

主論文の要旨

Measurement of Inserting Motion of Bladeless Trocar at Real Surgery for Development of a Virtual Training System for Initial Trocar Placement in Laparoscopic Surgery

腹腔鏡下手術における，第1トロッカー配置用仮想訓練装置
開発のための，実際の手術でのブレードレス・トロッカー
挿入動作の測定

名古屋大学大学院医学系研究科 総合医学専攻
病態外科学講座 消化器外科学分野

(指導：小寺 泰弘 教授)

渡邊 卓哉

【緒言】

近年、腹腔鏡下手術は低侵襲手術として一般化している。腹腔鏡下手術の第1トロッカー挿入は最初の関門であり、深刻な結果をもたらすこともある。その方法には、気腹針法、小開腹法、ブレードレス・トロッカーを用いたオプティカル法などがある。日本では、特別な訓練を必要としない小開腹法が主流となっているが、切開創がトロッカー径より大きくなり炭酸ガス漏れしやすく、肥満者では難しいといった欠点がある。オプティカル法は、先端に刃ではなく、羽根が装着された鈍な構造をした透明なプラスチック製のトロッカーに、腹腔鏡用カメラを挿入した後、先端を通して写し出される腹壁構造をモニターで観察しながら、ハンドルを握り回転させることにより、先端組織を羽根で押し分けて挿入する方法で、腹壁の破壊や出血が最小限におさえられる。安全、迅速に挿入でき、小開腹法の欠点を補うものの、適切な訓練後でないと、腹腔内臓器や血管損傷の危険を伴うと、アメリカ食品医薬品局でも指摘されている。トロッカー内から透見される腹壁構造を理解同定するための教材はあるものの、適切な力のかけ具合は実際の手術で訓練するしかないのが現状である。こうした状況から、オプティカル法用仮想現実シミュレーターを構築する計画を立てた。仮想現実による訓練は、動物や疑似腹壁と比べて繰り返し実行可能で失敗例も経験できるなどの利点がある。この計画のために、ブレードレス・トロッカーにかかる回転力と穿刺力、回転数などの基礎的なデータが必要となる。本研究では、仮想腹壁モデル構築のために、実際の腹腔鏡下手術で非侵襲的な方法により、独自のデータを測定、検討することを目的とした。

【対象及び方法】

（トロッカー挿入の動的データ測定装置）

まず、名古屋工業大学で測定装置を作成した（図1）。測定用トロッカーは、オプティカル法用トロッカーを改造し、6軸力学センサーと3次元位置レシーバー（FASTRAK）を装着した（図2）。トロッカー挿入中は、FASTRAKによりトロッカーの先端位置を、6軸力学センサーにより動的データ（穿刺力と回転力）を連続的に測定した。

（実際の腹腔鏡下手術での測定）

測定用トロッカーは腹腔鏡用カメラを挿入できない構造であり、安全性を確保するために、測定前に観察用のカメラポートの挿入を必要とした。そのため測定は2,3本目のトロッカーで行った。患者間の違いや穿刺場所の違いを検証するために、オプティカル法の経験が1000例以上ある内視鏡外科医により、すべての測定が施行された。本研究は名古屋大学の倫理委員会の承認を受け、すべての患者から書面による同意を得た。

【結果】

6人の患者の11穿刺の結果を得た。図3は力学センサーにより得られた穿刺力連続

測定の一例である。図4は力学センサーにより得られた回転力連続測定の一例である。この症例では最大穿刺力は61N、最大回転力は0.26Nmで、挿入に要した時間は13秒であった。表1はすべての症例のまとめである。最大穿刺力の平均値は、臍周囲で71.4N、他部位での穿刺で65.3Nであり、穿刺部位による差は見られなかった。また、患者間による差もみられなかった。最大回転力の平均値は、臍周囲で、0.19Nm、他部位で穿刺では0.23Nmであり、同様に穿刺部位による差は見られなかった。回転数（ひねりの動作）は11から33回と症例により様々であった。

【考察】

我々は1998年から1300例のオプティカル法を経験してきた。この方法は独特の訓練過程と習熟曲線を有すると言われている。安全で実用的である一方、いくつかの落とし穴もある。その一つは、透見される腹壁構造の理解不足であり、すでに先端が腹腔内に到達しているにも関わらず、挿入を続行して内臓や血管の損傷を引き起こすことである。このような深刻な問題を回避するためには、腹壁構造や腹膜を貫通したことを意味する、いわゆる、white ring（白い輪）の同定が必須である。他の危険としては、不適切な力のかけ方により、不意に腹腔内に深く入り過ぎたり、筋膜上を横滑りすることもある。このような問題があるため、腹壁構造に見合った適切な力のかけ方の訓練が必要である。疑似腹壁による訓練では腹壁構造が十分に再現されておらず、腹壁構造を確認しながら行うオプティカル法には不向きであり、動物、よく使用される豚による訓練では皮下脂肪が少なく、腹膜が厚いため、人間の腹壁とは類似しておらず、これもまた不向きである。それゆえ、我々は仮想現実シミュレーターを選択した。動物や疑似モデルによる測定データや文献はあるものの、最も必要である実際の患者でのデータの報告は今までされていない。本研究では、人間の腹壁を貫通するには60~70Nの穿刺力が必要で、穿刺力や回転力は、患者間や穿刺場所によらず、差がないことが示された。一方、回転数は患者間や穿刺場所により大きく異なっていた。すなわち、穿刺に必要な仕事量は、穿刺回転力ではなく、回転数で調節されていることが分かった。本研究は人間から得られた最初のデータで、仮想訓練装置を開発する際、価値のある参考資料となる。現在、実際の手術画像から作成した画像提示装置を同期させた仮想訓練装置を開発中である。本研究は二つの弱点があった。一つは、第1トロッカーで測定できなかった点である。測定用トロッカーは腹腔鏡用カメラを挿入できない構造であり、安全性を確保するために、測定前に観察用のカメラポートを挿入し、気腹を必要とした。第1トロッカー挿入時は腹壁を挙上することを考慮すると、測定時の気腹の影響は無視できるものと考えられる。もう一つは、同じ構造上の理由で、先端映像を確認しながら測定できなかった点である。

【結論】

我々は、仮想腹壁モデル開発のための実際の腹腔鏡下手術での独自のデータを得た。経験のある外科医による測定では、穿刺力と回転力は患者や穿刺場所によらず

ば一定であり，回転数で調節されていることが示された．これらのデータを使用し，手応たえ機構と画像提示装置を組み合わせた訓練装置を計画中である．