

った。術前の腰背部痛 VAS (100mm 法) は平均 81mm であったが、最終調査時 11mm に著明に改善した。椎体楔状率は術前 24% が最終調査時 74% に矯正されていた。強調すべきは、重篤合併症の引き金となることが知られている椎体補強マテリアルの椎体外漏出が、全例に術後 CT 評価をおこなっても 1 例も無かったことであり、そのほか感染や神経合併症、肺塞栓などの重篤合併症も皆無であった。1 例に CPC の fragmentation が生じて椎体が再圧潰したが、外固定で対処し得た。

D. 考察

手術の施行には、この度あらたに開発した専用の手術システムを用いて、幾つかの手技上の注意点にさえ留意して行えば、90 歳代 4 例を含む平均 80 歳を超す高齢者に対しても重篤合併症を生じることなく、比較的 safely に施行可能であった。欧米での PMMA 椎体形成術で高率に発生すると報告されているセメントの椎体外漏出が本法では 1 例も生じず、除痛効果や椎体変形矯正効果も従来法と同等以上であった。

E. 結論

CPC を用いた Biportal 椎体形成術は、その除痛および椎体変形に対する矯正効果も良好であり、高齢者における骨粗鬆症性椎体骨折後の骨癒合不全症例に対する最小侵襲治療法として、きわめて安全で有用な術式である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

武政龍一：高齢者椎体圧迫骨折の手術療法。Monthly Book Orthopaedics 19 : 160-169, 2006

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁ほか：骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウムセメントを用いた椎体形成術。整・災外 49 : 795-805, 2006

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁ほか：開創式の安

全性および有効性を踏襲した小切開リン酸カルシウムセメント椎体形成術の開発。西日本脊椎研究会誌 32 : 182-186, 2006

武政龍一、谷俊一、喜安克仁、ほか：骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウムセメント椎体形成術—背筋温存小切開術式への移行—。中部整災誌 49:971-972, 2006

喜安克仁、武政龍一、谷俊一、ほか：リン酸カルシウム骨セメントを用いた椎体形成術—治療成績と合併症—。中部整災誌 49:961-962, 2006

著書(分担執筆)

武政龍一：骨粗鬆症性椎体骨折。整形外科診療実践ガイド : 756-761, 2006

武政龍一：骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折に対するバイオアクティブ骨ペースト注入術 注入のコツ。整形外科 Knack & Pitfalls 脊椎外科の要点と盲点 : 胸腰椎 : 260-262, 2006

ビデオ

武政龍一：骨粗鬆症性椎体骨折に対する椎体形成術—リン酸カルシウムセメント(CPC)を用いた修復術—。日本整形外科学会企画・監修 整形外科卒後教育研修用ビデオ, 2006

2. 学会発表

Takemasa R, Kiyasu K, Tani T, et al : Diagnosis of vertebral non-union after osteoporotic compression fractures by functional radiography-clinical significance of lateral view in asupine position- The 33rd annual meeting of International Society for the Study of Lumbar Spine. In Bergen, Norway, 2006. 6

Takemasa T, Tani T, Kiyasu K. et al : Surgical complications and safety in midline mini-open vertebroplasty using calcium phosphate cement for osteoporotic vertebral fractures The 33rd

annual meeting of International Society for the Study of Lumbar Spine. In Bergen, Norway, 2006. 6

Takemasa R, Kiyasu K, Tani T, et al : Surgical complications and safety in mini-open transpedicular vertebroplasty using calcium phosphate cement for osteoporotic vertebral fractures. 21st North American Spine Society In Seattle, 2006.9

Takemasa R, Tani T, Kiyasu K et al: Diagnosis of vertebral non-union after osteoporotic compression fractures by functional radiography -Clinical significance of lateral view in a supine position. 21st North American Spine Society In Seattle, 2006.9

武政龍一：骨粗鬆症性椎体骨折に対する最小侵襲手術ーリン酸カルシウムセメントを用いた椎体形成術の実際とピットホールー第21回日本脊椎外科学会（特別講演）金沢市、2006.5

武政龍一：リン酸カルシウムペーストを用いた椎体形成術の手術手技. 第13回日本脊椎・脊髄神経手術手技学会（ハンズオンセッション）東京、2006.9

武政龍一：リン酸カルシウムペーストを用いた椎体形成術ー低侵襲性と安全性確保のための工夫ー. 第13回日本脊椎・脊髄神経手術手技学会（Spine leader's lecture.）東京、2006.9

武政龍一、喜安克仁、川崎元敬、他1名：骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全の簡易な画像診断法ー仰臥位側面像撮影の有用性ー. 第106回中部日本整形外科災害外科学会・学術集会. 大阪市、2006.4

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁、他1名：骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウムセメント椎体形成術ー背筋温存小切開術式への移行ー. 第

106回中部日本整形外科災害外科学会・学術集会. 大阪市、2006.4

喜安克仁、武政龍一、谷 俊一、他1名：リン酸カルシウム骨セメントを用いた椎体形成術ー治療成績と合併症ー. 第106回中部日本整形外科災害外科学会・学術集会. 大阪市、2006.4

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁、他2名：骨粗鬆症性椎体骨折に対するリン酸カルシウムセメントを用いた椎体形成術ー開創式から小切開背筋温存式への術式転換ー. 第35回日本脊椎脊髄病学会. 東京、2006.4

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁、他1名：骨粗鬆症性椎体骨折に対する開創式リン酸カルシウム骨セメント椎体形成術における安全性の検証. 第35回日本脊椎脊髄病学会. 東京、2006.4

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁、他1名：脊髄・馬尾への圧迫を有する胸腰椎移行部骨粗鬆症性椎体圧潰に対する椎体形成術を併用した後方進入再建術. 第35回日本脊椎脊髄病学会. 東京、2006.4

武政龍一、喜安克仁、谷 俊一：血液存在下における注入充填方法の違いがリン酸カルシウム骨セメント硬化体の圧縮強度に与える影響ー椎体形成術モデルを用いた検討ー. 第35回日本脊椎脊髄病学会. 東京、2006.4

喜安克仁、武政龍一、谷 俊一、他2名：単純X線機能撮影による骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全の診断ー仰臥位側面像撮影の有用性についてー. 第35回日本脊椎脊髄病学会. 東京、2006.4

喜安克仁、武政龍一、谷 俊一：椎体形成術モデルにおけるリン酸カルシウム骨セメントの圧縮強度ー血液と粉液比の影響についてー. 第35回日本脊椎脊髄病学会. 東京、2006.4

武政龍一、谷 俊一、喜安克仁、他2名：骨粗鬆

症性椎体骨折に対するリン酸カルシウム骨セメント椎体内注入術の合併症. 第 79 回日本整形外科学会学術総会. 横浜市, 2006. 5

喜安克仁、武政龍一、谷 俊一、他 2 名: 単純 X 線機能撮影による骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全の診断—仰臥位側面像撮影の有用性について—. 第 79 回日本整形外科学会学術総会. 横浜市, 2006. 5

喜安克仁 武政龍一、谷 俊一: リン酸カルシウム骨セメント充填方法の違いが硬化体圧縮強度に与える影響—椎体形成術モデルを用いた検討—. 第 107 回中部日本整形外科災害外科学会・学術集会 神戸市, 2006. 10

喜安克仁、武政龍一、井上真輔、他 1 名: 椎体後壁損傷を伴う骨粗鬆症性椎体骨折癒合不全に対する椎体形成術. 第 107 回中部日本整形外科災害外科学会・学術集会 神戸市, 2006. 10

井上真輔、武政龍一、谷 俊一、他 3 名: 神経麻痺を呈した骨粗鬆症性椎体圧潰に対するリン酸カルシウム骨セメント椎体形成術. 第 107 回中部日本整形外科災害外科学会・学術集会 神戸市, 2006. 10

H. 知的財産権の出願・登録情報

意匠登録出願: 国立大学法人高知大学とメドトロニックソファモアダネック株式会社の共同出願という形で、分担研究者武政龍一が発明した椎体形成術用手術器材のうち、キュレットとラスプについて国内出願「意願 2006-017800 (キュレット)」及び国内出願「意願 2006-017801 (ラスプ)」を行った。

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

高齢者の腰痛症に係る効果的な診断・治療・リハビリテーション等の確立

分担研究報告書

腰椎牽引時に作用する荷重分布および腰椎挙動に関する研究

分担研究者：藤野圭司 藤野整形外科医院 院長

佐藤正明 東北大学大学院工学研究科 教授

坂本尚哉 東北大学大学院工学研究科 助手

研究要旨：高齢化した現代社会において腰痛は多くの人が抱えている問題の一つである。従来、腰痛に対して医学的処置に加え理学療法として腰椎牽引が行われてきた。しかし、腰椎牽引時の姿勢および負荷荷重の決定方法に対して統一された基準が存在せず、その効果も明確に示されていない。そこで本研究では、腰椎牽引の明確な基準の確立を目的として、牽引時において腰椎に負荷される力および腰椎挙動の解析を行った。10kg および 30kg の荷重により牽引した腰部のレントゲン像から各椎体および仙骨形状を抽出した。得られた画像から牽引による椎体間距離の変化および各椎体に作用する力の解析を行った。その結果、牽引荷重はそれぞれの椎体の横断面に対して垂直方向と平行方向両方の力を発生させており、垂直方向成分は椎間の距離変化を、平行方向成分は椎骨の屈曲に関与している可能性が示唆された。また牽引により腰部が後屈させられている様子も観察された。しかしながら、この後屈は平行方向成分による曲げモーメントでは説明が困難であり、今後はこの点の解明も含め牽引時の姿勢の影響や牽引時間の影響を調べ腰椎牽引療法の腰痛緩和に対する効果を明らかにしていく。

A. 研究目的

椎間板ヘルニア等の腰痛症に対して、従来腰の牽引と休止を繰り返すことにより腰部の痛みを緩和する腰椎牽引療法が行われている。これまでこのような腰椎牽引の際、牽引荷重は患者の体重を基準として決定されてきたが、その決定方法は施術者により異なることがあった。また牽引時の姿勢によっても効果は異なることが指摘されている。しかしながら、牽引により腰椎に対してどのような力が作用するのかを詳細に調べた報告は見られない。そこで本研究では、腰椎牽引の明確な基準の確立を目的として、牽引力を負荷した際の腰椎に加わる力および腰椎形状の変化の解析を行った。

B. 研究方法

健常者のボランティアを被験者として解析を行った。まず、股関節と膝関節を屈曲させた前屈位姿勢で自動間欠牽引装置（スーパートラック ST-1L, ミナト医科学）に被験者を固定した。続いて無負荷状態および 10kg, 30kg 牽引荷重負荷時の腰椎のレントゲン像を撮影した。このとき牽引方向は榻背に対して 15° の方向であった。得られた写真をコンピュータへ取り込み、画像解析ソフト NIH Image (National Institute of Health) を用いて第 1 腰椎体から仙骨までのそれぞれの輪郭形状を抽出した。それぞれの腰椎形状を相当楕円に近似し、重心の位置および傾斜角を測定した。ここで相当楕円とは、面積と慣性モーメントが等しい楕円であ

る。また傾斜角とは、装置の榻背角度を 0° （基準線）としたとき、相当楕円の長軸が基準線となす角度である。その後、基準線に対し 15° の傾きを有する牽引荷重が第4（L4）、第5腰椎（L5）および仙骨に作用すると仮定し、それぞれの腰椎に作用する力を計算した（図1）。

起こされていると考えられる。また傾斜角方向分力により腰椎には曲げモーメントも作用していると考えられた。しかし、観察された腰椎形状の変化は腰椎を後屈させる方向であり、傾斜角方向分力による曲げモーメントとは方向が異なり、今後腰椎の力学環境を更に検討していく必要がある。

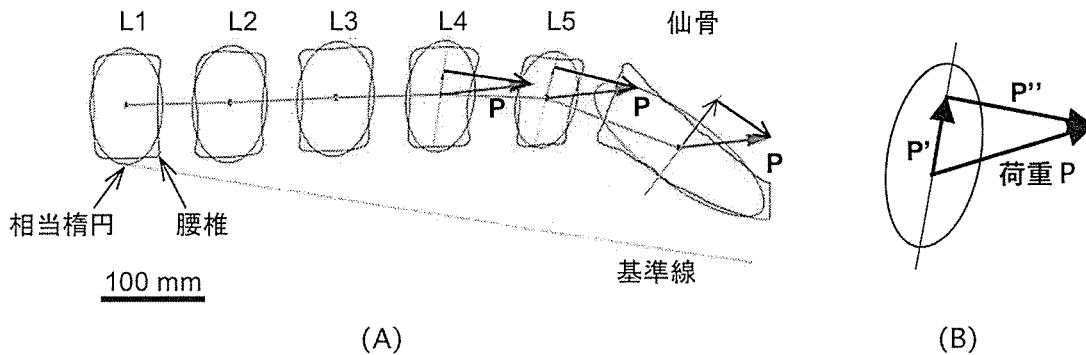


図1 解析方法。(A): 腰椎形状に対する楕円近似と荷重負荷方法、(B): 傾斜角方向分力 P' と傾斜角垂直方向分力 P''

C. 研究結果

10kg および 30kg の荷重を負荷した際、第4、第5腰椎および仙骨に対して作用する力を表1に示す。それぞれの荷重状態において、各腰椎には傾斜角方向と傾斜角垂直方向の両方に力が作用しており、その力を見積もることができた。荷重 10kg と 30kg の間で腰椎および仙骨において傾斜角方向分力と傾斜角垂直方向分力の割合に変化は見られなかった。各椎体の重心間距離を図2に示す。10kg および 30kg の荷重を負荷したとき、第5腰椎と仙骨間で大きな拡張が見られた。また 30kg の荷重負荷時にはその他の腰椎間距離の拡張も観察された。無荷状態と 30kg 荷重負荷時の腰椎形状の比較を図3に示す。荷重負荷により、腰椎を後屈させるような形状変化が見られた。この形状変化は 10kg 負荷時も同様であった。第4、第5腰椎と仙骨の重心がなす角度は、無荷時で 161° 、10kg 荷重負荷時 157° 、30kg 荷重負荷時 158° であった。

D. 考察

牽引時に観察された椎体の重心間距離の拡張は、腰椎に作用した傾斜角垂直方向分力によって引き

本研究で得られた腰椎の挙動には、腰痛発生原因の一つと考えられている前屈姿勢による椎間板圧縮に対して拮抗する働きが考えられることから、腰椎牽引は腰痛緩和にして有効に働いていることが示唆される。

表1 荷重に対する傾斜角方向分力 P' と傾斜角垂直方向分力 P''

	荷重 P [kg]	傾斜角方向分力 P' [kg]	傾斜角垂直方向分力 P'' [kg]
L4	10	2.5	9.7
	30	7.1	29.2
L5	10	3.0	9.6
	30	10.4	28.1
仙骨	10	7.4	6.8
	30	22.2	20.1

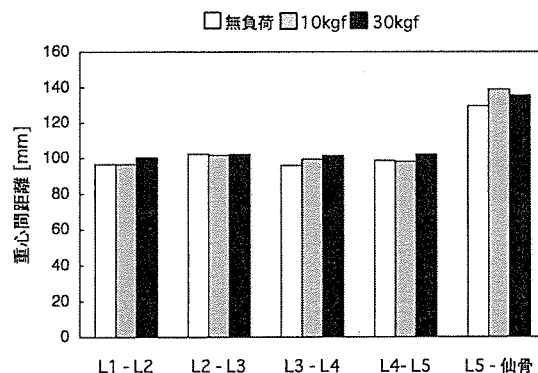


図2 各椎体の重心間距離

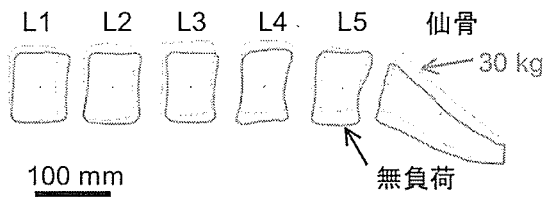


図3 無負荷時および30kg牽引力負荷時の
腰椎形状

E. 結論

本研究では、牽引の際腰椎に作用する荷重及び腰椎挙動を調べた結果、腰椎牽引は腰痛の発生に対して効果があることが示唆された。今後は牽引時の姿勢の影響や牽引時間の影響を調べることで、腰椎牽引療法の腰痛緩和に対する効果をさらに明

らかにしていく。

F. 健康危険情報
特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

1. 第19回運動器リハビリテーション学会にて発表予定

H. 知的財産権の出願・登録状況

予定していない。

研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表レイアウト

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
武政龍一	骨粗鬆症性椎体骨折		整形外科診療 実践ガイド			2006	756-761
武政龍一	骨粗鬆症性脊椎圧迫骨折に対するバイオアクティブ骨ペースト注入術 注入のコツ		整形外科 Knack&Pitfalls 脊椎外科の要点と盲点：胸腰椎			2006	260-262

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Chiba K, Ogawa Y, Ishii K, Takaishi H, Nakamura M, Maruiwa H, Matsumoto M, Toyama Y.	Long-term results of expansive open-door laminoplasty for cervical myelopathy--average 14-year follow-up study.	Spine.	31(26)	2998-3005	2006
Kaneko S, Iwanami A, Nakamura M, Kishino A, Kikuchi K, Shibata S, Okano HJ, Ikegami T, Moriya A, Konishi O, Nakayama C, Kumagai K, Kimura T, Sato Y, Goshima Y, Taniguchi M, Ito M, He Z, Toyama Y, Okano H.	A selective Sema3A inhibitor enhances regenerative responses and functional recovery of the injured spinal cord.	Nat Med.	12(12)	1380-9.	2006
Ishii K, Chiba K, Maruiwa H, Nakamura M, Matsumoto M, Toyama Y.	Pathognomonic radiological signs for predicting prognosis in patients with chronic atlantoaxial rotatory fixation.	J Neurosurg Spine	5(5)	385-91.	2006
Horiuchi K, Le Gall S, Schulte M, Yamaguchi T, Reiss K, Murphy G, Toyama Y.	Substrate selectivity of epidermal growth factor-receptor ligand sheddases and their regulation by phorbol	Mol Biol Cell	18(1)	176-88.	2007

ma Y, Hartmann D, Saftig P, Blobel C P.	esters and calcium influx				
Katoh H, Ogawa K, Ikegami H, Inokuchi W, Toyama Y.	Osteochondromatosis of the shoulder in a twelve-year-old boy.	J Shoulder Elbow Surg	16(1)	e15-9	2006
Suzuki T, Toyoda T, Suzuki H, Hisamori N, Matsumoto H, Toyama Y.	Hydrostatic pressure modulates mRNA expressions for matrix proteins in human meniscal cells.	Biorheology	43(5)	611-22	2006
Ishii K, Nakamura M, Dai H, Finn TP, Okano H, Toyama Y, Bregman BS.	Neutralization of ciliary neurotrophic factor reduces astrocyte production from transplanted neural stem cells and promotes regeneration of corticospinal tract fibers in spinal cord injury.	J Neurosci Res.	84(8)	1669-81	2006
Fujita Y, Shiomi T, Yanagimoto S, Matsumoto H, Toyama Y, Okada Y.	Tetraspanin CD151 is expressed in osteoarthritic cartilage and is involved in pericellular activation of pro-matrix metalloproteinase 7 in osteoarthritic chondrocytes.	Arthritis Rheum	54(10)	3233-43	2006
Iwata S, Suda Y, Nagura T, Matsumoto H, Otani T, Andriacchi TP, Toyama Y.	Large chondrosarcoma of the rib invading the mediastinum and the spine.	J Thorac Cardiovasc Surg.	132(4)	986-7	2006
Iwata S, Suda Y, Nagura T, Matsumoto H, Otani T, Andriacchi TP, Toyama Y.	Clinical disability in posterior cruciate ligament deficient patients does not relate to knee laxity, but relates to dynamic knee function during stair descending.	Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.	15(4):	335-42	2006
Yagi M, Miyamoto T, Toyama Y, Suda T.	Role of DC-STAMP in cellular fusion of osteoclasts and macrophage giant cells.	J Bone Miner Metab.	24(5)	355-8	2006
Qi X, Matsumoto M, Ishii K, Nakamura M, Chiba K, Toyama Y.	Posterior osteotomy and instrumentation for thoracolumbar kyphosis in patients with achondroplasia.	Spine	31(17)	E606-10	2006
Takao E, Morioka H, Yabe H, Anazawa U, Morii T, Horinouchi H, Shiraishi J, Mukai M, Sato E, Hamada Y, Toyama Y.	Chondromyxoid fibroma of the sternum.	J Thorac Cardiovasc Surg	132(2)	430-1	2006

Okushima Y, Yamazaki N, Matsumoto M, Chiba K, Nagura T, Toyama Y.	Lateral translation of the lumbar spine: in vitro biomechanical study	J Appl Biomech	22(2)	83-92	2006
Nakamura M, Chiba K, Matsumoto M, Ikeda E, Toyama Y	Pleomorphic xanthoastrocytoma of the spinal cord. Case report.	J Neurosurg Spine	5(1)	72-5	2006
Anazawa U, Hanaoka H, Shiraishi T, Morioka H, Morii T, Toyama Y.	Similarities between giant cell tumor of bone, giant cell tumor of tendon sheath, and pigmented villonodular synovitis concerning ultrastructural cytochemical features of multinucleated giant cells and mononuclear stromal cells.	Ultrastruct Pathol.	30(3)	151-8	2006
Nagoshi N, Anazawa U, Morioka H, Mukai M, Yabe H, Toyama Y.	Epithelioid sarcoma arising on the forearm of a 6-year-old boy: case report and review of the literature.	Pediatr Surg Int	22(9)	771-3	2006
Okada S, Nakamura M, Katoh H, Miyamoto T, Shimazaki T, Ishii K, Yamane J, Yoshimura A, Iwamoto Y, Toyama Y, Okano H.	Conditional ablation of Stat3 or Socs3 discloses a dual role for reactive astrocytes after spinal cord injury	Nat Med	12(7)	829-34	2006
Matsumoto M, Nojiri K, Chiba K, Toyama Y, Fukui Y, Kamata M.	Open-door laminoplasty for cervical myelopathy resulting from adjacent-segment disease in patients with previous anterior cervical decompression and fusion.	Spine	31(12)	1332-7.	2006
Okamoto S, Nakamura T, Yamabe E, Takayama S, Toyama Y.	Pronation contracture of the forearm due to iatrogenic scar formation of the distal membranous part of the forearm interosseous membrane.	J Hand Surg [Br]	31(4)	397-400	2006
Morisue H, Matsumoto M, Chiba K, Matsumoto H, Toyama Y, Aizawa M, Kanazawa N, Fujimi TJ, Uchida H, Okada I.	A novel hydroxyapatite fiber mesh as a carrier for recombinant human bone morphogenetic protein-2 enhances bone union in rat posterolateral fusion model.	Spine	31(11)	1194-200.	2006
Fukuda K, Okada Y, Yoshida H, Aoyama R, Nakamura M, Chiba K, Toyama Y.	Ischemia-induced disturbance of neuronal network function in the rat spinal cord analyzed by voltage-imaging	Neuroscience	140(4)	1453-65.	2006

ma Y.	aging.				
Nakamura M, Chiba K, Ishii K, Ogawa Y, Takaishi H, Matsumoto M, Toyama Y.	Surgical outcomes of spinal cord astrocytomas.	Spinal Cord	44(12)	740-5	2006
Fujimaki R, Toyama Y, Hozumi N, Tezuka K.	Involvement of Notch signaling in initiation of prechondrogenic condensation and nodule formation in limb bud micromass cultures.	J Bone Miner Metab	24(3)	191-8.	2006
Matsumoto M, Chiba K, Ishii K, Watanabe K, Nakamura M, Toyama Y.	Microendoscopic partial resection of the sacral alar to relieve extraforaminal entrapment of the L-5 spinal nerve at the lumbosacral tunnel. Technical note.	J Neurosurg Spine	4(4)	342-6	2006
Nishiwaki T, Yamaguchi T, Zhao C, Amano H, Hankenson KD, Bornstein P, Toyama Y, Matsuo K.	Reduced expression of thombospondins and craniofacial dysmorphism in mice overexpressing Fra1.	J Bone Miner Res	21(4):	596-604.	2006
Miyake A, Morioka H, Yabe H, Anazawa U, Morii T, Mura K, Mukai M, Takayama S, Toyama Y.	A case of metacarpal chondrosarcoma of the thumb.	Arch Orthop Trauma Surg	126(6)	406-10	2006
Yoshikawa T, Tohyama H, Enomoto H, Matsumoto H, Toyama Y, Yasuda K.	Expression of vascular endothelial growth factor and angiogenesis in patellar tendon grafts in the early phase after anterior cruciate ligament reconstruction.	Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc	14(9)	804-10	2006
Takeuchi K, Morii T, Yabe H, Morioka H, Mukai M, Toyama Y.	Dedifferentiated parosteal osteosarcoma with well-differentiated metastases.	Skeletal Radiol.	35(10)	778-82	2006
Iwamoto T, Ikari K, Nakamura T, Kuwahara M, Toyama Y, Tomatsu T, Momohara S, Kamatani N.	Association between PADI4 and rheumatoid arthritis: a meta-analysis.	Rheumatology	45(7):	804-7.	2006
Niki Y, Matsumoto H, Otani T, Yatabe T, Funayama A, Maeno S, Tomatsu	Phenotypic characteristics of joint fluid cells from patients with continuous joint effusion after total knee	Biomaterials	27(8):	1558-65.	2006

