

令和6年8月2日

報道機関 各位

レーザー照射による脊髄後角ニューロンへの影響 —神経生理学・行動学的評価を用いた解析—

■ ポイント

- ・ ラットの坐骨神経にレーザーを照射すると、照射中に一時的に脊髄後角^{※1} 表層のニューロンの発火頻度が増加することを発見しました。
- ・ レーザー照射後の発火頻度は、照射前と同等に戻りました。
- ・ 一時的な発火頻度の上昇が見られたレーザー強度でラット後肢にレーザー照射したところ、痛みに伴う逃避反応は見られませんでした。
- ・ レーザーの作用が神経生理学的に詳細に解明されることで、より安全なレーザー治療につながることを期待されます。

レーザー照射中の神経活動を記録



図1 実験の概要

■ 概要

富山大学学術研究部薬学・和漢系 応用薬理学研究室の歌大介准教授と、同研究室博士後期課程 3 年および帝人ファーマ株式会社の石橋直也研究员らの研究チームは、ラットの坐骨神経にレーザーを照射することで脊髄後角表層ニューロンが一時的に増加するものの、痛みに伴う逃避反応は引き起こさないことを発見しました。この研究成果は、2024 年 7 月 5 日に「Biochemical and Biophysical Research Communications」に掲載されました。

■ 研究の背景

低出力レーザー治療^{※2}は、痛みの緩和、抗炎症効果、発毛促進、傷の治癒など、さまざまな効果が報告されている治療法です。日本では炎症による疼痛の緩和に保険適用があり、リハビリテーション領域で使用されています。近年はより深部の組織へレーザーを届けるために、レーザーの高出力化も注目されています。

しかし、高出力レーザーを使用すると皮膚の痛みや熱傷のリスクが高まるため、安全でかつ効果があるレーザー強度を見極めることが求められています。これにより、患者にとって最適な治療法が提供できるようになります。

そこで本研究では、レーザーそのものが神経活動および痛みの感覚に与える影響を明らかにするために、電気生理学的手法^{※3}と行動学的手法を用いて検討しました。

■ 研究の内容・成果

成熟ラットの脊髄後角の表層および深層に記録電極を刺入し、レーザー照射中の脊髄後角の神経細胞の発火を記録しました。脊髄後角の表層は痛覚を、深層は触覚を伝える神経線維が入力する部位であり、それぞれ痛覚および触覚に相当する神経活動を記録することができます。

まずラットの坐骨神経に対してパワー密度 1000 mW/cm^2 （波長 808 nm、パワー 0.79 W、照射面積 0.79 cm^2 、照射時間 180 秒）のレーザーを、皮膚を切開して露出させた坐骨神経に直接照射し、電気生理学的な記録を行いました。その結果、脊髄後角の表層（痛覚情報入力部位）ニューロンの発火がレーザー照射中に一時的に増加し、照射後は、照射前と同等に戻ることが確認されました。一方で脊髄後角の深層（触覚情報入力部位）ニューロンの発火は変化しませんでした。

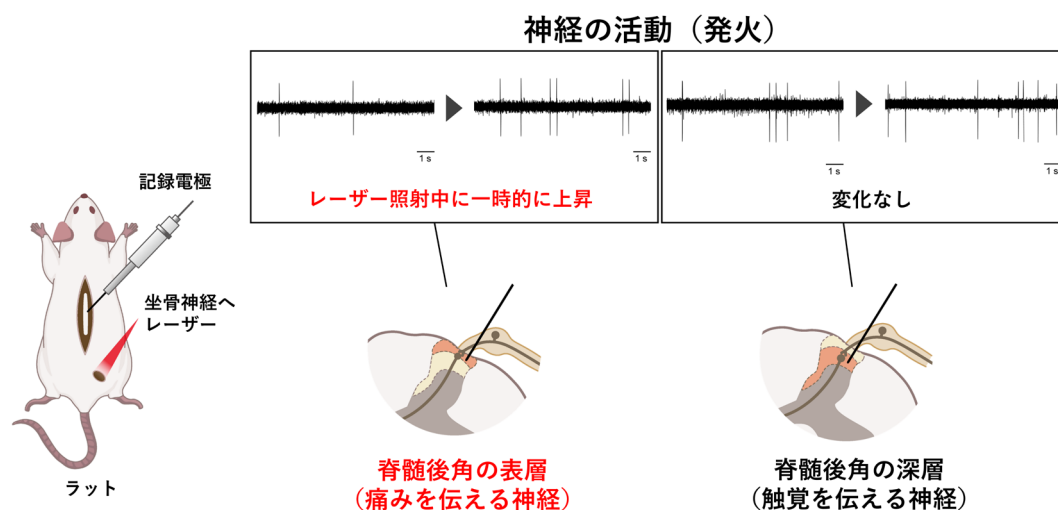


図2 脊髄後角における神経の活動（発火）

次に脊髄後角の表層で一時的に発火頻度が増加した強度（1000 mW/cm²）のレーザー条件が痛みを生じさせるか、ラットを用いた行動試験を行いました。その結果、痛みの指標とされる逃避反応は見られず、発火頻度が増加した強度は痛みには相当しないことが分かりました。一方、強度を上昇させた 9500 mW/cm² のレーザーを使用した場合、ラットが逃避反応を示すことが分かりました。これにより、1000 mW/cm² のレーザー強度は、痛みを引き起こさない安全な条件であることが示唆されます。

■ 今後の展開

本研究結果は、低出力レーザー治療の効果を高めつつ安全性を確保するためには、適切なレーザー強度を選定することが重要であることを示しています。低出力レーザー治療の安全で効果的な利用方法を確立するためには、さらなる研究が必要と考えられます。一方で我々の研究グループは、レーザー照射後に痛み刺激により誘発される発火が抑制される現象を過去に報告しています¹⁻⁴。本研究で、レーザー照射そのものが（痛みには相当しないものの）発火頻度を上昇させたこと、過去にレーザー照射後に発火頻度が抑制されたこと、以上の相反する現象が確認されたことが興味深いと考えています。今後これらの現象が説明できるような分子メカニズムや、有効かつ安全なレーザー治療条件のさらなる同定を進めていく予定です。

【用語解説】

※1 脊髄後角：

末梢（皮膚、筋、骨、各種臓器、粘膜など）で受け取った情報（触覚、圧覚、痛覚、温度覚）が最初に入力する中枢領域です。

※2 低出力レーザー治療：

疼痛部位とその周辺部位に温度上昇が小さい低出力のレーザーを照射し、疼痛の緩和を行う治療法です。筋肉、関節の慢性非感染性炎症性疾患における疼痛の緩和を目的に、保険適用されています（医科診療報酬 分類コード・分類名称：J 1 1 9 - 3 低出力レーザー照射（1日につき））。

※3 電気生理学的手法：

神経細胞の電気信号を直接記録する手法です。感覚の知覚や運動などは、神経細胞の電気信号により制御されています。本研究では、神経細胞の近くで生じる微弱な電気的変化を記録しています。

【参考文献】

1. Uta, D. et al. *Int J Mol Sci* 24, 2352 (2023).
2. Uta, D. et al. *J. Clin. Med.* 12, 5126 (2023).
3. Uta, D. et al. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 710, 149873 (2024).
4. 石橋直也 & 歌大介. *日本レーザー医学会誌* 44, 350-359 (2024).

【論文詳細】

論文名：

Photobiomodulation transiently increases the spontaneous firing in the superficial layer of the rat spinal dorsal horn

著者：

Naoya Ishibashi, Daisuke Uta*, Masahito Sawahata, Toshiaki Kume

掲載誌：

Biochemical and Biophysical Research Communications

DOI：

doi.org/10.1016/j.bbrc.2024.150362

【本発表資料のお問い合わせ先】

富山大学学術研究部薬学・和漢系 准教授 歌 大介

TEL：076-434-7511(直通) Email：daicarp@pha.u-toyama.ac.jp