



Quantitative comparison of operative skill using 2- and 3-dimensional monitors during laparoscopic phantom tasks

Nishi, Masayasu

(Degree)

博士（医学）

(Date of Degree)

2017-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6884号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006884>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(課程博士関係)

学位論文の内容要旨

Quantitative comparison of operative skill using 2- and 3-dimensional monitors during laparoscopic phantom tasks

トレーニングボックスにおける 2D 及び 3D モニター下での内視鏡手術成績の比較

背景

近年、内視鏡外科手術において、3D 内視鏡システムが導入され、従来の 2D 映像と比較して、3D 映像がもたらす立体視効果による手術手技向上が期待されている。3D 映像が手術時間の短縮や操作エラー数の減少をもたらすという報告は散見されるが、3D 映像の有用性を鉗子操作の 3 次元動作解析によって示した報告は少ない。そこで、我々は 3 次元光学式動作解析装置（光学式トラッカー）を用いて、トレーニングボックス内での鉗子操作の軌跡を分析することで、3D 映像が内視鏡外科手術に及ぼす有用性を明らかにすることとした。

対象と方法

実験環境

神戸大学大学院医学研究科医科学専攻

食道胃腸外科学

(指導教員：掛地 吉弘 教授)

西 将康

トレーニングボックス内にタスクを固定し、3D 内視鏡で操作風景

を前方のモニターに投影した。被験者はモニターを見ながら内視鏡外科手術用鉗子を用いて、タスク毎に指定された操作を行った。

光学式トラッカー

我々は今回の検討で Micron Tracker という光学式トラッカーを用いた。この装置は、2 つの CCD カメラから構成され、マーカーを認識させることで

3次元座標をリアルタイムに追跡、記録することが可能である。本研究においては

鉗子先端近傍にマーカーを装着することで、鉗子先端操作の軌跡を記録し解析に用いた。

実験デザイン

内視鏡手術経験がある消化器外科医 20 人を対象とし、トレーニング

ボックスにおいて各タスク(1:片手鉗子での単純操作、2:両手鉗子での単純操作、3:縫合結紉)を 3D、2D モニターで行い、各モニタ下での操作成績を比較検討した。操作を開始するモニターによる影響を除去するために、被験者を無作為に 10 人ずつ分け、3D もしくは 2D でタスクを 5 回行った後に、モニターを入れ替えて更に 5 回行い、合計 10 回連続して行うこととした。光学式トラッカーによって得られたデータから、3D 及び 2D 下での鉗子先端の操作距離、操作時間を計測した。また操作時の内視鏡動画を記録し、タスク毎に定めたエラーの基準を元に、操作エラー数のカウントを行った。これらのデータを 3D 及び 2D 下で比較検討した。

統計学的検討

鉗子先端の操作距離は次の計算式によって算出した。

$$P_1(x_1, y_1, z_1), P_2(x_2, y_2, z_2), \dots, P_n(x_n, y_n, z_n)$$

$$\text{移動距離の総和} = \sum_{n=2}^N \sqrt{(x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2 + (z_n - z_{n-1})^2}$$

統計学的検討は JMP ソフトを用いて行った。データは平均値±標準誤差で表し、2 群間での比較はカイ 2 乗検定で行った。

結果

本システムにおける鉗子先端の動作追跡精度は 96.6% であった。タスクごとの操作距離 (平均値±標準誤差) (cm) は、タスク 1(2D: 48.2±1.0, 3D: 38.8±1.0, $P < 0.001$)、タスク 2(2D: 132.3±4.2, 3D: 127.2±4.5, $P = 0.23$)、タスク 3(2D: 606.9±32.1, 3D: 483.2±18.4, $P = 0.008$) であり、3D 下で操作距離の短縮を認めた。操作時間 (平均値±標準誤差) (秒) は、タスク 1(2D: 14.1±0.6, 3D: 12.3±0.5, $P = 0.035$)、タスク 2(2D: 21.6±0.7, 3D: 18.4±4.5, $P = 0.0016$)、タスク 3(2D: 76.6±18.4, 3D: 65.1±3.1, $P = 0.0071$) であり、3D 下で有意に操作時間の短縮を認めた。また、エラー数 (平均値±標準誤差) (回) は、タスク 1(2D: 6.5±0.6, 3D: 2.1±0.2, $P < 0.001$)、タスク 2(2D: 4.6±0.3, 3D: 1.8±0.2, $P < 0.001$)、タスク 3(2D: 8.3±0.7, 3D: 4.8±0.5, $P < 0.001$) であり、3D 下で有意にエラー回数の減少を認めた。

めた。

考察

本研究では 3D モニター下での鉗子操作距離が 2D 使用時と比較して有意に短縮していることが明らかになった。3D による立体視は、2D で得られる情報に加えて、奥行き方向への情報が加わることとなる。このため、3D で操作距離が短縮する要因は、奥行き方向への操作距離の短縮が関連しているためではないかと考え、各ベクトル（水平方向、高さ方向、奥行き方向）における鉗子移動距離を 2D 使用時と 3D 使用時で比較した。その結果、全てのタスクにおいて、3D モニター下で 3 方向全てへの移動距離が短縮していることがわかった。このことから、3D 映像による立体視は鉗子操作において、奥行き方向のみならず、全ての方向における鉗子操作性を向上させていることがわかった。

今回の研究では、操作を開始するモニターによる影響を除去するため 3D から操作を開始する群、2D から操作を開始する群の 2 群に分けて行った。3D モニター下での操作を前半 5 回に行った場合も、後半 5 回に行った場合でも、3D 下での操作成績はほぼ同等の結果であった。このことから、3D モニターによる操作は経験初期から良好な操作成績をもたらす可能性がある、と考えられた。

また、初期の経験における、3D 及び 2D モニターが操作に及ぼす影

響を明らかにするために追加解析を行った。3D と 2D 下での成績改善率（1 回目の平均データ / 5 回目の平均データ）は、縫合結紮のタスクのみで、3D で有意に良好な結果であった。よって、難易度の高いタスクにおいて、初期経験における 3D 映像の有用性が高い可能性が示唆された。

我々が用いた Micron Tracker という光学式トラッカーで鉗子操作の検討を行ったという報告はない。これまでの、電磁式トラッカー（AURORA、trakSTAR 等）や他の光学式トラッカー（TrENDO 等）を用いた報告と比較して、本方法による動作追跡精度は劣っていなかった。また、本方法では、トラッカー以外に特別な装置は不要であり、鉗子先端に装着するマーカーも自由な形状に作成可能である、という利点があった。

結語

3D 映像は、内視鏡外科手術において、正確で無駄のない操作を実現することでの操作時間の短縮をもたらすことが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨			
受付番号	甲 第2678号	氏名	西 将康
論文題目 Title of Dissertation	<p>Quantitative comparison of operative skill using 2- and 3-dimensional monitors during laparoscopic phantom tasks</p> <p>トレーニングボックスにおける 2D 及び 3D モニタ下での内視鏡手術成績の比較</p>		
審査委員 Examiner	<p>主査 真庭 謙昌 Chief Examiner</p> <p>副査 黒田 良祐 Vice-examiner</p> <p>副査 仁木 伸平 Vice-examiner</p>		

(要旨は1,000字~2,000字程度)

近年、内視鏡外科手術において、3D 内視鏡システムが導入され、従来の 2D 映像と比較して、3D 映像がもたらす立体視効果による手術手技向上が期待されている。3D 映像が手術時間の短縮や操作エラー数の減少をもたらすという報告は散見されるが、3D 映像の有用性を鉗子操作の 3 次元動作解析によって示した報告は少ない。そこで、本研究では 3 次元光学式動作解析装置（光学式トラッカー）を用いて、トレーニングボックス内で鉗子操作の軌跡を分析することで、3D 映像が内視鏡外科手術に及ぼす有用性を明らかにした。

方法として、実験環境についてはトレーニングボックス内にタスクを固定し、3D 内視鏡で操作風景を前方のモニターに投影した。被験者はモニターを見ながら内視鏡外科手術用鉗子を用いて、タスク毎に指定された操作を行った。

今回の検討で Micron Tracker という光学式トラッカーを用いた。この装置は、2 つの CCD カメラから構成され、マーカーを認識させることで 3 次元座標をリアルタイムに追跡、記録することができる。本研究においては鉗子先端近傍にマーカーを装着することで、鉗子先端操作の軌跡を記録し解析に用いた。

実験デザインは、内視鏡手術経験がある消化器外科医 20 人を対象とし、トレーニングボックスにおいて各タスク（1:片手鉗子での単純操作、2:両手鉗子での単純操作、3:縫合結紉）を 3D、2D モニターで行い、各モニタ下での操作成績を比較検討した。操作を開始するモニターによる影響を除外するために、被験者を無作為に 10 人ずつ分け、3D もしくは 2D でタスクを 5 回行った後に、モニターを入れ替えて更に 5 回行い、合計 10 回連続して行うこととした。光学式トラッcker によって得られたデータから、3D 及び 2D 下での鉗子先端の操作距離、操作時間を計測した。また操作時の内視鏡動画を記録し、タスク毎に定めたエラーの基準を元に、操作エラー数のカウントを行った。これらのデータを 3D 及び 2D 下で比較検討した。

統計学的検討 JMP ソフトを用いて行った。データは平均値±標準誤差で表し、2 群間での比較はカイ 2 乗検定で行った。

その結果、本システムにおける鉗子先端の動作追跡精度は 96.6% であった。タスクごとの操作距離（平均値±標準誤差）(cm) は、タスク 1(2D: 48.2±1.0, 3D: 38.8±1.0, P<0.001)、タスク 2(2D: 132.3±4.2, 3D: 127.2±4.5, P=0.23)、タスク 3(2D: 606.9±32.1, 3D: 483.2±18.4, P=0.008) であり、3D 下で操作距離の短縮を認めた。操作時間（平均値±標準誤差）(秒) は、タスク 1(2D: 14.1±0.6, 3D: 12.3±0.5, P=0.035)、タスク 2(2D: 21.6±0.7, 3D: 18.4±4.5, P=0.0016)、タスク 3(2D: 76.6±18.4, 3D: 65.1±3.1, P=0.0071) であり、3D 下で有意に操作時間の短縮を認めた。

本研究は、トレーニングボックス内での鉗子操作の軌跡を分析することで、3D映像が内視鏡外科手術に及ぼす有用性について検討した研究であるが、従来ほとんど行われなかった、3次元光学式動作解析装置（光学式トラッカー）を用いた3D映像の鉗子操作の3次元動作解析により重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、本研究者は、博士（医学）の学位を得る資格があると認める。