手技・工夫

日耳鼻 115：791-794，2012

Thiel 法による解剖体固定法とその有用性についての検討

岡田　隆平
角田　篤信
籾山　直子
岸根　有美
喜多村　健
岸本　誠司*
秋田　恵一**

東京医科歯科大学耳鼻咽喉科
*東京医科歯科大学頭頸部外科
**東京医科歯科大学臨床解剖学

困難な術式や新しい術式に際して術前に解剖体を用いて解剖学的理解を深めることは有意義であるが，従来のホルマリン固定による解剖体では組織の硬化が強く，術式に即して展開することが困難であった．Thiel 法は1992年に発表された解剖体の固定方法で，生体とほぼ同じ質感を維持することができ，病原体による感染の危険性を伴わない．本固定法で処理された解剖体は組織が柔らかく，実際の術式に即したかたちで解剖，検討することができ，術前の解剖学的検討に有用と考えられた．本法は他の解剖体固定法と比していくつもの有利な点があり，術式検討に加え，新しい手術機器の開発，外科医の技術評価にも有用であると考えられる．

キーワード： 解剖固定法，手術合併症

はじめに

手術に先立ち解剖学的構造を把握することは必須であるが，耳鼻咽喉科・頭頸部外科領域は解剖が複雑であるため，従来の解剖学の教科書では不十分な点が多く，実際の解剖体を使用して検討する必要に迫られることがある．特に，困難な術式や新しい術式に際してはこのようなことが起こりやすい．しかし，従来のホルマリン法によって固定された解剖体は蛋白の変性が強いため，組織の硬化が避けられず，実際の術式に即した展開が困難であるので，外科医による解剖学構造の検討に適しているとは言い難い．

Thiel 法はホルマリンに加え食品添加物であるプロピレングリコールなどを用いた解剖体固定法である[1)2)3)]．本法で使用するホルマリン溶液の濃度は低く組織の硬化が少ないため，解剖体の性状がほぼそのままに保たれ，通常の手術とほぼ変わらない操作が可能となる．一方，凍結法で問題となる感染の危険性はなく，安全な解剖体固定法である．

当科では高度な手術手技を要し，かつ合併症を生じるリスクが高いと考えられる手術に際し，従来から解剖体を用いて解剖構造の検討，副損傷の回避など術前にさまざまな面からの検討を行っている[4)]．今回は Thiel 法により固定された解剖体を用いて，術式に沿った解剖構築の評価を行う機会を得たのでその有用性を報告するとともに，Thiel 法の使用による今後の手術アプローチ研究の展望について考察したので報告する．

Thiel 法とは

本法は1992年にオーストリアの W. Thiel によって報告された新しい解剖体固定法である[1)2)3)]．表１に Thiel 法で用いられている内臓保存液，遺体還流液の主要な組成を示す．従来のホルマリン法（８～10％）より，低濃度のホルマリン（３～６％）で固定すること，プロピレングリコール，亜硫酸ナトリウムといった食品添加物を用いるのが特徴である．固定液の投与方法は従来と同様で，内臓保存液を上矢状静脈洞から注入し，遺体還流液は大腿動脈より注入して固定を行う．ホルマリンを用いることで解剖体からの感染のリスクは抑えられるとともに，低濃度に抑えたホルマリンと食品添加物の使用により，皮膚，筋肉，血管，神経の質感がほぼそのままに保たれ，靱帯が硬化しないことから関節の可動性も非常に良好である[5)]．図１に実際に Thiel 法で固定した解剖体を用いて耳下腺内の顔面神経の剖出を行ったものを示す．皮膚，筋肉，耳下腺といった組織が柔らかく生体に近い感触で維持されている．メスでの切開，摂子，鉗子での剥離操作，尖刀での剥離，切断も出血しないことを除き，通常の手術とほとんど変わらない．また，通常のホルマリン固定の検体と異なり自由な体位が取れること

表 1　Thiel 法で用いる内臓保存液および遺体還流液（文献３）より，一部改変）
従来のホルマリン法で用いる還流液は８～10％であり，Thiel 法に比べると高濃度である．

プロピレングリコール	17.3％
フェノール	0.31％
亜硫酸ナトリウム	3.8％
ホルマリン	6.3％
モノホリン	2.8％
エタノール	12.5％

内臓保存液（Eingeweidelösung 2001）

プロピレングリコール	17.9％
フェノール	0.3％
亜硫酸ナトリウム	3.9％
ホルマリン	3.2％
モノホリン	2.9％
エタノール	12.9％

遺体還流液（Leicheninfusionslösung 2001）

図 1　Thiel 法で固定した解剖実習体の解剖
Thiel 法で固定した解剖実習体を用いて実際に解剖した時の写真．耳下腺内を走行する顔面神経を剖出した．組織が生体とほぼ変わらない質感で固定されており，操作は非常に容易である．

から，手術時体位での解剖学的位置関係で操作可能である．

これまで，本法で固定された解剖体を用いて数例の手術前の解剖学的な検討を行った．行った操作を要約すると，①内視鏡下の前頭蓋底，中頭蓋底手術の術前検討に，内視鏡下に下鼻甲介，中鼻甲介，上顎洞・篩骨洞・蝶形骨洞，並びに翼口蓋窩，副咽頭間隙，下垂体，斜台まで操作を加えた．②耳下腺，側頭骨外科の術前検討：耳前部または耳後部切開，頸部切開から顔面神経同定，耳下腺浅葉・深葉切除，副咽頭間隙に至る術野を検討した．③中頭蓋底へのアプローチの術前検討で，顎関節開放，下顎骨，頬骨切離ならび中頭蓋底の操作などを行った．①では粘膜に覆われた骨が主たる解剖構築で，甲介骨の翻展，粘膜の剥離や骨切離，切除などの操作が中心であり，②では軟部組織が主な解剖構築となり，皮膚，結合組織の剥離，牽引ならび保持，神経の保護，軟部組織の切断などが中心的な操作であった．③では骨と靱帯並びに筋肉が主たる操作対象となり，骨切断，骨の挙上ならび牽引，手術ポジションの保持が主たる操作となった．これら①－③すべての場面と操作において，実際の手術と変わらない操作が可能であり，ホルマリン固定された従来法と比べて遙かに容易に，より実際に近い手術操作が可能であった．

考　　察

耳鼻咽喉科・頭頸部外科領域は重要な神経・血管や呼吸，嚥下，内分泌，唾液分泌など特徴的な機能を有する臓器が存在し，それらが複雑に錯綜している．そのため解剖構造は複雑であり，外科治療に際しては十分な解剖学的な知識を有する必要がある．手術解剖の検討にあたっては，手術書や解剖書，シミュレーター，動物を用いた検討などが挙げられるが，どの方法も利点・欠点があり，実際の手術に即した解剖構造（または構築）を理解するには不十分である．特に新しい術式における解剖学的検討においては有効な手段とはなり難い．

一方，解剖体を用いた検討はすべての医学領域の基本であるが，外科手術におけるアプローチの検討において有効な手段であり，外科学の発展に重要な貢献をしてきた．

しかし従来の固定法では，保存液の臭気，目への刺激などが問題となるほか[7]，解剖体がまさに固定された状態となっており，関節の可動が相当制限され，皮膚や筋肉の性状も通常の手術時とは大きく異なる．そのため適

切な手術体位が取れず，常に一定の体位での操作を余儀なくされること，固定により硬くなった組織の牽引などが難しいなどの問題があり，実際の手術とは大きくかけ離れたものとなる．特に頭頸部領域では頸部伸展，捻転がしばしば行われ，体位を自由に取れない従来の固定法では理想的な術前検討は不可能であった．

今回検討したThiel法による固定は，解剖体の可動性ならび組織・器官そのものが生体にほぼ近い状態を保っており，術前検討としては非常に良好な条件での操作が可能となる．過去の報告でもThiel法により固定された解剖体は，従来のホルマリン法，さらに凍結法による固定法よりも関節可動域が大きいことが証明されている[6]．柔軟性の理由として筋線維の組織学検討も行われており，Theil法は筋線維を細断化することが挙げられている[5]．そこで，代表的な固定法であるホルマリン法と凍結法をあげ，感染の危険性，操作性，コストの観点からThiel法との比較検討を行った（表２）．従来のホルマリン固定法と比較すると，感染の危険性については同様であるが，より生体に近い質感が保たれ，操作性に優れている点でThiel法が格段に優れている．費用に関しては，Thiel法が一体当たり12,000～22,000円かかり，ホルマリン法の3,000円程度と比較すると高価である．また，以前より解剖学実習中のホルムアルデヒド曝露が問題となっている[7]が，Thiel法では従来のホルマリン固定法よりホルマリン濃度が低く，ホルムアルデヒドの曝露量も低下すると考えられる．一方，凍結法は生体のままの質感で保存可能と言う利点を持つが，凍結，解凍，冷蔵保存の過程で組織内の水分が漏れるなど，本来の形態を保つのが困難であり，時間をおいての検討は困難である．また病原体による感染の危険性は無視できず，感染防御のための予防衣の手間やコスト，冷蔵，冷凍設備への出し入れの手間，設備投資などに莫大な費用が必要となる．それに対し，Thiel法で処理された検体は生体とほぼ変わらない質感を比較的長い期間保つことが可能であり，われわれが一カ月間かけて検討した例でも，組織や操作性に大きな変化はみられなかった．経時変化の少なさと扱いの容易さは多忙な臨床医が主となる術前検討には有利な点と考えられる．

以上，Thiel法の利点について報告してきたが，ここで本邦における解剖体の使用の現況について考察する．現在解剖研究には主として教育用として献体に供されたものが使用されている．献体は本人の遺志，家族の協力により無償提供されており，解剖学会の努力や国民意識の変化から，絶対数はまだ不足しているとはいえ数的には安定的なご提供をいただけている．臨床医にとって医学教育に参画する形で，解剖学的研究や教育に解剖実習体を用いることが出来れば，そのメリットは計り知れない．臨床医教育としてはサージカルトレーニングが挙げられ，特に耳鼻咽喉科・頭頸部外科領域では解剖体を用いた手術修練（cadaver training）の有用性が示唆されている[8)9)]．このことは平成19年の国会でも取り上げられており，サージカルトレーニングを通じて外科医を育てることで，結果として国民に安全な医療が提供できると言う提言がなされている[10]．

表２　従来の固定法との比較
従来のホルマリン法に比べるとやや高価ではあるが，操作性の面で格段に優れている．また，凍結法と比較すると安価であり，感染の危険性がなく安全である．

固定法	感染の危険性	操作性	費用
ホルマリン	なし	×	○
凍結法	あり	○	×
Thiel法	なし	○	△

しかし，本邦では1997年にある企業が歯科医師を対象として，参加費を徴収して開催した輸入死体頭部を用いた歯科インプラント手技の実習を開催したことに対し，厚生省（当時）が「死体損壊罪に当たるおそれがある」との見解を示し，それ以来cadaver trainingが困難な状況となっている[8]．

一方，高難度の手術に際して術前に解剖体を用いて外科的観点から解剖構造を検討することは，その性質上商業的なこととは一線を画すものである．手術の安全を確保する上で有用なだけでなく，術者のレベルアップにつながり，患者へのフィードバックが期待できる．すなわち術前検討での解剖体の使用は，献体の本来の目的を損なうものではないと考えられる．臨床へのフィードバックという点では新しい手術機器の開発，外科医の技能評価への解剖体の適応も考えられ，これらも医学にとって，ひいては国民にとっての大きなフィードバックとなる．解剖体の使用の拡大については今後も検討が必要と考えられるが，上述したように解剖体そのものの質感が保たれ，扱いが容易なThiel法による解剖体固定法はそのような応用の幅をさらに広げるものと考えられ，これは臨床医にとって大きなメリットとなり得る．われわれ耳鼻咽喉科医・頭頸部外科医は解剖学者の協力・指導のもと，解剖体を用いた術前検討，解剖学的研究に積極的に関与していくべきと考えられる．Thiel法による解剖体固定はそのための有力なツールとなる事が期待される．

参 考 文 献

1）Thiel W : An arterial substance for subsequent injection during the preservation of the whole corpse. Ann Anat 1992 ; 174 : 197–200.
2）Thiel W : The preservation of the whole corpse with natural color. Ann Anat 1992 ; 174 : 185–195.
3）Thiel W : Supplement to the conservation of an entire cadaver according to W. Thiel. Ann Anat 2002 ; 184 : 267–269.
4）頭蓋底病変の外科．第106回日本耳鼻咽喉科学科総会宿題報告モノグラフ　岸本誠司編　東京医学社 ; 2005.
5）Benkhadra M, Bouchot A, Gérard J, et al : Flexibility of Thiel's embalmed cadavers : the explanation is probably in the muscle. Surg Radiol Anat 2011 ; 33 : 365–368.
6）Jaung R, Cook P, Blyth P : A Comparison of Embalming Fluids for Use in Surgical Workshops. Clin Anat 2011 ; 24 : 155–161.
7）佐々木昭彦，田中かづ子，前田享史，他 : 解剖学実習におけるホルムアルデヒド曝露について．J Natl Inst Public Health 2003 ; 52 : 64–69.
8）七戸俊明，近藤　哲，持田譲治，他 :「外科系医療技術修練の在り方に関する研究」についての報告．日本外科学会雑誌　2009 ; 110 : 304–309.
9）七戸俊明，近藤　哲，河瀬　斌，他 :「サージカルトレーニングのあり方に関する研究」についての報告．日本外科学会雑誌　2011 ; 112 : 55–60.
10）参議院会議録第166回国会．厚生労働委員会，第16号．平成十九年五月八日．
http ://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/sangiin/166/0062/16605080062016a.html.

ご指導いただいております東京医科歯科大学医歯学融合教育支援センター，山口久美子先生に御礼申し上げます．

（2011年９月６日受稿　2012年１月20日受理）

別刷請求先　〒113–8519 東京都文京区湯島１－５－45
東京医科歯科大学耳鼻咽喉科　角田篤信

Thiel's Method of Embalming and its Usefulness in Surgical Assessments.

Ryuhei Okada, M.D., Atsunobu Tsunoda, M.D., Naoko Momiyama, M.D.
Naomi Kishine, M.D., Ken Kitamura, M.D., Seiji Kishimoto, M.D.*
and Keiichi Akita, M.D.**

Department of Otolaryngology, *Head and Neck Surgery and **Clinical Anatomy,
Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

When we assess anatomical problems and the safety and effectiveness for performing a difficult surgical procedure or planning novel surgical approaches, preoperative human dissections are very helpful. However, embalming with the conventional formaldehyde method makes the soft tissue of the cadaver harder than that of a living body. Therefore, the cadaver embalmed with conventional formaldehyde is not appropriate for dissections when assess surgical approaches. Thiel's method is a novel embalming technique, first reported by W. Theil in 1992. This method can preserve color and softness of the cadaver without risk of infections. We have used cadavers embalmed with Thiel's method for preoperative assessments and have confirmed the usefulness of this method especially for the prevention of complications or in assessing surgical approaches. The cadaver embalmed with this method has several advantages over other embalming methods and it might be also useful for the developments of new surgical devices or evaluation of a surgeon's skill.

Keywords : embalming method, surgical complication

Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho（Tokyo）115 : 791–794, 2012