

原 著

手術時の皮膚切開における力学的解析

東京女子医科大学 医学部 耳鼻咽喉科学 (主任: 石井哲夫教授)

イマイ ヒロコ タカヤマ ミキコ イシイ テツオ ヨシハラ トシオ シノ アキオ
今井 容子・高山 幹子・石井 哲夫・吉原 俊雄・篠 昭男

(受付 平成12年10月18日)

Mechanical Analysis of Skin Incision in Head and Neck Surgery**Hiroko IMAI, Mikiko TAKAYAMA, Tetsuo ISHII,
Toshio YOSHIHARA and Akio SHINO**Department of Otolaryngology (Director: Prof. Tetsuo ISHII)
Tokyo Women's Medical University, School of Medicine

There has been almost no scientific analysis of the dynamics involved concerning the force applied to the scalpel on incision and on the effects extended to the tissue or organ being cut. In order to analyze the dynamics involved on incision, we developed a 2-axis tension-sensing apparatus in order to measure the force on incision in 2 directions. Furthermore, we also developed an apparatus to measure the tension of the thumb and index finger during incision by means of a 2-axis tension-sensing tool. Using the scalpel equipped with a sensor, and the tension measurement device we set out to perform access tension analysis in basic experiments and then later to determine differences in the tension when actually performing incision in head and neck operations to determine the conditions necessary for incision. In the fundamental studies when the scalpel was pushed in and then further pulled, when tension was applied at right angles to the direction cutting, it was found to make an incision in a short time with little dynamic force. In actual otorhinolaryngology operations, it was found that, when cutting the thin tissue behind the ear, force is applied both directly vertically to the scalpel and simultaneously in a horizontal plane as it is pulled but in the thicker tissue of the neck, it is pulled horizontally only after the vertical application of force.

はじめに

外科手術における皮膚切開は、手術の基本的な手技である。メスを用いて切開を行う場合、術者の指で切開部位に直角に皮膚に張力をかけることが経験的に行われている。しかしその意義については単に切開を容易にするためとされており、力学的な測定はなされておらず、切開の優劣¹⁾²⁾、方法、手技³⁾⁴⁾、深度⁵⁾などについては経験的に評価されているのみであった。また、切開時のメスにかかる力や切開をする対象物の組織、器官に及ぼす

力学的解析はほとんど行われていない。法医学の分野で損傷を力学的な観点からとらえた報告^{6)~9)}はあるが実際の測定はなされていない。

Shinoら¹⁰⁾により1軸センシングメスによる鼓膜切開時の力学的解析が行われている。これに対し本研究では切開時の力学的解析を行うために、切開時の2方向の力を測定することが可能なセンサを具備した2軸センシングメスを作製した。さらに、切開時に皮膚にかかる張力の測定が可能な2軸張力測定装置の作製も行った。これらのセン

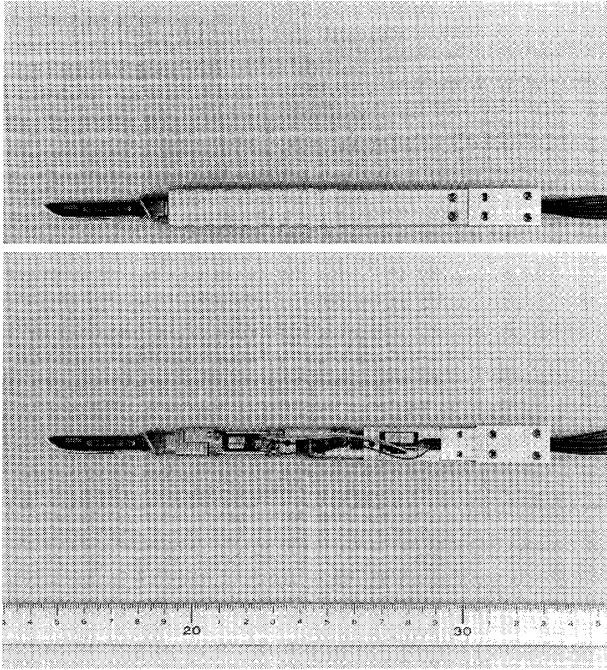


図1 力センシングメスの全体図(上)および内部構造カバーを取り外したもの(下)
先端には替え刃のメスが取り付けられ、センサにはカバーがかけられている。

サ付きメスと張力測定装置によって、ニワトリ皮膚・筋肉付き皮膚を用いた基礎実験を行い、さらに実際の耳鼻咽喉科手術の皮膚切開において、切開部位による力学的特性の相違と切開時に必要な条件について検討した。

対象および方法

I. 力学的解析を行うための装置の作製

1) 力センシングメス

力センシングメスには、平行平板により加わった力によって生じたひずみを、電気信号に変換して力を測定するひずみゲージが内蔵されている¹⁰⁾(図1, 2)。この平行平板を使用したセンサは、切開時、垂直方向に加わる力 F_z と水平方向に切開する力 F_x の2方向の力を測定することができる。

またメスの柄となるカバーは、アルミニウム合金でできており、取り外しができ滅菌消毒が可能である。柄の先端の部分には従来のメスと同様に着脱が可能な替え刃を使用できるようにした。替え刃として、フェザー替え刃メス(フェザー安全剃刀株式会社製) No. 10を頸部切開時に使用し、No. 15を耳後部切開時に使用した。なお力センシ

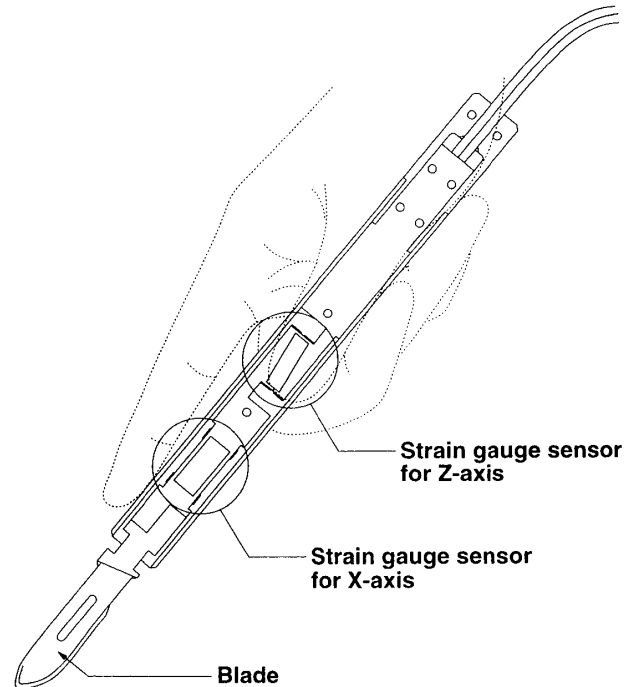


図2 2方向力センシングメスの内部構造の模式図

ングメスの重量は46グラムで、従来手術時に使用しているメスの約2倍である。

2) 張力センサ

皮膚切開時に母指および示指が皮膚にかける張力を測定する張力センサ(図3上)とその模式図を示した(図3下)。張力センサも力センシングメスと同様、力を検出するためのひずみゲージが内蔵されている。左手母指および示指を、力を検出するためのひずみゲージが内蔵されている箱状の装置(ソケット)に入れ、ソケット底部の金属板で切開の対象物を押し広げることにより、対象物に対する母指の張力 F_1 と、示指の張力 F_2 を測定することができる(図4上)。またソケットは自由に角度が調整できるように作製されている。

切開の際に、指を入れたソケットと皮膚表面との間に生じる力はメスのY軸方向(水平面上で切開方向に対し直角方向に加わる力)の一方方向の力を測定することになる。皮膚表面に接したソケットの底部には皮膚面を滑ることなく、力の伝達と測定を効率よく行うために紙やすりを接着した(図4下)。この紙やすりおよび底部の金属板は取り外しが容易で、滅菌消毒が可能である。

3) 切開時の力の測定システム(図5)

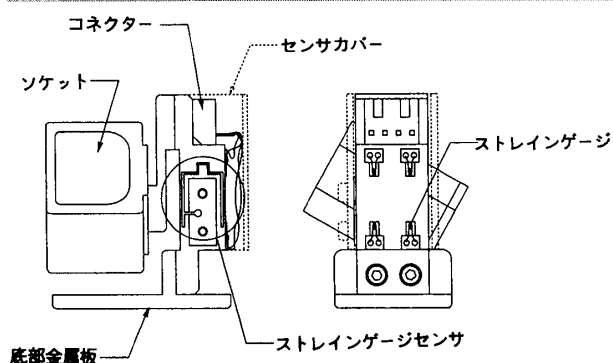
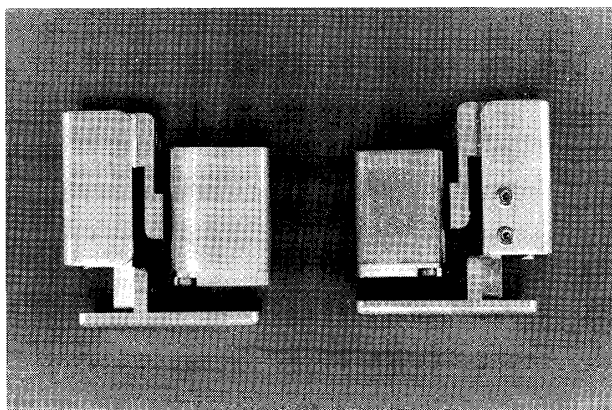


図3 張力測定装置の前面図(上)および内部構造(下)

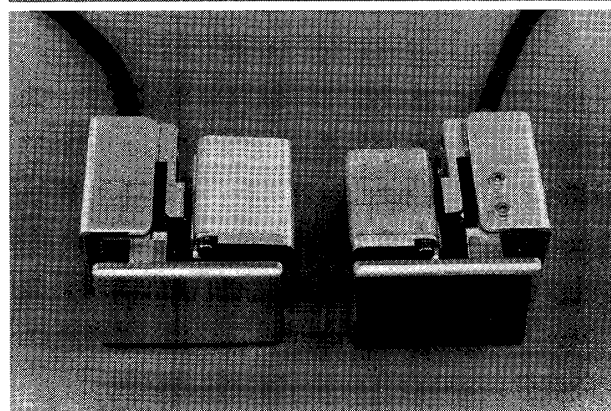
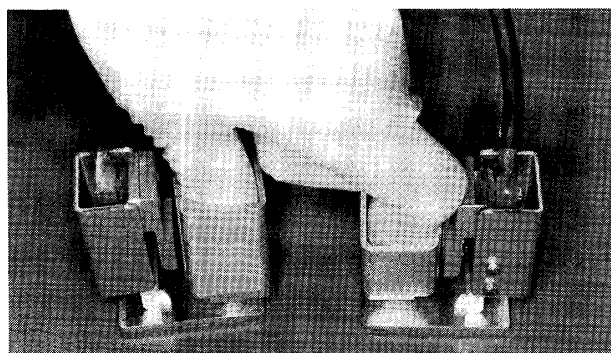


図4 張力測定装置

上：母指および示指の装着の実際，
下：皮膚接触面への紙やすりの接着(右)，紙やすりの
接着前(左)。



図5 皮膚切開時の力学的測定システムの全景
切開状況のモニタ(上)とセンサの出力モニタ(中)と
コンピュータ(下)を示す。

力センシングメスおよび張力センサにより測定されたメスの切開力と対象物を伸展する張力は、同時にモニタ上に表示され、リアルタイムに各々のセンサの出力を観察することができる。さらに張力と切開の経過をコンピュータおよびビデオに記録し、結果を解析することも可能である。

2. 対象

皮膚切開時の力学的解析を行うためにニワトリ大腿部皮膚・筋肉付き皮膚を用いた基礎実験と、実際の耳鼻咽喉科手術における耳後部および頸部手術のヒト皮膚切開時の測定を行った。なお基礎実験に用いた試料は全て市販のニワトリ(白色レグホン)である。

3. 基礎実験

基礎実験には図6に示すような装置を作製した。試料として、幅25mm、長さ70mmにニワトリ大腿部皮膚を切り出し、両端を紐付きのバイндаで固定した。下端の紐は一定量の重りで引っ張り試料に一定の張力をかけた後に力センシングメ

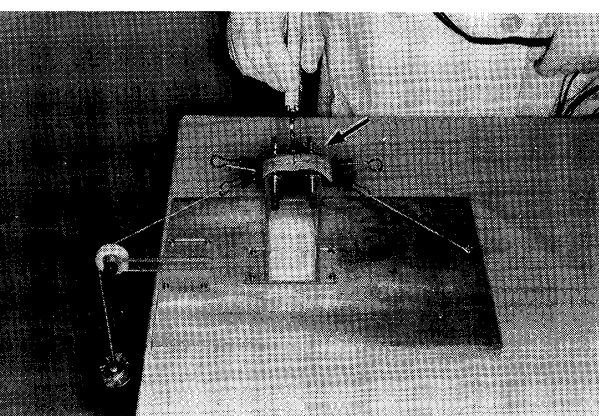
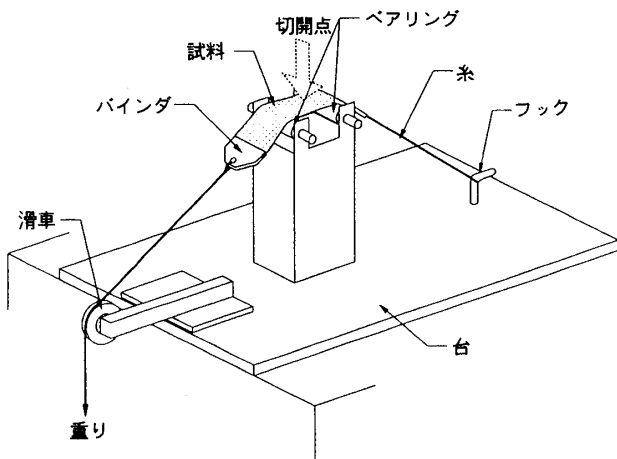


図6 皮膚切開の基礎実験の模式図(上)と装置(下)
試料のニワトリ皮膚(←)

スで切開実験を行った。

1) 押し込み切開実験(図7)

脱毛したニワトリ大腿部皮膚14例を用いた。ニワトリ皮膚を固定する際の張力は、1, 3.8, 5.8, 9.6 Nのそれぞれ4段階に設定し、これらの一定条件の張力下で、メスを垂直方向に押しつける力 F_z のみで対象を押し切る実験(押し込み切開実験)を行った。なお、切開時の、ニワトリ皮膚とメスの長軸がなす角度は当科でのヒト手術時と同じ角度(30度)とした。

2) 水平切開実験(図8)

メスで切開を行う場合、メスを垂直方向に押しつける力 F_z のみではなく対象を押しつけた後、水平方向に引く力 F_x が必要であろうと推測された。従って垂直方向に一定の押し込み力を加え、次いで引いて切るという切開方法で張力が切開力に及ぼす効果について以下の実験を行った。

ニワトリ皮膚を用いた試料の大きさ、幅および

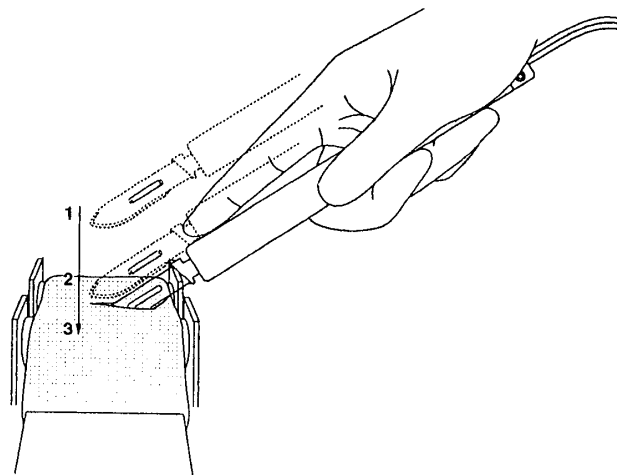


図7 押し込み切開実験の操作
1, 2, 3の順に押し込む。

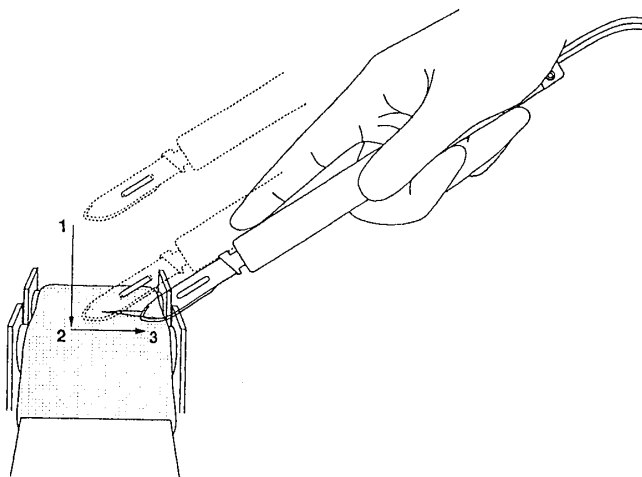


図8 水平切開実験の操作
1: 押し込む, 2: 切開開始点, 3: 引く。

固定する際の張力は、押し込み切開実験と同様に設定した。メスをニワトリ皮膚面に押しつける垂直方向の力 F_z が1Nと一定のとき、切開時メスを水平方向に引く力 F_x について測定した。皮膚が切断されるまで、メスは水平方向に一定速度で引くこととした。また押し込み切開実験と同様にニワトリ皮膚とメスの長軸がなす角度は30度とした。

3) 筋肉付き皮膚切開時の張力および切開力の同時測定

実際の手術に準じて左手母指および示指を張力センサに入れた状態で皮膚を伸展し、右手に把持した力センシングメスにより切開を行い、切開時の張力とメスによる切開力を同時に測定した。

表1 ヒト頭頸部手術時の皮膚切開法と症例

切開法	例数	手術法	例数	年齢(歳)性		
耳後部切開	7	左鼓室形成術	4	37 女		
				28 女		
				44 女		
				52 女		
				76 女		
				67 男		
頸部正中縦切開	2	気切口拡大術	1	34 女		
				71 男		
				58 女		
頸部横切開	1	甲状舌管嚢胞摘出術	1	48 女		
下顎縁に平行な横切開	2	左顎下腺腫瘍摘出術	1	45 女		
				70 女		
側頸部斜切開	3	右頸部廓清術	1	54 男		
				喉頭全摘出術	2	57 男
						62 男

なお張力については、張力なし(0N)、中等度張力(約3N)、最大張力(約6N)の3段階に設定し、張力の大小で切開力にどの程度の影響があるかを検討した。

4. 手術時ヒト皮膚切開における力の測定

平成9(1997)年1月9日～平成10(1998)年6月5日までに東京女子医科大学病院耳鼻咽喉科で、頭頸部手術時に皮膚切開を行った15症例を対象とし、張力と切開力の同時測定を行った。症例は男性5例、女性10例で年齢は28～76歳で平均年齢は53.5歳であった。

手術は鼓室形成術7例、喉頭全摘出術3例、耳下腺腫瘍摘出術1例、甲状舌管嚢胞摘出術1例、顎下腺腫瘍摘出術1例、気管切開口拡大術1例、頸部廓清術1例であった。これらの症例の切開法を耳後部切開、頸部正中縦切開、頸部横切開、下顎縁に平行な横切開(下顎縁より3cm下方)、側頸部斜切開の5つに分類した(表1, 図9)。

なお本研究は、対象とした症例に手術前に予め測定の趣旨を説明し同意を得ており、東京女子医科大学倫理委員会で承認の上行われた。

皮膚表面には切開時の皮膚の変形の有無を確認するため、あらかじめ皮膚面にピオクタニンで1cm角の格子図形を描いた(図10)。力センシング

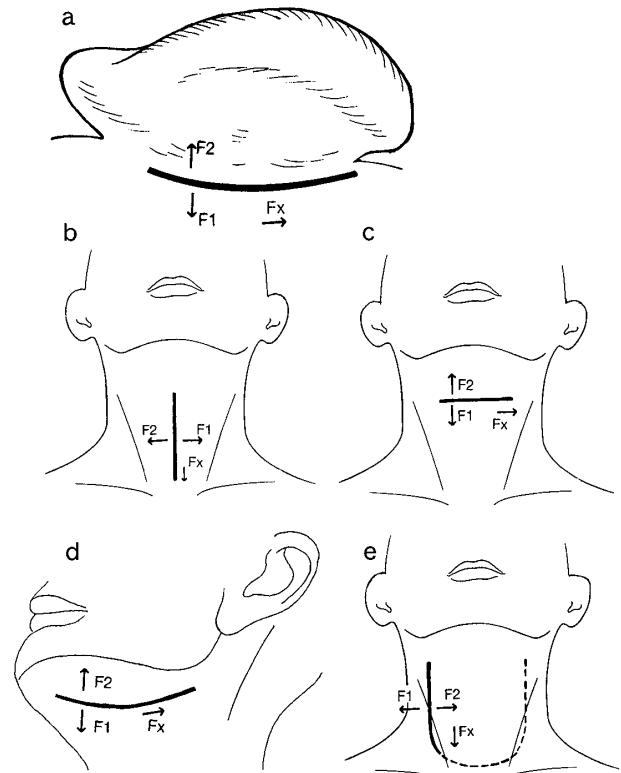


図9 切開法

a: 耳後部切開, b: 頸部正中縦切開, c: 頸部横切開, d: 下顎縁に平行な横切開, e: 側頸部斜切開。

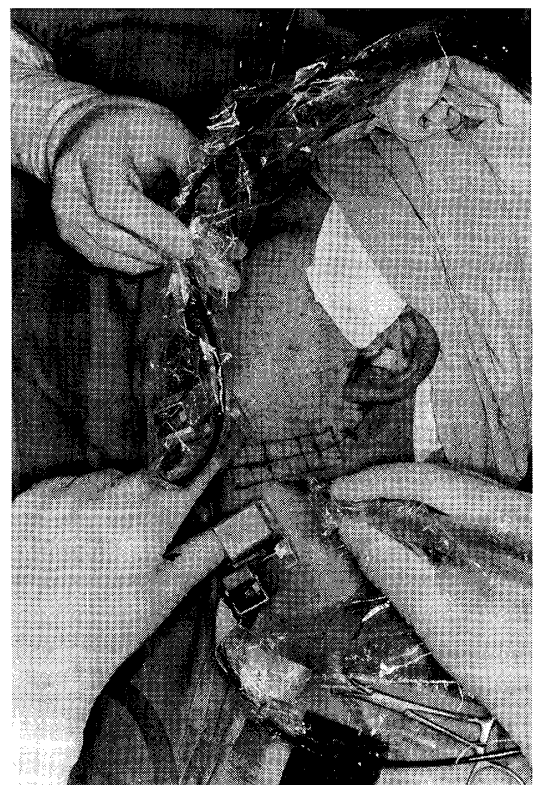


図10 ヒト頸部皮膚切開の実際
皮膚面にピオクタニンで1cm角の格子図形を描いてある。力センシングメスを右手に持ち、左手の母指にF₁、示指にF₂の張力センサを装着している。

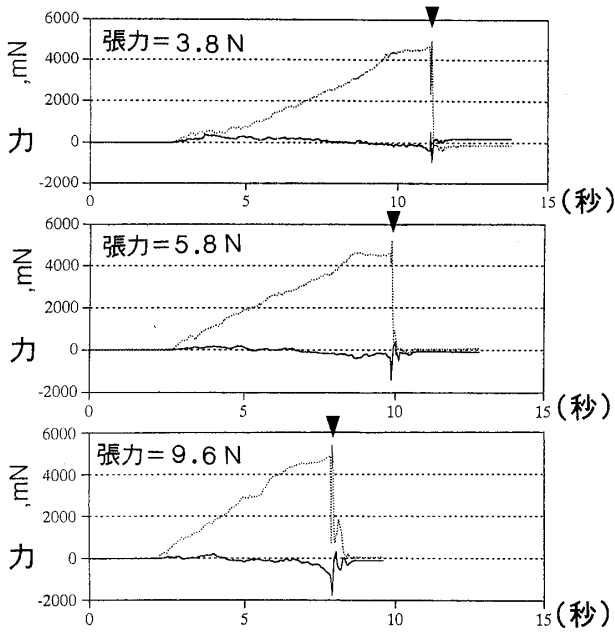


図 11 押し込み切開実験結果
 —— F_x 水平方向の力, F_z 垂直方向の力,
 切断点 (▼)

表 2 押し込み切開実験結果

張力	切開可能例	切開時 F_z 値 (N)	切開時 F_z の 平均値 (N)
1 N	0/5	—	—
3.8N	2/2	5	5
5.8N	3/3	4.7 ~ 4.9	4.8
9.6N	4/4	4.3 ~ 4.7	4.5

メスを右手に持ち、左手の母指に F_1 、示指に F_2 の張力センサを装着した。

切開法別に加え、皮膚、脂肪組織、筋膜、筋肉、骨膜に対し組織の違いにより切開力の値に差異が認め得るか検討した。

有意差については統計処理を SAS[®] (Statistics Analysis System) を用いて Bon ferroni の多重比較法による検定を行った。

結 果

1. 基礎実験

1) 押し込み切開実験 (図 11, 表 2)

一定張力をかけた状態で、切開した場合、1N の張力下では皮膚を押し切ることはできなかった。しかし 4.5~5N のほぼ一定の垂直方向の力 F_z

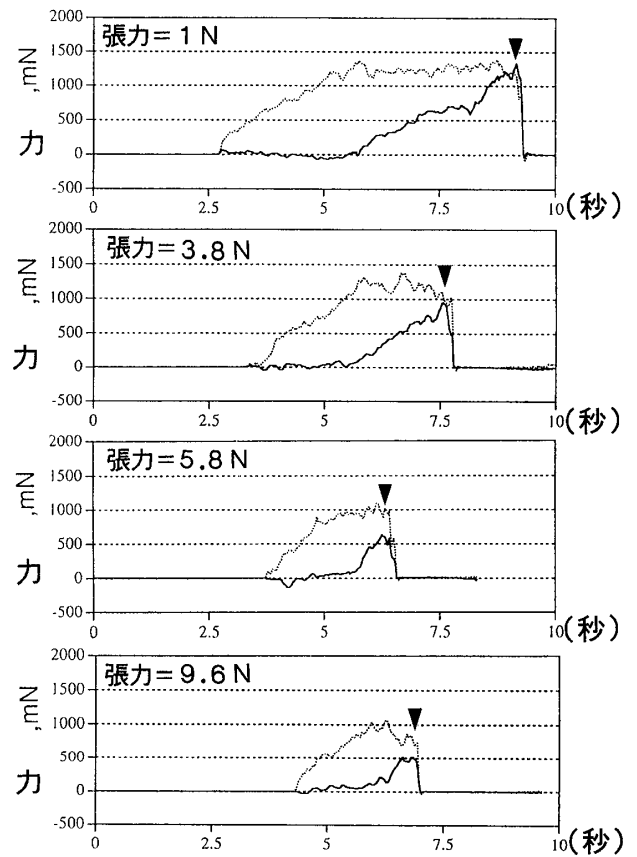


図 12 水平切開実験結果
 —— F_x 水平方向の力, F_z 垂直方向の力,
 切断点 (▼)

表 3 水平切開実験結果

張力	切開可能例	切開時 F_x 値 (N)	切開時 F_x の 平均値 (N)	切開時間の 平均値 (秒)
1 N	9/9	0.8~1.5	1.23	6.7
3.8N	6/6	0.5~1.1	0.77	4.3
5.8N	9/9	0.4~0.8	0.5	3.8
9.6N	7/7	0.4~0.6	0.49	3.7

がかかったとき張力の大小には関係なく、突然切開された。

2) 水平切開実験 (図 12, 表 3)

大きな張力が作用しているほど、切開に要する水平方向に引く力 F_x の大きさは小さかった。切開に要した時間は 1N で 6.7 秒、3.8N で 4.3 秒、5.8 N で 3.8 秒、9.6N では 3.7 秒と大きな張力が作用しているほど短い時間で切開された。張力 1N, 3.8 N, 5.8N においては大きな張力が作用しているほど有意に短い時間で切開されたが、張力が 5.8N

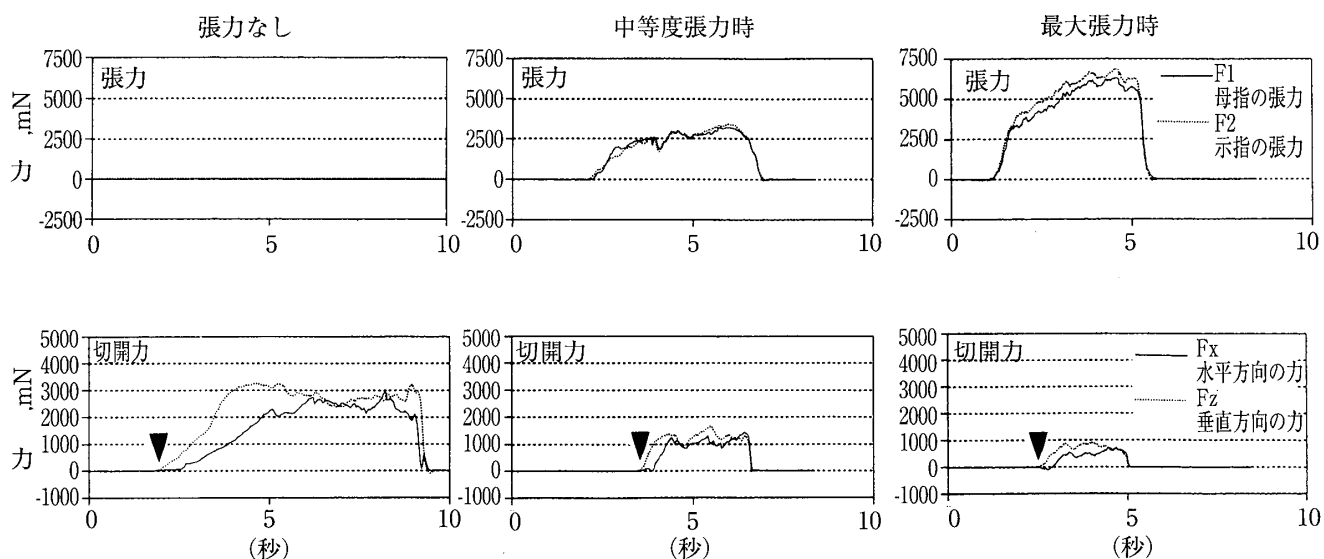


図 13 切開時の張力と切開力の関係 (ニワトリ大腿部筋肉付き皮膚)
切開開始点 (▼)

と 9.6N では切開に要する時間の有意差は認められなかった。

3) 筋肉付き皮膚切開時の張力および切開力の同時測定 (図 13)

左手の母指のかける張力 F_1 と示指のかける張力 F_2 はほぼ等しく、この張力は切開の前に急速に上昇し切開が進むにつれ徐々に低下した。切開においては最初にメスを垂直方向に押し込む力 F_z が上昇し、次いで水平方向に引く力 F_x が上昇した。また張力が大きいほど切開時の力は小さく、切開に要する時間は短縮された。

2. 手術時ヒト皮膚切開における力の測定

15 例のうち耳後部切開、下顎縁に平行な横切開、頸部正中縦切開、頸部横切開の各々 1 例を呈示する。

耳後部皮膚切開時 (図 14) の張力については示指のかける張力 F_2 は母指のかける張力 F_1 より大きかった。切開力についてはメスを垂直方向に押し込む力 F_z と水平方向に引く力 F_x が同時に上昇し、その大きさは F_x の方が F_z より大きかった。この症例については切開力は骨膜、筋膜、皮膚の順に大きかった。耳後部切開 7 例中全例で筋膜切開に要する力は皮膚切開に要する力よりも大きかったが、骨膜切開に要する力は大小のばらつきが大きく一定の傾向はみられなかった。

下顎縁に平行な横切開 (図 15) では、張力は切開の直前、その都度上昇し、母指がかける張力 F_1 と示指がかける張力 F_2 はほぼ等しくその大きさは約 6N であった。メスを垂直方向に押し込む力 F_z は水平方向に引く力 F_x よりも先に上昇し、その大きさは F_z の方が F_x より大きかった。また切開に要する力は皮膚では大きく、脂肪、広頸筋では小さかった。

頸部横切開 (図 16) では、示指がかける張力 F_2 は母指がかける張力 F_1 よりも大きかった。下段に示すように最初にメスを垂直方向に押し込む力 F_z が上昇し、次いで水平方向に引く力 F_x が上昇し、その大きさは F_z の方が F_x より大きかった。また切開に要する力は皮膚では大きく、脂肪では小さかった。

頸部正中縦切開では F_2 が F_1 より常に大きかった (図 17)。下段に示すように最初にメスを垂直方向に押し込む力 F_z が上昇し、次いで水平方向に引く力 F_x が上昇し、その大きさは F_z の方が F_x より大きかった。 F_x は切開の開始時のみ、一時的に負の値を示した。 F_x 、 F_z の値は皮膚よりも脂肪で小さかった。

以上よりヒトの頭頸部手術の力学的解析について耳後部切開と頸部切開に分けて 15 症例をまとめてみると (表 4)、耳後部切開 7 例中、母指がか

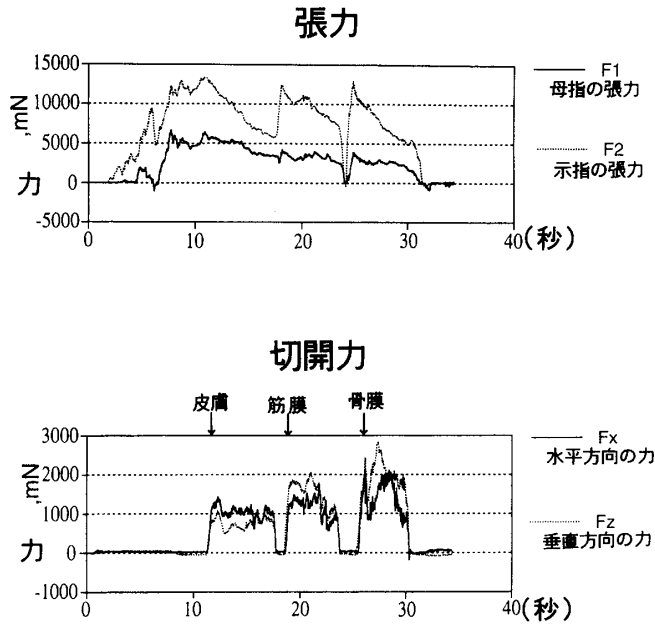


図14 耳後部切開の張力と切開力 (44歳 女性)

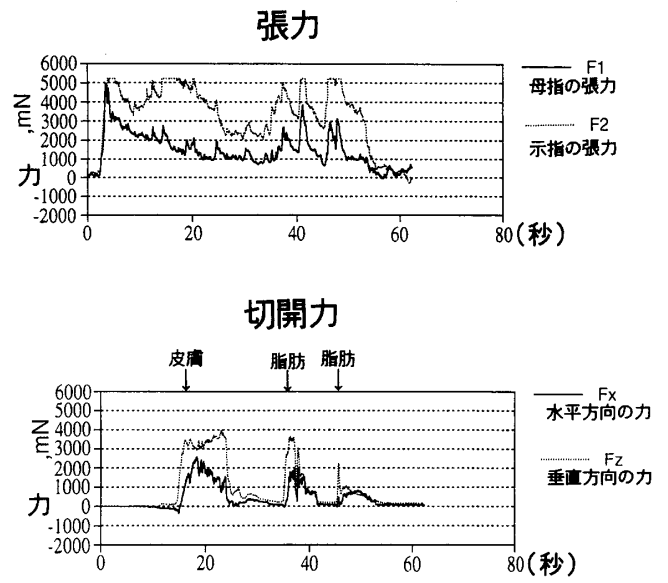


図16 頸部横切開の張力と切開力 (48歳 女性)

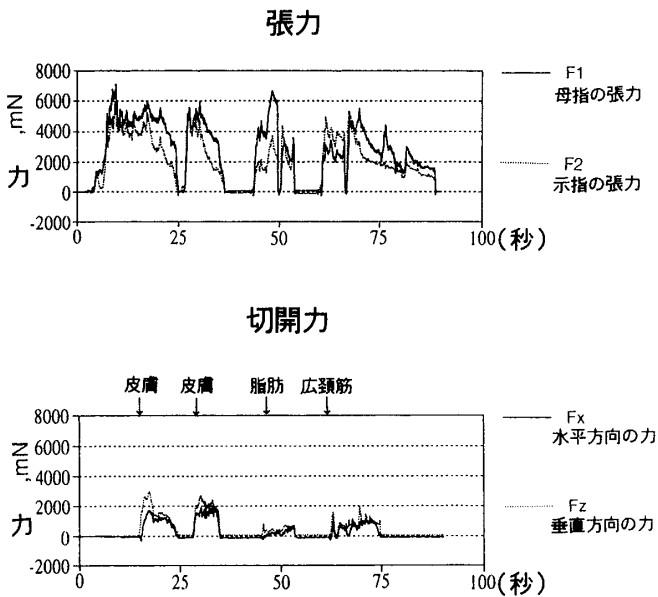


図15 下顎縁に平行な切開の張力と切開力 (70歳 女性)

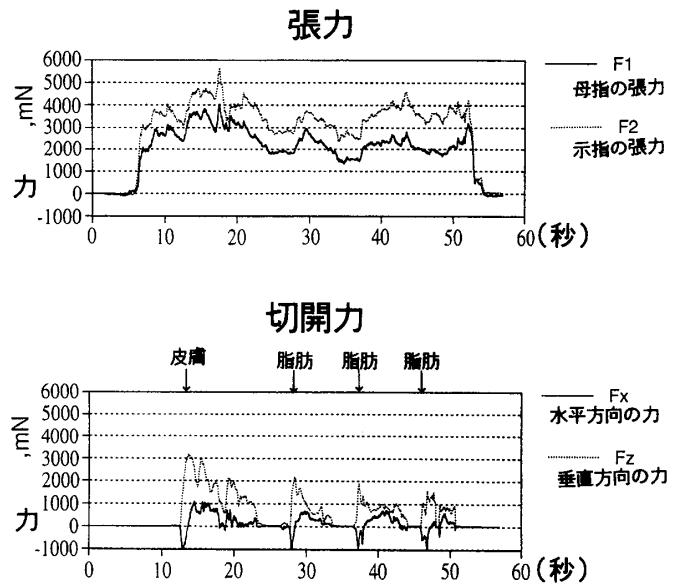


図17 頸部正中縦切開の張力と切開力 (34歳 女性)

ける張力 F_2 が示指がかける張力 F_1 よりも大きいものが5例であり、示指がかける張力は母指がかける張力よりも大きい傾向がみられた。このとき示指のかける張力は耳介側の方向に向かう張力として記録された。頸部切開8例中7例で、示指がかける張力 F_2 は母指がかける張力 F_1 よりも大きく、耳後部切開と同様に示指がかける張力は母指

がかける張力よりも大きい傾向がみられた。

切開力のパターンについてみると(図18), 耳後部での切開時, メスを垂直方向に押し込む力と水平方向に引く力はほぼ同時に上昇し, 水平方向に引く力と垂直方向に押し込む力はほぼ等しかった。このパターンは耳後部切開7例全例にみられ, 頸部正中縦切開(気管切開口拡大術)の症例では, 切開時に水平方向に引く力(F_x)が一時的に大きな負の値(切開と逆方向の力)を示していた。この

表4 切開時の母指(F_1)と示指(F_2)の張力

	耳後部切開	頸部切開
$F_1 > F_2$	2	1
$F_1 < F_2$	5	7

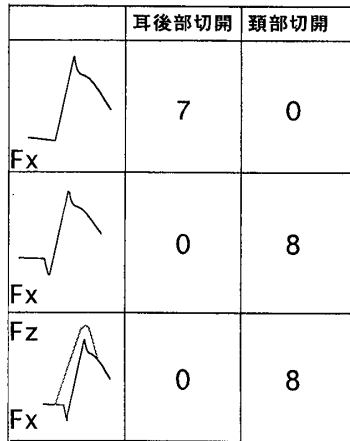


図18 皮膚切開のパターン

ように切開開始時に水平に引く力 F_x が一時的に負の値（切開と逆方向の力）を示す波形は値の大小はあるものの頸部切開全例で観察された。また、切開時メスを垂直方向に押し込む力は水平方向に引く力よりも先に上昇し、垂直方向に押し込む力の方が水平方向に引く力より大きかった。同様の所見は頸部切開8例全例にみられた。

考 察

現在までに手術時における切開の力学的測定はほとんど行われていなかった。その理由は切開について解析を行う場合、皮膚の厚さ・硬さ、そのほか筋肉、骨膜など組織の諸条件が異なるためである。これに加え実際の切開時には皮膚にかかる張力も関与してくる。このため、力学的解析はかなり複雑になる。

そこでまずニワトリの皮膚を使用して基礎的な実験を行った。

1. 基礎実験について

ニワトリ皮膚を用いた切開実験では、メスを垂直方向に押し込む力のみではなく、対象を押し込んだ後、水平方向に引く力が必要であることが証明された。また垂直方向への押し込み力があるとき、張力が大きいほど、水平方向に引く力は小

さく、切開時間が短縮されることがわかった。ただし5.8N以上張力をかけても切開時間および切開に要する力には有意差がなく、切開に要する張力は5.8N程度で充分であると考えられた。

ニワトリ筋肉付き皮膚を用いた張力および切開力の同時測定では、左手の母指と示指がかける張力は切開の前に急速に上昇し、切開が進むにつれ徐々に低下しており、切開力と張力の大きさの変化には一定の関係があることが示唆された。この実験では母指がかける張力と示指がかける張力はほぼ等しくその大きさは約6Nであり、この値はニワトリの皮膚切開実験で得られた切開時にかかるべき十分な張力の値とほぼ一致した。またニワトリの皮膚切開実験と同様に切開時、最初にメスを垂直方向に押し込む力が上昇し、次いで水平方向に引く力が上昇し、張力が大きいほど切開に要する力は小さく、切開に要する時間は短縮されることがわかった。

基礎実験により、切開時の張力の必要性とかけるべき張力の大きさを力学的に確認できた。また切開時にメスを垂直方向に押し込む力が最初に上昇し、次いで水平方向に引く力が上昇することがわかった。これを考慮に入れヒト皮膚切開の力学的解析を行った。

2. 手術時ヒト皮膚切開における力学的解析について

耳後部切開7例中、示指がかける張力が母指がかける張力よりも大きいものは5例であり、示指がかける張力は母指がかける張力よりも大きい傾向がみられた。この場合、示指のかける張力は耳介側の方向に向かう張力として記録された。これより母指は皮膚を固定する役割が主となり、示指は耳介を伸展する役割を持っていることがわかった。

頸部切開8例中7例で、示指がかける張力は母指がかける張力よりも大きく、頸部のように厚い組織でも耳後部切開と同様に母指は主として組織を固定し、示指で皮膚への張力を加える傾向があることがわかった。

切開力の解析を行ったところ、耳後部切開では、メスを垂直方向に押し込む力と水平方向に引く力

はほぼ同時に上昇し、その大きさはほぼ等しかった。このパターンは耳後部切開7例全例にみられた。これは耳後部の皮膚および皮下組織が極めて薄く、切開の開始時に必要な押し込み力が小さいためと考えられた。

頸部切開では、切開時メスを垂直方向に押し込む力は水平方向に引く力よりも先に上昇し、垂直方向に押し込む力の方が水平方向に引く力より大きかった。これは頸部皮膚および皮下組織が厚いため垂直方向に押し込む力を水平方向に引く力と比べ大きく加える必要があることを示している。

皮膚、脂肪組織、筋膜、筋肉、骨膜に対し組織の違いにより切開力の値に差異の有無があるか検討を行ったところ、耳後部切開では7例全例で皮膚切開よりも筋膜切開で大きい値がみられたが、その他の脂肪組織、筋膜・筋肉、骨膜では切開力の大きさのばらつきが多く一定の傾向はみられなかった。このばらつきの原因として手術症例の肥満度、年齢、術者の相違などが考えられる。

頸部正中縦切開（気管切開口拡大術）の症例では、切開時に水平方向に引く力（ F_x ）が一時的に大きな負の値（切開と逆方向の力）を示していた。頸部正中縦切開では前回の気管切開による瘢痕組織が存在するため切開開始時に、水平方向に引く力と反対方向の力が著明に加わっていると考えられた。

このように切開開始時に水平に引く力 F_x が一時的に負の値（切開と逆方向の力）を示す波形は値の大小はあるものの頸部切開全例で観察された。これは頸部組織のような皮下脂肪、筋肉などの厚い組織では、水平方向に引く力に抗した力が切開開始時に働いていることを意味する。

今回の実験から、切開の対象に十分な張力を加えることによって小さな切開力と短い時間での切開が可能であることが力学的に証明された。切開時に、十分な張力を対象物にかけることでメスと対象物との摩擦を減らし、対象物をほとんど変形させずに、円滑に切開を行うことが可能となる。切開が円滑であるか否かは、創傷の治癒過程にも影響が生じるため、手術時の切開ではメスの操作と同様に皮膚に適切な張力をかけることに習熟

する必要がある。

今回開発した力センシングメスおよび張力センサは、将来的に新人医師の外科的手技の教育やロボットによる遠隔操作による手術などに応用し得る可能性がある。

まとめ

手術時の切開を力学的に解析する目的で2軸力センシングメスと張力センサを作製した。

基礎実験より、切開はメスで押し込んでからさらに引く力と、この時に切開部位と直角の方向に適切な張力をかけることにより容易に行われることが力学的に確認できた。

実際に耳後部および頸部の皮膚切開を行った場合、母指には組織を固定する役割があり、主として示指が皮膚に対する張力を加えていることが確認できた。

さらに皮下組織の薄い耳後部切開と皮下組織の厚い頸部切開では、波形の相違を認め、その原因について解析することができた。

今回の研究により、これまで医師の経験や主観でしか述べられていなかった手術時の切開および張力のかけかたを具体的な数値により評価することができた。

稿を終えるにあたり力センシングメスおよび張力センサの開発に協力していただいた東京大学工学系研究科産業機械工学：畑村洋太郎教授、中尾政之助教授、矢野崇史氏、江口郁子氏、大草武徳氏に深謝致します。

本研究は、医薬品機構の「保健医療分野における基礎研究推進事業」の支援を受けた。

本論文の要旨は第7回日本頭頸部外科学会（1997年1月、東京）、第98回日本耳鼻咽喉科学会（1997年5月、大阪）において発表した。

文 献

- 1) 小室裕造：1. 皮膚切開、剥離と止血の愛護的操作。形成外科 42（増）：S79-S82, 1999
- 2) 土田幸英, 福田 修：2. 皮膚切開, 皮下剥離と止血操作。形成外科 39（増）：S7-S11, 1996
- 3) 関 州二：「手術手技の基本とその勘どころ」pp 313-335, 金原出版, 東京（1995）
- 4) 門田俊夫, 坂本昌義, 柵瀬信太郎ほか編：「実践の

- 外科臨床」 pp4-7, 医学書院, 東京 (1997)
- 5) 大鐘稔彦:「実践の手術手技 教科書にないテクニックとコツ」 pp42-43, 金原出版, 東京 (1989)
 - 6) 村上次男: 損傷の生成起序と損傷の形とのかかわり合いについての省察 I. 法医の実際と研 **20**: 171-197, 1977
 - 7) 村上次男: 損傷の生成起序と損傷の形とのかかわり合いについての省察 II. 法医の実際と研 **21**: 179-209, 1978
 - 8) 村上次男: 損傷の生成起序と損傷の形とのかかわり合いについての省察 III. 法医の実際と研 **23**: 221-242, 1980
 - 9) 村上次男: 損傷の生成起序と損傷の形とのかかわり合いについての省察 IV. 法医の実際と研 **24**: 155-175, 1981
 - 10) **Shino A, Ishii T, Takayama M**: Measurement of the strength of human tympanic membrane using a force-sensing myringotomy knife. *Otol Jpn* **7** (2): 97-101, 1997
-