

# ヒトの骨の 組織形態学的 変化

## In vivo Er:YAGレーザーと 超音波による骨切り術後

Authors: Bistra Y. Blagova, Elena G. Poriazova, Petia F. Pechalova & Prof. Georgi T. Tomov, Bulgaria

### Introduction

骨の外科的介入は骨形成術と骨切り術である。骨形成術と骨切り術は、骨に一定の変化をもたらす多数の器具(オステオーム(骨の形態、すなわち細胞の活力や生理に一定の変化をもたらす。1-14)。骨手術におけるさまざまなオステオームの適用可能性は、組織損傷の程度とその後の治癒過程に依存する。そのため、骨修復の特徴は、多くの組織形態学的研究の対象になっている。骨修復の特徴は、実験動物1-3。結果の分析は 超音波骨切り術とレーザー骨切り術後の組織回復が、従来の回転器具による処置よりも優れていることが発表された。1.4.5。しかし、これらの研究から得られた結論は 自動的に人間に関係するものではない。そこで本研究の目的は、ヒトの in vivoにおける境界領域の組織学的変化を評価することである。下顎智歯の抜歯時に、超音波装置とLIH方式のEr:YAGレーザー(ライトタッチ)による骨切り術後の骨境界部の組織変化を評価することである。

Tab. 1: 超音波およびEr:YAGレーザー骨切り術によりヒト下顎骨から生体内で採取した60個の骨標本における病理組織学的変化

### 材料と方法

本研究では、加齢による骨の変化を最小限に抑えるため、18歳から35歳の外来患者を対象とした。全例が下顎第3大臼歯の外科的抜歯適応患者であった。併存疾患の有無や骨感染症は除外基準とした。研究対象は、超音波手術装置(Woodpecker Ultrasurgery®、中国)とEr:YAGレーザー(LiteTouch、Light Instruments®、イスラエル)の2つのグループに分けられた60個の骨標本である。すべての骨サンプルは、訓練を受けた口腔外科医が採取した。術中、術後ともに合併症は発生しなかった。骨形成のための両装置の標準的なセットアップは以下の通りであった:

●超音波ユニット-骨機能-骨質1周波数は29.5 kHzまで使用可能-ウォーターポンプ 5;

●ライトタッチ™ Er:YAGレーザー-波長2.94 μm (2,940 nm)-骨再生-硬組織-非接触モード-300 mJ-25 Hz-ウォータースプレー 8.

### 60個の骨標本における病理組織学的変化

組織形態学的変化	Woodpecker®(超音波)	ライトタッチ™, Er:YAGレーザー
1.境界の形状	シャープ,	シャープ,
2.マージン	ひどく断片化し不規則; (Figure1,2)	正確な設定ができる (Figure3,4)
3.破片や断片	多数の破片 (Figure1,2)	スミア層なし 破片層なし (Figure3,4)
4.熱損傷 / 炭化	目立った兆候はない 保存された骨の微細構 (Figure1,2)	目立った兆候はない 軽度発現 表層部(Figure3,4)

レーザー試料は、直径1.3mm、長さ19mmの円柱サファイアチップ(LiteTouch™、Light Instruments社、イスラエル)を用い、ターゲット表面から1~2mmの距離で非接触モードで採取した。超音波で得られた骨片は、チップ#US 1で採取した。

全サンプルを10%緩衝ホルマリンで固定し、脱灰後、3~5 μmにスライスした。スライスにヘマトキシリン-エオシン(H&E)で染色した。

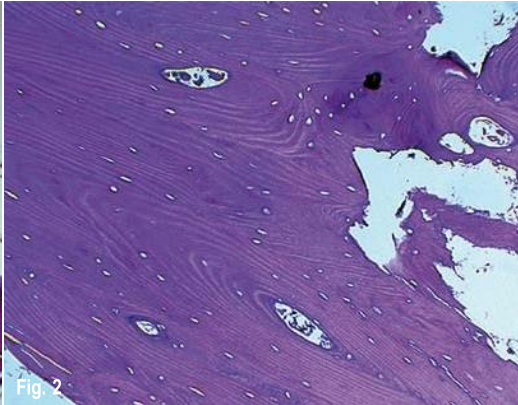
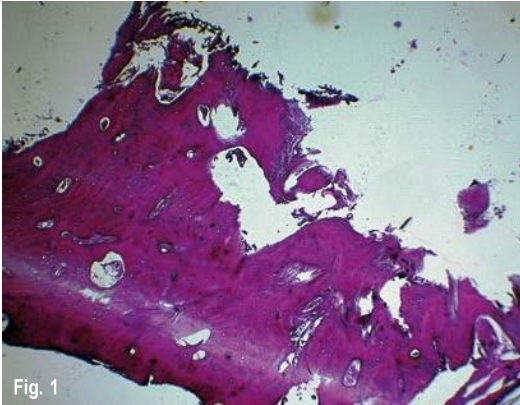


Fig. 1: 超音波で得られた人骨標本 (H&E x100).

Fig. 2: 超音波で得られた人骨標本 (H&E x400).

(Bio-Optica®, Italy). 顕微鏡観察は、病理医が光学顕微鏡 (Olympus®, 日本) を用い、100倍と400倍の倍率で盲検下で行った。

1. 組織形態学的評価には、以下の観察項目が含まれる:
2. 境界の形状/縁の質;
3. 破片の存在;
4. 熱損傷/炭化。

60個の骨片はすべて、上記の組織学的基準に従って調査された。

## 結果

両群 (各30検体) における組織形態学的所見を表1にまとめた。

## ディスカッション

オステオトーム、その技術的特徴、作用原理は、実験動物を用いた様々な試験において、その生物学的効果を決定している。広範な研究に基づき、骨の形態学と生理学における

ヒトと動物の根本的な違いが証明された。<sup>11</sup>

こうした発表から、私たちのチームは、超音波やEr:YAGレーザーによる骨切り術後の組織の変化をリアルタイムでヒトの骨で検証し、動物で報告されたものと比較することになった。

### Ultrasound obtained specimen from human bone

超音波機器は、圧電効果によって生じる約25~30 kHzの周波数内の機械波を通して作動する。8 骨の切削は、20~80ミクロン内で線状に振動する振動によって行われる。これらのパラメーターによって、超音波骨切り術の微小精度が決定され、硬組織への挿入深さだけでなく影響も決定される<sup>8,12</sup>。組織学的に、ヒトの下顎から採取したin vivo超音波標本は、Romeoらが新鮮なブタ下顎骨を用いたin vitro研究で観察したものと同じ、シャープなマージンを示した1,6,7 (図1および2)。ヒト骨片の採取中に、形態変化の兆候は検出されなかった。生体内超音波検査で得られた標本はすべて、微細構造が保存されていた (図1・2)。観察された開存性脈管は、Sohn DSら<sup>7</sup> が再説したように、骨修復シーケンスの治癒初期段階において栄養状態を改善する可能性が高い。本研究で確立された病理組織学的所見と、われわれの患者における術後の合併症のなさから、われわれは、ヒトにおける超音波補助骨手術は、無外傷で侵襲の少ない手術であることを確認した。同じ結論が、Berengo M.らによって報告されている。<sup>13</sup>

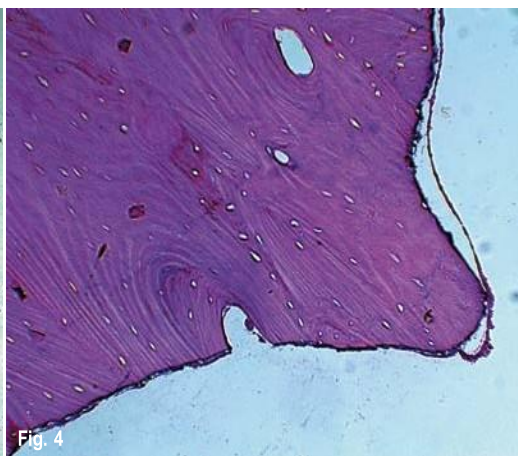
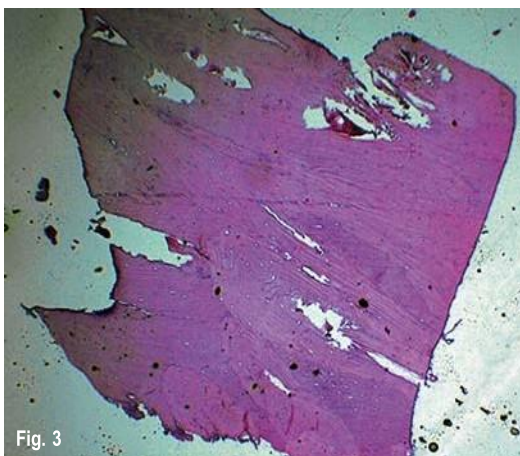


Fig. 3: レーザーで採取した人骨標本 (H&E x100).

Fig. 4: レーザーで採取した人骨標本 (H&E x400).

## ヒト骨から採取したEr:YAGレーザー標本

Er:YAGレーザーは波長 $2.94\mu\text{m}$ の赤外光を発生し、主に水とハイドロキシアパタイトに吸収される<sup>14</sup>。超音波装置とは対照的に、レーザーによる骨切り術は非接触モードで行われる。レーザーの先端はターゲット表面から1~2mm離れた位置にあり、周囲組織への摩擦による損傷はない。周囲組織への摩擦損傷はない。

すべてのレーザーアブレーションを受けたヒトの骨試料において、切開線近傍の表層に、ミクロン単位で軽度 に発現した暗色の非晶質層が観察された(図3、4)。RomeoとPanduricらは、ブタの下顎と肋骨を対象とした実験室での研究でも、同様の組織特性が見られたと報告している。<sup>1, 10</sup> このグループのすべての標本で骨の変化が検出された理由はレーザー照射がされた組織の周囲に熱が蓄積されたためと考えられた。標本レーザーで得られたヒト生体骨片は、超音波で得られた標本に比べ、スミア層や切削面に付着した骨片は認められなかった(図3、4)。これらの所見は、Romeoらの新鮮な豚下顎骨を用いたin vitro試験の結果と相関しており、また、Keslerらがラットモデルで証明したレーザー骨切除後の骨治癒の利点も説明できる<sup>1, 4</sup>。おそらく、スミア層がないため、リモデリングの開始が促進されるのでレーザー照射によって血液成分の吸着能が高まったためであろう。<sup>1, 10</sup>。

術後合併症のない 術後の経過から、生検標本で組織学的に認められた組織変化はすべて 生検標本で組織学的に認められた組織変化はすべて、ヒトの骨治癒に関して無害であることが確認された。であることが確認された。

## 結論

本研究の顕微鏡観察から、骨の変化の種類と質の両方が、切断メカニズムそのものに起因することが示された。in vivoのレーザーおよび超音波アシスト骨切りに伴う人骨の組織変化は、評価されたサンプルで立証され、研究された2つのツールの人骨に対する寛容性の効果が証明された。適切なオステオームの選択は、常にエビデンスに基づいた結果に左右されるべきである。Er:YAGレーザーは、機械的な振動がなく、切り屑がなく、無菌的であるため、超音波骨切り術よりも優れている。しかし、十分な訓練と経験を積み、超音波でも外科医は骨手術の確実で効果的な手技にこの機器を使用することができるであろう。

*Acknowledgement: This research was funded by Medical University of Plovdiv (Grant SDP-06/2015).*

## contact

### Prof. Georgi Tomov

DDS, MS, PhD

Associate Professor and Chair of the Department of Oral Pathology, Faculty of Dental Medicine  
dr.g.tomov@gmail.com

Author details



## Kurz & bündig

Im Vorfeld zum Verfassen des Artikels recherchierten die Autoren ihre Analyseergebnisse zur Zellregeneration nach Ultraschall sowie Laserosteotomie im Vergleich zu rotierenden Instrumenten. Da die bisher vorliegenden Studien zu diesen Themen nicht zwingend auf menschliche Zellen anwendbar waren, zielt der hier präsentierte Bericht auf einen histologischen Vergleich der Zellveränderungen nach In-vivo-Einschnitten in menschlichen Knochen durch Ultraschall sowie Er:YAG-Laser während der Extraktion geschädigter mandibulärer Weisheitszähne.

Die mikroskopischen Untersuchungen zeigten, dass sowohl Art als auch Qualität der Knochenveränderungen in starker Abhängigkeit zu den angewendeten Schneidmechanismen standen. Zellveränderungen im menschlichen Knochen in In-vivo-Laser- sowie Ultraschallosteotomie resultierten in den untersuchten Proben tolerierbare Effekte der zwei Instrumente auf das vitale humane Knochengewebe. Die Auswahl des passenden Osteotoms sollte immer auf evidenzbasierten Ergebnissen beruhen. Aufgrund der kontaktfreien Intervention ohne mechanische Vibration, ablagerungsfreien Schnittkanten sowie seiner aseptischen Effekte besitzt der Er:YAG-Laser deutliche Vorteile im Vergleich zur Ultraschalltechnologie.

Literature

