

中山人間科学振興財団活動報告書 2023 年度国際交流助成（海外渡航）

研究テーマ

膝関節手術における AR(Augmented Reality：拡張現実)技術応用に関する研究

氏名

伊藤 淳哉 (Junya Itou)

所属

Department of Orthopaedic Surgery, ZNA Cadix
(Antwerpen, Belgium)

【背景】

変形性膝関節症の主たる原因は加齢性変化であり、超高齢社会を迎えた社会において、変形性膝関節症に対する手術治療は増加の一途を辿っている[1]。その中でも最も広く行われているのが人工膝関節置換術であり、本邦において年間約8万件が実施されている[2]。人工膝関節置換術の術後成績を左右する因子のひとつに、インプラント(人工関節)設置のための正確な骨切り(大腿骨および脛骨を切除すること)が挙げられる。外科医による正確な骨切りを支援する取り組みとして、産業技術の発達に伴いコンピュータ支援手術が膝関節手術領域でも盛んに導入されており、ロボット支援手術やナビゲーションシステムが知られている。いずれも高い精度での骨切りが可能であることが報告されているが、ロボット支援手術の欠点として導入コストが非常に高価であること、操作が煩雑であることなどが知られている。一方、ナビゲーションシステムは低コストで簡便であることが利点として挙げられるが、その中でもAR(Augmented Reality；拡張現実)手術ナビゲーションが注目されている[3]。複合現実用のゴーグルを使用するものや[4]、iPhoneなどのスマートフォンを使用するものまでツールは様々であるが[5]、一般的なコンピュータ支援手術と違い大型機器が不要であり、導入にむけたコスト削減が期待され、これまで懸念され敬遠されてきた費用対効果の悪さを改善し得ると考えられている。

変形性膝関節症に対する手術治療として近年増加傾向にあるのが膝関節周囲骨切り術である[6]。これは人工関節と違って患者固有の関節を温存可能で、スポーツ復帰など高い活動性を維持することが期待される術式のひとつである。人工膝関節置換術と同様に、膝関節周囲骨切り術も正確な骨切りが重要である。人工膝関節置換術においては全体の約37%の症例に対してコンピュータ支援手術(ナビゲーションシステムないしはロボット)が行われているが[2]、膝関節周囲骨切り術においてはほとんど普及していない。

【研究目的】

膝関節周囲骨切り術におけるAR技術応用に関する現状を明らかとし、普及に向けた課題を明確化すること

【現時点での成果と展望】

膝関節周囲骨切り術への応用として期待されるのが、手術中の正確な下肢アラ

イメント評価である。例えば、内側病変に対する膝周囲骨切り術の目標アライメントは軽度の外反(X脚)とされ、脛骨関節面の幅に対して 55-62.5%付近を荷重線が通過するような手術手法が推奨されている[7]。しかし手術台の上で X 線装置のみを使用し正確に下肢アライメントを評価することは難しく、外科医は経験を基に、術前の作図と骨切り部とを照らし合わせながら手術を進めているのが現状であった[8]。AR 手術ナビゲーションを用いることで、術野から目を離すことなく正確なアライメント評価が可能となり、より安全な手術が行われることが期待される。

現時点での課題として、AR 技術を使用した手術支援のプラットフォームにどこまでの機能を求めるか、という点が挙げられた。つまり、単純な冠状面の下肢アライメント評価のみを行うのか、脛骨の後方傾斜評価や軟部組織バランスの評価も含むのか、という点である。前者であればシンプルな設計の AR 手術ナビゲーションシステムで十分であり、例えば OrthoRaptor ナビゲーションシステム(シエルハメディカル)といった市販製品を応用することで早期実現可能である。一方、後者である場合、OtrhoPilot(B.Braun)などの既存のナビゲーションシステムに AR 技術を組み合わせる必要がある。数多くの手術を重ねるベルギー国内の膝関節外科医に対するインタビューにおいて、①脛骨のみの骨切り術の場合でも大腿骨側にピン(ナビゲーション用)を刺入する必要があり組織侵襲が懸念される②費用対効果の観点からシンプルな測定のみが推奨される、という助言をいただいた。

AR 技術応用の進展のためには、i 従来の手法との比較におけるメリット・デメリットを明確にすること(例；X 線透視装置使用時間短縮による被ばく量の低減、より正確な下肢アライメント獲得による臨床成績向上、など)、ii オープンソースの媒体を有効活用するなど、さらなる導入コストの低減を図ること、iii 整形外科領域における AR 技術そのものの普及・啓発を活発に行うこと、が考えられる。

残りの留学期間を有効活用し、社会実装に向けた研究成果として発表できるよう鋭意研究につとめている。

【謝辞】

今回の海外渡航に際し、助成いただきました中山人間科学振興財団の皆様にご心より御礼を申し上げます。また留学先においてご指導をいただいております Department of Orthopaedic Surgery、ZNA Cadix の Geert Peersman 先生、数多くの助言をいただいている Johan Bellmans 教授、KU Leuven の Lennart Scheys 教

授、手術に携わった多くの整形外科 resident の先生方、そして東京女子医科大学整形外科の医局の先生方に感謝致します。

【参考文献】

- [1] 日本整形外科学会 変形性膝関節症診療ガイドライン、[オンライン]、
<https://www.joa.or.jp/topics/2023/files/guideline.pdf> [アクセス日；29/05/2024]
- [2] 日本整形外科学会 症例レジストリー TKA2022 年度統計、[オンライン]、
<https://www.joa.or.jp/joa/files/TKA2022.pdf> [アクセス日；29/05/2024]
- [3] Tsukada S, Ogawa H, Nishino M, Kurosaka K, Hirasawa N. Augmented Reality-Assisted Femoral Bone Resection in Total Knee Arthroplasty. JB JS Open Access. 2021 Jul 23;6(3):e21.00001.
- [4] Fucentese SF, Koch PP. A novel augmented reality-based surgical guidance system for total knee arthroplasty. Arch Orthop Trauma Surg. 2021 Dec;141(12):2227-2233.
- [5] Tsukada S, Ogawa H, Nishino M, Kurosaka K, Hirasawa N. Augmented reality-based navigation system applied to tibial bone resection in total knee arthroplasty. J Exp Orthop. 2019 Nov 11;6(1):44.
- [6] Kuwashima, U. High tibial osteotomy: The past, present, and future. Journal of Joint Surgery and Research. 2023 1(1):103-107.
- [7] Dawson M, Elson D, Claes S, Predescu V, Khakha R, Espejo-Reina A, Schröter S, van Heerwarden R, Menetrey J, Beaufils P, Seil R, Beker R, Mabrouk A, Ollivier M. Osteotomy around the painful degenerative varus knee has broader indications than conventionally described but must follow a strict planning process: ESSKA Formal Consensus Part I. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2024 May 13. doi: 10.1002/ksa.12256.
- [8] Charre D, An JS, Khakha R, Kley K, Şahbat Y, Ollivier M. 'One millimetre equals one degree' is a major source of inaccuracy in planning osteotomies around

the knee for metaphyseal deformities compared to the digital planning. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2024 Apr;32(4):987-999.