

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 Farah Ali Ibrahim Al-Omari
学位 博士 (歯学)
学位記番号 新大院博 (歯) 第446号
学位授与の日付 令和2年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 Peri-Implant Bone Alterations under the Influence of Abutment Screw Preload Stress: an Animal Model.
インプラントのアバットメントスクリューによるプレロードが周囲骨組織に与える影響

論文審査委員 主査 教授 田沼 順一
副査 教授 藤井 規孝
副査 教授 魚島 勝美

博士論文の要旨

【緒言】

インプラント頸部周囲、すなわち歯槽頂部周囲の骨が経時的に吸収されることは臨床的に珍しくなく、機能的にも審美的にも問題となることが多い。この骨吸収に関しては様々な研究が行われ、インプラントへの荷重やインプラント周囲炎がその原因であると考えられている。骨組織では物理的な刺激に応答して、骨組織の改造が起こる可能性が示されている。したがって、オッセオインテグレーションが確立し、インプラント周囲炎が無い場合でも、臨床的に不都合な骨吸収が起こり得るが、その原因の詳細は明らかになっていない。例えば、三次元有限要素法を用いたこれまでの研究成果から、インプラント頸部のカップ状の骨吸収はインプラントに加わる咬合力の結果であると考えられているが、直接的な根拠は見出されていない。通常インプラントアバットメントはスクリューによってフィクスチャーに固定されるが、この時スクリューの締め付けによってインプラントとスクリューの間に生じる保持力をプレロードと呼ぶ。これまでに報告された三次元有限要素法を用いた研究によれば、このプレロードがインプラントフィクスチャーの頸部付近にひずみを生じるとされている。このひずみがオッセオインテグレーション成立後のインプラント周囲骨組織に与える影響を検索した *in vivo* における研究はこれまでに行われていない。そこで、本研究の目的は、プレロードがオッセオインテグレーション獲得後のインプラント周囲骨組織にどのように影響を及ぼすかを検索することである。

【材料・方法】

20～22 週齢日本白ウサギのオス 20 匹の左右それぞれの大腿骨に対し、インプラントを 2 本ずつ埋入した。埋入後 8 週目に 35Ncm でアバットメントスクリューを締め付けた群を企業推奨トルク群 (RT) (N=16)、70Ncm で締め付けた群を高トルク群 (HT) (N=16)、70Ncm で締め付け、すぐに緩めてプレロードを残さない群 (TT) (N=8)、インプラント埋入のみを行い締め付けトルクを与えない群を対照群とした (Cont) (N=40)。実験動物はアバットメントスクリュー装着後 4, 6, 8, 10 週で屠殺した。マイクロ CT 撮影によって骨密度を算出した後、非脱灰切片を作成し、トルイジンブルー染色を施して光学顕微鏡と偏光顕微鏡下に観察した。切片に対して形態計測を行い、骨とインプラントの接触率% (B. I. C.)、骨面積 (B. A.) および層板骨の厚み (L. B. H) の評価を行なった。測定はインプラントの相対する両側で実施し、平均と標準偏差を計算した。群間比較は二群間分散分析と Student' s t-test によって行い、 $P < 0.05$ とした。

【結果・考察】

マイクロ CT 画像においては対照群、TT 群と比較して RT 群および HT 群では大きな骨髓腔が認められ、B. V. F は 6, 8, 10 週間後に RT 群、HT 群と比較して有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。組織学的には全ての群で炎症所見は認められなかった。対照群と TT 群は骨髓腔が比較的狭いの

に対して、RT 群と HT 群においては、骨髓腔が大きく、明らかな既存層板骨の消失、活発な骨リモデリングを示す所見が認められた。偏光顕微鏡下の観察では、対照群と TT 群においてコラーゲン線維はインプラント体に対して垂直方向に整然とした走行を示したのに対し、RT 群、HT 群においてはインプラント体に対して平行またはランダムな走行を示した。B. I. C は 6, 8, 10 週間後に対照群と TT 群と比較して RT 群、HT 群は有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。B. A はすべての週において対照群と比較して RT 群、HT 群は有意に低い値を示し ($P < 0.05$)、L. B. H は 8 週間後に対照群と比較して RT 群、HT 群は有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。

一過性に締め付けトルクを負荷した TT 群と対照群でインプラント周囲の骨に活発な骨組織改造が観察されなかったことから、プレロードによってインプラント周囲骨の活発な骨組織のリモデリングが生じることが明らかとなった。プレロードはスクリューの維持力がなくなるまで存在すると考えられ、臨床的に見られる骨吸収の一因になっている可能性が示された。また、RT 群や HT 群でインプラント近傍のコラーゲン線維の走行が不規則になった事実も、この可能性を支持すると考えられる。しかし、一方ではインプラントに加わる適切な咬合力は骨量を増加させる可能性もあり、今回の実験で見られた骨組織の改造が直接骨吸収につながるかどうかは明確ではなく、更なる検証が必要である。

【結論】

咬合力を加えていないインプラントにおいてプレロードがインプラント周囲骨組織に影響を与える可能性が示唆された。インプラントの長期予後にとって、アバットメントスクリューの締め付けトルクも重要であることが示された。

審査結果の要旨

歯科インプラント治療の成功は、インプラント周囲の骨の長期安定性に大きく影響されます。通常インプラントアバットメントは、スクリューによってフィクスチャーに固定されますが、この時スクリューの締め付けによってインプラントとスクリューの間に生じる保持力のプレロードが重要である。これまでに報告された三次元有限要素法を用いた研究によれば、このプレロードがインプラントフィクスチャーの頸部付近にひずみを生じさせている。このひずみがオッセオインテグレーション獲得後のインプラント周囲骨組織に与える影響を検索した *in vivo* 研究はこれまで全くみられない。そこで、本研究の目的は、プレロードがオッセオインテグレーション獲得後のインプラント周囲骨組織にどのように影響を及ぼすかを検索することである。

- (1) インプラント-アバットメントジョイントの結合部分からインプラント周囲骨に係るプレロード負荷ストレスを検索する。
- (2) 咬合負荷をかけずに、アバットメントスクリュープレロード負荷ストレスの単独で、ウサギのオッセオインテグレーションが獲得された後のインプラント周囲骨の組織学および放射線学的な変化を検索する。

実験方法として、埋入後 8 週目に 35Ncm でアバットメントスクリューを締め付けた群を企業推奨トルク群 (RT) (N=16)、70Ncm で締め付けた群を高トルク群 (HT) (N=16)、70Ncm で締め付け、すぐに緩めてプレロードを残さない群 (TT) (N=8)、インプラント埋入のみを行い締め付けトルクを与えない群を対照群とした (Cont) (N=40)。実験動物はアバットメントスクリュー装着後 4、6、8、10 週で屠殺した。マイクロ CT 撮影によって骨密度を算出した後、非脱灰切片を作成し、トリジンブルー染色を施して光学顕微鏡と偏光顕微鏡下に観察した。

マイクロ CT 画像においては対照群、TT 群と比較して RT 群および HT 群では大きな骨髓腔が認められ、B. V. F は 6, 8, 10 週間後に RT 群、HT 群と比較して有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。組織学的には全ての群で炎症所見は認められなかった。対照群と TT 群は骨髓腔が比較的狭いのに対して、RT 群と HT 群においては、骨髓腔が大きく、明らかな既存層板骨の消失、活発な骨リモデリングを示す所見が認められた。偏光顕微鏡下の観察では、対照群と TT 群においてコラーゲン線維はインプラント体に対して垂直方向に整然とした走行を示したのに対し、RT 群、HT 群においてはインプラント体に対して平行またはランダムな走行を示した。B. I. C は 6, 8, 10 週間後に対照群と TT 群と比較して RT 群、HT 群は有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。B. A はすべての週にお

いて対照群と比較して RT 群、HT 群は有意に低い値を示し ($P < 0.05$)、L. B. H は 8 週間後に対照群と比較して RT 群、HT 群は有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。

一過性に締め付けトルクを負荷した TT 群と対照群でインプラント周囲骨に活発な骨組織改造が観察されなかったことから、プレロードによってインプラント周囲骨の活発な骨組織のリモデリングが生じることが明らかとなった。プレロードはスクリューの維持力がなくなるまで存在すると考えられ、臨床的に見られる骨吸収の一因になっている可能性が示された。また、RT 群や HT 群でインプラント近傍のコラーゲン線維の走行が不規則になった事実も、この可能性を支持すると考えられる。咬合力を加えていないインプラントにおいてプレロードがインプラント周囲骨組織に影響を与える可能性が示唆された。インプラントの長期予後にとって、アバットメントスクリューの締め付けトルクも重要であることが示された。

今後は、インプラントに加わる適切な咬合力は骨量を増加させる可能性もあり、今回の実験で見られた骨組織の改造が直接骨吸収につながるかどうかは明確でないため、更なる検証が必要である。他方で、審査員 3 名の口頭試問の結果、本人は博士 (歯学) にふさわしい学力を有していると認められるため、大学院博士課程の修了に値する。