

令和元年6月14日現在

機関番号：32650

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K11634

研究課題名(和文) 下顎骨生体アパタイト結晶配向性からみた咀嚼時主機能部位のマイクロ解析

研究課題名(英文) Microanalysis of the alignment of biological apatite crystallites in the main occluding areas of human dentate mandible

研究代表者

山下 秀一郎 (Yamashita, Shuichiro)

東京歯科大学・歯学部・教授

研究者番号：80242212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、骨質評価の指標である生体アパタイト(BAp)結晶配向性の定量評価を行い、下顎骨における歯種ごとの構造的特徴を明らかにすることを目的とした。ヒト有歯下顎骨から、第一小白歯部、第二小白歯部、第一大白歯部、第二大白歯部の周囲歯槽部皮質骨のBAp結晶配向性と骨密度(BMD)の測定を行った。その結果、小白歯部領域において咬合平面に対し垂直方向に高いBAp結晶配向性がみられたが、BMDでは部位に伴う差異は認められなかった。

以上より、小白歯領域はBAp結晶配向性によって、大白歯領域は歯周囲の海綿骨や皮質骨の形態によって力学的に安定した構造が保たれてい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

近年の微小領域エックス線回折装置の開発により、骨の局所領域における生体アパタイト結晶配向性の計測が可能となった。これにより、顎骨においても機能力が歯根近傍の生体アパタイト結晶配向性に及ぼす影響について、詳細な観察を行う環境が整った。

そこで本研究では、主機能部位と呼ばれ咀嚼運動時の中心と考えられる第一大白歯歯根周囲の顎骨を対象に、その生体アパタイト結晶配向性の特徴を明確にすることを目的とした。その結果、小白歯領域はアパタイト結晶配向性によって、大白歯領域は歯周囲の海綿骨や皮質骨の形態によって力学的に安定した構造が保たれていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)： The purpose of this study was to identify the structural properties of the dentulous human mandible by qualitatively evaluating the crystalline orientation of biological apatite (BAp) as a marker of bone quality. After dividing the area from the alveolar ridge to the apical foramen surrounding the first and second premolar and molar regions of the dentulous mandible, we measured BAp crystalline orientation and bone mineral density (BMD) at a total of 4 sites including 2 on the buccal side and 2 on the lingual side. As a result, the orientation of BAp crystallites showed a significant difference between premolar and molar regions, namely preferred orientation in a direction vertical to the occlusal plane was high for the premolar region and low for the molar region.

It was suggested that the distribution map of BAp crystallite orientations in the mandibular cortical bone based on this study would be valuable for planning the prosthodontic treatment in molar and/or premolar regions.

研究分野：医歯薬学

キーワード：Biological apatite Crystalline orientation Bone quality Human mandible Main occluding area

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

1. 研究開始当初の背景

ヒトの顎骨は、咬合力に代表される歯を介したさまざまな機能圧の影響によって、他の長管骨とは異なった複雑な外部形態を呈している。これは、咬合力の強さが歯槽骨の厚みや形状に直接的に関与した結果であると考えられている。さらに、歯を介して加わる機能圧が、顎骨の外部形態のみならず内部構造変化に果たす役割についても解明が進んでいる。しかし、このような機能圧によるメカニカルストレスを直接的に評価することは困難であり、骨の力学的環境と強い相関があるとされる骨強度を計測することで、間接的に評価する手法が有効であるとされている。骨強度とは、2000年にNIH(アメリカ国立衛生研究所)で行われたコンセンサス会議において骨密度と骨質の二つの要因からなるとされ、従来、臨床で多く用いられてきた骨密度以外の因子である骨質も関連していることが定義された。この骨質の中に含まれる生体アパタイト(BAp)結晶の配向性(図1)は、局所応力に対して骨密度よりも鋭敏に反応することから、骨強度の新しい指標とされている。特に、生体アパタイト結晶のコラーゲン線維に沿ったc軸優先配向性は、周囲の力学的環境に顕著に反応するため、その特徴を評価することによりメカニカルストレスの強度やその方向性が推察できると考えられている。

我々はこれまでに、咀嚼時主機能部位と呼ばれる概念のもと第一大臼歯の存在意義について、観察研究の手法で検討し成果を重ねてきた。今回、より高いエビデンスレベルを求めて、顎骨の生体アパタイト結晶配向性と機能力という観点から、第一大臼歯上に主機能部位が存在する意義について分析を試みるという着想に至った。本研究では、第一大臼歯歯根周囲の顎骨における生体アパタイト結晶の配向性は、他の部位と比較して主機能部位として相応しい様相を呈している(図2)という仮説を設定した。

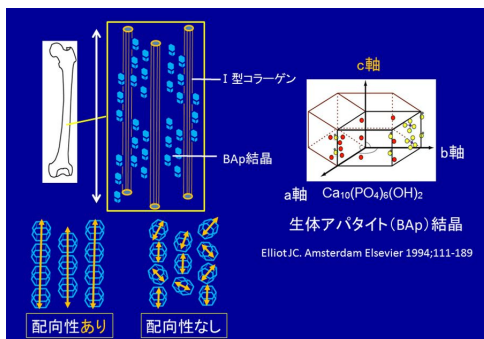


図1 生体アパタイト結晶の構造

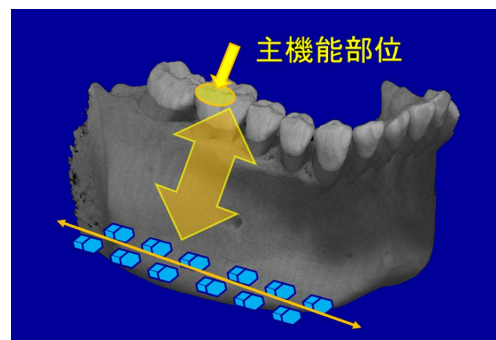


図2 主機能部位と結晶配向性との関連性

2. 研究の目的

下顎骨は、咬合力等の機能圧を受ける特殊な力学的環境下におかれている骨である。有歯下顎骨は、歯種の違いにより歯の周囲の構造に違いがあるため、骨の微細構造にも違いがあると考えられる。これまで骨の評価方法は、骨密度(以下 BMD)の定量的評価が用いられ、骨強度との高い相関が報告されている。しかし、ヒト下顎骨に加わる荷重環境を解明するためには、局所領域における骨質評価が併せて必要であるため、局所応力に鋭敏に反応する生体アパタイト(以下 BAp)結晶の配向性による評価が行われている。

これまで、ヒト有歯下顎骨の BAp 結晶配向性に関して、歯槽部と下顎底部において BAp 結晶配向性の異なることが報告されている。一方、ヒト有歯下顎骨歯槽部における BAp 結晶配向性は歯の形態や歯を介して加わる力学的影響が関与し、各歯種ごとに異なることが考えられる。しかし、ヒト有歯下顎骨臼歯部における歯周囲の局所領域において、歯種ごとに異なる領域の BAp 結晶配向性の定量的評価は行われていない。そこで本研究では、ヒト有歯下顎骨の小白歯部から大白歯部における周囲皮質骨の BAp 結晶配向性について定量評価を行い、領域別の構造的特徴を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究には東京歯科大学解剖学講座所蔵の、実習用日本人成人遺体4体より採取した全歯有歯顎下顎骨7側(男性3体、女性1体)を用いた。試料の選択基準は上下顎臼歯の咬合接触により形成された咬合面ファセットを確認し、咬合支持を有するものとした。関心領域は、第一小白歯・第二小白歯間部(Co1)、第二小白歯・第一大臼歯間部(Co2)、第一大臼歯根分岐部(Co3)、第一大臼歯・第二大臼歯間部(Co4)および第二大臼歯根分岐部(Co5)の計5ヶ所のスライス(要因A)とした(図3)。

測定部位は、得られたスライス面の歯槽部の歯槽の上面から歯根尖までの範囲を2等分し、頬側2部位(・)と舌側2部位(・)の計4部位(要因B)とした(図4)。各測定部位に対して、反射型と透過型の二光学系の微小領域X線回折装置を用いて近遠心方向(X軸)、咬合平面へ垂直な方向(Y軸)、頬舌方向(Z軸)におけるBAp結晶配向性の測定を行った。また、同部位に対してBMD測定を行った後、得られた結果の統計解析を行った。

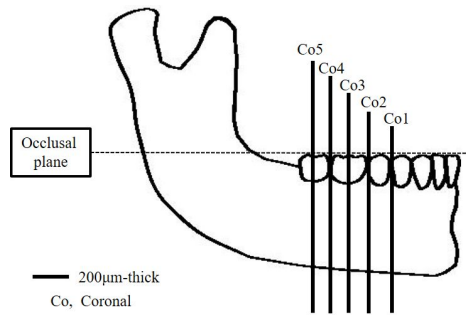


図3 下顎骨のスライス部位

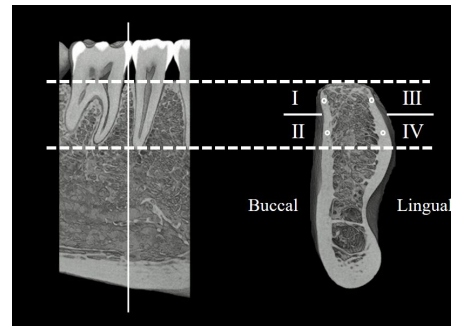


図4 BAp 結晶配向性の測定部位

4. 研究成果

BAp 結晶配向性は、要因 A において Y 軸では Co1 と Co2 で高く、Co4 で低い優先配向性がみられた (図 5)。X 軸では Co1 で低く、Co3 で高い優先配向性がみられた。本研究の結果から下顎骨の馬蹄形態の湾曲部に近い小臼歯領域は、歯周囲の皮質骨や海綿骨などのマクロ構造において力学的環境を整えることが困難であるため、BAp 結晶配向性を高めることによりナノ構造で補完していると考えられる。一方、マクロ構造において安定した大臼歯領域では、十分に力学的環境が整っているため、BAp 結晶配向性を高めナノ構造で補完する必要のないことが示唆された。また、要因 B において Y 軸では で高く、 で低い優先配向性がみられた。X 軸では と で低く、 で高い優先配向性がみられた。これは、歯を介して加わる咬合力が歯根を通じて皮質骨に伝わり、影響を与えている可能性が考えられる。Z 軸における優先配向性と BMD 値は要因 A 要因 B 共に、有意な差は認められなかった。このことから、BAp 配向性の定量的評価を行うことで、BMD で評価することのできなかったヒト下顎骨臼歯部皮質骨の領域別の構造的特徴の違いがあることが示唆された。

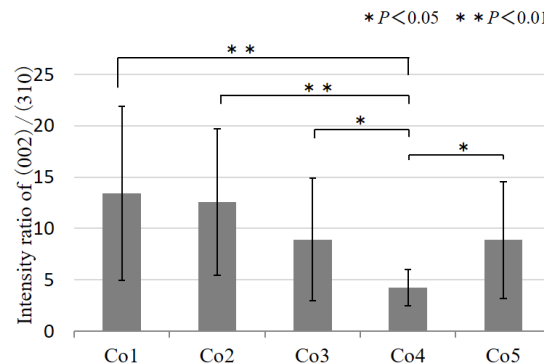


図5 要因 A における Y 軸配向性

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計9件)

Tanaka A, Miyake N, Hotta H, Takemoto S, Yoshinari M, Yamashita S, Change in the retentive force of Akers clasp for zirconia crown by repetitive insertion and removal test, Journal of Prosthodontic Research, 査読有, doi: 10.1016/j.jpjor.2019.02.005

Komine A, Ishida R, Yamashita S, Influence of decrease in the muscle activity during mastication on occurrence of the Stage II transport, Journal of Prosthodontic Research, 査読有, 63, 179-183, 2019

Tasaka A, Matsunaga S, Odaka K, Ishizaki K, Ueda T, Abe S, Yoshinari M, Yamashita S, Sakurai K, Accuracy and retention of denture base fabricated by heat curing and additive manufacturing, Journal of Prosthodontic Research, 査読有, 63, 85-89, 2019

Tasaka A, Kikuchi M, Nakanishi K, Ueda T, Yamashita S, Sakurai K, Psychological stress-relieving effects of chewing - Relationship between masticatory function-related factors and stress-relieving effects, Journal of Prosthodontic Research, 査読有, 62, 50-55, 2018

山下秀一郎, 咬合挙上について再考する, 東京都歯科医師会雑誌, 査読無, 65, 481-487, 2017

Takaku Y, Takano M, Yamashita S, Fukuda K, Transversal width of mandibular bone and neurosensory disturbance after bilateral sagittal splitting ramus osteotomy,

Biomedicine Hub、査読有、2、1-9、2017

山下秀一郎、パーシャルデンチャーで補綴治療を行う際に部分欠損歯列をどう診るか？日本補綴歯科学会誌、査読有、9、87-93、2017

Mitsui T, Matsunaga S, Yamashita S, Nomoto S, Sato T, Abe S, Yoshinari M, Alignment of biological apatite crystallites in premolar and molar region in cortical bone of human dentate mandible, Journal of Hard Tissue Biology、査読有、25、233-240、2016

Sakamoto T, Fukuda K, Saita N, Koukita Y, Yamashita S, Koizumi J, Ichinohe T, Autonomic nervous activity of patients with gagging problems during dental mirror insertion, Special Care in Dentistry、査読有、36、80-84、2016

[学会発表](計35件)

中村美伽代、田中章啓、田坂彰規、小池秀行、武本真治、吉成正雄、山下秀一郎、PEEKで製作したテレスコープクラウンの反復着脱試験による維持力と表面形状の変化、日本補綴歯科学会第22回東京支部学術大会、2018年11月24日、日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館6階CSTホール、東京

酒井 遼、山下秀一郎、疑似的短縮歯列が顎頭変位に及ぼす影響 - タッピング運動時と側方滑走運動時の三次元的顎頭変位について -、第306回東京歯科大学学会、2018年10月21日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

山下秀一郎、専門医研修会：噛める義歯への多角的アプローチ QOL向上に貢献できるパーシャルデンチャーを目指して、日本補綴歯科学会平成30年度九州支部学術大会、2018年8月26日、熊本県歯科医師会館、熊本

Nakamura M, Tanaka A, Tasaka A, Yoshinari M, Takamoto S, Yamashita S, Retentive force of cone crown telescope after repetitive insertion/removal test, International Association for Dental Research, 96th General Session of the IADR, 2018年7月28日、London, England

Okano H, Tasaka A, Kato Y, Komine A, Higuchi S, Yamashita S, Influence of reinforcing-bar on shape accuracy of framework by selective-laser-sintering, International Association for Dental Research, 96th General Session of the IADR, 2018年7月28日、London, England

Sakai R, Yamashita S, Influence of simulated shortened dental arch on condylar displacement, International Association for Dental Research, 96th General Session of the IADR, 2018年7月27日、London, England

Ikeda K, Yamashita S, Relationship between inclination of occlusal plane and functional jaw movements, International Association for Dental Research, 96th General Session of the IADR, 2018年7月26日、London, England

酒井 遼、山下秀一郎、疑似的短縮歯列が顎頭変位に及ぼす影響 - タッピング運動時と側方滑走運動時について -、第127回日本補綴歯科学会学術大会、2018年6月17日、岡山コンベンションセンター、岡山

中村美伽代、田中章啓、田坂彰規、吉成正雄、武本真治、山下秀一郎、コーヌステレスコープクラウンの繰り返し着脱試験による維持力と表面形状の変化、第127回日本補綴歯科学会学術大会、2018年6月17日、岡山コンベンションセンター、岡山

加藤芳実、田坂彰規、岡野日奈、小峯明子、樋口鎮央、山下秀一郎、熱処理の違いがレーザー積層造形法で製作したフレームワークの形状精度におよぼす影響、第127回日本補綴歯科学会学術大会、2018年6月16日、岡山コンベンションセンター、岡山

岡野日奈、田坂彰規、加藤芳実、小峯明子、樋口鎮央、山下秀一郎、補強バーの付与がレーザー積層造形法で製作したフレームワークの形状精度に及ぼす影響、第127回日本補綴歯科学会学術大会、2018年6月16日、岡山コンベンションセンター、岡山

池田一洋、山下秀一郎、下顎機能運動路と咬合平面の傾斜との関連について、第305回東京歯科大学学会、2018年6月2日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

大平真理子、田坂彰規、森岡俊行、古屋克典、小峯明子、田中章啓、池田一洋、酒井 遼、中村美伽代、上窪祐基、岡野日奈、加藤芳実、西根万純、鎌田聡仁、山下秀一郎、CAD/CAM システムを利用したパーシャルデンチャー設計実習の教育効果の検討、第 305 回東京歯科大学学会、2018 年 6 月 2 日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

鎌田聡仁、東川明日香、木村麻記、澁川義幸、山下秀一郎、ヒト由来セメント芽細胞の電位依存性イオンチャネル発現、第 305 回東京歯科大学学会、2018 年 6 月 2 日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

酒井 遼、坂本道世、山下秀一郎、疑似的短縮歯列が顎頭変位に及ぼす影響、日本補綴歯科学会第 21 回東京支部学術大会、2017 年 12 月 3 日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

田坂彰規、加藤芳実、山下秀一郎、ミリングおよび Selective Laser Melting で製作したクラスプの精度検証、第 3 回日本顎顔面再建先進デンタルテクノロジー学会学術大会、2017 年 11 月 26 日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

酒井 遼、山下秀一郎、実験的臼歯部咬合支持の喪失が下顎運動に及ぼす影響、第 304 回東京歯科大学学会、2017 年 10 月 21 日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

Tasaka A, Kato Y, Kato M, Yamashita S, Accuracy of retainer fabricated by casting and selective laser melting, Continental European & Scandinavian divisions (CED-IADR/NOF) of International Association for Dental Research, Oral Health Research Congress 2017, 2017 年 9 月 23 日、Vienna, Austria

Okano H, Tasaka A, Unno C, Ryu M, Odaka K, Matsunaga S, Abe S, Sakurai K, Yamashita S, Comparison of artificial teeth arrangement position of fabricated denture between heat-curing and additive manufacturing, Continental European & Scandinavian divisions (CED-IADR/NOF) of International Association for Dental Research, Oral Health Research Congress 2017, 2017 年 9 月 23 日、Vienna, Austria

Ikeda K, Tasaka A, Yamashita S, Relationship between occlusal plane and mandibular movement during mastication, Continental European & Scandinavian divisions (CED-IADR/NOF) of International Association for Dental Research, Oral Health Research Congress 2017, 2017 年 9 月 21 日、Vienna, Austria

- ⑳ 池田一洋、吉田浩一、山下秀一郎、下顎第一大臼歯の咀嚼運動矢状面機能運動路と咬合平面の傾斜の関与、第 126 回日本補綴歯科学会学術大会、2017 年 7 月 2 日、パシフィコ横浜、神奈川
- ㉑ 加藤芳実、田坂彰規、山下秀一郎、鋳造および金属粉末レーザー積層造形法で製作したクラスプの形状再現性の精度検証、第 126 回日本補綴歯科学会学術大会、2017 年 7 月 2 日、パシフィコ横浜、神奈川
- ㉒ 上窪祐基、田坂彰規、西根万純、高梨琢也、本間慎也、松永 智、阿部伸一、山下秀一郎、遊離端欠損部顎堤粘膜に対する光学印象の精度検証 第 2 報 補綴臨床経験の差による比較、第 126 回日本補綴歯科学会学術大会、2017 年 7 月 2 日、パシフィコ横浜、神奈川
- ㉓ 岡野日奈、田坂彰規、小泉ちあき、竜 正大、小高研人、松永 智、阿部伸、櫻井 薫、山下秀一郎、加熱重合および積層造形で製作した義歯の人工歯排列位置の比較、第 126 回日本補綴歯科学会学術大会、2017 年 7 月 2 日、パシフィコ横浜、神奈川
- ㉔ 加藤芳実、田坂彰規、山下秀一郎、鋳造および CAD/CAM で製作したクラスプの形状再現性の精度検証、第 303 回東京歯科大学学会、2017 年 6 月 3 日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京
- ㉕ Tasaka A, Uekubo Y, Mitsui T, Kasahara T, Takanashi T, Homma S, Matsunaga S, Abe S, Yoshinari M, Yajima Y, Sakurai K, Yamashita S, Accuracy of optical impression for edentulous region, International Association for Dental Research, 95th General Session of the IADR, 2017 年 3 月 24 日、San Francisco, USA
- ㉖ Komine A, Ishida R, Yamashita S, Relationship between masticatory occlusal force and occurrence of stage II transport, International Association for Dental Research,

- ⑳ Tanaka A, Miyake N, Hotta H, Takemoto S, Yoshinari M, Yamashita S, Change in the retentive force of Akers clasp for zirconia crown, International Dental Materials Congress 2016, 2016年11月5日、Bali, Indonesia
- ㉑ 田中章啓、三宅菜穂子、堀田宏巳、武本真治、吉成正雄、山下秀一郎、ジルコニアクラウンの局部床義歯支台歯への応用に関する研究 - 支台歯クラウンの種類が維持力に及ぼす影響 -、第302回東京歯科大学学会、2016年10月15日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京
- ㉒ 田中章啓、三宅菜穂子、堀田宏巳、藤関雅嗣、武本真治、吉成正雄、山下秀一郎、ジルコニアクラウンの局部床義歯支台歯への応用、日本補綴歯科学会第20回東京支部学術大会 2016年9月24日、日本歯科大学九段ホール、東京
- ㉓ 岩田優行、松永 智、三井智治、森岡俊行、山下秀一郎、吉成正雄、矢島安朝、ヒト有歯及び無歯下顎第1大臼歯皮質骨における生体アパタイト(BAp)結晶配向性、第46回日本口腔インプラント学会学術大会、2016年9月17日、名古屋国際会議場、愛知
- ㉔ 田坂彰規、三井智治、笠原隼男、上窪祐基、高梨琢也、本間慎也、松永 智、阿部伸一、櫻井 薫、山下秀一郎、無歯顎および遊離端欠損部顎堤粘膜に対する光学印象の精度検証、第125回日本補綴歯科学会学術大会、2016年7月10日、石川県立音楽堂、石川
- ㉕ Tasaka A, Mitsui T, Kasahara T, Takanashi T, Homma S, Matsunaga S, Abe S, Yoshinari M, Yamashita S, Accuracy of optical impression for freeend partially edentulous region, International Association for Dental Research, 94th General Session of the IADR 2016年6月25日、Seoul, Republic of Korea
- ㉖ Komine A, Ishida R, Yamashita S, Effects of masticatory occlusal force regulation on the occurrence of stage II transport, International Association for Dental Research, 94th General Session of the IADR, 2016年6月23日、Seoul, Republic of Korea
- ㉗ 上窪祐基、田坂彰規、三井智治、笠原隼男、高梨琢也、本間慎也、松永 智、阿部伸一、吉成正雄、矢島安朝、櫻井 薫、山下秀一郎、上顎無歯顎顎堤粘膜に対する光学印象の精度検証、第301回東京歯科大学学会、2016年6月4日、東京歯科大学水道橋校舎新館、東京

〔図書〕(計3件)

山下秀一郎 他、医歯薬出版、歯学生のパーシャルデンチャー 第6版、2018、206-218

山下秀一郎 他、クインテッセンス出版、完全攻略 スーパーボンド - 接着の悩み即解決 -、2018、146-153

山下秀一郎 他、クインテッセンス出版、パーシャルデンチャー治療 失敗回避のためのポイント47 診断・前処置・印象・設計・応急修理と術後管理の問題解決法、2017、44-47、68-95、106-115、126-129、160-163

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：堀田 宏巳

ローマ字氏名：HOTA, hiromi

所属研究機関名：東京歯科大学

部局名：歯学部

職名：客員准教授

研究者番号(8桁): 50130133

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、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。