

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 河村 篤志
学位 博士 (歯学)
学位記番号 新大院博 (歯) 第341号
学位授与の日付 平成28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 加熱によるデンタルインプラント除去法の有効性検証

論文審査委員 主査 高木 律男 教授
副査 小林 正治 教授
副査 魚島 勝美 教授

博士論文の要旨

【緒言】

近年デンタルインプラントが予知性の高い補綴治療の選択肢の一つとして広く受け入れられている。一方、インプラント周囲炎やインプラント体の破折、審美的に理想的ではない領域に埋入されたインプラントなど、除去が必要となる症例も増加している。更に、インプラント補綴治療を受けた患者が高齢化に伴う口腔内や全身状態、精神状態の変化により、口腔内のインプラントの管理が困難になった場合にも、インプラントの積極的除去が必要となる。しかし、部分的にでもオッセオインテグレーションが残存するインプラントの除去には、専用の除去器具や切削器具を用いた周囲骨の削除などの大きな侵襲を伴う外科処置が必要となることが多く、除去後の骨欠損拡大によりインプラント再埋入を含めた再補綴治療が困難になることもある。周囲骨の削除を回避する方法として、インプラント体を加熱して周囲骨にダメージを与え、低いカウンタートルクでインプラントを除去する方法が有効であるとの報告もある。しかしその効果や機序については未だ明らかになっていない。

【目的】

本研究の目的は、インプラント体の加熱によって、インプラント周囲骨にダメージを与え、低いカウンタートルクでインプラント体を低侵襲かつ最小限の骨欠損で除去する方法の有効性と除去トルクの低下機構についてラットモデルを用いて組織学的に解明することである。

【方法】

豚大腿骨埋入モデルによるインプラント体加熱温度の検証

高周波電気メスによってインプラント体が加熱されることを確認するとともに、実験に用いる加熱条件を規定することを目的に、豚大腿骨埋入モデルを使用した予備実験を行った。

純チタンインプラント (Standard Plus, Straumann, Sweden)、φ4.1×8mm、10mm、12mm を豚大腿骨に埋入し、37℃に維持した恒温槽に固定した。高周波電気メスの設定は凝固モード、出力 5/10 に固定し、インプラント内面最深部にチップを接触させて10秒、20秒、30秒間それぞれ接触させた。加熱後のインプラントネック部分およびインプラント先端部の温度を熱電対にて計測し、高周波電気メスによる加熱の効果を検証した。

ラット上顎骨埋入モデルによる除去トルクの測定と組織学的検証

実験にはラット上顎インプラントモデルを用いた。4週齢Wistar系雄性ラットの上顎両側第一・第二臼歯を抜歯し、4週間の抜歯窩治癒後に、上顎両側に $\phi 1.8 \times 2\text{mm}$ の純チタン製インプラントを埋入した。6週の治癒期間後、粘膜を剥離してインプラント体を露出させ、内腔表面を電気メスにて加熱後、インプラント内面の温度を測定し、閉創した。加熱後、3・7・14日後のインプラント除去トルクを計測・解析し、同時にサンプル採取し、組織学的観察を行った。

【結果】

豚大腿骨埋入モデルによるインプラント体加熱温度

長径によって差が認められたが、電気メスの通電時間が長くなるにつれて、インプラント内面および先端部での温度上昇が認められた。すべての条件において、インプラント内面温度と先端部温度との間に有意差は認められなかった($p < 0.05$)。このことから、高周波電気メスの使用によって、インプラント体がほぼ均一に加熱されていると考えられた。

ラット上顎骨埋入モデルによる除去トルクの測定と組織学的分析

実験に使用したラットは48匹、96本のインプラントを埋入し、6週後にオッセオインテグレーションを維持していたインプラントは73本であった。コントロール群と加熱群に振り分け、更に加熱群を除去トルク計測群と組織切片作成群に振り分けた。熱電対を用いて計測した加熱前のインプラント体内面温度は $36.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、加熱直後のインプラント体内面温度は $75.4 \pm 8.6^\circ\text{C}$ であった。組織学的には、骨小腔空胞化範囲はインプラント埋入6週後に $14.9 \pm 20.6 \mu\text{m}$ であったが、加熱14日後では $2276.1 \pm 274.8 \mu\text{m}$ と加熱後経時的に拡大した。骨小腔空胞化範囲の拡大に伴い、周囲骨髓腔の毛細血管拡張と破骨細胞の遊走、骨吸収が観察された。

除去トルク計測結果では、非加熱群ではインプラントと周囲骨との間に緊密にオッセオインテグレーションが確立しており、除去の際にインプラント体が破折して除去トルクが計測できなかった。一方、加熱後には除去が可能となり、加熱7・14日後では3日後と比較して有意に除去トルクが減少した。除去インプラント体には一層の骨組織が付着していた。

【結論】

インプラント体の加熱によって一定期間後の除去トルク減少が認められ、本法の有効性が示唆された。除去トルクの減少はインプラントと骨界面でのオッセオインテグレーションの直接的な破壊ではなく、インプラント周囲骨小腔の空洞化に引き続いて起こる骨吸収によるものと考えられた。今後は治癒機転の詳細な観察を行い、除去後の骨形態の維持について検証を行う必要がある。また低温加熱によるインプラントの適切加熱条件を検索し、実際の臨床における比較検討を行うことで、更なる改善が可能となると考える。

審査結果の要旨

デンタルインプラントは予知性の高い補綴治療の選択肢の一つとして広く受け入れられ、治療を受けた患者は年々増加している一方で、インプラント周囲炎やインプラント体の破折、審美的に理想的ではない領域に埋入されたインプラントなど、除去が必要となる症例も増加している。更に、インプラント補綴治療を受けた患者の高齢化に伴い、口腔内や全身状態や精神状態の変化により、介護施設等に入居した高齢患者において、口腔内のインプラントの管理が困難になった場合にも、インプラントの積極的除去を依頼されることが増えている。しかし、部分的にでもオッセオインテグレーションが残存するインプラントの除去には、専用の除去器具や切削器具を用いた周囲骨の削除などの大きな侵襲を伴う外科処置が必要となることが多く、有病高齢者においては、大きなリスクを伴う。また除去後の骨欠損拡大によりインプラント再埋入を含めた

再補綴治療が困難になることもある。そこで、インプラントを最小限の侵襲にて除去する方法の確立は、高齢社会の現在、喫緊の課題であると考えられる。

周囲骨の削除を回避し最小限の侵襲でインプラント体を除去する方法として、インプラント体に高周波電気メスを用いて 50 度程度の低温で加熱して周囲骨にダメージを与え、低いカウンタートルクでインプラントを除去する方法が有効であるとした症例が報告された。しかしその効果や機序については未だ明らかになっていない。そこで本研究では、ラットモデルを用いて、インプラント体の加熱によって、インプラント周囲骨にダメージを与え、低いカウンタートルクでインプラント体を低侵襲かつ最小限の骨欠損で除去する方法の有効性と除去トルクの低下機構について組織学的に解析している。

初めに、高周波電気メスによってインプラント体の加熱される様相を検討するとともに、実験に用いる加熱条件を規定することを目的に、豚大腿骨埋入モデルを使用した予備実験を行っている。純チタンインプラント (Standard Plus, Straumann, Sweden)、 $\phi 4.1 \times 8\text{mm}$ 、 10mm 、 12mm を豚大腿骨に埋入し、 37°C に維持した恒温槽に固定した。高周波電気メスの設定は凝固モード、出力 5/10 に固定し、インプラント内面最深部にチップを接触させて 10 秒、20 秒、30 秒間それぞれ接触させた。加熱後のインプラントネック部分およびインプラント先端部の温度を熱電対にて計測し、高周波電気メスによる加熱の効果を検証した。その結果、高周波電気メスによって、10 秒の通電時間で、骨細胞に不可逆性の骨組織損傷が起こると報告されている 53°C 程度に温度上昇が観察された。また、インプラント内面温度と先端部温度との間に有意差は認められなかった ($p < 0.05$)。このことから、高周波電気メスの使用によって、インプラント体がほぼ均一に加熱され、周囲骨組織に均等に加熱のダメージを与えうることが明らかとなった。

次に、ラット上顎骨埋入モデルを用いて、電気メスによる加熱と除去トルクの測定および組織学的分析を行っている。実験に使用したラットは 48 匹、96 本のインプラントを埋入し、6 週後にオッセオインテグレーションを維持していたインプラントは 73 本であった。コントロール群と加熱群に振り分け、更に加熱群を除去トルク計測群と組織切片作成群に振り分けた。熱電対を用いて計測した加熱前のインプラント体内面温度は $36.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、加熱直後のインプラント体内面温度は $75.4 \pm 8.6^\circ\text{C}$ であった。組織学的には、骨小腔空胞化範囲はインプラント埋入 6 週後に $14.9 \pm 20.6 \mu\text{m}$ であったが、加熱 14 日後では $2276.1 \pm 274.8 \mu\text{m}$ と加熱後経時的に拡大した。骨小腔空胞化範囲の拡大に伴い、周囲骨髓腔の毛細血管拡張と破骨細胞の遊走、骨吸収が観察された。

除去トルク計測結果では、非加熱群ではインプラントと周囲骨との間に緊密にオッセオインテグレーションが確立しており、除去の際にインプラント体が破折して除去トルクが計測できなかった。一方、加熱後には除去が可能となり、加熱 7・14 日後では 3 日後と比較して有意に除去トルクが減少した。除去インプラント体には一層の骨組織が付着していた。

本研究の結果から、高周波電気メスを用いたインプラント体の加熱によって、一定期間後の除去トルク減少が認められ、本インプラントの除去方法の有効性が示唆された。除去トルクの減少はインプラントと骨界面でのオッセオインテグレーションの直接的な破壊ではなく、インプラント周囲骨小腔の空洞化に引き続いて起こる骨吸収によるものと考えられた。今後は治癒機転の詳細な観察を行い、除去後の骨形態の維持について検証を行う必要がある。また低温加熱による最小限の周囲骨への侵襲とすべく、インプラントの適切加熱条件を検索し、実際の臨床に応用できるよう、更なる改善が必要と考えられた。

以上より、本研究は高周波電気メスを用いた低温加熱によるインプラント体の除去方法の有用性とそのメカニズムの一端を動物モデルによって初めて明らかにした論文であり、今後の臨床応用への可能性を示した研究として学術的意義は高く、学位論文としての価値を認める。

