢筋に緊張性頸反射の影響による伸展力の増加や筋放電量の増加がみられることが明らかになっている。

こうした頭部回転運動による上肢筋への影響は、柔道のパフォーマンスを大きく左右するものと思われる。すなわち、柔道投技は崩し、作り、掛けの3つの動作局面に分けられるが、特に崩しは、頭部の回転、引き手の力、下肢の足さばきなどによって相手の重心を前方へ移動させ相手のバランスを崩す投げ動作の準備局面である。したがって、この崩しの成果によって相手を投げることができるかどうかが決定的なため、崩しの動作局面における頭部回転による頸反射の利用は、投げ技のパフォーマンスを向上させるうえで重要である。

ところが、これまで柔道投技の崩しの動作に焦点をあてて、頭部回転運動のタイミングと引き手の伸展力との関係について検討を行った研究は筆者の知る限り見当たらない。さらに、柔道指導の現場で、頭部回転と引き手のタイミングに苦慮している場面を多く見かけること、あるいは柔道指導書の中にも頭部回転と引き手のタイミングについて詳細に説明しているものはほとんどみられない。

そこで本研究では、男性の柔道初心者を対象に、柔道の崩し動作時の頭部回転と引き手動作に焦点をあてた実験設定のもと、頭部回転のタイミングを変えて腕の伸展力を測定・検討することによって、頭部回転のタイミングと腕の伸展力との関係について明らかにすることを目的とした。

II 研究方法

1. 被験者

被験者は、大学体育授業「柔道コース」(週1回、90分、12週)を受講した男子学生10名であり、すべて大学で始めて柔道を経験した者であった。被験者の年齢、身長、体重の平均値および標準偏差はそれぞれ、 21.5 ± 1.6 歳、 173.4 ± 2.7 cm、 72.9 ± 3.1 kgであった。被験者には、予め実験の目的と手順を口頭で説明し理解と了承を得た。

2. 実験方法

被験者を楽な姿勢で椅子に座らせた。肩と背中を壁につけ、上体が動かないように被験者の胸

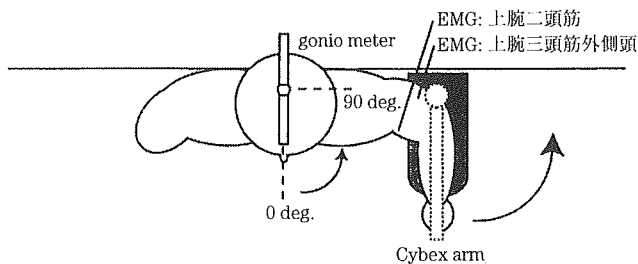


図1 実験構成図

Fig. 1 Experimental setup

部にベルトを回し、壁に固定した。左前腕はサイベックスのアーム上に乗せ、肘の回転中心が回転軸上に位置するように固定した。首にはコルセットを装着し首の前後左右の動きをなくし、頭部にはヘルメットを着用させた(図1)。

実験では、サイベックス(Cybex II、酒井医療)を用いて等速性腕伸展力を測定した。本研究では、この等速性腕伸展力を柔道における引き手の力(「引き手」力)と定義した。腕伸展角速度は、柔道場において、引き手に負荷のかかった状態である乱取りを想定した $90\text{deg}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合と、負荷のあまりかかっていない場面である打ち込みを想定した $180\text{deg}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合の2つの角速度で測定を行った。腕伸展動作中における被験者の上肢の筋活動を観測するために、筋電計(マルチテレメーターシステム511、日本電気三栄)を使用し、皮膚表面双極誘導法で表面筋電図を導出した。被験筋には左腕の肘関節伸展筋である上腕三頭筋外側頭、屈曲筋である上腕二頭筋を選んだ。筋電図の解剖ガイド³⁾に従って、それぞれの筋腹に一对の表面電極(直径10mm、ディスクポーザブル・タイプ)を3cm間隔で貼付した。電極間の抵抗は $10\text{k}\Omega$ 以下とした。また、頭部の水平回転角度の変位を測定するためにゴニオメーターを用いた。ゴニオメーターの中心部は、ヘルメット上の頭部回転軸上に固定し、一端をヘルメット上に、もう一端を壁に固定した。

実験の運動課題としては、柔道の崩しを想定し、合図と同時に、頭部を左側に回転しながら左肘関節を角度90度から180度まで全力で伸展させる。その時、頭位回転と肘関節(腕)の伸展開始のタイミングを以下のように変えて行う。

- 1) 頭位回転なし、左腕の伸展のみを行う(以後、頭部静止と表記する)。
- 2) 頭位の左回転と左腕の伸展を同時に行う(以後、頭部同時と表記する)。
- 3) 頭位の左回転を先行させ、左腕の伸展を行う(以後、頭部先行と表記する)。
- 4) 左腕の伸展を先行させ、頭位の左回転を行う(以後、頭部後行と表記する)。

それぞれの運動課題について、5回ずつ測定を行った。

実験データはデータレコーダ(XR-500、TEAC)に収録し、データ解析ソフトのAcqknowledge(BIOPAC Systems Inc.)により解析を行った。

3. 分析方法

実験から等速性腕伸展力、頭部回転の変位、上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋電図のデータを得た。このうち頭部回転の変位データを微分し角速度のデータを算出した(図2)。

これらのデータから等速性腕最大伸展力(Peak)、左腕伸展開始から伸展動作終了時までの力積、左腕伸展開始から伸展動作終了までの上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋放電積分値、頭部回転平均角速度、頭部回転開始と左腕伸展開始の時間差を求めた。頭部回転開始と左腕伸展開始の時間差については、左腕伸展開始を基準として、頭部回転がそれよりも早い時はマイナス、それよりも遅い時はプラスとした。これらの平均値と標準偏差を算出した結果(表1)、頭部回転と左腕伸展開始が「同時」というのはこれ

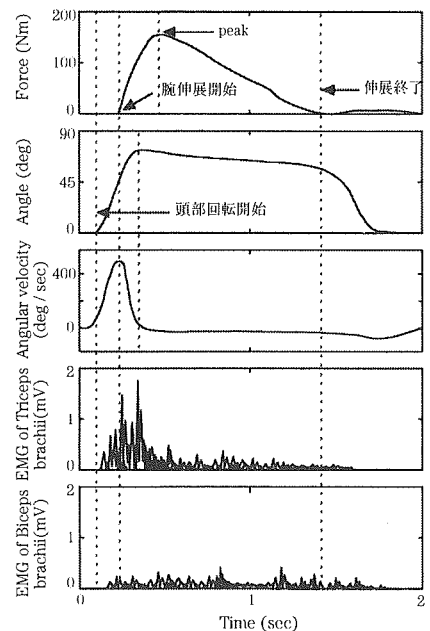


図2 分析図

Fig. 2 A sample result illustrating the parameters investigated

表1 各頭部回転のタイミングにおける頭部回転開始と腕伸展開始の時間差
Table 1 Difference of onset time between head roatation and arm extension in each timing of head rotations

頭部回転のタイミング	腕伸展角速度 90 deg·s ⁻¹	腕伸展角速度 180 deg·s ⁻¹
頭部同時	-30.2± 33.2	-23.8± 25.2
頭部先行	-247.1± 88.9	-258.0± 91.1
頭部後行	334.2±176.2	231.1±113.9

(平均値±標準偏差, 単位:msec)

らの時間差が±50msec以内とし、-50msec未満を左腕伸展開始より頭部回転が早かったものとし、+50msecを超えるものを左腕伸展開始より頭部回転が遅いものとした。それぞれの運動課題に対して左腕伸展開始と頭部回転開始が上記の範囲でないデータは除外し、また5回の試技のなかで、等速性腕伸展力の発揮の仕方が他の試技と比べて明らかに異なるデータも除外して分析を行った。

等速性腕最大伸展力は、それぞれの運動課題における試技の平均値として算出した。また、左腕伸展開始から左腕伸展終了時までの力積、上腕二頭筋および上腕三頭筋の左腕伸展開始から左腕伸展終了時までの筋放電積分値については、それぞれの運動課題に対する試技の平均値と単位時間当たりの平均値を求めた。これらのデータは、頭部静止で得られたデータの値を100として、それぞれのタイミングにおけるデータの値を換算することによって標準化した。本実験においては、測定値の個人間の比較を行うものではなく、個人内の頭部回転のタイミングの違いによる測定値の比較を行うものであり、また、実測値では被験者の身体的特性による影響が大きいため、頭部静止を基準として標準化されたデータを用いた。

4. 統計処理

分析によって得られたデータを統計解析ソフトのStatview (Abucus Concepts Inc.) により統計的に処理し、頭部回転のタイミングごとの平均値と標準偏差を算出した。さらに、頭部回転のタイミングの違いによる分散分析を行い、有意差が認められた場合には、FisherのPLSDによるポストホック検定により各頭部回転のタイミング間の有意差検定を行った。有意水準は、 $p < 0.05$ とした。

III 結果

頭部静止、頭部同時、頭部先行および頭部後行の腕伸展力、頭部回転角度、頭部回転角速度、上腕三頭筋および上腕二頭筋の筋電図の結果の一例を図3、図4、図5および図6に示した。

1. 等速性腕最大伸展力

腕伸展角速度90deg·sec⁻¹では、腕最大伸展力は102.92±32.12Nmであり、角速度180deg·sec⁻¹では、85.03±32.76Nmであった。

各頭部回転のタイミングにおける等速性腕伸展力(標準値)の平均値と標準偏差を表2に示す。角速度90deg·sec⁻¹では、頭部同時、頭部後行の伸展力が頭部静止に比較して大きくなる傾向がみられた。角速度180deg·sec⁻¹では、頭部同時の伸展力が頭部静止に比べ大きくなる傾向がみられた。

2. 等速性腕伸展動作時の力積

腕伸展角速度90deg·sec⁻¹では、力積は59.98±19.35Nm·secであり、角速度180deg·sec⁻¹では、

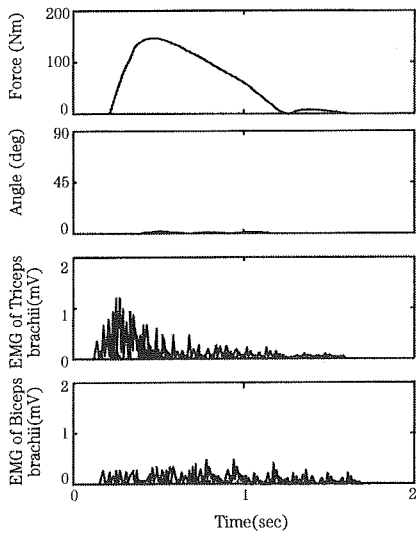


図3 頭部静止における結果の一例
Fig. 3 A sample result in the timing when there is not the movement of head rotation

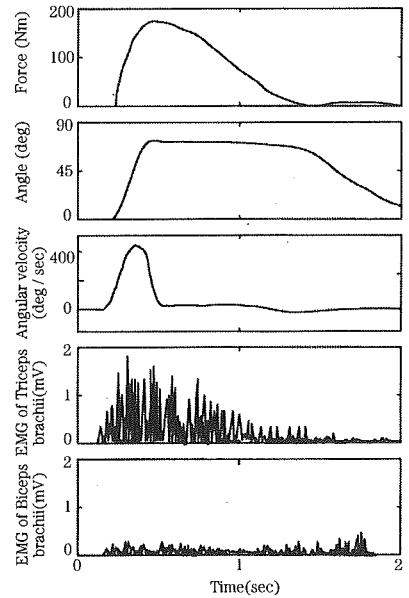


図4 頭部同時における結果の一例
Fig. 4 A sample result in the timing when the movement of head rotation and arm extension is simultaneous

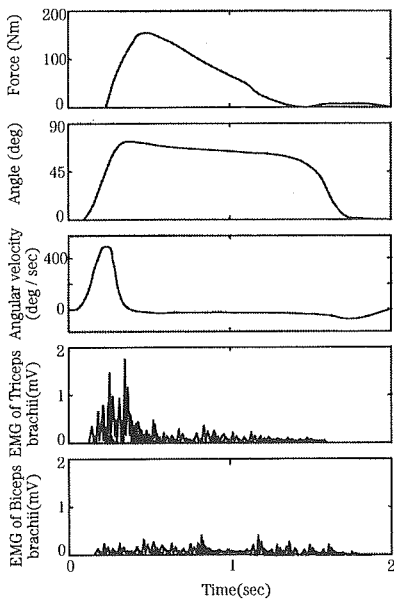


図5 頭部先行における結果の一例
Fig. 5 A sample result in the timing when the movement of head rotation is earlier than that of arm extension

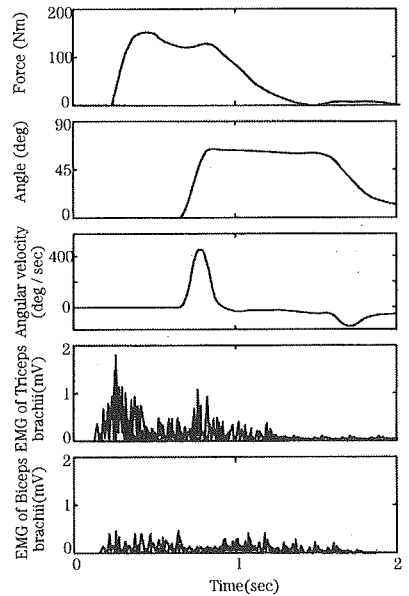


図6 頭部後行における結果の一例
Fig. 6 A sample result in the timing when the movement of head rotation is later than that of arm extension

表2 各頭部回転のタイミングにおける腕最大伸展力(標準値)

Table 2 Normalized arm extension strength in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 90 deg·s ⁻¹	腕伸展角速度 180 deg·s ⁻¹
頭部同時	118.6±23.8	111.1±17.5
頭部先行	105.6±25.3	98.7±15.8
頭部後行	115.0±27.1	106.3±17.6

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

表3 各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の力積(標準値)

Table 3 Normalized impulse in arm extension in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 90 deg·s ⁻¹	腕伸展角速度 180 deg·s ⁻¹
頭部同時	117.4±33.7	115.6±32.7
頭部先行	104.9±29.4	101.2±27.7
頭部後行	116.5±29.8	108.7±26.1

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

30.07±13.11Nm·secであった。

各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の力積(標準値)の平均値と標準偏差を表3に示す。

角速度90deg·sec⁻¹では、頭部同時、頭部後行の力積が頭部静止に比べて大きくなる傾向がみられ、角速度180deg·sec⁻¹では、頭部同時の力積が頭部静止に比べて大きくなる傾向がみられた。

3. 等速性左腕伸展動作時の単位時間当たりの力積

腕伸展角速度90deg·sec⁻¹では、単位時間当たりの力積は57.17±16.96Nmであり、角速度180deg·sec⁻¹では、46.54±16.65Nmであった。

各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の単位時間当たりの力積(標準値)の平均値と標準偏差を表4に示す。

角速度90deg·sec⁻¹では、各頭部回転のタイミング間の単位時間当たりの力積に有意差が認められた(p<0.05)。ポストホック検定の結果、頭部同時の単位時間当たり力積が頭部静止に比較し

表4 各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の単位時間当たりの力積(標準値)

Table 4 Normalized impulse per second in arm extension in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 90 deg·s ⁻¹	腕伸展角速度 180 deg·s ⁻¹
頭部同時	116.5±21.2	117.3±30.8
頭部先行	105.1±19.7	104.9±24.9
頭部後行	114.8±24.5	110.2±25.8

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、頭部後行の単位時間当たりの力積が頭部静止に比べて大きくなる傾向がみられた。角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ でも、各頭部回転のタイミング間の単位時間当たりの力積に有意差が認められた ($p < 0.05$)。ポストホック検定の結果、頭部同時の単位時間当たり力積が頭部静止に比較し有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、頭部後行の単位時間当たりの力積が頭部静止に比べて大きくなる傾向がみられた。

4. 等速性腕伸展動作時の上腕三頭筋の筋放電積分値

腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、上腕三頭筋の筋放電積分値は $0.16 \pm 0.05 \text{ mV} \cdot \text{sec}$ であり、角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、 $0.09 \pm 0.04 \text{ mV} \cdot \text{sec}$ であった。

各頭部回転のタイミングにおける上腕三頭筋の筋放電積分値 (標準値) の平均値と標準偏差を表5に示す。

表5 各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の上腕三頭筋の筋放電積分値 (標準値)
Table 5 Normalized integrated EMG of triceps brachii muscle in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$	腕伸展角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$
頭部同時	109.6 ± 27.9	112.6 ± 26.2
頭部先行	103.8 ± 28.5	102.3 ± 26.0
頭部後行	104.2 ± 32.3	105.5 ± 37.7

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、頭部同時の筋放電積分値が頭部静止に比較し大きくなる傾向がみられた。角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ でも、頭部同時の筋放電積分値が頭部静止に比べて大きくなる傾向がみられた。また、筋放電積分値と腕伸展力との間に有意な相関関係が認められた ($p < 0.05$)。

5. 等速性腕伸展動作時の単位時間当たりの上腕三頭筋の筋放電積分値

腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、上腕三頭筋の筋放電積分値の平均値は $0.15 \pm 0.05 \text{ mV} \cdot \text{sec}^{-1}$ であり、角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、 $0.15 \pm 0.05 \text{ mV} \cdot \text{sec}^{-1}$ であった。

各頭部回転のタイミングにおける単位時間当たりの上腕三頭筋の筋放電積分値 (標準値) の平均値と標準偏差を表6に示す。

角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、各頭部回転のタイミング間の単位時間当たりの筋放電積分値に有意差が認められた ($p < 0.05$)。ポストホック検定の結果、頭部同時の単位時間当たりの筋放電積分値

表6 各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の単位時間当たりの上腕三頭筋の筋放電積分値 (標準値)
Table 6 Normalized integrated EMG of triceps brachii muscle per second in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$	腕伸展角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$
頭部同時	115.7 ± 24.5	116.9 ± 22.4
頭部先行	99.1 ± 23.1	95.3 ± 15.2
頭部後行	103.8 ± 22.4	109.5 ± 22.4

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

が頭部静止に比較し有意に大きかった ($p < 0.05$)。角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ でも、各頭部回転のタイミング間の単位時間当たりの筋放電積分値に有意差が認められた ($p < 0.05$)。ポストホック検定の結果、頭部同時の単位時間当たりの筋放電積分値が頭部静止に比較し有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、頭部後行の単位時間当たりの筋放電積分値が頭部先行に比べて大きくなる傾向がみられた。

6. 等速性腕伸展動作時の上腕二頭筋の筋放電積分値

腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、上腕二頭筋の筋放電積分値は $0.07 \pm 0.03 \text{ mV} \cdot \text{sec}$ であり、角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、 $0.04 \pm 0.01 \text{ mV} \cdot \text{sec}$ であった。

各頭部回転のタイミングにおける等速性腕伸展動作時の上腕二頭筋の筋放電積分値（標準値）の平均値と標準偏差を表7に示す。

表7 各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の上腕二頭筋の筋放電積分値（標準値）
Table 7 Normalized integrated EMG of biceps brachii muscle in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$	腕伸展角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$
頭部同時	89.5 ± 17.0	87.6 ± 13.5
頭部先行	95.2 ± 18.4	98.0 ± 19.2
頭部後行	90.6 ± 15.1	91.2 ± 16.4

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、頭部同時、頭部後行の筋放電積分値が頭部静止に比べて小さくなる傾向がみられた。角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、各頭部回転のタイミング間の筋放電積分値に有意差が認められた ($p < 0.05$)。ポストホック検定の結果、頭部同時の筋放電積分値は頭部静止に比較し有意に小さかった ($p < 0.05$)。また、頭部後行の筋放電積分値が頭部静止に比べて小さくなる傾向がみられた。

7. 等速性腕伸展動作時の単位時間当たり上腕二頭筋の筋放電積分値

腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、上腕二頭筋の筋放電積分値は $0.07 \pm 0.02 \text{ mV} \cdot \text{sec}^{-1}$ であり、角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、 $0.07 \pm 0.02 \text{ mV} \cdot \text{sec}^{-1}$ であった。

各頭部回転のタイミングにおける単位時間当たりの上腕二頭筋の筋放電積分値（標準値）の平均値と標準偏差を表8に示す。

表8 各頭部回転のタイミングにおける腕伸展動作時の単位時間当たりの上腕二頭筋の筋放電積分値（標準値）
Table 8 Normalized integrated EMG of biceps brachii muscle per second in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$	腕伸展角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$
頭部同時	92.1 ± 12.9	90.8 ± 14.4
頭部先行	99.9 ± 19.5	102.4 ± 17.1
頭部後行	93.1 ± 13.2	95.2 ± 17.1

(頭部静止の値を100として計算, 平均値±標準偏差, 単位: %)

角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、頭部同時および頭部後行の単位時間当たり上腕二頭筋の筋放電積分値が頭部静止に比べて小さくなる傾向がみられた。角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ では、各頭部回転のタイミング間の単位時間当たりの筋放電積分値に有意差が認められた ($p < 0.05$)。ポストホック検定の結果、頭部同時の筋放電積分値が頭部静止に比較し有意に小さかった ($p < 0.05$)。頭部後行の単位時間当たりの筋放電積分値が頭部静止に比べて小さくなる傾向がみられた。

8. 頭部回転平均角速度

各頭部回転のタイミングにおける頭部回転平均角速度の平均値と標準偏差を表9に示す。

角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ および $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ ともに、各頭部回転のタイミング間の頭部回転平均角速度に差異は認められなかった。

表9 頭部回転平均角速度

Table 9 Mean angular velocity of head rotation in each timing of head rotations

回転のタイミング	腕伸展角速度 $90 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$	腕伸展角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$
頭部同時	141.5 ± 61.2	142.5 ± 43.6
頭部先行	147.1 ± 62.4	149.9 ± 44.1
頭部後行	139.6 ± 66.3	143.2 ± 41.2

(平均値±標準偏差, 単位: %)

IV 考察

左方頭部回転のタイミングと等速性左腕伸展力との関係を検討した結果、腕伸展角速度 90 および $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ ともに、頭部同時と頭部後行の場合が頭部静止に比較し左腕伸展力の増加が認められた。特に、頭部の回転と腕の伸展動作を同時に行った場合に最も伸展力の増加が大きくなる傾向がみられた。また腕伸展動作時の力積をみても、両角速度ともに頭部同時、頭部後行において頭部静止に比べ増加する傾向がみられ、特に頭部同時の場合に力積の増加が最も大きかった。単位時間当たりの力積では、頭部同時と頭部後行が頭部静止に比較し増加する傾向がみられ、頭部同時の場合には有意に増加していた。これらの結果は、CurryとClelland²⁾が頭部の回転運動を行った時に、頭部の回転方向側の手首の伸展力が有意に増加したとの報告と一致するものである。

頭部後行に特徴的にみられた現象として、腕の伸展動作中に頭部回転が始まると再び腕伸展力が増加することが観察されている(図6)。これは、頭部回転と腕伸展力との密接な関係を端的に表しているものと思われる。

このような腕の伸展力や力積の増加が緊張性頸反射の影響によるものかどうかを検討するために、頭部回転方向と同側の上腕三頭筋と上腕二頭筋の筋活動を調べたところ、上腕三頭筋の筋放電活動は、両伸展角速度ともに頭部同時の場合、筋放電積分値と単位時間当たりの筋放電積分値が頭部静止に比較し大きくなることが認められた。一方、上腕二頭筋の筋放電活動は、両伸展角速度ともに、頭部同時と頭部後行の筋放電積分値と単位時間当たりの筋放電積分値が頭部静止に比べて小さくなった。これは、渡辺¹¹⁾が、頭部回転運動により、主動筋活動の開始に先行して遠隔筋である上腕筋の伸筋には促通が現れ、筋放電が増加し、屈筋には抑制が現れ、筋放電が減少すると報告していることと一致する。これは、左方向の頭部回転により、右胸鎖乳突筋の筋紡錘

が引き伸ばされたために左上腕筋の筋放電活動に変化が引き起こされたためによるものであり、緊張性頸反射の影響を受けたものと解釈される。

これらのことから、本研究において頭部回転により左腕伸展力や力積の増加がみられたのは、頭部の回転運動によって緊張性頸反射が引き起こされたことによるものと推察される。

頭部同時、頭部先行、頭部後行という頭部回転のタイミング間の腕伸展力、力積および上腕の筋の筋放電積分値には、腕の両伸展角速度ともに有意差はみられなかった。しかし、頭部静止との比較において、頭部同時の場合が他の頭部回転のタイミングに比べ、単位時間当たりの力積が大きく、単位時間当たりの上腕三頭筋の筋放電活動が大きく、単位時間当たりの上腕二頭筋の筋放電活動が小さかったことを考慮すると、頭部同時においては、渡辺¹¹⁾が報告している頭部回転運動の影響による伸展筋への促進や屈曲筋への抑制が顕著に現れていることから、緊張性頸反射の影響が大きいものと推察される。

頭部先行の場合は頭部静止と比較して、腕伸展力、力積および上腕の筋の筋活動にはほとんど差異は認められなかった。一般的に筋紡錘が引き伸ばされるとインパルスが発射されるが、それが神経内を伝わる速度は毎秒70-120mであること⁹⁾、また筋紡錘の伸張速度が大きくなると筋紡錘からのインパルス発射頻度が大きくなることが報告されている⁹⁾。本結果における頭部先行の場合、腕伸展が始まる247msec前に頭部回転が起こっている(表1)。また腕伸展が発現し始める頃には、頭部回転角速度は減速期にある(図5)。これらのことから、腕伸展を開始する前に頭部回転を始めることは、緊張性頸反射の影響を小さくすることになり、その結果、頭部制止の場合と比較してほとんど差異がみられなかったものと推測される。

頭部後行においては、最大伸展力は伸展開始直後に現れるため、最大の伸展力を発揮するためには、伸展開始後に頭部回転を行っても、緊張性頸反射を伸展力の発揮に有効に利用できないものと推測される。

以上のことから、腕伸展開始と頭部回転開始が同時に行われた時、緊張性頸反射を最も利用でき、その結果、腕の伸展力を増大させることが可能であると結論される。これは、柔道投技の崩しの段階において「引き手」力を増大させる頭部回転のタイミングについては、頭部回転と同時に引き手動作を行うことが柔道のパフォーマンス向上のために重要であることを示唆している。

また、頭部後行では、腕伸展動作開始後、頭部回転に伴って再び伸展力が増大しているが、これは、伸展力発揮中に頭部回転を行うことにより再び伸展力を増大させることができることを示している。つまり、柔道投技において、頭部回転動作と引き手動作により相手を崩した後、作りの段階に至っても、頭部回転を行うことによって再び引き手力を強めることができるものと推察される。

今後の課題としては、まず、本研究では引き手の力(「引き手」力)を肘関節伸展力と定義したが、実際の柔道投技における「引き手」力は肘関節伸展力ばかりでなく、肩関節水平伸展力も大きく関与していると考えられる。今後は、肩関節水平伸展力も合わせた「引き手」力の測定を行う必要がある。次に、本研究では「引き手」力に影響を与えている頸反射以外の要因を排除するために、実験設定を崩しの動作局面での引き手側の一肢のみの筋力測定と限定した。しかし、崩し動作には、引き手ばかりでなく釣り手や下肢の働きも重要である。緊張性頸反射の影響は四肢に現れることから、今後は釣り手側の上肢や下肢の筋力や動作にも着目し、頭部回転のタイミングと四肢筋の筋力や筋活動との関係について検討する必要があると思われる。

V まとめ

本研究の目的は、柔道初心者を対象に、柔道投技時の崩しの動作局面における頭部回転のタイミングと引き手の力との関連性について明らかにすることであった。10名の男性柔道初心者に対し、頭部回転のタイミングを変化させた時の引き手側の等速性腕伸展力および上腕三頭筋・上腕二頭筋の筋電図の測定を行った。頭部回転のタイミングは、頭部静止、頭部同時、頭部先行および頭部後行であった。

結果は以下のとおりである。

1) 等速性腕最大伸展力および腕伸展動作時の力積において、頭部同時、頭部後行の場合、頭部静止に比べて増加する傾向がみられた。単位時間当たりの力積において、頭部同時の場合が頭部静止に比較し有意に大きな値を示した。

2) 腕伸展に伴う上腕三頭筋の筋放電活動については、頭部同時の単位時間当たりの筋放電積分値が頭部静止に比較し有意に大きな値を示した。

3) 腕伸展に伴う上腕二頭筋の筋放電活動については、角速度 $180 \text{ deg} \cdot \text{sec}^{-1}$ において、頭部同時の場合が頭部静止に比較し有意に小さな値を示した。

以上のことから、頭部回転と腕伸展動作を同時に行った時、引き手側の伸展力に増加がみられた。これは、頭部回転と腕伸展動作を同時に行った時、緊張性頸反射の影響が大きくなることによるものと推察された。

これらの知見を柔道指導に還元するならば、初心者指導を行う際、頭部回転動作と引き手動作を同時に行うように指導していくことにより、引き手の力を増大させることができるものと考えられる。そして、その動作を繰り返すことによって、投技の崩しの段階において、相手を大きく崩すことができるようになり、技術力を高めることが可能になるとと思われる。

参考文献

- 1) Edward, F. and Delagi, M. D. : Anatomic Guide for the Electromyographer The Limbs, 西村書店, pp. 66-73, 1985.
- 2) Curry, E. L. and Clelland, J. O. A. : Effects of the Asymmetric Tonic Neck Reflex and High-Frequency Muscle Vibration on Isometric Wrist Extention Stength in Nomal Adults, PHYSICAL THERAPY, 61, pp. 487-495, 1981.
- 3) Fukuda, T. : Statokinetic Reflexes in Equilibrium and Movement, Exp. Neurol., 88, pp. 447-460, 1984.
- 4) 福田靖：運動と平衡の反射生理, 医学書院, pp. 227, 1957.
- 5) Hayashi, A., Konopacki, R. A. and Hunker, C. J. : Remote facilitation of H-reflex during voluntary contraction of oro-facial and limb muscles, G. E. Stelmach and J. Requin (eds.), Tutorials in Motor Behavior II, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 460-475, 1992.
- 6) 西端驥一：運動姿勢と反射, 体力科学, 1, pp. 19-29, 1950.
- 7) 猪飼道夫：柔道姿勢の反射的考察, 講道館柔道科学研究会紀要, 第一輯, pp. 59-65, 1958.
- 8) 井浦吉彦：柔道技術の分析的研究, 武道学研究, 15(1), pp. 15-20, 1982.
- 9) 真島英信：生理学, 文光堂, 1985.
- 10) 宮下充正, 石井喜八：新訂運動生理学概論, 大修館書店, 1993.
- 11) 渡辺かなえ：頭部回転運動に伴う上肢筋活動変化の再現性, 身体運動のバイオメカニクス, pp. 466-470, 1997.