

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 15 日現在

機関番号：12601
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2012～2014
課題番号：24791838
研究課題名(和文) 遠隔操作型手術支援システムによる網膜硝子体手術

研究課題名(英文) robotic assistance in vitreoretinal surgery

研究代表者

野田 康雄 (Noda, Yasuo)

東京大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：40323547

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：ウサギ眼、豚眼での網膜内境界膜剥離の可否について検討した。これらの動物眼では硝子体の網膜への癒着が強く、また、内境界膜の染色効果は低く、ヒトと同様の操作は不可能であった。材料工学的アプローチによってモデル網膜を作製し、内境界膜や網膜血管モデルを作製した。これらを用いれば、現在世界中で研究開発が進行している網膜硝子体手術支援システムの動作評価が均一の環境で可能になるだけでなく、網膜硝子体手術の習得にも役立つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Feasibility of the peeling of internal limiting membrane (ILM) was examined. ILM peeling was not feasible in rabbit and porcine eyes due to the firm attachment of vitreous to the retina and poor staining of ILM in the animal eyes. Artificial model of the retina with ILM and retinal vessels was fabricated. This artificial model will be valuable for the evaluation of the efficacy/safety of the surgical technique as well as surgical training.

研究分野：網膜硝子体疾患

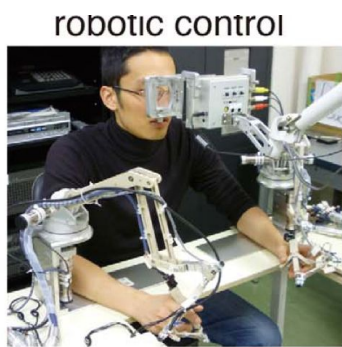
キーワード：網膜硝子体手術 手術モデル

1. 研究開始当初の背景

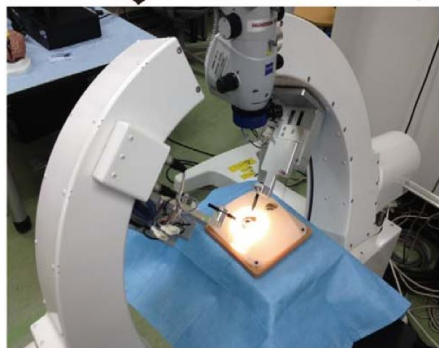
ロボット技術を適用した外科手術は、da Vinci の導入、流布により、ますます確固たる地位を確立しつつあるのが現状である。すなわち、米国では、前立腺癌などの症例では現在ではむしろ da Vinci を用いた手術の方が主流になっている。ロボットによる外科手術の基盤は、その正確性、外科医にとっての易習得性、人の手では物理的に不可能な手術技法の可能性にあると考えられている。

Da Vinci は人の腕に相当する部分(シャフト)径が 5mm であるので、一般外科用のロボットとして使用されている。一方、眼科、耳鼻科、脳神経外科、形成外科などの分野においては一般外科とは異なる顕微鏡を用いたマイクロサージャリーが行われ、1mm 直径の血管の縫合、数マイクロメートルの膜の剥離など、一般外科以上に微細で正確な手術技術が要求される場面が多い。眼科では数マイクロメートルの膜をはがす手術などは眼科医でも一握りの医師たちが長い期間の手術経験を経て習得しているのが現状であり、こうした専門医は地域により不足しているところも多くある。

微細な手術技術を要するマイクロサージャリーは、ロボットによる正確性と遠隔操作性のメリットを最大限発揮することが可能と考えられ、我々は世界に先駆けて研究成果を蓄積してきた。



↑ master-slave system



我々の最近の手術支援システムではより汎用性が高まり、眼科マイクロサージャリーの様々な手術状況に対応できる機構を備えつつあるものである。また、正確性においても in vitro や摘出豚眼を用いた ex vivo の設定で

も、用手的な(マニュアル操作の)操作よりも高い正確性を実現していることを証明し、これまでのシステムと同様に網膜血管内薬物投与が可能であることを実証した。

2. 研究の目的

これまでの研究では、主に網膜血管内薬物投与を摘出豚眼で行うことでそのシステムの正確性を検証してきた。しかし、より臨床応用を念頭におくと、生体動物を用いることが理想的であり、また検証する手技内容もより臨床で多く行われ、しかも難易度の高い手技が適切と考えられる。

そこで、本研究では、これまでの研究内容を発展させ、より臨床応用を念頭においた手技の評価を行うことを目的とする。すなわち本研究の第一の目的は、ウサギ生体を用いて内境界膜(ILM)剥離を行うことで臨床応用の可能性をさらに検証することとする。第二に、本システムで装備された器具の持ち替えの機構の効率性を検証する。第三の目的は、本システムの広い可動域を確認するため、硝子体カッターを用いた硝子体茎離断術や後部硝子体剥離を施行することとする。

3. 研究の方法

次に、生体ウサギ眼球内での ILM 剥離術のマニュアル操作による技術的確立を図る。現在手術具として入手可能な 25G 眼内照明と硝子体カッター、硝子体可視化のためのステロイド剤(ケナコルト)を用いて硝子体切除を行う。次にインドシアニングリーンにより ILM を可視化して 25G 鉗子により ILM 剥離を行う。予備実験では、ウサギの ILM はヒトと異なった性状で、もろく、膜状に剥離することは容易ではないことが分かっているので、経験を蓄積して安定的な手技の確立を図る。

作成したマニピュレータを用いて実際に生体ウサギ眼球で ILM 剥離を行う。マニュアルでの操作と同様に、現在手術具として入手可能な 25G 眼内照明と硝子体カッター、硝子体可視化のためのステロイド剤(ケナコルト)を用いて硝子体切除と後部硝子体剥離を行う。次にインドシアニンググリーンにより ILM を可視化して 25G 鉗子により ILM 剥離を行う。

4. 研究成果

ウサギ眼、豚眼での網膜内境界膜剥離の可否について検討した。これらの動物眼では硝子体の網膜への癒着が強く、また、内境界膜の染色効果は低く、ヒトと同様の操作は不可能であった。

そこで図1のような人工の眼球モデルを構築し評価を行った。この眼球モデルでは図2のように load cell を組み込んで、眼底網膜に加わった垂直方向の力をセンシングできる設計とした。

測定系の全体図を図3に示す。

結果として、図4のように、工学部学生、眼科医の両者ともに遠隔操作手術支援システムを用いることによって眼底接触動作に置いて精度が向上した。

材料工学的アプローチによってモデル網膜を作製し、内境界膜や網膜血管モデルを作製した。これらを用いれば、現在世界中で研究開発が進行している網膜硝子体手術支援システムの動作評価が均一の環境で可能になるだけでなく、網膜硝子体手術の習得にも役立つと考えられる。

図1

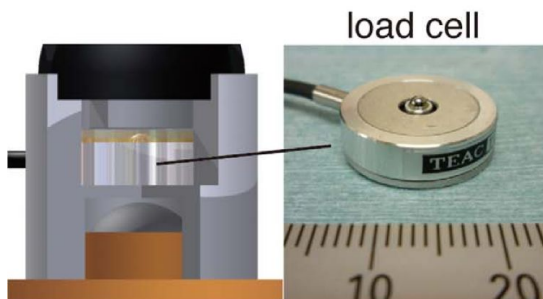


図2

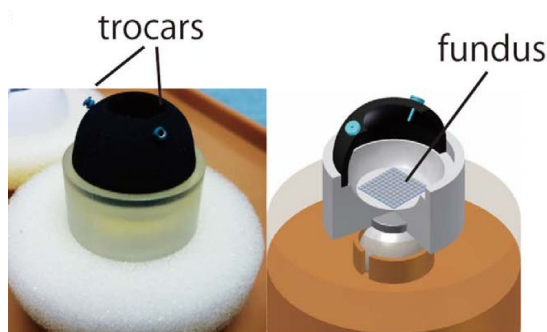


図3

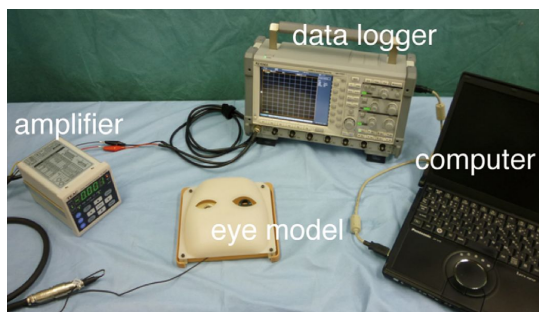
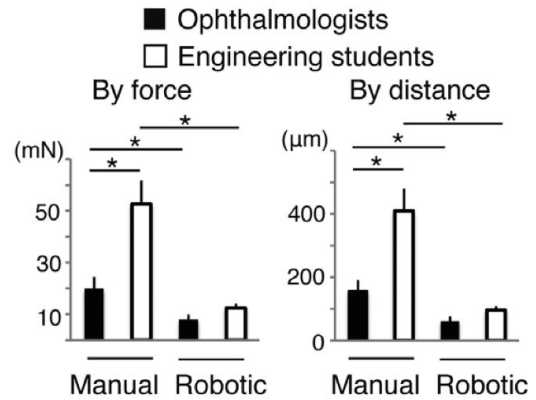


図4



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Noda Yasuo, Ida Yoshiki, Tanaka Shinichi, Toyama Taku, Roggia Felix Roggia, Tamaki Yasuhiro, Sugita Naohiko, Mitsubishi Mamoru, Ueta Takashi. Impact of robotic assistance on precision of vitreoretinal surgical procedures. PLoS One. 2013;8(1):e54116. doi: 10.1371/journal.pone.0054116.

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 無

6. 研究組織

(1)研究代表者

野田 康雄 (NODA, Yasuo)
東京大学・医学部附属病院・講師
研究者番号：4 0 3 2 3 5 4 7

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

上田 高志 (UETA, Takashi)

光石 衛 (MITSUIISHI, Mamoru)

杉田 直彦 (SUGITA, Naohiko)