

中学生の有酸素的作業能について

—12分間多段階サイドステップ運動による—

筑波大学附属駒場中・高校

川畑栄一・深野 明・小沢治夫

入江友生・大矢 稔

日本大学医学部

富原正二・大川信夫

埼玉医科大学

藤牧利昭

中学生の有酸素的作業能について

—12分間多段階サイドステップ運動による—

筑波大学附属駒場中・高校

川畑栄一・深野 明・小沢治夫・入江友生・大矢 稔

日本大学医学部

富原正二・大川信夫

埼玉医科大学

藤牧利昭

1. 緒言

教育現場において、生徒の体力向上は必須のことであるが、特に持久力の向上をめざした場合、これを実施する施設、人数、器具・用具や天候、安全性、定量の負荷が与えられるかどうか、などの点から考えた場合、持久性を向上させることは必ずしも容易でない。

最近、藤牧らは多段階サイドステップ運動を用いた有酸素作業能の評価法を考案しエルゴメータ法との比較から本法の検査法としての有効性について報告している。¹⁾ 衆知のごとく side step はスポーツテストのひとつとして敏捷性を評価する目的で広く行なわれているが、今回我々は、本法を応用した一定のリズムにあわせて行なう12分間多段階サイドステップ運動の検査法としての有効性について、トレッドミル法との比較から検討し、さらにトレーニングとしてこの多段階サイドステップ運動を用いた場合、効果が有りや否やについて検討した。

2. 方法

(実験1)

中学三年生の界子3名に対して、12分間多段階サイドステップ運動及び12分間多段階トレッドミル走運動を行わせ、呼吸循環系の反応を測定した。サイドステップ運動ではメトロノームを用いて一定リズム(80回/分)に合わせて被験者に運動を行わせた。運動は、距離80cmから始め4分間毎に100cm、120cmと20cmずつ漸増させて計12分間の運動を行わせた(図1)。またトレッドミル走運動は傾斜3°で120m/nimのスピードから始め、4分間毎に140m/nim、160m/nimと20m/nimずつスピードを漸増させて計12分間の走運動を行なわせた。

運動中の心拍数はテレメータ(三栄測器社製)を用いて胸部双極誘導のECGから求めた。

運動中の肺換気量及び酸素摂取量はMIJNHARDT社製(オランダ)OXYCON SYSTEMにより分析した²⁾。OXYCON SYSTEM $\dot{V}E$ は dry gas meter によって、 $\%O_2$ は paramagnetic oxygen analyzer によって分析され、さらにコンピュータによって1分間ごとの $\dot{V}E$ 、 $\%$

O₂, VO₂ 等が計算され on line にて print out される。分析にあたっては scholander 微量ガス分析器にて較正を行った。また被験者には Borg's original scale (Rating Perceived Exertion Scale : RPE, 主観的作業強度) を用いて 4 分目毎の主観的な作業の強さをチェックさせた。

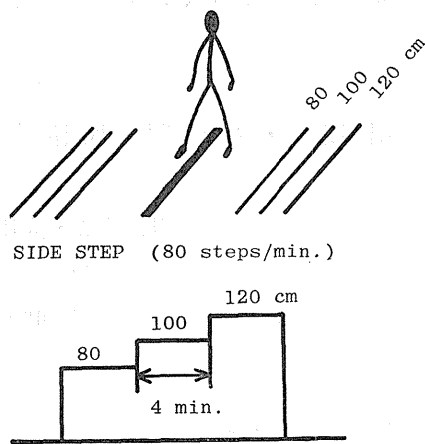


Figure 1. Method

(実験 2)

10名の界子中学3年生を二群に分け、A群はトレーニング群、B群は非トレーニング群(対照群)とした。被験者を二群に分けるにあたっては全員に1,500m走を行わせ、両群の平均値がほぼ等しくなる様に配慮した。トレーニングの前後には実験1と同じ12分間多段階サイドステップ運動を行ない呼吸循環系の反応を測定した。測定器具、パラメーター等についても実験1と同様である。以上の方法を用いて、A群には週3回、連続4週間のトレーニングを実施した。両群の被験者特性は表1の如くで1,500m走において本校中学生120名(X±SD:5分58秒±29秒)の中では比較的記録の劣る者を選んだ。トレーニング4週間の期間中は、体育の授業は鉄棒運動のみであり、両群の被験者には持久性を要する運動はできる限り行なわせないよう配慮した。

Table 1. Characteristics of the subject

	Standing Height (cm)	Body Weight (kg)	Side step Score	Step test Score	50 m Dash (sec.)	1500 m Run (sec.)
A Group	168.1 6.1	50.2 7.3	45.2 3.7	51.3 5.5	7.3 0.3	395.4 23.1
B Group	161.2 2.6	51.1 3.4	42.8 2.3	51.2 4.8	7.9 0.3	402.6 39.9

(実験 3)

本校男子中学三年生のうち、体力水準のほぼ平均的レベルにある者5名を被験者とし、実験2と同様の方法にて、文部省で定められた授業時数と同じ回数即ち週2回で連続4週間の多段階サイドステップ運動によるトレーニングを行わせ、これもトレーニング前後における多段階サイドステップ運動時の呼吸循環系の反応を測定した。

3. 結果

(実験1)

3名の被験者について、トレッドミル運動とサイドステップを用いた多段階漸増法による呼吸循環系の反応の様相は図2のごとくであった。トレッドミル運動に比較して、サイドステップ法の心拍数に対応する酸素摂取量はやや少な目に出る傾向にあったが有意な差は見られなかった。又、トレッドミル運動、サイドステップ運動ともに $\dot{V}O_2$ —心拍数関係の傾き方はほぼ同様の傾向を示した。

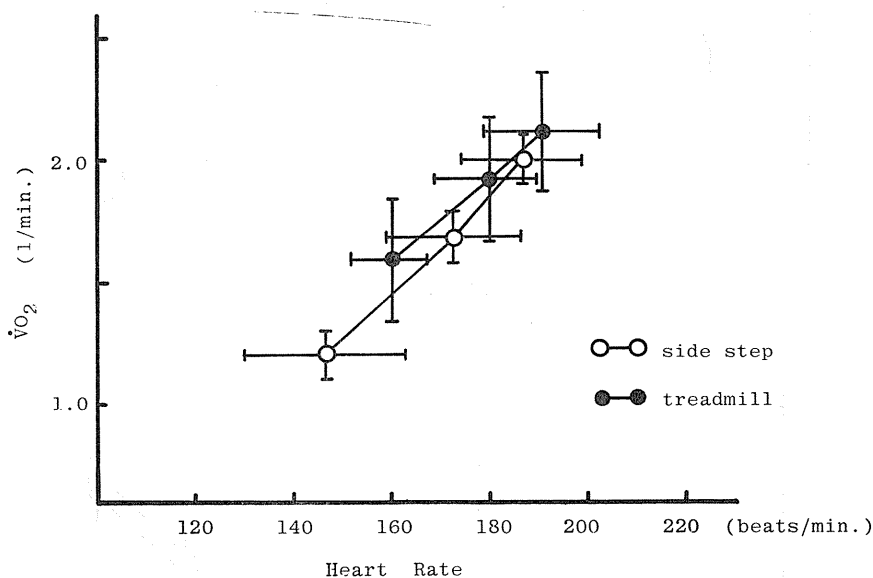


Figure 2.

(実験2)

トレーニング群の心拍数は80 cm, 100 cm, 120 cmとステップの距離の増加とともに直線的な増加を示した。またトレーニング前では平均心拍数が180拍/分から205拍/分であったがトレーニング後では184拍/分から187拍/分と増加の程度も低くなる傾向にあり、それぞれの間隔におけるトレーニング前とトレーニング後の値との間には有意差がみられ、トレーニング後では心拍数の上昇が少なくなる傾向がみられた。一方対照群の第1回測定時および4週間後の第2回測定時の心拍数もトレーニング群と同様な傾向がみられ、前後2回の測定における心拍数の間に有意差がみられ、4週間後の値が低下していた。

A, B両群のトレーニング前後における各段階 $\dot{V}E$ を図4に示した。A, B両群ともトレーニング前後いずれにおいても心拍数と同様、負荷の漸増に伴って $\dot{V}E$ が漸増した。トレーニングの前後の値を比較すると、B群では変化がみられなかった。A群では80 cm時—5.8 l, 100 cm時—8.5 l, 120 cm時—10 lの低下を示したが、有意な差ではなかった。

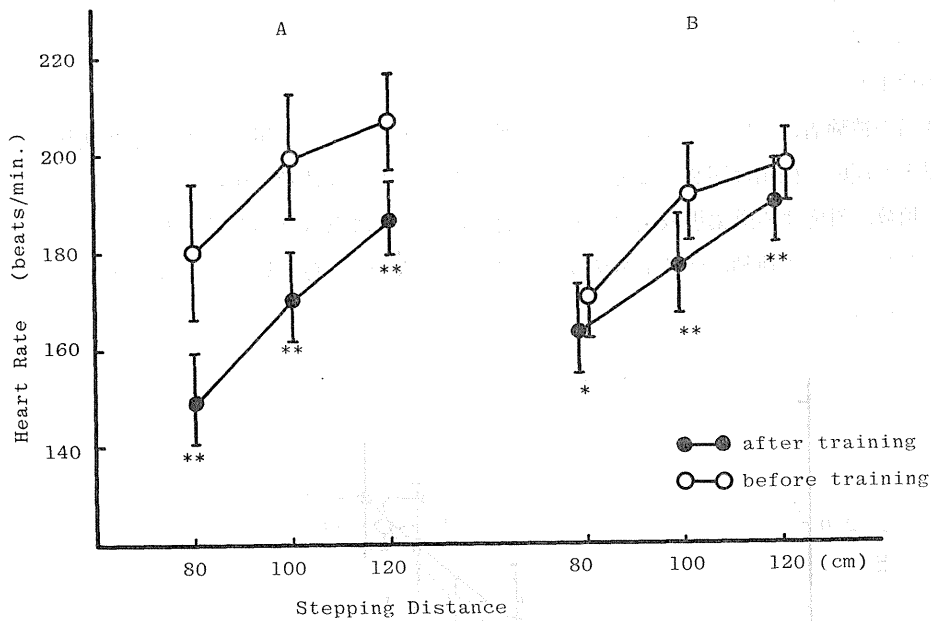


Figure 3.

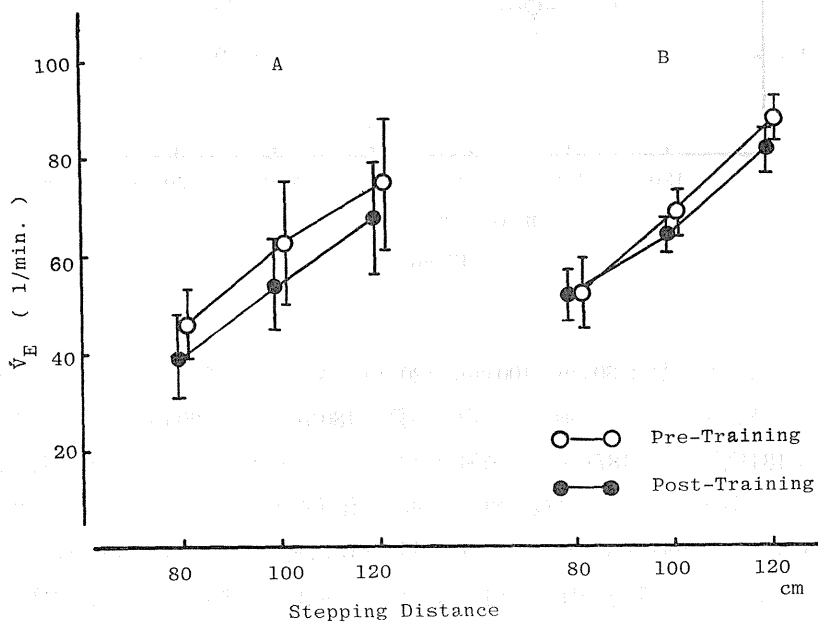


Figure 4.

A, B 両群のトレーニング前後における $\dot{V}O_2$ の各段階ごとの平均値, 標準偏差を図 5 に示した。A, B 両群とも, トレーニングの前後いずれにおいても距離の 20 cm 漸増により, $\dot{V}O_2$ が 0.2—0.3/分増加を示した。トレーニング前後の値を比較すると, A, B 両群とも, 80 cm, 100 cm,

のいずれにおいても $\dot{V}O_2$ は有意に低下した。 $\dot{V}O_2$ の低下量をみると、A群では80 cm時0.33 l、100 cm時0.28 l、120 cm時0.43 lであったが、B群ではそれぞれ、0.11 l、0.19 l、0.27 lであった。

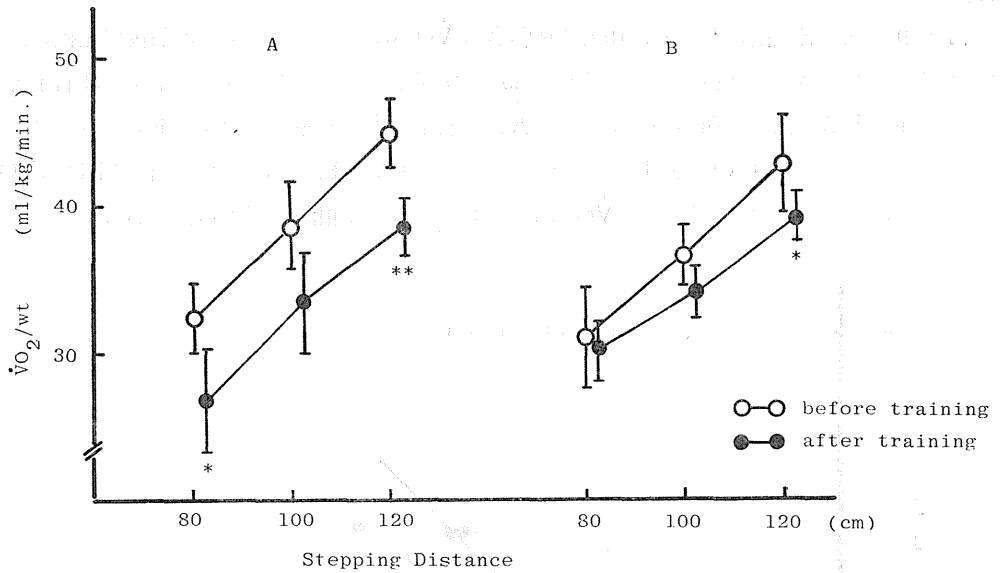


Figure 5.

A, B両群のトレーニング前後における $\dot{V}O_2$ /wtを図6に示した。全体の傾向としては $\dot{V}O_2$ とほぼ同様の結果が得られた。

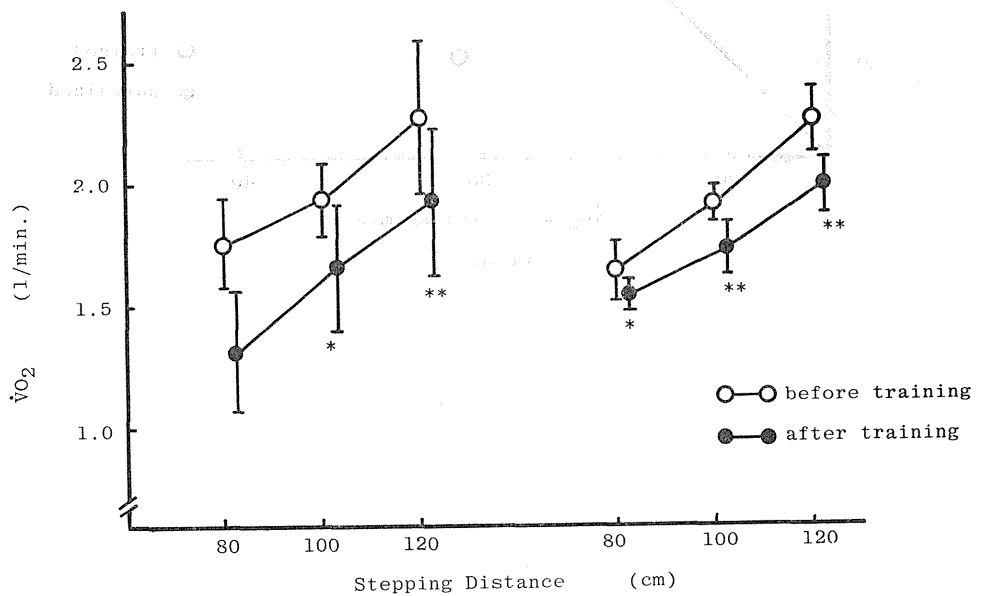


Figure 6.

両群についてトレーニング前後の値を比較したところ $\dot{V}O_2$ では、A、B両群ともに各段階で有意な低下を示したが、 $\dot{V}O_2/wt$ （体重当り酸素摂取量）では、A群が80 cm および 120 cm 時に、B群では 120 cm 時のみに有意の低下がみられた。図からも明らかなようにA群の低下量の方がB群に比べ大きな値であった。

図7～9には、各段階における、10名の被験者の $\dot{V}O_2/wt$ をトレーニングの前後で比較したものである。トレーニング前後で差がなければ45°の実線にプロットされ、低下すれば右下方向にプロットされる。図から明らかなように、A群は右下の方に分布しており、トレーニングによって各段階における $\dot{V}O_2/wt$ が低下したことがうかがわれる。またトレーニング後における $\dot{V}O_2/wt$ の低下量とトレーニング開始時の $\dot{V}O_2/wt$ との間には有意な相関は認められなかった。

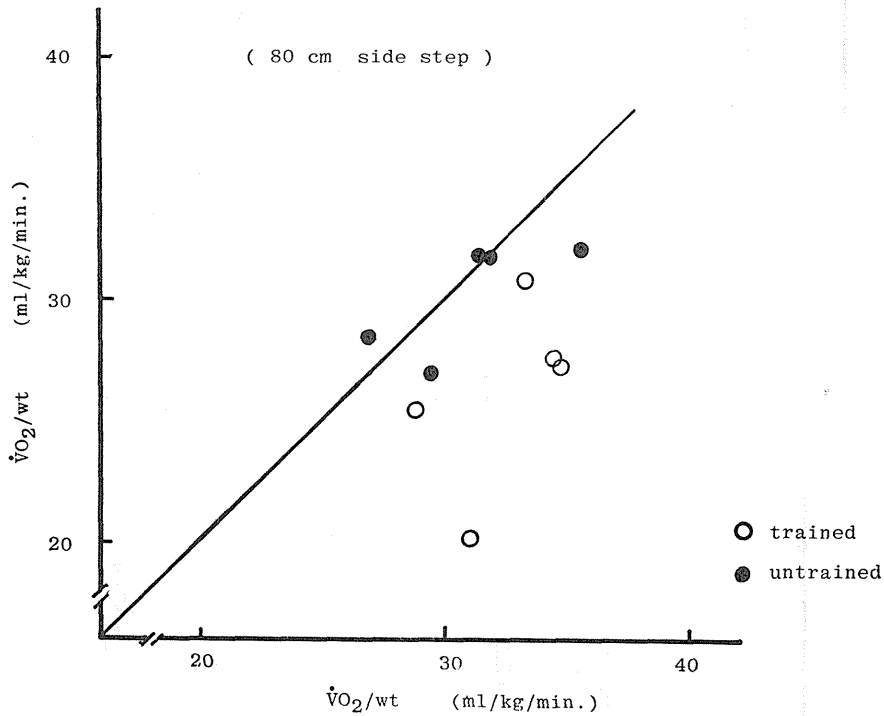


Figure 7.

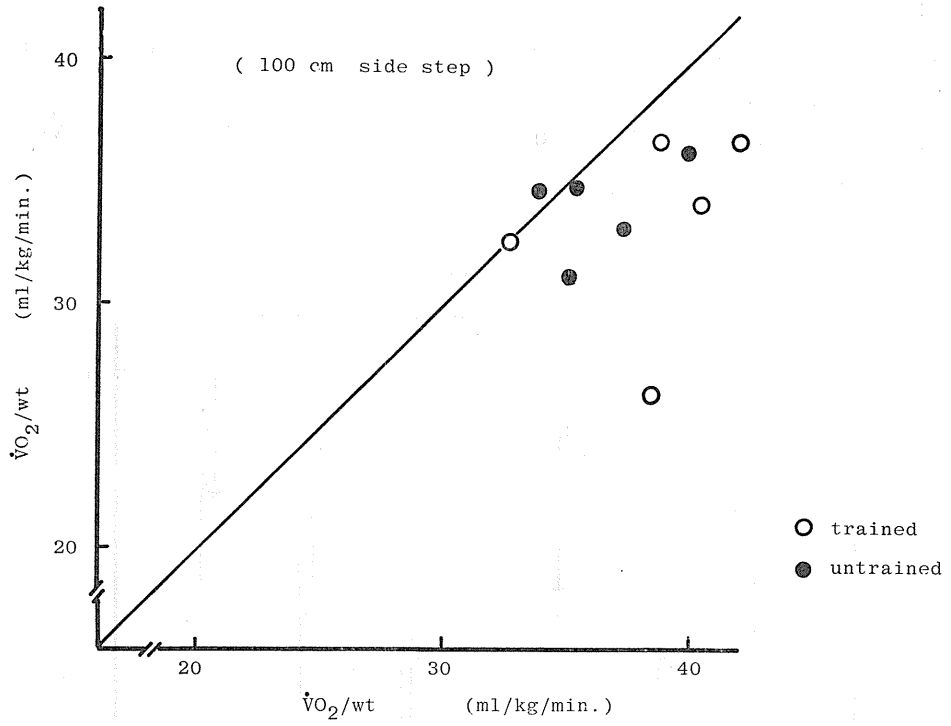


Figure 8.

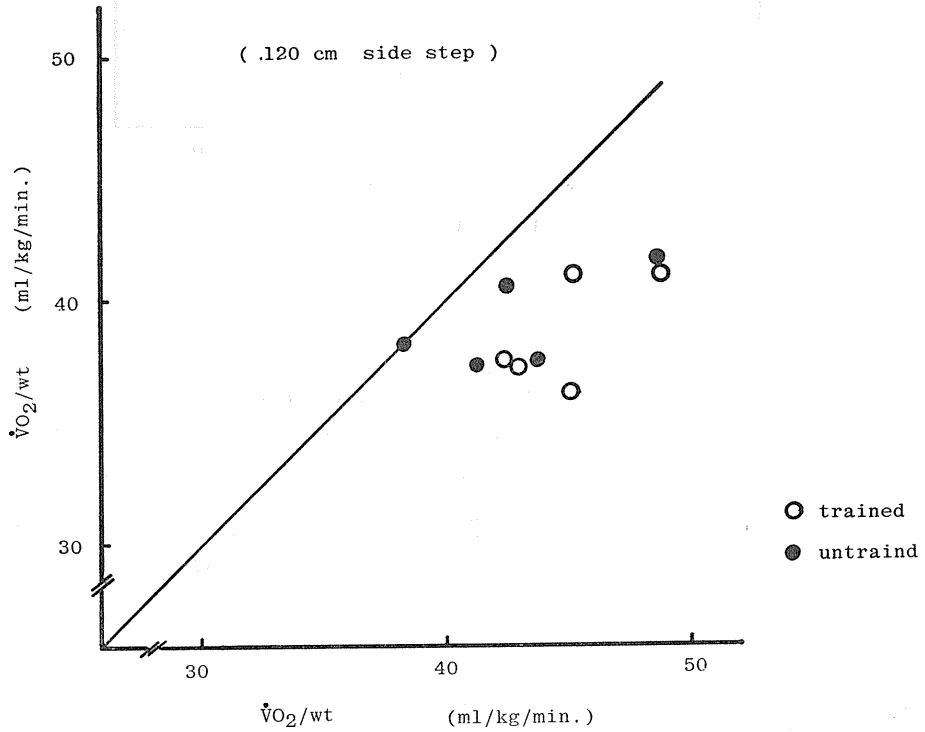


Figure 9.

(実験3)

この実験で選んだ被験者は、本校男子中学三年生のうち、体力レベルがほぼ平均にある者5名であるが、多段階サイドステップ運動をトレーニングとして週2回、4週間続けさせた場合の $\dot{V}O_2/wt$ 、心拍数の各段階ごとの変化は図10に示すごとくである。図から明らかな様に $\dot{V}O_2/wt$ 、心拍数ともに4週間のトレーニング後はいずれも有意な減少を示した。

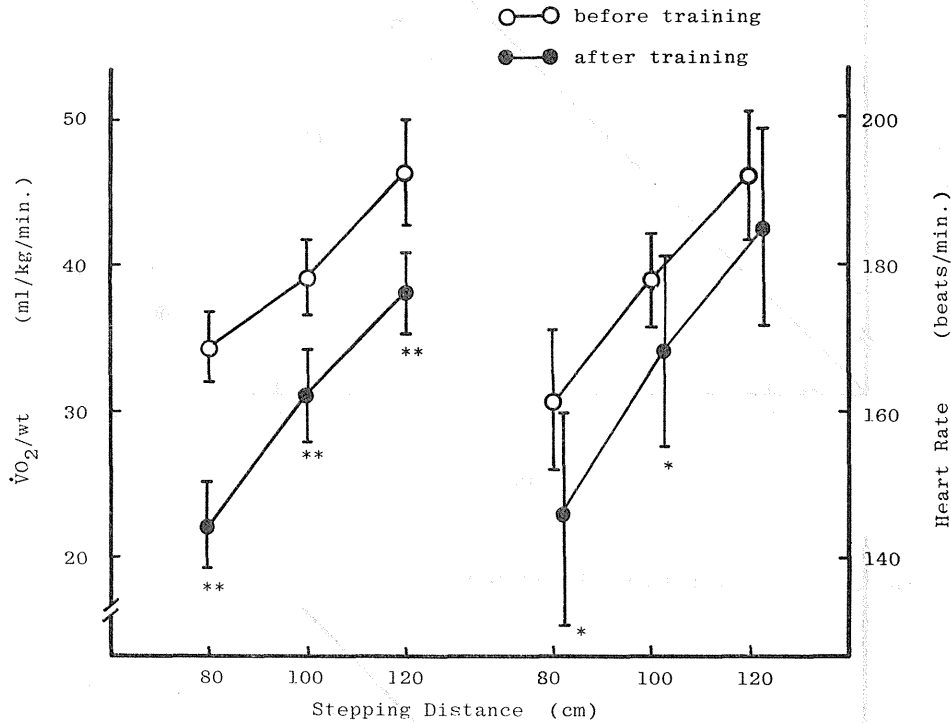


Figure 10.

4. 考 察

1) 現在、呼吸循環系に対する定量的負荷方法としては、トレッドミル運動および自転車エルゴメーター運動が一般に用いられている。これらの方法が定量的に優れていることは広く知られていることであるが、緒言にも述べた通り、教育現場において、これらの方法を採用するのは種々の点で困難である。サイドステップ運動は敏捷性テストとして広く用いられている。このサイドステップを一定のリズムに合わせて行ない、呼吸循環系に対する定量的負荷の方法とすることが藤牧らによって考案された。そこで今回、本校中学生を対象としてサイドステップ運動が、検査方法およびトレーニング方法として有効であるか否かについて検討した。

藤牧らは負荷強度をステップ頻度とステップ間隔のパラメータで変えることができること、および、心拍数— $\dot{V}O_2$ 関係が自転車エルゴメーター運動における心拍数— $\dot{V}O_2$ 関係とよく一致す

ることを報告している。今回の実験1においては3名の被験者に傾斜3°のトレッドミル速度漸増負荷法による12分間走を行なわせ、80回/分でステップ間隔が80 cm, 100 cm, 120 cmと4分ごとに漸増するサイドステップ運動との比較を行なった。運動様式が異なる2種の運動について比較する場合、とくに最大下の負荷では、負荷の設定が難しい。図2に示す通り、サイドステップ運動では、心拍数145前後からの負荷であるのに対し、トレッドミルは心拍数160前後からの負荷となった。心拍水準の低い方では両運動の心拍数- $\dot{V}O_2$ 関係にわずかな差がみられるが、より高いレベルでは、両者間に大きな差は見られなかった。

今回の被験者は運動時の心拍水準が高く、運動中に心拍数が200を超えながら、なお余裕を残している者が多くみられた。すなわち、これら被験者においては140程度というのは低い心拍水準と考えられ、情動やその他の影響を受けるものと考えられる。そして一方、より高い心拍水準では両運動の心拍数- $\dot{V}O_2$ 関係がよく一致していることから、サイドステップをトレッドミル走と同様の負荷法として扱えるのではないかと考えた。

2) 持久走トレーニングがヒトの呼吸循環系に良好な影響を与えることは衆知の事実であるが、教育現場では、施設、トレーニングを受ける人数、時間などの点を考慮した場合に、体育の授業等ではこれを実施することが困難な場合がある。我々は以上の点を解決できる方法として、多段階サイドステップ運動を用いた持久運動に着目し、これをある集団においてその平均レベルよりやや劣る生徒を対象として4週間のトレーニング実験を試みた。その結果、まず心拍数であるが、トレーニング群・対照群ともに各段階において有意な減少が認められたが、対照群にみられる減少の割合は5.3%であり、これはおそらくテストに対する慣れ、もしくは4週間後の実験日が前に比べて室温で約4°C低かったことなどが影響しているものと考えられる。従ってトレーニング群にみられた減少率13.7%には、これによる差があるものと考えられる。即ち、心拍数はトレーニングによって約8%低下したと考えるとよいと思われる。

次に換気量であるが、これはトレーニング群、対照群とも有意な差は認められなかったが、トレーニング群の方がやや減少した値を示しており、換気量もトレーニングによってやや減少すると思われるが、これは呼吸法の慣れによるものであるかもしれない。しかし、これも有意なものではないので心拍数や $\dot{V}O_2$ に大きな影響を与える因子とはなっていないと考えられる。

最大下負荷では $\dot{V}O_2$ がトレーニングにより低下することはよく知られている。本研究においても、 $\dot{V}O_2$ はトレーニングによって有意な減少を示し、その割合は、平均17.3%であった。対照群においても9.3%の減少がみられたが、これもテストに対する慣れ、自然減、温度差などによるものと考えられる。従って、 $\dot{V}O_2$ の場合も心拍数の場合と同様トレーニングによって約8%の減少を示したと考えるとよいと思われる。体重当り $\dot{V}O_2$ も $\dot{V}O_2$ と同様で、トレーニング群は15.3%の減少、対照群は6.3%の減少を示し、トレーニングによって、約9%の減少があったと考えられる。

以上より、今回我々が行った12分間多段階サイドステップ運動は、週3回、4週間で行わせた場合、体力水準のやや低い者で酸素作業能は約8~9%向上させることができると考えられた。

3) 現在中学3年生の体育の授業は週2時間で行われているが、体力トレーニングには週3回以上で行われなければその効果は少ないと言われていることから考えた場合、現行のカリキュラムでの時間数は疑問が残るところである。

今回我々が得た結果では、心拍数は6%減であったが、 $\dot{V}O_2/wt$ では21.6%の減少を示し、トレーニング効果が認められた。すでに著者らは、中学2年生に対して週3回、3週間の4,000mトレーニングを実施し、 PWC_{170} による調査より、その効果を認めているが、体力レベルの決して高くない生徒達にとっては、心拍数が180以上に上がる様式の運動であれば、週2回の頻度でも効果があると思われる。今回の12分間多段階サイドステップ運動は週2回、4週間でも効果があったと考えられた。しかし、本校において体育の授業が週3時間から、週2時間に編成されてから、中学3年生の体力水準、特に持久力はやや低下を示している。これが体力レベルの高い者に著しいのか、又は低い者に著しいのか、今後本法等を用いて、トレーニング量、授業時間数などの点については更に検討する必要がある。

結 論

中学3年生を対象にして、12分間多段階サイドステップ運動を行わせ、本法の検査としての有効性、体力レベルのやや低い者に対する、週3回、4週間プログラムの効果、週2回、4週間プログラムの効果について検討し、以下の結果を得た。

- 1) 12分間多段階サイドステップ運動は、自転車エルゴメータ、トレッドミル運動に比較して検査法として用い得ると考えられた。
- 2) 12分間多段階サイドステップ運動を週3回の頻度で4週間トレーニングを行ったところ、呼吸循環系の機能は促進され、本法はトレーニング法のひとつとしても有効であることが明らかとなった。
- 3) 中学3年生の平均的レベルにある生徒を対象に本法を週2回の頻度で4週間トレーニングを行ったところ効果が認められた。

- 1) 藤牧利昭他：多段階 Side Step 運動における心拍反応，東京体育学研究，第8号，1981 印刷中
- 2) Mieczyslaw J. Palka : Fitness of teenage boys in Poland, Ergonomics, Vol. 22, No. 12, 1291-1299, 1979
- 3) H. C. G. Kemper, R. A. Binkhorst, R. verschuur, and A. C. A. Vissers : Reliability of the Ergo-analyzer, C. V. P. 1976.
- 4) 川畑栄一他： PWC_{170} の変化からみた中学生の3週間の持久走プログラムの効果について，東京教育大学附属駒場中・高校研究紀要 Vol. 14. 37-52, 1975.