



2024 年 11 月 11 日

報道関係者各位

慶應義塾大学医学部

東京歯科大学

横浜国立大学

獨協医科大学

神奈川県立産業技術総合研究所

脳組織判別能を持つ力触覚技術を搭載した 脳神経外科手術用^{せつし} 鑷子型デバイスの開発 — 硬さによって脳腫瘍組織を判別することが可能に —

慶應義塾大学医学部脳神経外科学教室（戸田正博教授）の佐々木光客員教授（東京歯科大学市川総合病院脳神経外科教授）、江崎雄仁研究員、柴尾俊輔共同研究員（獨協医科大学脳神経外科講師）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（慶應義塾大学ハプティクス研究センター長）、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）、松永卓也研究員（神奈川県立産業技術総合研究所）らとの共同研究において、力触覚技術を搭載した鑷子型デバイス（以下、力触覚鑷子）を開発し、硬さによって正常脳組織と脳腫瘍組織を判別する可能性を動物実験で実証しました。

力触覚技術とは、実際の触覚を増幅・伝達・記録・再現することができ、物体の物理的特性を定量化できる技術です。脳腫瘍摘出術には繊細な力加減と精密な微細動作が要求され、また膠芽腫のように腫瘍と正常脳の境界部分が不明瞭な場合は熟練した技術と手術経験が必要です。一方で、大腸がんなどのがん種において、腫瘍の硬さは病理組織所見や分子学的特徴との関連性が示唆されており、診断のバイオマーカーとして、あるいは、がんの生物学的特性や術後の有害事象の予測への応用が検討されています。力触覚技術を搭載した手術用鑷子が実用化されれば、脳腫瘍摘出術における安全性の向上と技術の均てん化、また硬さからの脳組織の特徴判別が可能となることが期待されます。

本研究では力触覚鑷子を用いて、組織の硬さが脳腫瘍を周囲の正常脳組織と区別するための指標となるだけでなく、腫瘍の病理診断を判別するための指標にもなり得ることを示しました。今後、より微細な硬さの変化を感知する鑷子への改良、あるいはリアルタイムの位置情報としての活用などにより、脳神経外科手術への貢献が期待されます。

本研究成果は 2024 年 9 月 13 日（米国東部時間）に *Scientific Reports* に掲載されました。

1. 研究の成果と意義・今後の展開

本研究では、ヌードマウス 5 匹に 1 匹あたり 3 種類の膠芽腫株 (SF126, U87, U251) または 2 種類の悪性髄膜腫株 (IOMM-Lee, HKBMM) のいずれか 1 種をそれぞれ頭蓋内に移植し全 25 匹の脳腫瘍モデルマウスを作成 (図 1 左)、腫瘍が増大後に脳を摘出し力触覚鑷子 (図 2) を固定し、自動で鑷子間距離を狭めていく中で生じる反力 (硬さ: N/m) を正常脳と脳腫瘍で測定しました (図 1 右)。

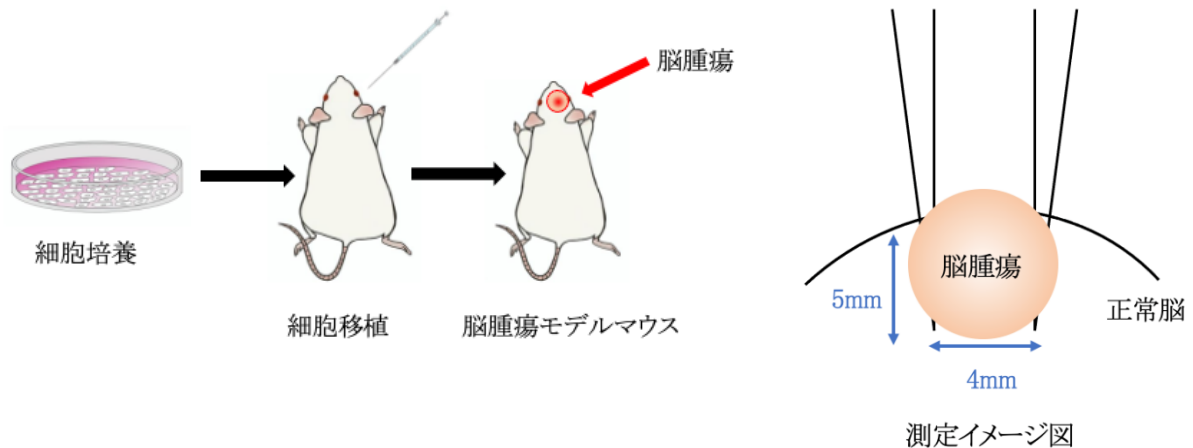


図 1. 脳腫瘍モデルと測定イメージ (Ezaki T, et al. Sci Rep.2024)

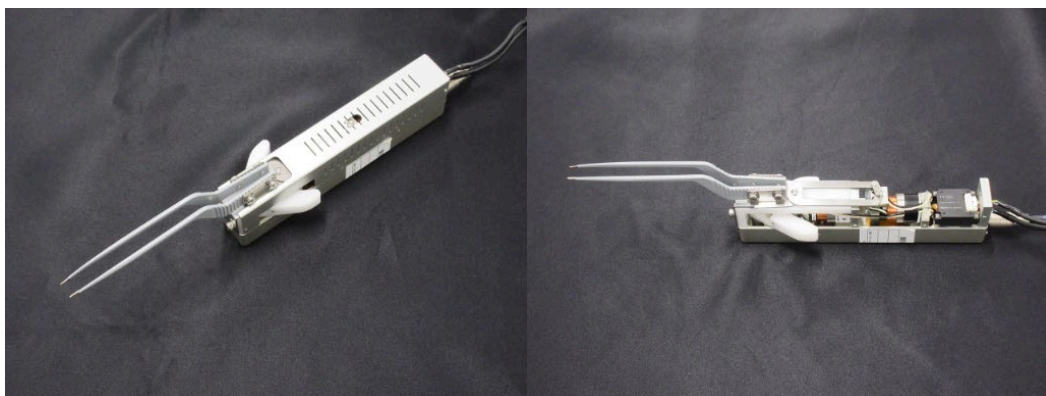
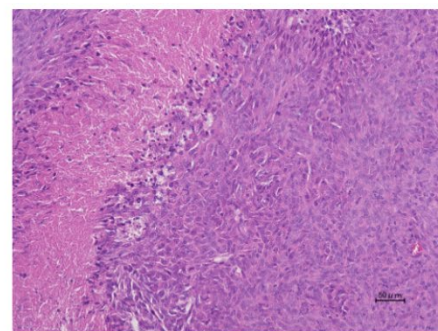
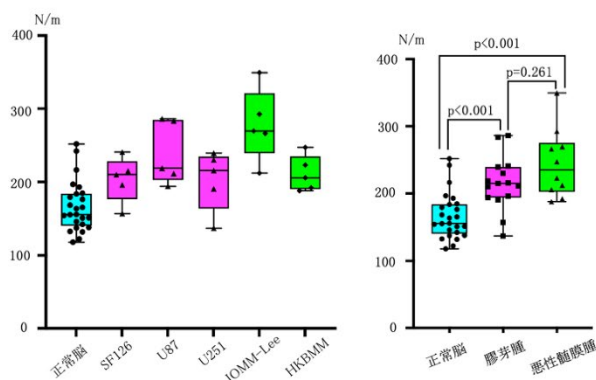


図 2. 力触覚鑷子(Ezaki T, et al. Sci Rep.2024)

5 種類全ての脳腫瘍組織は、正常脳組織よりも硬いことが示されました ($p < 0.001$)。膠芽腫間では統計学的な有意差はありませんでした ($p = 0.468$)。一方で悪性髄膜腫間においては IOMM-Lee が HKBMM よりも硬いことが統計学的に示されました ($p = 0.032$)。組織学的に検討したところ、両 HKBMM は IOMM-Lee よりも壊死が多く見られました。(図 3)



HE染色(HKBMM)

図 3. 硬さの相関と HKBMM の組織像

本共同研究グループが開発した力触覚技術を搭載した鑷子型デバイスは、硬さという指標によって、正常脳組織と脳腫瘍組織の判別能を持つことが示唆されました。また、鑷子で定量化した硬さが組織学的な違いと関係する可能性が示唆されました。今後はヒトの摘出検体における硬さの測定データの蓄積、小型化や感度の増幅などユーザーフレンドリーな鑷子型デバイスへの改良などを進めていく予定です。

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）橋渡し研究戦略的推進プログラム「脳腫瘍判別機能を搭載した力触覚鑷子の開発」、JSPS 科研費 JP21K18085 の支援を受けて行われました（JP20lm0203004、JP21lm0203004）。

3. 論文

タイトル: Development of microsurgical forceps equipped with haptic technology for in situ differentiation of brain tumors during microsurgery

タイトル和文: 脳腫瘍判別脳を持つ力触覚技術を搭載した顕微鏡手術用鑷子の開発

著者名: 江崎雄仁、杵島滉樹、柴尾俊輔、松永卓也、パレーラ・エリル・サンディカ、北村洋平、中山雄二、津田昇、高原健人、岩間隆史、サンペトラ・オルテア、戸田正博、大西公平、下野誠通、佐々木光

掲載誌: *Scientific Reports*

DOI: 10.1038/s41598-024-72326-x

※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、神奈川県政記者クラブ、栃木県庁記者クラブ、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】

横浜国立大学大学院工学研究院

准教授: 下野 誠通（しもの ともゆき）

TEL/FAX: 045-339-4122

慶應義塾大学医学部脳神経外科学教室

研究員: 江崎 雄仁（えざき たけと）

TEL: 03-5363-3808 FAX: 03-3358-0479

獨協医科大学脳神経外科

講師: 柴尾 俊輔（しばお しゅんすけ）

TEL: 0282-87-2159 FAX: 0282-86-3276

東京歯科大学市川総合病院脳神経外科教授

慶應義塾大学医学部脳神経外科学教室

客員教授・非常勤講師: 佐々木 光 (ささき ひかる)

TEL: 047-322-0151 または 03-5363-3808

FAX: 047-325-4456

【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：飯塚・岸

〒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>

東京歯科大学市川総合病院庶務課

〒272-8513 千葉県市川市菅野 5-11-13

TEL: 047-322-0151 FAX: 047-325-4456

横浜国立大学総務企画部リレーション推進課

〒240-8501 横浜市保土ケ谷区常盤台 79-1

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

獨協医科大学事務局企画広報課

〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880

TEL: 0282-87-2107 FAX: 0282-86-5678 E-mail: kikaku@dokkyomed.ac.jp

神奈川県立産業技術総合研究所研究開発部研究推進課

〒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