

スキッピングトレーニングが体力，疾走能力， 疾走動作に与える効果

尾	県	貢	(大阪女子大学)
生	田	香	明(大阪大学)
猪	熊	真	(大阪大学)
関	岡	康	雄(筑波大学)
大	山	良	徳(大阪大学)
近	藤	潤	(布施工業高校)

(昭和62年5月11日 受付)

Effects of skipping training on physical fitness, sprint ability and
sprinting form

Mitsugi Ogata¹
Komei Ikuta²
Makoto Inokuma²
Yasuo Sekioka³
Yosinori Ohyama²
Jun Kondoh⁴

Abstract

The skipping is the movement modeled after sprint running. The purpose of this study was to examine effects of skipping training on physical fitness, sprint ability and sprinting form. Nine non-athlete male university students participated in the training consisted of skipping exercises three days per week for eight weeks. The experiment was performed before and after the training period. The experiment was composed of measuring physical fitness and filming 100 m dash. Variables of analysis were: 1) back strength, vertical jump, stepping efficiency while sitting on a chair, 2) maximum anaerobic power, 3)

-
- 1 *Osaka Women's University, Department of Physical Education, Daisen-cho, Sakai-shi, Osaka (590)*
 - 2 *Faculty of Health and Sports Science, Osaka University, Machikaneyama, Toyonaka-shi (560)*
 - 3 *Institute of Health and Sports Science, University of Tsukuba, Sakura-mura, Tsukuba-shi (305)*
 - 4 *Fuse Technical High School, Takaramoti, Higashiosaka-shi (577)*

isokinetic peak torque and isokinetic endurance of knee extension and flexion, and hip flexion, 4) 100 m sprint record, and sprint record in each 20 m sections, 5) running velocity, step frequency and step length, 6) thigh angle and angular velocity, and knee angle and angular velocity, 7) time for one step, support time and nonsupport time, 8) locus of ankle around trochanter major.

Results were as follows:

1. Factors of physical fitness such as back strength, maximum anaerobic power and isokinetic peak torque were significantly improved after training.
2. 100 m sprint record was significantly shortened, due to the increase of step frequency.
3. After training, the maximum running velocity was kept up for a longer period, and running velocity in 80 m to 100 m became remarkably faster.
4. After training, time for one step and nonsupport time were significantly shortened.
5. The knee lift during recovery phase became significantly higher.
6. The angular velocity of thigh of recovery leg became significantly faster.

It is concluded that the skipping training for eight weeks improves sprint ability, sprinting form and physical fitness related to sprint running.

(Mitsugi Ogata, Komei Ikuta, Makoto Inokuma, Yasuo Sekioka, Yoshinori Ohyama and Jun Kondoh, "Effects of skipping training on physical fitness, sprint ability and sprinting form", *Jap. J. Phys. Educ.*, 31-1: 69-78, June, 1988)

緒 言

スプリントトレーニングの効果に関して、生田ら¹¹⁾は、疾走タイム・歩数・歩幅などの疾走能力面、筋力・敏捷性・パワーなどの体力面から検討し、スプリントトレーニングは100m 疾走タイムを有意に短縮させ、それは脚筋力や背筋力などの筋力向上と、重い負荷でのパワー発現力が大きな要因になっていると報告している。また、栗原ら¹⁶⁾は、トレーニングの効果は疾走動作などのバイオメカニクスの面から検討し、疾走中の脚動作とそのスピードに改善が認められたと報告している。

スプリントトレーニングは、このように有効性も検証され、短距離走のトレーニングのなかで、主たる手段とされているが、スプリントトレーニング以外で、国際陸上競技連盟 (IAAF) の推薦するトレーニング手段の一つにスキッピング (ももあげ) があげられる²⁵⁾。スキッピングは、Assimilation drill (模倣練習) に属するものであり²⁵⁾、その狙いは、筋のスピード・パワー・持久力と動きのリズム・タイミング・リラクゼーションなどの調整力を養成するとともに、走動作の技術を高め

る^{18),19),25)}ととらえられている。

日本では、Gerard Mach の1970年以来の数回にわたる来日により、短距離走のトレーニングの手段としてスキッピングが紹介された。それに伴い、Mach の理論を解説する書物が出版され¹⁸⁾、スキッピング動作に関する研究³⁴⁾、スキッピングトレーニングの体系化に関する研究³⁰⁾も進められた。しかし、スキッピングトレーニングの効果に関する研究は、ほとんど見られず³⁵⁾、トレーニング手段としての有効性は明らかにされていない。

そこで、本研究ではスキッピングトレーニングが、①筋力・敏捷性・パワーなどの体力面に与える効果、②疾走タイム・歩数・歩幅などの疾走能力面に与える効果、③走動作などのバイオメカニクス面に与える効果を明確にし、トレーニング手段としての有効性について検討した。

方 法

1. 被検者

被検者は、これまでにスプリントトレーニングおよびスキッピングトレーニングの経験を持たない健康な一般男子大学生9名であった。9名の被

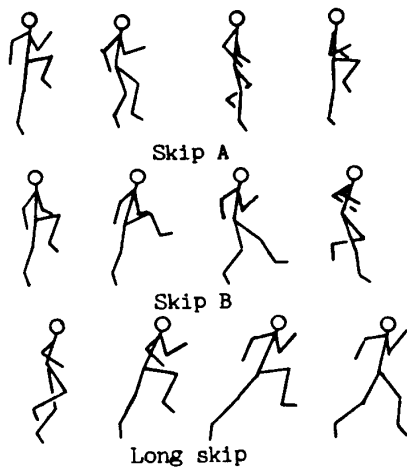


Fig. 1 Explanation of training items.

検者の年齢は, 19.2 ± 0.9 yrs (Mean \pm S.D.), 身長は, 173.5 ± 4.8 cm, 体重は, 62.2 ± 7.8 kg であった。

2. トレーニング

トレーニング内容は, Mach の理論^{18),19),30)}を参考にして作成した次のプログラムであった。①ウォーミングアップ…400m ジョグとストレッチング, ②歩行スキップ A20m \times 3回, ③歩行スキップ B20m \times 3回, ④スキップ A20m \times 5回, ⑤スキップ B20m \times 5回, ⑥ロングスキップ20m \times 5回, ⑦スキップ A50m \times 2回・100m \times 1回

図1は, トレーニング種目の説明をしたものである。スキップAは, 非常に速いハイニーリフト(高い膝の引き上げ)による前進の少ないランニング, スキップBは, ハイニーリフトの状態から下腿を振り出しておろすランニング, ロングスキップは, ランニング動作の後脚の蹴りを強調し, 完全にキックする滞空時間の長いランニングである^{18),19),25)}。

トレーニング期間は, 昭和61年10月13日から12月10日までの8週間であった。トレーニングは, 原則として月・水・金曜日の週3回, 正午すぎ, 屋外グラウンドにて行ったが, 雨天時は体育館を使用した。毎週1回水曜日のトレーニング時には, 短距離走を専門とする陸上競技者(100mの最高記録11秒0)にスキッピングの正確な技術^{18),19)}を示範させるとともに, 言語指示により被検者のスキッピングの技術の矯正に努めた。

3. 測定

トレーニング開始3日前および終了3日後に, それぞれ下記の測定を実施した(トレーニング前測定を Measurement before training, トレーニング後測定を Measurement after training とする)。内容は, 体力測定とフィルム撮影であった。

1) 体力測定

(1) 背筋力・垂直跳・座位ステッピング: これらの測定項目については, 日本陸上競技連盟方式²⁶⁾を用いた。

(2) 最大無酸素的パワー測定: Margaria の階段かけ昇り法²⁰⁾(階段1段: 17.3cm)を用いた。

(3) 等速性運動による動的筋力測定: Cybex II (Lumex 社製)を用い, 膝関節伸展・屈曲, 股関節屈曲について4種類の角速度(30・90・180・270 deg/sec)での動的最大筋力を測定するため単発動作のピークトルクを記録した。

また, 動的筋持久力を測定するため, Thorstenson and Karlsson³³⁾, 金久ら¹⁴⁾の方法により, 角速度180deg/secにて, 最大努力の膝関節伸展・屈曲, 股関節屈曲を50回連続して行わせ, 50回のピークトルクの推移を記録した。

膝関節筋力の測定姿勢は, 被検者に椅子座位姿勢をとらせ, 胸部・大腿部・足首を専用ベルトで固定し, 関節角度100—0 deg, 0—100degの域値の伸展・屈曲運動をさせた。股関節筋力の測定姿勢は, 被検者に仰臥姿勢をとらせ, 胸部・測定脚と反対側の大腿部をベルトで固定し, 0—120 deg域値の屈曲運動を行わせた。記録に際して, ペーパースピード5mm/sec, ダンピング#2を用いた。測定脚は, すべて右脚とした。

なお, Sepega, et al.³¹⁾の報告によると, 股関節伸展筋力の測定記録においては, Cybex II に存在する遊びが原因で生じる衝撃によって大きな誤差が含まれると言われているので測定項目から除外した。

2) フィルム撮影

100m 疾走は, 100m の長さに引かれた直線上を走らせた。疾走の撮影は, Nac 社製 High Speed Video Camera (100f.p.s.) により行った。カメラは, 50m 地点のゴールに向かって右側方45m に設

置し、スタートからゴールまで追い写した。疾走中の時間経過が判別できるように、フィルムには1/100secのタイムを写しこんだ。また、20・40・60・80・100mの通過タイムが画像から計測できるように、走路(直線上)の0・20・40・60・80・100m地点とカメラレンズを結ぶ線上の走路横0.7m(カメラ側)に長さ1.5mのポールを立てた。実験設定は、図2の通りである。なお、2回の実験日は無風に近く、風の影響はほとんどなかったものと思われる。

4. フィルム分析

フィルムから、20・40・60・80・100m地点通過タイム(通過とはTorsoが各地点真上を通過した時点、すなわち、走路横のポールにTorsoの一部が重なった時点を指す)を算出した。また、100m疾走中の平均歩数・平均歩幅と、100mを20mずつの5区間に分けた場合の区間毎の平均歩数・平均歩幅を求めた。

走動作の分析は、50m付近の2歩について行った。なお、本研究では宮下ら²²⁾にならい、支持期を

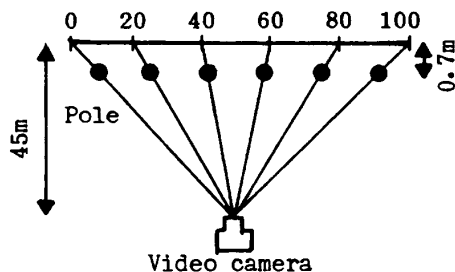


Fig. 2 Schematic illustration for placement of equipments for filming.

足が接地している期間、非支持期を身体が空中にある期間、回復期を足が離地し再び同じ足が接地するまでの期間と定義した。

分析には、Personal Computer (Sharp CZ-856 C)を用い、位置データを座標交換し、デジタルフィルター法²⁹⁾により、10Hzで平滑化した。このデータから、これまでの走動作の報告^{1),5),7),13),15),16),21),23),24),27)}を参考にして選択したトレーニング効果を検討するのに必要な以下の項目を算出した。

(1) 大転子を中心とした足関節の軌跡(脚サイクルと定義する)の垂直変位と水平変位。

(2) 1歩の時間(以後サイクル時間と定義する)、支持時間、非支持時間。これらの時間は、フィルムのフレーム数(1フレームは0.01sec)より算出し、その値を1000で乗じることにより、msec単位に変換した。

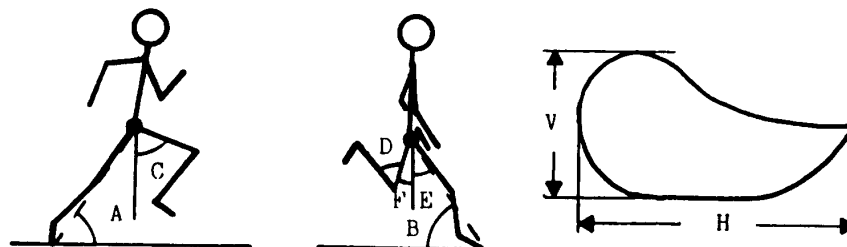
(3) 身体角度(図3参照)

Ⓐ 右足接地瞬間の脚角度と、右足離地瞬間の脚角度。脚角度は大転子と足先点を結ぶ線分が水平線となす角度とする。

Ⓑ 右脚回復期の最小膝関節角度。膝関節角度は、大転子と脛骨点を結ぶ線分と、脛骨点と外果点を結ぶ線分がなす角度とする。

Ⓒ 右脚回復期の最大大腿角度。大腿角度は、大転子と脛骨点を結ぶ線分が、大転子から下した鉛直線となす角度とする。鉛直線をOdegとし、それより前方を正の角度、後方を負の角度とする。

Ⓓ 右足接地瞬間の右大腿角度と左大腿角度。



A: Leg angle at take off B: Leg angle at landing C: Maximum thigh angle
D: Minimum knee angle E: Right thigh angle at landing of right foot
F: Left thigh angle at landing of right foot G: E-F
V: Vertical displacement H: Horizontal displacement ● Trochanter

Fig. 3 Schematic illustration for body angle and locus of ankle around trochanter major.

Table 1. Training effects on weight and physical fitness such as back strength, vertical jump, sitting stepping and maximum anaerobic power.

Variable	Mean (S.D.)		Rate of increase (%)
	Before	After	
Weight (kg)	62.2 (7.8)	63.3 (7.1)	1.8
Back strength (kg)	151.8 (29.3)	164.0 (34.8)	8.0**
Vertical jump (cm)	60.4 (5.5)	59.9 (5.4)	-0.8
Sitting stepping (times/sec)	9.6 (0.8)	9.9 (0.9)	3.1
Max. anaerobic power (kcal/kg·hr)	49.3 (2.9)	53.1 (2.3)	7.7**

**p<0.01

(4) 角速度

① 右脚回復期の膝関節角速度. 右足離地から最小膝関節角度に至るまで (Phase I とする) の平均角速度, 最小膝関節から右足接地まで (Phase II) の平均角速度を算出した.

② 右脚回復期の大腿角速度. 右足離地から最大大腿角度に至るまで (Phase I) の平均角速度, 最大大腿角度から右足接地まで (Phase II) の平均角速度を算出した.

5. 統計処理

トレーニング効果の有意差検定には, T-test (対応あり) を用い, 5%水準以上を有意とした.

結 果

表1・表2, 図4・図5は, トレーニング前とトレーニング後の測定における各測定項目の平均値と標準偏差, および平均値の差とそれらの有意水準を示したものである.

表1は, 体重, 背筋力, 垂直跳, 座位ステッピング, 最大無酸素的パワーの測定結果を示している. このうち増加傾向が認められたのは, 垂直跳を除く4項目であったが, 統計的に有意であったのは, 背筋力(p<0.01), 最大無酸素的パワー(p<0.01)であった.

図4は, 等速性運動における膝関節伸展・屈曲と股関節屈曲の動的最大筋力 (測定速度30・90・180・270deg/sec) と動的筋持久力 (測定速度180 deg/sec で50回連続) の測定結果を示している. 動

Table 2. Training effects on body angle, angular velocity of knee and thigh, and cycle time.

Variable	Mean(S.D.)		Rate of increase (%)
	Before	After	
Leg cycle (cm)			
V	65.9 (8.1)	64.5 (7.1)	-2.3
H	101.8 (5.5)	100.9 (6.5)	-0.5
Cycle time (msec)			
1 cycle time	246 (12)	238 (10)	-2.4**
Support time	128 (6)	125 (7)	-2.3
Nonsupport time	118 (9)	113 (10)	-4.2*
Angle (deg)			
A	62.8 (2.1)	64.5 (2.0)	2.7
B	56.6 (2.1)	55.3 (3.7)	-2.3
C	61.6 (4.5)	65.6 (4.6)	6.5**
D	36.0 (8.5)	35.9 (9.0)	-0.3
E	32.9 (3.8)	31.2 (3.4)	-5.2
F	-8.7 (3.4)	-3.8 (6.6)	56.3*
G	41.6 (8.2)	36.0 (8.0)	13.5
Angular velocity (rad/sec)			
Knee I	-11.88 (1.19)	-12.38 (1.38)	-4.2
Knee II	10.05 (0.94)	9.99 (1.08)	-0.6
Thigh I	6.05 (0.57)	6.54 (0.69)	8.1*
Thigh II	3.62 (0.50)	4.20 (0.65)	16.0**

**p<0.01 *p<0.05

的筋持久力は, 1-50回の全体と1-10・11-20・21-30・31-40・41-50の10回毎に区分した場合の平均値と標準偏差で示している. これらの結果によると, 動的最大筋力では全項目の全速度で改善が認められたが, そのうち統計的に有意であったのは, 膝関節伸展の90deg/sec (p<0.05), 180 deg/sec (p<0.05), 270deg/sec (p<0.01) および股関節屈曲の30deg/sec (p<0.01), 90deg/sec

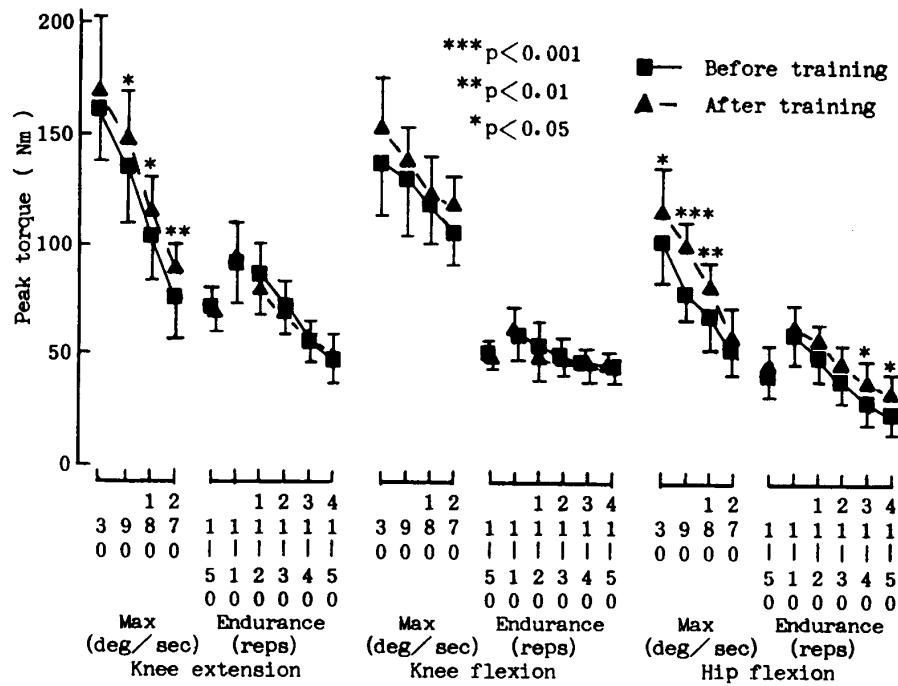


Fig. 4 Training effects on isokinetic peak torque and isokinetic endurance of knee extension and flexion, and hip flexion.

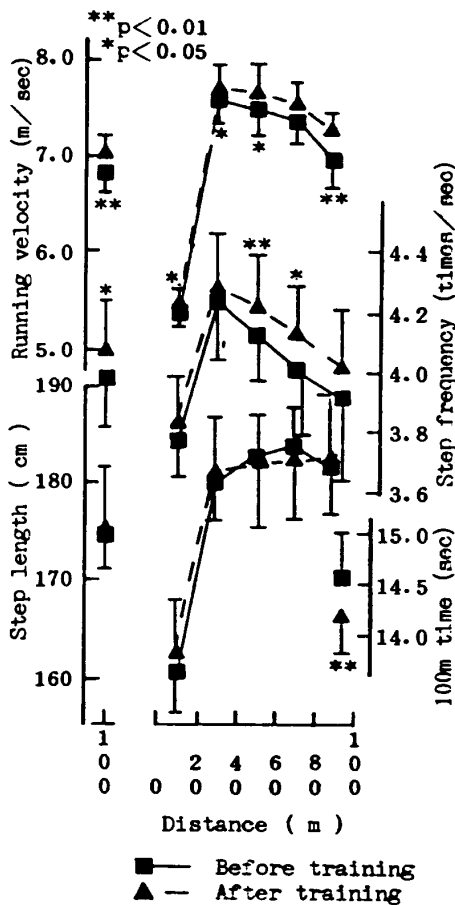


Fig. 5 Training effects on 100m record, running velocity, step frequency and step length.

($p < 0.001$), 180deg/sec ($p < 0.01$)であった。一方、動的筋持久力では、50回の全体の平均値で増加傾向を示したのは股関節屈曲だけであったが、それも有意な増加ではなかった。しかし、10回毎に区分された平均値で見ると、股関節屈曲の31-40回・41-50回 ($p < 0.05$)の後半において有意差が認められた。

図5は、100m疾走全体を通しての所要タイム・平均疾走速度・平均歩数・平均歩幅と、スタートから20m毎の平均疾走速度・平均歩数・平均歩幅について示している。これらの結果によると、100m疾走タイムは、 0.40sec ($p < 0.01$)短縮された。20mの区間毎では、5区間とも平均疾走速度は増加しており、なかでも最後の20m区間の 0.38m/sec ($p < 0.01$)の増加が顕著であった。また、60-80m区間を除く3区間の疾走速度増加も5%水準で有意であった。次に、走速度を決定する歩数と歩幅に関しては、歩数は全体で 0.1times/sec ($p < 0.01$)の増加を示したが、歩幅は 0.6cm (n.s.)の増加であった。区間毎では、歩数は全区間で増加、そのうち40-60m ($p < 0.01$), 60-80m ($p < 0.01$)では有意な増加を示した。一方、歩幅は、 -1.2cm から 1.8cm の範囲の変化であり、いずれも有意で

はなかった。

表2は, サイクル時間と支持・非支持時間, 脚サイクルの垂直・水平変位, 下肢の角度および下肢の角速度などのフィルム分析による結果を示している。

サイクル時間は, 8msec ($p < 0.01$) の有意な短縮を示し, そのうち非支持時間は5msec ($p < 0.05$), 支持時間は3msec (n.s.) の短縮を示した。

疾走中の脚動作の大きさを示す脚サイクルの垂直・水平変位には減少傾向が認められたが有意な変化ではなかった。

身体角度で有意な変化が認められたのは, 最大大腿角度 ($p < 0.01$) と右足接地瞬間の左大腿角度 ($p < 0.05$) であった。回腹期の脚動作の速さを表す角速度では, 大腿角速度 Phase I, Phase II にそれぞれ, 5%水準, 1%水準で有意な改善が認められた。

考 察

1. 体力要因に与える効果

体力測定項目で有意な改善が認められたのは, 背筋力, 最大無酸素的パワー, 動的最大筋力の3項目であった。

背筋力については, 生田ら¹¹⁾の行った10週間・週3回のスプリントトレーニング, 同じく生田ら¹⁰⁾の行った10週間・週3回の自転車エルゴメーターによるパワートレーニングによっても有意に増加したという報告がある。

階段かけ昇り法による最大無酸素的パワーに関して, 青木・前嶋²⁾は, 陸上競技の短距離走・跳躍種目の選手は, 長距離走・投てき種目, バスケットボールの選手や医進課程の一般学生と比較して, 有意に高い値を示しており, この値が高いことは, スプリントとジャンプの能力を兼ね備えていると指摘している。また, 生田ら⁹⁾は, 自転車エルゴメーターにより測定された無酸素的パワーと50m疾走のタイムとは, 0.1%水準で有意な相関関係にあったと報告している。これらの有意な改善は, 先行研究と同様に疾走能力に好影響を及ぼしていると推察できる。

垂直跳, 座位ステッピングには有意な改善は認

められなかった。前述のスプリントトレーニング¹¹⁾や自転車エルゴメーターによるパワートレーニング¹⁰⁾でも, この2項目にはトレーニング効果は示されていない。

2. 疾走タイム・歩数・歩幅に与える効果

本研究のスキッピングトレーニングによって, 100m疾走タイムは, 0.40sec (2.9%) 短縮した。生田ら¹⁰⁾, 栗原ら¹¹⁾の報告する10週間・週3回のスプリントトレーニングによる0.427sec (3.1%) の短縮, 生田ら¹⁰⁾の報告する10週間・週3回の自転車エルゴメーター使用による60%Max.でのパワートレーニングによる0.463sec (3.2%) の短縮に近い値であった。疾走速度=歩数×歩幅という関係から, 疾走速度を高めタイムを短縮するためには, 歩数の増加と歩幅の伸長が条件となることは明らかである。本研究において疾走速度が高くなったことは, トレーニングにより平均歩数が増加したためであり, 平均歩幅にはほとんど変化が見られなかった。星川ら⁷⁾, 加賀谷¹²⁾, Armstrong and Cooksey³⁾, Luhtanen and Komi¹⁷⁾は, 低速度の段階では, 疾走速度の増加の増加は, 主として歩幅の伸びにより補われ, 最高速度に近づくに従って, 疾走速度の増加は, 歩数の増加によって補われるようになると報告している。また, Ballreich⁴⁾は, 非鍛練者(100mタイム:12.76±0.34sec)では, 歩数が疾走速度に大きな影響を持つと指摘している。本研究における疾走タイムの短縮は歩数の増加によるという結果は, これらの報告と一致している。

一般に, 歩数の増加はランニング1歩に要する所要時間の短縮を意味しているが, 実際に, 50m付近の疾走動作の分析から, サイクル時間の短縮が認められた。サイクル時間は8msec短縮され, 5%水準で有意であり, そのうち非支持期が5msec ($p < 0.05$), 支持期は3msec (n.s.) の短縮であった。鈴木³²⁾は, 「高速疾走中, より速く走ろうとするならば, 走者は足が離地して着地するまでの時間を短くすることのできるような動きをつくるが必要である」と指摘しており, 本研究で見られた短縮は, この指摘通りであった。

このサイクル時間の短縮の原因として, 回復期

の大腿角速度の有意な改善があげられる。Phase I の大腿角速度の増加は、非支持期と支持期において、また、Phase II の増加は、非支持期における時間短縮に貢献したものと推測できる。

次に、図5を参考にして疾走速度の推移について見ると、5区間いずれにおいても疾走速度は高まっており、それは歩数の増加に大きく依存していることがわかる。そして、トレーニング後、最高速度がより長く維持されていること、80—100m区間での疾走速度低下の小さくなったことが明確であり、猪飼ら⁹⁾の指摘する鍛練者の疾走速度曲線に近づいたと言える。この最後の20m区間の速度低下を小さくした要因の一つとして、トレーニング前では、最後の20mで短くなっていた歩幅が、トレーニング後では、40—60m・60—80m区間と比較しても、ほとんど変わらないくらいに維持されるようになったことがあげられる。すなわち、トレーニング前では、80—100m区間の速度低下が歩数と歩幅の両方の減少によるものであったのが、トレーニング後では、歩数の減少だけに起因するようになったと言える。金子・北村¹⁵⁾の非鍛練者の疾走速度低下は歩幅と歩数の減少によるものであるという報告からすると、本研究のスキッピングトレーニングにより、最後の20m区間における疾走速度低下の原因が、非鍛練者から鍛練者の疾走速度低下の原因に変容していったと解釈できる。このようにゴールまで一定の歩幅で走り通せるようになったのは、股関節屈曲の動的筋持久力の31—40回、41—50回平均値の有意な増加と関係があると推測できる。疾走中の膝の前上方への引き上げ動作に類似した運動様式である股関節屈曲において筋持久力の改善が認められたということは、疾走中の膝の引き上げの持久性にも改善があったと考えられる。そして、Deshon⁵⁾の膝の引き上げ角（膝が前上方の最高点に達した時の大腿と大腿の上端から引かれた水平線がなす角）と歩幅には、 $r = -0.70$ ($p < 0.01$) の相関関係があるという報告を考え合わせると、ゴールまで、一定の歩幅を維持して走り通せるようになった背景には、股関節屈曲の動的筋持久力の改善があったも

のと推測できる。

3. 疾走動作に与える効果

身体角度、角速度では、右脚回復期の最大大腿角度、右足接地瞬間の左脚大腿角度、右脚回復期の大腿角速度 Phase I・II に改善が認められた。これは、スキッピングトレーニングにより、「膝の上がる走法」「キック脚大腿の前方への振り出し・振り戻し動作の速い走法」へ改善されたことを意味している。しかし、前述のように、膝の高い引き上げは歩幅の伸びに結びつく⁹⁾と言われているが、本研究では歩幅の伸長に結びつかなかった。この理由として、本研究のトレーニング期間が8週間と短かったことが考えられる。

また、右足接地瞬間の左脚大腿角度が大きくなったことは、左脚大腿がより前方へ位置することを意味し、このことは大腿角速度 Phase I が速くなったことに起因すると考えられる。齊藤ら²⁷⁾の鍛練者においては、振り出し脚がキック後、後方に流れることなく極めて急速に前方へ振り出されているという指摘のように、回復脚の前方への動きのタイミングという点に関して、改善されたと言える。

有意な改善の認められなかった走動作についても考察を加えてみる。回復脚の最小膝関節角度に関して、天野ら¹⁾は、良い走動作の条件として、この角度の小さいことをあげており、また、金子・北村¹⁵⁾は、鍛練者は非鍛練者と比較し、この角度が小さいと指摘している。一般に、膝関節を屈曲させ足を臀部に近づけた状態で脚を前方へ振り出すと、膝関節の屈曲が小さい場合と比較して脚の大転子回りの慣性モーメントは小さくなり、脚の前方への振り出しは速くなるとされている⁶⁾。しかし、本研究では、最小膝関節角度に改善が認められなかったにもかかわらず、大腿の振り出し動作は速くなっている。これは、図4からわかるように股関節屈曲の最大筋力が増加したことに起因するのではないかと推測できる。

また、脚サイクルの垂直・水平変位には改善は認められなかった。これらの変位は、疾走中の脚動作の大きさを示すものであり、これに関するこれまでの研究^{13), 15)}を統合すると、鍛練者ほど垂直

変位が大きいとされている。本研究では、垂直変位の増大は認められなかったわけであるから、スキッピングトレーニングは、脚動作を大きくすることには効果がなかったと解釈できる。

ま と め

特別なトレーニング経験を持たない一般男子学生9名に、8週間・週3回のMachの理論に基づくスキッピングトレーニングを行わせ、その効果を筋力・敏捷性・パワーなどの体力面、疾走速度・歩数・歩幅などの疾走能力面および身体角度・角速度などの疾走動作面から明らかにし、トレーニング手段としての有効性を検討した。

主な結果は次の通りであった。

- 1) 背筋力・最大無酸素的パワーで、それぞれ1%水準で有意な改善が認められた。
- 2) 動的最大筋力では、膝関節伸展の90・180 deg/sec ($p < 0.05$), 270 deg/sec ($p < 0.01$), 股関節屈曲の30・180 deg/sec ($p < 0.01$), 90 deg/sec ($p < 0.001$)に有意な増加が認められた。動的筋持久力では、股関節屈曲の31—40回, 41—50回の平均にのみ5%水準で有意な増加が認められた。
- 3) 100m 疾走のタイムは、0.40 sec ($p < 0.01$)の有意な短縮が認められた。これは主として平均歩数の増加 ($p < 0.05$) によるものであった。
- 4) 20m 毎の区間別の平均疾走速度は、0—20 m・20—40 m・40—60 m ($p < 0.05$), 80—100 m ($p < 0.01$) で有意な増加が認められた。平均歩数は、40—60 m ($p < 0.01$), 60—80 m ($p < 0.05$) で有意な増加が認められたが、平均歩幅にはトレーニングの効果は見られなかった。
- 5) スキッピングトレーニングにより、最高速度区間の延長、後半の速度低下の減少という傾向が見られ、鍛練者示す疾走の速度曲線に近づいたと言える。
- 6) ランニングの1歩に要する時間は有意に短縮した ($p < 0.01$), そのうち非支持期の短縮は、5%水準で有意であった。
- 7) 脚動作で有意な改善が認められたのは、最大大腿角度、右足接地瞬間の左大腿角度、キック脚が離地してから膝が最高点に達するまでの平均大

腿角速度、最高点に達してから接地するまでの平均大腿角速度であった。これは、スキッピングトレーニングにより、「膝の上がる走法」「キック脚大腿の前方への振り出しと後半への振り戻し動作の速い走法」へ改善したことを意味している。

以上のことから、スキッピングトレーニングは、疾走能力を高め、それは、脚動作とそのスピードの改善、筋力やパワーなどの体力要因の改善によるものであるという知見を得た。すなわち、短距離走のトレーニング手段として有効であると考えられる。

本研究は、昭和61年度文部省科学研究助成金奨励研究A61780159によった。

本研究の一部は、第38回日本体育学会で発表した。

引用・参考文献

- 1) 天野義裕・星川 保・松井秀治「走運動における良い動作とは」第7回日本バイオメカニクス学会大会論文集, 42—45, 1984.
- 2) 青木純一郎・前嶋 孝「無氣的パワーの種目別特性」第25回日本体力医学会報告書, 26—27, 1971.
- 3) Armstrong, L.E. and Cooksey, S.M., "Biomechanical changes in selected collegiate sprinter due to increase velocity," Track and Field Quaterly Review, 83—2: 10—14, 1983.
- 4) Ballreich, R., "Model for estimating the influence of stride length and stride frequency on the time in sprinting events," in Paavo, V. and Komi, P.V.(Eds.), Biomechanics VI-B, University Park Press: Boltimore, 1976. pp. 208—11.
- 5) Deshon, D.E., "A cinematographical analysis of sprint running," Research Quarterly, 35—4: 451—55, 1963.
- 6) Hay, J.G., The biomechanics of sports techniques, Prentice-Hall, Inc.: Englewood Cliffs, 1973. p. 397.
- 7) 星川 保・宮下充正・松井秀治「走および歩における歩幅と歩数に関する研究」体育学研究, 13—3: 162—70, 1969.
- 8) 猪飼道夫・芝山秀太郎・石井喜八「疾走能力の分析」体育学研究, 7—3: 59—70, 1963.
- 9) 生田香明・根木哲郎・栗原崇志・播本定彦「敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力」体育学研究, 26—2: 111—17, 1981.
- 10) 生田香明・栗原崇志・中塘二三生「スプリント能力を高めるためのパワートレーニングに関する研究」デサントスポーツ科学, 2: 158—60, 1981.
- 11) 生田香明・栗原崇志・中塘二三生「スプリントトレ

- ニングが疾走能力および敏捷性・筋力・パワーに与える効果」体育学研究, 29-3: 227-35, 1984.
- 12) 加賀谷熙彦「Walking, Running の Critical speed と stride」日本バイオメカニクス学会(編), スポーツバイオメカニクスへの挑戦, 身体運動の科学, 第5巻, 杏林書院, 1983. pp. 91-100.
- 13) 亀井貞次・松井秀治・宮下充正・星川 保「体育学的立場からの歩及び走の総合的研究」体育学研究, 13-3: 162-70, 1969.
- 14) 金子博昭・根本 勇・宮下充正「年齢および性との関連でみたアインキネティックピークトルクとその持久力」Japanese Journal of Sports Science, 3-1: 91-98, 1984.
- 15) 金子公有・北村潔和「100m 疾走のスピード遞減要因に関するキネシオロジー的分析」日本体育協会スポーツ科学研究報告, 5: 12-20, 1972.
- 16) 栗原崇志・生田香明・中塘二三生・播本定彦「スプリントトレーニングが疾走フォームに与える効果」体育学研究, 29-4: 286-94, 1985.
- 17) Luhtanen, P. and Komi, P.V., "Mechanical factors influencing running speed," in Amussen, E. and Jorgensen, K.(Eds.), Biomechanics VI-B, University Park press: Boltimore, 1978. pp. 23-29.
- 18) Mach, G., Mach's sprint training, 講談社, 1975. pp. 82-83.
- 19) Mach, G., Sprint and hurdle, Canadian Track and Field Association, 1980. pp. 6-12.
- 20) Margaria, P., Agheme, P. and Rovell, E., "Measurement of muscular power in man," Journal of Applied Physiology, 21: 1162-64, 1966.
- 21) 宮丸凱史「短距離疾走フォームに関する研究」東京女子体育大学紀要, 6: 22-33, 1971.
- 22) 宮下 憲・阿江通良・横井孝志・橋原孝博・大木昭一郎「世界一流スプリンターの疾走フォームの分析」Japanese Journal of Sports Science, 5-12: 892-98, 1986.
- 23) 村木征人・宮川千秋「短距離疾走の加速過程における運動の変化」東海大学体育学紀要, 3: 55-72, 1973.
- 24) 村瀬 豊・亀井貞次・星川 保「陸上選手と非鍛練者に見られる走行中の足の動きの速さの違いについて」体育学研究, 16-5: 273-79, 1971.
- 25) 日本陸上競技のコーチングマニュアル-基礎編, ベースポールマガジン社, 1987. pp. 53-55.
- 26) 日本陸上競技連盟科学委員会, 体力測定, 講談社, 1975. pp. 51-87.
- 27) 齊藤 満・星川 保・宮下充正・松井秀治「走速度増加に対応する下肢関筋の動きについて」体育学研究, 16-5: 265-71, 1971.
- 28) Saito, M., Kobayashi, K., Miyasita, M. and Hosikawa, T., "Temporal pattern in running," in Nelson, R. C. and Morehouse, C.A.(Eds.), Biomechanics, IV, University Park Press: Boltimore, 1973. pp. 107-11.
- 29) 齊藤慎一・横井孝志「スプラインディジタルフィルターによるデータスムージングのための Basic プログラム」筑波大学体育科学系紀要, 5: 201-06, 1982.
- 30) 佐々木秀幸「Gerald Mach の Sprint 理論について」東洋大学教養課程篇, 21: 11-20, 1982.
- 31) Sepega, A.A., Nicholas, J.A., Sokolow, D. and Saraniti, A., "The nature of torque" overshoot" in Cybex isokinetic dynamometry," Medicine and Science in Sports and Exercise, 14: 368-75, 1982.
- 32) 鈴木秀次・渡部史郎・鈴木正隆・阿部 馨「ランニングスピード増大に伴って変化する大腿の動きと EMG 活動」第7回バイオメカニクス学会大会論文集, 55-61, 1984.
- 33) Thorstensson, A. and Karlsson, J., "Fatiguability and fiber composition of human skeletal muscle," Acta Physiologica Scandinavica, 98: 318-22, 1976.
- 34) 宇部 一「短距離疾走トレーニングにおけるスキッピングの動作分析」日本体育学会第36回大会号, 655, 1985.
- 35) 宇部 一「スキッピングトレーニングが疾走フォームに与える効果について」日本体育学会第37回大会号 A, 368, 1986.