

同一運動課題に対して農作業者が選択する 動作様式の違いが身体負担に及ぼす影響

富田 健一¹⁾，垣村 将典¹⁾，松本 和久¹⁾

¹⁾ 明治国際医療大学附属病院 総合リハビリテーションセンター

要旨：

【はじめに】

今回我々は農業を行っている運動器疾患を呈した患者の中から、同じ作業目的であっても身体状況や忙しさに応じて、二種類の農作業方法を選択的に遂行している症例を経験した。

本研究の目的は、この二種類の農作業方法を客観的及び主観的に評価し、それを基に身体機能に応じた効率的な農作業方法を検討することである。

【方 法】

症例は右変形性股関節症と診断された57歳女性。主訴は右下肢痛であった。本症例は、同じ目的の農作業でも①早く仕事が出来ることがしんどいと感じる動作（以下、かがみ動作）②時間に余裕があり楽な動作（以下、しゃがみ動作）を選択して作業していた。この二種類の農作業方法を、三次元動作解析装置及び表面筋電図を用いて、筋活動量、重心移動距離、運動量を客観的に分析すると共に、Visual Analogue Scaleを用いて主観的な疼痛の程度と鎮痛剤の使用回数、農作業時間を評価した。評価結果を基に作業方法及び自主トレーニングの指導の介入を行い、その効果を検討した。

【結 果】

かがみ動作は、立位のまま体幹前屈位を保持して収穫を行う作業方法であり、しゃがみ動作は立位から畝に膝をついて膝立ちとなり、収穫を行う作業方法であった。疼痛の程度、鎮痛剤の使用回数、農作業時間、下肢の筋活動量、重心移動距離、運動量はすべてかがみ動作のほうが少なく、効率的であることが分かった。これを基に介入は、農作業はかがみ動作で行うこと、及び活動量の多かった腓腹筋と半腱様筋を患者自身がストレッチすることとした。介入の結果、農作業の頻度を減らさずに、疼痛の程度および鎮痛剤の使用回数は減少した。

【考 察】

主観的に楽と感じる動作が一概に筋活動や疼痛が少ないとは限らないことが分かった。農作業者が主観的に選択する農作業方法と、実際の身体負担の照合作業を行い、効率的な農作業方法と自主トレーニングを指導することで、同環境、同運動課題で農作業を行うにあたり、身体負担を軽減できる可能性があるのではないかと考える。

【はじめに】

農村地域の高齢者の多くは、生活の楽しみとしての農業を行っている。しかし加齢による身体機能低下の為、農作業が身体機能にとって過負荷になることにより、運動器疾患を呈する場合も多い。近年、農作業における身体負担軽減を目的とした、農作業方法の検討が数多く報告されている^{1) 2)}。しかし、育成に土が必要な根菜などの作物は、作物の高さが低く、個々の農作業者が、経験的に作業負担が軽いと思う作業姿勢で農作業を遂行しているのが現状である。

今回農業を行っている運動器疾患を呈した外来患者に聞き取り調査を行い、同じ目的であっても身体状況や忙しさに応じ、2種類の作業姿勢を選択的に遂行している症例を経験した。

本研究の目的は、この症例の2種類の農作業姿

勢を、3次元動作解析装置及び表面筋電図により客観的に分析すると共に、Visual Analogue Scale（以下、VAS）を用いて主観的な疼痛を評価し、それを基に身体機能に応じた農作業方法を検討することである。

【方 法】

1) 症例紹介

症例は右変形性股関節症（急性増悪）と診断された57歳女性（身長158cm体重69kg）で農業暦は27年であった。3～4年前から右股関節部痛を生じたが、H19年1月頃より痛みが増悪し当院に受診した。当初は薬剤での治療を続けていたが改善せず、H19年6月より運動療法開始となった。主訴は右大腿部前外側の疼痛であった。

本症例の農作業の実態を把握するため、1年を

通じての育成作物と育成の日程及び作業様式を調査した。調査の結果、農作業の目的が同じでも身体状況や忙しさにより2種類の動作様式、すなわち①時間に余裕が無い時期に用いる早く仕事出来るが"しんどい"と感じる動作（以下、かがみ動作）②時間に余裕がある時期に用いる楽な動作（以下、しゃがみ動作）のいずれかを選択していることがわかった。

本症例は身体に疼痛を感じていても、農作業を行うことが生きがいとなっており、QOLを維持するためにも農作業を継続する必要がある、身体機能に応じた農作業方法を検討した。

2) 農作業分析

(1) 農作業により発生する疼痛の評価

農作業による疼痛の評価はVASを使用し毎日2週間行った。VASは身体に感じる疼痛の程度を100mmの線上に印を記載する事とし、左端は疼痛のない状態で右端はこれまでに経験した最も強い痛みとして、就寝前に1日を振り返ってその日の疼痛を記入した。

農作業方法の違いによる疼痛の程度を評価するため、最初の1週間はしゃがみ動作にて農作業を行い、次の1週間はかがみ動作にて農作業を行うこととした。同時に畑に出る頻度や、鎮痛剤の量も記録した。

(2) 動作分析

実験は日頃行われている農作業動作を再現するため、被検者が実際に作業をしている縦40cm、高さ25cm、幅75cm、畝と畝の間隔9cmの畑で行った（図1,2）。運動課題は、本研究時期の収穫野菜である人参を収穫する動作とし、立位からかがみ

動作及びしゃがみ動作となり、人参を10本収穫し再び立位をとるまでの、作業時間、関節角度変化、重心移動距離及び運動量、重心の軌跡、筋活動を測定した。測定は最初にかがみ動作を行い、10分間の休憩後しゃがみ動作を行った。

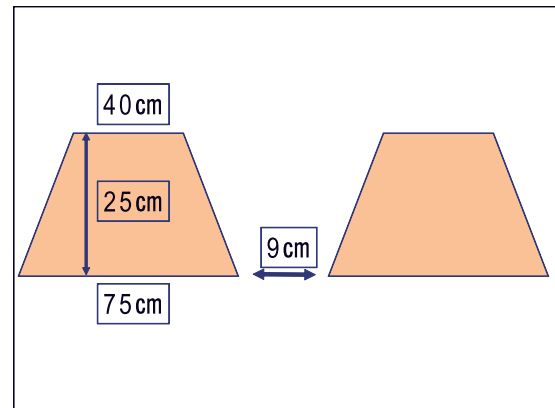


図2：実験を行った畑の畝の環境

作業時間の測定は、被検者が最初に収穫する人参の前で立位となったところで、検者の合図で収穫動作を開始した時点より計測を始め、人参を10本収穫した後、再び立位となる時点までの経過時間を記録した。

関節角度変化、重心の軌跡、重心移動距離、運動量の測定は、被検者の頭頂部、胸骨上縁と、両側の耳珠点、肩峰、肋骨下端、肘関節外側裂隙、手関節中央、第三中手指節関節、大転子、膝関節外側裂隙、脛骨外果、踵骨隆起の計26箇所にマーカーを貼り（図3）、4台のデジタルビデオカメラにてマーカー位置を撮影し、株式会社ディケイエイチ社製、3次元ビデオ動作解析装置システム「Frame-DIAS II」を用いて計測した。



図1：実験を行った畑の環境

被検者の農作業動作を忠実に再現するため、被検者が実際に作業をしている畑にて計測を行った。

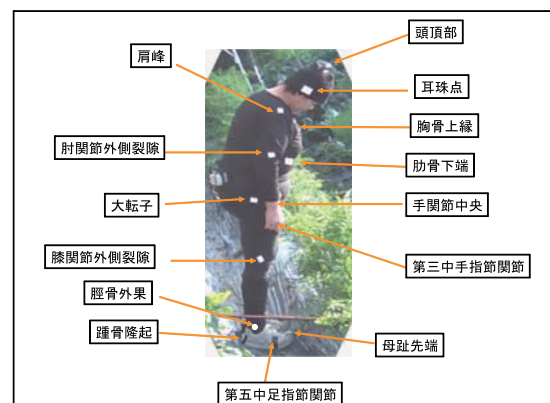


図3：動作解析の基準となる各マーカーの位置

筋活動の測定にはMEGA社製表面筋電計ME6000T16を用いた。サンプリング周波数は1000Hz、電極間距離は30mmとし、十分に皮膚処理をした後、銀／塩化銀表面電極（センステック社製プロセンス）を筋線維の走行に対して平行に貼付した。測定部位は左右の脊柱起立筋（第3腰椎レベル）、中殿筋、大腿四頭筋、半腱様筋、薄筋、大腿筋膜張筋、腓腹筋、前脛骨筋の計16筋とした。記録した筋活動は整流後、積分値（以下、Integrated Electro Myography：IEMG）を求め、各動作における筋活動の比較を行った。またIEMGから1秒間あたりの平均積分値（以下、Average Rectified Value：ARV）を算出すると共に運動課題を行う前に徒手抵抗による等尺性収縮を5秒間行い、各筋の最大随意収縮（Maximum Voluntary Contraction：MVC）における1秒間あたりの平均積分値を求め、これに運動課題中のARVを除することで%MVCを算出した。なお、各筋のMVCの測定肢位を表1に示す。

表1：各筋のMVCの測定肢位

筋	測定肢位	等尺性収縮を行った関節角度
前脛骨筋	端坐位	足関節中間位
腓腹筋	端坐位	足関節中間位
大腿直筋	端坐位	膝関節屈曲45°
半腱様筋	端坐位	膝関節屈曲45°
薄筋	両上肢支持での片脚立位	股関節内、外転中間位
中殿筋	両上肢支持での片脚立位	股関節内、外転中間位
大腿筋膜張筋	両上肢支持での片脚立位	股関節内、外転中間位
脊柱起立筋	端坐位	体幹屈曲20°

3) 介入と介入後の評価

介入はVAS及び農作業分析を基に、本症例の農作業動作の特性を考慮した動作方法および自主トレーニングプログラムの指導を行った。

介入の効果を検討するため、介入の翌日から一週間の疼痛及び農作業の頻度と鎮痛剤の量を介入前と同様の方法で調査した。

【結 果】

1) 農作業により発生する疼痛の評価

しゃがみ動作による農作業は週3回行われ、1週間の平均VASは43.1mmであった。一方かがみ動作による農作業は週4回行われ、1週間の平均VASは27.3mmであった。また、鎮痛剤の服用回数は、しゃがみ動作は5回、かがみ動作は2回であった。

2) 動作分析

収穫動作を、立位から人参をつかむまでの時期（以下、収穫準備期）、人参を手で収穫する時期（以下、収穫期）、次の目標に向かって畝を移動する時期（以下、収穫中移動期）、すべての作業が終了し、立位へ戻る時期（以下、収穫終了期）の4つの時期に分け、以下にかがみ動作としゃがみ動作の作業時間、関節角度変化、重心の軌跡、筋活動の結果を示す。

（1）作業時間

今回の運動課題に要した作業時間は（図4）、かがみ動作は46.6秒（収穫準備期1.8秒、収穫期33.3秒、移動中移動期8.3秒、収穫終了期3.2秒）、しゃがみ動作は64.6秒（収穫準備期4秒、収穫期41.4秒、収穫中移動期13.6秒、収穫終了期5.6秒）であった。

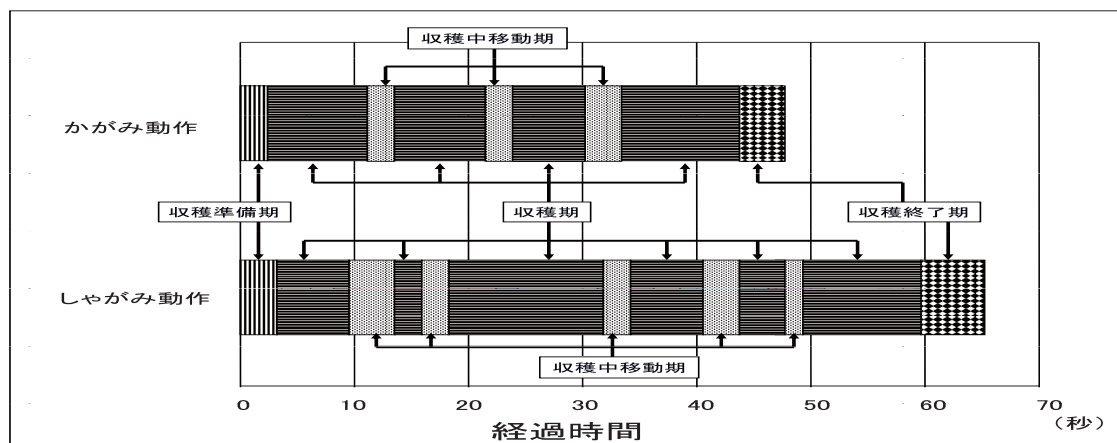


図4：同一運動課題をかがみ動作としゃがみ動作で行った際の作業時間の差

(2) かがみ動作の動作様式及び関節角度変化

かがみ動作は収穫準備期において、立位より収穫物に手が届くまで体幹の前屈を行い（図5）、収穫期にはその体勢でリーチングできる範囲の収穫を行い（図6）、収穫中移動期は、体幹を起こし次の収穫物がある所まで立位で横移動を行い（図7）、収穫終了期では前屈位から体幹を伸展し立位となった（図8）。

足関節、膝関節には大きな関節角度の変化は示さなかったが、股関節は収穫準備期と3回の収穫

中移動期に伸展位から90°程度の屈曲を行い、収穫終了期に屈曲位から伸展していた（図9）。

(3) しゃがみ動作の動作様式及び角度変化

しゃがみ動作は収穫準備期、立位から畝に膝をついて膝立ちとなり（図10）、収穫期には膝立ちで収穫を行い（図11）、収穫中移動期には、膝立ちもしくは四つ這いのまま横移動を行い（図12）、収穫終了期には四つ這いから高這いを経て立位となる動作方法であった（図13）。



図5：かがみ動作の収穫準備期



図6：かがみ動作の収穫期



図7：かがみ動作の収穫中移動期



図8：かがみ動作の収穫終了期

収穫準備期と収穫終了期に足関節底屈，膝関節，股関節の伸展を示す以外，収穫期及び5回の収穫中移動期には膝関節 120° ，股関節 80° 程度の屈曲位を持続していた（図14）。

（4）重心の軌跡

重心の軌跡はX軸を畝と平行方向，Y軸は畝の横断方向，そしてZ軸を地面に対して垂直方向と定義され，その変化を計測した。

かがみ動作では，収穫準備期，3回の収穫中移

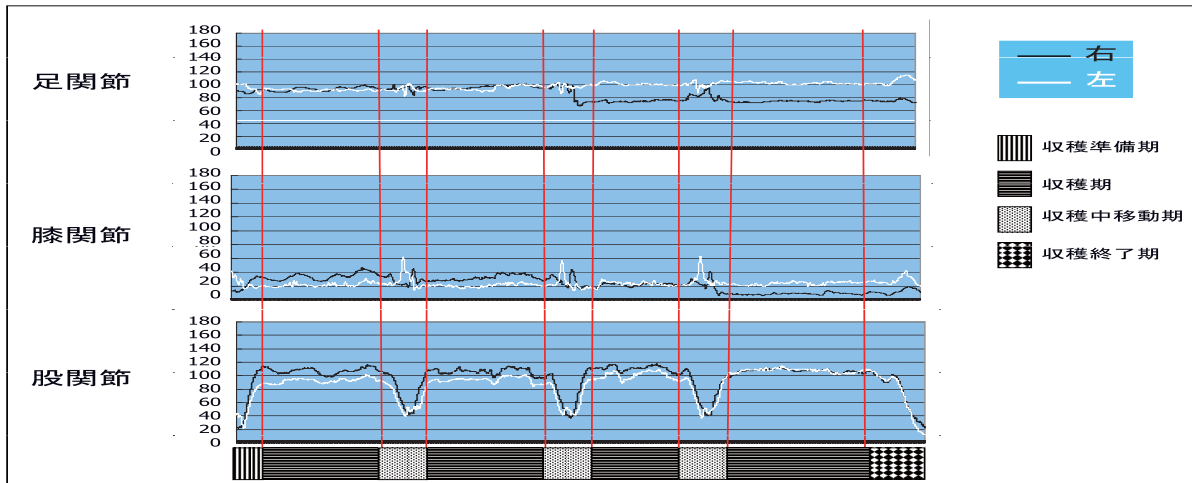


図9：かがみ動作における関節角度の変化



図10：しゃがみ動作の収穫準備期



図11：しゃがみ動作の収穫期



図12：しゃがみ動作の収穫中移動期



図13：しゃがみ動作の収穫終了期

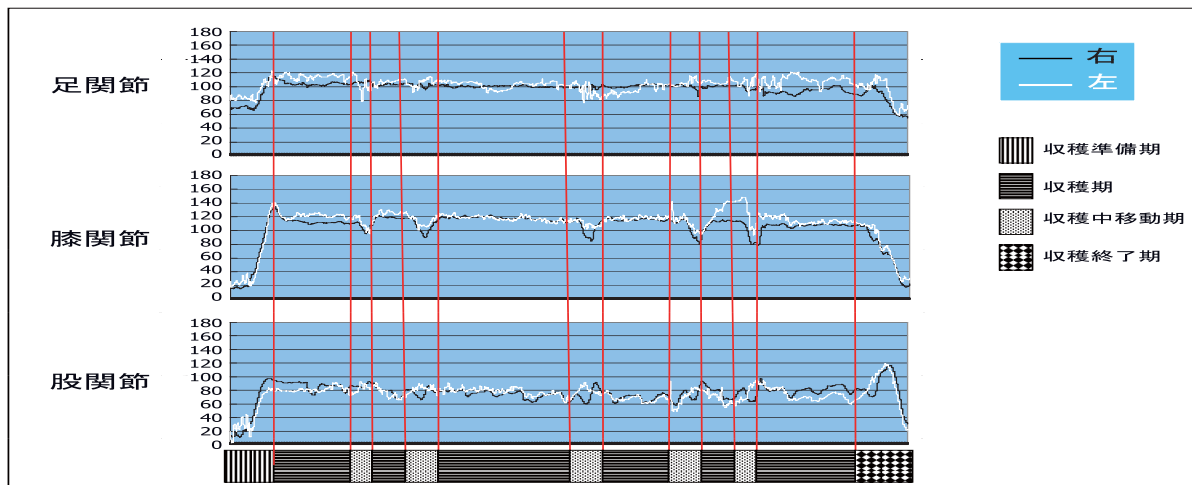


図14：しゃがみ動作における関節角度の変化

動期，そして収穫終了期の計5回の姿勢変化と同期してY軸方向に約10cm，Z軸方向には約20cmの大きな重心変位が起っており，X軸方向の重心の変位は3回の収穫中移動期と同期して約40cm記録されていた．またその間の収穫期においては，著明な重心変位は認めなかった．もっとも大きな重心変位はX軸で収穫中移動期の約42cmであり，Y軸では約18cm，Z軸では約30cmであり，どちらも収穫後期であった（図15）．

しゃがみ動作では，立位から収穫体勢となる収

穫準備期および再び立位となる収穫終了期に同期してY軸方向，Z軸方向の大きな重心変位が2回記録されていた．今回の運動課題では収穫中移動期が5回あり，それに同期してX軸方向に約20cm Y軸方向で10～15cm程度の変位を認めた．また収穫期においても作物を土から抜く動作と同期して10cm程度の変位を繰り返していた．Z軸方向では収穫期，収穫中移動期に著明な姿勢変化がないことから，その境界は無く，10cm程度の変位を繰り返していた．もっとも大きな重心の変位はX軸で

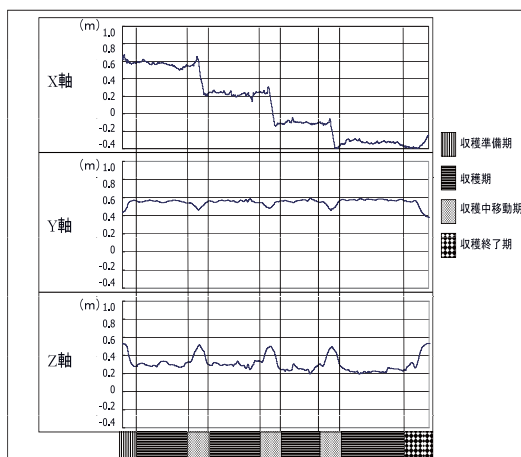


図15：かがみ動作時の重心変位

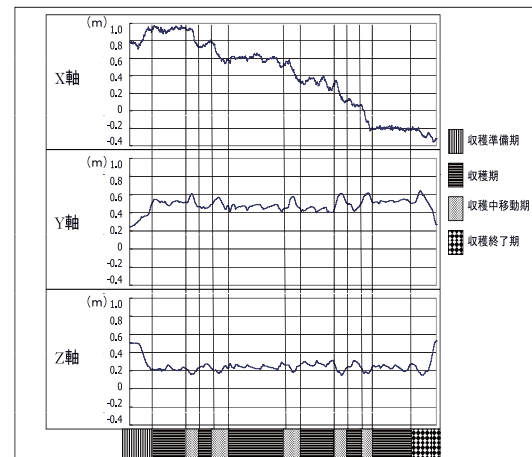


図16：しゃがみ動作時の重心変位

収穫中移動期の約30cmであり、Y軸およびZ軸方向は収穫終了期の40cmであった（図16）。

（5）重心移動距離及び運動量

かがみ動作での収穫作業における重心の移動距離は6.77mであり（図17）、運動量は157.419（kgm/s）であった。

しゃがみ動作での収穫作業における重心の移動距離は9.16mであり（図18）、運動量は216.897（kgm/s）であった。

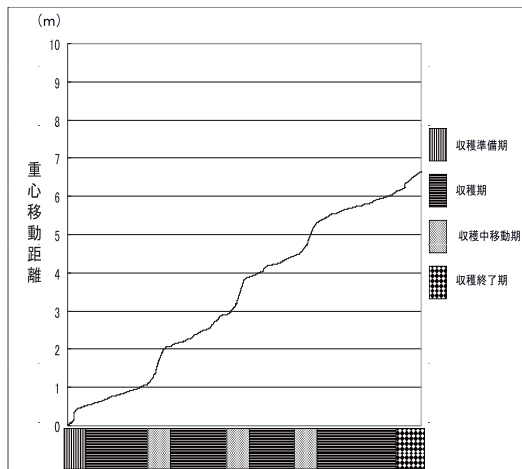


図17：かがみ動作での収穫作業における重心移動距離

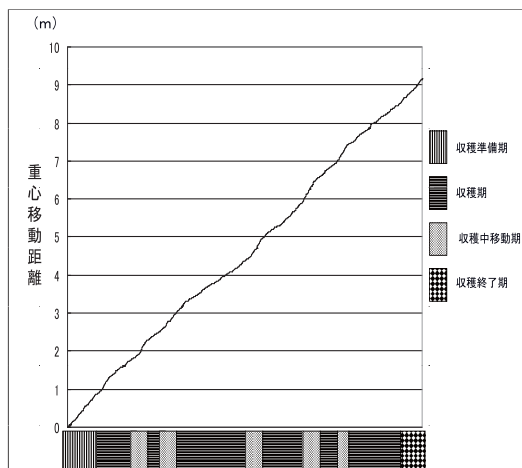


図18：しゃがみ動作での収穫作業における重心移動距離

（6）筋活動

① 動作様式の違いによる下肢筋活動量の比較

かがみ動作時としゃがみ動作時の下肢全体のIEMGは、かがみ動作23694uVs、しゃがみ動作29913uVsであった（図19）。また筋別のIEMGは、かがみ動作では右側の前脛骨筋が1479uVs、腓腹筋は1493uVs、大腿直筋は713uVs、半腱様筋は824uVs、薄筋は753uVs、中殿筋は342uVs、大腿

筋膜張筋は526uVs、脊柱起立筋は1179uVsであり右下肢各筋の合計は7339uVsであった。また左側の前脛骨筋は3379uVs、腓腹筋は3020uVs、大腿直筋は904uVs、半腱様筋は3950uVs、薄筋は2166uVs、中殿筋は1379uVs、大腿筋膜張筋は743uVs、脊柱起立筋は844uVsであり左下肢各筋の合計は合計16355uVsであった。一方しゃがみ動作では、右側の前脛骨筋は2656uVs、腓腹筋は876uVs、大腿直筋は1791uVs、半腱様筋は938uVs、薄筋は1281uVs、中殿筋は514uVs、大腿筋膜張筋は1180uVs、脊柱起立筋は3155uVsであり右下肢各筋の合計は12391uVsであった。また左側の前脛骨筋は3486uVs、腓腹筋は1508uVs、大腿直筋は2984uVs、半腱様筋は2154uVs、薄筋は2664uVs、中殿筋は1496uVs、大腿筋膜張筋は1703uVs、脊柱起立筋は1527uVsであり左下肢各筋の合計は合計17522uVsであった。

このようにしゃがみ動作はかがみ動作より、右下肢の総筋活動量が大きく、両下肢の大腿直筋、

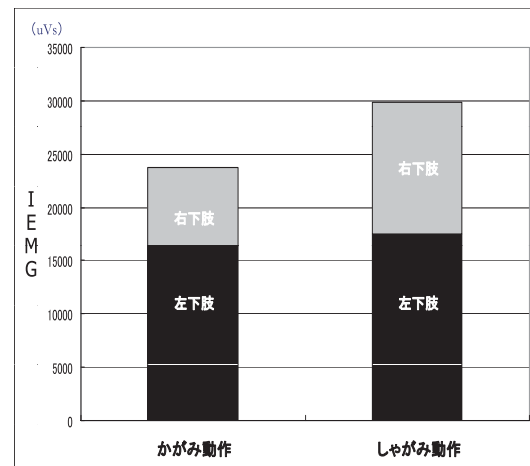


図19：かがみ動作時としゃがみ動作時の各筋のIEMG合計の比較

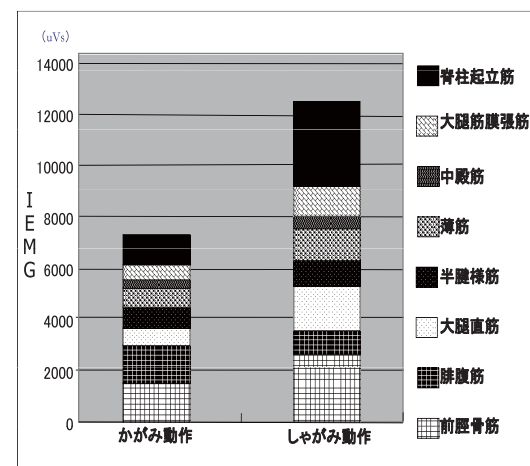


図20：右下肢のかがみ動作時としゃがみ動作時の筋活動（IEMG）の合計の比較

大腿筋膜張筋、脊柱起立筋で2倍の活動量であった。また、かがみ動作はしゃがみ動作より、左下肢の腓腹筋と半腱様筋で2倍の活動量を認めた。なお、各動作におけるIEMGを左右に分け図20, 21に示す。

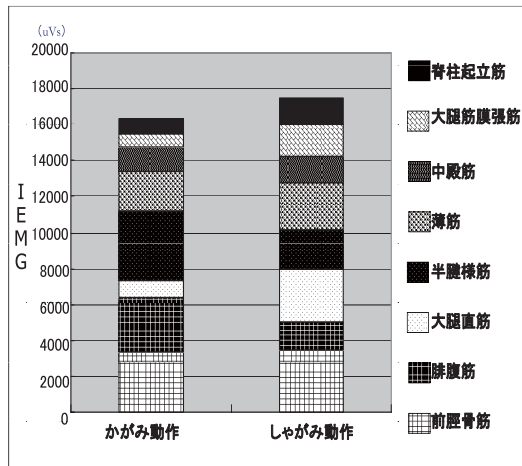


図21：左下肢のかがみ動作時としゃがみ動作時の筋活動（IEMG）の合計の比較

② 収穫準備期における%MVCを用いた筋活動の比較

収穫準備期のかがみ動作の筋活動は、特に左腓腹筋でしゃがみ動作より3倍以上の筋活動を認めた。しゃがみ動作の筋活動では、右脊柱起立筋、右前脛骨筋、右大腿直筋、右薄筋でかがみ動作より2倍以上の筋活動を認めた（図22）。

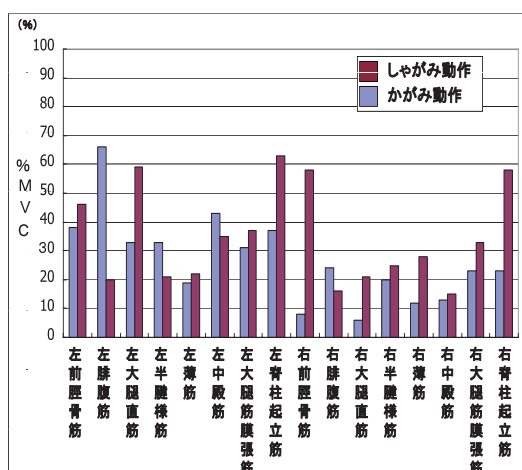


図22：収穫準備期の各筋の活動状態（%MVC）

③ 収穫期における%MVCを用いた筋活動の比較

収穫期のかがみ動作の筋活動は、特に両側の腓腹筋、左半腱様筋でしゃがみ動作より2倍以上の筋活動を認めた。しゃがみ動作では右脊柱起立筋、

両側の大腿直筋、両側の大腿筋膜張筋でかがみ動作より2倍以上の筋活動を認めた（図23）。

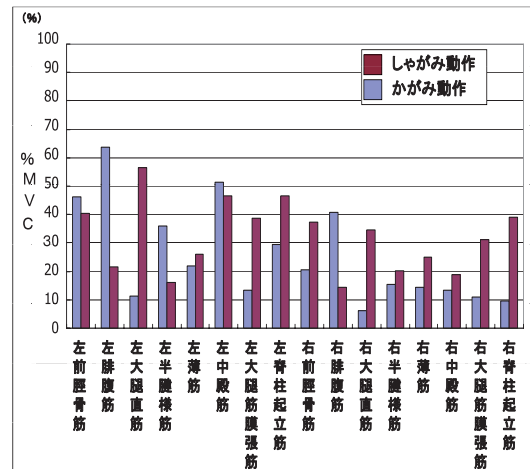


図23：収穫期の各筋の活動状態（%MVC）

④ 収穫中移動期各動作における

%MVCを用いた筋活動の比較

かがみ動作の筋活動はこの時期全周期の中で最も大きな活動を示し、全ての筋の活動はしゃがみ動作のものより大きかった。

しゃがみ動作では両側の脊柱起立筋で活動量がやや増加するが、特に収穫期と同様であった（図24）。

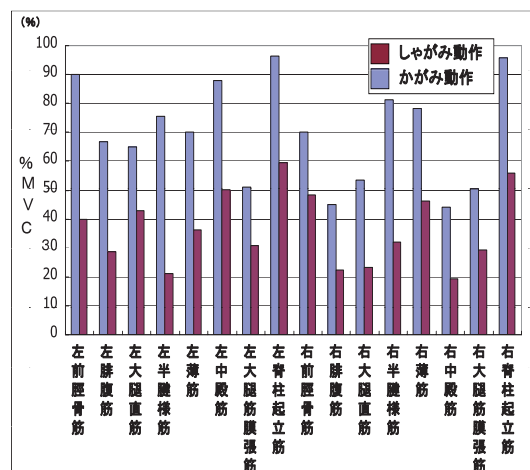


図24：収穫中移動期の各筋の活動状態（%MVC）

⑤ 収穫終了期における%MVCを用いた筋活動の比較

収穫終了期では両動作において両側脊柱起立筋の活動が最も大きかった。次いでかがみ動作では左中殿筋の筋活動が大きかった。しゃがみ動作では左腓腹筋を除く全ての筋でかがみ動作より活動が大きく、右前脛骨筋、右大腿直筋、右薄筋、右大腿筋膜張筋ではかがみ動作より2倍以上の筋活動を認めた（図25）。

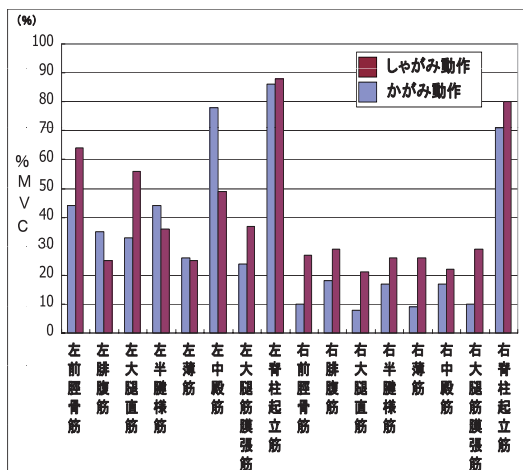


図25: 収穫終了期の各筋の活動状態 (%MVC)

3) 介 入

今回の実験により、本症例に同じ環境で同一運動課題を行わせた場合、かがみ動作は右下肢の筋活動量が少なく、作業速度が速く、重心移動距離、運動量そして疼痛は少なく、より効率的な動作様式であり推奨できる動作ということが分った。

そこで介入としてかがみ動作を遂行させるにあたり、筋活動量が著明に大きかった腓腹筋、半腱様筋、脊柱起立筋への対処方法として、各筋へのストレッチング（脊柱起立筋に対しては腹筋の筋力トレーニング）を自主トレーニングとして指導し、農作業の前後と日常生活の中で高頻度に行うよう指導した。

4) 介入の結果

介入の結果、自主トレーニングを加えたかがみ動作での農作業を一週間のうち4回行った際の平均VASは23.3mmで、その間の鎮痛剤の使用回数は1回であり、他の群と比べ疼痛の低下を認めた（図26）。

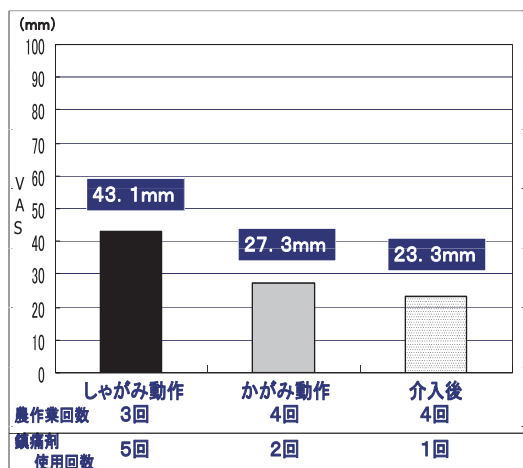


図26: 各動作にて農作業を行うことにより発生する疼痛の程度

【考 察】

今回の運動課題に要する作業時間は、しゃがみ動作が64.6秒なのに対し、かがみ動作は46.6秒と短く、重心移動距離においても、しゃがみ動作が9.16mであるのに対し、かがみ動作は6.77mと短かった。運動量でもしゃがみ動作で216.9kgm/s、かがみ動作で157.4kgm/sであり、下肢全体のIEMGにおいても、しゃがみ動作29913uVs、かがみ動作23694uVsであり、これらの項目全てでかがみ動作はしゃがみ動作より低値を示した。

疼痛の評価では、しゃがみ動作による農作業は週3回行われた結果、一週間の平均VASは43.1mmであった。一方かがみ動作による農作業は週4回行われ、一週間の平均VASは27.3mmであった。また、鎮痛剤の服用回数は、しゃがみ動作は5回、かがみ動作は2回であったことから、しゃがみ動作よりかがみ動作にて農作業を行った週のほうが、農作業回数が多いにも関わらず鎮痛剤の服用回数も少なかった。

これらのことから、しゃがみ動作よりかがみ動作のほうが今回行った運動課題を短時間に効率よく行え、疼痛の程度も低いことが分った。

その理由として、二つの動作様式において最も異なるのは収穫中移動期の重心の軌跡と関節角度変化であり、かがみ動作は股関節が100°屈曲位から40°まで伸展し再度約100°屈曲位となり、それと同期してX軸で約40cm、Y軸では約10cm、Z軸では約20cmの重心変位をしていたのに対し、しゃがみ動作では収穫期、収穫中移動期共に大きな姿勢変化なく、膝関節約120°股関節約80°を保ったままで、重心変位もX軸で約20cm、Y軸で約10cm、Z軸で約10cmであり、かがみ動作より少なかった。以上のことからしゃがみ動作は収穫中移動期においてかがみ動作よりも、X軸方向すなわち進行方向に20cm、Z軸方向すなわち上下方向に10cm重心変位が少ないため、1回で移動できる距離が短く、かがみ動作の収穫中移動期が3回であったのに対し、しゃがみ動作では2回多い5回となったものと考えられる。そのため作業時間は18秒、重心移動距離は2.39m延長し、運動量及び両下肢のIEMGが大きくなっていたものとする。

また疼痛の発生原因に関しては、疼痛の少なかったかがみ動作の右下肢各筋のIEMGの合計値が7339uVsであるのに対し、しゃがみ動作は12391uVsと高値を示し、全作業の2/3を占める収穫期の右下肢において、しゃがみ動作の腓腹筋以外の全ての筋で%MVCが、かがみ動作より大きく、特にかがみ動作の2倍以上の活動量を持続していた大腿直筋と大腿筋膜張筋は、本症例の主訴である大腿前外側部の疼痛部位と一致していたことから、

これらの筋疲労が疼痛を増強させていたのではないかと考える。

しかし筋活動や発生する疼痛の程度が少ないにも関わらず、かがみ動作が主観的に"しんどい"と感じた理由は、二つの事が考えられる。一つ目は約3秒の収穫中移動期において股関節が100°屈曲位から40°まで伸展し再度100°屈曲位となる角度変化に伴い、大きな重心変位が起こり、その際に活動する%MVCは全ての筋で最大値を示していたことが考えられる。二つ目はかがみ動作における右下肢8筋のIEMGの合計は7339uVs、左下肢8筋のIEMGの合計は16355uVsであり、筋活動が左下肢に偏っており、特に左腓腹筋と左半腱様筋のIEMGがしゃがみ動作より約2倍の高値を示し、左腓腹筋の%MVCが60%以上の筋活動状態を持続していたことが考えられた。

一方、筋活動や発生する疼痛の程度が大きいにも関わらず、しゃがみ動作を主観的に楽と感じていた理由は、まずしゃがみ動作では収穫期、収穫中移動期において大きな姿勢変化がなく膝関節約120°股関節約80°屈曲位を維持している為、かがみ動作と比較し大きな重心変位及び%MVCの変動が少ないこと、また作業中に疲労を感じた際には大きく姿勢を変化させることなく正座となりすぐに休息できることが考えられた。

これらの情報を基に、主観的にしんどいと感じる動作のほうが、客観的には作業効率が良く主訴である右大腿部前外側部の疼痛を抑制出来る動作であることを本症例に説明し、農繁期以外でもかがみ動作で農作業を行うよう指導すると共に、かがみ動作で本症例がしんどいと感じる原因である、活動頻度の高い腓腹筋と半腱様筋の調整方法としてストレッチングを指導する介入を行った。その結果、農作業は週4回行われ一週間の平均VASは23.3mmであった。また、鎮痛剤の服用回数は1回であったことから、介入前にかがみ動作で農作業

を行った週よりも、介入後農作業を行った週のほうが、農作業回数は同じであったが疼痛の程度は低く、鎮痛剤の服用回数も少なかった。

以上のことから、介入として効率的な農作業方法と、その作業方法で活動量の多い筋肉の調整方法を指導することで、同じ環境で同一運動課題を行うに当たり、より疼痛や疲労を回避しながら農作業を行える可能性があるのではないかと考える(図27)。

農作業方法を決定する因子には①身体能力(個体)②畑の構造、状態(環境)③育成作物の特性、作業量等(運動課題)の三つの要因が重要である。今後日本の農業は大規模化、オートメーション化へ移行し、企業体としての農業はその姿をがらりと変えるであろう。しかし、これまで日本の食料自給率を支えてきた年代は高齢化し、その年代がQOLとして継続していく農業は、今後もその姿を変えないことが予想される。その方々一人一人に対し、その個体に対するアプローチや個体に合わせた運動課題(適正な作業量)及び環境(畝の高さ、畝と畝の間の幅、農作業椅子等の道具の使用)の整備を検討していくことこそ、QOLの維持はもとより次世代の農業の礎となるのではないかと考える。

謝 辞：

本研究は平成19年度明治国際医療大学プロジェクト研究による助成を受けたものであり、ここに謝意を表すると共に、研究の遂行にご協力を賜りました。患者様及び明治国際医療大学附属病院総合リハビリテーションセンターのスタッフの方々に深謝いたします。

- 1) 前川 寛之・他：農作業の軽作業化に関する人間工学的研究 ―イチゴ栽培における栽培面の高さと作業姿勢について―：奈良県農業試験場研究報告。31：p1～p8.2000
- 2) 東山 孝・他：施設栽培における作業の省力化に関する一考察：農作業研究：43.p1～p6.1981

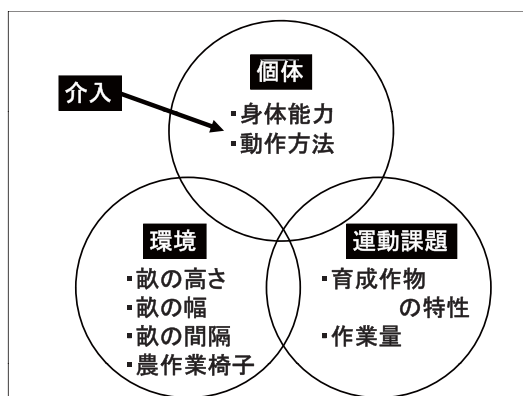


図27：農業における個体、環境、運動課題の要因