

氏 名 ずかわ みねゆき
頭川 峰志

学位の種類 博士 (医学)

学位記番号 富医薬博乙第78号

学位授与年月日 令和2年12月23日

学位授与の要件 富山大学学位規則第3条第4項該当

学位論文題目

Active voluntary contraction of the ruptured muscle tendon
during the wide-awake tendon reconstruction
(Wide-awake腱再建手術により観察しえた断裂筋腱の
随意性自動収縮)

論文審査委員

(主査)	教授	山崎	光章
(副査)	教授	一條	裕之
(副査)	教授	田村	了以
(副査)	教授	黒田	敏
(紹介教員)	教授	川口	善治

論 文 要 旨

論 文 題 目

Wide-awake腱再建手術により観察しえた断裂筋腱の随意性自動収縮

Active voluntary contraction of the ruptured muscle tendon during the wide-awake
tendon reconstruction

氏 名 頭川 峰志

備考 ① 論文要旨は，2,000 字程度とする。

② A4 判とする。

〔目的〕

手の運動機能を果たす上で腱は必須な組織である。変形性関節症、関節リウマチ、感染などの疾患はしばしば腱断裂を引き起こし、これに対する治療として再建手術を要する。しかし、これらの疾患では腱断端の変性が著しく、筋肉も短縮している状態になっているため、完全な修復は不可能である。従って腱の再建には、断裂した筋腱を動力源として欠損部に移植腱を挟む橋渡し腱移植術と、動力源を別の筋腱に求める腱移行術が行われている。しかし、腱移植術には腱癒着や関節拘縮が高率に生じることや、腱移行術には運動様式の再教育が難しいという問題がある。このため、どちらの方法を選んでも再建後に獲得できる可動性は不明であり、断裂腱の再建は結果が予想しにくい難しい手術といえる。この理由として、全身麻酔や腕神経叢ブロックで筋弛緩が効いた状態においては、筋腱の状態を知る手がかりは引き出せる距離のみであり、手術法の決定や術式の詳細は術者の勘や経験に頼るしかないこと、さらに、手術後は創部の痛みや腱の癒着があるため、手術後数か月経過しないと実際に指がどの程度動くかの治療成績の評価ができないことが挙げられる。これらに対する解決の糸口は2点考えられる。1つは断裂して陳旧化した筋腱が動力源になりえるかの判断に役立つ知見を明らかにすることであり、他方は手術中に患者の自動運動を観察できるような麻酔の利用である。近年、高解像度の超音波機器の発達により末梢神経の描出が可能となり、これをターゲットにした選択的な知覚神経のブロックが行われるようになってきた。また、エピネフリン入り局所麻酔薬での手の手術の適応が拡大しており、これらを合わせて **Wide-awake surgery** として報告されている。この方法は、手術中に患者自身が自動運動を行うことができ、術者も腱の滑走などが確認できるため、手術の即時的評価が可能となり、手の外科手術における有用性が大きいと考えられる。我々は、一般臨床に先駆けて **Wide-awake surgery** を利用し、手術中に患者の腱滑走状態と手の動きを確認しつつ腱再建を行ってきた。これにより今まで報告のない断裂腱の自動収縮距離の測定や指運動の即時的評価が可能となった。本研究では術中に得られた自動収縮距離と、従来の麻酔でも評価可能な他動伸長距離や断裂期間との関係を調査した。さらに本法を利用した腱再建術の治療成績を調査し本法の有用性を検討することとした。

〔方法並びに成績〕


Wide-awake surgeryにより自動運動を温存した状態で前腕部の腱移行術もしくは腱移植術を行った22例36腱を対象とした。術中に断裂筋腱の他動伸長距離 (**passive distraction distance**、以下**PDD**) と自動収縮距離 (**active contraction distance**、以下**ACD**) を測定し、これら2つの距離の相関と断裂から再建までの期間の関係を調査した。断裂筋腱の平均**PDD**は 17.9 ± 5.2 mm, 平均**ACD**は 18.6 ± 7.4 mmであり、**PDD**と**ACD**は正の相関を示し ($r = 0.60$, $P < 0.05$)、ほぼ同様の距離であった。これにより、**PDD**を測定することで**ACD**の予測が可能であることがわかった。断裂から再建までの期間は1~48か月 (中央値3か月) であり、**PDD**、**ACD**ともに断裂か

ら再建までの期間とは相関しなかった。続いて、長母指屈筋腱陳旧性腱断裂の11例11腱に対し、これらの距離を測定し、動力源を評価した上で腱移植術あるいは腱移行術の術式選択を行い、臨床成績を評価した。PDDとACDの合計（滑走距離）が30mm以上の場合には十分な動力源であると判断し、断裂した筋腱を動力源とした腱移植術を行い、30mm未満の場合には環指浅指屈筋腱を用いた腱移行術を行った。術前、術中、最終時の自動可動域健側比（% of total active movevent、以下%TAM）、術前と最終時の上肢の患者立脚型機能評価簡易質問票（quick score of the Disability of the Arm, Shoulder and Hand、以下q-DASH score）にて成績を評価し、二群を比較した。長母指屈筋腱陳旧性腱断裂例では、断裂した長母指屈筋腱はPDD 15.4 ± 5.1 mm、ACD 15.2 ± 9.9 mmであり、腱移行のドナーである浅指屈筋腱はPDD 21.5 ± 5.6 mm、ACD 22.6 ± 6.8 mmであり、ともにPDDとACD はほぼ同じ長さであった。動力源が十分であると判断し腱移植術を行った症例は4例であり、腱移行術を行った症例は7例であった。術前、術中、および、最終の健常側に対する母指関節可動域の比率（%TAM）は腱移植術でそれぞれ $40.4 \pm 14.3\%$ 、 $86.7 \pm 15.4\%$ 、 $80.8 \pm 10.3\%$ であり、腱移行術で $43.2 \pm 13.1\%$ 、 $93.2 \pm 12.4\%$ 、 $84.3 \pm 12.7\%$ であった。自動収縮距離を評価して行った2つの術式の最終可動域に有意差は見られず（ $p = 0.65$ ）、両群ともに過去の腱移植術・腱移行術の成績の報告と比較し遜色のない良好な成績であった。また、最終%TAMは平均 86%でありWide-awake surgeryでのみ測定できる術中%TAMの平均 90%より低下していることが明らかとなった。q-DASH scoreの術前術後の変化は腱移行術が32.2から16.3、腱移植術が 16.2 から6.0 であり、二群間に有意差は見られなかった（ $p = 0.10$ ）。

〔総括〕

Wide-awake surgeryでは、これまでに報告のない手術中の自動運動の即時的評価と、筋腱の自動収縮距離の測定が可能であった。ヒトの随意で測定した筋腱の自動収縮距離は、筋腱の他動伸長距離と正の相関を示し、ほぼ同様の距離であった。一方で、自動収縮距離と断裂期間とは相関しなかった。従って、筋腱の自動収縮距離は断裂して時間の経過した筋腱を再建する際に筋の変性や拘縮、新鮮なドナーの筋腱の機能を評価しうる最も重要な指標になりうると考えられた。この筋腱の自動収縮距離を評価して術式を選択した腱移行術と腱移植術の臨床成績はともに良好であった。このことから術中にこれらの測定値を術式選択の指標とすることで適切な動力源を得ることができたものと考えられる。また、手術中に手の動きを即時的に評価できるため、患者と術者の双方にとって安心な方法であった。以上よりWide-awake surgeryは臨床上一手技として有用であり、さらに、ヒトにおいて生体で筋腱を評価できる研究手法としても有用であると考えられた。

学位論文審査の要旨

報告番号	富医薬博甲第 号 富医薬博乙第 号	氏 名	頭川 峰志
論文審査委員	職 名 (主査) 教授 (副査) 教授 (副査) 教授 (副査) 教授	氏 名 山崎 光章 一條 裕之 田村 了以 黒田 敏	
指導（紹介）教員	川口 善治		
(論文題目)	Wide-awake 腱再建手術により観察しえた断裂筋腱の随意性自動収縮 (Active voluntary contraction of the ruptured muscle tendon during the wide-awake tendon reconstruction)		(判定) 合格
(論文審査の要旨)			
<p>【目的】</p> <p>変形性関節症、関節リウマチ、感染などの疾患では、しばしば手の腱断裂を引き起こす。その治療として腱移植術あるいは腱移行術の2通りの再建手術が行われるが、腱移植術では腱癒着や関節拘縮が高率に生じ、腱移行術では運動様式の再教育が困難であるといった問題が生じる。さらに、手術の際の全身麻酔や腕神経叢ブロックでは筋弛緩が認められ、筋腱の状態を知る手がかりはそれを引き出せる距離のみであり、手術方法の決定は術者の勘や経験に頼るところが多い。また手術後は創部の痛みや腱の癒着があるために、手術後数ヶ月経過しないと指がどの程度動くかの評価が出来ないといった問題も存在する。近年、高解像度の超音波機器により、末梢神経の詳細な描出が可能となり、選択的な知覚神経ブロックが可能となってきた。また、エピネフリン入りの局所麻酔薬を局所に浸潤するWide-awake surgery を用いることにより、手術中に患者自身の自動運動や腱の滑走を確認できるため、手術の即時的評価が可能となってきた。そこで、頭川峰志君は、腱移植術の問題点を解決するために、Wide-awake surgery により運動神経を遮断せずに自動収縮距離や他動伸張距離を測定し、断裂期間との関係や本法による治療成績を調査し、その有用性について検討した。さらに、腱癒着を防止する工夫として、家兎腱縫合モデルを用いてHyper-dryヒト乾燥羊膜が癒着防止に有用であるかどうかの検討を行った。</p> <p>【方法ならびに成績】</p> <p>Wide-awake surgery により自動運動を温存した状態の前腕部腱移行術あるいは腱移植術を行った22症例（36腱）を対象とした。術中に断裂筋腱の他動伸張距離（PDD）と自動収縮距離（ACD）を測定し、これら2つの距離の相関と、断裂から再建までの期間の関連を検</p>			

討した。断裂筋腱のPDDは 17.9 ± 5.2 (mean \pm SD)mm、平均ACDは 18.6 ± 7.4 mmであり、PDDとACDは正の相関を示した。これらより、PDDによりACDの予測が可能であることが明らかとなった。また、断裂から再建までの期間は1~48ヶ月であり、PDD、ACDともに断裂から再建までの期間とは相関しなかった。

次に、長母指屈筋腱陳旧性腱断裂の11例に対して、PDDとACDの合計が30mm以上の場合には腱移植術を行い、30mm未満の場合には環指浅指屈筋腱を用いた腱移行術を行った。術前、術中、最終時の自動可動域健側比 (%TAM)、および術前と最終時の上肢の患者立脚型機能評価簡易質問票 (q-DASH score) を用いて成績を評価した。断裂した長母指屈筋腱はPDD 15.4 ± 5.1 mm、ACD 15.2 ± 9.9 mmであり、腱移行のドナーである浅指屈筋腱は PDD 21.5 ± 5.6 mm、ACD 22.6 ± 6.8 mmであり、PDDとACDは同等であった。術前、術中、最終時の健常側に対する母指関節%TAMは、腱移植術 (7腱) でそれぞれ $40.4 \pm 14.3\%$ 、 $86.7 \pm 15.4\%$ 、 $80.8 \pm 10.3\%$ であり、腱移行術 (4腱) で $43.2 \pm 13.1\%$ 、 $93.2 \pm 12.4\%$ 、 $84.3 \pm 12.7\%$ であった。自動収縮距離を評価して行った2つの術式の最終可動域に有意差は無く、両群共に過去の成績の報告と比較しても良好な成績であった。また、最終%TAMは平均86%であり、Wide-awake surgeryでのみ測定できる術中%TAMの平均90%より低下していた。Q-DASH scoreの術前術後の変化は、腱移植術が32.2から16.3であり、腱移行術が16.2から6.0であり両群間に有意差は認められなかった。

家兔の趾屈筋腱を腱縫合し、ギプス固定を4週間行い、腱癒着モデルを作成した (腱縫合群)。腱縫合部に低抗原性、低炎症作用、抗線維化作用のある Hyper-dryヒト乾燥羊膜を巻き (HD羊膜群)、sham群 (4週間のギプス固定のみ)、腱縫合群、HD羊膜群の3群間でMP、PIP、DIPの関節屈曲角度の評価、癒着破断強度、顕微鏡による癒着評価、顕微鏡による組織学的評価を行った。いずれの評価においても、HD羊膜群は腱縫合群に比べ腱癒着を抑制する結果を得た。

【総括】

以上から、頭川峰志君は、手の腱断裂に対してWide-awake surgeryにより自動および他動運動の即時的評価を行った。そして、腱移植術あるいは腱移行術を行う際の指標とするとともに、術後の可動域から評価しても良好な手術成績をおさめることが可能であった。本研究成果によって手の腱断裂に対するWide-awake surgeryの重要性を示したことは新規性が高く、また、家兔を用いた実験から腱縫合癒着防止にHyper-dryヒト乾燥羊膜が有効であることを明らかにしたことは学術的に重要である。さらに、手術中の自動および他動運動の即時的評価が腱移植術あるいは腱移行術の手術成績を向上させることを明らかにしたことは今後の臨床的発展性を大いに期待させる。

以上より本審査会は本論文を博士 (医学) の学位に十分値すると判断した。