

## 主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：浜辺 宏介

専攻分野：麻酔学

指導教授：井上 莊一郎

主論文の題目：

Analysis of Body Movement and Gaze Dynamics During Tracheal Intubation: Comparison of Performance between Experts and Novices

(気管挿管時の身体動作と視線動態の分析熟練者と非熟練者の比較)

共著者：Soiciro Inoue, Shoichiro Takehara, Toru Shimizu, Takanari Yoshikawa

### 緒言

様々な医師が喉頭鏡を用いて気管挿管を行うのを観察すると、喉頭鏡や頭の動き、視点が各医師で異なるように見える。身体動作や視線動態を解析する手法は、工学系の分野を中心に最近広く行われているが、医療処置の動作解析や視線解析の研究は非常に少ない。今回我々は、「Macintosh喉頭鏡を用いた気管挿管操作時の喉頭鏡や頭部そして視点の動きは、気管挿管の経験によって異なる」という仮説を、気管挿管訓練用マネキンを用いた医療シミュレーション環境において検証した。

### 方法・対象

本研究は当施設の生命倫理委員会の承認を得て実施した（第 3965

号)。気管挿管の経験がある医師を被検者とし、Macintosh 喉頭鏡による気管挿管の経験が 30 回未満の者を非熟練者、それ以上の経験のある者を熟練者と定義した。被検者は、27 点の動作解析用センサー（以下、センサー）付きスーツと視線解析用のゴーグルを着用し、センサーのついた Macintosh 喉頭鏡を用い、気管挿管訓練用マネキンに気管挿管を 10 回行った。

挿管操作中のセンサーの動きを Motion capture システムで記録し、被検者の体軸を Y 軸、水平に置いたマネキンの体軸を Z 軸とし、Y 軸と喉頭鏡の軸で作られる角度を  $\theta$  角と定義し、YZ 平面上の  $\theta$  角の変化と頭部のセンサーの軌跡を挿管操作の解析に用いた。挿管操作を以下の 4 相に分割し、各相の時間を計測した。Phase A：開口から喉頭鏡を手取るまで、Phase B：喉頭鏡を口腔に挿入し、声門の視野を得るまで、Phase C：声門の視野を得て、気管挿管するまで、Phase D：挿管終了から喉頭鏡の抜去まで。視点の動きは Eye-tracking システムで記録し、YZ 平面上での視点の位置を抽出した。これらの測定値を Kolomogorov-Smirnov 検定、Student t 検定、Mann-Whitney U 検定、 $\chi^2$  乗検定を用い、熟練者と非熟練者間で解析した。

## 結果

熟練者 5 名の 18 回、非熟練者 5 名の 19 回のデータが動作解析に使用可能であった。挿管時間は熟練者で有意に短く ( $21.6 \pm 7.6$  秒 s vs  $30.4 \pm 8.2$  秒,  $p=0.002$ )、Phase A および C も熟練者で有意に短かった (A:  $4.5 \pm 1.2$  秒 vs  $7.1 \pm 1.3$  秒,  $p<0.001$ 、C:  $7.8 \pm 3.6$  秒 vs  $11.0 \pm 4.1$  秒,  $p=0.015$ )。一方、Phase B と D に群間差はなかった (B:  $6.6 \pm 2.3$  秒 vs  $8.1 \pm 4.5$  秒,  $p=0.232$ 、D 相:  $3.6 \pm 1.2$  秒 vs  $4.2 \pm 1.0$  秒,  $p=0.0954$ )。

Phase B から C での  $\theta$  角の推移には共通の特徴がみられた。熟練者の 18 回すべての試行および非熟練者の試行 19 回中 16 回で、 $\theta$  角は口

腔内に喉頭鏡を挿入した Phase B 初期に増加し、喉頭展開とともに減少する下に凸の曲線を描き、Phase C ではほぼ一定の角度に維持された。この  $\theta$  角減少による下に凸の曲線は、熟練者では滑らかなのに対し、非熟練者では鋸歯状になる傾向がみられた。 $\theta$  角が  $10^\circ$  以上の急激な角度変化の繰り返しによる鋸歯状の波形を “jagged pattern” とすると、これが観察されたのは熟練者で 18 回中 2 回、非熟練者で 19 回中 9 回であり、頻度に有意差がみられた ( $p=0.0293$ )。

YZ 平面での頭部の動きは、両群で前後方向の動きがみられたが、非熟練者では垂直方向の動きが有意に大きかった ( $39.2 \pm 8.1$  cm vs  $13.1 \pm 7.8$  cm,  $p<0.001$ )。熟練者では、頭部が前後には動くが垂直方向への動きが小さい線形の軌道が多く、非熟練者では前後動に垂直方向の大きい動きが加わる、投げ縄のようなループ状の軌道が多かった。ループ軌道と線形軌道の比は、非熟練者で 18 : 1、熟練者で 3 : 15 であり、有意差が認められた ( $p<0.001$ )。

YZ 平面上の注視点データは、熟練者 4 名 26 回、非熟練者 6 名 35 回分が得られた。熟練者は下方視の比率が有意に多く ( $99.6 [96.6-100]\%$  vs  $32.4 [18.9-43.3]\%$ ,  $p<0.001$ )、遠方視の比率が有意に多かった ( $78.1 [67.9-85.6]\%$  vs  $37.2 [6.4-82.1]\%$ ,  $p=0.011$ )。

## 考察

本研究は身体動作と視線動態を同時に解析した最初の研究である。熟練者で  $\theta$  角の推移が滑らかで、頭部と視線の上下動が少なく、遠方視が多いことは、実践を通して手と目の協調を伴う手技の “型” を習得した結果と考えられる。非熟練者の  $\theta$  角の推移に jagged pattern で示される粗い操作が混在していたことと、頭部の上下動が大きく、視点が上下、遠近に分散していたことを合わせると、非熟練者は不十分な喉頭展開を、頭部や視線を動かして補おうとしていると考えられる。

## 結論

熟練者と非熟練者の気管挿管操作には共通の特徴があるものの、展開時の喉頭鏡操作、頭部の上下動、視点の位置には違いがある。気管挿管を習熟するには、経験の多寡によって差がみられた身体や視線の使い方を理解し、その特徴を考慮した教育が必要である。動作解析や視線解析は、その評価に活用できる可能性がある。