

令和7年8月20日

報道機関 各位

手指の腱や筋肉の再建手術に革新！ ～目覚めたまま実施する新術式によって最適な術式選択が可能に～

■ ポイント

- ・四肢不全麻痺、筋肉・腱断裂に対して実施される従来の筋腱再建術^{※1)}では、術後の機能回復の予測が困難であった。
- ・本研究では、これまで見ることのできなかった手術中の手指の動きや筋肉の収縮を観察しながら実施する覚醒下手術法を世界で初めて開発した。
- ・本術式によって、手術中に筋肉の収縮や腱の滑走距離に基づいた筋腱再建術を実施することが可能になった。
- ・手術中に無痛状態で実施するリハビリテーションを組み合わせることで、脳と神経回路の再構成を促進し、術後の手指運動機能のさらなる向上が期待された。

■ 概要

富山大学学術研究部医学系 整形外科・運動器病学講座 頭川峰志講師および川口善治教授、糸魚川総合病院 長田龍介医師らの研究グループは、手指の麻痺に対する筋腱再建術において、最適な筋肉・腱の選択方法を示す客観的な指標を世界で初めて明らかにしました。

従来、筋肉や腱の機能は、その大きさや外力による受動的伸張性、および電気刺激による収縮反応を基に評価されてきました。しかし、患者自身の意思による能動的な筋収縮特性に応じて手術方針を決定する手法は存在しませんでした。

本研究では、痛覚を伝える知覚神経のみを選択的に麻痺させることで、患者の意識を保ったまま、手術中に自分の意思によって手指運動が可能な状態を実現しました(覚醒下手術)。

これにより手を動かす9つの筋腱の自動収縮距離と他動伸張距離、再建手術までの経過時間、言語指示に対する筋収縮パターンを定量化し、これらのパラメータ間の関係性を世界で初めて数値化しました。

この研究成果により、筋腱再建術を実施する際に、科学的根拠を持った術式選択が可能となりました。さらに、覚醒下手術の環境を活用して手術中に無痛状態でリハビリテーションを実施することで、術後成績がさらに向上する可能性が示されました。今後の筋腱再建術や術後のリハビリテーションにおいて重要な知見となることが期待されます。

本研究成果は、米国形成外科学会機関紙「Plastic and Reconstructive Surgery」に2025年8月13日に掲載されました。

■研究の背景

超高齢化社会の到来により脳梗塞や頸髄症、神経変性疾患に起因する四肢の不全麻痺患者が増加しています。従来、四肢不全麻痺に対しては、筋腱再建術を用いた機能的再建術が実施されてきましたが、術後運動機能の改善予測が困難であることが重要な課題となっていました。

その原因として、①再建に用いるドナー筋肉の客観的選択基準が確立されていないこと、②筋腱再建時の縫合張力の最適化が難しいこと、③再建した筋を制御する脳機能の転換には術後リハビリテーションが必要であること、が挙げられます。

近年、高解像度の超音波機器の発達により知覚神経への選択的麻酔が可能となり、また、局所麻酔法自体の発展により、随意運動を温存した覚醒下手術を実施することが可能になりました。本研究では、手指麻痺の再建術にこの手法を応用し、以下の3つの要素について定量的検討を行いました。①ドナーとなる筋肉の自動収縮機能の評価、②患者自身の随意運動による筋腱縫合張力の標準化、③覚醒下手術中に無痛環境で実施するリハビリテーションによる脳機能転換訓練の効果検証。これらの取り組みにより、術後成績向上と術式選択の標準化を目標としました。

■研究の内容・成果

1. 手を動かす9種類の筋腱の自動収縮距離と他動伸長距離の定量化

覚醒下に実施した手の筋腱再建術213例のうち148の筋腱を評価し、各筋腱の安静時からの他動伸長距離、および患者の随意運動による自動収縮距離を測定しました。その結果、屈筋群は伸筋群よりも大きな距離を示し、また手指運動に関与する筋は、手関節運動に関与する筋よりも大きな移動距離を示すことが明らかになりました。



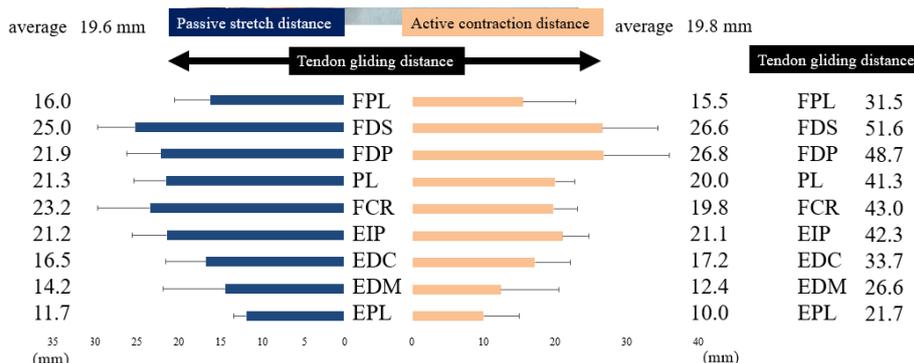
安静時の浅指屈筋腱



筋腱の他動伸長

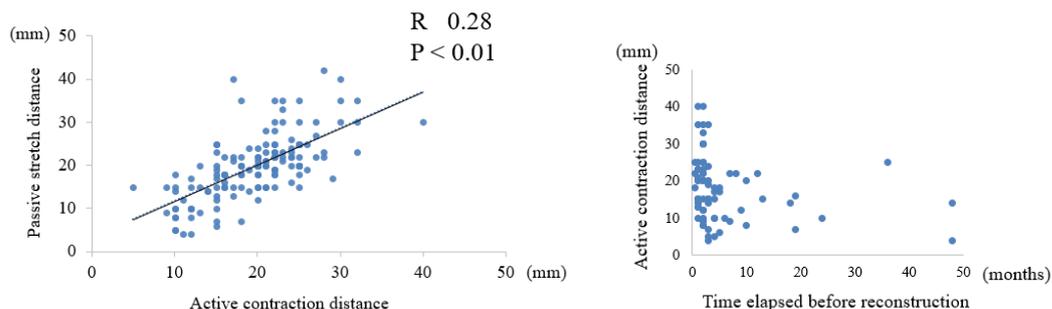


随意による筋腱の自動収縮



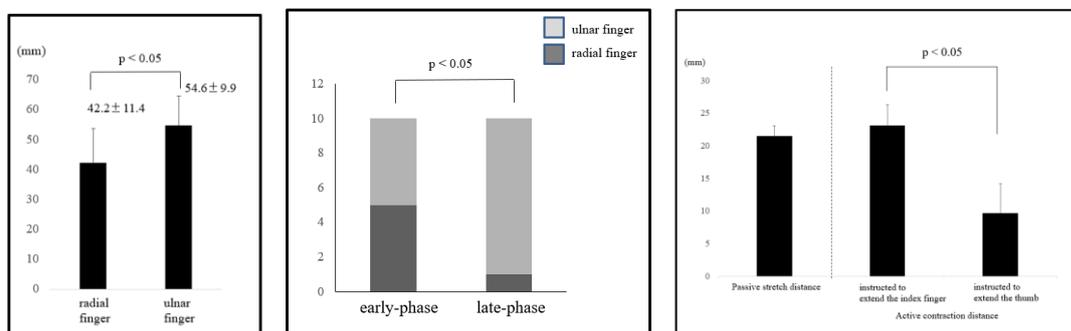
2. 筋腱の自動収縮距離と他動伸長距離は再建までの経過時間と相関しない

各筋腱の随意運動による自動収縮距離と他動伸張距離は有意な正の相関を示しました。しかし、受傷から再建術までの経過時間は、自動収縮距離および他動伸長距離のいずれとも統計学的に有意な相関を示しませんでした。



3. 言語指示による随意筋収縮の反応性評価

言語指示に対する筋の反応性、収縮様式の特徴、および筋腱再建術後の筋収縮変化の特徴について評価しました。浅指屈筋では、握力発揮に重要な役割を果たす尺側指が橈側指と比較してより大きな自動収縮距離を示す一方で、指運動指示に遅れて収縮する late phase パターンを呈する頻度が高いことが明らかとなりました。固有示指伸筋では、示指を伸ばすように指示されたときの収縮距離よりも、母指を伸ばすように指示されたときの収縮距離が有意に小さいことが判明しました。注目すべきは、腱移行術の施行直後からこれらの収縮距離が段階的に改善していく現象が観察されたことであり、これは当該筋腱が機能転換に適した特性を有することを示唆しています。したがって、術中リハビリテーションにおいて患者が新たな筋収縮パターンを習得することが、術後の機能回復において極めて重要であると考えられました。



浅指屈筋の橈側・尺側指の収縮距離、phase の相違

固有示指伸筋の指示による収縮の相違

■今後の展開

本研究は、覚醒下手術による筋自動収縮の評価に注目したものであり、今後は術式による実際の指運動の変化量の評価による縫合緊張度の標準化や、無痛状態で行う術中リハビリ

テーションによる脳機能の転換訓練の有用性を含め、従来の手術と比較した術後患者における有用性の臨床的検証が求められます。

【用語解説】

※1) 筋腱再建術 (きんけんさいけんじゅつ)

麻痺あるいは筋腱欠損による機能障害を回復させるために、麻痺のない筋腱を付着部で切離し、切離した部分を他の部位に縫着し機能を再建する方法 (腱移行術) や、他部位から筋腱を移植する方法 (腱移植術、筋肉移植術) がある。移行する筋腱の選択や縫合の緊張度のバランスが成功のカギである。例えば手関節屈筋3つ (橈側手根屈筋、尺側手根屈筋、長掌筋) のうちの1つを残し機能を温存しつつ、他の2つを指の伸筋腱につなぎかえることで指の伸展を再建することができる。

【論文詳細】

論文名 : WALANT surgery study on active contraction distance and characteristics of musculotendinous units as a basis for tendon transfer

著者 : Mineyuki Zukawa*, Ryusuke Osada, Tatsuro Hirokawa, Hikaru Wada, Masatoshi Satomi, Kanoko Horikawa, Yoshiharu Kawaguchi. (*責任著者)

掲載誌 : Plastic and Reconstructive Surgery

DOI : 10.1097/PRS.00000000000012298

【本発表資料のお問い合わせ先】

富山大学学術研究部医学系 整形外科・運動器病学講座

講師 頭川 峰志

TEL : 076-434-7353 Email : zukawa@med.u-toyama.ac.jp