

2014 年度 修士論文
運動介入が被衝撃時の頸部筋反応速度に
与える影響

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 スポーツ医科学研究領域

5 0 1 3 A 0 2 3 - 8

梶原 慶裕

研究指導教員：金岡 恒治

目次

第 1 章 緒言

1.1 ラグビーで起こる外傷、障害	1
1.2 頸部障害	2
1.3 バーナー症候群の発生機序	2
1.4 外乱に対する運動制御	4
1.5 頸部筋の運動制御	4
1.6 運動介入の効果	5
1.7 本研究の目的	7

第 2 章 頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群の関連性

1. 方法	8
1.1 対象	8
1.2 調査項目	9
1.3 比較項目	9
1.4 統計処理	10
2. 結果	12
2.1 MRI 画像所見	12
2.2 頸部脊柱管狭窄の有無とアンケート結果の比較	12
2.3 頸部脊柱管狭窄の有無とバーナー障害の有無の比較	13
2.4 頸部脊柱管狭窄とバーナー障害の頻度での比較	13
2.5 トレーナーの障害記録	14
3. 考察	15

第 3 章 運動介入が被衝撃時の頸部筋反応速度に与える即時的な影響

1. 方法	16
1.1 対象	16
1.2 実験プロトコル	16
1.3 測定項目	17
1.4 介入試技	19
1.5 データ解析	20
1.6 統計処理	21
2. 結果	23
2.1 安静時の比較	23
2.2 筋間の筋反応時間	24
2.3 筋ごとの比較	27
2.4 重心動揺の変化	30
3. 考察	32
第 4 章 総括	35
参考・引用文献	36
謝辞	40

第 1 章 緒言

1.1.ラグビーの外傷・障害

ラグビーのような激しいコンタクトスポーツでは、接触時に様々な外傷が発生する。オーストラリアンラグビー協会の報告(Bathgate et al.2002)によると、その受傷機序としてはタックル時に最も多く発生している(図 1)。ラグビーにおけるタックルとは、ディフェンス時にボールを保持している相手を止める手段として用いられ、タックル時の外力により外傷が起こる。また、受傷部位(Bathgate et al.2002)としては下肢が 51.7%、頭部及び頸部が 28.7%、上肢が 15.4%、体幹部が 4.2%であった(図 2)。中でも頸部障害は選手生命に関わる重篤な障害につながる危険性がある。試合中のタックルなどによって体幹部や上背部などへの衝撃が不意に起こると、慣性力によって頭部が体幹に遅れて動作を開始するため頸部筋の筋活動が間に合わず重度の損傷をもたらす要因になる(スポーツドクター部会：スポーツ医学研修ハンドブック 基礎科目第2版)。そのことから、コンタクトの激しいスポーツのひとつであるラグビーでは、頸部の傷害で競技続行が難しくなることがあると考えられる。

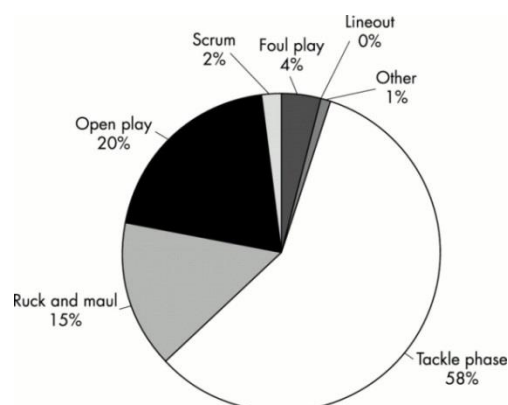


図 1：受傷機序

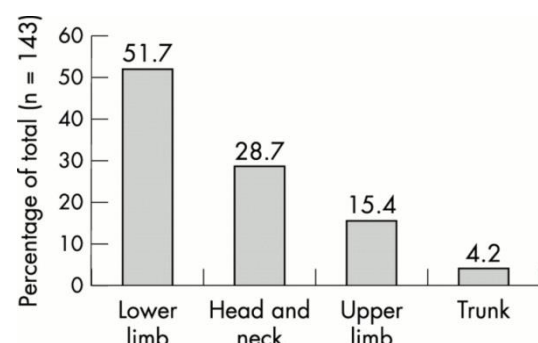


図 2：受傷部位

1.2.頸部障害

日本ラグビーフットボール協会による1994～2004年までの10年間の重症傷害報告では頸椎損傷77件、頸髄損傷53件であった(月村ら2008)。また、重症頭頸腰部損傷では、頸髄・頸椎損傷が頭部外傷を上回ると報告されている(月村ら2008)。現場で多く見られる障害の1つとしてバーナー症候群がある。アメリカンフットボール選手を対象にした研究では、BMIの高い選手はバーナー症候群の既往の有無で頸部筋力を検討した結果、有意にバーナー症候群の既往のある群は頸部筋力が低かったことが報告されている(西村2011)。また、左右の側屈筋力ではバーナー症候群の既往の有無によって有意な筋力の差がみられ、疼痛側の側屈筋力が有意に低下するという報告もある(西村2011)。頸部障害が発生することで後遺症を残し、患った本人の生活に支障をきたすことも多いため、頸部障害を予防する必要があるといえる。

1.3.バーナー症候群の発生機序

ラグビーを代表とするコンタクトスポーツでは頭部や肩に強い衝撃を受けた際、頸部から上肢・指先にかけて激しい放散痛が生じることがある。焼けるような痛みが生じるためバーナー症候群と呼ばれている。しかし、診断名の基準はなく、症候が病名として用いられる。バーナー症候群の発生メカニズムとしては、1.腕神経叢の牽引損傷、2.頸椎椎間孔での神経根の圧迫、3.腕神経叢への直接衝撃、4.頸部脊柱管狭窄に伴う脊髄の障害があげられる。以下にこの4つの特徴を示す(公認アスレティックトレーナー専門テキスト3 スポーツ外傷・障害の基礎知識2007)。

I)ストレッチ損傷

タックル動作において左肩からタックルをした場合、頭部が右に押され頸椎は右側屈が矯正され、左肩は下方に押される。この時に腕神経叢に牽引力が発生し損傷を受ける。軽い牽引損傷の場合は短時間で症状が消失する。

II)神経根圧迫損傷

ストレッチ損傷と同様の方向に頸部の側屈が強制された際にストレッチ損傷とは反対側にも同症候群が生じることとも報告されている。この障害発生機序は前述のものとは考えられない。これは頸椎の側屈に伴い神経根が圧迫されて生じたものだと考えられる。この症状の背景には、ヘルニアや頸椎鉤突起関節の骨棘形成等による神経孔の狭窄が存在する可能性があり、同様の衝撃を受け、症状を繰り返すことになる。

III)腕神経叢の直接圧迫

タックルをした際に腕神経叢を直接圧迫することがあり、同様の症状が発生することがある。

IV)脊柱管狭窄による脊髄障害

コンタクトプレーによって、頸椎への軸圧力、屈曲力、側屈力が作用し、頸椎の伸展や側屈が強制されることによって、動的な脊柱管狭窄状態が生じこれにより脊髄が圧迫され上肢放散痛が発生することもある。

1.4.外乱に対する運動制御

ラグビーの練習、試合中ではタックルを受ける場面が多く存在し、それに伴い転倒を防ぐために姿勢制御がはたらく。急激な筋の伸張が起こるため筋の長さが変化したことで反射が起こる。反射は意図的に自ら運動する随意運動に対する概念として不随意運動と定義づけられている(倉持 2005)。筋には伸張刺激に対して伸ばされた筋が収縮し、その長さを一定に保とうとする伸張反射がある。様々な外力によって関節の角度が急激に変化するとそれを元に戻そうとする動きが起こる (Pearson K and Gordon J 2001)。伸張反射の受容器は筋紡錘であり、過剰な筋の伸張を防ぎ、無意識のうちに主動筋、拮抗筋の張力を保って姿勢制御に貢献する。この伸張反射を含む様々な反射応答は運動の状況、準備状態によって柔軟に変化することが知られており (Evarts 1973, Tanji と Evarts 1976)、意図する運動と反射は目的が合致するように、互いに影響し合うことが報告されている。

四肢筋においては刺激の予測に対して伸張反射の応答が変化することが明らかになっている。Yamamoto と Ohtsuki (1989) は上腕の筋において、被験者が外乱と同様の方向の運動介入した場合、外乱のタイミングが予測できることで主動筋に誘発される伸張反射の応答は減り、外乱に逆らうような運動介入した場合は伸張反射の応答が増すことが報告されている。

1.5.頸部筋の運動制御

頭部の回転の加速度、直線の加速度、重力加速度の刺激によって前庭器官が姿勢制御において重要な役割を果たしている。頭部の位置の変化

に伴い、頸部・体幹筋を収縮または弛緩させ、頭部を一定の位置に自動的に保持する機能を持っている。これは前庭脊髄反射の1つである前庭頸反射が起るためである。(倉持 2005)

1.6.運動介入の効果

長期的な運動介入により脳の可塑的变化が起こる。これは脳だけではなく脊髄においても運動学習に伴う可塑的变化が起こる(嘉戸 2013)。

ヒラメ筋の潜時を検討した研究ではジョギングを定期的に行っている者では筋の発揮までの潜時が短くなったとも報告されている(DONG-QING XU ら 2005)。また、ジョギングやスイミング、サイクリングのような有酸素運動を定期的に行っている者では、ヒラメ筋の伸張反射の振幅は増大するのに対し、クラシックバレエのダンサーでは減弱すると報告されている(Nielsen 1993)。

アイソメトリックトレーニングの研究では、上腕二頭筋に対して行った実験では、11週間毎日実施した結果、約20%筋力が増加したという報告がされている(杉山ら 1985)。腰部の伸展に対して長期的にアイソメトリックトレーニングを行った研究でも伸展筋力の増加を認めている(Graves ら 1990)。激しいコンタクトが頻繁に起こるラグビーでは、練習または試合の前に頸部に対して徒手による抵抗をかけて、頸部筋に対して刺激を入れることが現場で多く見られる。ラグビーでは衝撃に耐えなければならない、アイソメトリックのトレーニングは耐える動作に類似していると考えられる。

筋刺激は随意収縮によるものだけではなく、電氣的筋肉刺激(Electrical Muscle Stimulation: 以下 EMS)により、筋に直接刺激を入れて他動的に筋を活動させることもできる。Nicola(2002)らの研究では、

大腿四頭筋への長期介入で筋力が増加したと報告されている。また、長期的に EMS とプライオメトリックトレーニングやアイソメトリックトレーニングを組み合わせた研究でも筋力やジャンプパフォーマンスでの向上が認められている (Paillard.2008, Filipovic.2012)。電気刺激により他動的に筋収縮を行わせた場合でも筋力の向上が期待できる。

1.7.本研究の目的

ラグビーの現場ではバーナー症候群が頻繁に発生するが、脊髄圧迫の原因である頸部脊柱管狭窄症とバーナー症候群の関連性は明らかになっていない。そこで第2章では、頸部MRI画像を用いて頸部脊柱管狭窄の有無を検討し、バーナー症候群の発生率と比較し、頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群の関連性を明らかにすることを目的とする。

また、バーナー症候群の予防法として、頸部の筋活動開始時間を短縮することで、頸椎の過度の伸展、側屈が抑制され障害予防に繋がると考える。更にトレーニング介入によって筋活動開始までの速度が向上すると考えるが、トレーニングの介入による即時的な頸部の筋活動開始時間の変化を検証した研究はない。そこで第3章ではジョギング、頸部へのアイソメトリックトレーニング、電気刺激の介入が筋活動開始時間と重心移動距離に与える影響を検討することを目的とする。

第 2 章

頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群の関連性

1.方法

1.1.対象

対象は 2010 年に入学した大学ラグビー対抗戦 1 部リーグに所属する選手 28 名（年齢： 22.1 ± 0.4 才、身長： $176.1 \pm 6.0\text{cm}$ 、体重： $86.0 \pm 8.7\text{kg}$ ）とした。

1.2 調査項目

1.2.1 MRI 所見

大学入学時にメディカルチェックとして MRI 装置 (GE ヘルスケア・ジャパン製 Signa HDxt Ver.15) を用いて、仰臥位にて頸椎 MR 矢状断 T2 強調画像 (TR 2500ms, TE 90ms, FOV $240 \times 240\text{mm}$) を正中矢状断のみ撮像した。撮像した頸椎画像はメディカルチェックに用いられたが画質が低く詳細な画像解析を行うに耐えないため、1 名の脊椎外科専門医が頸部脊柱管狭窄の有無を主観的に評価し、くも膜下腔が十分広いものを「狭窄なし」、くも膜下腔が狭いものを「軽度狭窄」、くも膜下腔が描出されないものを「狭窄あり」と 3 段階に分類した (図 3)。

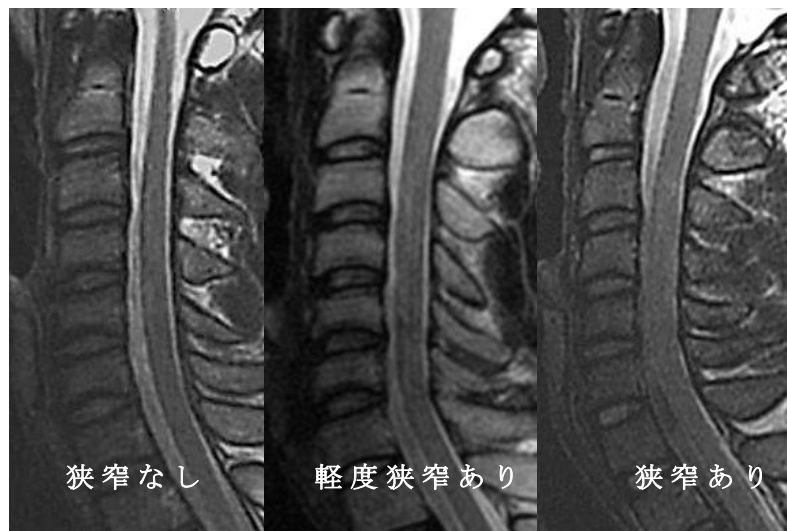


図 3：頸部脊柱管狭窄の 3 段階の分類

1.2.2 障害調査

被験者全員に対してアンケート調査を行い、入学後 3 年間での頸部障害発生状況について調査した。アンケートの内容は、(1).大学在学中、ラグビーの試合または練習において頸部または上肢にしびれを感じたことがあるか。(2).(1)でありと答えた選手にのみしびれを感じた回数を回答してもらった。また、トレーナーの診療記録をもとに練習を長期離脱した頸部障害の状況を調査した。

1.3 比較項目

頸部 MRI 画像とアンケート調査の結果から、軽度狭窄を有していたものを狭窄あり群として、頸部脊柱管狭窄の有無とバーナー症候群の経験の有無と比較した。また、バーナー症候群の発生の頻度から、5 回未満と 5 回以上の 2 群に分け、頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群発生の頻度において検討した。

1.4 統計処理

統計処理には、統計解析ソフトウェア(SPSS Statistics 19 :IBM 社)を用いた。統計処理は頸部脊柱管狭窄症の有無とバーナー症候群の経験の有無との比較、頸部脊柱管狭窄症の有無とバーナー症候群の発生回数との比較でフィッシャーの正確確率検定を用いて行い、有意水準は $p < 0.05$ とした。

アンケート

頸部の傷害調査に関するアンケート回答協力をお願いについて

早稲田大学スポーツ科学部修士課程1年梶原慶裕です。現在、頸部の傷害調査を行っています。この研究調査用データとして現ラグビー部4年生を対象にアンケートを実施させていただくことといたしました。

本アンケートは、大学入学時から現在までの頸部傷害に関して、主にバーナー障害の発生回数を調査するものです。なお、本アンケートは研究目的であり、それ以外の目的には利用しません。ご協力お願いいたします。

- 1) 大学在学中、ラグビーの試合または練習で上肢にしびれや痛みを感じたことがありますか。しびれや痛みの経験がある方は“あり”に○をない方は“なし”に○をつけてください。

上肢のしびれや痛みの経験 あり なし

- 2) 1)でありに○を付けた方のみお答えください。
今までにしびれや痛みを感じた回数をお答えください。覚えている範囲でかまわないので当てはまるものに○を付けてください。

5回未満

5～10回

10～15回

15～20回

20回以上

ご協力ありがとうございました。

2.結果

2.1.MRI 画像所見

頸部の MRI 画像所見の結果、脊髄の前後にクモ膜下腔が十分見えているものを“狭窄なし”、クモ膜下腔が狭くなっているものを“軽度狭窄”、クモ膜下腔が見えなくなっているものを“狭窄あり”と評価したところ、人数はそれぞれ 16 名(57%)、8 名(29%)、4 名(14%)であった(表 1)。

表 1：頸部脊柱管狭窄の有無

狭窄なし	16 名	57%
軽度狭窄	8 名	29%
狭窄あり	4 名	14%

2.2.頸部脊柱管狭窄の有無とアンケート結果の比較

アンケート調査の結果 28 名の選手のうち 23 名(82%)の選手がバーナー症候群を経験していた。その内訳は、狭窄ありバーナーあり 12 名、狭窄ありバーナーなし 0 名、狭窄なしバーナーあり 11 名、狭窄なしバーナーなし 5 名であった(表 2)。

表 2：バーナー症候群の経験

バーナー 症候群	なし	5回 未満	5～10	10～15	15～20	20 回 以上
狭窄あり	0	1	4	0	0	7
狭窄なし	5	6	2	1	0	2

(人数)

2.3 頸部脊柱管狭窄の有無とバーナー症候群の有無の比較

頸部脊柱管狭窄の有無とバーナー症候群の有無を検討した結果、 $p=0.053$ と有意差は認めなかったが狭窄有り群にバーナー症状を有するものが多い傾向を認めた(表 3)。

表 3：バーナー症候群の有無と脊柱管狭窄の有無

バーナー 症候群	あり	なし	合計
狭窄あり	12	0	12
狭窄なし	11	5	16
合計	23	5	28

(人数)

2.4 頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群の頻度での比較

脊柱管狭窄の有無とバーナー症状との間に有意な関係を認めなかったため、脊柱管狭窄の有無とバーナー症状の発生頻度との関連を明らかにするため 5 回以上経験したものと、5 回以下の群を比較した。その結果、頸部脊柱管狭窄を有する選手は有意にバーナー症候群を頻発するという結果となった($p=0.02$)(表 4)。

表 4：バーナー症候群の経験回数と脊柱管狭窄の有無

バーナー症候群回数	5 回以上	5 回未満
狭窄あり	11	1
狭窄なし	5	11
合計	16	12

(人数)

2.5 トレーナーの障害記録

トレーナーの障害記録を元に、練習を長期離脱した選手を調査したところ、3名の選手が頸部障害で練習を長期離脱しており、そのうち2名は軽度の頸部脊柱管狭窄があった(図4)。また、長期離脱の状況を示した(表5)。

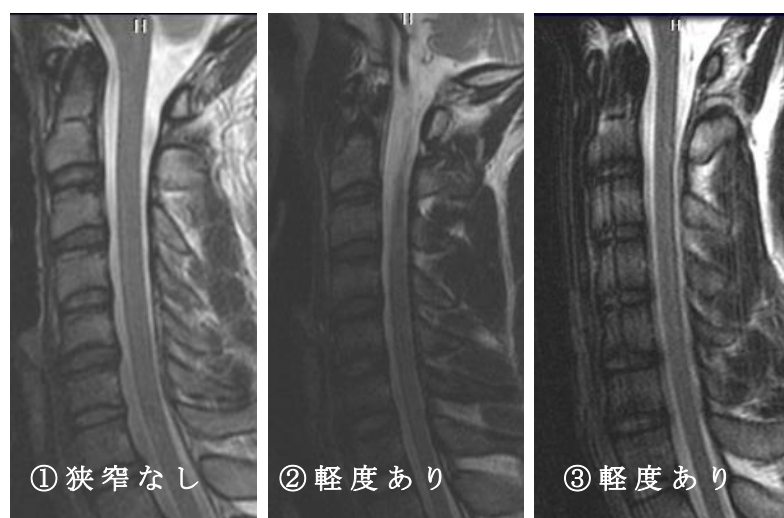


図4：長期離脱者のMRI

表5：長期離脱者の状況

狭窄の有無	症状	経過・診断
①無し	持続する強い上肢痛	頸椎椎間板ヘルニア
②軽度	コンタクトの度に 上肢痛出現	長期離脱・安静 競技復帰
③軽度	上肢のしびれ・痛み 筋力低下	手術(椎弓拡大整形術) 競技復帰

3. 考察

本研究では、頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群の関係性を検討した。アメリカンフットボールにおける頸部重大外傷疫学研究では脊柱管狭窄は頸髄損傷の危険因子であると報告されていたが(月村ら 2008)、本研究の結果では、頸部脊柱管狭窄の有無とバーナー症候群の有無には関係性が認められなかった。これはバーナー症状を経験した選手が 82% と高率であったことが関係していると考えた。このため、バーナー症状を 5 回以上経験した群としていない群で比較したところ有意差を認めた。このことからバーナー症状を頻回に発症する選手は脊柱管狭窄を有することを疑うことが求められる。以上より、バーナー症候群を繰り返す選手は、脊柱管狭窄によって 脊髄の圧迫が刺激を受けることによって症状が出現していることを疑う必要がある。また、この様な選手は、より強大な外力により脊髄損傷を発生させる危険性もあるためメディカルチェックによる X 線、MRI などの画像検査を行うことが望ましいと考える。

第 3 章

運動介入が被衝撃時の頸部筋反応速度に与える即時的な影響

1. 方法

1.1 対象

大学体育会 1 部リーグに所属するラグビー選手 10 名で競技歴 4 年以上(身長: $175.5 \pm 1.6\text{cm}$ 、体重: $84.5 \pm 4.3\text{kg}$ 、年齢: 21 ± 1 歳)とした。なお、本研究は早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会承認を得て行われており、研究に参加するにあたり研究内容に関する説明を実施し、同意を得たものを対象とした。

1.2. 実験環境・プロトコル

本研究は屋内トレーニング施設で行い、図 5 のように機材を設置した。振り子は、長さ 86.5cm の紐についた 2kg のメディシンボールを安定性が確保されているウエイトトレーニングマシンに吊るし、被験者の上背部に衝突するように長さを調節した。被験者の上背部に衝突の瞬間を示すランプのスイッチを貼付した後、実験は下記のように進めた。

- ①被験者を振り子を背にした状態で、重心動揺計の上に直立させる
- ②静止を確認したら表面筋電図の記録を開始し同期ランプを点灯させる
- ③同期ランプ点灯から 10 秒以内に最下点より 75° の高さまで挙上した
メディシンボールを落下させ被験者の背中に衝突させる
- ④実験試技を 3 回行ったのち、3 種類の介入 (Jog, Isometrics, EMS)
のうち 1 つを行う
- ⑤介入試技が終了した 5 分後に再び同様の実験試技を 3 回行う
- ⑥このプロトコルを合計 3 回、介入試技を変えて 1 週間おきに実施する

なお、ハイスピードカメラ(CASIO 製 EX-FH25)は、筋電計とカメラを同期させるランプ、衝撃の瞬間を示すランプが撮影できる位置から実験試技を撮影し、表面筋電図、衝突開始を同期するために使用した。

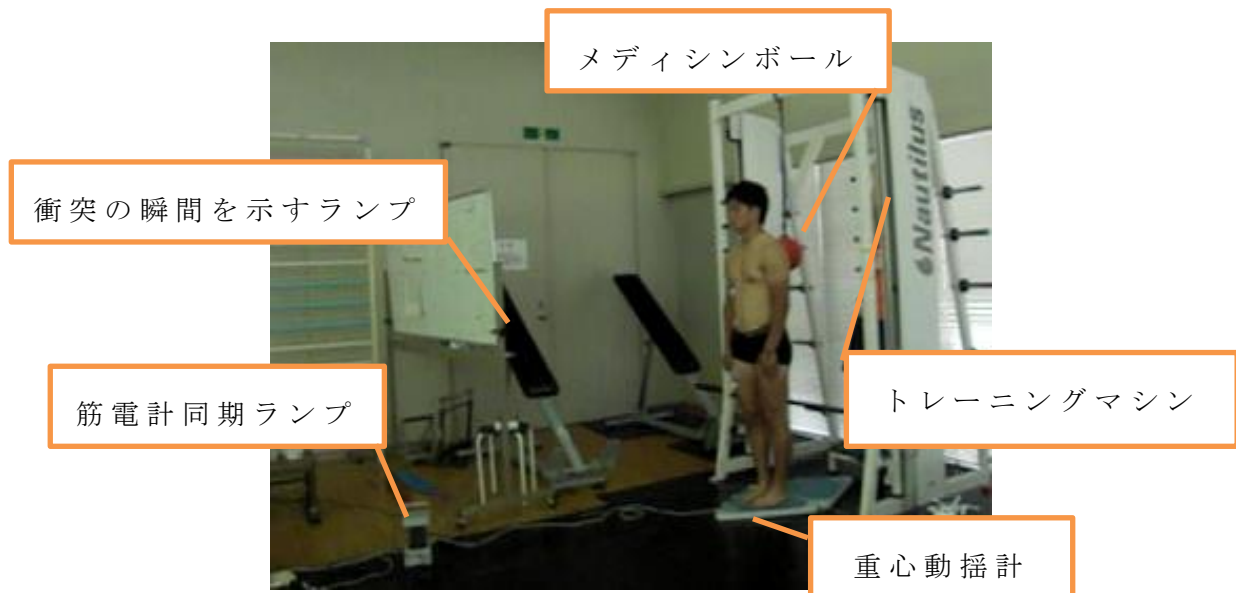


図 5：実験環境

1.3.測定項目

筋電図測定には多用途無線筋電計(Bio Log DL-5000:S&ME 社)を用いてサンプリングレートは 1000Hz で行った。表面電極を貼付する前に、皮膚研磨剤(スキンピュア:日本光電社製)およびアルコールを用いて皮膚抵抗が $4k\Omega$ 以下になるまで角質除去を行った。表面電極にはブルーセンサー(N-00-S:株式会社メッツ)を用い、2つの電極を各筋の筋線維方向に沿って貼付した。その後、データロガーを皮膚上に両面テープで貼付した。

被験筋は右側の胸鎖乳突筋、僧帽筋、胸部脊柱起立、大腿二頭筋とした。胸鎖乳突筋は胸骨頭と乳様突起を二等分した位置、僧帽筋は頸肩移行部、胸部脊柱起立筋は T7 高位の棘突起から 2cm 外側の位置とし、大腿二頭筋は腓骨頭と坐骨結節を結んだ中間点とし、全て筋腹を触診でき

た場所に貼付した(図 6)(筋電図のための解剖ガイド)。

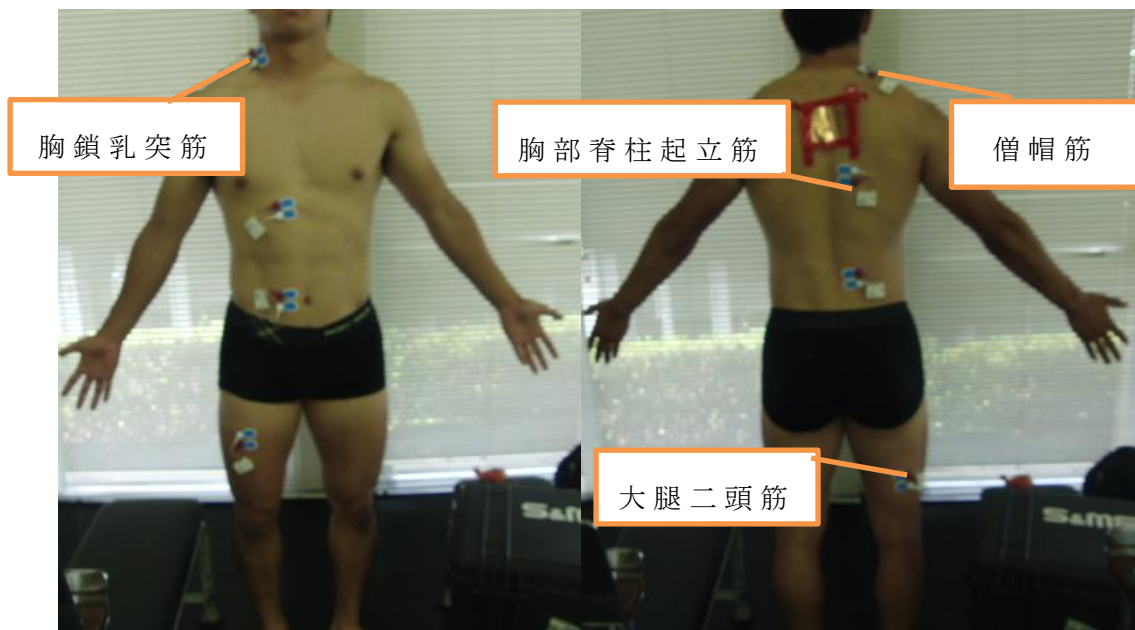


図 6：筋電貼付位置(正面図、背面図)

重心移動距離の測定には重心動揺計(グラビコーダ GP-6000：アニマ社)(図 7)を用いて衝突開始時の値と重心移動距離のピーク時の値の差を算出した。被験者は重心動揺計上の足型に両足を合わせて乗り、開眼した状態で楽な姿勢で直立するように指示をした。

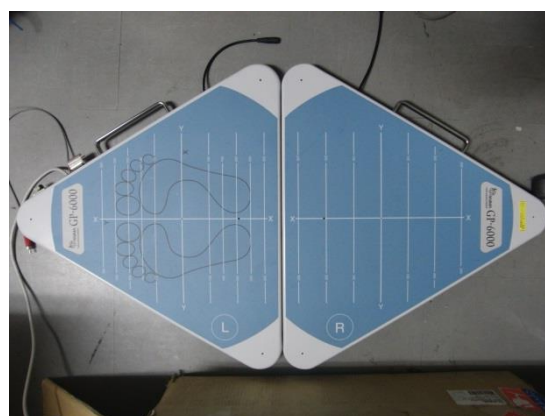


図 7：重心動揺計

1.4.介入試技

pre 測定終了後すぐに運動介入を行った。運動課題は Jog, Isometric, EMS の 3 種類とし、Jog は 5 分間のジョギングをトレッドミルを用いて 7km/h の速度で行った。Isometric は徒手抵抗による頸部への伸展、屈曲、左右側屈の 4 方向のアイソメトリック収縮を 3 秒間かけ、各方向 10 回ずつ行った。頸部はニュートラルな位置を保たせ、頸部の伸展は四つ這い位にて後頭部へ、屈曲は仰臥位にて前額部へ側屈は側臥位にて側頭部へ抵抗をかけた。EMS(Electrical Muscle Stimulation)は Torio(低周波治療器トリオ 300：伊藤超短波社製)による EMS を胸鎖乳突筋と僧帽筋(図 8)に 5 分間通電した。周波数、パルス幅、出力はそれぞれ 50Hz、200ms、胸鎖乳突筋は 10mA、僧帽筋は 20mA で行った。これらの介入を 1 回の測定で 1 つ行い、同一の被験者で介入試技を変えて合計 3 回、1 週間おきに実施した。なお、運動介入の順序はランダムに設定した。



図 8：EMS・EMS 貼付位置

1.5.データ解析

表面筋電図の解析には BIMUTUS-Video(KISSEI COMTEC 社製)を使用した。その際に 20~500Hz のバンドパスフィルターをかけ全波整流を行った。衝突の瞬間を詳細に見るためにハイスピードカメラ(CASIO 社 EX-FH25)を用い課題試技を 240 フレームで撮影し、筋電の測定開始を定義するためのランプを用いて筋電と同期させた。また衝突開始を定義するために LED ライトと導線と銅板を繋いで作成した衝突時に点灯する装置のスイッチ部分を被験者の背中に貼付し(図 9)、そのライトが点灯した瞬間を衝突開始とした(図 10)。

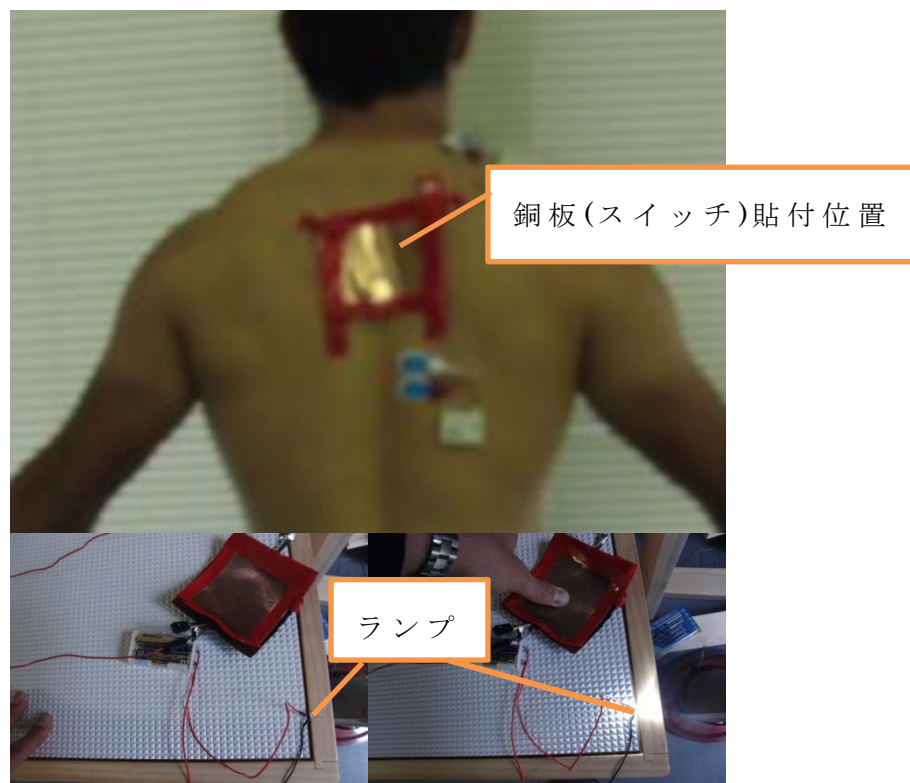


図 9：銅板貼付位置、点灯装置



図 10：筋電図の同期と衝撃開始の定義

本研究では衝突開始から筋活動開始が起こるまでの onset の時間を算出し、各筋の介入前後での筋活動開始時間の違い、pre、post における各筋間での筋活動開始時間の違いを検討した。安静時の筋活動の比較は pre 値を post 値で除した値と 1 を比較し、筋活動開始は安静時の筋活動の 2SD を超えた時点 (Hodges ら 1999, Taylor ら 1997) とし、値を算出する上で、表面筋電図の波形から筋活動開始が判断できなかったものは除外した。

重心移動距離の解析には総合重心動揺解析システム (アニマ社) 使用し、前後方向 (y 軸方向) のみを解析した。解析区間は衝突が起こった瞬間の値と最大値の差とした。

1.6.統計処理

全ての測定項目は $\text{mean} \pm \text{SD}$ で表記した。統計処理には、統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics 19 : IBM 社) を用いた。pre と post の安静時の筋活動の差の有無を検討するために pre の値を post の値で除した値と 1 で対応のある t 検定、表面筋電図の解析には、各介入効果を検討するために、各筋 (胸鎖乳突筋、僧帽筋、胸部脊柱起立筋、大腿二頭筋) の介入前後での筋活動開始時間の比較を対応のある t 検定、pre と post で

の筋間での筋活動開始時間の比較をフリードマン検定にて行い、有意差がみられた場合のみ多重比較検定としてウィルコクソンの t 検定を行った。

2. 結果

2.1 安静時の比較

pre と post の安静時の筋活動の比較を表 6 に示した。

全ての介入前後において安静時の筋活動に有意な差は認められなかった。

表 6 : pre/post と 1 の比較

	胸鎖乳突筋	僧帽筋	胸部脊柱起立筋	大腿二頭筋
jog	1.19±1.38	1.14±1.81	1.41±0.7	1.67±2.56
isometric	0.99±0.33	1.51±1.55	1.24±0.43	0.94±0.34
EMS	0.8±0.32	0.86±0.23	0.62±0.39	0.81±0.66

(mean±SD)

2.2 筋間の筋反応時間

後方からの衝撃に対する筋反応時間について、実施した介入ごとに pre と post での筋間での筋反応時間を比較し図に示した。

Jog 介入時の筋反応時間の変化

Jog の介入前後での pre と post の各筋の反応時間について図 11 に示した。pre においては胸鎖乳突筋と僧帽筋では僧帽筋の反応が有意に早く ($p=0.003$)、胸鎖乳突筋と大腿二頭筋 ($p=0.007$)、僧帽筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$)、胸部脊柱起立筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$) では全て大腿二頭筋の反応が有意に遅い値を示した。post においては全てにおいて有意な差は認めなかった。

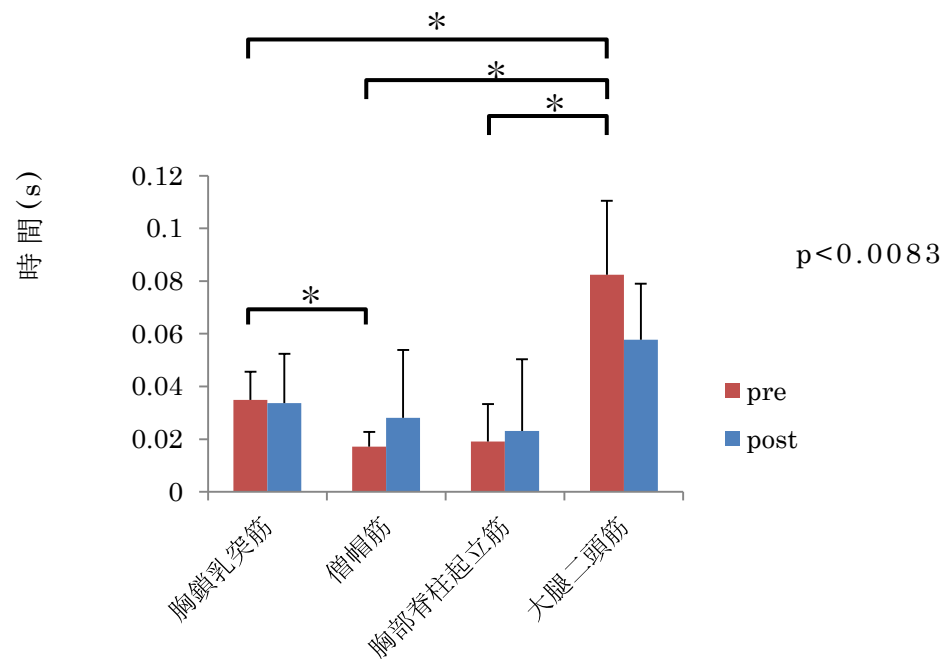


図 11 : Jog 介入前後での筋反応時間

Isometric 介入時の筋反応時間の変化

Isometric の介入前後での pre と post の各筋の反応時間について図 12 に示した。pre においては胸鎖乳突筋と大腿二頭筋 ($p=0.008$)、僧帽筋と大腿二頭筋 ($p=0.008$)、胸部脊柱起立筋と大腿二頭筋 ($p=0.008$) では全て大腿二頭筋の反応が有意に遅い値を示した。post においては胸鎖乳突筋と僧帽筋では僧帽筋の反応が有意に早く ($p=0.008$)、胸鎖乳突筋と大腿二頭筋 ($p=0.008$)、僧帽筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$) ではどちらも大腿二頭筋の反応が有意に遅い値を示した。

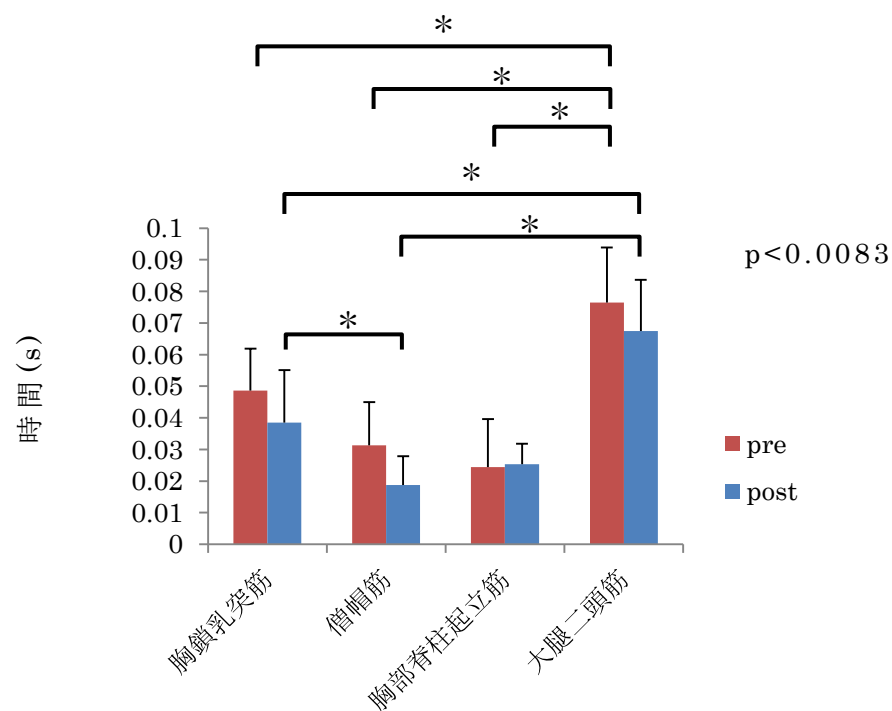


図 12 : Isometric 介入前後での筋反応時間

EMS 介入時の筋反応時間の変化

EMS の介入での pre と post の各筋の反応時間について図 13 に示した。pre においては胸鎖乳突筋と僧帽筋では僧帽筋の反応が有意に早く ($p=0.003$)、胸鎖乳突筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$)、僧帽筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$)、胸部脊柱起立筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$) では全て大腿二頭筋の反応が有意に遅い値を示した。post においても胸鎖乳突筋と僧帽筋では僧帽筋の反応が有意に早く ($p=0.008$)、胸鎖乳突筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$)、僧帽筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$)、胸部脊柱起立筋と大腿二頭筋 ($p=0.005$) では全て大腿二頭筋の反応が有意に遅い値を示した。

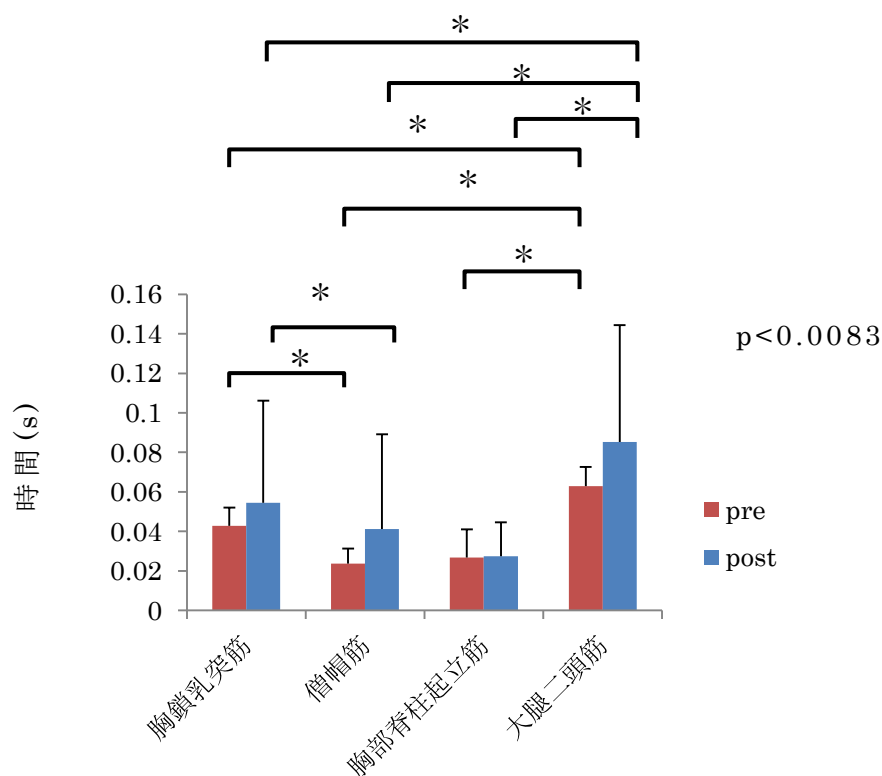


図 13 : EMS 介入前後での筋反応時間

2.3 筋ごとの比較

後方からの衝撃に対する筋反応時間について、各筋における介入前後の筋反応時間を比較し図に示した。

Jog 介入時の筋反応時間の変化

Jog の介入前後での各筋の反応時間の比較について図 14 に示した。大腿二頭筋において、pre より post の反応時間が有意に早い値を示した ($p=0.013$)。

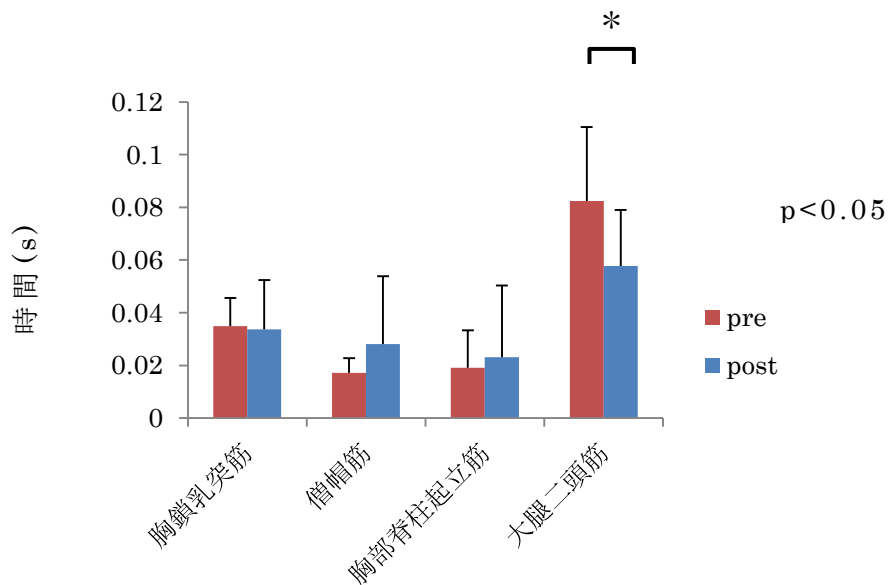


図 14 : Jog 介入前後での筋反応時間

Isometric 介入時の筋反応時間の変化

Isometric の介入前後での各筋の反応時間について図 15 に示した。
胸鎖乳突筋($p=0.013$)と僧帽筋($p=0.036$)において pre より post の反応時間が有意に早い値を示した。

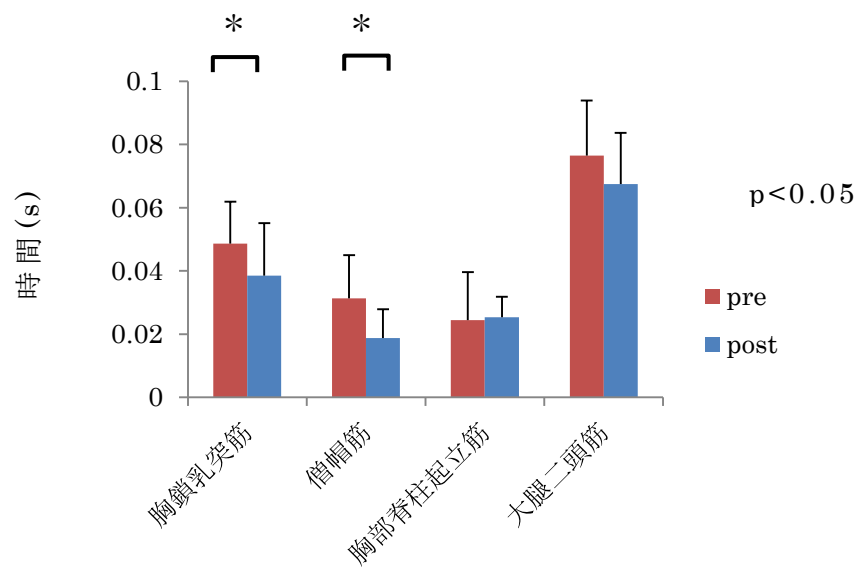


図 15 : Isometric 介入前後での筋反応時間

EMS 介入時の筋反応時間の変化

EMS の介入前後での各筋の反応時間の比較について図 16 に示した。
すべての筋において pre と post の間で有意な変化は認められなかった。

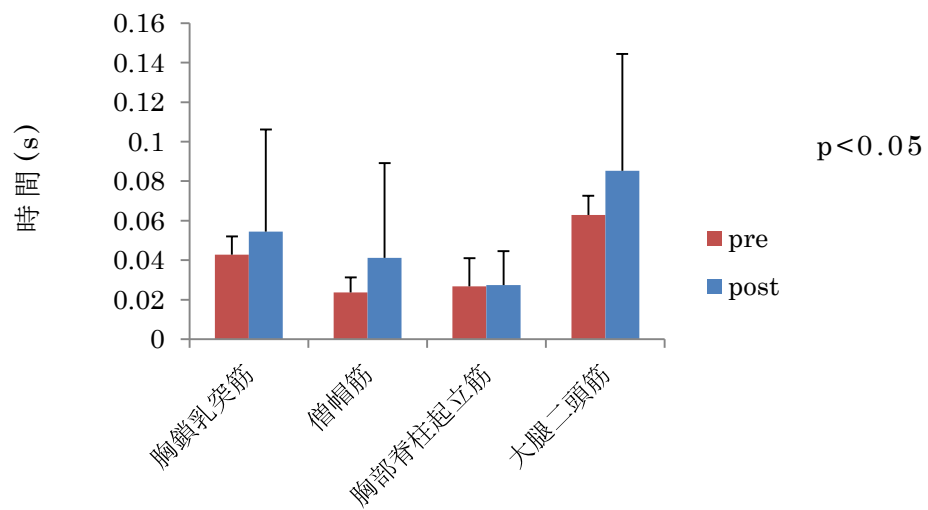


図 16 : EMS 介入前後での筋反応時間

2.4 重心動揺の変化

後方からの衝撃に対する筋反応時間について、実施した介入ごとに pre と post での重心移動距離を比較し図に示した。

Jog 介入時の重心動揺の変化

Jog の介入前後での重心移動距離の比較について図 17 に示した。pre より post のほうが有意に重心移動距離が短い値を示した。
($p=0.016$)

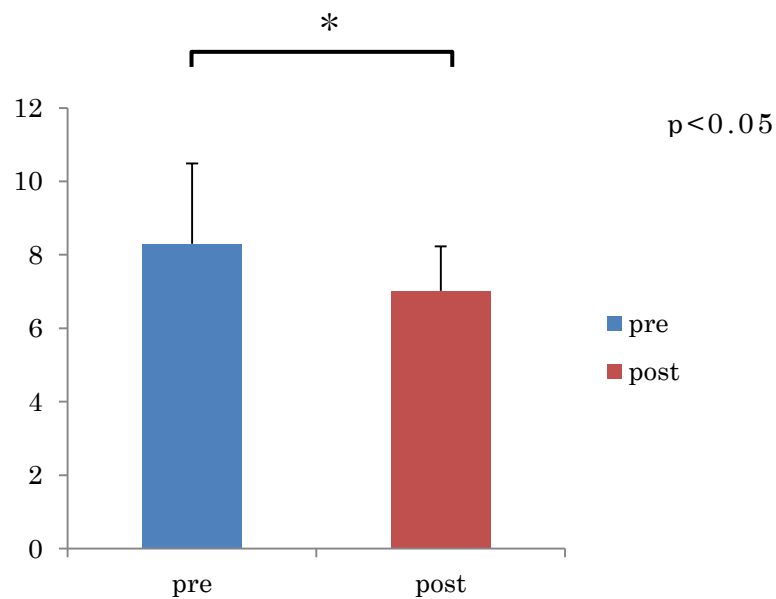


図 17 : Jog 介入前後での重心移動距離

Isometric 介入時の重心動揺の変化

Isometric の介入前後での重心移動距離の比較について図 18 に示した。pre と post では重心移動距離に有意な変化は認められなかった。

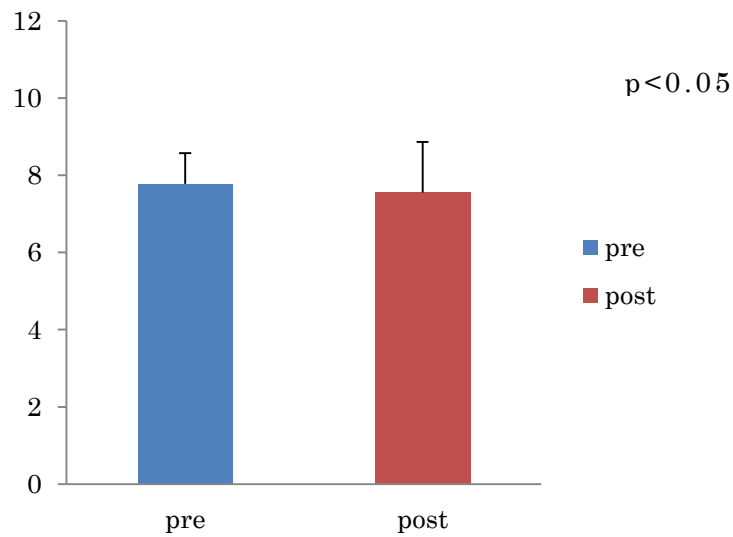


図 18 : Isometric 介入前後での重心移動距離

EMS 介入時の重心移動距離の変化

EMS の介入前後での重心移動距離の比較について図 19 に示した。
pre より post のほうが有意に重心移動距離が短い値を示した。
($p=0.002$)

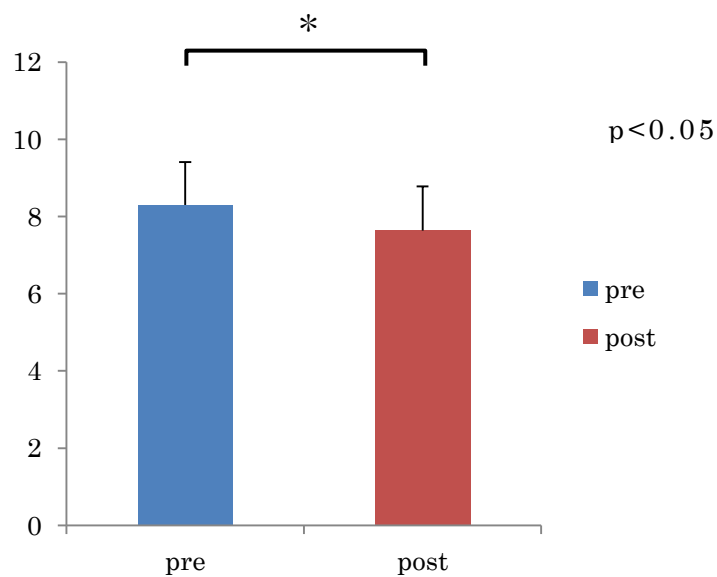


図 19 : EMS 介入前後での重心移動距離

3. 考察

本研究では、メディシンボールを用いた上背部への衝撃後の筋活動を測定し、ジョギング、頸部のアイソメトリックトレーニング、EMS による介入が衝突後の筋活動開始時間に及ぼす影響について比較した。

全ての試技の結果から、筋活動開始までの時間がメディシンボールを衝突の瞬間から 100ms を下回る結果となり、各筋の随意収縮ではなく姿勢制御(倉持 2005)として伸張反射がはたらいたものと考ええる。

メディシンボールの衝突による体幹部の前方移動に対し後方へ戻すための姿勢制御として僧帽筋と胸部脊柱起立筋に反射が起こったと考える。また、あらかじめ前方への身体の移動に対して姿勢制御をするため後方へ身体を起こす反射が起こったと考える。また、衝突後に体幹部が前方へ移動することで、頭部は体幹部より遅れて挙動を開始するため、頸部の屈筋である胸鎖乳突筋に伸張反射がはたらいたと考える。胸鎖乳突筋の活動開始時間は、床を前方にスライドさせた研究よりも短縮していた。本研究では上背部への衝撃であり、頸部の挙動がより早く起こったためと考えられ、衝撃の位置に近い部分から活動していくことが示唆された。そのため、大腿二頭筋においては身体が前方へ傾いたことで筋が伸張され、伸張反射が起こったが、上背部への外乱であったため、遠位にある大腿二頭筋が最も遅延したと考える。

post における各筋の活動開始時間を比較した結果、pre では大腿二頭筋の活動が遅延したのに対し、Jog 介入後では有意な差は認められず、活動様式に変化がみられた。大腿二頭筋の活動開始時間が Jog を介入することで有意に短縮したことから、ジョギングにより大腿二頭筋の筋活動開始時間が即時的に短縮し、他の筋と同程度のタイミングで活動するようになったと考える。Rosenbaum と Hennig は、10 分間のジョギン

グ後にアキレス腱反射の反応時間が短縮したと報告している。筋温の上昇により神経刺激の伝達速度が短縮ことから、ジョギングによって下肢筋の筋温が上昇し、大腿二頭筋の反応が短縮したと考える。

介入前後における各筋の筋活動開始時間を比較した結果、前述したようにジョギングを介入することで大腿二頭筋の活動が有意に短縮した。また、頸部のアイソメトリックトレーニング後に胸鎖乳突筋と僧帽筋の筋活動開始時間が有意に短縮したが、EMSの介入前後では変化は認めなかった。EMSを利用して長期的に介入した研究では、ジャンプ高や筋力の向上が報告されており、伸張反射も含まれるドロップジャンプの向上も報告されている。このことから長期的に行うとEMSによる随意収縮や伸張反射の改善は見られるが、即時的な影響はみられないことが示唆された。また先行研究より、筋活動後では単収縮トルクが筋活動前より即時的に増大する活動後増強(postactivation potentiation)が報告されている(Vandervoortら1983)が、本研究では随意収縮による神経筋促進効果が示唆された。

重心動揺の介入前後における比較では、ジョギングの介入することで前方への重心移動距離が有意に減少した。これは、本研究の大腿二頭筋の筋活動開始時間が即時的に短縮したことが影響していると考ええる。筋活動開始が短縮することで、衝撃により身体の前方移動を制御することができたと考える。したがって、衝撃を受けた際に立位姿勢を保持し、前方への移動を少なくするためには、大腿二頭筋の筋活動開始時間が関与している可能性が示唆された。また、アイソメトリックトレーニング後には重心移動距離に有意な変化を認めず、頸部筋の筋活動開始時間が短縮したことが重心移動距離には影響を及ぼさなかったと考える。一方、EMSの介入では、重心移動距離が有意に減少したが、筋活動開始時間の

変化は認めなかった。本研究では EMS 介入することで重心移動距離の変化は筋活動開始時間との比較では明らかにすることはできず、筋活動量や衝突開始後の挙動などのその他の要因が関連している可能性が示唆された。

第 4 章 総括

本研究では、MRI 画像とアンケート調査による頸部脊柱管狭窄とバーナー症候群の関連性の検討、および背部へのメディシンボール衝突時における頸部筋反応速度に及ぼす運動介入の即時的な影響を検討した。その結果、以下の二つの結果が得られた。

- ①バーナー症候群を頻発する者は頸部脊柱管狭窄症のような脊髄障害を疑う必要があり、メディカルチェックによる X 線、MRI などの画像検査を行うことが望ましいと考える。
- ②メディシンボール衝突後の頸部筋反応速度の変化では、ジョギングを介入することで大腿二頭筋、頸部アイソメトリックトレーニングを介入することで胸鎖乳突筋と僧帽筋の筋活動開始時間が短縮した。このことから練習・試合前の頸部アイソメトリックトレーニングは障害予防につながることを示唆された。

参考・引用文献

1. A Bathgate, J P Best, G Craig, M Jamieson : A prospective study of injuries to elite Australian rugby union players. Br J Sports Med,36:265-269,(2002)
- 2.公益財団法人 日本体育協会指導者育成専門委員会 スポーツドクター部会 : スポーツ医学研修ハンドブック 基礎科目第2版 pp155~pp165,(2011)
- 3.月村泰規, 阿部均 : コンタクトスポーツにおける頸椎・頸髄外傷の現状と対策.日本臨床スポーツ医学会誌 16(2):172-187,(2008)
- 4.西村忍 : 大学アメリカンフットボール選手における頸部等尺性筋力とバーナー症候群との関係について.経営論集.77:115-125,(2011)
5. 公認アスレティックトレーナー専門テキスト 3 スポーツ外傷・障害の基礎知識 pp9~pp10,(2007)
6. Pearson K and Gordon J : Principles of Neural Science Forrth Edition 716, (2001)
7. Evarts : EV Motor cortex reflexes associated with learned movement. Science.179:501-503,(1973)
8. Tanji J and Evarts EV : Anticipatory activity of motor cortex neurons in relation to direction of an intended movement. J Neurophysiol.39:1062-1068,(1976)
9. Yamamoto C and Ohtsuki T : Modulation of stretch reflex by anticipation of the stimulus through visual information. Exp Brain Res.77: 12-22,(1989)
10. 嘉戸直樹 : 運動適応と神経機能.関西理学特集、13:33-37,(2013)

11. J. Nielsen, C. Crone, and H. Hultborn : H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes Eur J Appl Physiol.66:116-121,(1993)
12. DONG-QING XU, JING-XIAN LI, YOU LIAN HONG : Effect of regular Tai Chi and jogging exercise on neuromuscular reaction in older people. Age and Ageing.34:439–444,(2005)
13. GRAVES, JAMES E, POLLOCK, MICHAEL L, FOSTER, DAN BS, LEGGETT, SCOTT H. MS, CARPENTER, DAVID MS, VUOSO, ROSEMARIA MS, JONES, ARTHUR : Effect of Training Frequency and Specificity on Isometric Lumbar Extension Strength. Spine.15, (1990)
14. NICOLA A. MAFFIULETTI, SERGIO DUGNANI, MATTEO FOLZ, ERMANO DI PIERNONE, FRANCO MAURO : Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. Medicine and science in sports and exercise.35(10). 1638,(2002)
15. Thierry Paillard : Combined Application of Neuromuscular Electrical Stimulation and Voluntary Muscular Contractions. Sports Med.38 (2):161-177,(2008)
16. ANDRE FILIPOVIC, HEINZ KLEIN, ULRICH DO RMANN, AND JOACHIM MESTER : ELECTROMYOSTIMULATION—A SYSTEMATIC REVIEW OF THE EFFECTS OF DIFFERENT ELECTROMYOSTIMULATION METHODS ON SELECTED STRENGTH PARAMETERS IN TRAINED AND ELITE ATHLETES.

- National Strength and Conditioning Association. 26(9):2600–2614,(2012)
17. Shellie A B. et al.: Chronic neck pain alters muscle activation patterns to sudden Movements.Experimantal Brain Research. Published online,(2014)
 18. U Raschke, D B Chaffin : Trunk and hip muscle recruitment in response to external anterior lumbosacral shear and moment loads.Clinical Biomechonics.11(3):145-152,(1996)
 19. Aldo O.Perotto : 筋電図のための解剖ガイド四肢・体幹[第3版] pp166-pp264,(1997)
 20. Paul W.Hodges,Phd,Carolyn A.Richardson,PhD : Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds.Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.80(9).1005-1012,(1999)
 21. A. D. Taylor á R. Bronks á P. Smith á B. Humphries : Myoelectric evidence of peripheral muscle fatigue during exercise in severe hypoxia: some references to m. vastus lateralis myosin heavy chain composition. Eur J Appl Physiol.75: 151-159,(1997)
 22. Suzuki JI and Cohen B : Head, Eye, Body and Limb Movements from Semicircular Canal Nerves.Exp Neurol.10:393-405,(1964)
 23. DIETER ROSENBAUM,EWALD M. HENNIG : The influence of stretching and warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity.Journal of Sports Sciences.13:481-490,(1995)
 - 24.Vandervoort,A.A.,J.Quinlan,A.J.McComas : Twitch potentiation

after voluntary contraction, *Exp. Neurol.* 81:141-152, (1983)

謝 辞

本修士論文を完成させるにあたり、多くの方にご協力いただき書き終えることが出来ました。主査の金岡恒治先生には、実験計画、学会発表、執筆、将来の方向性についてなど様々な相談に乗っていただきました。研究を何故行うかの根本的な教えと、研究の発想は心を打たれるものがありました。副査を引き受けていただいた彼末一之先生には、修士論文の相談だけではなく、日常での疑問や自分の考えについて快く相談に乗っていただきました。また、鳥居俊先生は快く副査を引き受けていただき、私自身が希望した身体組成の計測も協力していただきました。金岡研究室助手の今井先生にはデータの解釈、執筆の指導など手厚い指導をしていただきました。執筆中に行き詰まった時は、前向きな考えを提案していただき、修士論文の完成につながりました。

実験には多くのゼミ生、院生に協力をしてもらい、ラグビー部の部員には忙しい中、被験者を引き受けてもらいました。博士課程の先輩方は、たわいもない相談に真剣に乗っていただき、多くのリハビリ面で支えていただきました。同期の二人には日々支えられました。木野彩奈さんは3週間実施した実験のほとんどに検者として参加して協力してもらったほか、持ち前のポジティブシンキングでつらい気持ちも吹き飛ばしてくれました。上野彬恵さんは学部を含め6年間研究以外の相談や、足を怪我した時の送迎まで私生活もサポートしてもらいました。博士課程の飯塚哲司さんは研究でも私生活でも研究室全体のことを考え、サポートしていただきました。充実した修士の生活を送ることができたのは飯塚さんのおかげです。また松永直人さんには解析方法を丁寧に教えていただきました。

私を支えてくださった皆様には心から感謝致します。