

ウォーキング・ジョギング時の 自律神経反応に及ぼす着用ウェアの影響

文化学園大学 小柴 朋子
(共同研究者) 同 斎藤 嘉代

The Effect of Clothing on the Responses of Autonomic Nervous System Activity while Walking and Running

by

Tomoko Koshiha, Kayo Saito
Bunka Gakuen University

ABSTRACT

To determine what kind of walking wear is suitable for one's health, we examined the changes in autonomic nervous system activity by analyzing heart rate variability and the changes of salivary α -amylase activity during exercise.

First, ten female subjects were kept sedentary for 30 minutes in the experimental room at 25°C before the experiments. The subjects were asked to walk at 3km/h and run at 5km/h on the treadmill for 5 minutes each after lying, sitting, and standing.

Additionally, heart rate variability was measured while walking, stamping the feet and stepping up and down. The result showed that slow walking elevated parasympathetic nervous system activity more than standing. However, stamping the feet did not show the same effect as walking. Amylase activity increased after running but decreased after slow walking.

Second, the effect of different types of clothing on autonomic nervous activity was measured. Five female subjects wore shorts, sport spats, sweat pants and jeans. Parasympathetic nervous system activity increased when the subjects wore jeans and decreased when they wore sweat pants. Additionally, subjects wore loose-

and tight-fitting stretchable sport shirts and pants. The tight fitting pants elevated parasympathetic nervous system activity, while loose-fitting pants elevated that of the sympathetic nervous system. When walking or jogging were performed wearing sportswear with different clothing pressure or tightness than the subjects were used to, the stress level became elevated.

要 旨

健康維持のためのウォーキング用ウェアに求められる条件を明らかにするため、基礎実験として、女子大学生を対象に、静止姿勢から運動に移行する時の自律神経反応の変化を、心拍変動解析と唾液中の α -アミラーゼ活性を用いて調べた。第一に10名の成人女子を対象に、25℃の実験室で30分安静後、臥位、座位、立位をそれぞれ5分ずつ保ち、歩行と3km/hと5km/hの走行を負荷した場合と、運動強度が歩行と同等のその場足踏みと階段昇降についても調べた。さらに、5名の成人女子を対象に異なるウェア着用時の歩行時の人体負荷について調べた。ショートパンツ、スパッツ、ジャージ、ジーパンの着用、さらにゆとりの異なるスポーツウェアについて、心拍変動解析と唾液中の α -アミラーゼ活性を調べた。歩行が及ぼす効果、衣服のゆとりあるいは圧迫が及ぼすストレスを評価した。その結果、臥位と座位に比べ立位は特に交感神経活動が高値を示し、ゆるやかな歩行を開始すると副交感神経活動が亢進する傾向にあった。しかし足踏み運動では逆に交感神経活動が亢進した。唾液中の α -アミラーゼ活性は走行後上昇したが、歩行後では低下した。歩行中、ジーパン着用は高い交感神経活動を示し、ジャージはスパッツ、ショートパンツより低かった。プラスゆとりのルーズなウェアはマイナスゆとりのタイトなウェアより交感神経活動が上昇し、唾液中のアミラーゼ活性が高くなった。日常と異なるゆとりのウェア

デサントスポーツ科学 Vol. 32

を着用してウォーキングを行うことはストレスを高めると考えられた。

緒 言

ジョギングやウォーキングは、健康志向の風潮の中で定着し、多くの人に取り入れられている。スポーツとしてのランニングではなく、健康のため、あるいは趣味として行う場合、専用のウェアに着替えず日常着のまま、あるいはジャージやジーパンなどが用いられることも多い。また、ランニングスカートやタイトフィットタイツなども流行している。このような新しいタイプのウェア、機能性とともデザイン性が重視される、競技用として開発されたウェアがカジュアル展開される場合もある。このような軽い運動を行う際に着用するウェアに対しては吸水性・速乾性の他、保温性や軽量性、紫外線防止効果などの機能性が求められ、各メーカーから素材開発やパターン展開の工夫を加えた様々な提案が行われている。しかし、健康志向のためのウォーキングやランニングが、肥満対策や筋力増加のためではなく、気分転換やリラクゼーション効果を期待して行われる場合、いかなるウェアが適するかについては、明らかにされていない。

近年、ストレスが人体におよぼす影響を自律神経活動の変化から評価する手法が、多く用いられる。中でも心拍変動の周波数解析が行われることが多い。姿勢転換や運動による自律神経活動の変化についても多くの報告がある。立位時に交感神経活動は高まり副交感神経活動は抑

制される¹⁾、運動時には全身血圧や活動筋や脳への血液の流入圧を高めるため、心拍数や末梢血管収縮を司る交感神経活動が促進される²⁾という報告、あるいは安静から運動時にかけてLF (Low Frequency: 低周波数) 成分およびHF (High Frequency: 高周波数) 成分は減少するという報告³⁾もある。その他にも異なる運動強度が自律神経機能に対して異なる影響を及ぼす⁴⁾ことや、貧乏ゆすり程度の運動でも自律神経活動が高まる⁶⁾とも言われている。しかし、歩行そのものが自律神経活動に及ぼす影響については、交感神経活動と副交感神経活動が抑制される⁶⁾という報告や、運動強度によって交感神経と副交感神経の活動が異なる⁷⁾という報告などもあり、自律神経反応からみた歩行によるリラックス効果についての検証は充分ではない。

一方、スポーツウェアの影響については、圧迫に関する研究が多い。ゆとり量がない着にくい衣服は着衣動作時に交感神経活動が上昇する⁸⁾という報告や、衣服による胴部以下の下半身の加圧は交感神経系を抑制し、副交感神経系が亢進する⁹⁾という報告もある。特にゆとりに関しては、マイナスゆとりによる圧迫がもたらす効果を中心に研究が積み重ねられている^{10~14)}。しかし実際用いられるウェアはゆとりが大きい場合もあり、その影響について実証的に明らかにした研究は少ない。ウォーキングやランニングなど健康維持のために行う運動の際に着用される衣服はストレスフルなものを避け、適切な着衣にて効率よく運動効果を上げることが望ましい。

本研究では、歩行や走行がリフレッシュとして効果があるかを、心臓自律神経反応からストレスを評価する手法を応用して、姿勢変化や歩行速度に着目して検証し、その際に着用するウェアのゆとりが異なる場合の影響に着目して実験を行い評価した。

1. 実験方法および結果

実験は、大きく分けて2つのテーマについて行った。まず歩行・走行そのものが自律神経反応に及ぼす影響、次に着用するウェアが自律神経反応に及ぼす影響について検討した。

1.1 歩行・走行の効果

1.1.1 歩行の効果

被験者は21~22才の健康な女子学生10名で、被験者にはあらかじめ、研究の目的、内容を説明し、参加の同意を得た。室内温度環境がほぼ一定の実験室内(25±1℃)において、30分の椅座安静を保った。その後、臥位、座位、立位、トレッドミル上での歩行(3km/h)、走行(5km/h)をそれぞれ5分ずつ続けて行い、心拍変動の周波数解析から自律神経反応を観察した。着衣はブラジャーとショーツ、長袖Tシャツおよびショーツパンツ、靴下と運動靴である。実験は3回繰り返して行った。一連の測定と測定の間は30分以上の安静をとった。

心電は胸部双極誘導法により導出し、筋・心電計MARQ8(キッセイコムテック(株)製)を介して、収録ソフトVital Recorder2(同社製)を用いて連続収録した。心拍の時系列データは、多用途生体情報解析プログラムBIMUTUS II(同社製)を用いて、R-R間隔を検出し、高速フーリエ変換によるパワースペクトル解析を行った。サンプリングポイントは128で、交感神経系活動レベルの指標としてLF/HF(LF: 低周波数成分0.04-0.15Hz, HF: 高周波数成分0.15-0.4Hz)、副交感神経系活動レベルの指標としてHFを算出した。測定時の呼吸は、0.25Hzに統制した。有意差検定にはt検定を用い、いずれも5%水準($p<0.05$ *, $p<0.01$ **)を有意とした。

結果を図1に示す。図1は各被験者の臥位時の値を1とした時の、各姿勢時の値を相対値で

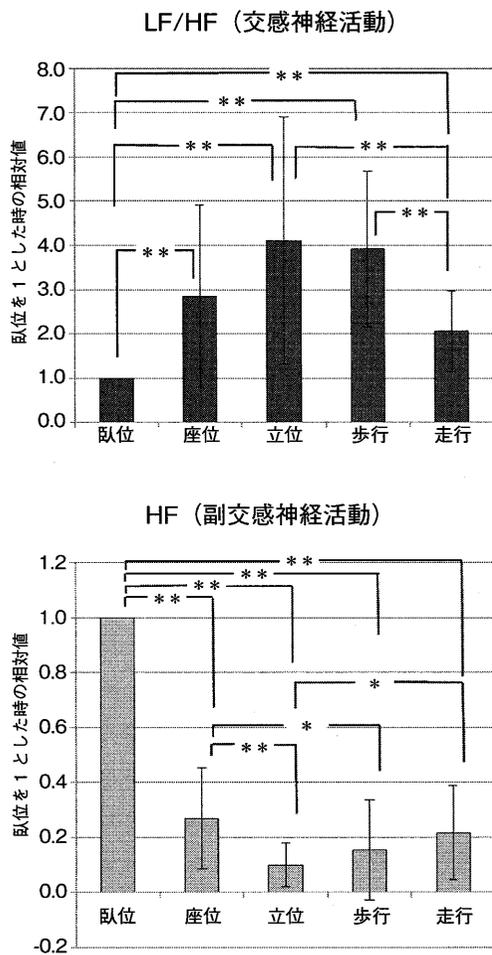


図1 歩行・走行が自律神経活動に及ぼす影響 (上図:交感神経活動,下図:副交感神経活動,臥位の値を1とした時の相対値) 平均値±標準偏差,*;P<0.05,**;P<0.01

示したものである。臥位→座位→立位と姿勢を変えると、交感神経活動(LF/HF)は臥位に比べ有意に増加し、副交感神経活動(HF)は有意に減少した(p<0.01)。立位時は、交感神経活動が高く緊張状態にあることが確認された。立位→歩行では、両者間に有意差は見られないものの、立位と走行を比較すると、走行時は交感神経活動は有意に抑制され(p<0.01)、副交感神経活動が優位となった(p<0.05)。

1.1.2 歩行速度を変えた時の自律神経反応

女子大学生4名(21~22歳)を被験者とした。座位安静→立位安静を各3分間保った後、その場足踏み運動、あるいはトレッドミル上で歩行(2

km/h)、歩行(3 km/h)、歩行(4km/h)を各3分間ずつ行った。その後座位安静を3分間保った。それぞれ3分間の心拍変動を連続測定し解析した。着衣や実験手順、解析方法は実験1.1.1と同様である。

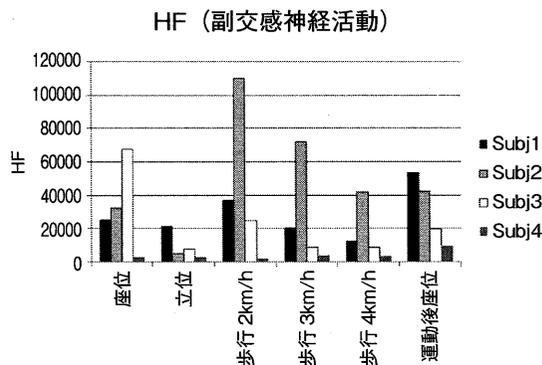


図2 歩行速度を変えた時の各被験者の副交感神経活動

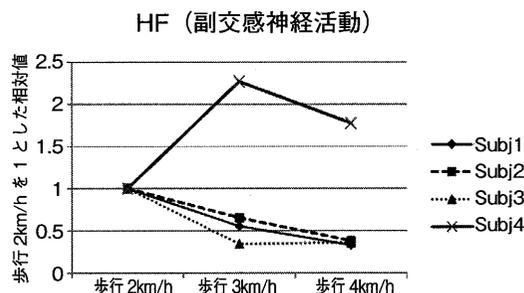


図3 歩行速度の増加と副交感神経活動の変化 (歩行速度2km/hの時のHFを1とした)

歩行速度を変えた場合の、各被験者の副交感神経活動を図2,3に示す。いずれの被験者も立位時に最も副交感神経活動は抑制され、歩行を開始すると副交感神経活動は亢進した。図3は歩行速度2km/hの場合のHF値を1とした時の歩行速度増加時の値を相対値で示したものであるが、被験者4名中3名が歩行速度の増加とともにHFの減少を示した。被験者4名ともトレッドミル上での歩行に不慣れで、被験者1・2・3は歩行速度2km/h、被験者4は歩行速度3km/hが一番リラックスして歩行が続けられると回答し、それ以上の速度は自身の通常の歩行速度とは異なると回答した。結果として、被験者が最も通

常の歩行速度に近い時に一番副交感神経活動が高い結果が示された。

足踏み運動の場合、実験 1. 1. 1 および 1. 1. 2 (図 2, 3) に見られた立位から運動への副交感神経活動の亢進、交感神経活動の低下は顕著でなく、逆に交感神経活動が亢進する傾向にあった (図 4)。

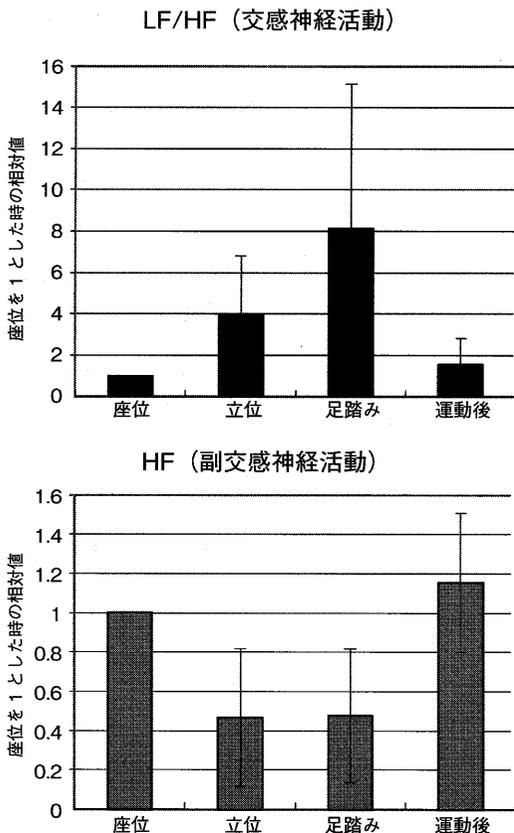


図4 足踏み運動の効果
(上段:交感神経活動,下段:副交感神経活動)

1. 1. 3 運動方法の異なる場合の唾液中のアミラーゼ活性

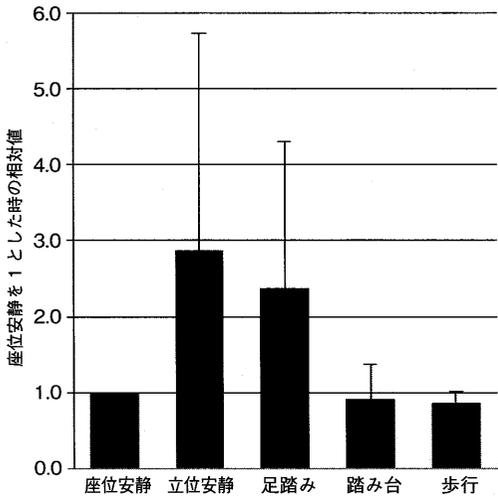
健康な女子学生 8 名 (平均年齢 21.4 歳) を対象に、踏み台昇降運動、その場足踏み運動、歩行の 3 種の運動を行う場合の心拍変動を測定した。測定に先立ち、各被験者の最大酸素摂取量および 3 種の運動速度を変えた場合の代謝量測定を

行い、「踏み台昇降」時の運動強度に該当する「その場足踏み」速度とトレッドミル上での歩行速度を求め、各負荷強度とした。代謝量測定には O_2 郎 ((有) アルコシステム) を使用し、メトロノームにより各運動速度を一定にした。実験は室内温度環境がほぼ一定 ($25 \pm 1^\circ C$) の実験室内で行った。着衣は半袖 T シャツ、ハーフパンツ、ブラジャー、ショーツ、靴下、スニーカーである。

さらに、同一の被験者に対して、同様な着衣で、歩行 (2 km/h) と走行 (5 km/h) を行う場合のストレス評価を行った。心拍変動は、心拍計 (ランニングコンピュータ ProTrainer5, Polar 社製) を手首に装着して測定した。ストレス評価として近年頻用されている、唾液中の α -アミラーゼ活性を測定した。測定には、唾液採取チップおよび唾液アミラーゼモニター (ニプロ (株)) を用いた。被験者は、蒸留水によるうがいをし、20 分経過後、立位安静を 15 分保持し、その後続けて歩行 20 分または走行 20 分を行い、そのまま立位安静を 15 分保った。唾液は運動前後の立位安静時と各運動中 10 分経過時と運動直後の計 4 回、それぞれ 30 秒採取し、その都度直ちに α -アミラーゼ活性を測定した。

運動強度が等しい場合、足踏みも踏み台昇降も立位安静より HF は減少するが、歩行は HF の減少が小さいことが明らかとなった。足踏みの LF/HF は、踏み台昇降、歩行より有意に高かった (図 5)。唾液中の α -アミラーゼ活性は個人差が大きいため、運動前の値を 1 として相対値で示す (図 6)。歩行により低下し、運動直後も運動 15 分後も低下傾向を示したが、走行では運動直後は低下するものの、運動中、運動 15 分後には上昇した。しかし、歩行と走行間の差は運動 15 分後以外は有意ではなかった。

LF/HF (交感神経活動)



HF (副交感神経活動)

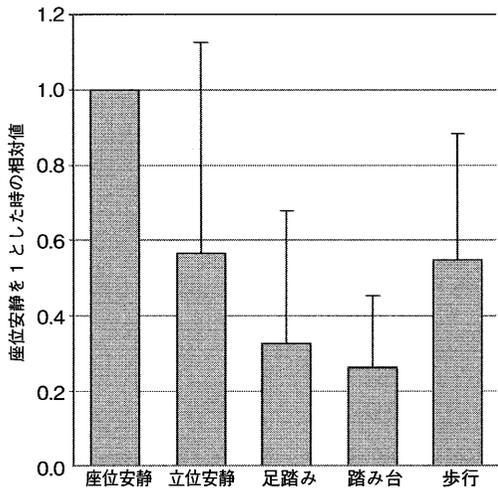


図5 運動強度が等しい異なる運動の自律神経反応 (上段: 交感神経活動, 下段: 副交感神経活動) (座位安静時を1とした時の相対値で示す)

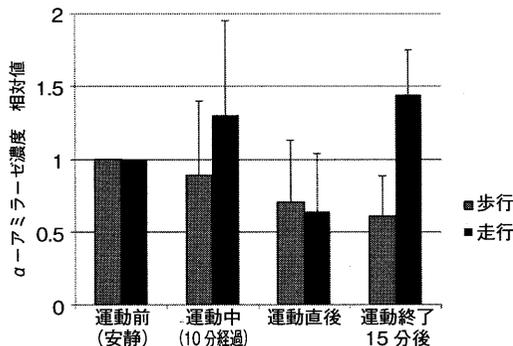


図6 歩行・走行による唾液アミラーゼ濃度変化 (運動前を1とした時の相対値)

1.2 ウェアの影響

1.2.1 日常着用時の歩行・走行が自律神経反応へ及ぼす影響

日常的なウォーキングを想定して、市販のボトムス4種(ショートパンツ, 膝丈スパッツ, ジャージ, ストレッチジーパン)を着用し, 立位→歩行→座位安静を各5分間行う時の心拍変動を測定した. 被験者は健康な女子大学生5名である. 着衣は特に歩行, 走行動作に関係が深いと思われる下衣のみを変え, 上衣はTシャツとブラジャー・ショーツとし, 靴下と運動靴を統一した. 測定条件, 解析方法は1.1.1と同様である. 被験服4種を図7に示す.



図7 被験服4種 (左よりショートパンツ, スパッツ, ジャージ, ジーパン)

図8は4種のボトムスを着用して歩行した時の交感神経活動(LF/HF)を5名の平均値で示す. 立位時→歩行時→座位安静を通じて, ジーパンが最も高く, ジャージはショートパンツやスパッツよりも低かった.

LF/HF (交感神経活動)

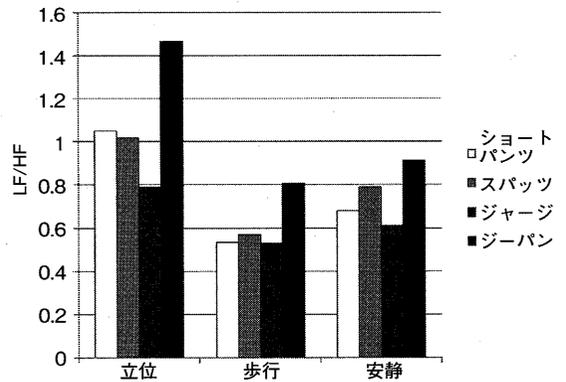


図8 日常着用による歩行時の交感神経活動

1. 2. 2 ゆとりの異なるジャージパンツ着用時が自律神経反応に及ぼす影響

市販のMサイズジャージパンツを使用し、出来上がりサイズから脚部周径を-14cm, 0cm, +10cmと加減した、製作ジャージを用いて、立位5分間→歩行5分間→座位直後→座位15分後の心拍変動を測定した。測定終了後に快適感、動作性について、官能検査を行った。被験者は健康な女子大学生5名(21~22歳)である。測定条件、解析方法は1.1.1と同様である。なお、各製作ジャージの圧迫を調べるためエアパック方式の接触圧測定装置((株)AMI製)を用いて、φ=2cmのエアパックを大腿前面中央、下腿前面中央、下腿最大囲後面、膝蓋骨中央に挿入し、立位、膝関節が90度になるよう脚をあげる膝上げ動作を10回行った時の衣服圧を測定した。

ゆとりの異なるジャージを着用した時の交感神経活動(LF/HF)の結果を図9に示す。市販ジャージに+10cmのゆとりを加えたルーズフィットジャージは、市販品及び14cmマイナスゆとりのタイトフィットジャージに比べ、立位時歩行時ともLF/HFは高いが、運動15分後は低下した。一方、マイナスゆとりは立位時、歩行時、運動直後はともに低いが、運動後15分では座位姿勢にも関わらず高値を示した。疲労感、動作性には3種の被験服間には差がなかった。衣服圧

交感神経活動

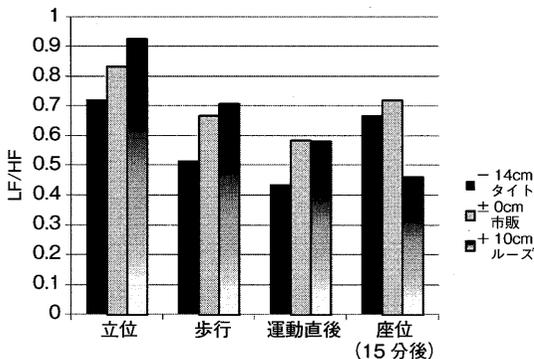


図9 ウェアのゆとりが交感神経活動に及ぼす影響

はプラスゆとりのルーズフィットジャージでは、立位ではどの部位も1hPa以下で、膝上げ動作時では大腿・下腿では2hPa以下、膝では約6hPaであり、ほぼ衣服圧は負荷されなかった。市販品は、立位時は大腿部が2hPa、下腿・膝では1hPa以下であった。膝上げ時では、大腿が4hPa、下腿では2hPaで、膝では11hPaであった。マイナスゆとりのタイトフィットジャージでは立位・膝上げ動作時の大腿で約5.5hPa、下腿では前面後面とも2.8hPa以下であったが、膝では立位時は2.2hPa、膝上げ時には25hPaであった。

1. 2. 3 ゆとりの異なる着圧スポーツ用ウェア着用が心拍変動および唾液中のα-アミラーゼ活性に及ぼす影響

市販の着圧タイプの伸縮性の大きいスポーツ用ウェア(上下)を用い、スパッツの周径を前後で計4cm詰めたタイトフィットスパッツを作成した。次に、前中心、後ろ中心、袖幅中心に同様な伸縮性を持つ素材を5cm幅で加え、ゆとりを大きくしたプラスゆとり上衣とスパッツの両脇にも左右各5cmのゆとりを加えたプラスゆとりスパッツを作成した。マイナスゆとりと市販品そのまま上下とプラスゆとりの3種を用いて、心拍変動と唾液中のα-アミラーゼ活性を測定した。被験者は健康な女子大学生8名(平均21.6歳)である。立位安静10分後、歩行(3km/h)20分を1セットとし、計3セットを30分以上の間隔をあけて行った。測定には、実験1.1.3と同一の機器を用い、同様な手順で行った。被験服3種を図10に示す。

立位時のα-アミラーゼ活性の結果を1とした時の歩行時の値を相対値で図11に示す。周径をマイナスにした場合、唾液中のα-アミラーゼ活性が低下し、市販品およびプラスゆとりの場合は、歩行後のα-アミラーゼ活性には影響が示されなかった。

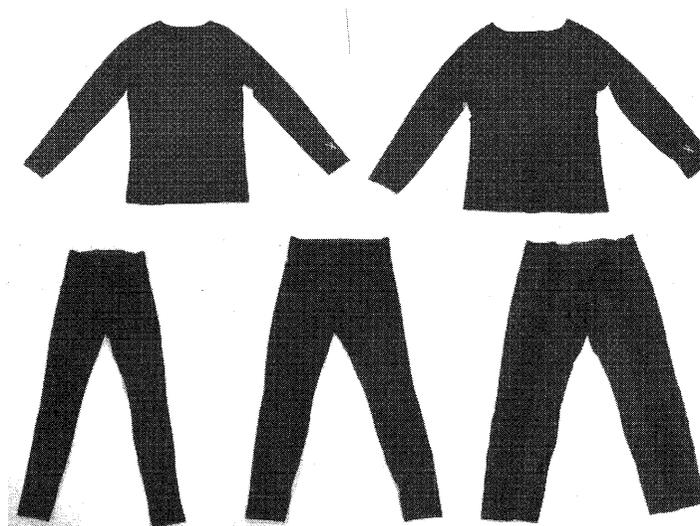


図10 被験服
(上段左: ゆとりなし, 右: プラスゆとり, 下段左: マイナスゆとり, 中: 市販品, 右: プラスゆとり)

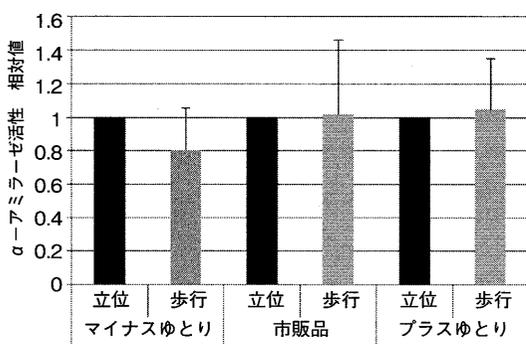


図11 ウェアのゆとりが唾液アミラーゼ活性に及ぼす影響
(各被験者の立位時の値を1とした時の相対値)

2. 考 察

2.1 歩行・走行の効果

2.1.1 歩行の効果

先行研究から²⁾, 立位姿勢を保つには, 血液の下肢での滞留や心臓への静脈環流の減少を補うための心拍数増加が必要で, そのため交感神経活動の亢進と, 副交感神経活動の抑制が生ずることが報告されている. 実験1.1.1で行った臥位から座位, さらに立位と姿勢変化する実

験からも同様な結果が得られた.

一方, 歩行を開始すると, 立位に比べ副交感神経活動が有意に上昇する結果が得られた. 身体トレーニングにより安静時のHFは高くなる¹⁵⁾ という報告や, 静的運動時もHFは増加する¹⁶⁾ という結果を支持する結果となった. しかし, 従来の報告からは, 運動を開始すると交感神経活動が亢進して心拍数が増加するとされており, さらに運動強度の増加に伴い, 交感神経活動は亢進, 副交感神経活動は減少する^{4,17)} ことが報告されている. 本実験は, 運動の継続時間が短く, また比較的緩やかな運動負荷強度による結果であったため, 異なる結果となった. 本実験結果は, 立位姿勢の保持はストレスが大きい状態であることを示し, 歩行や走行を開始することが副交感神経を賦活させるといえ, このことは歩行や走行運動によって緊張緩和効果が期待できることを示す. また, 歩行→走行を比較すると, 走行の方がより交感神経活動の抑制がおり, 副交感神経活動が活発となる傾向がみられた.

2. 1. 2 歩行速度の効果

実験 1. 1. 2 より、歩行速度を変えると被験者によって副交感神経の反応が異なる結果が得られた。先行研究から¹⁸⁾も、運動強度を増加すると HF は減衰していくことや、LF/HF は換気性代謝閾値を越えてから急激に増加するという報告¹⁸⁾、それは 20% HRmax 以上¹⁹⁾、あるいは 30~50%²⁰⁾、またはおよそ 50% VO₂ までであるという報告^{21~23)}がある。被験者によって運動強度が増加すると HF が減少する歩行速度が異なる結果が示されたことから、リラクセスを目的としてウォーキングやランニングを行う場合、各々に見合った運動強度があるものと考えられる。

2. 1. 3 運動方法の効果

同じ運動強度の足踏みと歩行運動を比較すると、足踏みでは副交感神経活動への効果が明瞭には示されず、実際に歩行を行うことが、よりリラクセス効果につながるものと考えられる。

交感神経が刺激されると、唾液アミラーゼ活性値が高まり、快適な刺激では低下すること、その他のストレスマーカーとして用いられるコルチゾールなど内分泌系ホルモンは刺激から分泌まで通常 20~30 分の遅れがあるが、唾液アミラーゼモニターによる測定では採取から測定までに約 1 分と、著しく速く測定できると言われている²⁴⁾。今回の実験からは有意な差はないものの、歩行開始に伴い唾液中の α -アミラーゼ活性が低下するが、走行では増加した。立位に比べ緩やかな歩行開始はストレス軽減につながる可能性が示唆された。

2. 2 ウェアの影響

2. 2. 1 日常着着用の影響

ウォーキングウェアとしては、脚挙げ動作を妨げるジーンズは交感神経活動が大きくジャージは小さい結果が示されたことから、伸縮性を有するジャージはストレスが小さく歩行に適す

るものといえる。

2. 2. 2 ウェアのゆとりの影響

実験 1. 2. 2 より、ジャージの周径を 14cm 市販品より小さくしたウェアでも衣服圧は平均してほぼ 5hPa 以下と小さく、膝上げ時の膝に 25hPa 程度かかるのみであり、動作は妨げられなかった。また、実験 1. 2. 3 でのゆとりが +10cm のウェアはマイナスゆとりのウェアよりも LF/HF は大きく、ゆとりの大きすぎるウェアは歩行・走行時には適さないことが示された。マイナスゆとりのウェアは運動中・後とも高い HF を示し、下肢にかかる衣服圧は、副交感神経活動を上昇させる⁹⁾という報告を支持する結果となった。しかし、運動 15 分後はゆとりのあるウェアのほうが副交感神経活動は大きく、運動中とその後でゆとりを変える方策の必要性が示唆された。

なお、今回実験 1. 2. 3 で用いたスポーツウェアは、着圧タイプでかつ伸縮性の高い素材であり、実験 1. 2. 2 のジャージ素材とは圧迫程度が異なった。本実験からは、圧迫の大きいウェアは立位状態にくらべ歩行時の方が、ゆとりが大きすぎるウェアよりも、ストレスを軽減することが示されたものの、個人差は大きかった。唾液中アミラーゼ活性によるストレス評価では、日常着と異なるゆとりのウェア着用がストレスとなる傾向も伺われた。圧迫に対する慣れが、結果の個人差の要因をなすと思われる。下肢圧迫の自律神経反応への影響については、加圧によって LF/HF 成分が減少し²⁵⁾、ストレス軽減と自律神経反応との関係については、ストレス負荷により免疫系指標の S-IgA (分泌型免疫グロブリン A) 分泌量は増加するが被験者個人に起因した影響を受ける²⁶⁾という報告もあり、いまだ議論が分かれるところである。

田村ら⁹⁾は、衣服による数分単位の人体下半身への圧迫は心拍変動の HF 成分を上昇させるこ

とを確認し、その機序については静脈環流血流の関与を指摘した。加圧による血流促進が血圧上昇を促し、圧受容器への刺激が心臓血管中枢に伝えられ交感神経活動が低下する結果をもたらすと述べている。歩行と走行による血流増加が静脈環流をさらに促進させた場合、交感神経活動にいかん影響を及ぼすかについては、今後の研究成果を待たねばならない。しかし、少なくとも衣服による圧迫や運動、例えば歩行・走行速度について、それぞれ自律神経活動への影響、および加圧に対する感受性の部位差と人体組成との関係が明らかにされる必要がある。リラックスを目的としたウォーキング、ランニングウェアとして、ゆとりが大きすぎるものよりも加圧タイプが適するとは軽々には言えず、加えて部分的な加圧効果については十分な検証が必要といえる。

3. まとめ

健康維持のためのウォーキング用ウェアに求められる条件を明らかにするため、基礎実験として、静止姿勢から運動に移行する時の自律神経反応の変化を、心拍変動解析とストレスマーカーから調べた結果、ゆるやかな歩行を開始すると、立位に比べ副交感神経活動が亢進した。足踏み運動ではその効果は見られず、歩行の速度が増加すると交感神経活動は上昇した。さらに、異なるウェア着用時の歩行の人体負荷について特にゆとりに着目して調べた結果、ジーパンは交感神経活動を賦活させ、一方、ゆとりの大きすぎるウェアは歩行時のストレスが大きかった。

謝 辞

本研究に対し、助成を賜りました石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深謝いたします。また、実験に際し懇切な指導を賜りました文化学園大学田村照子教授、実験にご協力いただき

ました文化学園大学田中綾さん、酒井悠起さん、古山由理さん、および被験者の皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 茂吉雅典, 横山清子, 渡辺興作, 高田和之: 座位から立位への姿勢変換時の心拍変動の解析. 大同工業大学紀要, 32, 91-96(1996)
- 2) 間野忠明: 環境・運動・姿勢と自律神経系. 理学療法学, 26(3) 75-79(1999)
- 3) 長谷川裕紀, 魚住超: 運動負荷心電図の波形解析と自律神経活動の評価. バイオフィードバック研究, 34(1) 84(2007)
- 4) 小山内弘和, 白土男女幸, 鈴川一宏, 中野昭一, 伊藤孝: 異なる運動強度が自律神経機能に及ぼす影響-心電図R-R間隔の周波数解析と皮膚血流周波数解析からの検討-上智大学体育, 39, 21-31(2005)
- 5) 青木孝志, 足達義則: デスクワーク中に可能な運動として行う微小揺脚運動(貧乏揺すり) 経路自律神経活動の変化. Journal of International Society of Life Information Science, 25(1) 17-18(2007)
- 6) 長谷川裕紀, 魚住超: 運動負荷心電図における房室伝導時間変動の時系列解析. バイオフィードバック研究, 33, 9-16(2006)
- 7) 大野彰久, 法月聡, 中嶋大渡, 日比野弘, 加藤清忠, 太田富貴雄, 大森俊夫, 吉武裕, 西牟田守: 心電図R-R間隔を用いた長距離陸上競技選手の運動負荷試験における自律神経機能の検討. 体力科学, 49(6) 667(2000)
- 8) 雙田珠己, 鳴海多恵子: 心拍変動スペクトル解析を用いた着衣動作における身体的・精神的負担の評価-脳性マヒによる運動障害がある人の事例-. 日本家政学会誌, 58(2) 91-98(2007)
- 9) 田村照子, 岡本法子: 機能的スポーツウェア設計のための基礎研究-人体加圧の生体影響-デサントスポーツ科学, 27, 3-14(2006)
- 10) 青木美枝: スポーツウェアによる皮膚圧迫と運動パフォーマンスに関する基礎的研究. デサントスポーツ科学, 17, 293-306(1996)
- 11) 平田耕造: 「きつい」と感じるスポーツウェアの皮膚圧迫効果の実験的研究. デサントスポーツ科学, 8, 125-136(1987)
- 12) 大築立志, 金熙恩, 登倉尋實: スポーツウェアによる身体圧迫が随意反応時間に及ぼす影響. デサ

- ントスポーツ科学, 14, 93-99(1993)
- 13) 細谷聡, 斎藤健治 :機能性靴下の衣服圧と下腿および足部の筋疲労に関する研究. デサントスポーツ科学, 31, 42-51(2010)
 - 14) 岡部和代, 黒川隆夫 : スポーツブラジャー設計のための走行中の乳房振動, 衣服圧変動, ブラジャーと乳房のズレの相互関係の解明. デサントスポーツ科学, 27, 75-85(2006)
 - 15) 菅原順, 村上晴香, 久野譜也, 前田清司, 柿山哲治, 松田光生 :若年男性における持久性トレーニングおよび脱トレーニングが安静時自律神経系活動に及ぼす影響. 体力科学, 49, 121-128(2000)
 - 16) 小原繁, 吉田隼人, 北岡和義, 荒木秀夫 :静的運動時の心拍変動からみた交換神経緊張土と筋電図との関係. 電子情報通信学会技研究報告, 86-90(2001)
 - 17) 小山内弘和, 久米雅, 鈴川一宏, 伊藤孝 :運動後の心臓自律神経系活動に関する検討-安静時心拍数を基準とした強度に対する強度間での検討-. 体力科学, 54(6) 486(2005)
 - 18) 西田祐介, 樋渡正夫, 丸山仁司 :施設入所高齢者における低強度運動負荷時の心拍変動. 理学療法学, 33(1) 1-6(2006)
 - 19) 早野順一郎 :心拍変動のスペクトル解析, 総合臨床, 44, 201-209(1992)
 - 20) 藤井宣晴, 鍋倉賢治, 権玉晟, 山崎文夫, 本間幸子, 池上晴夫 :運動強度の増大に対する心拍数および血漿カテコールアミンの応答. 体力科学, 41, 313-321(1992)
 - 21) 小宮山真世, 西村一樹, 小野くみ子, 関和俊, 高原皓全, 石田恭生, 吉岡てる, 小野寺昇 :トレッドミル歩行における歩行速度と心臓自律神経活動の関連性. 体力科学, 56(6) 870(2007)
 - 22) 小宮山真世, 西村一樹, 関和俊, 吉岡哲, 高原皓全, 平尾匡祥, 小野寺昇 :トレッドミル歩行の歩行速度が心臓自律神経活動に及ぼす影響. 体力科学, 57(6) 966(2008)
 - 23) 永田晟, 田島多恵子, 呼吸調節下の軽強度運動時心拍変動スペクトルと尿中副腎ホルモンからみた自律神経機能の変化. 日本運動生理学雑誌, 13(2) 55-62(2006)
 - 24) 山口昌樹, 花輪尚子, 吉田博. 唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能. 生体医工学, 45(2) 161-168(2007)
 - 25) 長山芳子, 中村正, 村田嘉郎, 木村実, 井上尚英. 心血管機能に及ぼすガードル着用の影響-心拍変動のパワースペクトル解析-繊維製品消費科学, 36, 68-73(1995)
 - 26) Zhong-Qiu, Otsuki T., Ishii Y., Inagaki A., Kawakami Y., Hisano Y., Perturbation of secretory Ig A in saliva and its Daily Variation by academic stress. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 6, 268-272(2002)