

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462936

研究課題名(和文) 上顎結節部へのインプラント治療は本当に安全か？-解剖学的・バイオメカニクスの検討

研究課題名(英文) The evaluation of the safety of dental implant treatment for the maxillary tuberosity area - Is dental implant treatment for the maxillary tuberosity area safe?

研究代表者

代居 敬 (YOSUE, TAKASHI)

日本歯科大学・生命歯学部・教授

研究者番号：10167025

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では上顎結節部へのインプラント治療の安全性を検討した。試料は乾燥頭蓋骨および解剖献体を用い、歯科用コーンビームCT(CBCT)撮影を行った。CBCT画像から、上顎結節および翼突上顎縫合部周囲の骨形態および内部構造を観察し、歯の有無による形態の違いを抽出した。臼歯の無歯顎群では、上顎結節部の骨量が減少し、皮質骨は非薄化していた。また解剖献体の剖出では、大小口蓋管からは神経脈管が複雑に分布する様子が観察された。加えて解剖献体標本のうち上顎結節部に十分な骨量があるものとならないものを抽出し、CBCTのDICOMデータから、STLおよびFEMモデルを作製し、光造形模型の作製および応力解析を行った。

研究成果の概要(英文)：This study examined the safety of the dental implant treatment for the maxillary tuberosity area. The dry maxillae and the dissected cadaver maxillae were used and their CBCT images were acquired. From the CBCT images, the morphological bone characteristics of the maxillary tuberosity area in relation to the presence (dentate group) or absence (edentulous group) of the maxillary molar teeth were observed. The edentulous group showed the decreasing total bone quantity and the thinning of the cortical bone. Cadaver dissections revealed the nerves and vessels from the greater / lesser palatine canals had a variety and complex of distribution. The stress distributions around virtually placed implant to the tuberosity area were analyzed using FEM and the stereolithographic models around maxillary tuberosity were fabricated derived from CBCT datasets of the cadaver maxillae with an enough / decreased bone quantity around maxillary tuberosity.

研究分野：歯科放射線学

キーワード：歯科放射線診断学 インプラント CBCT

## 1. 研究開始当初の背景

近年、歯の欠損部位の補綴方法として、インプラント治療が広く行われるようになってきている。しかしながら、実際には歯科におけるインプラントや口腔外科小手術において、偶発症により患者が致命的な状況に陥るケースが生じているのが現状である。

インプラント治療において、骨量の減少に伴い下顎骨では下顎管、上顎骨では上顎洞との間の骨量が大きな問題である。骨量を確保するために前処置で骨量を増やして欠損部にインプラントを行う方法、あるいは骨量の確保できる部分に埋入を行い、アングルアバットメントなどで方向調整する方法が実施されるようになってきている。

上顎骨の欠損部位に対するインプラント治療は、下顎骨に比較して骨量や骨質の問題から埋入部位の制限や、初期固定が得られにくいという問題点がある。骨量が極端に減少して上顎洞と近接しているような症例において、上顎洞底部に骨造成を行い、埋入部位を確保する上顎洞底挙上術が広く用いられている。また逆に骨造成を行わず、長径が小さく直径の太いショートインプラントを利用して、接触面積を大きくしてオッセオインテグレーションを確保する方法や、上顎洞底挙上術による骨造成手術に伴う治療期間の長期化や前処置における外科的侵襲を避け、骨量を比較的担保できる上顎結節部にインプラントを近遠心的に傾斜させて埋入（傾斜埋入）し、後方の蝶形骨翼状突起部に維持を求める方法が、近年になって応用されるようになった。この方法は骨移植が不要で、治療期間も短いため、上顎の高度な骨吸収例に対するインプラント治療の一つとして注目されている。しかしな

がら、長期の治療成績、偶発症など未知数な要素が多く、治療の安全性、インプラントの安定性について科学的に検討することが不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究では歯科用コーンビーム CT (CBCT) 画像から (1) 上顎結節と翼状突起、および周囲の解剖学的構造物との位置関係の骨分類する、(2) 上顎結節部周囲の剖出を行い神経・脈管の走行を観察する、(3) インプラント周囲の解析・模型製作を行い、上顎結節部に対するインプラント治療の安全性の検討と DICOM データの活用法を考察する。

解剖学的見地から、上顎結節には口蓋管が近接しており、下行口蓋動脈が走行している。この動脈を損傷すると、大出血による生命の危機を招く危険性がある。本研究では上顎結節と蝶形骨翼状突起の位置関係について、想定されるインプラントの埋入方向と解剖学的構造物（大・小口蓋管・翼口蓋窩）の位置関係について、CBCT 画像から明らかにできると考えた。

申請者および研究分担者らはこれまで、インプラントや口腔外科の小手術に際して偶発症を生じうる注意すべき重要な解剖学的指標として、上顎の切歯管部 (Asaumi R, Kawai T, Yosue T et al. Oral Radiology 2010)、下顎の舌側孔 (Kawai T, Asaumi R, Yosue T et al. Oral Radiol 2007, Kawai T, Yosue T et al. Surg Radiol Anat 2006)、下顎臼後部 (Kawai T, Asaumi R, Yosue T et al. Oral Radiol 2012) について CBCT 画像と解剖学献体を用いて検討・報告してきた。

バイオメカニクスの見地から、上顎結節部

のインプラントは前述のとおり、通常の歯軸方向に対して大きく傾斜させ骨との接触面積を増やし、後方の蝶形骨翼状突起に維持を求め、最終的に咬合機能回復後は明らかにインプラント周囲に通常とは異なる方向から負荷が加わる。その際の応力分布がインプラントの安定性にどのように影響を及ぼす可能性があるか？とくに、補綴装置の大きさ(長さ)により少なからず影響を受けるのは明白である。今回は CBCT 画像から作成した顎骨モデルに、インプラント埋入をシミュレーションして、埋入後のモデルで応力分布、機械的強度について明らかにする事で、インプラントの予後を予測・検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 乾燥頭蓋骨の CBCT 画像から上顎結節および翼状突起の位置を計測。

**CBCT 撮影** 本学解剖学第 1 講座の処置室内のエックス線室に設置してある CBCT 装置(AZ3000CT:朝日レントゲン工業(株))を用いる。試料の解剖献体は、様々な欠損様式のを 25 体とし、上顎骨および翼状突起部を中心に、解剖学献体の FH 平面と床を平行に設置して CBCT 撮影した。撮影条件は、管電圧: 85 kV、管電流: 4 mA、撮像時間: 17 sec、FOV: 79φ × 71 (H) mm、voxel size: 0.155 × 0.155 × 0.155 mm<sup>3</sup>とした。

**画像分析** 画像処理ソフトウェア(Mimics:マテリアライズジャパン(株))を用いる。上顎結節および翼状突起の骨形態、および翼突上顎縫合の位置について正中線(正中口蓋縫合)経時的变化の少ないと思われる解剖学的指標を参照点とし計測

した。

歯槽骨の頬舌的な形態で以下の 6 つに分類した。F 型(平坦)、H 型(高度骨吸収)、S 型(鋭角)、R 型(円形)、T 型(歯存在で分類不能)、C 型(複雑)。解剖献体は、大臼歯の有無により 2 つの群に分類した。有歯顎群(上顎大臼歯があるもの: 23 側)、無歯顎群(上顎大臼歯がないもの: 27 側)。男性群(23 側、平均年齢: 77.7 歳)、女性群(27 側、平均年齢: 81.6 歳)の分類で検討した。統計は student-t test を用いた。

翼突上顎縫合部(PMS)最下点から前鼻棘(ANS)までの位置、PMS から前方に 5、10mm の位置における coronal 画像上での歯槽頂の形態、上顎洞底(MS)の位置を計測した。

(2) 解剖献体の CBCT 画像を参考に上顎結節、翼状突起周囲(および翼突上顎縫合)に走行する脈管・神経の局在を観察。

無歯顎群と有歯顎群との違いがあるかを実際の肉眼解剖で確認。

(3) インプラント周囲の解析・模型製作を行い、上顎結節部に対するインプラント治療の安全性の検討と DICOM データの活用方法を考察する。

得られた上顎結節および翼状突起周囲形態のモデルを作り有限要素法による応力解析を行う。

光造形模型を作製し、DICOM データの利用の発展性を検討する。

解剖献体の大臼歯欠損試料のうち骨量のあるものと少ないものを抽出し、それらの DICOM データから画像処理ソフトウェア(Mimics)を用いて、光造形模型のためのモデルを作製する。STL データにし、このデータをもとに 3D プリントによって光造

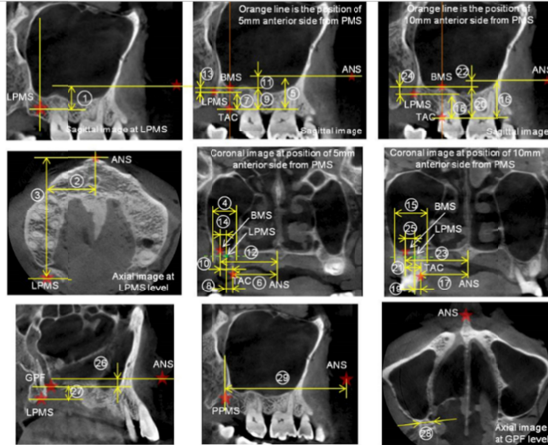
形模型を作製する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 上顎結節部および翼突上顎縫合部の骨形態の観察結果

###### 骨の形態の計測

Measuring points of CBCT images



Comparing with Dentate group and Edentulous group

	ANS-LPMS		Position of 5mm anterior side from PMS																									
	vertical	mesio-lateral	ANS-TAC		LPMS-TAC		TAC-BMS		ANS-BMS		LPMS-BMS		ANS-BMS		LPMS-BMS													
			vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral												
dentate (S.D.)	6.3	21.5	49.9	9.8	13.3	23.4	6.9	1.9	*5.3	-0.2	1.8	23.5	8.5	2.1	4.6	2.2	2.2	1.6	5.1	2.6	3.3	3.1	6.1	3.2	8.8	1.9	7.4	2.0
edentulous (S.D.)	6.6	22.2	50.0	8.7	13.0	24.3	6.3	2.1	*4.2	0.3	0.2	24.1	7.5	1.9	5.2	1.9	3.6	2.0	5.5	3.0	2.6	3.0	6.8	2.6	5.3	1.7	5.6	2.2

	Position of 10mm anterior side from PMS														ANS-GPF		LPMS-GPF		LPMS horizontal with at GPF level		ANS-PPMS									
	ANS-TAC		LPMS-TAC		TAC-BMS		ANS-BMS		LPMS-BMS		ANS-GPF		LPMS-GPF		LPMS horizontal with at GPF level		ANS-PPMS													
	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	vertical	vertical	vertical	vertical	antero-posterior	antero-posterior	antero-posterior													
dentate (S.D.)	11.7	13.9	24.8	7.5	3.2	12.1	-0.5	-2.0	25.2	4.7	3.7	0.7	5.6	11.0	48.0	1.7	4.9	4.2	3.2	3.9	5.2	4.8	7.3	2.2	6.1	1.9	3.8	1.5	1.2	3.9
edentulous (S.D.)	10.1	12.9	24.2	6.3	2.0	11.3	-1.2	-1.7	25.3	5.2	3.2	1.3	5.3	10.7	50.1	2.5	4.9	2.5	2.6	2.9	5.3	3.1	6.1	2.1	4.8	2.8	3.9	2.0	1.7	5.0

Comparing with Male group and female group

	ANS-LPMS		Position of 5mm anterior side from PMS																									
	vertical	mesio-lateral	ANS-TAC		LPMS-TAC		TAC-BMS		ANS-BMS		LPMS-BMS		ANS-BMS		LPMS-BMS													
			vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral												
male (S.D.)	6.7	22.2	51.8	9.7	13.3	22.8	6.6	0.7	13.6	-1.1	-0.1	24.1	6.6	2.1	3.0	2.5	3.0	2.1	3.7	2.7	3.5	3.1	6.6	3.0	5.7	2.3	6.9	2.2
female (S.D.)	6.3	21.7	48.4	8.8	13.0	24.8	6.7	3.1	15.7	0.9	1.8	23.6	9.1	1.9	6.0	1.7	2.1	1.7	6.3	2.6	2.6	2.5	6.2	2.5	8.2	1.4	6.1	2.1
Ave (50)	6.5	21.9	49.9	9.2	13.1	23.9	6.7	2.0	14.8	0.0	1.0	23.8	8.0	2.0														

	Position of 10mm anterior side from PMS														ANS-GPF		LPMS-GPF		LPMS horizontal with at GPF level		ANS-PPMS									
	ANS-TAC		LPMS-TAC		TAC-BMS		ANS-BMS		LPMS-BMS		ANS-GPF		LPMS-GPF		LPMS horizontal with at GPF level		ANS-PPMS													
	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	mesio-lateral	vertical	vertical	vertical	vertical	vertical	antero-posterior	antero-posterior	antero-posterior													
male (S.D.)	11.5	13.2	24.4	6.5	2.3	11.4	-0.7	-1.8	25.1	4.9	3.0	0.6	6.1	11.5	50.5	2.2	3.7	4.2	3.5	4.3	6.0	5.0	6.0	2.6	6.5	3.6	2.2	1.3	1.4	5.6
female (S.D.)	10.3	13.4	24.5	7.1	2.8	11.9	-1.1	-1.9	25.3	5.0	3.8	1.4	4.9	10.4	48.1	2.3	5.7	2.6	2.5	2.7	4.6	2.9	7.2	1.6	4.3	2.2	4.7	1.9	1.4	3.4
Ave (50)	10.8	13.3	24.5	6.8	2.6	11.7	-0.9	-1.8	25.2	4.9	3.4	1.1	5.4	10.8	49.2															

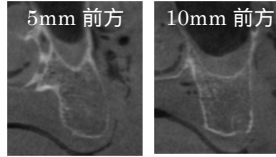
Shape of top of alveolar crest

Type		F	H	S	R	T	C	sides
edentulous	5mm	8	2	5	5	0	7	27
	10mm	13	5	4	0	0	5	27
dentate	5mm	13	1	1	5	1	2	23
	10mm	13	1	1	1	5	2	23

上顎結節部の骨量は、無歯顎群は有歯顎群と比較し、有意に少なかった。

###### 皮質骨厚さの計測

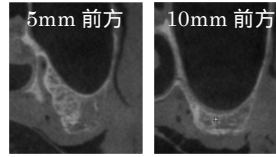
骨量が比較的あるもの



上顎大臼歯は欠損しているが、骨量は十分ある。

皮質骨厚さはかなり薄い。

骨量が少ないもの

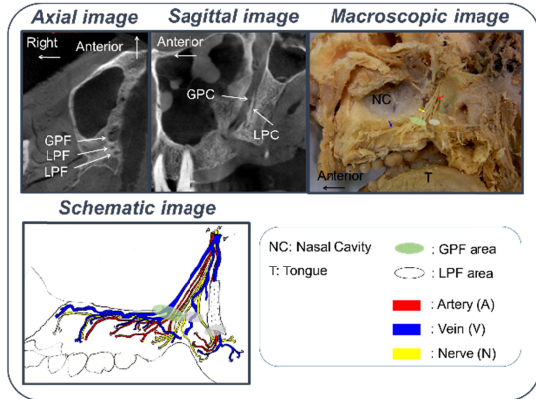


上顎大臼歯は欠損し、骨量がかなり少ない。

皮質骨厚さはかなり薄い。

皮質骨厚さは下顎臼歯部と比較し、骨量のあるものでも薄かった。

##### (2) 解剖献体の上顎結節、翼状突起周囲（および翼突上顎縫合）に走行する脈管・神経の観察結果



大口蓋管から神経・脈管が前方へ、小口蓋管からは主に後方（軟口蓋）に複雑に分布し、歯の有無による違いは明らかではなかった。

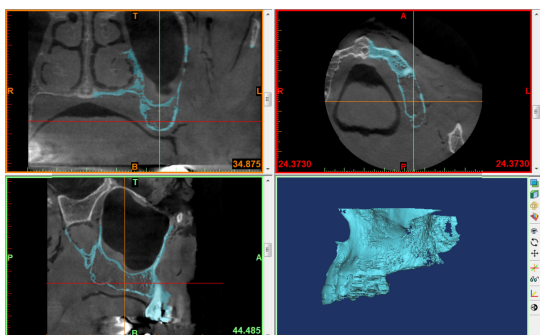
##### (3) インプラント周囲の解析・模型製作

上顎結節および翼状突起周囲形態のモデルを作り、有限要素法による応力解析

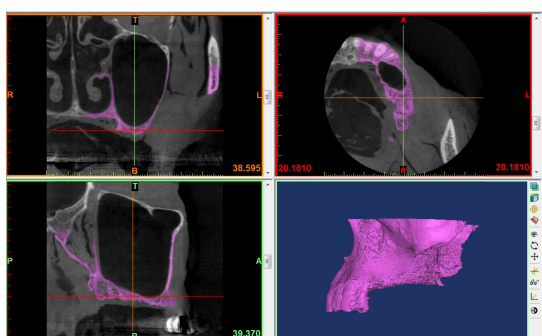


## 光造形模型作製

### 骨量が比較的あるもの



### 骨量が少ないもの



## 3D プリンタで作製した光造形模型

### 骨量が比較的あるもの      骨量が少ないもの



様々な角度からの診断を行う際の DICOM データの利用の有用性が確認された。

### <引用文献>

Kalpidis CD et al 1: Hemorrhaging associated with endosseous implant placement in the anterior mandible: a review of the literature. J Periodontol. 75: 631-645, 2004.

Silva FM et al 1: Complications of intraoral donor site for bone grafting prior to implant

placement. Implant Dent. 15: 420-426, 2006.

Shah N et al 1: An extraction complicated by lateral and medial pterygoid tethering of a fractured maxillary tuberosity. Br Dent J. 14: 543-544, 2005.

NPO 法人日本歯科放射線学会 歯科放射線診療ガイドライン委員会編: インプラント画像診断のガイドライン第 2 版. 医療情報サービス Minds ( <http://minds.jcqh.or.jp/> ). 2008.

## 5. 主な発表論文等

[ 雑誌論文 ] ( 計 0 件 )

[ 学会発表 ] ( 計 0 件 )

[ 図書 ] ( 計 0 件 )

[ 産業財産権 ]

○出願状況 ( 計 0 件 )

○取得状況 ( 計 0 件 )

[ その他 ]

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

代居 敬 (YOSUE, Takashi)

日本歯科大学・生命歯学部・教授

研究者番号: 1 0 1 6 7 0 2 5

### (2) 研究分担者

河合 泰輔 (KAWAI, Taisuke)

日本歯科大学・生命歯学部・准教授

研究者番号: 3 0 3 5 0 1 4 3

### (3) 研究分担者

浅海 利恵子 (ASAUMI, Rieko)

日本歯科大学・生命歯学部・講師

研究者番号: 3 0 5 4 8 2 4 3