

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）

学童野球選手に対する投球障害予防介入
－障害予防とパフォーマンス向上の両立－

Prevention for throwing injuries in youth baseball players :
To be compatible with both the prevention and
performance

2019年7月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

坂田 淳

SAKATA, Jun

研究指導教員： 広瀬 統一 教授

目次

| | |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 緒言 | 1 |
| 1. 投球障害の疫学とその特徴 | 1 |
| 2. 学童期における投球障害の危険因子 | 2 |
| 3. 投球障害予防の効果 | 3 |
| 4. Compliance の多寡に影響を与える要因 | 4 |
| 5. 先行研究からわかる課題 | 5 |
| 6. 研究の目的 | 6 |
| 7. 研究の仮説 | 6 |
| 第 2 章 研究 1 | 7 |
| 1. 背景 | 7 |
| 2. 方法 | 7 |
| 3. 結果 | 10 |
| 4. 考察 | 11 |
| 第 3 章 研究 2 | 13 |
| 1. 背景 | 13 |
| 2. 方法 | 13 |
| 3. 結果 | 18 |
| 4. 考察 | 18 |
| 第 4 章 研究 3 | 21 |
| 1. 背景 | 21 |
| 2. 方法 | 21 |
| 3. 結果 | 27 |
| 4. 考察 | 30 |
| 第 5 章 総合考察 | 32 |

| | |
|----------------|----|
| 第 6 章 結語 | 35 |
| 参考文献 | 36 |
| 謝辞 | 46 |

第 1 章 緒言

1. 投球障害の疫学とその特徴

野球競技では、肩・肘の傷害が多く発生する。野球の疫学調査に関する報告は、小学生を中心とした学童期、中学から高校生の思春期、大学生やプロ野球選手を対象とした青年期に対象が分かれる。学童期野球選手を対象とした傷害調査では、肩の傷害発生率が 0.6/1,000 Athlete Exposures (以下, AEs), 肘の傷害発生率が 1.5/1,000 AEs であり、肘の傷害発生率が高い¹。学童期の投球肘障害の多くは骨軟骨障害であり、部位別罹患率は肘内側 19.0%, 肘外側 2.6%, 肘後方 0.7%であった²。肘内側障害は 4 人に 1 人に発生するとされ^{1, 3}, リハビリテーションの予後は良好だが、再発例も多く、骨片が遺残する場合もある⁴。その発生率の高さより、一次予防が重要であると考えられる。肘外側障害である上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の罹患率は 2%前後と高くないが⁵, 重症化すると手術療法が必要となる⁶。早期発見・早期治療の二次予防に主眼が置かれ、野球肘検診の取り組みが全国に広がっている^{2, 7-19}。思春期の野球選手では、肩の傷害発生率は 1.5/1,000 AEs, 肘は 1.0/1,000 AEs と報告されており、肩の傷害発生率が肘の傷害発生率を上回る²⁰。高校野球選手における部位別罹患率は、肘内側 15.5%, 肘後方 2.4%, 肘外側 2.1% であり²¹, 学童期よりも肘後方障害の割合が高い。青年期においては特に UCL 損傷に対する疫学調査が実施されている。これはトミージョン手術と呼ばれる UCL 再建術増加の問題が背景にある²²。大学生における UCL 再建実施率を調査した報告によると、実施率は 2.5/100 player-seasons となり、ピッチャーに限ると 4.4/100 player-seasons にも及んでおり²³, 1 シーズンに 25 人に 1 人のピッチャーが UCL 再建を実施し

ている計算となる。トミージョン手術は UCL 損傷に対するリハビリテーションが難渋した場合に行われている。UCL 損傷に対するリハビリテーションの抵抗因子として、学童期の骨軟骨障害後遺症である骨片遺残が指摘されており²⁴、特に学童期において投球障害を予防することが、その後の投球障害予防のためにも最も重要である²⁵。

2. 学童期における投球障害の危険因子

投球障害の発生に関与する危険因子は多く存在する。年齢や体格に加え²⁶、投球メカニクス²⁷や球数^{3, 26, 28-30}、身体機能^{20, 29, 31-34}がある。学童期あるいはリトルリーグの選手（13歳以下）では、その危険因子が多岐に渡る。まず、年齢が高いことを投球肘障害の危険因子として挙げた論文が多くみられる^{1, 3, 29, 35, 36}。また体格として、体重が高く、身長が低いことも危険因子として挙げられる³。ポジションでは、ピッチャー^{1, 35, 36}の発生リスクが高いとされている。また、キャッチャーも発生リスクが高いとした報告^{35, 36}がみられるが、有意差がみられない報告^{1, 3}もあり、コンセンサスが得られていない。練習量との関連を調査した報告も多くみられ、練習頻度が高いこと^{3, 29}が危険因子として挙げられており、特に Harada et al.²⁹によると1週間で休みなしに毎日練習を行うことで投球肘障害発生リスクが2倍となる。また年間を通じてオフシーズンがないこと³⁷も危険因子として挙げられている。球数について、1日当たり100球以上の投球数¹、50球以上の全力投球³⁶が危険因子として挙げられている。また年間では100試合以上の出場³⁵が危険因子として挙げられ、ピッチャーに限ると年間600球以上のピッチング³、100イニング以上の投球²⁸が危険因子として挙げられている。身体機能について、肘伸展制限¹、胸椎後弯角増大^{1, 38}、投球側肩外旋可動

域低下²⁹，投球側肩内外旋トータル可動域低下³⁸，肩水平内転制限^{38, 39}，肩内旋制限（左右差）³⁹，踏み込み足股関節内旋制限(左右差)³⁸が学童期野球選手における危険因子として挙げられている．肩内・外旋筋力の増大を危険因子として挙げた論文²⁹もあるが，体重で正規化した論文においては有意差がみられず¹，体重増加によるリスクの影響を反映した可能性がある．投球動作に関する報告は少なく，唯一，坂田ほか³⁸が Arm Cocking 相（足接地から肩最大外旋まで）の肩外転角の減少，いわゆる肘下がりを肘内側障害の危険因子として挙げている．

3. 投球障害予防の効果

近年，投球障害に対する介入効果を検証した論文が散見される．Shitara et al.⁴⁰は高校野球選手に対し，肩関節のストレッチや筋力トレーニングによる介入後果を検討した．その結果，ストレッチを行わなかった群と比して，側臥位肩屈曲位での他動内旋運動を行なった群において，ハザード比が 0.36 であり，有意に投球障害発生率が減少した．Sakata et al.⁴¹は，投球障害予防を目的に身体機能改善を図るプログラム Yokohama baseball-9 (YKB-9: 図 1) を作成した．全 20 分，肩・肘・前腕・体幹・股関節のストレッチ（9 種類）と腱板・肩甲骨運動・体幹スタビライゼーション・投球動作を模した下肢エクササイズ（9 種類）からなり，介入群においてウォーミングアップや補強，自宅での実施された．結果，1 年間の肘内側障害発生は介入群で 0.8 /1,000AE' s，非介入群で 1.5 /1,000AE' s となり，ハザード比が 50.8%と有意に肘内側障害発生率が減少した．しかしながら，プログラムの年間を通した実施率（compliance）は 57.4%と高くなく，介入群の中でも compliance が高い群での障害発生率が低い結果がみられた．予防プログラムによる投球

障害予防には，その compliance を高めることが重要であると言える．

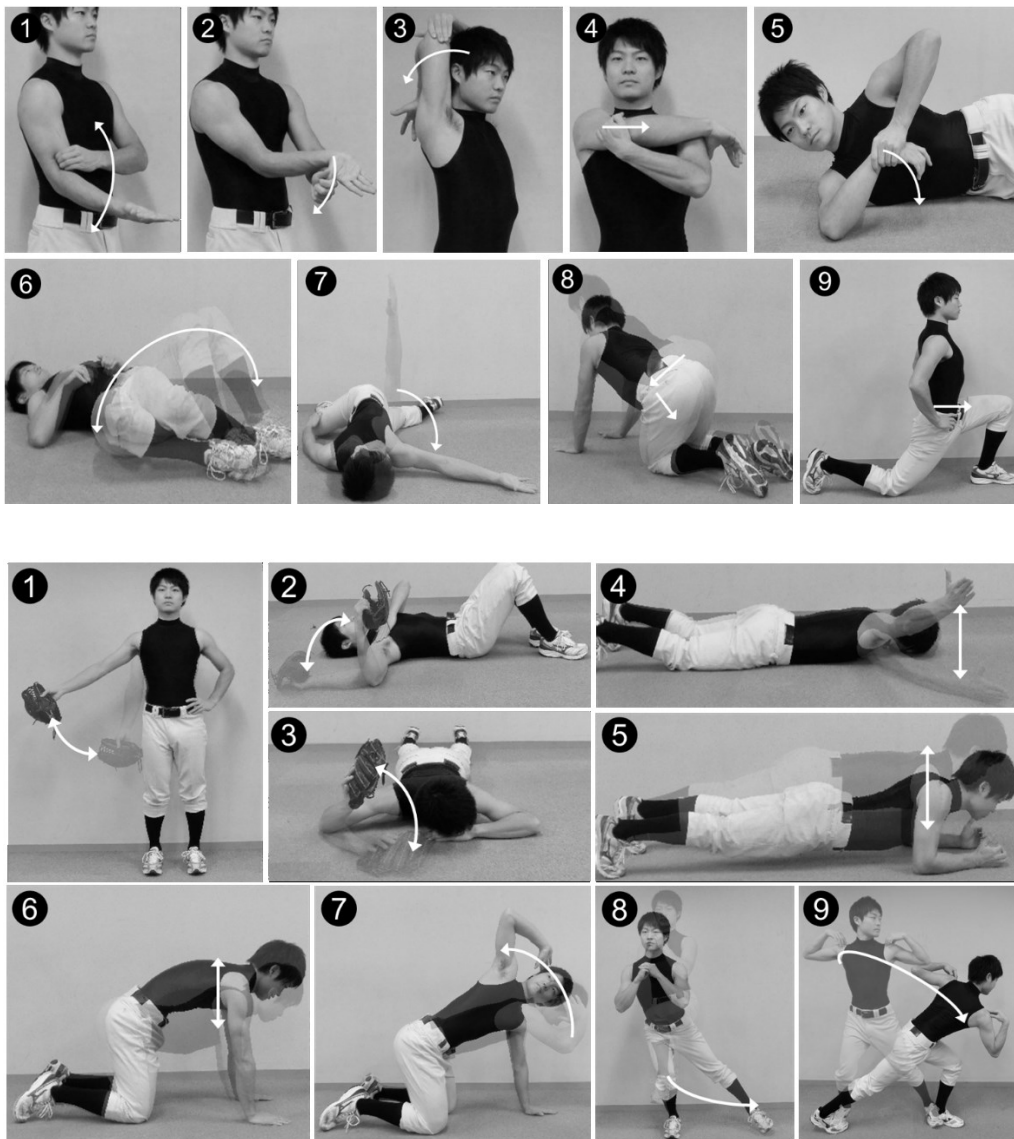


図 1 投球障害予防プログラム YKB-9

4. Compliance の多寡に影響を与える要因

投球障害予防の分野において，compliance に影響を与える因子について検討した報告はみられないが，下肢外傷予防プログラムの分野において，Compliance に与える因子について調査した報告がある．Sugimoto et al.⁴² は，中学生から高校生の年代を対象に，コーチの compliance

(コーチが予防プログラムをトレーニングとして提供したか)と選手の compliance (提供されたプログラムの 2/3 を実行したか)に分け、各 compliance に影響を与える因子について調査した。結果、コーチの compliance は中学生年代(33.3~44.1%)よりも高校生年代(58.0~73.1%)の方が高かった。一方で、選手の compliance については、中学生年代で 84.2~91.4%、高校生年代で 87.1~92.1%と年代による差はみられなかった。つまり対象の年代が上がるとコーチが予防プログラムをトレーニングとして提供する割合が増加しており、compliance 向上にはコーチの予防プログラムに対する理解が不可欠であると言える。

実際の学童野球の指導現場では、野球のパフォーマンス向上に主眼が置かれており、傷害発生までにその予防を意識することは少ない現状がある。高校生年代などで野球のパフォーマンスと体力要素との関連は示されているものの⁴³⁻⁴⁵、学童期における野球のパフォーマンスと体力要素との関連をみた報告は少ない⁴⁶。指導者のプログラムへの理解を深めるためにも、投球障害だけでなく野球パフォーマンスに関連する因子も合わせて検討し、それらをプログラムに含めることが重要であると考えられる。

5. 先行研究からわかる課題

先行研究より、プログラム介入により投球障害予防は可能であり、その効果は compliance に依存することは示された。一方で、短期的な予防効果の検証に留まっており、長期的な予防効果と compliance の関係を示す必要がある。加えて、野球のパフォーマンスと体力との関係を調査し、その結果を元に投球障害予防とパフォーマンス向上を両立するプログラムを考案し、その介入効果を明らかにすることで、現場への普及

に有用となると考えられる。

6. 研究の目的

本研究の目的は、① 投球障害予防プログラムの長期的な予防効果と compliance との関連を検証すること、② 野球のパフォーマンスに関連する体力因子を明らかにすること、③ 投球障害予防とパフォーマンス向上の両立を目指す予防プログラムの介入効果を検討することである。

7. 本研究の仮説

本研究の仮説は以下である。

- ① 長期的な投球障害プログラムの予防効果と compliance は関連する。
- ② 学童野球のパフォーマンスは体力因子と関連する。
- ③ プログラム介入により、投球障害の発生率は減少し、野球のパフォーマンスは向上する。

第 2 章 研究 1

投球障害予防プログラムの長期的な予防効果と compliance との関連

1. 背景

近年，投球障害に対する介入効果を検証した論文が散見される．Sakata et al.⁴¹は，学童野球選手の肘内側障害に対し，投球障害予防を目的に身体機能改善を図るプログラムを作成，介入を行い，1年間の肘内側障害発生率が約 50%減少したとした．単年での投球障害予防効果がみられる一方で，長期に渡る予防効果を検討した報告はみられない．本研究の目的は，学童野球選手の肘内側障害に対する投球障害予防プログラムの予防効果の推移と compliance（実施率）との関連について明らかにすることである．

2. 方法

1) 調査期間・対象

調査期間は 2013 年 12 月から 2018 年 12 月とし，毎年 12 月にメディカルチェックを実施した．対象は各年度にメディカルチェックに参加した小学 3 年生から 6 年生までの学童野球選手とし，対象者には事前に横浜市スポーツ医科学センター倫理委員会（2013 年度より）並びに早稲田大学スポーツ科学学術院倫理委員会により承認された説明書（2018 年度より）により，保護者ならびに本人に対し文書及び口頭にて研究に関する十分な説明を行い，同意後署名を得た．

2) 介入方法

Sakata et al.⁴¹の報告を参考に，投球障害予防プログラム YKB-9 の

介入を行った。本プログラムは全 20 分，肩・肘・前腕・体幹・股関節のストレッチ（9 種類）と腱板・肩甲骨運動・体幹スタビライゼーション・投球動作を模した下肢エクササイズ（9 種類）からなり，ウォーミングアップ時や補強，自宅での実施を含む補強として実施を依頼した。年度毎に，全対象者に対し，メディカルチェック時とその 3 か月後の年 2 回，直接指導した。

3) 肘内側障害発生の調査

半年に一度，問診による疼痛発生の確認，現在の痛みの有無や肘痛の既往を直接問診で聴取し，肘関節の屈曲・伸展強制・外反強制・肘伸展抵抗を行ない，肘内側部痛の有無を確認した。また，GE 社製 3D/4D 超音波診断装置（Voluson I，GE，USA）を用い，超音波診断装置を用いた肘内側上顆下端の全域を走査した。長軸での連続性の確認と，単軸での下端部不整の有無を評価し，連続性の低下や下端部の不整がみられた場合に，肘内側の異常所見ありとした（図 2）。肘内側障害の定義は，一週間以上の投球時痛または疼痛による投球制限，あるいは繰り返しの肘痛を必須とし，肘運動時内側部痛（肘屈曲・伸展・外反強制時痛）あるいは超音波検査による肘内側異常所見（連続性低下・下端部不整）のどちらかが陽性の場合に，肘内側障害発生とした。

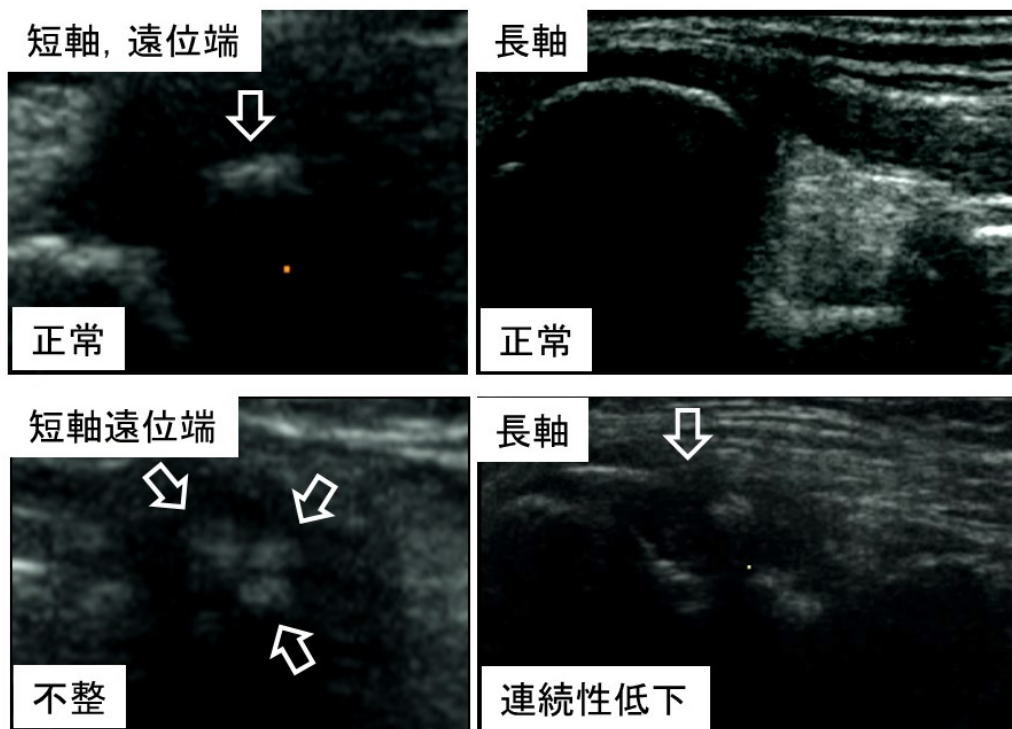


図 2 超音波診断装置による内側上顆下端部の正常・異常所見

4) Compliance の調査

YKB-9 の実施率 (compliance) の調査を行った。選手には日誌を配布し、YKB-9 を実施した日付に記録を依頼した。半年に一度、障害調査と同時に日誌を確認し、実施の有無を調査した。Compliance の定義として、1 年間、週に 1 回以上続けて実施した際に、compliance 有とした。

5) 統計学的検討

統計学的検討には、時系列分析 (交差相関分析) を用い、2014 年 1 月 - 12 月、2015 年 1 月 - 12 月、2016 年 1 月 - 12 月、2017 年 1 月 - 12 月、2018 年 1 月 - 12 月の肘内側障害発生率と compliance の関係について検討した。統計学的有意水準は危険率 5%未満とした。

3. 結果

各調査年におけるメディカルチェック参加人数は、2014年が218名、2015年が183名、2016年が225名、2017年が197名、2018年が216名であった。各年度の月齢、身長、体重データを表1に示す。

表1 各年度の身長、体重データ

| 年 | 対象者数 (人) | 月齢 (月) | 標準 偏差 | 身長 (cm) | 標準 偏差 | 体重 (kg) | 標準 偏差 |
|------|-------------|-----------|----------|------------|----------|------------|----------|
| 2014 | 218(内、女18) | 128.5 | 16.8 | 137.2 | 6.9 | 32.1 | 7.1 |
| 2015 | 183(内、女15) | 130.3 | 18.1 | 139.8 | 7.3 | 34.8 | 7.6 |
| 2016 | 225(内、女19) | 129.1 | 17.0 | 138.3 | 7 | 32.9 | 7.3 |
| 2017 | 197(内、女17) | 129.5 | 17.2 | 136.4 | 6.8 | 31.9 | 7.5 |
| 2018 | 216(内、女18) | 130.5 | 16.7 | 139.6 | 7.1 | 34.4 | 7.7 |

各調査年における肘内側障害発生率と compliance との関係を図3に示す。交差相関分析の結果、ラグは0期であった。相関係数は-0.986となり、有意確率Pは0.002であった。

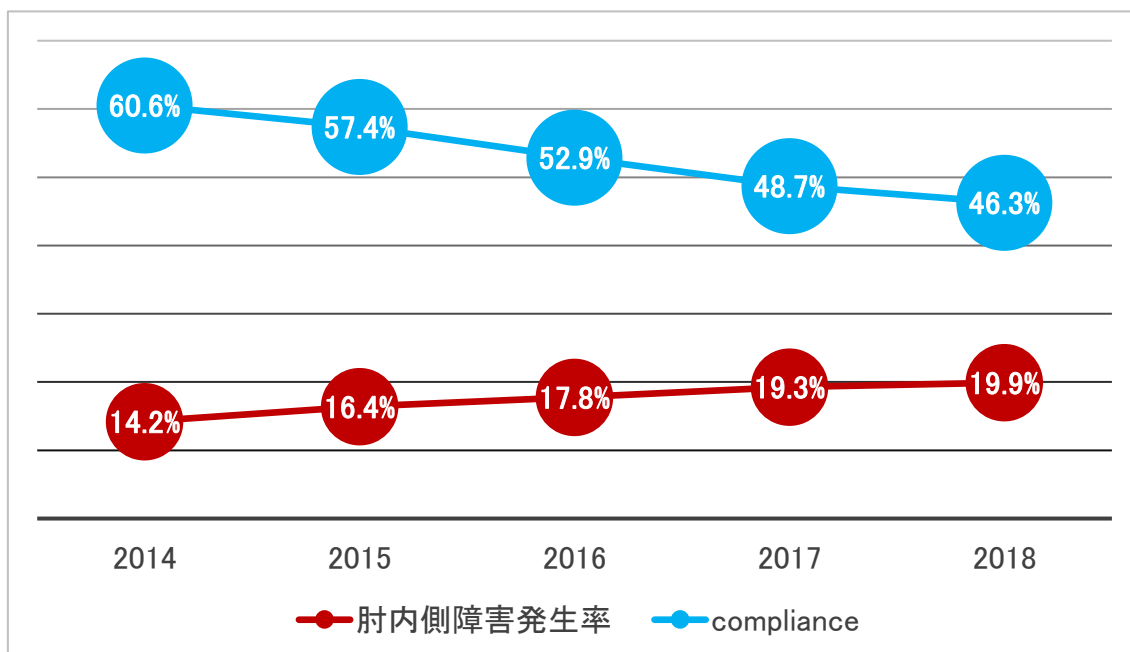


図 3 各年の肘内側障害発生率と compliance

4. 考察

過去の報告において、肘内側障害発生率は 27.5%と報告されており⁴⁷、本研究の 2018 年における発生率は 19.9%と少ないものの、2014 年の 14.2%から 5.7%増加している。交叉相関分析の結果、肘内側障害発生率と投球障害予防プログラムには有意な負の相関がみられ、compliance の低下に伴い、肘内側障害発生率が増加した。加えて、ラグは 0 期であり、その年の compliance が肘内側障害発生に影響を与えることがわかった。Sakata et al.⁴¹は週に 1 回以上の実施率を high compliance 群、週 1 回以下の実施率を low compliance 群とし、肘内側障害発生率を比較したところ、有意に high compliance 群で発生率が低かったことを報告しており、compliance の重要性について指摘している。本研究の結果より、投球障害予防プログラムの compliance の重要性が長期的にも示された。加えて、毎年同様のプログラム内容を同様の

導入方法で行ったのにも関わらず， compliance が低下したことから，プログラム内容の改変やそのアプローチ方法の工夫が必要であると考えられた．

本研究の限界として，調査年により対象者が新規参加の場合と複数年参加の場合が混在している点が挙げられる．昨年度の介入効果が次年度まで継続している可能性も考えられたが，ラグが 0 期であったことから，同年度の介入が肘内側障害発生に関与している可能性が高く，影響は少ないと考えた．

第 3 章 研究 2

野球のパフォーマンスに関連する体力因子

1. 背景

野球のパフォーマンスは、投球パフォーマンスとバッティングパフォーマンスに大別される。投球パフォーマンスの指標として、球速⁴⁸⁻⁵¹とコントロール⁵²⁻⁵⁴、回転数⁵⁵⁻⁵⁸などが挙げられる。バッティングパフォーマンスの多くはバッドのスウィングスピードで評価される⁵⁹。

62. 野球のパフォーマンスと体力要素の関連について、Lerman et al.⁴³は大学生を対象とし、球速とメディシンボール投げ（後方）および側方へのジャンプ幅との関連を報告した。また、スウィングスピードについては多くの報告がなされ、ベンチプレスの重量⁴⁴や垂直跳び高⁴⁵、スクワットの重量⁴⁵と関連がみられたとの報告がある（いずれも高校生）。一方で、学童期における野球のパフォーマンスと体力要素との関連をみた報告は少ない⁴⁶。本研究の目的は、学童期における野球のパフォーマンスと体力要素との関連を調べることである。

2. 方法

1) 対象

小学 3 年生から中学 1 年生までの学童野球選手 187 例を対象とした。対象者には事前に早稲田大学スポーツ科学学術院倫理委員会により承認された説明書により、保護者ならびに本人に対し文書及び口頭にて研究に関する十分な説明を行い、同意後署名を得た。

2) 投球パフォーマンスの測定

マウンドからホームベースに設置した的に向け、加速度計の内蔵されたボール（TECHNICAL PITCH, Acrodea, 日本）を投球し、回転数の評価を評価した（図 4）。球速は的の後方より、スピードガン（スピードスター V, Bushnell, USA）を用い測定した。コントロールについて、的の地面から 90cm の高さのところに印をつけ、Shinya et al.⁵²の報告を参考に、実際にボールが当たった点との距離を垂直方向と水平方向に分けて計測した。



図 4 投球パフォーマンスの測定風景

3) バッティングパフォーマンスの測定

トスバッティングマシーンから出るボールを打った際に、バットの柄に加速度計（ZEPP BASEBALL, Zepp, USA）を装着し、スウィングスピードを測定した。2回測定を行い、数値の高い方を採用した。

4) 体力データの測定

1kg メディシンボール投げ（後方：図 5），フロアジリティテスト

(図 6) , 30m 走, 股関節内外旋可動域 (股関節 90 度屈曲位) , 胸椎後弯角⁶³, 胸郭拡張差⁶⁴, 片脚バランス能力⁶⁵とした. プロアジリティテストおよび 30m 走には光電管 (Timing system, Brower, USA) を使用した. 胸椎後弯角 (図 7) は傾斜計を第 1 胸椎および第 12 胸椎棘突起にあて, 垂直線から成す角の合計の数値とした⁴⁷. 胸郭拡張差 (図 7) は最大吸気時から最大呼気時の周径囲 (第 10 胸椎レベル) を引いたものとした⁶⁴. 片脚バランス能力は lateral slide test (LST : 図 7) を行い, 片脚立位から遊脚側下肢を外方にリーチし, 下肢長で正規化した⁶⁵.



図 5 メディシンボール (後方, 1kg) 投げの測定

肩幅の広さに足幅をし, 胸の前で 1kg のメディシンボールを保持し, 一度反動でボールを下げ, 後方へ全力投球を行う.

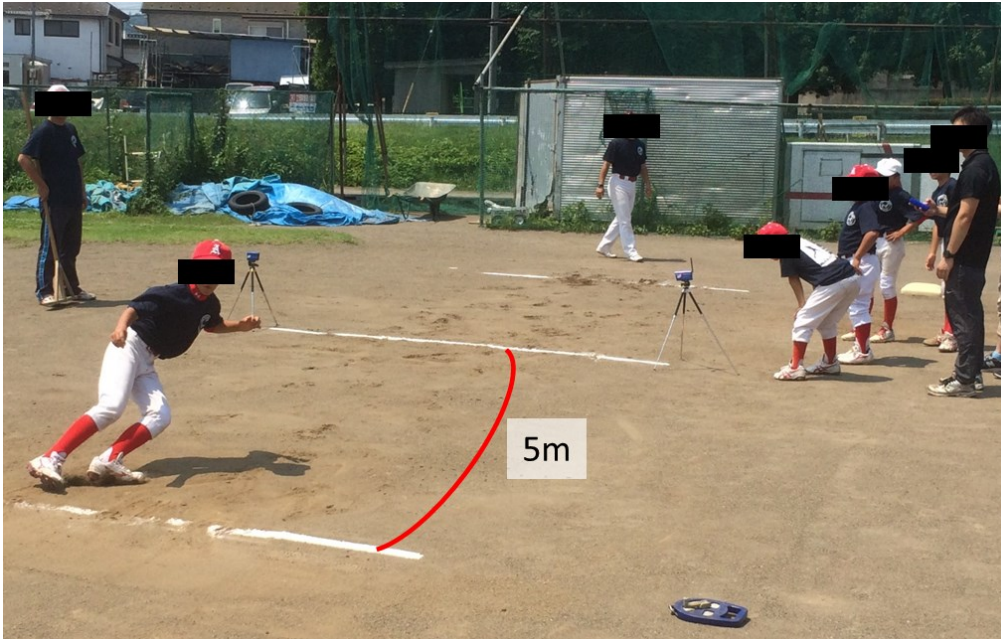
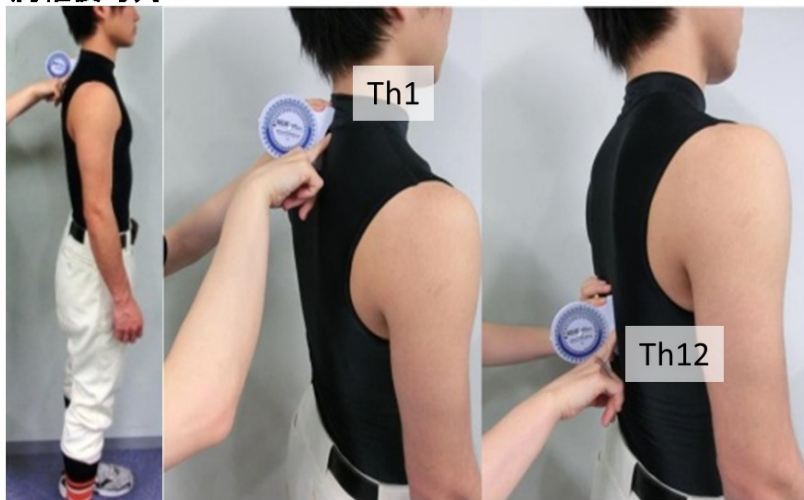


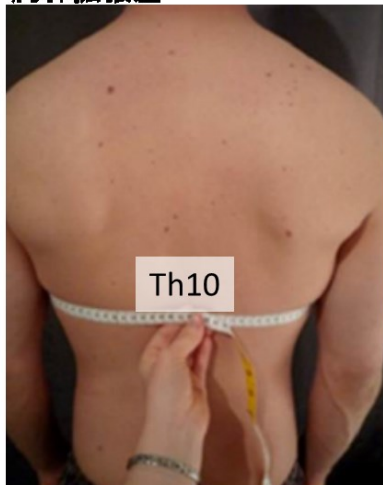
図 6 プロアジリティテストの測定

5m 間隔に 3 本のラインを引き，中央からスタートし，5m，10m，5m の順に方向転換動作（ラインを手でタッチ）を行い，所要時間を測定する．

胸椎後弯角



胸郭拡張差



Lateral Slide Test



図 7 胸椎後弯角，胸郭拡張差，片脚バランステストの測定

胸椎後弯角：傾斜計を第 1 胸椎および第 12 胸椎棘突起にあて，垂直線から成す角を測定し，合計する．

胸郭拡張差：第 10 胸椎レベルの周径囲を最大吸気時と最大呼気時で測定し，差を求める．

LST：開始線に足部の内側を合わせ，片脚立位を保ちながら，遊脚側下肢を外方にリーチする．その最大距離を測定し，下肢長で正規化する．

5) 統計学的検討

重回帰分析を用い、投球パフォーマンスあるいはバッティングパフォーマンスを非説明変数、各体力要素を説明変数とし、関連を検討した。なお、事前に相関分析を用い、多重共線性の有無を確認し、説明変数の項目を限定した。統計学的有意水準は危険率 5%未満とした。

3. 結果

対象者 187 例の月齢は平均 130.2 ± 20.3 月であり、女子が 11 例含まれた。投球パフォーマンスについて、球速と関連がみられた項目は、測定時年齢（標準偏回帰係数 $\beta = 0.397$ ）、後方メディシンボール投げ（ $\beta = 0.342$ ）、軸足バランス（ $\beta = 0.169$ ）、30m 走（ $\beta = -0.146$ ）であり、自由度調整済み決定係数 R^2 は 0.713 であった（有意確率 $P = 0.001$ ）。コントロールと関連がみられたのは、縦は測定時年齢（ $\beta = -0.309$ ）であり、 R^2 は 0.096 であった（ $P = 0.001$ ）。横は経験年数（ $\beta = -0.209$ ）であり、 R^2 は 0.038 であった（ $P = 0.008$ ）。回転数は後方メディシンボール投げ（ $\beta = 0.553$ ）と胸郭拡張（ $\beta = 0.238$ ）と関連がみられ、 R^2 は 0.444 であった（ $P = 0.001$ ）。

バッティングのパフォーマンスについて、スウィングスピードと関連がみられた項目は、後方メディシンボール投げ（ $\beta = 0.245$ ）、軸足バランス（ $\beta = 0.222$ ）であり、 R^2 は 0.088 であった（ $P = 0.002$ ）。

4. 考察

野球のパフォーマンスに関連する要素として、多くの項目において後方メディシンボール投げが挙げられた。後方メディシンボール投げは垂直跳び高から計算されるパワーインデックスと関連がみられるだけでな

く⁶⁶、ベンチプレスとレッグプレス重量の総和や主に上半身のパワーを評価するチェストメディシンボール投げとも関連がみられる⁶⁷。全身のパワーが求められる運動であり、下肢から上肢への力の伝達がスムーズに行うことが必要である。Kibler et al.⁶⁸は身体の運動において支持基底面から受けた運動エネルギーや力を効率よく手に伝えることが重要であると述べている。Oyama et al.⁶⁹は投球時の軸足における床反力と球速との関連を調査した。結果、前方方向への最大力発揮時における垂直方向床反力のみが球速と関連し、他の方向への床反力は関連がみられなかった。このことから、床反力を利用して発揮する運動方向もまた重要である。バッティングにおいても投球においても下肢からの力を上肢からボールやバットまで伝える点で、メディシンボール投げと共通し、運動連鎖を円滑に行うことが重要となる。

球速やスウィングスピードは、下肢のバランス能力も関連がみられた。過去の報告より、下肢のバランス能力低下は投球時の早期の体幹回旋を生じさせるとされ⁶⁵、不良な動作と球速低下との関連が示唆される⁷⁰。また下肢のバランス能力と投球時のストライド幅に関連がみられたとの報告⁷¹もみられ、ストライド幅が広いほど球速が高いとの報告⁷⁰もあることから、バランス能力もパフォーマンスの重要な因子と言える。

回転数については、胸郭拡張性との関連がみられた。過去に回転数と体力要素について検討した報告はみられず、この関係性は推察の域を出ない。野球の現場において回転数を上げるためには、ボールを長く持つことができること（“球持ちがよいこと”）が重要であるとの考え方がある。胸郭の柔軟性が高いことで“胸がしなり”、“球持ち”がよくなることで回転数を上げることができる可能性がある。一方、投球のコントロールは体力要素との関連がみられず、年齢や野球経験によるところ

が大きいことが分かった。

本研究の限界として、ボールの回転数やスウィングスピードに用いた測定機器の信頼性、精度の問題が挙げられる。簡便で現場で測定できる利点がある一方で、今後はその信頼性や制度に関する検証も行っていく必要がある。加えて、特にコントロールとスウィングスピードの R^2 が 0.1 以下と低く、他の説明因子を検討する必要がある。

第 4 章 研究 3

プログラム介入による投球障害予防効果とパフォーマンス向上効果の検討

1. 背景

学童期の投球障害における危険因子として、先行研究において肘伸展制限¹、胸椎後弯角増大^{1, 38}、投球側肩関節可動域低下^{38, 39}、踏み込み足股関節内旋制限(左右差)³⁸が挙げられている。一方、研究 2 において、野球のパフォーマンスに関連する因子として、後方メディシンボール投げ、軸足バランス、30m 走タイム、胸郭拡張が挙げられた。これらの因子を個々ではなく、複合的にアプローチすることで、投球障害予防とパフォーマンス向上を両立したプログラムを作成する可能性がある。投球障害の危険因子である胸椎後弯角と回転数と関連がみられる胸郭拡張差はいずれも体幹という共通した部位であり、同部の良姿勢を保ちつつ、可動性を獲得することが重要となる。また大きく股関節を使うことで投球障害の危険因子である股関節可動性を維持しながら、下肢から体幹、上肢へと力を伝達できるような動作を習得することで野球のパフォーマンスの向上にも貢献することができると考えられる。本研究の目的は、これらの要素を網羅するプログラムを考案し、その介入効果を検討することである。

2. 方法

1) 調査期間・対象

調査期間は 2018 年 3 月から 2018 年 12 月の 1 シーズン (10 か月) とした。6 チームに所属する小学 3 年生から小学 6 年生までの学童野球選

手 268 例を対象とした。対象者には事前に早稲田大学スポーツ科学学術院倫理委員会により承認された説明書により、保護者ならびに本人に対し文書及び口頭にて研究に関する十分な説明を行い、同意後署名を得た。

2) 介入方法

6 チームを盲検化した上で、3 チームをランダムに抽出し、介入群とし、残りの 3 チームをコントロール群とした。介入群にはプログラムを指導した。ウォーミングアップ時での実施を依頼し、介入開始時に選手、監督、コーチの前でトレーニングを伝達した。加えて、コーチからトレーニングスタッフを選出し、その後のトレーニングの実施と質の管理を依頼した。

介入プログラムは体幹バランス、タオルスクワット、スキップトレーニングの 3 種目からなる。体幹バランスは四つ這いを基本姿勢とし、腰椎部にボールを載せ、落とさないようにしながら課題を行う（図 8）。レベル 1 から 5 まで課題を実施し、1 分以内に課題をクリア（ボールを落とさずに 10 回連続で実施）したら次のレベル、クリアできなかったら同じ level をもう一度実施し、3 セット行うこととした。

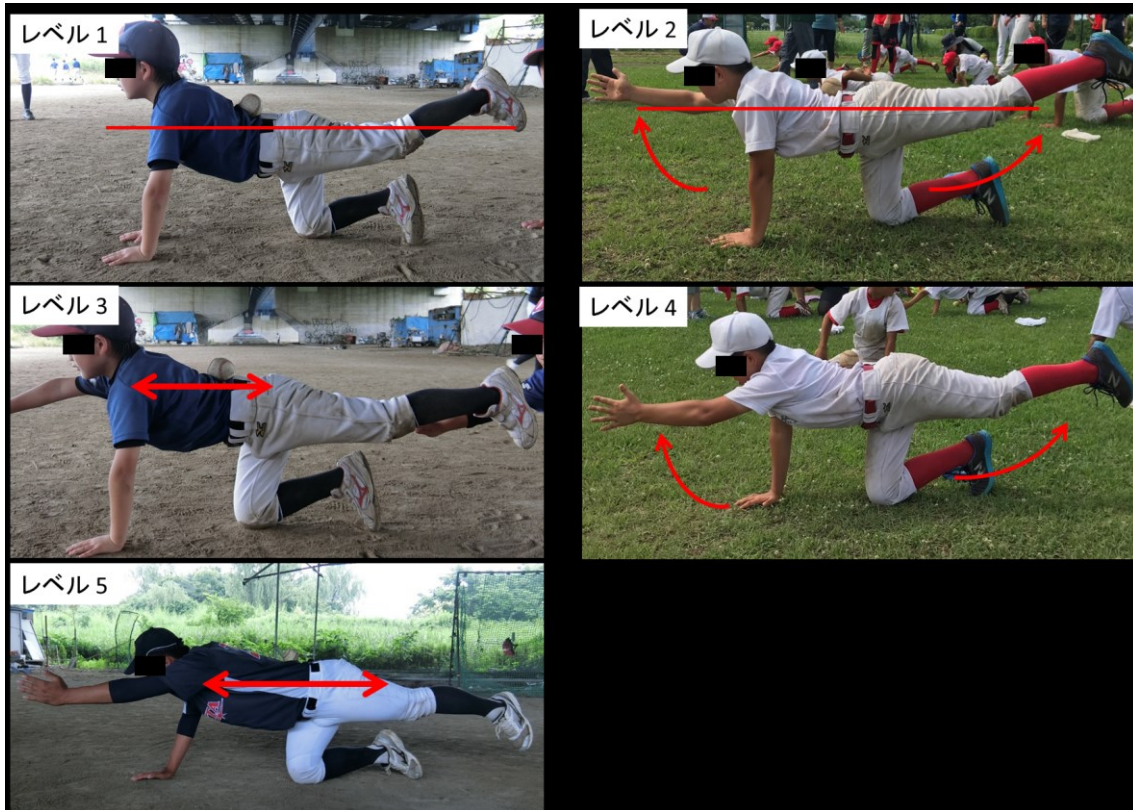


図 8 体幹バランストレーニングの実際

レベル 1 片足・片腕あげ：四肢を順に挙げて 3 秒キープを 2 周

レベル 2 クロスモーション：片手・足挙げ（対角）で 3 秒キープを 10 回連続

レベル 3 ヒップヒンジ：片手・片足挙げたまま（対角），前後運動を 10 回連続

レベル 4 同側あげ：片手・片足挙げ（同側）で 3 秒キープを 10 回連続

レベル 5 同側あげ＋ヒップヒンジ：片手・片足挙げたまま（同側），前後運動を 10 回連続

タオルスクワットは，タオルを「肩幅＋握りこぶし 2 つ分」広めに持ち，そのタオルをひっぱり，常に一直線にさせて行う（図 9）．5 種類の

スクワットを 10 回ずつ実施することにした。

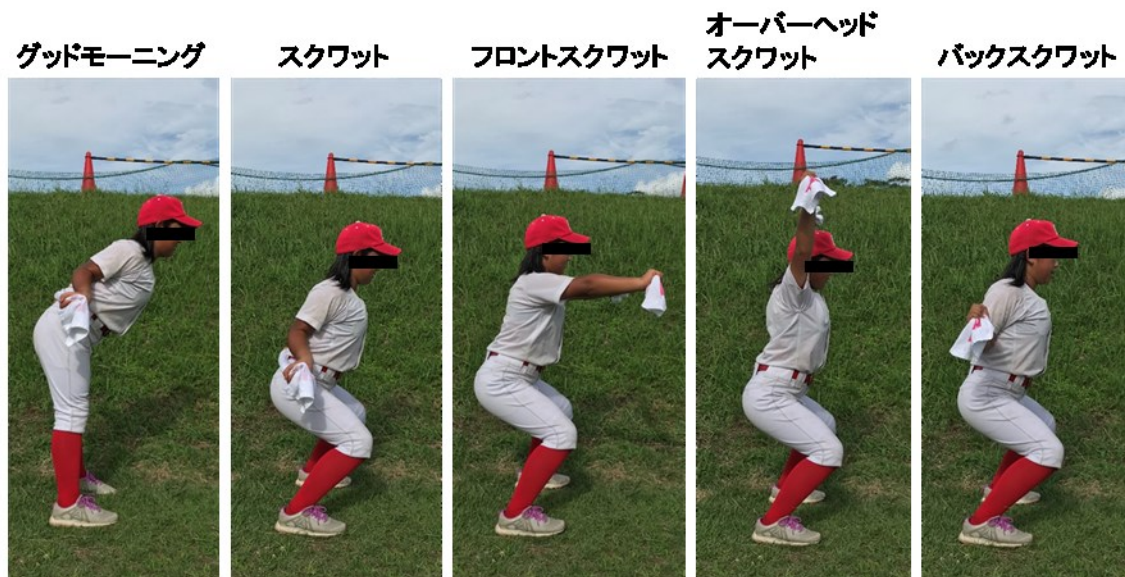


図 9 スクワットトレーニングの実際

グッドモーニング：肩幅に立ち，背中にタオルを回して胸を張り，前を向いたまま前屈する

スクワット：肩幅の 1.5 倍で立ち，背中にタオルを回して胸を張ったままスクワットする

フロントスクワット：肩幅の 1.5 倍に立ち，手をできるだけ前に出した状態でスクワットする

オーバーヘッドスクワット：頭の上に両手をあげ，タオルが前に出ないようにキープしたままスクワットする

バックスクワット：肩甲骨の高さまでタオルを降ろし，胸を張ったままスクワットする

スキップトレーニングは 10m の距離で，5 種類のトレーニングを 2 回ずつ行うことにした（図 10）。



図 10 スキップトレーニングの実際

ハイニースキップ：できるだけ高く膝をあげてスキップ

スピーディスキップ：できるだけ速く足を動かしてスキップ

スピーディスキップ×方向転換：速く足を動かしつつ，合図で方向転換

バウンドスキップ：両足着地、片脚ジャンプの繰り返し

バウンディング：跳ねるように前に進む

3) 形態・体力要素・野球のパフォーマンス評価

測定はシーズン開始前と 10 か月後のシーズン終了直後の計 2 回行った。体力テストは研究 2 と同様，1kg メディシンボール投げ（後方），30m 走，胸椎後弯角⁶³，胸郭拡張差⁶⁴，片脚バランス（LST⁶⁵）とした。野球のパフォーマンスも研究 2 と同様，投球パフォーマンスとして回転数と球速を，バッティングパフォーマンスとしてスウィングスピードを評価した。

4) 投球障害発生の調査

再測定時に問診による疼痛発生の確認，現在の痛みの有無や肘・肩

痛の既往を直接問診で聴取した。加えて、肘関節・肩関節の疼痛誘発テスト・特殊検査、超音波検査（肘内外側・上腕骨近位骨端線）を行った。肘関節の疼痛誘発テスト・特殊検査は、肘屈曲・伸展強制・外反強制・肘伸展抵抗を行ない、肘痛の有無を確認した。肩関節の疼痛誘発テスト・特殊検査は、Hawkins test・empty can test・hyper external rotation test・下垂位肩内旋抵抗・外旋抵抗を行ない、肩痛の有無を確認した。

超音波検査には、GE社製3D/4D超音波診断装置（Voluson I, GE, USA）を用い、研究2同様、内側上顆下端部の連続性の低下や下端部の不整がみられた場合に、肘内側の異常所見ありとした。上腕骨近位骨端部も評価した。骨端軟骨部に血流の増大がみられた場合に、骨端線の異常所見ありとした。肘障害の定義は、一週間以上の投球時痛または疼痛による投球制限、あるいは繰り返しの肘痛を必須とし、肘の特殊検査あるいは超音波検査による異常所見のどちらかが陽性の場合に、肘障害発生とした。肩障害の定義も同様に、一週間以上の投球時痛または疼痛による投球制限、あるいは繰り返しの肩痛を必須とし、特殊検査あるいは超音波検査による異常所見のどちらかが陽性の場合に、肩障害発生とした。肘障害あるいは肩障害発生時に投球障害発生ありとした。

5) Compliance の調査

compliance の調査を行った。選手には日誌を配布し、実施した日付に記録を依頼した。障害調査と同時に日誌を確認し、実施の有無を調査した。Compliance の定義として、シーズン中、週に1回以上続けて実施した際に、compliance 有とした。

6) 統計学的検討

Cox 回帰分析を用い、介入群とコントロール群における投球障害発生率を比較した。また、介入群とコントロール群のシーズン前後の体力要素、パフォーマンス要素の変化量について、対応のない t 検定を用い、比較検討した。統計学的有意水準は危険率 5%未満とした。

3. 結果

介入群は 122 名（内、女子 9 名、平均月齢 129.0 ± 17.1 月）、コントロール群は 146 名であった（内、女子 11 名、平均月齢 128.6 ± 18.2 月）。プログラムの compliance は 100%であった。介入群は 122 名中 23 名（18.9%）が投球障害を発生し、コントロール群は 146 名中 55 名（37.7%）に投球障害が発生した。図 11 に両群の生存曲線を示す。ハザード比は 0.4577 であり、有意に介入群において投球障害発生率が低値を示した（ $P=0.02$ ）。対応のない t 検定の結果、野球のパフォーマンスとしてバッティングスピードが増大した（ $P=0.001$ ）。また形態および体力要素のなかでは胸椎後弯角の減少量（ $P=0.028$ ）、胸郭拡張差の増大量（ $P=0.001$ ）、片脚バランス能力の向上量（ $P=0.047$ ）が、介入群で有意にコントロールよりも大きかった（表 2）。

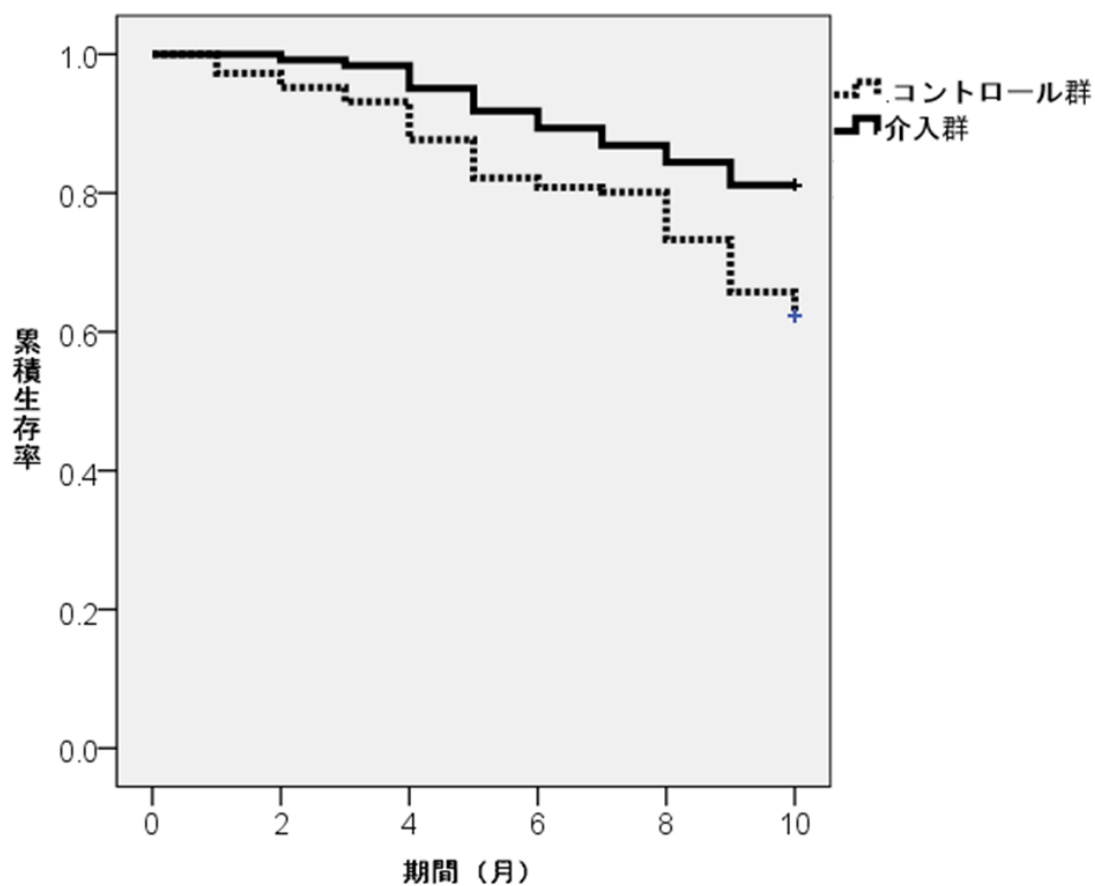


図 11 介入群およびコントロール群の生存曲線（10 か月）

表 2 形態および体力要素とその変化

| 項目 | 群 | シーズン前 | シーズン後 | 変化量 | | 有意 確率 | 95% 信頼区 間 | |
|------------------|------------|-------|-------|---------|----------|----------|--------------|------|
| | | 平均値 | 平均値 | 平均 値 | 標準 偏差 | | 下限 | 上限 |
| 胸椎後弯 角 (°) | コント ロール | 31.2 | 32.4 | 1.2 | 9.2 | 0.028 | 0.02 | 5.58 |
| | 介入 | 30.2 | 26.6 | -3.6 | 8 | | | |

| | | | | | | | | |
|--------|-----|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| 胸郭拡張 | コント | | | | | | | |
| | ロール | 6.1 | 5.2 | -0.9 | 1.5 | 0.001 | -2.08 | -0.65 |
| (cm) | 介入 | 5.8 | 6.3 | 0.5 | 2.4 | | | |
| | コント | | | | | | | |
| LST | ロール | 88.7 | 90.1 | 1.4 | 8 | 0.047 | 0.03 | 2.28 |
| | 介入 | 86.1 | 90.1 | 4 | 8.6 | | | |
| (%) | コント | | | | | | | |
| | ロール | | | | | | | |
| 30m 走 | 介入 | 5.9 | 5.7 | -0.2 | 0.9 | 0.311 | -0.28 | 0.09 |
| | コント | | | | | | | |
| (秒) | ロール | | | | | | | |
| | 介入 | 6.0 | 5.9 | -0.1 | 0.5 | | | |
| 後方 MB | コント | | | | | | | |
| | ロール | 7.6 | 7.9 | 0.3 | 0.9 | 0.279 | -0.4 | 0.12 |
| 投げ | 介入 | 7.3 | 7.8 | 0.5 | 1.1 | | | |
| | コント | | | | | | | |
| (m) | ロール | | | | | | | |
| | 介入 | | | | | | | |
| 回転数 | コント | 1412.7 | 1403.1 | -9.6 | 344.6 | 0.631 | - | 97.77 |
| | ロール | | | | | | 160.4 | |
| (回/分) | 介入 | 1438.7 | 1460.4 | 21.7 | 276.2 | | | |
| | コント | | | | | | | |
| 球速 | ロール | 72.9 | 78.8 | 5.9 | 16.6 | 0.66 | -5.53 | 3.51 |
| | 介入 | 71.4 | 78.3 | 6.9 | 17.6 | | | |
| (km/時) | コント | | | | | | | |
| | ロール | | | | | | | |
| スウイン | 介入 | | | | | | | |
| | コント | 49.1 | 47.6 | -1.5 | 10.3 | 0.001 | 3.27 | 8.88 |
| グスピー | ロール | | | | | | | |
| | 介入 | 54.3 | 58.9 | 4.6 | 11.1 | | | |
| ド | コント | | | | | | | |
| | ロール | | | | | | | |
| (km/時) | 介入 | | | | | | | |
| | コント | | | | | | | |

4. 考察

本研究の結果，プログラム介入により，投球障害は約半数まで減少した（ $p=0.02$ ）．その要因として胸椎後弯角の減少や胸郭拡張の増大が考えられる．本研究のコントロール群は1年間で1.2度ほど胸椎後弯角が増大したのに対し，介入群の胸椎後弯角は3.6度減少した．過去の報告においてもコントロール群の胸椎後弯角は増大しており⁴¹，予防プログラム実施により姿勢の悪化を防ぐことができた可能性がある．特に胸椎後弯角は肘障害の危険因子として挙げられ³⁹，また投球時の肩関節外旋は，肩甲上腕関節での外旋に加え，胸椎伸展・肩甲骨後傾による貢献が含まれるとされる⁷²．プログラム介入による胸椎後弯角の減少や胸郭拡張の増大は，投球時の胸郭の貢献を増大させ，肩関節外旋や肘関節外反ストレスを減少させた可能性がある．本プログラムではスクワットでタオルをしっかりと張らせることで胸を張る、すなわち伸展と胸郭の拡張が求められる．このような運動が良姿勢の獲得や胸郭拡張性改善につながったものと考えられる．このようなプログラム介入による機能向上に起因する形態的变化が、結果的に投球障害発症率を半減させたものと推察された。

一方、研究2において回転数と胸郭拡張差に関連がみられた．本研究でもプログラム介入により胸郭拡張差が増大したことから，回転数も増大するものと考えたが、両群間に有意差は認められなかった．しかしながらコントロール群では10か月後に回転数が9.6回/分減少したのに対し，介入群では21.7回/分増大した．標準偏差、すなわち個人差が大きいため統計的な差はみられなかったが、この結果は介入群の投球パフォーマンス向上を示唆するものと考えられる．前述のように介入プログラムのスクワットでは胸郭の拡張を、そして体幹バランスでは良姿勢を保

持する能力向上がもたらされる。これらのトレーニングを継続することにより、障害予防に加えて回転数増大も得られる可能性がある。

野球のパフォーマンスでは、スウィングスピードの増大がみられた。研究 2 でみられたスウィングスピードに関わる体力要素のひとつである片脚バランス能力が介入群で有意に向上しており ($p=0.047$)、これがバッティングのスウィングスピード向上に影響を与えた可能性がある。過去の報告においても、振動刺激を加えながらフロントプランクやバッティングのインパクト姿勢保持エクササイズを行うことでスウィングスピードが向上したとの報告がある⁷³。本研究における介入プログラムの多くは体幹の良姿勢を保持したまま、支持基底面を減少させたり、股関節を運動させる課題が含まれており、これらが片脚バランス能力の向上に寄与し、スウィングスピードを向上させたと考える。

一方で研究 2 において全ての野球のパフォーマンスと関連がみられたメディシンボール投げに改善はみられなかった。全身のパワーを必要とする種目であり、学童期に対するパワー向上という目標設定の妥当性やトレーニング方法の再検討が必要と考えられた。またメディシンボール投げは下肢から体幹、上肢への力伝達を必要とする種目であり、下肢から上肢までの運動連鎖を必要とする種目でもある。スキップトレーニングの効果として改善が期待されたが、スキップトレーニングのみ、具体的な動作の目標設定がされていなかったことから、高さやそのトレーニングの質を向上させる工夫なども今後の課題として挙げられた。

第 5 章 総合考察

本研究は、① 投球障害予防プログラムの長期的な予防効果と compliance との関連を検証すること、② 野球のパフォーマンスに関連する体力因子を明らかにすること、③ 投球障害予防とパフォーマンス向上の両立を目指す予防プログラムの介入効果を検討することを目的に行った。

1. 投球障害予防プログラムと compliance との関連について

研究 1 の長期調査の結果から、投球障害予防プログラムの実施率と投球障害発生率に密接に関連がみられた。先行研究においても週に 1 回以上プログラムが実施された high compliance 群では投球障害の発生率が 0.5/1000 AEs であったのに対し、週 1 回以下の lowcompliance 群では 1.2/1000 AEs と、有意に high compliance 群での発生率が低かったと報告している。ACL 損傷やハムストリングス肉離れといった下肢外傷予防のメタアナリシス解析でも、compliance と予防効果が示されており⁷⁴、⁷⁵、改めて予防における compliance の重要性が示唆された。

Compliance の多寡に影響を与える因子として、Sugimoto et al.⁴² はコーチが予防プログラムをトレーニングとして提供するかは、対象となる選手の年代により違いがみられることから、compliance 向上には指導者の予防プログラムに対する理解が不可欠であると述べている。本研究の結果において、単年で効果がみられるプログラムを同じように介入しても、徐々にその compliance が下がることから、選手だけでなくコーチに飽きさせない工夫が重要であると考えられた。そのためにも、野球のパフォーマンス向上という側面は考慮すべき事柄であると言える。研究 3 において、介入プログラムの compliance は 100%となり、過去の報

告⁴¹と比べても明らかに高かった。投球障害予防とパフォーマンス向上の両立を目的とした点に加え、コーチの中にトレーニング担当者を選出し、管理を依頼した点も高い compliance の要因となったと考えられる。

2. 野球のパフォーマンスに関連する体力因子

研究2の結果より、投球パフォーマンスに必要な体力として、球速には後方メディシンボール投げ、軸足バランス、30m走が挙げられた。回転数は後方メディシンボール投げと胸郭拡張に関連した。バッティングのパフォーマンスについて、スウィングスピードと関連がみられた項目は、後方メディシンボール投げ、軸足バランスであり、球速と似た因子が結果として挙げられた。学童期の選手に不安定な地面上でのプライオメトリックトレーニングを実施することで、バランス能力が向上する効果を示した報告もあり⁷⁶、これらの体力要素は介入プログラムによる改善が可能であると考えられた。一方、コントロールは測定時年齢や経験年数のみに関連しており、体力要素は関連しておらず、トレーニングによる介入効果は得られないと推察された。

3. 投球障害予防とパフォーマンス向上の両立を目指す予防プログラムの介入効果

体幹バランス、スクワット、スキップトレーニングの実施により、介入群の投球障害の発生率はコントロール群の約半数となり、体幹（胸椎・胸郭）の姿勢や可動性が改善した。投球時の肩関節外旋は、肩甲骨腕関節での外旋に加え、胸椎伸展・肩甲骨後傾による貢献が含まれるとされる⁷²。体幹可動性の改善は、投球時の胸郭の貢献を増大させ、肩関節外旋や肘関節外反ストレスを減少させる可能性がある。また姿勢の

改善は肩甲骨可動性を改善させ、危険な投球動作である“肘下がり”³⁸を回避させる可能性も考えられる。これらの効果により、投球障害の発生率を減少させることができたと考えられた。また、片脚立位でのバランス能力も向上したことで、スウィングスピードの向上にもつながった。スウィングスピードとバッティング動作との関係については不明であり、今後はバランス能力の向上がどのようなメカニズムでスウィングスピードの改善に至ったのか、動作分析も含めた検討を行う必要がある。最後に、コントロールを除く全ての野球パフォーマンスと関連がみられたメディシンボール投げの改善効果は得られず、スキップトレーニングなどでの目標の明確化やプログラムの再考が必要と考えられた。

第 6 章 結語

本研究から，学童期の投球障害予防には，予防プログラムの compliance が重要であり，そのためには野球のパフォーマンスも考慮したプログラムの立案，実施が重要であると言える．特に体幹の安定性や可動性に注目すること，特に股関節運動との連動を改善することが野球のパフォーマンスにも繋がる可能性が考えられた．

参考文献

1. Sakata J, Nakamura E, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K. Physical Risk Factors for a Medial Elbow Injury in Junior Baseball Players: A Prospective Cohort Study of 353 Players. *Am J Sports Med.* 2017;45(1):135-43.
2. 松浦哲也, 柏口新二, 岩瀬毅信, 安井夏生. 少年野球選手の肘関節骨軟骨障害の現状. *日肘会誌.* 2003;10(1):27-8.
3. Lyman S, Fleisig GS, Waterbor JW, Funkhouser EM, Pulley L, Andrews JR, et al. Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(11):1803-10.
4. 鶴田 敏幸, 峯 博子, 萩本 晋作. 上腕骨内側上顆下端裂離損傷再発例の検討. *日肘会誌.* 2016;23(2):362-5.
5. Otonari K, Kikuchi S, Kato K, Sato R, Igari T, Kaga T, et al. Age-Specific Prevalence and Clinical Characteristics of Humeral Medial Epicondyle Apophysitis and Osteochondritis Dissecans: Ultrasonographic Assessment of 4249 Players. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(5):2325967117707703.
6. Takahara M, Mura N, Sasaki J, Harada M, Ogino T. Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(6):1205-14.
7. 飯島裕生, 笹沼秀幸, 原田亮, 金谷裕司, 福島崇, 齊藤寿大. 医療機関で行う野球肘検診の有用性. *JOSKAS.* 2016;41(2):554-5.
8. 仙石英史, 村上典央, 川崎浩史, 寺林伸夫, 福田雅. 岐阜市野球肘検診の調査結果. *東海スポーツ傷害研究誌.* 2016;34:44-6.
9. 和田哲宏, 巽志伸, 福本貴彦, 江川琢也, 森本光俊, 田北武彦. 奈

良県における野球肘検診の試み 検診を通じたスポーツ障害に対する取り組みと継続的な組織運営について. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌. 2015;24:13-5.

10. 木島丈博, 落合信靖, 佐々木裕, 山口毅, 橋本瑛子, 佐々木康人. 千葉県における野球肘検診の試み. 千葉スポーツ医学研究会雑誌. 2015;12:27-9.

11. 前田周吾, 津田英一, 奈良岡琢哉, 木村由佳, 佐々木規博, 石橋恭之. 弘前市小学生野球選手に対する超音波検査装置を用いた野球肘検診の試み. 青森県スポーツ医学研究会誌. 2015;23:1-4.

12. 清水淳也, 和田卓郎, 金谷耕平, 大木豪介, 廣瀬聰明, 山下敏彦. 地域密着型少年野球肘検診の試み. 整形・災害外科. 2014;57(2):213-5.

13. 山本智章, 戸内英雄, 石川知志, 古賀良生, 遠藤直人, 岡邨直人. 子どもに笑顔を!野球傷害を防ごう 子どもに未来を 子どもに笑顔を 野球手帳を用いた成長期野球肘の予防. 整スポ会誌. 2013;33(1):12-8.

14. 和田哲宏, 岡田彰史, 高井悠二, 喜多彬光, 嶋田陽太, 渡邊拓巳. 奈良県における野球肘検診の試み 検診実現から今後の課題. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌. 2012;21:5-6.

15. 船越忠直, 岩崎倫政, 三浪明男, 横田正司, 安田和則, 廣瀬聰明. 超音波を用いた少年野球肘検診 病院受診率向上の工夫. JOSKAS. 2012;37(1):8-9.

16. 木島丈博, 東山礼治, 高森尉之, 渡邊英一郎, 平山博久, 太田修平. 学童期スポーツ少年団における野球肘検診. 静岡整形外科医学雑誌. 2011;4(2):137-40.

17. 大歳憲一, 菊地臣一, 松尾洋平, 紺野慎一, 関口拓矢, 嶋原智彦. ポータブル超音波診断装置を用いた青少年期野球肘検診 福島県での取り

組み. 臨床整形外科. 2011;46(11):1033-9.

18. 渡辺千聡. 超音波断層法を用いた野球肘検診の有用性. 大阪医科大学雑誌. 2005;64(3):160-7.

19. 布谷猛. スポーツ障害 成長期におけるオーバーユース(野球肘)少年野球リーグの野球肘検診を通じて. 日本臨床整形外科医会誌. 2002;27(4):25-9.

20. Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, Ellenbecker TS, Garrison JC, Thigpen CA. Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. Am J Sports Med. 2011;39(9):1997-2006.

21. Kida Y, Morihara T, Furukawa R, Sukenari T, Kotoura Y, Yoshioka N, et al. Prevalence of posterior elbow problems in Japanese high school baseball players. J Shoulder Elbow Surg. 2016;25(9):1477-84.

22. Rebolledo BJ, Dugas JR, Bedi A, Ciccotti MG, Altchek DW, Dines JS. Avoiding Tommy John Surgery: What Are the Alternatives? Am J Sports Med. 2017;45(13):3143-8.

23. Rothermich MA, Conte SA, Aune KT, Fleisig GS, Cain EL, Jr., Dugas JR. Incidence of Elbow Ulnar Collateral Ligament Surgery in Collegiate Baseball Players. Orthop J Sports Med. 2018;6(4):2325967118764657.

24. 宇良田 大悟, 古島 弘三, 岩部 昌平, 宮本 梓, 坂本 直文, 伊藤 恵康. 投球による肘内側側副靭帯損傷の保存療法における抵抗因子の検討. 日肘会誌. 2013;20(2):87-91.

25. Andrews JR, Fleisig GS. Preventing throwing injuries. J Orthop

Sports Phys Ther. 1998;27(3):187-8.

26. Lyman S, Fleisig GS, Andrews JR, Osinski ED. Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2002;30(4):463-8.

27. Anz AW, Bushnell BD, Griffin LP, Noonan TJ, Torry MR, Hawkins RJ. Correlation of torque and elbow injury in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1368-74.

28. Fleisig GS, Andrews JR, Cutter GR, Weber A, Loftice J, McMichael C, et al. Risk of serious injury for young baseball pitchers: a 10-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):253-7.

29. Harada M, Takahara M, Mura N, Sasaki J, Ito T, Ogino T. Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(4):502-7.

30. Yang J, Mann BJ, Guettler JH, Dugas JR, Irrgang JJ, Fleisig GS, et al. Risk-Prone Pitching Activities and Injuries in Youth Baseball: Findings From a National Sample. *Am J Sports Med.* 2014;42(6):1456-63.

31. Tyler TF, Mullaney MJ, Mirabella MR, Nicholas SJ, McHugh MP. Risk Factors for Shoulder and Elbow Injuries in High School Baseball Pitchers: The Role of Preseason Strength and Range of Motion. *Am J Sports Med.* 2014;42(8):1993-9.

32. 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):689-93.

33. Myers JB, Oyama S, Hibberd EE. Scapular dysfunction in high school baseball players sustaining throwing-related upper extremity injury: a prospective study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(9):1154-9.
34. Sakata J, Nakamura E, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K. Physical Risk Factors for a Medial Elbow Injury in Junior Baseball Players. *Am J Sports Med.* 2017;45(1):135-43.
35. Matsuura T, Suzue N, Kashiwaguchi S, Arisawa K, Yasui N. Elbow Injuries in Youth Baseball Players Without Prior Elbow Pain: A 1-Year Prospective Study. *Orthop J Sports Med.* 2013 ;1(5):2325967113509948.
36. 松浦哲也, 鈴江直人, 柏口新二, 岩瀬毅信, 有澤孝吉, 安井夏生. 少年野球選手の肘関節痛発症に関する前向き調査 危険因子の検討とガイドラインの検証. *整スポ会誌.* 2012;32(3):242-7.
37. Pytiak AV, Stearns P, Bastrom TP, Dwek J, Kruk P, Roocroft JH, et al. Are the Current Little League Pitching Guidelines Adequate? A Single-Season Prospective MRI Study. *Orthop J Sports Med.* 2017 ;5(5):2325967117704851.
38. 坂田淳, 中村絵美, 鈴川仁人, 赤池敦, 清水邦明, 青木治人. 少年野球選手における肘内側障害の危険因子に関する前向き研究. *整スポ会誌.* 2016;36(1):43-51.
39. Shanley E, Kissenberth MJ, Thigpen CA, Bailey LB, Hawkins RJ, Michener LA, et al. Preseason shoulder range of motion screening as a predictor of injury among youth and adolescent baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(7):1005-13.
40. Shitara H, Yamamoto A, Shimoyama D, Ichinose T, Sasaki T,

- Hamano N, et al. Shoulder Stretching Intervention Reduces the Incidence of Shoulder and Elbow Injuries in High School Baseball Players: a Time-to-Event Analysis. *Scientific reports*. 2017 27;7:45304.
41. Sakata J, Nakamura E, Suzuki T, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K, et al. Efficacy of a Prevention Program for Medial Elbow Injuries in Youth Baseball Players. *Am J Sports Med*. 2018;46(2):460-9.
42. Sugimoto D, Mattacola CG, Bush HM, Thomas SM, Foss KD, Myer GD, et al. Preventive Neuromuscular Training for Young Female Athletes: Comparison of Coach and Athlete Compliance Rates. *J Athl Train*. 2017;52(1):58-64.
43. Lehman G, Drinkwater EJ, Behm DG. Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(4):902-8.
44. Miyaguchi K, Demura S. Relationship between upper-body strength and bat swing speed in high-school baseball players. *J Strength Cond Res*. 2012;26(7):1786-91.
45. Szymanski DJ, Szymanski JM, Schade RL, Bradford TJ, McIntyre JS, DeRenne C, et al. The relation between anthropometric and physiological variables and bat velocity of high-school baseball players before and after 12 weeks of training. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):2933-43.
46. Nakata H, Nagami T, Higuchi T, Sakamoto K, Kanosue K. Relationship between performance variables and baseball ability in youth baseball players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(10):2887-97.
47. 坂田淳, 中村絵美, 鈴木仁人, 赤池敦, 清水邦明, 青木治人. 少年

野球選手における肘内側障害の危険因子に関する前向き研究. 整スポ会誌. 2016;36(1):43-51.

48. Gray S, Watts S, Debicki D, Hore J. Comparison of kinematics in skilled and unskilled arms of the same recreational baseball players. *J Sports Sci.* 2006;24(11):1183-94.

49. Oyama S, Yu B, Blackburn JT, Padua DA, Li L, Myers JB. Effect of excessive contralateral trunk tilt on pitching biomechanics and performance in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2013 ;41(10):2430-8.

50. 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):2089-94.

51. Whiteside D, Martini DN, Zernicke RF, Goulet GC. Ball Speed and Release Consistency Predict Pitching Success in Major League Baseball. *J Strength Cond Res.* 2016;30(7):1787-95.

52. Shinya M, Tsuchiya S, Yamada Y, Nakazawa K, Kudo K, Oda S. Pitching form determines probabilistic structure of errors in pitch location. *J Sports Sci.* 2017;19:1-6.

53. Simons JP, Wilson JM, Wilson GJ, Theall S. Challenges to cognitive bases for an especial motor skill at the regulation baseball pitching distance. *Res Q Exerc Sport.* 2009;80(3):469-79.

54. Yang SC, Wang CC, Lee SD, Lee YC, Chan KH, Chen YL, et al. Impact of 12-s Rule on Performance and Muscle Damage of Baseball Pitchers. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48(12):2512-6.

55. Kinoshita H, Obata S, Nasu D, Kadota K, Matsuo T, Fleisig GS. Finger forces in fastball baseball pitching. *Human movement science*. 2017;54:172-81.
56. Whiteside D, McGinnis RS, Deneweth JM, Zernicke RF, Goulet GC. Ball flight kinematics, release variability and in-season performance in elite baseball pitching. *Scand J Med Sci Sports*. 2016;26(3):256-65.
57. Higuchi T, Morohoshi J, Nagami T, Nakata H, Kanosue K. The effect of fastball backspin rate on baseball hitting accuracy. *J Appl Biomech*. 2013;29(3):279-84.
58. Nagami T, Morohoshi J, Higuchi T, Nakata H, Naito S, Kanosue K. Spin on fastballs thrown by elite baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(12):2321-7.
59. Crisco JJ, Osvalds NJ, Rainbow MJ. The Kinetics of Swinging a Baseball Bat. *J Appl Biomech*. 2018;34(5):386-91.
60. Crisco JJ, Rainbow MJ, Schwartz JB, Wilcox BJ. Batting cage performance of wood and nonwood youth baseball bats. *J Appl Biomech*. 2014;30(2):237-43.
61. Gray R. Being selective at the plate: processing dependence between perceptual variables relates to hitting goals and performance. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2013;39(4):1124-42.
62. Crisco JJ, Greenwald RM, Blume JD, Penna LH. Batting performance of wood and metal baseball bats. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(10):1675-84.
63. Lewis JS, Wright C, Green A. Subacromial impingement

syndrome: the effect of changing posture on shoulder range of movement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35(2):72-87.

64. Debouche S, Pitance L, Robert A, Liistro G, Reychler G. Reliability and Reproducibility of Chest Wall Expansion Measurement in Young Healthy Adults. *J Manipulative Physiol Ther.* 2016;39(6):443-9.

65. 坂田 淳, 鈴川 仁人, 赤池 敦, 清水 邦明, 青木 治人. 投球時体幹回旋のタイミングに対する下肢バランス機能の重要性. *整スポ会誌.* 2015;35(1):56-62.

66. Stockbrugger BA, Haennel RG. Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. *J Strength Cond Res.* 2001;15(4):431-8.

67. Stockbrugger BA, Haennel RG. Contributing factors to performance of a medicine ball explosive power test: a comparison between jump and nonjump athletes. *J Strength Cond Res.* 2003;17(4):768-74.

68. Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):325-37.

69. Oyama S, Myers JB. The Relationship Between the Push Off Ground Reaction Force and Ball Speed in High School Baseball Pitchers. *J Strength Cond Res.* 2018;32(5):1324-8.

70. Sgroi T, Chalmers PN, Riff AJ, Lesniak M, Sayegh ET, Wimmer MA, Verma NN, Cole BJ, Romeo AA. Predictors of throwing velocity in youth and adolescent pitchers. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(9):1339-45.

71. Culiver A, Garrison JC, Creed KM, Conway JE, Goto S, Werner S. Correlation among Y Balance Test-Lower Quarter Composite Scores, Hip Musculoskeletal Characteristics, and Pitching Kinematics in NCAA Division I Baseball Pitchers. *J Sport Rehabil.* 2018;24:1-21.
72. Miyashita K, Kobayashi H, Koshida S, Urabe Y. Glenohumeral, scapular, and thoracic angles at maximum shoulder external rotation in throwing. *Am J Sports Med.* 2010;38(2):363-8.
73. Reyes GF, Dickin DC, Dolny DG, Crusat NJ. Effects of muscular strength, exercise order, and acute whole-body vibration exposure on bat swing speed. *J Strength Cond Res.* 2010;24(12):3234-40.
74. Goode AP, Reiman MP, Harris L, DeLisa L, Kauffman A, Beltramo D, et al. Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(6):349-56.
75. Sugimoto D, Myer GD, Bush HM, Klugman MF, Medina McKeon JM, Hewett TE. Compliance with neuromuscular training and anterior cruciate ligament injury risk reduction in female athletes: a meta-analysis. *J Athl Train.* 2012;47(6):714-23.
76. Negra Y, Chaabene H, Sammoud S, Bouguezzi R, Mkaouer B, Hachana Y, et al. Effects of Plyometric Training on Components of Physical Fitness in Prepuberal Male Soccer Athletes: The Role of Surface Instability. *J Strength Cond Res.* 2017;31(12):3295-304.

謝辞

本論文を作成するにあたり，多忙な中，熱心なご指導，ご鞭撻を賜りました，広瀬統一教授に厚く御礼を申し上げます。また，快く副査を引き受けて下さりご指導を賜りました鳥居俊教授，金岡恒治教授に心より感謝申し上げます。

本研究を行うにあたり，研究への助言や，測定の検者を快く引き受けて下さったアスレティックトレーニング研究室の皆様，また，被験者を引き受けてくださった港北区少年野球連盟，リトルリーグ東京連盟加入選手の皆様，保護者・指導者の皆様に感謝の意を述べさせて頂き，本論文の謝辞とさせていただきます。

本論文の作製にあたり，支えて下さったすべての皆様に心より御礼申し上げます。誠にありがとうございました。