

平成 21年 6月 10日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19591994
 研究課題名（和文） 手術用ナビゲーションシステムを用いた術者の技能評価と手術教育プログラム
 研究課題名（英文） Estimation of surgeon's skill with surgical navigation system and educational program for surgery
 研究代表者
 友田幸一（TOMODA KOICHI）
 関西医科大学医学部・教授
 研究者番号：50164041

研究成果の概要：耳鼻咽喉科の手術教育プログラムを作成する目的で、基本となる解剖知識、手技の客観的評価法を開発することを試みた。アイマークレコーダーによる画像の視線軌跡解析では、個人の思考過程ならびに的確度を算出することができ、能力に応じた指導が必要であることが明らかとなった。一方、実モデルとナビゲーションシステムを用いた手技の評価では、繰り返す練習だけではない個人の感性を考慮した指導法の必要性が明らかとなった。今後は、行動工学にもとづく適切な教育プログラムの完成と、内視鏡手術に重要な脳中枢の Hand-Eye coordination (visuomotor skill) のメカニズムを解明していきたい。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	3,200,000	960,000	4,160,000
平成20年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：耳鼻咽喉科学

科研費の分科・細目：

キーワード：(1)手術教育、(2)技能評価、(3)ナビゲーション、(4)画像診断、(5)モデル実験、(6)耳鼻咽喉科

1. 研究開始当初の背景

これまでの外科教育は、徒弟制度的な要素が強く、術者に至るまでに長年を要してきた。しかしこのような伝統的な体制が今日の研修医、若手医師の外科離れの要因となっていることも事実である。そこで外科教育自体を見直し、研修者自身の能力、知識・技術レベルに応じた教育プログラムを確立する必要がある。すでに我々はその一部の研究を行い

発表した。国内では極少数ではあるがアイマークレコーダを使った報告や手術スキル評価を行った報告がなされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、耳鼻咽喉科の手術の中で基本となる解剖知識、手術器具の取り扱い、術中操作などについて実習を行い、その過程を手術用ナビゲーションシステムあるいはア

イマークレコーダで追跡し、結果を客観的、科学的に解析して研修者にフィードバックするプログラムを開発することである。

3. 研究の方法

実験 1 画像診断における思考過程の評価

ナック社製のアイマークレコーダー EMR 8 B (図 1) を使用し、研修医～5 年目の耳鼻咽喉科医、6 年目から 20 年目の耳鼻咽喉科専門医を対象に以下の実験を試みる。一般的な耳、鼻、頭頸部領域の単純レントゲン写真や CT、MRI の画像を提示し、指示された部位を目で確認するタスクを与え、瞳孔の動きを録画すると同時にナビゲーションシステムのワークステーションに入力し、被検者の目の動き、視線、凝視した部位が画像上のどの部位を見ているかを描出する。解析の結果得られたデータの中から、視線停留点・軌跡分析および停留点時間分析を行う。前者では、視線軌跡を標的部位、その周辺、その他の部位に分け画像として描出することで、被検者の思考過程を探る。後者では、視点分布・凝視時間により係数を設定し、上記の座標部位別にその点数の総和で点数化し、個人的確度を算出する (図 2)。これらの結果を被検者にもフィードバックし、個人の弱点、問題点を認識した上で教育、指導の方針を立てる。



図 1 : アイマークレコーダによる視線追跡
A: 瞳孔撮影用 CCD カメラ、B: 視線上画像撮影用 CCD カメラ

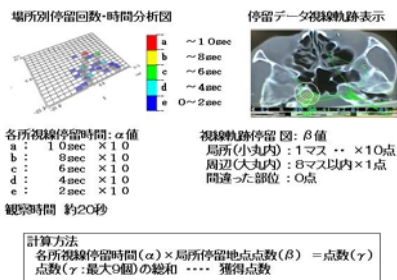


図 2 : 場所別停留回数・時間分析図および停留データ視線軌跡表示を用いた点数計算方法

実験 2 模型を用いた手術操作、手技の評価

産業技術総合研究所開発の精密鼻腔モデルを用い、同じ対象者に対して、事前にある程度の解剖、手術ビデオを供覧させておいて、内視鏡、鉗子、ドリル類の扱い方、操作時間、骨削開の操作、またその際にかかる圧荷重などを計測する。同時に手術操作部位をナビゲーションシステム下に画像上にリアルタイムに表示する (図 3)。これらの操作を繰り返すことにより、その手技的技術がどう変化していくか、また形態の把握がどの程度できるかを評価する。また内視鏡下の鼻内解剖知識と制度を検証する実験も併せて行った。



図 3 : 精密ヒト鼻腔モデルの外観と内部構造
そのモデルを使用した実験風景

4. 研究成果

結果 1 視線停留点・軌跡分析および停留点時間分析

基本的な鼻副鼻腔の解剖部位については、未熟医と熟練医との間で差はみられなかったが、手術と関連する重要な部位については未熟医でばらつきが大きく、正解に至るまでに時間を要した (図 4) (表 1, 2)。この方法により個人の知識レベルや思考過程を客観的に評価し、個人にフィードバックすることができた。

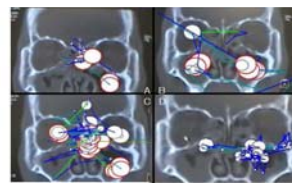


図 4 : 被験者 4 人における視線軌跡停留図 (左上顎洞を見るように指示した場合)

医師	局所停留点数			周辺停留点数 × 停留数			その他 × 停留数			獲得点数		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ			
A	100	10	800	20	1	20	2	10	0	0	3	840
B	100	10	1000	10	1	30	3	10	0	0	1	1030
C	80	10	800	20	1	60	3	0	0	0	0	860
D	80	10	800	20	1	40	2	0	0	0	0	840
E	100	10	1000	20	1	40	2	10	0	0	1	1040
未熟医												
F	80	10	800	20	1	100	5	10	0	0	2	900
G	100	10	1000	20	1	20	2	10	0	0	4	1020
H	80	10	800	20	1	20	4	10	0	0	5	820
I	80	10	800	20	1	80	4	0	0	0	0	920
J	80	10	800	40	1	40	1	10	0	0	1	840

表1：アイマークレコーダーによる視線解析結果（基本的解剖部位）。A～Eは6年目以上の医師、F～Jは5年目以下の医師。

医師	后所停留点数			周辺停留点数 × 停留数			その他 × 停留数			獲得点数		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ			
A	100	10	1000	10	1	40	4	10	0	0	10	1040
B	80	10	800	10	1	20	2	10	0	0	8	820
C	80	10	800	40	1	40	1	40	0	0	3	860
D	100	10	1000 × 2*	20	1	20	1	0	0	0	0	2000
E	100	10	1000	10	1	40	4	0	0	0	2	1040
F	100	10	1000	40	1	40	1	0	0	0	17	1040
G	0	10	0	20	1	40	2	20	0	0	16	40
H	20	10	200	10	1	20	2	50	0	0	13	240
I	40	10	400	20	1	40	2	70	0	0	11	440
J	60	10	600	10	1	40	4	30	0	0	2	640

表2：アイマークレコーダーによる視線解析結果（基本以外の部位）。A～Eは6年目以上の医師、F～Jは5年目以下の医師。*20秒間局所を凝視し、視線移動がなかったため2倍の点数とした

結果2 模型を用いた手術操作、手技の評価
内視鏡や鉗子手技、その操作性、モデルにかかる加重、モデルの削開範囲などを検討した結果、研修医レベルでは両手操作の難しさ、(図5)、必要最小限の

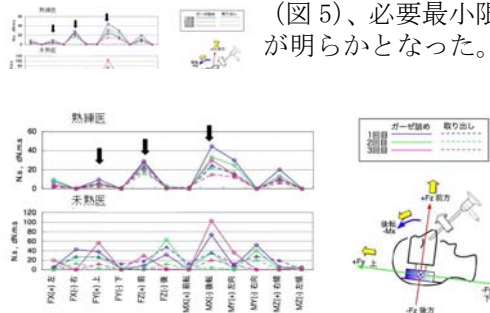


図5：モデルへの加重実験

モデル後頭部に装着された力・トルクセンサにより、篩骨洞内のガーゼの出し入れに際してモデルにかかる荷重、方向を計測した。未熟医は熟練医と比較し、力のかかる方向、加重に一定のパターンはみられない。

手術器具の扱いや操作は慣れることで上達するが、力のかかる方向や加重は熟練医のそれとは異なり、ただ繰り返すだけでは難しく、熟練医のパターンを真似ることで効率の良い学習ができるものと考えられた。また過剰な骨削開は内視鏡視野の特性（広角視野）への不慣れから奥行き感覚が得にくかったことが大きな原因と考えられる。このモデルでは削開後の篩骨洞パーツを取り出して交換ができ、研修者が自分自身で確認ができ、納得がいくまで繰り返し削開実習が可能であること、また同じ形状のモデルを用いること

で、異なる術者の手術操作データを比較することも可能であった。また手術操作中における視線停留点・軌跡分析および停留点時間分析では、操作に慣れてくると1点に集中する傾向がみられた。

結果3

ナビゲーションシステムを応用し、CT画像（2次元的）と鼻腔形態（3次元的）の解剖構造を頭の中でどこまで確実にイメージできるかを評価した。その結果、熟練度、解剖部位によってイメージの捉え方に3つのパターン（図6）があり、副鼻腔の第III基板を中心に未熟医と熟練医とでパターンがAとBに分かれる傾向がみられた。パターンAは、被検者は実際に手術を行っている部位が危険部位からより遠くに感じていることを示している。つまり危険部位とはまだ距離があるものと感じ、大胆に開放をしてしまう可能性があり危険なパターンである。パターンBは、その逆で危険部位をより近くに感じていることを示している。つまり危険部位とはまだ距離があるにもかかわらず、手前で止めてしまうことになり、慎重ではあるが病変が残存してしまう可能性がある。パターンCは、実際の位置と認識位置が一致したもので、内視鏡視野と画像位置が頭の中で正確にイメージされ理想的なパターンである。

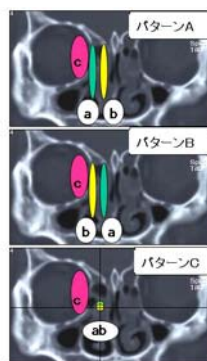


図6：術者の手術部位の捉え方のパターン分類 ナビゲーション位置(a点)、被検者の認識した位置(b点)、危険部位(c点)

また解剖部位や術野の見え方でその感覚は異なること、具体的に後上方で実際の部位との誤差が大きくなることが明らかとなった⁴⁾。これは手術時の患者の頭位と関連し、内視鏡が前下方から後上方を見上げるように挿入されるために、CTや解剖図のイラストからイメージされる構造とは異なり頭蓋底が斜め方向となるため、被検者は想像以上に後方になるにしたがって天蓋に近く感じるのではないかと推察される。このことから内視鏡の挿入角度による術野の変化を配慮し、特に上下、前後方向で距離感を誤認する

可能性があることを認識する必要があると考えられた。

これらの手法により、手術学習の過程を科学的、行動工学的に分析し、術者個人の特性と能力を客観的に評価し、熟練医との違いを認識させ、指導に役立てていくことが可能と考えられた。

今後の課題として、内視鏡手技の技能には個人差、能力差があり、その大きな要因は、中枢における Hand-Eye coordination (visuomotor skill) のメカニズムが関係し、特に脳幹部と小脳に分布する運動・感覚神経相関との関連性が考えられた。この中枢におけるメカニズム解明のために解剖学との共同研究で、neocortico-pont-cerebellar projection に関連する神経線維の局在と分布に関する基礎研究を行う必要がある。

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 3 件)

1、山下樹里、横山和則、熊谷 徹、友田幸二：仮想の鏡「ハイパーミラー」を用いた内視鏡下鼻内手術の遠隔手技指導実験。日本パーチャルリアリティー学会誌 14:4, 2009 (in press) 査読有り

2、友田幸一：耳鼻咽喉科におけるナビゲーション手術。日耳鼻会報 110：732-735, 2007

3、友田幸一、村田英之：耳鼻咽喉科領域における術中ナビゲーションシステム。映像情報 Medical、39:598-603、2007

[学会発表] (計 3 件)

1、K.Tomoda, H.Murata: Current status of image-guided surgery in Otorhinolaryngology, Japan, 27th International Symposium of Infection & Allergy of the Nose (ISHIAN), 2008.06. Crete, Greece

2、K.Tomoda: Intraoperative navigation surgery in Otorhinolaryngology, 24th Pan-Pacific Surgical Association Japan Chapter, 2008.01, Hawaii

3、K. Tomoda : Current status of image-guided surgery in Otorhinolaryngology, The 19th International Conference of Society for Medical Innovation and Technology. 2007,11, 2007, Sendai

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

友田幸一 (TOMODA KOICHI)
関西医科大学・医学部・教授
研究者番号：50164041

(2) 研究分担者

石政 寛 (ISHIMASA HIROSHI) 2007 年度
金沢医科大学・医学部・助教
研究者番号：60288298

(3) 連携研究者

石政 寛 (ISHIMASA HIROSHI) 2008 年度
金沢医科大学・医学部・助教
研究者番号：60288298

山下樹里 (YAMASHITA JURU)

産業技術総合研究所福祉工学・研究員