

2019 年度 博士論文要旨

学生番号	G17-206	氏 名	山下 智子
題 目	オプティカルフローアルゴリズムを使用した軟部組織運動の測定の有効性と信頼性		
英文題目	Validity and reliability of measuring soft tissue movement utilizing an optical flow algorithm		
<p>関節拘縮は、すべての人に起こりうる深刻な問題である。関節の不動が拘縮の発生や進行に直接的に関与しており、特にリハビリテーション、特別養護老人ホーム、在宅ケアなどの場面における高齢者に共通の問題である。拘縮の初期の段階であれば、自然回復が可能であるとされているが、悪化すると不可逆的な状態に至る。可動域制限の範囲が大きくなると、身体機能を低下させ、社会参加や個人的な活動に大きな影響を与えてしまう。従って、関節拘縮の予防および初期段階での治療が必要である。有効な治療戦略を立てるには、関節周辺の軟部組織の動きを定量化し、治療ターゲットを明確にする必要がある。骨格筋は、関節拘縮の初期段階で制限となることが報告されている。近年では、超音波画像によって、リアルタイムで簡易的に皮下組織の動きを可視化出来るようになった。いくつかの論文は、超音波画像を用いて骨格筋の動きを定量化しうる方法を提唱したが、局所の制限を特定可能な方法の確立にコンセンサスは得られていない。そこで、本博士論文の目的は、骨格筋と皮膚の動きを定量化する、妥当性と有効性が高い測定方法を確立することであった。</p> <p>第2章では、超音波画像を使用して骨格筋の動きを定量化した論文のレビューを行った。主なアウトカムは、筋束長、羽状角、収縮速度、および、歪みであった。分析方法は、手動計測、Optical flow algorithm (OFA)、vector Tissue Doppler imaging、Tissue velocity ultrasound imaging、Speckle-tracking algorithm、Digitizing software の6種類であった。超音波画像上の筋の動きの計測は、束の長さ、ペンネーション角度、および筋肉の厚さによって特徴付けられ、手動測定に基づいて検証されている。超音波画像上での筋束長の手動測定値は、屍体における計測値と比較して高い妥当性が証明された信頼できる方法である。しかしながら、手動測定は多くの労力と時間を必要とし、人為的誤差を伴う可能性がある。さらに、筋膜と筋束の交点などの解剖学的ランドマークのある個所に計測領域が制限されてしまう。OFAを使用した分析はこれらの問題を解決し、分析の信頼性を向上できる可能性がある。ブロックマッチング法を使用するOFAは、解剖学的特徴なしで筋肉束の動きを計測できる可能性があり、拘縮の原因部位を特定するには、さらなる研究が必要であることが示唆された。</p> <p>第3章では、OFAを使用したソフトウェアプログラム (Echolizer) における筋の動きの速度検出の妥当性を検証した。豚の大腿部の筋ブロックを、2.5 から 16.5 mm/s の範囲を 0.5mm/s 刻みで 33 種の異なる一定速度で牽引し、加速度計、</p>			

学生番号 G17-206	氏 名 山下 智子
<p> ハイスピードカメラ、および超音波検査を使用してデータを取得した。Echolizerを使用して、超音波画像上の速度を測定した。ROI の位置、ROI のサイズ、画像の輝度、コントラストの影響を分析した。その結果、回帰式は $y = 1.150x - 0.071$ で、決定係数は 0.996 で良好であった。結論として、OFA を使用した筋束の動きの測定は、2.5-16.5 mm/s の速度検出において、相対誤差が 12.1% であった。回帰式で補正すると、相対誤差は 0.20% 以内だった。筋束の視覚化が不十分な深部組織または領域を含むような ROI を設定した場合や、画像の明るさやコントラストが低すぎたり高すぎたりすると、妥当性が低下する可能性がある。 </p> <p> 第 4 章では、OFA を使用したソフトウェアプログラム (Echolizer) における皮膚の移動速度検出の妥当性を検証した。鶏の皮を 32 の異なる速度で汎用テストシステムを使用して牽引し、Echolizer プログラムを使用して皮膚速度を測定するために超音波検査を行った。実際速度 (牽引速度) とソフトウェアで測定された速度との関連について回帰分析を行った。回帰式は $y = 1.355x - 0.837$、決定係数は 0.962 で良好であった。回帰式にて補正後、ソフトウェアの平均絶対誤差は 0.7 mm/s、平均相対誤差は 9.5% であった。豚肉を用いて、同様の設定で行った分析における相対誤差は 0.27% であった。結論として、Echolizer は、回帰式を使用して補正した後、それぞれ 2.5-16.5 mm/s および 2.5-7.5 mm/s の皮膚の動きを測定する際に 9.5% および 8.1% の相対誤差があることが明らかになった。この結果により、皮膚の移動速度の検出は、筋よりも精度が低いことが明らかになった。Echolizer プログラムは、超音波画像の解剖学的ランドマークを必要としないが、薄い構造物の動きを測定する能力は限られている。 </p> <p> 本博士論文から、拘縮初期における骨格筋の動きの測定において、OFA を利用した Echolizer プログラムの有効性が示唆された。Echolizer プログラムは、筋の移動速度検出において、高い妥当性と信頼性を証明された。Echolizer プログラムは、超音波画像上の解剖学的ランドマークを必要としない。したがって、この手法は、超音波画像を使用した組織運動の定量化に関する新しい情報を提供する。さらなる研究により、生体組織におけるその有効性を確認する必要がある。Echolizer プログラムは、in vivo での局所的な滑走特性を明らかにすることを可能にし、さまざまな軟部組織に対する理学療法介入の有効性の定量化が可能となった。 </p>	