

博士論文

野球における  
腰椎椎間板変性と体幹回旋機能に関する研究

令和元年度

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

田口 直樹

筑波大学

## 目 次

第 1 章 緒言 .....	- 1 -
第 1 節 野球の腰痛に関する先行研究 .....	- 2 -
第 2 節 スポーツ選手の椎間板変性に関する先行研究 .....	- 3 -
第 3 節 体幹筋力と筋活動に関する先行研究 .....	- 6 -
第 4 節 野球の打撃動作における運動連鎖および体幹に着目した先行研究について ....	- 10 -
第 5 節 本研究の目的 .....	- 13 -
第 6 節 本研究の課題 .....	- 14 -
第 2 章 〔研究課題 1〕 野球打撃動作における腰部回旋挙動解析.....	- 15 -
第 1 節 背景・目的 .....	- 15 -
第 2 節 方法 .....	- 16 -
第 3 節 結果 .....	- 25 -
第 4 節 考察 .....	- 33 -
第 5 節 結論 .....	- 36 -
第 3 章 〔研究課題 2〕 腰椎椎間板変性を有する大学男子硬式野球選手の身体特徴.....	- 37 -
第 1 節 背景・目的 .....	- 37 -
第 2 節 方法 .....	- 38 -
第 3 節 結果 .....	- 48 -
第 4 節 考察 .....	- 55 -
第 5 節 結論 .....	- 59 -

第4章 〔研究課題3〕 腰椎椎間板変性の有無による野球打撃動作時の腰部回旋挙動および 体幹筋活動の検討.....	- 60 -
第1節 背景・目的 .....	- 60 -
第2節 方法 .....	- 61 -
第3節 結果 .....	- 73 -
第4節 考察 .....	- 93 -
第5節 結論 .....	- 96 -
第5章 総括 .....	- 97 -
第1節 結論 .....	- 97 -
第2節 本研究の課題と今後の展望 .....	- 98 -
謝 辞 .....	- 101 -
参考文献 .....	- 102 -
資 料.....	- 119 -

## 表目次

表2-1	身体特性
表2-2	腰部最大回旋角度
表2-3	最大回旋角度出現時間
表2-4	肩峰線，大転子線，骨盤線の角度および角速度とスイングスピード，スイング時間，インパクト時間
表2-5	肩峰線と大転子線，肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差
表3-1	腰椎椎間板変性の分類
表3-2	身体特性および腰痛調査
表3-3	腰仙椎アライメントおよび体幹筋断面積
表3-4	関節可動域および関節弛緩性テスト，筋タイトネステスト
表3-5	各測定項目の左右差
表3-6	腰仙椎アライメントと筋タイトネステスト，関節可動域との相関
表4-1	電極貼付位置一覧
表4-2	椎間板変性の有無で比較した身体特性
表4-3	肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の最大角度
表4-4	肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の各区間の角度とスイングスピード
表4-5	肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の最大角速度
表4-6	肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の各区間の角速度
表4-7	肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の各区間の平均角速度
表4-8	Foot Contactから肩峰線，大転子線，骨盤線の最大角速度までの時間
表4-9	肩峰線と大転子線，肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差

## 図目次

- 図1-1 競技種目別の腰椎椎間板変性保有率
- 図1-2 セラーペ筋
- 図2-1 磁気センサー式三次元空間計測装置の仕様
- 図2-2 センサー貼付部位
- 図2-3 実験環境図
- 図2-4 身体分析点
- 図2-5 角度定義
- 図2-6 野球の打撃の局面構造
- 図2-7 打撃動作時の腰部回旋角度の1例（野球経験あり被験者A, 野球経験なし被験者B）
- 図3-1 G-scan brio（esaote社製）
- 図3-2 腰椎椎間板変性の分類
- 図3-3 腰仙椎アライメント
- 図3-4 ヤコビー線直上における体幹筋横断面積の測定
- 図4-1 ティーバッティング
- 図4-2 実験時の機器の配置図
- 図4-3 静止座標系
- 図4-4 被験者のマーカー貼付位置
- 図4-5 角度定義
- 図4-6 野球打撃動作の位相
- 図4-7 テレマイオDTS（Noraxon inc. USA）およびBlue sensor（Ambu製. Denmark）

図4-8 打撃動作時の肩峰線，大転子線，骨盤線の回旋角度および角速度の1例

（椎間板変性あり選手A，椎間板変性なし選手B）

図4-9 Foot Release時の各筋の%MVC

図4-10 Foot 経験なし群tact時の各筋の%MVC

図4-11 Take Back時の各筋の%MVC

図4-12 Max Bat Speed時の各筋の%MVC

図4-13 Follow Through時の各筋の%MVC

## 本論文で使用了略語

APS : The anterior and posterior serape.

EO : External Oblique. 外腹斜筋

ES : Erector spinae. 腰部脊柱起立筋

FFD : Finger Field Distance. 指床間距離

GMe : Gluteus medius. 中殿筋

HBD : Heel Buttock Distance. 踵部殿部間距離

HIZ : high intensity zone. 局所の高輝度変化所見

IO : Internal Oblique. 内腹斜筋

JLEQ : Japan Low Back Pain Evaluation Questionnaire. 患者立脚型疾患特異的QOL評価尺度

LD : Latissimus dorsi. 広背筋

MF : Multifidus. 多裂筋

MVC : Maximum Voluntary 経験なし群 traction. 最大随意収縮

RA : Rectus abdominis. 腹直筋

RMS : Root Mean Square. 二乗平均平方根

SLR : Straight Leg Raising test.

SSC : Stretch-shortening Cycle.

VAS : visual analog scale.

## 1 章

### 緒言

野球の動きは投球動作や、打撃動作、走動作など全身を使った1プレーが短時間で行われるスポーツである<sup>1,2)</sup>。競技特性としてプレー中の動作は片足または両足で地面に力を加えることによって生じ、多平面的な動きであらゆる関節を使うことが特徴である<sup>3)</sup>。野球は技術的な要素が多いとされているが高パフォーマンスを発揮するには体力要素が必要不可欠であり、筋力・柔軟性・スピード・敏捷性・持久力・調整力が挙げられる<sup>4)</sup>。特にスピードとパワーが重要になるためエネルギー供給系は無酸素性エネルギー機構が中心となる<sup>2,5)</sup>。これらは守備範囲の広さ<sup>6)</sup>やスイングスピード<sup>7)</sup>、出塁率<sup>6)</sup>などパフォーマンスに大きく関わってくる。

またポジション別における障害特性や筋力特性があり、それぞれの特性に合わせたコンディショニングも重要になる<sup>8)</sup>。投手には、先発、中継ぎ、抑えの役割があり、野手には、捕手、内野手、外野手がいる。投手と野手では動作形態や求められる能力の違いにより体力特性が異なるという報告がある<sup>9)</sup>。また投球速度やスイングスピードに影響する体力因子にはそれぞれ特徴があるという報告もある<sup>10)</sup>。

様々な因子が絡み合う投球動作や打撃動作は下肢から上肢への一側性の運動連鎖で行われており、この複雑な動きが障害の一因としても考えられている<sup>11,12)</sup>。野球選手は肩、肘、腰の外傷障害が多いとの報告がされている<sup>12)</sup>。要因としてはOver useが多く、投手では練習の投球数が多いほど肩や肘に痛みを有する選手が多い<sup>13)</sup>。それとともに運動連鎖の不良なども指摘されている<sup>14)</sup>。腰部障害では様々な要因で発症し、症状也多岐に渡る。腰椎分離症や椎間関節症、筋筋膜性腰痛症や椎間板性に由来するものもある。これらは野球の特異的な動作の反復が腰部障害に影響していると考えられる。

しかし、これまで野球選手の腰部における様々な報告はされてきているものの、腰



椎椎間板変性に関連した報告は少ない。また野球打撃動作に着目して、体幹動作や筋活動から腰椎椎間板変性を考察した報告もない。

## 第1節 野球の腰痛に関する先行研究

腰痛は肘や肩とともに頻発する障害である。長期間による傷害調査では、大学野球選手の16年間での腰痛は肩、肘に次いで多く約11.7%であった<sup>15)</sup>。またMcFarlandら<sup>16)</sup>の3年間での調査では、体幹部障害が上肢、下肢に次いで多く15%であった。メジャーリーグの8年間の調査では投手、野手ともに腰痛は約10%程度であり、上肢、下肢に次いで多かった<sup>17)</sup>。1シーズンの疼痛の有無による調査では、腰痛が肩痛、肘痛より多く、シーズン中は約60%、シーズンオフでは約30%の保有率だった<sup>18)</sup>。また坂田ら<sup>19)</sup>の調査では腰背部痛は肩・肘に次いで多く、腰背部の障害発生率にはシーズン間の有意差はみられなかった。また腰部は練習を休止しない傷害率が高く<sup>19)</sup>、腰部の痛みの程度によっては、我慢してプレーが継続できる場合も多いと考えられる。つまり、シーズンの有無にかかわらず慢性的に腰痛を抱える選手が多くなるとみられる。

腰痛がある場合、野球の守備動作、打撃動作に影響し<sup>20)</sup>、それぞれ痛みが強くなるほど各動作の支障度が大きくなる。守備動作は全てのポジションにおいて、シーズン中に腰の痛みを有する選手が全体の約50～60%存在する<sup>19,21)</sup>。また全てのポジションで唯一、上位3つの傷害に腰背部痛が挙げられている<sup>19)</sup>。守備動作では中腰で構え走ることが多いため、体幹や下肢への負担が大きいと指摘されている<sup>20)</sup>。

打撃動作では、スイング時に腰部の伸展と回旋による椎間関節へのストレスが、腰への大きな負担になる<sup>22)</sup>。先行研究では、腰がシーズン中の痛みの程度の中で一番高く<sup>23)</sup>、背中から腰の痛みが強くなるにつれて、打撃動作に影響を及ぼすと報告されている<sup>20)</sup>。また打撃の自主練習時間と腰痛との関連を指摘する報告がある。田坂ら<sup>24)</sup>は自

主練習のスイングが、左右非対称の回旋を長時間反復することを腰痛の要因として挙げている<sup>24)</sup>。また腰痛を有する選手は投打方向の回旋筋力が弱く、筋の不均衡も腰痛の一因として指摘されている<sup>11)</sup>。

Hangaiら<sup>25)</sup>は腰痛と競技種目は関係しており、野球はバレーボールに次いでオッズ比が高く、競技の種目特性による特異的な姿勢や動作が腰痛に関係することを指摘している。

## 第2節 スポーツ選手の椎間板変性に関する先行研究

### 1. 腰椎椎間板変性と腰痛

野球選手の腰部障害には、腰椎分離症や椎間関節症、筋筋膜性腰痛症や椎間板ヘルニアなど椎間板性に由来する腰痛もある。このような様々な因子の中の1つに腰椎椎間板変性がある。

腰椎椎間板変性とは椎間板の退行性変化であり<sup>26)</sup>、原因は加齢<sup>27)</sup>、肥満<sup>27)</sup>、喫煙<sup>28)</sup>、遺伝的要因<sup>29)</sup>、機械的ストレス<sup>30,31)</sup>、スポーツ経験<sup>27,32)</sup>など、様々な要因が複雑に絡み合い進行すると言われている。また椎間板変性に由来する腰痛の存在も確認されており、一般的に椎間板の変性変化に伴い、発症する慢性的な腰痛を指すことが多い<sup>33)</sup>。椎間板への負荷が継続してかかり、椎間板が変性する過程でクッション機能を失い均等に圧を分散できなくなると、過敏な部位にメカニカルな刺激が加わりやすくなり腰痛が増強する<sup>34)</sup>。椎間板性腰痛は無症候性に線維輪や髄核の変性が進んだ後に、何らかの要因で神経終末の侵入で症状が発生していると考えられている<sup>35)</sup>。しかし、椎間板性腰痛の原因は椎間板単独ではなく、様々な要因が考えられ、鼠径部痛を訴える患者においても椎間板性腰痛の可能性を疑うこともある<sup>36)</sup>。

画像診断としてはMRI T2強調像において障害推定椎間板の変性所見、椎間板膨隆

所見，局所的高輝度変化所見（high intensity zone，以下，HIZ）などを認める<sup>37)</sup>．HIZは椎間板線維輪の破綻を示し，椎間板性腰痛の診断に有用である<sup>38)</sup>．しかし，椎間板変性は無症候性であり<sup>39,40)</sup>，椎間板変性所見と腰痛が必ずしも一致しないとの報告<sup>41)</sup>やスポーツによる腰椎への反復ストレスが，HIZを生じさせているとの報告もある<sup>42)</sup>．

スポーツ選手以外による腰椎椎間板変性と腰痛との関連を調査した報告では，椎間板変性が腰痛と有意に関連しているという報告が散見される<sup>43,44,45)</sup>．その中でも Samartzisら<sup>43)</sup>は21歳未満の若年者の椎間板変性は，腰痛と強く関連していると報告している．

スポーツ選手の腰椎椎間板変性と腰痛との関係では，大学体操選手の椎間板変性が腰痛と有意に関連していること<sup>46)</sup>や経験した腰痛の程度が強いほど，椎間板変性保有率が高い<sup>32)</sup>という報告がある．また大学漕艇選手の縦断調査によると，腰椎椎間板変性の進行所見は，縦断調査期間中に腰痛に罹患した選手で有意に多くみられたという報告もある<sup>47)</sup>．

以上より，腰椎椎間板変性と腰痛との関連は，20歳前後の若年者に限ると椎間板変性は腰痛と関連していると考えられる．

## 2．腰椎椎間板変性とスポーツ

腰椎椎間板変性とスポーツは様々な競技で報告されている．男子体操選手の報告では，椎間板変性の割合が75%と高率であった<sup>48)</sup>．また，女子体操選手の椎間板変性に関するいくつかの報告での椎間板変性率は，それぞれ42%<sup>49)</sup>，44.1%<sup>50)</sup>，63%<sup>51)</sup>であった．Minら<sup>49)</sup>はコンタクトスポーツ（アメリカンフットボール，レスリング，柔道，サッカー）と非コンタクトスポーツ（水泳，体操，陸上競技）に分け，腰椎椎間板変性発症率の比較をした．その結果では，非コンタクトスポーツと比してコンタクトスポーツは腰椎椎間板変性率が有意に高かったと報告している．また長島<sup>52)</sup>はコンタク

トスポーツの中でもポジションの特性から椎間板変性の進行に有意な差が生じると報告している。高校アメリカンフットボール選手のラインポジションと非ラインポジションでは、ラインポジションの進行が早いとしている<sup>52)</sup>。Kaneokaら<sup>53)</sup>は、競技活動期間が長く、豊富な練習量を有する高い競技レベルの競泳選手は、競技活動期間が短く練習量の少ない競泳選手と比して、腰椎椎間板変性の割合が高かったことを示している。

競技種目と腰椎椎間板変性との関係による研究では、競泳、バスケットボール、剣道、サッカー、陸上よりも野球の腰椎椎間板変性割合が高いという報告がある<sup>32)</sup> (図1-1)<sup>54)</sup>。

身体特性と腰椎椎間板変性の関係を調査した研究において男子体操選手<sup>55)</sup>では、股関節内旋可動域および立位体前屈、女子体操選手<sup>50)</sup>では、胸腰部側屈可動域制限、陸上選手<sup>56)</sup>では競技歴および腸腰筋タイトネス、軟式野球選手<sup>57)</sup>では体重、BMI、胸腰部回旋可動域との関連性を報告している。

以上から野球を含めたスポーツ活動が腰椎椎間板変性の一因であると考えられる。競技による力学的な負荷や特異的な動きの反復が、腰椎椎間板変性の促進に関与していると推測される。

また野球選手の腰椎椎間板変性による身体特性の先行研究は、軟式野球選手（椎間板変性率34%）による報告<sup>57)</sup>はあるものの少なく、不明な点も多い。

腰仙椎アライメントや体幹筋断面積を含めた身体特性を調査することは、野球の腰部障害の予防に有効であると考えられる。

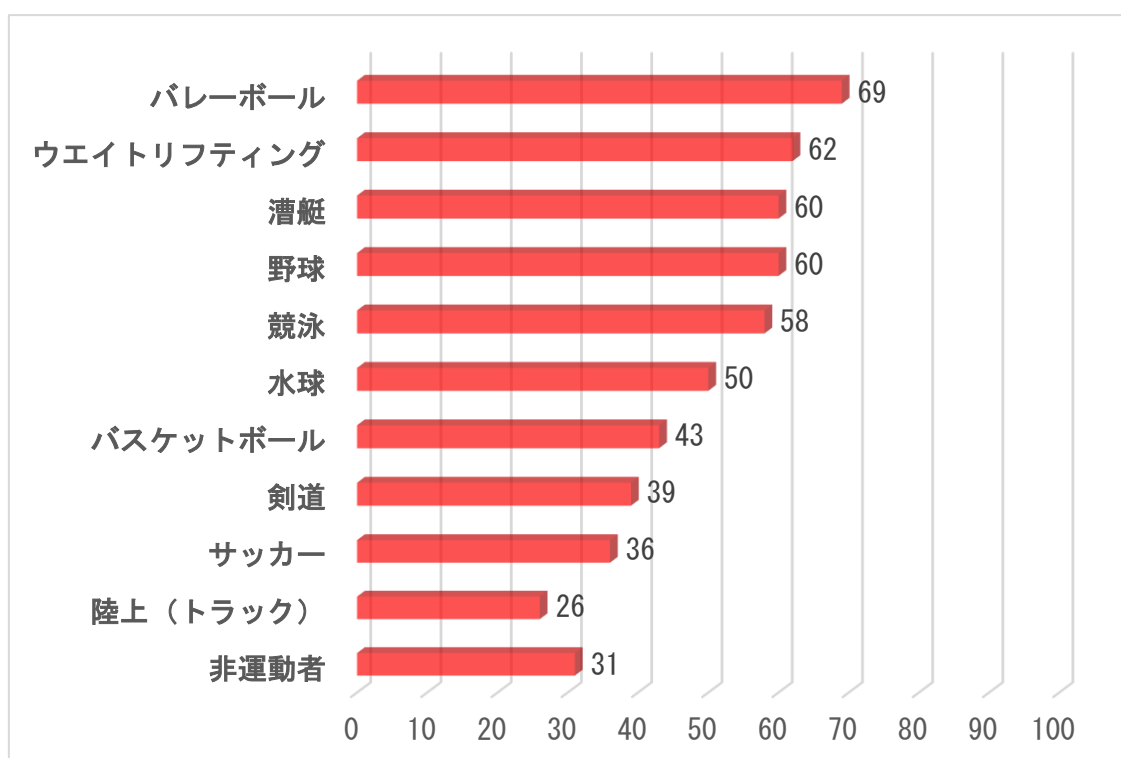


図1-1 競技種目別の腰椎椎間板変性保有率(金岡2014より引用)

### 第3節 体幹の回旋動作に関する先行研究

#### 1. 腰椎の回旋動作のメカニズムに関する先行研究

スポーツにおける腰椎損傷のメカニズムの1つには、体幹の軸回旋の繰り返し<sup>58)</sup>や軸回旋による軸トルクが、傷害発生の危険性を高めるという報告がある<sup>59)</sup>。体幹回旋時に椎間板にかかるストレスは約3000～4000Nであり、剪断力は最大で約1500Nが加わる<sup>60)</sup>。Costiら<sup>61)</sup>は、腰椎の動作角度 1°当たりの剪断力は回旋が最も大きかったと報告している。軸回転は3°以内での動きにおいては腰椎や椎間板に損傷はなく、軸回転が3°を超えると線維輪の微細損傷が始まる<sup>62)</sup>。その際、腰椎は、上位腰椎の左右の下関節面のうちのどちらかが相対する上関節突起に衝突し、軸回旋が制限される<sup>62)</sup>。また屈曲位で回旋が起こると、正常な線維輪のコラーゲン線維の正常の変形限界を超

えるため損傷の危険性が高まる<sup>63)</sup>。繰り返しの屈曲や伸展に軸回旋が組み合わさると、髓核の変形が大きく増加する<sup>64)</sup>。そのため回旋角度が増大することで椎間板にはより大きなストレスが加わることになる。また、脊柱の伸展に回旋が組み合わさると、椎間関節間が狭くなりこれらの衝突が早くなる<sup>65)</sup>。また腰椎回旋時には回旋方向とは反対側の関節突起間部に高いストレスを生じる<sup>66)</sup>。骨が未成熟な成長期であれば関節突起間に応力が集中することで疲労骨折が生じ腰椎分離症になる<sup>66)</sup>。また腰椎椎間板変性者の椎体の動きはL3-L4、L4-L5の過剰な回旋運動が出現し、L5-S1の回旋運動は低可動域を示すという報告がある<sup>67)</sup>。

以上より回旋動作による繰り返しの負荷が、腰部へのストレスになりアライメント変化や関節運動に影響すると考えられる。回旋動作のあるスポーツでは、ゴルフのL3-L4にかかる負荷をシミュレーションしたスイング動作研究において、アマチュア選手で6100N、プロ選手で7584Nの圧迫力が発生し、人の体重の8倍の軸圧ストレスがかかることが報告されている<sup>68)</sup>。しかしながら野球の打撃動作による腰部回旋挙動の研究は見当たらない。

## 2. 体幹の回旋の筋機能に関する先行研究

Panjabi<sup>69)</sup>によると、腰椎には安定性を維持するために一体となって動く3つの主要サブシステムがある。椎骨、関節面、椎間円板、脊椎靱帯、関節包を含む筋骨格を他動サブシステム、筋と腱を含む筋骨格の自動サブシステム、神経の制御サブシステムにより構成されている。

また脊柱の安定性には、ローカル筋とグローバル筋の2つのシステムが相互に作用することであるといわれ<sup>70)</sup>、脊柱起立筋、内腹斜筋、外腹斜筋、多裂筋、腹横筋、を含む複数の筋の共縮によって機能すると考えられている<sup>71,72,73)</sup>。体幹回旋には対側の外腹斜筋と同側の内腹斜筋、腸肋筋、広背筋が主動作として、多裂筋が安定化作用として働く<sup>74)</sup>。Ngら<sup>72)</sup>は、等尺性の回旋動作中には内腹斜筋と広背筋が高い筋活動を起

こし、その他の体幹筋群の腹直筋や外腹斜筋、腸肋筋、多裂筋と最大レベルの筋の共縮が起こることを明らかにした。しかし回旋中の脊柱の安定性に30%以上寄与している単独の筋はなく、常に複数の筋群の共縮によって生み出される<sup>71)</sup>。また回旋時には体幹筋の遠心性収縮も起きており、これらも脊柱の安定性に寄与する<sup>75)</sup>。

体幹回旋に関わる筋の回旋負荷による疲労度を調べた研究では、各筋により疲労度の違いがみられ、脊柱の運動に影響を及ぼす可能性があるとし唆された<sup>76)</sup>。またKumarら<sup>77)</sup>は、捻転動作が体幹筋活動を有意に高めたことを報告した。

McGill<sup>78)</sup>はヒトの運動中における体幹筋の役割は、多くの場合、共縮により硬くなることであり、運動を生むよりむしろ運動を止めることである、と述べている。つまり野球のような回旋スポーツでは高い回旋トルクを下半身から上半身へ伝える重要な役割を担っているのが体幹筋群であると言える。筋活動の異常パターンは脊柱の運動に影響を及ぼし、機械的なストレスを誘発し痛みを引き起こす可能性がある。

腰痛を有する体幹筋は、脊柱起立筋の過活動、左右差、一貫性のない筋活動パターンがみられる。Ngら<sup>72)</sup>は、腰痛群の回旋運動時における体幹筋活動を健常群と比較したところ、腰痛群では健常群より左回旋時に外腹斜筋の活動が高いのに対し、多裂筋の活動が低かった。また体幹回旋運動開始時における非回旋側外腹斜筋の筋活動量増加や筋活動開始時間の遅延が認められたという報告もある<sup>79)</sup>。

以上により体幹筋群は回旋中の脊椎の安定性に関与しており、重要な役割を担っている。スポーツ回旋動作による筋活動解析ではゴルフスイングにおいて腰痛の有無で比較した先行研究はあるものの<sup>80)</sup>、野球打撃動作の腰椎椎間板変性の有無における体幹筋活動の違いについては明らかではない。

### 3. 体幹筋を含めた複合動作について

Myers<sup>81)</sup>は、人体は全身を結合しながら蛇行する筋・筋膜の経線としてたどることができ、その経路は経線的に解剖した人体を示し、アナトミートレインとして説明し

ている。人の動作は単一の筋のみではなく体内で複合的な筋のつながりによって行われている<sup>82)</sup>。これらは筋骨格系の機能全体をとらえる筋・筋膜のネットワークシステムとして、統合的身体姿勢の評価と治療に活用されている<sup>82)</sup>。

Santanaは<sup>83)</sup>回旋動作の動きとして、肩と股関節を反対方向に回転させることによって、体幹の腹側の筋組織は斜めのパターンに予備伸張される「セラーペ効果」を説明している（図1-2）。これは、4つの筋（菱形筋、前鋸筋、外腹斜筋、内腹斜筋）の組み合わせの効果である。これらの筋肉が斜めのパターンにデザインされており、スポーツにおける回旋動作では、股関節が先に回旋して肩がそれに従うことを可能にしている<sup>83)</sup>。

螺旋状のセラーペ効果を発展させた概念としてThe anterior and posterior serape（以下、APS）がある<sup>84)</sup>。これは上下半身の前面と背面まで含めており、斜めがけのリボンのようなセラーペは、身体運動においてパワーが全身を伝わるとする概念である<sup>84)</sup>。この知見から野球の打撃動作も例示されており、APSによる対角線方向の筋収縮パターンが相互作用することで、野球を含む多くの競技や機能的動作において回旋パワーが生み出される<sup>84)</sup>。砲丸投げや野球の投球の場合など体幹は下肢から上肢へと力を伝える重要な部位であり、体幹筋群は競技動作（回旋を含む運動など）に積極的に動員されると考えられている<sup>85)</sup>。そういった中でMcGill<sup>78)</sup>は股関節で発揮されたパワーが、体幹を通して完全に伝達することが必要であると報告している。股関節パワーを必要とする、押す、引く、挙上する、捻るなどの運動は、脊柱が曲がるとしばしば「エネルギー漏れ」と呼ばれる現象が起こり、それらの運動が弱まるとされている<sup>78)</sup>。

以上より体幹を含めた身体全体を含めたスポーツの回旋動作に着目した腰椎椎間板変性の有無における野球打撃動作については不明な部分が多い。





図1-2 セラペ筋(Santana2003から引用)

#### 4 節 野球の打撃動作における運動連鎖および体幹に着目した先行研究について

##### 1. 野球の打撃動作のバイオメカニクス

野球の打撃動作は，運動連鎖の原理により行われている．運動連鎖とは身体関節は関節によって連結されているため，1つの体節の運動は関節を介して近接の体節に影響を及ぼす<sup>86)</sup>．

Welchらの報告<sup>87)</sup>では，野球打撃動作のスイングでは下肢が上肢に先立って打撃方向へと回旋することで体幹が逆方向へ捻られ，その後捻り戻されて上肢の高速な角速度が起こる．またこのようなタイミングは各連続したセグメントの最も効率的な加速に不可欠であり，適切なタイミングは，連続的に高い回転速度を促進する<sup>87)</sup>．また共同的に作用する直線および回転運動を伴う連続的な運動であると報告している<sup>87,88)</sup>．

Shaffer<sup>89)</sup>の表面筋電図解析による四肢の筋群の分析によると，両脚のハムストリン

グスにおける筋活動から股関節，体幹の腹斜筋，脊柱起立筋，そして上肢の三角筋後部の筋活動，その後スイングの後期で棘上筋，前鋸筋が活動するのと同時に体幹部の筋活動が低下し，スイングを終える．これらのことから打撃動作は下肢から上肢への運動連鎖であると報告した．

また下肢に注目した打撃研究ではスイングのための準備が，初心者よりも熟練した野球選手で効果的なスイングのための下肢筋活動を早く行っていたことを報告している<sup>90)</sup>．

## 2. 野球における体幹捻転動作の先行研究

体幹捻転動作の研究によると田内ら<sup>91)</sup>は野球打撃動作において捻転の角度よりも捻転の角速度が重要であり，その捻転の角速度は，肩の捻り戻しの角加速度を高めることで，バットスピードに対して間接的な影響を及ぼしていると述べている．

Fleisigら<sup>58)</sup>は，打撃動作においてバットがボールインパクト後に，上肢の打撃方向の回旋は増加し，Follow Through中の捻転角度が最大になったことを報告した．またこれらの捻転は，体幹軸回転角度と最大角加速度を生じさせたと報告している．体幹の捻転動作が大きな関節トルクを発揮すると推察される．

宮西ら<sup>92)</sup>は野球の投球動作と打撃動作は捻転動作が同じであり，下肢が主導的な役割を果たしその回旋が上肢の回旋に先行することで体幹が逆方向に捻られた後，捻り戻されて上肢が回旋すると報告し，典型的なStretch-shortening Cycle（以下，SSC）運動であると考察している．また堀内ら<sup>93)</sup>は体幹関節および左右股関節は力学的エネルギーの発生源であり，体幹は力学的エネルギーの伝達経路であると報告している．

## 3. 野球における運動連鎖に関する先行研究

運動連鎖の不良による投球動作は遠位部分の力を変え，肩や肘の傷害を引き起こす可能性がある<sup>94,95,96)</sup>．原因は体幹の運動開始のタイミング異常や運動の過不足などに

よって起こる<sup>97)</sup>。そのような動作の繰り返しの投球や打撃は、骨盤帯のストレスおよび動的過負荷を増大させ、股関節および鼠径部の傷害をもたらすこともある<sup>98)</sup>。

打撃では、**Take Back**動作時に水平面上から見て過度の時計回りの回転は（右打者の場合）、筋活動の減少が起き、キネマティックシーケンスにおいても混乱を生む<sup>87)</sup>。効率的な運動連鎖には、筋力<sup>99)</sup>や筋柔軟性<sup>100)</sup>や各関節の可動性<sup>101)</sup>、アライメント<sup>102)</sup>、野球特有の運動パターンなどの身体全体の力学や運動学<sup>103,104)</sup>が必要であり、要因は様々である。

以上より打撃動作のように、競技特性として下肢から上肢へと一連の動作で行われるスポーツ動作において、運動連鎖や体幹の重要性が指摘されている。しかしながら、腰椎椎間板変性の有無の観点から野球の打撃動作による筋活動および動作を明らかにしている研究は行われていない。

## 第5節 本研究の目的

本研究の目的は、打撃動作時における腰部回旋挙動を明らかにすること、腰椎椎間板変性の有無における身体特性について検討すること、腰椎椎間板変性の有無における打撃動作を明らかにすることであった。これらを明らかにすることで回旋競技における腰部障害の効果的な予防トレーニングやリハビリテーションの一助となると考える。

## 第6節 本研究の課題

本研究の目的を達成するために、以下の3つの研究課題を設定した。

### 【研究課題1】野球打撃動作における腰部回旋挙動解析

研究課題1では打撃時の腰部回旋挙動を明らかにするために大学男子硬式野球選手の腰部の回旋角度を検討する。

### 【研究課題2】腰椎椎間板変性を有する大学男子硬式野球選手の身体特徴

研究課題2では大学男子硬式野球選手を腰椎椎間板変性あり群となし群に分け、立位、荷重位の腰仙椎アライメント、体幹筋断面積、関節可動域および関節弛緩性、筋柔軟性を調査し比較することで、野球選手における椎間板変性の有無による身体的特徴について検討する。

### 【研究課題3】腰椎椎間板変性の有無による野球打撃動作時の腰部回旋挙動および体幹筋活動の検討

研究課題3では大学男子硬式野球選手を腰椎椎間板変性あり群となし群に分け、打撃動作を比較することで、野球選手における腰椎椎間板変性の有無による身体的特徴について検討する。

## 第2章

### 〔研究課題1〕 野球打撃動作における腰部回旋挙動解析

#### 第1節 背景・目的

野球選手の腰痛は肩、肘と並び多く<sup>105)</sup>、その中でも成長期である高校生までは未成熟な脊椎に加わる負荷により腰椎分離症が起きやすく<sup>106,107)</sup>、野球での危険度が高い<sup>108)</sup>。高校生以降では椎間板の退行性変化による腰椎椎間板ヘルニアが多くなる<sup>108)</sup>。野球の特異的な動作の反復が腰部に影響すると考えられている。野球選手は利き手と対側の腰痛を有することが多く<sup>109)</sup>、投球や打撃による腰椎への力学的な回旋負荷によって引き起こされている可能性がある。

投手と野手によるポジション別の腰痛比較では、野手が高い割合で多いという報告が散見される<sup>109,110,111)</sup>。また野手の練習内容の中でも大学野球の自主バッティング練習時間の長さや腰痛との関連性が指摘されている<sup>24)</sup>。全体練習時間よりも自主練習によるスイングの反復練習時間の長さによる腰部の影響が考えられる。本研究の対象も大学野球選手であり、練習環境が似ていると考え、打撃動作に注目した。

野球打撃動作のスイングでは下肢が上肢に先立って打撃方向へと回旋することで体幹が逆方向へ捻られ、その後捻り戻されて上肢の高速な角速度が起こる<sup>87)</sup>。特異的な打撃の体幹回旋運動は腰椎への力学的負荷として腰部へのストレスになると考えられる。

体幹回旋時の脊柱には軸圧やせん断力がかかり、腰椎の伸展および回旋運動が加わることによって、椎間関節周囲への応力は最大となる<sup>112)</sup>。野球選手の片側分離症が利き手の反対側に多いこと<sup>106)</sup>や腰背部の疼痛は打撃動作に影響を及ぼす<sup>26)</sup>ことから、特異的な回旋の繰り返しが腰椎椎間板変性を含む腰部障害の危険因子であると考えられる。野球打撃動作は腰椎に回旋負荷が生じていると推察されるが、実際の打撃動作

時の腰部回旋挙動を分析した報告はない。

そこで研究課題 1 では大学野球選手の腰部回旋挙動を検討することとした。本研究では大学野球選手の腰部回旋挙動を明らかにするために、スイングの安定性や精度<sup>113)</sup>、下肢の筋活動に違い<sup>90)</sup>がある野球未経験者を対象として打撃フォームの違いによる腰部回旋角度を分析し、競技経験においても比較検討することとした。

## 第2節 方法

### 1. 対象

対象は大学1部リーグに所属する硬式野球選手7名を野球部群（以下，経験あり群）とし，野球経験のない大学生9名をコントロール群（以下，経験なし群）とする2群とした。尚両群ともに実験時に腰痛がなく，過去に腰椎疾患の既往のない男子大学生であった。経験あり群は右打者3名左打者4名，経験なし群は右打者8名左打者1名であった。被験者には実験前に本研究の趣旨を説明し，同意を得た後実施した。尚，本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会（課題番号，624）の承認を得て行った。

### 2. 動作課題

ティースタンド上のボールをバッティングするティーバッティングを3スイングずつ行った。ボールは硬式球，バットは木製バットを使用した。ティーの高さは被験者のベルトの高さに，位置はベースのほぼ中央部に合わせた。各被験者には通常の打撃動作で真正面に打ち返すように指示した。ティーバッティングを3回行ったうちの最もバットスイングスピード（3．評価項目2）打撃動作分析に詳述）が速かった試技を分析対象とした。

### 3. 評価項目

#### 1) 腰部回旋解析

##### (1) 実験装置

体表から胸腰部の挙動を計測するため、磁気センサー式三次元空間計測装置 (Electromagnetic Tracking Device) である Flock of Bird (Ascension technology Corporation, USA) を用いた。これはトランスミッターから鉛直上向きを天頂とした半径1.2mの半球内に磁界空間を作り、この3次元空間中のセンサーのポジション及び角度の6自由度を経時的に計測するものである (図2-1)。より高精度の測定が可能なトランスミッターからの距離は半径30inch (約75cm)、移動精度2.5mmRMS、角度精度0.5°RMS、最大更新速度約144Hzであり、磁場の影響が少ない環境下において測定可能である<sup>114)</sup>。この時、身体長軸がX軸、身体前額軸がY軸、身体矢状軸がZ軸にあたる。測定更新速度は約30Hzにて測定を行った。

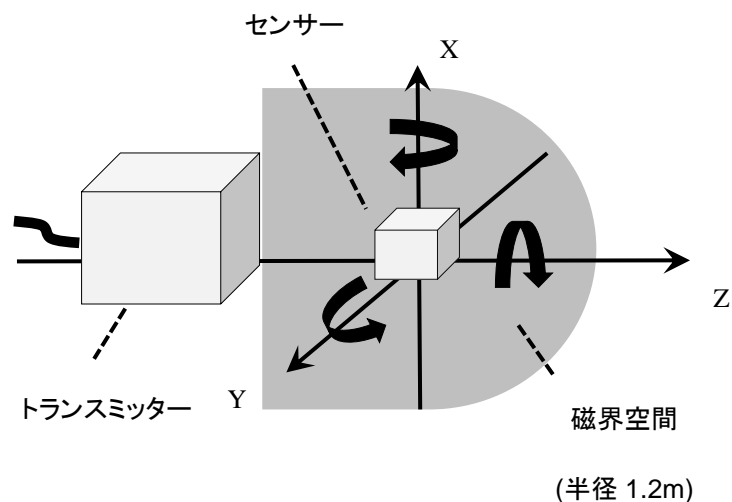


図 2-1 磁気センサー式三次元空間計測装置の仕様



## （２）測定方法

実験試技を行う際，貼付したセンサーがトランスミッターに近づくように，設置台はできる限り被験者の腰部に近づけた．またセンサーを第10胸椎（以下，T），第1仙椎（以下，S），TとSの間である第3腰椎（以下，L）の棘突起に貼付した（図2-2）．

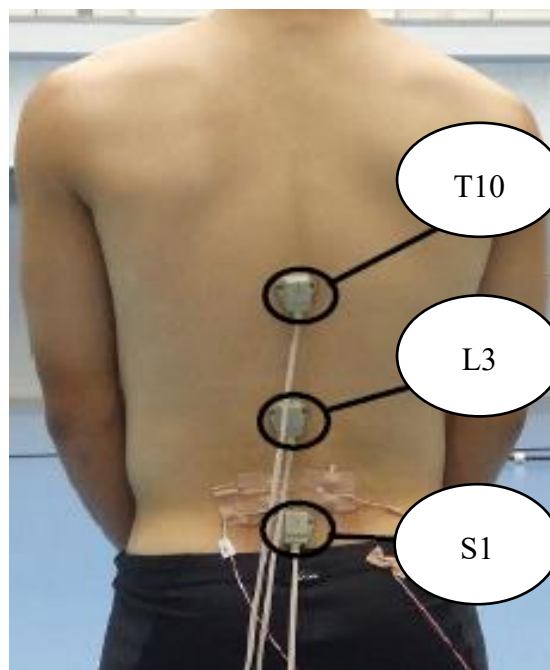


図 2-2 センサー貼付部位

### (3) データ処理

経時的に測定されたセンサーの角度（x軸回り）においてT, L, Sの角度からT-L, L-S間の相対的な角度変化を経時的に求めた．T-L, L-S間の相対角度とは，T, L, Sそれぞれの絶対角度の差である．本研究ではT-Lを胸腰部，L-Sを腰仙部，胸腰部と腰仙部を腰部と定義した．またLに対してTが打撃方向に回旋している際を胸腰部＋回旋，Tに対してLが打撃方向に回旋している際を胸腰部－回旋とした．またSに対してLが打撃方向に回旋している際を腰仙部＋回旋，Lに対してSが打撃方向に回旋している際を腰仙部－回旋とした．所要時間はそれぞれ100%とし，3次スプライン関数を用いて全てのデータを規格化した．そのため，規格化時間は，Topを0%time，Follow Through時を100%timeとした．

ティーバッティング動作における腰部回旋のT, L, Sの最大値の平均を腰部最大回旋角度とした．また腰部最大回旋角度が現れた時間を最大回旋角度出現時間(%time)とした．

## 2) 打撃動作分析

### (1) 実験装置および測定方法

打撃動作のVTR撮影には2台のハイスピードカメラ（NAC社製 HSV500C<sup>3</sup>）を用い，撮影速度を250fps，シャッタースピード1/1000sで撮影した．試技の撮影を行う前に，キャリブレーションを行った．撮影範囲内に設置したキャリブレーションポールを2台のカメラで順次撮影し，各カメラから得られたキャリブレーションポイントの二次元座標をもとにDLT法を用いて，三次元座標を算出した．キャリブレーションポイントによって決定した静止座標系は左右方向をX軸，前後方向をY軸，鉛直方向をZ軸と定義した（図2-3）．

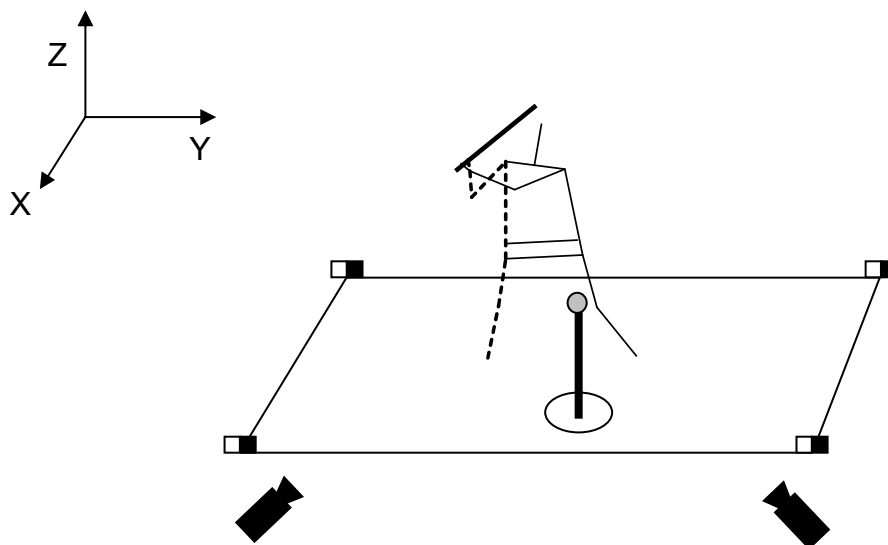


図 2-3 実験環境図

## (2) データ処理

### A. 3次元座標値の算出

撮影した VTR 画像から，1 サイクルの画像について左右肩峰，左右上前腸骨，左右大転子，バットヘッド，バットエンドの身体計測点（8 点）を DHK 社製 Frame-DIAS II Ver.3 を用いて 125fps でデジタイズした（図 2-4）．2 台のカメラの VTR 画像におけるそれぞれの身体計測点とコントロールポイントの 2 次元座標から，DLT 法により 3 次元座標値を算出した．得られた座標値は，Butterworth digital filter を用いて平滑化処理を行った．遮断周波数は，Wells and Winter<sup>115)</sup>の方法により分析点の座標成分ごとに決定した．実際に用いた遮断周波数は水平座標，鉛直座標ともに 7.5-12.5Hz の範囲であった．

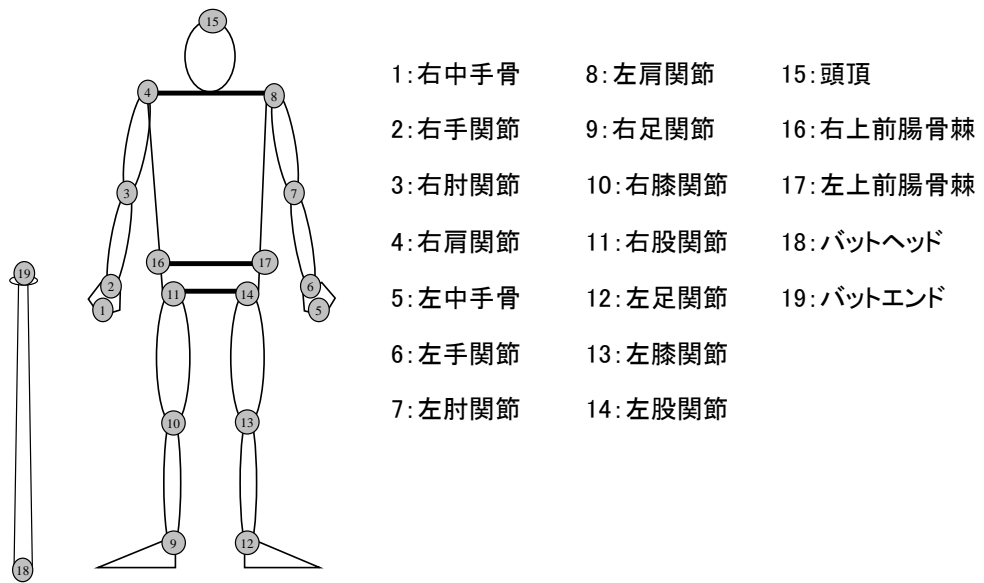


図 2-4 身体分析点

## B. 関節角度および角速度の算出

本研究に用いた関節角度は水平面（XY 平面）における角度を示し，右肩峰と左肩峰の midpoint を肩峰線，右大転子と左大転子の midpoint を大転子線，右上前腸骨棘と左上前腸骨棘の midpoint を骨盤線とし各々の角度を経験あり群と経験なし群間で比較検討した．肩峰線の角度と大転子線の角度との差を体幹の捻転の角度（以下，捻転）とした（図 2-5）．また，それぞれの角度を時間微分することにより，肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の角速度を算出した．また得られた座標値から時間微分することによりバットヘッドのスイングスピードを算出した．またボールがバットと衝突した瞬間を **Impact** とした．所要時間はそれぞれ 100% とし，3 次スプライン関数を用いて全てのデータを規格化した．そのため，規格化時間は，Top を 0%time，Follow Through 時を 100%time とした．本研究では，ティーバッティング動作の肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の角度および各角速度を分析した．また肩峰線と大転子線，肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差についても分析した．局面定義は，肩峰線の捕手方向への最大回旋角度の時点を Top，投手方向への最大捻転角度の時点を Follow Through とし分析範囲とした（図 2-6）．

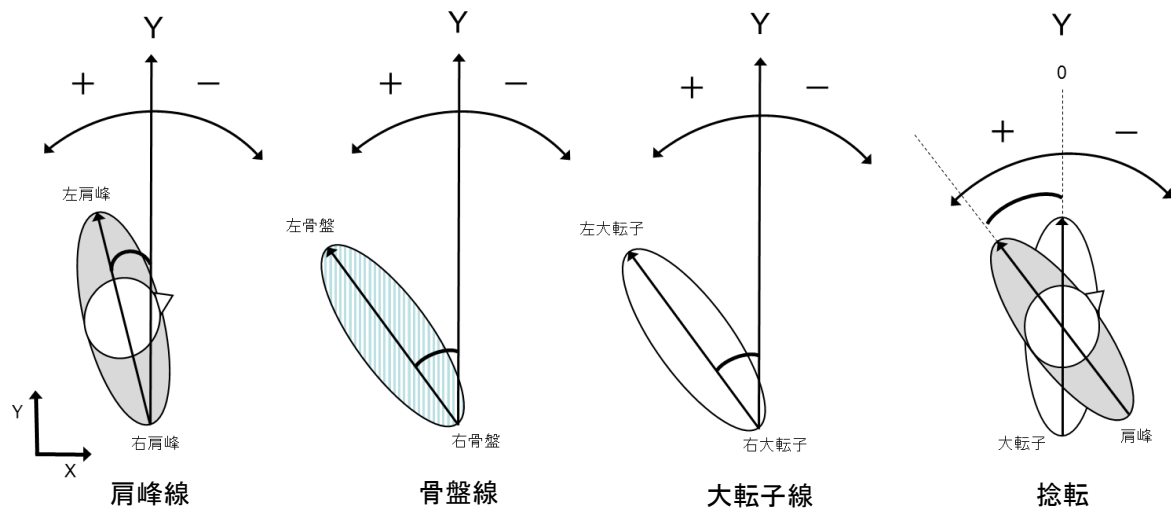


図2-5 角度定義

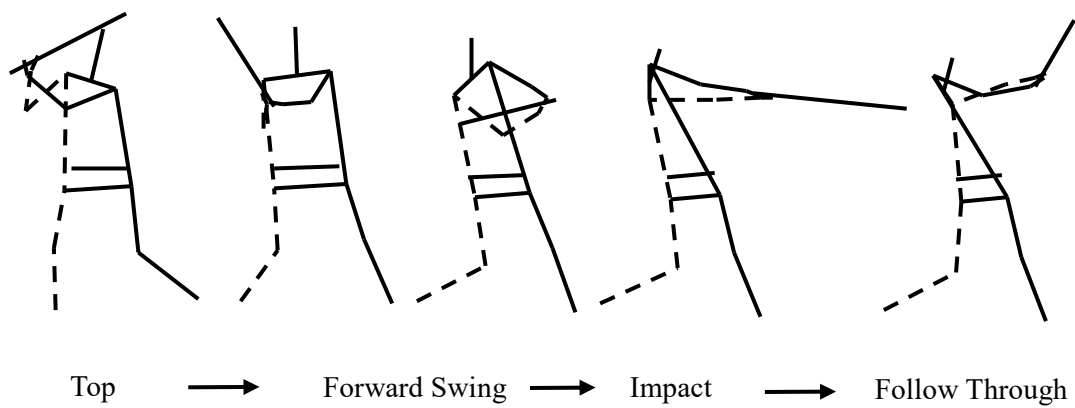


図 2-6 野球の打撃の局面構造

#### 4. 統計処理

統計分析は統計的手法には IBM SPSS Statistics Base 25 を用いた。身長、体重、年齢、腰部回旋解析における最大回旋角度、最大回旋角度出現時間、打撃動作分析における肩峰線、大転子線、骨盤線、捻転の角度および各角速度、バットスイングスピード、スイング時間、インパクト時間は各群間に対応のない t 検定を用いて比較検討した。なお、統計学的有意水準はすべて 5%未満とした。

### 第3節 結果

#### 1. 身体特性

経験あり群は7名で身長  $175.1 \pm 6.4\text{cm}$ ，体重  $68.6 \pm 5.1\text{kg}$ ，年齢  $20.3 \pm 1.3$  歳，競技歴  $11.6 \pm 3.2$  年であった。経験なし群は9名で身長  $171.7 \pm 0.1\text{cm}$ ，体重  $60.7 \pm 3.9\text{kg}$ ，年齢  $21.0 \pm 1.8$  歳であった。両群間において身長，体重，年齢に有意差は認められなかった（身長  $p=0.31$ ，体重  $p=0.06$ ，年齢  $p=0.47$ ，表 2-1）。

表 2-1 身体特性

身体特性	経験あり (n=7)	経験なし (n=9)	* $p<0.05$
身長(cm)	$175.1 \pm 6.4$	$171.7 \pm 0.1$	N.S.
体重(kg)	$68.6 \pm 5.1$	$60.7 \pm 3.9$	N.S.
年齢(歳)	$20.3 \pm 1.3$	$21.0 \pm 1.8$	N.S.
競技歴(年)	$11.6 \pm 3.2$	-	

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant



## 2. 腰部回旋解析

### 1) 腰部最大回旋角度

胸腰部および腰仙部最大回旋角度は経験あり群の胸腰部＋回旋が  $14.8 \pm 11.6^\circ$ 、胸腰部－回旋が  $-10.6 \pm 9.9^\circ$ 、腰仙部＋回旋が  $9.0 \pm 8.3^\circ$ 、腰仙部－回旋が  $-14.8 \pm 8.0^\circ$  であった。経験なし群は胸腰部＋回旋が  $9.2 \pm 4.6^\circ$ 、胸腰部－回旋が  $-6.3 \pm 6.2^\circ$ 、腰仙部＋回旋が  $10.2 \pm 5.1^\circ$ 、腰仙部－回旋が  $-7.2 \pm 9.1^\circ$  であった。図 3-7 に被験者の 1 例を示す。2 群間に有意な差は認められなかった（胸腰部＋回旋  $p=0.24$ 、胸腰部－回旋  $p=0.33$ 、腰仙部＋回旋  $p=0.73$ 、腰仙部－回旋  $p=0.12$ 、表 2-2）。

表 2-2 腰部最大回旋角度

最大回旋角度(deg)	経験あり (n=7)	経験なし (n=9)	*p<0.05
胸腰部＋回旋	$14.8 \pm 11.6$	$9.2 \pm 4.6$	N.S.
胸腰部－回旋	$-10.6 \pm 9.9$	$-6.3 \pm 6.2$	N.S.
腰仙部＋回旋	$9.0 \pm 8.3$	$10.2 \pm 5.1$	N.S.
腰仙部－回旋	$-14.8 \pm 8.0$	$-7.2 \pm 9.1$	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant

## 2) 最大回旋角度出現時間

最大回旋角度出現時間は経験あり群の胸腰部＋回旋が $60.1 \pm 11.8\%$ time, 胸腰部－回旋が $47.3 \pm 18.9\%$ time, 腰仙部＋回旋が $43.8 \pm 21.1\%$ time, 腰仙部－回旋が $60.3 \pm 14.3\%$ timeであった。経験なし群の胸腰部＋回旋は $51.4 \pm 22.2\%$ time, 胸腰部－回旋が $70.0 \pm 30.9\%$ time, 腰仙部＋回旋が $57.7 \pm 32.2\%$ time, 腰仙部－回旋が $43.0 \pm 23.0\%$ timeであった。図2-8に被験者の1例を示す。2群間において胸腰部－回旋, 腰仙部－回旋において有意な差が認められた。胸腰部＋回旋, 腰仙部＋回旋に有意な差は認められなかった（胸腰部＋回旋  $p=0.39$ , 胸腰部－回旋  $p=0.049$ , 腰仙部＋回旋  $p=0.36$ , 腰仙部－回旋  $p=0.047$ , 表2-3）。

表 2-3 最大回旋角度出現時間

最大回旋角度出現時間(%time)	経験あり (n=7)	経験なし (n=9)	* $p<0.05$
胸腰部＋回旋	$60.1 \pm 11.8$	$51.4 \pm 22.2$	N.S.
胸腰部－回旋	$47.3 \pm 18.9$	$70.0 \pm 30.9$	*
腰仙部＋回旋	$43.8 \pm 21.1$	$57.7 \pm 32.2$	N.S.
腰仙部－回旋	$60.3 \pm 14.3$	$43.0 \pm 23.0$	*

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant

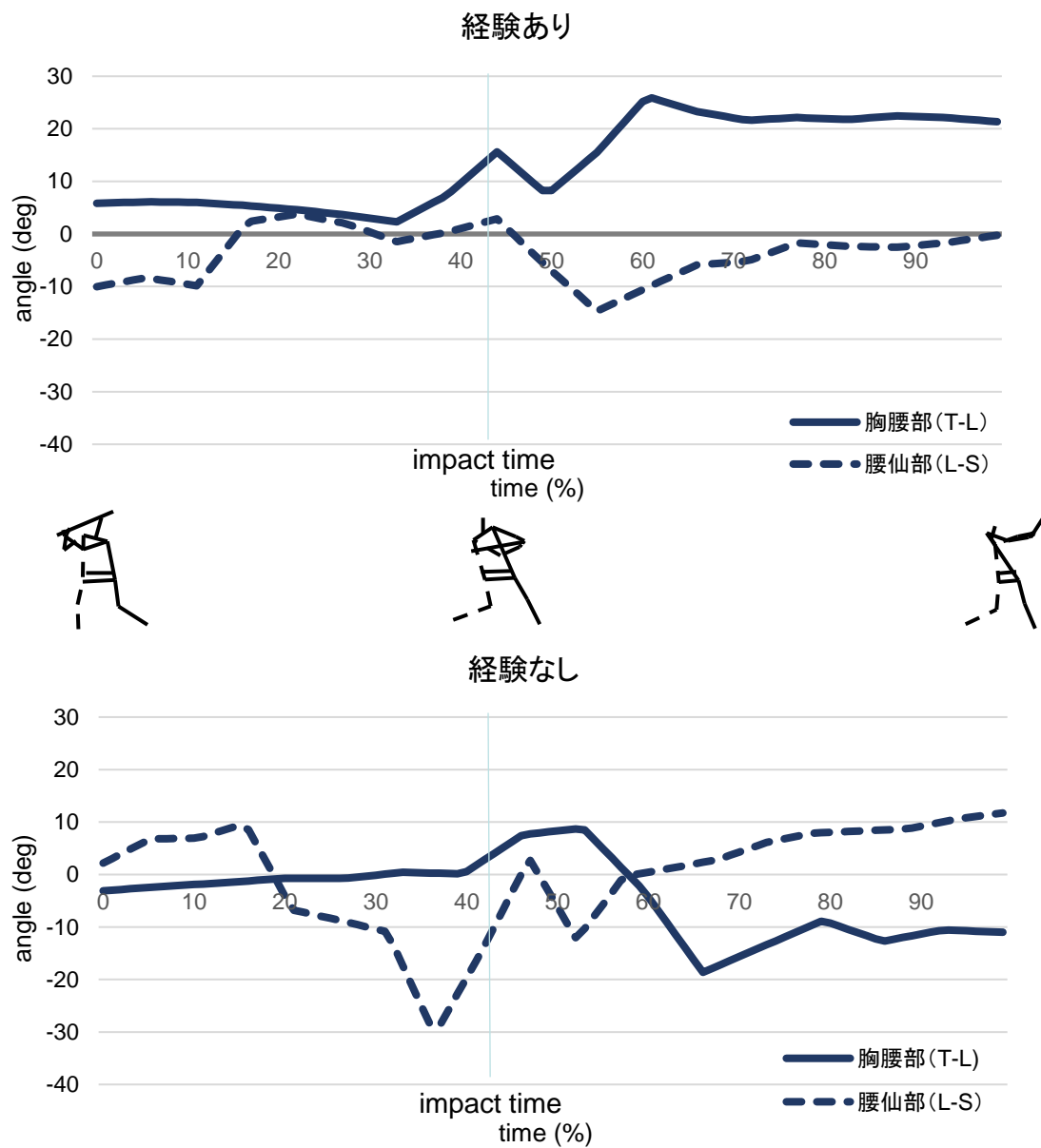


図2-8 打撃動作時の腰部回旋角度の1例（野球経験あり被験者A, 野球経験なし被験者B）

### 3. 打撃動作分析

#### 1) 関節角度および角速度

##### (1) 肩峰線

肩峰線の回旋角度は経験あり群が  $158.6 \pm 22.3^\circ$  であり, 経験なし群が  $159.3 \pm 38.1^\circ$  であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.20$ , 表 2-4). 肩峰線の角速度の平均値は経験あり群 が  $294.3 \pm 33.7 \text{deg/s}$  であり, 経験なし群 が  $211.9 \pm 62.1 \text{deg/s}$  であった. 2 群間に有意な差が認められ, 経験あり群の方が大きくなった ( $p=0.048$ , 表 2-4). また角速度の最大値は経験あり群が  $925.6 \pm 167.8 \text{deg/s}$  であり, 経験なし群が  $908.6 \pm 326.7 \text{deg/s}$  であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.29$ , 表 2-4).

##### (2) 大転子線

大転子線の回旋角度は経験あり群が  $51.3 \pm 6.7^\circ$  であり, 経験なし群 が  $63.1 \pm 20.8^\circ$  であった. 経験なし群が回旋角度は大きかったが, 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.057$ , 表 2-4). また大転子線の角速度の平均値は経験あり群が  $95.7 \pm 14 \text{deg/s}$  であり, 経験なし群が  $84.9 \pm 33.8 \text{deg/s}$  であった. 2 群間に有意な差が認められ, 経験あり群の方が大きくなった ( $p=0.046$ , 表 2-4). また角速度の最大値は経験あり群が  $311.4 \pm 118.3 \text{deg/s}$  であり, 経験なし群 が  $321.1 \pm 129.6 \text{deg/s}$  であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.87$ , 表 2-4).

##### (3) 骨盤線

骨盤線の回旋角度は経験あり群が  $59.1 \pm 7.5^\circ$  であり, 経験なし群が  $65.5 \pm 17.6^\circ$  であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.30$ , 表 2-4). また骨盤線の角速度

の平均値は、経験あり群が  $198.6 \pm 36.9 \text{deg/s}$  であり、経験なし群が  $127.2 \pm 55.6 \text{deg/s}$  であった。2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.44$ , 表 2-4)。また角速度の最大値は経験あり群が  $712.6 \pm 206 \text{deg/s}$  であり、経験なし群が  $669.7 \pm 154.4 \text{deg/s}$  であった。2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.82$ , 表 2-4)。

#### (4) 捻転

肩峰線角度および大転子線角度の最大値から求めた肩峰線角度－大転子線角度である捻転の角度は、経験あり群が  $107.2 \pm 23.6^\circ$  であり、経験なし群が  $96.4 \pm 40.3^\circ$  であった。2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.28$ , 表 2-4)。捻転角速度の平均値は、経験あり群が  $198.6 \pm 36.9 \text{deg/s}$  であり、経験なし群が  $127.2 \pm 55.6 \text{deg/s}$  であった。2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.44$ , 表 2-4)。また角速度の最大値は経験あり群が  $712.6 \pm 206 \text{deg/s}$  であり、経験なし群が  $669.7 \pm 154.4 \text{deg/s}$  であった。2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.82$ , 表 2-4)。

#### 2) スイングスピード、スイング時間およびインパクト時間

バッティングのスイングスピードは経験あり群が  $35.2 \pm 3.4 \text{m/s}$ 、経験なし群が  $30.7 \pm 5 \text{m/s}$  であり 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.29$ , 表 2-4)。

スイング時間は経験あり群が  $0.54 \pm 0.04 \text{s}$ 、経験なし群が  $0.77 \pm 0.11 \text{s}$  であり 2 群間に有意な差が認められ、経験あり群のスイング時間が短かった ( $p=0.022$ , 表 2-4)。インパクト時間は経験あり群が  $52.3 \pm 12.8\% \text{time}$ 、経験なし群が  $55.1 \pm 11.6\% \text{time}$  であり、2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.29$ , 表 2-4)。

表 2-4 肩峰線, 大転子線, 骨盤線の角度および角速度とスイングスピード, スイング時間, インパクト時間

	経験あり (n=7)	経験なし (n=9)	*p<0.05
角度(deg)			
肩峰線	158.6 ± 22.3	159.3 ± 38.1	N.S.
大転子線	51.3 ± 6.7	63.1 ± 20.8	N.S.
骨盤線	59.1 ± 7.5	65.5 ± 17.6	N.S.
捻転	107.2 ± 23.6	96.4 ± 40.3	N.S.
平均角速度(deg/s)			
肩峰線	294.3 ± 33.7	211.9 ± 62.1	*
大転子線	95.7 ± 14.0	84.9 ± 33.8	*
骨盤線	110.7 ± 19.1	88.0 ± 31.4	N.S.
捻転	198.6 ± 36.9	127.2 ± 55.6	N.S.
最大角速度(deg/s)			
肩峰線	925.6 ± 167.8	908.6 ± 326.7	N.S.
大転子線	311.4 ± 118.3	321.1 ± 129.6	N.S.
骨盤線	338.7 ± 117.4	362.1 ± 143.8	N.S.
捻転	712.6 ± 206	669.7 ± 154.4	N.S.
スイングスピード(m/s)	35.2 ± 3.4	30.7 ± 5.0	N.S.
スイング時間(S)	0.54 ± 0.04	0.77 ± 0.11	*
インパクト時間(%time)	52.3 ± 12.8	55.1 ± 11.6	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

3) 肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差

肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差は, 経験あり群は肩峰線－大転子線で $0.040 \pm 0.02s$ , 肩峰線－骨盤線で $0.057 \pm 0.04s$ だった. 経験なし群が肩峰線－大転子線で $0.012 \pm 0.03s$ , 肩峰線－骨盤線で $0.050 \pm 0.04s$ だった. 経験なし群の肩峰線－大転子線が経験あり群より短く有意な差が認められた (肩峰線－大転子線  $p=0.034$ , 肩峰線－骨盤線  $p=0.731$ , 表2-5).

表2-5 肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差

最大角速度時間差 (s)	経験あり (n=7)	経験なし (n=9)	* $p<0.05$
肩峰線－大転子線	$0.040 \pm 0.02$	$0.012 \pm 0.03$	*
肩峰線－骨盤線	$0.057 \pm 0.04$	$0.050 \pm 0.04$	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

#### 第4節 考察

腰部回旋解析による腰部最大回旋角度は、胸腰部間と腰仙部間の相対角度においていずれも有意な差は認められなかった。これらの結果から、腰部の回旋挙動は胸腰部間、腰仙部間合計で約20°回旋しており、経験あり群と経験なし群で同程度の回旋を行っていたことが示された。先行研究では、胸部の回旋は上位から中位胸椎で約8°の体軸まわりの回旋角度を示し、下位胸椎では2°程度である<sup>116)</sup>。胸腰椎移行部では椎間関節が腰椎のように矢状化し回旋を制限する<sup>117)</sup>。腰椎は各椎間の平均回旋角度は片側平均1~2°と報告している<sup>118)</sup>。立位や座位での最大捻転時の生体内計測では胸腰椎移行部（T12~L1）で約10°、腰椎部（L1~L5）で約9°回旋が示された<sup>119)</sup>。また歩行時には第1胸椎で5°、第5腰椎では反対方向へ約6°回旋がみられた<sup>119)</sup>。これらのことから打撃動作においても同程度の回旋が行われていたと考えられる。競技経験にかかわらず、野球打撃動作時は腰部回旋が約20°となることが示唆された。

また打撃動作分析の結果、肩峰線、大転子線、骨盤線および捻転の回旋角度において有意な差は認められなかった。しかし肩峰線および大転子線の角速度の平均値において有意な差が認められ経験あり群の方が大きかった。

捻転角度は経験あり群と経験なし群で約100°前後であった。骨盤上での大腿骨の運動は内旋が35°、外旋45°であり、大腿骨上での骨盤の運動では内旋15°、外旋15°の可動性によって回旋運動が行われている<sup>120)</sup>。このことから打撃動作の大部分が脊柱以外の可動性によって行われていることが示唆された。

腰部最大回旋角度出現時間は胸腰部一回旋、腰仙部一回旋で有意な差が認められた。野球の打撃動作は下肢、体幹、上肢への運動連鎖によりバットスピードとパワーを生み出すことができる<sup>81)</sup>。経験あり群の打撃動作は腰仙部における腰椎、胸腰部における腰椎、胸椎の順で最大回旋していた。つまり下肢、体幹、上肢への運動連鎖により打撃動作が行われていたと考えられる。一方、経験なし群は、胸腰部における胸椎や腰仙部に



おける仙椎が腰椎に先行して打撃方向に回旋していた。また経験なし群は大転子線が最大角速度に到達してから肩峰線の最大角速度に到達する時間が、経験あり群より短い結果となった。

先行研究では野球未経験者は経験者と比較して、打撃準備期間（Take Back時）に体重を後ろ足に十分移動させずに前足を踏みこんで打撃をすること<sup>90)</sup>や打撃中の頭部変位が大きいと報告されている<sup>113)</sup>。つまり、技術が未熟なために上肢の動きが下肢より早く起こり、インパクト前に前肩が開き、手打ち（上半身に依存したスイング）のような打撃動作であったと考えられる。このようなことから打撃姿勢の違いが腰部最大回旋角度出現時間や肩峰線、大転子線の最大角速度までの時間の差に影響したと考えられる。

また打撃中の肩峰線と大転子線の回旋角度に有意差がないことから、腰部最大回旋角度の出現時間には脊柱の回旋に加え屈曲角度や伸展角度に影響を受けた可能性がある。脊柱の屈曲や伸展に回旋が加わると、屈曲によって腰椎の回旋角度が 13.8%増大し、伸展によって回旋角度が 23.8%減少する<sup>121)</sup>。屈曲や伸展が増強すると椎間板や椎間関節へのストレスが大きくなり腰部障害への一因となる。同じ回旋スポーツであるゴルフにおいても運動連鎖の不良により、脊柱の安定性や遠位部分に影響を及ぼすことが報告されている<sup>122)</sup>。

以上から打撃フォームの習熟度によって最大回旋角度の出現時間に差がみられたと考えられる。経験や技術の差に関係なく脊柱には同じような回旋負荷がかかっていると推察される。しかし、野球経験者と未経験者の腰部最大回旋角度の出現時間に違いがみられたことから、打撃フォームの違いによって脊柱の可動するタイミングには違いがあると推察される。

発育期である小中学生では、未成熟な脊椎に加わる負荷により、腰椎分離症が生じやすいため<sup>123)</sup>、過度な脊柱屈曲伸展による回旋打撃フォームに留意する必要がある。また骨が成熟した高校生以降は、椎間板への負荷による腰椎椎間板ヘルニアなどが増加する<sup>123)</sup>。野球は、身体の3平面（前額面、矢状面、水平面）動作を全て行う特異的な競技で

ある。Gillett Jら<sup>124)</sup>は股関節，脊柱，肩甲骨を取り囲み，支持する筋群に重点を置くことで，適切な関節安定性，より効率的な動作，および筋力を獲得できると述べている。またGillies Aら<sup>125)</sup>は高い回旋トルクを生み出すことは腰椎と腹筋群の役割ではなく，股関節と肩関節の役割であると述べている。つまり腰部への回旋ストレスを減らすためには股関節と肩甲帯の柔軟性を含めた機能を高める必要があると考えられる。

## 第5節 結論

大学男子野球選手の野球打撃動作における腰部回旋挙動を野球未経験者と比較し検討した。

- 1) 腰部回旋角度は両群間に有意差はなく，ともに約20°回旋していた。
- 2) 腰部最大回旋角度出現時間は野球経験あり群が胸腰部での腰椎の回旋で有意に早く最大角度になり，野球経験なし群では腰仙部での仙椎の回旋で早く最大角度になった。
- 3) 両群とも打撃動作の大部分は脊柱以外の動きによって行われており，技術レベルに関係なく脊柱に同じような回旋負荷がかかっていると推察される。しかし，腰部最大回旋角度出現時間で差があったことから，打撃フォームの違いによって脊柱の可動するタイミングには違いがあると推察される。

### 第3章

#### 〔研究課題2〕腰椎椎間板変性を有する大学男子硬式野球選手の身体特徴

##### 第1節 背景・目的

研究課題1より大学野球選手の打撃動作時における腰部回旋挙動を明らかにした。野球打撃動作時にも大部分が脊柱以外の動きによって回旋動作が行われていた。また打撃フォームの違いによって腰部最大回旋角度の出現時間に違いがみられた。野球の打撃回旋動作時においても脊柱の回旋可動域はWhiteら<sup>116)</sup>の報告と同程度であり、過剰な可動性がないことがわかった。しかしながら、野球選手の腰椎分離症の割合が高い<sup>126)</sup>ことや、片側分離症が利き手の反対側に多い<sup>106)</sup>と報告されている。また野球の特異的な姿勢や動作と腰痛には、関連性が指摘されている<sup>25)</sup>。これらは投球や打撃による腰椎への力学的な回旋負荷の反復が一因だと考えられている。Panjabiは骨、関節、靱帯に負荷を加えながら脊柱動作をコントロールしている領域をelastic zone、負荷のかからない領域をneutral zoneと呼んだ<sup>69)</sup>。打撃動作はこのelastic zoneでの運動が繰り返し強えられることにより、椎間板や椎間関節への負荷が加わり続けることになると考えられる。

慢性腰痛の40%以上は椎間板が関与していると言われており<sup>127)</sup>、腰椎椎間板変性と腰痛の既往にも関連性が指摘されている。腰椎椎間板変性の保有割合を競技別でみると、野球は競泳、バスケットボール、剣道、サッカー、陸上よりも高く<sup>32)</sup>、野球の競技特異性による椎間板変性への影響をうかがわせる。また経験した腰痛の程度が強ければ強いほど椎間板変性の割合が高いことも報告されている<sup>32)</sup>。野球による打撃や投球などの力学的負荷を反復することによって椎間板へのストレスが増すことが考えられる。

以上より、野球の特異的な姿勢や動作によって腰椎に力学的負荷がかかり、腰椎椎間板変性に起因する腰痛への影響が疑われる。しかしながら、腰椎椎間板変性に関する野球選手の身体特性や姿勢に注目した研究は少ない。

そこで本研究では大学男子硬式野球選手を腰椎椎間板変性あり群となし群に分け、立位、荷重位の腰仙椎アライメント、体幹筋断面積、関節可動域、関節弛緩性、筋柔軟性を比較することで、野球選手における腰椎椎間板変性の有無による身体的特徴について検討することを目的とした。

## 第2節 方法

### 1. 対象

対象は大学1部リーグに所属する男子硬式野球選手32名とした。身長 $174.7\pm 4.6\text{cm}$ 、体重 $72.8\pm 5.3\text{kg}$ 、BMI $23.8\pm 1.1$ 、年齢 $20.6\pm 1.0$ 歳、競技歴 $11.9\pm 1.6$ 年であった。ポジションは投手9名（28%）、内野手15名（47%）、外野手8名（25%）であった。投打は右投げ右打ち15名（47%）、左投げ左打ち2名（6%）、右投げ左打ち15名（47%）であった。被験者には実験前に本研究の趣旨を説明し、同意を得た上で実施した。通常の練習が行えない者、および急性の腰痛で痛みが強く通常の練習メニューを実施するのが困難な者はいなかった。尚、本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会（承認番号、体27-118号）の承認を得て行った。

### 2. 測定項目および評価方法

#### 1) 腰椎椎間板変性の評価

腰椎MR正中矢状断像にて、腰椎椎間板変性を評価した。MRI装置は0.25Tesla G-scan brio（esaote社製）で、T2強調像（TR/TE=2280/125, Matrix=256×252, Thickness=5.0mm, FOV=320mm）を立位、荷重位にて撮像した（図3-1）。評価対象は、第12胸椎/第1腰椎から第5腰椎/第1仙椎までの6椎間とした。椎間板変性の評価は、信号強度及び椎間板の高さに基づいたPfirrmannら<sup>128)</sup>の分類を用いた。Hangaiら<sup>32)</sup>とKaneokaら<sup>53)</sup>と同様にGrade I からGrade Vまで分類し、Grade III以上を椎間板変性あり

とした（図3-2）．MRI画像の読影は臨床経験が豊富な整形外科医が実施した．



図3-1 G-scan brio（esaote社製）

表3-1 腰椎椎間板変性の分類(pfirrmann 2000より引用)

Grade	Structure	Distinction of Nucleus and Anulus	Signal Intensity	Height of Intervertebral Disc
I	Homogeneous, bright white	Clear	Hyperintense, isointense to cerebrospinal fluid	Normal
II	Inhomogeneous with or without horizontal bands	Clear	Hyperintense, isointense to cerebrospinal fluid	Normal
III	Inhomogeneous, gray	Unclear	Intermediate	Normal to slightly decrease
IV	Inhomogeneous, gray to black	Lost	Intermediate to hypointense	Normal to moderately decreased
V	Inhomogeneous, black	Lost	hypointense	Collapsed disc space

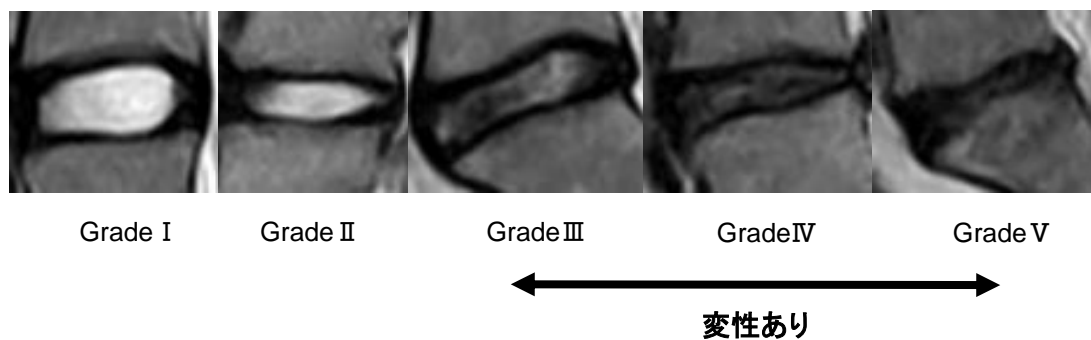


図 3-2 腰椎椎間板変性の分類

## 2) 腰痛調査

慢性腰痛症患者に対する患者立脚型疾患特異的QOL評価尺度であるJapan Low Back Pain Evaluation Questionnaire（以下，JLEQ）によって腰痛の評価を行った．これは慢性腰痛症患者が経験している痛み，日常生活の状態，普段の活動運動機能，健康・精神状態を5段階でたずねる30の設問と痛みの程度をたずねるvisual analog scale（以下，VAS）を加えた自記式の評価機能尺度である<sup>129)</sup>．

## 3) 腰仙椎アライメント

腰椎MR正中矢状断像より，立位，荷重位での腰椎前弯角，仙椎傾斜角を評価した．画像分析ソフトOsiriX（OsiriX Foundation 社製）を用いて，関ら<sup>130)</sup>を参考に腰椎前弯角は第12胸椎下縁と第1仙椎上縁のなす角度を，仙椎傾斜角は第1仙椎の上縁と水平面のなす角を計測した（図3-3）．



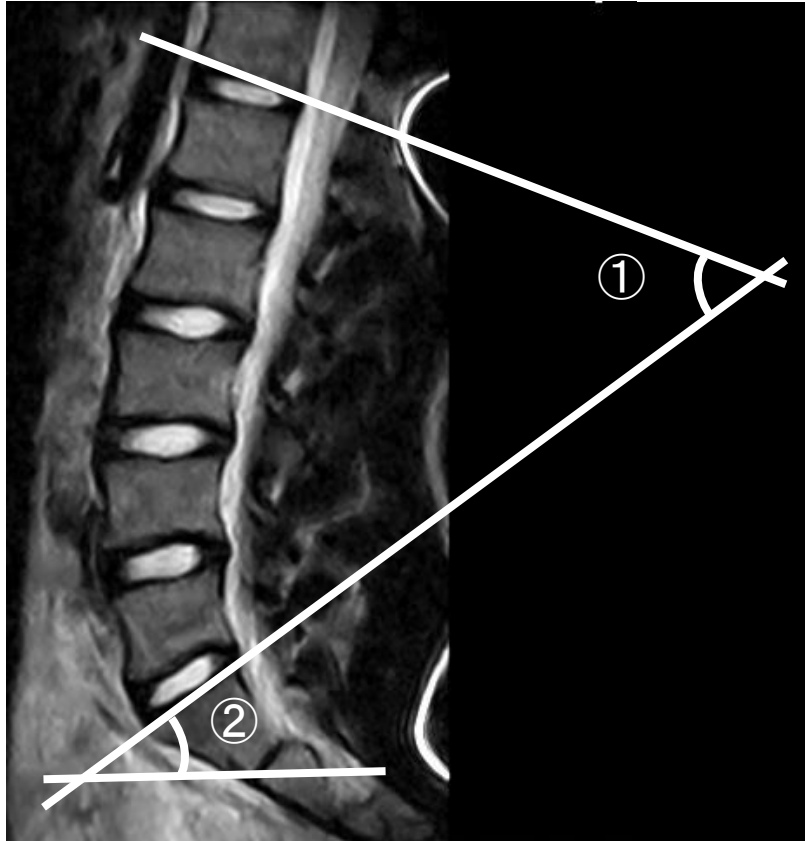


図3-3 腰仙椎アライメント

① 腰椎前弯角

② 仙椎傾斜角

#### 4) 体幹筋断面積

体幹筋断面像はX線CT撮影装置を用いて実施した。X線CT撮影装置はSupria（日立メディコ社製）で、胸腹部撮影を選択した。撮像位置はヤコビーライン直上<sup>131)</sup>とし、椎間板に平行な水平断面とした。得られた水平断面像より筋周囲をトレースし、画像分析ソフトOsiriX（OsiriX Foundation 社製）を用いて筋断面積を算出した（図3-4）。腹直筋，大腰筋，腰方形筋は境界が明確なためそれぞれの筋断面積を算出した。外腹斜筋と内腹斜筋と腹横筋，脊柱起立筋と多裂筋は筋の境界が明確でないため，それぞれ腹斜筋群，背筋群として算出した<sup>132)</sup>。尚，左右は投球側を投球，非投球側を非投球とした。

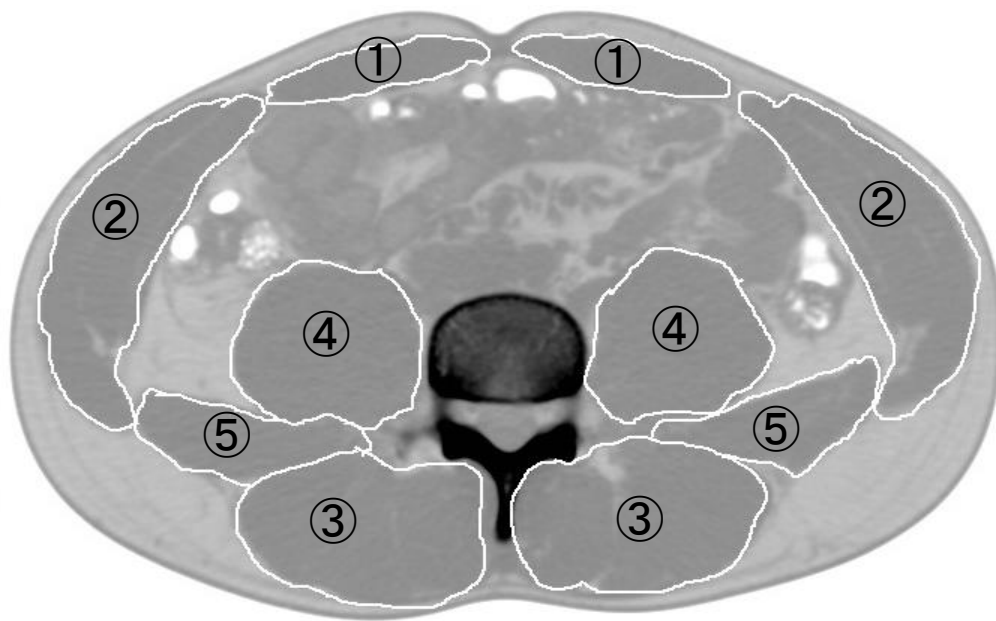


図 3-4 ヤコビー線直上における体幹筋横断面積の測定

- ① 腹直筋 ② 腹斜筋群(外腹斜筋・内腹斜筋・腹横筋)  
 ③ 背筋群(脊柱起立筋・多裂筋) ④ 大腰筋 ⑤ 腰方形筋

#### 5) 関節可動域

胸腰部回旋，股関節内旋および外旋の可動性を検討するため，胸腰部および股関節の自動可動域の測定を行った．関節角度の測定には関節角度計（東大式）を用いた．胸腰部回旋は坐位，股関節内旋，外旋は仰臥位にて測定を行い，各方向について日本リハビリテーション医学会認定の関節可動域測定法に基づいて測定した<sup>133)</sup>．尚，左右は投球側を投球，非投球側を非投球とした．

#### 6) 関節弛緩性テスト

各関節の弛緩性を評価するため，中嶋ら<sup>134)</sup>の方法により手関節，肘関節，肩関節，膝関節，足関節，股関節，脊柱の合計7箇所を測定した．これらが基準の可動域に達した場合陽性となり，手，肘，肩，膝，足の各関節は左右別に0.5点，股関節，脊柱は陽性であれば1点とし，計7点満点で合計点を算出した．

#### 7) 筋タイトネステスト

筋腱の緊張度を評価するため，大腿屈筋は膝伸展のまま股関節を他動的に屈曲した際の角度（Straight Leg Raising test，以下，SLR），傍脊柱筋は膝伸展位にて腰部を最大屈曲し，指と床の距離（指床間距離，Finger Floor Distance，以下，FFD），腸腰筋は対側の股関節を最大屈曲した際の検側の膝窩と床の距離（Thomas test），大腿四頭筋は伏臥位での踵部殿部間距離，（Heel Buttock Distance，以下，HBD）の計4箇所を測定した<sup>135)</sup>．尚，FFDは台より上が+（cm），台より下が-（cm）とした．左右は投球側を投球，非投球側を非投球とした．

#### 8) 各測定項目の投球・非投球差

身体の投球・非投球側での結果の違いを検討するため，腹直筋，腹斜筋群，背筋群，大腰筋，腰方形筋の体重当たりの筋断面積，胸腰部の回旋可動域，股関節の内旋および

外旋可動域，筋タイトネステストのSLR，Thomas test，HBDの6項目について投球・非投球差の絶対値を求め，2群間で検討した．

9) 腰仙椎アライメントと筋タイトネステスト，関節可動域との相関  
椎間板変性あり群となし群の腰椎前弯角，仙椎傾斜角と筋タイトネステストのSLR，FFD，HBD，Thomas testおよび関節可動域の胸腰部回旋，股関節内旋，外旋との相関関係について検討した．

### 3. 統計処理

統計分析は統計的手法には IBM SPSS Statistics Base 25 を用いた。

各項目における腰椎椎間板変性あり群と変性なし群の2 群間の比較は、対応のないt 検定を用いた。また腰仙椎アライメントと筋タイトネステスト、関節可動域との相関関係はピアソンの相関係数を算出し、相関分析を行った。なお、統計学的有意水準はすべて5%未満とした。

### 3節 結果

対象者32名で腰椎椎間板変性の評価の結果、椎間板変性あり群は13名（41%）、変性なし群が19名（59%）であった。以下、変性の有無と測定項目との関係を示す。

#### 1. 身体特性

椎間板変性あり群は13名で身長 $175.1 \pm 4$ cm, 体重 $72.2 \pm 5.1$ kg, BMI $23.5 \pm 1.3$ , 年齢 $20.7 \pm 1$ 歳, 競技歴 $12.1 \pm 1.5$ 年であった。ポジションは投手2名, 内野手7名, 外野手4名であった。投打は右投げ右打ち6名, 左投げ左打ち1名, 右投げ左打ち6名であった。椎間板変性なし群は19名で身長 $174.4 \pm 5$ cm, 体重 $73.3 \pm 4.8$ kg, BMI $24.1 \pm 0.9$  kg/m<sup>2</sup>, 年齢 $20.5 \pm 1$ 歳, 競技歴 $11.8 \pm 1.7$ 年であった。ポジションは投手7名, 内野手8名, 外野手4名であった。投打は右投げ右打ち9名, 左投げ左打ち1名, 右投げ左打ち9名であった。2群間において身長, 体重, BMI, 年齢, 競技歴に有意差は認められなかった（表3-2）。

#### 2. 腰痛調査

JLQLによる腰痛調査のVASおよび質問紙の結果は2群間において有意な差は認められなかった（表3-2）。

表3-2 身体特性および腰痛調査

	椎間板変性あり (n=13)	椎間板変性なし (n=19)	*p<0.05
身体特性			
身長(cm)	175.1 ± 4.0	174.4 ± 5.0	N.S.
体重(kg)	72.2 ± 5.1	73.3 ± 4.8	N.S.
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.5 ± 1.3	24.1 ± 0.9	N.S.
年齢(歳)	20.7 ± 1.0	20.5 ± 1.0	N.S.
競技歴(年)	12.1 ± 1.5	11.8 ± 1.7	N.S.
腰痛調査(JLQL)			
質問紙(点)	5.5 ± 7.4	4.4 ± 9.5	N.S.
VAS(mm)	14.8 ± 14.5	10.7 ± 21.5	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant

### 3. 腰仙椎アライメント

立位での腰椎前弯角は、椎間板変性あり群で $39.7 \pm 12.8^\circ$ 、変性なし群で $50.8 \pm 12.9^\circ$ と変性あり群が有意に小さかった。仙椎傾斜角も、椎間板変性あり群で $30.1 \pm 8.4^\circ$ 、変性なし群で $36.6 \pm 8.4^\circ$ と椎間板変性あり群が有意に小さかった（腰椎前弯角  $p=0.02$ ，仙椎傾斜角  $p=0.04$ ，表3-3）

### 4. 体幹筋断面積

体重当たりの筋断面積は、腹直筋、背筋群、大腰筋、腰方形筋において2群間に有意な差は認められなかった。腹斜筋群（投球）は変性あり群が有意に大きく差が認められた（腹斜筋群（投球）  $p=0.025$ ，表3-3）。



表3-3 腰仙椎アライメントおよび体幹筋断面積

	椎間板変性あり (n=13)	椎間板変性なし (n=19)	*p<0.05
腰仙椎アライメント(deg)			
腰椎前弯角	39.7 ± 12.8	50.8 ± 12.9	*
仙椎傾斜角	30.1 ± 8.4	36.6 ± 8.4	*
体幹筋断面積(cm <sup>2</sup> /kg)			
腹直筋(投球)	0.11± 0.02	0.11 ± 0.02	N.S.
腹直筋(非投球)	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.01	N.S.
腹斜筋群(投球)	0.42 ± 0.06	0.38 ± 0.05	*
腹斜筋群(非投球)	0.38 ± 0.05	0.38 ± 0.05	N.S.
背筋群(投球)	0.38 ± 0.05	0.38 ± 0.05	N.S.
背筋群(非投球)	0.36 ± 0.05	0.38 ± 0.04	N.S.
大腰筋(投球)	0.28 ± 0.03	0.28 ± 0.03	N.S.
大腰筋(非投球)	0.28 ± 0.04	0.27 ± 0.03	N.S.
腰方形筋(投球)	0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.03	N.S.
腰方形筋(非投球)	0.12 ± 0.03	0.13 ± 0.02	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

## 5. 関節可動域

胸腰部回旋可動域，股関節内旋可動域および外旋可動域では，いずれも2群間に有意な差は認められなかった（表3-4）．

## 6. 関節弛緩性テスト

関節弛緩性の結果，椎間板変性あり群が $0.9 \pm 0.8$ 点，変性なし群が $1.0 \pm 1.0$ 点であった．2群間に有意な差は認められなかった（表3-4）．

## 7. 筋タイトネステスト

筋の柔軟性のSLR，FFD，HBD，Thomas testはそれぞれ2群間に有意な差は認められなかった（表3-4）．

表3-4 関節可動域および関節弛緩性テスト, 筋タイトネステスト

	椎間板変性あり (n=13)	椎間板変性なし (n=19)	*p<0.05
関節可動域(deg)			
胸腰部回旋(投球)	54.5 ± 8.3	53.7 ± 8.3	N.S.
胸腰部回旋(非投球)	55.7 ± 10.7	53.6 ± 9.8	N.S.
股関節内旋(投球)	19.7 ± 8.9	17.0 ± 6.2	N.S.
股関節内旋(非投球)	20.3 ± 9.6	19.8 ± 6.0	N.S.
股関節外旋(投球)	42.2 ± 3.7	42.5 ± 8.0	N.S.
股関節外旋(非投球)	45.5 ± 3.6	42.1 ± 7.4	N.S.
関節弛緩性テスト(点)	0.9 ± 0.8	1.0 ± 1.0	N.S.
筋タイトネステスト			
SLR(投球)(deg)	74.0 ± 0.05	77.9 ± 8.1	N.S.
SLR(非投球)(deg)	75.4 ± 0.05	79.2 ± 6.9	N.S.
FFD(cm)	0.5 ± 0.05	-4.4 ± 7.0	N.S.
Thomas test(投球)(cm)	3.5 ± 0.8	3.3 ± 1.6	N.S.
Thomas test(非投球)(cm)	3.2 ± 0.9	3.3 ± 1.1	N.S.
HBD(投球)(cm)	3.3 ± 4.0	1.6 ± 2.7	N.S.
HBD(非投球)(cm)	3.1 ± 4.0	1.7 ± 2.6	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

## 8. 各測定項目の投球・非投球差

筋断面積の腹直筋，背筋群，大腰筋，腰方形筋，胸腰部回旋可動域，股関節外旋可動域，股関節内旋可動域，筋の柔軟性のSLR，HBD，Thomas testはそれぞれの投球・非投球差において2群間に有意差はなかった（表3-5）．腹斜筋群の投球・非投球差において2群間に有意差が認められ，変性あり群の方が投球・非投球差は大きく，腹斜筋（投球）が大きかった（腹斜筋群  $p=0.02$ ，表3-5）．

表3-5 各測定項目の投球・非投球差

	椎間板変性あり (n=13)	椎間板変性なし (n=19)	* $p<0.05$
体幹筋断面積 (cm <sup>2</sup> /kg)			
腹直筋	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	N.S.
腹斜筋群	0.05 ± 0.04	0.02 ± 0.02	*
背筋群	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.02	N.S.
大腰筋	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	N.S.
腰方形筋	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.01	N.S.
関節可動域 (deg)			
胸腰部回旋	8.1 ± 6.0	5.5 ± 3.5	N.S.
股関節内旋	5.9 ± 3.5	4.4 ± 2.8	N.S.
股関節外旋	5.0 ± 3.2	3.7 ± 3.1	N.S.
筋タイトネステスト			
SLR (deg)	4.8 ± 3.0	4.0 ± 3.4	N.S.
Thomas test (cm)	0.6 ± 0.8	0.7 ± 0.7	N.S.
HBD (cm)	1.0 ± 1.6	0.3 ± 0.7	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant

# 9. 腰仙椎アライメントと筋タイトネステスト, 関節可動域との相関

腰仙椎アライメントと筋タイトネステスト, 関節可動域の相関関係は椎間板変性あり群の腰椎前弯角と股関節内旋（投球）, 股関節内旋（非投球）, 股関節外旋（投球）に有意な相関が認められた（股関節内旋（投球） $r=-0.594$ ,  $p=0.032$ , 股関節内旋（非投球） $r=-0.553$ ,  $p=0.021$ , 股関節外旋（投球） $r=0.605$ ,  $p=0.028$ , 表3-6）.

表3-6 腰仙椎アライメントと筋タイトネステスト, 関節可動域との相関

	椎間板変性あり(n=13)				椎間板変性なし(n=19)			
	腰椎前弯角		仙椎傾斜角		腰椎前弯角		仙椎傾斜角	
	r	p	r	p	r	p	r	p
SLR（投球）	-0.093	N.S.	-0.045	N.S.	-0.240	N.S.	-0.182	N.S.
SLR（非投球）	0.008	N.S.	0.042	N.S.	-0.285	N.S.	-0.149	N.S.
FFD	0.182	N.S.	-0.054	N.S.	0.075	N.S.	0.143	N.S.
HBD（投球）	0.065	N.S.	-0.012	N.S.	0.157	N.S.	-0.013	N.S.
HBD（非投球）	0.090	N.S.	0.054	N.S.	0.123	N.S.	-0.110	N.S.
Thomastest（投球）	0.406	N.S.	0.179	N.S.	-0.208	N.S.	-0.058	N.S.
Thomastest（非投球）	-0.272	N.S.	-0.212	N.S.	0.130	N.S.	0.172	N.S.
胸腰部回旋（投球）	-0.300	N.S.	-0.114	N.S.	0.041	N.S.	0.079	N.S.
胸腰部回旋（非投球）	-0.085	N.S.	0.016	N.S.	-0.114	N.S.	-0.004	N.S.
股関節内旋（投球）	-0.594	*	-0.535	N.S.	0.164	N.S.	0.311	N.S.
股関節内旋（非投球）	-0.553	*	-0.454	N.S.	0.205	N.S.	0.344	N.S.
股関節外旋（投球）	0.605	*	0.422	N.S.	0.219	N.S.	0.315	N.S.
股関節外旋（非投球）	-0.379	N.S.	-0.453	N.S.	0.119	N.S.	0.165	N.S.

\* $p<0.05$

N.S, Not Significant

## 4 節 考察

本研究では大学男子硬式野球選手における腰椎椎間板変性の有無による身体特性の特徴を検討した。

腰椎椎間板変性の評価は椎間板変性あり群が13名（41%）であった。先行研究においてHangaiら<sup>32)</sup>は59.7%，小山ら<sup>57)</sup>は34.4%に大学野球選手の椎間板変性があったと報告している。本研究の対象者は大学1部リーグに所属している学生のため，総体的に競技レベルが高く練習量が多いと推察される。身体特性は身長，体重，BMI，年齢，競技歴に有意な差は認められなかった。また腰痛調査であるJLEQにおいても有意な差は認められなかった。これは腰痛が椎間板変性以外にも，腰椎分離症や椎間関節症，筋筋膜性腰痛症，心理的要因などにも関係があると考えられる。腰仙椎アライメントは，腰椎前弯角と仙椎傾斜角において椎間板変性群あり群で有意に小さかった。腰椎の後弯（flat back）では椎間板への軸圧が大きくなり，変性が促進されたと考えられる。

また椎間板変性は腰痛との関連を指摘されており，慢性腰痛者における骨盤・腰椎アライメントは骨盤後傾位及び腰椎後弯であったと報告している<sup>136)</sup>。腰椎がflat back時には骨盤は後傾位である。骨盤後傾位による胸郭・骨盤・脊柱の回旋可動域は骨盤中間位より小さくなる<sup>137)</sup>。野球に多い回旋動作においては椎間関節の接触圧が高く，このような姿位での繰り返しの投球，打撃，守備などによる回旋動作は腰椎への回旋ストレスを増加させると考えられる。腰椎前弯位の腰痛患者はL1-L2に椎間板変性が多く，腰椎後弯位の腰痛患者はL5-S1に椎間板変性が多い<sup>138)</sup>。これらのことから椎間板変性あり群は椎間板が変性することにより腰椎前弯角，仙椎傾斜角のアライメント変化が起こり，結果として腰椎に力学的負荷がかかっていたと

推察された。

体幹筋断面積は体重あたりの筋断面積において椎間板変性あり群が腹斜筋群（投球）で有意に大きく、投球・非投球差においても有意に大きかった。回旋スポーツにおける筋の非対称性は散見される<sup>139,140,141)</sup>。野球では投手と打者において非投球側の腹斜筋群が大きいことが報告されている<sup>142,143)</sup>。しかし、本研究では椎間板変性あり群において投球側の腹斜筋群が大きかった。

この要因として腰仙椎のアライメント角度が考えられる。変性あり群の腰仙椎アライメントは腰椎後弯（flat back）であることから骨盤は後傾位であり、胸郭・骨盤・脊柱の回旋角度は少ない。その際回旋同側股関節内旋、対側の股関節外旋可動域も制限を受ける<sup>137)</sup>。本研究では変性あり群の回旋同側（非投球側）の股関節内旋可動域が21.1°と低値であった。また対側（投球側）の股関節外旋可動域は42.2°と正常値に近い値であった。これは投球時における対側の股関節外旋筋に対する遠心性収縮により可動域制限の影響が少なかったと考えられる。投球の際に非投球側の股関節の可動域制限があると骨盤の回旋運動が制限されることで、体幹や上肢に依存したフォームとなり、腰部にストレスが加わる<sup>144)</sup>。このようなことから股関節および骨盤の回旋不足から、非投球側の腹斜筋群に収縮不全などの機能低下が起こり、非投球側への側屈が強まり、投球側の腹斜筋群に代償的な筋発揮が起こったと考えられる。投球と類似動作<sup>92)</sup>である打撃においても同様のことが考えられる。

また関節可動域のみの比較では両群において有意な差は認められなかった。このことから関節可動域のみではなく腰仙椎アライメントとの関係によって身体特性に影響が出ると考えられた。

腰仙椎アライメントと股関節の関節可動域の相関結果では、椎間板変性あり群の腰椎前弯角と股関節内旋（投球）、内旋（非投球）、外旋（投球）の角度において

相関関係が認められた。股関節内旋可動域においては両側に負の相関を示し、股関節内旋可動域が小さいほど腰椎前弯角が大きくなった。つまり、椎間板変性を有した状態で股関節内旋可動域の制限がある場合、回旋動作を腰椎の回旋に伸展を加えて代償することが考えられる。そのため股関節内旋可動域の制限が強いほど、腰椎に過度な回旋ストレスが繰り返しかかり、変性あり群内での腰椎前弯角の増大につながったと推察される。これらの変性あり群と変性なし群の身体特性の違いは、股関節可動域制限の投球や打撃に対する筋の適応を示す結果ではないかと考えられる。

野球では投手と野手による股関節可動域や筋力に特性があり<sup>145)</sup>、これらや筋柔軟性の低下は上肢障害の要因になる<sup>101)</sup>。また野球のシーズン中には股関節可動域の減少がみられるとの報告もある<sup>146)</sup>。このような状態での投球・打撃・守備による回旋動作の繰り返しは椎間板変性をより進行させ、腰部障害を引き起こす可能性がある。そのため股関節の十分な可動性を確保することが重要である。それ以外にもHBDが仙椎傾斜角・胸椎後弯角の増大を招き脊椎アライメントに影響を及ぼすという報告<sup>130)</sup>や大腿部の筋タイトネスが投球中の肩や肘の痛みに影響を及ぼすと指摘している報告もある<sup>147)</sup>。また野球の投球障害の発生率を減少させるにはストレッチングを含めた身体機能改善プログラムを行うことが効果的であったという報告がある<sup>148)</sup>。

これらのことから股関節を含めた下肢の筋柔軟性にも注意を払う必要がある。胸腰部可動域、股関節可動域、筋タイトネステスト、関節弛緩性テストはいずれも両群間で有意な差は認められなかった。椎間板変性はMRIの画像変化としては不可逆的な変化であり、一度変性した椎間板の所見がなくなることはない<sup>28)</sup>。そのため調査時の結果は椎間板変性あり群の中に腰痛が消失している者が存在していたことが一因と考えられる。

本研究において大学野球選手の椎間板変性あり群の立位、荷重位MRIにおける腰



椎前弯角，仙椎傾斜角が変性なし群に比して有意に小さいことが分かった．立位，荷重位での腰仙椎アライメントの違いは野球の特異的な姿位による身体への影響を知る上で重要な知見である．また椎間板変性あり群の腹斜筋群の非対称性も明らかになった．体幹筋群の不均衡や股関節の可動域制限も腰仙椎アライメントの影響を受けていると推察される．これらの結果から野球による身体特性の変化が椎間板変性の進行に影響を与えていたのではないかと考えられる．

## 5 節 結論

32名の大学男子硬式野球選手における腰椎椎間板変性の有無により変性あり群13名，変性なし群19名に分け，身体的特徴を比較した．

- 1) 椎間板変性あり群の立位，荷重位MRIによる腰椎前弯角，仙椎傾斜角が有意に小さかった．
- 2) 椎間板変性あり群の体幹筋断面積の腹斜筋群の投球側が有意に大きく，投球・非投球側差においても腹斜筋群が有意に大きかった．
- 3) 椎間板変性あり群の腰椎前弯角と股関節内旋可動域の投球側，非投球側，外旋可動域の投球側に有意な相関が認められた．股関節内旋角度においては両側に負の相関を示し，股関節内旋可動域が小さいほど変性あり群内での腰椎前弯角が大きくなった．

## 第4章

### 【研究課題3】腰椎椎間板変性の有無による野球打撃動作時の腰部回旋挙動および体幹筋活動の検討

#### 第1節 背景・目的

研究課題1では、大学野球選手の打撃動作時の腰部回旋が約 $20^{\circ}$ であり、過剰な回旋がみられないことから腰部への繰り返しの回旋負荷による影響があると推察された。研究課題2では、腰椎椎間板変性の有無による大学野球選手の身体特徴の結果、腰仙椎アライメント、体幹横断面積、関節可動域に違いがみられた。

以上より、野球の特異的な姿勢や動作によって腰椎に力学的負荷がかかることで腰椎椎間板変性の促進への影響が疑われる。しかしながら野球選手の打撃動作に注目した腰椎椎間板変性に関する研究はない。腰椎椎間板変性は退行性変化であり変性を有していても腰痛のない選手も存在している。そのような状態も含まれている野球選手の打撃動作や筋活動を検討することで、腰椎椎間板変性の野球打撃動作の特徴やそこで得られたデータにより腰部障害プログラム作成への一助となると考えた。

そこで本研究では大学男子硬式野球選手を腰椎椎間板変性あり群となし群に分け、打撃動作を調査し比較することで、野球選手における腰椎椎間板変性の有無による身体的特徴について検討することを目的とした。

## 第2節 方法

### 1. 対象および方法

対象は大学1部リーグに所属する硬式野球選手の野手18名とした。身長 $175.3\pm 4.7\text{cm}$ 、体重 $74.3\pm 5.7\text{kg}$ 、BMI $24.1\pm 1.1$ 、年齢 $20.2\pm 1.1$ 歳、競技歴 $11.2\pm 1.8$ 年であった。投打は右投げ右打ち8名（44%）、左投げ左打ち1名（6%）、右投げ左打ち9名（50%）であった。被験者には実験前に本研究の趣旨を説明し、同意を得た上で実施した。通常の練習が行えない者、および急性の腰痛で痛みが強く通常の練習メニューを実施するのが困難な者はいなかった。尚、本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会（承認番号、体27-118号）の承認を得て行った。

### 2. 測定項目

#### 1) 腰椎椎間板変性の評価

腰椎MR正中矢状断像にて、腰椎椎間板変性を評価した。MRI装置は0.25Tesla G-scan brio（esaote社製）で、T2強調像（TR/TE=2280/125，Matrix=256×252，Thickness=5.0mm，FOV=320mm）を立位、荷重位にて撮像した（図2-1）。評価対象は、第12胸椎/第1腰椎から第5腰椎/第1仙椎までの6椎間とした。研究課題1と同じく椎間板変性の評価は、信号強度及び椎間板の高さに基づいたPfarrmannら<sup>128)</sup>の分類を用いた。Hangaiら<sup>32)</sup>とKaneokaら<sup>53)</sup>と同様にGrade I からGrade Vまで分類し、Grade III以上を椎間板変性ありとした（図3-2）。MRI画像の読影は臨床経験が豊富な整形外科医が実施した。

## 2) 打撃動作分析および筋活動解析

### (1) 動作課題

ティースタンド上のボールをバッティングするティーバッティングを3スイングずつ行なった(図4-1)。ボールは硬式球、バットは木製バットを使用した。ティーの高さは被験者のベルトの高さに、位置はベースのほぼ中央部に合わせた。各被験者には通常の打撃動作で真正面に打ち返すように指示した。ティーバッティングを3回行ったうちの最もバットスイングスピード(3. 評価項目1)打撃動作分析に詳述)が速かった試技を分析対象とした。



図 4-1 ティーバッティング

### 3. 評価項目

#### 1) 打撃動作分析

##### (1) 実験装置および測定方法

図 4-2 に実験時の実験機器の配置を示した。データ収集には赤外線カメラ 14 台を含む光学式 3 次元自動動作分析装置（VICON MX+, Vicon Motion Systems 社製）と 2 台のフォースプレート（9281A, 9287B, Kistler 社製）を用いた。図 4-4 に被験者に貼付した専用マーカの位置を示した。被験者に貼付した専用マーカの 3 次元座標データをサンプリング周波数 250Hz で、地面反力データをサンプリング周波数 1000Hz で収集した。



図 4-2 実験時の機器の配置図

## (2) 静止座標系の定義

被験者の進む向きを水平方向を Y 軸，鉛直上向き方向を Z 軸，被験者の左右方向を X 軸とし，X 軸，Y 軸，Z 軸からなる座標系を静止座標系と定義した（図 4-3）。

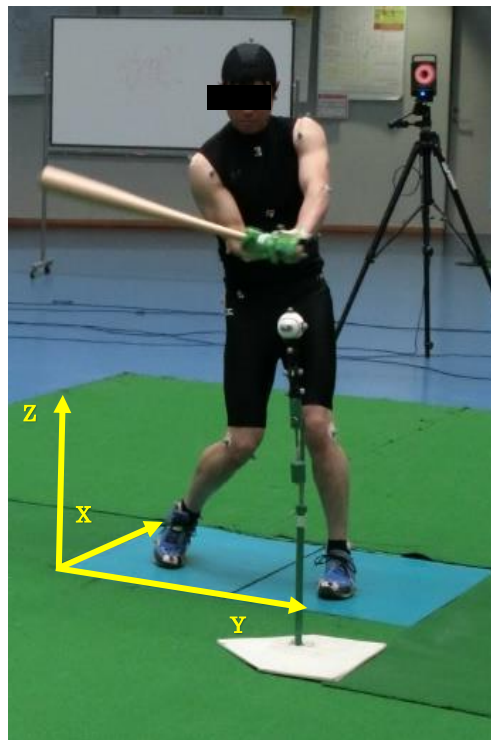


図 4-3 静止座標系

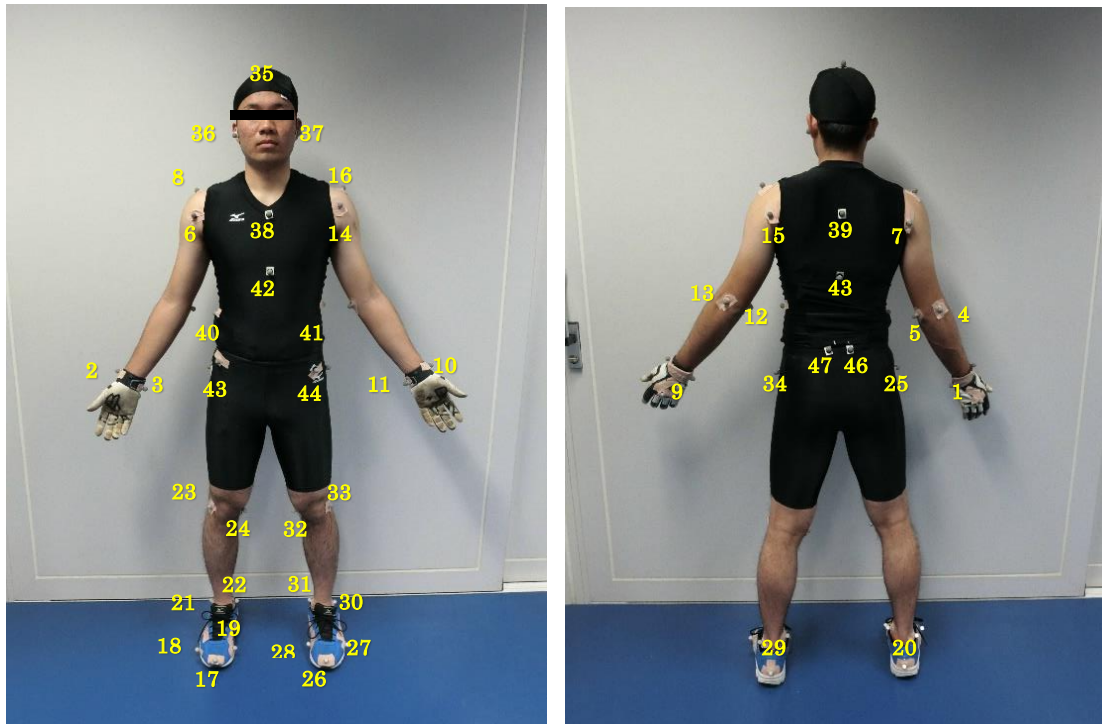


図 4-4 被験者のマーカー貼付位置

1 Right 3rd metacarpal (RHND)	17 Right toe (RTOE)	33 Left knee medial side (LKNM)
2 Right styloid process of ulna (RWRL)	18 Right 1st metatarsal (RBAL)	34 Left trochanter major (LTRO)
3 Right styloid process of radius (RWRM)	19 Right 5th metatarsal (RBAM)	35 Top of head (HEAD)
4 Right elbow lateral side (RELL)	20 Right calcaneus (RHEL)	36 Right ear (REAR)
5 Right elbow medial side (RELM)	21 Right malleolus medialis (RAN)	37 Left ear (LEAR)
6 Right shoulder frontal side (RSHF)	22 Right malleolus lateralis (RKNM)	38 Suprasternals frontal side (STEF)
7 Right shoulder back side (RSHB)	23 Right knee medial side (RANM)	39 Suprasternals back side (STEB)
8 Right acromion (RSHA)	24 Right knee lateral side (RKNL)	40 Right rib (RRIB)
9 Left 3rd metacarpal (LHND)	25 Left toe (RTRO)	41 Left rib (LRIB)
10 Left styloid process of radius (LWRL)	26 Right trochanter major (LTOE)	42 Xiphoid process frontal side (XIPF)
11 Left styloid process of ulna (LWRM)	27 Left 5th metatarsal (LBAL)	43 Xiphoid process back side (XIPB)
12 Left elbow lateral side (LELL)	28 Left 1st metatarsal (LBAM)	44 Right anterior superior iliac spine (RASI)
13 Left elbow medial side (LELM)	29 Left calcaneus (LHEL)	45 Left anterior superior iliac spine (LASI)
14 Left shoulder frontal side (LSHF)	30 Left malleolus lateralis (LANL)	46 Right posterior superior iliac spine (RPSI)
15 Left shoulder back side (LSHB)	31 Left malleolus medialis (LANM)	47 Left posterior superior iliac spine (LPSI)
16 Left acromion (LSHA)	32 Left knee lateral side (LKNL)	48 Bat head (BHEAD)
		49 Bat end (BEND)



### (3) データ処理

#### A. 3次元座標値の算出

収集した被験者の身体各部に貼付した 3 次元座標データに対して, Wells and Winter<sup>115)</sup>の方法を用いて最適遮断周波数 (10.0-25.0Hz) を決定し, Butterworth digital filter を用いて平滑化処理を行った.

#### B. 関節角度および角速度の算出

本研究に用いた関節角度は水平面 (XY平面) における角度を示し, 右肩峰と左肩峰の midpoint を肩峰線, 右大転子と左大転子の midpoint を大転子線, 右上前腸骨棘と左上前腸骨棘の midpoint を骨盤線とし各々の角度を変性あり群となし群で比較検討した. 肩峰線の角度と大転子線の角度との差を体幹の捻転の角度 (以下, 捻転) とした (図4-5). また, それぞれの角度を時間微分することにより, 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の角速度を算出した. また得られた座標値から時間微分することによりバットヘッドのスイングスピードを算出した.

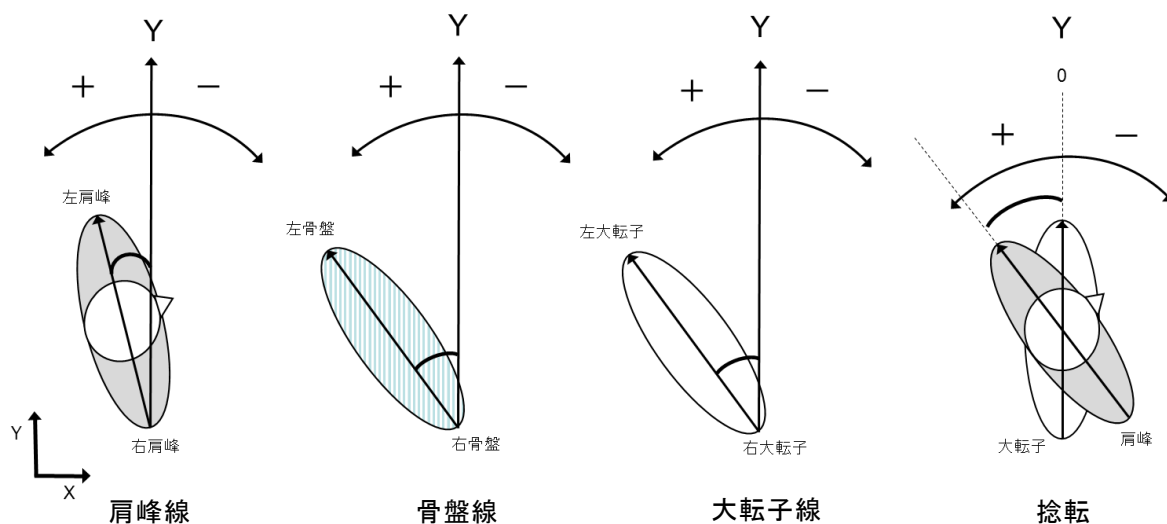


図4-5 角度定義

#### （４）局面定義

図4-5に本研究における動作のイベントと局面の定義を示した．本研究では，ティーバッティング動作の肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の回旋角度および回旋角速度を分析した．Foot ReleaseからFollow Throughまでを分析範囲とした．Foot Release，Foot Contact，Take Back，Max Bat Speed，Follow Throughの地点での回旋角度および回旋角速度を分析した．またFoot Release～Foot Contact，Foot Contact～Take Back，Take Back～Max Bat Speed，Max Bat Speed～Follow Throughの区間ではそれぞれの平均角速度を分析した．Foot Contactから肩峰線，大転子線，骨盤線の最大角速度到達時間，肩峰線と大転子線，肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差を分析した．（図4-6）．

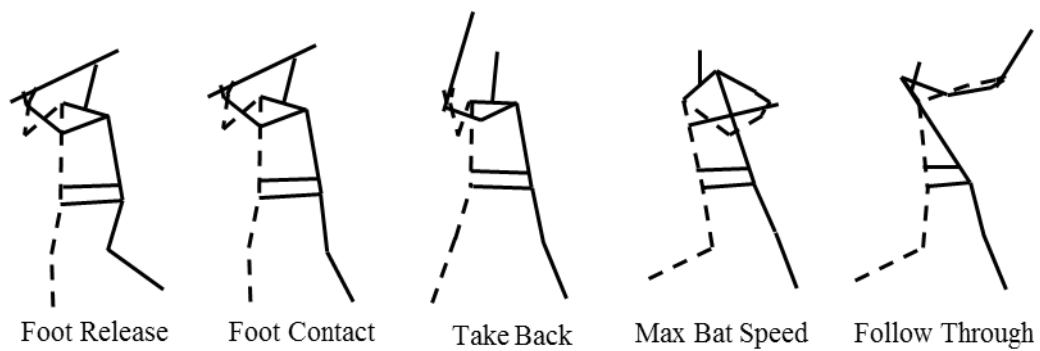


図4-6 野球打撃動作の位相

- Foot Release :      踏出脚が地面から離れた直後の時点
- Foot Contact :      踏出脚が地面に着いた時点
- Take Back :      Take Back時の最大捻転角度の時点
- Max Bat Speed :      バットヘッドスピードの最も大きい時点
- Follow Through :      Follow Through時の最大捻転角度の時点

## 2) 表面筋電図解析

### (1) 実験装置および筋電位の測定方法

筋電図の記録には、テレマイオDTS (Noraxon inc. USA) を用いた (図4-6) 。被験筋は左右の腰部脊柱起立筋 (Erector spinae ; 以下, ES) , 多裂筋 (Multifidus ; 以下, MF) , 広背筋 (Latissimus dorsi ; 以下, LD) , 中殿筋 (Gluteus medius ; 以下, GMe) , 腹直筋 (Rectus abdominis ; 以下, RA) , 外腹斜筋 (External Oblique ; 以下, EO) , 内腹斜筋 (Internal Oblique ; 以下, IO) , の14筋とした。また左右の被験筋は打撃の踏出し脚側と軸脚側とした。電極は各筋の筋線維方向と平行になるように貼付した。筋電図のアーチファクトを最小化するために、皮膚研磨剤およびアルコール脱脂綿にて十分な皮膚処理をして角質除去を行った後、電極を貼付した。電極にはBlue sensor (Ambu製. Denmark, 図4-7) を用いた。表面電極の貼付は下野<sup>149)</sup>を参考に電極間距離2cmで貼付した (表4-1) 。導出された筋電位は、EMGアンプによって増幅され、サンプリング周波数1500HzでA/D 変換した上で、パーソナルコンピュータ内に記録した。

### (2) 最大随意収縮時の筋電位測定

各測定 of 筋電位を比較するために、最大随意収縮 (Maximum Voluntary Contraction ; 以下, MVC) 時の筋電位を測定した。MVC は対象者に 3 秒間の随意的な最大等尺性収縮を行わせ、MVC 時の活動電位が安定した 1 秒間の実行値 (Root Mean Square ; 以下, RMS) を MVC とした。

### (3) 筋電位データの処理

筋電波形の解析は、MR3 Myomuscle (Noraxon inc. USA) を使用した。測定した筋

電位のデータは、10～500Hz でバンドパスフィルタリングを行うことでモーションアーチファクトを除去し、その後全波整流処理を行った。

解析区間は、前足Foot ReleaseからFollow Throughまでとし、Foot Release、Foot Contact、Max Bat Speed、Follow Through測定時との解析区間で得られた筋活動電位の値をMVCで除すことによって%MVCを算出し筋活動量とした。機器の同期には外部アナログ出力モジュールの接続によりVICONと表面筋電計の同期信号および光信号によって時間軸を一致させた。



図 4-7 テレマイオ DTS (Noraxon inc. USA) (左)および  
Blue sensor (Ambu 製. Denmark) (右)

表 4-1 電極貼付位置一覧

被験筋		電極貼付位置
腰部脊柱起立筋	ES	第 3 腰椎棘突起外側 2cm
多裂筋	MF	第 5 腰椎棘突起すぐ外側
広背筋	LD	肩甲骨下角の下方 4cm
中殿筋	GMe	大転子と腸骨稜を結ぶ線の近位 1/3
腹直筋	RA	臍の外側約 2cm
外腹斜筋	EO	第 8 肋骨外側下
内腹斜筋	IO	上前腸骨棘を結んだ線の約 2cm 下方

#### 4. 統計処理

統計分析は統計的手法にはIBM SPSS Statistics Base 25を用いた.

各項目における腰椎椎間板変性あり群と変性なし群の2群間のFoot Release, Foot Contact, Take Back, Max Bat Speed, Follow Throughの各区分における肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の角度, 角速度およびFoot Release～Foot Contact, Foot Contact～Take Back, Take Back～Max Bat Speed, Max Bat Speed～Follow Throughの平均角速度, Foot Contactから肩峰線, 大転子線, 骨盤線の最大角速度までの時間, 肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差は対応のないt 検定を用いた. 筋活動の比較は, 正規分布を示さなかったため, マン・ホイットニーのU検定を使用した. なお, 統計学的有意水準はすべて5%未満とした.

### 3節 結果

対象者18名で腰椎椎間板変性の評価の結果、椎間板変性あり群は7名（39%）、変性なし群が11名（61%）であった。以下、変性の有無と測定項目との関係を示す。

#### 1. 身体特性

椎間板変性あり群は7名で身長 $175.9 \pm 3.2$ cm、体重 $75.4 \pm 4.6$ kg、BMI $24.3 \pm 0.9$ kg/m<sup>2</sup>、年齢 $20.3 \pm 0.9$ 歳、競技歴 $10.9 \pm 2.5$ 年であった。投打は右投げ右打ち3名、左投げ左打ち1名、右投げ左打ち3名であった。椎間板変性なし群は11名で身長 $174.4 \pm 5.4$ cm、体重 $72.5 \pm 5.2$ kg、BMI $23.8 \pm 0.9$ kg/m<sup>2</sup>、年齢 $20.5 \pm 1.2$ 歳、競技歴 $11.4 \pm 1.3$ 年であった。投打は右投げ右打ち3名、右投げ左打ち8名であった。2群間において身長、体重、BMI、年齢、競技歴に有意差は認められなかった（身長  $p=0.69$ 、体重  $p=0.51$ 、BMI  $p=0.48$ 、年齢  $p=0.85$ 、競技歴  $p=0.58$ 、表4-2）。

表4-2 椎間板変性の有無で比較した身体特性

身体特性	椎間板変性あり (n=7)	椎間板変性なし (n=11)	* $p<0.05$
身長(cm)	$175.9 \pm 3.2$	$174.4 \pm 5.4$	N.S.
体重(kg)	$75.4 \pm 4.6$	$72.5 \pm 5.2$	N.S.
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	$24.3 \pm 0.9$	$23.8 \pm 0.9$	N.S.
年齢(歳)	$20.3 \pm 0.9$	$20.5 \pm 1.2$	N.S.
競技歴(年)	$10.9 \pm 2.5$	$11.4 \pm 1.3$	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant



## 2. 打撃動作分析

### 1) 関節角度

#### (1) 肩峰線

肩峰線の最大回旋角度は変性あり群が  $179.6 \pm 9.1^\circ$  であり，変性なし群が  $182.4 \pm 16.7^\circ$  であった．2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.69$ ，表 4-3)．

また区間ごとに分けた肩峰線の回旋角度は変性あり群の Foot Release が  $-31.7 \pm 10.6^\circ$ ，Foot Contact が  $-54.8 \pm 9.8^\circ$ ，Take Back が  $-27.6 \pm 13.7^\circ$ ，Max Bat Speed が  $66.1 \pm 10.0^\circ$ ，Follow Through が  $152.0 \pm 7.8^\circ$  であった．変性なし群の Foot Release は  $-22.2 \pm 9.7^\circ$ ，Foot Contact が  $-51.9 \pm 9.1^\circ$ ，Take Back が  $-29.1 \pm 12.7^\circ$ ，Max Bat Speed が  $66.5 \pm 31.4^\circ$ ，Follow Through が  $153.3 \pm 13.2^\circ$  であった．それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.068$ ，Foot Contact  $p=0.53$ ，Take Back  $p=0.82$ ，Max Bat Speed  $p=0.98$ ，Follow Through  $p=0.81$ ，表 4-4)．

#### (2) 大転子線

大転子線の最大回旋角度は変性あり群が  $85.6 \pm 12.8^\circ$  であり，変性なし群が  $80.8 \pm 18.8^\circ$  であった．2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.56$ ，表 4-3)．

また区間ごとに分けた肩峰線の回旋角度は変性あり群の Foot Release が  $-18.9 \pm 11.2^\circ$ ，Foot Contact が  $-32.9 \pm 7.7^\circ$ ，Take Back が  $5.8 \pm 11.3^\circ$ ，Max Bat Speed が  $62.2 \pm 9.5^\circ$ ，Follow Through が  $88.7 \pm 10.9^\circ$  であった．変性なし群の Foot Release は  $-9.4 \pm 7.2^\circ$ ，Foot Contact が  $-28.0 \pm 5.1^\circ$ ，Take Back が  $10.0 \pm 15.6^\circ$ ，Max Bat Speed が  $65.4 \pm 15.7^\circ$ ，Follow Through が  $90.6 \pm 8.4^\circ$  であった．それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.042$ ，Foot Contact  $p=0.12$ ，Take Back  $p=0.55$ ，Max Bat Speed  $p=0.64$ ，Follow Through  $p=0.68$ ，表 4-4)．

### (3) 骨盤線

骨盤線の最大回旋角度は変性あり群が  $92.1 \pm 8.3^\circ$  であり，変性なし群が  $82.0 \pm 19.3^\circ$  であった．2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.22$ ，表 4-3)．

また区間ごとに分けた肩峰線の回旋角度は変性あり群の Foot Release が  $-21.1 \pm 13.1^\circ$ ，Foot Contact が  $-34.5 \pm 7.7^\circ$ ，Take Back が  $6.4 \pm 12.1^\circ$ ，Max Bat Speed が  $67.2 \pm 9.1^\circ$ ，Follow Through が  $98.5 \pm 8.4^\circ$  であった．変性なし群の Foot Release は  $-12.9 \pm 6.8^\circ$ ，Foot Contact が  $-29.7 \pm 5.4^\circ$ ，Take Back が  $16.9 \pm 20.9^\circ$ ，Max Bat Speed が  $70.8 \pm 18.2^\circ$ ，Follow Through が  $98.9 \pm 8.0^\circ$  であった．それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.16$ ，Foot Contact  $p=0.14$ ，Take Back  $p=0.25$ ，Max Bat Speed  $p=0.64$ ，Follow Through  $p=0.91$ ，表 4-4)．

### (4) 捻転

肩峰線角度および大転子線角度の最大値から求めた肩峰線角度－大転子線角度である捻転の最大回旋角度は，変性あり群が  $101.8 \pm 13.5^\circ$  であり，変性なし群が  $96.7 \pm 11.6^\circ$  であった．2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.42$ ，表 4-3)．

また区間ごとに分けた捻転の回旋角度は変性あり群の Foot Release が  $12.8 \pm 7.6^\circ$ ，Foot Contact が  $23.9 \pm 9.6^\circ$ ，Take Back が  $39.1 \pm 10.5^\circ$ ，Max Bat Speed が  $-1.1 \pm 16.9^\circ$ ，Follow Through が  $-62.7 \pm 9.6^\circ$  であった．変性なし群の Foot Release は  $12.8 \pm 5.4^\circ$ ，Foot Contact が  $-21.9 \pm 6.1^\circ$ ，Take Back が  $33.4 \pm 4.4^\circ$ ，Max Bat Speed が  $-4.2 \pm 6.3^\circ$ ，Follow Through が  $-63.2 \pm 12.6^\circ$  であった．それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.99$ ，Foot Contact  $p=0.64$ ，Take Back  $p=0.13$ ，Max Bat Speed  $p=0.64$ ，Follow Through  $p=0.92$ ，表 4-4)．

## 2) スイングスピード

バッティングのスイングスピードは変性あり群が  $35.9 \pm 2.8 \text{ m/s}$ 、変性なし群が  $35.7 \pm 4.3 \text{ m/s}$  であり 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.88$ , 表 4-4)。

表4-3 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の最大回旋角度

最大回旋角度(deg)	椎間板変性あり	椎間板変性なし	* $p < 0.05$
	(n=7)	(n=11)	
肩峰線	$179.6 \pm 9.1$	$182.4 \pm 16.7$	N.S.
大転子線	$85.6 \pm 12.8$	$80.8 \pm 18.8$	N.S.
骨盤線	$92.1 \pm 8.3$	$82.0 \pm 19.3$	N.S.
捻転	$101.8 \pm 13.5$	$96.7 \pm 11.6$	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant

表4-4 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の各区間の角度とスイングスピード

		椎間板変性あり (n=7)	椎間板変性なし (n=11)	*p<0.05
角度(deg)				
肩峰線	Foot Release	-31.7 ± 10.6	-22.2 ± 9.7	N.S.
	Foot Contact	-54.8 ± 9.8	-51.9 ± 9.1	N.S.
	Take Back	-27.6 ± 13.7	-29.1 ± 12.7	N.S.
	Max Bat Speed	66.1 ± 10.0	66.5 ± 31.4	N.S.
	Follow Through	152.0 ± 7.8	153.3 ± 13.2	N.S.
角度(deg)				
大転子	Foot Release	-18.9 ± 11.2	-9.4 ± 7.2	*
	Foot Contact	-32.9 ± 7.7	-28.0 ± 5.1	N.S.
	Take Back	5.8 ± 11.3	10.0 ± 15.6	N.S.
	Max Bat Speed	62.2 ± 9.5	65.4 ± 15.7	N.S.
	Follow Through	88.7 ± 10.9	90.6 ± 8.4	N.S.
角度(deg)				
骨盤線	Foot Release	-21.1 ± 13.1	-12.9 ± 6.8	N.S.
	Foot Contact	-34.5 ± 7.7	-29.7 ± 5.4	N.S.
	Take Back	6.4 ± 12.1	16.9 ± 20.9	N.S.
	Max Bat Speed	67.2 ± 9.1	70.8 ± 18.2	N.S.
	Follow Through	98.5 ± 8.4	98.9 ± 8.0	N.S.
角度(deg)				
捻転	Foot Release	-12.8 ± 7.6	-12.8 ± 5.4	N.S.
	Foot Contact	-23.9 ± 9.6	-21.9 ± 6.1	N.S.
	Take Back	-39.1 ± 10.5	-33.4 ± 4.4	N.S.
	Max Bat Speed	1.1 ± 16.9	4.2 ± 6.3	N.S.
	Follow Through	62.7 ± 9.6	63.2 ± 12.6	N.S.
スイングスピード(m/s)		35.9 ± 2.8	35.7 ± 4.3	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

### 3) 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の最大角速度および各区間の角速度

#### (1) 肩峰線

肩峰線の最大角速度は変性あり群が  $1087.8 \pm 87.0$  deg/s であり, 変性なし群が  $1110.1 \pm 86.9$  deg/s であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.60$ , 表 4-5).

また区間ごとに分けた肩峰線の角速度は変性あり群の Foot Release が  $-25.4 \pm 27.8$  deg/s, Foot Contact が  $90.1 \pm 55.1$  deg/s, Take Back が  $592.5 \pm 99.4$  deg/s, Max Bat Speed が  $894.1 \pm 177.1$  deg/s, Follow Through が  $8.76 \pm 26.4$  deg/s であった. 変性なし群の Foot Release は  $-20.3 \pm 11.1$  deg/s, Foot Contact が  $40.9 \pm 42.2$  deg/s, Take Back が  $530.5 \pm 158.2$  deg/s, Max Bat Speed が  $789.3 \pm 307.1$  deg/s, Follow Through が  $1.9 \pm 14.5$  deg/s であった. それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.66$ , Foot Contact  $p=0.048$ , Take Back  $p=0.37$ , Max Bat Speed  $p=0.42$ , Follow Through  $p=0.49$ , 表 4-6).

#### (2) 大転子線

大転子線の最大角速度は変性あり群が  $583.4 \pm 83.8$  deg/s であり, 変性なし群が  $555.4 \pm 50.4$  deg/s であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.39$ , 表 4-5).

また区間ごとに分けた大転子線の角速度は変性あり群の Foot Release が  $-22.5 \pm 17.8$  deg/s, Foot Contact が  $175.7 \pm 107.3$  deg/s, Take Back が  $513.6 \pm 94.2$  deg/s, Max Bat Speed が  $334.4 \pm 91.4$  deg/s, Follow Through が  $14.6 \pm 28.3$  deg/s であった. 変性なし群の Foot Release は  $-25.0 \pm 17.2$  deg/s, Foot Contact が  $155.6 \pm 115.9$  deg/s, Take Back が  $471.3 \pm 99.7$  deg/s, Max Bat Speed が  $332.4 \pm 179.7$  deg/s, Follow Through が  $3.9 \pm 14.9$  deg/s であった. それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.77$ ,

Foot Contact  $p=0.71$ , Take Back  $p=0.38$ , Max Bat Speed  $p=0.98$ , Follow Through  $p=0.30$ , 表 4-6).

### (3) 骨盤線

骨盤線の最大角速度は変性あり群が  $605.8 \pm 72.1 \text{ deg/s}$  であり, 変性なし群が  $581.9 \pm 51.0 \text{ deg/s}$  であった. 2 群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.42$ , 表 4-5).

また区間ごとに分けた肩峰線の角速度は変性あり群の Foot Release が  $-13.8 \pm 21.2 \text{ deg/s}$ , Foot Contact が  $193.4 \pm 91.9 \text{ deg/s}$ , Take Back が  $551.1 \pm 94.2 \text{ deg/s}$ , Max Bat Speed が  $387.1 \pm 84.8 \text{ deg/s}$ , Follow Through が  $10.2 \pm 26.7 \text{ deg/s}$  であった. 変性なし群の Foot Release は  $-17.3 \pm 17.4 \text{ deg/s}$ , Foot Contact が  $223.6 \pm 110.2 \text{ deg/s}$ , Take Back が  $517.9 \pm 98.1 \text{ deg/s}$ , Max Bat Speed が  $324.7 \pm 210.4 \text{ deg/s}$ , Follow Through が  $1.2 \pm 14.8 \text{ deg/s}$  であった. それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.71$ , Foot Contact  $p=0.56$ , Take Back  $p=0.49$ , Max Bat Speed  $p=0.39$ , Follow Through,  $p=0.37$ , 表 4-6).

### (4) 捻転

捻転の最大角速度は, 変性あり群が  $632.3 \pm 147.8 \text{ deg/s}$  であり, 変性なし群が  $642.2 \pm 112.6 \text{ deg/s}$  であった. 2群間に有意な差は認められなかった ( $p=0.87$ , 表4-5).

また区間ごとに分けた捻転の角速度は変性あり群のFoot Releaseが  $-2.4 \pm 19.4 \text{ deg/s}$ , Foot Contact が  $-83.3 \pm 61.4 \text{ deg/s}$ , Take Back が  $77.8 \pm 37.1 \text{ deg/s}$ , Max Bat Speed が  $555.9 \pm 214.7 \text{ deg/s}$ , Follow Throughが  $-6.9 \pm 5.7 \text{ deg/s}$  であった. 変性なし群のFoot Release は  $4.8 \pm 17.9 \text{ deg/s}$ , Foot Contactが  $-114.6 \pm 97.8 \text{ deg/s}$ , Take Backが  $59.9 \pm 97.1 \text{ deg/s}$ , Max Bat Speedが  $456.9 \pm 228.1 \text{ deg/s}$ , Follow Throughが  $-1.9 \pm 3.19 \text{ deg/s}$  であった. それぞれの

群間において有意な差は認められなかった (Foot Release  $p=0.43$ , Foot Contact  $p=0.46$ , Take Back  $p=0.53$ , Max Bat Speed  $p=0.37$ , Follow Through  $p=0.028$ , 表4-6).

表4-5 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の最大角速度

最大角速度 (deg/s)	椎間板変性あり	椎間板変性なし	* $p<0.05$
	( $n=7$ )	( $n=11$ )	
肩峰線	$1087.8 \pm 87.0$	$1110.1 \pm 86.9$	N.S.
大転子線	$583.4 \pm 83.8$	$555.4 \pm 50.4$	N.S.
骨盤線	$605.8 \pm 72.1$	$581.9 \pm 51.0$	N.S.
捻転	$632.3 \pm 147.8$	$642.2 \pm 112.6$	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

表4-6 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の各区間の角速度

		椎間板変性あり (n=7)	椎間板変性なし (n=11)	*p<0.05
角速度 (deg/s)				
肩峰線	Foot Release	-25.4 ± 27.8	-20.3 ± 11.1	N.S.
	Foot Contact	90.1 ± 55.1	40.9 ± 42.2	*
	Take Back	592.5 ± 99.4	530.5 ± 158.2	N.S.
	Max Bat Speed	894.1 ± 177.1	789.3 ± 307.1	N.S.
	Follow Through	8.76 ± 26.4	1.9 ± 14.5	N.S.
角速度 (deg/s)				
大転子線	Foot Release	-22.5 ± 17.8	-25.0 ± 17.2	N.S.
	Foot Contact	175.7 ± 107.3	155.6 ± 115.9	N.S.
	Take Back	513.6 ± 94.2	471.3 ± 99.7	N.S.
	Max Bat Speed	334.4 ± 91.4	332.4 ± 179.7	N.S.
	Follow Through	14.6 ± 28.3	3.9 ± 14.9	N.S.
角速度 (deg/s)				
骨盤線	Foot Release	-13.8 ± 21.2	-17.3 ± 17.4	N.S.
	Foot Contact	193.4 ± 91.9	223.6 ± 110.2	N.S.
	Take Back	551.1 ± 94.2	517.9 ± 98.1	N.S.
	Max Bat Speed	387.1 ± 84.8	324.7 ± 210.4	N.S.
	Follow Through	10.2 ± 26.7	1.2 ± 14.8	N.S.
角速度 (deg/s)				
捻転	Foot Release	-2.4 ± 19.4	4.8 ± 17.9	N.S.
	Foot Contact	-83.3 ± 61.4	-114.6 ± 97.8	N.S.
	Take Back	77.8 ± 37.1	59.9 ± 97.1	N.S.
	Max Bat Speed	555.9 ± 214.7	456.9 ± 228.1	N.S.
	Follow Through	-6.9 ± 5.7	-1.9 ± 3.2	*

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant



#### 4) 肩峰線, 大転子線, 骨盤線, 捻転の各区間の平均角速度

##### (1) 肩峰線

区間ごとに分けた肩峰線の平均角速度は変性あり群の Foot Release～Foot Contact が  $-27.7 \pm 7.7$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $312.4 \pm 73.2$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $945.6 \pm 100.9$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $212.5 \pm 33.3$  deg/s であった。変性なし群の Foot Release～Foot Contact が  $-29.9 \pm 11.6$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $233.5 \pm 74.8$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $884.9 \pm 137.1$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $175.3 \pm 59.9$  deg/s であった。Foot Contact～Take Back において有意な差が認められた。それ以外の群間では有意な差は認められなかった (Foot Release～Foot Contact  $p=0.66$ , Foot Contact～Take Back  $p=0.043$ , Take Back～Max Bat Speed  $p=0.33$ , Max Bat Speed～Follow Through  $p=0.16$ , 表 4-7)。

##### (2) 大転子線

区間ごとに分けた大転子線の平均角速度は変性あり群の Foot Release～Foot Contact が  $-16.1 \pm 5.7$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $384.5 \pm 88.9$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $492.6 \pm 42.6$ , Max Bat Speed～Follow Through が  $64.8 \pm 16.5$  deg/s であった。変性なし群の Foot Release～Foot Contact が  $-18.8 \pm 8.4$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $337.9 \pm 71.4$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $453.5 \pm 61.1$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $49.6 \pm 33.2$  deg/s であった。それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release～Foot Contact  $p=0.66$ , Foot Contact～Take Back  $p=0.043$ , Take Back～Max Bat Speed  $p=0.33$ , Max Bat Speed～Follow Through  $p=0.16$ , 表 4-7)。

### (3) 骨盤線

区間ごとに分けた大転子線の平均角速度は変性あり群の Foot Release～Foot Contact が  $-15.5 \pm 6.9$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $405.0 \pm 85.2$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $533.6 \pm 43.9$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $76.4 \pm 15.9$  deg/s であった。変性なし群の Foot Release～Foot Contact が  $-17.3 \pm 8.0$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $399.9 \pm 72.1$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $450.2 \pm 114.6$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $55.8 \pm 36.1$  deg/s であった。Take Back～Max Bat Speed において有意な差が認められた。それ以外の群間では有意な差は認められなかった (Foot Release～Foot Contact  $p=0.64$ , Foot Contact～Take Back  $p=0.89$ , Take Back～Max Bat Speed  $p=0.049$ , Max Bat Speed～Follow Through  $p=0.18$ , 表 4-7)。

### (4) 捻転

区間ごとに分けた捻転の平均角速度は変性あり群の Foot Release～Foot Contact が  $-11.6 \pm 5.9$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $-116.5 \pm 39.6$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $361.8 \pm 76.2$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $146.8 \pm 30.2$  deg/s であった。変性なし群の Foot Release～Foot Contact が  $-12.1 \pm 6.1$  deg/s, Foot Contact～Take Back が  $-141.9 \pm 69.9$  deg/s, Take Back～Max Bat Speed が  $342.8 \pm 114.0$  deg/s, Max Bat Speed～Follow Through が  $125.9 \pm 37.2$  deg/s であった。それぞれの群間において有意な差は認められなかった (Foot Release～Foot Contact  $p=0.87$ , Foot Contact～Take Back  $p=0.39$ , Take Back～Max Bat Speed  $p=0.70$ , Max Bat Speed～Follow Through  $p=0.23$ , 表 4-7)。

尚, 腰椎椎間板変性の有無による打撃時の回旋角度および角速度の1例を図4-8に示した。

表4-7 肩峰線，大転子線，骨盤線，捻転の各区間の平均角速度

	椎間板変性あり (n=7)	椎間板変性なし (n=11)	*p<0.05
平均角速度(deg/s)			
肩峰線			
Foot Release～Foot Contact	-27.7 ± 7.7	-29.9 ± 11.6	N.S.
Foot Contact～Take Back	312.4 ± 73.2	233.5 ± 74.8	*
Take Back～Max Bat Speed	945.6 ± 100.9	884.9 ± 137.1	N.S.
MaxBatSpeed～Follow Through	212.5 ± 33.3	175.3 ± 59.9	N.S.
平均角速度(deg/s)			
大転子線			
Foot Release～Foot Contact	-16.1 ± 5.7	-18.8 ± 8.4	N.S.
Foot Contact～Take Back	384.5 ± 88.9	337.9 ± 71.4	N.S.
Take Back～Max Bat Speed	492.6 ± 42.6	453.5 ± 61.1	N.S.
MaxBatSpeed～Follow Through	64.8 ± 16.5	49.6 ± 33.2	N.S.
平均角速度(deg/s)			
骨盤線			
Foot Release～Foot Contact	-15.5 ± 6.9	-17.3 ± 8.0	N.S.
Foot Contact～Take Back	405.0 ± 85.2	399.9 ± 72.1	N.S.
Take Back～Max Bat Speed	533.6 ± 43.9	450.2 ± 114.6	*
MaxBatSpeed～Follow Through	76.4 ± 15.9	55.8 ± 36.1	N.S.
平均角速度(deg/s)			
捻転			
Foot Release～Foot Contact	-11.6 ± 5.9	-12.1 ± 6.1	N.S.
Foot Contact～Take Back	-116.5 ± 39.6	-141.9 ± 69.9	N.S.
Take Back～Max Bat Speed	361.8 ± 76.2	342.8 ± 114.0	N.S.
MaxBatSpeed～Follow Through	146.8 ± 30.2	125.9 ± 37.2	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した。

N.S, Not Significant

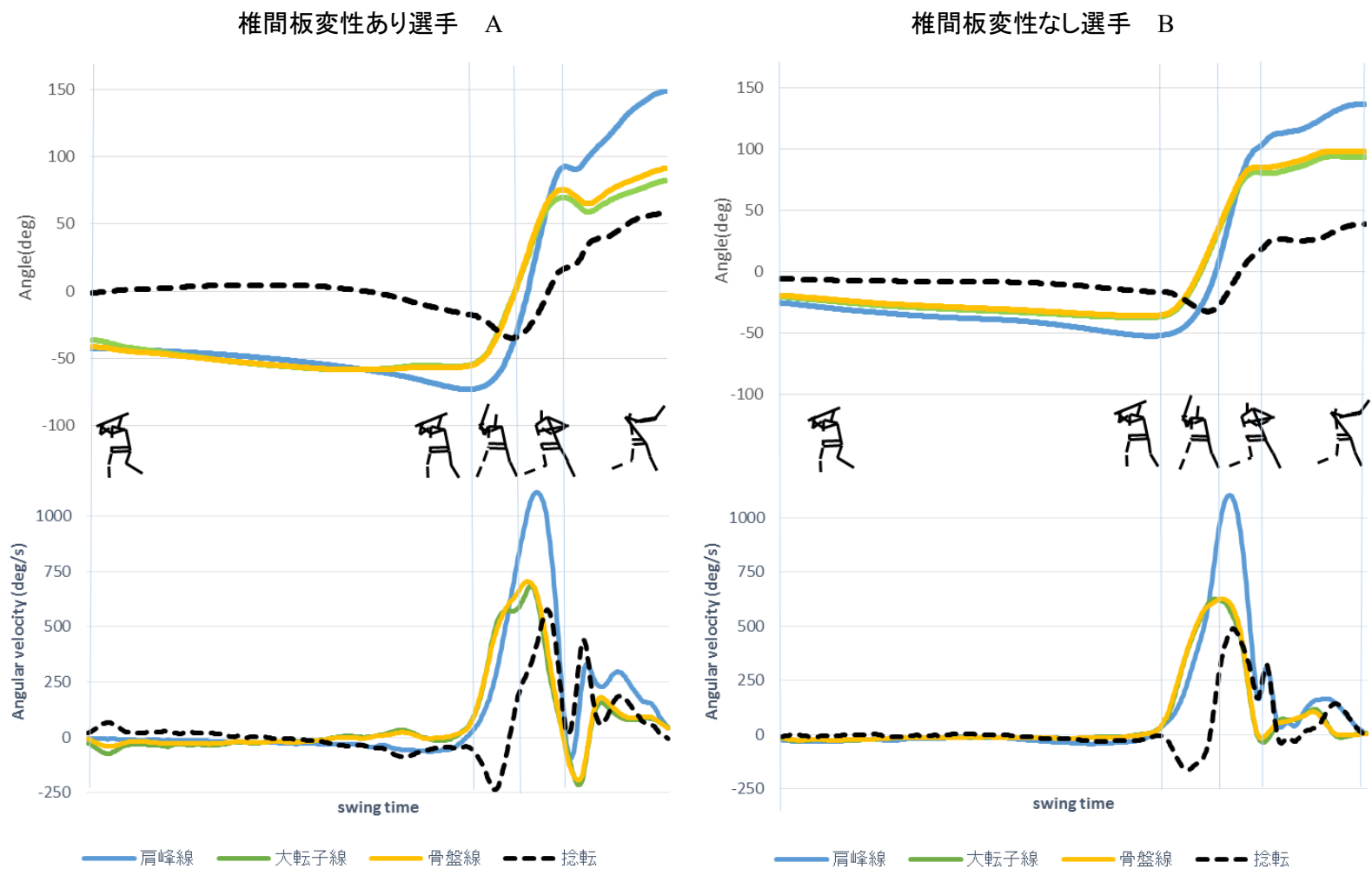


図4-8 打撃動作時の肩峰線，大転子線，骨盤線の回旋角度および角速度の1例（椎間板変性あり選手A，椎間板変性なし選手B）

## 5) 最大角速度到達時間

### (1) Foot Contactから肩峰線, 大転子線, 骨盤線の最大角速度までの時間

Foot Contactから最大角速度までの到達時間は, 変性あり群は肩峰線で $0.071 \pm 0.02s$ , 大転子線で $0.034 \pm 0.03s$ , 骨盤線で $0.043 \pm 0.02s$ だった. 変性なし群が肩峰線で $0.075 \pm 0.02s$ , 大転子線で $0.039 \pm 0.03s$ , 骨盤線で $0.023 \pm 0.04s$ だった. それぞれ各群間に有意な差は認められなかった. (肩峰線  $p=0.19$ , 大転子線  $p=0.16$ , 骨盤線 $p=0.85$ , 表4-8).

表4-8 Foot Contact から肩峰線, 大転子線, 骨盤線の最大角速度までの時間

最大角速度到達時間(s)	椎間板変性あり	椎間板変性なし	* $p<0.05$
	(n=7)	(n=11)	
肩峰線	$0.165 \pm 0.02$	$0.184 \pm 0.03$	N.S.
大転子線	$0.126 \pm 0.02$	$0.150 \pm 0.03$	N.S.
骨盤線	$0.134 \pm 0.02$	$0.136 \pm 0.02$	N.S.

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

(2) 肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差

肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差は, 変性あり群は肩峰線－大転子線で $0.039 \pm 0.02s$ , 肩峰線－骨盤線で $0.027 \pm 0.01s$ だった. 変性なし群が肩峰線－大転子線で $0.034 \pm 0.01s$ , 肩峰線－骨盤線で $0.052 \pm 0.03s$ だった. 変性あり群の肩峰線－骨盤線が変性なし群より短く有意な差が認められた (肩峰線－大転子線  $p=0.58$ , 肩峰線－骨盤線  $p=0.046$ , 表4-9).

表4-9 肩峰線と大転子線, 肩峰線と骨盤線の最大角速度までの時間の差

最大角速度時間差 (s)	椎間板変性あり	椎間板変性なし	* $p<0.05$
	(n=7)	(n=11)	
肩峰線－大転子線	$0.039 \pm 0.02$	$0.034 \pm 0.01$	N.S.
肩峰線－骨盤線	$0.027 \pm 0.01$	$0.052 \pm 0.03$	*

値は平均値±標準偏差で示した.

N.S, Not Significant

### 3. 筋活動解析

#### 1) 打撃動作時の筋活動

それぞれの筋における打撃動作の各区間の%MVCをグラフに表した（図4-8～11）.

##### （1）Foot Release

Foot Releaseでは、全ての筋において変性あり群と変性なし群で筋活動の変化はみられなかった（図4-9）.

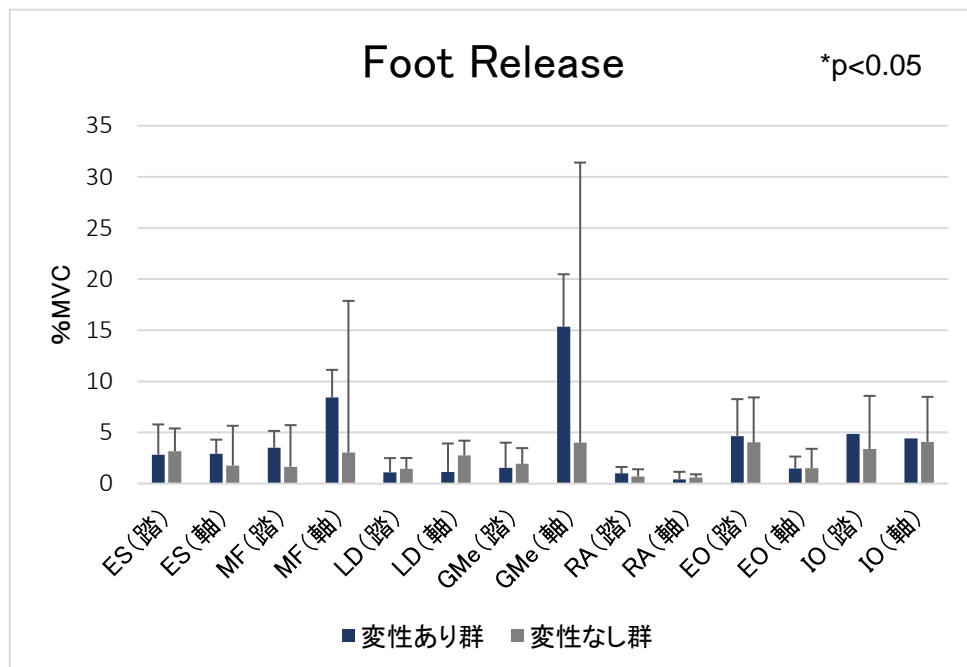


図4-9 Foot Release時の各筋の%MVC

ES：腰部脊柱起立筋, MF：多裂筋, LD：広背筋, GMe：中殿筋

RA：腹直筋, EO：外腹斜筋, IO：内腹斜筋

## (2) Foot Contact

Foot Contactでは、GMeの軸脚側において変性あり群が有意に大きい値を示した（GMe（軸） $p=0.02$ ）。それ以外の筋では有意な差はみられなかった（図4-10）。

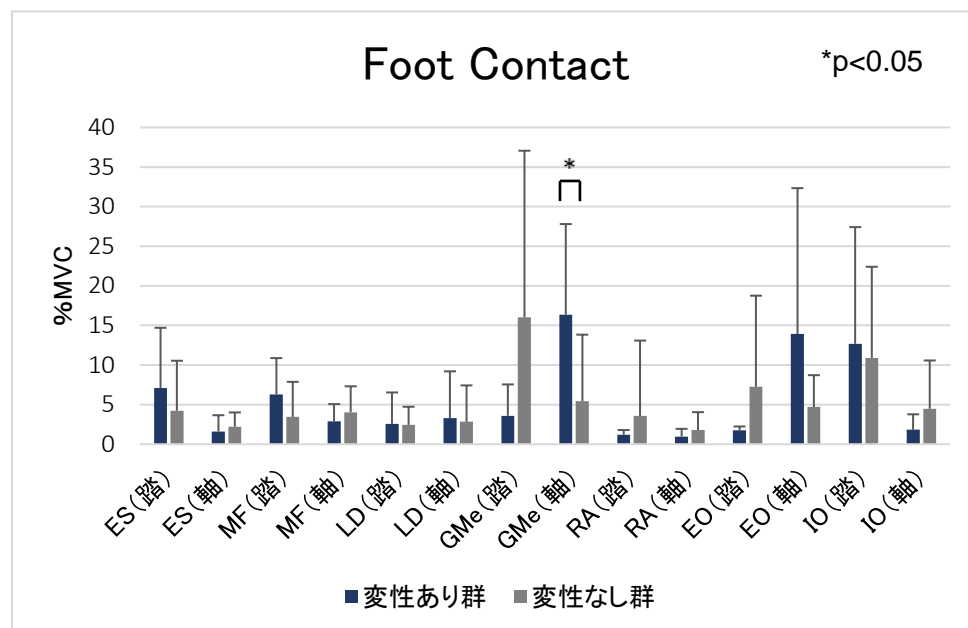


図4-10 Foot Contact時の各筋の%MVC

ES：腰部脊柱起立筋, MF：多裂筋, LD：広背筋, GMe：中殿筋

RA：腹直筋, EO：外腹斜筋, IO：内腹斜筋



### (3) Take Back

Take Backでは、各筋において有意な差はみられなかった（図4-11）。

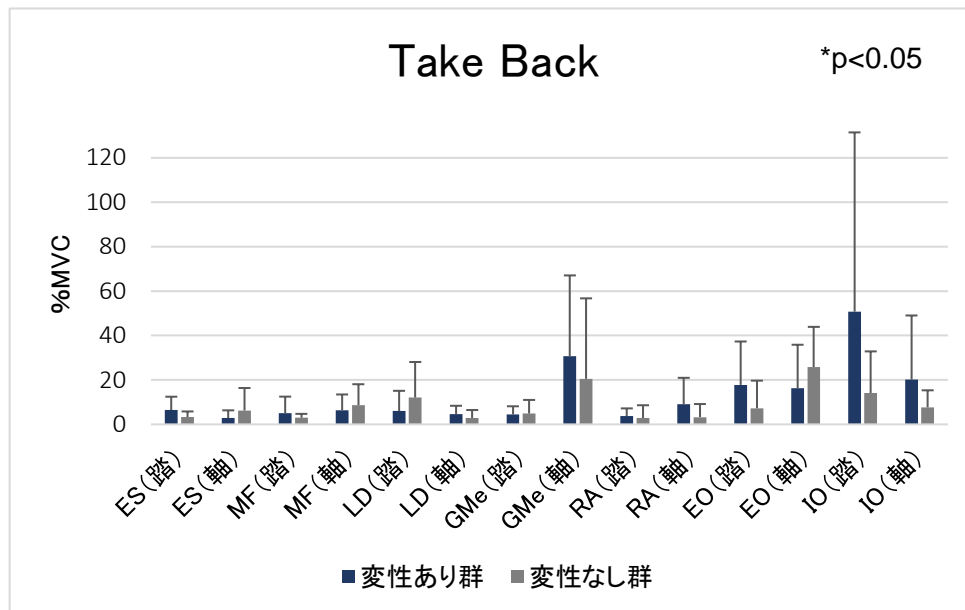


図4-11 Take Back時の各筋の%MVC

ES：腰部脊柱起立筋, MF：多裂筋, LD：広背筋, GMe：中殿筋

RA：腹直筋, EO：外腹斜筋, IO：内腹斜筋

#### (4) Max Bat Speed

Max Bat Speedでは、ESの軸脚側、GMeの踏出脚側において変性あり群が有意に大きい値を示した（ES（軸） $p=0.044$ ，GMe（踏） $p=0.035$ ）。それ以外の筋では有意な差はみられなかった（図4-12）。

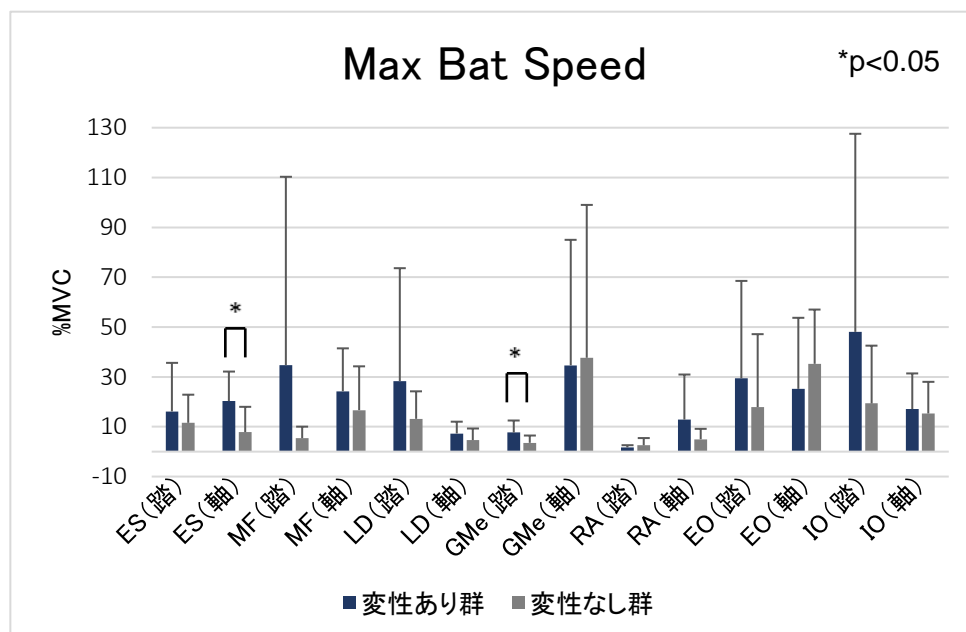


図4-12 Max Bat Speed時の各筋の%MVC

ES：腰部脊柱起立筋，MF：多裂筋，LD：広背筋，GMe：中殿筋

RA：腹直筋，EO：外腹斜筋，IO：内腹斜筋

### (5) Follow Through

Follow Throughでは、ESの踏出脚側、GMeの軸脚側において変性あり群が有意に大きい値を示した（ES（踏） $p=0.035$ ，GMe（軸） $p=0.008$ ）。またLDの踏出脚側において変性なし群が有意に大きい値を示した（LD（踏） $p=0.044$ ，図4-13）。

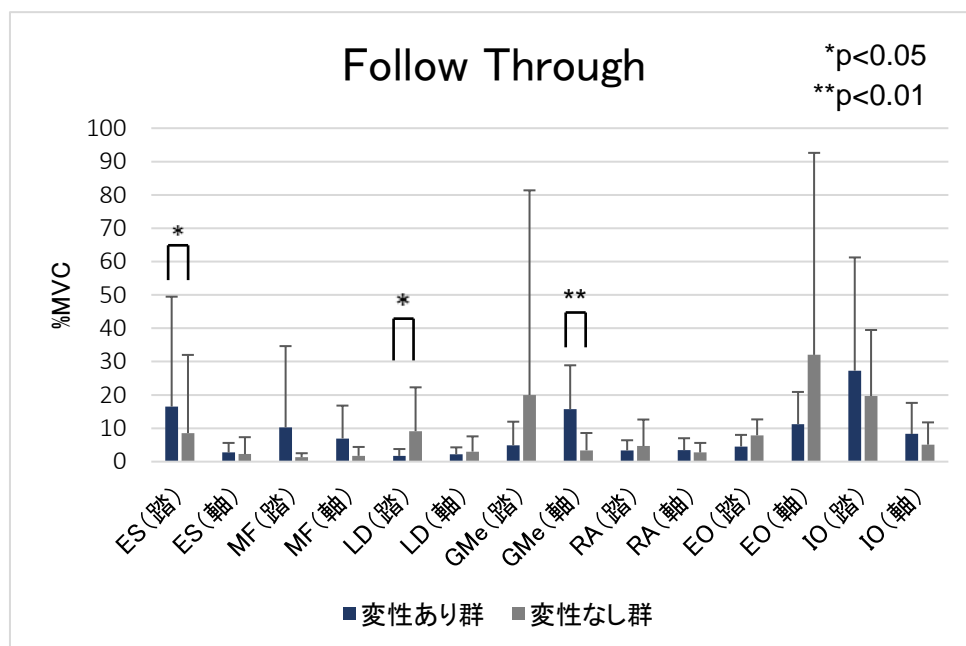


図4-13 Follow Through時の各筋の%MVC

ES：腰部脊柱起立筋，MF：多裂筋，LD：広背筋，GMe：中殿筋

RA：腹直筋，EO：外腹斜筋，IO：内腹斜筋

#### 4節 考察

本研究では腰椎椎間板変性の有無による大学野球選手の打撃動作による腰部回旋挙動および体幹筋活動を検討した。

その結果、各区間に腰部回旋挙動および筋活動に違いがみられた。また最大角速度到達時間においても椎間板変性の有無により違いがみられた。

野球の投球や打撃は力と動きの連続的な伝達を可能にする身体セグメントの機械的連結である運動連鎖の活性化によって達成される<sup>96,150,151)</sup>。適切な運動連鎖に影響を与えるキネマティックシーケンスとして、類似動作の野球投球動作<sup>92)</sup>では骨盤の最大角速度時間の遅延や<sup>152,153)</sup>、骨盤線の最大角速度と肩峰線の最大角速度との間の時間の増加と肩骨頭求心力の減少との相関を報告している<sup>154)</sup>。本研究では肩峰線、大転子線、骨盤線のFoot Contactから最大角速度到達までの時間において群間に有意な差は認められなかった。しかし、骨盤線から肩峰線までの最大角速度到達時間の差において変性なし群が有意に遅い結果となった。骨盤線のみと比較では有意な差はなかったことから、遠位セグメントの機能に影響する体幹部の筋肉や関節の機能に椎間板変性の有無による影響があったと推察される。これらのキネマティックシーケンスの違いにより、変性あり群は各区分での角速度が大きくなり、スイング終盤であるFollow Throughの捻転角速度の差にまで影響したと考えられる。バッティングパフォーマンスの指標であるバットスピードには有意な差は認められなかったことから打撃動作の違いは腰椎椎間板変性有無による特徴の可能性が考えられる。

しかし、これらの打撃動作が椎間板変性の結果によって起きたのか、結果として椎間板変性になったのかは横断調査のため本研究では明らかにできない。

その中で要因として考えられるのは、体幹部の運動制御不全によるキネマティックシーケンスの乱れが挙げられる。機能的な体幹を保つためには、アライメントをPanjabi<sup>69)</sup>の運動制御システムによるnewtral zoneに維持することや体幹部を他の筋群と

共縮し剛性を高め<sup>72)</sup>、スタビリティ関節として固定する必要がある<sup>155)</sup>。また隣接する関節の胸椎と股関節はモビリティ関節として動きの役割を分離して機能させる必要がある<sup>155)</sup>。運動制御不全の場合、単関節筋機能不全によって多関節筋の過活動が起こり、外傷障害の原因となる<sup>156)</sup>。また先行研究<sup>157)</sup>では脊柱安定性低下を補うために脊柱起立筋が過活動を起こすことも報告されている。本研究では、変性あり群の体幹回旋中の中殿筋と脊柱起立筋の筋活動が有意に大きかったことから、運動制御機能不全による筋過活動の状態であったと推察される。脊柱の不安定性の増大は体幹や骨盤の過度の回旋を生み出し、腰痛を発生させる可能性がある<sup>69,158)</sup>。つまり運動制御不全による体幹の剛性不足をこれらの筋で代償していたと考えられる。

研究課題2の結果のように、変性あり群は腰仙椎アライメントの低角度や股関節柔軟性不足などの特徴があり回旋可動性に制限が起こると考えられる。結果として、体幹部は過剰な回旋動作によって代償し運動制御不全になった可能性がある。このような状態で繰り返しの打撃動作を行えば、外腹斜筋や内腹斜筋を含む体幹筋に過剰な負荷がかかることにより脊柱の安定性が失われ、腰椎椎間板を含む軟部組織にストレスがかかると考えられる。体幹は力学的エネルギーの伝達経路であるため<sup>93)</sup>、安定性を高めた上で四肢の筋群との協調活動をする必要がある。脊柱の不安定性やアライメント異常は腰部への過剰な捻れ回旋や負荷を招き、腰椎分離症などの障害につながる危険が考えられる<sup>112)</sup>。

以上のことから腰椎椎間板変性を有する野球選手の打撃動作は身体特徴や動作の変化による結果、腰椎椎間板の変性を引き起こしたと推察される。

野球の運動制御に関する先行研究では、投手の腰仙部制御の不安定さが投球時の肩水平外転トルクおよび肘外反トルク増加を招くこと<sup>159)</sup>や外傷障害の増加、重症度の増加、復帰にかかる日数も長いことが報告されている<sup>160)</sup>。また投球パフォーマンスにおいても与四球や被安打数に差があると報告されている<sup>161)</sup>。

運動制御不全が体幹部のみではなく遠位の外傷障害を招くことから、腰椎椎間板変性の野球選手は、腰部を含めた体幹筋の運動制御機能を適切に活動させる必要がある。

その上で打撃動作を行うことが、障害予防につながる一つの方法であると考える。運動制御機能不全による解決には、姿勢、アライメント、筋活動、動作の修正を中心に評価していく必要がある<sup>162)</sup>。またそれら3つを相互に関連させた上で問題を修正し、静的・動的トレーニングの機能的再教育をすることにより、正しい動作が達成される<sup>162)</sup>。これらのアプローチ法としてはピラティス<sup>163)</sup>、太極拳<sup>164)</sup>、ヨガ<sup>164,165)</sup>、ファンクショナルトレーニング<sup>166)</sup>などが挙げられる。つまり、運動制御に関わる様々な要因を考慮した上でのアプローチが必要である。

本研究では、腰椎椎間板変性の有無による打撃動作や各区間の特徴を示すことができた。しかし、運動連鎖が効率良く行われるには筋力<sup>99,167)</sup>、筋柔軟性<sup>100)</sup>、各関節の可動性<sup>101,168)</sup>、アライメント<sup>102)</sup>、など様々な要因がある。それに加えて野球特有の運動パターンなどの身体全体の力学や運動学<sup>103,104)</sup>を理解しなければならない。また運動制御<sup>169)</sup>に何らかの不具合が起きた場合は、不適切な筋活性化パターンによる身体動作によって、関節損傷<sup>170)</sup>やその他傷害につながる可能性がある<sup>94, 171,172,173)</sup>。そのため身体特性と動作を含めた様々な要因を総合的に判断してコンディショニングをしていく必要がある。

## 第5節 結論

本研究では、腰椎椎間板変性の有無による野球打撃動作時の腰部回旋挙動および体幹筋活動の詳細を明らかにすることを目的として行い、以下の結果が得られた。

- 1) 肩峰線，骨盤線における最大角速度の到達時間の差に違いがみられ，体幹回旋におけるキネマティックシーケンスの違いがみられた。
- 2) 各区間の回旋角度や角速度，筋活動の違いが腰椎椎間板変性の有無による打撃動作の違いであると推察される。

## 第5章

### 総 括

#### 第1節 結論

##### 1. 野球打撃動作における腰部回旋挙動解析

研究課題1の目的は大学野球選手の打撃動作時における腰部回旋挙動を分析するために、競技経験の有無による打撃動作を比較検討することとした。その結果、腰部は野球経験あり群、野球経験なし群ともに約20°回旋していた。また腰部最大回旋角度出現時間に野球経験あり群と野球経験なし群で差がみられた。打撃動作分析では捻転角度が野球経験あり群、野球経験なし群ともに約100°前後であった。このことから野球経験あり群と野球経験なし群ともに打撃動作の大部分は脊柱以外の動きによって行われ、技術レベルにかかわらず脊柱に同じような負荷がかかっていると推察される。しかし、野球経験あり群と野球経験なし群の腰部最大回旋角度出現時間で差があったことから、打撃フォームの違いによって脊柱の可動するタイミングには違いがあると推察される。

##### 2. 腰椎椎間板変性を有する大学男子硬式野球選手の身体特徴

研究課題2において、野球選手の腰椎椎間板変性の有無における身体特徴を比較検討した。その結果、椎間板変性あり群の立位、荷重位MRIにおける腰椎前弯角、仙椎傾斜角が変性なし群に比して有意に小さかった。また椎間板変性あり群の体幹筋断面積の投球側の腹斜筋群が有意に大きく、投球・非投球差においても腹斜筋群が有意に大きかった。腰椎椎間板変性あり群の腰椎前弯角と股関節内旋可動域の投球側、非投球側、股関節外旋可動域の投球側に有意な相関が認められた。椎間板変性あり群では、両側とも股関節の内旋可動域が小さいほど腰椎前弯角が大きくなるという負の相関を



示していた。腰椎椎間板変性と腰椎前弯角、仙椎傾斜角との関係は、腰仙椎のアライメントの改善が椎間板変性予防につながる可能性があり、腰仙椎のアライメントを含めた身体特性および動作に注目し予防方法を確立する必要があると考える。

### 3. 腰椎椎間板変性の有無による野球打撃動作時の腰部回旋挙動および体幹筋活動の検討

腰椎椎間板性有無における大学野球選手の打撃動作における捻転および体幹筋活動は不明な部分が多い。そこで研究課題3は腰椎椎間板変性あり群となし群の打撃動作を比較検討することとした。結果は肩峰線、骨盤線における最大角速度の到達時間の差に違いがみられ、体幹回旋におけるキネマティックシーケンスの違いがみられた。また各区間の回旋角度や角速度、筋活動の違いもみられ、これらが腰椎椎間板変性を有する選手の打撃動作の特徴であると推察される。

以上の点から、野球選手の腰椎椎間板変性の有無による身体特徴と打撃動作の違いを明らかにすることができた。また打撃回旋動作時の腰部の挙動が明らかとなり、腰椎椎間板変性の有無による打撃動作においても回旋角度や角速度、筋活動の違いが明らかになった。これらの結果は回旋動作によるスポーツの腰痛発症のメカニズム解明の一助となると考えられる。

## 第2節 本研究の課題と今後の展望

### 1. 本研究の課題

研究課題2では腰椎椎間板変性の有無による違いが明らかになった。しかし、腰椎椎間板変性の身体特性の検討においては横断的な調査であったため、椎間板変性が原因による身体特性の特徴であるかは検討の余地がある。身体特性の項目においても腰

部・下肢中心の評価となっていたため、回旋動作に重要である肩甲帯に関する項目を追加し、全身の詳細な評価による比較が必要である。これらを踏まえ今後は野球選手の椎間板変性の有無による縦断的な調査が必要である。また成長期における腰痛も頻発することから少年期の腰椎椎間板変性の有無における身体特性の調査も必要である。本研究では腰椎椎間板変性の有無のみによる比較であったため、腰部におけるその他の病態も調査し、詳細なメディカルチェックを行う必要がある。

研究課題1, 3では腰部の挙動が明らかとなり、腰椎椎間板変性の有無における打撃動作の違いが明らかとなった。しかし、本実験はティーバッティング動作であったため実戦的な飛来球によるバットへの衝撃や打撃動作が異なることが考えられるため、今後飛来球による検討も必要である。

また対象者は大学生のみであったが、各世代によって打撃動作は異なるため<sup>174)</sup>、成長期にあたる小学生から高校生までの打撃動作の比較に身体特徴を考慮して検討する必要がある。成長期における打撃動作ではバットが重すぎる場合、打撃フォームが変化し腰部へストレスが増す可能性が指摘されているためである<sup>175,176)</sup>。打撃動作とバットの重さの適正についても各世代間での検討が必要である。

本研究では打撃中の椎体への力学的負荷が不明であったことから動作と腰痛、腰椎椎間板変性との関連性については詳細を言及することができない。腰椎への力学的影響を有限要素法などのシミュレーションによる解析をすることも検討される。

腰椎椎間板変性の有無における打撃動作の筋活動解析においては、変性の有無と筋活動の関連性において推測の域を出ない。そのため筋の協調性を評価するために、数理学的手法による非負値行列因数分解 (nonnegative matrix factorization : NMF) を用いた筋シナジー解析での検討が必要であると考え<sup>177)</sup>。これらの解析による先行研究では、競技経験の違いによって体幹筋群の活動に違いがあること<sup>178,179)</sup>や障害の有無<sup>177)</sup>や疲労の有無<sup>177,180)</sup>により同時収縮する筋のシナジー関係に違いがあることが報告されている。これらのことから野球打撃動作による筋シナジー解析を用い、動作における筋活動の

タイミングから筋の協調的な活動をより深く解析する必要がある。

それ以外には運動制御機能に関わるストレッチングや体幹筋を中心としたトレーニングなどの介入による身体特徴の変化や野球動作（打撃動作や投球動作）の変化にも注目していく必要がある。

## 2. 現場への適応

野球選手の腰椎椎間板変性を中心とした腰痛を予防するためには、不良姿勢を改善した上で野球の特異的な動作を行う必要があると考える。特に股関節内旋可動域制限は腰仙椎アライメント角度低値と相関があり、十分な可動域を確保することが望まれる。打撃動作などの回旋動作では股関節可動域制限によって腰部の過伸展・過回旋によるストレスがかかると推察される。それらの異常な動作により体幹筋の左右のアンバランスが大きくなり、過剰な回旋ストレスにより体幹の安定性が失われ、腰椎椎間板変性が進行すると推察される。そのため股関節内外旋による可動性を高め、回旋動作の遠心性収縮時の体幹筋に、正しく運動制御が行われることが重要である。

特に打撃のバットヘッドスピードが最大となる地点やFollow Through動作の捻転最大角度での腰仙椎アライメント維持が、腰椎椎間板性予防には重要であると考えられる。適正なアライメント維持による投球や打撃をするためには、運動制御に関わる姿勢、動作、筋活動を相互に関連付けて身体を評価していく必要がある。これら以外にも運動制御に関わる複数の要因が個々に存在するため、選手の動作を妨げている障害については様々な視点からコンディショニングプログラムを作成しアプローチする必要がある。

その他にはバット選択や練習量などの環境要因に配慮し腰部障害予防を検討する必要がある。これらの適正な指針となる身体評価基準や動作基準を検討できれば、身体に合ったバットや練習量を導き出し、腰部や偏った部位への過剰なストレスを減らす対策となると考える。これらを現場で簡便にチェックできる機能的なテストや機能的な動作の再教育システムの構築によって腰部の障害予防方法が確立されることが望まれる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり，ご多忙にもかかわらず終始ご指導を賜りました筑波大学人間総合研究科・宮川俊平教授には謹んで感謝の意を表します．また学位論文審査を快く引き受けて下さり多大なる御指導，御助言賜りました筑波大学人間総合科学研究科・向井直樹准教授，竹村雅裕准教授，金森章浩講師に厚く御礼申し上げます．

また本研究の遂行に際して多大なるご協力・御助言を賜りました早稲田大学スポーツ科学学術院・金岡恒治教授，法政大学スポーツ健康学部・泉 重樹教授に心から感謝の念を表したいと思います．

最後になりましたが貴重な時間を割いて快く実験に参加してくださいました，川村卓監督をはじめとする筑波大学硬式野球部の皆様，ご協力いただいた筑波大学スポーツ医学研究室およびスポーツバイオメカニクス研究室の皆様に心より御礼申し上げます．

## 参考文献

- 1) Szymanski DJ. Game speed training in baseball. *Strength Cond J.* 2009; 31(2): 13-25.
- 2) Szymanski DJ. Collegiate baseball in-season training. *Strength Cond J.* 2009; 16(7): 14-27.
- 3) Hammer E. Preseason training for college baseball. *Strength Cond J.* 2009; 31(2): 79-85.
- 4) 町田実雄, 小柳磨毅, 境隆弘, 山野仁志. 野球選手の体力特性. *理学療法.* 2005; 22(1): 277-285.
- 5) Szymanski DJ and Fredrick GA. Baseball (part II). A periodized speed program. *Strength Cond J.* 2001; 23(2): 44-52.
- 6) Magrini M, Dawes JJ, Spaniol FJ, Roberts A. Speed and agility training for baseball / softball. *Strength Cond J.* 2018; 40(1): 68-74.
- 7) Szymanski DJ, DeRenne C, Spaniol FJ. Contributing factors for increased bat swing velocity. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(4): 1338-1352.
- 8) 車谷洋, 村上恒二, 金子文成. 野球選手のポジション別肘関節屈曲・伸展筋力の比較. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2003; 11(1): 80-84.
- 9) 比留間浩介, 尾縣貢. 各種パワー発揮能力からみた野球選手における投手と野手の体力特性: フィールドテストのデータをもとに. *体育学研究.* 2011; 56(1): 201-213.
- 10) 澤村省逸, 鎌田安久, 栗林徹, 清水茂幸, 上濱龍也, 黒川國児, 福士宏紀. 野球の投球速度・バットスイング速度に影響をもたらす体力因子. *岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要.* 2006; 5: 53-62.
- 11) 長谷川亜弓, 川上照彦, 武政龍一, 山本博司, 武藤芳照. 高校野球選手における腰部障害のメディカルチェックとその予防対策. *臨床スポーツ医学.* 2002; 19(12): 1431-1436.
- 12) 吉松俊一, 久米田秀光, 山本亨, 元島清香, 吉松俊紀, 中野信宏, 加藤壯記, 牛久智加良, 森良博. ハイレベル野球選手の腰部メディカルチェックとその対策. *臨床ス*

- スポーツ医学. 2002; 19(12): 1437-1443.
- 13) 宇野智洋, 原田幹生, 丸山真博, 村成幸, 高木理彰, 高原政利. 高校野球選手における投球数と投球時痛との関係. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌. 2017; 37(1): 89-93.
  - 14) 藤井康成, 泉俊彦, 梶博則, 永浜良太. 投球障害の治療・予防における投球フォームへのアプローチ. 臨床スポーツ医学. 2012; 29(1): 77-85.
  - 15) Dick R, Sauers EL, Agel J, Keuter G, Marshall SW, McCarty K, McFarland E. Descriptive epidemiology of collegiate men's baseball injuries : National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. J Athl Train. 2007; 42(2): 183-193.
  - 16) McFarland EG, Wasik M. Epidemiology of collegiate baseball injuries. Clin J Sport Med. 1998; 8(1): 10-13.
  - 17) Posner M, Cameron KL, Wolf JM, Belmont Jr PJ, Owens BD. Epidemiology of major league baseball injuries. Am J Sports Med. 2011; 39(8): 1676-1680.
  - 18) 十文字雄一, 大歳憲一, 鳴原智彦, 大井直往, 加賀孝弘, 加藤欽志, 猪狩貴弘, 佐藤亮平. 高校野球選手の肩, 肘, 腰部障害の有病割合と特徴: 福島県での検討. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2017; 25(3): 400-407.
  - 19) 坂田淳, 窪田智史, 青山真希子, 鈴川仁人, 清水邦明, 花木祐真. 高校野球におけるスポーツ傷害発生の実態調査-Non-Time-Loss 傷害に着目して-. アスレティックトレーニング学会誌. 2017; 3: 53-58.
  - 20) 丸山真博, 高原政利, 原田幹生, 村成幸, 佐竹寛史, 高木理彰, 江口理博. 高校野球選手における体の各部位の痛みと野球の支障度との関係. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2013; 21(3): 687-693.
  - 21) 丸山真博, 高原政利, 原田幹生, 佐竹寛史, 江口理博. 高校野球選手における守備位置と全身の各部位の痛みとの関係. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2012; 20(3): 480-486.
  - 22) 日本臨床スポーツ医学会整形外科学術部会 (編) . 野球障害予防ガイドライン. 東

京: 文光堂; 109-126, 1998.

- 23) 宇野智洋, 丸山真博, 高原政利, 原田幹生, 村成幸, 佐竹寛史, 高木理彰. 高校野球選手におけるバッティング時の痛み. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2014; 22(1): 167-171.
- 24) 田坂精志朗, 田代雄斗, 堀田孝之, 青山朋樹. 大学生野球選手における腰痛と自主練習内容との関連性の検討. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2016; 24(1): 4-9.
- 25) Hangai M, Kaneoka K, Okubo Y, Miyakawa S, Hinotsu S, Mukai N, Sakane M, Ochiai N. Relationship between low back pain and competitive sports activities during youth. Am J Sports Med. 2010; 38(4): 791-796.
- 26) 金岡恒治. discogenic painの保存療法－疫学から種目特性－. 臨床スポーツ医学. 2013; 30(8): 795-797.
- 27) Hangai M, Kaneoka K, Kuno S, Hinotsu S, Sakane M, Mamizuka N, Sakai S, Ochiai N. Factors associated with lumbar intervertebral disc degeneration in the elderly. Spine J. 2008; 8(5):732-740.
- 28) Oda H, Matsuzaki H, Tokuhashi Y, Wakabayashi K, Uematsu Y, Iwahashi M. Degeneration of intervertebral discs due to smoking: experimental assessment in a rat-smoking model. J Orthop Sci. 2004; 9(2): 135-141.
- 29) Battie MC, Videman T, Gibbons LE, Fisher LD, Manninen H, Gill K. 1995 Volvo Award in clinical sciences. Determinants of lumbar disc degeneration. A study relating lifetime exposures and magnetic resonance imaging findings in identical twins. Spine. 1995; 20(24): 2601-2612.
- 30) Adams MA, Freeman BJ, Morrison HP, Nelson IW, Dolan P. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration. Spine. 2000; 25(13): 1625-1636.
- 31) Stokes IA, Iatridis JC. Mechanical conditions that accelerate intervertebral disc degeneration: overload versus immobilization. Spine. 2004; 29(23): 2724-2732.

- 32) Hangai M, Kaneoka K, Okubo Y, Miyakawa S, Hinotsu S, Mukai N, Sakane M, Ochiai, N. Lumbar Intervertebral Disk Degeneration in Athletes. *Am J Sports Med.* 2009; 37(1): 149-155.
- 33) 青木保親, 中川晃一, 中島新, 大鳥精司, 高橋和久. discogenic pain (椎間板性腰痛) およびModic changeの基礎. *臨床スポーツ医学.* 2013; 30(8): 707-714.
- 34) 青木保親, 大鳥精司, 久保田剛, 高橋和久. 椎間板性腰痛の診断と治療. *MB Orthopaedics.* 2016; 29(10): 81-90.
- 35) 松田直樹. discogenic pain に対する理学療法ー椎間板へのストレス軽減の工夫ー. 2013; 30(8): 789-794.
- 36) 宮城正行. 椎間板性腰痛. *MB Orthopaedics.* 2017; 30(8): 82-89.
- 37) 金岡恒治. 椎間板性腰痛に対する運動療法. *臨床スポーツ医学.* 2016; 33(10): 974-979.
- 38) 高田洋一郎, 西良浩一. HIZ 性腰痛の診断とレビュー. *MB Orthopaedics.* 2016; 29(10): 91-95.
- 39) Alyas F, Turner M and Connell D. MRI findings in the lumbar spines of asymptomatic, adolescent, elite tennis players. *Br J Sports Med.* 2007; 41(11): 836-841.
- 40) Kim SJ, Lee TH and Lim SM. Prevalence of disc degeneration in asymptomatic korean subjects. Part 1 : lumbar spine. *J Korean Neurosurg Soc.* 2013; 53(1): 31-38.
- 41) Lundin O, Hellström M, Nilsson I, Swärd L. Back pain and radiological changes in the thoraco-lumbar spine of athletes. A long-term follow-up. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11(2): 103-109.
- 42) 東野恒作, 西良浩一. Discogenic pain, HIZ (high signal intensity zone) と Modic type I change の診断と治療. *MB Orthopaedics.* 2014; 27(13): 49-54.
- 43) Samartzis D, Karppinen J, Mok F, Fong DY, Luk KD, Cheung KM. A population-based study of juvenile disc degeneration and its association with overweight and obesity, low back pain, and



- diminished functional status. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93(7): 662-670.
- 44) Cheung KM, Karppinen J, Chan D, Ho DW, Song YQ, Sham P, Cheah KS, Leong JC, Luk KD. Prevalence and pattern of lumbar magnetic resonance imaging changes in a population study of one thousand forty-three individuals. *Spine.* 2009; 34(9): 934-940.
  - 45) Teraguchi M, Yoshimura N, Hashizume H, Muraki S, Yamada H, Minamide A, Oka H, Ishimoto Y, Nagata K, Kagotani R, Takiguchi N, Akune T, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshida M. Prevalence and distribution of intervertebral disc degeneration over the entire spine in a population-based cohort: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014; 22(1): 104-110.
  - 46) Koyama K, Nakazato K, Min S, Gushiken K, Hatakeda Y, Seo K, Hiranuma K. Radiological abnormalities and low back pain in gymnasts. *Int J Sports Med.* 2013; 34(3): 218-222.
  - 47) Sekine C, Hirayama K, Yanagisawa O, Okubo Y, Hangai M, Imai A, Kaneoka K. Lumbar intervertebral disc degeneration in collegiate rowers. *J Phys Fitness Sports Med.* 2014; 3(5): 525-530.
  - 48) Swärd L, Hellstrom M, Jacobsson B, Nyman R, Peterson L. Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts. A magnetic resonance imaging study. *Spine.* 1991; 16(4): 437-443.
  - 49) Min SK, Nakazato K, Yamamoto Y, Gushiken K, Fujimoto H, Fujishiro H, Kobayakawa Y, Hiranuma K. Cartilage intermediate layer protein gene is associated with lumbar disc degeneration in male, but not female, collegiate athletes. *Am. J. Sports Med.* 2010; 38(12): 2552-2557.
  - 50) 小山浩司, 中里浩一, 具志堅幸司, 畠田好章, 瀬尾京子, 関石基, 宋石縁, 平沼憲治. 椎間板変性を有する大学女子体操競技選手の身体的特徴. *日本臨床スポーツ医学雑誌.* 2011; 19(3): 591-597.
  - 51) Bennett DL, Nassar L, DeLano MC. Lumbar spine MRI in the elite-level female gymnast

- with low back pain. *Skeletal Radiol.* 2006; 35(7): 503-509.
- 52) 長島正樹, 阿部均, 千葉一裕. 腰部スポーツ障害のメディカルチェック. *MB Orthopaedics.* 2014; 27(13): 1-6.
- 53) Kaneoka K, Shimizu K, Hangai M, Okuwaki T, Mamizuka N, Sakane M, Ochiai N. Lumbar intervertebral disk degeneration in elite competitive swimmers: a case control study. *Am J Sports Med.* 2007; 35(8): 1341-1345.
- 54) 金岡恒治. 体幹深部筋機能からみた腰部障害. *MB Orthopaedics.* 2014; 27(13): 7-12.
- 55) 小山浩司, 中里浩一, 具志堅幸司, 畠田好章, 瀬尾京子, 越智英輔, 関石基, 宋石縁, 平沼憲治. 大学男子体操競技選手における 1 椎間板変性の発生因子に関する研究. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2011; 19(3): 505-510.
- 56) 田原良紀, 中里浩一, 小山浩司, 石井隆士, 水野増彦, 別府健至, 平沼憲治. 椎間板変性を有する大学男子陸上短距離選手の身体的特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2017; 25(2): 254-260.
- 57) 小山浩司, 中里浩一, 関石基, 宋石縁, 立間俊宏, 平沼憲治. 椎間板変性を有する大学男子軟式野球選手の身体的特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2012; 20(2): 344-350.
- 58) Fleisig GS, Hsu, WK, Fortenbaugh D, Cordover A, Press JM. Trunk axial rotation in baseball pitching and batting. *Sports Biomech.* 2013; 12(4): 324-333.
- 59) Mendrin N, Lynn SK, Griffith-Merrett HK, Noffal GJ. Progressions of Isometric Core Training. *Strength Cond J.* 2016; 38(4):50-65.
- 60) Arjmand N, Shirazi-Adl A, Parnianpour M. Trunk biomechanics during maximum isometric axial torque exertions in upright standing. *Clin Biomech.* 2008; 23(8): 969-978.
- 61) Costi JJ, Stokes IA, Gardner-Morse M, Laible, JP, Scoffone HM, Iatridis JC. Direct measurement of intervertebral disc maximum shear strain on six degrees of freedom: Motions that place disc tissue at risk of injury. *J Biomech.* 2007; 40(11): 2457-2466.
- 62) Farfan HF, Cossette JW, Robertson GH, Wells RV, Kraus H. The effects of torsion on the

- lumbar intervertebral joints: the role of torsion in the production of disc degeneration. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52(3): 468-497.
- 63) Pearcy MJ. Inferred strains in the intervertebral discs during physiological movements. *J Man Med.* 1990; 5: 68-71.
- 64) Marshall LW and McGill SM. The role of axial torque in disc herniation. *Clin Biomech.* 2010; 25(1): 6-9.
- 65) Garges KJ, Nourbakhsh A, Morris R, Yang J, Mody M, Patterson R. A comparison of and the torsional stiffness of the lumbar spine in flexion and extension. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008; 31(8): 563-569.
- 66) 金岡恒治. 腰部スポーツ障害のメカニズムと予防対策. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2012; 20(3): 401-403.
- 67) Passias PG, Wang S, Kozanek M, Xia Q, Li W, Grottkau B, Wood KB, Li G. Segmental lumbar rotation in patients with discogenic low back pain during functional weight-bearing activities. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93(1): 29-37.
- 68) Hosea TM, Gatt CJ, Galli NA, Zawadsky, J.P. Biomechanical analysis of the golfer's back. *Science and Golf: Proceedings of the First World Scientific Congress of Golf*, Cochran AJ ed, E & FN Spon, London, 43-48, 1990.
- 69) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992; 5(4): 383-389; discussion 397.
- 70) Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1989; 230: 1-54.
- 71) Cholewicki J and Van Vliet JJ IV. Relative contributions of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomech.* 2002; 17(2): 99-105.
- 72) Ng JK, Richardson CA, Parnianpour M, and Kippers V. EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain

- patients and matched controls. *J Orthop Res*. 2002; 20(1): 112-121.
- 73) McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003; 13(4):353-359.
- 74) Kumar S, Narayan Y, Garand D. An electromyographic study of isokinetic axial rotation in young adults. *Spine J*. 2003; 3(1):46-54.
- 75) Gardner-Morse MG, Stokes IA. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine*. 1998; 23(1): 86-91; discussion 91-92.
- 76) Kumar S, Narayan Y. Spectral parameters of trunk muscles during fatiguing isometric axial rotation in neutral posture. *J Electromyogr Kinesiol*. 1998; 8(4): 257-267.
- 77) Kumar S, Narayan Y, Garand D. Isometric axial rotation of the human trunk from pre-rotated postures. *Eur J Appl Physiol*. 2002; 87(1):7-16.
- 78) McGill SM. Core Training: Evidence Translating to Better Performance and Injury Prevention. *Strength Cond J*. 2010; 32(3): 33-46.
- 79) 谷口匡史, 建内宏重, 成田奈津子, 市橋則明. 非特異的慢性腰痛患者の体幹回旋運動における筋活動量と筋活動開始時間. *理学療法学*. 2015; 42(5): 384-391.
- 80) Horton JF, Lindsay DM, Macintosh BR. Abdominal muscle activation of elite male golfers with chronic low back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(10): 1647-1654.
- 81) Myers, TW, 板場英行, 石井慎一郎 (訳) . アナトミー・トレイン-徒手運動療法のための筋筋膜経線- (第3版) , 東京: 医学書院; 3-13, 2016.
- 82) 板場英行. 徒手療法 アナトミートレイン. *臨床スポーツ医学*. 2013; 30(12): 1155-1162.
- 83) Santana JC. The Serape Effect: A Kinesiological Model for Core Training. *Strength Cond J*. 2003; 25(2): 73-74.
- 84) Santana JC, McGill SM, Brown LE. Anterior and Posterior Serape: The Rotational Core. *Strength Cond J*. 2015; 37(5): 8-13.

- 85) Hedrick A. Training the trunk for improved athletic performance. *Strength Cond J.* 2000; 22(3): 50-61.
- 86) 長浜美智穂, 筒井廣明, 中村信義. 運動連鎖の定義－各職種の捉え方－. *臨床スポーツ医学*. 2012; 29(1): 5-12.
- 87) Welch CM, Banks SA, Cook FF, Draovitch P. Hitting a baseball: A biomechanical description. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995; 22(5): 193-201.
- 88) Escamilla RF, Fleisig GS, DeRenne C, Taylor MK, Moorman CT, and Andrews JR. A comparison of age level on baseball hitting kinematics. *J Appl Biomech.* 2009; 25(3): 210-218.
- 89) Shaffer B, Jobe FW, Pink M, and Perry J. Baseball Batting: An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res.* 1993; 292: 285-293.
- 90) Nakata H, Miura A, Yoshie M, Kanosue K, Kudo K. Electromyographic analysis of lower limbs during baseball batting. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(5): 1179-1187.
- 91) 田内健二, 南形和明, 川村卓, 高松薫. 野球のティーバッティングにおける幹の捻転動作がバットスピードに及ぼす影響. *スポーツ方法学研究*. 2005; 18(1): 1-9.
- 92) 宮西智久, 櫻井直樹. 野球の投・打動作の体幹捻転研究--SSC理論に着目して (特集 体幹の捻転動作) . *バイオメカニクス研究*. 2009; 13(3), 149-169.
- 93) 堀内元, 中島大貴, 桜井伸二. 野球のバッティングにおける下肢および体幹の力学的エネルギーの流れ. *体育学研究*. 2017; 62(2): 575-586.
- 94) Seroyer ST, Nho SJ, Bach BR Jr, Bush-Joseph CA, Nicholson GP, Romeo AA. Shoulder Pain in the Overhead Throwing Athlete. *Sports Health.* 2009; 1(2):108-120.
- 95) Kibler WB and Sciascia A. The Shoulder at Risk: Scapular Dyskinesis and Altered Glenohumeral Rotation. *Oper Tech Sports Med.* 2016; 24(3):162-169.
- 96) Chu SK, Jayabalan P, Kibler WB, Press J. The Kinetic Chain Revisited: New Concepts on Throwing Mechanics and Injury. *PM & R.* 2016; 8(3 Suppl):S69-77.

- 97) 坂田淳. 投球動作の見方と修正. MB Orthopaedics. 2017; 30(4): 19-24.
- 98) Mlynarek RA, Coleman SH. Hip and Groin Injuries in Baseball Players. Curr Rev Musculoskelet Med. 2018; 11(1):19-25.
- 99) 松本晋太郎, 古川裕之, 小松稔, 内田智也, 野田優希, 石田美弥, 佃美智留, 大久保吏司, 藤田健司. 中学野球選手における下肢筋力と投球障害の関係. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2018; 26(1): 60-65.
- 100) 遠藤康裕, 中澤理恵, 坂本雅昭. 中学生野球選手における関節可動域及び筋柔軟性と投球時痛との関連. 理学療法群馬. 2014; 25: 14-18.
- 101) Li X, Ma R, Zhou H, Thompson M, Dawson C, Nguyen J, Coleman S. Evaluation of Hip Internal and External Rotation Range of Motion as an Injury Risk Factor for Hip, Abdominal and Groin Injuries in Professional Baseball Players. Orthop Rev. 2015; 7(4): 111-115.
- 102) 瀬戸口芳正, 野呂吉則, 大熊晶, 石井雅也. 投球動作のマルアライメントと障害発生. MB Orthopaedics. 2017; 30(12): 33-42.
- 103) 二宮裕樹, 田中洋, 信原克哉. 三次元投球動作解析からみた投球障害肩. MB Orthopaedics. 2017; 30(12): 7-14.
- 104) 内田智也, 大久保吏司, 古川裕之, 松本晋太郎, 小松稔, 野田優希, 石田美弥, 佃美智留, 土定寛幸, 藤田健司. 中学野球選手におけるステップ脚膝関節および股関節の力学的仕事量と肩関節トルクの関係. 理学療法学. 2018; 45(2): 75-81.
- 105) 高橋佐江子, 鈴川仁人, 河村真史, 坂田淳, 玉置龍也, 清水邦明, 高田英臣, 中嶋寛之. スポーツ医科学センターリハビリテーション科におけるスポーツ損傷の疫学的研究—第1報—スポーツ損傷の全般的統計. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2010; 18(3): 518-525.
- 106) 西良浩一. 野球における腰椎分離症. 臨床スポーツ医学. 2012; 29 (臨時増刊号): 171-179.
- 107) 加藤欽志, 大歳憲一, 紺野慎一. 腰部障害—腰椎分離症と腰椎椎間板ヘルニア—.

臨床スポーツ医学. 2015; 32 (臨時増刊号) : 213-219.

- 108) Selhorst M, Fischer A, MacDonald J. Prevalence of spondylolysis in symptomatic adolescent athletes: an assessment of sport risk in nonelite athletes. Clin J Sport Med. 2019; 29(5): 421-425.
- 109) Oshikawa T, Morimoto Y, Kaneoka K. Unilateral rotation in baseball fielder causes low back pain contralateral to the hitting side. J Med Invest. 2018; 65(1.2): 56-59.
- 110) 田島直也, 桑原茂. スポーツと腰痛について. 日本整形外科學會雑誌. 2000; 74(11): 545-552.
- 111) 馬見塚尚孝, 平野篤, 万本健生, 中山知樹, 田嶋雅美. スポーツ整形外科の現状 : 特に野球外来について. 茨城県農村医学会雑誌. 2008; 21: 49-51.
- 112) Sairyo K, Katoh S, Komatsubara S, Terai T, Yasui N, Goel V, Vadapalli S, Biyani A, Ebraheim N. Spondylolysis fracture angle children and adolescents on CT indicates the fracture producing force vector - A biomechanical rationale. Internet J.Spine Surg. 2005; 1 (2): 2.
- 113) Nakata H, Miura A, Yoshie M, Kudo K. Differences in the head movement during baseball batting between skilled players and novices. J Strength Cond Res. 2012; 26(10): 2632-2640.
- 114) 大久保雄, 金岡恒治, 半谷美夏, 泉重樹, 宮川俊平. 体表計測による腰部角度変化と腰椎角度変化との関係. 臨床バイオメカニクス. 2009; 30: 155-159.
- 115) Wells RP, Winter DA. Assesment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. In Human Locomotion. 1980; 1: 92-93.
- 116) White AA, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spine. Second Edition. J. B Lippincott: Philadelphia. 1990; 20-112.
- 117) Panjabi MM, Oxland T, Takata K, Goel V, Duranceau J, Krag M. Articular facets of the human spine. Quantitative three-dimensional anatomy. Spine. 1993; 18(10): 1298-1310.
- 118) Fujii R, Sakaura H, Mukai Y, Hosono N, Ishii T, Iwasaki M, Yoshikawa H, Sugamoto K:

- Kinematics of the lumbar spine in trunk rotation : in vivo three-dimensional analysis using magnetic resonance imaging. *Eur Spine J.* 2007 ; 16(11): 1867-1874.
- 119) Gregersen GG, Lucas DB. An in vivo study of the axial rotation of the human thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Am.* 1967; 49(2): 247-262.
- 120) Neumann DA, 嶋田智明, 有馬慶美 (訳) . 筋骨格系のキネシオロジー原著第2版, 東京: 医歯薬出版; 525-529, 2012.
- 121) Drake JDM, Callaghan JP. Do flexion/extension postures affect the in vivo passive lumbar spine response to applied axial twist moments ?. *Clin Biomech.* 2008; 23(5): 510-519.
- 122) McHardy A, Pollard H. Muscle activity during the golf swing. *Br J Sports Med.* 2005; 39(11): 799-804.
- 123) 加藤欽志, 紺野慎一. スポーツ関連腰痛－腰椎分離症を中心に－. *MB Orthopaedics.* 2017; 30(8): 37-49.
- 124) Gillett J, O'Brien L, Ryan M, Rogowski J. Strategic exercise prescription for baseball: bridging the gap between injury prevention and power production. *Strength Cond J.* 2009; 31(5): 81-88.
- 125) Gillies A, Dorgo S. Preventing lumbar injuries in rotational striking athletes. *Strength Cond J.* 2013; 35(2): 55-62.
- 126) Sakai T, Sairyo K, Suzue N, Kosaka H, Yasui N. Incidence and etiology of lumbar spondylolysis : review of the literature. *J Orthop Sci.* 2010; 15(3): 281-288.
- 127) Ito M, Incurvaia KM, Yu SF, Fredrickson BE, Yuan HA, Rosenbaum AE. Predictive signs of discogenic lumbar pain on magnetic resonance imaging with discography correlation. *Spine.* 1998; 23(11): 1252-1258.
- 128) Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2001; 26(17): 1873-1878.
- 129) 白土修, 土肥徳秀, 赤居正美, 藤野圭司, 星野雄一, 岩谷力. 疾患特異的・患者立脚



- 型慢性腰痛症患者機能評価尺度；JLEQ（Japan Low back pain Evaluation Questionnaire）．日本腰痛会誌. 2007;13(1): 225-235.
- 130) 関展寿. 下肢タイトネスが立位脊椎アライメントに及ぼす影響：X線画像を用いた計測. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2013; 21(1): 221-227.
- 131) 高橋英幸, 平野裕一. MRIを用いた身体組成の測定：国立スポーツ科学センターにおける測定例を中心に（特集 身体組成の測定原理と応用）．体育の科学. 2014; 64(3): 165-171.
- 132) 岩井一師, 中里浩一, 入江一憲, 藤本英男, 中嶋寛之. 腰痛を有する大学レスリング選手の身体的特徴. 体力科学. 2002; 51(5): 423-436.
- 133) 日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会. 関節可動域表示ならびに測定法. 日本整形外科学会雑誌, 1995; 69: 240-250.
- 134) 中嶋寛之. 女子体操選手における前十字靱帯損傷. 整形・災害外科. 1984; 27: 609-613.
- 135) 鳥居俊. 中学・高校運動部員を対象としたスポーツ障害予防のための整形外科的メディカルチェック. 臨床スポーツ医学. 1996; 13(10): 1087-1093.
- 136) Chaléat-Valayer E, Mac-Thiong JM, Paquet J, Berthonnaud E, Siani F, Roussouly P. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. Eur Spine J. 2011; 20 (Suppl. 5): 634-640.
- 137) 和田治, 建内宏重, 市橋則明. 骨盤の矢状面アライメントが骨盤・体幹の回旋可動性および身体重心移動量に与える影響. 理学療法学. 2009; 36(7): 356-362.
- 138) Keorochana G, Taghavi CE, Lee KB, Yoo JH, Liao JC, Fei Z, Wang JC. Effect of sagittal alignment on kinematic changes and degree of disc degeneration in the lumbar spine: an analysis using positional MRI. Spine. 2011; 36(11): 893-898.
- 139) 村松正隆, 星川佳広, 飯田朝美, 井伊希美, 中嶋由晴. 高校生スポーツ選手の体幹筋群の筋サイズー性差と競技種目差の検討ー. 体育学研究. 2013; 55(2): 577-590.
- 140) Sanchis-Moysi J, Idoate F, Izquierdo M, Calbet JA, Dorado C. The hypertrophy of the lateral

abdominal wall and quadratus lumborum is sport-specific: an MRI segmental study in professional tennis and soccer players. *Sports Biomech.* 2013; 12(1): 54-67.

- 141) 久保田潤, 奥村幸治, 鳥居俊, 福林徹. 大学テニス選手における腹筋群の形態的特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2009; 17(1): 30-34.
- 142) 長谷川伸, 船津京太郎. 投動作, 打動作を伴う競技者の筋厚における一側優位性. *体力科学.* 2013; 62(3): 227-235.
- 143) Yanagisawa O, Maegawa T, Funato K. The anthropometric characteristics of Japanese baseball and female softball players. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche.* 2009; 168(1): 11-21.
- 144) 宮下浩二. 下肢・体幹機能からみた肩関節インピンジメント症候群に対する運動療法—その評価と治療のコツ—. *臨床スポーツ医学.* 2013; 30(5): 473-478.
- 145) Laudner KG, Moore SD, Sipes RC, Meister K. Functional hip characteristics of baseball pitchers and position players. *Am J Sports Med.* 2010; 38(2): 383-387.
- 146) Sakata J, Nakamura E, Suzuki T, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K, Hirose N. Efficacy of a prevention program for medial elbow injuries in youth baseball players. *Am J Sports Med.* 2018; 46(2): 460-469.
- 147) Camp CL, Zajac JM, Pearson D, Wang D, Sinatro AS, Ranawat AS, Dines JS, Coleman SH. The impact of workload on the evolution of hip internal and external rotation in professional baseball players over the course of the season. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6(2): 1-7.
- 148) Endo Y, Sakamoto M. Correlation of shoulder and elbow injuries with muscle tightness, core stability, and balance by longitudinal measurements in junior high school baseball players. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5): 689-693.
- 149) 下野俊哉. 表面筋電図マニュアル基礎・臨床応用. 酒井医療, 141-156, 2010.
- 150) Kibler WB, Kuhn JE, Wilk K, Sciascia A, Moore S, Laudner K, Ellenbecker T, Thigpen C, Uhl T. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology-10-year update. *Arthroscopy.*

- 2013; 29(1): 141-161.e26.
- 151) Sciascia A, Thigpen C, Namdari S, Baldwin K. Kinetic chain abnormalities in the athletic shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2012; 20(1): 16-21.
  - 152) Wight J, Richards J, Hall S. Influence of pelvis rotation styles on baseball pitching mechanics. *Sports Biomech.* 2004; 3(1): 67-83.
  - 153) Oyama S, Yu B, Blackburn JT, Padua DA, Li L, Myers JB. Improper trunk rotation sequence is associated with increased maximal shoulder external rotation angle and shoulder joint force in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2014; 42(9): 2089-2094.
  - 154) Urbin MA, Fleisig GS, Abebe A, Andrews JR. Associations between timing in the baseball pitch and shoulder kinetics, elbow kinetics, and ball speed. *Am J Sports Med.* 2012; 41(2): 336-342.
  - 155) 中村千秋（編）．ファンクショナルトレーニング．東京：文光堂；1-18, 2010.
  - 156) 金岡恒治．Motor Control機能不全による運動器障害発生メカニズム．*MB Orthopaedics.*2018; 31(12): 1-7.
  - 157) van Dieën JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine.* 2003; 28(8): 834-841.
  - 158) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord.* 1992; 5(4):390-396; discussion 397.
  - 159) Laudner KG, Wong RH, Latal JR, Meister K. The influence of lumbopelvic control on shoulder and elbow kinetics in elite baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019; 28(2): 330-334.
  - 160) Chaudhari AM, McKenzie CS, Pan X, Oñate JA. Lumbopelvic control and days missed because of injury in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2014; 42(11): 2734-2740.
  - 161) Chaudhari AM, McKenzie CS, Borchers JR, Best TM. Lumbopelvic control and pitching

- performance of professional baseball pitchers. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(8): 2127-2132.
- 162) Hodges PW, Cholewicki J, van Dieën JH, 渡邊裕之 (監訳) . スパイナル・コントロール -体幹機能と腰痛の最新科学-, 東京: ナップ; 276-346, 2015.
- 163) 武田淳也, Brent Anderson. ピラティスにおける腰痛管理. *臨床スポーツ医学*. 2013; 30(8): 739-752.
- 164) Qaseem A, Wilt TJ, McLean RM, Forciea MA. Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: a clinical practice guideline from the American college of physicians. *Ann Intern Med*. 2017; 166(7): 514-530.
- 165) Goode AP, Coeytaux RR, McDuffie J, Duan-Porter W, Sharma P, Mennella H, Nagi A, Williams JW Jr. An evidence map of yoga for low back pain. *Complement Ther Med*. 2016; 25: 170-177.
- 166) 鈴木岳. ファンクショナルトレーニングと運動連鎖. *臨床スポーツ医学*. 2013; 30(3): 279-283.
- 167) Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, Andrews JR. Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: within pitcher variation. *J Appl Biomech*. 2005; 21(1): 44-56.
- 168) Laudner K, Wong R, Onuki T, Lynall R, Meister K. The relationship between clinically measured hip rotational motion and shoulder biomechanics during the pitching motion. *J Sci Med Sport*. 2015; 18(5): 581-584.
- 169) Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med*. 1995; 23: 233-239.
- 170) Keeley DW, Oliver GD, Dougherty CP, Torry MR. Lower body predictors of glenohumeral compressive force in high school baseball pitchers. *J Appl Biomech*. 2015; 31(3): 181-188.
- 171) Seroyer ST, Nho SJ, Bach BR, Bush-Joseph CA, Nicholson GP, Romeo AA. The kinetic chain in overhand pitching: its potential role for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health*. 2010; 2(2): 135-146.

- 172) van der Hoeven H, Kibler WB. Shoulder injuries in tennis players. *Br J Sports Med*. 2006; 40(5): 435-440.
- 173) Kibler WB, Chandler J. Baseball and tennis. In: Griffin LY, ed. *Rehabilitation of the Injured Knee*. St. Louis, MO: Mosby; 1995: 219-226.
- 174) Dowling B, Fleisig GS. Kinematic comparison of baseball batting off of a tee among various competition levels. *Sports Biomech*. 2016; 15(3): 255-269.
- 175) 奈良隆章, 船本笑美子, 島田一志, 川村卓, 馬見塚尚孝. 小学生野球選手における異なる形状のバットを用いた素振り動作のキネマティクスの研究. 2010; 4(1): 39-43.
- 176) 城所収二, 園本修也, 赤木亮太. 子供の打撃パフォーマンスを最大に高める最適なバットの慣性モーメントと把持条件. *バイオメカニクス研究*. 2018; 22(3): 94-108.
- 177) 松永直人, 金岡恒治. シナジー解析によるスポーツ動作のMotor Control評価. *MB Orthopaedics*. 2018; 31(12): 29-36.
- 178) Matsunaga N, Imai A, Kaneoka K. Comparison of Modular Control of Trunk Muscle by Japanese Archery Competitive Level: A pilot study. *International Journal of Sport and Health Sci*. 2017; 15: 160-167.
- 179) Matsunaga N, Kaneoka K. Comparison of modular control during smash shot between advanced and beginner badminton players. *Appl Bionics Biomech*. 2018; 13: 1-6.
- 180) Matsunaga N, Imai A, Kaneoka K. Comparison of muscle synergies before and after 10 minutes of running. *J Phys Ther Sci*. 2017; 29(7): 1242-1246.

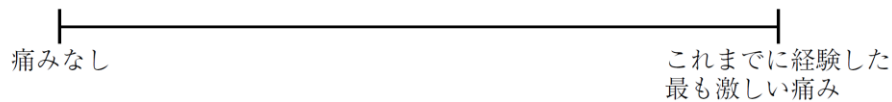
資料 疾患特異的・患者立脚型慢性腰痛症患者機能評価尺度；JLEQ（Japan Low back pain Evaluation Questionnaire）（白土ら2007から引用）

## 腰の状態についての質問表

### I. 腰の痛みの程度

次の線は「あなたの腰の痛みの程度」をおたずねするものです。左の端を「痛み無し」、右の端をこれまでに経験した「最も激しい痛み」としたときに、この数日間のあなたの痛みの程度はどのあたりでしょうか。

線の上でこのあたりと思われるところに×印をつけてください。



### II. 日常生活動作と腰の痛み

この「数日間のあなたの腰の痛み」についてお聞きます。あてはまる回答を1つ選び、□に✓をつけてください。

1. この数日間、あお向けで寝ているとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

2. この数日間、朝、起きて動き出すとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

3. この数日間、椅子に腰かけているとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

4. この数日間、立ち上がるときやしゃがみこむとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

5. この数日間、立っているとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

6. この数日間、前かがみになるとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

7. この数日間、腰をそらすとき腰が痛みますか。

☐ 痛くない    ☐ 少し痛い    ☐ 中程度痛い    ☐ かなり痛い    ☐ ひどく痛い

### Ⅲ. 腰の痛みによる生活上の問題

この「数日間のあなたの腰の痛みによる生活上の問題」についてお聞きします。あてはまる回答を1つ選び、☐に✓をつけてください。

8. この数日間、同じ姿勢を続けるのはどの程度つらいですか。

- ☐ つらくはない      ☐ 少しつらい      ☐ ときどき姿勢を変えないとつらい  
☐ しばしば姿勢を変えないとつらい      ☐ つねにつらくて、じっとしてられない

9. この数日間、腰痛のため、寝返りはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

10. この数日間、腰痛のため、朝、起き上がるのはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

11. この数日間、腰痛のため、からだを動かすのはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

12. この数日間、腰痛のため、椅子や洋式トイレからの立ち上がりはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

13. この数日間、腰痛のため、階段の昇り降りはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

14. この数日間、腰痛のため、クツ下やストッキングをはくのはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

15. この数日間、腰痛のため、ズボンやパンツの上げ下ろしはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

16. この数日間、腰痛のため、床にある3～4キログラム（1升ビン2本、または2リットル入りのペットボトル2本）程度のものを持ち上げようとするのはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

17. この数日間、腰痛のため、腰を捻って後ろのものをとろうとするのはどの程度困難ですか。

- ☐ 困難はない    ☐ 少し困難      ☐ 中程度困難    ☐ かなり困難    ☐ ひどく困難

18. この数日間、腰痛のため、戸外を歩くのがどの程度に制限されていますか。

- ☐ 1時間以上歩ける    ☐ 30分程度は歩ける    ☐ 10-15分程度しか歩けない  
☐ 2,3分程度しか歩けない    ☐ ほとんど戸外を歩けない

19. この数日間、腰痛のため、簡単な作業や家事（ものを片づける、食事に準備をするなど）はどの程度つらいですか。

- ☐ つらくない    ☐ 少しつらい    ☐ 中程度つらい    ☐ かなりつらい  
☐ ひどくつらい

20. この数日間、腰痛のため、負担のかかる作業や家事（重いものを運ぶ、家の外の掃除など）はどの程度つらいですか。

- ☐ つらくない    ☐ 少しつらい    ☐ 中程度つらい    ☐ かなりつらい  
☐ ひどくつらい

21. この数日間、腰痛のため、横になって休みたいと思いましたか

- ☐ 思わなかった    ☐ たまに思った    ☐ ときどき思った    ☐ しばしば思った  
☐ いつも思っていた

22. この数日間、腰痛のため、仕事や学校、ふだんの作業や家事を差しひかえたいと思いましたか。

- ☐ 思わなかった    ☐ たまに思った    ☐ ときどき思った    ☐ しばしば思った  
☐ いつも思っていた

23. この数日間、腰痛のため、夜よく眠れないことがありましたか。

- ☐ 腰痛のためによく眠れないことはなかった    ☐ 一晩ほどよく眠れないことがあった  
☐ よく眠れるときと眠れないときが半々だった    ☐ よく眠れない夜の方が多かった  
☐ 毎晩のようによく眠れなかった

24. この数日間の腰の状態からみて、遠くへの外出はむずかしいと思いますか。

- ☐ むずかしくないと思う    ☐ 少しむずかしいと思う    ☐ 中程度むずかしいと思う  
☐ かなりむずかしいと思う    ☐ 全く無理だと思う

#### IV. 健康・精神状態など

この1カ月間の状態について、お聞きます。あてはまる回答を1つ選び、☐に✓をつけて下さい。

25. この1カ月間、腰痛のため、近所への外出を差しひかえたりしましたか。

- ☐ 差しひかえることはなかった    ☐ 1,2回差しひかえた    ☐ ときどき差しひかえた  
☐ しばしば差しひかえた    ☐ 全く外出しなかった



26. この1カ月間、腰痛のため、ふだんしていること（友人とのつきあい、スポーツ活動、趣味活動など）を制限しましたか.

- ☐ 制限しなかった      ☐ 少し制限した      ☐ 半分程度制限した      ☐ かなり制限した  
☐ 全くやめていた

27. この1カ月間、腰痛のため、職場や学校を休日以外に休んだり、ふだんしている家事を休んだりしましたか.

- ☐ 休まなかった      ☐ 1 - 3 日休んだ      ☐ 数日以上休んだ      ☐ 半分程度休んだ  
☐ ほとんど休んだ

28. この1カ月間、腰痛のため気分がすぐれないことがありましたか.

- ☐ 気分がすぐれないことはなかった      ☐ たまに気分がすぐれなかった  
☐ ときどき気分がすぐれなかった      ☐ 気分がすぐれないときが多かった  
☐ つねに気分がすぐれなかった

29. この1カ月間、腰痛はあなたの精神状態に悪く影響していると思いますか.

- ☐ 全く影響はない      ☐ 少し悪い影響がある      ☐ 中程度悪い影響がある  
☐ かなり悪い影響がある      ☐ ひどく悪い影響がある

30. この1カ月間、腰痛はあなたの健康状態に悪く影響していると思いますか.

- ☐ 全く影響はない      ☐ 少し悪い影響がある      ☐ 中程度悪い影響がある  
☐ かなり悪い影響がある      ☐ ひどく悪い影響がある

ご記入もれがないか、もう一度ご確認下さい.