骨粗鬆症椎体における骨折発生機序の生体力学的検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/3935

骨粗鬆症椎体における骨折発生機序の生体力学的検討

栗森世里奈，川原範夫，村上英樹，羽藤泰三，茂住宜弘，富田勝郎，坂本二郎*，金澤秀泰*，尾田十八*
金沢大学整形外科，*金沢大学工学部

【目的】骨粗鬆症椎体における椎体の骨折と変形の発生機序を有限要素法を用いて力学的に明らかにすることである．【対象と方法】59歳，71歳，27歳，32歳の女性4人を対象とし，順に症例A，B，C，Dとして骨折解析を行なった．それぞれの症例に対して第1腰椎(L1)レベルを1mmスライスでCT撮影し，その画像データをもとにMechanical Finder® を用いて一辺が1.mmの四節点のソリッド要素と，一辺が1.5mm，厚さ0.3mmの三節点のシェル要素で有限要素モデルを作成した．各ソリッド要素に対応するCT値から，該当する要素の材料特性を個々に算出し，ヤング率の換算はCarterの式を用いた．そこで椎体下縁を完全拘束し，椎体上面から一様な垂直圧縮荷重を負荷し，連続的に荷重増分解析を行なった．また全症例に対し，dual X-ray absorptiometry (DXA)を用いてL1の骨塩量を測定した．症例A，BではL1椎体の変形はなく，骨密度，YAM値はそれぞれ1.043 g /cm²で98%，0.435 g /cm²で46%であった．症例Cは若年性特発性骨粗鬆症の症例で，L1椎体はすでに骨癒合後と考えられる楔状椎を呈しており，骨密度は0.393 g /cm²，YAM値が39%であった．症例Dはステロイド性骨粗鬆症の症例で，L1椎体はすでに骨癒合後と考えられる魚椎かつ楔状椎変形をきたしており，骨密度は0.722/cm²，YAM値は68%であった．【結果】症例A：まず椎体前壁に応力強度比の上昇があり，1200Nで前壁の要素の一部で応力強度比が1を超えた．1500Nで骨折解析が終了し，椎体前方から側方にかけての要素で応力強度比が1を超えた．完全破断は1500-1800Nで生じると解析された．症例B：まず椎体前壁に応力強度比の上昇があり，ついで椎体上面前方で応力強度比の上昇を認めた．400Nで椎体中央部の要素の応力強度比が1を超えた．800Nで骨折解析が終了し，椎体前方から側方にかけての要素で応力強度比が1を超えた．完全破断は800-1000Nで生じると解析された．症例C：椎体後壁から側方にかけて応力強度比の上昇を認めた．400Nで椎体後方の要素の応力強度比が1を超えた．800Nで骨折解析は終了し，完全破断は800-1000Nで生じると解析された．症例D：椎体後側方で応力強度比の上昇を認めた．1800Nで椎体後方の応力強度比が1を超えた．3000Nで骨折解析は終了し，完全破断は3000-3300Nで起こると解析された．【考察】症例A，Bのように魚椎，楔状椎のような椎体変形のない症例では，垂直圧縮荷重を加えることによりまず椎体前面での応力が上昇して同部が骨折し，次いで椎体上面前方の応力が上昇して，その部位が骨折する．その結果楔状椎変形が生じると推定される．椎体前方に応力が集中する理由は，椎体後方には椎弓根が両側に存在し，椎体後方を椎弓根が支えるような構造をとることで，椎体後方が力学的に強くなるためと考えた．椎骨には圧縮荷重によりまず楔状圧迫骨折が生じやすいという実験結果は，臨床的に骨粗鬆性椎体骨折の大部分が楔状となることと合致している．また，症例CやDのような骨癒合後の楔状椎や魚椎を呈している椎体では，椎体後側方で応力強度比が上昇し，同部位に骨折が発生する．これは，椎体前方の圧潰により前方成分の骨密度値が大きくなっているため，力学的にも特に前方が強くなり，椎体後方での骨折が生じると推察される．しかし症例Dにおいては骨粗鬆症が存在しているにもかかわらず，完全破断が生じるために3000-3300Nもの荷重を要した．これは骨折により椎体が圧縮することで，椎体全体の骨密度値が大きくなり，椎体の力学的強度が上昇したためと考えた．一椎体が骨折し，その椎体が力学的に強くなると，力学的により弱い，隣接椎体を含む他の椎体に骨折が起こりやすくなると推察できる．また症例Cは完全破断が生じるために800-1000Nの荷重しか要しなかった．この症例のように骨密度の極端に低い症例では，その椎体でさらに椎体変形が進行すると推察できる．【結論】変形のない腰椎椎体に新鮮骨折が生じる際には，楔状圧迫骨折の形態をとりやすい．一椎体が骨折すると，その骨折椎体は力学的に強くなるので，隣接椎体を含む他椎体の骨折の発現に注意しなければならない．

Biomechanical properties of osteoporotic vertebral fracture
S. Awamori, et al.

Key words : osteoporosis, vertebral fracture, finite element analysis