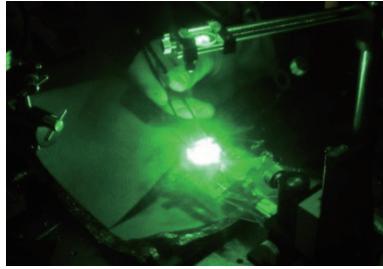


生体情報・治療システム研究部門

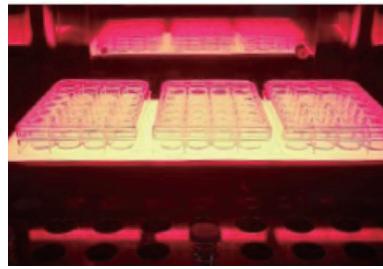


部門の概要

当部門では、大規模災害やテロによる負傷者、および特殊な任務に携わる自衛隊員の救命と生活の質の向上、ならびに平時における隊員の強靭性・壮健性の向上を目的に、光・レーザー技術を基盤とした新しい計測・診断・治療システムの開発をめざした研究に取り組んでいます。



ラット頭部へのレーザー誘起衝撃波の適用



3次元培養皮膚への光照射
(Photobiomodulation)



光線力学効果を用いた熱傷創部感染制御

令和6年度 研究報告課題

1. 各種外傷の診断・治療技術の開発

(1) 頭部外傷の病態解明と防護・治療法の開発

ア レーザー誘起衝撃波を用いた頭部爆傷研究：衝撃波の脳排出系 (Glymphatic system)への影響

イ おもり落下による衝突-加速に基づくラット頭部外傷モデルの作製と評価

(2) ヒト3次元皮膚の培養技術の開発と応用

ア 物理的刺激を用いた品質制御法の開発

イ 経皮感染のメカニズム解明と治療技術の開発

(3) 圧迫止血に伴う組織障害の光学診断法の開発

ア 拡散反射分光法に基づく光学パラメータ評価法の検討

2. 各種外傷の診断・治療技術の開発

(1) 光生体調節作用 (Photobiomodulation) による脳疲労の回復と認知機能向上に関する効果検証

令和6年度研究報告書

研究部門：生体情報・治療システム研究部門

○研究の目的

大規模災害・テロ等において多発が想定される各種外傷患者の救命、ないしQOL（生活の質）の向上を目的とした診断・治療技術の開発。

○研究報告の概要

1 研究課題：「各種外傷の診断・治療技術の開発」

（統一研究テーマ：有事・災害時、平時（国際貢献時を含む）ともに有用な研究）



（1）頭部外傷の病態解明と防護・治療法の開発

ア レーザー誘起衝撃波を用いた頭部爆傷研究：衝撃波の脳排出系（Glymphatic system）への影響

研究担当者

野澤孝司、牧野敦子、幸野明美、川内聰子

生体情報・治療システム研究部門

【背景・目的】

爆発に起因する頭部外傷（頭部爆傷、blast-induced traumatic brain injury, bTBI）は2000年以降、爆弾テロの多発により世界規模で受傷者が急増している¹。その特徴は、受傷直後に軽症と診断されながら、後に高次脳機能障害やうつ、不安等の精神症状を高率に来すことにある。これらの症状は、衝撃波の脳への作用（一次メカニズム）が主な原因と考えられているが、bTBIの病態やメカニズムには今なお不明な点が多く、医学対処法は確立していない。

我々は、衝撃波が脳に引き起こす現象を解明するため、レーザー誘起衝撃波（laser-induced shock wave, LISW）を用いた研究に取り組んでいる^{2,3}。衝撃波は、急激に上昇する圧力波であり、伝搬に伴い組織に急峻な圧力勾配と応力を生じるのに加え、音響インピーダンス（音速と密度の積、簡単には組織の硬さ）が異なる界面で反射によって負圧を生じやすく、物理的損傷を引き起こしうる。一方、脳にはリンパ管がなく、脳の老廃物排出機構は長らく謎であったが、2012年にGlymphatic systemと呼ばれる機構が提唱され⁴、脳排出系への理解が大きく進んだ。脳脊髄液（CSF）は、くも膜下腔から動脈血管周囲腔に入り、血管周囲腔を取り囲むアストロサイトの足突起に発現する水チャネルタンパク（AQP4）の働きにより脳実質に移行して脳間質液（ISF）となる。さらにISFは血管周囲や白質に沿って移動し、髄膜のリンパ管から排出される。この機構に異常が生じると、脳内に異常タンパク等が蓄積し、認知機能に影響を与える可能性がある。本研究では、脳の衝撃波曝露が脳排出系に与える影響を明らかにするため、LISWを適用したラットを対象に、急性期から慢性期の各時刻でCSFトレーサーを用いた排

出機能の評価を行った。本年度はLISWの経頭蓋適用のための頭皮切開による外科的侵襲の影響につき調べるため、頭皮切開あり（経頭蓋適用）と頭皮切開なし（経頭皮適用）で排出の評価を行った。

【方法】

麻酔下でラット左頭頂部に直径4 mmのLISWを経頭蓋的（力積約17 Pa·s）または経頭皮的（力積約19 Pa·s、頭皮における減衰を考慮）にて適用した。適用後1日、3日、7日、28日（経頭皮適用は7日のみ）に、麻酔下にCSF蛍光トレーサーOA-647（Ovalbumin, Alexa Fluor 647 Conjugate, 分子量45 kDa）を脳槽投与し、投与後3 hに脳を摘出しトレーサーの分布（排出）を評価した。

【結果・考察】

昨年度までの報告と同様、トレーサーOA-647は、正常ラット脳において投与後35分に血管周囲腔に広く分布し、3時間後にはほぼ消失し、トレーサーの正常な流入と排出が確認された（図1）。一方、頭皮切開ありのsham controlでは、LISWの適用なしでも1日後と3日後に排出の低下を認め、頭皮切開時の麻酔と侵襲の影響と推察された。そこで頭皮切開ありの条件で7日後以降、sham controlとTBI（LISW適用群）で排出の比較を行ったところ、TBIにおける有意な低下（残存CSFトレーサーの蛍光強度の増加）を認め、28日後でより悪化する傾向が観察された。この傾向は、先行研究で観察した境界性グリア瘢痕（炎症性病変）の進展の傾向に類似していた³。経頭皮的LISW適用モデルにおいても、7日後にsham controlと比較して有意な排出の低下を認めた。排出の異常には、主要排出ルートの白質や髄膜リンパ管の異常（炎症等）が関係していると推察され、今後抗炎症薬剤等による排出促進効果の検証を行う計画である。

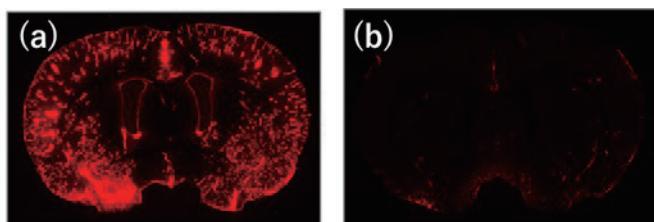


図1 正常ラット脳におけるCSFトレーサーの分布。
投与後35分 (a)と投与後3時間 (b)。

【結語】

最近衝撃波の脳への影響は、訓練等における火器・火砲による低レベル繰り返し曝露の影響も注目されている。今後、衝撃波による脳排出系の障害と認知機能との関係あるいは排出促進に重要な睡眠との関係を明らかにし、対処法につき検討することにより隊員の壮健性維持につなげる計画である。

参考文献

- 1) J. V. Rosenfeld *et al.*, Lancet Neurol. 12, 882-893 (2013).
- 2) S. Sato *et al.*, PLoS ONE 9, e82891 (2014).
- 3) S. Kawauchi *et al.*, J. Neurotrauma 41, e2039 (2024).
- 4) J. Iliff *et al.*, Sci. Transl. Med. 4, 147ra111 (2012).

イ おもり落下による衝突-加速に基づくラット頭部外傷モデルの作製と評価

研究担当者

佐藤瑞祐^{1,2}, 野澤孝司², 牧野敦子², 幸野明美², 川内聰子²

¹防衛医科大学校医学科第4学年, ²生体情報・治療システム研究部門,

【背景・目的】

頭部外傷の原因となる外力は、主として衝突による①直接的打撃, ②頭部の加速-減速による脳の頭蓋への衝突, および③爆発に起因する衝撃波の3つに大別される。これら外力の違いによる脳の損傷機序の違いを理解するためには、各力学現象の記述と脳の組織学的影響との関係解明が必要不可欠である。

本研究では、衝突による頭部外傷の現象と組織学的影響について調べるため、おもり落下による衝突-加速に基づくラット頭部外傷モデルについて、高速度カメラを用いた衝突運動の解析を行うとともに、脳の認知機能低下との関係が報告される脳老廃物排出異常の評価により、その影響を検討した。

【方法】

麻酔下でラット頭頂部を剃毛・除毛し、おもりの落下衝突により頭部を回転加速-減速させる装置を用いて、衝突による頭部外傷モデルを作製した。アルミ箔を敷いた箱の上にラットを置き、ラットの頸の下に1.5 cm × 1.5 cm × 1 cmのゴム台を設置することで頭部の水平を維持した。質量100 gのおもりを1 mの高さから落下させ、頭部へのおもり衝突時の運動を高速度カメラを用いて撮影した（撮影速度：4500fps）。脳排出系の異常について、前項と同様CSFトレーサーを脳槽投与し脳内分布を観察する方法により評価した。

【結果・考察】

図1におもりの落下衝突とラット頭部の運動を高速撮影した結果を示す。この結果から、おもりの衝突前速度は4.117 m/s、衝突後の速度は2.482 m/sであり、衝突前後のおもりの運動量に基づく力積は361 Pa・sと見積もられた。得られたおもりの衝突速度は、戦闘シナリオにおける衝突による兵士の軽症頭部外傷受傷に関連する衝突速度（4.4 m/s）²にほぼ等しいことが分かった。

前項と同様の方法により、おもり衝突7日後に脳排出系の評価を行ったところ、脳の広範囲に排出異常を認めた。特に白質に残留し、衝突-加速落下により白質に特異的なひずみが生じた可能性がある。

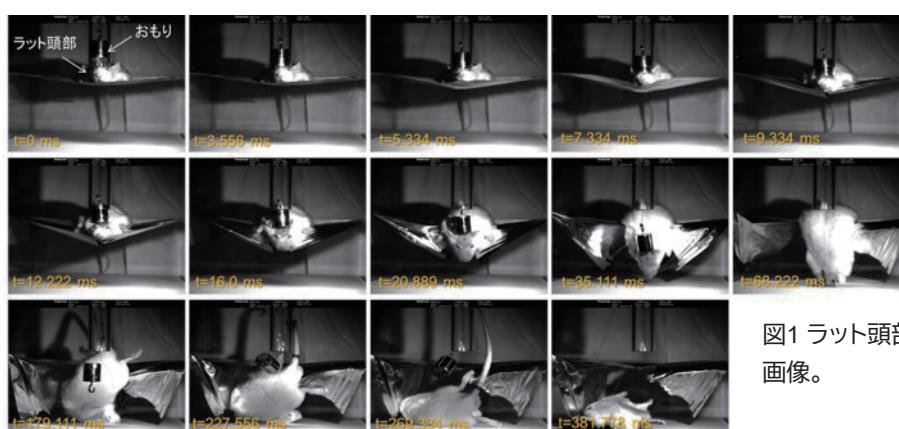


図1 ラット頭部へのおもり落下衝突時の高速撮影画像。

【結語】

今後、衝突と衝撃波、それぞれ異なる外力による頭部外傷後の脳の排出異常について比較検討を行い、外力の特性と排出異常の関係につき明らかにするとともに、頭部外傷のモデル化と計算により頭部防護法の検討につなげる計画である。

謝辞

本研究は、科学研究費助成事業基盤研究B「脳のバリアと排出系に着目した頭部外傷のメカニズムに関する実験的・理論的研究」の一環として行われた。

参考文献

- 1) <https://www.mayoclinic.org/medical-professionals/trauma/>.
- 2) C. Moure-Guardiola *et al.*, Appl. Sci. 10, 8470 (2020)
- 3) V. Mishra *et al.*, Sci. Rep. 6, 26992 (2016)
- 4) A. Post *et al.*, Trauma 14, 327-349 (2012)

(2) ヒト3次元皮膚の培養技術の開発と応用**ア 物理的刺激を用いた品質制御法の開発****研究担当者**

角井泰之¹、宮崎裕美²、川内聰子¹

¹生体情報・治療システム研究部門、²医療工学研究部門

【背景・目的】

災害やテロなどの発生時には、多くの被災者が体表に重篤な損傷や汚染を被り、大量の移植用皮膚が必要になる事態が想定される。しかし、本邦のスキンバンクに保存されている皮膚の貯蔵量は、ドナー不足により極めて限定期である。我々は、新たな移植用皮膚として大阪大学の明石らが開発した3次元培養皮膚¹⁾に着目し、共同研究を開始した。その過程で、厚みのある組織の培養においては、培地が組織全体に供給されにくく、品質が低下しうることが明らかになった。

この問題を解決するために、我々は光が持つ生体活性化作用（photobiomodulation, PBM）を応用することにした。これまでに、近赤外光の照射により培養中の皮膚を活性化できることが明らかになった²⁾。さらにこの結果をもとに、LED光源が内蔵された培養インキュベーター³⁾を作製し、PBMを適用しながら皮膚を培養することで、バリア機能の改善を図ることができた。今年度は、同LED光源の照射パワーによるPBMの効果の違いについて検討を行った。

【方法】

細胞同士の接着を促進するためにフィブロネクチンとゼラチンを用いて皮膚線維芽細胞をコーティングし、臍帯静脈内皮細胞とともに積層することで真皮を形成した。翌日、その上に表皮角化細胞を積層することで表皮と真皮が一体となった3次元培養皮膚を作製した。さらにその翌日から皮膚の表面を気液界面に晒すことで表皮の分化を誘導した。この時点からインキュベーター内で皮膚にLED光を照射した。このとき、照射光のパワー

密度を2.5, 5, 10, または20 mW/cm²とし, 光を照射せずに培養した皮膚（コントロール）と結果を比較した。バリア機能として, 細胞同士の結合の強さを示す電気抵抗値を測定した。

【結果・考察】

いずれのパワー密度で光を照射した場合も, 3次元培養皮膚の電気抵抗値はコントロールよりも高く, PBMの効果が再度確認された。今回試験した条件の中では, 最も低いパワー密度 (2.5 mW/cm²) の場合に最も高い電気抵抗値が得られたことから, 今後, さらに低いパワー条件でも同等以上の有効性が得られないか検討を行う計画である。LEDの素子数や発熱を減らすことができれば, より低コストで使いやすいシステムに改良できると期待される。

謝辞

本研究は, 科学研究費助成事業「光生体調節作用を用いた三次元培養皮膚の感染防御能の強化」の一環として行われた。

参考文献

- 1) M. Matsusaki *et al.*, J. Biomed. Mater. Res. A 103(10), pp. 3386-3396 (2015).
- 2) Y. Tsunoi *et al.*, Photochem. Photobiol. 98(6), pp. 1464–1470 (2022).
- 3) 特許第6956340号 (2021年).

イ 経皮感染のメカニズム解明と治療技術の開発

研究担当者

角井泰之¹, 宮崎裕美², 川内聰子¹

¹生体情報・治療システム研究部門, ²医療工学研究部門

【背景・目的】

体表を覆う皮膚が重篤な損傷を受け, 細菌などの微生物が体内に侵入して増殖すると, 治療は難しく, 致命的になる場合もある。このような感染に対処するために, 我々は光線力学療法 (photodynamic treatment, PDT) に着目した。PDTは, 光を吸収すると活性酸素種が発生する薬剤 (光感受性薬剤) を利用した治療法で, 強力な酸化力により様々な微生物に障害を与えることができる。

これまでに, 我々は緑膿菌に感染したラットの熱傷皮膚に対するPDTの有効性について報告した¹⁾。光感受性薬剤であるメチレンブルー (methylene blue, MB) に添加物を加えたMB cocktailを創部に塗布したのち, 光を照射することで非常に高い殺菌効果が得られた。一方で, MB cocktailの塗布だけ (光照射なし) でも, PDTほどではないものの, 高い殺菌効果が認められたことから, 同薬剤の正常組織への副作用が懸念された。そこで, ヒト細胞から3次元的な皮膚組織を構築し, 同薬剤の毒性を調査した。

【方法】

ヒトの皮膚線維芽細胞, 脍帯静脈内皮細胞, 表皮角化細胞を用いて3次元組織を構築したのち, 表皮の分化を誘導することでバリア機能を持つ皮膚を作製した。皮膚表面にMB cocktailを接触させ, リン酸緩衝生理食塩水でよく洗浄したのち, WST-8法により皮膚組織全体の細胞生存率を評価した。このとき, 生理食塩水

を接触させた陰性対照の細胞生存率を100%とした。また、薬剤による組織の損傷を空間的に評価するために、ヘマトキシリン・エオシン染色法による組織学的検査を行った。

【結果・考察】

WST-8法の結果、MB cocktail接触後でも90%以上の細胞は生存していることが明らかになり、同薬剤による細胞毒性は限定的であることが示された。一方で、組織学的検査の結果、薬剤の接触により表皮が顕著に薄くなっている、真皮から剥離している箇所も見られた。上記のとおり、ほとんどの細胞は生存しているため、今後、組織の自然治癒過程について調査する計画である。

参考文献

- 1) R. R. Sarker *et al.*, J. Biomed. Opt. 27, 018001 (2022).

(3) 圧迫止血に伴う組織障害の光学診断法の開発

ア 拡散反射分光法に基づく光学パラメータ評価法の検討

研究担当者

川内聰子¹、牧野敦子¹、西館 泉²

¹生体情報・治療システム研究部門、

²東京農工大学大学院生物システム応用科学府

【背景・目的】

ベトナム戦争以降の現代の戦傷研究では、戦場における外傷死亡のうち「防ぎえた死」のおよそ60%を四肢からの大出血が占めていたと言われる。米軍では2004年のイラク・ファルージャの戦闘などでの戦訓から、現代の銃創・爆傷における大量出血に対しては、直接圧迫止血法のみでは救命できないことから止血帯(タニケット)による止血法を採用することとなった。しかし止血帯の使用は、末梢部位の虚血を伴い、組織壊死や虚血再灌流による組織障害を引き起こす危険性がある。

本研究では、タニケット使用に起因する虚血による組織壊死、虚血再灌流による組織障害を非侵襲的にモニタリングする技術を開発し、負傷者の救命処置後のQOL向上に寄与することを最終目標とする。圧迫・解放により血流再開すると、壊死した筋細胞からミオグロビンが漏出し、血中濃度が数倍から数百倍の濃度に達するとの報告がある。本研究では拡散反射分光法を用いて、吸光スペクトルから各種ミオグロビン濃度、ヘモグロビン濃度を推定するとともに、細胞・細胞小器官レベルの形態変化を反映する光散乱パラメータを算出する方法を確立することを目指し、本年度は、光学計測系の構築、および各種光学特性に関する基礎データの収集を行った。

【方法】

各種ミオグロビン(Mb)およびヘモグロビン(Hb)の試料調製を行い、吸光スペクトルの計測を行った。まずミオグロビン粉末を精製水に溶解しメトミオグロビン(MetMb)溶液を作製し、これにNa₂S₂O₄を添加して脱酸素化Mb(DeoxyMb)溶液、さらにエアバーピングを行い酸素化Mb(OxyMb)溶液を調製した。一方Hbは、馬保存血液を精製水で溶結・希釈してOxyHb溶液を調製し、これにNa₂S₂O₄を添加してDeoxyHb溶液を作製した。

【結果・考察】

OxyMb と DeoxyMb は、500-600 nm の波長帯においてそれぞれ二峰性、単峰性の強い吸収ピークを示し、近赤外波長域にかけて吸光度は大きく低下し、さらに OxyMb は 620-630 nm 付近に、DeoxyMb は 760 nm 付近に弱い吸収ピークを持つことが確認された。一方 OxyHb と DeoxyHb もミオグロビンと類似した吸光スペクトルを有するが、各吸収のピーク波長はわずかに（約 4 nm）短波長側にずれており、OxyMb が持つ 620-630 nm 付近の弱い吸収ピークは、OxyHb には確認されない。これらスペクトル形状の違いに基づき、各成分濃度を推定できる可能性がある。また MetMb の吸収スペクトルは、他の成分と異なる特徴的な形状を示した。壊死した筋細胞から漏出するミオグロビンが MetMb であれば、そのスペクトルから筋組織の壊死を検出できる可能性があると思われた。

【結語】

今後、既知濃度のミオグロビン、ヘモグロビン（光吸収体）および光散乱体からなる生体模擬ファントムを対象に、拡散反射スペクトルを計測し、各濃度を定量評価する方法の確立をめざす。さらに同手法によりラット下肢圧迫・解放モデルにおける虚血および組織壊死の検出が可能か調べる計画である。

謝辞

本研究は、防衛医学基盤研究 A 「戦傷病・多発外傷受傷隊員の QOL を向上させる合併症予防のための基礎的研究と関連工学研究技術の深化」（令和 6~8 年度、主任研究者 中村伸吾教授）の一環として行われた。

2 研究課題：「隊員の壮健性維持、能力強化のための技術開発」

（統一研究テーマ：有事・災害時、平時（国際貢献時を含む）ともに有用な研究）

（1）光生体調節作用（Photobiomodulation）による脳疲労の回復と認知機能向上に関する効果検証



認知機能

研究担当者

川内聰子¹、野澤孝司¹、牧野敦子¹、幸野明美¹

¹生体情報・治療システム研究部門、

²東京農工大学大学院生物システム応用科学府

【背景・目的】

もとより過酷な活動を任務とする自衛隊隊員は、昨今の安全保障環境の急速な変化により、身体・精神疲労のリスクを増している。本研究は、特定波長の可視～近赤外光が持つミトコンドリアの活性化等の光生体調節作用（フォトバイオモジュレーション、PBM）に着目し、頭部への光照射による①ストレス・脳疲労からの回復、②脳老廃物排出系の促進（睡眠障害による脳機能低下の改善）、③認知機能の強化に関する学術基盤を確立し、隊員の精神疲労（脳疲労）の回復と認知機能の向上、ひいては持続性・強靭性の強化に貢献することを最終目標とする。その最初のステップとして本研究は、動物実験により PBM による①～③の効果を検証し、基盤となる生理学的・生化学的機序を明らかにすることを目的とする。本年度は、各項目を実施するための実験系の構築を行った。

【進捗状況】

実験②に関して小動物用無侵襲睡眠・覚醒計測システムと連動して睡眠中のラットに 810 nm近赤外光を照射する系を構築した。LED素子を格子状に配置した赤外面型光源とし、発光面の大きさは 28 cm x 28 cm, LED素子数は14 x 14個（合計196個）とし、金網の上から15~20 cm離れた床敷上のラットに、PBMに必要なパワー密度、最大約50 mW/cm²を照射できる調光可能な光学系を構築した。一方実験③に関しては、ラット用ヘッドマウントタイプの小型口ガードを用いて、覚醒下のラット脳波を計測した。同口ガードは動物の頭のすぐ上にアンプと記録装置（マイクロSD）を配した構造であり、ノイズが非常に乗りにくい特性を有する。アルファ波、シータ波、ガンマ波の各周波数成分のパワー解析を行ったところ、麻酔下と比べて覚醒後にアルファ波、シータ波の成分が増大した。この結果は、アルファ波が睡眠と覚醒の境目を判断するのに用いられる脳波、シータ波が探索活動などをするときに増大する脳波であることを反映している。次年度は、同実験系を用いて動物実験により、PBMによる脳老廃物排出促進と認知機能向上の効果につき検討する計画である。

謝辞

本研究は、防衛医学基盤研究B「光生体調節作用（Photobiomodulation）による精神疲労の回復と認知機能向上に関する基盤研究」（令和6~8年度）の一環として行われた。

○ 研究業績等

【原著論文】

- 1) Khatun R, Okura K, Parvez MA, Yashiro K, Nagahama Y, Tsunoi Y, Kawauchi S, Saitoh D, Sato S, Nishidate I. In vivo evaluation of burn severity in skin tissue of rats using hemoglobin parameters estimated by red-green-blue imaging. *J Biomed Opt.* 2025 Mar;30(3):036006. doi: 10.1117/1.JBO.30.3.036006.
- 2) Kawauchi S, Kono A, Muramatsu Y, Hennes G, Seki S, Tominaga S, Haruyama Y, Komuta Y, Nishidate I, Matsukuma S, Wang Y, Sato S. Meningeal Damage and Interface Astroglial Scarring in the Rat Brain Exposed to a Laser-Induced Shock Wave(s). *J Neurotrauma.* 2024 Aug;41(15-16):e2039-e2053. doi: 10.1089/neu.2023.0572.

【総説・解説】

- 1) 川内聰子, 佐藤俊一. 爆傷に関連した衝撃波の生体作用. 高圧力の科学と技術. 2025 (in press)
- 2) 角井泰之. 光音響イメージング法を用いた熱傷診断. 日本レーザー医学会誌. 2025 45巻 380-387.
- 3) 角井泰之. Photobiomodulationを用いた移植用培養皮膚の活性化. 日本レーザー医学会誌. 2024 45巻 169-174.

【学会発表】

- 1) 角井泰之, 宮崎裕美, 明石満, 佐藤俊一, 川内聰子. 移植治療を目指した血管網含有3次元皮膚と培養技術の開発. 第24回日本再生医療学会総会 2025.03.
- 2) Prova NJ, Sarker RR, Rahman MS, Tsunoi Y, Nishidate I. Successful Recovery of Mange Mite Infestations in Ruminants Treated with Day-light Photodynamic Therapy. The 31 st Bangladesh Society

for Veterinary Education and Research Annual Scientific Conference 2025.02.

- 3) 角井泰之, 佐藤俊一, 宮崎裕美, 関根康雅, 斎藤大蔵, 川内聰子. 光学技術を基盤とした熱傷の診断・治療法の開発. 第33回日本熱傷学会関東地方会 2025.01.
- 4) 角井泰之, 宮崎裕美, 川内聰子. 皮膚外傷の抗微生物光線力学療法に向けた光感受性薬剤の毒性評価: ヒト3次元培養皮膚を用いた検討. レーザー学会学術講演会第45回年次大会 2025.01.
- 5) 川内聰子, 西館泉, 佐藤俊一. 拡散反射分光法の脳組織障害・病態モニタリングへの応用. レーザー学会学術講演会第45回年次大会 シンポジウム「生物・医用光学に貢献する生体組織光学」 2025.01.
- 6) 東條照太, 宮崎裕美, 角井泰之, 中村伸吾, 東隆一. 難治性潰瘍治療における3次元培養皮膚移植の創部温に関する検討. 第54回日本創傷治癒学会 2024.12.
- 7) 杉山夏緒里. ラマンイメージングを用いたヒト表皮幹細胞の分子指紋同定. 第47回日本分子生物学会年会 2024.11.
- 8) Kawauchi S, Nozawa T, Kohno A, Makino A, Nishidate I, Sato S. Photonics-based analysis of glymphatic clearance in a blast-related traumatic brain injury model. The 22nd Annual Meeting of the Japan Association of Medical Spectroscopy & Biomedical Raman Imaging Workshop 2024 2024.11.
- 9) Sugiyama K, et al., Molecular imaging uncovered vascular wall changes leading to acute aortic aneurysms and dissections in marfan syndrome. The 22nd Annual Meeting of the Japan Association of Medical Spectroscopy & Biomedical Raman Imaging Workshop 2024 2024.11.
- 10) 川内聰子, 野澤孝司, 幸野明美, 村松佑里子, 西館泉, 佐藤俊一. 衝撃波に曝露したラット脳の血行動態異常と一酸化窒素のリアルタイム *in vivo* イメージング. Laser Week V in Kyoto (第45回 日本レーザー医学会総会) 2024.11.
- 11) 角井泰之, 古川雅俊, 宮崎裕美, 明石満, 西館泉, 佐藤俊一, 川内聰子. Photobiomodulationによる3次元培養皮膚の品質向上. Laser Week V in Kyoto 2024.11.
- 12) Kawauchi S. Recent findings on the mechanisms and pathophysiology of blast-induced traumatic brain injury from studies using laser-induced shock waves. The 8th International Symposium on Energetic Materials and their Applications (ISEM 2024) 2024.11.
- 13) 川内聰子. 拡散反射分光法によるラット中枢神経の病態リアルタイム観察. 日本分光学会 近赤外分光部会 第 18 回シンポジウム 2024.11.
- 14) 川内聰子, 稲葉将来, 村松佑里子, 幸野明美, 西館泉, 足立健, Ibolja Cernak, 佐藤俊一. 脳の衝撃波曝露による一酸化窒素の生成とその影響. 第77回日本酸化ストレス学会・第23回日本NO学会合同学術集会 2024.5.
- 15) 角井泰之, 宮崎裕美, 明石満, 佐藤俊一. 近赤外LED光によるphotobiomodulationを用いた移植用3次元培養皮膚の活性化. 第63回日本生体医工学会大会 2024.5.
- 16) Kawauchi S, Kono A, Muramatsu Y, Hennes G, Seki S, Haruyama Y, Komuta Y, Nishidate I, Matsukuma S, Wang Y, Sato S. Interface astroglial scarring and fibrotic reactions in the rat brain exposed to a laser-induced shock wave(s). 8th International Forum on Blast Injury Countermeasures (IFBIC 2024) 2024.05.