

膝囲への衣服圧が下肢のむくみに及ぼす影響

神奈川大学 傳法谷 郁 乃
(共同研究者) 文化学園大学 小 柴 朋 子
同 田 村 照 子

Effect of Local Pressure to the Knee on Swelling of Lower Extremities

by

Ayano Dempoya
Faculty of Engineering, Kanagawa University
Tomoko Koshiba, Teruko Tamura
Faculty of Fashion Science,
Bunka Gakuen University

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effects of several levels of pressure applied to the knee during standing and low intensity exercise on lower leg swelling volume and sensation. In experiment A, eight healthy women standing upright had cuff pressure applied to their knees at 10, 20, 30, and 40 mmHg or without cuff for 20 minutes. The swelling volume and sensation were measured at the beginning and the end of the standing session. In experiment B, nine healthy women in a standing position had cuff pressure applied to their knees at 20 and 40 mmHg or without cuff during 20 minutes of step exercise. The cuff was removed immediately after that and the women remained standing for 20 minutes. As a result, leg and foot volume at the end of the standing session were significantly greater after 40 mmHg pressure compared with the other conditions in both experiments A and B. In experiments A, the

swelling sensation was not significantly different between conditions. In experiment B, the swelling sensation at the end of the standing session under 40 mmHg pressure was significantly lower compared with 20 mmHg ($P<0.05$), but not compared with the no cuff condition. The lower leg and foot volume and swelling sensation under the no cuff condition tended to increase at the end compared with baseline in both experiments A and B. These results suggested that a pressure of less than 40 mmHg on the knees during standing and step exercise can help prevent lower leg and foot swelling.

要 旨

下肢むくみ対策用アパレル製品の膝囲への圧力設計のための基礎とすることを目的とし、健康な成人女性を対象に立位時および軽運動時の膝囲への圧迫強度が下肢のむくみ量およびむくみ感へ及ぼす影響について明らかにするため、2種の実験を実施した。実験Aでは、20分間の立位時において膝囲圧迫10, 20, 30, 40mmHg及びカフなしの5条件を比較し、実験Bでは、20, 40mmHgの膝囲圧迫及びカフなしの3条件で20分間の軽運動を行い、圧迫開放後の立位20分間を比較した。その結果、立位時の足部容積はカフなし、40mmHgと比較して10, 20, 30mmHgで、軽運動時の下腿・足部容積はカフなしと比較して20mmHgで減少傾向が示され、40mmHgと比較して20mmHgで有意に減少した ($p<0.05$)。立位時のむくみ感は、足部容積と同様に、カフなし及び40mmHgで増加傾向が示された。立位時および軽運動時の膝囲への圧迫は、40mmHg未満の強度とし、膝囲への適度な圧迫は、下腿・足部容積の増加を抑制させることが示唆された。

緒 言

近年、コンプレッションウェアやスキニーパンツなど下肢にタイトフィットするアパレル製品（以下、圧利用アパレルと称す）が市販され、膝サポーターのみならず膝囲を圧迫する衣服が多く

みられる。衣服と膝囲への圧迫に関する先行研究では、膝サポーターの着用効果に関して、膝の固定・振動抑制・バランス安定性¹⁻³⁾などの生体力学的な検討はなされてきたが、生理・心理反応に及ぼす影響については十分に検討されていない。

筆者らは、膝囲への局所圧迫について近赤外分光法 (Near infrared spectroscopy : NIRS) による下肢筋組織内の血液酸素動態を指標として被験者実験を行った結果、圧迫強度の増加に伴い腓腹筋の組織脱酸素化ヘモグロビン (DeoxyHb) は減少し、組織全血液量 (TotalHb) は増加し、むくみ感は20mmHgより強い圧迫で増加する傾向を示した⁴⁾。このことから膝囲への圧迫は、むくみ感だけではなくむくみ量にも影響を及ぼしていることが推察された。

下肢部への衣服圧とむくみに関する研究では、弾性ストッキングの初期静脈瘤治療や下肢静脈瘤治療時の血栓形成防止効果⁵⁾、サポートストッキングによる下肢のむくみ防止効果⁶⁾など、圧利用アパレルの効果に関する研究が多くみられるが、その多くは大腿囲、下腿囲、足首囲を対象としており、膝囲への圧迫強度と下肢のむくみ量との関係に着目した研究はみられない。膝囲への適正圧が明確になれば、より効果的なむくみ対策用アパレルの設計・開発が推進されると考える。

そこで、本研究では下肢のむくみ対策用アパレル製品における膝囲への圧迫強度をどの程度に設計するべきかを明らかにすることを目的とした。

すなわち、立位時及び軽運動時における膝囲への局所圧迫が下肢のむくみ量およびむくみ感へ及ぼす影響について、下腿・足部容積および周径、心拍変動、主観申告を測定し、検討を行った。

1. 実験方法

本研究は2種類の実験から構成されており、立位時と運動時について、それぞれ膝囲への異なる圧迫強度が下肢へのむくみ量およびむくみ感に及ぼす影響について検討した。

いずれも実験は、気温 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%RH$ に設定された人工気候室にて実施した。被験者には事前に研究目的・内容を十分に説明し、書面による同意を得た。被験者の生理周期を低温期に統一し、食後2時間以上経過後、同時間帯に実験を行った。

本実験は文化学園大学倫理専門委員会の審査（承認番号：S15C02）及び神奈川大学の人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の審査（承認番号：2018-7）、承認を得て実施した。

1. 1 立位時における膝囲への圧迫強度がむくみに与える影響（実験 A）

1. 1. 1 被験者

被験者は健康な成人女性8名（平均年齢 25.5 ± 6.3 歳、平均身長 160.0 ± 0.04 cm、平均体重 54.9 ± 6.1 kg）である。

1. 1. 2 膝囲への圧迫方法

膝囲への圧迫には、図1に示す、幅13 cmの血圧計用カフを用い、両膝にカフを巻いて、カフの内圧を各圧迫強度条件になるように調整した。なお、カフを膝囲に巻く場合、膝上と膝下の周径に差があり、一般的な長方形のカフでは膝下にすき間が生じるため、カフの下縁に3 cmのダーツを2本施し、上縁59 cm、下縁53 cmのカフを自作した。また、カフ内圧が高くなるほどカフ自体が膨らみ、圧迫面積がわずかに減少するため、非

伸縮性の面ファスナーを過度な圧力がかからないように注意してカフの外側から留めた。膝囲へかかる圧力は、株式会社エイエムアイ・テクノ社製のエアパックセンサを膝囲の前面、後面、外側、内側の4箇所貼り付け、衣服圧測定装置AMI3027を用いて常に確認した。

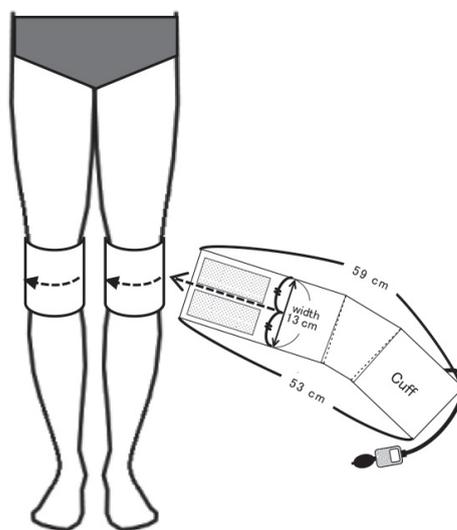


図1 カフを用いた圧迫方法

1. 1. 3 測定手順

図2に実験プロトコルを示す。被験者は実験室入室後、Tシャツ・ショートパンツに更衣した後、脚部への静水圧の影響を除去するため20分間仰臥位を保持させた。その際、専用タオルの上に踵を載せさせ、足部が体幹部より低くならないようにした。その後、座位安静を10分間保持し（Pre ST）、立位姿勢へ移行した。立位直後に両膝にカフを巻き加圧を開始し、そのまま立位姿勢を20分間保持させた。圧迫強度は10, 20, 30, 40mmHg（それぞれ約13.3, 26.7, 39.9, 53.3hPa）およびカフなしの計5条件で、各圧迫条件について1日に1回の実験とし、無作為に実施した。なお、各圧迫条件における実験回数は1回である。

1. 1. 4 測定項目

測定項目は、むくみ量については足部容積を測

定し、むくみによる心理反応の測定には主観申告及び心拍変動解析を行った。

足部容積には、三次元足型計測器 ShoeMax（有限会社じゃ・ネっと社製）を用いて、立位直後と立位 20 分後に足部形状の三次元データを測定し、足部容積変化量を算出した。測定範囲は、右足の第一指から第五指中足趾関節部に印をつけ、印から踵部まで、高さは、足底設置面から 9 cm までの範囲を対象とした。

主観申告は SD 法を用いて 4 段階尺度で、圧迫感 (0: ない～ 3: とてもきつい)、むくみ感 (0: ない～ 3: とてもむくむ)、快適感 (0: 快適～ -3: とても不快) について、座位時、立位 10 分後、立位 20 分後に評価させた。

心拍変動の測定および解析には、MemCalc / Bonaly Light (GMS 社製) を用い、心拍数 (HR)、交感神経活動の指標として用いられる LF/HF、副交感神経活動の指標として用いられる HF を算出した。HR 及び LF/HF は、座位安静時と立位 20 分後との差 (ΔHR , $\Delta LF/HF$) をそれぞれ求めた。なお、HF は周波数領域の分布に個人差がみられたため、座位安静時に対する立位 20 分後の変化率 (%HF) を求めた。

なお、3 名の被験者には、別日程で 40 分間の立位安静時における膝囲圧迫の影響について、圧迫強度 10, 20, 30, 40mmHg の 4 条件で、10 分毎に下腿最大囲の周径変化をテープメジャーにより測定し、圧迫直後の周径との差を求めた。各圧迫条件における実験回数は 1 回である。

1. 1. 5 測定結果の統計解析

得られた結果は平均値 \pm 標準偏差で示す。むくみ感及び快適感は、経過時間・圧迫強度を要因とする対応のある二元配置分散分析及び Bonferroni 法の多重比較検定を行った。足部容積変化量、 ΔHR 、 $\Delta LF/HF$ 、% HF、圧迫感については、圧迫強度について対応のある一元配置の分散分析を用い、有意差が認められた場合、

Bonferroni 法による多重比較検定を実施した。統計解析には SPSS Ver.24.0 for Windows を用い、いずれの検定においても有意水準は 5% 未満とした。

1. 2 運動時における膝囲への圧迫強度がむくみに与える影響 (実験 B)

1. 2. 1 被験者

被験者は健康な成人女性 9 名 (平均年齢 23.0 ± 3.0 歳, 平均身長 159.3 ± 4.6 cm, 平均体重 54.3 ± 6.6 kg) である。

1. 2. 2 測定手順

被験者は実験室入室後、T シャツ・ショートパンツに更衣した後、十分な座位安静を保たせた後、実験を開始した。実験は、図 2 に示すように、10 分間の座位安静後、立位姿勢を 20 分間保持させた。その後、実験 A と同様の圧迫方法で、膝囲を圧迫し、被験者はメトロノーム $\downarrow = 100$ のリズムに合わせて、高さ 5 cm の踏台昇降運動を 20 分間行い (Pre EX)、再びカフを外して立位安静を 20 分間保持させた。圧迫強度は 20, 40mmHg (それぞれ約 26.7, 53.3hPa) およびカフなしの計 3 条件であり、各圧迫条件について 1 日に 1 回の実験とし、無作為に実施した。なお、各圧迫条件における実験回数は 1 回である。

1. 2. 3 測定項目

測定項目について、むくみ量は下腿・足部容積および下腿最大囲の周径を測定し、むくみによる心理反応の測定には、主観申告 (SD 法) 及び心拍変動解析を行った。

下腿・足部容積は、高さ 32 cm の位置に排水口のある容器を使用し、実験前後に水置換法により足底から膝下までの容積を測定した。実験後に排水口からあふれた水量を測定した。

下腿最大囲の周径は、レーザーマーカーを用いて油性ペンで下腿最大囲に水平線を描き、テープメジャーを用いて 10 分間隔で周径を測定し、運

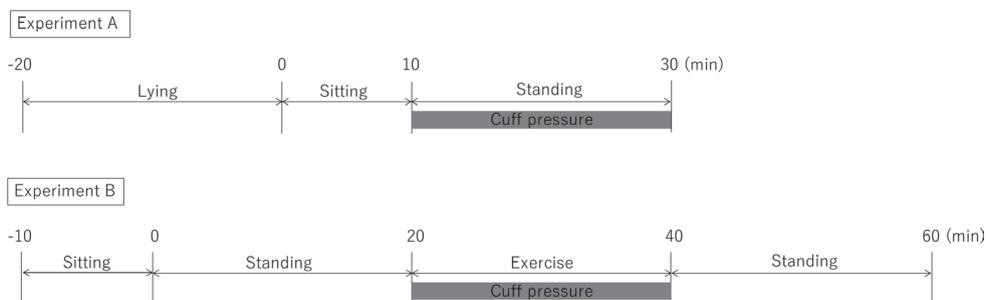


図2 実験プロトコル

動前との差を求めた。

主観申告は、圧迫感を運動中の10分後と20分後に、むくみ感および快適感を、運動直前、運動後の立位直後、立位10分後、立位20分後にSD法により評価してもらった。

心拍変動解析は、心電測定にはintercross-415、解析ソフトにはintercross-311（いずれもintercross社製）を用い、心拍数（HR）および心拍変動指標LF/HF、HFを算出した。これらの解析にはMEMCALC法による心電図RR解析を行った。HR及びLF/HFは、運動直前の立位と運動後の立位時との差（ Δ HR、 Δ LF/HF）を求めた。なお、HFは周波数領域の分布に個人差がみられたため、運動直前の立位に対する運動後の立位時の変化率（%HF）を求めた。

統計処理は実験Aと同様にSPSS Ver.24.0 for Windowsを用いて行い、有意水準は5%未満とした。

2. 実験結果

2.1 立位時の膝囲圧迫による影響（実験A）

立位直後から立位20分後の足部容積変化量を図3に示す。図3より、各圧迫強度間に有意な差はみられなかったが、いずれの圧迫強度においても20分間の立位姿勢保持により足部容積は増加し、10mmHgと比較してカフなしと40mmHgで増加量は大きくなる傾向がみられた。

図4に圧迫感を、図5にむくみ感および快

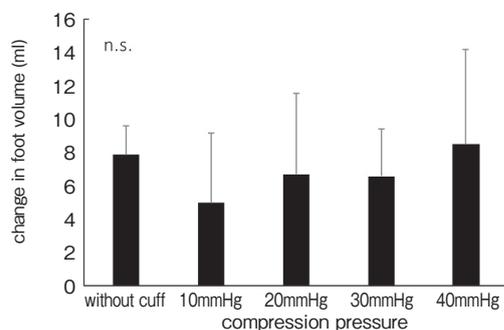


図3 立位20分間の膝囲圧迫による足部容積変化量

適感の結果（評定平均点）を示す。図4より、圧迫感は圧迫強度が大きくなるにつれて増加し、10mmHgと比較して膝囲圧迫10分後には40mmHgで（ $p < 0.01$ ）、20分後には、30mmHg（ $p < 0.05$ ）及び40mmHg（ $p < 0.01$ ）で有意に強くなることが示された。図5より、むくみ感及び快適感については圧迫強度間で有意な差はみられなかったが、カフなし及び40mmHgでむくみ感

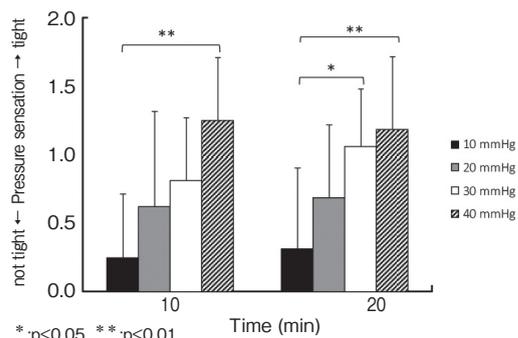


図4 立位時における膝囲圧迫中の圧迫感

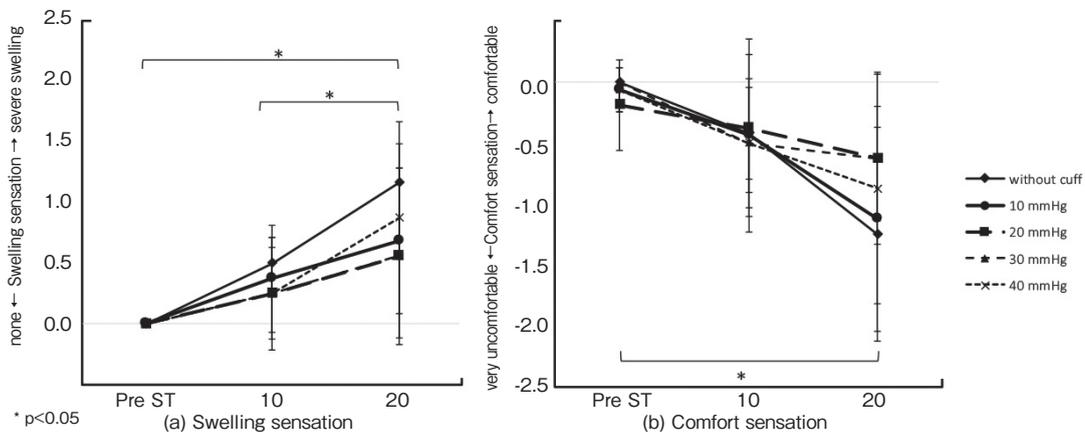


図5 立位時における膝囲圧迫中のむくみ感及び快適感

表1 圧迫強度について ΔHR, ΔLF/HF, %HF の一元配置分散分析結果

	Compression pressure					
	without cuff	10 mmHg	20 mmHg	30 mmHg	40 mmHg	p value
ΔHR (bpm)	14.02 (7.80)	13.46 (3.86)	12.69 (4.20)	9.27 (4.94)	10.69 (6.85)	0.005**
ΔLF/HF(-)	3.41 (2.54)	6.38 (10.62)	6.99 (10.52)	1.40 (1.21)	3.82 (4.98)	0.252n.s.
HF(%)	-71.47 (23.01)	-82.22 (9.18)	-73.26 (15.08)	-65.79 (14.63)	-71.96 (17.11)	0.066n.s.

Values are mean (SD) . ** p < 0.01

は増加し、快適感が低下する傾向がみられた。よって、圧迫なしや高強度の圧迫は足部容積変化量と同様に、むくみ感や快適感に影響を及ぼす可能性が示唆された。

表1は座位安静時から立位20分後のΔHR, ΔLF/HF, %HFを示す。一元配置分散分析の結果、圧迫強度についてΔHRに有意差がみられたが(P<0.01)、多重比較検定の結果、圧迫強度間に有意な差はみられなかった。ΔLF/HFは10mmHgから30mmHgへと圧迫強度が大きくなるにつれて減少し、40mmHgで再び増加傾向を示した。%HFは30mmHgで増加傾向となった。

3名の被験者を対象に、立位保持の時間を40分に延長した場合の下腿最大囲の周径を測定した結果を図6に示す。図6より、膝囲を圧迫して立位姿勢を40分間保つと、下腿最大囲は徐々に増加し、40分後には平均約4.17mm増加した。圧迫強度の違いについては、20mmHgで増加量は少なく、40mmHgで多い傾向が示され、40mmHgで膝囲を圧迫すると、下腿部容積は増加すること

が示された。

2.2 運動中の膝囲圧迫による影響 (実験B)

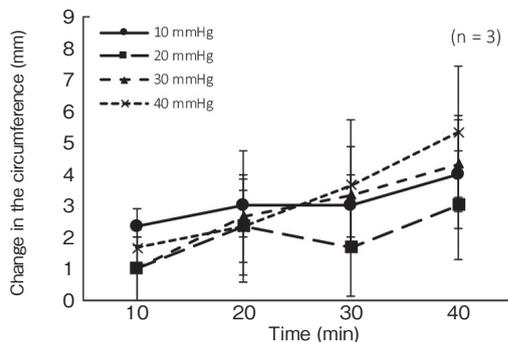


図6 下腿最大囲の周径変化量

図7は、実験前後の下腿・足部容積変化量を示す。図7より、実験開始時に比べ、いずれの圧迫強度においても下腿・足部容積は増加した。カフなしと比較して20mmHgでは減少傾向、40mmHgでは増加傾向が示され、20mmHgと40mmHgとの間には、危険率5%で有意差がみられた。

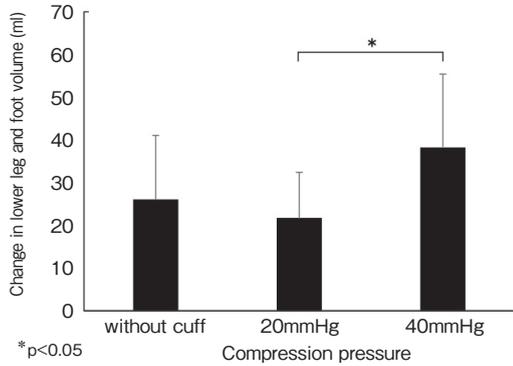


図7 実験前後の下腿・足部容積変化量

運動前の下腿最大囲の周径を基準とした周径変化量は、図8に示すように、20分間の踏み台昇降運動により有意に減少し ($p < 0.01$)、圧迫解放後の立位保持により再び増加した。カフなしの下腿最大囲は、40mmHg圧迫時と比較して運動直後に有意に減少した ($p < 0.05$)。その後の立位保持ではいずれの圧迫強度も運動直後の影響を受けたまま変化量は少なくなり、立位20分後の40mmHg圧迫では、運動前より下腿最大囲は増加し、カフなしおよび20mmHgと有意差がみられた ($p < 0.05$)。

圧迫感は、20mmHgと40mmHgにおいてそれぞれ、立位10分後は、評定平均点が 2.02 ± 0.80 , 3.00 ± 0.74 ($P = 0.001$)、立位20分後は 2.34 ± 0.67 , 3.00 ± 0.81 ($P = 0.005$) であり、20mmHgと比較して40mmHgの方が有意にきつく感受されること

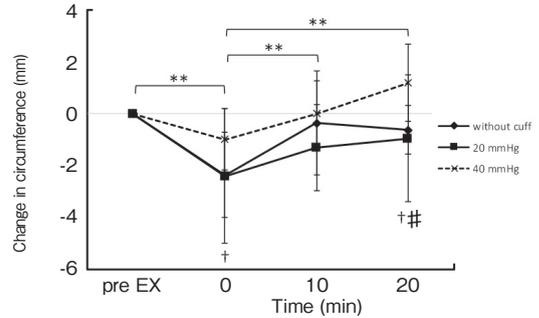
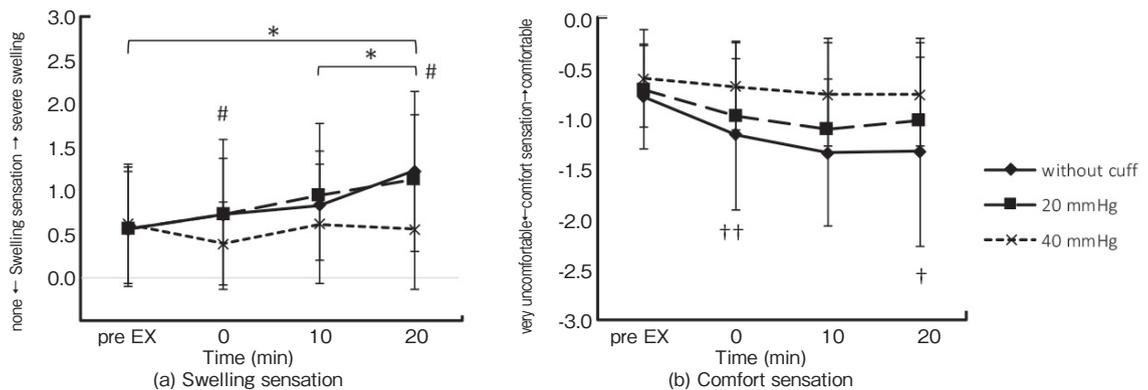


図8 運動後の立位時における下腿最大囲変化量
 **:Time $p < 0.01$, †:without cuff vs 40 mmHg $p < 0.05$,
 †#:20 mmHg vs 40 mmHg $p < 0.05$

が示された。

むくみ感および快適感の結果を図9に示す。図9より、むくみ感は、立位直後に40mmHgで小さくなる傾向、カフなし及び20mmHgは時間経過とともに増加する傾向が示された。立位直後と20分後のむくみ感は20mmHgと比較して40mmHgで有意に低下した ($p < 0.05$)。立位10分後までの快適感は、いずれの圧迫強度においても時間が経つにつれて低下し、立位20分後の快適感は20mmHgでは増加傾向が示された。立位直後及び立位20分後には40mmHgと比較してカフなしで有意に低下した。

表2は運動前を基準とした運動後の立位時の ΔHR , $\Delta LF/HF$, % HFを示す。表2より、 ΔHR 及び $\Delta LF/HF$ は経過時間及び圧迫強度に有意差はみられなかったが、%HFは経過時間について



†:Time $p < 0.05$, ††:without cuff vs 40 mmHg $p < 0.01$, #:20 mmHg vs 40 mmHg $p < 0.05$

図9 運動後の立位時におけるむくみ感及び快適感

表2 経過時間及び圧迫強度について Δ HR, Δ LF/HF, %HF の二元配置分散分析結果

Compression pressure		Time (min)			p value
without cuff		0	10	20	
Δ HR (bpm)	without cuff	0.82 (3.25)	1.66 (3.65)	1.22 (4.14)	Time:0.135
	20mmHg	2.15 (5.2)	2.21 (5.95)	1.74 (5.03)	Compression pressure:0.781
	40mmHg	3.42 (3.1)	1.89 (4.27)	1.6 (2.54)	
Δ LF/HF (-)	without cuff	2.49 (1.86)	2.12 (2.64)	1.67 (6.12)	Time:0.231
	20mmHg	0.67 (1.66)	0.58 (3.92)	0.83 (4.17)	Compression pressure:0.319
	40mmHg	0.01 (6.56)	-0.97 (4.76)	-2.6 (5.18)	
HF (%)	withoutcuff	1.29 (32.18)	34.01 (53.12)	4.64 (83.95)	Time:0.046*
	20mmHg	-19.23 (32.9)	42.42 (119.71)	5.27 (84.95)	Compression pressure:0.820
	40mmHg	-29.88 (31.4)	-1.61 (52.43)	25.19 (87.49)	

Values are mean(SD). * p < 0.05

有意差がみられた。カフなし及び20mmHg圧迫時の Δ HR及び Δ LF/HFは立位直後から20分後までの変化は小さかったが、40mmHgでは低下する傾向、%HFは増加する傾向を示した。心拍変動の結果においても、運動中の強い圧迫(40mmHg)が解放されたことによるストレス軽減が反映されたと考えられる。

3. 考察

本研究では立位時及び軽運動時における膝囲への局所圧迫が下肢のむくみ量およびむくみ感へ及ぼす影響について、立位時はカフなし、10、20、30、40mmHgの5条件で、軽運動時はカフなし、20、40mmHgの3条件の圧迫強度で比較した。

むくみとは細胞周囲で血管外、組織間隙に過剰な水分が貯留した状態のことであり⁷⁾、仰臥位による強い下肢圧迫や立位保持により、静脈還流量が低下し、静脈内の血液量が増加する。これにより静脈圧は上昇し、組織間液の貯留・ろ過が亢進し、むくみが生じる。

本研究では、立位時及び軽運動時いずれも40mmHgの膝囲圧迫で足部及び下腿部容積は増加し、下腿最大囲の増加傾向が示された。この結果は、筆者らの先行研究⁴⁾において、立位時における40mmHgの膝囲圧迫により腓腹筋の筋組織酸素飽和度(StO_2)が10、20mmHgと比較して有意に低下し、静脈還流量の低下が生じたことを示唆する結果を支持するものである。また、立

位時ではカフなしと比較して10、20、30mmHgで、軽運動時はカフなしと比較して20mmHgで下腿・足部容積は減少傾向であり、膝囲への20mmHg前後の圧迫は下腿・足部のむくみ量増加を抑制させる可能性が示唆された。

むくみの発生により生じるむくみ感は、倦怠感、痛み、しびれ、ほてり、重さ、だるさ、痛さ、圧刺激による痛覚などと報告されている⁸⁾。また、立位保持による細胞外水分貯留時の下肢の筋収縮機能の低下、筋収縮速度の遅延によりだるさ、重さ、不快感の認知に繋がるといわれており、疲労感との関連性も報告されている^{9,10)}。

本研究では、立位時における下肢のむくみ感については、圧迫強度間に有意差はみられなかったが、カフなし及び40mmHgでむくみ感は増加し、快適感が低下する傾向がみられた。適度な圧迫であれば、むくみ量やむくみ感の抑制が期待される。先行研究において、運動後の立位20分間においても0(カフを巻くのみで加圧なし)、10、20、30、40mmHgのいずれかで膝囲圧迫を継続した場合、10mmHgで最もむくみ感は小さく、40mmHgで大きくなる傾向が報告されている⁴⁾。以上のことから圧迫なしや高強度圧迫はむくみ感や快適感に影響を及ぼす可能性があり、膝囲への圧迫は10~30mmHgの範囲内に留める必要があることが示唆された。

また、自律神経活動の指標として心拍変動解析を行った結果、交感神経活動の優位性を示す Δ

LF/HFは30mmHgで減少し、40mmHgで増加傾向を示した。一方で、副交感神経活動の優位性を示す%HFは30mmHgで増加傾向となったことから、30mmHgでは圧迫によるストレスを軽減させる可能性があることが示唆された。

諸岡ら¹¹⁾による椅座位時の下腿最小囲への短時間圧迫の結果、30hPa(約23mmHg)より高い圧迫強度で Δ LF/HFは増加する傾向を示しており、高強度圧迫によるストレス増加を示唆している。本研究においても圧迫強度は異なるものの、下腿最小囲と同様に関節部である膝囲圧迫で同様の傾向がみられ、膝囲に対する適正な圧力が存在することが示唆された。

軽運動時の下肢のむくみ感については、運動後に40mmHgで小さくなり、カフなし及び20mmHgは時間経過とともに増加する傾向が示された。これは、運動中に40mmHgは20mmHgと比較して有意にきついと申告されたことから、運動後に圧迫を開放したことによる快適感の増加がむくみ感に影響したものと推察される。また、カフなし及び20mmHgと比較して40mmHg圧迫時の Δ HR及び Δ LF/HFは低下し、%HFは増加傾向を示した。このことから運動中の40mmHg圧迫を解放したことによるストレス軽減が運動後の立位安静時の心拍変動に反映されたと考えられる。実際の下腿・足部に生じる容積・周径変化量とは比例せず、低強度の圧迫では圧迫解放後にむくみ感は解消されないことが示唆された。実際の運動後の下腿・足部容積・周径変化の結果より、膝囲への圧迫強度は40mmHg未満とし、20mmHg前後に留める必要があると考えられる。しかし、圧迫解放後のむくみ感の改善に適する圧迫強度についてはさらなる詳細な検討が必要である。

また、本研究では血圧計用カフを用いて検討したが、今後は伸縮性のある素材を用いて、更なる検討を行い、下肢のむくみ対策用アパレル製品に

おける膝囲へ圧迫指標を明らかにしたい。

4. まとめ

健康な成人女性を対象に立位時および軽運動時の膝囲への圧迫強度が下肢のむくみ量およびむくみ感へ及ぼす影響について検討した結果、立位および軽運動時いずれにおいてもカフなしおよび40mmHg圧迫では、下腿・足部容積および下腿最大囲の周径を増加させ、立位時のむくみ感を増加させる可能性がある。そのため、下腿・足部容積増加を抑制させるためには、40mmHg未満の適度な膝囲圧迫が有効であることが示唆された。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。また、実験の実施に際し、ご協力いただきました株式会社エイムアイ・テクノの小南幸哉様に深く御礼申し上げます。本研究の被験者としてご協力いただいた皆様に心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) Steven A. Mazzuca, Mark C. Page, Russell D. Meldrum, Kenneth D. Brandt, Satham Petty-Saphon; Pilot study of the effects of a heat-retaining knee sleeve on joint pain, stiffness, and function in patients with knee osteoarthritis., *Arthritis Rheum.*, 51 (5): 716-721 (2004)
- 2) Hassan B. S., Mockett S., Doherty M.; Influence of elastic bandage on knee pain, proprioception, and postural sway in subjects with knee osteoarthritis., *Ann. Rheum. Dis.*, 61: 24-28 (2002)
- 3) Chuang S.H., Huang M.H., Chen T.W., Weng M.C., Liu C.W., Chen C.H.; Effect of knee sleeve on static and dynamic balance in patients with knee osteoarthritis., *Kaohsiung, J. Med. Sci.*, 23 (8): 405-411 (2007)
- 4) Dempoya A., Tamura T., Koshiha T., The Effect of Local Pressure to the Knees on the Physiological and Psychological Responses of the Human Body,

- JOURNAL of the JAPAN RESEARCH ASSOCIATION for TEXTILE END-USES*, **56**(4): 356-365 (2016)
- 5) 平井正文, 山本清人, 牧篤彦; 静脈血栓後遺症における弾性ストッキング, *静脈学*, **6** (1): 53-57 (1995)
 - 6) Morooka H., Kawa H., Morooka H.; Effects of Support Pantyhose on Silhouette and Swelling of Lower Limbs., *Jpn. Res. Assn.*, **36**(5): 389-395 (1995)
 - 7) 大橋俊夫; むくみの生理学—バッキンガム宮殿の近衛兵が一定時間ごとに行進するわけ—, *日本生理学雑誌*, **69**(3): 102-107(2007)
 - 8) 米山美智代, 八塚美樹, 石田陽子, 新免望, 原元子, 松井文; 大学生の足や爪のトラブルとフットケアに関する実態調査, *富山大学看護学会誌*, **6** (2): 27-35 (2007)
 - 9) 須藤元喜, 千葉重弥, 上野加奈子, 矢田幸博, 赤滝久美, 武貞政孝, 伊東保志, 三田勝己; 下肢のむくみと筋疲労の関連性, *日本生理人類学会誌*, **15** (3): 21-26 (2010)
 - 10) 齋藤誠二, 村木里志; 長時間歩行および立位姿勢中の下肢のむくみに起因する不快感に関する研究, *バイオメカニズム学会誌*, **40** (2): 121-129 (2016)
 - 11) 諸岡晴美, 坂下理穂, 村崎夕緋; 着圧利用のダブル開発—弾性靴下のユニバーサル仕様を視野に入れて—, *デサントスポーツ科学*, **37**: 10-17 (2016)