

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03487

研究課題名(和文) 3Dプリンタ利用のオーダーメイドの新バイオポーラス構造・人工股関節の研究

研究課題名(英文) Research on custom bio porous structure; artificial hip joint using 3D printer

研究代表者

國本 桂史 (KUNIMOTO, Katsushi)

名古屋市立大学・医薬学総合研究院(医学)・教授

研究者番号：90448720

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,000,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの全人工股関節置換術(以下THA)では、器具を固定するために生体骨を切削する高い侵襲性だけではなく本来の関節位置から大幅に違う問題がある。THAの流れと臨床で用いられる人工股関節、大腿骨頭部について調査し、現状理解と問題点の抽出を行い、さらにラビッド・プロトタイピング技術と素材開発の実態を本研究への技術的応用を検証し、MRIやCTを利用して股関節患者のデータ取得、3DCADを用いて欠損部位及び大腿骨頭部をモデリング、欠損例に対して汎用をもった関節部データ作成手法で行なうことで様々な疾患に対する応用力をもつバイオ・ポーラス構造作成を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

股関節患者のデータをMRIやCT等で取得、3DCADを用いて欠損部位及び大腿骨頭部をモデリングし欠損例に対して汎用をもった関節部データ作成手法で様々な疾患への応用力をもつバイオ・ポーラス構造作成を目指す。既存の人工股関節と比較検討することで臨床への応用性を高めた。チタン中空構造が持つ高い剛性により隣接する生体骨を侵襲しないために、人間の人体組成に近い中空構造を構築できるバイオポーラス構造の動的解析と構造設計を行い、物性と構造とを考慮した生体への侵襲緩和を進めた。人体の組成材料に近く生体親和性の高い安定した結晶構造のハイドロキシアパタイトを主材とすることでより最適な人工関節の研究を推進できる。

研究成果の概要(英文)：THA up until now has not only the high invasiveness of cutting living bones to fix the instrument, but also the problem of being significantly different from the original joint position. Investigate the flow of THA and the artificial hip joint and femoral head used in clinical practice, understand the current situation and extract problems, and furthermore, apply the rapid prototyping technology and material development to this research.

研究分野：生体医工学

キーワード：バイオ・ポーラス構造 中空構造人工骨 人工股関節 ハイドロキシアパタイト 粉体チタン積層構造 三次元フ&#12442;リント積層造形 新型チタン積層構造人工骨置換 3次元造形

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

病気で傷んだ股関節を人工物の関節に置き換える手術・全人工股関節置換術 (Total Hip Arthroplasty) は、変形性股関節症や関節リウマチ、大腿骨頭壊死、骨折などにより変形した股関節を、金属やポリエチレンなどで作られた人工股関節に入れ替え歩行能力を改善する手術として米国で始められた。

この手術は 1. 器具を固定するため大腿骨を切削する。2. 大腿骨の内側を金属製のステムを入れるため切削し、骨髄を剥離する。3. ステムを固定するため手術用セメントで固定するなど侵襲性が高く、骨を構造体としてだけ捉え骨本来の運動器としての臓器機能を大きく損なうなど問題視されている。

2. 研究の目的

高精度金属 3D プリンタを利用し、チタン中空バイオ・ポーラス構造を作り出す事により、高レベルの強度を持ち、人骨レベルに軽量化された、患者個人に適合した新型人工股関節を作成し、臨床応用するための研究である。股関節疾患患者の MRI および CT データ処理からチタンによる 3D 造形までの一連の解析、世界に先駆けた新ポーラス構造の人工股関節のデザイン設計、試作等について研究を行う。

全人工股関節置換術 (Total Hip Arthroplasty) の現状と、臨床で用いられる人工股関節、大腿骨頭部を理解し、新構造の創出と、本研究への技術的応用を検証する。股関節疾患患者 DICOM データとハイエンド 3DCAD で大腿骨頭部をポーラス・モデリングする。個人の疾患レベルや、骨組織等に応じた汎用性のある手法で、様々な疾患へ対応し臨床応用ができる新型人工股関節の作成を行い、今後の人工股関節を抜本的に改善する事を目的とする。

3. 研究の方法

手術を前提に撮影された大腿骨頭部、大腿骨転子部、大腿骨幹 3D-CT のうち、年齢別 (40~50, 50~60, 60~70, 70~80; 単位 歳) に患者を選択し、同意を得た後、個人情報の抹消後に生体画像をデータ化)。

上記で得られた患者の DICOM データを、データ変換システム MIMICS を用いて STL データへ変換を行う。さらにその STL データを、CAD システムを用いて解析可能な CATIA データに変換して解析と設計を行う。1. CATIA データで作成された構造体を、バイオ・ポーラス構造へデータ変換する。2. 作成されたバイオ・ポーラス構造体を硬質樹脂 3D プリンタにより 3 次元造形する。3. 樹脂 3 次元モデルを利用し関節部位の最適化検討を行う。4. 樹脂 3 次元モデルによる検討を考慮しリバースデザインを行い、設計手法を含めリ・デザインをする。5. リ・デザインを行ったバイオ・ポーラス構造データを利用しプリズマッド・ジャパンの金属粉体 3D プリンタで 3 次元金属モデルを作成する。

4. 研究成果

手術を行なう前に、撮影された大腿骨頭部、大腿骨転子部、大腿骨幹部の3D-CTデータの個人情報抹消後に、生体画像のデータ化を行い、得られたDICOMデータを、データ変換システムMIMICSを使用してSTLデータへ変換を行い、CADシステムによりCATIAデータに変換し、解析を行なった。その解析からバイオ・ポーラス構造を持った新しい人工股関節の設計を下記の手順で行なった。

- ・新型人工股関節のデザイン設計を行い、人工股関節の大腿骨頭部および大腿骨転子部をバイオ・ポーラス構造の人工股関節の新しいCATIAデータに変換を行なった。
- ・作成されたバイオ・ポーラス構造体の人工股関節のCATIAデータを使用し硬質樹脂3Dプリンタを利用して3次元造形を行なった。
- ・硬質樹脂3次元モデルを利用して股関節部位である大腿骨頭部、大腿骨転子部と腸骨の臼蓋部の最適化検討を行なった。
- ・硬質樹脂3次元モデルによる構造検討、動作検討によりリバースエンジニアリングを行いデザイン設計のり・デザインを行なう事が出来た。
- ・デザイン設計を行なったバイオ・ポーラス構造の新型股関節の大腿骨頭部と大腿骨転子部のデータを使用してプリズマッド・ジャパンの金属粉体3Dプリンターでチタン・パウダーにより3次元金属モデル:人工股関節のチタン製大腿骨頭部とチタン製大腿骨転子部を作成する事が出来た。

この組み合わせにより、人間の骨より軽量化、剛性を持つ、人体に最適化する新型人工股関節の構造体を作り上げる事に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小鹿 幸生 (OJIKA Kosei) (30112501)	名古屋市立大学・薬学総合研究院(医学)・名誉教授 (23903)	
研究分担者	加藤 大香士 (KATO Takashi) (90362285)	名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科・准教授 (23903)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関