

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

旭川医科大学研究フォーラム (2016.3) 16:47-48.

平成25・26年度「独創性のある生命科学研究」個別研究課題 26) 骨梁微細構造解析への計算ホモロジーの展開

寺本 敬

は骨孔に遊離腱を移植する方法が一般的である。再建靭帯不全の主な原因の一つに骨孔拡大があり、矢状面での開口部の拡大は前方不安定を引き起こし、また再々建の際の骨孔作製や骨孔内への固定が困難となる。骨孔内へ腱を移植するモデルの実験において、骨粗鬆症治療薬アレンドロネートが骨孔周囲の骨梁の連結性を増加させ、骨孔拡大を抑制すると期待される。Kamiyaらは、日本白色家兎を手術のみを行うコントロールC群とアレンドロネートを投与するA群に分け、術後の検体摘出により、骨孔周囲の骨梁を μ CT 40 (30 μ m, 400枚)によって評価した。骨梁構造は複雑なスポンジ状を成しており、その微細に張り巡らされた骨梁構造の連結性の減少は、骨量減少とは無関係に骨強度を弱めてしまうために、連結性は骨粗鬆症の有効な判定指標になりうる。本研究課題では、ウサギ腱移植モデルを対象として、それらの μ CTデータから骨梁構造の連結性（位相不変量、穴の数）を定量評価する。特に移植腱周囲に生じる骨吸収による骨孔拡大について、骨粗鬆症製剤投与による骨吸収抑制効果を検証した。

【方法】

骨梁構造の連結性（トポロジー）を計算ホモロジー理論に基づいて定量評価するソフトウェアプログラムを作成した。 μ CT 3次元像データを8ビットグレースケールビットマップデータに変換し、画像処理ライブラリを用いて、濃淡画像から適切な閾値を選定して二値化処理を行う。さらにモルフォロジー演算によってノイズ成分、及び画像縮小によって計算量を低減してから、空間構造の位相的不変量を計算トポロジーライブラリを用いて計算する。これは、骨梁の連結成分、トンネル（開気孔）成分、ポイド（閉気孔）成分の数（それぞれベッチ数 β_0 、 β_1 、 β_2 ）として表し、無限次元の立体構造データから3成分ベッチ数への連結性に関する精密な情報縮約を実現する。画像データを幾何学的実体として捉え、各空間次元ごとに代数化を行う。それから「穴」の情報を抽出したものがホモロジー群であり、代数化された対象間の準同型写像の核と像を用いて定義される。本手法は厳密な数学理論に立脚しており、骨梁構造 μ CT 3次元像データのみならず、適用可能というわけではなく、平面的な病理画像を含む、任意次元の画像データに適用可能である。

26) 骨梁微細構造解析への計算ホモロジーの展開

研究代表者 寺本 敬

【背景と目的】

スポーツ選手における膝関節の外傷の中で、膝前十字靭帯損傷は膝半月板損傷に続いて多く、その再建術

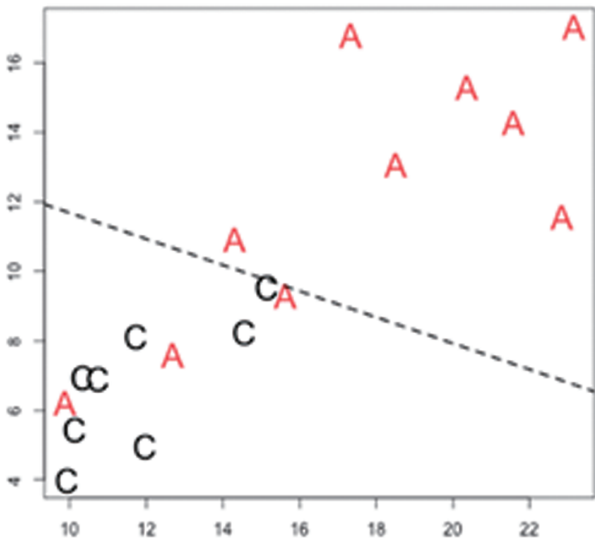


図1 ベッチ数による2次元プロット：縦軸と横軸は開気孔と閉気孔それぞれの骨梁数との比である (p= 0.008、判別分析)。

【結果と考察】

作成したソフトウェアプログラムをウサギ腓移植腓モデルのマイクロCTデータに適用した。図1は、トンネル数、ポイド数をドメイン数で規格化した値、 $\beta_{\uparrow} / \beta_0$ と $\beta_{\downarrow} / \beta_0$ 、を縦軸、横軸とした2次元平面に射影して表している。C群に比べて、A群はトンネル数、ポイド数が増加し、骨梁のスポンジ構造が回復して、ネットワークが複雑になったことを反映している。判別分析等の多変量解析によって、これら2つのデータ群について有意な差異が確かめられた。

近年はマルチコアを搭載した計算機が主流であるため、Multi-Processing ライブラリを用いた並列化による計算の効率化、またグラフィックライブラリを用いた3次元画像の描画機能を実装した。以上により、これまでの3次元画像診断において副次的な指標であった連結性を精密に評価し、ベッチ数指標による画像診断の有効性を示唆した。骨孔拡大の要因としては機械的要因と生物学的要因があり、特に後者では破骨細胞の活性化が関与するとされるが、詳細は解明されていない。病態診断には骨梁構造の形態計測だけでなく、病理組織学的な評価と合わせた総合的な診断が必要である。

【文 献】

- 1) Kamiya et al, Alendronate prevents bone tunnel enlargement, Ryukyu Med. J. 30 : 29-37, 2011