

波型ウレタン製ガーメントによるリンパ浮腫の
皮膚の硬さの改善についての検討
－ 2次元力学モデルの数値解析による考察－

東神奈川とさき治療院

橋本 紘吉, 戸崎 綾子, 松田 奈菜絵

Study on an improvement in sclerosis of skin by wearing a garment made of
corrugated urethane sheet for lymphedema
－ Numerical analysis by two-dimensional mechanical model －

Kokichi Hashimoto, Ayako Tosaki, Nanae Matsuda

Higaskanagawa Tosaki Acupuncture Clinic

1-20-1-602, Nishikanagawa, Kanagawa-ku, Yokohama, 221-0822 Japan

リンパ学 第40巻 第1号 別刷
2017年6月30日
(Japanese Journal of Lymphology)
Vol. 40 No. 1, June 2017

波型ウレタン製ガーメントによるリンパ浮腫の 皮膚の硬さの改善についての検討 —2次元力学モデルの数値解析による考察—

東神奈川とさき治療院
橋本 紘吉, 戸崎 綾子, 松田 奈葉絵

Study on an improvement in sclerosis of skin by wearing a garment made of
corrugated urethane sheet for lymphedema
—Numerical analysis by two-dimensional mechanical model—

Kokichi Hashimoto, Ayako Tosaki, Nanae Matsuda
Higasikanagawa Tosaki Acupuncture Clinic
1-20-1-602, Nishikanagawa, Kanagawa-ku, Yokohama, 221-0822 Japan

Abstract

Our clinic has applied elastic stockings from the beginning of Phase I (intensive drainage period) in a two-phase treatment protocol of CDP on an outpatient basis. Stable compression pressure and pressure gradient is characteristic of elastic stockings. However, wearing elastic stockings is difficult for patients who are elderly or have a pain in their muscle or joint. This is because of sclerosis of the skin in addition to the swelling. To improve sclerosis skin, we devised a garment having compression pressure of 10-20mmHg, made of corrugated urethane sheet. Patients wear elastic stockings in daytime and put on the garment while sleeping at night. The improvement effect of the garment on the sclerosis skin is remarkable. When they woke up, they were easily able to put on elastic stockings. The purpose of this study is to consider a mechanism of action of the garment on sclerosis skin. We assumed the affected limb of lymphedema to be a two-dimensional structure body with linear elastic materials, and replaced it with a mechanical model. Then we analyzed the model by applying a Finite Element Method, and estimated tissue stress under the skin in the subcutaneous tissue. From the analysis results, in the region from the skin to the vicinity of the subcutaneous adipose surface, the difference in height in stress distribution was observed in the circumferential direction and thickness direction. It is possible that changes in posture during sleeping and the weight of the lower legs and bedclothes worked dynamically on the garment, which brought the same effect as massage.

Accepted : Mar 23, 2017

Key words: lymphedema, sclerosis of skin, garment, Finite Element Method, numerical analysis

1. はじめに

当院の治療プロトコルはリンパ浮腫の標準治療である複合的理学療法¹⁾の2段階プログラム¹⁾による集中排液期から安定した着圧と圧勾配をもつ弾性ストッキングを使用することに特徴がある。しかし弾性ス

トッキングの不満は高齢者や関節痛・筋肉痛のある患者においては履きにくいこと²⁾である。要因は浮腫みに加えて皮膚の硬さにある。当院は弾性ストッキングの使用開始当初から皮膚の硬さを改善することを目的にさまざまな形状のウレタン製シートで作られたガーメントを作成・装着し改良を行ってきた。

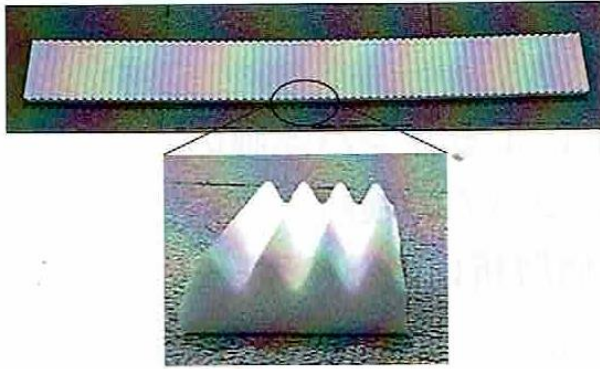


図1 ガーメント (WG) の素材 (波型ウレタンシート)

現在は、日中はリンパ管機能障害の程度による重症度評価³⁾と患肢の周径に応じた適切な着圧の弾性ストッキング、夜間就寝中は10~20mmHgの着圧をもつ皮膚接触面が波型ウレタン製シート (図1) で作られたガーメント (WG) を装着することで保存的治療の効果をあげている⁴⁾。WGは皮膚の硬さの改善を図る効果が顕著で起床時の弾性ストッキングの装着を容易にし患者のQOLの維持に寄与している。また集中排液期は患肢の縮小に合わせて容易に変更ができることも特徴である。本報告はWGにより皮膚の硬さの改善が図られる経験知を解析的に検討することである。複雑な皮下組織の構造をもつリンパ浮腫の患肢を2次元構造体と仮定し線形弾性体の力学モデルに置き換え、皮下組織内でWGの装着によりどのような力の分布が生じているかを解析し、就寝中における皮膚の硬さの改善について検討しメカニズムを考察した。

2. 解析方法

2.1 リンパ浮腫のモデル化

国際リンパ学会 (ISL) によるリンパ浮腫の病期分類によると Stage I から Stage II は指で圧迫すると圧痕が生じていく過程にある¹⁾。これは人体組織を機械工学の材料力学の視点でモデル化したとき弾性と粘性の性質を合わせ持つ粘弾性モデルとして表すことができる^{5),6)}。弾性は物体に外力を加えると力の方向に変形し外力を取り除くと元の形に回復する性質 (フックの法則) で、粘性は外力を除くと変形は停止するが元に回復しない性質 (ニュートン粘性) をいう。これら両者の性質をもつ粘弾性体はばね (弾性) とダッシュポット (粘性) の2つの要素で構成するモデルで表される。弾性ばねと異なりダッシュポットは外力を与えると瞬時には変形しないで時間経過とともに変形が進行し、変形が完了したら自力では元に戻らない性質がある。物体内に生

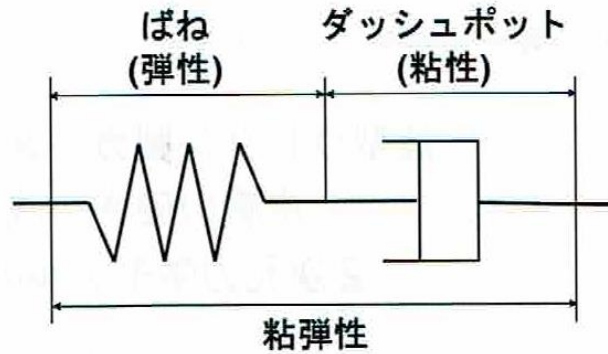


図2 マクスウェル・モデルによる粘弾性体モデル
ばねのヤング率を E 、ダッシュポットの粘性係数を μ とすると弾性と粘性の応力 σ とひずみ ϵ の関係式は、

$$\text{弾性 } \sigma = E\epsilon, \text{ 粘性 } \sigma = \mu \frac{d\epsilon}{dt} \text{ で表される。}$$

じる力 (応力 σ : 単位面積当たりの力) とひずみ (ϵ : 変形量 ΔL に対する元の長さ L の比 $\Delta L/L$) の関係は E をヤング率 (縦弾性係数)、 μ を粘性係数とすると次式で表される。

$$\text{弾性: } \sigma = E\epsilon$$

$$\text{粘性: } \sigma = \mu \frac{d\epsilon}{dt} \quad \left(\frac{d\epsilon}{dt} : \text{ひずみ速度} \right)$$

粘弾性モデルにばねとダッシュポットを直列に接続したマクスウェル (Maxwell) モデルがある (図2)。このモデルに時間0でひずみを加えその後ひずみを保持したときを考える。時間0ではひずみはばねに蓄えられダッシュポットは変形しない。その後ばねは自身の復元力で原型に戻り始めダッシュポットはばねの復元力により変形していくことでモデル内の応力は低下していく (応力緩和)。最終的には時間0でばねに与えられたひずみはダッシュポットに移行し、ばねに蓄えられた力はゼロになりモデル全体として平衡する。粘弾性モデルは指で患肢の皮膚を圧迫したときに指を離れた後も元に回復しないで圧痕が残るリンパ浮腫のモデルを類推することができる。ばねとダッシュポットを並列に接続したモデルはケルビン・フォークト (Kelvin-Voigt) モデルといい、マクスウェル・モデルと組み合わせることによってリンパ浮腫に罹患した患肢の理想的なモデル化ができる。

2.2 有限要素法を用いた応力解析

リンパ浮腫は複雑な人体組織の構造に加えリンパ管機能障害の程度による皮下組織の変化や皮膚の線維化等を考慮したモデル化が求められる。またリンパ浮腫のモデル化は人体組織の物性値であるヤング率 E ・粘性係数 μ ・ポアソン比 ν (物体に外力をかけたときの縦方向のひずみと横方向のひずみの比) が

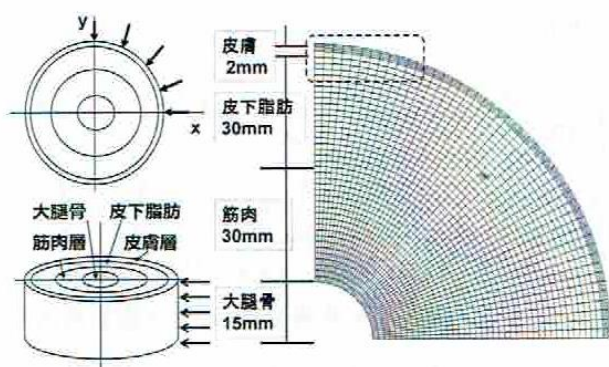


図3 大腿部の2次元有限要素モデル
大腿部を皮膚・皮下脂肪・筋肉の3層構造（大腿骨は剛体と仮定）とし要素数 2112・節点数 6521・拘束節点数 271 とした2次元有限要素モデルを作成した。

リンパ管機能障害の程度に対応して必要になり現時点は研究課題である。本報告は下肢を2次元弾性構造体と仮定しWGを装着した簡易モデルをつくり有限要素法（FEM：Finite Element Method）⁷⁾を利用して2次元平面応力問題に変換し皮下組織内の応力分布を数値解析により求めた。

FEMは数値解析法の一つで物体を三角形や矩形で有限の大きさの要素（メッシュ）に分割して要素の集合体としてモデル化し解析する方法である。各要素の節点（頂点）に作用する外力から節点の変形量（ ΔL ）を決定し、 ΔL からひずみ ϵ （ $\Delta L/L$ ）が求まり物体の物性値（ヤング率E等）を用いて節点の応力 σ を計算し物体の挙動を求める手法である。FEMはコンピュータとソフトウェア技術の進歩と進化に同期して、車・飛行機・橋梁・建築物の設計、気象、心臓や血管の動きなど製造業・構造物・大気・海洋・医療など多くの分野で利用され社会生活において欠かすことのできない解析技術になっている。

モデルは下肢大腿部を想定し皮膚（厚さ2mm）・皮下脂肪（厚さ30mm）・筋肉（厚さ30mm）・大腿骨（半径15mm）の4層構造の同心円と仮定し、軸対称性から1/4断面とした。FEMモデルは要素数2112（四辺形要素）、節点数6521、境界条件として拘束節点数271（x軸上y方向、y軸上x方向および大腿骨表面xy方向は拘束）である。モデルは要素間および各層間に滑りがなく組織内は一様な線形弾性体と仮定した（図3）。WGによる着圧は15mmHg（0.204gf/mm²）として皮膚表面に平行に10mm間隔で作用させた（図4）。硬さの指標であるヤング率Eは理化学研究所の身体組織物性値の直線近似値を採用し⁸⁾、皮膚86.7gf/mm²（30歳以上）・皮下脂肪18.6gf/mm²・大腿直筋3.7gf/mm²、そして

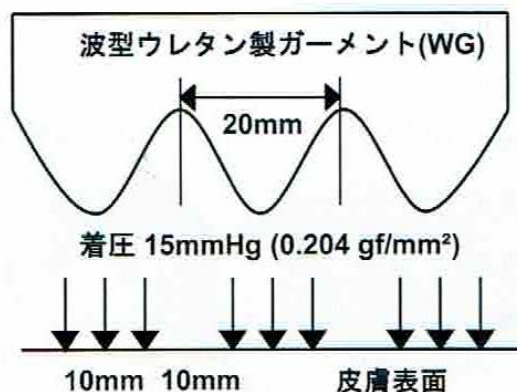


図4 ガーメント（WG）の着圧分布モデル
波型ウレタン製ガーメントによる着圧は10mm間隔で15mmHgを皮膚表面に作用。

表 有限要素モデルで用いた物性値
理化学研究所の生体力学シミュレーション「身体組織物性値データベース」を採用。

	ヤング率E		ポアソン比 ν
	g/mm ²	KPa	
皮膚	86.7	849.7	0.45
皮下脂肪	18.6	182.4	
筋肉	3.7	36.3	
大腿骨*	1734	17000	*皮質骨

大腿骨1734gf/mm²（皮質骨）は他の組織に比較し極めて高いことから剛体とみなした（表）。ポアソン比 ν は0.45とした。組織内応力の評価は物体内部の応力が物体自体の強さに達すると破壊するという延性材料に適用されるフォン・ミーゼス（Von Mises）の破壊理論に基づく応力（ σ_{mises} ）で行った。FEMソフトウェアは2次元構造解析AH3（算生会）を使用した。

3. 解析結果

波型ウレタン製ガーメント（WG）の装着で大腿部の径が0.6mm減少し皮膚表面に約0.1mmの波型の圧痕ができた（図5）。組織内応力（ σ_{mises} ）は皮膚表面で最大となり0.65gf/mm²（47.3mmHg）、皮下脂肪層表面で0.36gf/mm²（26.5mmHg）、筋肉層で最少0.056gf/mm²（4.1mmHg）となった。破壊条件を考えると皮膚表面の応力の最大値は皮膚の硬さ（86.7gf/mm²）の0.2%、皮下脂肪層面の最大値は皮下脂肪の硬さ18.6gf/mm²の2%であった。皮膚表面は周方向で20mmを周期として最大が47.3mmHg、最少が12.9mmHgの正弦波に近い分布を示した。一方、皮下脂肪層表面では同じ周期でピークが逆転した最大26.5mmHg、最少15.4mmHgの

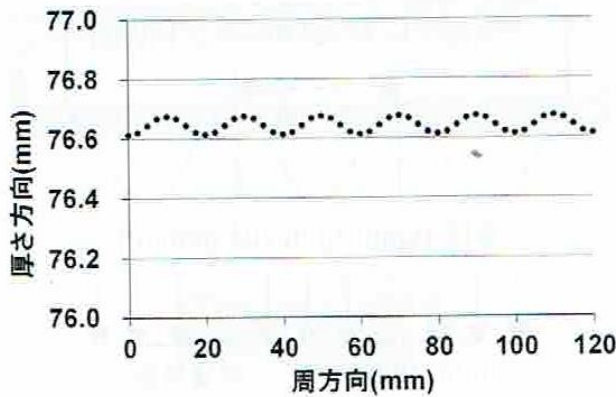


図5 ガーメント (WG) による皮膚表面の変化
 ガーメントの装着で大腿部径が0.6mm減少し皮膚表面に約0.1mmの波型の圧痕を示した。

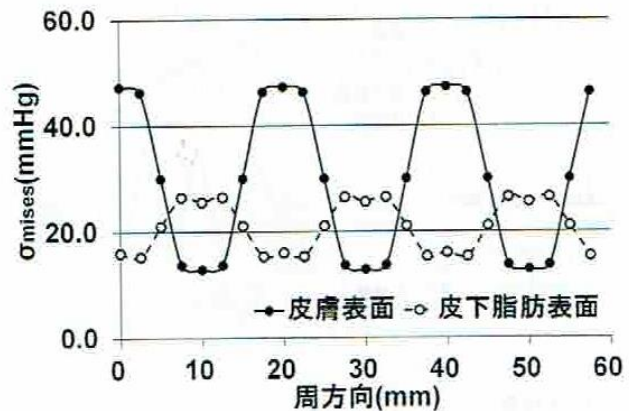


図6 ガーメント (WG) による皮膚表面および皮下脂肪層表面の応力 (σ_{mises}) 分布
 皮膚表面は20mmを周期として最大47.3mmHg、最少12.9mmHg、皮下脂肪層表面は最大26.5mmHg、最少15.4mmHgの波型の応力 (σ_{mises}) 分布パターンを示した。

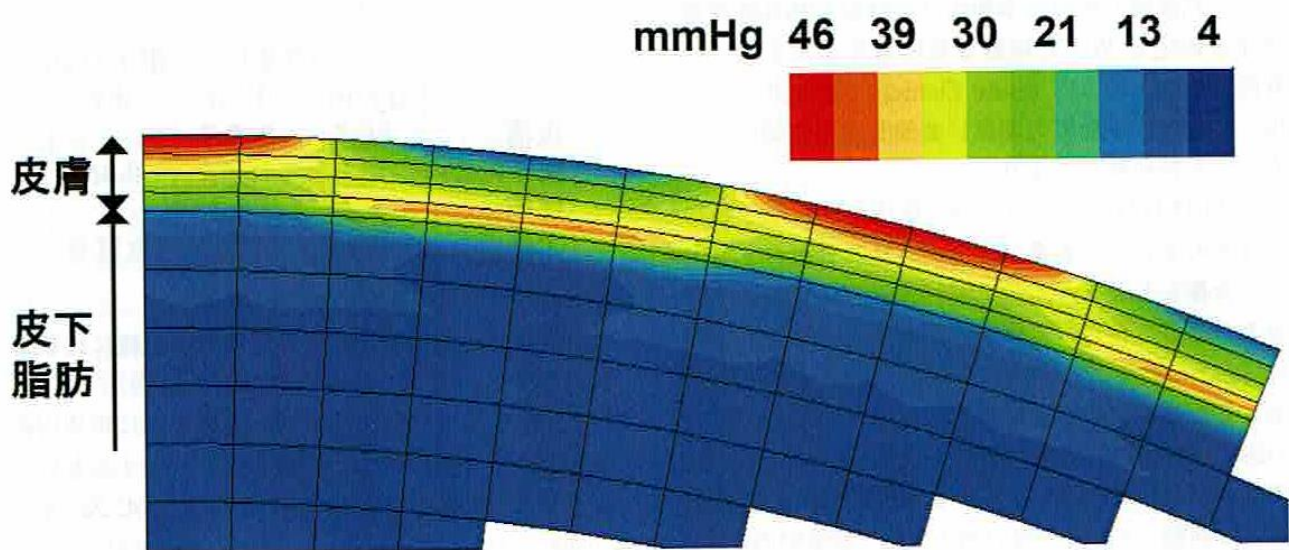


図7 ガーメント (WG) による皮膚表面近傍のカラーマッピングによる応力 (σ_{mises}) 分布
 皮膚表面近傍を拡大 (図3の2次元有限要素モデルの皮膚近傍の破線囲み部分) した各要素を10段階で応力のカラー等高線図で表した。

台形に近い波形のパターンを示した (図6)。WGの着圧による大腿部断面内の応力分布を観察するために皮膚表面近傍を拡大した図 (図3の破線の囲み部分) の各要素を応力の等高線図 (カラー表示) で表して観察した (図7)。皮膚表面から皮下脂肪層表面近傍までは応力が周方向と厚さ方向で交互に高低差が生じていることがみられた。皮膚表面近傍の応力分布パターンはWGによる着圧が皮膚から力学的刺激を組織に及ぼしている様子を示した。

4. 考 察

リンパ浮腫は間質液が貯留することで時間とともに組織細胞の変性・繊維化が起り組織の厚さ・弾力性に変化を与える^{1),9),10)}。しかし複雑な構造から

医療の現場で皮下組織の硬さなどを直接・間接に計測できるシステムは少ない。村木らは一定の押圧 (10N) による皮下組織の厚さの変化量から硬度を評価できる超音波弾性計測装置を開発し筋厚と筋硬度から筋力を推定する研究を行った。硬さは筋硬度という指数で表している¹¹⁾。佐久間らは荷重センサーを取り付けた球圧子 (径10-20mm) の押込み試験法でHertzの弾性接触理論を応用して硬さの指標であるヤング率を計測評価するシステムを開発し人の肩こりに適用した試験例を報告した。度数分布からヒト肩こりの硬さの最頻値は40-60KPaであった¹²⁾。一方、リンパ浮腫の診断と治療効果について圧迫時の四肢の組織の変化から硬さを評価した報告がある。Lim.CYらは続発性上肢リンパ浮腫の患者

を対象に超音波検査 (7.5MHz) を用いて最大圧縮時の皮膚と皮下組織の厚さの変化を組織の圧縮抵抗値 (RC) と定義しリンパ浮腫の重症度評価に加える提案を行った。評価は患肢と対側肢の RC の比較である¹³⁾。皮下組織の弾力性を押し込み量で計測評価する Tonometer/Indurometer が利用されている¹⁴⁾。皮膚表面に小径のプランジャーを重りで負荷したときのプランジャーの押し込み量を計測し、患肢と対側肢 (コントロール) の差を組織の弾力としている。Liu NF らは下肢リンパ浮腫の患者の保存的治療に物理療法の1つ温熱療法を一定期間繰り返し行い前後の弾力を比較した。温熱療法後は患肢の弾力が対側肢に近づいたことがみられた¹⁵⁾。また弾力性を用いて続発性上肢リンパ浮腫の患者に脂肪吸引を行った前後の上腕と前腕の弾力を計測評価した研究がある。患肢上腕は脂肪吸引1年後の計測で対側肢とほぼ同じ弾力性を示したが、前腕は前後で有意差がみられなかった。前腕は組織厚が影響していると考察している¹⁶⁾。一方、Indurometer を用いてリンパ浮腫の ISL 病期分類との関係を模索する試験もみられる¹⁷⁾。当院は佐久間らのシステム¹²⁾を用いて続発性下肢リンパ浮腫の保存的治療 (Phase1) でヤング率が低下していく症例を観察した¹⁸⁾。皮膚・皮下組織の硬さ・弾力性・伸展性など組織の変化はリンパ管機能障害の画像評価とともにリンパ浮腫の診断と治療に重要な情報を提供する。しかし現時点は皮膚表面から患肢全体のみかけの硬さを計測評価しているに過ぎず基準がなく研究途上である。今後画像技術¹⁹⁾・計測技術の進化に同期しリンパ浮腫に携わる医師・セラピストに加え生理学・組織学の専門家による組織変化の解明が待たれる。

大腿部を4層の弾性体と仮定したモデルによる応力解析は皮膚表面や皮下組織内に特徴ある分布を示した。解析結果は皮膚表面に約0.1mmの波型の凹凸をつくった。図1でみる波型ウレタンの先端に作用する着圧に下肢や寝具の荷重が重畳され、また組織間および組織内に滑りがないという力学モデルの条件を考えると実際には圧痕は解析結果よりも深く、大きくなると考えられ現実に観察される (図8)。図8は足背と下腿を3分割したWGを装着し翌朝起床時に外した時の症例である。足・下腿部にWGの波型が刻まれているのが観察された。本報告の2次元弾性体を仮定した解析結果にみる特徴は皮膚表面と皮下組織内の応力分布にみられWGにより一見複雑であるが規則性のある応力分布パターンが生



図8 ガーメント (WG) 脱着後の皮膚の状態

じたことにある。図7は皮膚と皮下脂肪との境界近傍はWGの着圧により応力の高低が交互に表れ、影響は皮膚厚の2~3倍の深さまでみられた。それ以上の深さでは変化は小さく着圧による影響はほとんどない。また図7でみるように皮膚・皮下脂肪など組織の硬さ (モデルの物性値) による違いが応力に反映している。図6と図7で観察される皮膚表面近傍の応力分布パターンはWGによる着圧が力学的刺激を組織に及ぼしていることを表していると考えられる。

以上の考察から硬さが改善できるメカニズムをマッサージとその効果に類似していると仮定し検討した。解析は静的な状態であり実際には寝具や下肢自体の負荷および就寝中の姿勢の変化が動的に加わる。青年男女の寝姿勢と体動に関する研究は、体幹部の体位が変わった場合を寝返りとしそれ以外の手足などが動く体動を細体動として分類すると女性は一晩の平均寝返り回数16回、細体動回数は158回であったと報告している²⁰⁾。寝返りと細体動は寝具や下肢の負荷が加わりWGで皮膚表面近傍に生じる応力分布に動的な変化を与える。運動療法や手動的リンパドレナージが皮膚表面のリンパの流れを促進する駆動力となり深部のリンパ系に導く効果を生じさせる⁹⁾。就寝中のWGが皮膚表面近傍に動的な変化を与えることは同じ効果をもたらすと考える。構造力学的には組織内の各要素には圧縮と引張に加えてずれ (剪断) 方向の力が働いている。また着圧による刺激はマッサージによる作用を連想させる。マッサージは徒手または器械をもって体表より力学的刺激を生体に及ぼし、血液・リンパ液の循環を促進する物理療法の一つであり、筋緊張や痛みを緩和し浮腫や硬結を除去したりする治効を挙げる。基本型は単一の圧迫刺激でさまざまなパターン、リズムを与えて複合的刺激となったものが軽擦法・揉捻法・圧迫法などマッサージの基本手技とな

る^{21),22)}。手技の客観化を目的にした模範施術者による腰部への母指面圧計測値は刺激毎の移動間隔が約2秒、刺激時間平均5.7秒でピークが約160KPaの緩やかな放物線状の面圧パターンであることを示した²³⁾。また疼痛を感受する面圧は部位で異なるが母指圧迫で155KPa~269KPaという研究²⁴⁾があり筋層まで刺激を与え治効を挙げるには極めて大きな面圧を作用させている。就寝中不快感を覚えない程度の着圧(面圧)15mmHg(2KPa)で動的な負荷が作用するWGは、マッサージの手法と面圧の大きさ・刺激の与え方などで違いはあるが、図6・図7にみられるように体表より力学的刺激を生体に及ぼしマッサージの治効にみられる硬さの除去に寄与するのではないかと想定する。その結果リンパの排液効果が重なりリンパ浮腫の皮膚の硬さの改善に繋がるのであろうと推測する。就寝中におけるWGの装着は、負荷制御が難しい器械式マッサージではなく、皮膚表面近傍に対して人体に優しい自然なマッサージが行われることに特徴があると考えられる。

近年、さまざまな形状のガーメント・弾性筒状包帯がリンパ浮腫の治療用に提供されている。リンパ浮腫の治療に携わる医師・セラピストおよびガーメントの提供者と連携して患者が患者のリンパ浮腫の病態にあった治療のためのガーメントの選択肢が広がることを期待できる。患者にとって必要なことは提供されるガーメントの目的と効果である。保存的治療による浮腫の軽減、皮膚の硬さの改善、リンパ管静脈吻合術や脂肪吸引などの外科手術後の利用そして必要な場合は着圧や圧勾配などを明確にしながら成果を示していくことが普及の鍵になると考える。

5. 結 語

リンパ浮腫の患肢を簡単な力学モデルに置き換え数値解析により組織内応力分布を観察した。皮膚表面近傍に生じる応力の高低差に就寝中の寝具や下肢の負荷および姿勢の変化が加わりリンパ浮腫による皮膚の硬さが改善されることが推測された。

文 献

- 1) International Society of Lymphology: The diagnosis and treatment of peripheral lymphedema: 2013 Consensus Document of the International Society of Lymphology. *Lymphology*, 46 : 1-11, 2013.
- 2) 平井正文, 岩田博英ほか: 圧迫療法の正しい応用, 継

続使用への戦略. *静脈学*, 23(4) : 389-395, 2012.

- 3) Maegawa J, Mikami T et al: Types of lymphoscintigraphy and indication for lymphaticovenous anastomosis. *Microsurgery*, 30(6) : 437-442, 2010.
- 4) 橋本紘吉, 戸崎綾子ほか: リンパ浮腫の2段階複合的理学療法Phase 1集中排液期に弾性ストッキングを使用した有効性について. *リンパ学*, 38(2) : 55-60, 2015.
- 5) 中井善一, 三村耕司ほか: 材料力学. 朝倉書店, 東京, 2013.
- 6) 山田嘉昭: 塑性・粘弾性. コンピュータによる構造工学講座, 日本鋼構造協会編, 培風館, 東京, 1972.
- 7) O.C. ツイエンキーヴィッツ著: 吉識雅夫, 山田嘉昭監訳: マトリックス有限要素法. 培風館, 東京, 1991.
- 8) 生体力学シミュレーション「身体組織物性値データベース」: 理化学研究所, 2008.
- 9) 廣田彰男: リンパ動態学からみたリンパ浮腫. *脈管学*, 48 : 159-165, 2008.
- 10) Tiwari A, Cheng KS et al: Differential diagnosis, investigation, and current treatment of lower limb lymphedema. *Arch Surg*, 138 : 152-161, 2003.
- 11) 村木里志, 福田修ほか: 筋の厚さ(量)と硬さ(質)から筋力を推定する方法の開発. 第24回健康医科学研究助成論文集, 126-133, 2009.
- 12) 佐久間淳, 秋山久尚: 肩こりハンディタイプの押込み試験システムを用いたYoung率による計測評価. 日本機械学会2015年度年次大会講演論文集, J0230104, 2015.
- 13) Lim CY, Seo HG et al: Measurement of lymphedema using ultrasonography with the compression method. *Lymphology*, 44 : 72-81, 2011.
- 14) Pallota O, McEwen M et al: A new way to assess superficial changes to lymphedema. *Journal of Lymphoedema*, 6(2) : 34-41, 2011.
- 15) Liu NF, Olszewski W: Use of Tonometry to assess lower extremity lymphedema. *Lymphology*, 25 : 155-158, 1992.
- 16) Bagheri S, Ohlin K et al: Tissue Tonometry before and after liposuction of arm lymphedema. *Lymphat Res Biol*, 3(2) : 66-80, 2005.
- 17) Vanderstelt S, Pallotta OJ et al: Indurometer vs. Tonometer: Is the Indurometer currently able to replace and improve upon the Tonometer? *Lymphat Res Biol*, 13(2) : 131-135, 2015.
- 18) 戸崎綾子, 橋本紘吉ほか: 押込み型硬さ計測システム

- によるリンパ浮腫の集中排液期における下肢の測定症例報告. *リンパ学*, 39(Suppl) : 67, 2016.
- 19) Goyal P, Chaudry G et al: Conventional imaging modalities for the diagnosis of lymphedema. *Lymphedema*, edited by Greene AK et al. Springer, Cham, 2015, pp149-155.
- 20) 久保博子, 青山裕美子ほか: 青年男女の寝姿勢と体動に関する研究. 第 49 回人間工学会大会人間工学, 44 : 316-317, 2008.
- 21) 厚生省医務局医事課編: あん摩(マッサージ)の理論と実技. 医歯薬出版, 東京, 1958, pp29-51.
- 22) 森和, 高橋暁正: 物理療法の実際, 南山堂, 東京, 1990, pp223-233.
- 23) 藤井亮輔, 東條正典ほか: あん摩基礎実技における効果的な学習指導法の検討—手指圧および動作解析による検証—. 筑波大学テクノレポート, 18(1) : 34-40, 2010.
- 24) 長谷川尚哉, 柳川政道: 統合医療領域におけるあん摩施術の面圧評価—疼痛感受面圧と「心地よい」面圧の関係—. 日本東洋医学系物理療法学会誌, 34 : 36-46, 2008.

著者連絡先: 橋本絃吉
東神奈川とさき治療院
〒 221-0822 横浜市神奈川区西神奈川 1-20-1-602
TEL&FAX : 045-431-0706
E-mail : khashi39@jcom.zaq.ne.jp