

研究報告

糖尿病足病変の炎症徴候診断ツールとしてのサーモグラフィーの有用性

The effectiveness of thermography as a predictor for inflammation symptoms in diabetic foot

西出 薫・大江 真琴・大橋 優美子*
大場 美穂・真田 弘美

東京大学大学院医学系研究科健康科学・看護学専攻 老年看護学／創傷看護学分野
東京大学医学部附属病院看護部*

Kaoru Nishide, Makoto Oe, Yumiko Ohashi*
Miho Oba, Hiromi Sanada

キーワード

サーモグラフィー, 糖尿病足病変, 皮膚温, 炎症, 予測

Key words

thermography, diabetic foot, skin temperature, inflammation, predict

はじめに

糖尿病性足病変とは、WHOの定義によると「神経学的異常といろいろな程度の末梢神経障害を伴った下肢の感染、潰瘍形成、そして・または深部組織破壊」である。

足病変に関する調査の中で、本邦における糖尿病足潰瘍の有病率は約2%¹⁾と報告されており、足潰瘍は下肢切断の85%に先行して起こる重篤な合併症である²⁾ことから、足潰瘍の予防的ケアがますます重要視されている。

足部にできた胼胝や鶏眼、外傷など、いわゆる非潰瘍性皮膚病変（以下皮膚病変と略す）が足潰瘍へ悪化していく過程において、炎症徴候がみられる。この徴候のうち発赤・腫脹については、足底部は皮膚組織が肥厚しているため、深部組織の損傷による発赤・腫脹が表皮に現れにくいことが

考えられる。また、糖尿病神経障害患者では、知覚神経障害に伴い疼痛感覚や温覚の鈍磨や欠如があるため、病変部の疼痛・熱感を自覚しにくい。

そこで、炎症徴候の発熱に着目し、皮膚病変部位と周囲皮膚の温度差を測定することで炎症の指標とすることができるのではないかと考えた。

先行研究では、左右の足の温度差を測定することで足潰瘍の予防に役立てたという報告³⁾があるが、赤外線放射温度計による定期的な定点測定であり、病変部の温度に着目したものではなかった。また、同じく赤外線放射温度計を用いて病変部と反対側の同一部位の温度比較によって評価しているものもある⁴⁻⁶⁾が、左右対称性に皮膚病変がある場合には評価が困難である。つまり、赤外線放射温度計は、赤外線の当たっている部分の表面温度を点で捉えるものであるため、肉眼的に明瞭な

炎症徴候がみられない場合、炎症部位や範囲を的確に捉えることは困難である。

そこで、我々は炎症部位と範囲の特定のためには皮膚病変部と周囲皮膚の温度差を可視化情報として捉えることが鍵となると考え、サーモグラフィーを用いることにした。サーモグラフィーの特徴は、物体表面の赤外線放射エネルギー量を温度に変換して面の温度分布として捉えるもので、可視化情報として表示可能である。さらに、高温部の位置、範囲、程度がリアルタイムに捉えられ、記録できるという利点がある。この特性を活かし、神経障害による知覚の低下から炎症による疼痛を感じない患者に炎症所見を見せることで、認識を持たせることができるのではないかと考えた。

そこで本研究の目的は、糖尿病患者の皮膚所見部サーモグラフィー評価における、炎症徴候に対する診断ツールとしての有効性を検討することである。

そこで本研究の目的は、糖尿病患者の皮膚所見部サーモグラフィー評価における、炎症徴候に対する診断ツールとしての有効性を検討することである。

対 象

対象は、糖尿病足外来を受診した糖尿病患者13名中、糖尿病性神経障害があり、かつ炎症を伴い悪化する可能性のある非潰瘍性足病変（胼胝、鶏眼、皮下出血を伴う皮膚所見）を有する10名を測定した。糖尿病性神経障害の判断基準は、5.07モノフィラメント検査で異常のあった者、もしくは糖尿病性神経障害を考える会による糖尿病性多発性神経障害の簡易診断基準⁷⁾に準拠し、①糖尿病性多発神経障害に基づくと思われる自覚症状、②振動覚低下、③アキレス腱反射低下または消失のうち、2項目以上に該当した者、もしくは診療録に糖尿病性神経障害診断の記載のある者のいずれか1つ以上該当する者とした。

調査期間

2006年11月30日～2007年5月31日

方 法

1. 調査枠組み（図1）
- 1) サーモグラフィー撮影による皮膚病変部と

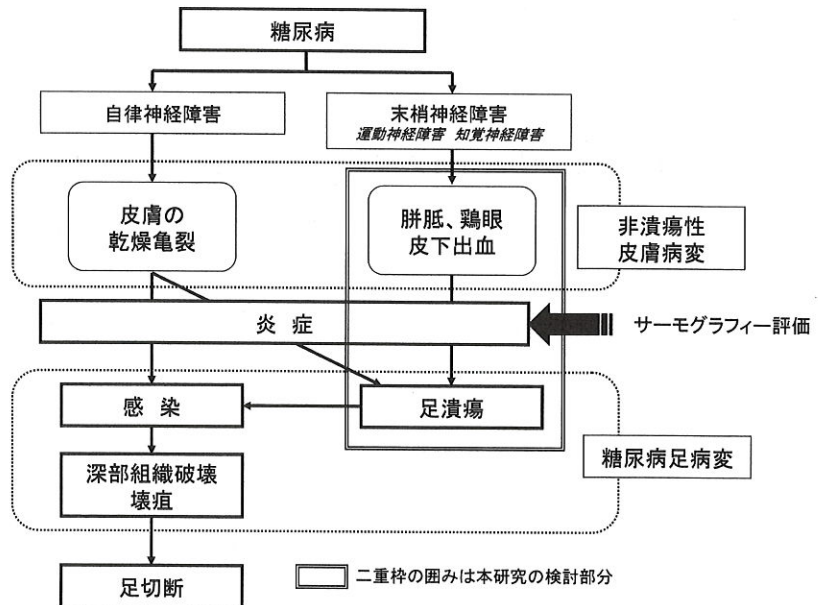


図1. 糖尿病足病変の経路（一部）と本研究の目的との関連

周囲皮膚の温度測定はサーモグラフィー（サーモレーサTH5108ME、NEC三栄株式会社製、測定可能範囲0℃-70℃、測定精度±1.0℃%（±0.7℃）、最低検知温度差0.1℃）を用いた。撮影は、裸足でリクライニングシートに仰臥位安静とし、15分以上経過後に実施した。画像は病変部を中心に同一者が撮影し、サーモグラフィー撮影時は、部位のマーキングと同時に同部位の写真撮影を行い、サーモグラフィー上にて、皮膚病変部の位置が特定できるようにした。

温度の算出には、各症例の皮膚所見部の最高温度部と、皮膚所見辺縁部でサーモグラフィー上皮膚病変部の温度上昇の影響が及んでいない健常皮膚部における0.4cm²の平均温度ならびにその差を求めた（図2）。

2) 炎症徴候の肉眼的所見と自覚症状の調査

肉眼的所見に関しては、皮膚排泄ケア看護師である著者が、皮膚病変の観察と写真撮影により発赤、腫脹の有無を確認した。また、自覚症状に関しては、問診により病変部に局限した疼痛、熱感の有無を確認した。

3) 分析方法

サーモグラフィーで得られた温度差については、Laveryらの報告³⁾による足部感染が疑われる温度差2.2℃以上のものを炎症の可能性のある症例として抽出した。また、肉眼的所見と自覚症状による炎症徴候と、温度差による炎症徴候の関係について検討した。

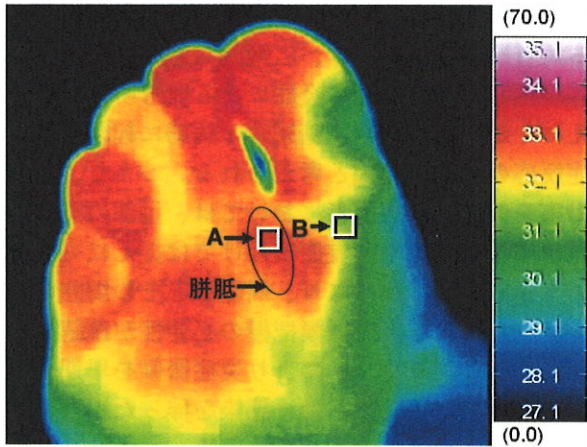


図2. 皮膚病変部と健常部の温度測定部位

皮膚病変部のサーモ上高温を示す部位を中心とし、4mm×4mmの四角形で囲んだ部位(A)を測定し、皮膚病変部周囲の温度の影響を受けていない可能な限り水平かつ高さが同じ位置の皮膚を4mm×4mmの四角形で囲んだ部位を健常部(B)とした。

表1. 対象の概要

n = 10 (人)

皮膚所見数 (個)	18	
胼胝	14	
鶏眼	2	
内出血	2	
年齢 (歳)	69	(37-77)
性別		
男性	5	(50.0)
女性	5	(50.0)
糖尿病型		
1型	0	(0.0)
2型	10	(100.0)
罹病期間 (年)	16	(2-31)
HbA1c (%)	6.6	(5.4-11.0)
CVR-R (%) ¹⁾	2.93	(2.09-5.92)
ABI ²⁾	1.12	(0.83-1.24)
TBI ³⁾	0.74	(0.49-1.01)

n (%), 中央値 (範囲)

- 1) Coefficient of Variation of R-R intervals
- 2) Ankle Brachial Index
- 3) Toe Brachial Index

表2. 炎症所見

n = 18 (個)

	肉眼的所見の有無		自覚症状	
	発赤	腫脹	疼痛	熱感
あり	0	0	0	0
なし	18	18	18	18

4) 倫理的配慮

東京大学医学部倫理委員会の承認を得、患者に研究内容を説明し、文書で同意を得た。

結 果

1. 対象の概要

対象の概要を表1に示す。観察された皮膚所見数は18個であり、内訳は胼胝14個、鶏眼2個、内出血2個であった。年齢は中央値69歳(37から77歳)、性別は男性、女性ともに5名ずつであった。糖尿病型は全員2型であり、平均罹病期間は中央値16年(2年から31年)、HbA1c値は中央値6.6%(5.4から11.0%)であった。

2. 炎症の肉眼的所見と自覚症状

炎症の肉眼的所見、自覚症状についての結果を表2に示す。肉眼的所見では18個の病変部すべてに発赤や腫脹は認めず、自覚症状においては、皮膚病変部に局限した疼痛・熱感の訴えはなかった。皮膚病変部と健常部の差の平均は $0.4 \pm 1.2^\circ\text{C}$ であった。そのうち、健常部の皮膚より皮膚病変部の皮膚が 2.2°C 以上上昇していたのは1名1部位のみであり、左第1趾足底側の胼胝で 3.8°C の差がみられた。

3. 事例紹介

3.8°C の温度差を示した事例を示す。51歳女性、糖尿病罹病期間18年、両側アキレス腱反射消失および振動覚低下、5.07モノフィラメントによる触覚低下を認めるが、CVRR (Coefficient of Variation of R-R intervals) 値の低下はなく自律神経障害の所見はなかった。左右ABI (Ankle Brachial Index)、TBI (Toe Brachial Index) ともに正常値であった。

左第1趾の強直拇趾様の変形部位ならびに左第5趾先端に皮下出血を伴う胼胝形成がみられた(写真1)。患者は胼胝の自己処置を反復しており、時々出血させていた。また、爪先の細い5cmパンプスが好みで常用していた。肉眼的所見では発赤・腫脹はなく、疼痛や熱感の自覚症状もなかったが、サーモグラフィーにて、左第1趾の胼胝部 27.7°C 、周囲皮膚 23.9°C で胼胝部に 3.8°C の明らかな温度上昇をみとめた(図3)。足趾の変形と履物による持続的な圧迫が要因の炎症とアセスメントされたため、サーモグラフィーの画像を患者に見せ、胼胝に炎症が起きている可能性を説明した。さらに自己処置を行うことの危険性や適切な履物選択の必要性についての指導を行い、胼胝処置については、定期的な継続フォローを行っている。対照事例として、第1趾脛骨側の胼胝でサーモグラフィー上胼胝部と周囲皮膚の温度差がみられなかったものを示す(図4)。59歳女性、糖尿病罹病期間14年、両側アキレス腱反射消失しているが、

振動覚低下や5.07モノフィラメントによる触覚低下は認めなかった。左右ABI、TBIともに正常値であった。サーモグラフィーによる平均皮膚温は、胼胝部34.0°C、周囲皮膚34.2°Cで差がなかった。

考 察

本研究から、サーモグラフィーにより皮膚病変部の温度を可視化することで、よりの確な炎症徴候の発見が可能になることが示された。先行研究³⁻⁶⁾において、足部の温度上昇が潰瘍リスクを示すということはすでに報告されてきたが、皮膚病変自体の温度上昇をサーモグラフィーで視覚的に同定し、リスクアセスメントに使用するという研究は今までにないものである。

対象者全員の明確な肉眼的炎症所見や皮膚病変部の疼痛・熱感の自覚症状はなかったにもかかわらず、1名は皮膚病変部の皮膚温が3.8°C上昇していた。肉眼的所見で炎症徴候がわからなかった

のは、神経障害による骨変形や反復刺激に起因する角質層の増殖により、広範囲な肥厚や胼胝形成等が生じ、皮膚表面に炎症による血管の充血が見えにくかったことや、糖尿病の病態に起因する炎症反応の低下が要因と考えられる。つまり、神経障害を伴う糖尿病患者においては、足部の炎症所見は肉眼的所見や自覚症状だけでは捉えにくいという傾向が明らかになり、病変部とその周囲の皮膚温測定による炎症徴候把握の必要性が確認された。サーモグラフィーにより炎症徴候を早期発見することができた1名は、感染を伴った場合に容易に潰瘍になると考えられるため、ハイリスク患者と同定でき、継続的・定期的フォローアップを行っている。

以上より、皮膚病変部に対し、患者の自覚症状や看護師の観察による肉眼的変化がなくとも、サーモグラフィーにより潰瘍へ悪化するリスクの予測可能性が示唆された。さらに、サーモグラフィ



写真1. 症例1の胼胝形成

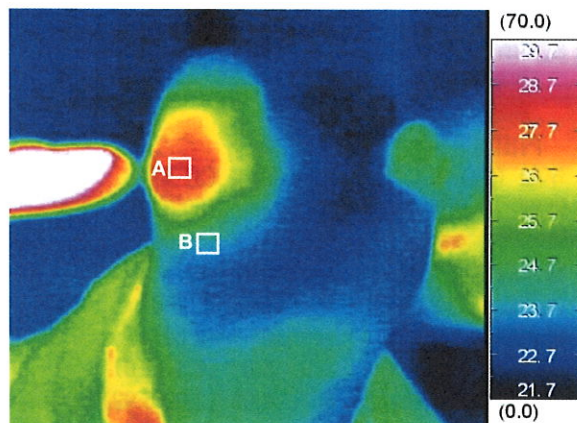


図3. 症例1のサーモグラフィー所見と温度測定部位

A：皮膚病変部（胼胝）、B：健常部

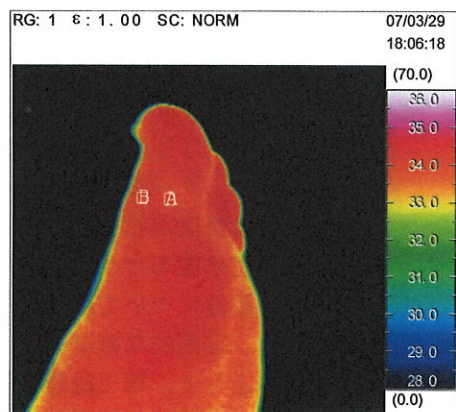


図4. 炎症所見のない症例のサーモグラフィー所見と写真

A：皮膚病変部（胼胝）、B：健常部

ーは熱画像で温度分布を可視化し、保存したものをその場で再生できる機能があるため、自覚症状のない患者に対し、炎症徴候の発現や範囲を視覚で訴えることができることより、炎症部位を安静にする必要性を説明する患者教育に効果的なツールとなることも同時に示唆された。

研究の限界と今後の課題

本研究の対象者は糖尿病足外来通院患者であり、足に関心の高い患者の割合が高かった可能性がある。また、本研究は横断的研究であり、温度差2.2℃以上の患者が潰瘍に悪化するかどうかは未明である。また、炎症徴候を早期発見するためのカットオフポイントを何℃に設定するのが妥当であるのかということについても、まだ明らかになったとはいえない。

また、糖尿病患者の場合、皮膚温に影響する因子の一つとして、自律神経障害がある。本研究の対象者では、自律神経障害を示すCVRRの検査を行っていたものが5名のみであり、低下していた者はいなかったことより、自律神経障害が皮膚温に及ぼす影響については検討できなかった。

今回の検討ではサンプル数が少なく、1例のみが2.2度以上の温度差を認めた。今後症例数を増やし、プロスペクティブな調査によってサーモグラフィーの使用による炎症の早期発見の妥当性を検討する必要があると考えられる。

まとめ

本研究により、神経障害を有する糖尿病患者の非潰瘍性皮膚病変の炎症所見は、肉眼的所見や自覚症状だけでは捉えにくい、サーモグラフィーを使用することで病変部位の高温部や炎症範囲の特定が可能となり、よりの確に炎症徴候を発見できることが示された。

引用文献

- 1) Kuzuya T, Akamuma Y, Akazawa Y, et al. : Prevalence of chronic complications in Japanese diabetic patients, *Diabetes Research and Clinical Practice*, 24 Suppl. S159–S164, 1994
- 2) 内村功, 渥美義仁監訳: 糖尿病足病変の疫学, *インターナショナル・コンセンサス糖尿病足病変*, 医歯薬出版, 2, 2000
- 3) Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, et al. : Preventing Diabetic Foot Ulcer Recurrence in High-Risk Patients, Use of temperature monitoring as a self-assessment tool, *Diabetes Care*, 30, 14–20, 2007
- 4) Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, et al. : Home monitoring of foot skin temperatures to prevent ulceration, *Diabetes Care*, 27(11), 2642–7, 2004
- 5) Armstrong DG, Lavery LA, Liswood PJ, et al. : Infrared dermal thermometry for the high-risk diabetic foot, *Journal of the American Physical Therapy Association*, 77 (2), 169–75, 1997
- 6) Armstrong DG, Lipsky BA, Polis AB, et al. : Does dermal thermometry predict clinical outcome in diabetic foot infection? Analysis of data from the SIDESTEP* trial, *International Wound Journal*, 3(4), 302–7, 2006
- 7) 松岡孝: 糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準, *プラクティス*, 23(2), 130–132, 2006