

ความน่าเชื่อถือของ Singh index ในการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนของคอกระดูกต้นขา

ศุภศิลป์ สุนทรภา¹, ปรารถนา เชาวณัชนี¹, จิราภรณ์ ศรีนัครินทร์¹, สุกกรี สุนทรภา¹

¹ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ภาควิชาสูติศาสตร์และนรีเวชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Diagnostic Reliability of the Singh Index: Femoral Neck Osteoporosis

Suppasin Soontrapa¹, Prathana Chowchuen², Jiraporn Srinakaran², Sukree Soontrapa³

¹Department of Orthopaedics, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen.

²Department of Radiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen.

³Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen.

หลักการและเหตุผล: อุบัติการณ์ของกระดูกสะโพกหักจากโรคกระดูกพรุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี การวินิจฉัยและดูแลรักษาแต่เบื้องต้นก่อนเกิดกระดูกหักเป็นสิ่งจำเป็น ในอดีตมีการใช้ Singh index เพื่อวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน แต่ยังไม่มีความเห็นที่สอดคล้องกันในความน่าเชื่อถือของการอ่าน Singh index

วัตถุประสงค์: พิจารณาความน่าเชื่อถือของการอ่าน Singh index ในสตรีสูงอายุโดยรังสีแพทย์ทั้งในบุคคลเดียวกันและต่างบุคคลกันของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ จังหวัดขอนแก่น

รูปแบบการศึกษา: Cross-sectional descriptive study

สถานที่ทำการศึกษา: ศึกษาในสตรีสูงอายุที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

การวัดผล: Singh grading, intraobserver and interobserver reliability by kappa and weighted kappa

ผลการวิจัย: ผู้สูงอายุทั้งหมดที่เข้าร่วมโครงการมีจำนวน 130 ราย อายุเฉลี่ย 71.55 ปี (ช่วงอายุ 61-86 ปี) ค่า intraobserver reliability ของรังสีแพทย์คนแรก kappa = 0.15 (95%CI: 0.04-0.26), weighted kappa = 0.27 และของรังสีแพทย์คนที่สอง kappa = 0.29 (95%CI: 0.15-0.42), weighted kappa = 0.35 และค่า interobserver reliability ระหว่างรังสีแพทย์คนแรกและคนที่สอง kappa = 0.10 (95%CI: 0.00-0.20), weighted kappa = 0.26

สรุป: Singh index มีความน่าเชื่อถือต่ำทั้งในบุคคลเดียวกันและต่างบุคคลกัน หากจะนำมาใช้ในทางคลินิกควรจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกว่านี้

Background: The incidence of osteoporotic hip fracture increases annually, the key to successful treatment of osteoporosis is early diagnosis and treatment before fracture. The Singh index was a popular tool for diagnosis of osteoporosis in the past, but its reliability is debated.

Objective: To evaluate the intra- and inter-personal reliability of Singh grading among elderly Thai women between two radiologists at Srinagarind hospital, Khon Kaen University, Thailand.

Design: Cross-sectional descriptive study

Setting: Thai elderly women in Khon Kane province, Thailand.

Outcome Measurements: Singh grading, intra-and inter-observer reliability by kappa (K) and weighted-K

Results: We registered 130 elderly Thai women in the study. The age of participants averaged 71.6 years (range 61-86 years). The first and second intra-observer (and their weighted) reliability K was 0.15 (95%CI: 0.04-0.26) (and 0.27), and 0.29 (95%CI: 0.15-0.42) (and 0.35), respectively. The inter-observer (and weighted) reliability K was 0.10 (95%CI: 0.00-0.20) and 0.26.

Conclusion: The intra- and inter-person reliability of the Singh index is poor; therefore, the index needs to be simplified to establish its reliability as a screening tool for osteoporosis.

Key word: Singh index, Kappa (K), Reliability, Osteoporosis

บทนำ

อุบัติการณ์ของกระดูกสะโพกหักจากโรคกระดูกพรุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี และเมื่อเกิดกระดูกสะโพกหักแล้วจะทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตหรือมีคุณภาพชีวิตที่ลดลง และสูญเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเป็นจำนวนมาก ในประเทศสหรัฐอเมริกาการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาผู้ป่วยที่มีกระดูกสะโพกหักจากโรคกระดูกพรุนทั้งในทางตรงและทางอ้อมมีสูงถึงเจ็ดพันถึงหนึ่งหมื่นสองพันล้านเหรียญสหรัฐหรืออเมริกาต่อปี²⁴ การตรวจและวินิจฉัยพร้อมทั้งให้การดูแลรักษาแต่เนิ่นๆ ก่อนที่จะเกิดกระดูกหักเป็นสิ่งจำเป็น ในปัจจุบันนี้มีวิธีการตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนมากมายหลายวิธีได้แก่ การถ่ายภาพรังสีของ femoral neck และประเมินคุณภาพของกระดูกจาก trabecular pattern (Singh index), radiogrammetry, radiographic absorptiometry, Single Energy X-ray Absorptiometry, Dual Energy X-ray Absorptiometry, Quantitative Computed Tomography และ Quantitative Ultrasound เป็นต้น

การตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบันคือการตรวจวัดด้วยเครื่อง DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry) เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือสูงและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ แต่เป็นการตรวจที่มีราคาแพงและมีใช้เพียงไม่กี่แห่งในประเทศไทย ในอดีตการประเมินโรคกระดูกพรุนด้วยการดูรูปทรงของเสี้ยนกระดูกของคอกระดูกต้นขา (trabecular pattern of femoral neck) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Singh index⁵ ได้รับการยอมรับและมีการใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้ได้ในโรงพยาบาลทุกแห่งที่มีเครื่องฉายรังสีเอกซ์ และมีราคาถูก แต่ยังมีข้อขัดแย้งถึงความน่าเชื่อถือของการอ่านทั้งในบุคคลเดียวกันและต่างบุคคล⁶⁻¹¹ (intrapersonal and interpersonal reliability)

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ต้องการพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของการอ่าน Singh index ของสตรีสูงอายุที่อาศัยอยู่ในจังหวัดขอนแก่น โดยรังสีแพทย์ทั้งในบุคคลเดียวกันและต่างบุคคล (intrapersonal and interpersonal reliability) ของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ จังหวัดขอนแก่น

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบ cross-sectional descriptive study

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้เป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวกับกลุ่มตัวอย่างของการศึกษา “การใช้ Singh index ในการคัดกรองโรคกระดูกพรุนของคอกระดูกต้นขา” ซึ่งได้ผ่านการ

พิจารณาและอนุมัติให้ทำการวิจัยโดยคณะกรรมการจริยธรรมของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้สูงอายุทุกรายได้รับฟังคำอธิบายถึงเหตุผลการศึกษาและได้ผ่านการซักถามจนเข้าใจและเห็นชอบยินยอมเข้าร่วมการศึกษา ทั้งหมดเป็นสตรีสูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปี ผู้สูงอายุที่มีประวัติโรคตับหรือโรคไตเรื้อรัง เป็นโรคทาง metabolic ที่มีผลต่อมวลกระดูกหรือโรคเมเร็งกระดูกหรือเคยมีกระดูกหักบริเวณข้อสะโพก รวมทั้งผู้สูงอายุที่รับยาฮอร์โมน ยาวิตามินดี ยาแก้อักเสบ ยาป้องกันการแข็งตัวของเลือด ยากลุ่ม bisphosphonate รวมทั้งยา calcitonin จะถูกคัดออกจากการศึกษา ได้ผู้สูงอายุจำนวนทั้งสิ้น 130 ราย อายุเฉลี่ย 71.55 ปี (ช่วงอายุตั้งแต่ 61-86 ปี)

ผู้สูงอายุทุกรายได้รับการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และถ่ายภาพรังสีของข้อสะโพกซ้าย ในท่านอนหงาย ขาหมุนเข้าในประมาณ 15 องศา (internal rotation 15 degree) เพื่อให้ได้ภาพ true AP view ของ femoral neck ภาพทางรังสีทุกภาพจะต้องมีคุณภาพที่ดีและได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากรังสีแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัย จากนั้นรังสีแพทย์ที่ร่วมในงานวิจัยนี้จำนวนสองท่าน (J.S., P.C.) จะทำการอ่านภาพทางรังสี และแบ่ง grading ตาม Singh index โดยมีคู่มือที่เป็นภาพและคำแนะนำการอ่านในแต่ละ grading ของ Singh index ไว้ เพื่อให้การอ่าน grading ของ Singh index เป็นไปในแนวเดียวกัน รังสีแพทย์ผู้อ่านภาพทางรังสีทั้งสองมีประสบการณ์อ่านภาพทางรังสีไม่น้อยกว่า 10 ปี และทั้งสองท่านจะอ่านภาพรังสีทุกภาพเป็นจำนวนสองครั้งระยะเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 1 เดือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าลักษณะพื้นฐานทางคลินิก (demographic data) ของผู้สูงอายุจะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความน่าเชื่อถือของการแบ่ง grading ของ Singh index ทั้ง intrapersonal และ interpersonal reliability จะแสดงด้วยค่า kappa และ 95% confidence interval, weighted kappa และค่า agreement ของการอ่านโดยยอมรับความผิดพลาด 1 grade (one-step agreement) แสดงด้วยร้อยละ (หากการอ่านสองครั้งเหมือนกันหรือต่างกันหนึ่งระดับถือว่า agreement กัน แต่หากต่างกันมากกว่าหนึ่งระดับถือว่าไม่มี agreement กัน)

ผลการศึกษา

ผู้สูงอายุทั้งสิ้น 130 ราย ช่วงอายุตั้งแต่ 61-86 ปี มีข้อมูลพื้นฐานดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของลักษณะพื้นฐานของผู้สูงอายุ จำนวนทั้งสิ้น 130 ราย

	ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
อายุ (ปี)	71.55 (5.26)
น้ำหนัก (ก.ก.)	49.66 (10.39)
ส่วนสูง (ม.)	1.49 (0.06)
BMI: ดรรชนีมวลกาย (ก.ก./ม ²)	21.44 (4.15)

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งระดับตาม Singh index ของรังสีแพทย์ท่านที่ 1 (J.S.) จากการอ่านภาพทางรังสีของผู้สูงอายุทั้ง 130 ราย เทียบกันระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการอ่าน พบว่าค่า kappa เท่ากับ 0.15 (95%CI: 0.04-0.26) และ weighted kappa เท่ากับ 0.27 และหากยอมรับความผิดพลาดได้หนึ่งระดับ ค่า one-step agreement จะเท่ากับร้อยละ 84.62

ตารางที่ 3 แสดงการแบ่งระดับตาม Singh index ของรังสีแพทย์ท่านที่ 2 (P.C.) จากการอ่านภาพทางรังสีของผู้สูงอายุทั้ง 130 ราย เทียบกันระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการอ่าน พบว่าค่า kappa เท่ากับ 0.29 (95%CI: 0.15-0.42) และ weighted kappa เท่ากับ 0.35 และหากยอมรับความผิดพลาดได้หนึ่งระดับ ค่า one-step agreement จะเท่ากับร้อยละ 95.38

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการแบ่งระดับตาม Singh index ของรังสีแพทย์ท่านที่ 1 (J.S.) และรังสีแพทย์ท่านที่ 2 (P.C.) จากการอ่านภาพทางรังสีของผู้สูงอายุทั้ง 130 ราย วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการอ่าน พบว่าค่า kappa เท่ากับ 0.10 (95%CI: 0.00-0.20) และ weighted kappa เท่ากับ 0.26 และหากยอมรับความผิดพลาดได้หนึ่งระดับ ค่า one-step agreement จะเท่ากับร้อยละ 80

วิจารณ์

ในปีพ.ศ. 2513 Manmohan Singh⁵ ได้ใช้รูปทรงของเส้นกระดูก (trabecular pattern) ของคอกระดูกต้นขา (femoral neck) ที่ได้จากภาพถ่ายทางรังสีของข้อสะโพกในท่าหน้าหลัง (Antero-posterior view of hip joint) ในการแยกแยะผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน กระดูกโป่งบางและกระดูกปกติออกจากกัน โดย Singh ได้แบ่งรูปทรงของเส้นกระดูกของคอกระดูกต้นขาออกเป็น 6 ระดับ และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง X-ray grading และ histological grading มีค่อนข้างสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แห่งความสัมพันธ์ (r) = 0.812, p<0.001 และได้รับการขนานนามว่า "Singh index"

ในปีพ.ศ. 2515 Singh และคณะ⁶ ได้พิสูจน์ถึงความน่าเชื่อถือของการใช้ Singh index ในการตรวจหาโรคกระดูกพรุนของกระดูกสันหลังและพบว่าการประเมิน Singh index มีค่า intrapersonal และ interpresonal reproducibility ค่อนข้างสูง โดยมีค่า correlation coefficient ที่ 0.974 และ 0.847 ตามลำดับ) ในปีพ.ศ. 2516 Singh และคณะ⁷ ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการประเมิน grading ของ Singh index ว่าการจะให้ผลการ

ตารางที่ 2 แสดงการอ่านภาพทางรังสีและแบ่งระดับตาม Singh index ของรังสีแพทย์ท่านที่ 1 (J.S.) เปรียบเทียบระหว่างการอ่านครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

Intrapersonal agreement of Singh index grading of radiologist1 (J.S.)								
First reading								
Second reading		Gr6	Gr5	Gr4	Gr3	Gr2	Gr1	Total
	Gr6	10	23	10	5	1	0	49
	Gr5	2	19	21	4	0	0	46
	Gr4	0	4	15	5	3	0	27
	Gr3	0	1	1	3	2	0	7
	Gr2	0	0	0	1	0	0	1
	Gr1	0	0	0	0	0	0	0
	Total	12	47	47	18	6	0	130

ตารางที่ 3 แสดงการอ่านภาพทางรังสีและแบ่งระดับ ตาม Singh index ของรังสีแพทย์ท่านที่ 2 (P.C.) เปรียบเทียบระหว่างการอ่านครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

Intrapersonal agreement of Singh index grading of radiologist2 (P.C.)								
First reading								
Second reading	Gr6	Gr5	Gr4	Gr3	Gr2	Gr1	Total	
	Gr6	0	0	0	1	0	0	1
	Gr5	0	7	9	0	0	0	16
	Gr4	1	24	41	2	0	0	68
	Gr3	1	5	11	19	0	0	36
	Gr2	0	1	1	5	2	0	9
	Gr1	0	0	0	0	0	0	0
	Total	2	37	62	27	2	0	130

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการอ่านภาพทางรังสีและแบ่งระดับตาม Singh index ของรังสีแพทย์ท่านที่ 1 (J.S.) และรังสีแพทย์ท่านที่ 2 (P.C.)

Interpresonal agreement of Singh index grading of both radiologist								
Radiologist1 (J.S.)								
Radiologist2 (P.C.)	Gr6	Gr5	Gr4	Gr3	Gr2	Gr1	Total	
	Gr6	3	0	0	0	0	0	3
	Gr5	25	20	0	0	0	0	45
	Gr4	16	23	13	2	0	0	54
	Gr3	4	3	14	4	0	0	25
	Gr2	0	0	0	3	0	0	3
	Gr1	0	0	0	0	0	0	0
	Total	48	46	27	9	0	0	130

ประเมินรูปทรงของเส้นกระดูกจากภาพถ่ายทางรังสีให้ได้แม่นยำจะต้องถ่ายภาพทางรังสีผู้ป่วยในท่า AP โดยข้อสะโพกจะต้องอยู่ในท่าเหยียดตรงและมี internal rotation ประมาณ 15 องศา หากทำเช่นนี้จะพบว่าการอ่านจะผิดพลาดไม่เกิน 1 grade นอกจากนี้ยังมีอีกหลายการศึกษาที่ให้การสนับสนุน Singh index ว่าสามารถนำมาใช้ได้จริง โดยในปีพ.ศ. 2529 Cooper และคณะ⁸ สนับสนุน Singh index ว่าสามารถใช้เป็นเครื่องมือวัดมวลกระดูกของกระดูกต้นขาได้ และพบว่าการแบ่งระดับตาม Singh index มีความแม่นยำสูง และมีค่าที่สอดคล้องกันของทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ในปีพ.ศ. 2538 Masud และคณะ⁹ ได้ทำการศึกษาในกลุ่มประชากร

เพื่อประเมินว่า Singh index สามารถเป็นเครื่องมือคัดกรองโรคกระดูกพรุนในกลุ่มประชากรได้หรือไม่ พบว่าค่า intrapersonal และ interpersonal reliability อยู่ในเกณฑ์ดีคือมีค่า kappa ของ intrapersonal เท่ากับ 0.64 (95%CI=0.58-0.70) และของ interpersonal เท่ากับ 0.61 (95%CI = 0.55-0.67)

แต่อย่างไรก็ตามมีหลายๆ การศึกษาที่ไม่เห็นด้วยกับ Singh index โดยในปีพ.ศ. 2524 Pogrud และคณะ¹⁰ ทำการศึกษา Singh index ในผู้ป่วยที่มีกระดูกสะโพกหักจำนวน 570 รายอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป ซึ่งการเกิดกระดูกสะโพกหักมีทั้งเกิดจากอุบัติเหตุและเกิดจากโรคกระดูกพรุน ผลการศึกษาพบว่าโรคกระดูกพรุนจากการประเมินด้วย Singh index ไม่มี

ความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของกระดูกสะโพกหัก และในปีพ.ศ. 2539 Koot และคณะ¹ ทำการศึกษาถึงความน่าเชื่อถือของการใช้ Singh index ในการประเมินโรคกระดูกพรุน โดยการใช้ kappa score ประเมิน interpersonal และ intrapersonal reliability พบว่า kappa score ของ interpersonal มีค่าค่อนข้างต่ำ (0.15-0.54) ขณะที่ intrapersonal มีค่าปานกลาง (0.63-0.88) และสรุปว่า Singh index ไม่เหมาะสำหรับเป็นตัวประเมินโรคกระดูกพรุน

สำหรับผลการศึกษาของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะผู้วิจัยพบว่า Singh index มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ โดยมีค่า kappa ของ intrapersonal reliability อยู่ที่ 0.15-0.29 และ weighted kappa ของ intrapersonal reliability อยู่ที่ 0.27-0.35 และ kappa ของ interpersonal reliability อยู่ที่ 0.10 และ weighted kappa เท่ากับ 0.26 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของ Koot และคณะ¹ การที่ค่า kappa ของทั้ง intrapersonal และ interpersonal ค่อนข้างต่ำ เนื่องมาจากการแบ่ง Singh index มีความถี่มากเกินไป โดยแบ่งถึง 6 ระดับ ทั้งๆ ที่ประโยชน์ที่สำคัญของการใช้ค่าธรรมชาตินี้เป็นเพียงเพื่อใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองโรคกระดูกพรุนเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องแบ่งให้ถี่เช่นนี้ และจากที่ Singh และคณะ⁷ ได้กล่าวไว้ในปี พ.ศ. 2516 ที่ว่าการแบ่งระดับตาม Singh index หากถ่ายภาพทางรังสีในท่าที่ถูกต้องแล้วการอ่านมักจะผิดพลาดไม่เกิน 1 ระดับ จากการศึกษาที่พบเช่นเดียวกับที่ Singh และคณะ⁷ ได้กล่าวไว้ โดยเราพบว่าหากยอมรับความผิดพลาด 1 ระดับแล้ว ค่า interpersonal agreement จะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 80 และ intrapersonal agreement จะอยู่ที่ร้อยละ 84.6-95.4 แสดงให้เห็นได้ว่าหากลดความถี่ของการแบ่งระดับของ Singh index เสียใหม่ให้ถี่น้อยลงเช่น จาก 6 ระดับเหลือเพียง 3 ระดับ น่าจะทำให้การแบ่งระดับตาม Singh index มีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถนำไปใช้ในทางคลินิกได้อย่างเหมาะสม

สรุป

การแบ่งระดับตาม Singh index มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ (poor reliability) ทั้งในบุคคลเดียวกันและต่างบุคคลกัน (intrapersonal and interpersonal reliability) หากจะนำมาใช้ในทางคลินิกควรจะมีการปรับปรุงแก้ไขให้มีความถี่น้อยลง ซึ่งต้องทำการศึกษาและวิจัยต่อไปเพื่อให้สามารถนำมาใช้ในทางคลินิกได้อย่างเหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินทุนวิจัยของคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Reference

1. Cooper C., Campion G., Melton L.J. 3rd. Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. *Osteoporos Int* 1992; 2(6):285-9.
2. Cooper C. The crippling consequences of fractures and their impact on quality of life. *Am J Med* 1997; 103(2A):12S-7S; discussion 17S-19S.
3. Riggs B. L., Melton L.J. 3rd. The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology. *Bone* 1995; 17(5 Suppl):505S-11S.
4. Levin R. M. The prevention of osteoporosis. *Hosp Pract (Off Ed)* 1991; 26(5):77-80, 83-6, 91-4 passim.
5. Singh M., Nagrath A.R., Maini P.S. Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. *J Bone-Joint Surg Am* 1970; 52(3):457-67.
6. Singh M., Riggs B.L., Beabout J.W., Jowsey J. Femoral trabecular-pattern index for evaluation of spinal osteoporosis. *Ann Intern Med* 1972; 77(1):63-7.
7. Singh M., Riggs B.L., Beabout J.W., Jowsey J. Femoral trabecular pattern index for evaluation of spinal osteoporosis. A detailed methodologic description. *Mayo Clin Proc* 1973; 48(3):184-9.
8. Cooper C., Barker D.J., Hall A.J. Evaluation of the Singh index and femoral calcar width as epidemiological methods for measuring bone mass in the femoral neck. *Clin Radiol* 1986; 37(2):123-5.
9. Masud T., Jawed S., Doyle D.V., Spector T.D. A population study of the screening potential of assessment of trabecular pattern of the femoral neck (Singh index): the Chingford Study. *Br J Radiol* 1995; 68(808):389-93.
10. Poggrund H., Rigal W.M., Makin M., Robin G., Menczel J., Steinberg R. Determination of osteoporosis in patients with fractured femoral neck using the Singh index: a Jerusalem study. *Clin Orthop* 1981; (156):189-95.
11. Koot V. C., Kesselaer S.M., Clevers G.J., de Hooge P., Weits T., van der Werken C. Evaluation of the Singh index for measuring osteoporosis. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78(5): 831-4.

