

## 超音波診断装置による筋・軟部組織損傷治癒過程の定量評価法の検討

川村 茂【基礎柔道整復学 I ユニット】

### 【はじめに】

今日、超音波診断装置 (Ultrasonic Diagnostic Equipment 以下、US 装置) は簡便かつ非侵襲的であるという理由から、柔道整復領域における客観的画像観察法として普及しつつある。とくに日常診療において頻回に遭遇する筋・軟部組織損傷の観察に対する有用性は、高く評価されている<sup>1)</sup>。しかしながら、現時点において US 装置を用いた筋・軟部組織損傷の治癒過程を数値定量的に評価する方法は、確立されていない。

以前、われわれは、菊池ら<sup>2)</sup>による『超音波診断装置をベースにした新しい肝疾患診断システムの開発』という研究発表に着目し、その技術を応用することでヒトの下腿腓腹筋内側頭・外側頭に生じさせた遅発性筋痛の治癒過程を評価し、その結果、一定の成果が得られた。この方法は、US 装置からダイレクトに超音波波形信号 (原波形) を抽出し解析するため、微細な筋・軟部組織損傷の治癒過程の変化をもとらえることが可能であると考えられた。しかしながら、原波形を抽出するためのシステムが大きく、かつ US 装置も実験に特化したものを使用しなくてはならなかったため汎用性もなく、限られた場所でしかデータの収集ができないという問題点があった。したがって、多くのサンプルを得ることが困難であった。

そこでわれわれは、筋損傷治癒過程を経時的に US 装置でスキャンし、その際、保存した超音波画像の経時変化を汎用の画像解析ソフトを使用して解析・評価する試みを行った。画像解析ソフト上での評価方法には、画像の複雑さを数値定量的に表現することが可能であるフラクタル次元解析を用いた。

### 【対象および方法】

#### 1) 対象

被験者は実験開始の3日前、左大腿部後面 (半膜様筋) に肉ばなれを生じた20歳の男性1名 (身長 172 cm, 体重 62 kg) とした。US 機器 (TOSHIBA 製; SSA-340A, 8 MHz リニアプローブ) にて筋損傷を示す低エコー領域が確認された。(図 1.) 被験者には実験前に、この実験の趣旨および目的などを口頭と文章によって説明を行い書面にて同意を得た。

#### 2) 方法

被験者の筋損傷部位の経時変化を約 40 日間、3～7 日程度の間隔で US 機器を用い画像を記録した。画像記録する際、その再現性を維持するため、超音波プローブに水平器をつけ、プローブが水平に体表面にあっていることを記録毎に確認した。また、US 機器の設定 (focus, gain など) も全記録で一定とした。超音波画像は、超音波画像ファイリングシステム (SSB 社製; ウルトラ三四郎 Ver5. 20) を使用してパーソナルコンピュー

タ (HP 社製; HPdv5200/CT) に取り込んだ。画像の記録形式は、非圧縮のビットマップとした。取り込んだ画像は、画像処理・画像解析ソフト (デジタルビーイング社製; PopImaging Ver3. 80) にてフラクタル次元解析を行った。フラクタル次元解析の方法は、一定の面積に設定した関心領域 (region of interest, 以下、ROI) を、筋膜直下から下方向に 1 ドットのピッチで Y 軸方向に移動させ、1 ドット移動させるごとにグレイスケールのフラクタル次元値 [2. 0-3. 0] (以下、Df 値) を算出した。得られた Df 値は各画像記録日ごとに平均した。また、比較対象として反対側の同様の部位でも画像記録を行い、患側と同一の ROI と、同一の移動範囲にて Df 値を算出し同様に各画像記録日ごとに平均した。

### 【結果】

ROI を筋膜直下から描出画像の最下部まで 1 ドットずつ移動させながら算出した Df 値は、患側の損傷部位付近で最も減少し、損傷部位を通過した時点から健側の同位置よりも上昇し高値を示した。これに対し健側の Df 値の推移は、ROI を画面下に移動するにしたがい、ほぼ一定の割合で右肩下がりに減少する傾向となった。(図 2.) 同様に ROI を移動させながらプロットしたグラフの 3 日後～40 日後の経時変化では、日数が経過するにしたがい損傷部位の Df 値の平均が上昇する傾向となった。損傷部位より後方 (画面下方) の Df 値は、日数が経過するのにもなって低下する傾向となったが、健側と同程度の数値にまで復することはなかった。(図 3.)

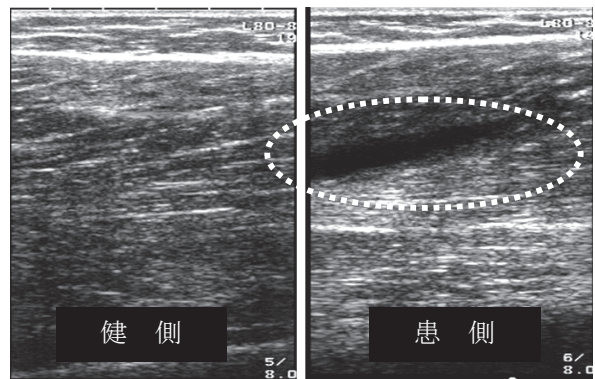


図 1. 被験者の大腿部後面の超音波画像 (長軸像)  
患側 (右) では損傷を示す低エコー領域が確認できる。

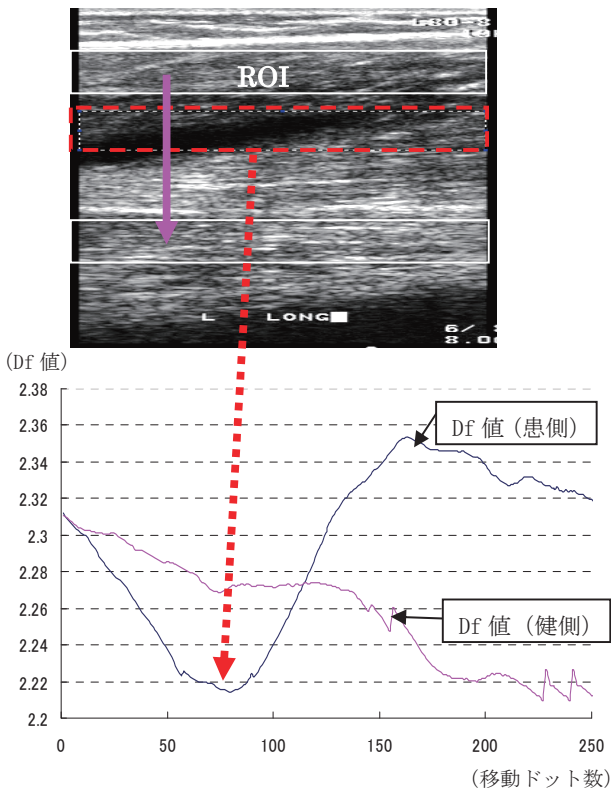


図2. 受傷3日目の超音波画像(上)において, ROIを筋膜直下から画像の下部まで1ドットずつ移動させながらDf値を算出しプロットしたグラフ(下).

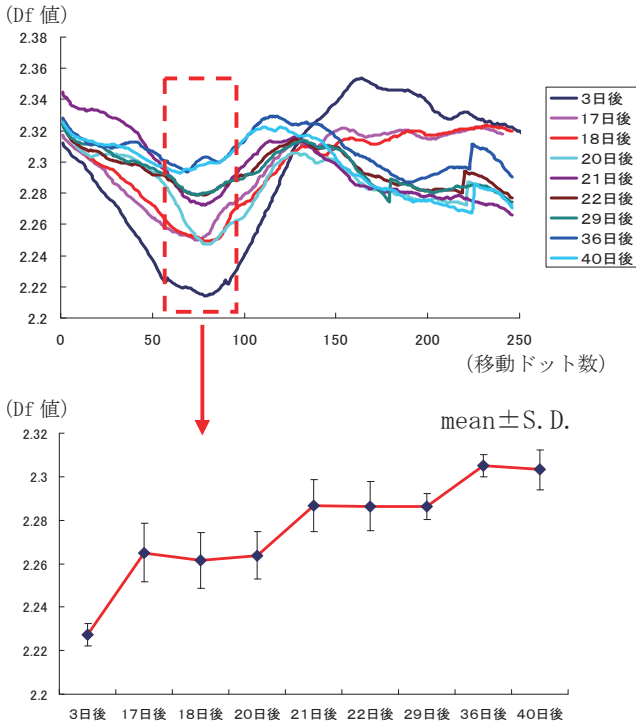


図3. 各記録日のROIを筋膜直下から画像の下部まで1ドットずつ移動させながらDf値を算出しプロットしたグラフ(上), および赤破線で囲まれた部分の平均値の経時的変化(下).

【考察】

US装置において筋断裂部位は, 低エコー領域で描出される. この原因は, 損傷部位において超音波を反射するような組織が欠落してしまうためである. この現象により結果として損傷部位付近で画像のコントラストの低下, および画像の複雑さの低下が生じ, Df値の低下につながったと考えられる. また, 損傷部位の後方(画面下方)でDf値が健側の同部位よりも上昇したことは, 超音波の後方増強作用による画像コントラスト上昇によるものと推察される. 日数の経過にともなって損傷部位付近のDf値が上昇するのは, 損傷過程とともに血腫が吸収され修復組織が凝集し, それが散乱体となり超音波画像のコントラストを増加させたためであると考えられる.

上記のことより, US装置から得られた画像から筋損傷治癒過程の数値定量的評価が可能であることが示唆された. 本実験では, まだn数が1名と少なく, 他の筋・軟部組織損傷における再現性の確認も行っていない. 本方法は, 超音波画像さえ得ることが可能であれば評価を行えるという汎用性に優れている. 今後, 多くのサンプルを解析するとともに, 散乱体を含むファントムを用いた実験なども行い, 本評価法の信頼性を向上させていく必要があると考える.

【結語】

- ① 筋損傷治癒過程の超音波画像を経時的に記録し, 画像解析ソフトによりフラクタル次元解析を行い評価した.
- ② 患側のDf値は, 損傷部位で急激に低下しその後, 上昇する結果となった.
- ③ US機器の画像から筋損傷治癒過程の数値定量的評価が可能であることが示唆された.

【謝辞】

本研究は平成20年度明治国際医療大学学内公募研究の研究費を受けて行った成果である.

【参考文献】

- 1) 増田雅保, 中村辰三: 柔道整復師のための超音波観察法, 初版, 医歯薬出版株式会社, 東京, p v-16, 2003.
- 2) 菊池恒男, 佐藤宗純: 超音波診断装置をベースにした新しい肝疾患診断システムの開発, 電子技術総合研究所, 電総研ニュース, 604号, 1-7, 2000.
- 3) 菊池恒男, 桐生昭吾, 佐藤宗純, 三浦 甫: フラクタル理論を用いた超音波パワースペクトル形状の解析とそれによる点散乱体空間分布の推定, 日本音響学会誌, 47(11), pp818-820, 1991.