

最終試験の結果の要旨

報告番号	総研第 443 号	学位申請者	松山 金寛
審査委員	主査	菊地 聖史	学位 博士 (医学・歯学・学術)
	副査	南 弘之	副査 西村 正宏
	副査	西谷 佳浩	副査 宮脇 正一

主査および副査の5名は、平成29年10月30日、学位申請者 松山 金寛 君に面接し、学位申請論文の内容について説明を求めると共に、関連事項について試問を行った。具体的には、以下のような質疑応答がなされ、いずれについても満足すべき回答を得ることができた。

質問1) THA では大腿骨とステム全体が固着しているという前提なのか？

(回答) 一般的には Osseointegration が起きて Spot welds がみられるような部位で固着するが、ステム全体で Osseointegration がおきればステム全体で固着される事になると思う。

質問2) 固着は海綿骨だけで起こるのか？

(回答) 基本的には海綿骨で固着するが、骨幹部の海綿骨のないような部位では髓腔をリーミングする際に皮質骨が削られることで骨リモデリングが起き、その部位でも固着する。

質問3) Zone VII では Stress shielding が起こるといことだが、有限要素解析においてはその部位では tension または compression のどちらの作用によって Stress shielding が起きているのか？

(回答) von Mises 応力は方向を持たない応力なので、それによってどちらが作用したものなのかは判断できない。

質問4) 今回の有限要素解析で、横断面での解析がわかると Stress shielding が起きた部位の状況がより良く分かるのではないと思うが、横断面の状態はどうだったのか？

(回答) 横断面での解析は今回確認行っていない。

質問5) Co-Cr 合金は整形外科のインプラントとしてはポピュラーなものなのか？

(回答) Co-Cr 合金は耐久性や耐腐食性に強いことから使用されていたが、剛性が高いために Stress shielding を起こしやすいという観点から、現在はチタン合金が主流になってきている。

質問6) 有限要素解析での条件設定はどのようにして決めたのか？

(回答) 条件 A は初期固定を想定してステムと大腿骨を固着させていない。条件 B は Spot welds の出現位置を X 線学的に評価して、固着部位をその位置と仮定した。条件 C や D については、従来行われている固着条件を基に設定した。

質問7) 歯科インプラントではプラズマスプレーコーティング等が使用されていたが、剥がれる可能性や口腔内細菌が入り込んだりした際に洗浄が困難になるなどの観点から、サンドブラストやエッチング処理などが主流になっている。整形外科のインプラントでは HA コーティングなどが主流なのか？

(回答) 整形外科は無菌条件での手術になるため、より強固に骨に固着させるため、HA コーティングが一般的になっている。

質問8) 今回はセメントレスステムだが、セメントステムもされていたのか？

(回答) システムの開発当初はセメントステムだった。より強固にステムをセメントに接着させるために、表面を粗くしたステムを入れるようになり、セメントとインプラントの固着は良くなったのだが、骨とセメントの間で緩みが生じるようになった。それによりセメントは良くないという評価になり、セメントレスステムが開発された。セメントステムも表面が polished のものは成績がよく、現在でも使用されているが、セメントテクニックなどの手技の観点などから、セメントレスステムが日本では主流になっている。

質問9) 人工関節の耐久性は何年くらいか？

(回答) 術後 10 年では 97~99% である。耐久性を左右する一因として、臼蓋側のポリエチレンの摩耗粉による骨融解などもある。

質問10) Gruen 分類や Engh 分類は整形外科では一般的なものか？

(回答) Gruen 分類は THA 後の評価を Zone ごとに評価するものとして一般的な分類で、Engh 分類は Stress shielding を評価するものとして一般的な分類である。

質問11) 実際に経過を見ていくうえで、重要となる期間はどのあたりと考えているのか？

(回答) まずは固着が確実に得られる術後 5 年くらいであると思っているが、最低でも術後 1 年毎に X 線学的評価が必要であると考えている。

最終試験の結果の要旨

質問 1 2) 急に術後経過が悪化する可能性はないのか？

(回答) 起こりえる。ポリエチレンの摩耗による骨融解などが影響してくると思う。それには患者の活動性なども影響してくると思う。

質問 1 3) 歯科の場合、口腔内に常在菌がいるので、細菌感染が問題になるが、THA の場合は基本的には感染に関してよりも力学的な要因が重要になるのか？

(回答) 整形外科は歯科よりも感染を来しにくい条件下での手術になるが、遅発性の感染などの可能性もあるので、感染に関して重要視していないというわけではない。

質問 1 4) 被検者の対象年代はどのようにして決めたのか？

(回答) 術後約 5 年の中期的な X 線学的評価と術後約 10 年の長期的 X 線学的評価を必要としたので、1996 年から 2006 年までのデータを基にしている。

質問 1 5) Spot welds が生じるメカニズムについて説明してください。

(回答) Osseointegration が獲得された部位でインプラントから骨への荷重伝達はその部位に集中することで骨形成が優位になり、皮質骨とインプラント間に骨が架橋され Spot welds として X 線学的に観察される。

質問 1 6) Stress shielding が生じるメカニズムについて説明してください。

(回答) Spot welds のように実際にステムと大腿骨が固着された部位で荷重がインプラントから大腿骨に伝達するため、それよりも近位の応力が減少することで骨吸収が優位になり、骨密度が低下する。この応力遮蔽を Stress shielding と言う。

質問 1 7) 現在使用されているインプラントにおいても今回の有限要素解析は有用か？

(回答) 中期的な X 線学的評価を基に適切な条件設定を行えば、今回のように長期的な X 線学的評価を予測することは可能であると思う。

質問 1 8) 本研究の限界を述べているが、解決する方法を教えてください。

(回答) Citation と Spongiosa を直接比較できていないが、porous 範囲や porous の形状による違いを検討するためには、同形状のステムでの比較が必要になると思う。

骨密度に関しては、術前から計測しているわけではないので、実際の骨量減少を観察できていない。術前から経時的に骨密度の評価を行うことが必要になると思う。

有限要素解析において、大腿骨のモデルを 1 患者のデータから作成していないので、全ての患者に当てはまるデータとは言えない。個々の結果を予測するためには、個々のデータから得られたモデルや条件設定で解析を行うことが必要だと思う。

質問 1 9) セメントとセメントレスではどちらが Stress shielding を起こしやすいということがあるのか？

(回答) 応力が分散されるため、セメントステムの方が起こしにくいと言われているが、セメントステムが Stress shielding を必ずしも起こさないというわけではない。

質問 2 0) ステム周囲の骨が吸収される要因としては力学的要因以外に何かあるのか？

(回答) 術前の骨密度や性別、特に女性は閉経後などに性ホルモンの関係で骨密度が低下するのでそのような要因が関係してくると思う。

質問 2 1) Stress shielding による骨吸収とそれ以外を区別することはできるのか？

(回答) ステロイドを内服している患者などは骨密度が低下するので、骨密度低下による可能性は考えられなくもないが、実際はその判断は難しいと思う。

質問 2 2) ステムのスムーズな面での固着はどのようになっているのか？

(回答) Bone ongrowth の状態だと思う。

質問 2 3) Porous 部と smooth 部は摩擦係数の違いで設定されているが、界面を剥がすような引張応力に対する挙動が違うように思うが、そこまで解析しているのか？

(回答) 今回の解析では見ていない。

質問 2 4) 中期的 X 線学的評価から長期的な Stress shielding を予測できるとなった時に、臨床的にはどのように応用できるのか？また、患者自身で気を付けなければならないことはないか？

(回答) Stress shielding そのもので症状が出るわけではないが、転倒によるステム周囲の骨折やステムの緩みや沈み込みが出ないかなどを注意深く観察することが必要になってくると思う。患者自身も定期的な検査や、転倒防止が必要になる。また、高齢になると、骨粗鬆症が問題になるので、骨密度の検査を受けることも必要になるし、骨粗鬆症があった場合にはビスフォスフォネート製剤やテリパラチドなどで治療が必要になると思う。

質問 2 5) 今回の結果から、ステムを自由に設計できるとしたらどのような設計にするか？

(回答) Porous 部の範囲だけが固着部位を決定するわけではないが、より近位で固着させるような porous 範囲で、ステムの剛性はできる限り低く丈夫なもの、ステムの形状は骨温存を目的とした小さめのステムが良いのではないかと考える。

以上の結果から、5名の審査委員は申請者が大学院博士課程修了者としての学力・識見を有しているものと認め、博士(医学)の学位を与えるに足る資格を有するものと認定した。