

論 文 要 旨

Analysis of the posture pattern during robotic simulator tasks
using an optical motion capture system
(モーションキャプチャーシステムを用いた
ロボット手術シミュレータータスク時の肢位分析)

関西医科大学腎泌尿器外科学講座
(指導：松田 公志 教授)

高 安 健 太

【研究目的】

外科教育において、術者の技術差を数値で理解することは技術伝達・向上の一助となる。従来、手術技術の学習は感覚的な理解が主であったが、技術を定量化し一つの指標とすることは、初心者が技術を理解する補助となりうる。近年、安価な **motion capture system** の出現もあり、各分野で肢位分析が役立てられている。ロボット手術は、腹腔鏡手術と同様の侵襲性を保ちながら、自由度の高い操作や立体視を可能とし、かつ術者の疲労は比較的小さいとされている。反面、自由度の高さゆえ逸脱した姿勢で作業している場面が散見され、長時間の手術による身体負荷は他の術式と同様多く報告されている。

しかしながら、今までにロボット手術における技術レベルの異なる術者肢位を定量的に検討した報告は認めない。そこで我々は光学式 **motion capture system** を用い、ロボット手術シミュレータータスク中の初心者と熟練者の肢位の特徴を解析した。

【研究方法】

光学式 **motion capture system** を用い、術者の頭・肩・肘・手首・甲・腰にマーカーを装着、3次元位置情報を測定した。タスクは **da Vinci Skills Simulator** 中の運針を主とした2つのタスク (**sponge task**、**tube task**) とした。対象は熟練者10名 (100例以上のロボット手術の経験、および15年以上の泌尿器科歴)、初心者10名 (1週間のロボットシミュレータートレーニング実施した医学生) とした。評価項目は各関節角度(手首、肘、肩)および操作位置、クラッチ/カメラボタンの使用回数、シミュレータースコア、タスク時間とした。

【結果】

熟練者はスコアやタスク時間において良好な結果を示した。初心者の肢位の特徴としては、手首が肘より低く位置する時間の割合が大きく、肘・手関節はともに伸展し、肘関節はアームレストから浮き上がる傾向にあった。総じて手関節を低い場所に位置させる傾向にあり、このような姿勢は疲労を評価する **RULA-score** によると、蓄積疲労リスクが高い肢位であるとされている。また、肢位に影響するクラッチ/カメラボタンの使用回数は熟練者で多く、熟練者はコントローラーを操作しやすい位置に適度に調節し、負担の少ない肢位で作業していることがうかがわれた。

【考察】

ロボット補助下腹腔鏡手術における身体的負荷は **NASA-TLX** などの評価用紙、表面筋電計などを用いて評価されており、術者の約20-70%が手術による骨格筋の症状や慢性疲労があると報告されている。手術が長時間に及ぶということも一因ではあるが、肢位と疲労は密接な関係にあることを考慮すると、適切な肢位で作業することで身体的負荷が軽減する可能性は高いと考える。

現在までに、ロボット手術における適切な手術肢位に関しては一定の見解が得られておらず、光学式 motion capture system を用いた人間工学的分析は独創的であるといえる。内視鏡操作においては画面上の動きを真似ることも重要であるが、Ergonomics の観点からは、画面外の動きを理解することが重要である。慣習的に行われてきた模倣による技術習得を、技術の可視化により補助することが可能となり、手術技術レベルの底上げに寄与すると期待される。

また、外科領域において肢位や動作を部分的にフィードバックすることが、未熟な術者にとって質の高い技術を効率よく習得するという点に寄与したとの報告もある。しかし、外科医の Ergonomics の理解度は決して高くないとされており、Ergonomics 教育の必要性が重要視されつつある。手術セッティングや手術肢位・動作を分析し理解することは教育的観点からも、また外科医の身体的負荷の軽減という観点からも重要な位置づけになると考えられる。

【結語】

今回ロボット手術シミュレーターにおける初心者と熟練者の操作肢位の特徴を明らかにした。今後、肢位情報をフィードバックすることが、教育への有用性・疲労軽減に寄与するか検討したい。