

令和元年9月9日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K20540

研究課題名（和文）生体アパタイト配向性の臨床的評価を可能とする無被曝の骨質診断システム開発

研究課題名（英文）Preoperative evaluation of bone quality for dental implantation using an ultrasound axial transmission device

研究代表者

岡田 信輔（Shinsuke, Okada）

広島大学・病院（歯）・病院助教

研究者番号：20736558

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：初期固定の最も重要な因子である皮質骨骨質術前評価方法として、医科領域で広く応用されている皮質骨超音波伝播速度（Cortical speed of sound: cSOS）に着目し、その応用を検証しその有用性を検討した結果、cSOSは、骨密度、多孔性およびISQ値と有意に相関した。また、皮質骨厚径が3.0 - 3.5 mmの範囲において、cSOSと埋入トルク値が有意に相関することが明らかとなった。以上より、cSOSは皮質骨骨質術前評価へ応用できることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯科インプラント治療における骨組織の構造や機能は、X線CTを用いてBAPの存在量を基準とした骨密度のみで評価しているのが現状であり、骨質は臨床的に評価されていない。一方で超音波は物質の内部構造や力学的性質の評価として物性研究で用いられており、医科で応用されている定量的超音波測定法（QUS）のパラメーターである超音波速度（SOS）が骨密度とBAP配向性の両方に規定されている可能性が明らかとなった。本研究の結果により臨床において骨質の指標であるBAP配向性を無被曝で診断することが可能となり新たなインプラント術前検査を確立することができる。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the clinical utility of an ultrasound axial transmission device in preoperative evaluation of bone quality for dental implantation, by clarifying the relationship between cortical bone speed of sound (cSOS), insertion torque values (ITV), and implant stability quotient (ISQ) in porcine femur bone. The mean cSOS was 3962 m/s; mean BMD and Po were 0.822 g/cm² and 0.185%, respectively. cSOS and BMD values were positively correlated, and cSOS values and Po values were negatively correlated. Mean ITV, ISQ, and cortical bone thickness were 37.95 Ncm, 71.172, and 2.869 mm, respectively. There was a positive correlation between cSOS values and ISQ values. Furthermore, there was a positive correlation between cSOS values and ITV in the cortical bone with a thickness ranging from 3.0 to 3.5 mm.

研究分野：口腔インプラント

キーワード：超音波 cSOS 骨質 インプラント

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科インプラント分野において、初期固定は治療の成功を左右する重要な因子であり、オッセオインテグレーション獲得のために最も重要な因子の一つであると考えられている [Beer A et al. 2003; Gómez-Polo M et al. 2016]。初期固定は、インプラント体の構造 (例えば、長径、直径、形態およびスレッドなど)、埋入術式そして埋入部位の骨量および骨質の影響を受けることが明らかとなっている [Beer A et al. 2003; Klein MO et al. 2008; Toyoshima T et al. 2010]。下顎骨と比較して、骨質が劣る上顎骨や骨造成部位ではインプラント成功率が低くなることが報告されている [Lindhe C et al. 2004]。

従来から骨質評価法として術前の定量的コンピュータ断層撮影法が臨床応用されており、算出された骨密度 (BMD) により埋入後の初期固定の推定が可能であることが明らかとなっているもの [Turkyilmaz I et al. 2007]、患者の被爆を伴うため、頻回の撮影は困難である。また、初期固定を評価する方法として、インプラント埋入術中の埋入トルク値 (ITV) 計測法とインプラント埋入術後の共鳴振動周波数分析法 (RFA) が用いられている [Lozano-Carrascal N et al. 2016]、これらの方法はいずれもインプラント埋入術前に用いることはできない。

超音波は物質を伝播する際の速度 (Sound Of Speed; SOS) が媒質の弾性係数および質量密度と相関するという性質を持ち [Sasso M et al. 2008; Grodin J et al. 2012]、骨質の評価法として医科領域で臨床応用されている [Foldes AJ et al. 1995; Njeh CF et al. 1997]。送信用および受信用 2 種類の超音波プローブで骨を挟む透過型の測定装置を用いて測定した SOS が下顎骨の海綿骨 BMD [Al Haffar I et al. 2006] および石灰化の程度 [Al-Nawas B et al. 2008] と相関することが明らかとなっており、SOS の歯科領域への応用が試みられている。しかしながら、十分な開口量が必要なことや上顎骨での使用が困難であることから、透過型測定装置を口腔内で使用することには多くの制限が生じる。

一方で、反射型の測定装置は 1 種類の超音波プローブを用いて、皮質骨領域を軸方向に伝播する皮質骨 SOS (cSOS) を測定する新しい骨質評価法として in vivo で様々な研究が行われている [Haiat G et al. 2011; Grodin J et al. 2012]。ヒト橈骨を用いた先行研究により、反射型の測定装置を用いて測定した cSOS は皮質骨 BMD や多孔性 (Po) と相関し、皮質骨の骨質評価が可能であることが明らかとなっている [Foldes A et al. 1995; Bossy E et al. 2004]。インプラント埋入部位の皮質骨 BMD と RFA により算出したインプラント安定度指数 (ISQ) が相関することや [宗像ら. 2005]、矯正用アンカースクリューを埋入した際の埋入トルク値と皮質骨 BMD が相関することが [Marquezan M et al. 2012] 明らかとなっていることから、反射型の測定装置を用いて測定した cSOS により埋入部位の骨質を評価することで、インプラント埋入術前に初期固定を推定できる可能性が示唆される。しかしながら、cSOS の歯科領域における臨床的有用性を検討した研究はなく、cSOS と初期固定との関連性は明らかとなっていない。

2. 研究の目的

cSOS と骨質パラメーターである BMD および Po、ITV および ISQ を比較、検討し、インプラント埋入術前の骨質評価法として cSOS の有用性を明らかにすることとした。

3. 研究の方法

11 被検体の新鮮ブタ大腿骨の軟組織を除去し、長軸方向 20mm 間の cSOS を、試作測定器 (古野電気社製) を用いて測定した。次に、同測定部位の骨標本作製し、骨密度および多孔性を μ CT にて測定した。その後、各骨標本に 3.75 × 8.0 mm のインプラントを 3 本埋入し、埋入トルク値、ISQ 値および埋入部位の皮質骨厚径を測定した。得られたデータの統計学的分析には、Spearman の順位相関係数を用い、有意水準を 5 % とした。

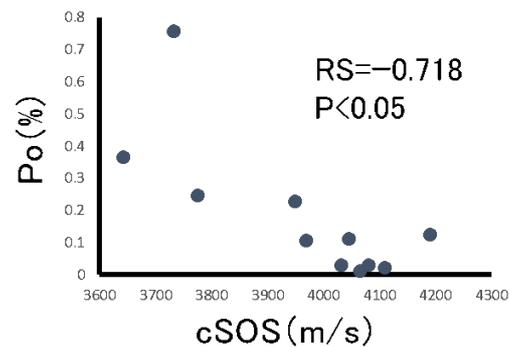
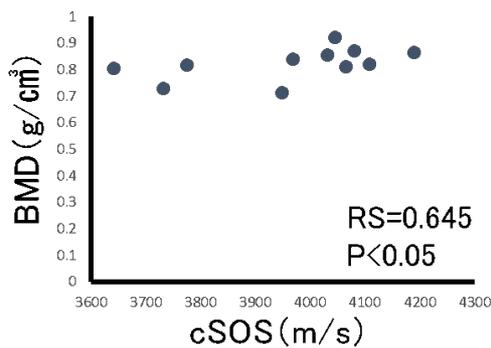
4. 研究成果

各測定値

cSOS測定は各骨で計10回以上行い、平均cSOS値は3962 m/s (最小値3642 m/s, 最大値4190 m/s, 標準偏差173)だった。骨標本の平均BMD値は0.822 g/cm³ (最小値0.713 g/cm³, 最大値0.922 g/cm³, 標準偏差0.0605), 平均Po値は0.185% (最小値0.0099%, 最大値0.36619%, 標準偏差0.220)だった。各骨標本に3本のインプラント体を埋入した際のITV値を測定し、平均ITV値は37.95 Ncm (最小値19.17 Ncm, 最大値59.97 Ncm, 標準偏差12.41)となり、インプラント体を埋入した部位の平均皮質骨厚径は2.869mmだった。埋入したインプラント体それぞれでISQ値を測定し、平均ISQ値は71.172 (最小値65.667, 最大値75.333, 標準偏差2.948)となった。

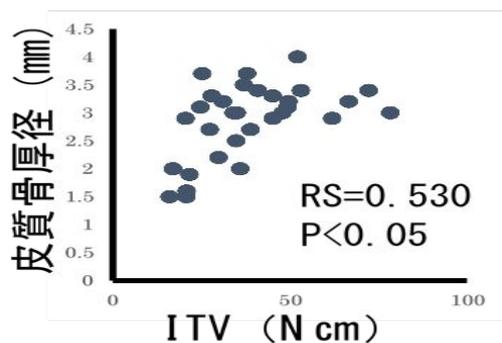
cSOS値とBMD値およびPo値

各骨のcSOS値はBMD値(相関係数rs=0.645, P<0.05)およびPo値(相関係数RS=-0.718, P<0.05)と関連した



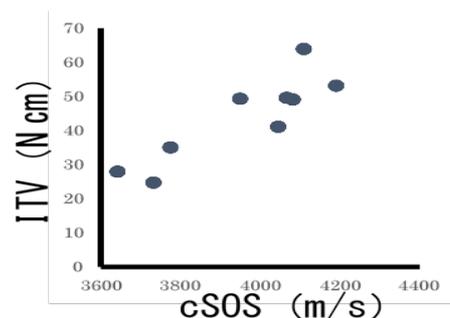
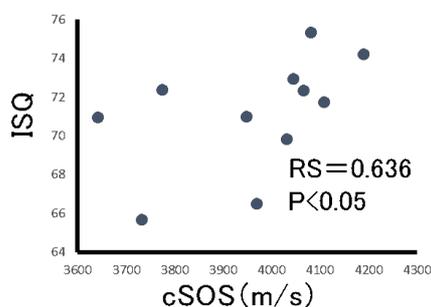
ITV値と皮質骨厚径

本実験で使用した計33本のインプラント体それぞれのITV値と埋入部位の皮質骨厚径は関連した(相関係数RS=0.530, P<0.05)。



cSOS値とITV値およびISQ値

各骨のcSOS値はITV値とは関連しなかったが(P>0.05), ISQ値とは関連した(相関係数RS=0.636, P<0.05)。皮質骨厚径の影響を可及的に排除するために、皮質骨厚径3.0~3.5mmの場合のITV値とcSOSを比較したところ、両者が関連した(相関係数RS=0.883, P<0.0)



本研究結果により、ISQ 値および、皮質骨厚径が 3.0~3.5mm の場合の ITV 値が cSOS 値と相関することが明らかとなり、インプラント埋入術前の骨質評価法として cSOS の有用性が示唆された。

本研究は反射型の超音波速度測定装置を用いて測定した cSOS 値と歯科臨床評価値を比較検討した最初の論文である。本研究では、cSOS 値が歯科臨床評価値である ISQ 値と相関した。共鳴振動周波数分析は埋入後の初期固定を評価する方法として確立しており[Lozano-Carrascal N et al. 2016]、数値により即時荷重の可否を決定することが可能である[Glaser R et al. 2004; Fischer K et al. 2009]。先行研究により、ISQ 値とインプラント周囲骨の弾性係数と相関することが明らかとなっており[新井ら. 2007]、cSOS 値が皮質骨の機械的性質を反映することで ISQ 値と相関したと考えられる。本研究結果は、反射型の超音波測定装置を用いて cSOS 値を測定することで埋入術前に ISQ 値を推定することが可能であり、埋入術前の荷重プロトコル決定が可能であることを示唆している。

また、cSOS 値と ITV 値は相関しなかったが、埋入部位の皮質骨厚径が 3.0~3.5mm のものに限定した場合に、cSOS 値と ITV 値は相関したことから、皮質骨厚径が十分存在する部位では ITV 値を推定することが可能であることが示唆された。先行研究により、ITV 値は埋入部位の皮質骨厚径の影響を受けることが明らかとなっている[Hsu JT et al. 2013]。本研究結果により、皮質骨厚径が ITV に強く影響を与えてしまうことから、cSOS 値による ITV の推測は困難であると考えられる。

これらのことから、反射型の超音波速度を用いて埋入術前に測定した cSOS 値を用いて ITV 値を推測することは困難であるものの、ISQ を推測することが可能であることが示唆された。

さらに、cSOS 値が BMD および Po と相関したことから、本実験で用いた反射型の超音波速度測定装置が先行研究で用いられた測定装置[Bossy E et al. 2004]と同様に骨質を反映していることが示唆された。これまで歯科領域において骨質を評価する方法として定量的コンピュータ断層撮影法が用いられてきた[Kumar VV et al. 2012]。この方法は、患者の被曝を増大させてしまうことから、頻回の撮影は困難であり、インプラント埋入部位の骨の経時的評価法には適切ではない。一方で、超音波速度測定法は無被曝、非侵襲的であることから[Mathieu V et al. 2013]、埋入部位の骨の経時的な評価が可能であり、適切な埋入時期を決定するための骨質評価法として有用であると考えられる。

本研究で使用した超音波プローブは大腿骨や脛骨などの長管骨を対象とした医科用の装置であるため、測定領域が 5.5×20.0 mm と広範囲であり、凹凸の少ない部位が必要であることから、本研究ではブタ大腿骨を対象としている。そのため、口腔内で使用するためにはプローブを小型化し、ヒト顎骨を対象としたさらなる研究が必要であると考えられる。また、臨床現場と異なり、骨に付着した軟組織を除去しているため、口腔内を完全に再現しておらず、顎堤粘膜が cSOS 値にどのように影響するのかは明らかではない。

しかしながら、本研究で用いた反射型の超音波速度測定装置により、埋入部位の骨質を評価することで、埋入術前に初期固定を推定することが可能であり、cSOS 値が歯科臨床的に有用であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. Preoperative evaluation of bone quality for dental implantation using an ultrasound axial transmission device in an ex vivo model

Shinsuke Okada, Akira Kawano, Hiroshi Oue, Yosuke Takeda, Miyuki Yokoi, Katsunori Koretake and Kazuhiro Tsuga.

Clinical and Experimental Dental Research (査読あり) 3(3):81-86, 2017

〔学会発表〕(計 1 件)

1. Preoperative Evaluation of Bone Quality Using an Ultrasound Device

: the 95th General Session & Exhibition of the IADR, 2017

Shinsuke Okada, Hiroshi Oue, Yosuke Takeda, Katsunori Koretake, Koh-ichi Kuremoto, Kazuhiro Tsuga

については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。