

骨粗鬆性脊椎骨折に対する骨切り矯正術におけるFEMを用いた力学的解析：骨脆弱性と矯正時のアライメントが再建脊椎に及ぼす応力増加について

著者	羽藤 泰三, 川原 範夫, 村上 英樹, 赤丸 智之, 栗森 世里奈, 茂住 宜弘, 富田 勝郎, 坂本 二郎, 尾田 十八
雑誌名	日本脊椎脊髄病学会雑誌
巻	15
号	1
ページ	133-133
発行年	2004-05-20
URL	http://hdl.handle.net/2297/3936

骨粗鬆性脊椎骨折に対する骨切り矯正術におけるFEMを用いた力学的解析 -骨脆弱性と矯正時のアライメントが再建椎椎に及ぼす応力増加について-

羽藤泰三, 川原範夫, 村上英樹, 赤丸智之, 粟森世里奈, 茂住宜弘, 富田勝郎, 坂本二郎*, 尾田十八*
金沢大学整形外科, *金沢大学工学部人間機械工学科

【目的】骨粗鬆性脊椎骨折に伴い脊柱の後弯変形が進行すると、激しい腰背部痛や遅発性麻痺を生じ、手術適応となる。このような著しい脊椎後弯例に対し当教室では、後方単一進入法による closing-opening technique を用いた脊椎アライメントの矯正と椎体間固定を用いた脊椎前方支柱の再建を行う骨切り矯正術を行っている。しかし、骨密度の低下した椎体に脊椎再建術を行う場合、経過中に前方要素の圧潰や椎弓根スクリューの脱転といった合併症が問題となる。後弯変形を矯正・再建する場合、脆弱性や脊椎の不良アライメントがもたらす再建椎体への力学的影響は未だ不明である。本研究の目的は、骨切り矯正術のFEM解析モデルを用いて骨脆弱性と矯正時のアライメントが再建椎椎に及ぼす応力増加について評価し、骨粗鬆症患者において後弯変形を矯正する際の至適角度を明らかにすることである。【方法】胸腰椎移行部を対象に、第9胸椎から第2腰椎までの屍体椎骨のCT値から、矯正部の後弯角が0度である骨切り矯正術のFEM基本モデルを作製した。次にモデルの解析条件を以下の如く設定した。1、再建椎椎の矯正部の局所後弯角度を0度、15度、30度とした。2、荷重条件に関し、安静立位時における下肢による代償姿勢の有無で2種類の荷重条件を与えた。3、骨脆弱性に関し、海綿骨条件にKellerらの方法から算出した海綿骨のヤング率を、骨皮質条件に皮質骨の厚さをとし、重症骨粗鬆症群、骨粗鬆群、正常群の3群の骨粗鬆度を設定した。4、脊椎皮質骨の降伏応力を80MPaとし、日常生活動作における負荷は安静立位の約4.9倍の負荷であることから、降伏応力を4.9で除した17MPaを危険域の境界と設定した。各々のモデルの重心点からの垂線方向に上半身の体重に相当する424.7Nの圧縮荷重を与え、再建椎体の前方要素と椎弓根部の最小主応力を求めた。【成績】非代償姿勢では、椎体前方要素と椎弓根部において、骨密度の低下と矯正部の後弯角の増加に応じて、相乗的に最小主応力の増加を認めた。その最大値は、重症骨粗鬆群で後弯

角30度のモデルにおいて、第10胸椎部の前方要素に45.2MPaであった。全ての条件において、最小主応力は椎体前方要素の方が椎弓根部より大きい値を示した。モーメントアームが減少する代償姿勢においては、全ての条件で最小主応力の低下を認めた。最小主応力の値は、重症骨粗鬆群、骨粗鬆群において、代償・非代償にかかわらず、矯正部の後弯角度が15度で危険域に達した。一方、後弯角度0度では全ての群において安全域の範囲内であった。【考察】局所後弯角度と骨密度はともに、再建椎体の応力増加に大きく影響し、特に椎体前方圧潰の重要なファクターである。椎弓根部より、前方要素で大きな応力増加を示したことより、骨粗鬆症では椎体前方圧潰が、スクリューの脱転に先行するのではないかと予想し得る。同じ安静立位であっても、代償姿勢は応力値が低く、力学的に安定した状態であることが判明した。下肢の代償機構が十分に機能しているかどうかの術前評価は、臨床的に重要である。各骨粗鬆症での応力の変動域より、BMDが0.61g/cm²の骨粗鬆症ではたとえ後弯角15度まで矯正を行っても前方圧潰の危険域に入ってしまう。骨粗鬆症に胸腰椎移行部で後弯変形の矯正を行う場合、後弯角度は力学的安定性の高い0度を目標にすべきと考えた。【結論】局所後弯角度と骨密度は、骨切り矯正術において、重要なファクターである。脊椎後弯変形を伴った骨粗鬆症患者に対し胸腰椎移行部で骨切り矯正術を施行する場合、目標とする矯正部角度は0度であり、生理的な脊椎アライメントに矯正することが最も重要である。

Finite-element analysis on reconstructive correction osteotomy for osteoporotic vertebral fractures with angular kyphosis

T. Hato, et al.

Key words : osteoporotic vertebral fractures, correction osteotomy, finite-element analysis