

よしのかずのり

氏名	由野和則
学位	博士(医学)
学位記番号	新大博(医)第1661号
学位授与の日付	平成16年10月26日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
博士論文名	Properties of the Tibial Component Regarding Impact Load (人工膝関節における脛骨コンポーネントの衝撃荷重に対する特性について)

論文審査委員	主査	教授	柴田	実
	副査	教授	遠藤	直人
	副査	教授	熊木	克治

#### 博士論文の要旨

<目的>人工膝関節において、脛骨コンポーネントが動的荷重条件下でどのような生体力学特性を示すかを明らかにするために、衝撃荷重を加えた時の人工膝関節における荷重伝達および脛骨コンポーネントを構成するポリエチレンのひずみについて調べた。

<方法>モデル骨にスミス・アンド・ネフュー社製 Genesis II 人工膝関節置換術を施行し、24個の試料を作製した。物質の動的応力-ひずみ特性測定法のひとつである分割ホプキンソン棒法を用いて衝撃荷重透過率を測定した。この際、日常生活上で生じる程度の荷重を模倣するため、およそ2kNの応力が加えられた。また、ポリエチレンの前面にひずみゲージを貼付して、衝撃荷重が加えられたときのポリエチレンの横ひずみも測定した。

<結果>メタルバック型およびオールポリエチレン型の衝撃荷重透過率は4%以下であった。9、11、13mmのすべての脛骨コンポーネントでメタルバック型の衝撃荷重透過率がオールポリエチレン型のそれより13%以上高かった。メタルバック型、オールポリエチレン型とも、コンポーネントの厚みが増すと衝撃荷重透過率は減少し、9mmと11mmでは有意な差を認めた。メタルバック型およびオールポリエチレン型の最大横ひずみは230 $\mu\text{e}$ 以上であった。メタルバック型の横ひずみはオールポリエチレン型のそれより6%以上小さかった。メタルバック型、オールポリエチレン型とも、コンポーネントの厚みが増してもポリエチレンのひずみに有意な変化はみられなかった。

<考察>今回の実験には、生体膝ではなくモデル骨を使用した。モデル骨には同一の形状、生体皮質骨に似た硬度を持つという利点がある。しかし、海綿骨部分については生

体骨のそれとは大きく異なるという欠点を合わせ持っているということを考慮しなければならぬ。衝撃荷重透過率が4%以下と低かったのは、応力の大部分が試料を通過する過程で吸収されたためと考えられる。メタルバック型で、より大きな荷重伝達が観察されたが、これは動的荷重の一部が脛骨皮質骨に直接伝達されたためと考えられる。両コンポーネントにおいて、脛骨コンポーネントの厚みの増加により、衝撃荷重透過率は減少していた。このことより考えると、ポリエチレンの厚みの増加は脛骨インプラント下の海綿骨へのストレスを軽減し、インプラントの弛みを防止するかもしれない。メタルバック型において、より小さなひずみが観察されたが、これは従来言われているようにメタル・トレイがコールド・フローと呼ばれる永久的なポリエチレン変形を防ぐことを示唆する現象と思われる。脛骨コンポーネントの厚みの増加は、ポリエチレンのひずみを減少させなかった。これはポリエチレン素材の非直線的弾性特性のためと考えられた。今回の実験の結果は、荷重接触面より離れた場所でのひずみ測定によるものであり、これより荷重接触面でのひずみを推測することは困難であることを理解しなければならない。近年の臨床研究は我々の実験結果を支持してはいない。これは他の大きな要因が現在の人工膝関節置換術の臨床成績に影響を及ぼしているためであろうと考えられる。

#### 審査結果の要旨

<目的>人工膝関節において、脛骨コンポーネントが動的荷重条件下でどのような生体力学的特性を示すかを明らかにするために、衝撃荷重を加えた時の人工膝関節における荷重伝達および脛骨コンポーネントを構成するポリエチレンのひずみについて調べた。

<方法>モデル骨にスミス・アンド・ネフュー社製 Genesis II 人工膝関節置換術を施行した。脛骨コンポーネントには、メタルバック型およびオールポリエチレン型の2種類を使用した。厚みはそれぞれ、9、11、13mmのものを各4個ずつ用意し、計24個の試料を作製した。物質の動的応力・ひずみ特性測定法のひとつである分割ホプキンソン棒法を用いて入射衝撃荷重および透過衝撃荷重を測定し、衝撃荷重透過率を求めた。

この際、日常生活上で生じる程度の荷重を模倣するため、透過衝撃荷重がおおよそ2kNとなるよう打ち出し棒の空気砲の圧力を調節した。また、ポリエチレンの前面に一軸性のひずみゲージを貼付して、衝撃荷重が加えられたときのポリエチレンの横ひずみも測定した。

<結果>メタルバック型およびオールポリエチレン型の衝撃荷重透過率は4%以下であった。9、11、13mmのすべての脛骨コンポーネントでメタルバック型の衝撃荷重透過率がオールポリエチレン型のそれより13%以上高かった( $p < 0.012$ )。メタルバック型、オールポリエチレン型とも、コンポーネントの厚みが増すと衝撃荷重透過率は減少し、9mmと11mmでは有意な差を認めた( $p < 0.006$ )。メタルバック型およびオールポリエチレン型の最大横ひずみは $230\mu\epsilon$ 以上であった。メタルバック型の横ひずみはオールポリエチレン型のそれより6%以上小さかった( $p < 0.016$ )。メタルバック型、オールポ

リエチレン型とも、コンポーネントの厚みが増してもポリエチレンのひずみに有意な変化はみられなかった( $p > 0.05$ )。

＜考察＞今回の実験には、生体膝ではなくモデル骨を使用した。モデル骨には同一の形状、生体皮質骨に似た硬度を持つという利点がある。しかし、海綿骨部分については生体骨のそれとは大きく異なるという欠点を合わせ持っているということを考慮しなければならない。衝撃荷重透過率が4%以下と低かったのは、応力の大部分が試料を通過する過程で吸収されたためと考えられる。メタルバック型で、より大きな荷重伝達が観察されたが、これは動的荷重の一部が脛骨皮質骨に直接伝達されたためと考えられる。両コンポーネントにおいて、脛骨コンポーネントの厚みの増加により、衝撃荷重透過率は減少していた。このことより考えると、ポリエチレンの厚みの増加は脛骨インプラント下の海綿骨へのストレスを軽減し、インプラントの弛みを防止するかもしれない。メタルバック型において、より小さなひずみが観察されたが、これは従来言われているようにメタル・トレイがコールド・フローと呼ばれる永久的なポリエチレン変形を防ぐことを示唆する現象と思われる。脛骨コンポーネントの厚みの増加は、ポリエチレンのひずみを減少させなかった。これはポリエチレン素材の非直線的弾性特性のためと考えられた。今回の実験では仮説の通り、メタルバック型で衝撃荷重透過率が高く、オールポリエチレン型でポリエチレンのひずみが増大する現象がみられた。これらの現象からメタルバック型の方がオールポリエチレン型よりも優れており、臨床成績が良いであろうと推測される。しかし、近年の臨床研究ではメタルバック型とオールポリエチレン型の臨床成績に差は認められないとする報告が多くみられ、この実験結果から得られる理論的予測とは相違が認められる。このことより、今回観察された現象は臨床的には軽微なものであるか、または他のもっと大きな要因が現在の人工膝関節置換術の臨床成績に影響を及ぼしていると考えられる。

以上、衝撃荷重を加えた時の人工膝関節における荷重伝達および脛骨コンポーネントを構成するポリエチレンのひずみを測定し、メタルバック型とオールポリエチレン型の優劣を明らかにした点において、学位論文としての価値を認める。