

氏 名	宝 力道
学 位	博士
専門分野の名称	歯学
学位授与番号	博甲第4417号
学位授与の日付	平成23年9月30日
学位授与の要件	医歯薬学総合研究科機能再生・再建科学専攻 (学位規則(文部省令)第4条第1項該当)
学位論文題目	歯科インプラントにおける上部構造体の合着システムの開発 —動的粘弾性挙動制御に基づく上部構造体浮き上がり量の抑制—
学位論文審査委員	教 授 窪木 拓男 教 授 吉山 昌宏 教 授 長塚 仁

学位論文内容の要旨

【 緒言 】

歯科インプラント治療において、上部構造体をアバットメントに合着させる方法では、合着材層の被膜厚さに起因する上部構造体の浮き上がり量が大きい為に、適合性が悪化することが問題となっている。そこで、上部構造体の浮き上がり量を可及的に抑制し、適合性良く合着させる接着システムの開発を目指して、“優れた機械的性質”，“内分泌攪乱作用がない”などの要件を兼ね備えたウレタンジメタクリレート(UDMA)とメタクリル酸(MAA)が1:2モル比の低粘度マトリックスレジンとチキソトロピー性の発現を期待したナノサイズシリカフィラーとから構成されるセメントを創製し、セメントの動的粘弾性挙動と被膜厚さ及び浮き上がり量との相関関係を明らかにしつつ、上部構造体の浮き上がり量を可及的に抑制することを目指した。

【 材料および方法 】

実験 1 UDMA/MAA 系マトリックスレジンの耐水特性：UDMA(共栄社)とMAA(Aldrich)を1:2の割合で混合後、光重合開始材としてカンファーキノン(0.2mass%)と4-ジメチルアミノ安息香酸(0.8mass%)を加え練和した。レジンモノマーを両側が開放したテフロン型(φ4x8mm)に流し込み、ポリエチレンフィルムとスライドガラスで封鎖し、可視光線照射器XL3000(3M)を用いて上下より60sずつ光照射した。テフロン型より取り出した試験体に対して、更に、左右より60sずつ光照射することによって試験体を作製した。機械的性質と見かけ吸水量は37℃の蒸留水中に所定期間浸漬した試験体の重量変化と万能試験機DCS2000(島津)を用いた圧縮試験(クロスヘッドスピード：0.5mm/min)により、一年間に亘り、その推移を追跡した。

実験 2 UDMA/MAA レジンとナノサイズ親水性熔融シリカで構成される複合材料(UDMA/MAA/AEROSIL380)の動的粘弾性特性、被膜厚さおよび浮き上がり量の測定：UDMA/MAA/AEROSIL380は、実験1と同組成のUDMA/MAA レジンモノマーにナノサイズ親水性熔融シリカ(AEROSIL380, Evonik Degussa)を1, 2, 3, 4, 5, 10mass%(添加限界濃度)添加し手練和した練和物を一週間静置して調製した。動的粘弾性特性の評価は、応力制御型レオメーター(AR2000, TA Instruments)を用いて流動法(パラレルプレート径：25mm, ギャップ：600μm, 温度：25℃)により3.259~325.9Paの剪断応力に対する粘度を測定することによって行った。被膜厚

さの測定は、JIS T6602 及び T6667 に準じて、温度 $22\pm3^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $35\pm5\%$ の環境下で 2 枚のガラス板 (2cm^2) に挟み、150N の荷重を 10 分間加えた後に、デジタルダイヤルゲージで被膜厚さを測定した。浮き上がり量の測定は、POI ファイナフィックス (日本メディカルマテリアル: JMM) を垂直に直立させる自作装置に固定させた後に、ストレートポスト STD 5L (JMM) を装着し、合着材を介さないで上部構造体を載せて被膜厚さ測定と同単位荷重をかけて測定した値とセメント介して得られた値の差を浮き上がり量とした。UDMA/MAA の比較対照としては、典型的なマトリックスレジンである Bis-GMA/3G と UDMA/3G を用いた。全ての実験結果は一元分散配置とシェフェの多重比較検定 ($p=0.05$) によって評価した。

【 結果および考察 】

1. UDMA/MAA 系マトリックスレジンの耐水特性：低粘度レジンである UDMA/MAA 系に着目して、その耐水特性を 1 年間に亘って追跡し、マトリックスレジンとしての可能性を検討した結果、1 年間の水中浸漬後においても UDMA/MAA (圧縮強さ(CS): $103\pm1\text{MPa}$, 圧縮弾性係数(CM): $2.6\pm0.1\text{GPa}$) はコントロールとした Bis-GMA/3G (CS: $91\pm1\text{MPa}$, CM: $2.4\pm0.1\text{GPa}$) および UDMA/3G (CS: $70\pm2\text{MPa}$, CM: $1.6\pm0.1\text{GPa}$) よりも優れた圧縮特性を示し、長期間の使用に耐えることを明らかにした。
2. UDMA/MAA レジンとナノサイズ親水性熔融シリカで構成される複合材料 (UDMA/MAA/AEROSIL380) の動的粘弾性特性、被膜厚さおよび浮き上がり量の測定：本研究で選択した三種類のマトリックスレジンでは、それら単独ではニュートン流体であり、ナノサイズフィラー添加量の増大とともに粘度増加とチキソトロピー性を発現した。特に、チキソトロピー性の発現に関しては、レジンの影響を大きく受けることを明らかにした。即ち、UDMA/MAA と UDMA/3G では剪断応力が増大するとともに粘度が大きく低下する流動軟化が起こり典型的なチキソトロピー性を発現したのに対して、Bis-GMA/3G では剪断応力が増大すると粘度も増大する流動硬化が起こり逆チキソトロピー性を発現した。被膜厚さと粘度との間には、密接な比例関係が存在し、低粘度である程に被膜厚さを低下させた。しかしながら、合着用セメントには垂直部でも流れ落ちてしまわない特性も求められるので、安易に低粘度することでは所期の目的を達成することが出来ない。“低粘度であること”と“安易に流れない”と言う一般には相容れない要求を満足させるのがチキソトロピーであり、この点で UDMA/MAA/AEROSIL380 は優れていた。市販レジンセメントを含めた浮き上がり量は、フィラー粒径の影響を大きく受けると推測され、粘度で整理することが出来なかった。即ち、逆チキソトロピー性を発現する結果、荷重時に市販レジンセメントよりも高い粘度を示す Bis-GMA/3G/AEROSIL380 でも浮き上がり量は少なかった。この観点からは、ナノサイズフィラーは優れており、チキソトロピー性を発現して荷重時に低粘度となる UDMA/MAA/AEROSIL380 は粘度とフィラー粒径の両面から優位であり、上部構造体の浮き上がり量を $5\sim7\mu\text{m}$ (市販レジンセメントの $1/8\sim1/6$) と可及的に抑制するという所期の目的を達成出来た。また、UDMA/MAA/AEROSIL380 に限定すると浮き上がり量と粘度との間には、 $\text{浮き上がり量}[\mu\text{m}]=2.15\log_{10}\text{粘度}[\text{Pa}\cdot\text{s}]+6.22$ ($R^2=0.94$) の比例関係があった。

【 結論 】

UDMA/MAA レジンは優れた機械的性質と耐水特性を発現するのみならず、UDMA/MAA/AEROSIL380 は歯科インプラント上部構造体の浮き上がり量を可及的に抑制することを可能とした。

学位論文審査結果の要旨

歯科インプラント治療における上部構造体をアバットメントに固定させる手段としてネジ止め法及び合着法がある。通常合着法では、ガラスイオノマーセメントやレジンセメントなどの合着材が用いられているが、被膜厚さに起因した浮き上がりによる上部構造体の適合不良が問題となっている。

本研究は、アバットメントに上部構造体を適合性良く固定させる合着システム開発の一環として、低粘度マトリックスレジンとチキソトロピー性の発現が期待できるナノサイズシリカフィラーから構成される複合レジンセメントを創製した。すなわち、ウレタンジメタクリレート (UDMA) とメタクリル酸 (MAA) が1:2モル比のベースレジンに平均粒径 7 nmの親水性溶融シリカを1~10 mass%添加したセメントについて、マトリックスレジンの耐水性特性、試作セメントの動的粘弾性挙動と被膜厚さ及び浮き上がり量との相関について検討したものである。

申請論文は以下の結果を示すものであった。

1. UDMA/MAA系マトリックスレジンの耐水特性

一年間の水中浸漬後において圧縮強さが $103 \pm 1 \text{ MPa}$ 、弾性係数 $2.6 \pm 0.1 \text{ GPa}$ を示し、コントロールとしたBis-GMA/3G($91 \pm 1 \text{ MPa}$, $2.4 \pm 0.1 \text{ GPa}$)およびUDMA/3G($70 \pm 2 \text{ MPa}$, $1.6 \pm 0.1 \text{ GPa}$)に比べて優れた長期耐久性を示した。

2. UDMA/MAA, UDMA/3G, Bis-GMA/3Gマトリックスレジンとナノサイズフィラーから成る複合レジンセメントの物性

(1) 動的粘弾性特性: 3種類のマトリックスレジンとは、単独でニュートン流体であって、ナノサイズフィラー添加量の増加に伴い粘度増大とチキソトロピー性を発現した。特に、チキソトロピー性はマトリックスレジンの影響を大きく受けることを明らかにした。

(2) 被膜厚さと粘度との関係: 両者には密接な比例関係が存在し、粘度が低いほど被膜厚さを薄く出来るが、合着用セメントには垂直部でも流れ落ちてしまわない特性が求められるので、安易に低粘度化することでは所期の目的を達成することが出来ない。この矛盾をチキソトロピー性発現によって解決した。

(3) 上部構造体の浮き上がり量と粘度との関係: UDMA/MAA/AEROSIL380は粘度とフィラー粒径の両面から優位であり、浮き上がり量を $5 \sim 7 \mu\text{m}$ (市販レジンセメント: $42 \sim 45 \mu\text{m}$) と極めて薄く抑制することができた。すなわち、 $\text{浮き上がり量} [\mu\text{m}] = 2.15 \log_{10} \text{粘度} [\text{Pa} \cdot \text{s}] + 6.22$ ($R^2 = 0.94$) の比例関係を見いだした。

これらのことから、UDMA/MAAレジンとは優れた機械的性質と耐水特性を発現するのみならず、このマトリックスレジンとナノフィラーから成るUDMA/MAA/AEROSIL380複合セメントは、歯科インプラント上部構造体の浮き上がり量を可及的に抑制することを可能とした。

よって、審査委員会は本論文に博士 (歯学) の学位論文としての価値を認める。