

氏名（本籍・生年月日）	森下 勝行（北海道・昭和 53 年 1 月 18 日）
学位の種類	博士（学術）
学位記番号	甲 第 80 号
学位授与の日付	平成 26 年 3 月 20 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	ヒト生体組織に対する超音波照射の効果に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 藤本 哲也 教授 上條 正義 准教授 小駒 喜郎 准教授 吉田 宏昭 准教授 隈元 庸夫（埼玉県立大学）

論文内容の要旨

ヒト生体組織に対する超音波照射の効果に関する研究

【緒言】

ヒトの身体活動は、筋や関節などの運動器系の機能が協調・連動することで保障されている。このため、運動器系の 1 つでも障害されると円滑な動作の遂行が障害される。運動機能障害の主な原因としては、種々の侵害刺激による痛み（疼痛）がある。疼痛は、体性神経系と自律神経系の興奮を高め、筋硬度の増加や血流の低下を惹起し、さらなる疼痛を引き起こす。疼痛は、円滑な筋収縮や関節運動を阻害し、日常生活活動や生命・生活の質などの障害因子となる。リハビリテーション分野において、疼痛の改善や運動機能の向上を目的とした物理療法として超音波療法がある。しかしながら、疼痛や運動機能に対する超音波療法の効果の科学的根拠は十分に得られていない。本研究では、ヒトの身体活動を支持する運動機能の維持・向上を目的として、それと密接に関係がある疼痛、筋硬度、関節可動域、筋組織内の血液循環および酸素動態に対する超音波の効果を明らかにするため研究を実施した。

【方法】

上記を明らかにするため 5 つの実験を施行した。対象は、それぞれの実験において 10 名から 45 名の健常成人男性（計 96 名）とした。評価項目は、疼痛がもたらす様々な生体への影響を考慮し、1. 疼痛閾値（痛覚閾値・圧痛閾値）、2. 筋硬度（安静時・運動時）、3. 自動関節可動域と筋硬度、4. 自動・他動関節可動域と伸張痛（他動運動における筋伸張時の痛み）、5. 筋組織内の血液循環および酸素動態とした。また、補助的評価として皮膚表面温度を全ての実験で測定した。施行条件は、同一被験者に対し 1. 超音波照射あり（US 群）、2. 超音波照射なしの擬似的施行（Placebo 群）、3. 安静（Control 群）の 3 つを無作為順序にて実施した。超音波は、周波数 3MHz、強度 1 W/cm²、照射時間率 100%（連続照射）、照射時間 10 分間、照射範囲を超音波導子面積の約 2 倍、照射方法は導子移動速度 1cm/s のストローク法にて照射した。US 群は上記方法による照射を実施し、Placebo 群では強度 0 W/cm²としてストロークを実施した。Control 群には安静を指示した。超音波用ゲルの塗布は、US 群と Placebo 群は全ての実験において実施し、Control 群では塗布を実施した実験と未実施とした実験の 2 つを施行した。各施行部位および測定部位は右僧帽筋上部線維とした。実験プロトコルは、各施行前 10 分間、各施行 10 分間、各施行後 20 分間の計 40 分間とした。統計解析は、反復測定による二元配置分散分析の後に多重比較（Tukey）検定を実施した。有意水準は 5%とした。

【結果】

超音波は 1. 痛覚閾値および圧痛閾値などの疼痛閾値の上昇, 2. 安静時および運動時の筋硬度の低下, 3. 自動・他動関節可動域の増大と伸張痛閾値の上昇, 4. 筋組織内の血液循環および酸素動態の増加などを認めた ($p < 0.05$). これらの効果は, 超音波照射後 20 分において維持した. Placebo 群および Control 群には効果的な変化が認められなかった. 皮膚表面温度は, US 群が Placebo 群および Control 群に比べ照射後 15~20 分間において高かった ($p < 0.05$). しかしながら, US 群の皮膚表面温度は照射後 20 分の時点において照射前と同程度の温度に下降 (回復) した. Placebo 群と超音波用ゲルの塗布を行った Control 群では, 皮膚表面温度は各施行後で低下した.

【考察】

疼痛閾値, 筋硬度, 自動・他動関節可動域, 筋組織内の血液循環および酸素動態に対する超音波の効果は照射後 20 分間で維持されており, 疼痛および運動機能に対する超音波の効果の持続性が示唆された. この要因として, 超音波は 1. 感覚受容器の感度に作用し侵害刺激に対する閾値 (痛覚・圧痛・伸張痛閾値) を上昇させたこと, 2. 組織粘弾性および伸張性を増大させたこと, 3. 上記 1・2 の作用により, 自動・他動関節可動域が増大したこと, 4. 筋の毛細血管を拡張させ血液循環および酸素動態が促進したことなどが考えられる. これらの効果は, 超音波照射後の皮膚表面温度の変化からも超音波の温熱効果と機械的効果の複合効果が影響したものと考えられる. Placebo 群と Control 群では皮膚表面温度が低下したが, これは気化熱の影響によるものと考えられる. Placebo 群と Control 群では, 各評価項目において効果的な変化が認められておらず, この 2 つの施行条件は臨床的意義が低いと考える. これに対し US 群は, 各評価項目において効果的な結果を示し, 超音波は疼痛や運動機能障害への適応が高い可能性が示唆された.

【結論】

ヒト生体組織に対する超音波照射は, 疼痛の軽減および運動機能の向上に有用である.