

論 文 要 旨

Analysis of Gripping Force on a Master Controller During Simulated Robotic Surgery

(シミュレーターを用いたロボット手術におけるマスターコントローラー把持力の分析)

関西医科大学腎泌尿器外科学講座
(指導：松田公志教授)

三島崇生

【はじめに】

内視鏡手術における外科医の筋疲労を防ぐことは、近年の人間工学分野において大きな関心となっている。ロボット手術では、外科医が座った姿勢を保ち、手術中に額と肘掛けを使用することにより、筋肉の作業負荷を軽減するといった物理的な利点がある一方で首、肩、手首、手の身体的症状が、ロボット操作によって引き起こされたとの報告もある。熟練した術者は、柔らかく効率的に指を動かし、その力をより小さく、より短く出来ることが報告されている。ロボット手術の分野では、マスターマニピュレーターの速度と運動のダイナミクスの違いが報告されているが、ロボット手術の操作中にマスターコントローラーに加えられる力の違いは報告されていない。この情報は、熟練者と初心者といった、経験レベルが異なる術者のわずかな違いを認識し、指導状況でアドバイスするのもにも役立つと考えられる。本研究は、da Vinci Skills Simulator (DVSS) を使用し、シミュレーションタスク (Suture sponge 1) を行う際の把持力の差を測定し、初心者と熟練者の把持力の特徴を解析した。

【研究方法】

我々は3軸力覚センサーをda Vinciのマスターコントローラーに取り付ける事で初心者と熟練者の把持力測定を可能とし、その特徴を解析した。タスクはda Vinci Skills Simulator (DVSS) のシミュレーションタスク (Suture sponge 1) とした。対象は熟練者 (100例以上のロボット手術の経験) 10名と初心者11名 (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。

評価項目は平均把持力 (AF) と最大把持力 (MF) とタスク中のミスターゲット数との相関を評価した。

【結果】

AF、MFともに、熟練者の利き腕では初心者と比べ低い値を示した (熟練者: 4.6 ± 1.3 N, 初心者: 6.4 ± 1.2 N, $p = 0.004$)。利き腕の平均把持力とミスターゲット数は相関関係にあった ($r = 0.63$, $p = 0.002$)。一方で利き腕と対側の操作では、相関関係が認められなかった。

【考察】

ロボット手術は、従来の腹腔鏡手術と比較して外科医の身体的ストレスを改善することは報告されている。一方、ロボット手術に関連した首や背中の中痛みがあるとの報告もある。ロボット手術におけるマスターコントローラーは触覚フィードバックがないために、手首や手の負荷が内因性の筋肉の不必要な緊張によって引き起こされる可能性があるとして報告されている。僧帽筋、三角筋、および前腕などの大きな筋肉は、筋電図を用いての評価が可能であるが、手などの小さな筋肉は筋電図による測定が困難なため評価ができない。したがって、

3軸力覚センサーを使用して把持力を測定することが、ロボット手術中の手の不必要な張力を評価するための代替方法になると考えられる。加えて、把持力を定量化することで、熟練した外科医が指の動きをどのように行っているかの理解を深めることも期待される。今回の結果からは、熟練した外科医は利き腕において初心者よりもゆっくり、柔らかく、安定して把持力を加え、安全に操作を行えるようにしていることが明らかとなった。同様の結果は実際のロボット手術でも表れる可能性があり、技術習得や疲労の軽減の一助となる可能性がある。

【結論】

DVSSによるシミュレーションにてマスターコントローラーの把持力を異なるスキルレベルの外科医で測定し、その特徴を明らかにした。これらの結果が、初心者がロボット手術を施行するにあたり、技術習得や疲労の軽減の一助となる可能性があると考えられた。