

2026 年 10 月 14 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

再建した顎骨の「骨質」を多面的に調べる手法の確立へ —3D 画像と光の分析で、微細構造と成分を解明—

【発表のポイント】

- 再建した顎骨の質を評価する方法は、これまで確立されておらず、骨の微細構造や成分を正確に把握できない課題がありました。
- 患者自身の骨（自家骨）で再建した顎骨（9 例）について、micro-CT^{（注 1）}とラマン分光法^{（注 2）}で解析し、全例で骨が再生していること、および構造や成分には個人差があることを明らかにしました。
- 骨の構造と成分の両面から評価する本手法の活用により、今後の再生骨の骨強度^{（注 3）}に関する評価法が発展し、骨の状態をより詳しく把握できるようになることが期待されます。

【概要】

腫瘍切除などの治療によって顎骨を大きく失った場合、患者自身の骨を移植して顎骨を再建します。近年、骨の評価では骨密度だけでなく、骨の構造や成分の指標である「骨質」が注目されています。しかし、実際の臨床現場では骨密度による評価が中心で、移植した骨の骨質の評価は十分ではありません。

東北大学大学院歯学研究科の柳沢佑太助教らの研究グループは、自家腸骨海綿骨細片（PCBM）^{（注 4）}による顎骨再建を受けた患者 9 名から、再建 6 か月後に採取した骨を micro-CT とラマン分光法で解析しました。その結果、すべての患者で層板骨^{（注 5）}を伴う新しい骨の形成が確認された一方、微細構造や成分には個人差があることが分かりました。

本研究は、再建した顎骨の骨質を構造と成分の両面から評価する方法の実現可能性を示したもので、今後の再生骨の骨質評価法の発展につながることで期待されます。将来的には患者ごとの骨の状態をより詳しく把握し、治療計画や治療時期を適切に判断することにつながる可能性があります。

本研究成果は、学術誌 Scientific Reports に 2026 年 9 月 27 日付でオンライン公開されました。

【詳細な説明】

研究の背景

腫瘍切除などの治療によって顎骨を大きく失った場合、患者自身の骨を用いて顎骨を再建することがあります。その方法の一つに、患者自身の腸骨（腰の骨）などから採取した自家腸骨海綿骨細片（PCBM）を移植する方法があります。

再建した顎骨は、その後のインプラント治療などに利用されます。骨の強さや性質を理解するには、骨密度だけでなく、骨の微細構造や成分などを含む「骨質」の評価も重要です。しかし、実際の臨床現場で行われる画像検査は骨の形態や密度の評価が中心で、こうした骨質を十分に評価することは困難です。

今回の取り組み

東北大学大学院歯学研究科 顎顔面口腔再建外科学分野の柳沢佑太助教らの研究グループは、PCBMによる顎骨再建を受けた患者9名を対象とし、移植から6か月後のインプラント埋入時に採取した再生骨を解析しました。

micro-CTとラマン分光法を用いて、PCBMによって再建された顎骨の質を微細構造と成分の両面から評価しました。micro-CTでは、骨を三次元的に解析し、骨の占める割合や骨梁^(注6)の太さ、数、間隔を評価しました。ラマン分光法では、レーザー光を用いて骨のリン酸基や炭酸基などのミネラル成分とコラーゲンを主体とする有機成分に関する情報を取得しました。さらに、採取した骨の組織学的観察を行いました。

解析の結果、micro-CTで評価した骨の微細構造と、ラマン分光法で評価した骨の成分には患者ごとのばらつきが認められました。一方で、組織学的にはすべての患者で新しく形成された層板骨が確認されました。なお、再建方法の違いや性別による比較では、統計学的に有意な差は認められませんでした。これにより、micro-CTとラマン分光法を用いることで、臨床で採取したPCBM再生顎骨を「構造」と「成分」という異なる側面から評価できることが示されました。

今後の展開

一般的に、骨は6か月程度で治癒・成熟すると考えられていますが、PCBMで再建した骨では通常の骨治癒とは異なる過程をたどる可能性があります。本研究では、移植後6か月時点でも再生骨の構造や成分に大きな個人差が認められ、骨の成熟やリモデリング（生まれ変わり）の過程にも個人差がある可能性が示唆されました。今後、より多くの患者を対象とした研究や健康な顎骨との比較を進めることで、PCBM再生骨の構造や成分の特徴をさらに明らかにし、顎骨再建後の骨を多面的に評価する方法の確立につながる可能性が期待されます。将来的には、再建された骨を単に「骨ができているか」だけでなく、「ど

のような構造と性質を持っているか」まで多面的に評価する方法の確立につながることを期待されます。これにより、患者ごとの骨の状態に応じた治療計画の立案や治療時期の判断が可能となり、より安全で適切な医療につながることを期待されます。

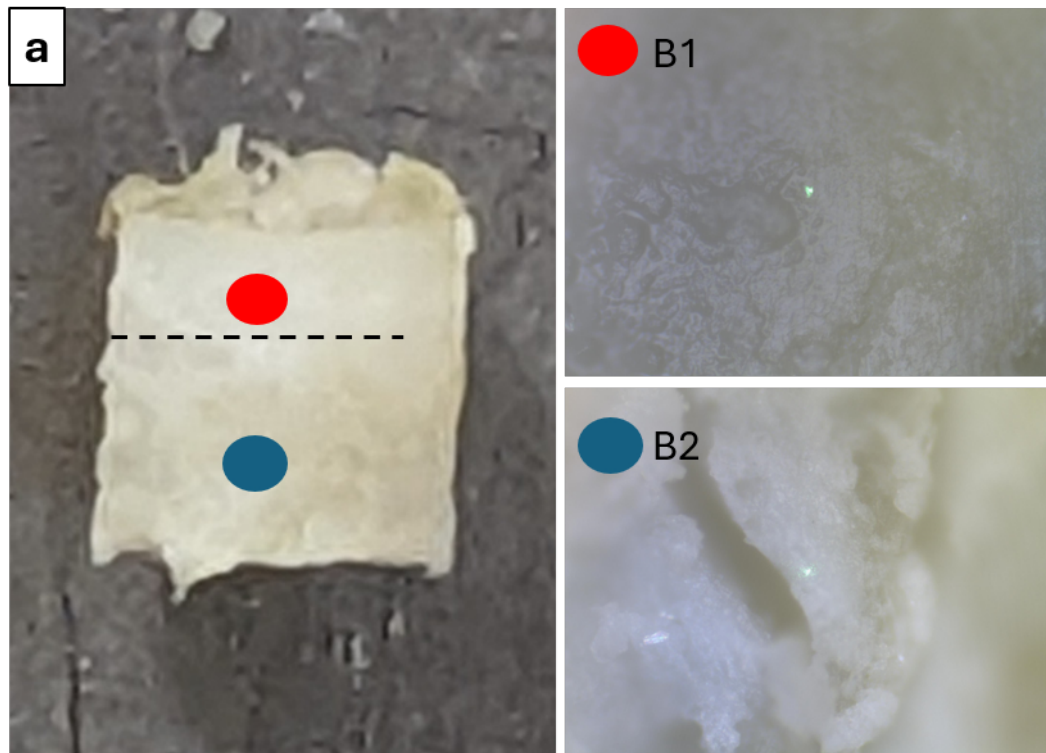


図 1. 患者から採取した再生骨と測定部位
骨の表層（赤）と深部（青）をレーザー光で測定しました。実体顕微鏡像では、表層と深部で異なる骨表面の構造が観察されました。

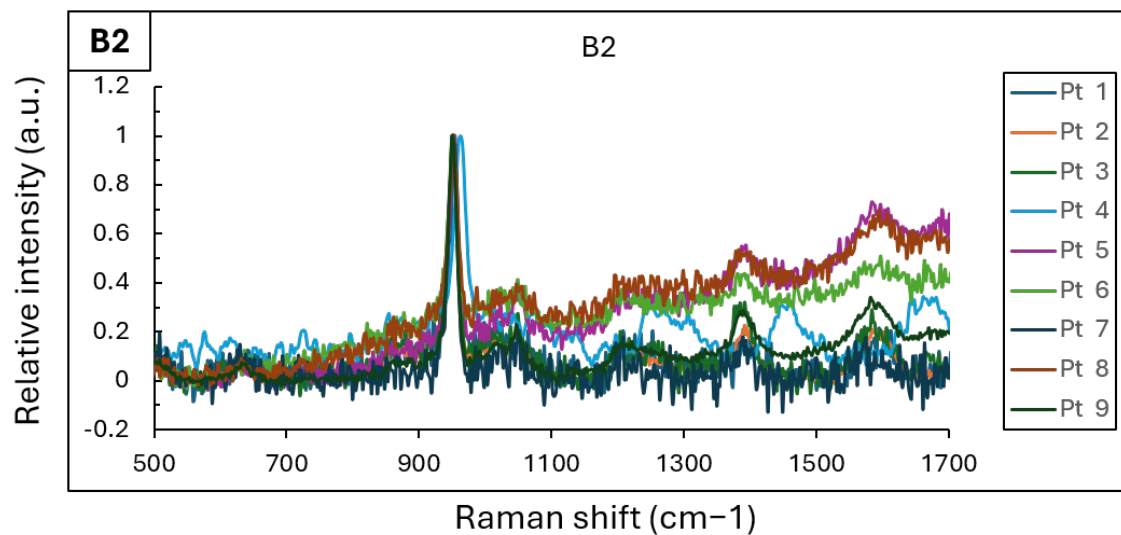
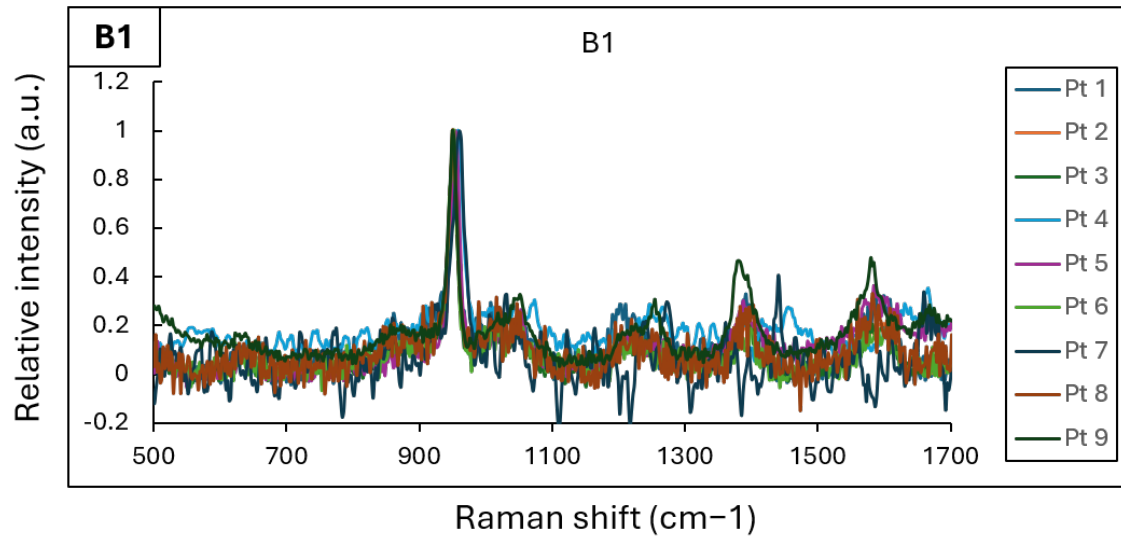


図2. 各部位（図1 B1, B2）から得られたラマンスペクトル
 ラマンスペクトルとは、物質に光を当てたときに得られる、その物質の成分や構造を反映する波形のこと。ラマンスペクトルを重ねて表示することで、再建骨を構成するミネラルや有機成分に関する情報の個人差に加え、表層と深部における違いを視覚的に示しました。

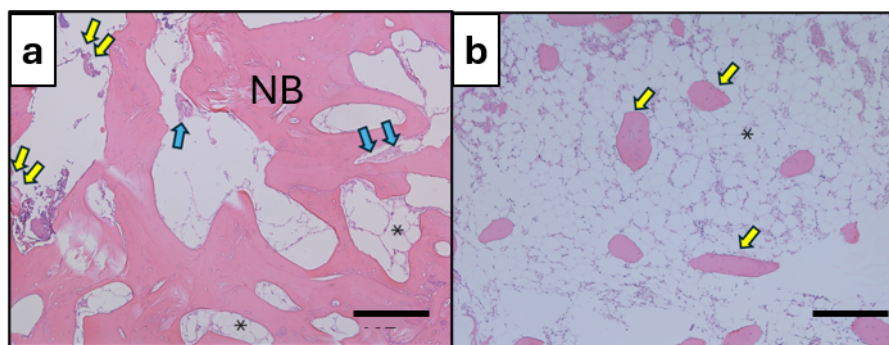


図 3. 骨の病理組織画像

(a) 骨梁が比較的多くみられる検体、(b) 骨梁が少なく、骨髓に脂肪組織が多くみられる検体。新しく形成された類骨（黄色矢印）や線維性結合組織（青色矢印）が観察され、再生骨の組織構造には患者ごとの違いが認められました。

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費（JP40899738）の助成を受けて実施されました。また、本論文は『東北大学 2026 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業』の支援を受け、Open Access となっています。

本研究は、東北大学 工学部・工学研究科 技術部 合同計測分析班 極微量物質分析室にて実施されました。

【用語説明】

- 注1. micro-CT：X 線を用いて、骨の内部構造を立体的（3 次元化）かつ微細に観察する方法。
- 注2. ラマン分光法：光を当てて得られる信号から、物質に含まれる成分やその状態を調べる方法。
- 注3. 骨強度：骨が外力に耐え、破壊されにくい性質のこと。骨密度と骨質の両方によって規定される。
- 注4. 自家腸骨海綿骨細片（PCBM：Particulate Cancellous Bone and Marrow）。患者本人の骨盤（腸骨）から採取する海綿骨と骨髓を含む骨片で、顎骨などの再建に広く用いられる。
- 注5. 層板骨：骨の組織が規則正しく層状に配列した、成熟した骨。
- 注6. 骨梁（こつりょう）：海綿骨を構成する、細い柱状・板状の骨組織。

【論文情報】

タイトル : Feasibility of micro-CT and Raman spectroscopic characterization of human jaw bone regenerated with particulate cancellous bone and marrow

著者 : Yuta Yanagisawa *, Shinki Koyama, Hiromitsu Morishima, Shinnosuke Nogami, & Kensuke Yamauchi

*責任著者 :

東北大学大学院歯学研究科 顎顔面口腔再建外科学分野 助教 柳沢佑太

掲載誌 : Scientific Reports

DOI : 10.1038/s41598-026-72366-5

URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-026-72366-5>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院歯学研究科

顎顔面口腔再建外科学分野

助教 柳沢佑太

TEL: 022-717-8350

Email: yuta.yanagisawa.a2@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院歯学研究科

広報室

TEL: 022-717-8260

Email: den-koho@grp.tohoku.ac.jp