

＝研究資料＝

体幹エクササイズが肩関節内旋可動域 および投球パフォーマンスに及ぼす影響

Influence of Trunk Exercises on Internal Rotation of the Throwing Shoulders and Pitching Performance

梯 誠剛¹⁾ 原 賢二²⁾

Seigo KAKEHASHI¹⁾ Kenji HARA²⁾

Key words: 野球 肩関節内旋可動域 体幹 球速 ウォーミングアップ

1. 諸 言

野球選手の肩関節可動域は、繰り返される投球ストレスにおいて肩関節外旋可動域が増加し、肩関節内旋可動域が低下することが分かっている^{1~3)}。外旋可動域増加の原因は、投球により繰り返されるlate cocking phaseでの過外旋ストレスであると末永らは報告している³⁾。一方、内旋可動域の減少は、投球動作におけるfollow through phaseにおいて、肩関節後方要素に牽引力が働き、繰り返される投球動作により肩関節後方要素がminor traumaを受けることで炎症を生じ、肩関節後方組織の部分的な拘縮が生じるためと考えられている^{3,4)}。特にこの内旋可動域の低下は肩関節障害と関連が深い^{2~4)}。野球選手の肩関節障害を予防するためには、内旋可動域の改善が重要であり、内旋可動域の減少を防ぐために多くの研究が行われている^{1~7)}。肩関節後方の筋肉を緩める手技のひとつに腹筋負荷テストがあり、投球側の肩関節内旋可動域が大きく改善することが明らかにされている¹⁾。

一方、投球動作は下肢から体幹、上肢へと効率よくエネルギーを伝達する全身運動であることから、重要な役割を担うのが体幹である^{8~10)}。投球動作においては下肢と上肢をつなぐ体幹の強化が不可欠な要素であり、腕を振る際に体幹が安定していることが重要であるといわれる⁹⁾。腹筋群は野球選手の投球動作において、上肢の回転運動により働く大きな遠心力に対し求心力を発揮する役

割を担っている^{9,11~13)}。投球スピードが速いものほど上肢の回転運動が速いことから、速いボールを投げるには腹筋群の働きが重要になるといえる^{11~13)}。

スポーツ選手のウォーミングアップは、パフォーマンス向上と傷害予防の2つの側面から非常に重要である。スポーツ選手のウォーミングアップの方法は、能動的に体を動かし専門種目と関連した運動を行うことが望ましいとされている¹⁴⁾。野球においても例外ではなく、投球動作や打撃動作に関連したウォーミングアップが行われるべきであるが、競技レベルが低くなるほど全体の規律や声量などに重きが置かれ、ウォーミングアップのメニューがチームの伝統として引き継がれている傾向があり、実際にパフォーマンス向上と傷害予防に特化した十分なウォーミングアップが行われているチームは少ないのが現状である。これらの現状を変えるために、野球選手のパフォーマンス向上と傷害予防の2つの観点から有効なエクササイズを追求し、現場に還元することが今後野球界のウォーミングアップの発展に繋がると考える。

そこで、本研究では、体幹エクササイズによる腹筋群の筋刺激が投球パフォーマンスおよび肩関節内旋可動域に与える影響を明らかにすることを目的に、体幹エクササイズ前後の肩関節内旋可動域および投球パフォーマンスについて検討する。また、投球フォームや投球時の感覚についてもあわせて調査し、ウォーミングアップへの導入について検討する。

1) 久留米大学 経済学部 文化経済学科

2) 久留米大学 健康・スポーツ科学センター

2. 方 法

2-1 対象

久留米大学硬式野球部に所属する投手で肩、肘に疼痛を訴えず、全力投球が行える18名を対象とした。平均年齢は19.2±0.4歳、平均身長は174.6±5.2cm、平均体重は69.8±6.4kg、平均投手歴は8.2±2.5年であった(表1)。尚、対象

者全員に対して事前に本研究の主旨、安全性、実験内容や手順を書面および口頭にて説明し、途中辞退できることを伝えた上で、書面による実験協力の同意を得た。また、本研究は久留米大学御井学舎倫理委員会の承認を得て行った(研究番号 271)。

表1. 被験者の身体特性

年齢	身長	体重	投手歴
19.2±0.4 歳	174.6±5.2 cm	69.8±6.4 kg	8.2±2.5 年

2-2 測定項目

①肩関節内旋可動域

肩関節内旋可動域は、背臥位にて対象者の尺骨頭と肘頭にマークシールを貼付し、肩甲骨を徒手固定した状態で肩関節90度外転位内旋可動域(2nd内旋)を測定した。肩関節内旋可動域は、デジタルカメラにて内旋可動域最終域の静止画を撮像した後、画像処理ソフトImage Jを用いて、地面からの垂直線を基本軸、尺骨頭と肘頭に貼付した2つのマークシールを結ぶ線を移動軸として角度を測定した。尚、全て同一検者により測定が行われた。

②投球パフォーマンス

投球パフォーマンスは、ホームベースから2m後方の位置にスピードガン(ATLAS社BSG-1)を設置し、地上30cmに設置された横90cm、縦95cmの枠内を通過した投球の初速とした。対象者には全力投球で枠内を狙うよう指示し、枠内を通過した5球の平均速度を算出した。ただし10球内で5球枠内を通過しない対象者においては、枠内を通過した球のみを検討材料とした。それぞれの投球間の休息は20秒とした。また、使用球は対象者が普段の投球練習時に用いる硬式球とした。

③内省報告

内省報告は、投球動作の各フェーズについての動きやすさ、安定性、コントロールに関する体幹エクササイズ前後の変化や、今後ウォーミングアップで活用したいか、などを問う内容とした。回答方法は、「かなり投げ難い」、「投げ難い」、

「変わらない」、「投げやすい」、「かなり投げやすい」の5段階評価とした。更に自由記述欄を設け主観的な感覚を自由に記述できるようにした(図1)。

図1. 内省報告調査用紙

野球選手の練習予防と投球パフォーマンスにおける体幹エクササイズの影響効果 アンケート用紙

久留米大学 経済学部 4年 藤城剛

このアンケート調査は体幹へのエクササイズが投球パフォーマンスにどのような即時効果をもたらすかについての程度を測るものです。答えづらいものもあるかもしれませんが、深く考えずに感じたことを率直に回答してください。

なお、回答して頂いたアンケート調査結果は、論文等の公表に際しては匿名扱いとし、また第三者には公開しないこととし、皆さんのプライバシーは厳格に守られます。

氏名	
学年	年
投手経験年数	年
チーム内の立場	

投球をどのように感じましたか？(数字を○で囲む)

かなり投げ難い 投げ難い 変わらない 投げやすくなった かなり投げやすい

1 2 3 4 5

ウインドアップ時(非投球足を高く挙げた時)の姿勢に安定感について。 1 2 3 4 5

ウインドアップ時(非投球足を高く挙げた時)の姿勢に動きやすさについて。 1 2 3 4 5

前方への体重移動時(非投球足の地面接触の際)の姿勢に安定感について。 1 2 3 4 5

前方への体重移動時(非投球足の地面接触の際)の姿勢に動きやすさについて。 1 2 3 4 5

前足接地からの骨盤の回旋運動時、投球の際の安定感について。 1 2 3 4 5

前足接地からの骨盤の回旋運動時(リリース直前までの)回旋部の動きやすさについて。 1 2 3 4 5

リリース時の体幹の安定性について 1 2 3 4 5

リリース時の肩関節の動きやすさについて 1 2 3 4 5

リリース時の腕の感覚について 1 2 3 4 5

フォロースルー時の投球時の動きやすさについて 1 2 3 4 5

フォロースルー時の肩関節の動きやすさについて 1 2 3 4 5

全身を通して、理想としているフォームで投げられたか 1 2 3 4 5

コントロールの悪化について 1 2 3 4 5

ウォーミングアップにアップへの導入に全く導入したくない 1 2 3 4 5

ウォーミングアップにアップへの導入に 1 2 3 4 5

・投球動作テストを実施前と実施後の数値に変化があれば具体的に詳しく記載をお願いします

2-3 体幹エクササイズ

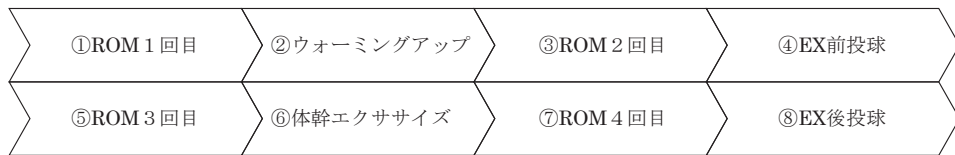
体幹エクササイズ（以下EX）は、膝90° 屈曲位での背臥位にて両手を膝付近に保持させ、上体を起こした状態で腹筋群を10秒間最大収縮させた。これを30秒間の休息をはさみ3セット実施した。尚、全て同一検者の指示の下でエクササイズが行われた。

2-4 体幹エクササイズ

まず対象者に安静時の肩関節内旋可動域を測定した（ROM1回目）。その後、キャッチボール、

投球練習を含む普段と変わらないウォーミングアップを30分間実施した。尚、対象者には測定時に全力投球が行える状態で臨むよう指示した。ウォーミングアップ終了後に2回目の可動域測定（ROM2回目）を行い、その後投球パフォーマンスを測定した（EX前投球）。投球終了後、3回目の可動域測定（ROM3回目）を行った後にEXを実施した。EX実施後に4回目の可動域測定（ROM4回目）を行い、再度投球パフォーマンスを測定した（EX後投球）。

図2. 実験の手順



2-5 統計処理

結果は全て平均値±標準偏差で表した。統計処理には、全対象者の肩関節内旋可動域の変化については一元配置分散分析および多重比較を用いて検定した。全対象者のEX前後の球速の比較は、対応のあるt検定を用いた。EX前後の10度以上増加群および10度未満群における群内の比較には対応のあるt検定、群間の比較には対応のないt検定を用いた。速度が不変・増加した群のROM3回目とROM4回目の肩関節内旋可動域測定の変化とEX前後の球速の変化の相関をピアソンの相関係数を用いて検討した。尚、すべての検定の有意水準は5%とした。

て有意に高い値を示した（ $p<0.05$ ）（図3）。

全対象者のうち、ROM1回目とROM4回目の測定において10度以上増加したものは、18名中6名（以下10度以上増加群）であり、10度未満の増加、もしくは低下したものは18名中12名（以下10度未満群）であった。

表2. 全対象者における肩関節内旋可動域の推移

対象者	1回目(度)	2回目(度)	3回目(度)	4回目(度)
A	40	40	45	52
B	47	48	47	52
C	44	45	42	50
D	50	45	44	45
E	46	47	45	53
F	41	44	46	49
G	42	47	40	47
H	37	37	29	33
I	36	28	21	36
J	43	50	51	57
K	35	34	34	49
L	25	23	32	33
M	39	50	52	62
N	30	38	45	41
O	26	42	35	40
P	36	43	42	42
Q	37	45	45	45
R	44	48	48	51
平均値 ±標準偏差	38.8 ± 6.9	41.9 ± 7.5	41.3 ± 8.1	46.5 ± 7.9

3. 結 果

3-1 肩関節内旋可動域の変化について

肩関節内旋可動域測定全4回における対象者全18名の肩関節内旋可動域を表2に示す。ROM1回目（38.8±6.9度）からROM4回目（46.5±7.9度）の推移をみるとROM4回目はROM1回目と比較し

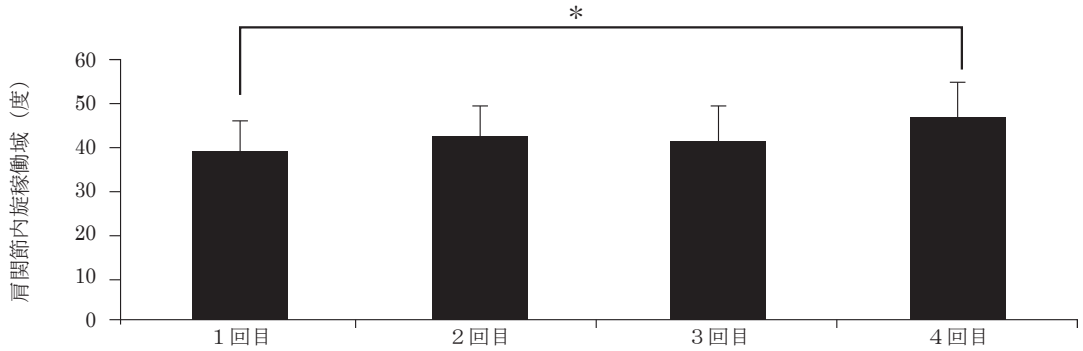


図3. 全対象者における肩関節内旋可動域の推移 (n=18) *:p<0.05
ROM4回目の肩関節内旋可動域 (46.5±7.9) は、ROM1回目の肩関節内旋可動域 (38.8±6.9) と比較して有意に高い値を示した (p<0.05)。

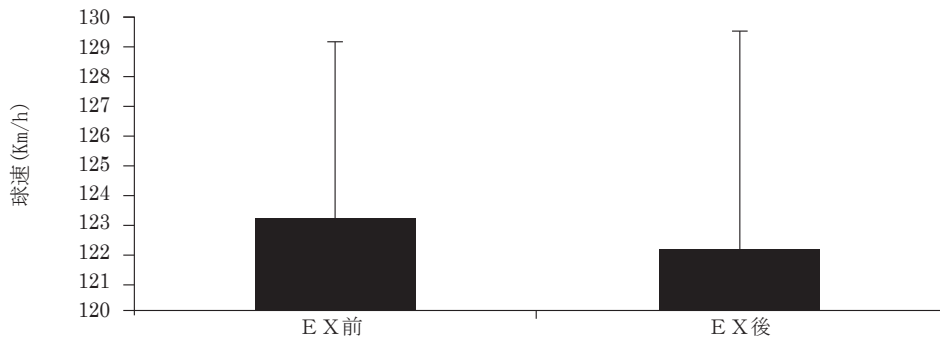


図4. 全対象者におけるEX前後の球速の変化
全対象者の球速は、EX前後の比較において有意差を認めなかった。

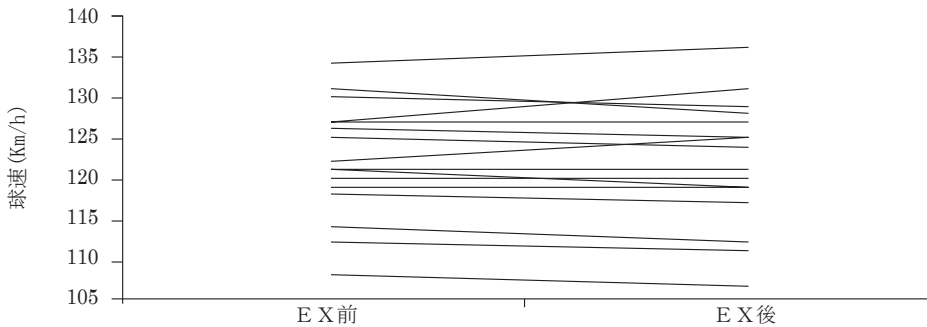


図5. EX前後における全対象者の球速の変化
EX後の球速はEX前との比較において9人が低下、6人が不変、3人が増加を認めた。

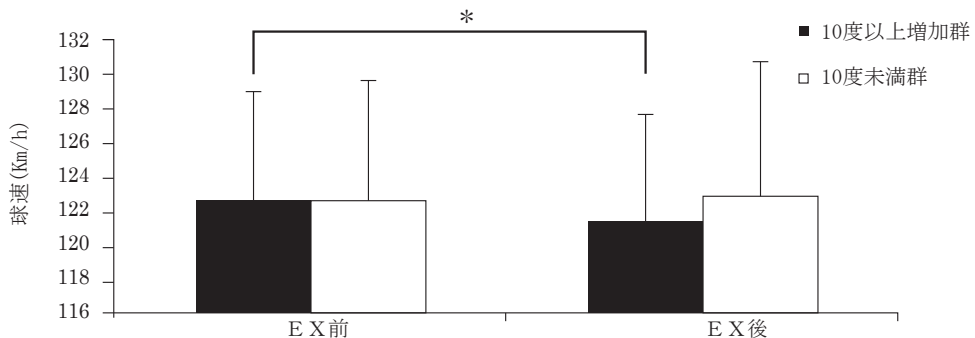


図6. ROM1回目とROM4回目の肩関節内旋可動域10度以上増加群 (n=6)と10度未満群 (n=12)の球速の変化(*:p<0.05)
EX度以上増加群は、EX後に有意な球速の低下がみられた(* p<0.05)

3-2 EX前後の球速の変化について

全対象者のEX前後の球速の結果を表3および図4に示す。EX前の球速 ($122.3 \pm 6.8 \text{ km/h}$) と、EX後の球速 ($122.1 \pm 7.4 \text{ km/h}$) の間に有意差はみられなかった。

EX前後の全対象者の球速の推移を図5に示す。球速がEX前後の測定において低下したものは18名中9名 (以下、低下群) であり、球速が不変、

または増加したものは9名 (以下、不変・増加群) であった。

10度以上増加群においては、EX前の球速 ($122.5 \pm 6.4 \text{ km/h}$) はEX後の球速 ($121.3 \pm 6.3 \text{ km/h}$) と比較して有意な球速の低下がみられた ($p < 0.05$) (図6)。一方、10度未満群では、EX前 ($122.3 \pm 7.2 \text{ km/h}$) とEX後 ($122.5 \pm 8.1 \text{ km/h}$) の間には有意差はみられなかった(図6)。

表3. 球速の変化

対象者	1回目(度)	2回目(度)	3回目(度)	4回目(度)
A	40	40	45	52
B	47	48	47	52
C	44	45	42	50
D	50	45	44	45
E	46	47	45	53
F	41	44	46	49
G	42	47	40	47
H	37	37	29	33
I	36	28	21	36
J	43	50	51	57
K	35	34	34	49
L	25	23	32	33
M	39	50	52	62
N	30	38	45	41
O	26	42	35	40
P	36	43	42	42
Q	37	45	45	45
R	44	48	48	51
平均値 ±標準偏差	38.8 ± 6.9	41.9 ± 7.5	41.3 ± 8.1	46.5 ± 7.9

表4. 内省報告質問用紙

1. ワインドアップ時 (非投球足を高く挙げた時) の姿勢の安定感について。
2. ワインドアップ時 (非投球足を高く挙げた時) の姿勢に動きやすさについて。
3. 前方への体重移動時 (非投球足の地面接地の際) の姿勢に安定感について。
4. 前方への体重移動時 (非投球足の地面接地の際) の姿勢に動きやすさについて。
5. 前足接地からの骨盤の回旋運動時の、股関節の安定感について。
6. 前足接地からの骨盤の回旋運動時 (リリース直前まで) の、肩関節の動きやすさについて。
7. リリース時の体幹の安定性について。
8. リリース時の肩関節の動きやすさについて。
9. リリース時の指の感覚について。
10. フォロースルー時の股関節の動きやすさについて。
11. フォロースルー時の肩関節の動きやすさについて。
12. 全体を通して、理想としているフォームで投げられたか。
13. コントロールの変化について。
14. ウォーミングアップにアップへの導入について。

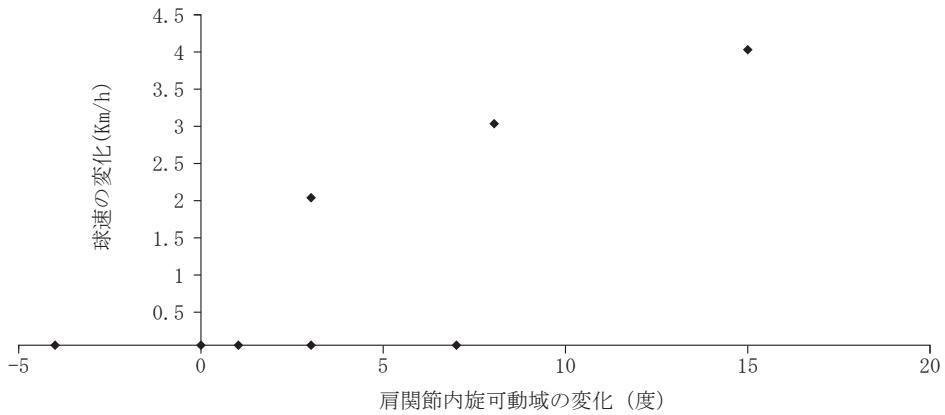


図7. 不変・増加群のROM3回目とROM4回目の肩関節内旋可動域の変化と球速の関係
 不変・増加群のROM3回目とROM4回目の肩関節内旋可動域の変化と球速の関係には相関がみられた。

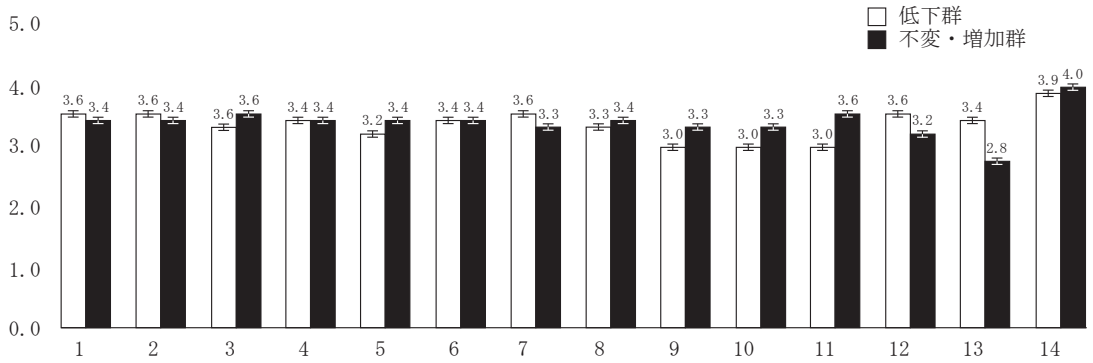


図8. 内省報告調査結果

表5. 内省報告 主観的感覚調査結果

不変・増加群の主観的感覚

- ・肩の可動域が広がったように感じた (2名)
- ・体重移動がスムーズになった気がした (1名)
- ・球持ちが良くなった気がして、リリースの感触がよかった (1名)
- ・姿勢の安定感を感じた (2名)
- ・違和感があり、コントロールが悪いように感じた (1名)
- ・力のあるボールが投げられるようになった (1名)
- ・リリース時の瞬発力が上がった気がした (1名)

低下群の主観的感覚

- ・前足接地時に力が入りやすかった (1名)
- ・体幹を使う感じが意識できた (1名)
- ・リリース時に違和感があった (1名)
- ・肩関節が動きやすくなった (2名)
- ・投球の際に体幹が安定していて投げやすかった (1名)
- ・windアップ時にバランス良く立てた (1名)
- ・windアップ時に力が入りやすかった (1名)

3-3 肩関節内旋可動域の変化と球速の関係について

ROM3回目とROM4回目の可動域の変化（ROM4回目-ROM3回目）とEX前後の球速の変化（EX後-EX前）に有意な正の相関がみられた（図7）（ $p<0.05$ ）。

3-4 内省報告について

内省報告における全対象者の結果および各質問項目を図8、表4に示す。増加群および低下群の回答については、問4、問6は同じ値を示したが、不変・増加群は14項目中7項目について低下群よりも高い値を示した（問3、5、8、9、10、11、）。また、低下群が不変・増加群よりも高い値を示したのは14項目中5項目であった（問1、2、7、12、13）（図8）。

不変・増加群の主観的感覚については、9名中、「肩の可動域が広がったように感じた」、「姿勢の安定感を感じた」と回答した対象者が2名ずつ存在した。また、「体重移動がスムーズになった気がした」、「球持ちが良くなった気がして、リリースの感覚がよかった」、「力のあるボールが投げられるようになった」、「リリース時の瞬発力が上がった気がした」と回答した対象者が1名ずつおり、9名中8名がEX後の投球を肯定的に捉えていた。しかし、1名は「違和感があり、コントロールが悪いように感じた」と否定的な回答をした。

低下群の主観的感覚については、9名中2名が「肩関節が動きやすくなった」と回答し、「前足接地時に力が入りやすかった」、「体幹を使う感じが意識できた」、「投球の際に体幹が安定して投げやすかった」、「ワインドアップ時にバランス良く立てた」、「ワインドアップ時に力が入りやすかった」と回答した対象者が1名ずつ存在し、9名中7名がEX後の投球を肯定的に捉えていた。また、9名中1名が「リリース時に違和感があった」と否定的な回答をし、残り1名は無記入であった（表5）。

4. 考 察

全対象者においてEX前後の肩関節内旋可動域を比較した結果、ROM3回目とROM4回目の肩関節内旋可動域に有意差は見られなかった（図3）。岩堀らは投球肩・肘障害で受診した平均年齢14.2歳（9～29歳）の野球選手に腹筋負荷テストを行い腹筋負荷テスト前後には有意に肩関節内旋可動域が変化すると報告しており¹⁾、本研究は岩堀らの報告と異なる結果を示した。この結果は、岩堀らの研究では投球障害を訴えている者を対象者に行っているのに対して、本研究の対象者は全力投球が可能な野球選手を条件としたことが関係していると考えられる。また、岩堀らの対象者は、初診時の肩関節内旋可動域の平均は18度であり平均年齢は14.2歳であったのに対して、本研究の対象者は肩関節内旋可動域が平均38.8度（ROM1回目）、平均年齢は19.2±0.4歳であることから岩堀らの報告と比較して対象者の年齢と肩関節内旋可動域に違いがある。腹筋負荷テストによる肩関節内旋可動域の変化の要因は、軟部組織要素である肩関節後下方の筋や後方腱板などの柔軟性改善によって引きおこるとされている¹⁾。またその可動域の変化は小学生が最も大きく、年齢が上がるにつれて変化は小さくなるといわれている¹⁾。これらのことから今回の対象者は、岩堀らの研究と比較して対象者の平均年齢が高く、肩関節内旋可動域の制限が少なかったことがEX前後における肩関節内旋可動域の変化が認められなかった要因と考えられる。しかし、本研究においてはROM1回目とROM4回目の肩関節内旋可動域の変化には有意な増加が認められたことから、肩・肘に障害を訴えていない選手においても、普段通りのウォーミングアップとEXを行うことで投球障害の予防が期待できるといえる。

有意差が認められたROM1回目とROM4回目の可動域の変化を見ると、多くの対象者がEX後の測定であるROM4回目の肩関節内旋可動域が増加する一方で、3名の対象者（D、H、I）は減少または不変であった（表2）。この対象者D、H、I

の3名の肩関節内旋可動域の変化をみてみるとROM1回目、ROM2回目、ROM3回目と肩関節内旋可動域は測定する毎に減少していた。柳澤らは投球動作を90回繰り返すことによって肩関節内旋可動域が有意に減少したと報告しており¹⁵⁾、また赤瀬らも投球を開始して70球以降に肩関節内旋可動域が約14%低下すると報告している¹⁶⁾。これらの報告から考えると、投球を重ねる毎に肩関節内旋可動域は減少する傾向にあると考えられる。しかしながら肩関節内旋可動域が減少または不変だった対象者D、H、Iの3人はROM3回目まで肩関節内旋可動域は減少していたが、EX後による腹筋群の刺激後には肩関節内旋可動域は増加している。つまりこれらのことから投球を重ねるとリアルタイムに肩関節外旋筋はフォロースルー期に遠心性筋収縮を受け肩関節内旋可動域は減少していくが、EXによる腹筋群の刺激が投球による肩関節内旋可動域の減少を防ぐことも出来ると考えられる。

全対象者のEX前後の球速を比較したところ、EX前は 122.3 ± 6.8 km/h、EX後は 122.1 ± 7.4 km/hと有意差はみられなかった。しかし、速度が低下する対象者が9人、速度が変わらない対象者が6人、速度が増加する対象者は3人と個人差があった。また、EXが肩関節内旋可動域に与える影響も個人差があり、10度未満群と10度以上増加群に分けて比較すると、10度以上増加群ではEX後において球速が有意に低下する結果となった(図6)。肩関節外旋筋は投球動作の各局面で活動していることが示唆されており^{17,18)}、また林田らは、肩関節外旋筋はボールリリース期では最大筋力を示し、ボールリリース期での上腕骨頭の安定と上腕の減速に重要な役割を果たしていることから、外旋筋群の筋力の低下は投球速度を減少させることを明らかにしている¹⁹⁾。これらのことから、今回の研究において10度以上増加群については、腹筋群への刺激が肩関節外旋筋の緊張を過度に低下させた結果、大きく肩関節内旋可動域が増加するとともに、球速の低下を招いたと考えられる。

一方で不変・増加群は、肩関節内旋可動域の増

大と球速に正の相関がみられた(図7)。この結果は、腹筋群への刺激による肩関節内旋可動域の増大は必ずしも球速を低下させず、腹筋群への刺激が球速に良い影響をもたらす対象者もいることを示している。Harrymanらは、後方関節包の拘縮は上腕骨頭の前上方ヘシフトを招き、肩関節外旋筋の緊張は上腕骨頭の位置取りに関係していると報告している²⁰⁾。また、肩関節外旋筋を含めた腱板は投球フォームのボールリリース期で上腕骨頭に支点を与えることで投球機能に重要な役割を果たしている。これらから、不変・増加群は、肩関節外旋筋の筋緊張が低下したことにより上腕骨頭の位置を適切な位置に変化させ、投球において下肢、体幹からのエネルギーを上腕骨へと上手く伝えることが出来たことで球速に良い影響を与えたものと考えられる。

不変・増加群と低下群の内省報告を比較した結果、不変・増加群は質問14項目中13項目においてその回答が平均3以上であり、EX後の投球について肯定的な回答をした。同様に低下群も14項目の質問に対して全ての項目が3以上という結果であり、EX後の投球を肯定的に捉えていた。

投球フォームのフェーズ毎に内省報告の結果を検討すると、「1. ワインドアップ時の姿勢の安定感について」と、「2. ワインドアップ時の姿勢のうごきやすさについて」において低下群、不変・増加群ともに姿勢の安定感と動きやすさを支持していた。また、主観的感覚においても低下群から「ワインドアップ時にバランス良く立てた」や「ワインドアップ時に力が入りやすかった」と1名ずつワインドアップ時の感覚に違いがあったと報告している。ワインドアップフェーズでは片脚立位時に体幹の安定性と股関節の安定性が大きく求められる。今回のEXによる体幹部の刺激が体幹を安定させるひとつの要因となり体幹の安定性と動きやすさに繋がったと考えられる。

「3. 前方への体重移動時の姿勢の安定感について」、「4. 前方への体重移動時の姿勢の動きやすさについて」の質問項目に対しても低下群、不変・増加群ともにEX後の投球を支持する結果で

あった。東ら²¹⁾は、アーリーコッキングフェーズの片脚接地時の股関節内・外転筋の働きが投球動作の安定に必要であると報告しているように、片脚接地時には股関節周囲筋群を中心に下肢、体幹筋群の協調的な筋力発揮が求められる。本研究のEXによる体幹部位の刺激が体幹を安定させ、ワインドアップフェーズからアーリーコッキングフェーズへの移行に安定性をもたらしたものと考えられる。

「5. 前脚接地からの骨盤の回旋運動時の股関節の安定性について」は、骨盤回旋時には体幹部位である腹筋群には上肢の回旋運動に対しての大きな遠心性筋収縮が求められる。そこで今回のEXによる腹筋群への刺激が体幹を安定させたことが、体幹と大きく連動する股関節の安定性に繋がったと考えることができる。

「6. 前脚接地からの骨盤の回旋運動時の肩関節の動きやすさについて」は、低下群、不変・増加群ともに内省報告の結果が3.4であり、EX後の投球を肯定的に捉えていた。主観的感覚についても低下群から2名の選手が、「肩関節が動きやすくなった」と表現しており、不変・増加群からも2名の選手が、「肩の可動域が広がった気がする」と回答している。実際に肩関節内旋可動域の変化に有意差がみられたのは、1回目と4回目の可動域の差のみであり、EX前後だけでは有意差は認められなかった。しかし、今回の可動域測定は2ndポジションでの肩関節内旋可動域のみであり、実際の投球フォームは肩関節屈曲、伸展、内旋、外旋、内転、外転と肩関節が三次元的に複雑に機能している。今回のEXは、腹筋群の刺激による相反抑制の働きを利用し肩関節後方組織の筋群を緩めることを目的としていた。しかし腹筋群の刺激により肩関節後方組織のみだけでなく腹筋群に対しての拮抗筋である背筋群も肩関節後方組織と同様に弛緩すると考えられる。広背筋は、上腕骨小結節部に付着しており肩関節屈曲方向のタイトネスに大きく影響している。これらからEXによる筋刺激効果が、肩関節内旋可動域以外の可動域にも変化を与えた可能性があり、前足接地からの骨盤回

旋運動時の肩関節の動きやすさに感覚の変化を生んだと考えられる。

「7. リリース時の体幹の安定性について」、
「8. リリース時の肩関節の動きやすさについて」、
「9. リリース時の指の感覚について」は、低下群、不変・増加群ともに内省報告の結果は3つの項目において全て3以上であった。投球動作における体幹部の働きについてはアーリーコッキングフェーズの前足接地から非投球側体幹回旋筋群には遠心性筋収縮が起こり、その後、短縮性筋収縮へと切り替わることで加速期からリリース期にかけてストレッチショートニングサイクルが生じるとされている²²⁾。投球動作において腹筋群では、特に内腹斜筋と外腹斜筋が体幹の回旋時において大きなトルクを発揮するとされている²²⁾。これらのことから、EXによる腹筋群の刺激がリリース時に必要である腹筋群の働きに良い影響を与えたと考えられ、その結果、肩関節とリリースについて、「球持ちが良くなった気がして、リリースの感触が良かった」と肩関節の動きやすさを支持する声があった。肩関節の可動域は前述のとおり、今回はEX前後では肩関節内旋可動域に有意差は認められなかったが、肩関節内旋可動域以外の可動域を増加させた可能性があり、対象者のリリースの主観的感覚に良い変化をもたらしたと考えられる。しかし、「リリース時に違和感があった」と報告している対象者も少なからず存在したことから、EXを投球前に実施する際には個人差を考慮する必要があるといえる。

「10. フォロースルー時の股関節の動きやすさについて」の内省報告結果は、低下群で3.0、不変・増加群で3.3であった。島田らによるとフォロースルー期には、非投球側股関節伸展筋は遠心性に、投球側股関節内転筋は求心性に収縮することで投球側下肢と骨盤を非投球側へ回旋させる働きが大きいと報告している²²⁾。今回のEXが直接的に股関節に影響を与えたとは考えにくいですが、フォロースルー時には体幹が非投球側下肢に向けて回旋するため腹筋群の活動も非常に重要となる。これらから、EXによる腹筋群への刺激が体幹の回

旋運動を安定させたことが、股関節の動きやすさに好影響を与えた可能性が考えられる。

「11. フォロースルー時の肩関節の動きやすさについて」の内省報告結果は低下群が3.0、不変・増加群が3.6であった。フォロースルー時の肩関節は内旋し肩関節外旋筋は大きな遠心性筋収縮を強いられ、肩後方組織には大きな牽引力がかかる。野球選手の肩関節内旋可動域の減少はこの度重なる牽引力によって肩関節後方組織が拘縮することが原因とされている。今回のEXにおいて肩関節内旋可動域はEX前後では有意差は認められなかったが、多くの選手がEX後に肩関節内旋可動域が減少するものであり、計120秒という短い時間で実施できること、道具や場所を取らないこと、EX自体が簡便なことなどが挙げられる。

今後、今回のEXをウォーミングアップへ導入することについては、普段通りのウォーミングアップとEXを行うことで肩関節内旋可動域は変化するため、傷害予防を目的として肩関節内旋可動域を増加させる場合は有効と考える。パフォーマンスの観点からみると、球速が下がる選手や上がる選手と多様な変化を生むため、一概に有効とはいえないが球速の変化は平均して1キロ程度であり、球速の大きな変化はないと考えられる。対象者の主観的感覚として、体幹に力が入る感覚や肩関節の動きやすさを自覚した選手も多く存在するため、体幹への刺激後の投球はパフォーマンスの向上を期待することができる。

今回の課題として、本研究ではEX前後の投球をバイオメカニクスの観点や筋活動での比較が出来ず、投球動作の変化や筋活動の変化を検討することが出来なかった。本研究の結果は、球速、肩関節内旋可動域や主観的な感覚にEX前後の違いがあった。これらの変化が投球フォームや筋活動にどのような影響を与えていたかを今後検討する必要があると考える。また、本研究のEXによる投球パフォーマンスへの影響に関する検討は即時的なもののみであり、投球も最大で20球と先行研究と比較すると少ない球数であった。過去の先行研究では、投球数が70球を超すと肩関節内旋可動

域は大きく減少するなどの報告があることなどから、今後投球数を増やして検討する必要がある。また、長期的な視点を持ち、EXを継続することによる肩関節可動域の変化や投球パフォーマンスの変化は今後の検討課題と考える。

ま と め

- 大学の野球部18名を対象に、普段通りのウォーミングアップとEXを行うことによって肩関節内旋可動域は有意に増加した。
- EXの前後で投球パフォーマンスの変化を測定した結果、ウォーミングアップ前と比較してEX後に肩関節内旋可動域が10度以上増加した選手は球速が有意に低下した。
- EX前と比較してEX後において球速が低下しなかった選手は、EX前後の肩関節内旋可動域と球速の変化において有意な正の相関を示した。
- スポーツ現場でEXを有効に活用するためには、その目的を理解したうえで、選手の肩関節特性やEX後の選手の主観的感覚を確かめることが重要である。

謝 辞

本研究において、実験の際に対象者依頼を快く引き受けてくださった久留米大学硬式野球部の善家健一郎監督、そして貴重な練習時間を削って実験に参加して下さいました久留米大学硬式野球部の選手の皆様にここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 岩堀裕介, 加藤真, 大須賀友晃, 佐藤啓二: 野球選手の投球側肩関節後方タイトネスにおける筋肉要素の把握: 肩関節, 2008:32(2):457-460
- 2) 岩堀裕介, 加藤真, 佐藤啓二, 花村浩克: 少年野球選手の肩関節内旋可動域の減少: 肩関節, 2007: 27(2):415-419

- 3) 末永直樹, 鈴木克憲, 三浪明男: 野球選手における肩関節可動域と肩障害の関連について: 肩関節, 1994;18(1):77-81
- 4) 中川滋人: 投球障害肩にみられる後方関節包拘縮, 骨・関節・靭帯, 2007;20(4):351-357
- 5) 岩佐知子, 菅沼一男, 知念紗嘉, 丸山仁司: 投球数が肩関節機能に及ぼす影響, 理学療法科学, 2011;26(1):23-26
- 6) 岩本賢, 飯田博己, 平井達也, 大橋朗, 岩堀裕介, 村上忠洋: 野球選手における肩関節可動域の特性-地域少年野球チームのメディカルチェック: 日本私立医科大学理学療法学会誌, 2011;19:26-28
- 7) 岡本翔五, 宇賀大祐, 中川理恵, 坂本雅昭: シェードピッチングの連続動作が肩関節回旋可動域力に及ぼす影響: 理学療法科学, 2015;20(2):161-165
- 8) 相田将宏, 飯田晋, 五百川威, 古賀良生, 山本智章, 田中正栄, 西野勝敏, 近良明, 塩崎浩之: 成長期の野球選手における球速と体幹運動との関連: 理学療法科学, 2006,33(2),373
- 9) 東庸介, 鉄口宗弘, 難波康太, 三村寛一, 渡辺俊之: 大学野球選手の投球動作に体幹が及ぼす影響について: 大阪教育大学紀要, 2011,第IV部門,59(2),175-185
- 10) 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦: 野球の投球動作における体幹および投球腕の力学的エネルギー・フローに関する3次元的研究: 体力科学, 1997(46),55-68
- 11) 齋藤健治, 井上一彦, 井上伸一: 加速度センサにより計測した野球投球時の体幹および前腕の運動と投球スピードとの関係、資料・加速度センサにより計測した野球投球時の体幹および前腕の運動と投球スピードとの関係: 人間工学, 2011, vol.48,(1)
- 12) 瀬下寛之, 鳥居俊: 野球選手における体幹部の機能的役割と形態特性についての検討: 人間科学研究, 2007 vol,20
- 13) 長谷川伸, 小野高志: 野球投手の筋厚の非対称とボールスピードの関係: 体力科学, 2012,61(2),227-235
- 14) 青木純一郎: ウォーミングアップ, クールダウンの意義: 日本体育学会大会号, 1993,79,10-05
- 15) 柳澤修, 宮永豊・他: 高校生投手の投球数増加が身体諸機能に及ぼす影響-いわゆる100球肩の検証-, 臨床スポーツ医学, 2000,17 (6) : 735-739
- 16) 赤瀬良裕, 杉野伸治, 貞清正史, 村山みゆき, 高橋千恵, 松尾礼美, 貞松俊弘, 横山茂樹: 高校生投手において、投球数増加が肩・体幹・股関節の回旋可動域、肩回旋筋力に及ぼす影響: 長崎理学療法, 2004,5,9-14
- 17) 吉原圭祐, 浦辺幸夫, 山中悠紀, 笹代純平, 大隈亮, 坂田尚弥, 貞島健人, 落合錠, 小林恵理: 野球の連続投球による肩関節外旋筋群の筋疲労に関する研究: 運動器療法学, 2012,27(5),535-538
- 18) 木塚明博, 八十島崇, 金子文成, 白木仁, 宮永豊: 肩外旋動作に伴う表層筋群と腱板の筋活動様相: バイオメカニズム, 2002,16,117-118
- 19) 林田賢治, 中川滋人: 高校野球投手の外旋筋力の変化が試合中の球速に及ぼす影響, 肩関節: 2005,29(2),427-430
- 20) Harryman DT II et al: Reliability and validity of a new method of measuring posterior shoulder tightness, J. Orthop, Sports Phys. Their, 1999,29:262-274
- 21) 東善一, 森原徹, 松井知之, 瀬尾和弥, 平本真知子, 来田宣幸, 山田陽介, 中村康雄, 北篠達也, 堀根基行, 久保俊一, : 投球動作における投球側股関節周囲筋の経時的な筋活動パターンについて: Doshisha Journal of Health&Sports Science, 2014,6,24-28
- 22) 島田一志, 阿江通良, 藤井範久: 野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクスの研究: 日本バイオメカニクス学会, バイオメカニクス研究, 2000-03,4(1)47-60