

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18287

研究課題名（和文）新規糖代謝促進メカニズムによる糖尿病足潰瘍治癒促進デバイス：創傷看護学の新展開

研究課題名（英文）Diabetic Foot Ulcer Healing Enhancement Device via a Novel Glucose Metabolism Promoting Mechanism: A New Horizon of Wound Care Management

研究代表者

仲上 豪二郎（Nakagami, Gojiro）

東京大学・大学院医学系研究科（医学部）・教授

研究者番号：70547827

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、非侵襲、非拘束、リアルタイムな看護技術・機器の開発・普及に向けた看護理工学研究によるリバーストランスレーショナルリサーチのモデルケースとして、インテリジェントバイブレーションドレッシング材開発を遂行するものである。局所低周波振動（Low Frequency Vibration: LFV）による高血糖ラットモデル全層欠損創に対する創傷治癒促進効果を検証した。その結果、LFVによる脂肪細胞での糖代謝改善効果、高血糖ラットモデル全層欠損創へのLFVによる創傷治癒促進効果、ウェアラブルバイブレーションドレッシング材による創傷治癒促進効果が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では局所低周波振動が有する新規糖代謝促進メカニズムに基づき、糖尿病足潰瘍の創傷治癒を促進するための新たなドレッシング材の開発を目的とした。その結果、創傷治癒を阻害する様々な因子を抑制することで、高血糖ラットモデルにおいて全層欠損創の創傷治癒が促進した。本デバイス開発は積極的かつ自律的な治療も提供できるだけでなく、異分野融合型研究によりスピード感をもって実用化することを目指し、人と先端技術が共生する新しい時代の医療革新を築いていくことが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study is a model case of reverse translational research by bioengineering nursing research framework for the development and dissemination of non-invasive, non-constraint, real-time nursing technologies and devices, and the development of intelligent vibration wound dressing. We examined the effect of local Low Frequency Vibration (LFV) on wound healing in a full-thickness wound of a hyperglycemic rat model. The results showed that LFV improved glucose metabolism in adipocytes, LFV promoted wound healing in a full-thickness wound, and wearable vibration dressing also promoted wound healing.

研究分野：看護理工学

キーワード：ドレッシング材 局所低周波振動 糖尿病足潰瘍 難治性潰瘍

## 1. 研究開始当初の背景

糖尿病足潰瘍は有病率 1.5 ~ 10% と非常に多く、下肢切断( 健常人に対するオッズ比 15 ~ 40 ) や死亡( 切断後の 5 年生存率 30% ) のリスクが極めて高い( 家城, 2019 )。潰瘍治療において、基礎疾患である糖尿病に対する食事・運動・薬物療法による高血糖の是正、インスリン抵抗性の改善が重要であるが、糖尿病足潰瘍を有する患者では血糖コントロールの困難さや患者自身のアドヒアランスの低下のためこれらが奏功せずに創傷治癒が著しく阻害されている( IWGDF Guidelines, 2019 )。そこで応募者らは、創部局所のインスリン抵抗性の改善を促すことにより高血糖状態に起因する創傷治癒遅延を是正できると考え、創部への振動刺激によって局所の糖代謝を促進することで糖尿病足潰瘍の創傷治癒を促進させるという、今までにない新しい方法を着想した。

これまで応募者は非侵襲的であり心地よさを提供することが可能な振動によって産生される Nitric Oxide (NO) を介した血管拡張による in vivo での血流促進効果( Nakagami G et al., 2007; Ichioka S et al., 2011; Sari Y et al., 2015 ) 並びに産学連携により開発したベッド挿入型振動器による褥瘡での創傷治癒効果( Arashi M et al., 2010 ) を報告してきた。一方で、糖尿病足潰瘍では、慢性高血糖によるアルギニン生成の阻害とポリオール代謝亢進による NADPH の消費による NO 産生能が低下しているため、振動による血流促進が望めない。しかしながら、糖尿病足潰瘍でも振動によって創傷治癒が促進することが報告されている( Mahran HG et al., 2014 )。この理論と臨床の乖離が本研究を着想した原点である。すなわち、振動により糖尿病足潰瘍の治癒が促進するということは、何らかのメカニズムにより NO 産生のための材料であるアルギニン並びに NADPH が増加していることが考えられ、その有力候補として、振動による局所での糖代謝促進というアイデアを着想した。糖尿病足潰瘍の創傷治癒を促進させるためには、現行振動器の形状では適応が難しい。以上から、創部状態によって振動強度を自律的に変えることのできる、ドレッシングタイプの振動デバイスが必要であるとの考えに至った。

## 2. 研究の目的

本研究は、非侵襲、非拘束、リアルタイムな看護技術・機器の開発・普及に向けた看護理工学研究によるリバーストランスレーショナルリサーチのモデルケースとして、インテリジェントバイブレーションドレッシング材開発を遂行するものである。

## 3. 研究の方法

本研究では下記の三つの研究を遂行し、局所低周波振動( Low Frequency Vibration: LFV ) による高血糖ラットモデル全層欠損創に対する創傷治癒促進効果を検証した。

- ・ LFV による脂肪細胞での糖代謝改善効果
- ・ 高血糖ラットモデル全層欠損創への LFV による創傷治癒促進効果
- ・ ウェアラブルバイブレーションドレッシング材による創傷治癒促進効果

## 4. 研究成果

- ・ LFV による脂肪細胞での糖代謝改善効果

糖取り込み作用は骨格筋のほかに脂肪細胞があり、脂肪細胞ではインスリン依存性 GLUT4 トランスポーターによる糖取り込みが知られている。しかし近年、脂肪細胞においても AMPK 活性化剤 AICAR を添加することで AMPK 活性化由来 GLUT4 トランスポーターが促進されることが明らかになった。我々は、DFU は中足骨や踵などの筋の乏しい部位に形成されやすく、末梢神経障害により筋の作用が乏しいことから、脂肪細胞に着目した。マウス 3T3-L1 脂肪細胞に対して周波数 50 Hz、1000 mVpp、1 日 40 分、5 日間の LFV によって AMPK 活性化由来 GLUT4 トランスポーターと糖取り込み促進効果を発見し、局所 LFV による局所糖代謝改善を示唆した。一方、上記で述べたように超音波療法も高周波の機械的振動を発生させることで細胞膜透過性亢進、細胞増殖、炎症改善、サイトカイン産生などの効果が得られ、0.5 W/cm<sup>2</sup> 前後の低強度の超音波照射によって DFU に対する創傷治癒促進効果が報告されている。しかし、この創傷治癒促進効果の背景に、局所での糖取り込みが生じているかどうかは確認されていなかった。そこで上記 LFV 条件と比較して、同じくマウス 3T3-L1 脂肪細胞に対して超音波治療器( ソニックタイザー-SZ-100T、ミナト医科学株式会社、大阪、日本 ) のプローブをディッシュの底の下に配置し超音波照射を行い、糖代謝促進効果を検証した。周波数 3 MHz、1.0 W/cm<sup>2</sup>、照射時間率 20%、1 日 10 分間の超音波強度の条件を超音波群とし、対照群、インスリン群、LFV 群、超音波群の 14 日目の脂肪細胞に対して、糖代謝機能評価として糖取り込み量( 2-DG6P 濃度 )、GLUT4 トランスポーター、細胞内 Ca<sup>2+</sup> 量測定を測定し各群で比較した。その結果、2-DG 取り込み量評価では対照群と比較し、インスリン群と LFV 群で有意に増加し( それぞれ p < 0.01 )、超音波群では増加しなかった。GLUT4 蛍光染色を実施したところ、インスリン群および LFV 群で脂肪細胞の細胞膜で GLUT4 蛍光発現が増強し、超音波群では細胞質での GLUT4 蛍光発現を観察した。そして LFV 群では対照群と比較して細胞内 Ca<sup>2+</sup> 相対蛍光強度比が対照群と

比較して有意に増大し ( $p < 0.01$ )、超音波群では有意差はなかった。この結果から超音波照射による DFU 治癒促進機序は LFV による糖代謝促進効果に伴う治癒促進機序と異なることが示唆された。

#### ・高血糖ラットモデル全層欠損創への LFV による創傷治癒促進効果

LFV が 3T3-L1 脂肪細胞において AMPK を介した GLUT4 トランスロケーションと糖取り込みを促進することを明らかにし、創部局所における糖取り込みを増加させることで、創部局所のグルコースレベルを緩和する可能性を見出した。これまでの研究では、WBLFV が糖尿病モデル動物において血管新生を促し創傷治癒に有効であること、骨格筋において AMPK を活性化し糖取り込み促進することで血糖値を緩和することを報告している。しかし局所 LFV が局所糖代謝を改善し、創傷治癒を促進するという *in vivo* 研究はなく、また至適振動強度は不明であった。さらに DFU では糖代謝異常だけでなく、高血糖由来の慢性炎症が血管拡張や新生を阻害し、治癒が遅延することが知られている。そこで局所 LFV の最適強度を設定後に、LFV による創部局所の糖代謝改善、炎症の抑制、血管拡張と新生、創傷治癒促進効果を高血糖ラットモデルにおける治癒過程から検証した。

7 週齢雄の Sprague-Dawley ラットに麻酔下でストレプトゾトシン (55 mg/kg) を腹腔内注射し高血糖を惹起した。2 週間血糖値が 300mg/dL 以上を維持したラットを使用し、麻酔下で側腹部に全層欠損創を作製して振動器の振動子を創部にセットした。振動条件は周波数 50Hz、先行研究より血流促進が最も期待できる 600 mVpp、糖取り込みが期待できる 1000 と 1500 mVpp の振動強度に設定し、1 日 40 分の局所 LFV を創作製後 1 日から 14 日間行った。LFV 実施前に毎日創部を洗浄しドレッシング材を交換した。アウトカムを相対創面積と組織観察、糖代謝、炎症、血管拡張と新生とし、それぞれに関連する遺伝子とタンパク質発現を評価した。

肉眼観察の結果、創作製後 5-7 日で 600, 1000mVpp で相対創面積が有意に小さく (それぞれ  $p < 0.05$ )、1500 mVpp では有意な差はなかった。in vitro 実験では 1000-1500mVpp で脂肪細胞での糖取り込みが促進されたが、創傷治癒促進効果の点では大きな違いが出現しているため 0 (対照群) 1000、1500mVpp の間における局所 LFV の生体内への影響を検証した。すると 1000mVpp では GLUT4 トランスロケーションの促進、*Cox4* (ミトコンドリア活性) の発現増強、終末糖化産物 (advanced glycation end-products: AGEs) 前駆体 (メチルグリオキサール) の過剰な生成は抑制された。糖尿病患者では嫌気性代謝が有意となることでポリオール代謝や AGEs 産生経路が活性化している。我々は、局所 LFV による GLUT4 トランスロケーションの促進とともに、過剰なグルコースの取り込みが、AGEs 産生の増加などの糖化現象を加速するのではないかと懸念した。しかし実際には局所 LFV による糖化は進んでおらず、ミトコンドリア活性に伴う正常な糖代謝へと是正されたことで糖取り込みが促進されても細胞内の糖化を抑え、局所 LFV の糖代謝改善効果が示されたと考えられる。炎症の評価では 1000mVpp では M1 炎症性マクロファージの発現が抑制され、M2 抗炎症性マクロファージが増加し、M1/M2 マクロファージ比においても 1000mVpp で有意に減少していた。一方 1500mVpp では M1/M2 マクロファージ比は対照群と比較して差はなく、組織内での微小な出血がみられていた。炎症性マーカーの遺伝子発現量においても、1000mVpp 群において *Tnfa*, *Ccl2* 遺伝子発現が有意に減弱し、さらに糖尿病特異性血管炎症マーカーの *Ptx3* 遺伝子発現も有意に減弱した (それぞれ、 $p < 0.05$ )。つまり局所 LFV は早期よりマクロファージの表現型変化に伴い炎症反応を改善させ、特異的な血管炎症も改善させることを示した。最後に血管の評価において、1000 と 1500mVpp 群で拡張した血管が観察されたが、単位面積当たりの血管数を測定したところ 1000mVpp でのみ有意に増加していた。さらに血管新生因子の VEGF-A 発現を定量化したところ、1000mVpp でのみ増加し、そのほか血管拡張と新生に関連する遺伝子発現解析において、1000mVpp において血管拡張マーカーの *Nos3*、血管新生マーカーの *Vegfa* 発現が増強していた。以上より低強度の局所 LFV が血管拡張と新生を促進したことを示し、過度な振動強度では炎症が遷延し血管新生を阻害することも示唆した。これらの結果から、局所 LFV が高血糖ラットモデルの皮膚全層欠損創の創傷治癒を促進し、過剰な糖化を抑制しつつ糖取り込み促進といった糖代謝の改善、マクロファージのタイプ変化に伴う炎症反応の改善、血管拡張と新生を促進することが明らかになった。動物実験では、創の難治化を再現することが困難であり、非振動群と振動群の創傷面積の差は、高血糖ラットモデルだけでなく、糖尿病ラットモデルでも最終的に収束する。このような状況の中で、局所 LFV による創作製後 5-7 日の相対的創面積の有意差は、局所 LFV の創傷治癒促進効果が顕著であることを示しており、局所 LFV は臨床現場において治癒過程の初期段階での創傷治癒促進が期待できることを示している。また 1500mVpp では創傷治癒が促進されず、出血のような血管へのダメージを負ってしまうことで、1000mVpp と比較して微小環境下で炎症が遷延し、新生血管をつくることができなかつた可能性がある。高強度の LFV は血流障害や白ろ病などの原因となり得るため、臨床における局所 LFV 治療の強度を設定する上で非常に重要な所見を得た。本研究は動物実験において、局所 LFV による炎症・糖代謝の改善が血管拡張と新生を促し、糖尿病性全層欠損創の創傷治癒促進効果を示した初めての報告である。

#### ・ウェアラブルバイブレーションドレッシング材による創傷治癒促進効果

局所 LFV は高血糖ラットモデル全層欠損創の創傷治癒を促進することを示したが、本実験は据え置き型の振動器を使用し麻酔下かつ拘束性のある制限の多い局所 LFV である。さらに覚醒

時と麻酔時の皮膚組織全血液量を測定したところ、本モデルでは麻酔によって血液量が減少することがわかり、したがって麻酔による血流への影響により本来の血流評価ができない。さらに局所 LFBV によって血管の拡張と新生を認めているが、実際に創部で血液量が上昇しているかは確認できていない。そして新しいセルフケアデバイス開発にあたり、現行の据え置き型局所振動器は、一部の強度でマットレスの下に挿入して使用するため、常時積極的な治療ができず、個人差や日内・日間変動のある糖代謝・血管拡張能に対してパーソナライズな治療に向かない。そのため日常生活の中で継続して適応可能なドレッシング材タイプのセルフケアデバイスが有効と考え、LFBV のウェアラブル化を目指し、ウェアラブルバイブレーションドレッシング材の開発に挑み、創部局所の血液量増加と創傷治癒促進効果を検証した。

ウェアラブルバイブレーションドレッシング材を作製するためには、先行研究で報告されているように、50Hz の振動数を発生する振動モーターが必要である。そこで工学系研究者と協働して振動モーターを選定し、C1034 振動モーターに 1.5V の電圧をかけた場合の周波数が 52Hz となることを明らかにした。1.5V という電圧は、市販のボタン電池の電源電圧に相当しており、C1034 振動モーターを 4 つ並列に接続して 4 つのモーター中央部に創部がくるように配置した。そして SR44 ボタン電池 2 個を使用することで、先行研究の振動時間 (40 分間) を確保した。レーザー変位計で各モーターに対する中央部の振動測定を実施したところ、振動強度 (600-1000mVpp) に相当し、ドレッシング材に張り付けることでウェアラブルバイブレーションドレッシング材を作製した。そして先行研究と同様、高血糖を惹起させたラットに、麻酔下で側腹部に全層欠損創を作製後にデバイスとドレッシング材を一体化させたウェアラブルバイブレーションドレッシング材を創部に装着しガーゼで体幹を固定した。相対創面積と組織観察、炎症、血管拡張と新生それぞれに関連する遺伝子とタンパク質発現の評価のほか、レーザー組織血中酸素濃度モニターを用いて、ラット覚醒時に創部総血液量 (Total Hb) を局所 LFBV の前後で測定した。対照群動物の Total Hb も同時に測定した。創作製後 0 日における相対 Total Hb は、対照群の覚醒時で 1 となるように計算し、各創作製後の日における局所 LFBV 前後の対照群と振動群の Total Hb を比較した。

肉眼観察の結果、創作製後 4 - 7 日の相対創面積が振動群で有意に減少した (それぞれ  $p < 0.05$ )。そして創作製後 0 日対照群の創部 Total Hb を 1 とする Total Hb は、創作製後 7 日において振動群での振動前後で対照群と比較して有意に増加していた (それぞれ  $p < 0.05$ )。そのほか、創作製後 7 日の組織画像では対照群に比べて、振動群で拡張した血管が多くみられ、CD31 蛍光免疫染色により、血管内皮細胞を染色し、単位面積当たりの血管数をカウントしたところ振動群で有意に増加していた ( $p < 0.05$ )。血管拡張と新生に関連する遺伝子発現量を調べたところ、*Nos3*、*Vegfa* 遺伝子発現に有意な差はなかったが、タンパク質発現量においては血管新生マーカーである VEGF-A タンパク質が振動群で有意に増加していた。炎症評価においては、創部直下の単位面積あたりの各マクロファージ数をカウントし、M1/M2 マクロファージ比を調べたところ、振動群で M1 マクロファージ数は有意に減少し、M2 マクロファージ数は有意に増加しており (それぞれ  $p < 0.05$ )。振動群において M1/M2 マクロファージ比は有意に低下していた ( $p < 0.05$ )。

これらの結果からウェアラブルバイブレーションドレッシング材における局所 LFBV でも、据え置き型振動器での実験結果と同様に炎症の改善、血管の拡張と新生を促し、局所 LFBV 前後で創部 Total Hb を増加させ創傷治癒を促進することが明らかになった。興味深いことに、局所 LFBV 後だけでなく徐々に創部 Total Hb は振動群で増加していき、局所 LFBV 実施前から Total Hb が有意に増加することが明らかになった。先行研究において本実験でも使用している吸入麻酔剤イソフルランは活性血管拡張の阻害剤となりうるということが報告されており、本高血糖ラットモデルにおいても麻酔下では正確な血液循環の評価が困難であるため、本来覚醒時の血液循環の状態で局所 LFBV 実験を行えることが非常に画期的である。局所 LFBV による炎症の改善や血管新生のメカニズムはいまだ不明であるものの、日々の局所 LFBV により血管新生が促進されることで創部ではベースの Total Hb が増加し、そして局所 LFBV によって血管拡張を誘発しさらに創部 Total Hb が増加することで創傷治癒促進に寄与した。インテリジェントバイブレーションドレッシング材のコンセプトは覚醒状態でも創傷ケアの制約を受けないドレッシングタイプを使用して、自律的かつ積極的に 24 時間創傷ケアが可能ということである。本ウェアラブルバイブレーションドレッシング材を介した局所 LFBV はいつでも実施可能であるため非拘束かつリアルタイムな創傷ケアに適している。本研究では、1 日 40 分の局所 LFBV を行ったが、糖代謝改善と血流促進のための最適な治療時間と治療頻度を決定するためには、さらなる研究が必要である。

今後は、リアルタイムで創部グルコースレベルと血流をモニタリングできるセンサーを開発し、創傷治癒における局所 LFBV の効果をさらに検討することを目指している。本研究の成果を基に、新規インテリジェントドレッシングが開発されれば、在宅での創傷治癒を促進する革新的なセルフケアデバイスとなりうる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Haba Daijiro, Nakagami Gojiro, Minematsu Takeo, Sanada Hiromi	4. 巻 7
2. 論文標題 Low-frequency vibration promotes AMPK-mediated glucose uptake in 3T3-L1 adipocytes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e07897 ~ e07897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2021.e07897	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Qin Qi, Haba Daijiro, Nakagami Gojiro	4. 巻 17
2. 論文標題 Which biomarkers predict hard-to-heal diabetic foot ulcers? A scoping review	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Drug Discoveries & Therapeutics	6. 最初と最後の頁 368 ~ 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5582/ddt.2023.01086	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Haba Daijiro, Ohmiya Takafumi, Sekino Masaki, Qin Qi, Takizawa Chihiro, Tomida Sanai, Minematsu Takeo, Sanada Hiromi, Nakagami Gojiro	4. 巻 31
2. 論文標題 Efficacy of wearable vibration dressings on full thickness wound healing in a hyperglycemic rat model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Wound Repair and Regeneration	6. 最初と最後の頁 816 ~ 826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/wrr.13129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Haba Daijiro, Qin Qi, Takizawa Chihiro, Tomida Sanai, Minematsu Takeo, Sanada Hiromi, Nakagami Gojiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Local low frequency vibration accelerates healing of full thickness wounds in a hyperglycemic rat model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Diabetes Investigation	6. 最初と最後の頁 1356 ~ 1367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jdi.14072	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 幅大二郎, 峰松健夫, 真田弘美, 仲上豪二郎
2. 発表標題 超音波と低周波振動の糖代謝促進効果の比較検証
3. 学会等名 日本物理療法合同学会大会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 幅 大二郎, 秦 斉, 峰松 健夫, 真田 弘美, 仲上 豪二郎
2. 発表標題 局所低周波振動刺激による糖代謝と血管拡張 / 新生を介した糖尿病ラット全層欠損創治癒促進効果の検証
3. 学会等名 第52回日本創傷治癒学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幅 大二郎, 大宮 誉史, 関野 正樹, 秦 斉, 峰松 健夫, 真田 弘美, 仲上 豪二郎
2. 発表標題 ウェアラブルバイブレーションドレッシング材による糖尿病モデルラット皮膚全層欠損創への創傷治癒促進効果の検証
3. 学会等名 第10回看護理工学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幅大二郎, 秦斉, 仲上豪二郎
2. 発表標題 局所低周波振動による糖代謝促進に基づく新たな糖尿病足潰瘍治療戦略
3. 学会等名 日本基礎理学療法学会第6回若手研究者ネットワークシンポジウム
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Haba Daijiro, Nakagami Gojiro, Qin Qi, Minematsu Takeo, Sanada Hiromi
2 . 発表標題 Local low-frequency vibration promotes wound healing of the full-thickness wound in the diabetic rat
3 . 学会等名 The 31st Japanese Society of Wound, Ostomy & Continence Management
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Haba Daijiro, Qin Qi, Minematsu Takeo, Sanada Hiromi, Nakagami Gojiro
2 . 発表標題 A new strategy to enhance wound healing of diabetic foot ulcers based on the novel promotion mechanism of glycometabolism by local low-frequency vibration
3 . 学会等名 The 22nd edition of the interdisciplinary Diabetic Foot Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Haba Daijiro, Nakagami Gojiro, Minematsu Takeo, Sanada Hiromi
2 . 発表標題 Low-frequency vibration accelerates non-insulin-mediated glucose uptake in adipocytes: Implications for diabetic wound healing.
3 . 学会等名 The 9th Asia Pacific Enterostomal Therapy Nurse Association Conference
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Haba Daijiro, Itabashi Mizuho, Nakagami Gojiro, Tamai Nao, Weller Carolina, Sanada Hiromi
2 . 発表標題 Effectiveness of vibration therapy for hard-to-heal wound healing: A scoping review of human and animal studies.
3 . 学会等名 The 9th Asia Pacific Enterostomal Therapy Nurse Association Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 体表面潰瘍治癒促進装置	発明者 仲上豪二朗、幅大二郎、関野正樹、南豪、真田弘美、峰松	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-107292	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

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 <a href="http://www.rounenkango.m.u-tokyo.ac.jp/">http://www.rounenkango.m.u-tokyo.ac.jp/</a>
---

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	関野 正樹  (Sekino Masaki)  (20401036)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授   (12601)	
研究分担者	山内 敏正  (Yamauchi Toshimasa)  (40372370)	東京大学・医学部附属病院・教授   (12601)	
研究分担者	栗田 昌和  (Kurita Masakazu)  (20424111)	東京大学・医学部附属病院・講師   (12601)	
研究分担者	南 豪  (Minami Tsuyoshi)  (70731834)	東京大学・生産技術研究所・准教授   (12601)	



6. 研究組織（つづき）

	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	麦田 裕子 (Mugita Yuko)  (00804874)	東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・助教  (12601)	
研究分担者	峰松 健夫 (Minematsu Takeo)  (00398752)	石川県立看護大学・看護学部・教授  (23302)	
研究分担者	真田 弘美 (Sanada Hiromi)  (50143920)	石川県立看護大学・看護学部・教授  (23302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関