

方向変換走におけるプライオメトリクスの影響 — 球技専門の大学生アスリートを対象に —

小屋菜穂子¹⁾

Effects of plyometric training on change-of-direction speed among university student

Nahoko Koya¹⁾

Abstract

This study investigated the effects of plyometric training on change-of-direction speed (CODS) among college athletes who specialized in ball sports. Forty male college athletes (age, 19.9 ± 1.06 years; height, 173.4 ± 6.24 cm; Weight, 66.8 ± 6.65 kg) were participated in this study. The participants were randomly divided into 2 groups: training group and control group. The subjects in the training group had a 12-week plyometric training session. The subjects in this control group had no training sessions. Before and after the 12-week period, all subjects had a testing session to evaluate their physical abilities.

In the training group, significant improvements were observed in all comparisons including all jumping items, straight-line sprinting, and CODS ($p < 0.05$) and effects size was great. Moreover an improvement in VJ and RJ-index could make advance on CODS significantly.

Key words: plyometric training, CODS, straight sprint, ball sports
方向変換走, プライオメトリクス, 直線走, 球技

I. 緒言

球技スポーツでは、陸上競技のような距離を直線で移動することは稀である。対戦相手をかかわず、ボールに対応し繰り返すなど方向変換 (Change of direction; 以下CODとする) が求められ (Sheppard & Young, 2006), それに伴うスピードも求められる。その方向変換 (COD) の能力は、アジリティのひとつと定義されている (Gambetta, 1996; Gabbett, 2002; Sheppard & Young, 2006)。アジリティとは、刺激に反応して素早く効率的に動作を開始し、適切な方向に移動し、また常に素早い方向転換や停止に備えることにより、迅速に、円滑に、効率的に、繰り返しプレーを行うことを可能にする能力という報告がある (Verstegen and Marcello, 2001)。このCODの能力は、神経系要因がトレーニング効果に影響を及ぼすため、ウェイトトレーニングやスピードトレーニングのみで向上させることは難しいとされている (Young et al., 1996)。Young

(2006) は、CODスピード (Change of direction speed; 以下CODSとする) のトレーニングは、スポーツ種目特有の動作を認識させたものでなければいけないと述べている。その中でCODの能力は、技術、直線走スピード、脚筋の質、人体構造的要因の4つに依存しており、さらに脚筋の質は短縮性筋力、筋パワー、反応筋力の3つに分類されている (Young et al, 2001)。Young (2006) によると、CODSに必要な繰り返し動作はSSC (Stretch-shortening cycle) の機能に依存するため、反応筋力とCODSは高い相関関係にあると述べられている。反応筋力とはSSCのエキセントリックからコンセントリックへのすばやい変換能力として定義されており、特殊な筋パワーの形態である。反応筋力の向上はすなわち、接地時間の短縮、かつ運動遂行時間の短縮という形で現れる。またSSCの機能が向上すれば、力の立ち上がり速度にも影響を及ぼすことが報告されている (Komi, 2000)。このような特徴を鑑みると、SSCに有効なプライオメトリックトレーニング

1) 九州共立大学スポーツ学部
Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University

グ(以下プライオメトリクスとする)は、CODSにも効果的であると考えられる。

このプライオメトリクスが直線走のスピード向上に有効であるという報告は数多くある(Baker, 1999; Sheppard, 2003, 2004; Young et al., 1996; Young et al., 2001)。プライオメトリクスは全身の爆発的パワーを高めるトレーニング手段のひとつで(村木ほか, 1985), 可能な限り短時間のなかで筋から最大の力を引き出す運動であり(ディンティンマン, G.ほか, 1999), 瞬発的な筋力を高め走能力に影響を及ぼすと報告されている(Baker, 1999; Sheppard, 2003, 2004; Young et al., 1996; Young et al., 2001)。アジリティやフットワークを含むCODSにおけるプライオメトリクスの影響を報告した研究も存在するが, 直線走に比べると多くはない(Malisoux et al., 2006; Miller et al., 2006; 図子, 2006)。

CODの動作を考えると, 特に球技スポーツの場合, 種目によって多種多様となる。例えばバスケットボールやサッカーでは, 対戦相手や状況に応じて方向を変える動作が求められる。テニスではネットに正対して, スプリットステップやクロスステップ, サイドステップから移動し, ボールを打った後, 繰り返し定位置に戻るといったCOD動作がある。野球では出塁もしくは進塁の際に, 投手や打者方向に正対した姿勢から打球の行方に応じて走るCOD動作がある。これらは一例であるが, 種目によって全く異なるCOD動作が必要となる。実際にコートやフィールドでは様々なCODを含む移動が求められるが, 移動スピードの向上を目的に走るトレーニングを選択するケースがある(日本テニス協会, 2005)。これは走能力向上のトレーニングではあるが, 果たして球技のCODSに適したトレーニングなのだろうか。移動目的のスピードを向上させるために走ることは必要だが, 走る距離が短くかつ移動動作を体を運ぶ動作と捉えた場合に, より適切な方法はないのだろうか。

先行研究の中には, 直線走のスピードトレーニングがCODSを向上させるとは限らないという報告がある(Baker, 1999; Tsitskaris et al., 2003; Young et al., 1996)。またCODSは直線のスプリントトレーニングではなく, CODSのトレーニングに限り向上するという報告もある(Young et al., 2001)。これはCODSに含まれる直線の距離やCOD回数にもよるのであろうが, 繰り返し動作と走動作に求められる要因が異なる可能性を示唆している。現段階では直線走スプリントに比べると, CODSについては未開拓の部分が多いと

されている(Young & Farrow, 2006)。そのような中でBrughelli (2008)は, CODSの要因として, 脚筋群の一機能のみを大きくとりあげるべきではないと述べている。例えば脚の伸展力が向上すれば, 確かに地面に対して横向き(次に向かうべき方向)の大きな力が発揮される。しかし体幹が力を伝達できずに吸収してしまうと, 地面反力を活かした重心移動にはつながらない。これは適切な体幹強化の必要性と, CODSを単なる脚部のみ機能ではなく, キネティックチェーン全体の機能であることを示している。現状ではCODSの要因として脚の一筋機能に終始した報告が多いなか, 実際にCODSの要因を一つに限定するのは容易ではないという報告もある(Brughelli et al., 2008)。その理由として, テスト項目の多様性によるCOD回数や繰り返し角度の違い, 測定時間による主要なエネルギー供給系の相違等がある。従ってCODS向上の要因を詳細に解明するよりは, 現状として競技特性に適したCODS向上の手段を提示することが, 現場でトレーニングを指導する際の助となると考えられる。

そこで本研究では, 球技を専門とする大学生アスリートを対象に, より実際の競技種目に近いCOD動作を取り上げ, CODS向上の手段を提示することを目的とした。具体的には, 横方向への移動から始まるCODSを測定項目に設定し, 直線走のトレーニングを行わず, プライオメトリクスのみでCODSの向上を試み, 検討した。

II. 方法

1. 対象者

対象者は大学テニス部に所属する男子学生20名, 野球部に所属する男子学生20名の計40名であった。正対した姿勢から横方向へのCODがある球技として, 2種目の競技を選択した。テニス部は関西大学対抗1部リーグに所属しており, 全員に10年以上の競技経験があった。野球部の対象者は, 投手, 捕手以外のポジションの選手であり, こちらも全員に10年以上の競技経験があった。ウェイトトレーニングやスプリントトレーニングの経験はあるものの, 今回のようなプライオメトリクスに重点的に取り組むのは初であった。

40名のうち, 種目内で人数を2等分し, ランダムにトレーニング群を20名(age, 19.8 ± 1.05 years; height, 172.5 ± 6.55 cm; Weight, 64.9 ± 5.99 kg; career, 12.1 ± 1.2 years), トレーニングを実施しないコントロール群を20名(age, 20.1 ± 1.08 years; height, 174.4 ± 5.89

cm; Weight, 66.7 ± 7.36 kg; career, 11.8 ± 2.1 years) に設定した. 本研究は筆者所属機関の倫理審査委員会の規定に従い, 対象者に対し, 事前に本研究の主旨や測定内容, 測定時の危険性等に関する説明を行い, 参加の承諾を得た.

2. トレーニングプログラム

本研究では, トレーニング群にプライオメトリクスを週2回の頻度で12週間実施した. 時期は1~4月にかけての12週間であった. トレーニングプログラムをTable 1に示す. このプログラムは, NSCAが推奨

Table 1 12-week Plyometric training program for the Training group

Week	Plyometric Drills	Sets × Reps	Intensity	direction
1-2	Ankle hops	3 × 5	low	V
	Ankles hops with double arm action	3 × 5	low	V
	Side to side ankle hops	3 × 5	low	L
	Jump and reach	3 × 5	low	V + H
	Hardle jumps (40cm)	3 × 5	Medium	V
	Lateral jumps (40cm)	3 × 5	Medium	L
	Box jumps (40cm)	3 × 5	low	V
3-4	Hexagon drill	3 × 12	low	L + H
	Double leg hops	3 × 5	Medium	V
	Double leg hops (lateral)	3 × 5	Medium	L
	Single leg push off	3 × 5	Medium	V
	Single leg push off (lateral)	3 × 5	Medium	L
	Prancing	3 × 15m	low	H
	Gallop	3 × 15m	low	H
	Skips	3 × 15m	low	H
5-6	Knee tuck jumps	2 × 5	Medium	V
	Squat jumps	2 × 5	Medium	V
	Bat kick jumps	2 × 5	Medium	V
	Split jumps	2 × 5	Medium	V
	Scissors jumps	2 × 5	Medium	V
	Lateral hardle hops double leg	2 × 5	Medium	L
	Lateral hardle jumps double leg	2 × 5	Medium	L
	Depth jumps (drop box heights 0.30m)	3 × 5	High	V
	Depth and leaps (drop box heights 0.30m)	3 × 5	High	V + H
7-8	Scissors jumps	2 × 5	Medium	V
	Double scissors jumps	2 × 5	High	V
	Standing long jump	2 × 4	Medium	H
	Alternate leg push off	2 × 6	Medium	V
	Alternate leg push off (lateral)	2 × 6	Medium	L
	Box jumps (box heights 0.30m)	2 × 5	High	V
	Depth and leaps (drop box heights 0.30m)	2 × 5	High	V + H
Depth squat jumps (drop box heights 0.30m)	3 × 5	High	V	
9-10	Gallop	3 × 15m	low	H
	Skips	3 × 15m	low	H
	Power skips	3 × 15m	Medium	H
	Standing 3 jumps alternate leg	2 × 5	High	H
	Depth jumps (drop box heights 0.30m)	3 × 5	High	V
	Hardle hops single leg	2 × 5	Medium	H
	Lateral hardle jumps single leg	2 × 6	Medium	L + H
Lateral hardle crossover jumps single leg	2 × 6	Medium	L + H	
11-12	Hexagon drill	3 × 12	low	L + H
	Scissors jumps	2 × 5	Medium	V
	Double scissors jumps	2 × 5	High	V
	Hardle jumps double leg	2 × 5	Medium	V + H
	Lateral hardle jumps double leg	2 × 5	Medium	L + H
	Hardle hops single leg	2 × 5	High	H
	Lateral hardle jumps single leg	2 × 6	High	L + H
	Lateral hardle crossover jumps single leg	2 × 6	High	L + H

V : vertical
L : lateral
H : horizontal

している一般的なプライオメトリクス内容に沿って作成した (NSCA ジャパン, 2003). 負荷の大きいプライオメトリクスを安全に行うために, 離地着地時の姿勢 (着地時に足関節, 膝関節, 股関節を軽く屈曲させ, 肩が膝の沿直線上に来るように), 体幹に対する脚位置, 着地直前の足関節の角度等に留意し, 垂直方向のジャンプフォームの改善から着手した. これは負荷のかかるプライオメトリクスを安全に遂行するための措置であると同時に, バランスに対する意識を喚起させる意図がある (NSCA, 2003). その後, 接地時間の短縮化, ジャンプ高・移動方向の変化, 両脚から片脚へのジャンプという形式で負荷を上げていった. 垂直, 水平, 左右各方向へのジャンプ動作を組み合わす中で, 両脚のジャンプに始まり片脚へのジャンプへと変化させた. トレーニング開始段階では, ジャンプ動作で高く遠くに跳ぶことを意識するあまり, 離地時に脚を後方に蹴りあげる対象者がいたため, 着地時の接地時間を短くすること, かつ効率よく跳ぶためには脚位置を基底面下 (重心の下) に置くことを重点的に指導した. また足関節を着地直前に屈曲させることに加え, 上半身のリラックスを保つことにも重点をおいた. この姿勢でまず垂直方向へのジャンプフォームを基本動作とし, その後水平, 左右へとバリエーションを増やしていった. 週2回のトレーニングの間は, 最低2日以上の間隔を設けた. コントロール群は本研究のトレーニングプログラムには参加していないが, 日々のクラブ活動での練習, その一環として行われるトレーニングには参加した. これはトレーニング群も同様であった.

3. 測定項目

12週間のトレーニング効果は, CODS項目, 直線走項目, ジャンプ項目をトレーニング前後で比較し評価した.

まず対象者の身体的特性として, 身長, 体重を計測した.

方向変換走 (CODS) の測定として, Australian Sports Commission (ASC) が紹介している4種類の方向変換走 Change of Direction/Acceleration Sideways Agility Test (Left and Right) と Change of Direction/Acceleration Forward Agility Test (Left and Right) を採用した (Australian Sports Commission, 2000). 測定の詳細を Fig. 1に示す. これら4項目は, サイドステップで横方向に移動し, ポイントで切り返して走るというCODSである. 切り返し角度はSidewaysがサイドステップから180度, Forwardが90度であり, スタートから切

り返すまでのサイドステップがクロスオーバーステップにならないよう指示した. 左右両方向からスタートし, 右足, 左足でそれぞれ切り返す. タイムは, 光電管 (Brower社製, Timing Systems) で計測した. それぞれ各3回計測し, 最も良いタイムを採用した. この測定項目は, 1項目で1回のCOD動作しか含まないため, 各項目の記録, 90度の切り返し (左右) と180度の切り返し (左右) をまとめた2項目ごとの記録, 4項目すべてをまとめた記録を各々分析した.

直線走の測定として, 20m走を採用した. その際にスタートから5mまでのタイムも計測した. タイムは, 光電管 (Brower社製, Timing Systems) で計測した. それぞれ各3回計測し, 最も良いタイムを採用した.

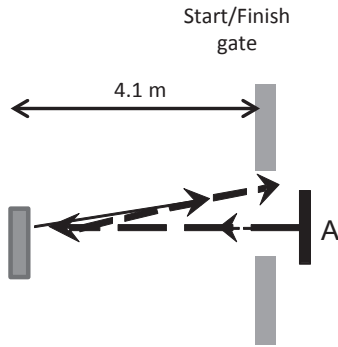
ジャンプの測定は, 移動方向別に6項目を測定した. 垂直方向へのジャンプとして, 腕振りを利用したカウンタムーブメントジャンプ (垂直跳び, 以下VJとする) と, 腰に手を当てて行う6回連続リバウンドジャンプ (以下6Jとする) の2項目を行った. この6Jから, 最大跳躍高を接地時間で除した, リバウンドジャンプ指数 (以下RJ-Indexとする) を算出した (図子・高松, 1995b). 跳躍高と接地時間の計測には, マットスイッチ計測システム (マルチジャンプテスター: DKH社製) を用いた. 次に水平方向のジャンプとして, 立幅跳び (以下SLJとする), 片脚跳び (以下右脚跳びSLJR, 左脚跳びSLJLとする), 立ち三段跳び (以下S3Jとする) を測定した. 立ち三段跳びは, 両脚離地→右 (左) 脚ジャンプ→左 (右) 脚ジャンプ→両脚着地の要領で実施した. 水平方向のジャンプはすべて, 腕振りを利用して実施した. 以上, 垂直方向2項目, 水平方向4項目の計6項目とした.

上記の測定はすべて屋内フロアで実施した.

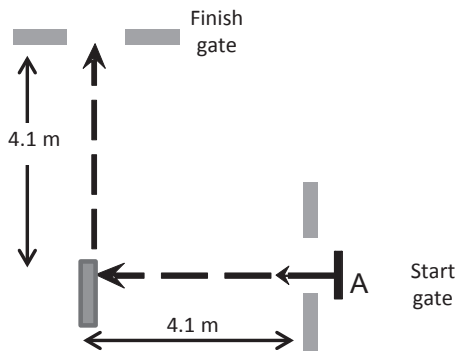
4. 統計処理

測定値は, すべて平均値±標準偏差で示した. 両群のトレーニング前後における有意差検定には, 対応のあるt検定を行った. またトレーニング前後の平均値と標準偏差から, 効果量 (effect size) を算出した (Cohen, 1988).

さらにCODSと関係の深いジャンプ項目を検討するため, トレーニング前後の変化値を算出し, その値をもとにCODSを従属変数, 各ジャンプ項目を独立変数とした重回帰分析を行った. 重回帰分析では, ステップワイズ法を選択した. なお, 有意水準は5%未満とした. 統計処理には, SPSSver.18を用いた.



a. Sideways



b. Forward

- a. Sideways (cutting 180 degree)
- Using the line, mark out the points of the course .
 - The starting tape is placed 30cm to the right of the singles sideline, level with the line (for the right-side test).
 - Set up the timing lights at the start and finish gate.

1. The subject should start when ready, as light gate timing will start automatically (point A).
2. The subject side steps 4.1m to touch the center mark on the line.
3. Subjects turns and runs back along baseline until crossing the gates.
4. The subject's foot must touch or over the mark in order for the trial to be valid.
5. Repeat the test on the opposite side.

- b. Forward (cutting 90 degree)

- Using the line, mark out the points of the course .
- The starting tape is placed 30cm to the right of the singles sideline, level with the line (for the right-side test).
- Set up the timing lights at the start and finish gate.

1. The subject should start when ready, as light gate timing will start automatically (point A) .
2. The subject side steps 4.1m along the line to touch the mark on the line.
3. Subjects then runs naturally forward through the finish gates (4.1m).
4. The subject's foot must touch or over the mark in order for the trial to be valid.
5. Repeat the test on the opposite side.

Fig. 1 Change-of-Direction/ Acceleration Agility Test procedures

Ⅲ. 結果

各項目の測定結果を、各群の平均値と標準偏差で Table 2 に示した。トレーニングの前後で測定を行った結果、トレーニング群は CODS、直線走、ジャンプすべての項目で有意な向上を示した ($p < 0.05$)。またその効果量も、SLJR ($ES = 0.60$) 以外は大きいと判定された ($ES = 0.84 - 1.79$)。一方コントロール群は、CODS (total: $ES = 0.42$, Forward left start: $ES = 0.60$), RJ-Index ($ES = 0.50$), SLJL ($ES = 0.27$), S3J ($ES = 0.37$) に有意な変化が認められたが ($p < 0.05$)、それ以外の測定項目には有意差は認められなかった。しかしながら有意差が認められた項目の効果量は、CODS (Forward left start) と RJ-Index で中程度、CODS (total), SLJL と S3J で小さいと判定された。CODS の中で有意な変化を示した項目は、Forward left start の 1 項目のみであり、それ以外の CODS 項目には有意な

変化は認められなかった。

また方向変換走 (CODS) と関連の強いジャンプ項目を検討するため、トレーニング前後の差を算出し、その値をもとに CODS を従属変数、各ジャンプ項目を独立変数とし、ステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った (Table 3)。その結果、VJ, RJ-Index の 2 変数を独立変数とする有意な回帰式が得られ ($Y = 0.199 + 0.049x_1 + 0.473x_2$ ($x_1 = VJ$, $x_2 = RJ\text{-Index}$), $F = 10.294$, $p = 0.000$)、その寄与率は 35.7% ($R = 0.598$) であった。これは CODS の改善に、VJ, RJ-Index の向上が約 36% 貢献したことを示している。

同様に、CODS を 180 度の切り返し (Sideways) と 90 度の切り返し (Forward) に分類し、関係の深いジャンプ項目を検討した。その結果、CODS (Sideways) には、VJ, RJ-Index の 2 変数を独立変数とする有意な回帰式が得られ ($Y = -0.075 - 0.033x_1 - 0.287x_2$ ($x_1 = VJ$, $x_2 = RJ\text{-Index}$), $F = 10.983$, $p = 0.000$)、その寄与率は

Table 2 Comparison of test results mean (\pm SD) among the 2groups in pre- and post test

Test Items	Training Group			Control Group				
	Pre	Post	ES	Pre	Post	ES		
CODS	Sideways	right start	sec 2.58 (\pm 0.14)	2.37 (\pm 0.10) *	1.50	2.46 (\pm 0.21)	2.40 (\pm 0.10)	0.29
		left start	sec 2.52 (\pm 0.15)	2.35 (\pm 0.10) *	1.12	2.39 (\pm 0.17)	2.35 (\pm 0.14)	0.24
	Forward	right start	sec 2.16 (\pm 0.10)	2.02 (\pm 0.08) *	1.49	2.16 (\pm 0.15)	2.10 (\pm 0.10)	0.37
		left start	sec 2.17 (\pm 0.11)	2.02 (\pm 0.10) *	1.38	2.12 (\pm 0.13)	2.04 (\pm 0.11) *	0.60
	total	sec 9.43 (\pm 0.38)	8.75 (\pm 0.27) *	1.79	9.12 (\pm 0.55)	8.89 (\pm 0.34) *	0.42	
Straight sprint	5m sprint	sec 1.13 (\pm 0.06)	1.06 (\pm 0.05) *	1.11	1.07 (\pm 0.07)	1.08 (\pm 0.74)	0.05	
	20m sprint	sec 3.25 (\pm 0.12)	3.09 (\pm 0.09) *	1.26	3.17 (\pm 0.13)	3.15 (\pm 0.13)	0.16	
VJ	cm	47.58 (\pm 5.25)	52.77 (\pm 4.47) *	0.99	47.46 (\pm 6.25)	47.53 (\pm 5.83)	0.01	
RJ-Index	m/sec	1.83 (\pm 0.39)	2.15 (\pm 0.46) *	0.84	1.70 (\pm 0.46)	1.94 (\pm 0.38) *	0.50	
SLJ	m	2.27 (\pm 0.16)	2.45 (\pm 0.13) *	1.09	2.31 (\pm 0.21)	2.35 (\pm 0.17)	0.17	
SLJR	m	1.89 (\pm 0.12)	1.97 (\pm 0.12) *	0.60	1.91 (\pm 0.18)	1.95 (\pm 0.17)	0.27	
SLJL	m	1.86 (\pm 0.12)	1.96 (\pm 0.14) *	0.87	1.87 (\pm 0.23)	1.93 (\pm 0.19) *	0.27	
S3J	m	6.66 (\pm 0.49)	7.11 (\pm 0.42) *	0.92	6.65 (\pm 0.62)	6.87 (\pm 0.58) *	0.37	

*: Significant difference from pre to post ($p < 0.05$). ES: effect size

Table 3 The Results of Stepwise Multiple Regression Analysis for CODS

Regression analysis of prediction the CODS from tests					
Variable	B	SEB	β	r	
Step 1					
VJ	.055	.014	.532 *	.532	
SEE	.373				
R ²	.283				
Step 2					
VJ	.049	.014	.475 *	.532	
RJ-Index	.473	.228	.279 *	.375	
SEE	.358				
R ²	.357				
Δ R ²	.074				

B : Standard coefficient, SEB : Standard error of regression coefficient, β : Standard regression coefficient, r : Correlation coefficient, SEE : Standard error of estimate, R² : Coefficient of determination, Δ R² : R² of determination, * : $p < 0.05$

37.3% ($R = 0.610$) であった。これはCODS (Sideways) の改善に, VJ, RJ-Indexの向上が約37%貢献したことを示している (Table 4-1)。

CODS (Forward) には, VJ, RJ-Index, SLJRの3変数を独立変数とする有意な回帰式が得られ ($Y = -0.104$

$- 0.013x_1 - 0.194x_2 - 0.404x_3$ ($x_1 = \text{VJ}$, $x_2 = \text{RJ-Index}$, $x_3 = \text{SLJR}$), $F = 3.389$, $p = 0.028$), その寄与率は22.0% ($R = 0.469$) であった。これはCODS (Forward) の改善に, VJ, RJ-Index, SLJRの向上が約22%貢献したことを示している (Table 4-2)。

Table 4-1 The Results of Stepwise Multiple Regression Analysis for CODS (Sideways)

Regression analysis of prediction the CODS (Sideways) from tests					
	Variable	B	SEB	β	r
Step 1	VJ	-.037	.009	-.554*	-.554
	SEE	.236			
	R ²	.306			
Step 2	VJ	-.033	.009	-.500*	-.554
	RJ-Index	-.287	.145	-.263	-.364
	SEE	.228			
	R ²	.373			
	ΔR^2	.067			

Table 4-2 The Results of Stepwise Multiple Regression Analysis for CODS (Forward)

Regression analysis of prediction the CODS (Forward) from tests					
	Variable	B	SEB	β	r
Step 1	VJ	-.018	.008	-.359*	-.359
	SEE	.201			
	R ²	.129			
Step 2	VJ	-.016	.008	-.313*	-.359
	RJ-Index	-.186	.127	-.224	-.288
	SEE	.198			
	R ²	.177			
Step 3	VJ	-.013	.008	-.261	-.359
	RJ-Index	-.194	.125	-.233	-.288
	SLJR	-.404	.286	-.214	-.277
	SEE	.196			
	R ²	.220			
	ΔR^2	.043			

B : Standard coefficient, SEB : Standard error of regression coefficient, β : Standard regression coefficient, r : Correlation coefficient, SEE : Standard error of estimate, R² : Coefficient of determination, ΔR^2 : R² of determination, * : $p < 0.05$

IV. 考 察

本研究ではCODSの向上を目的とし、プライオメトリクスプログラム (NSCA ジャパン, 2003) を1週間に2日の頻度で、12週間にわたって実施し、トレーニング導入前後における効果について検討した。

1. CODSにおけるプライオメトリクスの効果

本研究で扱った12週間のプライオメトリクスでは、直線走、CODSともに有意な向上が認められた (Table 2)。直線走、特に5mでは、コントロール群の効果量は0.05であったが、トレーニング群は1.11という大きな効果量を示し、スタートからの動き出し速度、つまり力の

立ち上がり速度にトレーニング効果が認められた。CODSではトレーニング群はすべての項目で有意な向上を示し、また効果量も大きいと判定された。コントロール群は90度のCODを含むForward left startのみ、有意な変化を示したが、効果量は中程度 (ES: 0.60) であり、トレーニング群の効果量 (ES: 1.12-1.50) には及ばなかった。以上のことから本研究で扱ったプライオメトリクスはCODSに影響を与え、特に180度のCODS (Sideways) に効果的であったといえる。

本研究で扱ったCODS項目の特徴は、サイドステップで横方向にスタートし、90度もしくは180度で切り返して走るという形式であった。左右両脚の切り返しを測定できるように、両サイドからのスタート別に4項目を設けている。運動時間は2~3秒であり、他の先行研究で多く扱われている一般的なT-testの約11秒、Illinois agility testの10秒以上と比較すると短時間の測定である。先行研究の中には独自のCODS項目で測定している報告も多くあるが、これらは複数のCOD動作を含んでいた (Brughelli et al., 2008; Young et al., 1996; Young et al., 2002)。本研究の場合、1項目にCODは1動作、かつ移動距離は約8m、時間は2秒前後である。本研究のCODS項目は横方向にスタートし、直線で走る距離が先行研究に比べ短く、かつ1つのCOD動作のみであり、測定時間の短いことから、力の立ち上がり速度の向上が大きく影響していると考えられる。

先行研究から、ウェイトトレーニングが最大筋力を高めることに対して、プライオメトリクスは神経系の改善によって力の立ち上がり速度を高めるとされている (Komi, 1986, 1987; Häkkinen et al, 1985, 1994)。さらには、このプライオメトリクス効果は、エキセントリックな筋収縮による力発揮を特異的に高めることで得られると述べられている (Komi, 1986; Häkkinen et al, 1985)。実際にMcBrideほか (2002) は、負荷をかけた高速のジャンプスクワットでエキセントリックパワーが向上し、CODSに効果を与えたと報告している。これらの知見は、プライオメトリクスが筋肥大を伴わず、神経系の要因を向上させて、力の立ち上がり速度や運動遂行時間の短縮に効果があることを示している。本研究の結果も、このようなプライオメトリクス効果に起因していると考えられる。

しかしプライオメトリクスのもう一つの効果である運動遂行時間の短縮を確認するためには、本来ならばCODS測定時の切り返し動作の接地時間を測るべきであった。ただ今回の項目、特に180度の切り返しであ

るSidewaysは、切り返し時の動作に特徴があり、滑って切り返す選手もいれば、歩幅を合わせ滑らずに切り返す選手もいた。プライオメトリクスの観点からいえば、後者のパフォーマンスが優れていることになるが、競技の観点からいえば、速く目的を達成すればよいパフォーマンスとなる。このような理由から、接地時間の長さからパフォーマンスを判断することは難しかったため、CODのパフォーマンスを速度のみで判断せざるを得なかった。

その点に関し本研究では、運動遂行時間と力の立ち上がり速度の両方を測る項目として、立ち三段跳び (S3J) を採用した。S3Jは今回のジャンプ項目の中ではリバウンドジャンプ能力の要素が影響するため、SSC機能が記録に反映される項目である。トレーニング群は有意なトレーニング効果を示し、効果量も大きかった (ES: 0.92)。コントロール群にも有意な変化が出たが、効果量は少なかった (ES: 0.37)。S3Jの結果から、力の立ち上がり速度だけではなく運動遂行時間の短縮に関しても、トレーニング群にプライオメトリクス効果があったと考えてよいのではないだろうか。

2. CODSに影響を与えたジャンプ動作

本研究ではCODSにプライオメトリクスの効果が認められたが、どの方向のジャンプ動作が影響を与えたのかについてさらに検討を重ねた。重回帰分析の結果、本研究のCODSに有意な影響を与えた測定項目はVJとRJ-Indexで、この2項目がCODSの向上に約36%貢献しているという結果を得た。さらにCODSを180度の切り返し (Sideways) と90度の切り返し (Forward) に分けて分析したところ、SidewaysはVJとRJ-Indexで約37%、ForwardはVJ、RJ-IndexとSLJRで22%の貢献という結果であった。今回、RJ-Indexに関してはトレーニング群、コントロール群ともに有意な変化を示している ($p < 0.05$)。効果量はトレーニング群で高いと判定されたものの、コントロール群でも中程度の効果を得ている (Table 2)。これはプライオメトリクス以外の練習等の影響による可能性が考えられるが、VJに関してはトレーニング群のみが有意な効果を得ている。従って、本研究のCODSに対するプライオメトリクスの効果は、垂直方向のジャンプ能力向上による影響が大きいと考えられる。

先行研究からは、直線走には水平方向のプライオメトリクスが有効であるという報告が多いが、CODSの場合は垂直方向、水平方向との組み合わせが効果的とされている (Malisoux, 2006; Miller, 2006)。なかでも

Miller (2006) は、垂直、水平だけではなく、左右方向も加え、この中から少なくとも2種類を組み合わせることがCODSに効果的であると述べている。さらに両脚から片脚へと負荷を上げることも重要視されている。またBrughelli (2008) によると、片脚の垂直方向のジャンプに関しての報告はあるが、片脚の水平方向とCODSの関連を報告した研究はない。本研究では水平方向の片脚跳び (SLJR, SLJL) を実施し、各CODSと切り返し足との関連を調査したが、VJほどの影響を与える結果は得られなかった。

プライオメトリクスは、ターゲットとなるパフォーマンス動作の特異性を分析し、できるだけ関連の深い動作パターンでトレーニングを行うと効果が高いとされている (NSCA, 2003)。トレーニング動作の決定には、ターゲットとなるパフォーマンス動作の力の発揮方向や重心の移動方向に配慮し、さらに競技種目によって、SSCの切り返し局面にかかる時間にも配慮すべきである。本研究の対象者は大学体育会に所属しており、競技歴も10年以上の球技アスリートであった。競技力向上を目指して日々練習しており、練習の中でも様々なトレーニングを実践している。その状況でコントロール群とトレーニング群との間にこのような違いが生じたということは、今回のプライオメトリクスプログラムがCODSに影響を与えた可能性が示唆される。今回はNSCAが紹介している一般的プライオメトリクスプログラムを実践したが、今後さらに競技特有の動作をふまえたCODSを高めるためには、競技種目に応じた動作でのプログラムが必要になるだろう。本研究では横方向のCODSを対象に2種目の競技を選択したが、今後は種目ごとにさらなる詳細な検討が求められる。以上のことから、本研究でとりあげた横方向から始まるCODSの場合、まずは垂直方向のジャンプ動作を鍛えることが重要であることが示唆された。

V. まとめ

本研究は、球技を専門とする大学生アスリートを対象に、COD能力の向上を目的としたプライオメトリクスの効果を検討した。12週間のトレーニング後、CODSの4項目すべてにおいて、有意な向上が認められ、その効果量も大きかった。CODSに影響を与えた測定項目はVJとRJ-Indexであり、このことから垂直方向のプライオメトリクスを向上させることが横方向からスタートするCODSの改善につながる可能性が示唆された。

文献

- Australian Sports Commission (2000) *Physiological tests for elite athletes*. first edition, Lower Mitcham, Human Kinetics, Australia, pp.395-400.
- Baker, D. (1999) A comparison of running speed and quickness between elite professional and young rugby league players, *Strength & Conditioning Coach*, 7(3): 3-7.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G. and Chaouachi, A. (2008) Understanding change of direction ability in sport, *Sports Med.*, 38(12): 1045-1063.
- Cohen J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum.
- ディンティマン,G., ワード,B., テレズ, T.(1999) *スポーツスピードトレーニング*, 初版, 小林寛道監訳, 大修館書店, 東京, pp.109-112.
- Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000) Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4): 470-476.
- Gabbett, T.J. (2002) Physiological characteristics of junior and senior rugby league players, *British Journal of Sports Medicine*, 36(5): 334-339.
- Gambetta, V. (1996) In a blur: How to develop sport-specific speed, *Sports Coach*, 19: 22-24.
- Häkkinen, K., Komi, P.V. and Alen, M. (1985) Effect of explosive type strength training on isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristic of leg extensor muscles. *Acta physiology Scandinavia*, 125: 587-600.
- Häkkinen, K. (1994) Neuromuscular adaptation during strength training, ageing, detraining, and immobilization. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*, 14: 161-198.
- Komi, P.V. (1986) Training of muscle strength and power. Interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *International Journal of Sports medicine*, 7(Suppl.): 10-15.
- Komi, P.V. (1987) Neuromuscular factors related to physical performance. *Medicine Sports Science*, 26: 48-66.
- Komi, P.V. (2000) Stretch-shortening cycle- a powerful model to study normal and fatigued muscle, *Journal of Biomechanics*, 33(10): 1197-1206.
- Makaruk, H., & Sacewicz, T. (2010) Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability, *Human Movement*, 11(1): 17-22.
- Makaruk, H., & Sacewicz, T. (2010) Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability, *Human Movement*, 11(1): 17-22.
- Malisoux L., Francaux M., Nielens H., et al. (2006) Stretch-shortening cycle exercises; an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 100(3): 771-779.
- Mcbride JM., Triplett-Mcbride T., Davie A., et al. (2002) The effect of heavy vs light-load jump squats on the development of strength, power and speed. *J. Strength Cond. Res.*, 16(1): 75-

- 82.
- Miller, M.G., Herniman, J.J., Richard, M.D., Cheatham, C.C., & Michael, T.J. (2006) The effects of a 6-week training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 459-465.
- NSCA ジャパン, 日本ストレングス&コンディショニング協会 (2003) ストレングス&コンディショニングII【エクササイズ編】【理論編】, 大修館書店, 東京, pp. 55-82, 108-116.
- 村木 征人 (1985) 爆発・反動的筋力と衝撃法トレーニング, *トレーニングジャーナル*, 7 (6) : 20-21.
- Sheppard, J.M. (2003) Strength and conditioning exercise selection in speed development, *Strength & Conditioning Journal*, 25 (4) : 26-30.
- Sheppard, J.M. (2004) Improving the sprint start with strength and conditioning exercises, *Modern Athlete and Coach*, 42 (1) : 18-23.
- Sheppard, J.M., & Young, W.B. (2006) Agility literature review-classifications, training and testing, *Journal of Sports Science*, 24 (9) : 919-932.
- 高松 薫, 宮坂雅昭, 関子浩二, 石島 繁 (1989) デプスジャンプにおける台高と踏切中の膝曲げ動作の相違が跳躍高および下肢にかかる負荷特性に及ぼす影響, 昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告NO.IX, プライオメトリックアクティブ筋力トレーニングに関する研究—第2報— : 46-55.
- Tsitskaris, G., Theoharopoulos, A., & Garefis, A. (2003) Speed, speed dribble and agility of male basketball players playing in different positions, *Journal of Human Movement Studies*, 45 (1) : 21-30.
- Verstegen, M., and B. Marcello. (2001) Agility and coordination. In: *High Performance Sports Conditioning*. B.Foran, ed. Champaign, IL: Human Kinetics. pp.139-165.
- Wilt, F. (1975) Plyometrics-what it is and how it works, *Athletic Journal*, 55 (76) : 89-90.
- Young, W., Benton, D., & John Pryor, M. (2001) Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints, *Strength & Conditioning Journal*, 23 (2) : 7.
- Young, W., & Farrow, D. (2006) A review of agility- Practical applications for strength and conditioning, *Strength & Conditioning Journal*, 28 (5) : 24-29.
- Young, W., Hawken, M., & McDonald, L. (1996) Relationship between speed, agility and strength qualities in Australian Rules football, *Strength Conditioning Coach*, 4 (4) : 3-6.
- Young, W.B., McDowell, M.H., & Scarlett, B.J. (2001) Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15 (3) : 315-319.
- 財)日本テニス協会 (2005) テニス指導教本, 新版, 大修館書店, 東京, pp.208-211.
- 関子浩二, 高松 薫 (1995a) バリスティックな伸張—短縮サイクルの遂行能力を決定する要因—筋力および瞬発力に着目して—, *体力科学* 44 : 147-154.
- 関子浩二, 高松 薫 (1995b) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因, 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して, *体育学研究* 40 : 29-39.
- 関子浩二 (2006) バスケットボール選手におけるプライオメトリクスがジャンプとフットワーク能力およびパス能力に及ぼす効果, *体力科学* 55 : 237-246.

平成26年7月4日受付

平成27年3月12日受理