

## 超音波治療はラット膝関節における術後癒着を軽減する

中原峻<sup>1,2)</sup>, 伊藤明良<sup>1)</sup>, 谷間桃子<sup>1)</sup>, 河合秀紀<sup>1,2)</sup>, 趙梓汐<sup>1)</sup>, 戴嘉<sup>1)</sup>, 徐仕軒<sup>1)</sup>, 安孫子幸子<sup>3)</sup>, 青山朋樹<sup>1)</sup>, 黒木裕士<sup>1)</sup>

1) 京都大学大学院医学研究科先端理学療法学講座

2) 日本学術振興会特別研究員 DC

3) 伊藤超短波株式会社学術部

キーワード：術後癒着，超音波，膝関節

【はじめに（背景・目的）】癒着は外科的手術侵襲等により術後早期から関節内に形成され、日常生活動作に影響を与える。低出力超音波パルス治療（Low-Intensity Pulsed Ultra-Sound:以下 LIPUS）は安全性の高い物理療法の一つである。これまでに不動関節拘縮モデル動物において LIPUS が関節周囲軟部組織に作用し、関節可動域を改善することが報告されてきたが、関節内癒着への影響は明らかになっていない。本研究ではラット膝関節癒着モデルを用いて、術後癒着に対する LIPUS 効果の検証を行った。

【方法】まず初めに、LIPUS 照射部位を検討した。12 週齢 Wistar 系雄性ラット 10 匹を用い、麻酔下にて内側関節包を切開後に膝蓋大腿関節を 5 分間露出し、その後膝関節を深屈曲位で固定することで癒着モデルを作製した。治療には超音波機器(UST-770, 伊藤超短波社製; 20 分/回、周波数 1MHz、強度 30mW/cm<sup>2</sup>(空間平均時間平均)、照射時間率 20%)を用い、膝蓋腱直上、膝関節内側への照射、または疑似照射を 2 週間実施した。介入後、膝関節可動域を測定し、癒着と後方関節包を組織学的に測定した。測定結果には Tukey-Kramer の HDS 検定を用いた。次いで 36 匹のラットに癒着モデルを作製し、LIPUS 群と疑似照射群に無作為に振り分け、膝蓋腱直上へ照射した。評価時期を 1, 2, 3 週(各 n = 6)とし、膝関節可動域測定と癒着と後方関節包の組織学的解析を実施した。測定結果は評価時点ごとに対応のない T 検定を用いた。有意水準は 5%とした。

【結果】膝蓋腱直上への照射は他群に比べ癒着を減少する傾向を認めた。また、疑似照射群に比べ膝関節可動域が有意に大きい値を示した(p < 0.01)。後方関節包の長さには有意な差は認めなかった。この結果を基に照射部位を膝蓋腱直上とした。その結果、すべての固定期間において LIPUS は癒着長を有意に減少した(各 p < 0.05)。膝関節可動域は固定 1 週および 2 週において LIPUS 群が有意に大きい値を示した(各 p < 0.01)。後方関節包については、固定 1 週および 3 週において LIPUS 群が有意に短縮を抑制した(各 p < 0.05)。

【考察】癒着形成には炎症や低酸素に伴う線維化が関与する。LIPUS の抗炎症作用が線維化を抑制し、癒着の形成予防に貢献した可能性が考えられる。

【結論】ラット膝関節癒着モデルにおいて、LIPUS は術後の膝関節内の癒着を減少した。本研究は、LIPUS が外科的手術侵襲等により生じる関節内癒着の予防、軽減に有効な物理療法である可能性を示唆した。

【倫理的配慮（説明と同意）】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会（承認番号：MedKyo21081）の承認を得て実施した。

【利益相反】本研究は伊藤超短波株式会社との共同研究として実施したものである。