柔道競技者における動的な頸部筋力トレーニングが頸部の 筋力と筋断面積に及ぼす効果

津 山 薫¹⁾ 山 本 洋 祐²⁾
中 里 浩 一³⁾ 中 嶋 寛 之⁴⁾

EFFECTS OF DYNAMIC NECK MUSCLE TRAINING ON STRENGTH AND CROSS-SECTIONAL AREA OF NECK MUSCLES IN JUDO ATHLETES

KAORU TSUYAMA, YOSUKE YAMAMOTO,
KOICHI NAKAZATO and HIROYUKI NAKAJIMA

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of dynamic neck muscle training using a cervical extension machine(CEM) on isometric cervical extension strength(ICES) and a cross-sectional area of neck extensor muscles.

Subjects were 18 male college judo athletes divided into a control group(n=10) and training group(n=8) respectively. In the training group, dynamic neck muscle training was performed for a 6 week training period, followed by a 10 week training period. There was a detraining period of 12 weeks between the first training period and the second. The ICES was measured at eight angles using a CEM, and the neck muscle cross-sectional area was determined using magnetic resonance imaging.

The ICES and cross-sectional area of neck extensor muscles in the training group showed significant increases after the second training period. In particular, the increase in the cross-sectional area was greater in the deepest layer of the neck extensor muscles(rotator, multifidus and semispinalis cervicis muscles) than in the superficial layer(trapezius muscle). In the control group, no significant changes in ICES or cross-sectional area were observed.

In conclusion, it was shown that dynamic neck muscle training using a CEM was effective in developing both ICES and the cross-sectional area of neck extensor muscles, especially in the deepest layer.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2005, 54 : 249~258)

key word : Resistance training, Neck extension, Muscle strength, Cross-sectional area

I . 緒 言

頸部損傷はアメリカンフットボール, レスリング, 柔道をはじめとしたコンタクトスポーツではしばしばみられ^{1~5)}, 時には重大な廃疾につながることもありその予防を行うことが重要である. 予防対策としては技術的な問題もさることながら, メ

ディカルチェックや頸部筋力強化などの医学的管理が重要である^{6~9)}. Brzycki et al.⁹⁾はフットボール, レスリング, ボクシング, ラグビー, サッカー, 柔道などのコンタクトスポーツでは, とくに頸部筋力強化が頸部損傷を予防する上で重要であると述べている.

しかしながら, 頸部の筋力トレーニングに関する

¹⁾日本体育大学発育発達
〒227-0033 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1221-1

²⁾日本体育大学運動方法(柔道)
〒158-8508 東京都世田谷区深沢7-1-1

³⁾日本体育大学運動生理学
〒158-8508 東京都世田谷区深沢7-1-1

⁴⁾日本体育大学大学院健康科学・スポーツ医科学系
〒158-8508 東京都世田谷区深沢7-1-1

Growth and development, Nippon Sport Science University, 1221-1
Kamoshida-cho, Aoba-ku, Yokohama, Kanagawa, 227-0033, JAPAN
Sport methodology(judo) Nippon Sport Science University, 7-1-1
Fukasawa, Setagaya-ku, Tokyo, 158-8508, JAPAN

Exercise physiology, Nippon Sport Science University, 7-1-1
Fukasawa, Setagaya-ku, Tokyo, 158-8508, JAPAN

Graduate school of health and sport science, Nippon Sport Science
University, 7-1-1 Fukasawa, Setagaya-ku, Tokyo, 158-8508, JAPAN

研究は十分になされておらず, 安全で効果的なトレーニング方法は必ずしも確立されていない. これまでに頸部筋力を強化するトレーニング方法はいくつか考案されている^{10~18)}が, その中の1つにサービカルエクステンションマシン(頸部伸展機器, MedX 社製)による方法がある^{10~12)}. サービカルエクステンションマシンは頸部の動的なトレーニングに加えて等尺性頸部伸展筋力を8つの角度で測定することができ, その信頼性および安全性も確認されている^{10~12)}. Leggett et al.¹⁰⁾および Pollock et al.¹¹⁾はサービカルエクステンションマシンによる頸部の筋力トレーニングをおこなった結果, 等尺性頸部伸展筋力が有意に増加したことを報告している. また, Highland et al.¹²⁾は椎間板の変性, 椎間板ヘルニアのある者を対象にサービカルエクステンションマシンにより動的な頸部筋力トレーニングをおこなった結果, 等尺性頸部伸展筋力および頸部の可動域が有意に増加し, さらに頸部痛が減少したことを報告し, 頸部筋力トレーニングの有効性および安全性を認めている. しかしながら, その他にサービカルエクステンションマシンによる頸部筋力トレーニングの効果を検討した研究はほとんどなく, とくにそのトレーニング効果を筋力と筋断面積の両方の観点から検討した研究はない.

そこで本研究では, サービカルエクステンションマシンによる動的な頸部筋力トレーニングが等尺性頸部伸展筋力と筋断面積に及ぼす影響について検討することを目的とした.

Ⅱ. 方 法

A. 対 象

対象はN大学に所属する柔道部員18名である. まず, 実験前に全被験者(18人)の等尺性頸部伸展筋力(isometric cervical extension strength, 以下 ICES とする)をサービカルエクステンションマシン(cervical extension machine, 以下 CEM とする)により頸椎屈曲・伸展位の8つの角度で測定し^{19,20)}, その最大筋力により各群に差が無いようにコントロール群(10人)およびトレーニング群(8人)の2群に分けた. コントロール群は柔道の練習のみを行い, トレーニング群は柔道の練習に加えて CEM による動的な頸部筋力トレーニングを実施した. 頸部筋力トレーニングはトレーニング1期(6週間)およびトレーニング2期(10週間)に分けておこなった(Fig. 1). なお, トレーニング1期とトレーニング2期の間(12週間)には頸部筋力トレーニングは実施せず, 柔道の練習のみをおこなった. 各群の年齢, 身長, 体重およびトレーニング前の等尺性頸部伸展筋力の

【Outline of training in each period】

- 1) Training 1:
The intensity and volume of the dynamic neck muscle training were as follows.
Training group: 70% load of maximum ICES, 2 times per week, 1 set per day, 12 to 15 repetitions per set.
Control group: No dynamic neck muscle training.
- 2) Detraining:
There was a detraining period for 12 weeks between the training1 period and training 2. All subjects only practiced judo during this period.
- 3) Training 2:
The intensity and volume of the dynamic neck muscle training were as follows.
Training group: 70% load of maximum ICES, 2 times per week, 2 sets per day, 10 repetitions per set.
Control group: No dynamic neck muscle training.

【Outline of measurements】

- 1) Pre: The ICES and cross-sectional area were measured before the training1 period for all subjects.
- 2) Post-1: The ICES and cross-sectional area were measured after the training1 period for all subjects.
- 3) Post-2: The ICES and cross-sectional area were measured before the training2 period for all subjects.
- 4) Post-3: The ICES and cross-sectional area were measured after the training2 period for all subjects.

Fig. 1. The outline of training and measurement in each period.

Table 1. Physical characteristics and maximal isometric cervical extension strength (ICES) in each group.

Group	Age (years)	Height (cm)	Body weight (kg)	Maximal ICES (N)
Control (n=10)	18.2±0.4	171.8±4.7	78.0±13.4	366.5±56.5
Training (n=8)	18.0±0.0	169.6±1.9	75.1±6.6	377.6±43.1

Values are means±SD. There was no significant difference between the two groups in each measurement item.

最大値は Table 1 に示す通りであり、両者の間にはいずれも有意な差はみられなかった。なお、本研究は日本体育大学倫理委員会の規定に従い、被験者に測定内容を十分に説明し承諾を得た。

B. CEM による ICES の測定

ICES の測定は頸部が最大に屈曲した角度(126°)から18度ごとの8つの角度(126°, 108°, 90°, 72°, 54°, 36°, 18°, 0°)でおこなった^{19,20)}(Fig. 2)。ICES はトレーニング開始前(Pre), トレーニング1期後(Post-1), トレーニング2期開始前(Post-2), トレーニング2期後(Post-3)にそれぞれ測定を実施した(Fig. 1)。なお、結果の表(Table 2, Table 3)には便宜上、0°(頸椎最大伸展位の角度)から順に ICES および体重あたりの ICES(以下 ICES/BW とする)を示した。CEM では測定値が inch-pound で表示されるが、本研究では inch-pound から Nm に換算し、さらに CEM の定数(8 inches=0.2032 m)

Fig. 2. Range of motion and the restraining mechanisms for the cervical extension machine(CEM). The isometric cervical extension strength(ICES) was measured at eight angles(126°, 108°, 90°, 72°, 54°, 36°, 18°, 0°) Modified from Pollock et al(1993)

で除することにより Nm から N に変換し分析をおこなった。ICES 測定の信頼性を確認するために測定日を変えて ICES を2度測定し検討したが、両者の間には有意な相関関係が認められた(データは提示していない。126°: r=0.946, 108°: r=0.904, 90°: r=0.884, 72°: r=0.952, 54°: r=0.935, 36°: r=0.859, 18°: r=0.911, 0°: r=0.872, n=11, p<0.001)。

C. Magnetic resonance imaging(MRI)による筋断面積の測定

MRI による頸部横断像の測定は MRI(HITACHI 社製, 0.3 T)を用いてコントロール群(n=10)およびトレーニング群(n=8)を対象にトレーニング1期開始前(Pre), トレーニング1期後(Post-1), トレーニング2期後(Post-3)に実施した(Fig. 1)。

頸部横断像の測定は著者ら^{19,20)}と同様な方法で行い、第2・3頸椎(以下 C2-C3 とする), 第3・4頸椎(以下 C3-C4 とする), 第4・5頸椎(以下 C4-C5 とする), 第5・6頸椎(以下 C5-C6 とする)のレベルで頸部横断像(Fig. 3a)を撮影した(repetition time: 360 msec., echo time: 25 msec., matrix: 256×200, field of view: 200 mm, thickness: 10 mm)。MRI により得られた頸部横断像はトレーシングペーパーを用いてトレースし(Fig. 3b)コンピューターに取り込み、National Institutes of Health(NIH) Image program により筋断面積の算出をおこなった。MRI による頸部伸筋群の筋断面積の測定の信頼性については著者らの先行研究^{19,20)}で検討し、高い再現性のあることを確認した。

本研究では、Fig. 3b で示した B1~B6 の部分を頸部伸筋群 [B1, B2: semispinalis capitis(頭半棘

Table 2. Comparison of the isometric cervical extension strength(ICES)between pre- and post-training in each group.

Group	Angle (degrees of cervical flexion)							
	0° (N)	18° (N)	36° (N)	54° (N)	72° (N)	90° (N)	108° (N)	126° (N)
Control (n=10)								
Pre	228.6±90.7 (100.0%)	290.3±59.1 (100.0%)	319.1±51.9 (100.0%)	309.1±51.8 (100.0%)	303.4±54.2 (100.0%)	308.0±63.4 (100.0%)	320.8±66.1 (100.0%)	336.7±70.7 (100.0%)
Post-1	230.1±67.4 (100.7%)	290.1±63.8 (99.9%)	309.7±46.7 (97.1%)	301.9±47.1 (97.7%)	296.7±34.2 (97.8%)	299.9±46.8 (97.4%)	301.5±65.3 (94.0%)	313.2±65.1 (93.0%)
Post-2	216.6±59.9 (94.8%)	297.6±68.0 (102.5%)	312.1±64.1 (97.8%)	305.6±59.3 (98.9%)	296.6±51.9 (97.8%)	283.8±52.0 (92.1%)	297.2±56.6 (92.6%)	290.5±60.9 (86.3%)
Post-3	245.1±97.5 (107.2%)	320.8±73.7 (110.5%)	332.4±55.8 (104.2%)	314.7±44.2 (101.8%)	294.2±39.0 (97.0%)	293.0±65.5 (95.1%)	288.4±75.3 (89.9%)	259.1±69.2 (77.0%)
Training (n=8)								
Pre	219.5±80.9 (100.0%)	285.0±61.6 (100.0%)	321.2±45.9 (100.0%)	322.3±33.1 (100.0%)	311.9±20.9 (100.0%)	306.7±30.1 (100.0%)	315.2±42.5 (100.0%)	362.6±64.6 (100.0%)
Post-1	254.6±74.2 (116.0%)	323.9±96.6 (113.6%)	342.9±73.8 (106.8%)	313.3±47.0 (97.2%)	328.4±36.1 (105.3%)	337.3±49.4 (110.0%)	370.8±78.4 (117.6%)	396.5±83.8 (109.3%)
Post-2	257.2±73.8 (117.2%)	332.8±90.5 (116.8%)	361.4±65.0 (112.5%)	345.5±45.0 (107.2%)	340.1±43.0 (109.0%)	349.6±65.8 (114.0%)	374.5±110.0 (118.8%)	359.1±96.2 (99.0%)
Post-3	305.2±97.1 (139.0%)	422.8±80.4 * †‡ (148.4%)	379.7±59.8 * (118.2%)	356.8±73.1 (110.7%)	360.4±53.2 * (115.5%)	377.7±82.4 * (123.1%)	394.5±85.9 (125.2%)	409.6±74.5 (113.0%)

Values are means±SD and relative changes(%)in each angle from pre- to post-training. *Significantly different from Pre within group analysis. † Significantly different from Post-1 within group analysis. ‡ Significantly different from Post-2 within group analysis.

Pre and Post-1 values were before and after the first 6-week strength training program, respectively. Post-2 values were collected after 12 weeks of detraining. Post-3 values were after the second 10-week strength training program.

Table 3. Comparison of isometric cervical extension strength/body weight(ICES/BW)between pre- and post-training in each group.

Group	Angle (degrees of cervical flexion)							
	0° (N/kg)	18° (N/kg)	36° (N/kg)	54° (N/kg)	72° (N/kg)	90° (N/kg)	108° (N/kg)	126° (N/kg)
Control (n=10)								
Pre	3.0±1.3 (100.0%)	3.8±0.9 (100.0%)	4.1±0.7 (100.0%)	4.0±0.7 (100.0%)	3.9±0.6 (100.0%)	4.0±0.7 (100.0%)	4.1±0.7 (100.0%)	4.4±0.9 (100.0%)
Post-1	3.1±0.9 (103.3%)	3.8±0.9 (100.0%)	4.1±0.7 (100.0%)	3.9±0.5 (97.5%)	3.9±0.5 (100.0%)	3.9±0.6 (97.5%)	4.0±1.0 (97.6%)	4.1±1.1 (93.2%)
Post-2	2.9±0.8 (96.7%)	3.9±0.8 (102.6%)	4.1±0.8 (100.0%)	4.0±0.6 (100.0%)	3.9±0.5 (100.0%)	3.7±0.6 (92.5%)	3.9±0.8 (95.1%)	3.8±0.9 (86.4%)
Post-3	3.2±1.3 (106.7%)	4.2±1.0 (110.5%)	4.3±0.8 (104.9%)	4.1±0.6 (102.5%)	3.8±0.4 (97.4%)	3.8±0.5 (95.0%)	3.7±0.8 (90.2%)	3.8±0.8 (86.4%)
Training (n=8)								
Pre	3.0±1.2 (100.0%)	3.8±0.9 (100.0%)	4.3±0.7 (100.0%)	4.3±0.4 (100.0%)	4.2±0.3 (100.0%)	4.1±0.5 (100.0%)	4.2±0.5 (100.0%)	4.9±1.0 (100.0%)
Post-1	3.6±1.2 (120.0%)	4.5±1.3 (118.4%)	4.7±0.9 (109.3%)	4.3±0.7 (100.0%)	4.5±0.5 (107.1%)	4.7±0.6 (114.6%)	5.1±0.8 (121.4%)	5.5±1.0 (112.2%)
Post-2	3.6±1.2 (120.0%)	4.6±1.3 (121.1%)	5.0±0.9 (116.3%)	4.8±0.7 (111.6%)	4.7±0.7 (111.9%)	4.8±0.8 (117.1%)	5.1±1.2 (121.4%)	4.9±1.0 (100.0%)
Post-3	4.2±1.3 (140.0%)	5.8±1.3 * †‡ (152.6%)	5.2±1.0 * (120.9%)	4.9±1.2 (114.0%)	5.0±0.9 * (119.0%)	5.2±1.0 * (126.8%)	5.4±1.1 * (128.6%)	5.6±0.9 (114.3%)

Values are means±SD and relative changes(%)in each angle from pre- to post-training. *Significantly different from Pre within group analysis. † Significantly different from Post-1 within group analysis. ‡ Significantly different from Post-2 within group analysis.

Pre and Post-1 values were before and after the first 6-week strength training program, respectively. Post-2 values were collected after 12 weeks of detraining. Post-3 values were after the second 10-week strength training program.

Fig. 3. Magnetic resonance images(MRI) of neck muscles(a) and calculation of the cross-sectional area of the neck extensor muscles(b)

Transaxial MRI(a) of the neck muscles in the intervertebral disc between C4 and C5. The image was traced(b) and the traced image was transferred to a computer to calculate the cross-sectional area of neck extensor muscles: areas A1 and A2 show the sternocleidomastoid muscles, while B1, B2, B3, B4, B5 and B6 show the neck extensor muscles in this study. Areas B1 and B2 show the semispinalis capitis, splenius capitis and cervicis, levator scapulae, longissimus capitis and cervicis, and scalenus muscles. B3 and B4 contain the rotator, multifidus and semispinalis cervicis muscles. B5 and B6 show the trapezius muscles.

筋), splenius capitis and cervicis(頭頸板状筋), levator scapulae(肩甲挙筋), longissimus capitis and cervicis(頭頸最長筋), scalenus(斜角筋) B3, B4: rotator(回旋筋), multifidus(多裂筋), semispinalis cervicis(頸半棘筋) B5, B6: trapezius(僧帽筋)] とした。なお, 頸部の解剖は人体解剖学²¹⁾を参考とした。

頸部伸筋群(B1~B6) の筋断面積の分析は C2-C3, C3-C4, C4-C5, C5-C6 レベルでおこなった(Table

4)。さらに本研究では, 頸部筋力と筋断面積との相関が高い¹⁹⁾ C4-C5 レベルにおいて, 頸部伸筋群を 3 つのエリア(B1+B2, B3+B4, B5+B6) に分け, それぞれのエリアごとで筋断面積の変化を分析した(Table 5)。

D. CEM による頸部筋力トレーニング

CEM による動的な頸部筋力トレーニングは頸部屈曲位から最大伸展位までの範囲で行い, Leggett et al.¹⁰⁾の方法に準じておこなった。

頸部筋力トレーニングは, トレーニング1期(6週間) およびトレーニング2期(10週間) に分けて行い, トレーニング負荷は最大筋力の70%とし2週ごとに ICES を測定しトレーニング負荷の確認および再設定をおこなった(Fig. 1)。トレーニング1期では, 頸部筋力トレーニングは1日あたり1セット(12~15回) とし, 週に2回おこなった。またトレーニング2期においては, 1日あたり10回を2セットとし, 週に2回実施した。すべての被験者が CEM による頸部筋力トレーニングの未経験者であったため, 筋力トレーニングを開始する前にはトレーニング内容および注意事項を十分に説明した。

E. 統計処理

すべての測定データは平均値±標準偏差で示した。また表2から表5には, Pre-training の値を100%とした際の Post-training(Post-1~Post-3) における ICES と筋断面積の変化率(%) をあわせて示した。トレーニング前の被験者の身体的特徴および ICES の最大値の検定には対応のない t 検定を用いた。また各群におけるトレーニング前後の比較には対応のある分散分析を使用し, 有意差が認められた場合の多重比較には Sheffe の方法を用いた。なお, 有意性についてはいずれも5%水準で判定した。

Ⅲ. 結 果

Table 2 は ICES を頸部筋力トレーニングの前後で比較したものである。頸部筋力トレーニングを実施したトレーニング群においては, ICES がトレーニング1期後ではトレーニング前に比べて5.3%~17.6%増加し(54°を除く), さらにトレーニング2期後においてはトレーニング前よりも10.7%~48.4%大きい値を示し, 0°, 54°, 108°, 126°を除

Table 4. Comparison of total cross-sectional area of neck extensor muscles at four intervertebral levels between pre- and post-training in each group.

Group	Total cross-sectional area of neck extensor muscles			
	C2-C3 (cm ²)	C3-C4 (cm ²)	C4-C5 (cm ²)	C5-C6 (cm ²)
Control (n=10)				
Pre	29.9±4.3 (100.0%)	30.2±2.6 (100.0%)	34.6±3.1 (100.0%)	41.9±4.1 (100.0%)
Post-1	30.5±3.4 (102.0%)	30.9±3.2 (102.3%)	34.8±3.1 (100.6%)	42.4±4.3 (101.2%)
Post-2				
Post-3	30.4±2.8 (101.7%)	30.5±1.8 (101.0%)	34.7±2.9 (100.3%)	41.9±3.2 (100.0%)
Training (n=8)				
Pre	29.4±4.1 (100.0%)	28.3±2.9 (100.0%)	32.2±2.9 (100.0%)	39.3±4.0 (100.0%)
Post-1	29.2±4.2 (99.3%)	29.1±3.6 (102.8%)	33.5±3.6 (104.0%)	41.3±4.7 * (105.1%)
Post-2				
Post-3	31.2±4.2 * † (106.1%)	32.9±4.0 * † (116.3%)	36.6±4.0 * † (113.7%)	44.9±4.5 * † (114.2%)

Values are means±SD and relative changes(%) in each angle from pre- to post-training.

The cross-sectional area was not measured at Post-2 (before the second training period) *Significantly different from Pre within group analysis. † Significantly different from Post-1 within group analysis.

Table 5. Comparison of separated cross-sectional area of neck extensor muscles in the C4 and C5 levels between pre- and post-training in each group.

Group	Cross-sectional area of neck extensor muscle		
	B1+B2 area (cm ²)	B3+B4 area (cm ²)	B5+B6 area (cm ²)
Control (n=10)			
Pre	25.13±2.02 (100.0%)	6.85±1.12 (100.0%)	2.66±0.55 (100.0%)
Post-1	25.16±2.05 (100.1%)	6.99±0.87 (102.0%)	2.68±0.79 (100.8%)
Post-2			
Post-3	25.25±1.85 (100.5%)	6.89±0.86 (100.6%)	2.55±0.73 (95.9%)
Training (n=8)			
Pre	23.55±2.14 (100.0%)	6.23±0.36 (100.0%)	2.47±0.72 (100.0%)
Post-1	24.22±2.37 (102.8%)	6.38±0.80 (102.4%)	2.86±1.02 (115.8%)
Post-2			
Post-3	26.15±2.98 * † (111.0%)	7.63±0.73 * † (122.5%)	2.78±1.03 (112.6%)

Values are means±SD and relative changes(%) in each angle from pre- to post-training.

The cross-sectional area was not measured at Post-2 (before the second training period) *Significantly different from Pre within group analysis. † Significantly different from Post-1 within group analysis.

くすべての角度で ICES の有意な増加が認められた。しかしながら、コントロール群では ICES の変化はトレーニングの前後でほとんどみられなかった。

Table 3 は体重あたりの ICES(以下 ICES/BW と

する)を頸部筋力トレーニングの前後で比べたものである。コントロール群の ICES/BW はトレーニング前後でほとんど変化はみられなかったが、トレーニング群の ICES/BW はトレーニング 1 期後ではトレーニング前に比べて7.1%~21.4%大きく(54°を

除く), トレーニング 2 期後においてはトレーニング前よりも14.0%~52.6%大きい値を示し, 0°, 54°, 126°を除くすべての角度で有意な差がみられた。

Table 4 は各群における C2-C3, C3-C4, C4-C5, C5-C6 における頸部伸筋群の筋断面積を頸部筋力トレーニングの前後で比較したものである。トレーニング群をみると, トレーニング 2 期後では筋断面積がそれぞれ C2-C3(6.1%), C3-C4(16.3%), C4-C5(13.7%), C5-C6(14.2%)で増加し, すべての頸椎のレベルで筋断面積の有意な増加が認められた。一方, コントロール群ではいずれのレベルにおいても筋断面積の変化はトレーニング前後でほとんどみられなかった。

Table 5 は C4-C5 レベルの頸部伸筋群を 3 つのエリア(B1+B2, B3+B4, B5+B6; Fig. 3b)に分け, 各エリアごとの筋断面積を頸部筋力トレーニングの前後で比べたものである。コントロール群では, いずれのエリアにおいても筋断面積の変化はトレーニング前後でほとんど認められなかった。一方, トレーニング群においては表層の B5+B6 ではトレーニング前後で有意な増加はみられなかったが, 深層に近い B1+B2, B3+B4 のエリアではそれぞれ筋断面積が11.0%, 22.5%増加しトレーニング前後で有意な差が認められた。このことより, CEM による頸部筋力トレーニングを実施した結果, 筋断面積の増加は頸部伸筋群の表層(B5+B6)よりも深層(B3+B4)で大きいことがわかった。

Ⅳ. 考 察

筋力トレーニングにより筋力が増加することは古くから知られている^{22~26)}が, それらの研究の多くは上肢や下肢の筋群を対象とした研究であり, これまで頸部筋においては十分な研究がなされていない。

頸部筋力トレーニングはいくつかの方法で実施されてきた^{10~18)}が, その中の 1 つに CEM による方法がある^{10~12)}。CEM は胸部および骨盤の固定を十分に行うことができ, かつ一定の可動範囲でトレーニングを行うことが可能なトレーニングマシンである。しかしながら, この CEM を用いて頸部筋力トレーニングの効果について検討した研究^{10~12, 27)}は少なく, とくにスポーツ選手を対象とした研究はほとんどない²⁷⁾。Leggett et al.¹⁰⁾は一般

人を対象に CEM による動的な頸部筋力トレーニングを 8~12RM の負荷で週に 1 日, 1 セット, 10 週間おこなった結果, ICES が6.3%~14.3%増加したことを報告している。また Pollock et al.¹¹⁾は CEM による動的な頸部筋力トレーニングを12週間おこない, ICES が17.2%~32.8%増加したことを認め, CEM による頸部筋力トレーニングの効果を示している。八木ら²⁷⁾は大学ラグビー選手を対象に最大筋力の70%の負荷を用いて CEM による動的な頸部筋力トレーニングを12週間おこなった結果, ICES が有意に増加したことを認めている。本研究においても, 柔道選手を対象に最大筋力の70%の負荷を用いて CEM による動的な頸部筋力トレーニングを実施したが, トレーニング 1 期後およびトレーニング 2 期後には ICES がそれぞれ5.3%~17.6%(54°を除く), 10.7%~48.4%の増加を示し, 先行研究^{10, 11, 27)}とほぼ同様な結果が得られ, そのトレーニング効果が示された。

さらに, 本研究ではトレーニング 1 期終了後からトレーニング 2 期を開始するまでの期間(12週間), CEM による動的な頸部筋力トレーニングを実施しなかったが, ICESはほぼ一定であり有意な変化はみられなかった。Tucci et al.²⁸⁾は一般人を対象に腰部の筋力トレーニングをランバーエクステンションマシン(腰部伸展機器, MedX 社製)を用いて実施した結果, 10~12週間の筋力トレーニング後に等尺性腰部伸展筋力の有意な増加がみられたが, トレーニング終了後から12週間, 腰部の筋力トレーニングをまったく実施しなかった群では, 筋力が平均で55%減少したことを認めている。しかし, 筋力トレーニング後に 2 週間に 1 度の頻度で筋力トレーニングを実施した群では12週間後でも筋力が維持されており, さらに 4 週間に 1 度の頻度で実施した群では筋力の減少は平均で17.5%であったと報告している²⁸⁾。岡本ら¹⁸⁾は大学アメリカンフットボール選手と一般人を対象に頸部筋力トレーニングを14週間実施した後の脱トレーニング(14週間)が頸部筋力に及ぼす影響について検討しているが, その結果をみると脱トレーニング後の頸部筋力の減少は被験者すべての平均値で8.1%であり, 筋力の低下が他の研究²⁹⁾と比較して小さかったことを報告している。さらに脱トレーニング後の筋力低下が小さかった要因として, 脱トレーニングの期間中に, 被験者の頸

部を固定せず自由にさせていたことを挙げている¹⁸⁾。著者ら³⁰⁾はレスリング, 柔道, アメリカンフットボール, 相撲の選手を対象に頸部筋力を測定・比較したが, 柔道選手の頸部伸展筋力/体重はレスリング選手に次いで大きく, とくに頸部側屈筋力/体重では4種目中最も大きい値を示していた。さらに頸部筋力トレーニングの実施状況をあわせて調べた結果, レスリングやアメリカンフットボールでは50%以上の者が頸部筋力トレーニングを実施していたが, 柔道では頸部筋力トレーニングはほとんど実施されておらず, その割合は7%であった³⁰⁾。このように柔道では特別な頸部筋力トレーニングを実施していなかったにもかかわらず頸部筋力が大きかったことから, 柔道ではその動きの中で頸部筋が頻繁に使われ, 頸部筋に影響を及ぼしていることが推察される。本研究では, トレーニング1期終了後に頸部筋力トレーニングを12週間実施しなかったにもかかわらず, 頸部筋力が維持されていた。これはトレーニング1期終了後も柔道の練習を継続して実施していたこと, さらに岡本ら¹⁸⁾と同様に頸部筋力トレーニングを実施していない間, 被験者の頸部を固定せず自由にさせていたことがその要因として考えられ, CEMによる動的な頸部筋力トレーニングを実施していなかったにもかかわらず, 頸部伸展筋力を維持することができたものと考えられた。ただしコントロール群では, トレーニング期間を通じてICESの有意な増加がみられなかったことから, 柔道の練習のみではICESを維持することは可能であっても, 短期間ではICESは増加しないことが示された。また本研究では, トレーニング2期開始前に筋断面積の測定をしていないため, 頸部筋力トレーニングを中止した期間中, ICESが維持された要因については言及できないが, この点は今後の検討課題にしたい。

筋力トレーニングにより筋力に加えて筋断面積も増加することが知られている^{17, 24, 26, 31, 32)}。Ikai and Fukunaga²⁴⁾は上腕屈筋群に対するアイソメトリックトレーニングを100日間おこなった結果, 筋断面積が23%増加したことを認めている。また頸部筋においては, Conley et al.¹⁷⁾が伏臥位から頭頸部を伸展させる筋力トレーニングを12週間おこなったが, 頸部の筋断面積は13%増加し, とくにその増加率は頸部の深層に位置する頭板状筋, 頭半棘筋, 頸

半棘筋, 多裂筋で大きかったことを報告している。

本研究においても, CEMによる動的な頸部筋力トレーニングを実施したが, トレーニング群では筋断面積がトレーニング前に比べてC2-C3レベルで6.1%, C3-C4, C4-C5, C5-C6では13.7%~16.3%大きい値を示し, 筋断面積の有意な増加がみられた。さらに本研究では, 頸部伸筋群を3つのエリア(B1+B2, B3+B4, B5+B6 Table 5)に分けて各エリアごとの筋断面積の変化について分析した結果, 表層の僧帽筋(B5+B6)では筋断面積の有意な増加は認められなかったが, 深層に近いB1+B2およびB3+B4のエリアではトレーニング前後で有意な増加がみられ, Conley et al.¹⁷⁾と同様な結果が得られた。さらに, Conley et al.³³⁾は頭頸部の伸展時に働く頸部筋についてMRIのT2値を用いて調べているが, それによると頭頸部の伸展の際には深層に内在する多裂筋, 頭頸半棘筋, 頭板状筋, 頭頸最長筋が主動的に働き, 表層の僧帽筋はほとんど活動しなかったことを報告し, 頭頸部の伸展時には頸部の深層に位置する筋群が主動的に働くことを認めている。この結果を考慮すると, 本研究でおこなった頸部を伸展・屈曲させる動的な頸部筋力トレーニングにおいても, 頸部伸筋群の表層に比べて深層の筋群がおもに働いたことが考えられ, そのために筋断面積の増加は頸部伸筋群の表層に比べて深層で大きかったものと思われた。

以上より, 本研究でおこなった動的な頸部筋力トレーニングにより頸部伸筋群の筋断面積は増加することが示され, とくに筋断面積の増加は頸部伸筋群の表層よりも深層で大きいことがわかった。

しかしながら, 頸部の表層に位置する僧帽筋は頸部を固定するうえで重要な働きをする筋群であるため, とくにコンタクトスポーツで発生する頸部損傷を予防し頸部の筋群をより効果的に強化するためには, 頸部伸筋群の深層に加えて表層の筋群(僧帽筋)を強化する必要がある。したがって, 頸部筋力をより効果的に強化するためには, 本研究で実施したような頸部伸展・屈曲動作を含む動的な頸部筋力トレーニングに加えて表層の僧帽筋を強化する筋力トレーニングをあわせて行う必要があり, 今後さらにそれらの筋力トレーニングの効果について検討する必要があると思われた。

V. ま と め

本研究では、N大学の柔道選手(18人)を対象にCEMによる動的な頸部筋力トレーニングを実施し(トレーニング1期:6週間,トレーニング2期:10週間),頸部筋力トレーニングが等尺性頸部伸展筋力と筋断面積に及ぼす影響について検討し,以下の結果を得た。

1. トレーニング群(8人)ではICESおよびICES/BWがトレーニング2期後にそれぞれ10.7%~48.4%, 14.0%~52.6%増加したが,コントロール群ではICESおよびICES/BWの増加はトレーニング前後でほとんどみられなかった。

2. 筋断面積をみると,コントロール群では筋断面積の変化はトレーニング前後でほとんどみられなかったが,トレーニング群においては頸部伸筋群の筋断面積がトレーニング2期後に6.1%~16.3%増加し,C2-C3, C3-C4, C4-C5, C5-C6のすべてのレベルで筋断面積の有意な増加が認められた。さらに頸部伸筋群を3つのエリア(B1+B2, B3+B4, B5+B6)に分けて,各エリアごとの筋断面積の変化について分析した結果,表層の僧帽筋(B5+B6)では筋断面積の有意な増加はみられなかったが,深層に近いB1+B2およびB3+B4のエリアではそれぞれ筋断面積が11.0%, 22.5%増加し,有意な増加が認められた(トレーニング2期後)。

以上より,CEMによる動的な頸部筋力トレーニングは頸部の伸展筋力および筋断面積を増加させるうえで効果的であることが示され,とくに頸部伸筋群の表層よりも深層の筋群に影響を及ぼすことがわかった。

(受理日 平成17年4月29日)

VI. 参 考 文 献

- 1) Estwanik, J. J., Bergfeld, J. and Canty, T. Report of injuries sustained during the united states olympic wrestling trials. *Am. J. Sports Med.*(1978), **6**, 335-340.
- 2) 城所靖郎, 小林慶二, 山岸正明. スポーツによる脊椎・脊髄損傷. 整形外科, (1979), **30**, 629-637.
Kidokoro, Y., Kobayashi, K., and Yamagishi, M. Injuries of the spine and the spinal cord in sports. *Orthop. Surg*, **30**, 629-637(in Japanese).
- 3) 宮川俊平, 田淵健一, 林浩一郎, 矢吹 武, 土肥徳秀, 河野一郎. ラグビー選手の頸部障害の実態. *J. J. Sports Sci.*(1982), **1**, 403-408.
Miyakawa, S., Tabuchi, K., Hayashi, K., Yabuki, T., Doi, T., Kono, I. A survey on neck injuries among (Japanese) rugbys. *J. J. Sports Sci.*(1982), **1**, 403-408 (in Japanese).
- 4) Albright, J. P., Mcauley, E., Martin, R. K., Crowley, E. T. and Foster, D. T. Head and neck injuries in college football: An eight-year analysis. *Am. J. Sports Med.*, (1985), **13**, 147-152.
- 5) Nakagawa, Y., Matsusue, Y. and Nakamura, T. Injuries in student sumo wrestlers: an epidemiological study. *Jpn. J. Orthop. Sports Med.*, (1998), **18**, 313-319.
- 6) Maroon, J. C., Kerin, T., Rehkopf, P. and McMaster, J. A system for preventing athletic neck injuries. *Physician Sportsmed.*(1977), **5**, 77-79.
- 7) 津山 薫, 藤城仁音, 中嶋耕平, 中里浩一, 中嶋寛之. 大学アメリカンフットボール選手の頸部筋力に関する研究 競技レベル, 学年, 経験年数を指標として. 体力科学, (1999), **48**, 251-264.
Tsuyama, K., Fujishiro, H., Nakajima, K., Nakazato, K. and Nakajima, H. A study of neck muscle strength in college American football players based on performance level, year and experience. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.*, (1999), **48**, 251-264 (in Japanese).
- 8) 阿部 均, 芝田 仁, 中西芳郎, 福井康之, 若野紘一, 山田久孝. 当院におけるアメリカン・フットボール, ラグビー選手の頭頸部外傷について. 整スポ会誌, (1991), **10**, 55-59.
- 9) Brzycki, M. Strengthening the neck: reducing risk of cervical injury. *Athletic J.*(1985), **65**, 40-48.
- 10) Leggett, S. H., Graves, J. E., Pollock, M. L., Shank, M., Carpenter, D. M., Holmes, B. and Fulton, M. Quantitative assessment and training of isometric cervical extension strength. *Am. J. Sports Med.*(1991), **19**, 653-659.
- 11) Pollock, M. L., Graves, J. E., Bamman, M. M., Leggett, S. H., Carpenter, D. M., Carr, C., Cirulli, J., Matkozych, J. and Fulton, M. Frequency and volume of resistance training: effect on cervical extension strength. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*(1993), **74**, 1080-1086.
- 12) Highland, T. R., Dreisinger, T. E., Vie, L. L. and Russell, G. S. Changes in isometric strength and range of motion of the isolated cervical spine after eight weeks of clinical rehabilitation. *Spine*(1992), **17**, S77-82.
- 13) Jordan, A. and Mehlsen, J. Cervicobrachial syndrome: neck muscle function and effects of training. *J. Musculoskelet. Pain*(1993), **1**, 283-288.
- 14) Stump, J., Rash, G., Semon, J., Christian, W. and Miller, K. A comparison of two modes of cervical exercise in adolescent male athletes. *J. Manipulative Physiol. Ther.*(1993), **16**, 155-160.
- 15) Berg, H. E., Berggren, G. and Tesch, P. A. Dynamic neck strength training effect on pain and function.

- Arch. Phys. Med. Rehabil.(1994) **75**, 661-665.
- 16) Ylinen, J. and Ruuska, J. Clinical use of neck isometric strength measurement in rehabilitation. Arch. Phys. Med. Rehabil.(1994) **75**, 465-469.
 - 17) Conley, M. S., Stone, M. H., Nimmons, M. and Dudley, G. A. Specificity of resistance training responses in neck muscle size and strength. Eur. J. Appl. Physiol., (1997) **75**, 443-448.
 - 18) 岡本直輝, 伊坂忠夫, 福川 敦. 頸部の筋力トレーニングと脱トレーニングが頸部筋力に及ぼす影響. 体力科学, (1997), **46**, 201-210.
Okamoto, N., Isaka, T. and Fukugawa, A. Effects of neck muscle training and detraining on neck muscle strength. Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.(1997) **46**, 201-210(in Japanese)
 - 19) 津山 薫, 山本洋祐, 藤本英男, 中里浩一, 藤城仁音, 中嶋寛之. サービカルエクステンションマシーンによる等尺性頸部伸展筋力と筋断面積との関係. 体力科学, (2000), **49**, 193-202 .
Tsuyama, K., Yamamoto, Y., Fujimoto, H., Nakazato, K., Fujishiro, H. and Nakajima, H. Relationship between isometric cervical extension strength based on a cervical extension machine and the cross-sectional area of neck muscles. Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.(2000) **49**, 193-202(in Japanese)
 - 20) Tsuyama, K., Yamamoto, Y., Fujimoto, H., Adachi, T., Nakazato, K. and Nakajima, H. Comparison of the isometric cervical extension strength and a cross-sectional area of neck extensor muscles in college wrestlers and judo athletes. Eur. J. Appl. Physiol., (2001) **84**, 487-491.
 - 21) 藤田恒太郎. 人体解剖学, 30版, 南江堂, 東京 (1982), 117-122.
 - 22) DeLorme, T. L. Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. J. Bone Joint Surg.(1945) **27**, 645-667.
 - 23) Berger, R. A. Effect of varied weight training programs of strength. Res. Quart.(1962) **33**, 168-181.
 - 24) Ikai, M. and Fukunaga, T. A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. Int. Z. angew Physiol.(1970) **28**, 173-180.
 - 25) Hakkinen, K., Komi, P. V. and Tesch, P. A. Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. Scand. J. Sports Sci.(1981) **3**, 50-58.
 - 26) Narici, M. V., Roi, G. S., Landoni, L., Minetti, A. E. and Cerretelli, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of human quadriceps. Eur. J. Appl. Physiol.(1989) **59**, 310-319.
 - 27) 八木 紫, 大西祥平, 千住泰之, 鈴木美貴, 大林千代美, 味村 純, 木下訓光, 勝川史憲, 山崎 元. 大学ラグビー選手における頸部トレーニングの効用. 体力科学, (1998), **47**, 788.
 - 28) Tucci, J. T., Carpenter, D. M., Pollock, M. L., Graves, J. E. and Leggett, S. H. Effect of reduced frequency of training and detraining on lumbar extension strength. Spine(1992) **17**, 1497-1501.
 - 29) Macdougall, J. D., Ward, G. R., Sale, D. G. and Sutton, J. R. Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. J. Appl. Physiol.(1977) **43**, 700-703.
 - 30) 津山 薫, 中里浩一, 中嶋耕平, 若林敏行, 馬見塚恭子, 藤城仁音, 中嶋寛之. スポーツ種目と頸部筋力に関する研究. 日本臨床スポーツ医学会誌 (1999), **7**, 55-63 .
Tsuyama, K., Nakazato, K., Nakajima, K., Wakabayashi, T., Mamizuka, K., Fujishiro, H. and Hiroyuki, N. Study on the relationship between sport event and neck muscle strength. Jpn. J. Clin. Sports Med.(1999) **7**, 55-63(in Japanese)
 - 31) Cureton, K. J., Collins, M. A., Hill, D. W. and McElhannon, F. M. Muscle hypertrophy in men and women. Med. Sci. Sports Exerc.(1988) **20**, 338-344.
 - 32) Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L. and Prior, B. M. Effect of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. J. Appl. Physiol.(1996) **81**, 2173-2181.
 - 33) Conley, M. S., Meyer, R. A., Bloomberg, J. J., Feeback, D. L. and Dudley, G. A. Noninvasive analysis of human neck muscle function. Spine(1995) **20**, 2505-2512.