

# 金属の違いによる胸骨ワイヤー強度の検討

Examination of sternum wire strength by difference of material

眞岸 克明  
Katsuki Magishi

和泉 裕一  
Yuichi Izumi

石川 訓行  
Noriyuki Ishikawa

木村 文昭  
Fumiaki Kimura

Key Words : 胸骨正中切開, 胸骨ワイヤー, チタンワイヤー

## はじめに

心臓手術をはじめ胸部手術では胸骨正中切開法を行うことが多いが、手術操作後に切断した胸骨を閉鎖する必要が生じる。胸骨閉鎖には、一般的には金属ワイヤーを使用するが、ステンレス製やチタン製といった材質の違いや、ワイヤーの使用法など様々な方法が報告されている。当科では、以前はステンレス製のワイヤーを使用し胸骨を閉鎖していたが、金属アレルギーの問題やMRI検査の普及に伴い、近年はチタン製ワイヤーの使用が大半を占めるようになった。しかし、退院後の外来診察時に胸部X線写真上、胸骨ワイヤーの切断を認める例があるため、今回使用ワイヤーの材質の違いによる切断の違いを検討した。

## 対象・方法

対象は2002年4月から2003年10月まで当科で行った胸骨正中切開58例で、男性46例、女性12例、平均年齢は67.9±9.0歳であった。手術対象疾患は、虚血性心疾患38、心臓弁膜症10、胸部大動脈瘤6、先天性心疾患など4で、使用したワイヤーはステンレス製29、純チタン製29であった。ワイヤーの使用はランダムに選定した(表1)。

使用したワイヤーはいずれも国産品(松田医科製)で、ステンレス製は直径0.8mm、チタン製は1.0mmを使用した。

胸骨正中切開は、胸骨正中を圧縮空気駆動式鋸で縦切開しているが、閉鎖の際には、胸骨柄にワイヤーを2本穿刺、胸骨体は肋間にワイヤーを通

し閉鎖した。患者の体格によりステンレス製では5-6本、チタン製では6-7本のワイヤーを使用し、胸骨体の最尾側のワイヤーは症例により肋軟骨を穿刺した。各対をなすワイヤー同士を720°回転させ胸骨を寄せ、ワイヤーのたるみを取るよう更に回転し調節した。

術後入院中は週2-3回、退院後は1-3ヶ月に1度、胸部X線写真を撮影し胸骨ワイヤーの断裂の有無をみた。診察時に胸骨の動揺の有無、胸骨の動揺感や疼痛、運動時痛の有無について聴取した。

## 結果

使用ワイヤー本数は、ステンレス製では、5本が21例(72%)、6本が8(28%)、チタン製は5本2(7%)、6本10(35%)、7本17(58%)であった(表2)。

観察期間で断裂を来したのは、ステンレス製0、チタン製は3(10%)であった。

断裂を認めた3例で、断裂を来した時期は、術後1ヶ月以内が1、3ヶ月内が2であった。

断裂したワイヤーの部位は、胸骨柄の最上部(頭側)が2、胸骨体最下部(最尾部)が1であった。

断裂を来した3例は、全例冠動脈バイパス術を行った男性で年齢は40,56,65歳であった。使用ワイヤー数は6本が1、7本が2であった。

断裂例で胸骨動揺やX線写真上、胸骨離解を認めた例はなかった。術後疼痛や運動時痛等を認めた例もなかった。

## 考察

胸骨正中切開後の閉鎖には、金属製ワイヤーが広く用いられているが、一般的にステンレスは生

表1 対象内訳

	ステンレス製	チタン製
胸部大動脈疾患	2	4
弁膜症	7	3
虚血性心疾患	17	21
その他	3	1
計	29	29

体材料としての実績があり、機械的強度に優れているとされているが、金属アレルギー、発癌性、MRI検査でのアーチファクトの原因となるなど不利益も指摘されている。一方、チタン製ワイヤーには、それらの不利益がないとされているが、機械的特性としてステンレスより強度が劣るといわれている。

金属強度を評価する場合、静的強度（一定加重に耐えうる強度）と動的強度（変動荷重に耐える強度）を比較する必要がある。一千回の繰り返し荷重に耐えうる疲労強度は、ステンレス製で36.1kg/mm<sup>2</sup>、チタン製では14.9kg/mm<sup>2</sup>であるとされている。今回使用したワイヤー径での疲労強度は、ステンレス製で18.1kg、チタン製で11.7kgである。このことは、チタンワイヤーはステンレスワイヤーより径が太いにもかかわらず繰り返される動的外力に抗する力は65%程度であることを意味する。ステンレス製ワイヤー5本では90.5kgでそれに匹敵する硬労強度を期待するにはチタンワイヤーは7-8本が必要となる。今回は、半数以上でチタンワイヤーを7本使用したが、断裂を生じた3例のうち2例は7本使用していた。いずれも比較的若年齢男性であったため、日常活動度も高いことが影響したかもしれない。

富沢らの検討<sup>1)</sup>では、捻れによる破断までの角度を求めているが、ステンレス製は3130°、チタン製は1850°でチタン製はステンレス製の半分の回転で破断するといわれている。チタン製は捻れにも弱く、閉胸時には捻れを要する金属ワイヤーには弱点となりうる。

Walterらの検討<sup>2)</sup>では、胸骨に加わる力はいかなる方向でも、剣状突起近くでもっとも強いとされている。今回の検討では、断裂したワイヤーは3例中2例が最上部であったが、1例で最下部であった。胸骨閉鎖では、ワイヤーのかけ方にもいくつかの方法が報告されているが、胸骨を貫通してワイヤーをかけた場合、肋間を通じた場合より機械的強度が低下するといわれており<sup>3)</sup>胸骨最上部ワイヤーが断裂した症例では、胸骨柄を貫通して

表2 使用ワイヤー本数と断裂ワイヤー

ワイヤー本数	ステンレス製	チタン製
5	21	2
6	8	10
7	0	17
ワイヤー断裂	0 (0%)	3 (10%)

いることが関与しているかもしれない。

本検討の限界は、閉胸時にワイヤーを捻るが、症例により捻れ角度が異なり、初期に加わっている張力にも差が生じていることである。又、年齢、性別による骨密度にも差があり、今回は検討の因子から除外していることである。

チタンはステンレスと比較し、引張、捻れに弱いという物理的な弱点があり、本検討でも断裂したワイヤーはすべてチタン製であった。しかし、ワイヤー断裂による胸骨動揺等合併症は生じていなかった。術後早期のワイヤー断裂による胸骨動揺は、縦隔炎の原因となりうるともいわれている<sup>4)</sup>。しかし、金属アレルギーを避けられ、MRI撮影時の障害とならない特性を考えると今後もチタンワイヤーの使用は拡大すると思われる。

## おわりに

胸骨正中切開58例で閉胸時に使用する胸骨ワイヤーの材質の違いによる強度を検討した。ステンレス製では断裂を認めなかったが、チタン製では10%で術後早期の断裂を認めた。チタンは、引張、捻れに弱いですが、金属アレルギーやMRI検査にはステンレス製より有益であり、チタンの特性を理解した上で使用は拡大されるものと思われる。

## 引用文献

1. 富澤康子, 埴隆夫, 黒田大介ほか:心臓外科領域で使用する市販の胸骨ワイヤーの物理的評価51:ステンレス製vs.チタン製. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg : 484,2003
2. Walter EM, Dennis RT, James AM:Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure. J Thorac Cardiovasc Surg 117 : 1114-1150, 1999
3. Julian EL, Andrea DC, Colette CW et al:Biomechanical Comparison of Median Sternotomy Closures. Ann Thrac Surg77 : 203-209, 2004
4. Losanoff JE, Richmann BW, Jone JW : Disruption and infection of median sternotomy:a comprehensive review. Eur J Cardiothorac Surg21: 831-839,2002