

## トレーニング方法の違いが異なる発育段階競技者の 送球スピードとトレーニング効果に及ぼす影響 ：中学，高校野球選手に着目して

比留間浩介<sup>1)</sup> 尾縣 貢<sup>2)</sup>

Kosuke Hiruma<sup>1</sup> and Mitsugi Ogata<sup>2</sup>: The influence of different training methods on the speed of a thrown ball, and differences in the effect of training in players at different developmental stages: a study of junior and senior high school baseball players. *Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci.* 56: 129-142, June, 2011

**Abstract** : The purpose of this study was to investigate whether the speed of a thrown ball and differences in the effect of training in junior and senior high school baseball fielders at different developmental stages would be influenced by stretch-shortening cycle (SSC) training and resistance training. The subjects were classified into three groups: a SSC training group (dumbbell fly and medicine ball twist toss), a resistance training group (bench press and shaft twist), and a control group. Training was continued for three sessions per week for seven weeks. Moreover, the subjects performed purely concentric throw (CT) and rebound throw (RT) with medicine balls horizontal to the shoulder and body trunk twist movement, and the throw-index (CT: CT-index, RT: RT-index) and prestretch augmentation (Augmentation) were calculated.

The results were as follows: 1) The thrown ball speed increased significantly with SSC training in both the junior and senior high school baseball players. 2) The rate of increase in augmentation was higher in the junior than in the senior high school players. 3) The thrown ball speed increased significantly in the junior high school players who undertook resistance training, but not in the senior high school players. 4) The RT-index increased significantly in the junior high school players who undertook resistance training. 5) Augmentation was not increased significantly in the junior or senior high school players who undertook resistance training. These results suggest that the speed of a thrown ball increased significantly in junior and senior high school baseball players who undertook SSC training, and in junior high school players who undertook resistance training group. In addition, it was clarified that the effect of training differed according to developmental stage.

**Key words** : stretch-shortening cycle, upper limb, body trunk  
 キーワード : 伸張-短縮サイクル, 上肢, 体幹

### I. 緒 言

投球スピードを高めるためのアプローチとして  
 石田・平野 (1996) は動作と体力の二つに分け

られるとしている。動作に関してはバイオメカニクス  
 の分野で幅広く研究がなされており、球速を  
 高めるために必要な動作が明らかにされている  
 (Matsuo et al., 2001; Stodden et al., 2001 ; 高橋  
 ほか, 2005)。また、バイオメカニクス研究で得

1) 国立鶴岡工業高等専門学校 総合科学科  
 〒997-8511 山形県鶴岡市井岡字沢田104  
 2) 筑波大学大学院 人間総合科学研究科  
 〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1  
 連絡先 比留間浩介

1. *Department of General Science, Tsuruoka national college of technology*  
 104 Sawada, Inooka, Tsuruoka, Yamagata 997-8511  
 2. *Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba*  
 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574  
 Corresponding author hiruma@tsuruoka-nct.ac.jp

られた知見を基に、大学生の投手を対象に、動作の指導を行った宮西・森本（2006）の研究では、動作の指導後に投球スピードが増加したと報告されている。

体力に関しては、これまで短縮性収縮や等速性収縮による筋力と投球スピードとの関係が検討されており、いずれも投球スピードとの間に有意な相関関係があることが報告されている（Pedegana et al., 1982；平野・橋村，1984）。

体力トレーニングの効果を検討した研究もいくつか見られ、Tony et al.（1998）は大学野球選手を対象として、上肢の11種目の筋力トレーニングを週4回、8週間行い投球スピードが有意に向上したと報告している。Newton and McEvoy（1994）は、筋力トレーニングを行ったことのないジュニア野球選手（16～23歳）24人を対象として、上肢のメディシンボールスロートレーニング、筋力トレーニングの効果を検討し、週2回、8週間のトレーニングで筋力トレーニング群のみ投球スピードが有意に増加したと報告している。

一方で、実際の投球時における筋活動に着目すると、身体重心の速度が右手の速度を上回っている局面が見られること（Miyashita et al., 1986）、リリースに向かう動作に先立ち、これと逆方向への運動（肘関節屈曲伸展、肩内外旋、肩水平内外転など）が各関節でおきることから（桜井ほか，1990）、上肢、体幹の筋群に伸張—短縮サイクル（Stretch-Shortening cycle，以下SSC）運動（Komi and Buskirk, 1972）が生じている可能性が示唆されており（桜井ほか，1990；宮西・櫻井，2009）、このことが弾性エネルギーの再利用を可能にし、ボールに与えるエネルギーを高めることにつながると推測されている。このことに関連して、比留間・尾縣（2010）は、肩水平内転、体幹捻転運動における、SSC運動を利用したパワー発揮能力と野手の送球スピードとの間に高い相関関係があることを報告している。

これらのことから、上肢および体幹の筋群をSSC運動を利用してトレーニングすることで、投球スピードを高められることが考えられる。しかし、これまでの投球スピードの向上を目指した

体力トレーニングの研究では、通常の筋力トレーニングによる効果を検討した研究は多く見られるが（Thomson and Martin, 1965; Popescue, 1975, Newton and McEvoy, 1994; Tony et al., 1998）、SSC運動を利用してのトレーニングが投球スピードに及ぼす影響について検討した実践的な研究はMcEvoy and Newton（1998）の報告が見られる程度でその数は少なく、筋力トレーニングとSSC運動を利用してのトレーニングの効果を比較した研究は見られない。

また、発育期は様々なトレーニングをする上で適時期とされており（猪飼，1961；宮下，1980）、この時期に適切なトレーニングをすることは、発育期の選手にとって重要なことであると考えられる。しかし、これまで野球選手の投球スピードに着目した体力トレーニングの研究では、大学生以上を対象とした研究がほとんどであり、発育期の野球選手に焦点を当て、SSC運動を利用したトレーニングの効果を検討した研究は見られない。さらに、同じ発育期とはいえ、中学生と高校生では発育段階が異なる（マリーナ・ブシヤール，1995）ことから、トレーナビリティにも違いが見られることが予想される。したがって、異なる発育段階におけるトレーニング効果を明らかにすることは、この時期におけるトレーニングのあり方を検討する上で意義あるものといえる。

さらに、野球において速いボールを投げられることは、投手のみならず野手においても試合の勝敗に影響を与える重要な要素と考えられるが、これまでの投球能力向上に着目した体力トレーニングの研究では、投手のピッチングを対象とした研究は多く見られる（Derenne et al., 1994; Newton and McEvoy, 1994; McEvoy and Newton, 1998）が、野手の送球（捕球からの投げ）を対象としたものは見られない。投手の投球動作と内野手の送球動作では要求される目的が異なるため関節運動が変化することや（川野ほか，2007）、投手は投手板から離れ助走をつけて投げるのが許されない（宮西，2003）が野手は助走をつけて全力で投げる機会が多い（中山，2009）ことから、投

手と野手の投球は異なることが考えられる。したがって野手の送球能力の向上に着目した研究も必要になってくると考えられる。

そこで本研究では、異なる発育段階である中学、高校野球選手の野手を対象として、SSC運動を強調したトレーニング、通常の筋力トレーニングが送球スピードに及ぼす影響とトレーニング効果の相違について検討する。

## II. 方 法

### 1. 被検者

被検者は、硬式野球チームに所属している中学生 (Junior high school student, 以下 Junior) 26名 (Age:  $14.1 \pm 0.4$  years, Height:  $165.4 \pm 7.3$  cm, Weight:  $54.0 \pm 8.5$  kg), 高校生 (High school student, 以下 High) 36名 (Age:  $16.5 \pm 0.5$  years, Height:  $170.9 \pm 4.7$  cm, Weight:  $65.8 \pm 11.3$  kg) の野手 (投手を専門的に行っていない選手) とし, SSC運動を強調したトレーニング群 (以下 SSCトレーニング群), 筋力トレーニング群, コントロール群に分類した。本研究における各群の分類は, プレテストの送球スピードを基に, 群間で差が出ないように各群を等質化した (Table 1)。

なお, 被検者およびその保護者には本研究の目

的, 実験内容および危険性について十分に説明するとともに, 実験に参加することの同意を得た。この手順は所属機関の倫理委員会の承認を得て行なわれた。

### 2. トレーニングプロトコル

本研究では, 通常の練習後に週3回の頻度で7週間のトレーニングを行わせた。各群のトレーニング内容は以下の通りである (Fig. 1)。

#### 1) SSCトレーニング群

SSCトレーニング群では上肢のトレーニングとしてダンベル・フライ, 体幹のトレーニングとしてメディシンボールスロー (ツイスト・トス) を行わせた。負荷は10回の反復をフォームを崩さずに, 無理なく行える重さに各被検者ごとに設定した。被検者には, 反動を利用して動作の切り替えしを素早く行うように口頭で指示し, 10回の反復を1セットとし, 6セットずつ行わせた (ラドクリフ・ファレンチノス, 2004)。

#### 2) 筋力トレーニング群

筋力トレーニング群では, 上肢のトレーニングとしてベンチプレス, 体幹のトレーニングとしてシャフトツイストを行わせた。いずれのトレーニングも反動をなるべく使用しないように指示し, シャフトツイストでは最大捻転時に2秒間止まるように指示し, 補助者にカウントさせた。負荷

**Table 1** Subjects characteristics of the each training group  
High

	SSC (n=12)	Resistance (n=12)	Control (n=12)	Analysis of Variance
Height (cm)	$167.9 \pm 3.8$	$169.9 \pm 3.3$	$171.6 \pm 5.1$	n.s
Weight (kg)	$64.4 \pm 9.2$	$64.4 \pm 11.3$	$69.9 \pm 13.9$	n.s
Age (yr)	$16.5 \pm 0.5$	$16.5 \pm 0.4$	$16.5 \pm 0.5$	n.s
Ball speed (m/s)	$30.8 \pm 1.7$	$31.0 \pm 1.5$	$29.8 \pm 2.0$	n.s

Junior				
	SSC (n=9)	Resistance (n=8)	Control (n=9)	Analysis of Variance
Height (cm)	$162.7 \pm 5.5$	$163.2 \pm 5.6$	$161.5 \pm 8.1$	n.s
Weight (kg)	$50.0 \pm 6.1$	$51.2 \pm 6.1$	$50.1 \pm 7.3$	n.s
Age (yr)	$13.8 \pm 0.4$	$13.8 \pm 0.3$	$13.8 \pm 0.4$	n.s
Ball speed (m/s)	$27.0 \pm 1.9$	$27.1 \pm 1.1$	$27.0 \pm 2.0$	n.s

n.s: non significant

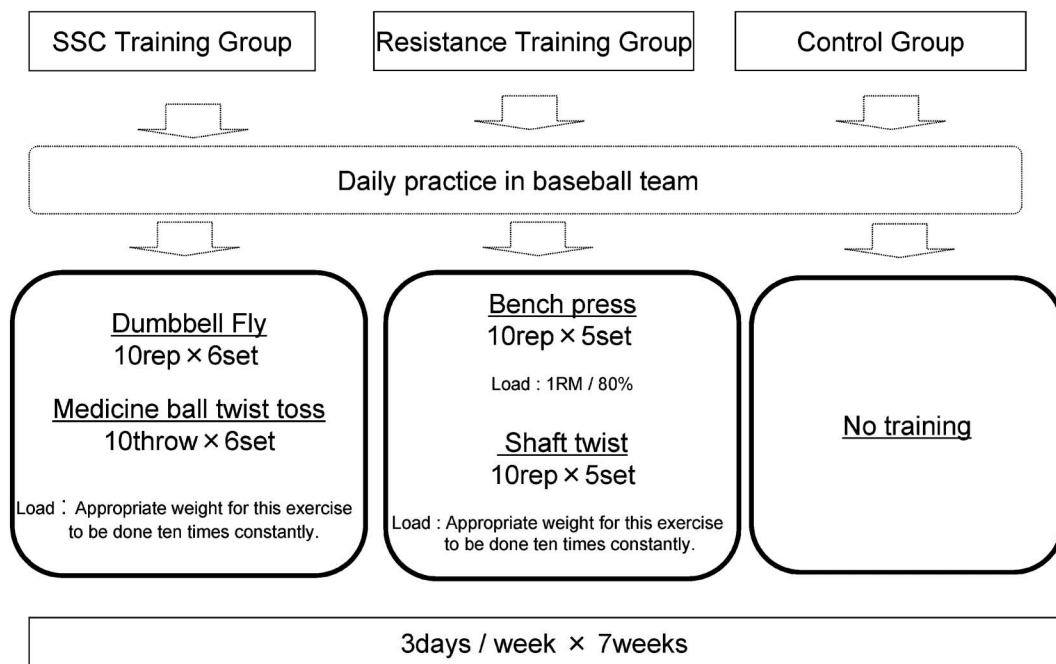


Fig. 1 Training protocol.

はベンチプレスでは、1 RM の80%で10回5セット、シャフトツイストは、フォームを崩さずに無理なく10回行える負荷に各自設定し、10回の反復を1セットとし、5セット行わせた。

### 3) コントロール群

通常の練習以外に特別なトレーニングは行わなかった。

## 3. 測定項目および評価方法

トレーニング前後に以下の測定を行った。

### 1) 送球スピード

遊撃手の定位置付近に前方からボールを転がし、捕球後、一塁に構える捕球者に向かって、素早く且つ全力で送球するワンステップスローを行わせた。ボール速度は、捕球者の後方に設置したスピードガン（ミズノ社製、2ZM1025）で測定した。なお、スピードガン計測によって得られるボールスピードには高い信頼性があることが認められている（森本ら、2007）。測定は3回行い、最も良い記録を各自の送球スピードとした。

### 2) Throw-index および Augmentation

先行研究（田内ほか、2006）を参考にSSC運動を利用しない（反動なし）投動作であるコンセントリックスロー（Concentric throw, 以下CT）、SSC運動を利用する（反動あり）投動作であるリバウンドスロー（Rebound throw, 以下RT）の二つの条件でメディシンボールスロー行わせ、上肢および体幹のパワー発揮能力を測定した。

比留間・尾縣（2010）の先行研究を参考に、上肢では、肩の水平内転運動を用いてメディシンボールを斜め上に投げる運動を行わせ、CTは、能動的な最大肩水平外転位の状態から反動を用いない投運動を行わせ、RTは上肢と地面が平行の状態から反動を用いての投運動を行わせた（Fig. 2-①）。体幹に関しては、膝立ちの状態からのサイドメディシンボールスローを行わせ、CTは、ボールを両手で保持し、投げる方向と逆方向に最大限体幹を捻転させた状態からの投運動を行わせ、RTは、正対させた状態から投げる方向と逆方向に体幹を捻転させ、反動を用いての投運動を行わせた（Fig. 2-②）。

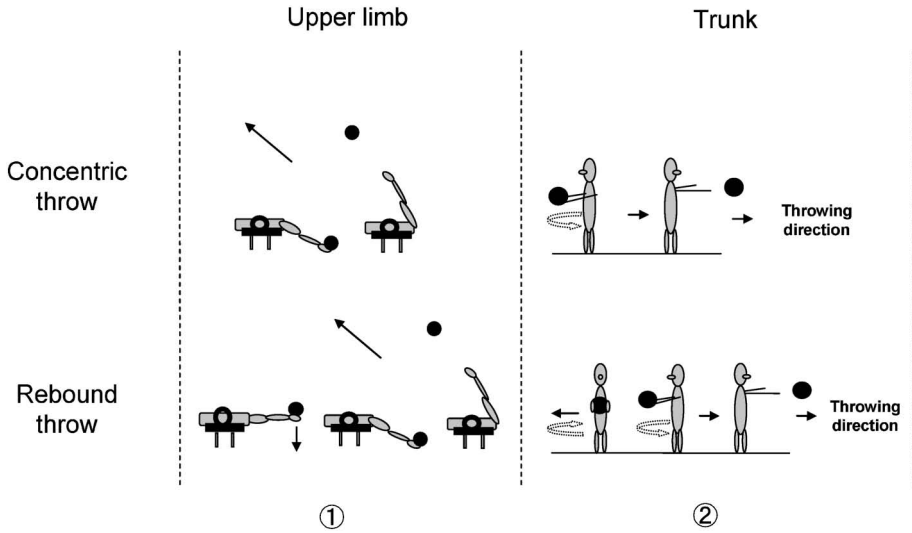


Fig. 2 Method of concentric throw and rebound throw in upper limb and trunk.

体幹の測定では 2 kg（直径 20 cm），上肢の測定では 1 kg（直径 12 cm）の片手で握れるボールを使用した。試技の前には十分な練習を行わせ、「できるだけ速くに素早く投げる」と口頭で指示し，全力での試技を各 3 回ずつ行わせ，ボールの飛距離をメジャーで測定し，飛距離が最も優れている試技を分析対象とした。

本研究では動作全体をビデオカメラ（CASIO 社製，EXILIM EX-F1，300 fps）で撮影し，撮影した映像から CT 局面の動作時間を読み取り，飛距離を CT 局面の動作時間で除することで Throw-index（田内ほか，2006）を算出し（CT では CT-index，RT では RT-index とした），上肢および体幹が発揮したパワーの指標とした。また，SSC 運動の効果を示す指標（SSC 能力）として，CT に対する RT の CT 局面での増加率（Augmentation）を以下の式 1（Walshe et al., 1996）によって算出した。

$$\text{Augmentation} = \frac{\text{RT-index} - \text{CT-index}}{\text{CT-index}} \times 100$$

式 1

### 3) 等尺性筋力

上肢および体幹の等尺性筋力は圧力計（LP-100KB，共和電業，Fig. 3-①）を用い，計測器



Fig. 3 Dynamometer and measuring equipment.



Fig. 4 Method for measurement of isometric strength at upper limb.

（WGA 710A，共和電業，Fig. 3-②）を介して圧力計に加えられた力を測定した。

上肢では，立位の状態で圧力計を保持し，最大努力で内側に力を加えるように指示した（Fig.



Fig. 5 Method for measurement of isometric strength at trunk.

4). 体幹では、柱に圧力計を設置し、柱と平行に立位した状態でシャフトを担ぎ、体幹を最大限捻転させて、シャフトの先端部分を圧力計に付ける。その後、最大努力で捻転させた (Fig. 5, 写真の場合は右方向へ)。いずれの測定も、5秒間として3回行い、最大値を採用した。なお、上肢では、利き腕を上にし、体幹では、投球方向に向かって力を加えさせた。

#### 4. 試技の順序と休息

試技は、送球スピード、メディシンボールスロー (上肢→体幹)、筋力測定 (上肢→体幹) の順で、プレテスト、ポストテスト共に統一して行った。各試技の間には、疲労の影響をなくすために、3-5分程度の休息時間を設け、被検者の疲労感がないことを口頭で確認してから次の試技を行わせた。

#### 5. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。被検者間の比較は、中学生、高校生別に1要因分散分析を用いた。トレーニング前後における測定値の差を検定するためには、群 (3水準: SSCトレーニング群、筋力トレーニング群、コントロール群) ×プレ・ポスト (pre, post) の2要因分散分析を用いた。また、SSCトレーニング群にお

ける上肢と体幹の Augmentation の増加率について、中学生と高校生で差があるのかどうかを検定するために年代 (2水準: 中学生, 高校生) ×部位 (2水準: 上肢, 体幹) の2要因分散分析を用いた。そこでF値が有意であったものに関しては、その後 Bonferroni の方法により検定を行なった。なお、有意水準は5%未満とした。

### III. 結 果

#### 1. 等尺性筋力の変化

Fig. 6は、各群におけるトレーニング前後の上肢、体幹の等尺性筋力を比較したものである。分散分析の結果、高校生の上肢では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 33) = 4.41, p < 0.05$ ) が有意であり、群の主効果および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、筋力トレーニング群およびコントロール群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.05$ )。中学生の上肢では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 9.44, p < 0.01$ ) が有意であり、群の主効果および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.01$ )。高校生の体幹では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 33) = 14.04, p < 0.01$ ) が有意であり、群の主効果および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.01$ )。中学生の体幹では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 19.43, p < 0.001$ ) が有意であり、群の主効果および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、SSCトレーニング群および筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった (SSCトレーニング群:  $p < 0.05$ , 筋力トレーニング群:  $p < 0.01$ )。

#### 2. Throw-index と Augmentation の変化

Fig. 7は、各群におけるトレーニング前後の上肢の Throw-index, Augmentation を比較したものである。分散分析の結果、高校生の RT-index では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 33) = 8.42, p < 0.01$ ) が有意であり、群の主効果および交互作

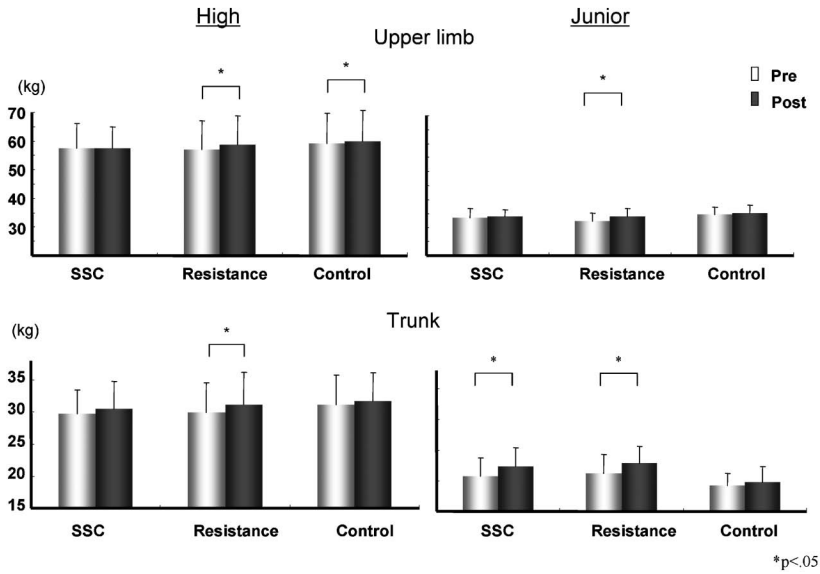


Fig. 6 Comparison of isometric strength at upper limb and trunk in each training group.

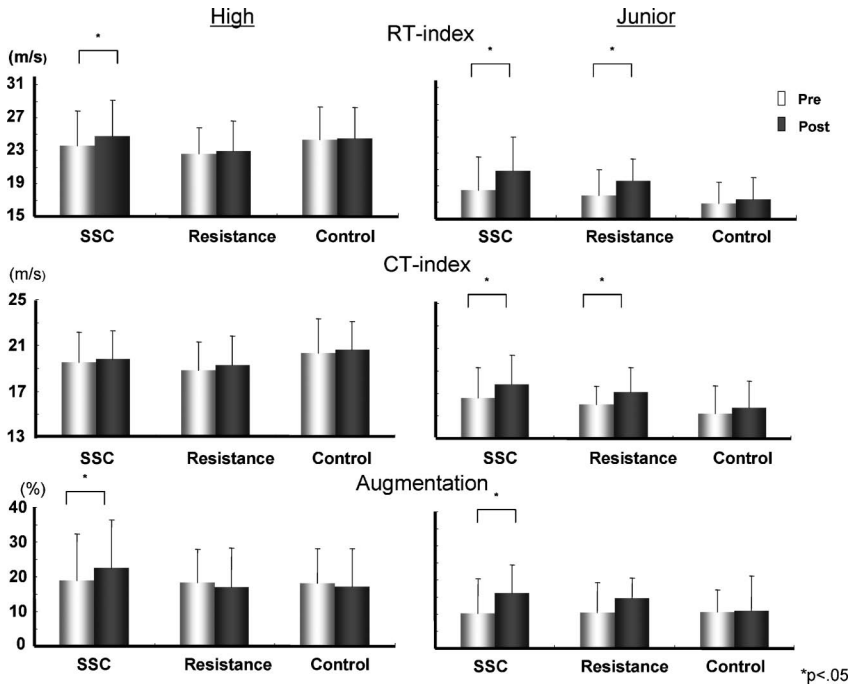


Fig. 7 Comparison of RT-index, CT-index, and Augmentation at upper limb in each training group.

用は有意ではなかった。下位検定の結果、SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.001$ )。中学生の RT-index では、プレ・

ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 41.87, p < 0.001$ )、交互作用 ( $F(2, 22) = 5.24, p < 0.05$ ) が有意であり、群の主効果は有意ではなかった。下位検定の

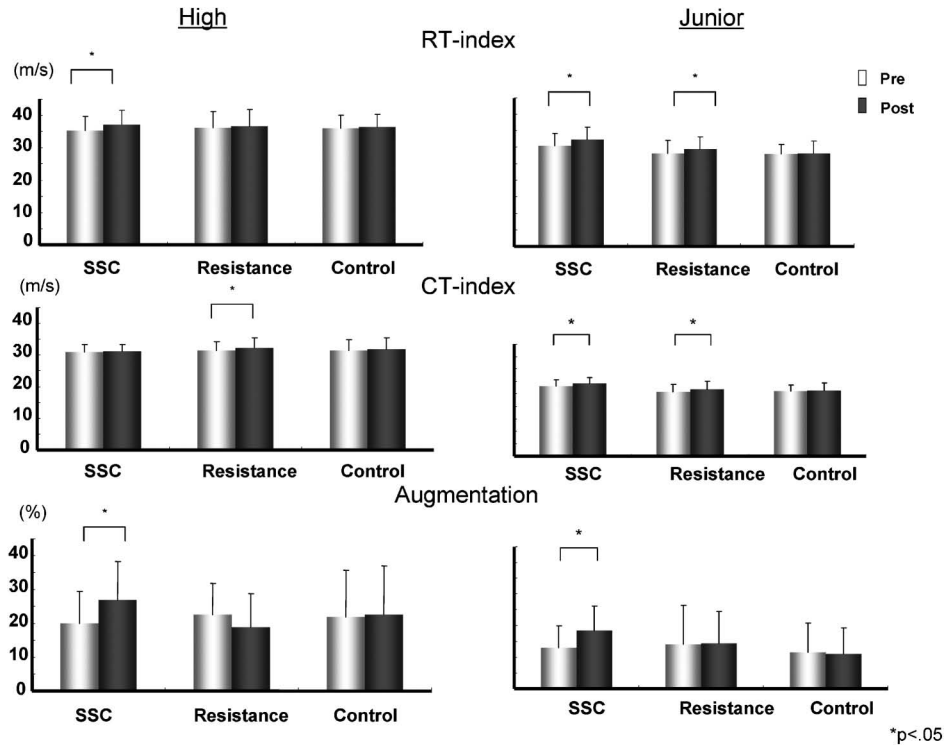


Fig. 8 Comparison of RT-index, CT-index, and Augmentation at trunk in each training group.

結果, SSC トレーニング群および筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった (SSC トレーニング群:  $p < 0.01$ , 筋力トレーニング群:  $p < 0.05$ ). 高校生の CT-index は, 各要因の主効果および交互作用は有意ではなかった. 中学生の CT-index は, プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 18.10, p < 0.001$ ) が有意であり, 群の主効果および交互作用は有意ではなかった. 下位検定の結果, SSC トレーニング群および筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった (SSC トレーニング群:  $p < 0.01$ , 筋力トレーニング群:  $p < 0.05$ ). 高校生の Augmentation は, 各要因の主効果は有意ではなかったが, 交互作用は有意 ( $F(2, 33) = 4.38, p < 0.05$ ) であった. 下位検定の結果, SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.01$ ). 中学生の Augmentation では, プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 6.39, p < 0.05$ ) が有意であり, 群の主効果および交互作用は有意ではなかった. 下位検

定の結果, SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.001$ ).

Fig. 8 は, 各群におけるトレーニング前後の体幹の Throw-index, Augmentation を比較したものである. 分散分析の結果, 高校生の RT-index では, プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 33) = 15.01, p < 0.001$ ), 交互作用 ( $F(2, 33) = 5.84, p < 0.01$ ) が有意であり, 群の主効果は有意ではなかった. 下位検定の結果, SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.001$ ). 中学生の RT-index では, プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 28.95, p < 0.001$ ), 交互作用 ( $F(2, 22) = 5.42, p < 0.05$ ) が有意であり, 群の主効果は有意ではなかった. 下位検定の結果, SSC トレーニング群および筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった (SSC トレーニング群:  $p < 0.001$ , 筋力トレーニング群:  $p < 0.05$ ). 高校生の CT-index では, プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 33) = 9.75, p < 0.01$ ) が有意であり, 群の主効果



および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.01$ )。中学生の CT-index では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 18.10, p < 0.001$ ) が有意であり、群の主効果および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、SSC トレーニング群および筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった (SSC トレーニング群:  $p < 0.01$ , 筋力トレーニング群:  $p < 0.05$ )。高校生の Augmentation は、各要因の主効果は有意ではなかったが、交互作用は有意 ( $F(2, 33) = 7.05, p < 0.01$ ) であった。下位検定の結果、SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.01$ )。中学生の Augmentation では、各要因の主効果は有意ではなかったが、交互作用は有意 ( $F(2, 33) = 5.61, p < 0.05$ ) であった。下位検定の結果、SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

Fig. 9 は、SSC トレーニング群における Augmentation のトレーニング前後での増加率を、高

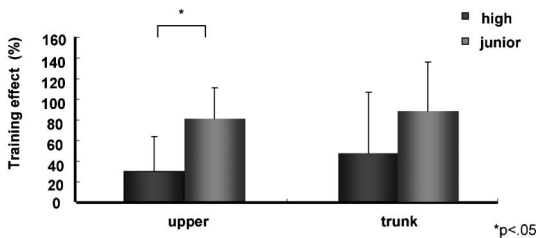


Fig. 9 Training effect at Augmentation in SSC training group at high and junior.

校生、中学生別に示した。分散分析の結果、学年の主効果 ( $F(1, 16) = 6.99, p < 0.05$ ) が有意であり、部位の主効果および交互作用は有意ではなかった。下位検定の結果、上肢の中学生が高校生よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

### 3. 送球スピードの変化

Fig. 10 は、各群におけるトレーニング前後の送球スピードを比較したものである。分散分析の結果、高校生では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 33) = 10.07, p < 0.01$ )、交互作用 ( $F(2, 33) = 7.62, p < 0.01$ ) が有意であり、群の主効果は有意ではなかった。下位検定の結果、SSC トレーニング群のポストがプレより有意に高かった ( $p < 0.001$ )。中学生では、プレ・ポストの主効果 ( $F(1, 22) = 41.86, p < 0.001$ )、交互作用 ( $F(2, 22) = 4.24, p < 0.05$ ) が有意であり、群の主効果は有意ではなかった。下位検定の結果、SSC トレーニング群および筋力トレーニング群のポストがプレより有意に高かった (SSC トレーニング群:  $p < 0.001$ , 筋力トレーニング群:  $p < 0.05$ )。

## IV. 考 察

### 1. 筋力トレーニング群の効果について

筋力トレーニング群の効果についてみると、高校生では等尺性筋力、体幹の CT-index はトレーニング後に有意に増加したものの、送球スピード、SSC を利用してのパワー発揮の指標である RT-index, Augmentation の増大は見られなかった。

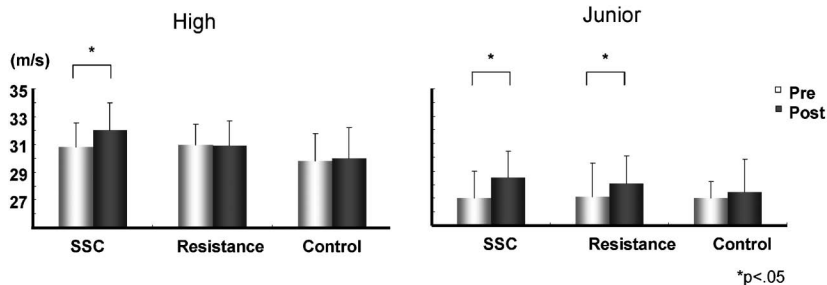


Fig 10 Comparison of ball speed in each training group.

中学生では、Augmentationの増加は見られなかったが、その他のすべての測定項目でトレーニング後に有意な増加が見られた。

Newton and McEvoy (1994) は、ジュニア野球選手(16~23歳)24人を対象として、週2回、8週間の上肢の筋力トレーニング(ベンチプレス、バーベルプルオーバー)を行ったところ投球スピードが有意に増加したと報告している。しかし、Newton and McEvoy (1994)の研究での被検者は、通常の筋力トレーニングは行ったことがなく、筋力レベルも低かったと報告されている。本研究において、高校生の被検者は定期的な筋力トレーニングの経験があるものの、中学生の被検者は定期的な筋力トレーニングの経験がなかった。これらのことから、定期的な筋力トレーニングの経験がない場合で、トレーナビリティが多く残されている場合は、通常の筋力トレーニングで、送球スピードが向上することが推測される。一方で、筋力トレーニングの経験がある場合は、通常の筋力トレーニングだけでは、送球スピードに影響を及ぼさない可能性があることが考えられる。

また、中学生は、高校生と比べ、筋力や瞬発力の向上が著しく増加する時期(桜木, 2000)であるとともに、最大筋力の向上を目的としたトレーニングの効果は13歳前後にピークになるとされている(後藤ほか, 1993)。筋力や筋量は、投球スピードに影響を及ぼすことが考えられていることから(勝亦ほか, 2006)、筋機能や筋力の発達特性の違いがトレーニング効果の相違をもたらし、中学生と高校生の送球スピードの増加に及ぼす要因の差に影響を及ぼしていることも考えられる。

しかし、筋力トレーニングによる、中学生と高校生の送球スピードの増加の相違が、筋力トレーニングの経験の差であるのか、あるいは筋機能の発達特性の相違によるものであるのかは、本研究で明らかにすることはできなかった。この点については、今後さらに検討していく必要がある。

次に、中学生は、高校生とは異なり、筋力トレーニング群においても上肢、体幹のRT-indexが向上した。本研究の筋力トレーニング群のト

レーニングは、「なるべく反動を使わないように」と指示しているため、筋の収縮速度は比較的低速であると考えられる。一方、SSCトレーニング群は、筋力トレーニング群と比較して筋の収縮速度が高いと考えられる。眞鍋ほか(2008)は、速度の異なるスクワットトレーニングを行わせ、トレーニング前後で等速性筋力を測定したところ、5秒間かけて下降および挙上を行うSlow群では、低速における膝、股関節伸展力がトレーニング後に有意に増加し、最大速度で行うStrength群では、高速における膝、股関節伸展力が有意に増加したと報告している。これらは、トレーニングにおける速度特異性を示すものであるが、本研究の中学生では異なる結果を示した。

その理由として、本研究で使用したRTは、比較的収縮速度が高い、SSC運動を含む動作であるため、筋力レベルの低い中学生では、RTの伸張局面の負荷に耐えることが難しく、うまく投運動を行えなかった可能性が考えられる。負荷の設定条件にもよるが、トレーニング前の筋力レベルでは、伸張局面の負荷に耐えられなかったことが予想される。金久(2006)は、ウエイトトレーニングは、負荷の設定や動作の方向により、短縮性のみならず、伸張性のトレーニングとしての性格を持ち得ることを示唆している。この知見を考慮すると本研究における筋力トレーニング群のトレーニングで、中学生の伸張性収縮により発揮される筋力が高められ、それがRT-indexの向上に繋がったと推測される。

しかし、筋力トレーニング群では、高校生だけでなく、中学生においてもSSCの効果を示すAugmentationは、トレーニング後に有意な増加を示さなかった。このことから、通常の筋力トレーニングでは、SSCの効果をより有効に使えるような、神経系や筋-腱機能の改善には至らないことが考えられる。

## 2. SSCトレーニングの効果について

上肢および体幹のSSCトレーニングが送球スピードに及ぼす効果をみると、トレーニング後では中学生、高校生ともに有意な増加が認められ

た。また、上肢および体幹のRT-index, Augmentationもトレーニング後に有意に増加した。

野球の投球動作について宮西ほか(1997)は、ボールへ伝えられるエネルギーの大部分が手関節の関節力パワーに起因しており、さらにそれらのパワーのほとんどは、体幹や肩関節の運動(筋群)によって生み出されたエネルギーが関節や筋・腱を介して転移することによってもたらされていると報告している。また、投球動作時における肩関節や体幹の筋群では、SSC運動が生じている可能性のあることが示唆されており、このことが弾性エネルギーの再利用を可能にし、ボールに与えるエネルギーを高めることにつながると推測されている(Miyashita et al., 1986; 桜井, 1990)。さらに比留間・尾懸(2010)は、上肢および体幹のSSC運動を利用したパワー発揮能力と野手の送球スピードとの間に有意な相関関係が認められることから、SSC運動を利用したトレーニングが送球スピードの増大に繋がることを示唆している。

このように、送球スピードの増加には、上肢や体幹のSSC運動を利用したパワー発揮能力の向上が必要になると考えられるが、これまで、実践的な効果については、明らかにされて来なかった。しかし、本研究の結果から、SSCトレーニングが、上肢および体幹のSSCを利用したパワー発揮能力を増大させ、送球スピードを増加させることを、実践を通して明らかにすることができた。

次に、SSC能力を示すAugmentationについて、トレーニング前後での増加率をみると、上肢では、高校生 $30.0 \pm 34.1$ (%)、中学生 $80.1 \pm 57.8$ (%)、体幹では、高校生 $47.9 \pm 59.1$ (%)、中学生では $87.3 \pm 57.5$ (%)であり、いずれも中学生の方が増加率が大きく、上肢においては、統計的に有意な差を示した。この上肢と体幹のAugmentationについて、比留間・尾懸(2010)は投球スピードと有意な相関関係があることを認めており、送球スピード向上のための要因になることを示唆している。

Augmentationのトレーニング効果が中学生の

方が高校生より高かった理由については、これまでの先行研究から、関節の可動性(Grimston et al., 1993)や腱組織の伸張性(Kubo et al., 2001)が加齢に伴い低下することが関連していると考えられる。田内ほか(2003)は、オーバーヘッド型のメディシンボールスローにおいては、上肢を硬いバネのように振舞うことによってSSC運動の効果を十分に利用することができない可能性のあることを示唆している。このことから、本研究で行ったメディシンボールスローの測定において、中学生が高校生に比べて反動の効果を利用するために有利な身体的特性であり、それがトレーニング効果の差に表れたことが予想される。しかし、本研究ではこの点について明らかにすることはできないので、今後の研究に委ねたい。

また、体力トレーニングの適時期について猪飼(1961)は、体力要素のトレーニング効果は、成熟による発達の著しい時期(11—15歳)に大きく出現することを示唆している。これまで、最大下努力での筋活動の持続能力(加賀谷, 1973)、最大筋力(後藤ほか, 1993)に対するトレーニング効果の適時期はいずれも13歳前後、つまり中学生の年代であることが報告されている。これらのことから、SSC運動を利用した上肢および体幹のトレーニング効果も中学生の年代で高いことが推察される。

発育期を対象としたSSC運動を伴うトレーニングについて、最近では発育状況に応じて適切な量・強度であれば、安全に行えることが下肢のプライオメトリクストレーニングの効果について検討した研究を通して示されている(Kotzamanidis, 2006)。しかし、これまで、発育期を対象として、上肢および体幹のSSCトレーニングの効果を検討した研究は見られない。その理由として、発育期の選手に見られる肩(國分・原, 2007)や肘(松浦, 2007)、体幹(西良, 2007)における傷害のリスクなどを考慮して、特に中学生の年代においては、上肢および体幹のSSC運動を伴うトレーニングは避けられていたことが予想される。しかし、本研究で行ったトレーニングの強度・量では、中学生を対象としても傷害の間

題もなく、上肢、体幹の SSC 能力を高められることが明らかになった。

これらのことから、中学生から高校生にかけて SSC を利用したトレーニングを行うことが、送球スピードを向上させるための有効なトレーニングになり得ることが示唆された。

また、スポーツパフォーマンスの改善について有賀（2002）は、一般的な筋力トレーニング後に、専門的筋力トレーニングによって競技特性に合った動作や条件において発揮される筋力を向上させることが重要であるとしている。したがって、送球スピードを高めるためのトレーニング手段として、一般的な筋力トレーニングを行い、その後、専門的筋力トレーニングとして本研究で行ったような SSC トレーニングを導入し、神経系や筋-腱機能の改善を行うことが有効であると考えられる。

### 3. 本研究のトレーニングが野手の送球スピードに与える影響について

本研究では、主に上肢や体幹のトレーニングを行わせた結果、野手の送球スピードがトレーニング後に有意に増加した。体幹の SSC トレーニングや筋力トレーニングを行うことで投手の投球スピードを高めることができると考えられるが、上肢の SSC トレーニングの効果は、野手にのみ有効である可能性がある。

その理由として、投手の投球について、バイオメカニクスの研究からリリース直前に発揮される力学的パワーの大部分は、下肢や体幹で生み出されたパワーが投球腕を介して伝達されたものであると報告されている（宮西ほか、1997；島田ほか、2000, 2004）。また、実際の現場や指導書などでも、下肢や体幹を使うことが基本とされており、上体に頼ったいわゆる手投げのような投球は、好ましくないとされている。一方、野手の送球は、打者走者との兼ね合いから投手よりも短い加速距離（松永、1974）で投動作を遂行したり、体勢が崩れた状態から上肢に頼って投げなければならない場面が投手に比べて多いことが考えられる。このことに関連して、車谷ほか（2003）は、

社会人野球選手を対象に肘関節屈曲・伸展筋力を測定し、内野手、外野手は投手に比べて肘関節屈曲筋力が優れていたことを報告し、この結果に対し、野手はクイックモーションで送球するなどの投げ方の違いが影響を与えていると示唆している。以上のことから、野手は特に上肢を利用して短期間で大きなパワーを発揮する能力が必要であると考えられるため、本研究で利用したような上肢の SSC トレーニングは、投手に比べて野手に有効なトレーニングであると考えられる。しかし、この仮説を明らかにするためには、投手を対象としたトレーニング実験を行う必要があるので、本研究で実施したトレーニング方法が野手にのみ有効であるのかについては、今後の検討課題としたい。

## V. 要 約

本研究の目的は、異なる発育段階である中学、高校野球選手の野手を対象として、SSC 運動を強調したトレーニング、通常の筋力トレーニングが送球スピードに及ぼす影響とトレーニング効果の相違について検討することであった。主な結果は以下の通りである。

1. SSC トレーニング群では中学生、高校生ともにトレーニング後に送球スピードが有意に向上した。
2. SSC トレーニング群において、SSC 能力の指標である Augmentation は、高校生より中学生の方が、トレーニング後の増加率が大きかった。
3. 筋力トレーニング群において、中学生ではトレーニング後に有意な送球スピードの向上が認められたが、高校生では送球スピードの増加は見られなかった。
4. 筋力トレーニング群の中学生は、トレーニング後に SSC を利用したパワー発揮能力の指標である RT-index が有意に増加した。
5. 筋力トレーニング群では、中学生、高校生ともに Augmentation の増加は見られなかった。

以上の結果から、SSCトレーニングは、中学生、高校生、筋力トレーニングは、中学生の送球スピードを増加させること、トレーニング効果は、発育段階で異なることが明らかになった。

### 参考文献

- 有賀誠司 (2002) 筋力トレーニングのスポーツ選手への適用. *J. J. Sports Sci.*, 6: 227-239.
- Derenne, C., Buxton, B., Hetzler, R., and Ho, K. (1994) Effects of under-and-over-weighted implement training on pitching velocity. *J. Strength Cond. Res.*, 8: 247-250.
- 後藤幸弘・緒方宗雄・辻延 浩・辻野 昭 (1993) 上腕筋群の等速性筋力の年齢推移とトレーニングの適時期に関する研究—最大筋力とその持続能力について—. *兵庫教育大学研究紀要*, 13: 89-106.
- Grimston, S.K., Nigg, B.M., and Hanley, D.A. (1993) Differences in ankle joint complex range of motion as a function of age. *Foot Ankle.*, 14: 215-222.
- 平野裕一・橋村 勝 (1984) 投能力に及ぼす等速性筋出力の影響. 星川 保・豊島進太郎編 第7回日本バイオメカニクス学会大会論集. 名古屋大学出版会: 愛知, pp213-218.
- 比留間浩介・尾懸 貢 (2010) 中学・高校野球選手の伸張—短縮サイクル運動を含むパワー発揮能力と投球スピードとの関係とその発達特性—上肢と体幹に着目して—. *トレーニング科学*, 22: 205-216.
- 猪飼道夫 (1961) 青少年の発育とトレーニングについて. *体育学研究*, 6: 337-339.
- 石田和之・平野裕一 (1996) 投球スピードを高める. *J.J. Sports Sci.*, 15: 297-300.
- 加賀谷淳子 (1973) 末梢循環と筋持久力. 猪飼道夫編 *身体運動の科学*. 杏林書院: 東京, pp. 211-217.
- 金久博昭 (2006) 発育期児童・生徒におけるレジスタンストレーニングの効果. *トレーニング科学*, 19: 87-96.
- 勝亦陽一・長谷川 伸・川上泰雄・福永哲夫 (2006) 投球速度と筋力および筋量の関係. *スポーツ科学研究*, 3: 1-7.
- 川野哲英・野村亜樹・宮下浩二・平野佳代子 (2007) 野球肩障害に対するリハビリ運動療法. 黒澤 尚編 *運動器疾患保存療法実践マニュアル*. 全日本病院出版会: 東京, pp. 220-228.
- 國分裕一・原 正文 (2007) 野球肩傷害に対する理学療法. 黒澤 尚編 *運動器疾患保存療法実践マニュアル*. 全日本病院出版会: 東京, pp. 238-250.
- Komi, P.V. and Buskirk, E.R. (1972) Effect of eccentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, 15: 417-434.
- Kotzamanidis, C. (2006) Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *J. Strength Cond. Res.*, 20: 441-445.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., and Fukunaga, T. (2001) Growth changes in the elastic properties of human tendon structures. *Int. J. Sports Med.*, 22: 138-143.
- 車谷 洋・村上恒二・金子文成 (2003) 野球選手のポジション別肘関節屈曲・伸張筋力の比較. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 11: 80-83.
- 眞鍋芳明・桜井健一・岩壁達男・尾懸 貢 (2008) 速度の異なるスクワットトレーニングが下肢の筋断面積, 筋力, 運動パフォーマンスに与える影響. *バイオメカニクス学会編 バイオメカニクス19—身体機能の探求と支援—*. 慶応大学出版会: 東京, pp. 69-79.
- マリーナ・ブシャーレ: 高石昌弘・小林寛道訳 (1995) 発育・成熟・運動. 大修館書店: 東京.
- 松永尚久 (1974) 内野手の投球動作の習熟. *体育の科学*, 24: 448-452.
- Matsuo, T., Escamilla, R.F., Fleisig G.S., Barrentine, S.W., and Andrews, J.R. (2001) Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *J. Appl. Biomechanics.*, 17: 1-13.
- 松浦哲也 (2007) 発育期の野球肘に対する保存療法. 黒澤 尚編 *運動器疾患保存療法実践マニュアル*. 全日本病院出版会: 東京, pp251-257.
- McEvoy, K. and Newton, R. (1998) Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *J. Strength Cond. Res.*, 12: 216-221.
- 宮西智久・藤井範久・阿江通良・功力靖雄・岡田守彦 (1997) 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次元解析. *体力科学*, 46: 55-68.
- 宮西智久 (2003) 野球の投球動作のバイオメカニクス—どうしたら速いボールを投げられるようになるのか—, *バイオメカニクス研究*, 7: 360-367.
- 宮西智久・森本吉謙 (2006) 大学野球投手におけるピッチング動作の改善事例: 投球技術指導前後のトレーニング効果. *体育学研究*, 52: 361-381.
- 宮西智久・櫻井直樹 (2009) 野球の投・打動作の体幹

- 捻転研究—SSC理論に着目して—。バイオメカニクス研究, 13: 149-169.
- 宮下充正 (1980) 子供のからだ。東京大学出版: 東京, pp. 159-164.
- Miyashita, M., Fukashiro, S., and Hirano, Y. (1986) Feed back of biomechanics date. 1984 Olympic Scientific Congress Proceedinds Sports Biomechanics, pp. 47-54.
- 森本吉謙・宮西智久・川口鉄二 (2007) スピードガン計測におけるボールスピードの信頼性。仙台大学紀要, 38: 10-15.
- 中山梯一 (2009) プロ野球選手の体力⑥—フィールドテスト (10・30・50・100 m, 一塁まで, ホームラン, 遠投), トレーニングジャーナル, 31: 46-49.
- Newton, R. and McEvoy, K. (1994) Baseball throwing velocity: A comparison of medicine ball training and weight training. *J. Strength Cond. Res.*, 8: 198-203.
- Pedegana, L.R., Elsner, R.C., Roberts, D., Lang J., and Farewell, V. (1982) The relationship of upper extremity strength to throwing speed, *Am. J. sports. Med.*, 10: 352-354.
- Popescue, M. (1975) Weight training and the velocity of baseball. *Atulete J.* 55: 74-106.
- ラドクリフ・フェレンチノス: 長谷川裕訳 (2004) 爆発的パワー養成プライオメトリクス。大修館書店: 東京。
- 西良浩一 (2007) 腰痛—発育期の選手について—, 整形外科, 58: 871-880.
- 桜木真智子 (2000) 運動の発達。片岡洵子ほか編 身体発達。ぶんしん出版: 東京, pp. 194-210.
- 桜井伸二・池上康男・矢部京之介・岡本 敦・豊島進太郎 (1990) 野球の投手の投動作の3次元動作解析。体育学研究, 35: 143-156.
- 島田一志・阿江通良・藤井範久・結城匡啓・川村 卓 (2000) 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。バイオメカニクス研究, 4: 47-60.
- 島田一志・阿江通良・藤井範久・川村 卓・高橋佳三 (2004) 野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ。バイオメカニクス研究, 8: 12-26.
- Stodden, D.F., Fleisig, G.S., Mclean, S.P., Lyman, S.L., and Andrews, J.R. (2001) Relationship of pelvis and upper torso kinematics to pitched baseball velocity. *J. Appl. Biomechanics.*, 17: 164-172.
- 高橋佳三・阿江通良・藤井範久・川村 卓・小池関也・島田一志 (2005) 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較。バイオメカニクス研究, 9: 36-53.
- 田内健二・尹聖 鎮・山田 哲・高松 薫 (2003) 投動作における上肢の伸張—短縮サイクル運動の有効性: 伸張局面におけるみかけ上の stiffness 特性に着目して。体育学研究, 48: 137-151.
- 田内健二・高松 薫・土江寛裕・磯 繁雄 (2006) 槍投げ競技者における上肢の伸張—短縮サイクル運動の遂行能力の評価。スポーツ科学研究, 3: 104-112.
- Thompson, C. and Martin, E. (1965) Weight training and baseball throwing speed. *J. Assoc. Phys. Ment. Rehabil.* 19: 194-196.
- Tony, L., Evon, J., and Pastiglione., J. (1998) The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *J. Strength Cond. Res.*, 12: 116-119.
- Walshe, A.D., Wilson, G.J., and Murphy, A.J. (1996) The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 73: 332-339.

(平成22年11月16日受付)  
(平成23年3月28日受理)

Advance Publication by J-STAGE  
Published online 2011/5/2