

論文審査の結果の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（口腔健康科学）	氏名	彭 子祐
学位授与の条件	学位規則第4条第1・2項該当		
論文題目			
<p>Finite-element analysis and optimization of the mechanical properties of polyetheretherketone(PEEK) clasps for removable partial dentures.</p> <p>(ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)を用いた義歯用クラスプの有限要素分析と機械的特性の最適化)</p>			
論文審査担当者			
主 査 教 授 村 山 長			印
審査委員 教 授 二 川 浩 樹			
審査委員 准教授 下 江 宰 司			
〔論文審査の結果の要旨〕			
<p>材料科学及びデジタルデンティストリーの発展と相まって，歯科補綴物に使用される金属材料の代替として，新規熱可塑性樹脂材料であるポリエーテルエーテルケトン（以下 PEEK）が着目されている。PEEK は軽量，高強度で，薬剤耐性および生体適合性が高く，疲労耐久性に優れているおり，アレルギーが少なく，経年劣化も生じにくい。加えて CAD/CAM により加工が可能であるため，製作が簡便で，データの保存や再製作も容易である。また，その色調には歯冠色や歯肉色が用意されている。そのため，PEEK は部分床義歯の金属部分に代わり得る材料として臨床応用が期待されている。しかしながら，PEEK は弾性が高いという材料特性を持っているため，部分床義歯のクラスプへ応用する際には，適切な維持力や変形量考慮した上で，クラスプアームへの形状設計を検討しなければならない。そこで，本研究では部分床義歯用クラスプへの PEEK の応用を想定し，有限要素分析及び疲労試験を行って，機械的特性を測定し，臨床応用に耐えうる強度，耐久性，維持力について検討された。</p> <p>（1）有限要素分析</p> <p>三次元設計用途のソフト（SolidWorks）を用い，クラスプアームを棒状形状とした三次元モデルを設計した。全体として，幅/厚さ比率を4種類（Group A～D）と，幅を3種類（subgroup 1～3），テーパーを6種類（0.5，0.6，0.7，0.8，0.9，1.0）に組み合わせ，計72種類の異なる三次元モデルを作成した。Autodesk Nastran（In-CAD）による有限要素分析を用い，負荷はモデルの荷重点にかけ，力伝達の正確性を確実にするために，モデル界面は細かい三角形メッシュを生成し，固定エリア内すべての節点を拘束した。変位は0.25 mm と 0.50 mm の時に，種々のモデルについての荷重値を計測し，荷重条件下における応力分布値の算出を行った。</p> <p>有限要素分析の結果より，最大応力はクラスプの基部に集中していた。クラスプの維持力については，幅，厚み，テーパーのうち，厚みとの相関関係が最も高いことが明らかとなった。さらに，変位を0.25 mm 及び 0.50 mm に設定した場合，荷重</p>			

値と応力値の両方を考えると、Group B3 (0.9-taper) や Group C3 (0.5- to 0.7-taper) , Group D2 (0.7- to 0.8-taper) , Group D3 (0.5- to 0.6-taper) は部分床義歯の必要な維持力とされる範囲の最低限 (1.6 N) より大きく、PEEK 材の降伏強さ (110 MPa) より小さかった。また、幅や厚み、テーパーが小さいほど不快感が少ないと考えられるため、Group B3 (0.9-taper) や Group C3 (0.5-taper) , Group D2 (0.7-taper) が最適形状であると示唆された。これにより、上記の 3 種類 PEEK 三次元モデルを実体試料に製作し、疲労試験を行った。

(2) 疲労試験

有限要素分析より特定した 3 種類の三次元モデルはミリングマシン (CORiTEC 250I/DRY ; imes-icore) により、3 種類の実体試料を PEEK ディスク (VESTAKEEP DC4450 R ; Evonik Japan Co.) より加工・製作した。比較用に標準形状として 1 種類の Co-Cr 合金試料 (Wironit Extra-hard ; Bego) を製作した。疲労試験はサーボパルス疲労試験機 (Shimadzu) を用い、試料にクラスプのアンダーカット量に相当する一定変位条件を繰り返し荷重した。変位条件は①Co-Cr 合金試料は 0.25 mm の一定変位とし、②PEEK 試料は 0.25 , 0.50 mm の一定変位をとした。これらの一定変位は試料の荷重点での正弦波周波数を 5 Hz で維持し、全 15,000 サイクルを実施した。試験中の変形量を解析するために荷重値を記録し、デジタルマイクロスコープ (KH-1300 ; Hirox) で 3000 サイクルごとに試料の荷重方向への変形量が計測した (合計 5 回)。

疲労試験の結果より、PEEK の平均荷重値 ($2.06 \pm 0.09 \sim 3.67 \pm 0.17$ N) は Co-Cr 合金 (8.26 ± 0.55 N) より低い値を示したが、その維持力は臨床応用に十分であることが明らかとなった。また、すべての試料は第一計測周期 (0~3,000 サイクル) 中に有意に大きな変形を示したが、第二計測周期から試験の終わり (3,001~15,000 サイクル) までは有意な変形量の変化は認められなかった。さらに、疲労試験終了後 (15,000 サイクル) の PEEK ($0.01 \pm 0.00 \sim 0.02 \pm 0.01$ mm) と Co-Cr 合金 (0.02 ± 0.00 mm) の変形量には有意な差が認められなかったが、PEEK のほうが変形量が小さい傾向を示した。

以上の結果から、PEEK クラスプは金属に比べ審美性に優れ、義歯用クラスプの応用するに十分な機械性質を有しており、従来用いられてきた合金クラスプに代わる有望な材料であることが示された。従って、本論文は今後部分床義歯用に対する金属を使用しない新たな治療法として歯科医療の選択肢を増やすとともに、補綴治療の発展に寄与する研究である。よって審査委員会委員全員は、本論文が彭子祐に博士 (口腔健康学) の学位を授与するに十分な価値あるものと認めた。