

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：34517

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12439

研究課題名（和文）入院・在宅高齢者の褥瘡早期検出機器開発の基礎研究

研究課題名（英文）A basic research for developing the early detection device of pressure ulcers, specifying hospitalized/home-care elderly patients

研究代表者

宮嶋 正子（MIYAJIMA, Masako）

武庫川女子大学・看護学部・教授

研究者番号：40461181

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000 円

研究成果の概要（和文）：褥瘡か否かの判定に指押し法やディスク法による発赤色の消褪・非消褪の応答確認法が推奨されているが、不明瞭な色応答では判定に迷うことが多い。グレード 褥瘡における表皮下の水分増加に注目し、発赤直後と1週間後のインピーダンスを測定した。発赤発生直後から1週間後において、コンダクタンスが健康皮膚と比較して小さく、1週間後のインピーダンスは健康皮膚のインピーダンスに近似したことから、治癒過程は電導率を反映していた。測定した3カ所の発赤部温度は1週間後にほぼ均一に1.0℃低下したが、血流比は部位によって違いがみられた。褥瘡の早期検出と治癒過程評価にインピーダンス測定が有用であると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

褥瘡の早期検出法が確立すれば、患者の身体的・心理的・社会的苦痛を軽減するだけでなく、褥瘡治療に要する費用を削減する。褥瘡早期の判定は看護師の細やかな観察に依存している状況のなか、客観的測定法を開発することが求められている。また在宅での褥瘡発生の増加が報告されており、入院施設ばかりでなく、在宅看護分野でも褥瘡早期検出法の開発が急がれる。本研究の成果は、インピーダンス測定が褥瘡早期検出法となりうることを示した。インピーダンス測定機器の開発には、さらなる研究と検証が必要であるものの、開発研究の第一段階を踏み出したことは大きな学術的意義があり、国民の健康と保健、医療に貢献することにつながるものである。

研究成果の概要（英文）：To judge if erythema is pressure ulcer or not is recommended to use two observation methods of color responses. But, unclear color responses make nurses to hesitate determining. Therefore, we focused that erythema subepidermal water constituent would increase, and measured impedance immediately after occurrence of erythema and 1 week later at erythema and nearby healthy skin.

The conductance of erythema decreased more than that of control, and at 1 week later, increased and represented close to that of the control. It could be confirmed that the impedance values appeared differently at around 200kHz. Temperature and blood flow of erythema area decreased after 1 week. The impedance measurement was found to be useful for early detection and for evaluating healing process of pressure ulcers.

研究分野：高齢看護学

キーワード：褥瘡早期検出 ステージ 褥瘡 コンダクタンス インピーダンス 発赤部温度 発赤部血流

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究代表者らの先行研究(2011)では、ディスク法による発赤部を圧迫したときの色応答目視法は、不明瞭色応答 (partial NBE<sup>注)</sup>) が調査した発赤の 47.8% を占めており、褥瘡か否かの判定を困難にしていた。それゆえ、ディスク法は簡易な観察法であるものの、臨床で十分に普及していなかった。また、本研究代表者の先行研究 (2014) では、色応答別インピーダンス偏差積算平均値は、BE が 0.14 に対し、NBE は 0.32 で有意差があった ( $p=0.001$ )。partial NBE は 0.49 で NBE と比べてインピーダンスは大きかったが、有意差はなかった。この研究で Partial NBE と NBE はグレード I 褥瘡と判定できる可能性が示された。ラット背部褥瘡のインピーダンス測定を行った Swisher ら(2015)の研究では、周波数 15kHz を特定し、病理像との整合性をはかっている。そこで、インピーダンスを客観的指標として確立するため、褥瘡早期検出の基礎研究に取り組んだ。

<sup>注)</sup> 研究代表者の研究結果により、部分的に褪色しない色応答を partial NBE と呼称している

2. 研究の目的

発赤の目視観察法に加え、電気インピーダンス測定法が褥瘡早期検出に有効であることを明らかにする。本研究では入院患者の骨突出部に発生した発赤を対象にディスク法による色応答とインピーダンス、温度、血流を測定・評価し、褥瘡早期検出機器開発に関する基礎研究を確立する。

3. 研究の方法

(1) 研究デザイン 観察研究 (縦断、前向き)

(2) 観察期間 2019 年 6 月～12 月

(3) 測定機器

①インピーダンス測定機器: Keysight 社の E4980AL の LCR メータであり、4.0×4.0cm の透明シリコンゴムに Ag/AgCl 電極を 1cm 等間隔 3 行 3 列に配置した作成電極板を接続して使用する。

②温度測定器: 熱電対式マイクロプローブセンサと HS 温度計で構成された測定器である。

③血流測定器: プローブ部に小型血流センサ素子が搭載された研究用レーザ血流計 (パイオニア社) である。

(4) 測定方法

発赤発生 1 日目 (day1) と 1 週間後 (day8) に色応答目視判定、インピーダンス、温度、血流を測定する。インピーダンスは発赤部と対照部で測定する。他は発赤部を測定する。

① インピーダンス: LCR メータの電圧を 0.5V、100Hz-300kHz 範囲で周波数を任意設定し、作成電極板を接続する。発赤面内に電極板を接地させ、電極 3 組 (電極 4-6、7-9、1-3) を順に測定する。次に電極 4-6 を使って発赤のない対照部を測定する。

② 温度 (°C): 血流測定プローブに熱電対式センサをサジカルテープで固定し、発赤中央部と左・右端部の 3 カ所を測定する。

③血流 (mL/min): 温度測定と同時に発赤中央部と左・右端部の 3 カ所を測定する。

(5) 分析方法

電極 4-6 で測定されたインピーダンス  $Z$  と位相  $\theta$  を用いてコンダクタンス (電流の流れやすさ) を求める。Day 1 と day8 における発赤部と対照部のコンダクタンスをグラフにし、各々の周波数特性を確認する。Day1 と day8 間のコンダクタンスに相違がみられる周波数帯域で測定されるインピーダンスの day 1 と day8 の差を求め、インピーダンス (電流の流れにくさ) を確認する。温度と血流は day 1 と day8 における部位別平均値を求め、血流は部位別血流比 (day8/day1) を求める。

4. 研究成果

(1) 対象者概要

発赤発生患者は 4 名 (男性 2 名と女性 2 名) で、平均年齢 (SD) は 71.0 (18.4) 歳であった。

発赤サイズの day 1 の平均 (SD) は長径が 8.1 (2.3) cm であり、短径が 6.1 (1.9) cm であった。Day8 の平均 (SD) は長径が 7.0 (1.7) cm であり、短径が 5.0 (1.0) cm で、長径、短径ともに平均 1.1cm の短縮があり、治癒過程が進んでいた。ディスク法による色応答目視判定の結果、day1 では 3 名が partial NBE (ステージ I 褥瘡の可能性あり)、1 名が NBE (ステージ 1 褥瘡) であった。Day8 において発赤が残る 3 名の色応答は 1 名が partial NBE と 1 名が NBE のままで、残り 1 名は BE (褥瘡ではない、反応性充血) に変化した。発赤部位他の発赤概要を表 1 に示す。

表 1 発赤概要

対象者id番号	id 1		id2		id3		id4	
	day1	day8	day1	day8	day1	day8	day1	day8
発赤のある骨突出部位	右大転子部		左肋骨部		左大転子部		仙骨部	
発赤の色調	鮮紅色	茶色色素沈着	鮮紅色	薄くなっている	濃赤色	赤茶紫色	まだらに赤色	全面うすい赤色
ディスク法による発赤の色応答目視判定	partial NBE	-	partial NBE	partial NBE	NBE	NBE	partial NBE	BE

## (2) インピーダンス分析結果と考察

### ① コンダクタンスの周波数特性(図 1、図 2)

コンダクタンスは電流の流れやすさを表すことから、発赤(以下、erythema)部のダメージをとらえることが可能な周波数帯域を確認するため、LCRメータから出力されるインピーダンス値と位相( $\theta$ )をもとにコンダクタンスを求めた。次に対照(以下、control)部のコンダクタンスと比較した。

対象者 id1 と id2 のコンダクタンス周波数特性のグラフを示す。グラフには測定初日を erythema day1、1週間後の測定を erythema day8 とし、control 部の測定を control day1、control day8 とした。Day1 と day8 の間でコンダクタンスの違いが、id1 の発赤部では 150kHz~200kHz 帯域で、id2 では 100kHz~300kHz 帯域でみられた。また、1週間後の erythema 部コンダクタンスは control 部のコンダクタンスに近似していたことから、ダメージが回復し、健全な状態に近づいていると考えられた。

Witkowsky ら(1982)の病理組織学的研究では、NBEの皮膚組織では網状組織の繊維結合組織や赤血球の集合、血栓の存在や汗腺の変性があったと報告している。NBEはBEの皮膚組織にみられる炎症による血管拡張やリンパ球の血管周囲浸潤、真皮乳頭層の浮腫状態がさらに進んだ状態における色応答であると推測された。

### ② インピーダンス測定結果(図 3)

コンダクタンスの周波数特性をもとに、100kHz~300kHzにおける day8 から day1 のインピーダンスの差を発赤部と対照部別に棒グラフにした。さらに erythema 部と control 部の差は、100kHz で 185 $\Omega$ 、150kHz で 582 $\Omega$ 、200kHz では 640 $\Omega$ 、250kHz で 698 $\Omega$ 、300kHz で 587 $\Omega$ であり、erythema 部は control 部に比べて導電率が低下し、インピーダンスが増加した。この結果より、褥瘡早期(ステージ I 褥瘡)のインピーダンス測定に適した周波数帯域は 200kHz 周辺にあった。一方、Swisher ら(2014)はシリコンステンシルとハイドロゲルを重ねたフレキシブルな電極板を作成し、周波数 15kHz でステージ I 褥瘡をとらえたと報告している。Liao らも銅製電極板を開発している。今後の課題はインピーダンス測定実用化に向け、電極板の改良と検証を行うことである。

### (3) 温度分析結果と考察(図 4)

部位別温度の day1 と day8 の平均値(SD)は、中央部が 36.3(1.0) $^{\circ}\text{C}$ と 35.5(1.8) $^{\circ}\text{C}$ で、1週間後に 0.8 $^{\circ}\text{C}$ 低下した。右端部は 36.6(0.2) $^{\circ}\text{C}$ から 35.3(1.8) $^{\circ}\text{C}$ に 1.3 $^{\circ}\text{C}$ 低下した。また左端部は 36.1(0.8) $^{\circ}\text{C}$ から 35.3(1.7) $^{\circ}\text{C}$ に 0.8 $^{\circ}\text{C}$ 低下し、erythema 部温度はほぼ均一に低下していた。(2)において erythema 部インピーダンスが day8 で control 部インピーダンスに近似した結果を総合すると、圧迫による変性組織の修復・排除・再生という治癒過程が進み、炎症消退の結果、温度が低下したと考えられた。

### (4) 血流分析結果と考察(図 5)

部位別血流の中央部における day1 の平均値(SD)は 48.0(45.4)mL/min で day8 は 26.4(17.6)であった。右端は day1 が 41.1(35.2)mL/min で day8 は 15.4(3.2)mL/min であり、左端が 43.9(36.1)mL/min で day8 は 17.8(1.3)mL/min であった。血流比は中央部の平均(SD)が最大の 1.8(2.3)で、右端部が最小の 0.5(0.2)、左端部が 1.2(1.5)であった。血流比は部位によって異なり、血流増減は day8 に至る治癒過程速度や色応答に影響すると考えられた。

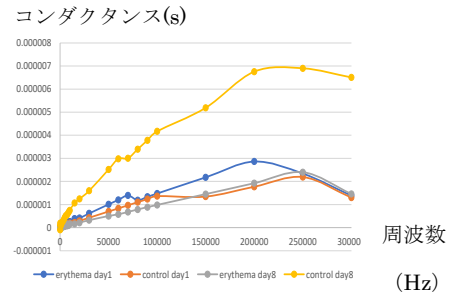


図 1 id1 のコンダクタンス周波数特性

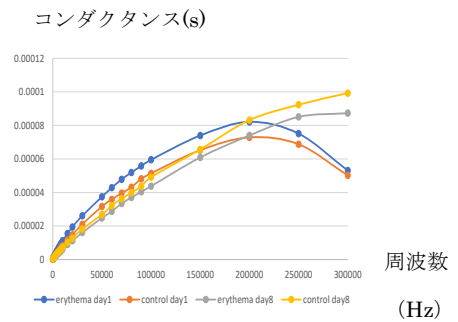


図 2 id2 のコンダクタンス周波数特性

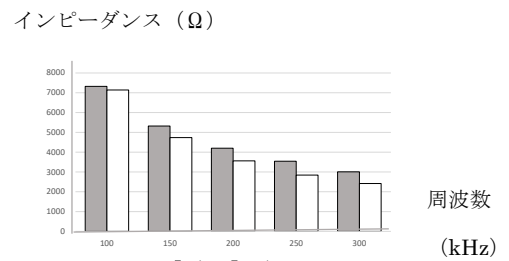


図 3 インピーダンス平均値  
erythema 部と control 部での比較

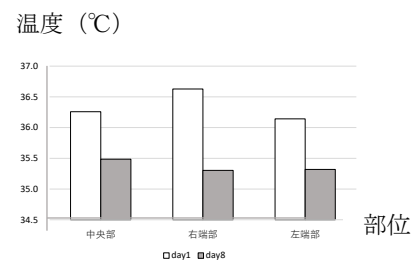


図 4 erythema 部の部位別温度比

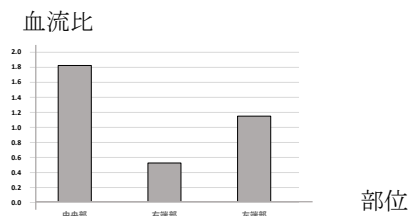


図 5 erythema 部の部位別血流比

<引用文献>

- ① 宮嶋正子、阿曾洋子、伊部亜希、看護職および介護職の I 度褥瘡発見に関わる判断の実態、日本看護研究学会 第 24 回近畿・北陸地方会学術集会抄録集、2011、14
- ② 宮嶋正子、褥瘡早期判別に着目したガラス板圧診法による発赤の色変化応答と電気インピーダンスの関連、和歌山県立医科大学保健看護学部紀要、11 巻、2014、31-37
- ③ Sarah L. Swisher、Monica C. Lin、Amy Liao、Impedance sensing device enables early detection of pressure ulcers in vivo、nature COMMUNICATIONS、2015、1-10
- ④ Joseph A. Witkowsky、Lawrence Charles Parish、Histology of the decubitus ulcer、Journal of the American Academy of Dermatology、6、1982、1014-1021
- ⑤ Amy Liao、Monica C. Lin、Lauren C. Ritz、Impedance Sensing Device for Monitoring Ulcer Healing in Human Patients、IEEE、2015、5130-5133

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	工藤 すばる  (KUDOU Subaru)  (20214968)	石巻専修大学・理工学部・教授    (31308)	
研究分担者	林 愛乃  (HAYASHI Aino)  (20735310)	敦賀市立看護大学・看護学部・助教    (23402)	
研究分担者	片山 恵  (KATAYAMA Megumi)  (60295772)	武庫川女子大学・看護学部・准教授    (34517)	
研究分担者	藤本 かおり  (FUJIMOTO Kaori)  (60757441)	武庫川女子大学・看護学部・助教    (34517)	
研究分担者	阿曾 洋子  (ASO Yoko)  (80127175)	武庫川女子大学・看護学部・教授    (34517)	
研究分担者	伊部 亜希  (IBE Aki)  (80452431)	敦賀市立看護大学・看護学部・准教授    (23402)	