

2023年3月13日

報道関係者各位

慶應義塾大学医学部
横浜国立大学
神奈川県立産業技術総合研究所
モーションリブ株式会社

力触覚の伝達が可能なリアルハプティクス技術搭載骨ドリルを新開発

—安全な脊椎手術の実現に向けた大きな進歩—

慶應義塾大学医学部整形外科学教室の中村雅也教授、八木満専任講師、山之内健人助教らの研究グループは、神奈川県立産業技術総合研究所の大西公平研究顧問（慶應義塾大学新川崎先端研究教育連携スクエア特任教授）、下野誠通グループリーダー（横浜国立大学工学研究院准教授）、日本メドトロニック株式会社、モーションリブ株式会社らとの共同研究において、リアルハプティクス技術を応用した脊椎手術用ドリルを開発し、その有用性を実証しました。

リアルハプティクスとは、人間がロボットを操作して現実の物体に接触した際の力や動きをデータ化し、リアルタイムで双方向に伝送することで、感触を再現する技術です。動作や感触をデータ化することで、力触覚機能を機械に実装し、力加減を調整したり、力触覚を長距離伝達することが可能となります。医学分野のみならず、さまざまな産業分野において、多くの作業が人の手によるいわゆる「職人技」で行われています。そのような人手による感触を重視する作業において、リアルハプティクスの応用が進んでいます。

整形外科疾患の中でも脊椎領域の手術においては、脊髄神経や脈管系の近くで骨ドリルを使用します（図1）。この操作は傷つきやすい組織の周辺で硬い組織を削掘するという手技の性質上、極めて難易度の高い操作で、手術者には極度のストレス下で正確な作業が求められます。骨ドリルにリアルハプティクス技術を実装することで、従来よりも安全性の高い手術方法を確立する事ができると考え、本研究がスタートしました。骨ドリルにリアルハプティクス技術を実装した新たな装置（ハプティックドリル）を開発し、脊椎手術における有用性を検証した結果、ハプティックドリルを使用することで、経験の浅い外科医でも正確に安全な手術が可能となることが客観的に検証できました。

本研究成果は2023年1月12日（米国東部時間）に *Scientific Reports* に掲載されました。

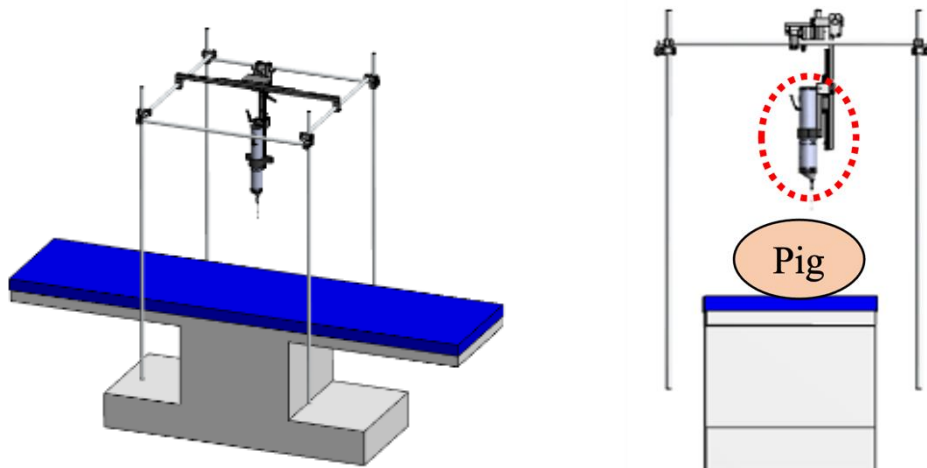


日本メドトロニック社 HP より抜粋

【図 1】 脊椎手術で使用する骨ドリル

1. 研究の成果と意義・今後の展開

本研究では、3 人の脊椎外科医がリアルハプティクス搭載骨ドリル（以下ハプティックドリル）を操作してミニブタの椎弓（脊椎）を削って椎骨の直下にある脊髄の近くまで貫通させ、ドリル先端の貫通検知までに要する時間や貫通後にドリル先端が進行した距離をリアルハプティクス機能のないドリル（以下通常型骨ドリル）と比較検証しました（図 2）。

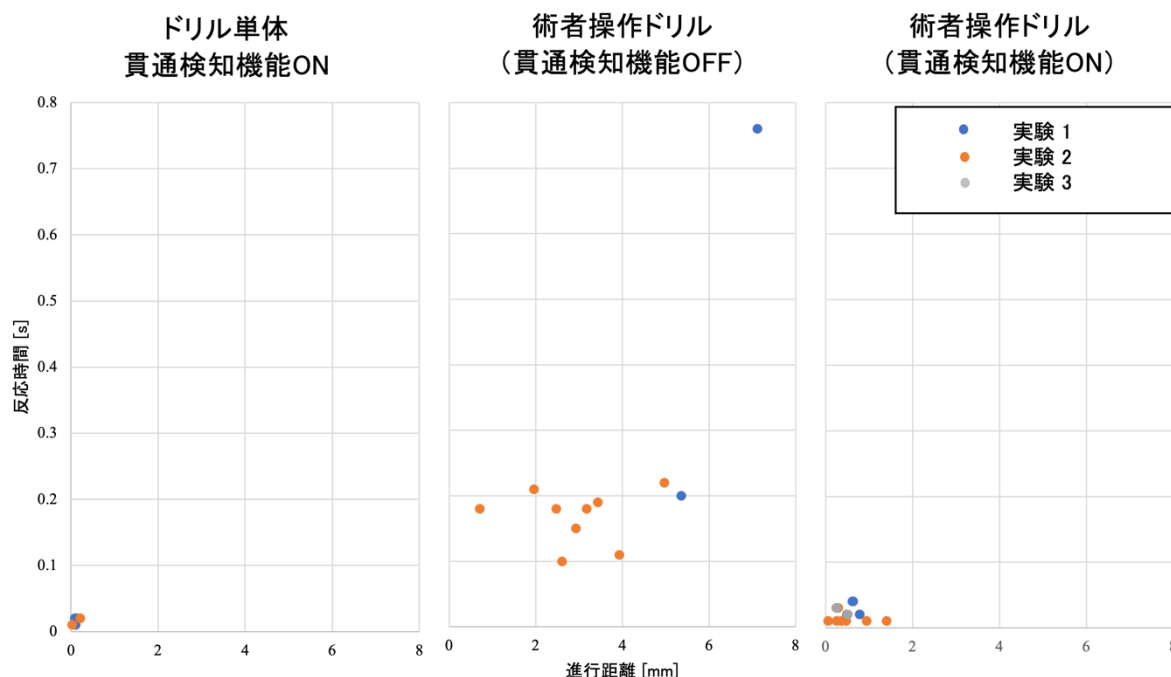


【図 2】 実験の際のドリル模式図

ハプティックドリルをテーブルに対して直上に設置した。ドリルは実験の際に垂直方向に正確に操作できるようにテーブルに固定した。

椎弓の貫通検知に要する時間はハプティックドリルで 0.015 ± 0.001 秒、通常型骨ドリルで 0.17 ± 0.04 秒であり、ハプティックドリルで有意に短時間でした ($p < 0.001$)。また、貫通を検知してからドリルが停止するまでにドリル先端が垂直方向に進んだ距離は、ハプティックドリルで 0.12 ± 0.096 mm、通常型骨ドリルで 2.98 ± 1.24 mm であり、ハプティックドリルで有意に短距離でした ($p < 0.001$)。このようにハプティックドリルを使用した際に椎弓の貫通検知に要する時間、貫通検知から停止までにドリルが進む距離は共に通常型骨ドリルの約 10 分の 1 以下という結果でした。また、ハプティックドリルを操作した脊椎外科医間で貫通検知

に要する時間、停止までにドリルが進む時間には有意差はなく、経験の浅い外科医でも正確に操作することが可能と考えられ、ハプティックドリルを使用することで、誰でも正確に安全な手術が可能となることが客観的に検証できました（図3）。



【図3】 ハプティックドリル使用時の貫通検知に要した時間・移動距離のプロット
 貫通検知機能付きハプティックドリル単体、術者が貫通検知機能 ON/OFF のハプティックドリルを使用した場合のハプティックドリルを使用した実験において、ドリルの貫通検知に要した時間（反応時間）と、その間にドリルが進んだ距離をプロットした。
 貫通検知機能付きハプティックドリルを使用した場合、貫通検知機能なしのドリルと比較して、平均反応時間と貫通後にドリルが進んだ距離が共に有意に改善された。

今後はハプティックドリルによる安全性の向上のみならず、力触覚に関するデータを蓄積、活用することで、遠隔でのロボット手術や手術シミュレータの開発にも役立つと考えられます。

2. 特記事項

本研究は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）医療機器等における先進的研究開発・開発体制強靱化事業「貫通検知・自動停止機能を有するハプティック骨ドリルシステムの開発」の支援を受けて行われました。

メドトロニック社は、リアルハプティクス技術搭載骨ドリルの技術的な実現可能性と事業化体制を検討する役割を担っています。

3. 論文

タイトル：Validation of a surgical drill with a haptic interface in spine surgery

タイトル和文：リアルハプティクス搭載骨ドリルの医学的有用性の検証

著者名：K Yamanouchi, S Takano, Y Mima, T Matsunaga, K Ohnishi, M Matsumoto,
M Nakamura, T Shimono, and M Yagi.

掲載誌：Scientific Reports

DOI：10.1038/s41598-023-27467-w

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、厚生労働記者会、厚生日比谷クラブ、各社科学部等に送信しております。

【本発表資料のお問い合わせ先】

慶應義塾大学医学部 整形外科学教室

助教 山之内 健人 (やまのうち けんと)

TEL：03-5363-3812 FAX：03-3353-6597

<https://www.keio-ortho.jp/>

【本リリースの配信元】

慶應義塾大学信濃町キャンパス総務課：山崎・飯塚・奈良

〒160-8582 東京都新宿区信濃町 35

TEL：03-5363-3611 FAX：03-5363-3612 E-mail：med-koho@adst.keio.ac.jp

<https://www.med.keio.ac.jp>

横浜国立大学総務企画部学長室広報・渉外係

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

TEL：045-339-3027 FAX：045-339-3034 E-mail：press@ynu.ac.jp

<https://www.ynu.ac.jp>

神奈川県立産業技術総合研究所研究開発部地域イノベーション推進課

〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP 西棟 614

TEL：044-819-2031 FAX：044-819-2026 E-mail：rep-kenkyu@kistec.jp

<https://www.kistec.jp>

モーションリブ株式会社広報担当：松浦・萩原

〒212-0032 神奈川県川崎市幸区新川崎 7-1 K2 キャンパス I 棟 201

TEL：044-580-1564 E-mail：contact@motionlib.com

<https://www.motionlib.com>

※本リリースのカラー版をご希望の方は【本リリースの配信元】までご連絡ください。