

発育期の野球選手の投能力に関する研究

東京大学 宮下 充 正

(共同研究者) 同 渡 辺 融

同 角 田 俊 幸

同 平 野 裕 一

同 桜 井 伸 二

緒 言

野球のリトルリーグ選手は満9歳から12歳までであるとはいえ、投能力を測る入団テストを通過してきたのであるから、同年齢の男子の投能力よりは優れているはずである。しかし、投球骨折や野球肩等の傷害の話題は尽きない。そこで本研究は、リトルリーグ選手の投能力の実態を調べ、さらに、球種の違いによる投球動作、筋の作用機序、の相違を検討することを目的とした。

1. リトルリーグ投手の投球速度および投球動作

(方法)

文京区のリトルリーグ投手6名(9歳2名, 10歳1名, 11歳3名, すべて右利き, 1人のサイドスローを除いて他はオーバースロー)を被験者とした。東京大学野球場において、正規の距離(14.02m)からwindアップモーションで、硬式野球ボール(約145g)を各被験者に3投ずつ投げさせた。それを側方30mより16mmカメラ(Photosonics 16-IP)で高速度撮影した(100fs./sec)。コマ送り速度はパルスジェネレータで補正した。

フィルム分析はモーションアナライザー(Nac

社製160-B)を用い、ボール初速度と投球時の腕のスイング運動を求めた。なお、ボール初速度は、ボールリリース直後の2コマのボールの変位を求め、所要時間で除したものである。

(結果・考察)

各被験者3投のうちのボール初速度最大値を表1に示した。

表1 リトルリーグ投手のボール初速度

Subj.	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Ball Speed (m/sec)
N.A.	9	148	33	19.2
H.O.	9	147	38	23.5
K.A.	10	146	41	21.8
N.T.	11	162	52	24.6
H.A.	11	165	56	25.5
A.I.	11	163	55	28.2

19~28 (m/sec.) までの範囲で、年齢が増すにつれてボール初速度は大きくなる傾向にあった。

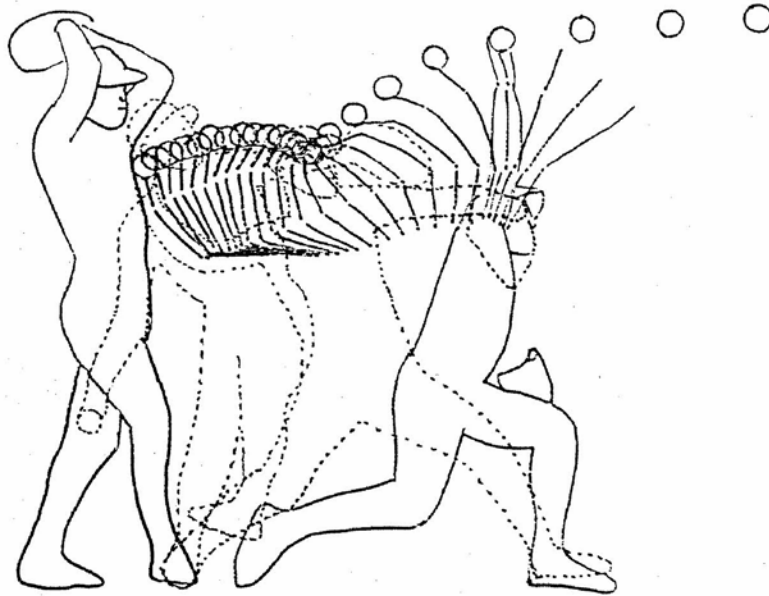
従来の研究では、少年期の投能力の測定には硬式テニスボール(約55g)が使われてきた。ボールの初速度からみると、宮丸ら⁸⁾は5歳男子で9.63 (m/sec.)、6歳男子で14.01 (m/sec.)、角田ら¹³⁾は、5歳男子で10 (m/sec.) 前後から12歳の約30 (m/sec.) まで年齢の増加とともに初速度は増してくる、と報告している。また、遠投力か

らみると、「男子については7歳から9歳にかけての時期が遠投能力の著しくのびる時期である」³⁾、男子について「小学校期後半での遠投能力の伸展の大きいことが見られる」⁴⁾、と報告されている。いずれにしても、リトルリーグ選手の満9～12歳という時期は投能力の向上期にあたり、

ボールの初速度が年齢とともに増加を示した結果を支持している。増加の要因としては、上手投げのボールの速度に対して、見かけの、てこの長さが定型的に影響している²⁾という報告にあるように、身長の違いが一つには挙げられるだろう。

硬式野球ボールを投げた時のボールの初速度は

Subj. N.T.



Subj. H.O.

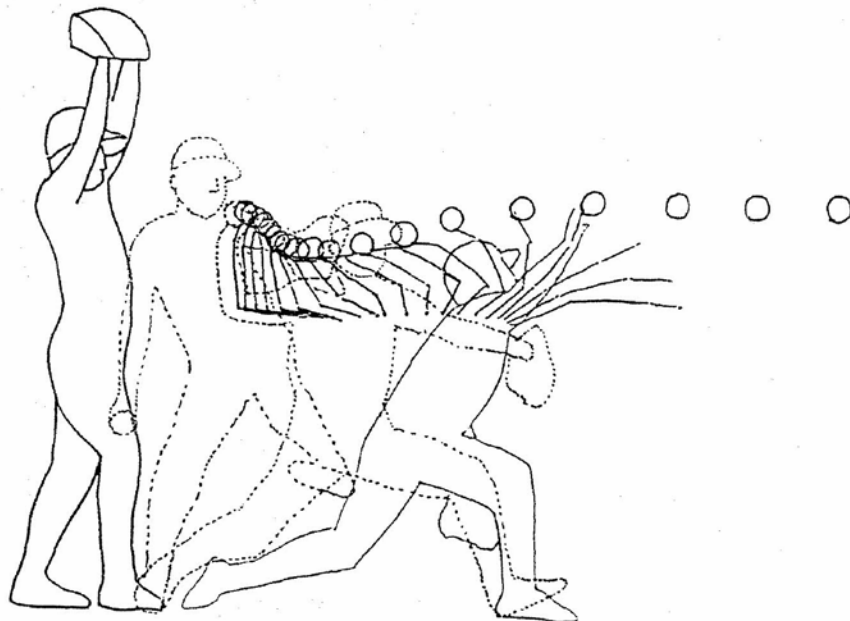


図1 リトルリーグ投手の投球動作

少年期については Toyoshima et al.¹²⁾が、15歳男子5名平均21.6 (m/sec.)、6歳男子2名平均11.7 (m/sec.)と報告している他には見当たらない。本研究の結果は、数値的には15歳男子21.6 (m/sec.)から一般成人男子26.1 (m/sec.)¹²⁾という報告に相当する値であった。

腕のスイングについての投球動作の合理性を検討するために、リトルリーグ投手の Subj. N.T., Subj. H.O. についてその投球動作をトレースしたものが図1である。

腕のスイングを両者比較すると、Subj. H.O. の方が、肘でボールを誘導していて、手首を返す前肘が十分にボールの前にある。これは Hill⁹⁾の言う「運動量は鞭のような柔軟性で次々に伝達される。」という身体の使い方になっている。

また腕の動きがボールに与える速度に大きな役割を果たし、発達に伴い手の軌跡は直線的になる¹⁴⁾と言われるが、両者を比較すると、明らかに Subj. H.O. の方が直線的である。Subj. N.T. は、肘が前方へ出てこないために、ステップをした時にボールを後方に残しておいたのが無意味になってしまい、肘、手首の速い回転運動を使わずに、肩を中心とした回転運動だけでボールを投げてしまっている。

また、ボールリリースも、Subj. H.O. が帽子のつばより前方であるのに対し、Subj. N.T. はより後方でボールを離してしまっている。これではボールに力を加える時間が短く、ボールに大きな運動量を与えられない。

2. リトルリーグ選手の腕伸展力

(方法)

投球動作の合理性に対して、ボール初速度を決定するもう一つの要因は、すなわち筋力、筋収縮速度を調べるために、腕伸展力を一つの体力的な指標とした。

文京区リトルリーグ選手48名(9歳10名、10歳

16名、11歳15名、12歳7名)、大学野球一流選手13名、を被験者とし、Cybex machine を用いて腕伸展の Peak Torque を測定した。運動速度は、0, 5, 15, 25, 35 (RPM) で、被験者は椅座位をとり、利き腕で腕屈曲、伸展を2度ずつ行ない、大きい方の値を記録した。

(結果・考察)

図2に各運動速度に対する Peak Torque を示した。リトルリーグ選手について各年齢別に平均値と標準偏差を、また、比較のために大学野球選手の値を同図にプロットした。

投球動作における手の役割は、Broer⁹⁾は約50%、Toyoshima et al.¹¹⁾は腕と手の働きが45.2%と報告しているように重要である。さらに、投球動作に関与する身体のセグメントが少なくなればスキルの要素が減ってくる⁶⁾ということにより、投能力を知る一つの体力的指標として腕伸展力を選んだ。腕伸展力も年齢の増加に伴い伸びを示した。しかし、投球動作の腕のスイングスピードが31.14 (rad/sec.)¹¹⁾という速い運動であるから、腕伸展力においても、速い運動速度での Peak Torque が重要なはずである。にもかかわらず、35 (rpm) の運動速度で大学野球一流選手の32.10 (N.m) に対し、9歳12.03 (N.m) から12歳15.32 (N.m) で、50%に満たなかった。リトルリーグ投手のボール初速度が19~28(m/sec.)の範囲で、これはプロ野球選手のボール初速度約40 (m/sec.)と比較して48~70%である。したがって、腕伸展力からみた体力資源は、ボール初速度を決めるもう一つの要因である神経と筋の協応、すなわち、動作の合理性に比べて、その発達が遅れていると言えるだろう。

3. 球種による腕の筋の作用機序、関節角度

(方法)

大学野球一流投手(22歳、右利き)に、セットポジションからオーバーハンドスローで直球、カ

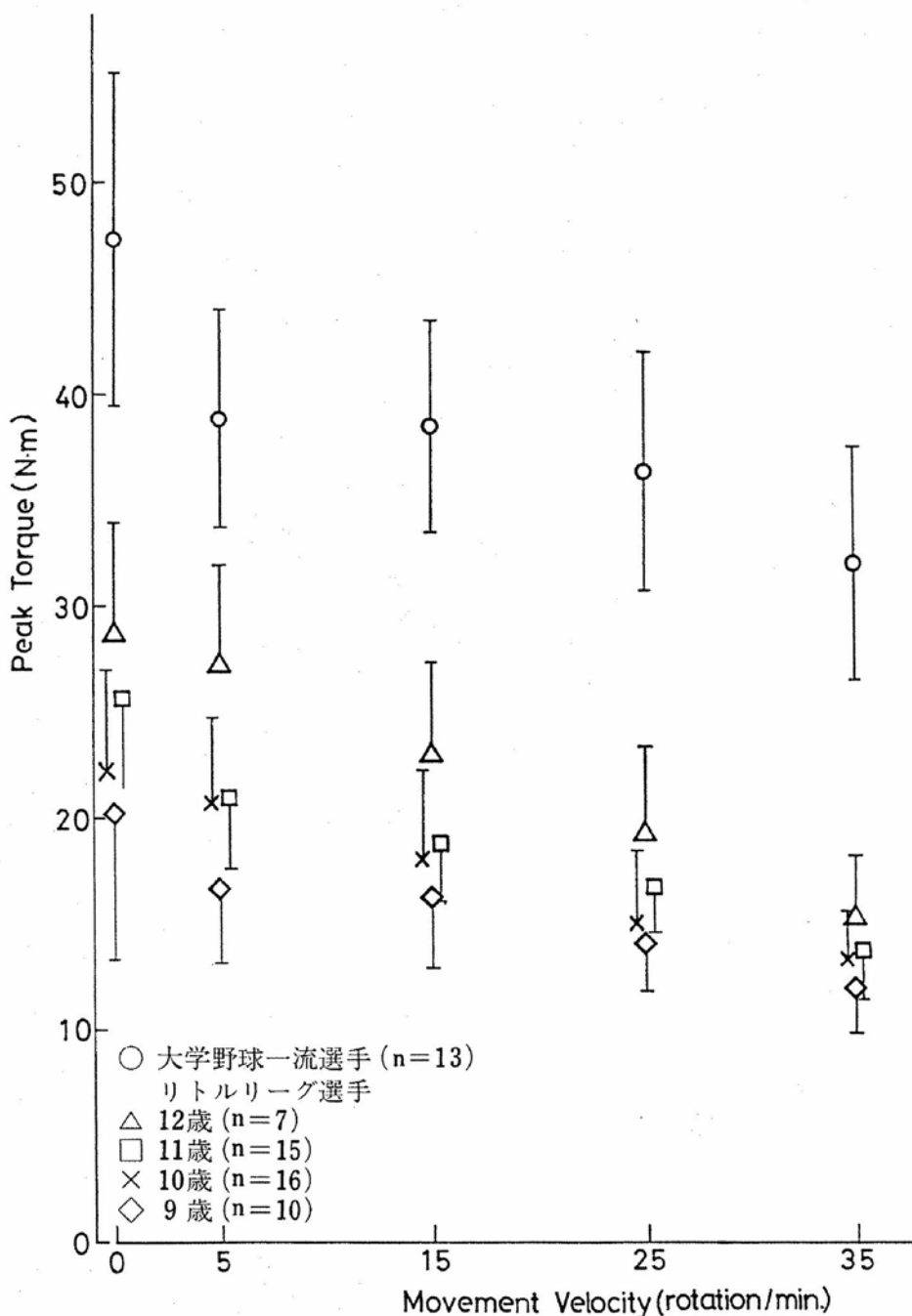


図2 リトルリーグ投手の腕伸展力

ープを各10球投げさせ、その時の腕の運動、腕の筋の作用機序を調べた。

肘関節、手根関節にエレクトロゴニオメータを付け、各関節角度変化を導出した。筋電図は、直径7mmの白金円盤状電極を用い、絆創膏で筋腹に装着し、双極誘導したものを、生体用増幅器（日本光電社製RB-5）を介し表面筋電図として記録した。時定数は0.03秒であった。

被検筋は、投球動作に関与している利を腕の筋とした。

- 1) 上腕二頭筋・長頭
- 2) 上腕三頭筋・長頭
- 3) 腕橈骨筋
- 4) 尺側手根伸筋
- 5) 尺側手根屈筋

ボールのリリース時点を得るために、ボールに

長さ 5cm, 幅 7mm の金属の薄いプレートを貼り、被験者の右人差指, 中指にはめた導体のリングとともに回路を組み、指とボールの接触が離れた時の電位差を記録した。

記録紙の紙送り速度は100 (mm/sec.) とした。
(結果・考察)

図3に直球・カーブを投げた時の筋電図, 関節角度変化を示した。

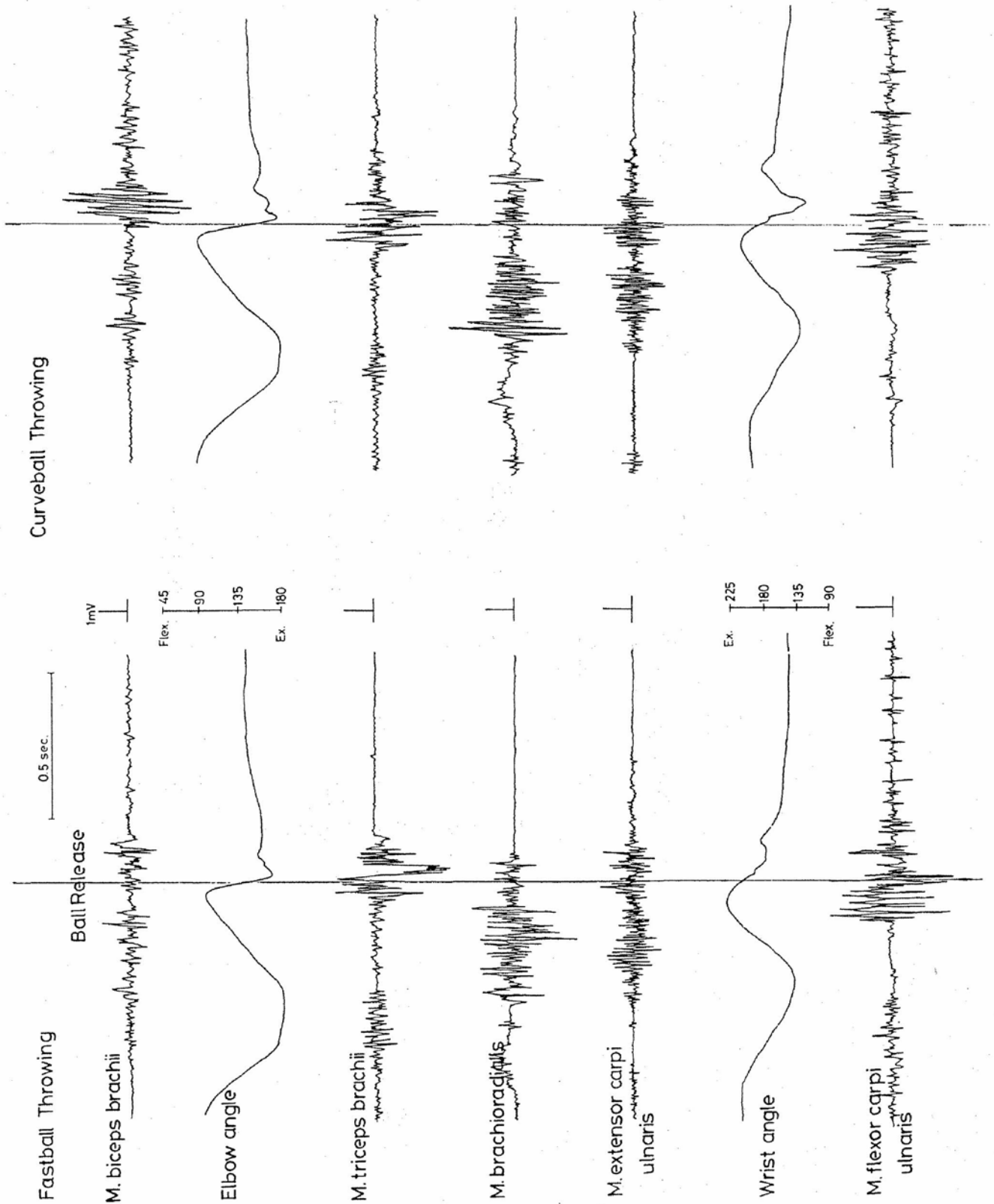


図3 直球, カーブを投げた時の筋電図, 関節角度

肘の関節角度変化より、カーブを投げる場合、直球より早い時点で肘が屈曲している。そして、屈曲の程度もやや大きい。これは、直球が肘、手首と順に回転させてボールにバックスピンをかけるのに対して、カーブでは、手首は主にボールの回転軸を定める働きで、それが肘の伸展方向と異なるために、ボールの速度のためには肘の伸展の働きが重要であるからと思われる。

手根関節の関節角度変化をみると、ボールリリース直後にカーブの場合、鋭い手首の屈曲がみられる。ボールの回転速度を増すために、手首を屈曲させながら、回外しているものと思われる。

ボールリリース後、上腕二頭筋の放電がカーブの場合に大きい。回外しながらボールをリリースした前腕を身体方向に引くことにより、ボールの回転を速めることに貢献しているのだろう。また、腕橈骨筋にも同時期にカーブの場合に大きな放電があり、この筋は二双性の放電様相を呈している。これは、腕橈骨筋の働きが、前腕を屈曲時に手を回内し、伸展時に回外する¹⁰⁾ということから、カーブを投げる際に、腕を伸展しながら、手を回外したのを、リリース後に上腕二頭筋と協同して、その運動を止める働きをしていると思われる。

以上より、カーブを投げる場合、ボールに斜めの回転をもたせるために、肘と手首の役割が直球を投げる場合と異なっている。特に肘は、ボールの速度のために運動範囲が大きくなり、しかも回内、回外のための筋の起始をもつことから、カーブを投げる場合に負担がかかることが推論される。

ま と め

投球動作の合理性については、その欠点を修正していけば、これを原因とした傷害は防げるだろう。しかし、腕伸展力に代表されるように、リト

ルリーグ選手の体力資源は大学野球一流選手の50%に満たなかった。1955年の Little League World Series では、1人を除き、先発投手8人すべて思春期成長を過ぎた少年であった⁷⁾という。確かに、少年野球は心肺機能に大きな負担をかけるわけでもなく、活発な身体運動であるために骨・筋組織に好影響を与える⁹⁾であろうが、9～14歳の範囲の投手に関節傷害が多い¹¹⁾のも忘れてはならないだろう。発育発達期の少年のために、日本のリトルリーグでは投手の登板回数に制限が加えられているが、プロ野球と同じ重さ、同じ大きさのボールを使うのであるから当然であろう。

また、カーブの投球に対する警告も多い¹¹⁾が、本研究で調べたように、筋の作用機序、関節角度変化が直球とカーブの場合に異なっている。骨・筋の十分な発育がカーブを投げるためには必要と思われる。

文 献

1. AAHPER. Desirable athletic competition for children. A report of the Joint Committee on Athletic Competition for Children of Elementary and Junior High Age, Washington, D.C ; *the Association* (1952)
2. Bowne, M.E. ; Relationship of selected measures of acting body levers to ballthrowing velocities, *Res. Quart.* 31, 392—402 (1959)
3. Broer, M.R. ; Efficiency of Human Movement. W.B. Saunders, Philadelphia (1969)
4. 後藤サヨ子, 豊島進太郎 ; 投における児童のスピードを目的とした練習効果, 日本体育学会第23回大会号, 246 (1972)
5. Hill, A.V. ; The mechanics of voluntary muscle, *Lancet*, 24, 947—951 (1951)
6. Hoshikawa, T. and S. Toyoshima ; Contribution of body segments to ball velocity during throwing with nonpreferred hand. *Biomechanics*. VB ; 109—117, University Park Press, Baltimore. (1976)
7. Larson, R.L. and R.O. McMahan ; The epi-

- physis and the child hood athlete, *Journal of the American Medical Association*, 196, 607 (1966)
8. 宮丸凱史, 豊田直平, 鯛谷 隆; 幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達—4—幼児のボール投げにおける Throwing Pattern の発達過程, 日本体育学会第27回大会号, 285 (1976)
 9. Reiff, G.G. ; What Research Tells the Coach about Baseball. Aahper (1971)
 10. 高木公三郎; 身体運動の基礎, 110, 学芸出版社 (1975)
 11. Toyoshima, S., T. Hoshikawa, M. Miyashita and T. Oguri ; Contribution of the body parts to throwing performance. *Biomechanics IV*, 169—174, University Park Press, Baltimore (1974)
 12. Toyoshima, S. and M. Miyashita ; Force-velocity relation in throwing, *Res. Quant.* 44 ; 86—95 (1973)
 13. 角田俊幸, 稲葉勝弘, 宮下充正 ; 投能力の発達, 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No. 1 投能力の向上に関する研究, 13—23 (1976)
 14. Wild, M.R. ; The behavior pattern of throwing and some observations concerning its course of development in children, *Res. Quart.* 9, 20—24 (1938)