
身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響

(その2) -長期トレーニングの影響-

佐野裕司¹、片岡幸雄²、小山内博³

¹東京大学 ²千葉大学 ³健康づくり研究会

Effects of Physical Exercise on Accelerated Plethysmogram (Report 2)
- Effects of Long-Term Physical Training on Accelerated Plethysmogram -

Yuji SANO¹, Yukio KATAOKA² and Hiroshi OSANAI³

¹The University of Tokyo ²Chiba University ³The study group for Health Development

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of long term moderate jogging on Accelerated Plethysmogram (APG). Fifteen women (aged 37-58 yrs) who had C-G pattern of APG before training volunteered in the study. Jogging programs consisted of more than 15 minutes of duration, once or more a week of frequency for three months. In addition, 3 times or more a week of frequency during the last third month. Five waves (a-e) were discriminated in APG shape and the area above the baseline of APG were defined as positive area (+) which included a and e wave, and the area below including b, c, and d wave was defined as the negative area (-). The ratios of the height of b, c, and d wave to that of "a" wave were calculated. APG Index was formulated as $(-b+c+d)/a \times 100$.

The results obtained are summarized as follows.

- 1) Systolic and diastolic pressure at rest and body weight decreased significantly with no change in the resting heart rate after training. While subjects who had A-B patterns of APG increased, subjects with C-G patterns decreased after training. APG index, the ratio of c/a and d/a increased, and the ratio of b/a became lower after training.
- 2) There was a tendency that the less changes diastolic pressure, the less changes the ratio of b/a and c/a and the higher the ratio of d/a in the relationship between changes in blood pressure and changes in the components of APG after training.
- 3) These findings indicate that long term jogging training is effective to improve peripheral blood circulation according to APG, which gave useful information in the relation between changes in APG shape and changes in the resting blood pressure after training.

目的

指尖容積脈波の二次微分波である加速度脈波 (Accelerated plethysmogram; APG) は非観血的な末梢循環動態の検査方法の一つである。この方法は、従来の容積脈波に比べ基線が安定し、またその中に含まれる微妙な波が拡大強調されるので

波形パターンの認識や解析が容易である。

近年、加速度脈波に関する研究がすすむと同時に、手軽に加速度脈波の測定ができる機器も開発されたので研究室のみならず医療の場やトレーニングジム等でも利用されるようになってきた。

加速度脈波の研究は、著者らが波形のパターン

化と定量化を試み、それらを指標に加齢、血圧、疾患などの関係を明らかにしてきた^{13,14)}。身体トレーニングに関する検討は、これまで波形パターンからの検討のみであった¹³⁾ので、前報¹⁷⁾では一回のランニングの影響を定量的に捉えると同時に脈拍や血圧との関係を検討した。その結果では、加速度脈波の波形パターンでC~Gを示す者では一回のランニングで一時的に加速度脈波からみた末梢循環動態が若年者の方向に向かって改善し、それを加速度脈波の波形パターンや数量値で判断できる結果を得た。これはランニングを中心としたトレーニングを継続することで安静レベルの加速度脈波の改善も可能であることを暗示するものである。

そこで今回は、ランニングを中心とした長期間のトレーニングについて、波形パターンの検討のみではなく、定量的な検討を加えることにした。

方法

1) 対象

対象は東京都立多摩スポーツ会館の利用者で、次の条件を満たした女性15名であった。

- ・これまでに特に積極的な身体トレーニングが行われていない者
- ・トレーニング前の数週間に渡り加速度脈波の波形パターン(図2)がC~Gを示した者
- ・3ヶ月間以上のトレーニングが行われた者
- ・トレーニング期間の全経過を通じて週1回以上のトレーニングが行われた者

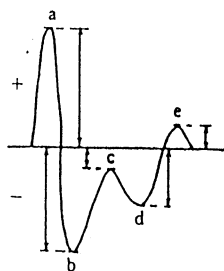


図1 加速度脈波波形のa~e波
Fig. 1. Components(a~e) of accelerated plethymogram(APG).

・トレーニングの最後の1ヶ月間には週3回以上のトレーニングが行われた者

・トレーニングの内容は15分以上のランニング中心としたトレーニングが行われた者

対象者の年齢は37~58歳で 47.5 ± 6.08 (平均値 \pm 標準偏差) 歳、身長は143.1~159.4cmで 150.9 ± 5.56 cm、トレーニング期間は90~351日で 188.5 ± 87.96 日であった。

2) 加速度脈波の測定方法

加速度脈波の測定装置は日本光電工業社製のAA-601H とAR-650H に微分回路ED-601G(時定数0.01 sec)を2個直列に接続したものである。記録は、従来の指尖容積脈波とその速度脈波および加速度脈波の3波形を同時記録し、ペンオシログラフで行った。ペーパースピードは50mm/secで行った。その際に、それぞれの脈波の波高をそろえるように記録した。ピックアップは、日本光電工業社製のMPP-3Bを用いた。

測定は座位で、指の高さを心臓位とし、10分以上の安静をとらせた後に左手III指で行った。また、日本コーリン社製の自動血圧計を使用して、同時に右手で血圧測定を行った。

3) 加速度脈波波形の分析

著者らは加速度波形の中に含まれる波を図1のごとくa~eに分類している^{13,14)}。基線から上部をプラス(+)とし、下部をマイナス(-)と定めた。加速度脈波の分析は、その波の様相の定量化とパターン化で、これまでの著者らの方法に準じた^{13,14)}。波形の定量化はb/a比、c/a比、d/a比および加速度脈波の総合的な指標としての $APG\text{Index} = (-b+c+d)/a \times 100$ について行った。波形のパターン化は図2に示ごとくA~Gの7種類である。

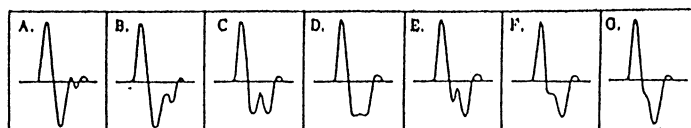


図2 加速度脈波波形のパターン分類
Fig. 2. Typical patterns (A~G) of accelerated plethymogram(APG).

4) 統計学的処理

トレーニング期間中の加速度脈波, 血圧, 体重等の測定は, 週に1回行われたが, 今回は, トレーニング前後について検討した。

データを処理した結果は, 平均値±標準誤差で表した。また, 対応のある2群間の検定は, paired t-testを用いた。

結果

1) 長期トレーニングによる体重, 脈拍, 血圧, 加速度脈波波形の変化

トレーニング前と後の体重, 脈拍, 血圧および加速度脈波の数量値を図3に示した。体重はトレーニング前の $51.3 \pm 2.44\text{kg}$ がトレーニング後に 49.5 ± 1.92 ($p < 0.05$)と有意に低下した。脈拍は 72.5

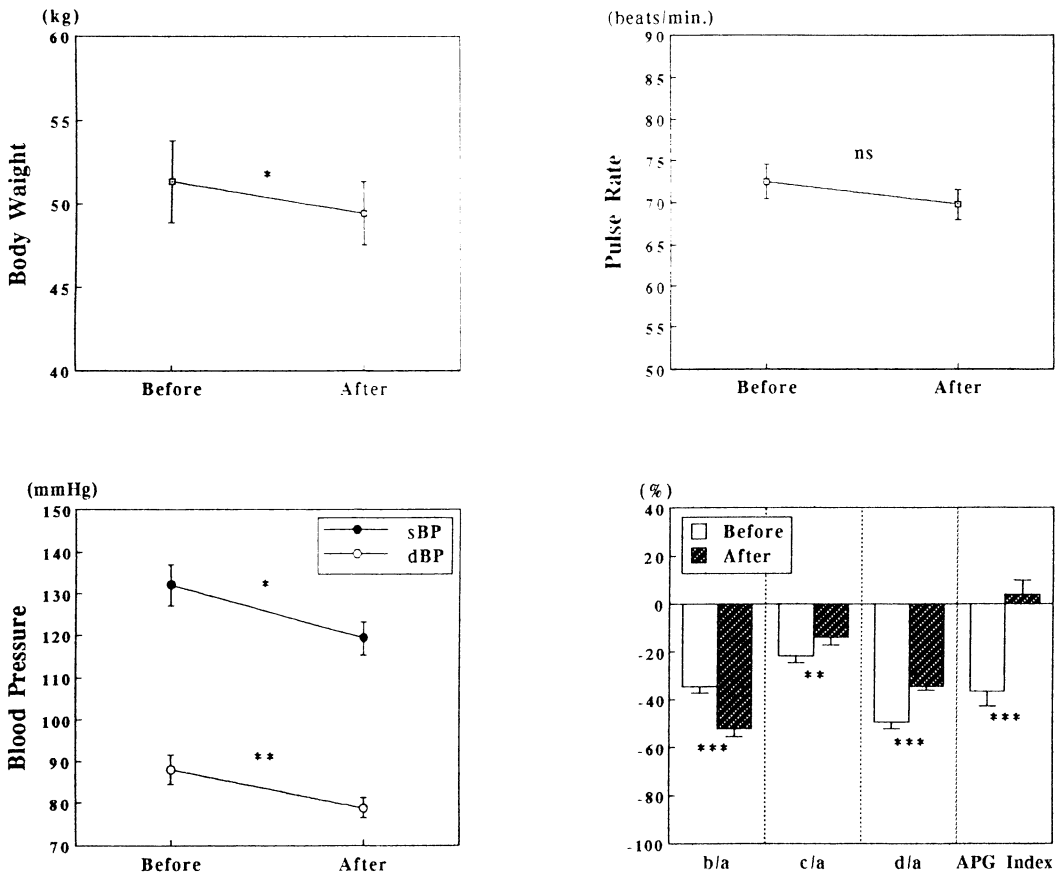


図3 トレーニング前と後の体重、脈拍、b/a比、c/a比、d/a比、APG Index (女・15名)
 Fig. 3. Body weight, pulse rate, blood pressure, b/a, c/a, d/a and APG Index before and after training (female n=15).

Values are mean ± SE. sBP; Systolic Blood Pressure. dBP; Diastolic Blood Pressure. b/a, c/a and d/a; ratio of each component (b~d) to "a" component of accelerated plethysmogram (APG). APG Index; $(-b+c+d)/a \times 100$.

Asterisk denotes significant difference from the rest. *; $p < 0.05$ **; $p < 0.01$ ***; $p < 0.001$

±2.13beats/minが69.8±1.82と有意な変化が認められなかった。収縮期血圧は132.1±4.90mmHgが119.5±3.99(p<0.05), 拡張期血圧は88.1±3.39mmHgが79.0±2.47(p<0.01)とそれぞれ有意に低下した。b/a比は-34.3±2.72%が-52.1±3.24(p<0.001)と有意に小さくなり, c/a比は-21.7±2.96%が-13.8±3.55(p<0.01), d/a比は-49.5±2.79%が-34.5±1.57(p<0.001)とそれぞれ有意に大きくなった。また, その結果としてAPG Indexは-36.9±5.93が3.8±6.26(p<0.001)と有意に大きくなった。

トレーニング前と後の加速度脈波の波形パターンを図4に示した。トレーニング前には, Cが26.7% (4名), Dが20.0% (3名), Eが26.7% (4名), Fが20.0% (3名), Gが7.7% (1名)であったが, トレーニング後には, Aが13.3% (2名), Bが66.7% (10名), Cが6.7% (1名), Eが13.3% (2名)となった。

2) トレーニングによる血圧の変化量と加速度脈波の変化量(トレーニング後-トレーニング前)との関係

収縮期血圧と拡張期血圧別に血圧の変化量(Δ

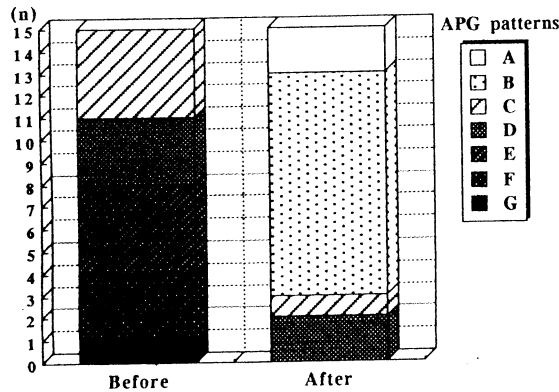


図4 トレーニング前と後の加速度脈波の波形パターン
Fig. 4. Typical patterns (A~G) of accelerated plethysmogram (APG) before and after training (female n=15).

表1 トレーニングによる血圧の変化量(ΔsBP, ΔdBP)と加速度脈波の数量値の変化量(Δb/a, Δc/a, Δd/a)の相関係数
Table 1. Correlation coefficient between amplitude of ΔsBP, ΔdBP and Δb/a, Δc/a, Δd/a

	ΔsBP	ΔdBP
Δb/a	0.145	0.482
Δc/a	0.207	0.504
Δd/a	-0.291	-0.426

ΔsBP; Changes on systolic Blood Pressure before and after training
 ΔdBP; Changes on diastolic Blood Pressure before and after training
 Δb/a; Changes on b/a before and after training.
 Δc/a; Changes on c/a before and after training.
 Δd/a; Changes on d/a before and after training.
 b/a, c/a and d/a; the ratio of each component(b~d) to "a" component of accelerated plethysmogram (APG).

sBP, Δ dBP) と加速度脈波の変化量 (Δ b/a比, Δ c/a比, d/a比) との相関係数を表1に示した。

Δ dBPは Δ sBPに比べ大きな相関係数が示され, Δ dBPが小さいほど Δ b/a比, Δ c/a比が小さく, Δ d/a比が大きくなる傾向がみられた。しかし, 有意ではなかった。

考 察

指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波は, 全身の末梢循環動態の一つの指標になり得るものと考えられる^{15, 16)}。そしてこの方法は末梢循環動態の一拍動の中に含まれている微妙な差を拡大強調している。その一拍動の差は僅かであるが毛細血管の場で行われている組織との栄養やガスの交換に微妙な差を生じ, 長(年月)の間には組織に器質的な病変をつくる可能性が考えられる。

著者らは, 身体活動と加速度脈波からみた末梢の血液循環動態とに密接な関係があること, 肺腫瘍, 子宮筋腫, 卵巣腫瘍, 脳卒中, 虚血性心疾患などある種の腫瘍や循環器疾患の既往症や現症を有する者, さらに, それらの疾患が発生する以前にとらえることができた者の加速度脈波が末梢の血液循環動態が悪いと考えられる波形パターンを示す例が多いことを報告した¹⁴⁾。一方, 身体活動は腫瘍の発生を抑制する効果があるとする報告が数多くあり^{2, 3, 12)}, 腫瘍の発生機序に酸素不足説がある²¹⁾。また, 身体活動量と虚血性心疾患の発生との関係も報告されている¹²⁾。これらのことを合わせて考えると, 加速度脈波がある種の腫瘍や循環器疾患の発生と関係があり, 適当な身体トレーニングを継続的に行い加速度脈波を良好に保つことによって, それらの疾患の予防が可能であるとの考えも成り立つ。したがって, 身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響について詳しく検討し, 加速度脈波を良好に保つ身体トレーニングを明らかにする必要があると考えられる。

前報では加速度脈波の定量的検討から, 一回のランニング後に一時的に加速度脈波が若年者の方向に向かって改善する結果が得られ, ランニング

のような持久的トレーニングの継続が安静時レベルの加速度脈波を改善させる効果のあることが暗示された¹⁷⁾。今回はその結果を基にランニングを中心としたトレーニングを長期間継続した者について加速度脈波の定量的検討を中心に行ったわけである。

その結果は, トレーニング後にb/a比が小さくなり, c/a比, d/a比およびAPGIndexが大きくなった。また波形パターンはトレーニング後にA~Bパターンの割合が高くなった。

加齢に伴う加速度脈波の数量値の変化ではb/a比が大きくなり, c/a比およびd/a比が小さくなる。また, それを反映している波形パターンはD~Gの出現割合が高くなる¹³⁾。それから考えると今回の結果は, 個人差はあるにしても長期間の持久的トレーニングが安静時レベルの加速度脈波を若年者の方向に向かって改善させる効果があることを意味している。そして, それを加速度脈波の波形パターンのみではなく定量化することでも判断することができると考えられる。

高齢者の割合が増加し, 寝たきり老人が増加してきている今日, 成人病に対する積極的な予防的対策は急務である。そのような意味でも今回の結果は重要と思われる。

ところで国民の受療率のトップを占めているのは高血圧症である。近年, 中軽症高血圧症にたいする身体トレーニングの有効性が多く報告され^{4, 5, 6, 7, 8, 18, 20)}, 特に拡張期血圧に有効であるとする報告がある²⁰⁾。本報でもトレーニング後に血圧の有意な低下が認められ, 特に拡張期血圧が顕著であった。

今回はこの様な血圧の低下に伴って加速度脈波の改善も認められたが, トレーニングによる血圧と加速度脈波の各数量値の変化量との関係からみると拡張期血圧の方に強い関係があるようにみられたものの, それは有意なものではなかった。

前報で検討した一回のランニングの場合では, 安静時からランニング後の回復の血圧と加速度脈波の変化量との関係からみると拡張期血圧の低下に伴ってd/a比が高値となる傾向がみられ¹⁷⁾,

今回の結果と一部似ている。

しかし、さまざまな負荷を加えた場合では、血圧の低下に伴って d/a 比が高値となり波形パターンが $G \rightarrow A$ に向かう場合もあるが^{9, 10, 17, 19}、逆に血圧の低下に伴って d/a 比が低値となり波形パターンが $A \rightarrow G$ に向かう場合もある¹¹。また、安静時血圧の水準で加速度脈波との関係をもても、正常血圧、境界域血圧、高血圧の3群では血圧の高い群ほど $C \sim G$ の波形パターンを示す割合が多いが、いずれの群にも $A \sim G$ のさまざまな波形パターンが認められる¹³。これらのことは、血圧と加速度脈波とは関係があるもののさまざまなケースがあり単純ではないことを意味している。

今回、血圧と加速度脈波とに顕著な関係が認められなかったのは、おそらく対象者が血圧の高い者だけではなく、低い者まで幅広いケースの者が含まれていたことによるものと思われる。したがって、血圧と加速度脈波の水準、またそれらの構成因子を考慮に入れた検討が必要と考えられる。

結 論

本研究の目的は、長期間のトレーニングが加速度脈波に及ぼす影響について検討することである。

長期間のトレーニングは、以下に示す条件を満たした37～58歳の女性15名を対象とし検討した。トレーニング前の加速度脈波の波形が $C \sim G$ パターンを示した者、3ヶ月以上のトレーニングが行われた者、トレーニングの全期間を通じて週1回以上の頻度でトレーニングが行われ、最後の1ヶ月間には週3回以上のトレーニングが行われていた者、そのトレーニングは15分以上のランニングを含む持続的なトレーニングが中心に行われていた者である。その結果は、以下のごとくまとめられる。

1) トレーニング後に脈拍は変化しなかったが、体重は減少し、安静時の収縮期および拡張期血圧は低下した。特に拡張期血圧の低下は顕著であった。また、 b/a 比は小さく、 c/a 比、 d/a 比およびAPGI Indexは大きくなった。波形タイプは $C \sim G$ の割合が低下し、 $A \sim B$ の割合が増大した。

2) トレーニングによる血圧の変化量と加速度脈波の各数量値の変化量(後-前)との関係では、 ΔdBP は ΔsBP に比べ大きな相関係数が示され、 ΔdBP が小さいほど b/a 比、 c/a 比の小さく、 d/a 比が大きくなる傾向がみられたが、有意ではなかった。

3) 以上の結果から、ランニングを中心とした長期間のトレーニングは個人差があるが加速度脈波からみた末梢循環動態を改善する効果があり、その改善の様相を波形パターンのみならず定量化して判断できるところが示唆された。また、特にトレーニングによる血圧の低下と加速度脈波波形の変化とに何等かの関係があるように考えられるので、さらに検討が必要と思われる。

参考文献

- 1) 本間幸子, 古藤高良, 池上晴夫, 伊藤昭治: 指尖加速度脈波と血圧および動脈弾性率との関係に関する研究, 体力科学, 41(1):98-107, 1992
- 2) 生山匡, 荒尾孝, 小山内博: BenzidineによるHepatomaの運動による抑制に関する実験的研究, 体力研究, (35):1-15, 1976
- 3) 生山匡, 荒尾孝, 小山内博: BenzidineによるHepatomaの運動による抑制に関する実験的研究(その2), 体力研究, (39):1-16, 1978
- 4) 今野広隆, 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 佐野裕司, 渡辺剛, 西田明子, 川村協平, 小山内博: 身体トレーニングによる高血圧改善の予後予測のための血圧測定法について, 体力研究, (59):27-39, 1984
- 5) 鎌田哲朗, 椎名進, 板垣晃之, 添原彰, 瀬山房江: 軽症高血圧症, 糖尿病に対する運動療法の効果-企業における健康管理のころみ-, 日本医事新報, 36:52-66, 1978
- 6) 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 佐野裕司, 小山内博: 身体トレーニングが高血圧症の改善に及ぼす効果に関する研究, 体力研究, (36):52-66, 1977
- 7) 片岡幸雄, 佐野裕司, 生山匡, 和田光明, 今野廣隆, 荒尾孝, 川村協平, 小山内博: 身体

- トレーニングが高血圧症の改善に及ぼす効果に関する研究(第二報)身体トレーニングによる安静時血圧の収斂効果,体力研究,(51):1-10,1982
- 8)片岡幸雄,生山匡,和田光明,佐野裕司,今野廣隆,川村協平,小山内博:身体トレーニングが高血圧症の改善に及ぼす効果に関する研究(第三報)高血圧症改善のための運動条件の検討,体力研究,(55):41-54,1983
- 9)片岡幸雄,西田明子,小山内博,佐野裕司,藤田幸雄,高岸陽子:血圧及び加速度脈波の変化に及ぼす止息の影響(その2),東京都立多摩スポーツ会館館報,(20):14-17,1990
- 10)西田明子,小山内博,片岡幸雄,生山匡,佐野裕司,今野廣隆,渡辺剛:血圧及び加速度脈波の変化に及ぼす止息の影響,東京都立多摩スポーツ会館館報,(19):11-14,1989
- 11)小山内博,生山匡:マウス肝腫瘍抑制に関する実験的研究,労働科学,50(6):353-376,1974
- 12)Paffenbarger,R.,S., R.T.Hyde, A.L.Wing, C.C.Hsieh:Physical activity,all-cause mortality,and longevity of alumni. New England Journal of Medicine, 314:605-613,1986
- 13)佐野裕司,片岡幸雄,生山匡,和田光明,今野廣隆,川村協平,渡辺剛,西田明子,小山内博:加速度脈波による血液循環の評価とその応用,労働科学,61(3):129-143,1985
- 14)佐野裕司,片岡幸雄,生山匡,和田光明,今野廣隆,川村協平,渡辺剛,西田明子,小山内博:加速度脈波による血液循環の評価とその応用(第2報-波形の定量化の試み-,体力研究,(63):17-25,1988
- 15)佐野裕司,片岡幸雄,小山内博:指尖と耳朶の加速度脈波波形の比較,千葉体育学研究,15:71-75,1992
- 16)佐野裕司,片岡幸雄,西田明子,小山内博:右手と左手の加速度脈波波形の比較,千葉体育学研究,15:77-81,1992
- 17)佐野裕司,片岡幸雄,小山内博:身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響(その1),千葉体育学研究,16:39-46,1993
- 18)清水明,荒川規矩男:高血圧の運動療法と対肥満療法,医学のあゆみ,130:1081-1084,1984
- 19)高沢謙二,伊吹山千春:加速度脈波,現代医療,20:948-955,1988
- 20)戸嶋裕徳,熊谷英一朗:高血圧の減塩療法と運動療法,日本臨床,42(2):190-196,1984
- 21)Warburg,O.: On the origin of cancer cells, Science, 123:309-314, 1956

(平成4年12月10日受付)