

様 式 C - 1 9、F - 1 9 - 1、Z - 1 9 (共通)

科学研究費助成事業 研究成果報告書



平成 3 0 年 6 月 2 1 日現在

機関番号 : 1 2 1 0 2

研究種目 : 若手研究(B)

研究期間 : 2016 ~ 2017

課題番号 : 1 6 K 1 6 5 5 8

研究課題名 (和文) 三次元投球動作解析と野球肘検診結果からみた少年期野球肘の発症要因となる投球動作

研究課題名 (英文) Pitching motion of elbow injuries in young baseball players by 3D motion analysis and medical examination of elbow injuries

研究代表者

金堀 哲也 (KANAHORI, Tetsuya)

筑波大学・体育系・特任助教

研究者番号 : 5 0 7 5 6 2 0 2

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 1,500,000 円

研究成果の概要 (和文) : 本研究は、少年期の野球選手の投球動作と野球肘検診所見の関連を明らかにし、この年代のケガを予防、防止することで、野球界の更なる発展に貢献することを目的とした。60名の小学生野球選手のMRI診断結果と投球動作について分析した結果、陽性群は踏出足接地時における投球腕肘関節の外転角度および軸足股関節の外転角度が有意に大きかった。また、リリース時では、軸足股関節および投球腕肘関節の屈曲が有意に大きかった。以上のことから、少年期の投球動作指導では、過度な球速増加を求めず、上体が前傾しない程度の適切なストライド幅で、踏出足接地からリリースにむけて肘が上がっていく動作を指導することが有用であると示唆された。

研究成果の概要 (英文) : The purpose of this study was to reveal coaching method for preventing elbow injuries by considering the result of pitching motion analysis and medical examination of elbow injuries. We analyzed MRI scan and 3D-motion analysis of pitching motions of 60 boys and girls who play baseball. The result showed that, the abduction angle of the thrower's shoulder joint and the abduction angle of the pivot foot hip joint when the step foot lands on the ground were bigger in the positive persons' group than the negative persons' group. Furthermore, the extension angle of pivot foot hip joint and the flexion angle of the thrower's elbow joint at a time of ball release were bigger in the positive person's group. Therefore we suggested that baseball coaches should not focus only on increase of the pitch velocity, but on narrowing the stride width that keeps the upper body from leaning forward when the thrower's elbow rises to release a ball and the step foot lands on the ground.

研究分野 : コーチング学

キーワード : 野球肘 MRI バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、日本のプロ野球やメジャーリーグ投手の肘の故障の問題が話題となっている。このような故障の原因として、日本ではアマチュア時代からの「酷使」が重要な原因だと指摘する声が多い。特に人気が高く、多くの高校野球選手が目標とする甲子園大会では、1人の投手の投球過多による肘や肩の酷使の問題が取り上げられ、社会問題となつつある。このような問題は、高校野球に限らず、小中学生の年代にも同様に生じており、日本整形外科学会では少年野球の肘痛問題を実態調査するなどして、警告を促しているものの、社会問題とまでいえるほど認知度が高まっているとは言い難い。一方で、アメリカ発祥のリトルリーグでは、投球制限をルール化することで複数投手制を促し、特定の投手への投球過多を防ぐ取り組みが何十年も前から実施されているものの、日本発祥の学童軟式野球では、未だに具体的な対策は行われていない。さらに、少子化が拍車をかけ、人数の少ないチームでは身体能力の高い選手や早熟の選手1、2名に負担がかかり、肘の故障によって野球を断念せざるを得ない選手が絶えない。従って、人生を左右する重大な故障を防ぐためにも、日本野球界は早急に対策を講じる必要があるといえよう。

(2) 学童期野球肘は早期発見・予防が重要で、日本でも超音波を用いた野球肘検診が全国的に行われている。超音波を使用することで、重大な転帰をもたらす離断性骨軟骨炎の早期発見が可能となる。また、最も頻度の高い内側型野球肘を内側側副靱帯裂離骨片の存在により診断することが可能になる。しかし、超音波による診断では、完全断裂であれば診断可能であるが、それ以上の詳細な質的評価は困難である。一方、MRIは、靱帯損傷を含めた軟部組織病変の最終的な画像診断として位置づけられており、詳細な質的評価が可能となる。

(3) 申請者は、肘痛のない学童期野球選手(小学4～6年生)を対象に、「MRI野球肘検診」を行った結果、学童期野球選手の40%以上に内側側副靱帯になんらかの異常所見がみられることを明らかにした。一方で、全被験者のポジション、試合数、練習時間、野球歴との関係はみられなかったことから、野球肘の原因として「酷使」のみならず、「不適切な投球フォーム」も重大な要因の1つであると着想した。

2. 研究の目的

本研究は、MRIを用いた野球肘検診とバイオメカニクス的手法を用いた投球フォーム

解析を併用することで、学童期野球選手が野球肘を発症する要因について多角的に検討し、野球肘予防のための指導への示唆を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

つくば市近隣の野球少年少女を対象に募集をかけ、肘痛のない小学4年生から6年生までの60名を対象に、高速度カメラを用いた投球動作の撮影およびMRI診断を行った。

投球動作撮影では、小学5、6年生はホームベースから16mの距離から、4年生は14mの距離からホームベース上に設置した的に向かって投球してもらい、的に入った試技を分析対象とした。これらの投球動作を2台の高速度カメラ(GC-LJ20B; スポーツセンシング社製)で撮影し、身体25点およびボールの中心を手動デジタイズすることで、三次元座標を算出した。

MRI診断は、投球動作撮影後、同施設内で両腕肘関節のMRI画像を撮影し、非投球腕肘関節との差異から、投球腕肘関節の診断を行った。さらに、アンケート調査を実施し、被験者の身長、体重、練習日数、練習時間、試合数、ポジション、野球歴について調査し、MRI診断結果との関係について分析した。

4. 研究成果

(1) MRI診断結果

本研究におけるMRI診断では、MCL増大、MCL形態変化、辺縁の形態変化、GRE内部信号上昇、STIR内部信号上昇、STIR周囲信号上昇、以上において、1つ以上の所見がある場合を陽性と診断した。本研究で陽性と診断された選手は、内側側副靱帯損傷(以下、MCL損傷)はみられるものの肘痛はないことから、「Adaptation」と「Pre-injury」を含む広い損傷スペクトラムと推測した。

肘痛のない学童期野球選手60名を対象にMRI診断を行った結果、32名(53%)が陽性であった。これらの選手の野球歴(月換算)、練習時間(週)、練習日数(週)、試合数(年間)およびポジションとの関係についてアンケート調査を実施したところ、陽性群と陰性群で有意な差はみられなかった(表1)。

さらに、体格的要因(年齢、身長、体重)および球速との関係について検討したところ、いずれの項目とも有意な差はみられなかった(表2)。

以上のことから、学童期野球選手のMRI診断における陽性者は、練習量や練習頻度、身体的特徴や発揮パフォーマンスに関わらず、MCL損傷を発症しており、不良な投球動作が及ぼす影響が大きいことが示唆された。

表1. アンケート調査結果

		野球歴			練習時間			練習日数			試合数		
		MEAN	±	SD	MEAN	±	SD	MEAN	±	SD	MEAN	±	SD
陰性	(28)	41.9	±	19.2	13.5	±	5.6	3.3	±	1.6	32.6	±	21.6
陽性	(32)	37.5	±	15.8	13.3	±	3.8	3.6	±	2.0	36.9	±	19.6

表 2. 体格的要因と球速との関係

	年齢		身長		体重		球速	
	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD
陰性群 (n=28)	10.9 ± 0.8		144.5 ± 7.7		36.4 ± 9.1		76.8 ± 6.5	
陽性群 (n=32)	10.9 ± 0.9		145.4 ± 6.7		37.8 ± 7.1		76.1 ± 7.3	

2) 陽性群と陰性群の投球動作の特徴

本研究では、ピッチング動作を行ってもらい、踏出足が地面に接地した時点（以下、FC）投球腕肩関節の外転角度が最大となる時点（以下、MER）ボールをリリースした時点（以下、REL）とし、各時点での上肢および下肢、体幹部のキネマティクス変量を算出し、陽性群と陰性群の投球動作の比較を行った。

各時点での投球腕肩関節の外転角度とその変位をみると（図 1）FC において陽性群の方が有意に大きかったものの、その後は局面が進むにつれて両群の差は小さくなり、REL では両群の差はほぼ同じ値となった。投球腕肩関節の外転動作は指導現場でいう「肘を上げる」動作と一致するキネマティクスの指標だといえるが、従来の指導現場では一般的に「肘を肩のラインまで上げて投げる」という指導が定石であり、スポーツ医学的にも、野球肘の重要な要因の一つとして「肘下がり」の投球動作を不良動作として述べられてきた。しかし、本研究の結果は、陽性群は FC において外転角度が 90° といわれる「肘を肩のラインまで上げた」姿勢で迎えており、陰性群が「肘下がり」の姿勢で FC を迎えていた。角度変位からみると、陽性群は FC で外転角度を大きくとっていたため、REL までの角度変位は小さく、むしろ MER から REL へは減少していた。一方で陰性群は、FC から MER、MER から REL の両局面とも正の角度変位を示し、局面が進むにつれて外転角度が増大していた。以上のことから、投球腕肩関節の外転角度における各時点での角度および角度変位からみた陽性群と陰性群の投球動作の違いとして、陰性群は FC から REL にむけて増大しつづける動作であるが、陽性群は MER で最大値を迎え、MER から REL にかけては減少する点が、両群の違いとしてみら

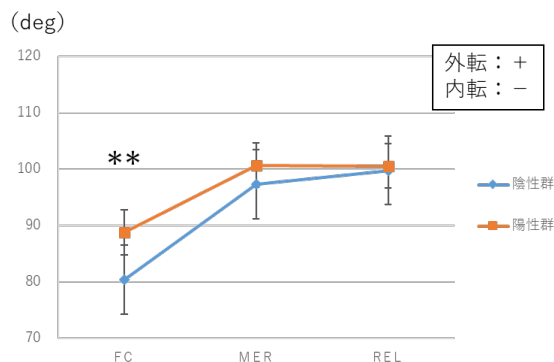


図 1. 投球腕肩関節内外転角度

れた。すなわち、FC から REL にかけて肘を徐々に上げていく動作が重要であり、MER から REL にかけての外転角度の減少がいわゆる「肘下がり」の動作を表していると示唆される。

次に各時点での投球腕肘関節の伸展角度と角度変位についてみると（図 2）両群とも局面が進むにつれて増大する傾向にあったが、REL において陽性群は陰性群よりも有意に小さかった。すなわち、肘が十分に伸展しない姿勢でボールをリリースしていた。この原因として、陽性群は REL において肘関節の屈曲筋群が働いていた可能性が考えられる。学童期野球選手において肘関節の屈曲筋群が働く要因として川村（2016）は、ボールの握り方が重要だと述べている。そこでは、学童期野球選手の特徴として、掌および指の発達が十分でないことから、手の大きさに対してボールが大きくなってしまったため、学童期野球選手はコックアップ期にボールを落とさないようにボールを強く握ってしまう傾向にあり、その結果肘関節の屈曲筋群がはたらき、肘が十分に上がらずに投球してしまう傾向にあると述べている。さらに、指導への示唆として手の発達が十分でない選手に対しては、正しい握り方よりもむしろつかみで構わず、発達に応じて正しい握り方へ移行させる指導を提案している。屈曲筋群のはたらきに関しては、様々な要因の 1 つではあるが、本研究の陽性群の中には、体格的には十分に発達している選手も混在していることを踏まえると、発達前に獲得した投球フォームから移行できずに発達し、体格的要因の発達に伴い力学的パワーを発揮できるようになったことから、肘関節への負担が大きくなったことが推察される。以上のことから、学童期野球選手に対する指導においては、選手の体格的要因の発達段階に応じて指導内容を選択する必要があり、発達に準じて適切な投球フォーム指導も必要になると示唆される。

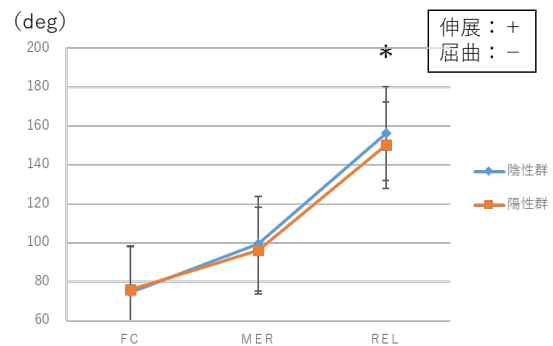


図 2. 投球腕肘関節屈曲伸展角度

(3) 身長と球速の関係からみた投球動作の特徴

多くのスポーツ種目では、一般的にジュニア期では身体的特徴、とくに身長が高いほどパフォーマンスが高い傾向がある。野球も同様で、本研究における全選手の身長と球速の相関関係をみると、身長が高いほど球速が高い傾向にあった(表3)。

表3. 全選手の年齢・身長・球速の相関関係

	correlation	different
年齢×身長	.478	**
年齢×球速	.316	*
身長×球速	.473	**

身長に対する球速とMCL損傷との関係について詳しくみるため、本研究では、身長と球速が平均値よりも高い群と低い群に分類することで、4群に分類した。さらに、これらの4群の中でMRI診断における陽性群と陰性群に分類することで、合計8群に分類し、各群の人数割合について検討するために²検定を行った。²検定の結果が有意であったため、下位検定として残差分析を行った。その結果、身長は平均値よりも高いが球速が平均値よりも低い群(以下、2群)が有意に大きく、2群における陽性者の割合が大きかった(表4)。

表4. 身長および球速の平均値からみた各群の割合

	(身長, 球速)	陰性	陽性	different
1群	(High, High)	9	9	n.s.
2群	(High, Low)	2	10	*
3群	(Low, High)	4	5	n.s.
4群	(Low, Low)	13	8	n.s.

表3をみると、年齢よりも身長において球速に対して強い正の相関関係がみられることから、身体的発達段階が投球パフォーマンスに及ぼす影響が大きいといえる。この理由として、身長が高い選手は質量および回転力が高い傾向にあるといえる。また、筋力の発達が十分でない学童期においては体格の差を補う力学的パワーを生み出せる選手が少ないことから、身長が高い選手が投球パフォーマンスを発揮しやすい傾向にあると考えられる。すなわち、学童期においては、身長に見合った球速帯が存在することが推察される。一方で、表4をみると、2群以外の群内では陽性者と陰性者の割合に大きな差はみられなかったものの、2群内では8割以上の選手が陽性であったことから、高身長であるものの球速が低い選手は、体格に見合ったパフォーマンスを発揮できていないだけでなく、MCL損傷を発症する可能性が高いことが示唆される。すなわち、身長に見合った球速を発揮できない投球フォームは、肘関節に

負担の大きい投球フォームになっている可能性が高いと考えられる。当然のことながら、球速が高ければ高いほど、肘関節への負担も大きくなるといえる。

以上のことから、学童期の選手に対する指導においては、投球数や投球強度、登板間隔などの配慮を行うだけでなく、身体の成長に応じたパフォーマンスを発揮できるよう、適切な投球フォームの指導も必要だといえる。そのためにも、今後も学童期野球選手の投球パフォーマンスも含めた野球肘検診を実施することで、身長に応じた球速帯を示唆していく必要があるといえる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Yoshikazu Okamoto・Kiyoshi Maehara・Tetsuya Kanahori・Takashi Hiyama・Takashi Kawamura・Manabu Minami (2016): Incidence of elbow injuries in adolescent baseball players: screening by a low field magnetic resonance imaging system specialized for small joints. Japanese Journal of Radiology, 34(4), 300-306. (査読有)

〔学会発表〕(計1件)

金堀 哲也 他(2017) 学童期野球選手における野球肘の発症要因となる投球動作-MRI診断結果における陽性者と陰性者の投球動作の比較から. 日本体育学会第68回大会.

Yoshikazu Okamoto・Manabu Minami・Takeshi Makihara・Kenta Tanaka・Tomohiro Yoshizawa・Kiyoshi Maehara・Tomoko Tohne・Tetsuya Kanahori・Kei Ogura (2016): Clinical interpretation of the MR findings acquired by low-field dedicated machine for adolescent baseball players. 第27回日本骨軟骨部放射線研究会.

〔図書〕(なし)

〔産業財産権〕(なし)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

金堀 哲也 (KANAHORI, Tetsuya)

筑波大学・体育系・特任助教

研究者番号: 50756202

(4)研究協力者

岡本 嘉一 (OKAMOTO , Yoshikazu)

筑波大学・医学医療系・講師

川村 卓 (KAWAMURA , Takashi)

筑波大学・体育系・准教授