

国内一流水球選手における肩関節の柔軟性および身体特性とスポーツ障害の関連性

瀬川 栄一¹, 小森 康加², 北條 達也³

The relationship between shoulder injuries and flexibility, shoulder range of motion characteristics in elite male Japanese water polo players

Eiichi Segawa¹, Yasuka Komori² and Tatsuya Hojo³

¹北大阪警察病院リハビリテーション技術科, 〒567-0052 大阪府茨木市室山1-2-2 (*Department of Rehabilitation, North Osaka Police Hospital, 1-2-2 Muroyama, Ibaraki, Osaka 567-0052, Japan*)

²大阪国際大学人間科学部人間健康科学科, 〒570-8555 大阪府守口市藤田町6-21-57 (*Osaka International University, Faculty of Human Sciences, Department of Human Health Sciences, 6-21-57 Tohdacho, Moriguchi, Osaka 570-8555, Japan*)

³同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科, 〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 (*Graduate School of Health and Sports Science, Doshisha University, 1-3 Tatara Miyakodani, Kyotanabe, Kyoto 610-0394, Japan*)

Received: March 6, 2017 / Accepted: May 15, 2017

Abstract The purpose of this study was to investigate relationship between the shoulder pain and the flexibility of the shoulder in Japanese elite male water polo players. We also conducted to find the physical characteristics of the range of shoulder rotation. Subjects were Japanese elite male water polo players that was 30 (study 1) and 40 (study 2). We measured and compared shoulder flexibility by finger vertebral distance (FVD). In study 2, a standard universal goniometer was utilized to measure range of shoulder rotation with the arm in 90 degrees of abduction. There is significant correlation range of motion on the dominant shoulder showed significant decrease in internal rotation and increase external rotation. The results indicate that decrease exists in the shoulder flexibility of elite water polo players with pain. Furthermore, our findings suggest that prevention or rehabilitation of painful water polo player's dominant shoulder is considered to be existing two reasons that are at risk of developing shoulder pain because of the repetitive nature of swimming combined with throwing.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 66(4): 263-269 (2017)

Keywords : water polo, shoulder pain, flexibility

緒 言

水球は1800年代後半に英国で発祥し、欧州各国を中心に世界中で親しまれる人気の高いスポーツである¹⁾。しかし、日本国内の認知度は低く競技人口も限られているため、他の競技と比較して、スポーツ医学分野で研究対象になる頻度は低く²⁾、日本人水球選手を対象とした身体的特性の報告やスポーツ障害の特徴に関する報告も少ない。

水球が他の水泳競技と異なる点に、ボールを扱い投球動作が含まれることが挙げられる。水球はゴール型ボールゲームであるため、選手は泳動作と投球動作の繰り返しによる複数の複合的な肩関節運動が要求される。水球における多い障害部位は、肩甲帯および肩甲上腕関節であり、調査対象全体の2割から4割に及んでいる³⁻⁵⁾。実際にコンディショニングの対応をおこなう現場でも、肩関節の疼痛やコンディション不良の訴えにより、ゲーム

や練習への参加に支障をきたしている選手を多く経験する。また、泳動作では両肩をほぼ均等に利用するが、投球動作は利き手を多く利用する特徴がある。このことから、特異的な運動を長期間にわたり、専門的に行なってきた競技レベルの高い水球選手の肩関節障害の実態を知ることが、今後の水球選手に対する障害予防の指導やコンディショニングに有益な情報になると考える。

本研究では、肩関節のコンディショニングに用いる柔軟性の評価方法で、国内一流水球選手における肩関節の柔軟性とスポーツ障害の発生状況を調査した(研究1)。次に、肩関節回旋可動域(柔軟性)の左右差と水球選手の身体特性について調査を行い、スポーツ障害との関連性について検討した(研究2)。

方 法

本研究は国内一流選手を対象に国内合宿・海外遠征の機会を利用して調査を行った。多くの測定者を必要とす

Table 1. Characteristics of water polo players

	research one	research two
Number of water polo players	30	40
Age	21.2±2.6	20.4±1.2
Height (cm)	179.6±3.2	175.3±6.3
Weight(kg)	81.8±7.8	74.2±13.2
Years of experience in water polo	10.2±3.0	9.9±2.7

ることがなく、被検者への負担を配慮した簡便で再現性の高い測定方法を採用した。被験者には十分な説明を口頭で行い同意を得た上で行った。なお、本研究は同志社大学倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号1229）。

研究1：肩関節の柔軟性とスポーツ障害の発生状況についての調査

対象者 (Table 1) 対象は2012年度の日本代表選手および候補選手13名、大学1部リーグ水球部17名の合計30名（19～30歳、平均21.2±2.6歳）、身長：179.6±3.2 cm、体重：81.8±7.8 kg、すべて男性とした。

(1) アンケート調査

柔軟性の測定時に、痛み（安静時・運動時）について聞き取りを行い作成した問診表に記入させた。部位については問診票に示した身体図に記入させた。疼痛の有無は競技が誘因となり、安静時および練習・ゲームのプレー中に痛みを有しているものとした。疼痛を訴える者を有痛群、訴えない者を無痛群に分類した。また、医療機関を受診し、肩関節に関する診断を受けた既往歴についても聞き取りを行った。

(2) 柔軟性の測定

柔軟性の評価には笠原らの指椎間距離法（Finger vertebral distance 以下：FVD）を用いて行った（Fig. 1）⁶⁾。母指を頭部から背中に回したものをFVD（上）、臀部から背中に回したものをFVD（下）とした。理学療法士1名が0.5 cm単位で実施し、得られた測定結果を投球側と非投球側のFVD（上）・（下）に分類した。

統計処理 測定結果は投球側と非投球側のFVD上・下に分類し、有痛群と無痛群の平均値を比較した。検定にはMann-WhitneyのU検定を用い、有意水準5%未満に設定した。

研究2：肩関節回旋可動域の測定

投球側の肩関節内旋可動域の減少と外旋可動域の増大

は、投球動作を行う代表的なスポーツの野球選手ではよく知られている⁷⁻⁹⁾。また、他のオーバーヘッドスポーツにおいてもその現象は確認されている¹⁰⁻¹²⁾。本研究では、水球選手の身体特性を知り、スポーツ障害との関連性を検討するために、肩関節回旋可動域を測定し投球側と非投球側の比較を行った。

対象者 (Table 1) 対象は2015年度日本代表選手および候補選手、大学1部リーグに所属する選手40名（19～24歳、平均20.4±1.2歳）、身長：175.3±6.3 cm、体重：74.2±13.2 kg、すべて男性とした。なお、対象者は肩関節に整形外科的に障害を有さず、測定時に疼痛の訴えない者とした。

肩関節回旋可動域の測定 可動域の測定は、対象者に仰臥位をとらせ、肩関節90度外転位（2ndポジション）、肩関節外旋・内旋の2項目とした。測定は日本整形外科学会・リハビリテーション医学会制定の測定方法に準じて行い、角度計（東大式ゴニオメーター）を用いて、5°単位で測定した。代償動作を防ぐように十分に配慮し、測定者3名で固定・計測・記録を分担して実施した。すべての対象者は同日の練習後に測定を行った。

統計処理 回旋可動域角度は投球側と非投球側に分類し、各群のデータは平均値を比較した。検定は対応のあるt検定を用い、有意水準5%未満に設定した。

結 果

研究1：肩関節の柔軟性とスポーツ障害の関連性についての測定

(1) アンケート調査

肩関節に疼痛（運動時・安静時）を訴えた者は43%（13/30）であった。有痛群13例の内訳は、投球側6例、非投球側5例、両側2例であった。また、医療機関を受診し、診断を受けた者の内訳がインピンジメント症候群1例、上腕二頭筋腱炎1例、肩甲上神経ガングリオン1例、亜脱臼1例であった。

(2) 肩関節の柔軟性の測定

被験者全体の詳細は、FVD (上) の投球側は 7.4 ± 2.7 cm, 非投球側は 6.8 ± 2.7 cm, FVD (下) の投球側は 22.4 ± 5.7 cm, 非投球側は 18.5 ± 5.6 cmであった。FVD (上) では非投球側, FVD (下) では投球側において、柔軟性低下の傾向がみられたが統計学的有意差を認めなかった (Fig. 2)。

投球側FVD (上) は有痛群 6.1 ± 2.8 cm, 無痛群 8.4 ± 2.3 cm, 非投球側は有痛群 5.3 ± 2.2 cm, 無痛群 7.9 ± 2.7 cmであった (Fig. 3)。投球側FVD (下) は有痛群 24.6 ± 5.4 cm, 無痛群 20.7 ± 5.6 cmであった (Fig. 4)。各項目の2群間で有意差 ($p < 0.05$) を認めた。非投球側FVD (下) は有痛群 19.6 ± 4.4 cm, 無痛群 17.6 ± 6.4 cmであったが統計学的有意差を認めなかった (Fig. 4)。

研究2：肩関節の回旋可動域の身体特性についての測定

全回旋可動域は投球側 $204.3 \pm 24.8^\circ$, 非投球側 $193.4 \pm$

18.1° であった (Fig. 5)。肩関節外旋は投球側 $135.9 \pm 17.9^\circ$, 非投球側は $120.1 \pm 10.9^\circ$ であった (Fig. 6)。肩関節内旋は投球側 $68.6 \pm 14.3^\circ$, 非投球側 $73.1 \pm 14.4^\circ$ であった。全回旋可動域の投球側は非投球側と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。肩関節内旋の投球側は非投球側と比較して有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。肩関節外旋の投球側は非投球側と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

考 察

水球における肩関節障害の発症には、主に二つの原因が関与していると考えられる。第一は泳動作によるスイマーズショルダーである。顔を上げたまま行なわれるクロールや背泳ぎは、通常の競泳ではみられない特異的な動作であり、肩関節を多様な運動方向にくり返し動かすことになる。これらの泳動作では、肩関節の伸展運動により推進力が得ることができ、主動作筋として広背筋・上腕

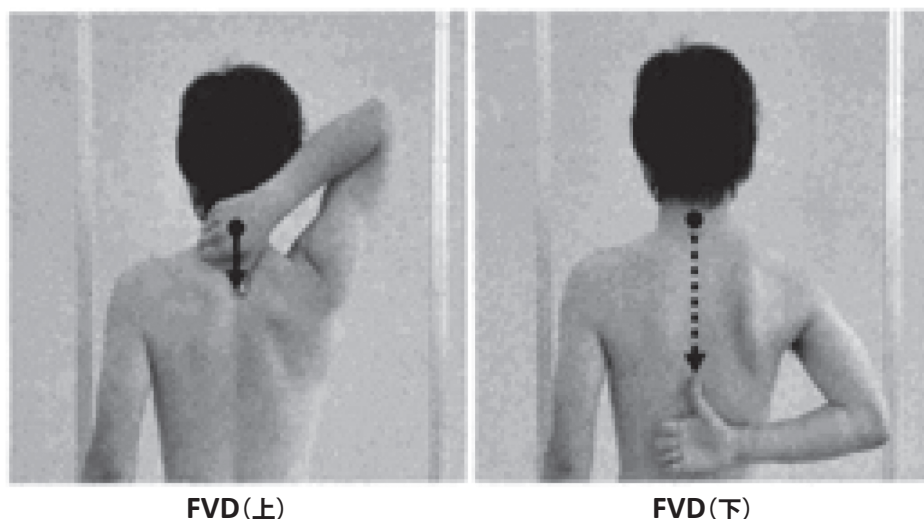


Fig. 1 FVD : finger vertebral distance (adopted from Kasahara et al., 2011⁹⁾)

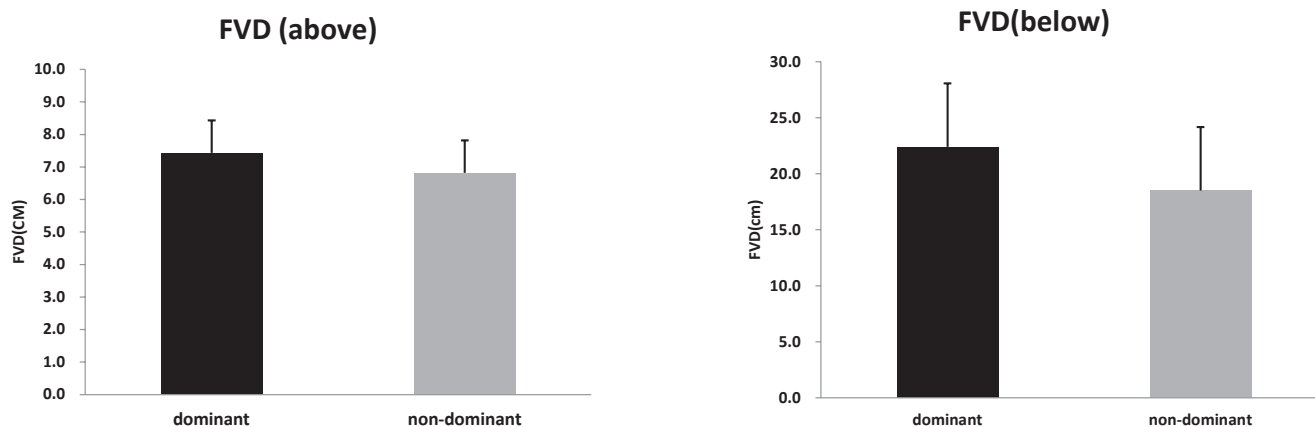


Fig. 2 Comparison of the FVD between dominant and non-dominant. There is no statically significant.

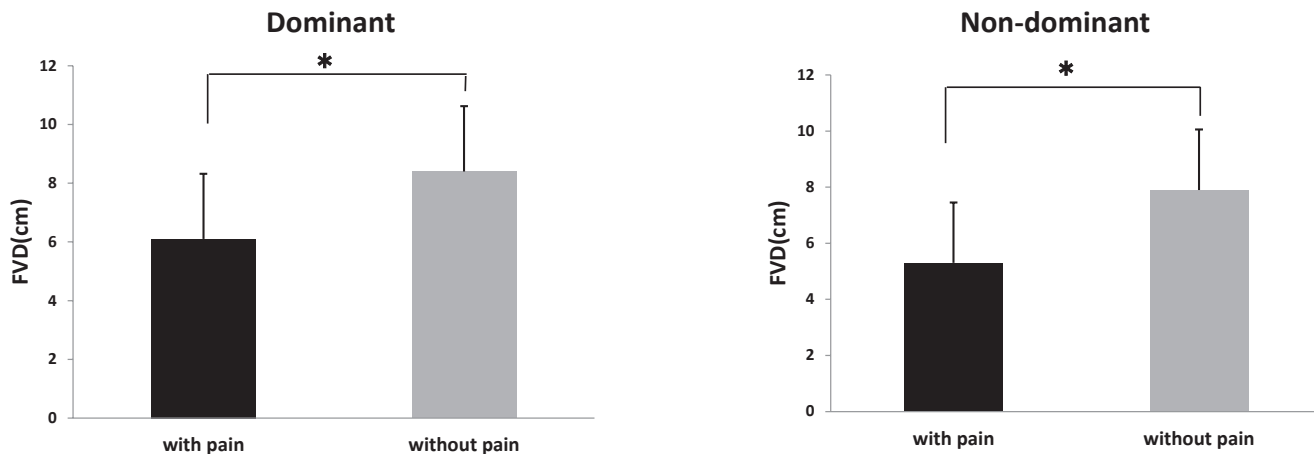


Fig. 3 Comparison of the FVD (above) between with pain and without pain. Asterisk indicates significant decrease distance from 7th cervical vertebra. *: $p < 0.05$

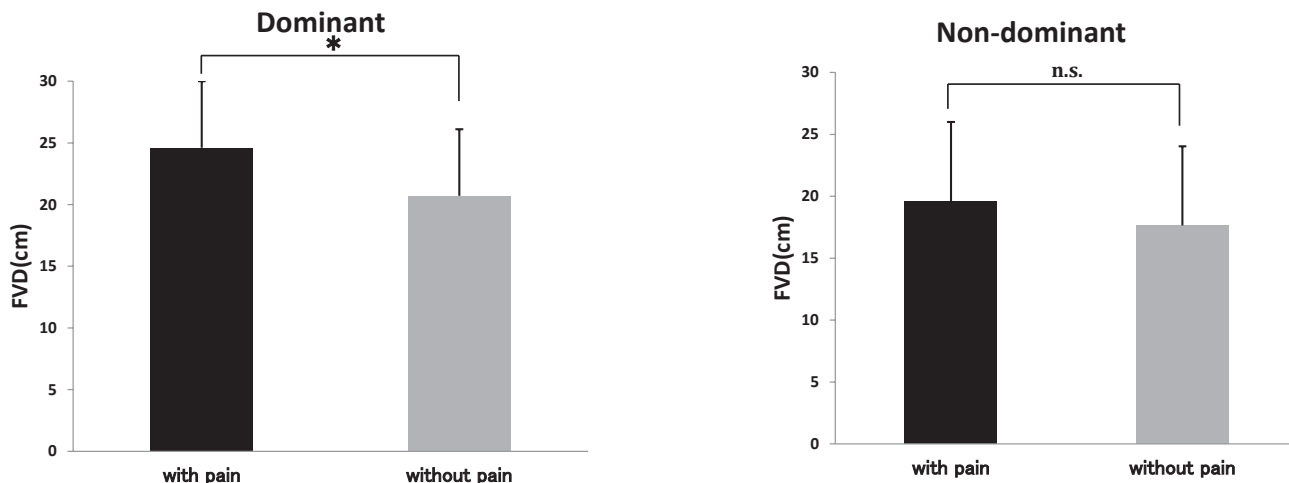


Fig. 4 Comparison of the FVD (below) between with-pain and without-pain. Asterisk indicates significant increase distance from 7th cervical vertebra. *: $p < 0.05$

三頭筋の動員による影響が大きいと考えられる。主動作筋を含む肩甲帯周囲筋のタイトネスが充進すると、上腕骨の運動に対して、肩甲骨が追従する肩甲上腕リズム機構に影響を与え、肩甲平面上において上腕骨頭が求心位を保てなくなり、腱板筋群に負担がかかることで肩峰下滑液包炎やインピンジメント症候群を発症させている可能性が考えられる¹³⁾。

第二に投球障害である。高木らは、水球に関するスポーツ医学的研究をレビューし、障害で最も発生率の高い部位は肩関節であり、腱板損傷が主な原因として考えられると報告している²⁾。腱板機能は上腕骨頭を関節窩の求心位、いわゆるゼロポジションを保つなど肩関節の動的安定性といえる。アメリカ男子水球ナショナルチームを対象にスポーツ障害を調査した報告では、対象者の38%が肩関節の障害を訴え、その原因の36%が腱板損傷と考

えられたと述べられている¹⁴⁾。また、ボール規格や投球動作時のプレー状況が類似するハンドボールでは、腱板損傷の発症割合は40%という報告があり¹⁵⁾、水球選手の投球障害について理解を深める比較対象として重要であると考えられる。

本研究では、水球選手の肩関節の状態を知るため、有痛群と無痛群に分類し柔軟性の比較検討を行った。笠原らは、体格の影響を受けない肩の簡便な柔軟性測定方法として、FVDは信頼性・客観性の高い方法としている⁶⁾。手を頭部から背部に回すFVD(上)は、投球障害の診察時に用いられる理学的所見、Combined abduction test (CAT) との間に相関関係があり、広背筋・前鋸筋・上腕三頭筋などのタイトネスが関係すると考えられている^{6,16,17)}。手を臀部から背部に回すFVD(下)は、日本整形外科学会肩関節疾患治療成績基準の項目にもある結

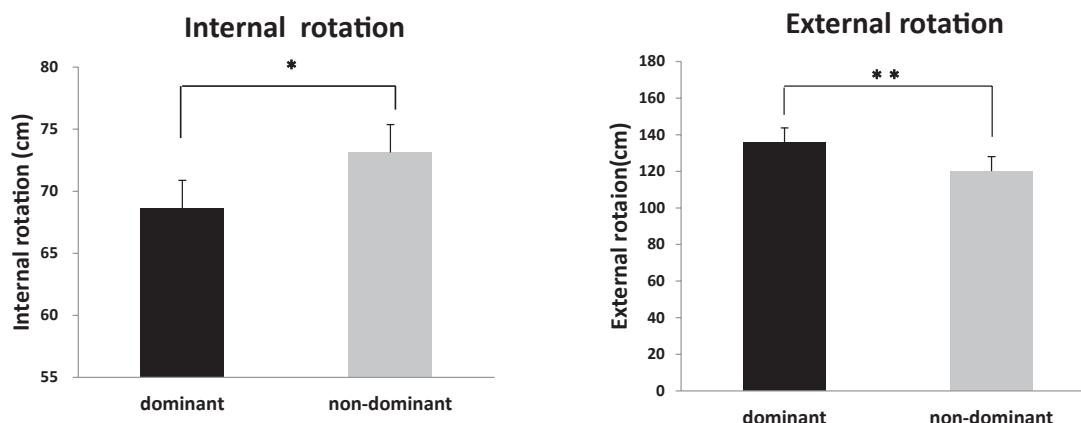


Fig. 5 Comparison of range of shoulder rotation in dominant and non-dominant. There was significant difference between dominant and non-dominant in shoulder of internal rotation. *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

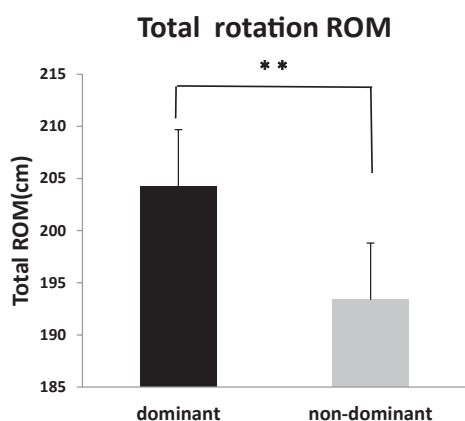


Fig. 6 Comparison of total rotation range of motion in dominant and non-dominant. There was significant difference between dominant and non-dominant in shoulder of internal rotation. **: $p < 0.01$

帯動作と類似している。結帯動作は肩関節の内旋可動域を評価するには有効であるとされ¹⁸⁾、肩関節外旋筋群の柔軟性と関連する。

有痛群のFVD(上)は無痛群と比較して、投球側は2.3 cm、非投球側は2.6 cm、低い値を示し、FVD(下)は無痛群と比較して、投球側は3.9 cm、高い値を示した。有痛群の柔軟性を低下させている要因は、すでに肩関節の疼痛を有していることや既往歴が影響している状態での測定であったことが考えられる。しかし、一般には身体の柔軟性低下が、スポーツ障害発生との関連性から重要視されている¹⁹⁾。泳動作だけを行う競泳選手の報告では、肩関節の内旋や水平内転の可動域低下が誘因となり不良なフォームによって、肩関節に障害が発生しやすいとされている²⁰⁻²²⁾。また、投球障害の発生要因として、身体部位のいずれでも柔軟性が低下することで代償動作が増加し、運動連鎖が破綻することでスポーツ障害が惹起さ

れることが知られている^{16,23,24)}。

笠原らによるFVDのスクリーニング基準値では²⁵⁾、FVD(上)が8 cm、FVD(下)が15 cmと設定している。本研究における水球選手の肩関節は、FVD(上)の投球側は 7.4 ± 2.7 cm、非投球側は 6.8 ± 2.7 cm、FVD(下)の投球側は 22.4 ± 5.7 cm、非投球側は 18.5 ± 5.6 cmであり、基準値と比較して柔軟性が低下している傾向の値を示した。水球競技の特徴として泳動作と投球動作、さらにレスリングのような身体接触がある。国際大会で体格差のある海外選手とコンタクトプレーを繰り返す日本人選手は、競泳選手などと比較して上肢帯筋群が大きく肥大している傾向がある。Kuboらは²⁶⁾、筋力の向上と筋厚の増大は、腱のスティフネスを増加させるとしており、水球選手の柔軟性低下に影響していることが考えられた。

水球では、シュートやパスを行うときには対象を目視しながら行うため、技術的にコッキング期の延長が要求される。シュートの初速度は、成人男子の平均で約20 m/s前後とされる²⁷⁾。足場のない水中で大きなシュート速度を発生することは、肩関節に過度な負担がかかる。水球のルール上、ボールは片手で扱わなければならない。この技術は、日本人にとって体格的に困難となることが考えられる。そのため、投球動作のコッキング期全般においてボールを落とさないようにするために、肘の屈曲角度が小さくなりゼロポジションをとることが難しくなる。また、混戦のなかでシュートをした場合、肘が伸びたまま体幹の回旋が先行する状態では、肩関節の伸展が強制されると肩関節前方に過度なストレスが肩関節に作用することになる。鈴木らは²⁸⁾、肩関節前方の疼痛を訴える水球選手はImpingement test, Apprehension testの陽性度が高く、肩関節の外旋動揺性が大きいとしている。本研究の反省点として、測定時に整形外科テストの陽性

度を確認できなかったことが挙げられる。

水球では泳動作と投球動作を繰り返すことが要求されるため、2種類以上のオーバーヘッドスポーツの要素を有する競技といえる。この競技特性は、他の水泳競技や投球動作を行うボールゲームでは見ることがない。水球選手の投球側肩関節は、非投球側に対して内旋可動域は平均4.5°低く、外旋可動域は平均15.8°高い値を示し、全回旋可動域では平均10.9°増大していることから、左右差が生じることが示された。ヒトの身体は、特異的な動作が繰り返されることにより身体的要素が適応する²⁹⁾。投球動作を行わない、競泳選手の肩関節回旋角度には左右差が生じないとされ報告されていることから³⁰⁾、同じ泳動作を繰り返しても、投球動作を組み合わせる水球選手の利き手には、投球動作による特異的な適応が生じていることが考えられる。

投球側外旋可動域の増大要因のひとつとして、本研究での測定は行っていないが、上腕骨頭後捻角度の増大という骨性要因が挙げられる⁷⁾。河上は³¹⁾、無症候の高校野球選手を対象に、上腕骨頭後捻角度を除外した方法で測定をしたところ、後捻角度に有意差を認めたと、肩関節の回旋可動域に左右差はなかったとしている。これは、肩関節に異常のない高校野球選手の回旋可動域の左右差は主に上腕骨後捻角度の差による骨性要因が生じさせたものであり、軟部組織の影響を受けていないことを意味する。一方で、肩関節前方の軟部組織が伸張性を増大させていることも要因として挙げられている。Mihataらは³²⁾、繰り返す投球動作によって関節包、とくに下関節上腕靭帯のAnterior bandのゆるみが生じることで、利き手側の肩関節動揺性と外旋可動域が増大するとしている。Anterior bandは上腕骨外転位での骨頭下方偏位および外旋を、さらに外転・外旋位での骨頭前方偏位を制御する役割をもつため³³⁾、投球動作のコッキング期から加速期にかけて伸長を強制されることが考えられる。

投球側内旋可動域の減少には、肩関節の後方軟部組織の伸張性低下が要因として挙げられる。投球動作の頻度が高い野球選手の報告において、骨性要因ではなく肩関節後方の軟部組織性要因が影響していると多くの報告がある^{30,34-37)}。水球選手においても利き手である投球側の肩関節は投球を頻繁に行なうことから、内旋可動域の減少の要因には、肩関節後方軟部組織のタイトネス亢進が考えられる。肩関節後方タイトネスが誘因となり内旋制限が生じた水球選手の対応として、スリーパーストレッチングやクロスアームストレッチングなどによる軟部組織へのアプローチによってスポーツ障害の予防・改善が期待できる^{9,34,38)}。

本研究において、水球選手の肩関節柔軟性低下とスポーツ障害の関連性を認め、投球側と非投球側との間に、肩関節回旋可動域の左右差が生じていることが示され

た。また、水球選手の投球側の肩関節は、泳動作と投球動作による障害要因が混在することが考えられた。これらのことから、水球選手のコンディショニングやトレーニング指導には、示唆された水球選手における特異性を考慮した対応をする必要がある。また、今回の測定方法はいずれも簡便なものではあるが、水球選手を対象にしたコンディショニングや障害予防に寄与するものと考えられる。

まとめ

1. 国内一流水球選手に対して肩関節の柔軟性評価を行い、スポーツ障害の発生状況を調査した。また、肩関節回旋可動域を測定し投球側と非投球側の比較を行った。
2. FVDの低下（柔軟性低下）と肩関節のスポーツ障害発生に関連性を認めた。
3. 水球選手の肩関節回旋可動域に投球側と非投球側の差があることが確認された。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

引用文献

- 1) Smith HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 26: 317-334, 1998.
- 2) 高木英樹, 渡部厚一, 金岡恒治, 吉沢 剛: 水球競技のスポーツ医学, 臨床スポーツ医学, 24: 1217-1227, 2007.
- 3) 武藤芳照. 水泳の医学II, ブックハウス・エイチディ, 111-139, 1989.
- 4) Annett P, Fricker P, McDonald W. Injuries to elite male water polo players over a 13 year period. *New Zealand Journal of Sports Medicine* 28: 78-83, 2000.
- 5) 加藤知生: 特集/上肢のスポーツ障害リハビリテーション実践マニュアル, 各論-2 (種目別), 水泳, *MB Med Reha* 33: 84-92, 2003.
- 6) 笠原政志, 川原 貴, 奥脇 透, 平野裕一, 山本利春: 距離法を用いた指椎間距離測定の信頼性と客観性, 日本臨床スポーツ医学会誌, 19: 534-539, 2011.
- 7) Crockett HC, Gross LB, Wilk KE, Schwartz ML, Reed J, O'Mara J, Reilly MT, Dugas JR, Meister K, Lyman S, Andrews JR. Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 30: 20-26, 2002.
- 8) 松井知之: 中学生・高校生野球投手における身体特性上下肢可動域の左右差に着目して, 日本整形外科学会雑誌, 31: 93-97, 2011.
- 9) 大須賀友晃, 岩堀裕介, 加藤 真, 佐藤啓二: 小学生と高校生の肩関節可動域-野球選手の内旋減少・外旋拡大について, 骨・関節・靭帯, 20: 325-335, 2007.
- 10) Ellenbeckert TS. Shoulder internal and external rotation strength and range of motion of highly skilled junior tennis players. *Isokinetics Exerc Sci* 2: 65-72, 1992.
- 11) 館 俊樹, 長谷川 伸, 小栗和雄, 春日晃章, 鳥居 俊: オー

- バーヘッド動作を伴う種目の肩関節回旋角度と筋力特性-大学トップアスリートの種目別比較-, 東海保健体育科学, 31: 31-39, 2009.
- 12) Herrington L. Glenohumeral joint: Internal and external rotation range of motion in javelin throwers. *Br J Sports Med* 32: 226-228, 1998.
 - 13) Lin JJ, Lim HK, Yang JL. Effect of shoulder tightness on glenohumeral translation, scapular kinematics, and scapulohumeral rhythm in subjects with stiff shoulders. *J Orthop Res* 24: 1044-1051, 2006.
 - 14) Rollins J, Puffer J, Whiting W, Gregor R, Finerman G. Water polo injuries to the upper extremity. Injuries to the Throwing Arm. Philadelphia, PA: WB Saunders Co: 311-317, 1985.
 - 15) Gohlke F, Lippert MJ, Keck O. Instability and impingement of the shoulder of the high performance athlete in overhead stress. *Sportverletz Sportschaden* 7: 115-121, 1993.
 - 16) 原 正文: スポーツ選手の不安定肩の診察法, 臨床スポーツ医学, 22: 1353-1360, 2005.
 - 17) 原 正文: 復帰に向けて何を目安にどう選手に指導したらよいか肩の投球障害を中心に, 関節外科, 22: 1189-1194, 2003.
 - 18) 野々垣嘉男, 野崎正幸, 山田直樹, 須藤 恵, 末峰 樹, 林 典子, 小島 泉, 榎原弘喜: 肩関節可動域と指椎間距離の検索, 理学療法と作業療法, 17: 390-400, 1983.
 - 19) 鹿倉二郎. 傷害予防を目的としたコンディショニングの方法と実際 1. ストレッチング, 日本体育協会編, アスレティックトレーナー専門科目テキスト⑥予防とコンディショニング, 文光堂, 東京, pp182, 2007.
 - 20) Greipp JF. Swimmer's shoulder: The influence of flexibility and weight training. *Phys Sportsmed* 13: 92-105, 1985.
 - 21) Johnson JN, Gauvin J, Fredericson M. Swimming biomechanics and injury prevention: New stroke techniques and medical considerations. *Phys Sportsmed* 31: 41-46, 2003.
 - 22) Johnson JE, Sim FH, Scott SG. Musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *Mayo Clin Proc* 62: 289-304, 1987.
 - 23) 宮下浩二, 小林寛和, 横江清司: 投球の加速運動における上肢関節運動の検討, アスレティック・リハビリテーション, 2: 111-118, 1999.
 - 24) 井尻朋人, 宮下浩二, 浦辺幸夫, 藤川博樹, 武本有紀子: 体幹アライメントが投球時の肩関節運動に与える影響, 体力科学, 58: 73-80, 2009.
 - 25) 笠原政志, 山本利春: 障害予防のための運動機能評価, コーチング・クリニック 4月号, 68-71, 2012.
 - 26) Kubo K, Kanehisa H, Ito M, Fukunaga T. Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 91: 26-32, 2001.
 - 27) Darras NG. Maximum shooting velocity in water polo direct shot and shot with fountains of the international level athletes participating in the 10th FINA world cup. Biomechanics and Medicine in Swimming VIII (Eds: Keskinen KL, Komi PV and Hollander AP). 185-190, 1999.
 - 28) 鈴木茂廣, 頼田幸徳, 宮永 豊, 高橋伍郎, 坂田勇夫, 白木仁: 水球の投動作による肩関節障害について, 体力科学, 39: 60-68, 1990.
 - 29) Dayton OW. Athletic training and conditioning 45, 1965.
 - 30) Witwer A, Sauers E. Clinical measures of shoulder mobility in college water-polo players. *J Sport Rehabil* 15: 45-57, 2006.
 - 31) 河上 剛: 上腕骨頭後捻角度の影響を除いた肩回旋可動域の計測法: 成長期投球障害肩の1評価法, 中部日本整形外科災害外科学会雑誌, 55: 1-6, 2012.
 - 32) Mihata T, Lee Y, McGarry MH, Abe M, Lee TQ. Excessive humeral external rotation results in increased shoulder laxity. *Am J Sports Med* 32: 1278-1285, 2004.
 - 33) 福林 徹, 蒲田和芳: 肩のリハビリテーションの科学的基礎, 肩甲上腕関節, 13-14, 2009.
 - 34) 川井謙太郎: 投球障害肩症例における上腕骨頭後捻角度を考慮した肩回旋可動域の特徴, 理学療法科学, 29: 345-349, 2014.
 - 35) 三原研一: 少年野球選手の肩関節可動域, 骨・関節・靭帯, 20: 317-322, 2007.
 - 36) Tyler TF, Roy T, Nicholas SJ, Gleim GW. Reliability and validity of a new method of measuring posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys Ther* 29: 262-269, 1999.
 - 37) 平本真知子, 北條達也, 松井知之, 東 善一, 瀬尾和弥, 清水長司, 木田圭重, 森原 徹, 長谷 齊: 中学生野球選手の経年的な可動域の変化: 中学入学時と3年生時との比較, 同志社スポーツ健康科学, 4: 1-4, 2012.
 - 38) Corrao M, Kolber MJ, Wilson SH. Addressing posterior shoulder tightness in the athletic population. *Strength Cond J* 31: 61-65, 2009.