

2014年度 修士論文

両側上肢前方挙上動作時の
脊柱骨盤動態解析

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

5013A026-9

木野 彩奈

研究指導教員： 金岡 恒治 教授

目次

1.	緒言	
1-1.	持ち上げ動作と腰痛	1
1-2.	上肢挙上動作と脊柱挙動の関係	2
1-3.	上肢挙上動作中の体幹筋活動	3
1-4.	目的	5
2.	方法	
2-1.	対象	6
2-2.	実験手法	6
2-3.	肩関節可動性	6
2-4.	測定項目	8
2-5.	動態解析	14
2-6.	統計処理	16
3.	結果・考察	
3-1.	各試技の肩関節屈曲角度に対する脊柱挙動	17
3-2.	試技条件による比較	20
3-3.	肩関節可動性と腰椎最大伸展角度との関係	32
4.	総合考察	35
5.	結論	37
6.	参考文献	38
7.	謝辞	41

1. 緒言

1-1. 持ち上げ動作と腰痛

腰痛は、60～80%の人が生涯に一度は経験する症状である¹⁾。柏木らが腰痛既往歴のある男女に行ったアンケート調査では、急性腰痛既往者、慢性腰痛既往者共に、発症機転として物を持ち上げた時が最も高い割合を占めた²⁾。また、勤務中の腰痛発症機転を調査した先行研究では、重量物(20kg以上)を取り扱う作業や介護作業で腰痛が発症しやすい(オッズ比=2.4, 2.2)と報告している³⁾。人間が立位で腕を伸ばして物体を前方に挙上した場合、腰背部の筋は物体質量の10倍の筋力を発揮する必要があり、腰椎には物体質量の11倍の負荷が加わる⁴⁾。そのため、持ち上げ動作は腰部への負担が大きく、腰痛発症要因の一つとなる。

スポーツ選手の腰痛においても、発症要因として持ち上げ動作が挙げられており、高重量のバーベルを反復して持ち上げるウエイトリフティングでは、腰部の障害が最も多いと報告されている⁵⁾。また、演技中にチームメイトを反復して持ち上げるチアリーディングにおいても、体幹部の障害が最も多く発生しており(21.9%)、体幹部の障害の中では腰部障害が最も多く⁶⁾、特に人を持ち上げる動作時に腰部障害が多く発生する⁷⁾。

これらの先行研究から、日常生活やスポーツ活動での持ち上げ動作に共通している、上肢挙上動作が腰部障害に関連すると推察した。

1-2. 上肢挙上動作と脊柱挙動の関係

上肢挙上動作中の脊柱挙動は、研究実施条件によって異なる結果を示している。片側上肢挙上動作中の胸腰椎の動きとしては、挙上角度に伴って腰椎は比例的に伸展し、挙上角度 150° 以降は胸椎の伸展も加わることから、片側上肢挙上動作時には胸腰椎が相互的に作用する⁸⁾。また、負荷下での片側上肢挙上動作では、重量の増加に伴い早期に胸椎後弯が減少するが、腰椎と骨盤傾斜の動きについては重量負荷による影響はない⁹⁾。一方、両側での物体挙上動作では、上肢挙上角度 90° 以上で胸椎後弯減少と腰椎前弯増加が生じる¹⁰⁾。これらの先行研究より、上肢挙上動作時の脊柱挙動は、負荷の有無や片側/両側といった試技の条件によって変化することが示唆される。

さらに、上肢挙上動作時の脊柱挙動は、肩関節可動性により変化するとする研究もみられる。甲斐ら¹¹⁾は一次性肩関節拘縮患者を対象に、片側の上肢挙上動作時の脊柱弯曲角度の変化と、肩関節可動域訓練前後による脊柱弯曲角度の変化を検討している。その結果、患側の上肢を挙上した時の方が健側の上肢を挙上した時よりも脊柱弯曲角度は胸椎後弯が減少、腰椎前弯が増加し、肩関節可動域訓練後に胸腰椎挙動は改善したと報告している。また、成田ら¹²⁾は腰痛を有している男子飛込選手において、腰痛と肩甲帯の柔軟性の指標となる肩回旋幅に有意な関連を認め、腰痛発症因子として肩甲帯の柔軟性低下を挙げている。これらの先行研究より、上肢挙上動作時の脊柱挙動には肩関節可動性が影響している可能性が示唆される。

1-3. 上肢挙上動作中の体幹筋活動

上肢挙上動作は、荷重負荷や腕の位置、重心位置の変化により、体幹筋の活動が変化すると報告されている¹³⁾。例えば立位で3kgのおもりを下垂位、肩の高さ、頭上で保持した時には、おもりが頭上にある時の方が、下垂位、肩の高さにある時よりも腹横筋の筋活動が増加し、おもりを身体よりも前方、後方で保持した場合、おもりが身体の前方にある時の方が脊柱起立筋の活動が増加する¹³⁾。また、おもりを上肢下垂位から頭上まで反動をつけて持ち上げた時には、胸の位置まで振り上げた時よりも腹筋群、背筋群共に筋活動が増加する¹⁴⁾。さらに、30kgのおもりによる荷重下でクリーン、ジャークを行うときの体幹筋活動について、低位置での持ち上げ動作は脊柱起立筋の活動が高まり、バーベルが頭上にあるときには姿勢制御が要求されるため、腹横筋の活動が増加する¹⁵⁾。

上肢挙上動作時の体幹筋の活動開始時間を調べた研究もあり、Hodgesら¹⁶⁾は至適スピードで上肢挙上するときには挙上前（主動作筋の活動前）に腹横筋、脊柱起立筋が活動を始めるfeedforward作用がみられたと報告している。さらに、挙上スピードを上げることにより腹横筋、脊柱起立筋に加えて内腹斜筋にもfeedforward作用がみられたと報告している。

以上の様に、上肢挙上動作時の体幹筋活動は荷重負荷の有無や挙上速度などの試技条件により筋活動量、筋発揮タイミングが異なることが明らかにされている。

これらの先行研究より、上肢挙上動作中の脊柱挙動や体幹筋活動は、試技条件により異なることが示されている。また、上肢挙上動作時の脊柱挙動と肩関節可動性が関連していることも示唆されている。しかし、荷重負荷があり、挙上速度が速く、顔を上向きにするという条件での上肢挙上動作時の脊柱挙動や体幹筋活動、および動作中の腰椎最大伸展角度と肩関節可動性の関連については明らかにされていない。これらを明らかにすることによって、持ち上げ動作時の腰部への負荷や、上肢挙上動作時の脊柱の動きと肩関節可動性の関係を明らかにし、腰痛発症の原因となる動作を解明することも期待される。

1-4. 目的

- ① 荷重負荷、挙上速度、顔の向き、の3つの条件を変化することによる両側上肢前方挙上動作中の脊柱骨盤挙動と体幹筋活動の変化を明らかにする。
- ② 上肢挙上時の腰椎最大伸展角度と肩関節可動性との関係性を明らかにする。

これらの目的に対して以下の仮説を立てた。

- ① 荷重負荷や挙上速度が増し、顔を上向きにすることで、上肢挙上動作時の胸腰椎伸展角度および骨盤前傾角度が増大し、背筋群の活動が増大する。
- ② 肩関節屈曲可動域、肩回旋幅が低下していると、腰椎最大伸展角度が増大する。

2. 方法

2-1. 対象

健常な女子大学生 8 名（年齢 20 ± 1 歳、身長 160.8 ± 4.5 cm、体重 53.5 ± 3.7 kg）を対象とした。ただし、肩部または腰背部に痛みを有する者、上肢または体幹部に手術歴がある者は除外した。対象者には、研究に参加するにあたり研究内容に関する説明を十分に行い、書面による同意を得た。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」の承認（申請番号：2014-100）を得た上で行った。

2-2. 実験手法

対象者に実験内容の説明をした後、肩関節可動性の測定を実施した。その後、キネマティクスデータ収集のための反射マーカ、筋活動データ収集のための表面電極を貼付し、動作課題の説明及び動作確認をした上で実験試技を行った。実験試技は、おもりによる荷重負荷、挙上速度、挙上時の顔の向きの変化させた両側上肢前方挙上動作とした。全ての試行は上肢下垂位から開始し、最大上肢挙上角度で停止するまでのキネマティクス及び筋電図の計測を行った。

2-3. 肩関節可動性

(1) 肩関節可動域測定

肩関節可動域測定はゴニオメーターを用い、両側の肩関節屈曲、伸展、外転、内転、外旋、内旋可動域を測定した。なお、測定は片側ずつ行った。

肩関節屈曲/伸展可動域は、座位にて測定を行った。肘関節完全伸展位にて、他動的に肩関節屈曲/伸展した。肩峰から床への垂線と肩峰-肘頭

のなす角度を矢状面上で測定した。

肩関節外転/内転可動域は、立位にて測定を行った。肘関節完全伸展位にて、他動的に肩関節外転/内転した。肩峰から床への垂線と肩峰-肘頭のなす角度を前額面上で測定した。

肩関節外旋/内旋可動域は、座位にて測定を行った。前腕中間位にて上腕を体幹に接し、肘関節 90° 屈曲位で他動的に肩関節外旋/内旋した。肘頭を通る前額面への垂直線と肘頭-尺骨茎状突起のなす角度を水平面上で測定した。

(2) 肩回旋幅

肩回旋幅には長さ 100cm のプラスチック製の棒を使用し、身体の前面で両手に持った棒を、肘関節伸展位を保持した状態で頭上を通過させ、背面まで回した。徐々に両手間距離を縮め、被験者が測定動作を行うことができた最小の両手間距離を被験者の記録とした（図 2-1）。

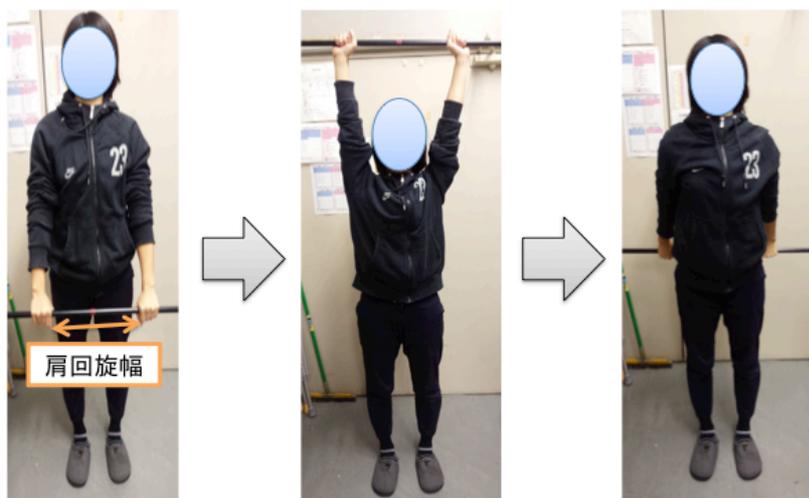


図 2-1. 肩回旋幅の測定

2-4. 測定項目

I. 課題試技

(1) 基本姿勢

肩幅立位で上肢下垂位にて、肩幅の広さでプラスチック製の棒を両手で持った姿勢を基本姿勢とした。

(2) 動作

基本姿勢で5秒間保持した後に、肘関節伸展位を保持した状態で上肢を挙上し始め、上肢が床面に対して垂直になるまで挙上し、5秒間保持した。その後始めの基本姿勢まで戻した。

(3) 動作条件

課題動作は、「おもりなし、挙上速度5秒、顔正面向き」の条件にて実施した試技を基準試技（試技1）とし、各条件いずれかを変化させた試技及び全ての条件を変化させた試技の計5試技を行った（表2-1）。おもり試技（試技2）は4kgのおもりによる荷重負荷を加えた。速度試技（試技3）は上肢挙上速度を1秒とし、顔向き試技（試技4）は上肢挙上に合わせて顔を上に向ける動作とした。全ての条件を変化させた持ち上げ試技（試技5）は「おもり4kg、挙上速度1秒、顔上向き」とした。なお、各試技の計測は3回ずつ行った。

表 2-1. 各試技条件

試技名	4kg おもり	上肢挙上速度	顔の向き
試技 1 (基準試技)	なし	5 秒	正面
試技 2 (おもり試技)	あり	5 秒	正面
試技 3 (速度試技)	なし	1 秒	正面
試技 4 (顔向き試技)	なし	5 秒	上
試技 5 (持ち上げ試技)	あり	1 秒	上

II. キネマティクスデータの収集

4台のOQUSカメラ(Qualisys社)を図2-2のように設置し、光学式3次元モーションキャプチャーシステム(Qualisys社)を用いて、課題動作はサンプリング周波数200Hzにて計測した。計測実施前にキャリブレーションキットを用い、座標軸と空間座標のキャリブレーションを30秒間行った結果、誤差範囲は1mm未満であった。キネマティクスデータを収集するために、直径19mmの反射マーカ-10個を体表に貼付し、上肢挙上動作時のマーカ-の座標を収集した。



図 2-2. OQUS カメラの設置位置

マーカー貼付位置は、尺骨茎状突起，肘頭，肩峰，第7頸椎（C7）棘突起，第7胸椎（T7）棘突起，第12胸椎（T12）棘突起，第3腰椎（L3）棘突起，第1仙椎（S1）棘突起，上前腸骨棘（ASIS），上後腸骨棘（PSIS）とした（図2-3）。

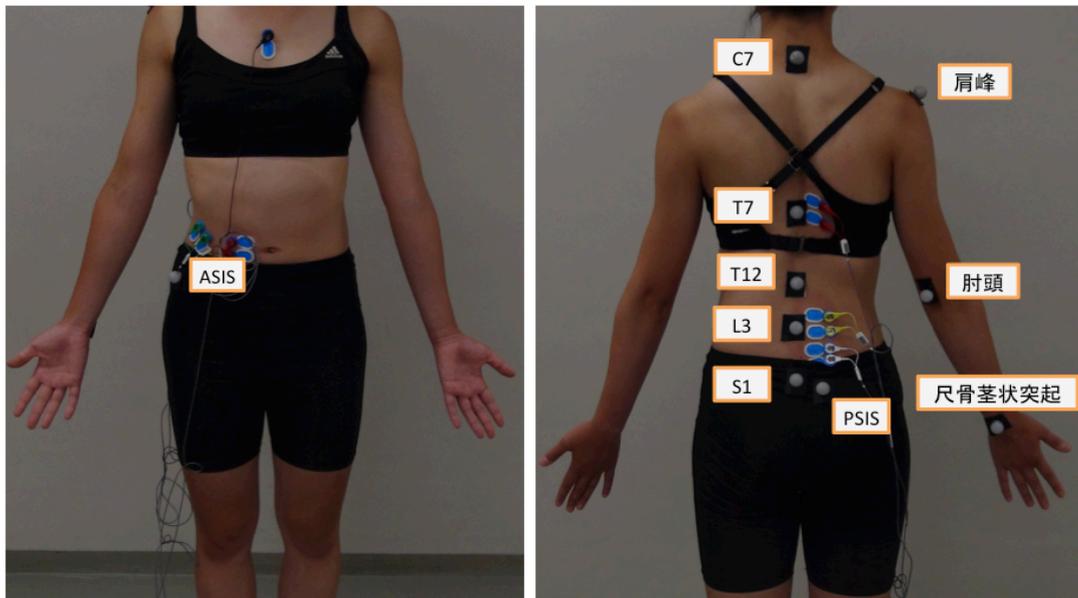


図 2-3. マーカー貼付位置（前面/後面）

Ⅲ．筋電データの収集

筋電測定には、筋電テレメーター（EMG-025、原田電子工業社製）を用いた。計測された筋電位は増幅器（EMG-025：原田電子工業社製）によってサンプリング周波数 983.217Hz で A/D 変換後コンピュータに記録した（図 2-4）。



図 2-4. 増幅器（左）と筋電テレメーター（右）

被験筋は右側の腹直筋（RA）、内腹斜筋（IO）、外腹斜筋（EO）、腰部多裂筋（MF）、胸部脊柱起立筋（TES）、腰部脊柱起立筋（LES）とした（図 2-5）。

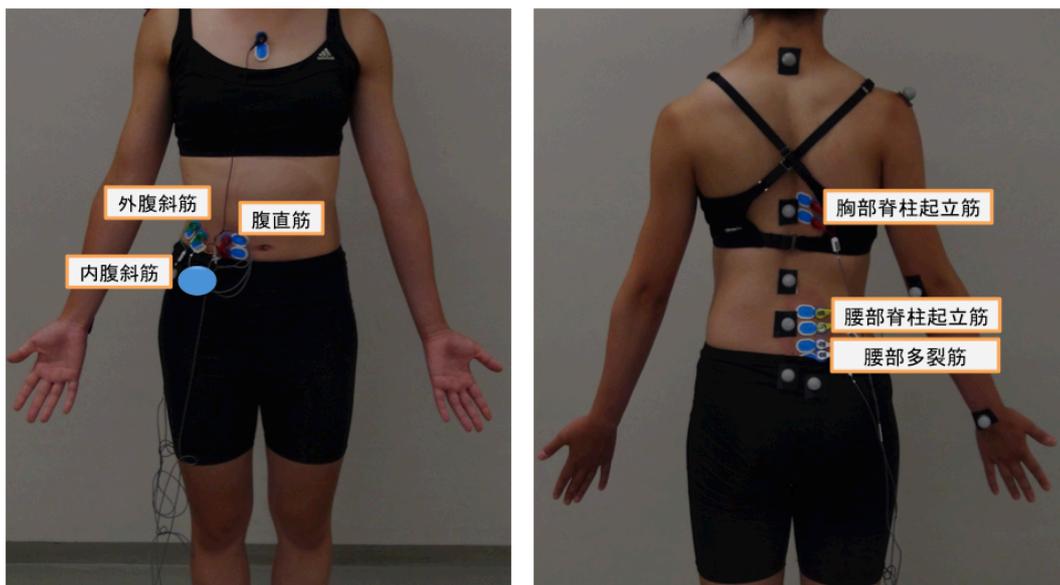


図 2-5. 被験筋（前面/後面）

表面電極を貼付する前に、皮膚研磨剤（スキンプュア：日本光電社製）およびアルコールを用いて、皮膚抵抗が $10\text{k}\Omega$ 以下になるまで角質除去を行った。表面電極はブルーセンサー（N-00-S：株式会社メッツ製）を用い、2つの電極を各筋の筋繊維方向に沿って貼付した。

筋電導出部位は参考資料のもと、腹直筋は臍から約 2cm 外側、内腹斜筋は上前腸骨棘から 2 横指内側、外腹斜筋は臍から約 15cm 外側、腰部多裂筋は第 5 腰椎棘突起から約 2cm 外側、胸部脊柱起立筋は第 7 胸椎棘突起から約 3cm 外側、腰部脊柱起立筋は第 3 腰椎棘突起から約 3cm 外側とした。

取得したデータを正規化するために、最大随意収縮（Maximum Voluntary Contraction：以下 MVC）時の筋電位を計測した。各筋の MVC 計測は、後述の肢位にて随意的な最大等尺性収縮を約 5 秒間実施し、その間の筋電位を記録した。なお、MVC 計測にあたり被験者は予備的な練習を行い、肢位および収縮方法が十分に確認された状態で計測を行った。

腹直筋は、仰臥位、膝関節 90° 屈曲位で両手を胸の前で組ませ、体幹屈曲 45° にて両肩に徒手抵抗を加えて計測した。

内腹斜筋は、仰臥位、膝関節 90° 屈曲位で腹部引き込み運動を行い計測した。

外腹斜筋は、仰臥位、膝関節 90° 屈曲位で両手を胸の前で組ませ、体幹屈曲 45° の状態で体幹を左回旋させ、右肩に徒手抵抗を加えて計測した。

腰部多裂筋、胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋は、腹臥位にて大腿部を固定し、両手を頭の後ろで組ませた状態で体幹を伸展させ、肩甲骨に徒手抵抗を加えて計測した。

2-5. 動態解析

I. キネマティクス

肩関節屈曲角度、胸椎、腰椎、骨盤傾斜の角度算出には、Qualisys Track Manager 2.6 Build 682 (Qualisys 社製) を用いた。座標の定義は前後方向を X 座標、鉛直方向を Z 座標と定義した。両側上肢前方挙上動作は矢状面上の動作であるため、各座標を XZ 平面上に投影し角度を算出した。肩関節屈曲角度は肩峰を通る床面に対する垂直線を基本軸とし、尺骨茎状突起-肩峰を移動軸とした。胸椎角度は T7-T12 を基本軸とし、C7-T7 を移動軸とした。腰椎角度は L3-S1 を基本軸とし、T12-L3 を移動軸とした。骨盤傾斜角度は ASIS 上を通る水平線を基本軸とし、ASIS-PSIS を移動軸とした。各フェーズにおける肩関節屈曲角度、胸椎角度、腰椎角度、骨盤傾斜角度の立位時からの角度変化量をそれぞれ算出した。各角度は XZ 軸平面上で基本軸に対して移動軸が反時計回りした場合を正の回転とした。3 回試技を行った平均値を代表値として採用した。

II. 筋活動

記録した筋電位の解析には BIMUTUS-Video (KISSEI COMTEC 社製) を用いた。その際、原波形を 20-500Hz のバンドパスフィルターにて処理し、モーションアーチファクトの除去を行った。フィルター処理したデータを全波整流後、各区間の Root Mean Square (RMS) を算出し、MVC 時の RMS で除することで %MVC を算出した。MVC 時の筋電位は 1 秒間の振幅の合計が最大となる区間を特定し、その時の RMS を算出した。

III. フェーズ分けの定義

キネマティクス解析で算出された肩関節屈曲角度をもとに、上肢挙上動作のフェーズ分けを行った (図 2-6)。

① キネマティクス

胸椎、腰椎、骨盤傾斜角度は肩関節 0° （立位）， 30° ， 60° ， 90° ， 120° ， 150° ，最大屈曲角度時の値を用いて比較解析した。

② 筋活動

各筋の筋活動は角度算出で用いた肩関節屈曲角度をもとに、 $0\sim 30^{\circ}$ ， $30\sim 60^{\circ}$ ， $60\sim 90^{\circ}$ ， $90\sim 120^{\circ}$ ， $120\sim 150^{\circ}$ ， $150\sim$ 肩関節最大屈曲時の全6フェーズに分けし、比較解析した。

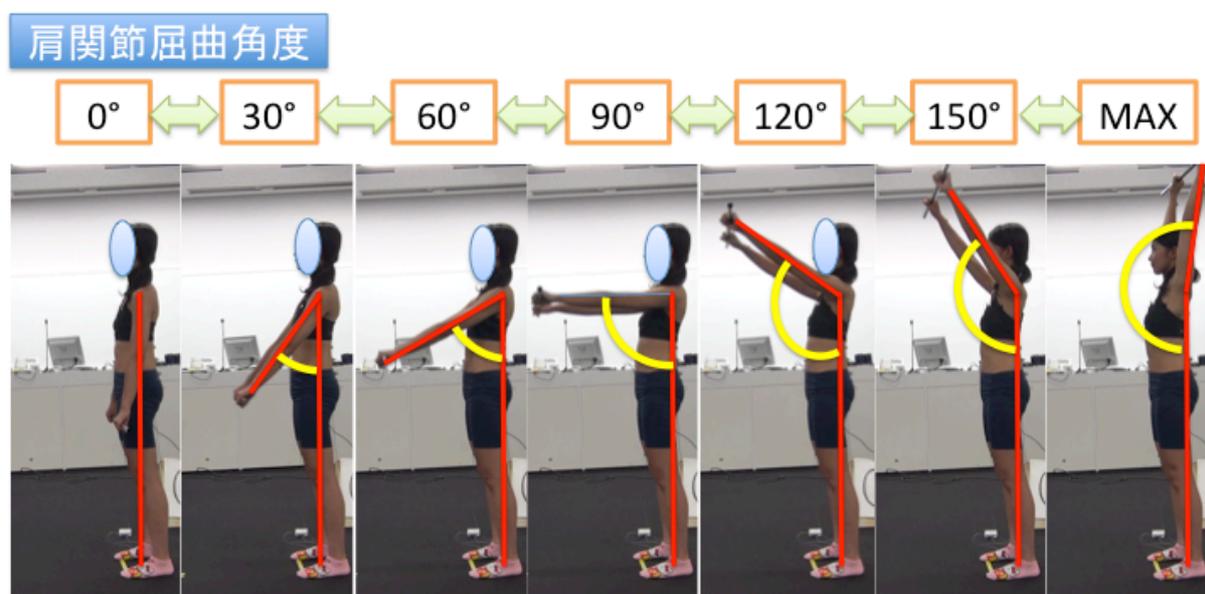


図 2-6. キネマティクス・筋活動の期分け

IV. 腰椎最大伸展角度の算出

腰椎最大伸展角度は、角度算出のデータをもとに最大値を抽出し、持ち上げ試技（試技 5）における腰椎伸展角度の中で最も伸展角度の大きい値を被験者の記録とした。

2-6. 統計処理

全ての測定項目は平均値±標準偏差で表記した。本研究における全ての統計処理は統計解析ソフトウェア（SPSS Statistics 21：IBM 社製）を用いて行った。Kolmogorov-Smirnov 検定でデータの正規性を確認し、正規性を認めたものにはパラメトリック検定、正規性を認めなかったものにはノンパラメトリック検定を行った。いずれの検定も有意水準 5% 未満とした。

① 試技条件による変化

肩関節最大屈曲角度の試技条件による変化は、対応のある一元配置分散分析を用いた。

各被験筋の筋活動の試技条件による変化は、正規分布を認めなかったため、Wilcoxon の符号付順位検定を行った。

② 肩関節可動性と腰椎最大伸展角度との関係

肩関節可動性と腰椎最大伸展角度との関係は、Pearson の積率相関係数を行った。

3. 結果・考察

試技 1～試技 5 の肩関節屈曲角度はそれぞれ、 $174.4 \pm 5.8^\circ$ ， $173.0 \pm 7.3^\circ$ ， $172.6 \pm 7.5^\circ$ ， $169.3 \pm 6.1^\circ$ ， $168.4 \pm 4.2^\circ$ であり、各試技での肩関節屈曲角度に有意な差を認めなかった。

3-1. 全試技の肩関節屈曲角度に対する脊柱挙動

① 胸椎挙動

全試技の肩関節屈曲角度に対する胸椎角度の変化量を示す(図 3-1)。いずれの試技においても、肩関節屈曲角度が大きくなるに従い、胸椎伸展角度が大きくなる傾向があった。特に、肩関節 120° 屈曲時付近から胸椎伸展角度は大きくなる傾向があった。また、持ち上げ試技では、他の試技と比較して早期から伸展角度が増大した。

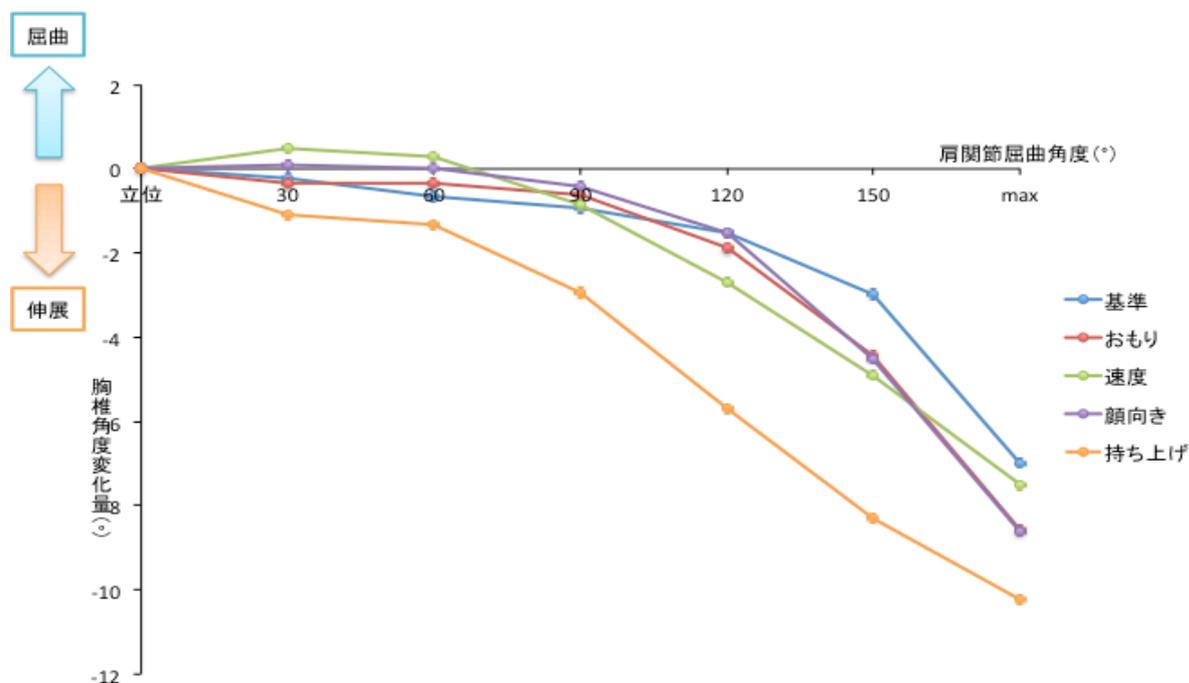


図 3-1. 全試技の肩関節屈曲角度に対する胸椎挙動

② 腰椎挙動

全試技の肩関節屈曲角度に対する腰椎角度の変化量を示す(図 3-2)。おもりがある試技のみ、肩関節 30° 屈曲時に腰椎屈曲角度が大きくなる傾向があった。また、いずれの試技においても、腰椎は肩関節 90° ~ 120° まで伸展した後に屈曲挙動を示した。

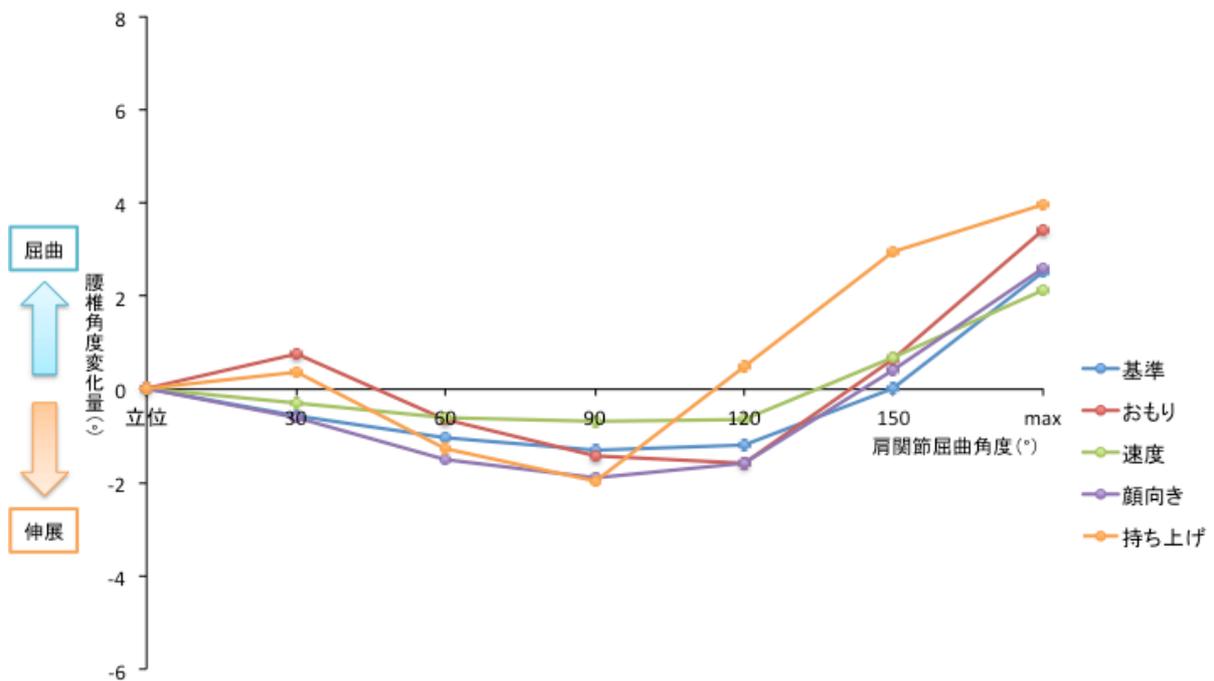


図 3-2. 全試技の肩関節屈曲角度に対する腰椎挙動

③ 骨盤挙動

全試技の肩関節屈曲角度に対する骨盤傾斜角度変化量を示す(図 3-3)。基準試技では、動作中の骨盤挙動は大きな変化を示さなかった。他の 4 試技については、肩関節 90° 屈曲時から、骨盤は前傾する傾向があった。

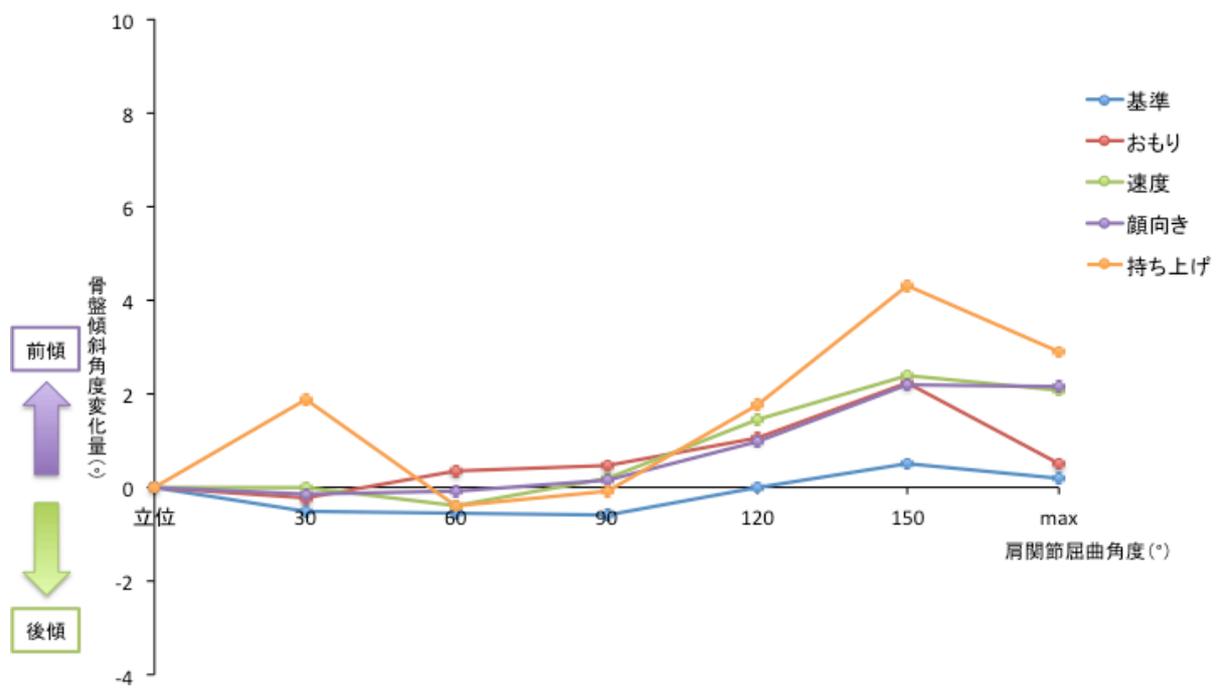


図 3-3. 全試技の肩関節屈曲角度に対する骨盤傾斜挙動

3-2. 試技条件による筋活動の比較

(1) 「おもりによる荷重負荷の有無」での比較

① 結果

おもりの有無による腹筋群の筋活動を比較したところ、腹直筋、内腹斜筋、外腹斜筋の筋活動は、いずれのフェーズにおいても内腹斜筋の高い活動を認めたが、両試技間に有意な差を認めなかった（図 3-4）。

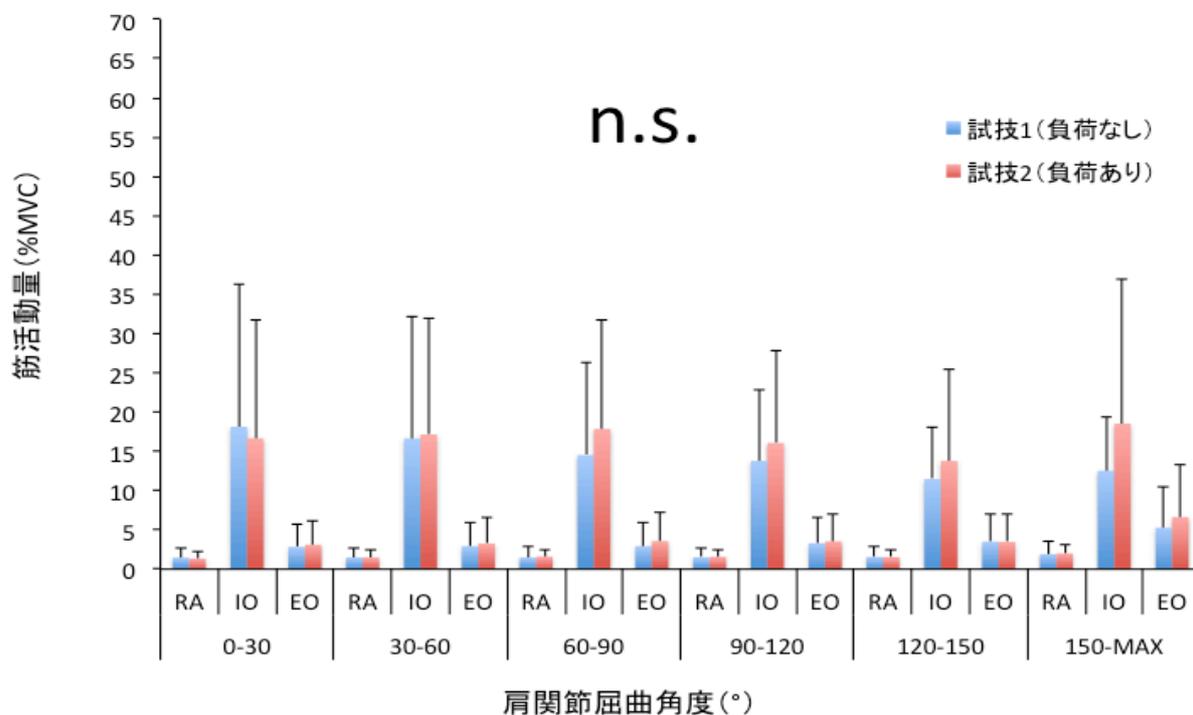


図 3-4. 荷重負荷による腹筋群の筋活動の変化

おもりの有無による背筋群の筋活動を比較したところ、腰部多裂筋、胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋は、肩関節 0～150° 屈曲時のフェーズにおいて、おもりがある方が高い筋活動を示した ($p < 0.05$) (図 3-5)。

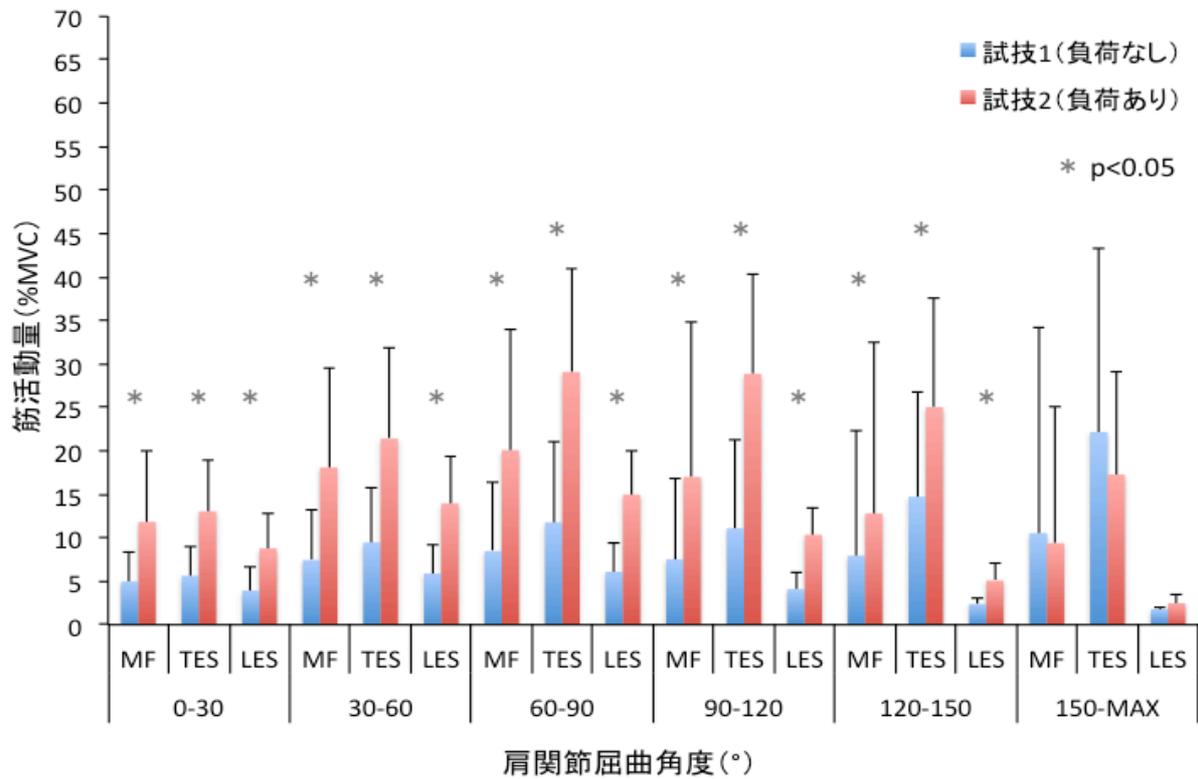


図 3-5. 荷重負荷による背筋群の筋活動の変化

② 考察

おもりがある両側上肢挙上動作時、肩関節 0～30° 屈曲時に背筋群は活動が増大し、肩関節 30° 屈曲時に腰椎の屈曲挙動を示した（図 3-2、図 3-5）。

肩関節軽度屈曲位にておもりを保持した場合、脊柱起立筋の活動が大きくなるという先行研究¹³⁾と同様に、本研究でも肩関節 0°～30° 屈曲時に背筋群の活動は高まったが、腰椎は屈曲を示していたことから、この時の背筋群は伸張性収縮したと推測する。これはおもりを挙上することで生じる身体重心の前方移動に対する姿勢制御のために背筋群が働いたものと考ええる。

以上より、おもりによる荷重負荷がある場合は、肩関節 0～30° 屈曲時における背筋群の伸張性収縮により、腰背部に加わる負担は大きくなると考える。

(2) 「挙上速度の違い」による比較

① 結果

挙上速度の違いによる腹筋群の筋活動を比較したところ、腹直筋、外腹斜筋は、肩関節 0° ~ 90° 屈曲時において挙上速度が速い方が高い筋活動を示した (図 3-6)。内腹斜筋は、いずれのフェーズにおいても腹直筋、外腹斜筋よりも高い活動を認めたが、両試技間で有意差を認めなかった (図 3-6)。

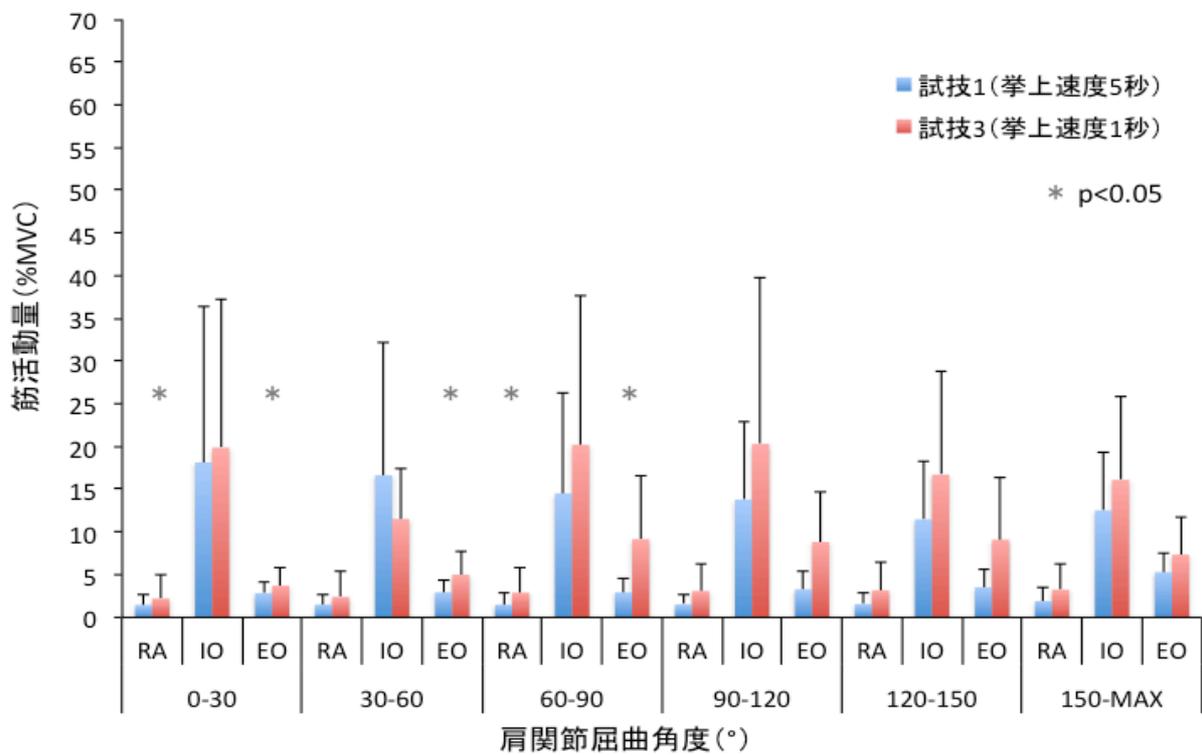


図 3-6. 挙上速度の違いによる腹筋群の筋活動の変化

挙上速度の違いによる背筋群の筋活動を比較したところ、背筋群は肩関節 0～30° 屈曲時において挙上速度を速くする方が高い筋活動を示した。また、腰部脊柱起立筋は、肩関節 60～90° , 90～120° 屈曲時において、挙上速度を速くする方が有意に低い筋活動を示した ($p=0.018$, 0.028) (図 3-7) 。

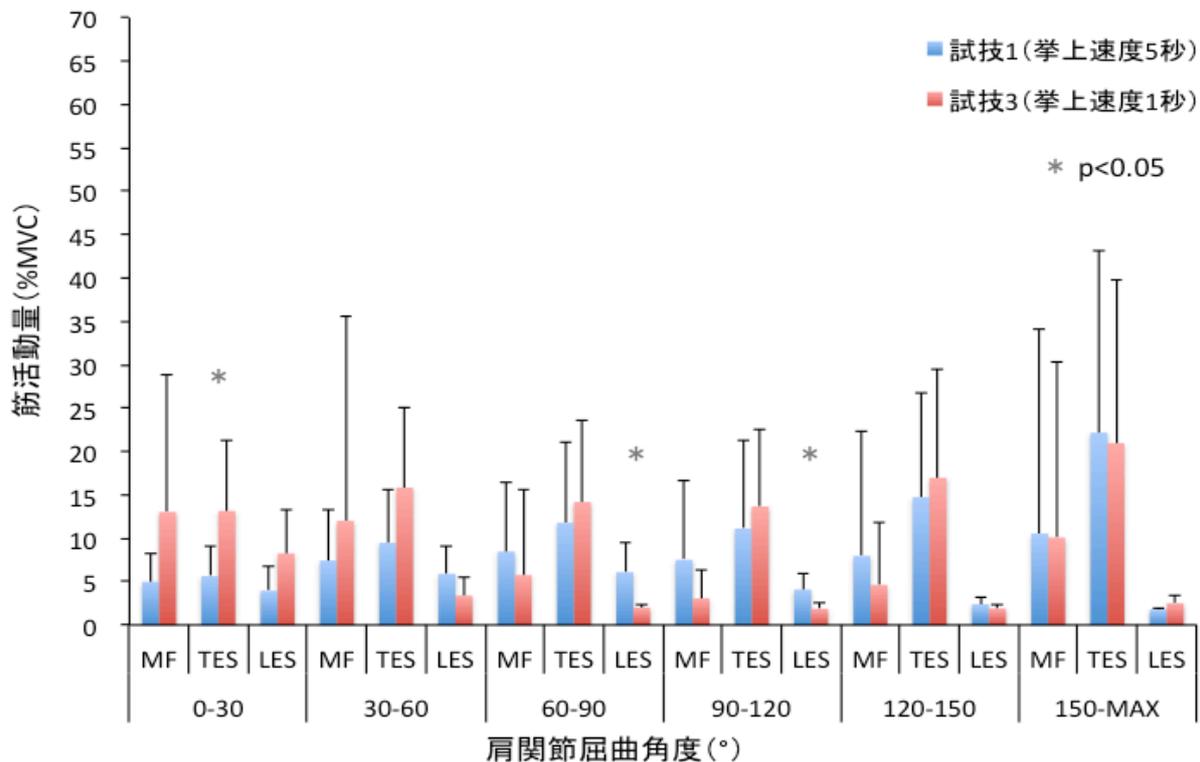


図 3-7. 挙上速度の違いによる背筋群の筋活動の変化

② 考察

挙上速度が速い両側上肢挙上動作時、上肢挙上前半に腹筋群、背筋群の筋活動が増大し、上肢挙上中盤に腰部脊柱起立筋は有意に低い筋活動を示した（図 3-6、図 3-7）。

上肢挙上前半は、肩関節屈曲動作前の体幹筋の活動により外的トルクに対する姿勢の維持が可能になり¹⁸⁾、また急速での上肢挙上動作中は、身体重心移動のコントロールのために腹筋群の活動が高まる¹⁹⁾ことから、短時間での大きな肩関節屈曲モーメント発生および身体重心の後方移動に対応するために、体幹筋の活動が高まったと考える。その後、上肢挙上中盤は挙上初期に生み出した大きな肩関節屈曲モーメントの慣性により持ち上げたと推測する。

以上より、挙上速度を速くすることで、上肢挙上前半の挙上動作の補助や身体重心移動に対する姿勢制御への需要が高まり、体幹筋の活動が増大したと考える。

(3) 「顔の向きの違い」による比較

顔の向きの違いによる腹筋群の筋活動は、いずれのフェーズにおいても内腹斜筋の高い活動を認めたが、両試技間で筋活動に有意な差を認めなかった（図 3-8）。

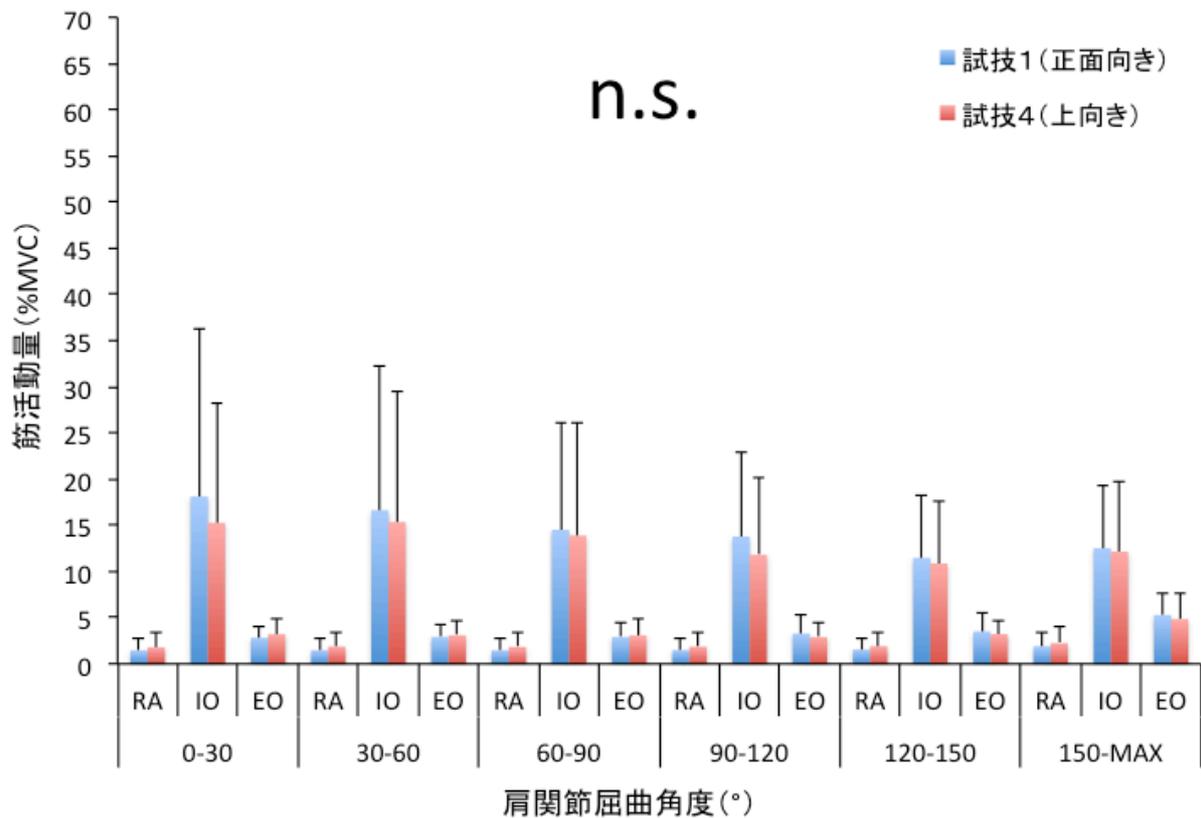


図 3-8. 顔の向きによる腹筋群活動の変化

顔の向きによる背筋群の筋活動を比較したところ、顔を上に向けることによる背筋群の筋活動増大は認めなかった（図 3-9）。

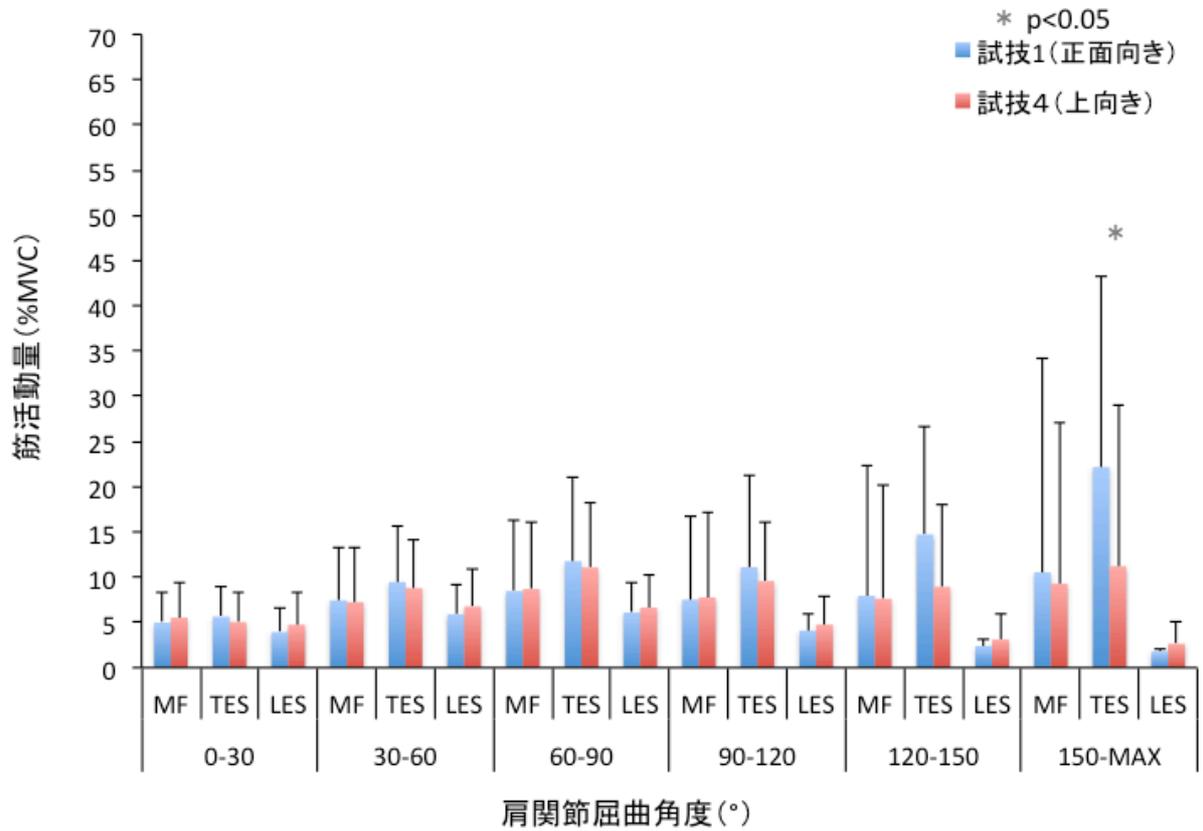


図 3-9. 顔の向きによる背筋群活動の変化

② 考察

顔の向きの変化による両側上肢挙上動作時、顔を上に向けることによる腰椎挙動の変化や背筋群の筋活動の増大はなかった（図 3-9）。

長時間の頸部後屈と上肢挙上保持は、頸肩部に大きな負荷がかかり、筋疲労を生じる²⁰⁾ことから、顔を上に向けることで僧帽筋や三角筋などの頸椎伸展筋や肩部周囲筋に対する負荷は大きくなるが、腰背部の筋への負荷はないと考える。

(4) 全ての試技条件変化による比較

基準試技と持ち上げ試技の腹筋群の筋活動を比較したところ、腹直筋、外腹斜筋は、全フェーズにおいて有意に高い筋活動を示した ($p < 0.05$)。

内腹斜筋は、いずれのフェーズにおいても高い活動を認めたが、両試技間で筋活動に有意な差を認めなかった (図 3-10)。

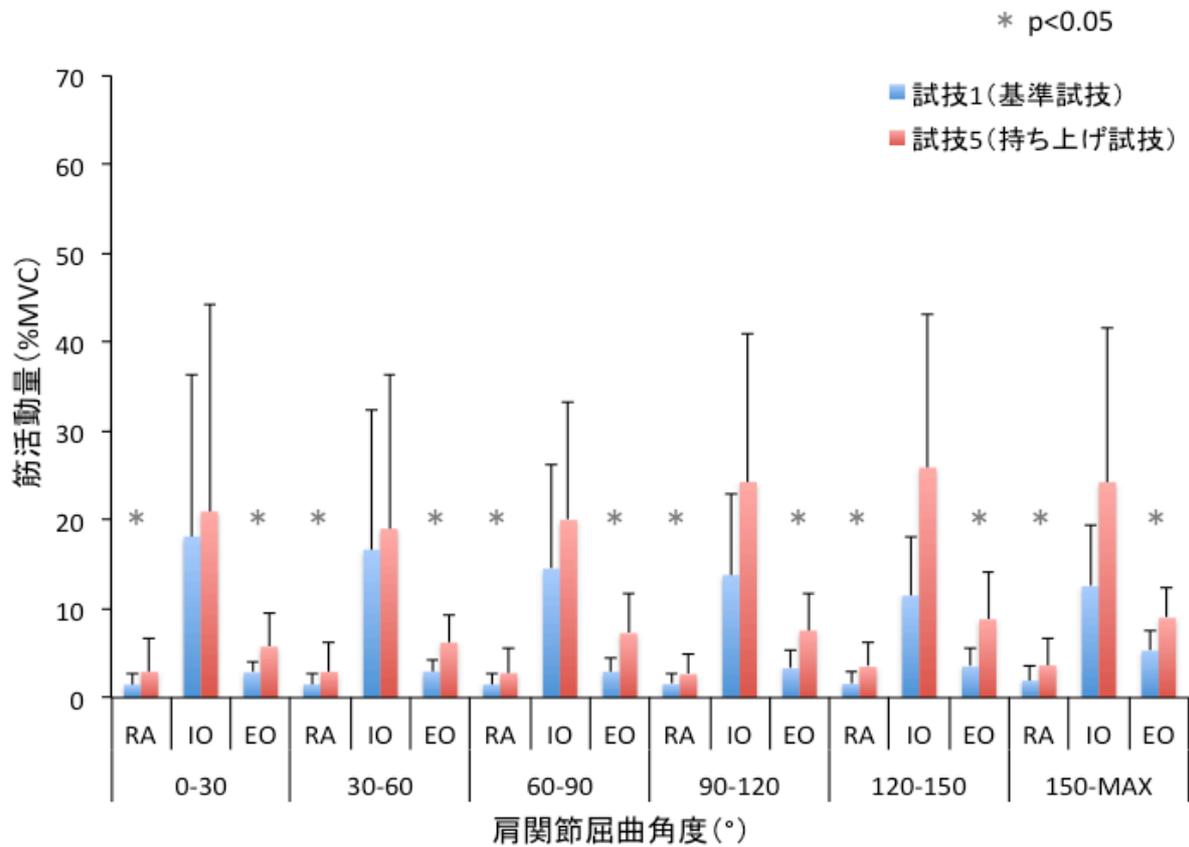


図 3-10. 全条件の変化による腹筋群の筋活動の変化

基準試技と持ち上げ試技の背筋群の筋活動を比較したところ、背筋群は肩関節 0° ~ 60° 屈曲時において、持ち上げ試技の方が高い筋活動を示した（図 3-11）。

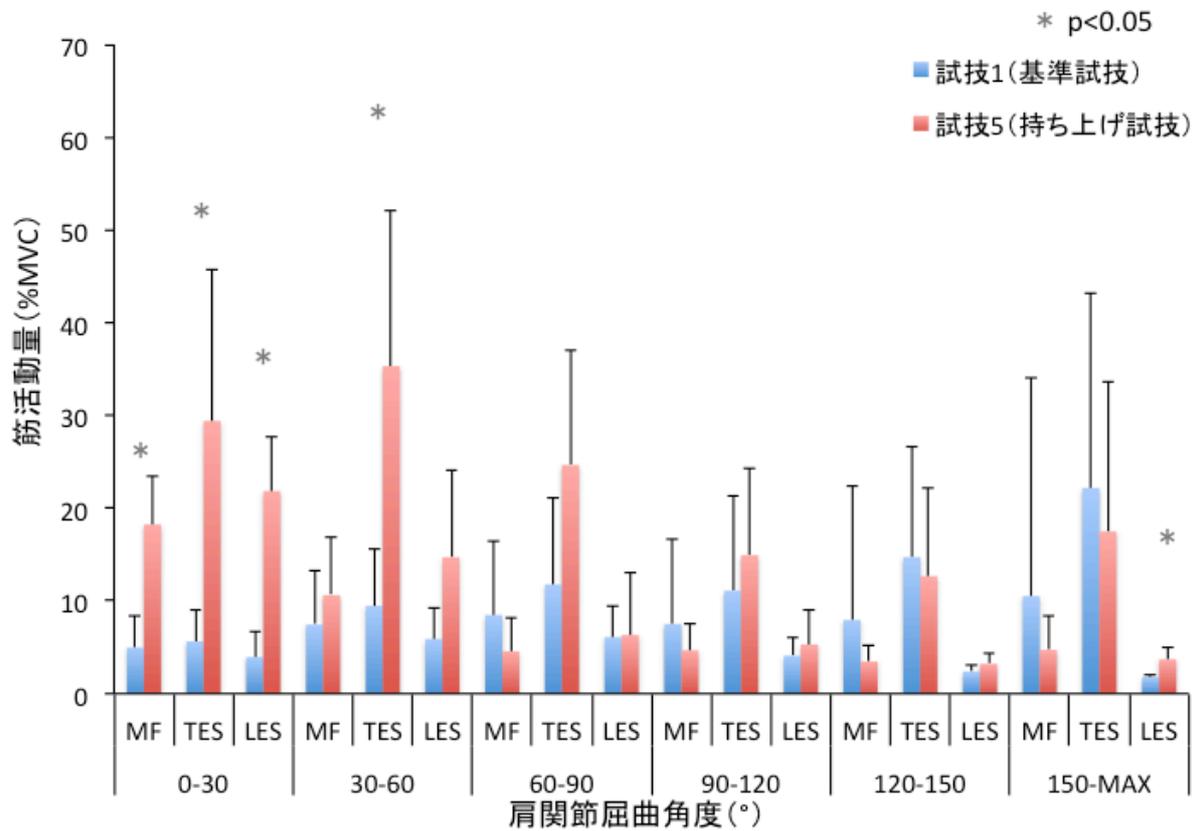


図 3-11. 全条件の変化による背筋群の筋活動の変化

② 考察

全試技条件を変化させた両側上肢挙上動作時、肩関節 0～30° 屈曲時に背筋群の筋活動が増大し、肩関節 30° 屈曲時に腰椎は屈曲挙動を示した（図 3-2、図 3-11）。また、腹筋群は全フェーズで筋活動が増大した（図 3-10）。

持ち上げ動作の体幹部の動きは、おもりと挙上速度が影響していると考えられる。

上肢挙上前半は、おもりによる荷重負荷の影響から肩関節 30° 屈曲位で腰椎屈曲が生じ、肩関節 0～30° 屈曲時の背筋群は伸張性収縮したと推測する。

さらに、腹筋群の活動は、上肢挙上前半におもりによる荷重負荷下で素早く挙上するために体幹を安定させ、上肢挙上中盤以降は脊柱伸展モーメントや身体重心の後方移動に対して姿勢を制御したと考える。

以上より、おもりによる荷重負荷、速い挙上速度、顔上向きでの上肢挙上動作では、肩関節 0～30° 屈曲時における背筋群の伸張性収縮により、腰背部に加わる負担は大きくなると考える。

3-3. 肩関節可動性と腰椎最大伸展角度との関係

① 結果

肩関節可動性の測定値を以下に示す（表 3-1）。

表 3-1. 肩関節可動性の測定値

肩関節可動性	右	左
肩回旋幅(cm)	72±13	
屈曲(°)	161±9	163±10
伸展(°)	45±12	44±11
外転(°)	180±0	180±0
内転(°)	26±7	26±6
外旋(°)	59±17	69±13
内旋(°)	90±0	90±0

肩回旋幅と腰椎最大伸展角度との間には、中程度の負の相関がみられたが、有意ではなかった ($r=-0.649$, $p=0.082$) (図 3-12)。

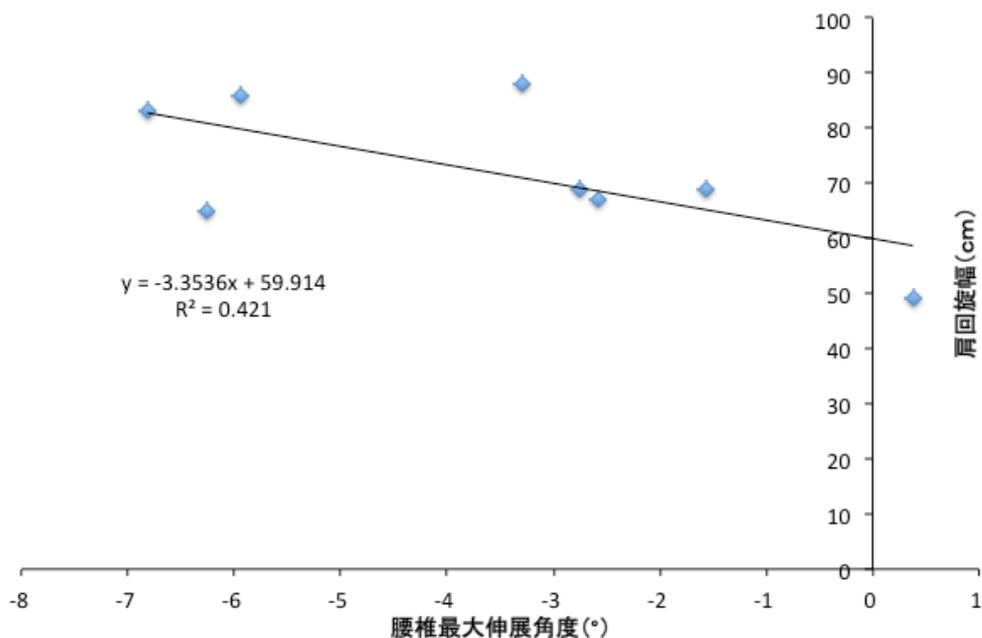


図 3-12. 肩回旋幅と腰椎最大伸展角度の関係

左右肩関節屈曲角度、左右肩関節伸展角度、左右肩関節内転角度、左右肩関節外旋角度は、いずれも腰椎最大伸展角度との相関を認めなかった（表 3-2）。

表 3-2. 肩関節可動域と腰椎最大伸展角度の関係

肩関節可動性	correlation coefficient (r)	Significance(p)
肩回旋幅	-0.649	0.082
屈曲 右	0.344	0.405
屈曲 左	0.347	0.400
伸展 右	0.344	0.405
伸展 左	0.367	0.371
内転 右	-0.255	0.542
内転 左	0.098	0.817
外旋 右	0.333	0.421
外旋 左	-0.112	0.977

② 考察

肩関節可動域、肩回旋幅と腰椎最大伸展角度との関係性を評価した結果、肩回旋幅と腰椎最大伸展角度は有意な相関を示さなかったものの、中程度の負の相関を示した（図 3-12）。

甲斐ら⁸⁾は、上肢挙上動作時の腰椎挙動は上肢挙上動作全域で共同的に作用することを示している。また、成田ら¹²⁾は男子飛込選手の腰痛既往者において、肩関節柔軟性の低下が競技中の腰椎伸展ストレスを増大させ、腰痛を引き起こしていることを示している。本研究においても、上肢挙上動作中の腰椎伸展局面において、肩甲帯の可動性が低いほど腰椎伸展角度は大きくなり、腰椎伸展ストレスは増大すると考える。

4. 総合考察

①腰痛発生予防策

本研究の結果から、おもりの荷重負荷があることによる上肢挙上前半の背筋群の伸張性収縮と、肩甲帯の柔軟性低下が持ち上げ動作中の腰部ストレスが増大する要因である可能性が示唆された。

おもりの荷重負荷があることによる上肢挙上前半の背筋群の伸張性収縮による腰背部のストレスを軽減するためには、体幹表層部に位置するグローバル筋のみでなく、体幹深部に位置し脊椎の分節的な調節を行うローカル筋により脊柱を支持することが重要である^{22) 23)}。そこで、上肢挙上前半に腹筋群、背筋群のローカル筋とグローバル筋の相互作用により体幹全体を安定させた状態で動作を行うことで、持ち上げ動作時に発症する腰部障害は軽減されると考える。

さらに、上肢挙上時の腰椎伸展局面における腰椎伸展ストレスを軽減させるためには、複合動作としての肩甲帯の可動性を高める必要があると考える。

② 研究の限界

本研究では、立位での両側上肢前方挙上動作における脊柱挙動や体幹筋活動、肩関節可動性との関係を検討した。しかし、上肢挙上動作中の重心動揺や下肢筋の筋活動について考慮しなかった。上肢挙上により重心が移動する影響で、姿勢制御のために脊柱や体幹のみでなく下肢筋も活動するため、今後重心動揺の推移や下肢筋の筋活動についても言及することが必要であると考ええる。

また、被験者が8名と少数であった。本研究の結果の信憑性を高めるためには、被験者数を増やして検討する必要があると考ええる。

さらに、本研究では動作中の胸腰椎、骨盤傾斜角度を算出するため、表皮マーカによる角度算出方法を採択した。表皮マーカによる胸腰椎挙動の再現性は証明されている^{5) 24)}ものの、動作中に表皮マーカが棘上から逸脱していることによるズレが起きている可能性がある。また矢状面上肢挙上動作において、上部胸椎よりも下部胸椎の挙動が大きい¹⁷⁾ことから、T12の可動が大きい場合胸椎角度にも腰椎角度にも影響を与えると考える。そのため、今後マーカ貼付方法やX線画像との比較などを検討していく必要があると考ええる。

5. 結論

本研究では、①荷重負荷、挙上速度、顔の向き、の3つの条件を変えることによる両側上肢前方挙上動作中の脊柱・骨盤挙動と体幹筋活動の変化、および②上肢挙上時の腰椎最大伸展角度と肩関節可動性との関係性について検討した。その結果、以下の結論を得た。

両側上肢前方挙上動作において、おもりによる荷重負荷を加えることにより、上肢挙上前半に腰椎が屈曲し、その際に背筋群には伸張性収縮がみられた。このことが筋性腰痛の発症要因である可能性が示唆された。このことから、上肢挙上前半に腹筋群と背筋群を相互的に作用させることにより体幹を安定させ、動作開始直後の腰椎屈曲を抑制し、背筋群の負担を軽減することが腰痛予防に繋がると考える。

さらに、上肢挙上動作中の腰椎伸展局面において、肩甲帯の可動性が低いほど腰椎伸展角度が増大したことから、肩甲帯の可動性を高めることにより、上肢挙上動作中の腰椎の伸展ストレスを軽減できると考える。

6. 参考文献

- 1) 川上俊文著：図解腰痛学級，株式会社医学書院，第5版，P2，2011
- 2) 柏木輝行，田島直也ほか：腰痛の疫学的調査，日本腰痛会誌，2巻，8-11，1996
- 3) 帖佐悦男，田島直也ほか：職業性腰痛の疫学，日本腰痛会誌，7巻，100-104，2001
- 4) 川上俊文：図解腰痛学級，株式会社医学書院，第5版，P22-24，2011
- 5) 九十歩和己：スクワット実施条件が腰椎挙動及び体幹筋活動に与える影響，早稲田大学2012年度修士論文，2012
- 6) Brenda J. Shields, Soledad A Fernandez : Epidemiology of Cheerleading Stunt-Related Injuries in the United States, Journal of Athletic training, 44巻，586-594，2009
- 7) Brenda J. Shields, Gary A. Smith : Epidemiology of strain/sprain injuries among cheerleaders in the United States, American Journal of Emergency Medicine, 29巻，1003-1012，2011
- 8) 甲斐義浩，村田伸ほか：上肢挙上角と脊柱彎曲角との関係-健常成人における検討-，理学療法科学，25巻，19-22，2010
- 9) 上田泰之，浦辺幸夫ほか：上肢挙上運動時の負荷が肩甲骨および体幹の運動に及ぼす影響，理学療法科学，24巻，323-328，2009
- 10) 松尾奈々，村田伸：荷物挙上動作における脊柱彎曲角の変化，理学療法科学，25巻，579-582，2010
- 11) 甲斐義浩，村田伸ほか：拘縮肩患者における上肢挙上運動と脊柱彎曲角の関係-肩関節可動域訓練前後の比較-，理学療法科学，25巻，595-598，2010
- 12) 成田崇矢：飛込選手の腰痛発生要因の解明-予防対策提言へむけて-

早稲田大学博士論文， 2012

- 13) M. Eriksson Crommert, M.M. Ekblom et al : Activation of transversus abdominis varies with postural demand in standing, *Gait & Posture*, 33 卷, 473-477, 2011
- 14) Stuart M McGill, Leigh W. Marshall : Kettle Bell swing, snatch, and bottoms-up carry: back and hip muscle activation, motion, and low back loads, *Journal of strength and conditioning research*, 26 卷, 16-27, 2012
- 15) M. Eriksson Crommert¹, M. M. Ekblom et al : Motor control of the trunk during a modified clean and jerk lift, *scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24 卷, 758-763, 2013
- 16) Paul W. Hodges, Carolyn A. Richardson : Altered Trunk Muscle Recruitment in People With Low Back Pain With Upper Limb Movement at Different Speeds , *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80 卷, 1005-1012, 1999
- 17) 鈴木加奈子, 塩島直路 : 体幹運動後における両上肢挙上動作時の体幹前方移動が肩甲上腕関節角度に及ぼす影響, *理学療法科学*, 28 卷, 517-521, 2013
- 18) D.A. Neumann 原著, 嶋田智明・平田総一郎監訳 : 筋骨格系のキネシオロジー, 医歯薬出版株式会社, 第1版, P347, 2010
- 19) 高橋和宏, 山路雄彦ほか : 異なる挙上速度における一側上肢挙上動作時の腹部筋群の筋活動特性, *日本理学療法学会報告*, 2012
- 20) 辻村裕次, 埴田和史ほか : ブドウ果房管理作業における負担の実態, *日本農村医学会雑誌*, 60 卷, 1-17, 2011
- 21) 藤原勝夫, 外山寛ほか : 急速上肢挙上動作時の立位姿勢調節に対する

身体重心の前後方向の位置と重量負荷の影響, 体力科学, 40 卷, 355-364, 1999

22) 山下敏彦: スポーツと腰痛-メカニズム&マネジメント-, 金原出版株式会社, 第1版, P131-134, 2011

23) 齋藤昭彦著: 腰痛に対するモーターコントロールアプローチ-腰椎骨盤の安定性のための運動療法-, 株式会社医学書院, 第1版, P14-26, 2009

24) Michio Tojima, Naoshi Ogata et al: Novel 3-Dimensional Motion Analysis Method for Measuring Lumbar Spine Range of Motion, Spine, 38 卷, 1327-1333, 2013

7. 謝辞

修士論文の執筆を終えるにあたり、多くの方々に御指導頂きましたことを心から御礼申し上げます。

早稲田大学スポーツ科学学術院の金岡恒治教授には指導教員として、大学2年のゼミから約4年間御指導頂き、本研究に対しても多くのご助言を頂きました。何事にも強い好奇心を持ち、常に考えることを怠らない姿勢に強い尊敬の念を抱いておりました。同学スポーツ科学学術院の矢内利政教授、鳥居俊准教授には、本研究の副査を快く引き受けて下さりました。

実験には多くの方にご協力頂きました。早稲田大学スポーツ科学学術院助手の今井厚先生にはデータ解釈、本文執筆について多くのご助言を頂きました。些細な疑問にも親身になって相談に乗って頂きました。また、本研究室博士後期課程所属の関根千恵氏、飯塚哲司氏、長谷部清貴氏、松永直人氏、阿久澤弘氏、中井真吾氏には、実験計画、機器の使用法、解析方法など多くのことを御指導頂きました。また、本研究の被験者を引き受けて下さった早稲田大学応援部チアリーダーズには、大学1年から学生トレーナーとして多くのことを学ばせて頂き、本研究実施のきっかけを与えてくれました。

本研究室同期の上野彬恵氏、梶原慶裕氏とは、修士課程の毎日の生活を共にしました。研究にも息抜きにも全力な2人のおかげで、充実した研究生活を送ることが出来ました。2人と同期であったことを嬉しく思います。

最後に、大学選択や北海道からの上京、部活動、大学院進学をいつも応援してくれ、猪突猛進に全力で駆け抜けた早稲田生活6年間を支えてくれた両親に感謝致します。