

原 著

運動負荷が指尖脈波波形に及ぼす影響

宮地元彦・米谷正造・木村一彦・小野寺昇

川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(平成3年8月26日受理)

The Effects of Exercise on the Finger Plethysmograph

**Motohiko MIYACHI, Shozo YONETANI, Kazuhiko KIMURA
and Sho ONODERA**

Department of Health and Sports Sciences

Faculty of Medical Professions

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-01, Japan

(Received on Aug. 23, 1991)

Key words : exercise, finger plethysmograph, suppleness of blood vessels

要 約

本研究の目的は指尖脈波に運動が及ぼす影響を明かにすることである。指尖脈波は末梢循環を評価する重要な一指標として用いられている。9名の被検者の指尖脈波と心電図を安静時と軽い自転車エルゴメーター運動中(30W, 5分間)に仰臥位にて測定した。源脈波は10ミリ秒の時定数で微分した。これによって速度脈波のグラフが得られた。指尖脈波は一般的に第一波と重複波で構成される。第一波の尖鋭度は血管系の柔軟性を反映しているらしい。本研究では、第一波の尖鋭度を速度脈波の第一波収束時間によって定量評価した。運動中の第一波収束時間(180±30ミリ秒)は安静時のそれ(200±40ミリ秒)と比較して有意に短かった。すなわち、軽運動が指尖脈波の第一波を尖鋭化させたのである。この結果から軽運動が血管系の柔軟性を増大させることが示唆された。

Abstract

The purpose of the present study was to find the effects of exercise on finger plethysmograph (pulse wave). It can be used as an important procedure in evaluating peripheral circulation. The finger plethysmographs and electric cardiographs of the nine subjects were measured during rest and moderate cycle ergometer exercise (30 W, 5 min) in a lying position. The original plethysmographs were differentiated using a time constant of 10 msec. It provided us with a graph which we termed the velocity plethysmograph. The finger plethysmograph is generally composed of the first and dicrotic waves.

The sharpness of the first wave may indicate suppleness of blood vessels. In the present study, the sharpness of the first wave was evaluated quantitatively by the complete time of the first wave in the velocity plethysmograph. The complete time during exercise (180 ± 30 msec) was significantly shorter than that during rest (200 ± 40 msec). Therefore, the moderate exercise sharpened the first wave in the finger plethysmograph. This result suggests that moderate exercise increases suppleness of blood vessels.

緒 言

プレチスモグラフィによる容積脈波波形は末梢部位の細動脈に流入する血液量の変化に伴う血管容積の変化を捕えたものなので、末梢の血流量あるいは血管の伸縮性といった末梢循環動態を反映すると考えられている^{1,2)}。こういった考えをもとに、容積脈波波形を用いて末梢循環の状態を知ろうという試みがなされてきた。ただし、容積脈波波形の個人差や特徴を定性的あるいは定量的に捕えることが困難であるという理由から、容積脈波波形を微分あるいは2回微分することによって速度脈波波形や加速度脈波波形として観察し、脈波波形を定性化、定量化したという報告が多い³⁻⁹⁾。特に加速度脈波は多くの研究者らによって末梢循環機能の評価に用いられており、他の循環指標や疾病あるいは年齢との関係がかなり明らかにされている。

身体運動やトレーニングに伴う脈波波形の変化もすでに検討されている。高血圧の中年被検者に一過性の持久的運動を行なわせた前後に加速度脈波を測定した結果、運動前には中高年者特有の脈波波形を示したが、運動後には20歳代に多く見られる脈波波形を示し、さらに長期間の持久的身体トレーニングの結果、脈波波形が改善されたと報告されている¹⁾。これらの結果から、持久的運動が末梢血流状態の変化、改善をもたらすことが推測された。しかし、実際の運動中には体動や末梢循環の変動によって脈波の測定が困難であったことから、先行研究においては運動後の回復期の脈波波形が検討されているのみで、実際の運動中に指尖の脈波が安静時と比較してどのように変化しているのかは明らかになっていない。そこで、運動の形態や測定の方法を工夫することで、運動中の脈波を正確に測定し、運動負荷が指尖脈波波形に及ぼす影響を明らかに

するために本実験を行なった。

方 法

定期的に身体活動を行なっている男子9名を被検者とした(年齢18歳~48歳, 身長162~173 cm, 体重56~78kg)。被検者の1名において、安静時および運動中に心電図にて心室性期外収縮が観察されたが、他の9名の被検者では循環器系の異常は見られなかった。被検者は実験の目的や方法について実験前に説明を受け、任意で実験に参加した。

脈波は光電透過式容積脈波計(松下産業機器, 試作品)を用いて測定し、得られた容積脈波を1回微分して速度脈波を、2回微分して加速度脈波を測定した。これら3脈波と胸部双極誘導による心電図(日本光電, VC-11)を同時にペンオシロスコープ(日本電気三栄, 8K-21-L)にて記録した。

被検者は仰臥位で数分間の安静を保った。安静時の脈波は右手第二指指尖部で測定した。安静時の脈波と心電図を測定した後、5分間の仰臥位自転車エルゴメーター運動(30W, 50rpm)を行なわせた。この運動は腕や指先の動きが少ないので、正確な脈波を測定することができる。運動終了15秒前に脈波と心電図を同時に測定、記録した。さらに運動終了後2分目に回復期の脈波と心電図を仰臥位にて測定、記録した。

心電図、容積脈波、速度脈波、加速度脈波の波形と脈波波形の定量方法を図1に示した。脈波波形の特徴を第一波収束時間と波高比と脈波伝達時間の3つの指標で定量した。容積脈波と速度脈波には主に2つの波が観察される。1つ目の波は心室の収縮によって直接駆出された血流によるものである。2つ目の波は重複波と呼ばれており、大動脈弁が閉じた後にも大動脈壁等の弾性反動によって末梢に送られる血流によっ

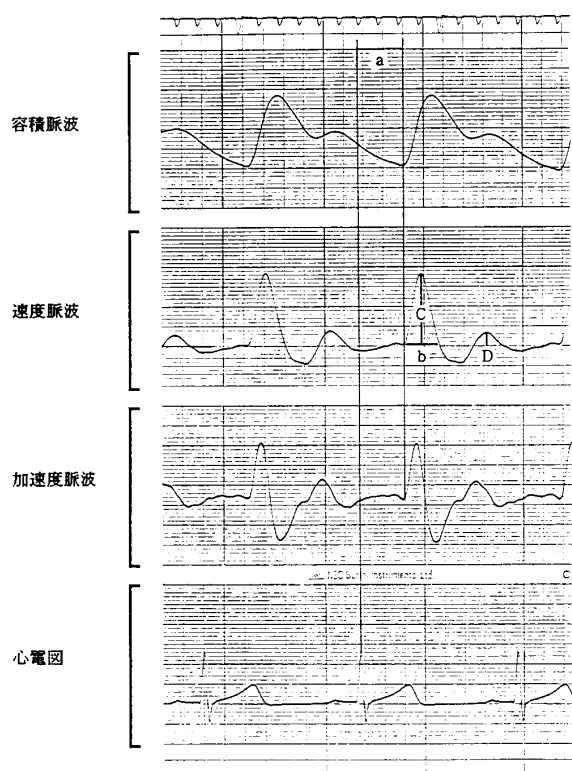


図1 指尖脈波波形の定量方法

心室の興奮開始を表す心電図のR波から脈波が隆起し始めるまでの時間(図中のa)を脈波伝達時間, 速度脈波の第一波が隆起し始めてから収束するまでの時間(図中のb)を第一波収束時間, 速度脈波の第一波の高さ(図中のC)と重複波の高さ(図中のD)の比(D/C)を波高比と定めた。横軸は一目盛りが0.1秒。

て起こるものである。第一波の波形の尖鋭度や、重複波の大きさは動脈系の弾性を良く反映している¹⁰⁾。本研究では、血管弾性の指標として、第一波の尖鋭度を表す、速度脈波の第一波の始まりから終わりまでの時間(第一波収束時間: 図1のb)を用いた。また、心室収縮による直接の血流と血管弾性反動による血流の比率を観察するために速度脈波の重複波高と第一波高の比(波高比: 図1のD/C)を算出した。さらに、心室収縮開始時(心電図のR波)から脈波隆起開始時までの時間を脈波伝達時間(図1のa)とした。以上の3つの指標を安静時、運動中、回復期で比較し、運動負荷が指尖脈波波形に及ぼす影響を観察した。

表1 安静時、運動中、回復期の心拍数、第一波収束時間、波高比、伝達時間の全被検者の平均値と標準偏差

	安静時	運動中	回復期
心拍数 (beat/min)	73 ± 10	108 ± 12※	75 ± 13
第一波収束時間 (msec)	200 ± 40	180 ± 30※	190 ± 30※
波高比	0.16 ± 0.06	0.12 ± 0.0	0.15 ± 0.05
伝達時間 (msec)	190 ± 20	200 ± 20	200 ± 20

※: 安静時の値との間に有意差があることを示す。

結果と考察

安静時、運動中、回復期の48歳と18歳の2人の被検者の心電図と各脈波形を図2に示した。また、心拍数、伝達時間、第一波収束時間、波高比の平均値と標準偏差を表1に示した。

図2より、運動中は安静時と比較して、容積脈波と速度脈波の第一波が尖っていることがわかる。また、第一波の尖鋭度を表す第一波収束時間は運動中、回復期、安静時の順で有意に短く、運動によって第一波が尖鋭化することが明らかとなった。容積脈波は心臓からの血流に対して血管がどのように容積を変化させて血液を流すか、速度脈波は血管内の血流速度がどのように変化したかを表しており、第一波が尖っているということは血管が血流の量や速度の変化に敏感で柔軟であることを示している。これらの結果から、運動によって血管系が敏感かつ柔軟になっていると推測される。先行研究でも、中高年者に持久的運動を行なわせた後に脈波を測定すると、20歳代に多く見られる波形に変化したと報告されており¹¹⁾、本研究の結果も含めると、持久的運動が血管系に好ましい影響を与える可能性が考えられる。

被検者の年齢と第一波収束時間との間には有意な相関が観察された(安静時: $r = -0.74$, 運

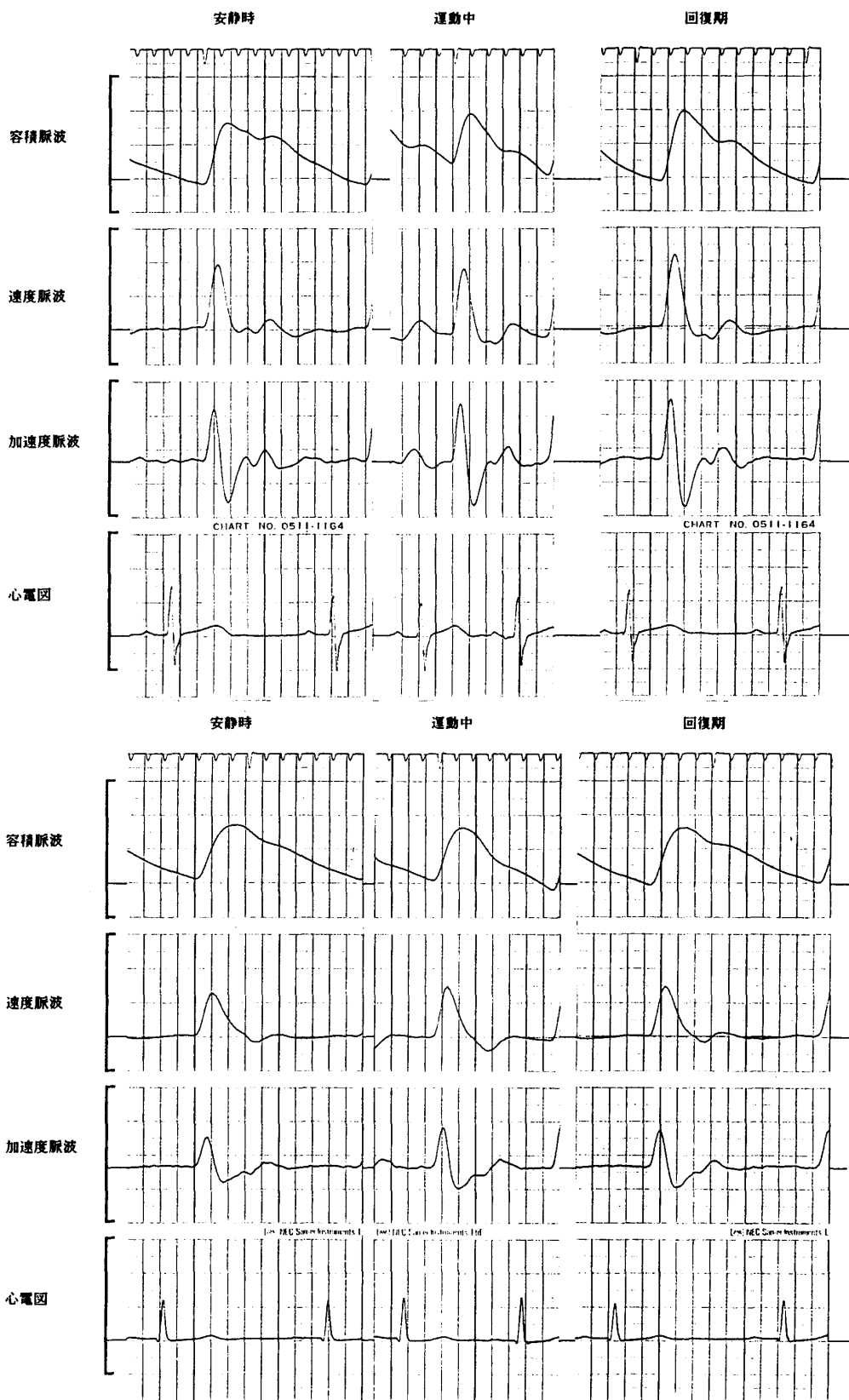


図2 2名の被検者の安静時、運動中、回復期の容積、速度、加速度脈波と心電図
 上段は18歳の被検者の結果、下段は48歳の被検者の結果を示す。横軸は一目盛りが0.1秒。運動中ならびに回復期の容積、速度脈波の第一波は、安静時よりも尖鋭で、また、18歳の被検者の第一波は48歳の被検者よりも尖鋭であることが視覚的にも認められる。

動中： $r=-0.68$ ，回復期： $r=-0.72$)。図2からも18歳の被検者と48歳の被検者では第一波の尖鋭度が異なることが視覚的に観察できる。これらの結果から、脈波形の変化には運動による血管柔軟性の変化と同様に加齢に伴う血管系の硬化も影響を及ぼしていることが示唆された。

波高比は各条件間で有意差は見られなかったが、運動中の波高比は9名の被検者のうち7名で安静時や回復期より小さかった。7名の被検者では、運動中の左心室からの直接の血流量や血流速度が弾性反動による血流量や血流速度より相対的に大きくなったことによりこのような脈波形の変化が見られたと考えられる。第一波の尖鋭化から示唆された血管系の柔軟性増大のほかに、運動による一回拍出量や心拍数の増大も脈波波形に影響を与えると考えられる。さらに、波高比も年齢と有意な負の相関関係にあった(安静時： $r=-0.73$ ，運動中： $r=-0.67$ ，回復期： $r=-0.70$)。これらの結果から、年齢の増

加に伴って弾性反動による血流量や血流速度が相対的に減少していくことが示唆された。

脈波伝達時間は安静時，運動中，回復期でほとんど差が見られず，運動中に心拍数が増加し，R-R間隔が短縮しても脈波伝達時間は変化しないことが明かとなった。脈拍の伝わる時間には血管の長さや柔軟性が関与している¹⁰⁾。しかし，運動により血管の柔軟性が変化しているにもかかわらず伝達時間は変化しなかったため，伝達時間は左心室から指尖までの距離によってほぼ決定されており，運動負荷の影響を受けにくいと考えられる。

ま と め

仰臥位自転車エルゴメーター運動中に指尖脈波を測定した結果，運動負荷は指尖の容積脈波や速度脈波の第一波を尖鋭化させる等の変化をもたらしたことから，運動に伴って脈管系の柔軟性が増すことが示唆された。

引 用 文 献

- 1) 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(1985) 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**，129-143.
- 2) 吉村正治(1977) 脈波判読の実際(第5版)，中外医学社，東京.
- 3) 小沢禎治(1973) 波高比も指尖容積脈波のパターン認識における微分脈波の意義，現代医療，**6**，845-856.
- 4) 小沢禎治(1976) 微分容積脈波の定量化と非観血的手法による心機能諸指標との相関，現代医療，**8**，1388-1396.
- 5) 小沢禎治(1978) 指尖容積脈波の二次微分波(加速度脈波)のパターンと非観血的心機能計測値(STI)との相関ならびに Preloading の影響，脈波，**8**，22-35.
- 6) 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(1988) 加速度脈波による血液循環の評価とその応用(第2報)一波形の定量化の試み一，体力研究，**68**，17-25.
- 7) 関 博人(1987) 加速度脈波について一第一報，日本女子衛生短期大学紀要，**7**，13-22.
- 8) 関 博人(1988) 加速度脈波について一第二報，日本女子衛生短期大学紀要，**8**，1-7.
- 9) 西尾 豊(1973) 指尖容積脈波の微分波形について，脈波，**3**，127-130.
- 10) 松田幸次郎，市岡正道，星 猛，林 秀生，菅野富夫，中村嘉男，佐藤昭夫(1990) 医科生理学展望(原書14版)，丸善株式会社，東京，529-549.