

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K09093

研究課題名(和文) 遺体手術手技研修(CST)に適した解剖体の防腐固定処置の改善

研究課題名(英文) Improvement of human body fixation and preservation method for cadaveric surgical training

研究代表者

大塚 愛二(OHTSUKA, Aiji)

岡山大学・医歯薬学総合研究科・特命教授

研究者番号：50168986

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、遺体手術手技研修(CST)に適した安全かつ生体に近い感触の解剖体を低コストで防腐処置するため、低濃度ホルマリン固定法を確立することを目的とする。ご遺体受入れ後、20%プロピレングリコール(PG)を注入灌流、死後硬直の解除マッサージを加え、5%ホルマリン/20%PGを注入灌流した。関節可動域は肩関節および股関節で70～90°以上あり、CSTの使用に耐えられる柔軟性を確保できた。脳組織は固定不足となるので頸椎クモ膜下腔に10%ホルマリンを追加注入することで対応できることが判明した。こうして防腐処置された解剖体はCSTにも通常の学生の人体解剖実習にも安全に使用可能であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

遺体手術手技研修(CST)は、高度化し難度の高い医療手技を安全安心に国民に提供することに貢献するもので、近年その重要性が注目されている。本研究は、CSTを安全かつ低コストで行うことのできる解剖体防腐固定法を開発したものである。これにより、コストの高い防腐処置法や新鮮遺体の使用を限定的にすることができ、CSTをさらに普及させる効果がある。また、通常の学生の解剖実習の解剖体もこの方法で防腐処置できるので、CSTと解剖実習の解剖体の配分が容易となる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to establish a low-concentration formalin fixation method for low-cost embalming of autopsy bodies with a safe and lifelike feel suitable for cadaveric surgical training (CST). After receiving the cadaver, 20% propylene glycol was perfused, followed by rigor mortis release massage 12-24 hours later, and 5% formalin/20%propylene glycol was perfused. Joint range of motion was 70-90° or greater at the shoulder joint and hip joint, allowing flexibility to withstand the use of CST. Brain tissue was found to be insufficient in fixation, which could be addressed by injecting additional 10% formalin into the cervical subarachnoid space. The embalmed cadavers could thus be safely used for CST and for regular student dissection lab course.

研究分野：解剖学一般

キーワード：遺体手術手技研修 CST 防腐固定処置 低濃度ホルマリン ホルムアルデヒド

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

解剖体は医学生解剖実習用に用いられることが多かったが、近年、医療従事者に対する生涯教育や手術過誤を減らす目的で、遺体手術手技研修 (Cadaveric Surgical Training、CST、臨床応用解剖) が盛んになってきている。学生実習用のご遺体は安全性を優先するため、従来のホルマリン固定法が適しているが、医療従事者はより生体に近い感触のご遺体をもとめており、ホルマリンによる過固定のご遺体は好まれない。そのため、海外や本邦の一部の施設では新鮮遺体を用いているが、大掛かりな冷凍設備を必要とするため、導入は一部の大学にとどまっている。また、バイオハザードの問題もあり実習時間が十分に確保できないことも問題である。そのため生体に近い Thiel 固定法[文献 1, 2]が提案されているが、固定液が高価であり、実習費の増大につながる。そこで安価なホルマリン固定遺体で臨床応用解剖に使用できないか検討しているが、これを実現させるためには、過不足なく適切な固定液量を臓器に注入する高度な技術が必要になるが、従来の固定技術は経験論のみで構成されており、そのような技術は存在しなかった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、CST に適した安全かつ生体に近い触感のご遺体を低コストで提供するため、低濃度ホルマリン固定法を確立することである。系統解剖においてホルマリンによる還流固定は簡易だが安定した方法であり、ウイルスや細菌感染の可能性を排除できる有用な方法である。しかし、過剰量のホルマリン固定は組織を固くし生体と程遠い感触に変化せると同時に関節可動域の低下は解剖を困難にさせるため、CST には適していない。そのため、新鮮遺体や特殊な固定法 (Thiel 固定) が行われてきた。しかし、コスト面や固定状態で様々な問題がある。そこで我々はできるだけホルマリン量を適正化することで、用途に適したオーダーメイドの解剖体を作成し CST に低コストでご遺体を提供することを目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 末梢組織でのホルムアルデヒド濃度測定を簡単・迅速・安価・安全に行う方法の確立

分光光度法の一つであるアセチルアセトン法を応用し、ホルムアルデヒド濃度の測定法を検討した。

#### (2) 脳の防腐固定に関する検討

固定不良を起こしやすい脳について脳脊髄液中のホルムアルデヒド濃度の測定を行い、追加のホルマリン注入による脳組織の固定条件を検討した。

#### (3) 死後硬直の有無による固定後の関節可動性の評価

ラットを用いて、関節可動性のある防腐固定処理法の検討を行った。これまで、客観的な評価方法が無かったので、荷重と関節可動による伸展変化量を数値化する方法を開発した。安楽死させたラットの後肢にタコ糸を結びつけて引っ張り、高精度バネばかりで 1 cm 可動に要する引っ張り荷重を測定した。この方法を用いて固定前に死後硬直の解除を行った場合と解除しなかった場合に低濃度ホルマリン固定後の関節可動性の評価を比較した。

#### (4) 低濃度ホルマリン灌流固定したヒト解剖体の評価

関節可動域の測定：肩関節の上腕外転角と股関節の大腿前方拳上角を測定した。

主要臓器組織の固定状況：低濃度ホルマリン灌流固定したヒト解剖体 58 体について、皮膚、筋、脈管、神経、肺、胃、小腸、大腸、肝臓、心臓、腎臓について、固定状況の良・不良を確認した。

CST 研修参加者による評価：令和 3 年度に岡山大学で実施され低濃度ホルマリン灌流固定した解剖体を用いた CST 研修において、参加者にアンケート調査を行った。

#### 4．研究成果

##### (1) 末梢組織でのホルムアルデヒド濃度測定を簡単・迅速・安価・安全に行う方法の確立

灌流固定を想定しホルマリン溶液を添加したラット血液を用いて、簡単・迅速・安価・安全にホルマリン濃度を測定できる方法として分光光度法の一つであるアセチルアセトン法を利用しホルマリン濃度の定量法を検討した。サンプルの保存方法としては 4 で保存したサンプルの方が経時変化が小さく、また、サンプルが高濃度になるにつれ経時変化が小さかった。

##### (2) 脳の防腐固定に関する検討

体液中ホルムアルデヒド濃度の測定方法を確立し脳脊髄液を測定したところ、注入時 1,5000  $\mu$ g/mL だったホルムアルデヒドの濃度が注入後には 1/10 以下まで低下するため脳の固定が不十分になるケースが多いことが判明した。そこで、我々はホルムアルデヒド濃度測定用に頸椎穿刺し脳脊髄液を採取した後、追加で濃度 30,000  $\mu$ g/mL のホルムアルデヒド液を髄注し追加固定を試みた。脳の固定状態の評価として 脳外科医による感覚的評価、硬度計による脳の硬度計測、

追加注入によるホルムアルデヒド濃度との関係性の検証を行った。結果、髄注による追加固定を行うことで脳脊髄液のホルムアルデヒド濃度が上昇し CST に耐えうる脳の固定を行うことができた。

##### (3) 死後硬直の有無による固定後の関節可動性の評価

死後硬直の解除しなかった場合( 1 cm 伸展可動に要する引っ張り荷重の平均 = 239.9 g ) に比べて解除した場合( 同平均 = 132.7 g ) の方が有意に関節可動性に優れることが客観的に証明された。

##### (4) 低濃度ホルマリン灌流固定したヒト解剖体の評価

関節可動性については、肩関節の上腕外転 90° 以上の可動域を示すものが 32 側中 27 側であった。股関節の大腿前方挙上では、90° 以上の可動域を示すものが 32 側中 17 側、70° 以上は 27 側であった。いずれも従来の固定法より大きな関節可動域を示した。

主要な組織の固定状況については、皮膚、筋、脈管、神経は、調査した 58 体全例良好な固定を示した。内臓では、肺、胃、小腸、大腸、肝臓、心臓、腎臓の内どれかに固定不良を認めたものは、58 体中 8 体であった。

CST 参加者による評価では、脳神経外科、整形外科、麻酔科、消化器外科において問題なく使用可能もしくは手技により使用可能の評価を得た。

##### (5) CST に適した低濃度ホルマリン固定法として次の防腐処理方法を確立した。

165 cm ( BMI=18 として推定体重 50 kg 程度 ) の成人遺体で

1 日目

- 1) 注入路確保 大腿動脈および静脈

2) 1次灌流 20%プロピレングリコール (PG) 10L 注入

2 日目

3) 硬直解除マッサージ

4) 2次灌流 5% ホルマリン / 20%PG 10L 注入

3 日目

5) 頸椎クモ膜下腔へ 10%ホルマリン 0.3L を髄注し脳組織を追加固定

4 日目以降

6) 60%エタノール浸漬約 1 か月

#### (6) 考察

CST は、高度化し難度の高い医療手技を安全安心に国民に提供することに貢献するもので、近年その重要性が注目されている。低濃度ホルマリン法を用いて防腐固定処置された解剖体は、十分な関節可動域をもち手術を想定した体位をとることができ CST に適している。本研究の低濃度ホルマリン固定解剖体を用いることにより、コストの高い防腐処置法や新鮮遺体の使用を限定的にすることができ、CST をさらに普及させる効果がある。

CST にはこれまで、新鮮遺体、Thiel 固定または飽和食塩法保存されたご遺体が用いられてきた。しかしながら、新鮮遺体は冷凍保存するための特別な施設設備が必要であり初期投資が必要である。また、一旦開始すると腐敗が進むため同一のご遺体を別の日程で他の研修に利用することはできなかった。また Thiel 法[文献 1, 2]は試薬が高額でしかも数日のうちに実習を終える必要がある。臍臓の融解反応や腸管の膨隆が見られることよりバイオハザードの問題が未解決で、通常の解剖実習に利用することは不可能である。

本法による解剖体は、防カビ性にすぐれ、病原体の制御ができており、長期間の解剖に使用することができ、医学科および歯学科で実施される通常の人体解剖実習の使用にも十分耐えられる。このことは、異なる CST セミナーの日程で同一のご遺体の異なる部位を用いることができること[文献 3]、さらに CST と解剖実習の解剖体の適正配分と需給バランスをとるうえで非常に好都合である。

#### <引用文献>

[1] Kerckaert I et al. (2008) Endogent: center for anatomy and invasive techniques. *Anatomy* 2: 28-33.

[2] Thiel W. (1992) Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben. *Ann Anat* 174: 185-195.

[3] 大塚愛二 (2021) 臨床応用解剖の現状と今後の課題. *岡山医誌* 133: 104-108.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大塚愛二	4. 巻 133
2. 論文標題 臨床応用解剖の現状と今後の課題	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 岡山医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 104-108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4044/joma.133.104	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小見山高明、品岡玲、大塚愛二
2. 発表標題 灌流固定を想定したラット血液中ホルマリン濃度の定量法の検討
3. 学会等名 日本解剖学会第74回中国・四国支部学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小見山高明、品岡玲、大杉博之、亀岡俊也、安原隆雄、大塚愛二
2. 発表標題 脳外科手術手技研修に適した脳固定方法の検討
3. 学会等名 第125回日本解剖学会総会・全国学術集会（誌上发表）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	品岡 玲  (SHINAOKA Akira)  (90724500)	岡山大学・大学病院・助教    (15301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------