



Nilai Referensi Bentuk Vertebra pada Wanita Muda Indonesia (Ras Mongoloid) dengan Menggunakan Radiologi X-Ray Morfometri (Mrs): Implikasi terhadap Deformitas Vertebra

Evan

Staf Pengajar Bagian Ortopedi dan Traumatologi Fakultas Kedokteran
Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta
Alamat Korespondensi : evanchievel@gmail.com

Abstrak

Telah didapatkan nilai referensi normal untuk menyatakan deformitas tulang belakang pada wanita di Amerika, Eropa, Jepang dan China, sedangkan di Indonesia belum ada nilai referensi normal tersebut. Penelitian ini bertujuan mencari nilai referensi normal tinggi vertebra pada wanita muda Indonesia. Jenis penelitian yang digunakan, yaitu kajian analisis eksplorasi. Sampel penelitian sebanyak 74 orang wanita Indonesia (usia 20–25 tahun). Kepada setiap sampel diambil foto rontgen torakolumbal dan lumbosakral posisi lateral. Di bagian anterior, tengah, dan posterior diukur vertebra dari torakal 4 sampai dengan lumbal 5 dan dihitung rasio tinggi vertebra tersebut. Untuk mendapatkan nilai titik potong normal, digunakan distribusi Gaussian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korpus vertebra pada wanita muda Indonesia berbentuk bikonkaf, mulai dari torakal 4 sampai dengan lumbal 2. Terjadi perubahan bentuk mulai dari lumbal 3–5, yakni berbentuk *contrawedge*. Melalui data pengukuran, puncak tertinggi dari korpus vertebra yang didapat, yaitu pada lumbal 2. Nilai potong normal bentuk vertebra pada wanita muda Indonesia, yaitu -3 SD.

Kata Kunci : Nilai referensi, Bentuk Vertebra, Radiologi Morfometri X-Ray, Deformitas Vertebra.

The Reference Value of The Vertebral Shape in Young Indonesian Women (Ras Mongoloid) Using X-Ray Morphometric Radiology (Mrs) Implication for Vertebral Deformity

Abstract

These reference values of bone deformity are documented in American, European and Chinese but lack in Indonesia. The research aims to find the reference values of normal height of vertebral shape in young Indonesian women. This research was an analytic explorative study presenting 74 premenopausal Indonesian women aged 20-25 years who took lateral radiography view of thoracolumbal and lumbosacral. The anterior, middle and posterior heights and the ratios of these heights were measured from 14 vertebral bodies (T4-L5). Gaussian distribution was used to get the cut off points for Indonesian women. The results of this study showed that vertebra body shape of Indonesian women from Thoracal 4 - Lumbal 2 is biconcave shape and from Lumbal 3 - 5 is contrawedge shape. The peak of body height vertebra is Lumbal 2. Reference values of cut off points for vertebral shape in young Indonesian women is - 3 SD.

Keyword: Reference values, Vertebral shape, Morphometric x-ray radiography, Vertebra deformity.

Pendahuluan

Fraktur vertebra sangat sering terjadi, dan insidensinya dihubungkan sejalan dengan meningkatnya usia baik pada wanita maupun laki-laki. Berdasarkan studi di Amerika Selatan,^{1,4} Eropa,⁵⁻⁷ Australia,⁸ dan Asia⁹⁻¹³ prevalensi terjadinya fraktur vertebra berkisar antara 10%-26% pada wanita dan laki-laki umur 50 tahun atau lebih, berdasarkan populasi yang spesifik dan definisi fraktur vertebra yang digunakan. Pada kejadian fraktur vertebra tingkat sedang dan berat, prevalensi terjadinya suatu fraktur dari populasi yaitu antara 5%-15%. Di Swedia, rata-rata biaya per tahun untuk menangani fraktur vertebra diperkirakan 12.544 Euro, dibandingkan untuk fraktur panggul hanya sebesar 14.221 Euro.⁹

Deformitas pada vertebra merupakan ciri khas dari osteoporosis. Ada tiga tipe dari deformitas vertebra yaitu : tipe yang hancur, tipe baji dan tipe bikonkaf.¹ Diagnosis fraktur pada vertebra berdasarkan dari derajat deformitas pada vertebra yang dapat dilihat dari foto rontgen lateral,¹⁰ Fraktur vertebra selalu menyebabkan perubahan bentuk dari vertebra tapi tidak semua deformitas vertebra itu adalah fraktur.¹

Dahulu kala digunakan metode kualitatif untuk menentukan deformitas dari vertebra dimana hal ini sangat buruk untuk mendapatkan diagnosis deformitas vertebra. Saat ini digunakan metode morfometri vertebra secara kuantitatif untuk menegakan diagnosis fraktur vertebra. Melton dkk, mendefinisikan deformitas vertebra dengan mengukur pengurangan (persentase atau standard deviasi) dalam rasio antara anterior, medial dan posterior dari badan vertebra dibandingkan dengan nilai normal.¹¹ Eastel dkk, mendefinisikan fraktur vertebra adalah penurunan satu dari tiga tinggi vertebra melebihi 15 persen atau 3 standar deviasi dari rata-rata nilai referensi setiap populasinya. Nilai referensi dari dimensi vertebra bervariasi antar manusia yang berbeda ras dan jenis kelamin. Berdasarkan hal ini nilai referensi spesifik sangat dibutuhkan sesuai dengan ras dan jenis kelamin. Dalam perhitungan kuantitatif, perbandingan dengan menggunakan nilai referensi normal sangatlah penting dalam menegakan diagnosis fraktur vertebra.⁶

Telah didapatkan nilai referensi normal di Amerika, Eropa, Jepang dan Cina sedangkan di Indonesia kita belum mendapatkan nilai referensi normal tersebut.¹²⁻¹⁴

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi analisis eksploratif. Tempat dan Waktu Penelitian dilakukan pada Bagian Ortopedi dan Traumatologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin – RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar, Sulawesi Selatan mulai bulan November 2014 – Januari 2015. Populasi dalam penelitian ini adalah semua pasien perempuan Indonesia, berusia 20–25 tahun dan tinggi badan 155-165 cm, yang dilakukan foto rontgen x-ray tulang belakang (torakal dan lumbal) di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar kurun waktu bulan September 2014 sampai dengan Januari 2015. Sampel diseleksi dari semua populasi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Besaran sampel yang didapatkan adalah sejumlah 92 orang dan yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi ada 74 orang. Sampel dilakukan anamnesis dan pemeriksaan fisik agar dapat menjadikan sampel yang memenuhi kriteria inklusi dan mengeluarkan pasien sebagai sampel sesuai kriteria eksklusi. Sampel yang memenuhi kriteria penelitian menjalani foto rontgen dengan alat rontgen yang sama dan ketentuan posisi rontgen yaitu posisi lateral dekubitus dengan jarak antara *tube-to-bed* 105 cm dengan sentrasi x-ray pada torakal VII untuk torakal dan lumbal III untuk lumbal dengan dosis radiasi $\pm 0,3$ mSv. Di lakukan penilian dari x-ray, jika tidak ada kelainan tulang belakang dan x-ray tersebut dapat diukur dengan jelas maka dilakukan pengukuran pada masing-masing vertebra mulai dari Torakal IV sampai Lumbal V dengan memberikan tanda 6 titik tiap vertebra secara manual menurut Hurxthal (Gambar 1). Setelah dilakukan pengukuran maka akan didapatkan tinggi vertebra anterior (Ha), tengah (Hm), dan posterior (Hp) dalam sentimeter dengan menggunakan penggaris. Ketiga pengukuran ini akan dihitung dalam bentuk rasio: Ha/Hp, Hm/Hp, Hp/Hp vertebra proksimal dan Hp/Hp vertebra distal. Melakukan analisa statistik dengan menentukan standard deviasi yang telah ditentukan (-1; -2 ; -2,5; -3 SD). Dari hasil perhitungan, tadi

dapat ditentukan bentuk normal tulang vertebra perempuan Indonesia dan nilai potong

mulai torakal VIII - lumbal II. Pada data ratio antara Ha/Hp dan



Gambar 1 : Titik yang Digunakan Untuk Menghitung Tinggi Korpus Vertebra pada Torakal dan Lumbal, Menurut Hurxthal.

untuk mendefinisikan fraktur vertebra pada perempuan Indonesia.

Hasil Penelitian

Terdapat 74 wanita muda Indonesia, dengan usia sekitar 20-25 tahun yang digunakan untuk penelitian ini. Rata-rata nilai standard deviasi pada tinggi vertebra dan rasio dari tinggi vertebra tersebut (dari Torakal 4 - Lumbal 5) dapat dilihat pada tabel 1. Asumsi dasar dari penelitian ini adalah setiap orang yang dilakukan pengukuran ini adalah orang-orang yang dinyatakan tidak memiliki kelainan pada tulang belakang. Tinggi vertebra ditemukan hasil ukuran yang bervariasi. Di dapatkan tinggi korpus vertebra tertinggi pada bagian posterior Hp dan bagian terendah adalah bagian tengah Hm (Gambar 2). Pada bagian lumbal IV dan lumbal V tinggi anterior lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi posterior. Perubahan tinggi vertebra terjadi pada anterior dan tengah terjadi mulai dari torakal VII – lumbal III, kecuali pada bagian tinggi vertebra posterior dimana perubahan tinggi terjadi

Hm/Hp terdapat perbedaan bervariasi pada tiap tingkatan. Pada data ditemukan perbandingan Hm/Hp selalu lebih rendah dibandingkan Ha/Hp pada tiap tingkatan.

Masing-masing tinggi vertebra secara rasio, kami lakukan perbandingan nilai *cutoff* - 2SD, -2.5 SD dan -3 SD. Pada -2 SD ditemukan ada 13 variabel yang berada di luar dari *cutoff point*. Pada -2,5 SD ditemukan ada 4 variabel yang berada diluar *cutoff point*. Pada -3 SD tidak ditemukan adanya variabel yang berada diluar *cutoff point*. Jadi kita sudah mendapatkan nilai *cutoff* pada sebaran data yang ada pada wanita muda Indonesia adalah -3 SD.

Tabel 1: – 3SD yang Dinyatakan Sebagai Nilai Potong untuk Nilai Referensi Bentuk Normal Vertebra Wanita Muda Indonesia.

	MIN	MAX	MEAN	SD	- 3SD		MIN	MAX	MEAN	SD	- 3SD
WEDGE						CRUSH - 1					
A/P						P/(P-1)					
Th.IV	89,5	115,4	96,3	6	78,3	Th.IV					
Th.V	75	107,7	95,3	7,5	72,8	Th.V	90,9	120	103,6	8,3	78,6
Th.VI	78,6	100	93,8	5,4	77,5	Th.VI	92,3	125	104,8	7,8	81,2
Th.VII	85	107,1	95,1	5,7	78	Th.VII	88,2	116,7	99,3	6,4	80
Th.VIII	85,7	100	94,2	4,9	79,5	Th.VIII	92,9	120	103,9	6,8	83,6
Th.IX	83,3	110,5	97,5	7,6	74,8	Th.IX	92,9	108,3	101	4,6	87,2
Th.X	83,3	100	95,1	5,2	79,4	Th.X	100	115,8	106,8	5,9	89
Th.XI	83,3	116,7	97,3	8,4	72,1	Th.XI	90	115,4	104,7	6,8	84,2
Th.XII	86,2	117,6	95	6,9	74,3	Th.XII	100	133,3	110,4	7,5	87,8
L.I	78,9	111,1	95	8,4	69,9	L.I	100	131,3	112	9	85
L.II	84,8	111,1	95,1	6,1	76,8	L.II	93,3	113,6	104,2	6,6	84,3
L.III	88	112	99,2	6,8	78,7	L.III	89,3	111,1	98,4	6,2	79,8
L.IV	89,3	118,8	102,5	8,6	76,7	L.IV	76	105,6	95,6	6,7	75,6
L.V	85,7	133,3	105,1	11,8	69,6	L.V	83,3	106,3	99,5	6,5	80,1
CONCAVE						CRUSH +1					
M/P						P/(P+1)					
Th.IV	81,8	109,1	94,5	7,1	73,2	Th.IV	83,3	110	97,1	7,6	74,4
Th.V	83,3	107,7	93,1	5,8	75,6	Th.V	80	108,3	96	6,9	75,3
Th.VI	80	100	89,3	6,6	69,5	Th.VI	85,7	113,3	101,1	6,4	82
Th.VII	78,6	107,1	91,2	7,6	68,5	Th.VII	83,3	107,7	96,7	6,2	78
Th.VIII	78,6	95,8	89,4	5,3	73,4	Th.VIII	92,3	107,7	99,2	4,5	85,5
Th.IX	77,8	111,1	93,5	10	63,6	Th.IX	86,4	100	93,9	5,2	78,4
Th.X	78,6	100	92,3	6,2	73,6	Th.X	86,7	111,1	95,9	6,5	76,5
Th.XI	81,3	106,3	94,2	7	73,3	Th.XI	75	100	90,9	5,6	74,2
Th.XII	85,7	111,8	93,3	5,9	75,5	Th.XII	76,2	100	89,8	7	68,8
L.I	81	105,9	92,5	5,4	76,2	L.I	88	107,1	96,3	6,3	77,5
L.II	85	100	93	4,2	80,5	L.II	90	112	102	6,3	83,2
L.III	81,8	120	97,6	8,3	72,7	L.III	94,7	131,6	105,2	8,1	80,8
L.IV	85	128	101,4	11,2	67,7	L.IV	94,1	120	100,9	7,3	79,2
L.V	85,7	113,3	99,1	8,1	75						

Pembahasan

Pemeriksaan radiologi lateral merupakan suatu standard untuk mendiagnosa suatu fraktur vertebra yang didasarkan adanya deformitas dari vertebra. Tidak ada *gold standard* untuk mendefinisikan suatu fraktur vertebra berdasarkan interpretasi dari radiologi. Dahulu kala, diagnosis dibuat oleh seorang radiologi ataupun oleh seorang klinisi

yang berpengalaman, secara kualitatif. Di karenakan penilaian secara kualitatif merupakan penilaian yang sangat subyektif maka validitasnya sangat buruk. Oleh karena itu sangat dibutuhkan pengembangan suatu definisi fraktur vertebra dengan cara yang obyektif. Pada akhir-akhir ini, berbagai macam penilaian secara kuantitatif sangat berkembang yang dihubungkan antara klinis dan studi epidemiologi. Metode kuantitatif

yang sangat dapat diterima untuk mengidentifikasi deformitas vertebra adalah membandingkan rasio vertebra yang dicurigai terjadi deformitas dengan nilai referensi vertebra normal. Oleh karena itu, pada penelitian ini saya menggunakan metode ini dengan menggabungkan studi epidemiologi.³² Pada penelitian ini semua sampel yang dipilih diasumsikan bahwa prevalensi terjadinya fraktur osteoporosis adalah nol. Oleh karena itu, pada wanita premenapose dapat memberikan data referensi yang optimal dalam menegakan diagnosa deformitas vertebra, dimana hal tersebut sangat efektif untuk mengurangi *false positive* dalam studi epidemiologi fraktur vertebra.³³

Sampel yang digunakan pada usia 20-25 tahun dikarenakan pada usia tersebut merupakan puncak massa dari tulang.³⁴ Puncak massa tulang banyak dipengaruhi oleh jenis kelamin, ras, faktor hormonal, aktivitas fisik dan gaya hidup. Puncak dari massa tulang lebih tinggi pada laki-laki dibandingkan dengan perempuan. Pada wanita suku Amerika Afrika mempunyai puncak massa tulang lebih tinggi dibandingkan dengan puncak massa tulang ras kaukasian. Hormon esterogen sangat mempengaruhi massa tulang. Esterogen mempunyai efek secara langsung terhadap derivat sel osteoklas. Esterogen juga dapat menghambat aktivitas dari osteoklas matur secara langsung melalui mekanisme reseptor-mediasi. Pada usia sebelum pubertas, tidak ada perbedaan puncak masa tulang pada laki-laki dan perempuan.³⁴ Pada penelitian ini data yang diambil adalah sampel perempuan oleh karena itu hasil dari penelitian ini ditujukan khusus untuk perempuan.

Tinggi vertebra pada bagian tengah (*middle*) merupakan tinggi vertebra terendah dan bagian belakang (*posterior*) merupakan yang tertinggi. Berdasarkan bentuk vertebra torakal IV sampai lumbal II dapat disimpulkan bahwa bentuk vertebra wanita muda Indonesia adalah berbentuk bikonkaf. Pada lumbal III, IV dan V tinggi vertebra lebih rendah dibandingkan lumbal II dan bentuk vertebra tersebut adalah *contra-wedge*. Variasi dari bentuk vertebra pada setiap tingkatannya dapat membentuk kurvatur tulang belakang, dimana secara anatomi dapat memberikan stabilitas tulang belakang pada posisi tegak.³³ Deformitas vertebra terjadi berawal dari perubahan kurvatur vertebra dan dilanjutkan

dengan distribusi beban tubuh sampai terjadi peningkatan ketidakstabilan postur. Kifosis, biasanya muncul pada orang tua, ini merupakan efek dari inklinasi vertebra dan keseimbangan postur.³³ Hal ini dapat menjelaskan bagaimana deformitas dari vertebra dapat berkontribusi untuk menjadi fraktur vertebra selanjutnya.² Sudah diteliti lebih lanjut, bahwa awal fraktur vertebra dapat menjadikan fraktur vertebra berikutnya.³⁷ Fraktur osteoporosis secara mekanik, terutama fraktur vertebra multiple dapat menyebabkan kifosis torakal dan lumbal. Abnormal dari distribusi beban pada tulang belakang dan adanya ketidakstabilan postur, secara signifikan dapat meningkatkan risiko terjadinya fraktur vertebra.

Berbagai macam penelitian telah dilakukan dalam membandingkan perbedaan metode pada populasi yang sama untuk dapat memperkirakan prevalensi fraktur vertebra dan mengidentifikasi secara individual pada pasien fraktur vertebra. Black dkk., melaporkan ada tiga metode yang digunakan oleh Melton dkk., McClosky dkk., mereka dapat menyimpulkan kesimpulan yang sama dalam menilai prevalensi deformitas vertebra dalam populasi yang sama. Metode ini tidak terlalu baik dalam menentukan kelainan deformitas yang ringan karena biasanya deformitas yang ringan sulit dibedakan dengan variasi normal vertebra. Penelitian ini membandingkan perbedaan nilai *cutoff* untuk menentukan validitas perkiraan deformitas tulang belakang dari tulang belakang wanita Indonesia. Berdasarkan data yang kami dapatkan, -3 SD merupakan nilai potong untuk dapat menegakan diagnosa fraktur vertebra pada wanita Indonesia. Dari penelitian yang dilakukan oleh Gau dan kawan-kawan didapatkan bentuk vertebra antara ras Cina dan Eropa terdapat perbedaan (Kado *et al.*, 2007). Terdapat perbedaan yang signifikan antara tinggi vertebra orang Inggris dan Italia (Kado *et al.*, 2007). Pada perbandingan tinggi vertebra pada ras orang Indonesia dan ras Cina, terdapat perbedaan tinggi vertebra pada perbandingan anterior dan posterior di torakal X – lumbal II. Terdapat perbedaan pada perbandingan tinggi vertebra *middle* dan posterior terutama pada vertebra torakal XII – lumbal I.

Dari data yang kami dapatkan ada sedikit perbedaan bentuk vertebra antara wanita premenapose orang Cina dan Indonesia. Perbedaan terletak pada bentuk

vertebra dimana peningkatan tinggi vertebra pada wanita Indonesia terjadi pada lumbal II sedangkan pada wanita Cina terjadi pada Lumbal III. Akan tetapi terdapat persamaan bentuk vertebra pada torakal IV dan lumbal I, dimana bentuk tulang tersebut adalah bikonkaf dan tulang vertebra pada lumbal IV dan V berbentuk *Contra-wedge*. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa adanya sedikit perbedaan bentuk tulang pada ras. Oleh karena itu, penggunaan data eksternal dapat mengakibatkan kesalahan dalam diagnosis fraktur vertebra pada masing-masing ras. Berdasarkan penelitian ini, nilai untuk bentuk tulang belakang harus diperoleh dari populasi individu, dan bahwa nilai-nilai dari laki-laki dan perempuan harus dipisahkan

Kesimpulan

Tulang belakang pada wanita premenopause Indonesia berbentuk bikonkaf pada level torakal IV sampai lumbal II. Pada level lumbal III sampai lumbal V berbentuk *Contra-wedge*. Puncak tertinggi pada tulang belakang wanita premenopause Indonesia adalah pada lumbal II dan mulai menurun ketinggiannya pada lumbal III. Nilai potong untuk referensi fraktur tulang belakang atau deformitas tulang belakang pada wanita premenopause Indonesia adalah -3 SD. Berdasarkan data yang didapatkan serta berdasarkan studi perbandingan jurnal maka kami menyarankan untuk menggunakan data populasi individual sebagai nilai referensi untuk mendefinisikan fraktur vertebra ataupun deformitas vertebra. Kami merekomendasikan -2,5 SD sampai -3 SD sebagai nilai referensi untuk menentukan deformitas vertebra pada wanita Indonesia.

Daftar Pustaka

- Melton LJ 3rd, Kan SH, Frye MA, et al. 1989. Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol* 129(5): 1000e1011.
- Melton LJ 3rd, Lane AW, Cooper C, et al. 1993. Prevalence and incidence of vertebral deformities. *Osteoporos Int* 3(3):113e119.
- Bouxsein ML, Melton LJ 3rd, Riggs BL, et al. 2006. Age- and sex-specific differences in the factor of risk for vertebral fracture: a population-based study using QCT. *J Bone Miner Res* 21(9):1475e1482.
- Jackson SA, Tenenhouse A, Robertson L. 2000. Vertebral fracture definition from population-based data: preliminary results from the Canadian Multicenter Osteoporosis Study (CaMos). *Osteoporos Int* 11(8):680e687
- O'Neill TW, Felsenberg D, Varlow J, et al. 1996. The prevalence of vertebral deformity in European men and women: the European Vertebral Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 11(7):1010e1018.
- Spector TD, McCloskey EV, Doyle DV, et al. 1993. Prevalence of vertebral fracture in women and the relationship with bone density and symptoms: the Chingford Study. *J Bone Miner Res* 8(7):817e822.
- Ismail AA, Cooper C, Felsenberg D, et al. 1999. Number and type of vertebral deformities: epidemiological characteristics and relation to back pain and height loss. European Vertebral Osteoporosis Study Group. *Osteoporos Int* 9(3):206e213.
- Jones G, White C, Nguyen T, et al. 1996. Prevalent vertebral deformities: relationship to bone mineral density and spinal osteophytosis in elderly men and women. *Osteoporos Int* 6(3): 233e239
- Borgstrom F, Zethraeus N, Johnell O, Lidgren L, Ponzer S, Svensson O, Abdou P, Ornstein E, Lunsjo K, Thorgren KG, Sernbo I, Rehnberg C, Jonsson B (2006) Costs and quality of life associated with osteoporosis-related fractures in Sweden. *Osteoporos Int* 17:637-650
- Jackson SA, Tenenhouse A, Robertson L (2000) Vertebral fracture definition from population-based data: preliminary results from the Canadian Multicenter Osteoporosis Study (CaMos). *Osteoporos Int* 11:680-687
- Ling X, Cummings SR, Mingwei Q, et al. 2000 Vertebral fractures in Beijing, China: the Beijing Osteoporosis Project. *J Bone Miner Res* 15(10):2019e2025
- Johnell O, Oden A, Caullin F, et al. 2001 Acute and long-term increase in fracture risk after hospitalization for vertebral fracture. *Osteoporos Int* 12(3):207e214.
- Klotzbuecher CM, Ross PD, Landsman PB, et al. 2000 Patients with prior

- fractures have an increased risk of future fractures: a summary of the literature and statistical synthesis. *J Bone Miner Res* 15(4):721e739
14. Nevitt MC, Ettinger B, Black DM, et al. 1998 The association of radiographically detected vertebral fractures with back pain and function: a prospective study. *Ann Intern Med* 128(10): 793e800.
 15. Black DM , Arden NK , Palermo L , Pearson J , Cummings SR . 1999 . Prevalent vertebral deformities predict hip fractures and new vertebral deformities but not wrist fractures. Study of Osteoporotic Fractures Research Group . *J Bone Miner Res* 14 : 821 – 828
 16. Ensrud KE , Schousboe JT . 2011 . Clinical practice. Vertebral fractures . *N Engl J Med* 364 : 1634 – 1642 .
 17. Harrison JE, Patt N, Muller C, Bayley TA, Budden FH, Josse RG, Murray TM, Sturtridge WC, Strauss A, Goodwin S 1990 Bone mineral mass associated with postmenopausal vertebral deformities. *Bone Miner* 10(3):243-51.
 18. Kiel D (1995) Assessing vertebral fractures. National Osteoporosis Foundation Working Group on Vertebral Fractures. *J Bone Miner Res* 10:518-523
 19. Kleerekoper M, Nelson DA (1992) Vertebral fracture or vertebral deformity. *Calcif Tissue Int* 50:5-6
 20. Ziegler R, Scheidt-Nave C, Leidig-Bruckner G (1996) What is a vertebral fracture? *Bone* 18:169S-177S
 21. Genant HK , Jergas M . 2003 . Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research . *Osteoporos Int* 14 Suppl 3 : S43 – 55
 22. Banse X , Devogelaer JP , Grynepas M . 2002 . Patientspecific microarchitecture of vertebral cancellous bone: A peripheral quantitative computed tomographic and histological study . *Bone* 30 : 829 – 835 .
 23. Riggs BL , Melton Iii LJ 3rd , Robb RA , Camp JJ , Atkinson EJ , Peterson JM , Rouleau PA, McCollough CH , Bouxsein ML , Khosla S . 2004 . Population-based study of age and sex differences in bone volumetric density, size, geometry, and structure at different skeletal sites. *J Bone Miner Res* 19 : 1945 – 1954 .
 24. Fields AJ , Lee GL , Liu XS , Jekir MG , Guo XE , Keaveny TM . 2011 . Influence of vertical trabeculae on the compressive strength of the human vertebra . *J Bone Miner Res* 26: 263 – 269 .
 25. Thomsen JS , Ebbesen EN , Mosekilde LI . 2002 . Age-related differences between thinning of horizontal and vertical trabeculae in human lumbar bone as assessed by a new computerized method . *Bone* 31 : 136 – 142
 26. Genant HK , Jergas M , Palermo L , Nevitt M , Valentin RS , Black D , Cummings SR . 1996. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morphometric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group . *J Bone Miner Res* 11 : 984 – 996 .
 27. Nevitt MC , Cummings SR , Stone KL , Palermo L , Black DM , Bauer DC , Genant HK , Hochberg MC , Ensrud KE , Hillier TA , Cauley JA . 2005 . Risk factors for a first incident radiographic vertebral fracture in women > or = 65 years of age: The study of osteoporotic fractures . *J Bone Miner Res* 20 : 131 – 140 .
 28. Siminoski K , Jiang G , Adachi JD , Hanley DA , Cline G , Ioannidis G , Hodsmann A , Josse RG , Kendler D , Olszynski WP , Ste Marie LG , Eastell R . 2005 . Accuracy of height loss during prospective monitoring for detection of incident vertebral fractures . *Osteoporos Int* 16 : 403 – 410.
 29. Siminoski K , Warshawski RS , Jen H , Lee K . 2006 . The accuracy of historical height loss for the detection of vertebral fractures in postmenopausal women . *Osteoporos Int* 17 : 290 – 296.
 30. Damilakis J , Adams JE , Guglielmi G , Link TM . 2010 . Radiation exposure in X-ray-based imaging techniques used in osteoporosis . *Eur Radiol* 20 : 2707 – 2714
 31. Franck Grados , Jacques Fechtenbaum , Elisabeth Flipon. 2009. Radiographic methods for evaluating osteoporotic vertebral fracture. *Joint Bone Spine* 76: 241-247.
 32. Grados F, Fardellone P, Benammar M, Muller C, Roux C, Sebert JL(1999) Influence of age and sex on vertebral shape indices assessed by radiographic morphometry. *Osteoporos Int* 10:450-455

33. Zebaze RM, Maalouf G, Wehbe J, Nehme A, Maalouf N, Seeman E (2004) The varying distribution of intra- and inter-vertebral height ratios determines the prevalence of vertebral fractures. *Bone* 35:348–356.
34. Jean-Philippe Bonjour, MD, Thierry Chevalley, MD, Serge Ferrari, MD, Rene Rizzoli, MD. (2009) The Importance and Relevance of Peak Bone Mass In The Prevalence Of Osteoporosis. 51 : S7.
35. Zebaze RM, Maalouf G, Maalouf N, Seeman E (2004) Loss of regularity in the curvature of the thoracolumbar spine: a measure of structural failure. *J Bone Miner Res* 19:1099–1104.
36. Diacinti D, Acca M, D’Erasmus E, Tomei E, Mazzuoli GF (1995) Aging changes in vertebral morphometry. *Calcif Tissue Int* 57:426–429
37. Cauley JA, Hochberg MC, Lui LY, Palermo L, Ensrud KE, Hillier TA, Nevitt MC, Cummings SR (2007) Long-term risk of incident vertebral fractures. *JAMA* 298:2761–2767.
38. Kado DM, Prenovost K, Crandall C (2007) Narrative review: hyperkyphosis in older persons. *Ann Intern Med* 147:330–338.