

1
タイオーバー法により植皮片に加わる
圧の経時的変化について

弘前大学医学部第一解剖学教室

四ッ柳高敏

はじめに

タイオーバー法は、皮膚移植に際し、植皮片を移植床に固定する手技の一つとして、臨床的に重要な役割を果たしている。本法の導入により、植皮術の成績が著明に上昇し、一般に植皮術が普及したといっても過言ではない。

タイオーバー法の目的としては、植皮片を移植床に固定するとともに、植皮片に適度な圧迫を加えるといわれている^{1) - 8)}。適度の圧迫は植皮片の生着に好影響をもたらすと考えられているが^{1) - 11)}、過度の圧迫は植皮片の壊死をもたらし、臨床において合併症のひとつとして問題になることがある^{1) 3) 7) 8) 12) 13)}。

圧迫が、植皮片に対して果たす役割については、植皮片の生着率の向上のため、また、植皮片の生着過程を解明するためにも、詳細に検討すべき問題のひとつと考えられるが、

実際には不明の点が多く、特に圧迫の程度や
期間について考察された文献は稀である。

著者は、圧測定装置を開発し、始めに実験
モデルを用いて、タイオーバー作成後の植皮
片にかかる圧の経時的変化を調査し、若干の
知見を得、また、臨床の場で使用し、圧測定
装置の臨床的有用性を認めたので報告する。

実験的モデルにおける観察

実験装置、材料、および方法

実験装置

経時的に圧を測定する装置を作成するため

・カフ内圧測定器 (Portex, Hythe, U.K.)

・7 French血管造影用チューブ (Cordis, Miami, U.S.A.)

・厚さ約 0.03 mm, 直径 2 cm のゴム製バルーン

を用いた。

本材料は、血管造影用チューブの先端に、

縫合糸と接着剤を用いてバルーンを装着し、

2 ml の生理食塩水を注入後、カフ内圧測定器に接続して使用した (Fig. 1)。

本装置で得られる値の信頼性は、血圧計の値との比較により確認した。すなわち、麻酔用バック中に、本装置のバルーン部分、ならびに、水銀血圧計のマンシェットを取り除い

た一端を入れ密閉した後、バックを加圧し、得られた値を比較したが、本装置で示される値は、0～100 mmHgまでは水銀血圧計とほぼ同じ値が得られた。

実験材料

今までの臨床的観察、ならびに文献調査⁴⁾¹⁴⁾より、タイオーバー作成後の圧の経時的変化に対し、タイオーバー用材料の種類や量、縫合材料、浸出液、移植床の可動性や硬さなどが影響をおよぼしていると考えられたため、これらの条件を変えて調査を行うことにした。

移植床として、軟部組織の実験モデルとしては、レストンスポンジ（厚さ約2.5 cm 20×30 cm、住友スリーエム、東京）を用いた（A～G群）。また、移植床が硬い場合を想定し、レストンスポンジの中央を、直径8 cmの円形にくりぬき、鉄板（厚さ約2.5 cm、直径8 cm円形）を挿入したものを、移植床として使用した（H群）。

一方レストンスポンジでは、タイオーバー作成後の、移植床周囲組織の可動性の再現が、得られないと考えられたため、鳥肉（厚さ約3cm、15×18cm）を用いたモデルも作成し、肉片端を固定せず台の上に置いただけとして、周囲組織の可動性の良いもの（I群）と、肉片周囲を台に4箇所釘で固定し、縫合糸を結ぶ際に周囲の可動性を減じたもの（J群）の2種類作成した。

タイオーバー用材料の種類としては、脱脂綿、糸屑（カットヤーン、マスコット、長崎）、さばいたガーゼを用いた。使用量は、臨床で使用する量を目安にして、通常のタイオーバーで使用するであろう8g、ならびにタイオーバー材料が多かった場合も想定し、倍量の16gを選択した。

縫合糸は、4-0編絹糸（日本商事、大阪）を用いたが、E群では4-0モノフィラメントナイロン糸（日本商事、大阪）を用いて作成した。

また、臨床的に、タイオーバー作成後、浸出液などで材料が湿ることが経験される。このため F 群では、タイオーバー作成直後に 10 ml、24 時間後に 5 ml、48 時間後に 2 ml の生理食塩水を、タイオーバー材料に均一に浸潤するように散布した。一方、G 群では、始めから脱脂綿に生理食塩水 15 ml を散布し、全体を湿らせたものを材料にタイオーバーを作成した。他の群での材料は、常に乾燥状態に保った。

なお、各実験群の条件の組み合わせは、Table 1 に示した。

実験方法

タイオーバー作成にあたっては、直径約 8 cm の円形の移植床を想定し、その周囲に 8 針の縫合糸を用いた。また、同一術者が、臨床で行う場合と同一の手技で作成した。前述の条件の組み合わせにより、A ~ J 群各々 10 個のタイオーバーを作成した。測定には、前述の

圧測定装置を用い、タイオーバー作成直後、
4、8、24時間後、以後1日毎に、7日目まで測
定した (Fig. 2)。

測定した10群につき

1) タイオーバー材料の種類 (A, B, C群)

2) タイオーバー材料の量 (A, D群)

3) 縫合糸の種類 (A, E群)

4) タイオーバー材料の湿り方 (A, F, G群)

5) 移植床の硬さ (A, H群)

6) 周囲組織の可動性 (I, J群)

の6項目について、各群の間での比較を行っ

た。統計学的検定には、各群間のタイオーバー
作成直後の圧 (初圧) については、Student's
t-test、圧の経時的変化については

F-testを用いた。

結 果

1) タ イ オ ー バ ー 材 料 の 種 類

A, B, C 群 の 比 較 に お い て、 初 圧 は ど れ も 約 30 mmHg で あ り、 ほ ぼ 同 値 で あ っ た。 そ の 後 24 時 間 ま で は、 平 均 値 に お い て、 さ ば い た ガ ー ゼ、 糸 屑、 脱 脂 綿 の 順 に、 早 期 に 圧 の 低 下 が み ら れ た も の の、 い ず れ も 術 後 3 日 目 以 降 は 約 20 mmHg と、 再 び ほ ぼ 同 値 を 維 持 し た。 各 群 間 で 初 圧、 経 時 的 圧 変 化 と も に 差 を 認 め な か っ た (Fig. 3)。

2) タ イ オ ー バ ー 材 料 の 量

タ イ オ ー バ ー 材 料 を 2 倍 と し、 他 の 条 件 を A 群 と 同 一 に し た D 群 で は、 初 圧 は、 A 群 と ほ ぼ 同 様 に 24 時 間 以 内 に 速 や か に 低 下 す る 傾 向 を 示 し た。 ま た 3 日 以 降 の 両 者 の 圧 に も、 明 確 な 差 は み ら れ な か っ た (Fig. 4)。

3) 縫 合 糸 の 種 類

絹糸を用いた A 群とナイロン糸を用いた E 群の比較において、初圧はナイロン糸のほう
が 5 mmHg 低く、有意差が認められた
(Student's t-test, $p < 0.01$)。その後の経
時的変化では、E 群で、より速やかに圧が低
下する傾向があり、術後 3 日目以降は、両者
では 7 mmHg の圧差がみられた (Student's
t-test, $p < 0.01$, Fig. 5)。

4) タイオーバー材料の湿り度

a) 作成後タイオーバー材料に生理食塩水を
散布した F 群では、作成条件が同じで乾燥状
態に保った A 群と比較し、特に 24 時間以内で、
急激な圧低下を認めた (F-test, $p < 0.05$)。

また、最終的な圧においては、両者で 11 mmHg
の差を認め、有意差がみられた (Student's
t-test, $p < 0.01$, Fig. 6 a))。

b) はじめから湿ったタイオーバー材料を用
いた G 群では、A 群と比較して、初圧では 3

mmHgほど高値を示した。また経時的変化では、10群中唯一、圧が3日目からやや増加する傾向を認め、有意差を示した(F-test, $p < 0.05$)。

3日目以降の両者の圧差は6mmHgとなった(Student's t-test, $p < 0.01$, Fig. 6b)。

5) 移植床の硬さ

A群と比較して、硬い移植床を想定したH群では、初圧の平均値で4mmHg高かった(Student's t-test, $p < 0.01$)。また、タイオーバー作成後の圧の低下はより緩やかで、両群間での圧の減少度において有意差を認めた(F-test, $p < 0.05$)。術後3日以降には、圧差は8mmHgとなった(Student's t-test, $p < 0.01$, Fig. 7)。

6) 周囲組織の可動性

タイオーバー周囲組織の可動性の影響を調査するため、鳥肉を移植床に用いたI, J群で比較を行ったが、初圧では、周囲を固定しな

かった J 群 と、 周囲 を 固定 した I 群 で、 差 は
認め られ な かった。 し かし 圧 の 減 少 度 に お い
て は、 J 群 の 方 が、 速 や か に 減 少 す る 傾 向 が
あり、 有 意 差 を 認 め (F - t e s t , $p < 0.05$)、 最
終 値 に お い て は 6 m m H g の 圧 差 と な っ た
(S t u d e n t ' s t - t e s t , $p < 0.01$, F i g . 8)。

臨床調査

さきに述べた圧測定装置を用いて臨床で実際に植皮片に加わっている圧を調査した。

方法

当科で、頭部から膝窩にいたる身体各部に、分層、全層植皮術を施行した患者37症例50部位に対し、前述の装置を用いて測定した。移植床は原則として脂肪または筋組織としたが、口唇部の1部位、膝窩部の2部位では瘢痕組織、前額部の1部位と頭部の1部位では骨膜であった。頬部の2部位、胸部の9部位のうち3部位、背部の5部位のうち1部位では移植床下に一部、頬骨、肋骨、肩甲骨などの存在する部で測定した。タイオーバーの作成にあたっては、材料、手技などの作成条件を一定にし、同一術者が行った。また、作成時には、カフ圧計の値が見えないようにした。手技としては、植皮片を移植床に4-0編絹糸

(日本商事, 大阪) で 2 ~ 3 cm 間 隔 に 縫 合 し、
その糸を利用してタイオーバーを作成した。
植皮片上に軟膏ガーゼを置き、軟膏ガーゼ上
中央にバルーンを設置した。タイオーバー材
料としては糸屑(カットヤーン、マスコット、
長崎)を用いた(Fig. 9 a), b))。

カフ圧計は植皮片と同じ高さで創外に固定
し、タイオーバー作成直後、4, 8, 24 時間後、
以後 1 日毎に圧を測定し、原則として 7 日後
にタイオーバーを除去した。ただし、今回の
調査のうち 2 部位は術後圧の高値が持続し、
圧迫壊死の危険があると判断されたため、術
後 5 日目にタイオーバーを除去した。

測定結果については、Student's t-test を
用いて比較検討した。

結果

今回調査した部位では、全例臨床的に問題となる植皮片の壊死は認められず、測定装置が植皮片に対し、何らかの悪影響を及ぼした所見は得られなかった。

タイオーバー施行部の部位別の内訳は、Table 2 に示した。

タイオーバー施行直後の圧は部位により差が認められた。全部位の平均は $29 \pm 13 \text{ mmHg}$ (平均 \pm 標準偏差) で、そのうち $30 \sim 39 \text{ mmHg}$ の圧を示すもの 17 部位 (34%)、 $20 \sim 29 \text{ mmHg}$ の圧を示すもの 11 部位 (22%) の順に多かったが、 50 mmHg 以上を示すものも 3 部位 (6%) にみられた。後述する 1 ~ 3 型についてみると、2 型では初圧が高値を示すものが多い印象があった (Table 3)。

タイオーバー施行直後の圧と、タイオーバー施行部位の関係では、頭部では $37 \pm 12 \text{ mmHg}$ と、その他の部位に対し有意に高かった (Student's t-test, $p < 0.01$)。また、背部は

26 ± 12 mmHg、腹部は22 ± 16 mmHgと、全部位平均より低く、逆に、瘢痕上で行ったものは40 ± 13 mmHg、移植床下に一部骨のある部位で行ったものは37 ± 10 mmHg、骨上で行ったものは34 ± 4 mmHgと、全部位平均より高値を示した (Table 4)。

圧の経時的測定の結果では多くの部位で術後圧の低下を認め、その圧の経時的変化の様相により、3種類、つまり1, 2, 3型として分類した。

1型は、圧が、タイオーバー作成後48時間以内に急激に低下し0になるパターンを示すもので、50部位中32部位、64%を占めた。タイオーバー施行直後の圧の平均は26 ± 12 mmHgであり、その後、圧は急激に低下し、早いもので術後4時間以内、遅くても2日後には0を示した。部位別では腹部、背部、殿部、大腿部の16部位のうち15部位(94%)で1型を示し、おもに躯幹部に多い傾向を示した。また、本型は、前述した、瘢痕上、一部骨を有する

移植床、頭部骨膜上に移植した部位には認められなかった (Fig. 10)。

2型は、タイオーバー作成後の圧がある程度低下するものの48時間以降も0にはならず、
5 ほぼ一定の値を維持する型で、14部位、28%
を占めた。タイオーバー施行直後の圧は 38 ± 11 mmHg、
48時間以降維持した圧は 14 ± 9 mmHg
であった。瘢痕組織上に行った3部位中膝窩
部で測定した2部位、および移植床下に一部
10 頬骨や肋骨の存在する部で測定した5部位は
2型を示し、これらのタイオーバー作成直後
の圧は、2型のなかでも比較的高値を示した
(Fig. 11)。

3型は術後圧がほぼ一定値を維持する型で、
15 口唇部、背部、前額部、頭部各1部位ずつの
4部位、8%において本型を示した。口唇部
の1部位は移植床に硬い瘢痕組織が存在した
部位であり、背部の1部位では移植床下に肩
甲骨が存在した。前額部、頭部の症例は骨膜
上に移植したものであり、この2症例では圧

迫壊死を懸念し、5日目にタイオーバーを除
去したが、植皮片は良好に生着した。本型の
タイオーバー施行直後の圧の平均は $27 \pm 7 \text{ mm}$
 Hg 、5日目の圧は $24 \pm 10 \text{ mmHg}$ であつた
(Fig. 12)。

5

10

15

(20×20)

5

10

15

考 察

タイオーバー法は、植皮片を固定した縫合糸を長く残しておき、植皮片上に脱脂綿や糸屑などを積み重ね、その上で縫合糸を互いに結び合わせることで、植皮片を移植床に一塊にして固定する方法である^{2) 4) 7)}。現在では、植皮術を施行する際に最も広く普及している方法のひとつであり、その有用性については多くの臨床家達の支持を得てきた^{1) - 8)}。

タイオーバーの植皮片に及ぼす作用については、植皮片の移植床への固定、植皮片に対する圧迫などが植皮片の生着に好影響をもたらすと一般に考えられてきた^{1) - 11)}。

しかし、タイオーバーの作用について実際に調査した文献は少なく、特に圧迫の程度や期間については不明であり、タイオーバー作成時には、術者の経験に基づいて、圧迫が加えられているのが現状である^{7) 12)}。

一方、過圧迫により植皮片が圧迫壊死を起

こすことが報告されており^{1) 3) 7) 8) 12) 13)}、
臨床においてしばしば遭遇する合併症のひとつである。

よって、植皮片の生着に圧力が必要である
ならば、ある程度の臨床的な目安が必要であ
5 ることは論を待たない。著者は、植皮片の生
着機序を解明する上でも、また、確実な植皮
片の生着を得るための臨床上の目安となるべ
き指標を求めるために、実験および臨床にお
ける調査を行った。

10 圧迫に対する過去の文献の調査において、
圧迫が移植皮膚の生着に不可欠であると述べ
ている文献は数多く見られるものの^{1) - 11)}、
その程度については、適当な、軽い、などの
漠然とした表現が多い^{1) 2) 3) 5) 6) 10)}。より
15 具体的な表現としては、Greeley が、婦人の
手をにぎる位が適当であるとし¹¹⁾、倉田は
植皮辺縁が周囲の皮膚面よりすこし持ち上
がる程度を目安にすると述べているが⁴⁾、臨床
においては症例ごとに状況は異なるため、客

観的な判断をするための情報としては不足であろう。

具体的に数値による客観的な判断を試みた文献として、Smithらは、通常人の末梢静脈で5～15mmHg、末梢動脈で40～50mmHgの血圧があるので、全層植皮においては静脈を圧迫し動脈を一部圧迫する30mmHgが適当であるとしている⁹⁾。しかしタイオーバー作成後圧がどう変化するかについては述べていない。

また、櫻井らは、タイオーバーの圧が植皮片に及ぼす影響を、ワイヤーバルーンタイオーバーを用いた動物実験において調査したが、その結果、10～20mmHgの圧を4日間均一に加えることにより、植皮片の生着率が向上したが、それ以外の圧では生着率は不良であったと述べた。彼らによると、低い圧でも生着し、また、末梢動脈の血圧を越える圧であれば、植皮片が阻血状態になり、圧迫壊死の危険がある⁷⁾と述べている。しかし、彼らの方法は、臨床で使用されているタイオーバーとは、異

なる方法であり、直接臨床の場に適合させることはできないと思われる。

5 圧迫が植皮片に及ぼす効果について、Converseらは、血腫を防止し、静脈うっ血や浮腫を抑制し、また、植皮片と移植床間のフィブリン層をより薄くすることで移植床の血管の植皮片への進入を容易にすると述べ、術後早期では圧迫が植皮片に好影響をもたらすと考えている⁵⁾。

10 また、Sawadaらはシリコンゲルタイオーバーを用いて植皮を行い植皮片の状態を直接観察し、血腫やうっ血などの合併症は術後2日以内に認められたと述べ、術後早期に限定して適切な圧が加わると血腫やうっ血の発生を防ぐが、
15 反対に血行再開期の時期での過剰な圧は血管の植皮片への穿通を阻害し、圧迫壊死の危険性をもたらすと述べている⁸⁾。

一方、植皮片に圧迫は不要と考えるものもあり^{12) 13) 15) 16)}、Davenportらは、頭頸部領域の小さな全層植皮片において、タイオー

バーを行った場合と、タイオーバーを行わず quilting suture のみの場合の植皮片の生着を比較して、生着率には差がなく圧迫は必ずしも必要ではないと述べている¹⁶⁾。

5 Niranjana らも植皮に圧迫は不要で、タイオーバーは固定が主目的であると述べている¹³⁾。

また、福田らは植皮片の圧迫は、移植皮膚片の下に血腫や seroma を形成し皮膚が壊死に落ちいるのを防ぐためであって、これさえなければ皮膚片と移植床はよく密着するため圧迫10を加える必要はないと述べている¹⁵⁾。

タイオーバー作成後の圧の経時的変化や、変化に影響をおよぼす因子については、さらに調査は稀であり、我々の調査した範囲では、15わずかに、倉田の報告があるのみである⁴⁾。

倉田は、タイオーバーに使用する材料や、湿気が圧に影響を及ぼしていると推定し、脱脂綿を使用すると圧迫がガーゼより強くなりがちであり、また、予め生理食塩水で湿らせた脱脂綿を用いると、術後この脱脂綿が乾いて

mold 状 とな り 強 い 圧 迫 が 植 皮 片 に 加 わ る と 述
べ て い る ⁴⁾。

また、タイオーバーとは直接比較にならない
いが、圧迫包帯において、Crasswellerらは、
5 圧の経時的変化を測定し、湿気が圧変化に影
響を及ぼすとしている。彼は、圧は初めの24
時間 で 著 明 に 低 下 し、また、ドレッシングを
湿らせるとさらに圧が急激に低下することを
報告し、これはドレッシング材料のしおれや
10 軟化が影響したのであろうと述べている ¹⁴⁾。

臨床的にはタイオーバーは術者により使用
材料や手技が異なり、また、移植床の状態や
部位も症例により異なるため、タイオーバー
により加わる圧やその経時的変化も異なるこ
とが予想される。著者は、実験モデルにおい
15 て、経時的圧変化を測定し、検討したが、今
回の実験においては、殆どの例で圧が低下す
る傾向を示した。しかし、条件の違いにより
圧の経時的変化は異なってくる傾向があった。

タイオーバー材料の違いについては、脱脂

綿、糸屑、ガーゼの三種類で比較したが、三者間で明らかな差は認められず、タイオーバー作成後24時間以内には脱脂綿で若干圧が低下しにくい傾向が窺えたのみであった。

5 縫合糸の違いでは、同じ張力でタイオーバーを作成した場合、ナイロン糸のほうが絹糸に比べ有意に初圧が低く、これは、ナイロン糸の方が糸自体の伸びが大きく、また縫合時に結び目がゆるみやすいことなどが原因ではないかと考えられる。

10 15 タイオーバー材料を作成後湿らせていった場合には湿らせないものと比較し、有意に圧の経時的低下が大きく、これは、臨床においては、浸出液が多ければ、Classwellarらが指摘しているごとく、圧が低下しやすいことが示唆された¹⁴⁾。また、あらかじめ湿らせた材料を用いてタイオーバーを作成した場合には、早期には低下するものの、3日目に圧の上昇が起こったが、これは、倉田と同じ所見であった⁴⁾。これらより、タイオーバー材料

の乾湿の影響として、タイオーバー材料を予め湿らせた場合には圧が低下しにくく、反対に作成後湿らせた場合には圧がむしろ低下しやすいという結果となり、興味ある所見と考えられた。

移植床が硬いときには初圧において有意に圧が高く、圧の経時的低下が少ない傾向が認められ、これは臨床の場で、同等の力でタイオーバーを作成した場合、植皮片に、圧が強く加わりやすく、低下もしにくいことを示していると思われる。

移植床周囲組織の可動性においても有意差が認められたが、臨床においては、植皮の移植床周囲の組織が、下部組織と比較的強く癒着している時や、瘢痕組織上で植皮を行った時などに周囲組織の可動性に乏しい場合と考えられ、それらの時にはタイオーバー作成後に圧は低下しにくいことが推察される。

以上より、実験モデルによる調査の結果からは、

① タイオーバー材料の乾湿または湿る時期

② 移植床の硬さ

③ 移植床周囲の可動性

④ 縫合糸の種類

などが、圧の経時的変化に強く関与することが示唆された。

以上の因子が圧の経時的変化に関与すると思われる、臨床の場でもこれらの要素を十分考えながらタイオーバーを作成すべきであると考えた。

さらに、開発した装置を用いて、臨床における調査を行った。その結果としては、症例により、初圧や経時的変化は異なっているものの、骨や瘢痕組織など硬い組織が移植床となる場合、つまり臨床観察における3型（4部位）や、2型のうち、堅い移植床に植皮し、圧が比較的高値を維持したもの（14部位中7部位）では、タイオーバー施行直後の圧が高く、しかも圧が低下しにくい傾向が窺える。従って、すでに諸家により示されてきたこと

ではあるが、硬い移植床にタイオーバーを作成する際には、圧迫壊死に注意する必要があると考えられる^{1) 3) 7) 8) 12) 13)}。

しかし、1型(32部位)や、その他の2型(14部位中7部位)では移植床が脂肪や筋組織である症例が多かったが、これらは48時間以内に圧が低下していった。この現象は、タイオーバーが、術後早期に限って植皮片に対して圧迫効果を示し^{13) - 15)}、しかも圧迫の持続による植皮片の圧迫壊死の危険も減少することが観察された。すなわち、移植床が脂肪や筋組織などの軟部組織の場合にはタイオーバーは植皮片の生着に対し、合目的的に作用しているものと考えられた。

これは、移植床への植皮片の生着過程、あるいは血行再開のメカニズムを考慮した際、術後48時間は、血漿浸染期であり、その後血行が再開するとされている知見とも符号すると考えられる^{4) 5) 10) 17)}。

これらの臨床における結果は、主に、移植