腹腔鏡下手術シミュレーションにおける眼球運動解析

塩見 尚礼^{*1}, 後藤 彰彦^{*2}, 高井 由佳^{*2}, 濱田 泰以^{*3}

The analysis of eye movement in simulation of laparoscopic cholecystectomy

Hisanori SHIOMI^{*1}, Akihiko GOTO^{*2}, Yuka TAKAI^{*2}, Hiroyuki HAMADA^{*3}

^{*1} Shiga University of Medical Science, ^{*2} Osaka Sangyo University, ^{*3} Kyoto Institute of technology

Key Words : Eye Movement, Laparoscopic Cholecystectomy

1. 結 言

腹腔鏡下手術は切開創を最小限に留めることで術後の疼痛や感染症発症率の低下、それに伴う早期社会復帰が期待できる低侵襲手術の代表であり、近年施行数が増加している。一方で創を大きく切開する手術（開腹・開胸など）に比べると術者が得られる情報が少なく、技術の習熟には多くの経験が必要とされる。実際の患者に対する手術を行う前に技術を習得するには手術シミュレータの使用、実験動物を用いた手術シミュレーションを行うなどの方法が考えられるが、動物の使用には様々な制約がともなう。手術シミュレータはバーチャル上で各種手術器具を選択、駆使しながら手術を展開して行く中で、出血や臓器損傷などに遭遇することもあり、鏡視下手術の実践的トレーニングを行うことができる。

われわれはこれまで伝統工芸品制作などに携わる職人の作業において、熟練者と非熟練者の視点の違いを眼球運動測定装置を用いて解析してきた。特定の製品を作成する職人と違い、実際の手術では患者毎に解剖が異なるために、複数の術者間での比較分析ができない。そこで、手術シミュレーション、特に最も高頻度に施行されている腹腔鏡下胆嚢摘出術に焦点をおき、熟練者と非熟練者の視点の違いを、眼球運動測定装置を用いて解析した。

2. 方 法

2・1 被験者

被験者は、滋賀医科大学外科学講座消化器外科に勤務する医師 3 名とした。それぞれ、経験年数 6 年を有する医師を非熟練者（年齢 29 歳、女性、右利き）、経験年数 14 年を有する医師を熟練者 1（年齢 36 歳、男性、右利き）および経験年数 22 年を有する医師を熟練者 2（年齢 47 歳、男性、右利き）とした。

2・2 計測方法

対象手術は、腹腔鏡下胆嚢摘出術とし、バーチャルリアリティ内視鏡手術トレーニングシミュレータ LapVR(ガデリウス・メディカル株式会社製)を用いて実施した。この装置は、内視鏡手術において重要な両手足の協調運動能力およびモニタ上における 3 次元空間認知能力などの基本スキルなどのトレーニングが可能であり、20 インチフラット液晶モニタ、ハプティック（触覚）デバイス、手術鉗子ハンドル、カメラなどで構成されている。図 1 にシミュレーション装置の外観を示す。眼球運動測定は、眼球運動測定装置 Talk Eye II（竹井機器工業株式会社製）を用い、サンプリング周波数は 60Hz とした。

Fig.1 Simulation system.

^{*1} 非会員, 滋賀医科大学 (〒520-2192 滋賀県大津市瀬田月輪町)

^{*2} 正会員, 大阪産業大学 (〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1)

^{*3} 正会員, 京都工芸繊維大学 (〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町)

E-mail: gotoh@ise.osaka-sandai.ac.jp

3. 手術工程

腹腔鏡は30度の斜視を用い、術野の変更が必要な場合は術者がカメラの向きを変え、固定させて手術を進めた。手術の手順は、まず胆嚢頸部において胆嚢管と胆嚢動脈の剥離同定を行い(工程1)、胆嚢管のクリッピング、切離(工程2)、胆嚢動脈のクリッピング、切離(工程3)、胆嚢の胆嚢床からの剥離(工程4)、術野の洗浄(工程5、プログラム上求められた時のみ)の5段階とし、それぞれの工程で作業時間、視野に関する因子の測定を行った。この工程順は、実際の腹腔鏡下胆嚢摘出術で最も行われている手順である。図2に摘出術の状況を示す。

Fig.2 Simulation of laparoscopic cholecystectomy.

4. 結果および考察

4・1 作業時間

図3に経験年数と作業時間との関係を示す。経験年数が増すにしたがい、作業時間が短くなる傾向を示した。熟練者2は非熟練者の半分以下の作業時間であった。特に、工程1における作業時間の差異は大きく、熟練者2は、非熟練者の4分の1程度であった。図4に、各被験者における作業時間の割合を示す。非熟練者は、工程1に65%程度の時間を費やしており、胆嚢管と胆嚢動脈の剥離の見極めが容易ではないことが明らかとなった。一方、熟練者2は工程1において、40%程度の時間を費やし、非熟練者より約25%短縮していた。また、工程4においては、経験年数が増すにしたがい、作業時間の割合は増加する傾向を示した。

Fig.3 Influence at years of experience on operation time.

Fig.4 Distributions of operation time on each process.

4・2 眼球運動解析

図5に非熟練者および熟練者2の眼球運動解析結果を示す。この図は、時系列における臓器および手術器具の注視場所を示している。非熟練者は、作業開始から終了まで臓器と手術器具を頻繁に行き来して見ていることが明らかとなった。一方、熟練者は、頻繁に行き来することなく、作業を進めていることが明らかとなった。特に、非熟練者においては、器具を挿入する際に、器具先端部に注視するため、術野から視線が離れることが多く見られた。しかしながら、熟練者においては、術野に注視しており、視線が離れることはなかった。このことが、非熟練者における作業時間の増大につながっていると考えられる。

Fig.5 Transitions of gazing point with increasing operation time.

5. 結 言

非熟練者は、手術器具を挿入する際、先端部に注視することが多くあるため、臓器と器具の両者に対して、頻繁に視線を動かしていることが明らかとなった。このため、作業時間が多く要する傾向にあると考えられる。一方、熟練者は、手術器具を挿入する際、先端部に注視することなく、術野に視線を置いていることが明らかとなった。このことは、非熟練者に比べて、作業時間が大幅に短縮している要因の1つであると考えられる。