

## 第二次審査（論文公開審査）結果の要旨

### Geometric modeling and a retrospective cohort study on the usefulness of fascial tensile reductions in severe keloid surgery

重度ケロイド手術における筋膜減張法の有用性に関する幾何学モデリングと  
後向きコホート研究

日本医科大学大学院医学研究科 形成再建再生医学分野  
研究生 柘植 琢哉

Surgery 167 (2): 504-509 (2020 年) 掲載

DOI:10.1016

ケロイドは、損傷部位の元の大きさを超えて増大する病的癒痕である。現在ケロイドに対する治療法として、副腎皮質ステロイドや放射線治療などの非外科的治療と、外科的切除が行われている。

外科的切除後の再発率は、真皮への張力を減少させる特殊な縫合法を適用することにより抑制できると考えられている。その根拠は、①組織学的にケロイドの炎症は主に真皮網状層に存在すること、②局所的・物理的な応力がケロイドの発生と進行（炎症の悪化）に重要な役割を果たすことである。

われわれは、ケロイド手術における真皮の張力を軽減するための縫合法として、皮下縫合の役割を明確化する目的で、筋膜減張法（fascial tensile reduction : FTR）を提唱し、浅筋膜減張法（superficial FTR : SFTR）および深筋膜減張法（deep FTR : DFTR）を行ってきた。この FTR の効果を解析し、さらに最適化するため、FTR による張力変化を有限要素法による幾何学モデリングを用いて可視化する研究を行った。また、重度の前胸部ケロイド手術における FTR の周術期および長期の効果について、後ろ向きコホート研究を行った。

有限要素法を用いた幾何学的モデリングでは、皮膚・皮下組織にかかる物理的応力を、有限要素法解析ソフトウェア ADINA を用いて皮膚・軟部組織 2 次元モデルを作成し解析した。ヤング率・弾性率は、各要素の物性値を皮膚 : 20 kPa、脂肪 : 15 kPa、および深層筋膜 : 30 kPa として解析した。①真皮縫合単独、②真皮縫合+SFTR、③真皮縫合+SFTR+DFTR の 3 つのモデルを作成し、縫合部における張力を算出した。

後ろ向きコホート研究では、2011 年から 2016 年の間に日本医科大学付属病院形成外科・再建外科・美容外科において外科的治療を行った前胸部ケロイド症例を対象とした。対象は、SFTR 単独群と、SFTR に加えて DFTR を適用した SFTR+DFTR 群の 2 群に分けられた。

SFTR 単独群と SFTR+DFTR 群において、症例の特性・周術期評価・術後 18 ヶ月後の結果を比較した。術後 18 ヶ月後の結果については、ケロイドの改善率・再発率を Japan Scar Workshop Scar Scale (JSS)を用いて評価した。

幾何学的モデリング解析の結果、真皮縫合のみとした場合、真皮にかかる最大張力は 4700Pa であったが、真皮縫合+SFTR とした場合 573Pa と著明に低下した。さらに真皮縫合+SFTR+DFTR とした場合、697 Pa であった。ただし、DFTR の追加により、浅筋膜縫合部にかかる張力は大きく減少した。SFTR は真皮縫合部にかかる張力を著しく低下させること、DFTR の追加はさらなる張力低下をもたらさないことが示された。

次に、FTR が実際のケロイド手術の結果にどのような影響を与えるかを、後ろ向きコホート研究により検証した。前胸部ケロイド手術を行った 77 症例のうち、50 例 (64.9%) では SFTR+DFTR が、27 例 (35.1%) では SFTR のみが施行された。症例の特性については、SFTR 単独群と SFTR+DFTR 群における有意な差は認めなかった。周術期評価では、手術時間と出血量に有意な差はなかったものの、在院日数が SFTR+DFTR 群で有意に長かった。SFTR+DFTR 群では、ケロイドの完全切除を行った割合が 60.0%、SFTR 単独群では 37.0% と、SFTR+DFTR 群で有意に高かった ( $p=0.046$ )。一方、ケロイドの消失・改善・再発を含む 18 ヶ月後の評価に置いて、両群間に有意差は認めなかった。

以上の結果より、SFTR は真皮にかかる力を著明に減少させることが判明した。さらに DFTR の追加は再発率を低下させなかったものの、浅筋膜にかかる張力を減少させることで、SFTR の手技を容易にすることができると考えられた。そのため、SFTR+DFTR は全切除を必要とする比較的大きなケロイドに適しており、SFTR のみでの減張縫合を達成することが技術的に困難な場合には有用と考えられた。

2003 年のわれわれの研究では、前胸部ケロイドでは切除および縫合（皮下と真皮）により、43.1%の再発が認められた。FTR を用いた縫合法は、前胸部ケロイドの再発を真皮縫合+SFTR で 3.7%、真皮縫合+SFTR+DFTR で 6.0%と著しく低下させた。また、この結果は幾何学的解析におけるそれぞれの縫合法における真皮張力(それぞれ 4700、573、697 Pa)の結果と密接に関連していると考えられた。

二次審査においては、臨床的意義のある研究であることが確認された。DFTR の臨床的意義に関する質問では、実際には 5cm の幅を超えるようなケロイドに対しては、DFTR と SFTR 両方を用いることによって、長期にわたって抗張力を維持できる可能性が言及された。さらに大きなものに対しては単純縫縮ではなく皮弁を用いる可能性があるという回答された。後療法と臨床的結果の関係については、放射線治療や副腎皮質ステロイドテープ剤などを利用しているため、今後前向き研究や多変量解析も必要であると回答された。張力と慢性炎症の関係、免疫細胞の集積などについては、現在血管関連細胞の解析、血管内皮機能の解析、さらに神経原性炎症に着目した研究が進行中であることが報告された。

よって本研究は手術手技の改善につながる、発展性のある意義のある研究であることが確認された。以上より、本論文は学位論文として価値あるものと認定した。