

筋ジストロフィーの胸郭可動域障害と呼吸障害に対する超音波治療の効果

白石 弘樹[†] 小長谷 正明^{*} 田中 信彦^{**}

IRYO Vol. 66 No. 12 (671-675) 2012

要 旨

筋ジストロフィー患者は、筋の変性や伸展性の低下が胸郭可動域障害を引き起こし、呼吸機能悪化の要因となる。今回、デュシェンヌ型筋ジストロフィー患者8名・福山型筋ジストロフィー2名に対して、イトー社製超音波治療器 US-710を用い、胸鎖乳突筋、肋間筋群、斜角筋群、腹筋群の各呼吸筋に5-10分程度ずつ照射時間率40%、強度1.60W/cm²で照射し、1) 胸郭可動域の計測、2) 最大強制吸気量を含めた各呼吸機能検査の計測を行った。その結果、胸郭可動域は各呼吸機能検査値には有意な改善が得られた。これは、超音波治療による、筋内のコラーゲン性の増加や脈管透過性を改善する効果と、肥満細胞の活動性を抑制する効果が、呼吸筋の収縮力を高めることで呼気量が向上し、これにより各呼吸機能検査が改善したのではないかと考えた。筋ジストロフィーの呼吸理学療法の実験が浅いリハビリテーション従事者にも簡易に行える有用な治療であると考えられた。

キーワード 超音波治療器、呼吸機能検査、胸郭可動域、デュシェンヌ型筋ジストロフィー、福山型先天性筋ジストロフィー

はじめに

筋ジストロフィーにみられる呼吸不全は、①横隔膜や腹筋群、外および内斜角筋など呼吸筋の変性による筋力低下、②脊柱・胸郭の変形、③胸郭可動性低下などの原因による拘束性換気障害である¹⁾。

佐野は、筋の柔軟性低下や胸郭可動域性の低下に

対し、温熱療法などの物理療法を用いることで、筋肉組織の血液循環の効果が得られ呼吸筋のリラクゼーションが得られ有効と述べている¹⁾。従来、筋ジストロフィーの呼吸機能に対する超音波療法の効果の報告はみられないため、呼吸リハビリテーションとして有効かどうか検証した。

国立病院機構鈴鹿病院 リハビリテーション科（現所属：国立病院機構東名古屋病院附属リハビリテーション学院 理学療学科）†教員 *国立病院機構鈴鹿病院 神経内科 **国立病院機構鈴鹿病院 整形外科 リハビリテーション科
別刷請求先：白石弘樹 国立病院機構東名古屋病院附属リハビリテーション学院 〒465-8620 愛知県名古屋市中東区梅森坂5丁目101番地

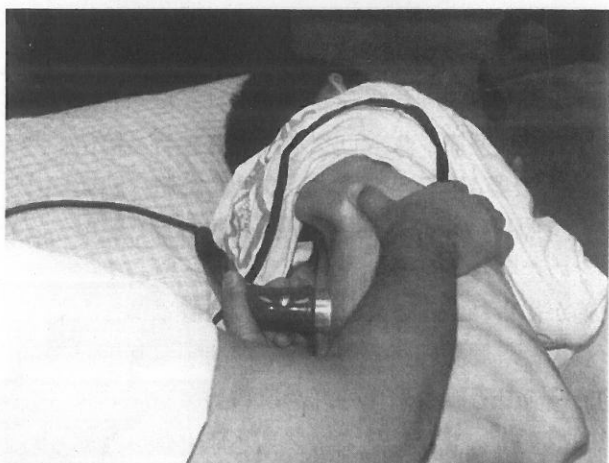
（平成23年1月5日受付、平成24年11月7日受理）

Effect of Ultrasound Therapy on Thoracic Mobility Restriction and Respiratory Impairment in Muscular Dystrophy
Hiroki Shiraishi, Masaaki Konagaya^{*} and Nobuhiko Tanaka^{**}, Departments of Rehabilitation, ^{*}Neurology and ^{**}Orthopedics, NHO Suzuka Hospital

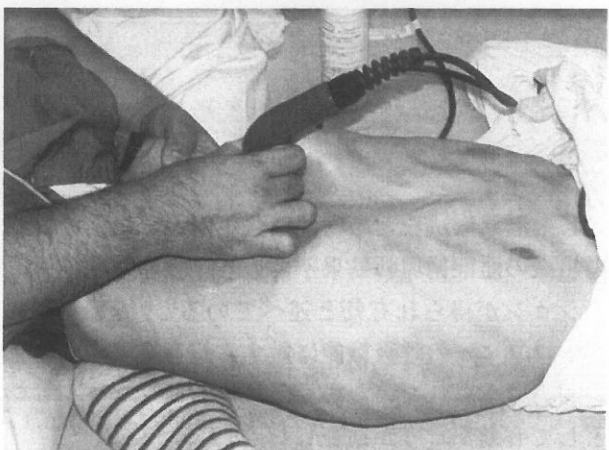
Key Words: ultrasound, respiratory function, chest excursion, Duchenne muscular dystrophy, Fukuyama type congenital muscular dystrophy



胸鎖乳突筋・斜角筋への照射



腹筋群への照射



肋間筋への照射

図1 呼吸関連筋群への超音波照射法

方法と対象

1. 方法

超音波照射は、イトー超短波社製超音波治療器 US-710（イトー超短波株式会社、東京）を用いて、胸郭・腹部・脊柱・頸部に照射時間率（DUTY）40%、強度（Intensity）1.60W/cm²の設定で各部に

一回10分間ずつ照射した（図1）。超音波照射直前・直後の変化を、各症例同意のもとに行い、以下の3項目について検討した。推計学的有意差の検定はウィルコクソン検定による。

1) 胸郭可動性の検討

テープメジャーを用いて、最大呼息から最大吸息までの周囲径差を腋窩線上、剣状突起下端線上、第10肋骨部線上の計測を行った²⁾。

2) 呼吸機能検査の検討

CHEST社製 Autospiror H498を用い、肺活量・%肺活量・1秒量・1秒率・peak cough flow (PCF) の測定を行った²⁾³⁾。最大強制吸気量（maximum insufflation capacity: MIC）の検査方法は、蘇生バッグにて強制的に肺に送気し、簡易流量計を用いて呼気をさせる。これにより、肺に保持可能な空気量を計測するものである。簡易流量計は、アイ・エム・アイ株式会社製 ハロースケール・ライト・レスピロメーターを用い測定を行った²⁾³⁾。

2. 対象

対象は10例、全員男児であり、デュシェンヌ型筋ジストロフィー（DMD）患者8例と福山型先天性筋ジストロフィー（FCMD）患者2例であった。表1に各症例と実施した検査を示す。患者の機能障害度は厚生省研究新ステージによる³⁾（表1）。本研究の実施に当たっては、国立病院機構鈴鹿病院倫理審査委員会の承認を得た。

結 果

1. 胸郭可動性

超音波治療器照射前に比べ照射後の最大呼気では、腋窩線上 64.3 ± 6.3 cmが 64.9 ± 6.3 cm ($p < 0.05$) に、剣状突起下端線上 64.4 ± 6.1 cmが 64.8 ± 5.8 cm ($p < 0.05$) に、第10肋骨部線上 62.8 ± 5.6 cmが 63.5 ± 5.7 cm ($p < 0.05$) にと（図2）、いずれも有意に増加した。

最大吸気では、腋窩線上 66.33 ± 6.2 cmが 66.5 ± 6.3 cm ($p < 0.05$) に、剣状突起下端線上 67.8 ± 5.9 cmが 68.7 ± 5.6 cm ($p < 0.05$) に、第10肋骨部線上 66.5 ± 5.4 cmが 67.7 ± 5.4 cm ($p < 0.05$) にと（図2）、有意に増加した。

しかし、最大呼気・最大吸気共にほとんど差がなかったといえる。

表1 厚生省班研究新ステージによる各症例毎の機能障害度と呼吸状態

症例	病型	ステージ	年齢(歳)	非侵襲的 人工呼吸器装着	検査項目		
					胸部可動域 検査	呼吸機能 検査	MIC
1	FCMD	7	14	—	○	○	○
2	DMD	6	12	—	○	○	○
3	DMD	7	16	夜間	○	○	○
4	DMD	6	11	—	○	○	○
5	DMD	8	18	夜間	○	×	×
6	FCMD	8	19	夜間	○	×	×
7	DMD	3	16	—	×	○	×
8	DMD	8	19	24時間	×	○	○
9	DMD	6	14	夜間	×	○	○
10	DMD	8	26	半日	×	×	○

DMD：デュシェンヌ型筋ジストロフィー

FCMD：福山型先天性筋ジストロフィー

ステージ：厚生省班研究新ステージ

MIC：最大強制吸気量 (maximum insufflation capacity)

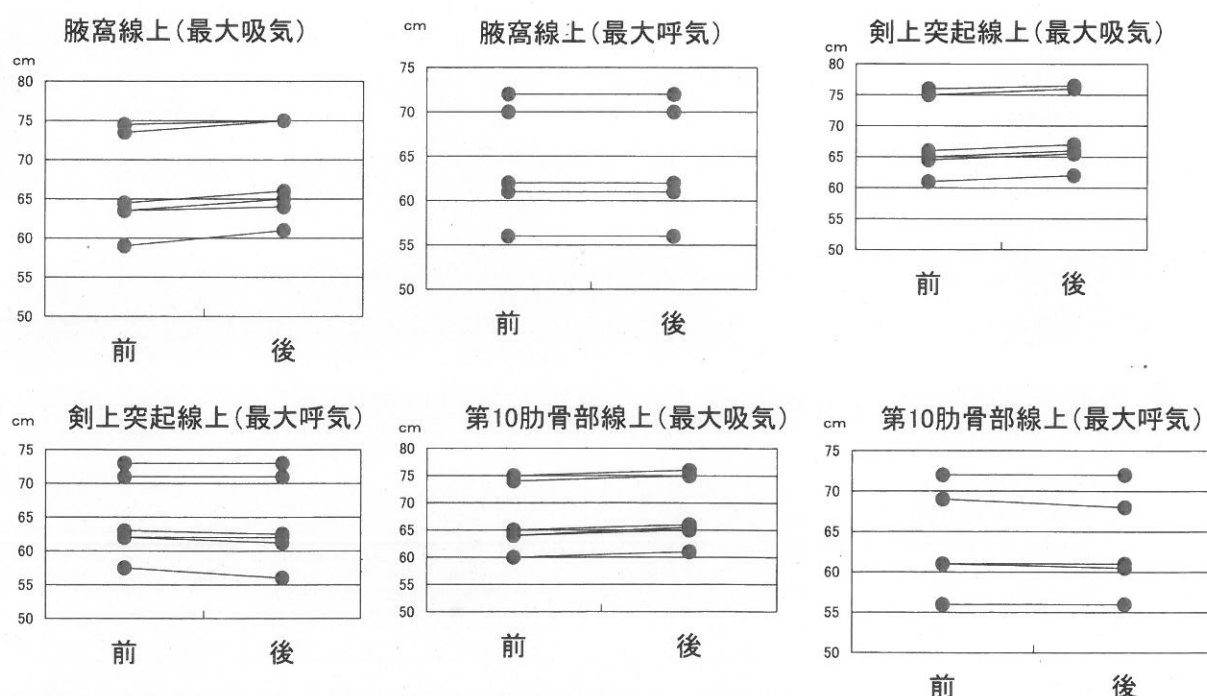


図2 超音波治療器照射前後の胸郭可動域検査

2. 呼吸機能検査

肺活量は平均で照射前 1514.3 ± 975.0 mlから照射後 1657.1 ± 1013.1 ml ($p < 0.05$)へ、%肺活量は照射前 $44.6 \pm 24.2\%$ から照射後 $49.0 \pm 24.6\%$ ($p < 0.05$)へ、1秒量は照射前 1072.9 ± 842.3 mlから照

射後 1240.0 ± 869.3 ml ($p < 0.05$)へ、PCFは照射前 206.4 ± 102.7 L/Mから照射後 230.0 ± 100.5 L/M ($p < 0.05$)へとそれぞれ有意に改善したが、1秒率のみ照射前 $62.3 \pm 31.6\%$ から照射後 $66.3 \pm 26.2\%$ ($p = 0.6$)に増加したが有意差は得られなかった

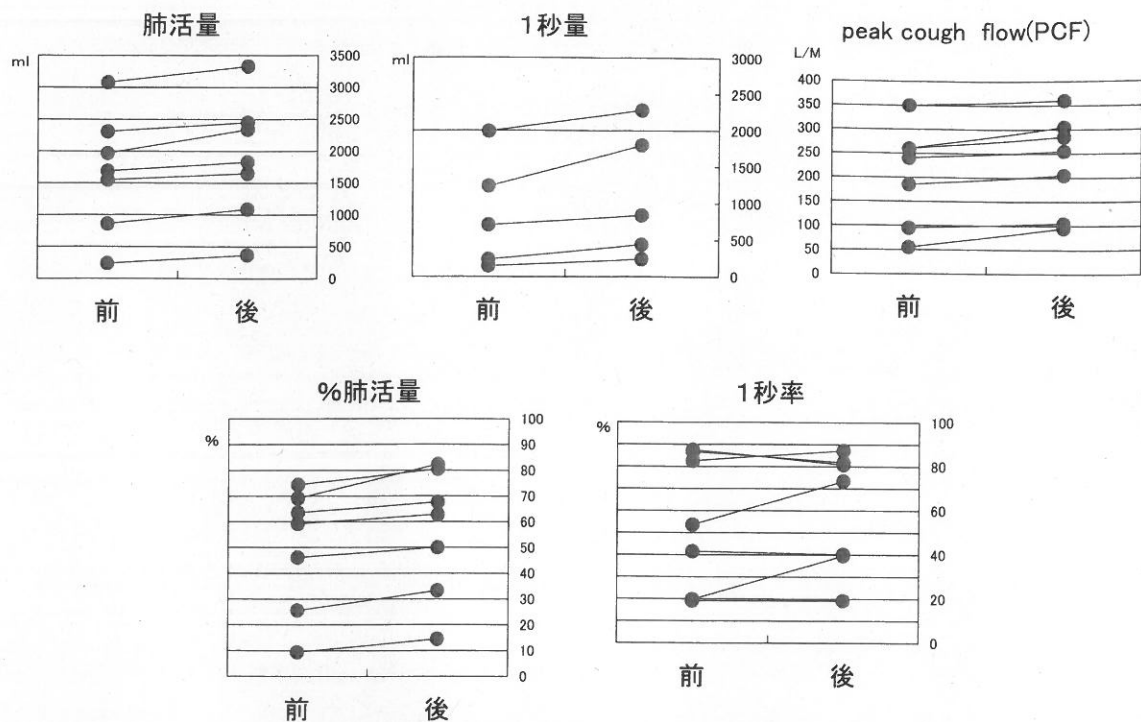


図3 超音波治療器照射前後の各呼吸機能検査

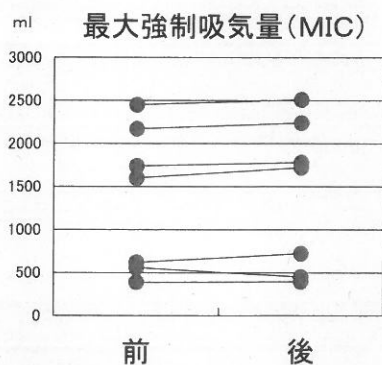


図4 超音波治療器照射前後の最大強制吸気量

(図3)。

また、最大強制吸気量 (maximum insufflation capacity: MIC) が平均で照射前 1295.7 ± 863.6 ml から照射後 1382.1 ± 874.3 ml ($p < 0.05$) へと有意に増加した (図4)。

考 察

筋ジストロフィーでは、筋の変性や萎縮を呈するが、同時に筋線維は過収縮し、間質の増加などによって伸展性は著しく低下していると考えられる。横隔膜、胸鎖乳突筋、斜角筋、外肋間筋などの吸気筋や、腹筋群の呼気筋などの伸展性の低下は胸郭可動域を制限し、筋力低下とあいともなって、呼吸機能

をより悪化させていると推定される⁵⁾。したがって、胸郭の伸展性改善により呼吸機能改善が期待される。そこで今回、筋ジストロフィー患者に対して超音波照射を行った結果、胸郭の可動域は僅かであったが、各呼吸機能検査の計測値は有意に増大した。

超音波治療は古くから理学療法の中では取り入れられており、リハビリテーション医療では馴染みの深い治療である。超音波照射は分子レベルでの振動を惹起し、熱エネルギーを発生させ、組織に温熱作用と非温熱作用をもたらす。温熱作用は、組織の伸展性 (弾性) 向上、循環の改善、亢進した筋緊張の軽減、筋収縮機能の改善で、また、非温熱作用には、炎症の鎮静化、浮腫の軽減、疼痛の緩和、創傷の治療促進などがある⁶⁾。また、ラットヒラメ筋の膝関節固定拘縮に対して超音波照射では、コラーゲン線維の走行性の変化とコラーゲン線維滑走性の改善や⁷⁾、線維芽細胞の増加が報告されている⁸⁾⁹⁾。また、筋内の脈管透過性を改善する効果と、マスト細胞の活動性を抑制する効果があるという報告がある¹⁰⁾。本研究における各呼吸機能検査の改善は、筋内の脈管透過性を改善する効果と結合組織のコラーゲン線維滑走性改善によるものがおきて、また、肥満細胞の活動性抑制にともなう筋力増加がおきたものと考えられる。これにより、呼吸筋の収縮力を高めさせ、各呼吸機能検査が改善したのではないかと考えた。

理学療法技術では、胸郭可動域制限に対して呼吸筋ストレッチや胸郭可動域訓練を行うが、筋ジストロフィー患者の胸郭は平坦で硬いため、疼痛や骨折を引き起こすこともあり、治療緊張には経験と熟練を要す³⁾。本研究で試みた超音波治療法は、手技、操作は容易で安全に行え、かつ、関節可動域改善と各呼吸機能改善の効果があつた。しかし、進行した筋ジストロフィー患者は、皮下組織が薄く、超音波照射により熱感を感じることがあるので、治療器の設定を注意しなければならない。今回の検討では、温熱作用と非温熱作用の間である DUTY40% の設定とした。

超音波治療により、1 秒率を除く有意な各呼吸機能検査の改善は得られたが、胸郭拡張差の大きな増加は得られなかった原因として、筋ジストロフィー患者にみられる筋の崩壊が呼吸筋におきることにより、超音波治療による呼吸筋の伸張性は得られなかったことが胸郭拡張差の大きな改善を与えなかったものと考えた。また、1 秒率低下の原因として、1 秒量の改善より努力性肺活量の改善が大きいと考えられる。一方、超音波照射によって排痰が促進された可能性も考えられる。

超音波治療は、侵襲性も少なく、簡易に行え、比較的治療経験の浅いリハビリテーション従事者にも容易に施療可能で、有用な呼吸理学療法と考えられる。

おわりに

本研究は、厚生労働省精神・神経疾患研究費委託費「筋ジストロフィーの療養と自立支援システム構築に関する研究班」の研究費によって行われた。

本研究に、ご協力いただきました、国立病院機構鈴鹿病院神経内科部長久留聡博士、同医長酒井素子博士、リハビリテーション科理学療法士、伊藤博紹、山本華奈美、森内さとみの各先生に深謝致します。

【文献】

- 1) 佐野裕子. 【呼吸・循環障害のリハビリテーション】呼吸リハビリテーションに必要な各種療法 定義とエビデンス コンディショニング. J Clin Rehabil 2008 ; 別冊 : p59-65.
- 2) 田中一正, 山田峰彦, 柿崎藤泰, 三浦俊彦. 呼吸運動療法の理論と技術. 東京: メジカルビュー社; 2003 : p17-23, 114-139, 237-260.
- 3) 石川悠加. デュシェンヌ型筋ジストロフィーの呼吸リハビリテーション. 厚生労働省精神・神経疾患研究委託費 筋ジストロフィーの療養と自立支援システム構築に関する研究: 2008 ; p2-18.
- 4) 石川 玲, 大竹 進, 植田能茂. 筋ジストロフィーのリハビリテーション. 東京: 医歯薬出版; 2002 : p19-30.
- 5) Misuri G, Lanini B, Gilglotti F, Iandeli I, et al. Mechanism of CO₂ retention in patients with neuromuscular disease. Chest 2000 ; 117 : p447-53.
- 6) 柳澤 健, 杉本雅晴. 理学療法学 3 ゴールド・マスター・テキスト 物理療法学. 東京: メジカルビュー社; 2009 : p94-107.
- 7) 沖田 実, 中野治郎, 中塚祥太. 不動によるラットヒラメ筋の筋内膜コラーゲン線維網の形態変化に対する超音波の影響 (拘縮に対する超音波の治療効果の検証). 理学療法学 2004 ; 31 : 467.
- 8) 須釜 聡, 立野勝彦, 灰田信英. 関節固定後の伸長手技及び超音波療法がラットアキレス腱コラーゲン線維に及ぼす影響. 理学療法学 1998 ; 25 : 51.
- 9) 網本 和, 木山喬博, 嶋田智明. 標準理学療法学 専門分野 物理療法学 第3版. 東京: 医学書院; 2003 : p70-86.
- 10) Fyfe MC, Chahl LA. Mast cell degranulation : a possible mechanism of action of therapeutic ultrasound. Ultrasound Med Biol 1982 ; 8(suppl1) : 62.