

水球の投動作による肩関節障害について

鈴木 茂 廣* 梶 田 幸 徳** 宮 永 豊***
高 橋 伍 郎*** 坂 田 勇 夫*** 白 木 仁****

SHOULDER INJURIES CAUSED BY THROWING DURING WATER POLO

SHIGEHIRO SUZUKI, YUKINORI TOMODA, YUTAKA MIYANAGA
GORO TAKAHASHI, ISAO SAKATA and HITOSHI SHIRAKI

Abstract

A study was conducted to investigate the influence on the shoulder joint of throwing during water polo. One hundred sixty-seven water polo players were interviewed about injuries caused by water polo, and 70 players claimed to have had shoulder pain.

In 21 players, clinical examinations were performed, and in 31 players, assessment of external rotation stability was made. Then three-dimensional analysis of hand-to-hand shoot motion was performed in 7 players.

The results were as follows ;

1. The painful phases of the throwing motion were the take-back phase and the acceleration phase, the pain being present at the anterior and lateral portions of the shoulder joint.
2. Assessment of stability revealed that the external rotation displacement on the affected side was significantly larger than that on the control side in the injured players.
3. Analysis of hand-to-hand shoot motion revealed that the external rotation angle in the acceleration phase was significantly larger in non-injured subjects than in the injured.
4. The external rotation angle after ball contact was increased in the injured, but decreased in the non-injured.
5. To prevent injury, it appears important to catch and throw the ball using the upper extremity and rotation of the trunk in a high body position in the water, and to strengthen the muscles of the shoulder.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med, 1990, 39 : 60~68)

key words : sports injury, shoulder, throwing, water polo

I. 緒 言

水球は水泳競技の中で唯一のボールゲームであり、常に水面から顔を出す独自の泳法で泳ぎ、片手でボールを扱いパス、シュートをして得点を競い合う激しいスポーツである。

さらに足のつかないプールで行う競技であるため捕球、投球を主に上肢・上体を用いて行うことを余儀なくされる。また、Whiting¹⁷⁾によればペナルティースローのような全力投球の場合、初速は 20 m/sec ほどになる。これはボールの重量は異なるが、ハンドボールにおけるランニングシ

*名城大学附属高等学校 Meijo High School

名古屋市東区新富町1-3-16

**松戸市常盤平西窪町24-24

***筑波大学体育科学系 Institute of Health and Sports Science, Univ. of Tsukuba

つくば市天王台1-1-1

****名城大学理工学部 Meijo Univ.

名古屋市天白区塩釜口1-501

ューートの 25 m/sec, ジャンプシューートの 23 m/sec¹⁶⁾ と比較してやや及ばないものの, ground support がないにもかかわらずかなりのスピードであり, 肩へのストレスは大きく, 障害を有する者も多いと考えられる. しかし, 水球の肩関節障害についての研究は十分に行われていない.

一般に, 投動作を主とするスポーツの肩関節障害については野球肩^{1,5)} が代表的であり症状として Impingement syndrome^{6,7,9)} が多く, 肩関節動揺性^{1,2,10)} などが原因として考えられている. また画像分析等の手法を用いた投球フォームの解析¹⁴⁾ によりその発生メカニズムも研究されている.

そこで本研究では水球の肩関節障害についてのアンケート調査, および整形外科的診察により実態を把握し, また肩関節動揺性計測装置を用いた肩外旋動揺性の計測, さらに捕球と投球を連続して行う水球特有のボールコントロール技術である hand-to-hand シューートに着目した動作解析を行って水球による肩関節への影響を明らかにすることを目的とした.

II. 研究方法

A. アンケート調査

1次調査として昭和62年度関東学生水球1部リーグに所属する男子70名, および第4回全国女子水球大会に出場の女子97名の計167名を対象に過

去の運動障害について聞き, その中で肩の痛みを経験したことがあると答えた男子45名, および女子25名の計70名を対象に2次調査を行い疼痛部位, 疼痛発現動作, 受傷原因などについて調べた(表1, 2).

B. 整形外科的診察

肩の痛みの経験のある男子8名, 女子13名の計21名を対象として疼痛部位の確認と Impingement test^{6,7,10)}, Yergason test¹⁵⁾, Apprehension test¹²⁾などの諸検査を実施した.

C. 肩関節外旋動揺性計測

肩関節の外旋動揺性は肩の痛みの経験のある大学生選手14名(男子9名, 女子5名), および経験のない選手17名(男子10名, 女子7名)の計31名を対象とし, 肩関節動揺性計測装置を用いて左右両肩について行った.

被検者は体幹固定用の椅子に深く座り, 肩関節90°外転, 肘関節90°屈曲, 前腕中間位をとり上腕と前腕をマジックテープで固定した(写真1). 回旋運動の軸心を肘頭として, これより25 cm 遠位の前腕部に取り付けた荷重計(小川研究所, DDSS-002)を通じて外旋強制を行い, このときの外旋変位角度と外旋トルクをX-Yレコーダー(理研電子, F-35)にトルク・角度曲線として記録した.

計測にあたっては曲線をディジタイザー(渡辺

Table 1. Physical characteristics of the subjects (men)

Group	No.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Career* (yr)
First interview	70	20.6±2.7	173.3±5.1	68.3±6.5	5.7±2.1
Second interview	45	19.8±1.3	172.3±4.8	67.0±5.6	5.7±2.1
Clinical test	8	21.3±1.4	174.5±5.4	70.8±5.5	6.1±2.7

Table 2. Physical characteristics of the subjects (women)

Group	No.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (yr)
First interview	97	16.9±5.9	158.0±5.9	52.0±5.5	1.8±1.4
Second interview	25	17.7±2.0	158.7±4.7	53.5±3.9	2.5±1.3
Clinical test	13	17.5±2.2	159.8±4.2	53.3±4.1	2.8±1.4

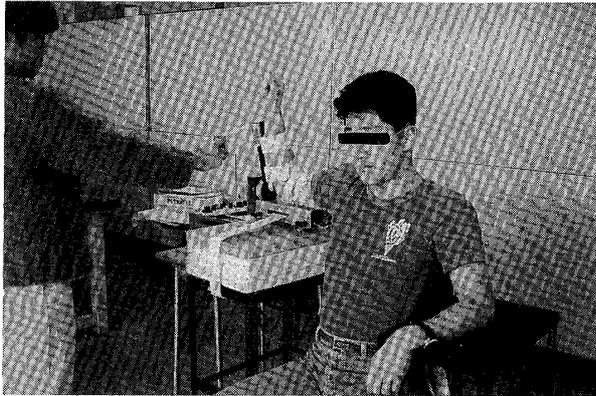


Photo 1. Shoulder stability testing instruments.

測器, DT-1000) でトレースしコンピューターを用いて $25 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ の外旋トルク負荷時の外旋変位角度, および肩関節の硬さの指標としてその時の stiffness (接線の傾き, $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{deg}$) を求めた (図 1).

解析は被検者全体, 有痛者, および無痛者それぞれにおける使用側と非使用側の差について統計的検定を行った.

D. 動作解析

動作解析は肩の痛みのある大学生選手 3 名, および経験のない選手 4 名の計 7 名を対象とし, 水球特有のシュートである hand-to-hand シュートの投球フォームを右側方, および上方より 2 台の

ビデオカメラで毎秒 60 コマの分析が行えるように撮影した. 試技はゴール正面約 5 m からゴール右側, および左側へのストレートシュートとし, 2 台のカメラの同期は電球を両方の視野にはいるところにおき光を映し込むことにより行った. 被検者には右尺骨茎状突起, 右上腕骨内側上顆, 左右肩峰, 右中腋下線第 5 肋間に測定点をつけた. 撮影したビデオ画像をコンピューターにより CRT 上でコンピューター画像と重ね合わせ, 各測定点の位置座標を読み取り 2 次元座標に変換し, DLT 法¹³⁾により側方, 上方データを 3 次元座標に合成後, 小林ら⁸⁾の往復反復型指数フィルターにより平滑化を行い, ボールコンタクトからリリースまでの外旋・外転・伸展の角度の変化を, さらに 5 点移動 2 次式近似によりそれぞれの角速度の変化を求めた. また take-back phase と acceleration phase における角度, 角速度の最大値を求めた. なお 5 点移動 2 次式近似はその性質上時系列データの最初と最後の数点が失われるため, スプライン関数を用いて毎秒 200 個のデータに補間してから行った.

解析は角度, 角速度の有痛者と無痛者間における差異をみるために, 試技全体, および投球方向別に統計的検定を行った. さらに投球方向による差異をみるために, 被検者全体, 有痛者, および

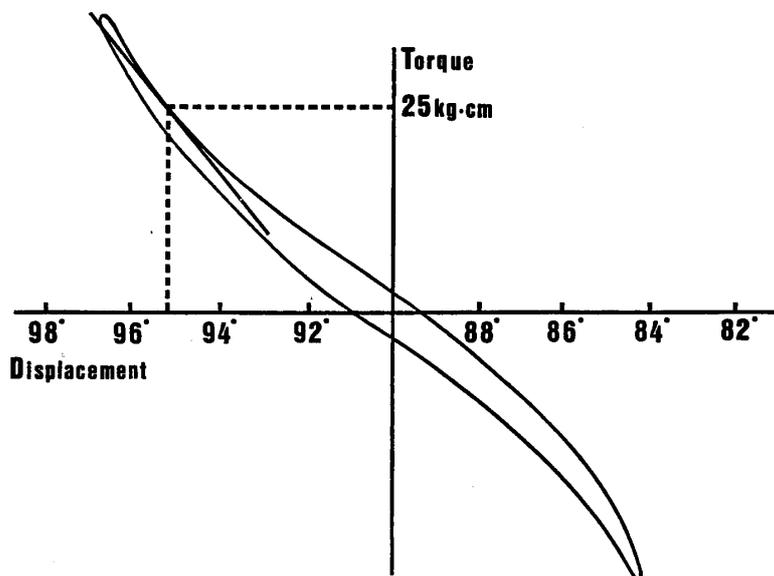


Fig. 1. Displacement-torque curve in shoulder external rotation.

無痛者それぞれについて統計的検定を行った。

III. 結 果

A. アンケート調査結果

肩関節に疼痛の経験があると答えた者は167名中70名の41.9%であった。肩関節を前・後・外側面に分けて疼痛部位をみると肩関節前・外側面に多くみられた(表3)。

受傷原因については衝突・接触といった外傷よりも投球動作自体によるものが多かった(表4)。

水球の主な投動作における phase と疼痛発現

Table 3. Pain in shoulder

part	n (%)
anterior parts	54 (77.1)
lateral parts	41 (58.6)
posterior parts	32 (45.7)
total (n=70)	

Table 5. Pain in throwing phase

	hand-up n (%)	take-back n (%)	acceleration n (%)	follow through n (%)
hand-to-hand shoot	18 (25.7)	42 (60.0)	50 (71.4)	33 (47.1)
standing shoot	18 (25.7)	43 (61.4)	46 (65.7)	35 (50.0)
pass	17 (24.3)	40 (57.1)	42 (60.0)	29 (41.4)
layout pass	—	20 (28.6)	26 (37.1)	17 (24.3)
total (n=70)				

Table 6. Clinical test

	n (%)
Tenderness	
anterior parts	18 (85.7)
Coracoid process	16 (76.2)
Greater tuberosity	11 (52.4)
Bicipital groove	8 (38.1)
posterior parts	3 (14.3)
Special test	
Impingement test	14 (66.7)
Apprehension test	10 (47.6)
Yergason test	4 (19.0)
total (n=21)	

Table 4. Cause of injury

motion	n (%)
throwing	30 (42.9)
contact	13 (18.6)
swimming	6 (8.6)
unknown	10 (14.3)
etc	11 (15.7)
total (n=70)	

の関係をみると acceleration phase とともに take-back phase にも痛みを感じるものが多くみられた(表5)。

B. 整形外科的診察結果

圧痛部位は烏口突起, 大結節, 結節間溝など肩関節前面に集中した。また諸検査の結果, 陽性を示した者は Impingement test, Apprehension test で多くみられた(表6)。

Table 7. External rotation displacement (deg)

	mean ± S. D.	
With pain (n=14)		
affected side	106.6 ± 26.8	**
control side	79.8 ± 36.4	
difference	26.8 ± 29.8	
Without pain (n=17)		
dominant side	101.1 ± 31.7	*
undominant side	91.2 ± 36.8	
difference	9.4 ± 26.7	
total (n=31)		
dominant side	103.6 ± 29.2	**
undominant side	86.0 ± 37.1	

Significant level ; * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

C. 外旋動揺性測定結果

被検者の両肩に対する 25 kg・cm の外旋トルク負荷時の外旋変位角度では, 被検者全体でみると使用側 $103.6 \pm 29.2^\circ$, 非使用側 $86.0 \pm 37.1^\circ$ で使用側は非使用側に比べ有意に大きい値を示した. 有痛者群の使用側は $106.6 \pm 26.8^\circ$, 非使用側は $79.8 \pm 36.4^\circ$, また無痛者群の使用側は $101.1 \pm 31.7^\circ$, 非使用側は $91.2 \pm 36.8^\circ$ となり, 有痛者群の使用側は非使用側に比べ有意に大きい値を示した.

使用側と非使用側の差異をみると有痛者群では $26.8 \pm 29.8^\circ$, 無痛者群では $9.4 \pm 26.7^\circ$ となり両群の間に有意差が認められ, 有痛者群の使用側の動揺性が大きくなっていることがわかった(表7).

同一トルク負荷時の stiffness (kg・cm/deg) では被検者全体でみると使用側 0.9 ± 0.6 , 非使用側 1.0 ± 0.7 となり使用側は非使用側に比べ小さい傾向を示したが有意差は認められなかった. その他の各測定項目について有意差は認められなかった(表8).

D. 動作解析結果

ボールコンタクトからリリースまでの時間 (throw duration) は有痛者が 0.48 ± 0.09 秒, 無痛者が 0.45 ± 0.06 秒となり有痛者の方が長い傾向を示した.

take-back phase と acceleration phase にお

Table 8. External rotation stiffness(kg・cm/deg)

	mean±S. D.
With pain (n=14)	
affected side	0.94±0.64
control side	1.22±0.69
difference	0.29±0.97
Without pain (n=17)	
dominant side	0.88±0.48
undominant side	0.90±0.64
difference	0.02±0.81
total (n=31)	
dominant side	0.90±0.55
undominant side	1.05±0.67

ける外旋・外転・伸展角度, および角速度の最大値では acceleration phase の外旋角度において有痛者と無痛者両群の間に有意差が認められ, 無痛者の方が大きい値を示した(表9~14).

また有痛者, 無痛者両群の外旋・外転・伸展の角度, および角速度の経時の変化をみると, 外旋角度において両群の間に顕著な相違があり, ボールコンタクトの直後に無痛者群では外旋角度の減少がみられるのに対し, 有痛者群では逆に一時的な増加がみられた. なお投球方向別には両群の間に明瞭な相違は認められなかった(図2).

Table 9. Peak angle and angular velocity of external rotation in take-back phase

	peak angle (deg)	peak angular velocity(deg/sec)
	mean±S. D.	mean±S. D.
With pain (n=3)		
rightward	112.6±11.9	165.9±141.5
leftward	107.3± 4.2	170.4± 73.8
total	110.0± 8.5	168.2±101.0
Without pain (n=4)		
rightward	114.4±10.0	117.2±174.9
leftward	110.7± 5.6	80.0±104.3
total	111.5± 7.6	98.6±134.8
total (n=7)		
rightward	112.5± 9.9	138.1±150.5
leftward	109.2± 5.0	118.7± 98.0

Table 10. Peak angle and angular velocity of external rotation in acceleration phase

	peak angle (deg)	peak angular velocity (deg/sec)
	mean±S. D.	mean±S. D.
With pain (n=3)		
rightward	122.5± 8.1	334.0±131.5
leftward	120.2± 7.8	288.3± 82.6
total	121.4± 7.2	311.1±101.4
Without pain (n=4)		
rightward	132.8± 8.7	395.4±118.8
leftward	137.4±14.0	374.3± 86.6
total	135.1±11.0	384.9± 96.9
total (n=7)		
rightward	128.4± 9.5	369.1±117.9
leftward	130.0±14.2	337.4± 90.2

Significant level ; * : p<0.05

Table 11. Peak angle and angular velocity of abduction in take-back phase

	peak angle (deg)	peak angular velocity (deg/sec)
	mean±S. D.	mean±S. D.
With pain (n=3)		
rightward	87.8± 9.4	153.6± 70.1
leftward	86.7± 9.8	131.3± 73.3
total	87.3± 8.6	142.5± 65.3
Without pain (n=4)		
rightward	85.3±19.9	197.8±135.0
leftward	89.7± 2.3	191.0±137.7
total	87.5±13.3	194.3±126.5
total (n=7)		
rightward	86.4±15.1	178.7±106.6
leftward	88.4± 6.1	165.4±110.8

Significant level ; * : p<0.05

IV. 考 察

今回の調査において受傷原因は投球動作自体に多く、また疼痛部位、圧痛部位は肩の前・外側面に多くみられた。さらに Impingement test, Apprehension test の陽性度が高かった。これらは Impingement sign, 肩関節の動揺性のあることを示している。

スポーツによる肩関節障害には種々のものがあり、外傷による脱臼、腱板損傷⁴⁾などのほかに、慢性的要素の強いものとして野球肩、“Swimmer’s shoulder”^{3,6)}がある。これらの原因としては impingement, 肩関節動揺性が考えられていることより水球選手の肩の痛みは野球肩、“Swimmer’s shoulder”と同様、Impingement syndrome の一つとみなしてよいと思われる。

Table 12. Peak angle and angular velocity of abduction in acceleration phase

	peak angle (deg)	peak angular velocity(deg/sec)
	mean±S. D.	mean±S. D.
With pain (n=3)		
rightward	91.5± 2.9	558.1± 46.4
leftward	110.0±17.2	724.1±150.0
total	100.7±15.0	641.1±134.7
Without pain (n=4)		
rightward	94.1± 7.6	369.5± 75.8
leftward	107.6±19.2	554.5±188.5
total	100.9±15.3	461.7±165.6
total (n=7)		
rightward	93.0± 5.8	450.3±117.3
leftward	108.6±16.8	626.9±183.1

Significant level ; * : p<0.05 ** : p<0.01

Table 13. Peak angle and angular velocity of horizontal extension in take-back phase

	peak angle (deg)	peak angular velocity(deg/sec)
	mean±S. D.	mean±S. D.
With pain (n=3)		
rightward	3.3±0.8	12.6±3.4
leftward	4.4±2.7	24.1±6.9
total	3.8±1.9	18.3±8.0
Without pain (n=4)		
rightward	8.7±2.6	21.3±7.2
leftward	5.1±1.2	21.8±1.4
total	6.9±2.7	21.6±4.8
total (n=7)		
rightward	6.4±3.4	17.6±7.2
leftward	4.8±1.8	22.8±4.3

Significant level ; * : p<0.05

今回の調査において、疼痛を訴えるものは acceleration phase と take-back phase に多かった。一般に、投動作による肩の傷害において acceleration phase での痛みは多くみられるものであり、水球でも例外ではなかったが、take-back phase での痛みは水球特有のものにとらえることができる。これは動作解析において有痛者では take-back phase に一時的に外旋角度が増加する

という傾向が認められたことから、acceleration phase と take-back phase に肩関節前方に大きなストレスがかかり、このような外力の繰り返しにより肩関節前方の関節包、筋、腱、靭帯は微小外傷を生じた¹¹⁾ものと考えられる。さらに一旦外傷を生じると疼痛とともに関節包自体の伸張がみられ、動揺性が大きくなる原因になる¹¹⁾と言われており、本研究においても外旋動揺性計測で

Table 14. Peak angle and angular velocity of horizontal extension in acceleration phase

	peak angle (deg)	peak angular velocity (deg/sec)
	mean ± S. D.	mean ± S. D.
With pain (n=3)		
rightward	16.6 ± 0.7	134.2 ± 26.4
leftward	15.6 ± 6.5	124.2 ± 61.2
total	16.1 ± 4.2	129.2 ± 42.5
Without pain (n=4)		
rightward	18.5 ± 5.2	89.7 ± 25.4
leftward	19.2 ± 6.4	127.3 ± 63.7
total	18.9 ± 5.4	108.5 ± 49.2
total (n=7)		
rightward	17.7 ± 3.8	108.8 ± 33.5
leftward	17.7 ± 6.2	125.9 ± 57.3

Significant level ; * : p < 0.05

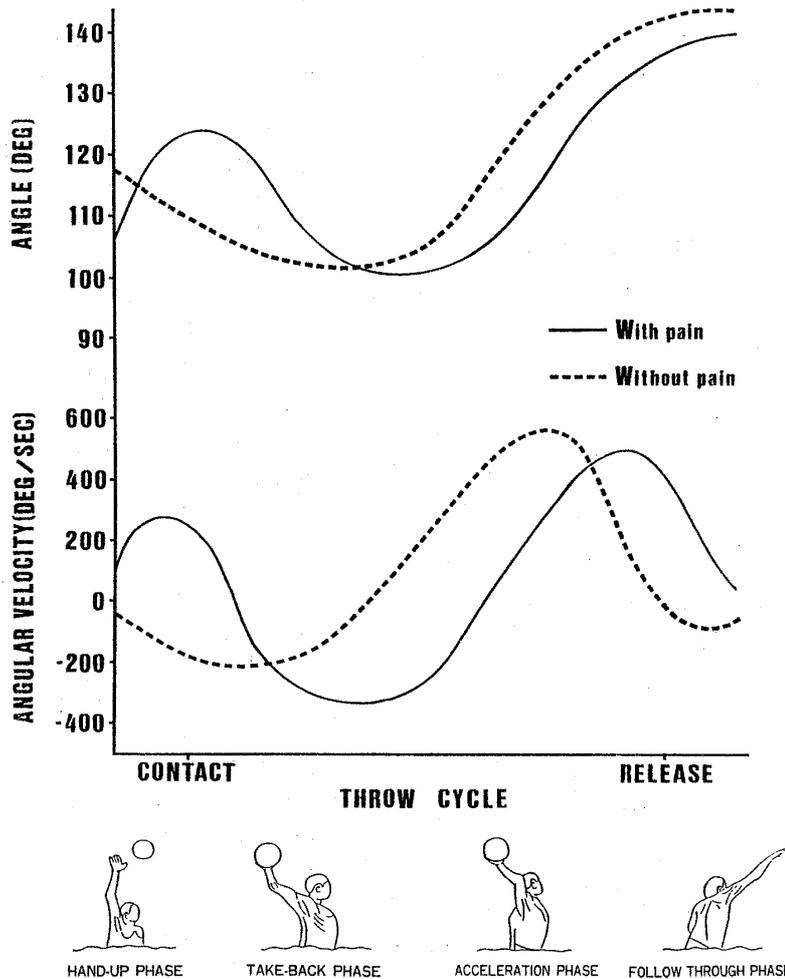


Fig. 2. Angle and angular velocity of shoulder external rotation in throw cycle of water polo.

有痛者の使用側の動揺性が無痛者より大きくなっていた。

また動作解析の結果, acceleration phase の最大外旋角度において無痛者が有痛者より大きい値を示した。それに対し外旋動揺性の計測では有痛者の使用側が無痛者より大きい値を示した。これは, 有痛者の使用側は動揺性が大きくなっているものの実際の投動作のような筋緊張下では疼痛を軽減するような防御反応が働いているためと思われる。

今回の研究では肩の運動に着目した動作解析であったが有痛者特有のフォームと外旋動揺性との間に密接な関連があることが明らかになった。したがって障害の発生予防としては take-back phase に外旋度が増加しないよう上半身を高く浮かして上肢と体幹の回転を使った捕球・投球動作をするよう指導することが大切になる。また, impingement や軟部組織の伸展を防止するために肩の周囲筋群, 特に外旋・内旋筋群の強化も望まれる。

V. 結 論

水球の投動作による肩関節障害について, アンケート調査, 整形外科的診察により実態を把握し, 肩関節動揺性計測装置を用いた肩外旋動揺性計測, さらに水球特有のボールコントロール技術である hand-to-hand シュートに着目した動作解析により以下の結果を得た。

1) 痛みを感じる phase は主に take-back phase と acceleration phase であり, 疼痛および圧痛部位は肩関節前・外側面に多くみられた。

2) 肩関節外旋動揺性計測では変位角度において有痛者群の使用側は非使用側に比べ大きい値を示した。

3) 動作解析では acceleration phase の外旋角度において無痛者群は有痛者群に比べ大きい値を示した。

4) ボールコンタクト直後の外旋角度の変化において有痛者群は増加, 無痛者群は減少する傾向を示した。

5) 予防対策として上半身を高く浮かして上肢

と体幹の回転を用いた捕球・投球の指導や肩の周囲筋群の強化が考えられる。

(受付 平成元年5月19日)

文 献

- 1) Bateman, J. E.(1969) : Shoulder injuries in the throwing sports. Am. Acad. Orthop. Surg., Symp. on Sports Medicine, St. Louis, C. V. Mosby.
- 2) Bateman, J. E.(1973) : Cuff tears in athletes, Orthop. Clin. N. Amer. **4**, 721-745.
- 3) Dominguez, R. H.(1980) : Shoulder pain in swimmers. Phys. Sportsmed. **8**, 159-163.
- 4) 池田 均, 塚西茂昭, 信原克哉(1982) : Rotator interval の損傷について. 肩関節, **6**, 131-133.
- 5) Jobe, F. W.(1979) : Thrower problems. Am. J. Sports Med. **7**, 139-140.
- 6) Kennedy, J. C., Hawkins, R. and Krissof, W. B. (1978) : Orthopedic manifestations of swimming, Am. J. Sports Med. **6** : 6, 309-322.
- 7) Kennedy, J. C. and Hawkins, R. (1980) : Impingement Syndrome in athletes, Am. J. Sports Med. **8** : 3, 151-158.
- 8) 小林一敏, 中田 了(1983) : 往復反復型指数フィルターによる平滑化. 日本体育学会第34回大会号, 362.
- 9) Neer, C. S.(1977) : The shoulder in sports, Orthop. Clin. N. Amer. **8**, 583-591.
- 10) 信原克哉(1979) : 投球による肩の障害. 整形外科, **30**, 605-610.
- 11) 野間弘子, 頼田幸徳, 瓜田吉久, 福林 徹, 原田繁, 田淵健一(1986) : 各種スポーツ選手における肩関節動揺性と肩関節障害の関連について. 体力科学, **35** : 2, 93-103.
- 12) Rowe, C. R. and Zarins, B. (1981) : Recurrent transient subluxation of the shoulder, J. of Bone & Joint Surg., **63**-A, 863-871.
- 13) Shapiro, R.(1978) : Direct liner transformation for three-dimensional cinematography. Res. Quart. **49**, 197-205.
- 14) Slocum, D. B. (1959) : The mechanics and some common injuries to the shoulder in sports. Am. J. Surg. **98**, 394-400.
- 15) Tank, R. and Halbach, J.(1982) : Physical therapy evaluation of the shoulder complex in athletes. J. Orthop. and Sports physical therapy. **3**, 108-119.
- 16) 多和健雄(1959) : ボールの速度を計測する方法とその結果. 体育学研究, **4** : 1, 137.
- 17) Whiting, W. C., et al.(1985) : Three-dimensional analysis of water polo throwing in elite performers. Am. J. Sports Med. **13**, 95-98.