

平成 22 年 5 月 21 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20791482
 研究課題名 (和文) インプラント上部構造のスクリューの緩みと陶材破折防止のための動力学的検証
 研究課題名 (英文) Kinetic examination for the slack and porcelain breakage prevention of the screws of the superstructure of an implant.

研究代表者

長田 知子 (OSADA TOMOKO)
 鶴見大学・歯学部・学部助手
 研究者番号：70460178

研究成果の概要 (和文)：純チタンで塑性加工にて、Nobel Biocare 社製のチタンスクリューと同様のピッチ、寸法にて試作スクリューを作製し、純チタン1, 2, 3種で最適な加工条件の検討を行った。ねじり破断トルクを比較したところ、従来品の72%までねじり破断トルクを上げることに成功した。試作スクリューを試験する衝撃試験機は、今回新たに試作した。また、インプラント上部構造のハイブリッドフルベイクタイプ前装冠の破折やチッピングを検討するため、フレームの条件を変え製作を行った。

研究成果の概要 (英文)：We examined the fabrication possibility of biocompatible dental implant screws made of pure titanium. In particular, we examined the effects of addition elements and processing conditions on wire drawing. We also examined whether implant screws can be formed by heading and form rolling.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・歯科医用工学・再生歯学

キーワード：歯学，生体材料

1. 研究開始当初の背景

(1) インプラント治療は、適応症を拡大する術式の導入と審美性の回復等を可能とするパーツの開発など、著しい技術的進歩を背景に一般臨床の中に急速に普及してきた。しかしながら、インプラントには歯根膜に相当す

るショックアブソーバーがないことから、インプラント上部構造装着後のトラブルとして、陶材焼付冠やハイブリッドフルベイクタイプ前装冠、オールセラミックの破折やチッピングが頻発している。加えて、インプラントと上部構造を連結するスクリューの緩み

も不可避な問題として残されている。このように、インプラント臨床の現場では多大なトラブルが公認となっているにもかかわらず、根本的解決を目的とした研究はほとんどなく、臨床経験から陶材焼付冠の破折に対しては、適切な咬合接触の付与などの対処がとられているにすぎない。われわれは、これまで咀嚼運動をシミュレートした衝撃滑走試験機を試作し、修復材料や人工歯の耐摩耗性を検証してきた。特に硬質レジン歯の試験時には実際の口腔内と同様の人工歯の摩耗や破折やチッピングを散見しており、試験後の状況と臨床の近似性を確認している。他方において、研究協力者の吉田らはこれまで一般産業用のネジに関する数多くの研究を行っており、特にチタンを用いた医療用の高強度マイクロネジおよびNi-Ti合金を用いた形状記憶ワッシャを用いることにより、破折や緩みのないネジおよびすぐに外れるネジ等の開発を行っている。これらのネジやワッシャの原理をインプラントシステムに応用することはきわめて意義が大きい。そこで、インプラント上部構造装着後のトラブル解消を図り、審美性修復材料の破折防止と新しいスクリーンの開発を試みるものである。

2. 研究の目的

本研究はインプラント上部構造装着後の大きなトラブルであるインプラントと上部構造を連結するスクリーンの緩みと、上部構造の陶材焼付冠やハイブリッドフルベイクタイプ前装冠の破折やチッピングを防止するために、動力学的検証を行うとともに、衝撃滑走試験により、陶材焼付冠、ハイブリッドフルベイクタイプ前装冠、の上部構造の破折対策を講じること、高強度マイクロスクリーンの新規開発を目的としている。

(1) 陶材焼付冠あるいはハイブリッドフルベイクタイプ前装冠のフレームワークデザインおよびオールセラミッククラウンの適応症に関して衝撃滑走疲労試験により検証を行う。また、対合歯が天然歯、義歯、インプラント上部構造の3つの対咬条件を設定し、いかなる口腔内環境がトラブルを誘発するかを確認する。さらに、前述の新開発のスクリーンデザインをインプラントに適用した場合のスクリーンの締結トルク値と緩みの関係について実験的に検証を行うものである。

これまで、インプラント上部構造の装着後のトラブルに関しては静力学的観点からのみアプローチされており、主として有限要素法やセンサーを用いた模型実験により、インプラントや上部構造の応力解析が行われてきた。しかしながら、陶材の破折やチッピング

あるいはスクリーンの緩みといった現象は長期間の咀嚼運動中に生じる繰り返しの衝撃滑走を伴った疲労によるものであり、静力学的な解明は困難なことから動力学的検証が必要不可欠である。本研究によって、陶材焼付冠、ハイブリッドフルベイクタイプ前装冠、オールセラミックの破折対策および適応症の設定が可能となれば、審美性を必要とするインプラント上部構造装着後のトラブルが大幅に減少することが期待される。さらに対合歯条件による影響やクリアランスの大小と破折強度の相関、あるいはスクリーリテイタイプとセメントリテイタイプの適応が解明されることにより、トラブルの回避につながるものと思われる。

(2) 一方、新規開発のスクリーンにより、スクリーンの緩みが激減することが予想され、さらに従来のチタン合金ではなく、純チタンでの製作を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 下顎第一大臼歯を想定し、インプラント上部構造はハイブリッドフルベイク前装冠用のフレームワークに関して4種類の構造設計を行う。

それぞれを通法に従い、鋳造製作し、メーカー指示に従い、ハイブリッド材料の築盛を行う。また、各上部構造はインデックスを利用して可及的同一形態に仕上げる。5歯連続駆動型に開発する衝撃滑走疲労試験機(図2)に各試料を装着する。なお、上顎には対合歯条件として、均一の形態が得られやすい、PGAの鋳造冠を想定した。試験条件は荷重量 5 kgf、滑走距離 2 mm、60回/分とし、注水で、10万回までの疲労試験を行う。試験前後には各試料の重量を測定し、比重計算から各試料の喪失量を測定する。また、試験終了後の各試料を現有のマイクロSCOPE、電子顕微鏡(SEM)で観察し、破折線の有無、チップの有無を評価する。なお、試験機は5歯が同時駆動し、同一条件で測定できるように設計する。

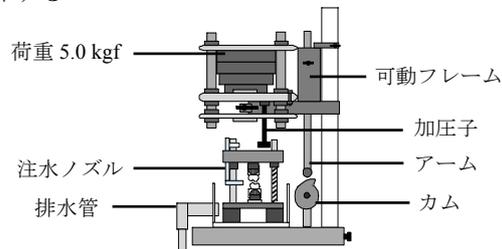


図2 衝撃滑走疲労試験機

(2) 純チタンを用い、塑性加工にて、Nobel Biocare社製のチタンスクリーンと同様のピッチ、寸法にて試作ネジを作製した。さらに純チタンの含有量の異なる線材を用

い、Fe, N, O 成分の総和が加工性にどのように関係しているかを検討する。供試材料を表 1 に示す。いずれも焼鈍し材であり線型 ϕ 2.3mm である。

表 1 供試材料

No.	Chemical composition [wt%]				
	Fe	N	O	H	Ti
Ti 1	0.030	0.002	0.040	0.0018	Bal
Ti 2	0.041	0.001	0.038	0.0019	Bal
Ti 3	0.045	0.005	0.076	0.0021	Bal

① 伸線加工

伸線にはドローベンチを用い、M2 のアバットメント固定チタンスクリューの製造のため素線 ϕ 2.3mm から ϕ 1.7mm まで伸線を行った。線材の強度とねじの強度を比較するため、伸線材の加工度を変えて検討した。加工条件を表に示す。また各線材の加工性を調べるため焼鈍し等は一切行わずに伸線加工を行い、伸線限界を求めた。

② スクリュー製造

圧造及び転造の従来の加工によりインプラント用スクリューの製造を行った。スクリューの製造にはダブルヘッド方式の圧造機と平ダイス方式の転造機によりスクリューを製造した。各加工方法を図 3 に示す。

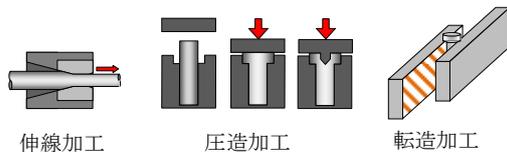


図 3 スクリューの製造工程

4. 研究成果

(1) これまで咀嚼運動をシミュレートした衝撃滑走試験機を試作し、修復材料や人工歯の耐摩耗性を検証してきた。特に硬質レジン歯の試験時には実際の口腔内と同様の人工歯の摩耗や破折やチッピングを散見しており、試験後の状況と臨床の近似性を確認している。

(2) 純チタン材 Ti 1~3 の 3 種類の引張り試験の結果より得られた引張り強さ及び破断ひずみと Fe, N, O の総和について示す。

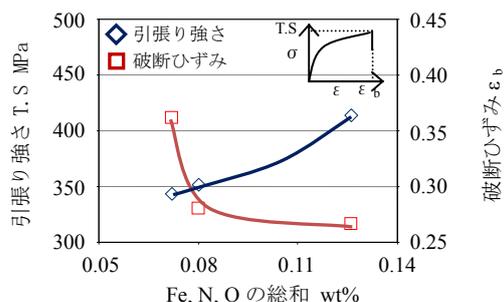


図 4 Fe, N, O の総和と引張り強さ、破断ひずみとの比較

図 4 より純チタンの引張り強さ及び破断ひずみが含有量である Fe, N, O 成分値の総和に關係していることが示唆された。成分値の総和が増えていくと引張り強さ T.S が高くなっていき、破断ひずみ ϵ_b が低くなっていくことが分かる。一般には ϵ_b が高いほど伸線性が良いことが一般的に認められているので、Ti1 の線材が最も伸線性が良いと推測できる。

① 伸線限界

各純チタン材 3 種類の伸線限界での比較を図 5 に示す。

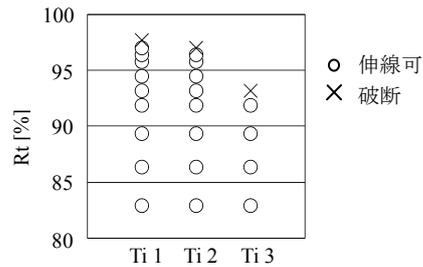


図 5 純チタン材別の伸線限界での比較

図 5 より加工性が悪いとされている純チタンで最大 Rt=97.0%まで加工できることが分かる。伸線限界をチタン線ごとに比較すると、Ti1 が最も伸線性が良く、Ti3 が最も伸線性が悪い。伸線限界は破断ひずみと比例関係にあることが示唆された。

② 焼鈍し時期の影響

所定の寸法まで伸線した後焼鈍しを施した線材を用いてねじを製造した際、切り駒及び圧造ダイスに詰まりを起こし連続的にスクリューの製造を行えなかった。従って、スクリュー製造に用いる線材表面の算術平均粗さを測定し、連続製造可否の粗さの境界について調べたものを図 6 に示す。また、線材の線径は ϕ 1.7mm とする。

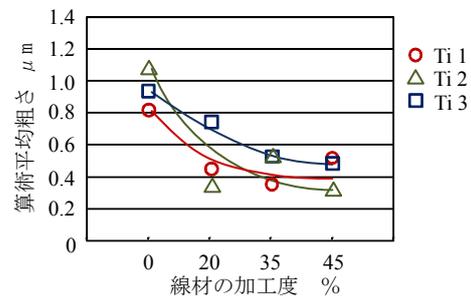


図 6 加工度での粗さ比較

図 6 より加工度が増すにつれて表面性状も良好となっていくことがわかる。また、切り駒及び圧造ダイスに詰まりを起こした線材である加工度 0 の線材の算術平均粗さが高くなっていることが分かる。これにより線材の算

術平均粗さが 0.75 μm 以下ならば切り駒及び圧造ダイスに詰まりをおこさず連続製造可能と考察される。

③ 線材の硬さとねじり破断トルクの関係
焼鈍し時期別を変えることにより線材の硬さを変え、スクリューのねじり破断トルクを測定した。ねじり破断トルクと線材のビッカース硬さの関係を図7に示す。

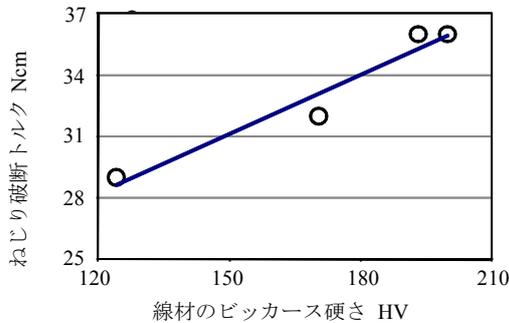


図7 ねじり破断トルクと硬さの関係

図7よりビッカース硬さが高くなるにつれて、ねじり破断トルクも高くなっていることが分かる。近似式を求めると、ねじり破断トルク T_B Ncm は一定の値以上だと実験値より

$$T_B = 0.097HV + 16.6 \quad [\text{Ncm}]$$

で近似でき、このことより線材の硬さとねじり破断トルクには相関があると言える。したがって硬さの高い材料を用いればよりねじり破断トルクを向上させることができるといえる。

製造した成形性が良好と考察される Ti1 を用いて製造したスクリューと従来品の切削スクリューである Ti-6Al-4V のねじり破断トルク比較を行った。その結果加工性の悪い純チタンで 72%までねじり破断トルクを上げることに成功した。また、日常の臨床では通常 20~30N のトルク値を用いることが多いため、十分実用可能なねじの製造が行われたことが示唆された。

今後は今回試作した衝撃試験機 (図 8) を用いて、各試作スクリューの衝撃試験を行う予定である。



図8 衝撃試験機

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[学会発表] (計 1 件)

- ① Kazunari Yoshida, Yoshio Saiki, Chikahiro Ohkubo, Daisuke Kurihara, Tomoko Osada, Tadashi Tashima, Fabrication of bio compatible dental implant screw made of pure titanium, 2010年5月12日13日, The Wire Association International, Midwest airlines center (Milwaukee USA)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長田 知子 (OSADA TOMOKO)
鶴見大学・歯学部・学部助手
研究者番号：70460178