

# 拡散型圧力波が筋形態・筋機能に与える影響

スポーツ医科学研究領域

5020A011-4 岩山 亜里奈

研究指導教員：熊井 司教授

**【序論】**：近年、疼痛治療を目的とした物理療法として体外衝撃波疼痛治療法が注目されており、主に難治性足底腱膜炎に対して整形外科分野で用いられてきた。除痛作用、血管や腱の組織修復作用、骨形成促進作用などが効果として既に報告されており、合併症が少なく安全性が高いことから保存療法の1つとして注目されている。

体外衝撃波は衝撃波発生仕組みや伝播様式の差異から集束型衝撃波(FSW)と拡散型圧力波(RPW)の大きく2種類に分けられるが、基本的に同等の効果が得られるとされている。RPWは医師だけでなくコメディカルスタッフも使用可能であり、尚且小型で軽量な特徴からスポーツ現場などにも多く導入され始めている。

これまで腱障害を始めとした慢性障害に対する衝撃波の検証効果が多くなされてきた。しかし、RPWの登場により、スポーツ現場でマッサージやストレッチの代替として筋への照射を実施する例が報告され始めている。筋への照射効果に言及する報告は過去にも散見されるが数が少なく、未だ筋に対するRPW照射効果に関する一定の見解は得られていない。また、マッサージなどが筋疲労からの早期回復を目的として実施される中で、RPWが筋疲労に対してどのような効果をもたらすのか、過去に報告したものは見当たらない。

本研究では、筋(下腿三頭筋)に対するRPW照射効果を明らかにすると共に、疲労した筋(下腿三頭筋)への照射効果を、筋形態・筋機能の観点から検討し、明らかにすることを目的とする。

## <研究1> 拡散型圧力波が筋形態・筋機能に与える効果

**【目的】**：筋(下腿三頭筋)へのRPW照射が筋形態・筋機能に与える影響について明らかにすることを目的とした。

**【方法】**：健常な一般成人男女12名を対象とし、RPW介入を行った。介入実施前(Pre)と介入実施後(Post)に腓腹筋内側頭部の超音波画像診断装置による①筋形態(筋厚、羽状角、筋束長)、②筋・筋膜硬度の測定、③足関節最大背屈可動域、④等尺性足関節最大底屈筋力、⑤下腿周径囲、⑥筋内酸素飽和度、計6項目を測定した。各測定項目の介入前後の値を対応のあるt検定を用いて比較した。有意水準は5%未満とした。

**【結果および考察】**：RPW照射により筋厚が有意に減少し、羽状角と筋束長に有意な変化は見られなかった。筋硬度はRPW照射前後で有意な変化は見られなかったが全ての部位で減少傾向にあった。先行研究において下腿三頭筋へのRPW照射による羽状角の増加と筋束長の減少、筋膜付近での硬度の減少が報告されており、本研究においても有意でなかったものの同様の傾向が見られた。要因の1つにRPW照射肢位の違いが挙げられ、先行研究では背屈10°、本研究は軽度底屈位にて照射している。筋で硬度減少が見られなかった先行研究とは異なり、本研究では筋でも硬度の減少傾向が見られた。RPWの性質上音響インピーダンス差の大きい箇所では効果を発揮することから、本来であれば筋膜で大きい効果を発揮する。本研究は背屈位で照射した先行研究と異なり、弛緩位で照射したことが筋まで照射効果を及ぼした可能性として考えられる。足関節最大背屈可動域は照射前後で有意に増大していた。筋膜に多く存在するヒアルロン酸(HA)粘度の増加が組織間の滑走性を低下させ、物理的刺激によって粘度は低下する。RPW照射による物理的刺激がHA粘度の減少に関与する可能性があり、筋膜部の滑走性を改善させ関節可動域の増大に寄与している可能性が示唆される。

## <研究2> 拡散型圧力波が疲労課題後の筋形態・筋機能に与える影響

**【目的】**：疲労後の筋(下腿三頭筋)への RPW 照射が筋形態・筋機能に与える影響について明らかにすることを目的とした。

**【方法】**：健常な一般成人男女 12 名を対象とし、下腿三頭筋に対する疲労課題を実施したのち RPW 介入試行(RPW 試行)と RPW 非介入試行(NRPW 試行)の 2 試行を同一被験者対象に実施した。各試行間は最低 4 週間の期間を設けた。介入実施前と介入実施後に研究 1 と同様の 6 項目に主観的疲労感(Visual Analogue Scale :VAS)を加えた 7 項目を測定した。二元配置分散分析を用いて各測定項目の RPW 介入有無による比較検討と、t 検定を用いて介入前後変化率の比較を行った。有意水準は 5% 未満とした。

**【結果および考察】**：疲労後の筋への RPW 照射により筋厚、羽状角が有意に減少し、筋束長は有意に増加していた。疲労で起きた筋線維破壊による血流量の増加、炎症反応により筋厚は増加し、マッサージによって減少する。RPW 照射でも同様の効果が得られ、筋厚が減少したと考えられる。疲労により羽状角は増加、筋束長は減少することが知られており、疲労により緊張した筋が RPW 照射により弛緩し、または滑走性を改善したことにより羽状角が減少、筋束長が増加したと考えられる。RPW 試行における筋厚、羽状角、筋束長の介入前後変化率は NRPW 試行よりも有意に大きかったことから、疲労後の RPW 照射は筋形態をより大きく変化させ、疲労からの早期回復に繋がる可能性が示された。足関節最大背屈可動域は RPW 照射により有意に増大した。疲労による微細損傷、張力や硬度の増加が原因で減少した可動域が、RPW 照射の波動刺激や生物学的作用が張力や硬度を改善、また研究 1 と同様に皮下組織の滑走性を改善したことにより増大したと考えられる。RPW 試行の足関節最大背屈可動域の介入前後変化率が NRPW 試行と比較し有意に大きかったことから、RPW 照射が疲労からの早期回復に寄与し、可動域が増大したと考えられる。等尺性足関節最大底屈筋力は RPW 照射有無に関わらず増加傾向にあり、有意に

増加したのは RPW 試行のみであった。RPW 照射で疲労した筋肉の活性化が起き、早期の筋疲労回復に繋がった可能性が考えられる。

## <追加検討> 疲労の有無による拡散型圧力波照射効果の比較検討

**【目的】**：疲労の有無で RPW 照射が筋形態・筋機能に与える影響の違いを明らかにすることを目的とした。

**【方法】**：研究 1 と研究 2 の結果を用いて、疲労を行わず RPW 照射を行った群を RPW×Con 群、疲労後に RPW 照射を行った群を RPW×Fat 群とし、疲労の有無による RPW 照射効果を検討した。対応のない t 検定を用いて各群の測定項目の介入前後変化率を比較した。有意水準は 5% 未満とした。

**【結果および考察】**：羽状角と筋束長において疲労の有無で変化率に有意な差が見られた。RPW×Fat 群では羽状角の増加と筋束長の減少、RPW×Con 群では羽状角の減少と筋束長の増加が見られ、RPW 照射後に逆の変化が起きた。疲労により緊張した筋を弛緩した RPW×Fat 群と、弛緩状態の筋に照射し、筋膜で効果を発揮した RPW×Con 群は、照射効果のメカニズムが異なる可能性が示された。筋・筋膜硬度において疲労の有無で有意な差が見られ、RPW×Fat 群でより減少していた。疲労すると筋硬度は増加し、ストレッチなどの介入により硬度は減少する。疲労により増加した硬度が RPW 照射により RPW×Con 群と比べ多く改善し、変化が顕著であったと考えられる。足関節最大背屈可動域は群間で有意な差は見られず両群で大きく変化していた。RPW×Fat 群では疲労により減少した可動域が照射により改善し変化したのに対し、RPW×Con 群では筋厚の減少や筋膜部の滑走性の改善が可動域の拡大に寄与したと考えられ、群間で変化の理由は異なる可能性が示唆された。

**【結論】**：筋(下腿三頭筋)への RPW 照射は筋形態・筋機能に影響を与える可能性が示唆された。疲労後の筋(下腿三頭筋)への RPW 照射は、筋形態と筋機能に影響を与える可能性が示唆された。また、疲労の有無によってその効果は異なるが、介入前後の変化は疲労後により顕著である可能性が示唆された。