

AIを用いた頭蓋外内バイパス術の手術スキルの評価

高張 廉¹⁾, 杉森 博行²⁾, 吉村 高明²⁾, 小笠原 克彦²⁾, 杉山 拓³⁾, 唐 明輝³⁾

- 1) 北海道大学大学院保健科学院
- 2) 北海道大学大学院保健科学研究所
- 3) 北海道大学大学院医学研究所

Introduction

外科医の手術スキルは、術後合併症の罹患リスクに影響する重要な因子であることが報告されており¹⁾、術後の回復予測、あるいは術者教育のために手術スキルの客観的評価が重要である。従来の評価は目視評価が主流であったが²⁾、評価基準が主観的であるため評価者に依存してしまうなどの問題も指摘されている³⁾。近年、AIの発展に伴い医療領域の幅広い範囲で適応されており、AIによる外科手術スキルの客観的な評価法が開発されている^{4, 5)}。

脳神経外科において、難易度が高い手術の一つに、もやもや病などを対象とした頭蓋外内バイパス術 (EC-IC bypass) がある (fig.1)。微細で脆弱な脳血管に吻合操作を要する手術であり、不注意な手術操作は、脳血管そのものに損傷を呈し、バイパスの閉塞や脳梗塞・頭蓋内出血のリスクとなりえる。

本研究では、模擬血管を用いた微小血管吻合術のトレーニング映像を用い、愛護的な吻合操作の新たな定量化指標として、血管の面積変化に着目した。模擬血管のセグメンテーションAIモデルを構築し、ExpertとNoviceの手術スキルの定量比較評価を実施した。

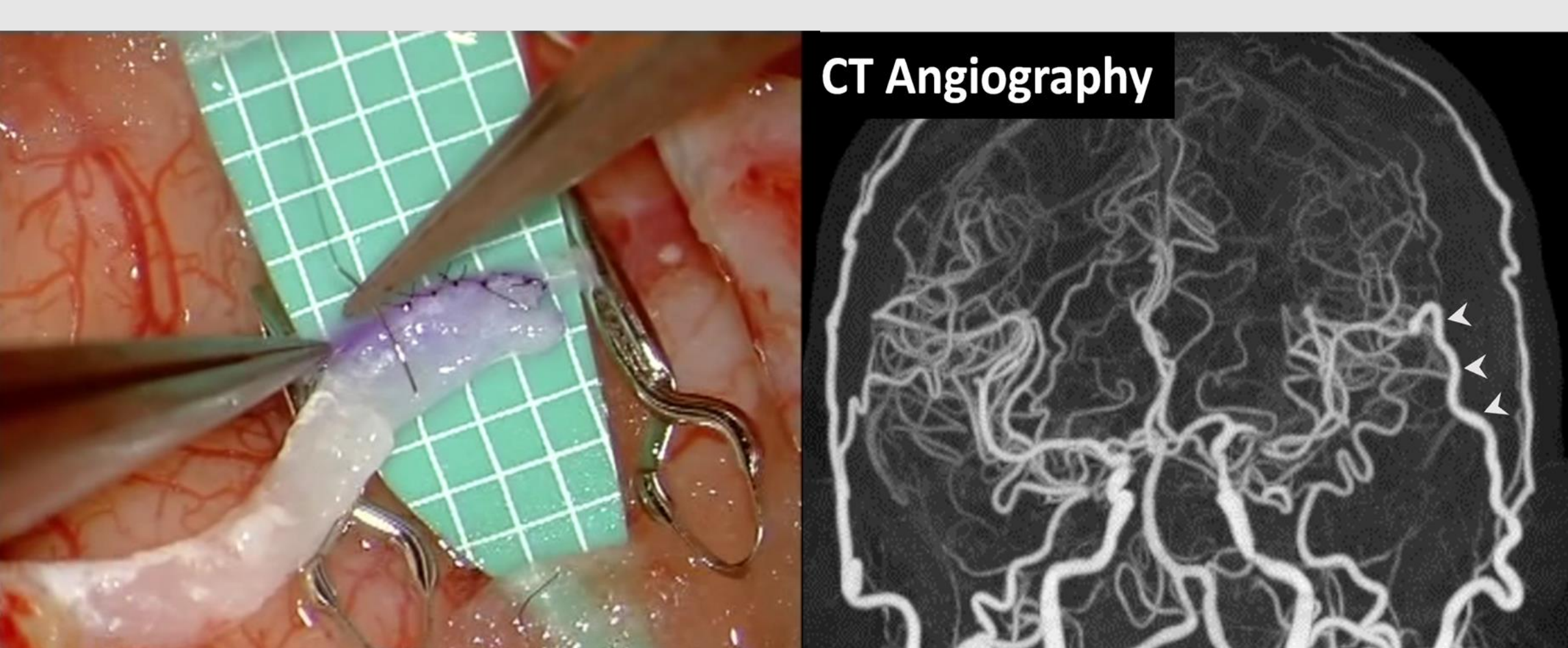


fig.1: Intraoperative photograph and postoperative CT angiography of EC-IC bypass

Materials and Methods

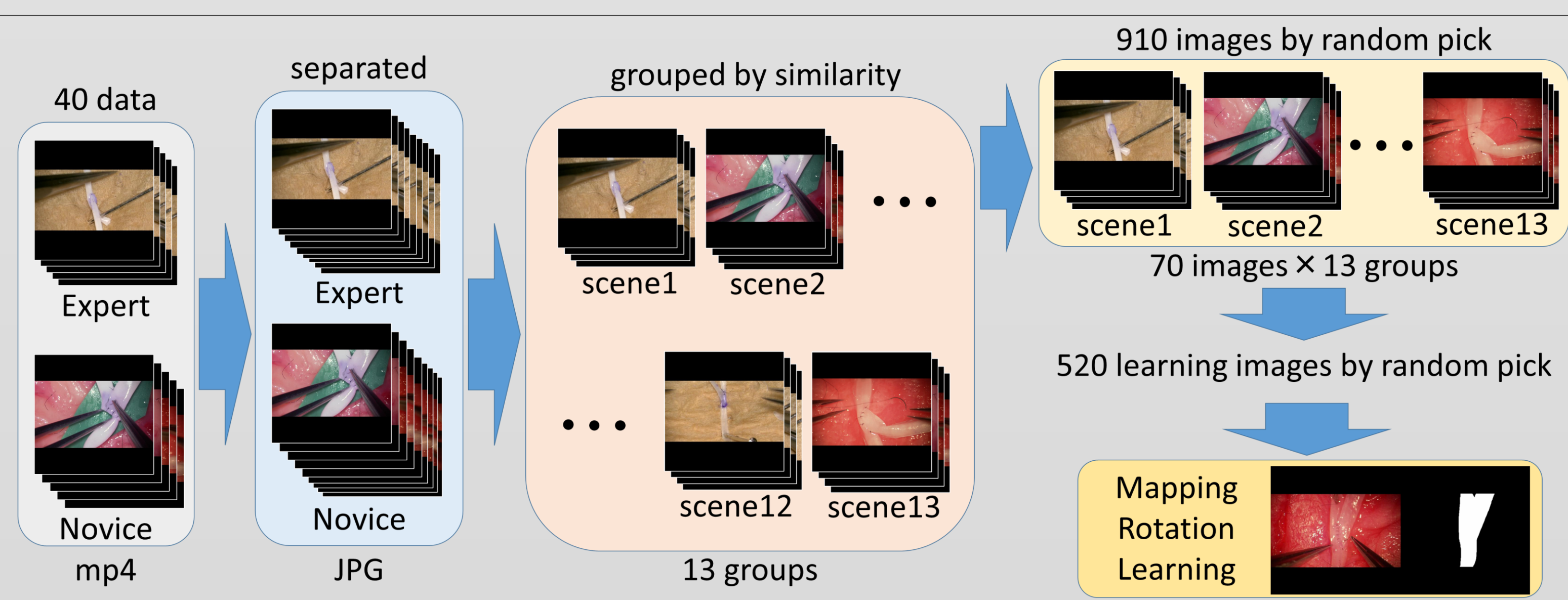


fig.2: Flow chart of Learning.

40個の手術練習映像 (Novice: 5名、20データ、Expert: 2名、20データ) を使用した。まず、30fpsの各データセット (mp4) から2次元画像 (JPG) を分離した。40個のデータセットの中で類似シーンで13グループに振り分け、各グループ毎に無作為に70枚ずつ2次元画像 (JPG) を合計910枚抽出した。910枚の画像 (JPG) を、learning: test: validation = 4 (520枚): 1 (130枚): 3 (260) 枚で振り分けた。その後、520枚のlearningの模擬血管領域をマッピングした教師画像を作成した。教師画像を -175° から $+180^\circ$ で 5° 間隔で回転拡張し、合計37440枚のlearningをResnet-50を用いて学習させた (fig.2)。パラメータは、Epoch = 30, Batchsize = 192, ValidationPatience = 4, alidationfrequency = 50とした。作成したAI学習モデル (fig.3) を使用して、各映像に対して模擬血管の面積の経時変動を求めた。全40個のデータセットについて、 $\text{mean} \pm 1.96\text{SD}$ (95%の信頼区間) の外れ回数を求めた。全データセットの外れ回数をt検定またはWilcoxon検定を用いて統計解析を行った。さらに、手術工程で分類した4phases (fig.4) において、各phaseの外れ回数で統計解析を行った (fig.5)。

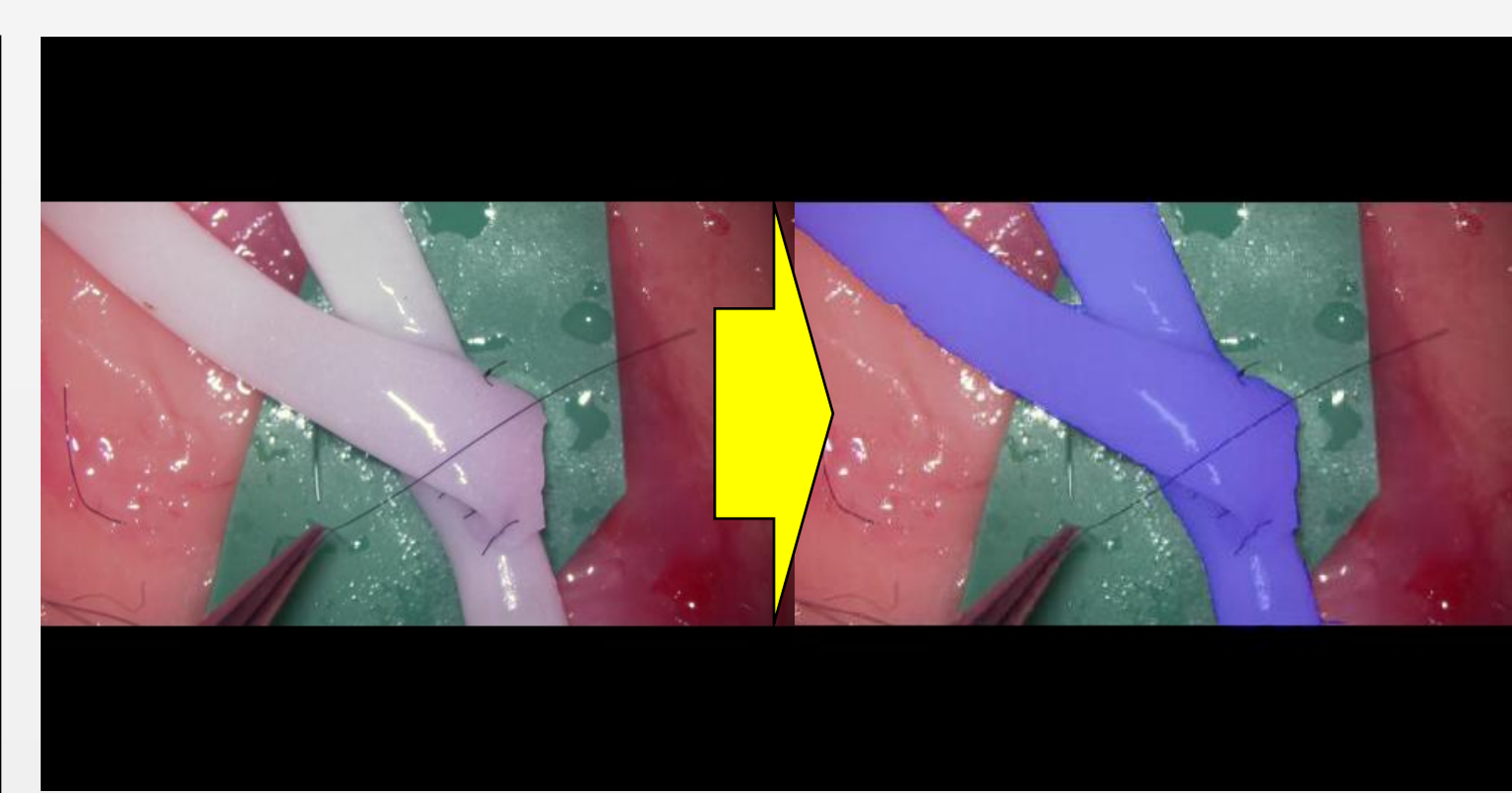


fig.3: Auto Segmentation by AI.

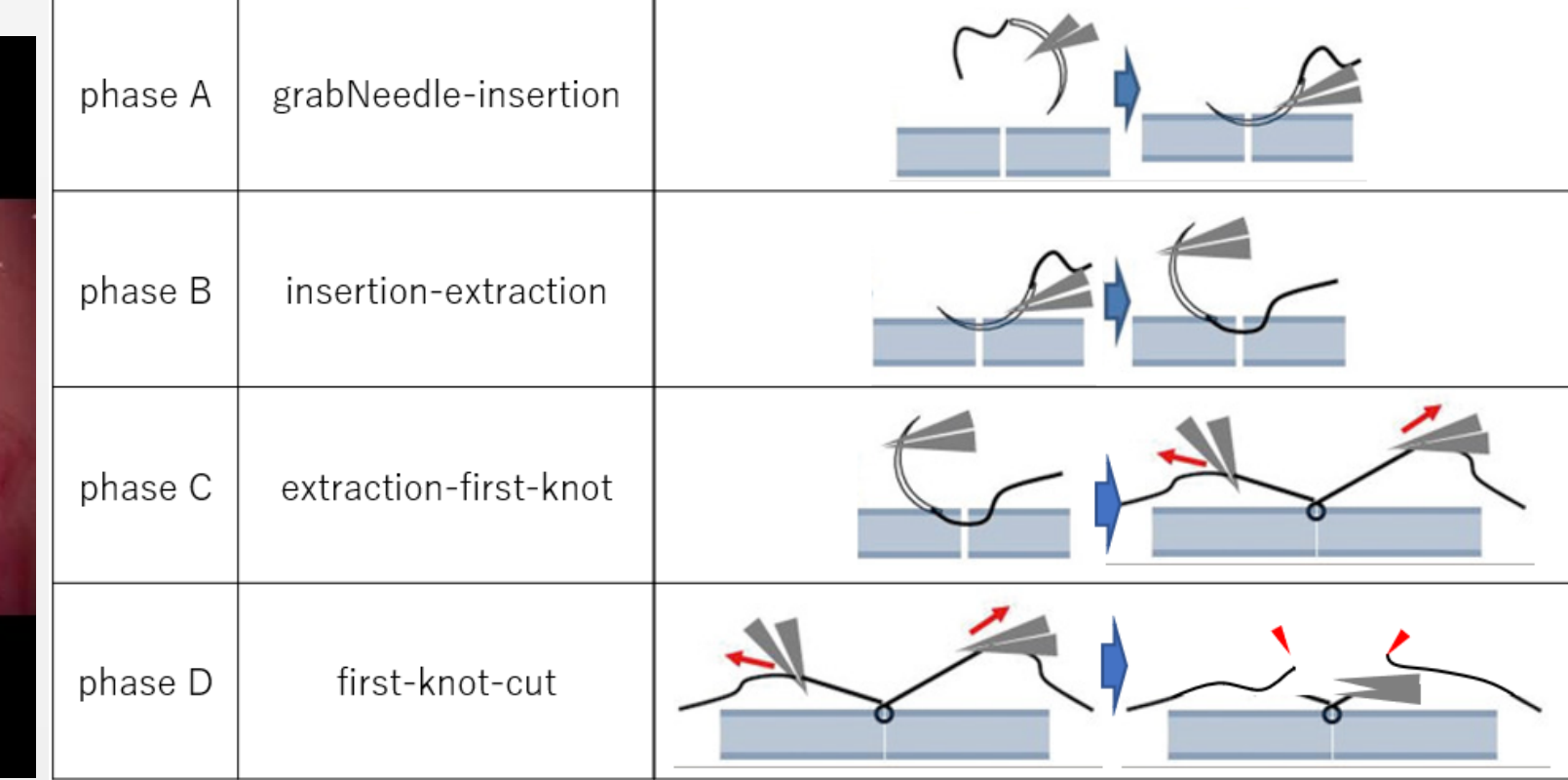


fig.4: 4 phases description.

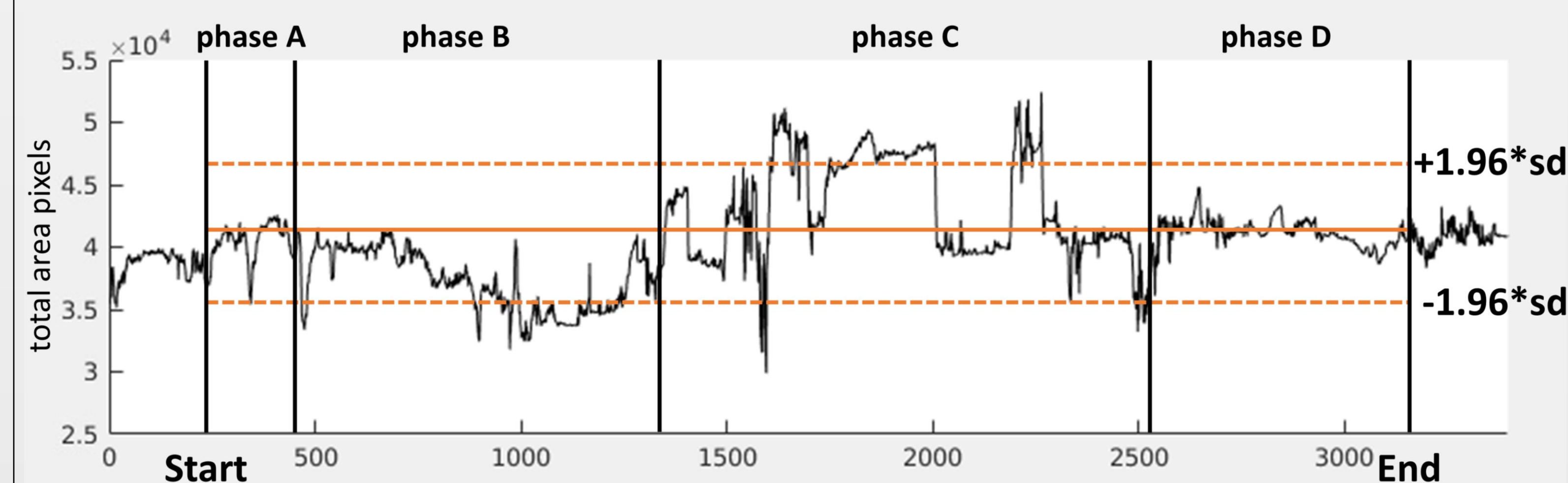


fig.5: Classification of 4 phases and mean $\pm 1.96\text{SD}$.

Results and Discussion

テストの結果、IoU (Intersection over Union) 0.93となった。全データセットの外れ回数の結果をfig.6に示す。Expertと比較してNoviceは多くの時間がかかり、外れ回数 (全過程の平均面積の95%信頼区間) すなわち面積が大きく変わる場合が増え、模擬血管の動き及び外力による変形が大きくなったことが示唆された。fig.7から、全過程においてNoviceの外れ回数は有意に増加し、特にphase Bで有意差が顕著になった。insertionからextractionの過程 (phase B) では、Noviceの操作により模擬血管の動き及び変形が増大したことがわかった。組織が術中の動き及び変形により、施術による受動的な組織損傷に至るリスクが高まると考えられる。本研究により、組織の面積を経時的に評価することで、外科手術スキルの定量比較評価が可能となり、NoviceよりもExpertの方が組織の安定性が高いことが示唆された。

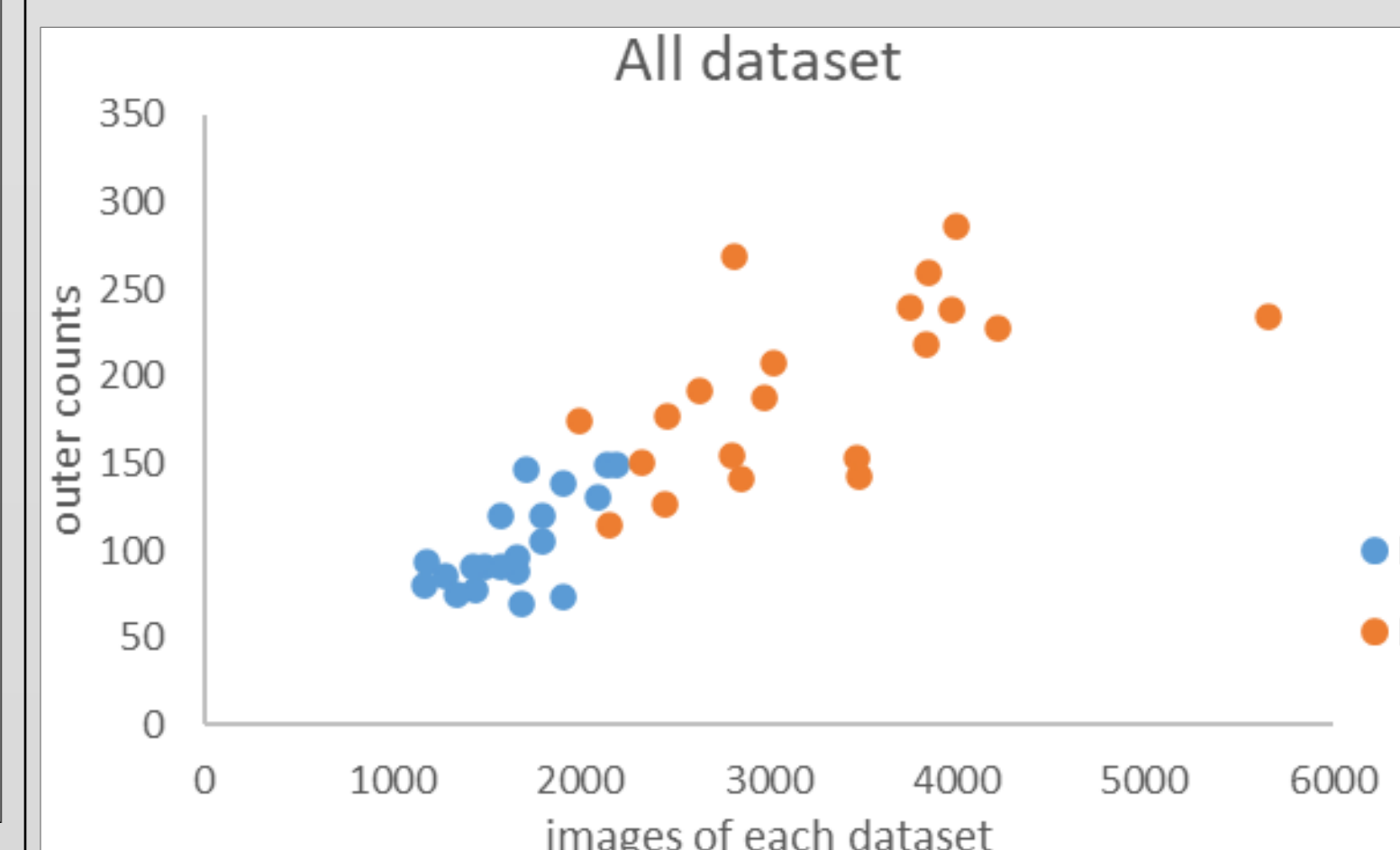


fig.6: Results of all dataset's outer counts.

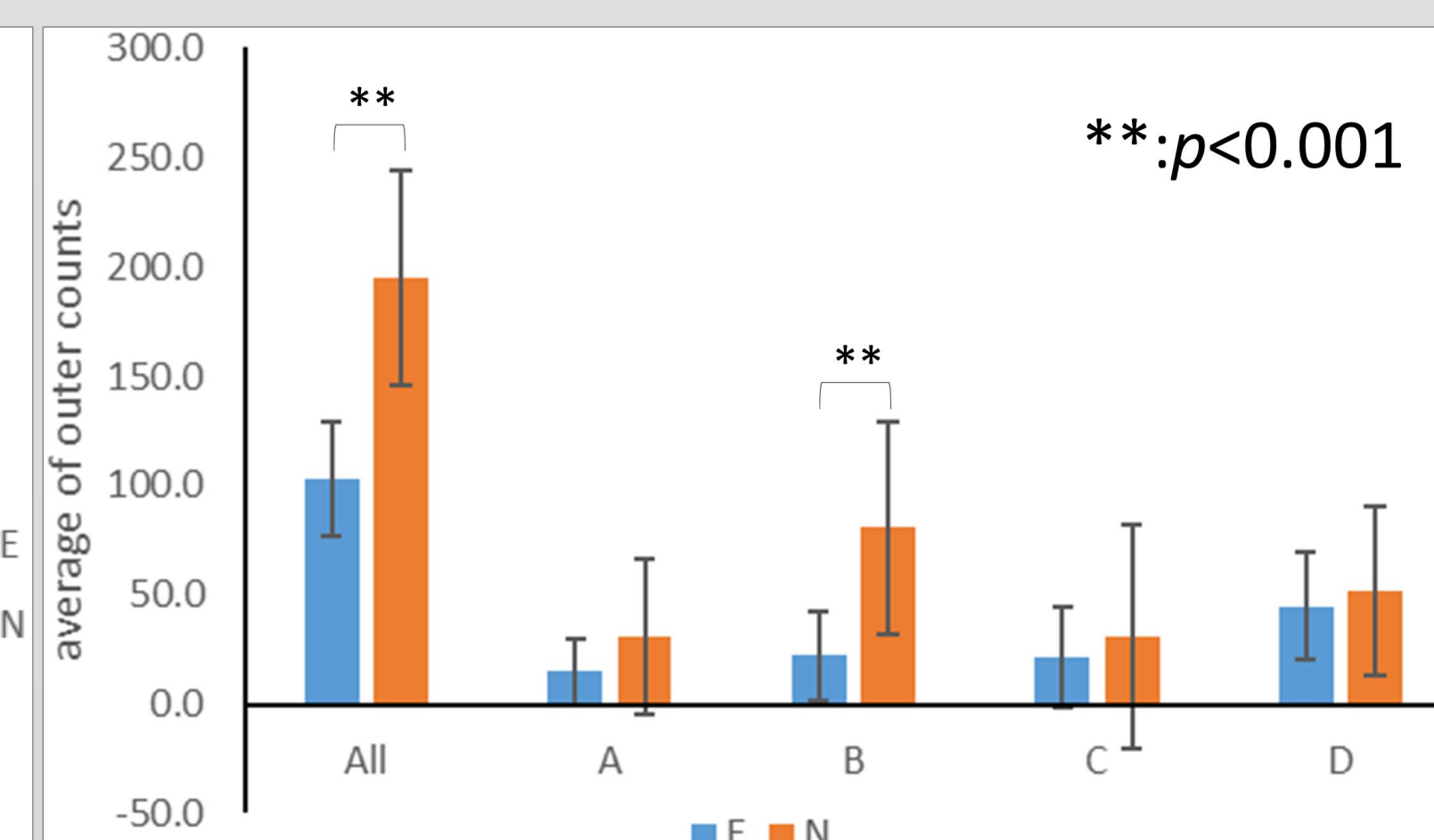


fig.7: Results of all dataset's average of outer counts. There were significant differences in All and phase B.

Conclusion

本研究により、EC-IC bypass術における対象組織 (脳血管) の変形 (面積変化) を定量可能なAuto Segmentation AIが構築された。本手法は、手術スキルの定量評価に有用であると考えられた。

References

1. Birkmeyer, J. D. et al. Surgical Skill and Complication Rates after Bariatric Surgery. N. Engl. J. Med. 369, 1434–1442 (2013).
2. Martin, J. A. et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. Br. J. Surg. 84, 273–278 (1997).
3. Darzi, A., Smith, S. & Taffinder, N. Assessing operative skill. Br. Med. J. 318, 887–888 (1999).
4. Sugiyama, T. et al. A Pilot Study on Measuring Tissue Motion During Carotid Surgery Using Video-Based Analyses for the Objective Assessment of Surgical Performance. World J. Surg. 43, 2309–2319 (2019).
5. Sugimori, H., Sugiyama, T., Nakayama, N., Yamashita, A. & Ogasawara, K. Development of a deep learning-based algorithm to detect the distal end of a surgical instrument. Appl. Sci. 10, (2020).