

弾性ストッキングによる下腿三頭筋の形態への影響

Morphological change at the triceps muscle of calf during the application of a below-knee graduated compression stocking.

体育学部健康科学科
早田 剛
HAYATA, Gou
Department of Health Science
Faculty of Physical Education

アルケア株式会社
三浦 隆
MIURA, Takashi
ALCARE Co., Ltd.

体育学部健康科学科
古山 喜一
FURUYAMA, Yoshiichi
Department of Health Science
Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科
飯出 一秀
IIDE, Kazuhide
Department of Health Science
Faculty of Physical Education

川崎医療福祉大学 健康体育学科
宮川 健
MIYAKAWA, Takeshi
Department of Health and Sports Sciences
Kawasaki University of Medical Welfare

Abstract : There is a report that an exercise performance changes by the wearing graduated compression stockings. It is reported that a raising angle of the gastrocnemius muscle entheses enlarged by a graduated compression stockings wearing. The aim of this study was to examine morphological change at the triceps muscle of calf during the application of a below-knee graduated compression stocking. Ten healthy males (20.8 ± 0.8 years) volunteered to this study. The condition assumed ①Control (bare foot), ②Normal (Normal stocking), ③ES (graduated compression stocking). Thickness and angle of pennation at the triceps muscle of calf were taken by ultrasound scanning using NOBLUS (Hitachi Medico Co., Ltd.) with relaxed standing position. In addition, the wearing pressure and the leg greatest diameter were measured. ES was significantly high in the wearing pressure in comparison with Normal. Significant difference was not seen in the pennation angle of the gastrocnemius muscle medial head between conditions. The depth from a deep aponeurosis to skin significantly had a long ES from in comparison with Control, Normal. Therefore, these results suggested that the graduated compression stocking prevented muscle and subcutaneous fat of the calf hanging down for the gravity.

Keywords : Graduated compression stocking, Triceps muscle of calf, Ultrasound scanning, wearing pressure

I. 背景

弾性ストッキングは、透明感や装飾性などが求められる一般のストッキングと違い、予防や治療で必要と

なる圧力を作り出すため、高い弾性を有し、遠位から近位へ圧力が低くなる段階的の圧迫機能を持つ。通常、横方向に連続的なループを形成する丸編みと呼ばれる方法を用いて生産されており、安定した大きな圧力を

実現するため、一般のストッキングに比べて太い糸を使用するとともに、インレイと呼ばれる圧迫のためだけの糸を挿入した構造になっていることが大きな特徴である (Goldmanら, 1995)。

この弾性ストッキングの使用目的は、医療機器として、静脈系疾患である肺血栓塞栓症や深部静脈血栓症の治療や予防があげられる。更に下肢静脈瘤やリンパ浮腫といった還流障害の予防や治療ばかりでなく、健常者における足の浮腫の予防・治療にも有用との報告がある。

弾性ストッキングのむくみに関する先行研究について、福田ら (2015) が、健康な成人男性12名にリンパドレナージ施術と弾性ストッキングの1時間着用に対するむくみの変化を報告している。弾性ストッキング施術前後を比較した結果、主観的むくみ感は減少傾向がみられたものの、有意な差は認められなかった。更に細胞外水分比 (ECW/TBW) は、施術前と比較し、全身・体幹・右脚・左脚において減少が有意に認められた。平井 (2008) は、朝・夕に足の周径を計測し、弾性ストッキングの8 mmHgという弱い圧迫圧でも、むくみ予防効果があり、また、圧迫圧の高度なストッキングに有用性が大きかったと述べた。また、健常者における弾性ストッキングの効果として、4種類のストッキングには、ほぼ同程度に浮腫予防効果が認められたと報告している。

静脈への影響をみると、黒岩ら (2014) は、健康ボランティア15名を対象に、弾性ストッキング着用前および着用20分後、40分後における膝窩静脈の最高血流速度および血管径について測定した。その結果、弾性ストッキングの着用は、安静座位の膝窩静脈の血管径を減少させ、かつ最高血流速度を上昇させると報告している。Riebeら (2015) も、7日間の健常者への弾性ストッキングの装着により、静脈の駆出率は有意に増加し、静脈還流量は有意に減少したと報告している。

動脈に対しては、Tanakaら (2014) が、ヘッドテイルト試験における血圧および心拍数へ長さの異なる (ニーハイ、サイハイ、ウェストハイ) 弾性ストッキング効果を報告している。その結果、ヘッドテイルト試験の血圧は、仰臥位と比較し、有意な差はみられなかった。ヘッドテイルト試験において心拍数はどの条件であっても増加したが、3条件間に有意な差は認められなかったと報告している。山川ら (2015) は、弾性ストッキング着用下ROM中の下腿筋血液量と圧迫圧の変化を明らかにするために、近赤

外分光法 (NIRS) を用いた下腿筋の酸素化動態の測定を行った。その結果、5分間のROM前後の $\Delta t\text{-Hb}$ は、ROM30秒前に対して、ROM30秒後と有意に低下した。 $\Delta \text{oxy-Hb}$ 、 $\Delta \text{deoxy-Hb}$ は平均値の減少はみられたが、統計的な有意差がなかったと報告した。福田ら (2015) の報告においても、レーザー血流計によって計測された右足第1趾先端の末梢血流量は、施術前と比較し、有意な差は認められなかった。

以上のことから、弾性ストッキングの装着による効果は、組織間液の減少や静脈還流量の増加は検証されているが、動脈に対する効果は認められないと推察される。

近年、筋のサポート機能や疲労軽減を謳う機能的ストッキングが発売され、その装着により運動パフォーマンスが変化すると報告がある。Yamadaら (2007) は一般健常男性を対象とした評価で、運動中の筋疲労を軽減させ、運動後の浮腫みを軽減させ、運動中の筋疲労を軽減させる可能性が示唆されたと報告している。更に山田ら (2011) は大学ラグビー選手11名を対象にスポーツ用弾性ストッキング装着の有無での多用途筋機能評価運動装置による下腿底背屈筋力測定ならびに表面筋電図による評価を行い、弾性ストッキングを着用することにより、高強度の運動に対して、疲労耐久性が得られる可能性が示唆されたと報告している。三浦ら (2007) は、定期的にスポーツクラブに通う男性8名、女性23名を対象とした評価で、Counter movement jump・幅跳びなどの計測を実施し、下肢の筋力発揮に良い影響を与えることが示唆されたと報告している。

このような弾性ストッキングによる運動パフォーマンスへの影響のメカニズムを考えると、骨格筋への影響も否定できない。骨格筋が発揮する張力は筋形状の影響を強く受ける。特に羽状筋は、筋束が傾斜配列をしており、収縮によって筋束長が短縮する際に羽状角が増大するという、力発揮機能に大きな影響を与える変化が生じる。超音波診断装置により、弾性ストッキング装着時における腓腹筋付着部の立ち上がり角度は報告されている (三浦ら, 2012) が、筋厚や羽状角に関する報告は見当たらない。

そこで、本研究の目的は、弾性ストッキング装着時における下腿三頭筋の形態学的変化について、検討することとした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は健常なK大学男子学生10名 (20.8 ± 0.8 歳) とした (表1)。被験者にはインフォームドコンセントを行い、書面にて同意を得た。本研究は、環太平洋大学 研究倫理委員会の承認 (番号201502) を得て、実施された。

また、本稿の全ての著者に規定されたCOIはなかった。

表1 Physical characteristics of subjects

parameter	data
Subject	male:10
Age (years)	20.8 ± 0.8
Height (cm)	169.7 ± 7.2
Weight (kg)	71.2 ± 11.2
Right low leg length(cm)	45.8 ± 3.5

2. 試技条件

試技条件は、①Control (裸足)、②Normal (ナイロンストッキング：(株)しまむら社製)、③ES：弾性ストッキング (アルケア(株)社製：CG Socks-inner33) とした。ストッキングの長さは膝下までとした (図1)。ストッキングのサイズは、各被験者の足首周囲の周径が中央値に近いサイズを選んだ。条件の装着順序は、各被験者で無作為に実施した。

測定に際し、被験者は立位姿勢で、リラックスした状態を保ち、上肢及び下肢に力を入れないように指示した。



図1 試技条件

3. 装着圧力

装着圧力の測定は、エアバック式による圧力センサー検出方式の携帯型接触圧力測定器「パームQ」

((株)ケーブ社) を用いた。センサー中央部を下腿最大周囲になるように貼付させ、ストッキングを装着し、安静立位時の計測を2回行なった。計測データは5点のセンサーの平均値を用いた。

4. 下腿最大周囲径

下腿最大周囲径は、メジャーにより下腿部において周囲径が最も大きい個所の周囲径を計測した。計測は安静立位時とし、2回行なった。

5. 超音波診断装置による計測

超音波診断装置Noblus (日立アロカメディカル(株)社製) を使用し、安静時立位時の右脚下腿三頭筋を形態学的撮影した。測定部位は先行研究に基づき、下腿部腓腹筋内側頭の最大周囲部の位置とした。プローブは10MHzの探触子を使用し、Bモードで撮影を行った。Abeら (1998) の方法に基づき、矢状面 (長軸方向) より撮影した。

1) 羽状角

腓腹筋の羽状角は、深部筋膜と腓腹筋筋線維のなす角度とし、超音波診断装置Noblusにて計測した (図2)。

2) 筋厚

下腿三頭筋の厚みは、①皮膚から深部腱膜の垂直距離、②表層腱膜から深部腱膜の垂直距離を超音波診断装置Noblusにて計測した (図2)。

6. 統計処理

測定結果は、各条件における下腿最大周囲部の装着圧、下腿最大周囲径、腓腹筋羽状角、皮膚からの深部腱膜厚・腓腹筋厚を、平均 \pm 標準偏差にて示した。

統計処理は、Excel統計2013 ((株)社会情報サービス社) を用いて行なった。装着圧の比較には、対応のあるT検定を用いた。また、3条件間の比較には、対応のある一元配置分散分析を用い、その後Bonferroniの多重比較を行なった。有意水準は5%未満とした。

III. 結果

全ての結果を表2に示した。結果、装着圧力は、ES (19.2 ± 2.6 mmHg) がNormal (7.2 ± 2.5 mmHg) と比較し有意に高かった。下腿最大周囲径は、各条件間において、有意な差が認められなかった。腓腹筋

内側頭の羽状角度は、条件間において有意差がみられなかった。下腿三頭筋の表層腱膜から深部腱膜の垂直距離は、ES (22.4±4.4mm) が、Normal (20.1±4.2mm) と比較し有意に長かった。皮膚から深部腱膜の垂直距離は、ES (29.0±6.7mm) がControl (26.1±5.3mm)・Normal (25.5±6.2mm) と比較し有意に長かった (表2)。

IV. 考察

本研究では、弾性ストッキングの装着が、下腿三頭筋の形態に及ぼす影響を検討した。弾性ストッキングは、通常のストッキングと比較し、装着圧力が有意に高かった。更に、弾性ストッキングは、皮膚から深層腱膜までの厚さ及び腓腹筋内側頭の厚さを、有意に増大させた。従って、弾性ストッキングは、下腿筋や皮下脂肪の重力に対する垂れ下がりを予防することが示唆された。この結果は、三浦ら (2012) の弾性ストッ

キングによって、腓腹筋付着部の立ち上がり角度が増加したとの報告と同様であった。これらの結果は、装着圧力が高いだけでなく、足首圧力が脛脛圧力より高いグラデーション設計の影響によると考察した。

弾性ストッキングの装着によって、筋厚は有意に増大したが、羽状角には増加傾向はみられたものの、有意差が認められなかった。本研究では、超音波診断装置を矢状面 (長軸方向) のみから測定しており、横断面からの羽状角も検討し、三次元的に羽状角をとらえていくことが必要と考察した。近年では、縦型オープン立位MRによるにおける身体内部の影響を直接確認する方法 (齋藤と岡山, 2014) も実施されており、同様の手法を用いて検討していく必要があると考えられた。更に最大周囲径についても同様に増加傾向はみられたものの、有意な差が認められなかった。このことから形態的な変化をとらえることを1点から見るのではなく、ボディースキャンのように三次元的な形態計測が必要と考えられた。

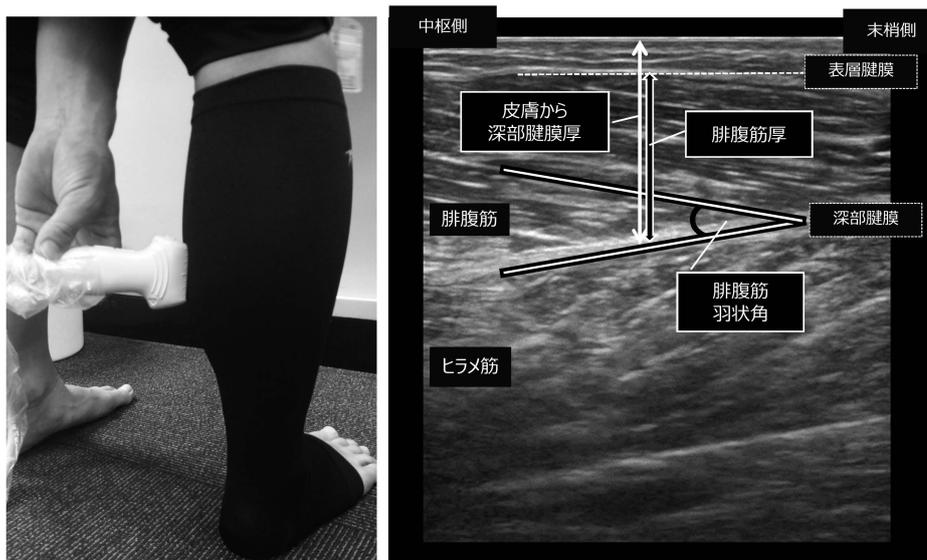


図2 超音波診断装置による羽状角・筋厚の計測・算出方法

表2 Result on the three condition

parameter	Control	Normal	ES
Wearing pressure (mmHg)	-	7.2±2.5	19.2±2.6 **
Maximum circumference (cm)	37.2±2.8	37.4±3.0	37.6±3.2
Pennation angle of gastrocnemius muscle (degree)	20.2±2.2	21.1±2.3	22.2±2.9
Thickness of gastrocnemius muscle (mm)	20.8±4.4	20.1±4.2	22.4±4.4 *
Thickness of skin from depths aponeurosis (mm)	26.1±5.3	25.5±6.2	29.0±6.7 ** §

Results are mean ± SD ;

*,significant difference between Normal and ES (**p<.05,**p<.01)

§,significant difference between Control and ES (§ p<.05)

Yamadaら (2007) は、弾性ストッキングが、繰り返し40回の足関節底屈筋力を増大させ、運動パフォーマンスを向上させたと報告している。腓腹筋は、内側頭が大腿骨内側上顆から、外側頭は外側上顆に起始し、アキレス腱となって踵骨に停止する。本研究で示唆された垂れ下がりを減少させる弾性ストッキングにより、アキレス腱の有効利用が可能になっているのではないかと推察された。一方で、曾田ら (2011) は、外側広筋であるが、安静時と比較し、疲労課題によって羽状角が有意に増加し、筋束長が有意に減少すると報告している。このことはMademli L & Arampatzis A (2005) によって、RMS増加は、持続的な最大下収縮時にRMSの増加は、発生されたトルクを維持するために、より多くの運動単位を動員し、一定の張力を維持するための現象であり、すでに不能になった筋線維を代償するための現象と説明している。本研究からは推察の域を出ることはできないが、効果を検証していくためには、運動中、前後における形態変化および筋電図等の影響についても検討していく必要があると考えられた。

また、ストッキング装着時に超音波診断装置を用いた計測をした結果、画像は若干暗くなったが、解析できる画像を取得することができた。このことは、NormalとESの素材がナイロン・ポリウレタンからできており、ナイロンは長繊維であり、引張強度の強い繊維のため、超音波の減衰が殆どないためと考察した。本研究と同様の方法を用いることで、血管への影響や動静脈血流への影響も検討できると推察された。三浦ら (2007) の報告ではマルチステージ運動後の周囲径変化量が減少すると報告しており、運動前後における血流面の検討も今後の課題と考察した。

V. まとめ

健常な成人男性10名に対して、弾性ストッキングの効果について超音波画像から比較した結果、安静立位での腓腹筋に対する羽状角には影響せず、皮膚から深層腱膜までの厚さ及び腓腹筋内側頭の厚さを、有意に増大させた。このことより、弾性ストッキングは、下腿三頭筋の重力に対する垂れ下がりや予防することが示唆された。

参考文献

1) 黒岩 政之, 宇治橋 善勝, 高平 尚伸, 栗田 かほる, 横田 友希, 長田 真由美, 鈴木 政子, 見井田 和正,

川谷 弘子, 荒井 有美 (2014) 下肢深部静脈に対する弾性ストッキングの血流増加効果, 静脈学 25 (3), 326-331.

- 2) Goldman, M. P. et al.: Sclerotherapy: Treatment of Varicose and Telangiectatic Leg Veins. 2nd ed., Mosby-Year Book, 236, 1995.
- 3) 平井 正文 (2008) むくみと静脈瘤, リンパ浮腫を防ぐ弾性ストッキング 繊維製品消費科学会誌, 49 (10), 696-701.
- 4) 福田 博美, 藤井 紀子, 水野 昌子, 中井 大介, 舟橋 珠希, 石井 美紀代, 永石 喜代子 (2015) 用手的リンパドレナージの効果に関する検討 -健康な成人男性のむくみに対する弾性ストッキングとの比較-愛知教育大学研究報告. 教育科学編 64, 41-45.
- 5) Mademli L, Arampatzis A. (2005), Behaviour of the human gastrocnemius muscle architecture during submaximal isometric fatigue. Eur J Appl Physiol. 94 (5-6), 611-7.
- 6) 三浦 隆, 岩崎 徹治, 山田 陸雄 (2012) スポーツ選手に対しての機能性ストッキング (特集 スポーツバイオメカニクス)の最近の進歩, 臨床スポーツ医学 29 (7), 715-721.
- 7) 三浦 隆 他 (2007) 段階的圧迫機能を持つスポーツ用弾性ソックスの運動時着用効果 体力科学56 (6), 879.
- 8) Riebe H, Korschake W, Haase H, Jünger M. (2015), Interface pressure and venous drainage of two compression stocking types in healthy volunteers and in patients with hemodynamic disturbances of the legs. Clin Hemorheol Microcirc, 61 (2), 175-83.
- 9) Tanaka K, Tokumiya S, Ishihara Y, Kohira Y, Katafuchi T. (2014), Compression stocking length effects on arterial blood pressure and heart rate following head-up tilt in healthy volunteers. Nurs Res, 63 (6), 435-8.
- 10) 齋藤 祥乃, 岡山 久代 (2014) 分娩後の子宮復古における骨盤ベルトの有用性: 縦型オープンMRを用いたの検証, 母性衛生 55 (2), 396-404.
- 11) 曾田 直樹, 石田 裕保, 池戸 康代 (2011) 疲労課題における外側広筋の形態学的変化について-羽状角, 筋厚, 筋束長の経時的変化-, 理学療法科学 26 (6), 781-784.
- 12) 山川 尚子, 香澤 智子, 栗田 太作, 小澤 壯治 (2015) 他動的足関節運動中の弾性ストッキングの圧迫圧と筋酸素化状態の測定 日本集中治療医学会雑

誌 22 (6), 545-547.

- 13) Yamada, M. et al. (2007), The effect of sports elastic compression gradation stocking during exercise .埼玉圏央リハ研究会誌 7, 62-65.
- 14) 山田 睦雄 他 (2011) スポーツ用弾性ストッキングの運動時着用の効果について (第3報) - Compression and Gradation technology の効果 - 日臨スポーツ医会誌 19, S160.