

## LAVORO ORIGINALE

# Differenze morfologiche del femore prossimale in donne con osteoporosi postmenopausale con fratture vertebrali o dell'anca\*

## *Femoral neck morphology differentiates femoral neck from vertebral osteoporotic fracture*

N. Malavolta, M. Frigato, R. Mulè, C. Ripamonti<sup>1</sup>

U.O. Medicina Interna, Dipartimento di Medicina Interna e dell'Invecchiamento, Azienda S.Orsola-Malpighi, Bologna;  
Scuola di Specializzazione di Reumatologia - Università degli Studi di Bologna; <sup>1</sup>Medicina Interna Istituto Ortopedico Rizzoli

### SUMMARY

*Mineral density and bone geometry are the two main biomechanical factors related to bone resistance to stress.*

*Objective: In this study we assess whether differences in the proximal femur geometry (PFG) characterize different types of osteoporotic fractures.*

*Methods: We studied 533 postmenopausal women aged 50 - 85. They were divided into four groups matched for bone mineral density at the femoral neck; without fractures (165), vertebral fractures (139), trochanteric fractures (102), and hip fractures (127). Dual X-Ray absorptiometry (DXA) scans at the spine and at the hip were carried out to measure bone mineral density and the DXA images were used to define the proximal femur geometry parameters of the hip.*

*Results: Age, height, vertebral BMD and PFG parameters (i.e. femoral neck-shaft angle (NSA) and hip axis length (HAL)) were different when all four groups were compared by the Anova test. Patients with vertebral fractures were then compared by multivariate analysis to those with trochanteric fractures. The variables that discriminated the two groups were: age, age at menopause, weight, height, and vertebral BMD, but not PFG. Comparing vertebral to hip fractures the distinguishing variables were: vertebral BMD, height, NSA and HAL. We found that hip fractures had longer HAL and wider NSA than vertebral fractures, whereas no statistically significant differences were found between trochanteric fractures and vertebral fractures concerning PFG. Conclusions: These data indicate that differences in PFG parameters might have a role in predisposing to femoral neck fracture.*

Reumatismo, 2003; 55(2):93-97

### INTRODUZIONE

La densità (1, 2) e la geometria (3, 4) ossea sono due dei principali fattori correlati, dal punto di vista biomeccanico, alla resistenza ossea al carico; numerosi studi hanno evidenziato la associazione fra bassa densità ossea ed aumentato rischio di fratture (5, 6). Meno studiata è la associazione fra ca-

ratteristiche geometriche dell'osso e aumentato rischio di frattura. Del tutto recentemente, tuttavia, alcuni studi hanno evidenziato come anche la geometria dell'osso rappresenti un fattore di rischio per le fratture dell'anca (7, 8) e come la riduzione di altezza di uno o più corpi vertebrali si associ ad un aumentato rischio di fratture degli stessi (9). Tali osservazioni hanno indotto ad ipotizzare che nelle fratture vertebrali la alterata geometria di un meta-mero rappresenti una condizione predisponente ad ulteriori cedimenti vertebrali, mentre nell'anca essa potrebbe rappresentare un fattore concorrente al primo evento. Questa ipotesi è inoltre supportata da studi di biomeccanica che dimostrano un rapporto fra frattura del collo femorale e angolo di incidenza della forza di carico che porta alla frattura (10). Si potrebbe quindi prospettare per alcuni parametri

\*Lavoro premiato al XXXVIII Congresso della Società Italiana di Reumatologia, Padova, 2001

Indirizzo per la corrispondenza:

Dott.ssa Nazzarena Malavolta, Unità Operativa di Medicina Interna  
Dipartimento di Medicina Interna e dell'Invecchiamento  
Scuola di Specializzazione di Reumatologia  
Azienda ospedaliera S. Orsola-Malpighi  
Via Massarenti 9, 40138 Bologna  
E-mail: malavolt@med.unibo.it

geometrici del collo femorale un ruolo nella patogenesi della frattura di anca indipendente dalla massa ossea. A tale scopo abbiamo verificato se alcuni parametri geometrici del femore prossimale di donne in menopausa con fratture del collo femorale o del gran trocantere si differenziano da quelli di donne con fratture del rachide, selezionate per avere identica densità del collo femorale. Le misure geometriche sono state effettuate sulla immagine densitometrica del femore prossimale che offre tale possibilità oltre, ovviamente, a quella della misura della densità ossea.

## CASISTICA E METODI

In questo studio sono state valutate 533 donne in menopausa di età media compresa fra 50 e 85 anni, e che avevano eseguito l'esame densitometrico presso l'Istituto Ortopedico Rizzoli. Esse sono state suddivise in quattro gruppi selezionati in modo da avere eguale densità ossea del collo femorale. Il primo gruppo comprendeva 165 donne senza fratture, il secondo 139 donne con fratture vertebrali (FV), il terzo 102 con fratture del gran trocantere (FGT) e il quarto 127 donne con fratture del collo femorale (FCF). Dallo studio erano state escluse le donne con grave artrosi, reumatismi infiammatori e neoplasie. Sono state considerate solo le fratture dovute a traumatismi minori. Tutte le fratture vertebrali sono state documentate mediante Rx-grafia del segmento osseo interessato e diagnosticate se vi era una riduzione dell'altezza vertebrale anteriore, media o posteriore di almeno il 25%. Tutte le donne sono state sottoposte a densitometria ossea a doppio raggio fotonico con densitometro Norland XR 36 (Norland Corp, Fort Atkinson, WI) sia

al rachide lombare che al femore prossimale. Per lo studio sono state riportate le densità minerali ossee (BMD) del collo femorale, del gran trocantere, del triangolo di Ward e del rachide lombare. Si sono inoltre misurati, la lunghezza del collo femorale (LCF), dal margine del gran trocantere alla linea acetabolare interna lungo l'asse del collo femorale e l'angolo cervico-diafisario (ACD) (formato dagli assi del collo femorale e dalla diafisi del femore). Il confronto statistico dei gruppi è stato effettuato mediante l'Anova test di cui si è utilizzato il test post hoc di Bonferroni per i confronti multipli fra le varie coppie dei gruppi di variabili in esame. Un modello lineare generalizzato multivariato è stato utilizzato per selezionare le variabili differenzianti i gruppi di fratture in esame (pacchetto statistico SPSS).

## RISULTATI

La tabella I riporta le caratteristiche della popolazione esaminata, suddivisa in base al tipo di frattura o alla sua assenza. All'Anova test i gruppi risultavano significativamente diversi per età, altezza, BMD vertebrale, ACD e LCF. Per il criterio di selezione, i gruppi avevano eguale BMD del collo femorale ed inoltre non differivano significativamente per la BMD del gran trocantere e del triangolo di Ward. Usando una analisi lineare multivariata, si è individuato un modello che comprendesse le variabili, tra tutte quelle considerate, che fossero in grado di differenziare significativamente le fratture vertebrali da quelle sia del collo femorale che del gran trocantere. Fra fratture vertebrali e fratture del gran trocantere risultavano variabili significativamente discrimi-

**Tabella I** - Confronto fra i gruppi in esame delle variabili considerate.

	Età (anni)	Età men (anni)	Altezza (cm)	Peso (Kg)	BMD collo (mg/cm <sup>2</sup> )	BMD* trocant (mg/cm <sup>2</sup> )	BMD* Ward (mg/cm <sup>2</sup> )	BMD* vert (mg/cm <sup>2</sup> )	Ang.Cerv-diaf (gradi)	Lungh collo (cm)
Contr.	72.0±9.7	48.7±5.03	157.8±5.8	58.1±8.6	555.6±51.4	466.7±64.7	383.7±63.9	740.4±134.5	122.8±5.4	10.7±0.7
Fr. Vert.	72.5±7.8	48.1±4.5	156.4±6.1 <sup>b</sup>	56.7±9.0	554.9±64.4	461.3±80.6	372.0±68.6	680.5±124.6 <sup>c</sup>	122.8±5.2	10.7±0.7
Fr. Troc.	77.5±10 <sup>a</sup>	49.5±3.7	158.4±5.6	59.8±9.9	558.7±65.9	450.2±74.0	380.6±81.7	736.6±138.9	123.3±6.3	10.8±0.69
Fr. Collo	73.6±10.3	48.6±3.9	159.5±6.1	58.2±10.6	556.2±75.6	468.3±80.3	377.8±77.5	756.8±146.4	126.5±6.2 <sup>d</sup>	11.0±0.73 <sup>e</sup>
p*	0.001	N.S.	0.001	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0.001	0.001	0.001

\*Anova test; Anova: test post hoc. a: p<0.001 Vs controlli e fratture vertebrali; a: p<0.01 Vs fr collo femorale; b: p<0.001 Vs fr collo e fr troc.; c: p<0.001 Vs altri sottogruppi; d: p<0.001 Vs altri sottogruppi; e: p<0.001 Vs controlli

**Tabella II** - Differenze fra fratture vertebrali e del gran trocantere (modello lineare generalizzato).

	Età	Età men	Altezza	Peso	BMD Collo	BMD* Trocan	BMD* ward	BMD* Vert	ACD	LCF
Fr Vert Vs Fr Troc	0.001*	N.S.*	0.008*	N.S.*	N.S.*	N.S.*	N.S.*	0.001*	N.S.*	N.S.*
	0.075°	0.026°	0.029°	0.026°	0.001°	0.005°	0.003°	0.043°	0.001°	0.002°
*Test degli effetti fra variabili. Valore della p; °R <sup>2</sup>										

**Tabella III** - Differenze fra le fratture vertebrali e del collo femorale (modello lineare generalizzato).

	Età	Età men	Altezza	Peso	BMD Collo	BMD* Trocan	BMD* ward	BMD* Vert	ACD	LCF
Fr Vert Vs Fr Collo fem	N.S.*	N.S.*	0.001*	N.S.*	N.S.*	N.S.*	N.S.*	0.001*	0.001*	0.001*
	0.004°	0.004°	0.062°	0.010°	0.001°	0.002°	0.002°	0.074°	0.093°	0.039°
*Test degli effetti fra variabili. Valore della p; °R <sup>2</sup>										

nanti i due tipi di frattura, l'età, l'altezza e la densità del rachide lombare (Tab. II). Altezza, BMD vertebrale, ACD e LCF entravano invece nel modello discriminante le FV da quelle del collo femorale (Tab. III). Fra fratture del collo femorale e del gran trocantere risultano discriminanti le variabili ACD ( $p < 0.001$ ,  $R^2 = 0.062$ ) e LCF ( $p < 0.017$ ,  $R^2 = 0.025$ ).

## DISCUSSIONE

In questo studio valutiamo se alcuni parametri geometrici del collo femorale svolgono un ruolo specifico nella patogenesi delle fratture di anca. A tale scopo abbiamo selezionato donne in menopausa, con fratture di collo femorale, del gran trocantere, del rachide dorsale o lombare e un gruppo di controllo senza fratture. I gruppi di soggetti in esame sono stati appaiati per densità ossea del collo femorale in modo da annullare il ruolo di quest'ultima quale fattore discriminante fra i gruppi. Questo ha fatto sì che anche le densità al triangolo di Ward e al gran trocantere non fossero significativamente differenti fra i tre gruppi di soggetti fratturati e il gruppo di controllo. Una differenza statisticamente significativa era invece rilevabile fra i gruppi, all'Anova test, relativamente alla densità ossea del rachide lombare, ai parametri della geo-

metria del collo femorale, all'età e all'altezza indicando per queste variabili diversità di valori fra i gruppi in esame. Utilizzando una analisi multivariata abbiamo quindi verificato quali delle variabili utilizzate erano in grado di discriminare le donne con fratture vertebrali da quelle con gli altri due tipi di frattura. Nessuna delle variabili geometriche entrava nel modello che discrimina le fratture vertebrali da quelle del gran trocantere. I nostri dati pertanto non confermano quelli della letteratura (11), relativi peraltro a campioni di soggetti in cui venivano raggruppate sia fratture del collo femorale che fratture del gran trocantere, circa l'esistenza di caratteristiche anatomiche del femore prossimale che differenzino le donne osteoporotiche con frattura del gran trocantere da quelle con fratture vertebrali. Altre variabili differenziano questi due gruppi di donne quali la minore densità ossea del rachide nelle fratture vertebrali e l'età anagrafica più avanzata, il maggiore peso corporeo e la maggiore altezza nelle fratture del gran trocantere. Questi dati concordano con quanto già riportato in letteratura circa il rapporto fra altezza e rischio di fratture dell'anca (12) e la migliore capacità di predire il rischio della densità misurata nella sede di frattura (13). Viene inoltre confermato che la frattura del gran trocantere si verifica in età più avanzata rispetto alle fratture del rachide (14). Le variabili altezza e BMD vertebrale entrano an-

che nel modello che differenzia le fratture del collo femorale da quelle vertebrali in aggiunta all'angolo cervico-diafisario e alla lunghezza del collo femorale. Altri Autori avevano già evidenziato che alcuni parametri della geometria del collo femorale rappresentano fattori di rischio per le fratture del collo femorale evidenziando così una diversità fra soggetti con queste fratture e individui di controllo non fratturati (7, 8). Più recentemente è stato riportato che la lunghezza del collo femorale in una popolazione di donne italiane discrimina soggetti con fratture vertebrali e dell'anca (15) analogamente a quanto da noi osservato in questo studio, nel quale la capacità discriminante viene estesa anche all'ACD, già da altri riportato come fattore di rischio di frattura dell'anca (8, 16) ma non come variabile in grado di discriminare fra questa frattura e quella vertebrale. Il fatto che dai nostri dati emerga una differenza circa la LCF e l'ampiezza dell'ACD tra soggetti con FCF e FV, essendo nei gruppi esaminati la BMD eguale in tutte le sedi di

misura del femore prossimale, può essere indicativo di un ruolo specifico dei fattori geometrici esaminati nel predisporre alla frattura del collo femorale, indipendentemente da altri noti fattori di rischio quali la ridotta massa ossea. Altrettanto non possiamo dire per le fratture trocanteriche in cui la geometria del femore prossimale è simile a quella dei soggetti con fratture vertebrali. Questa frattura appare quindi più direttamente dipendente dalla ridotta massa ossea e pertanto più associata alla osteoporosi. Il nostro studio ha la limitazione di basarsi su una casistica numericamente limitata che non riproduce le caratteristiche della popolazione generale da cui è stata selezionata. Esso tuttavia evidenzia che alcuni fattori geometrici del collo femorale quali l'ACD e la LCF sono elementi che differenziano i soggetti osteoporotici con frattura del collo femorale da quelli con fratture vertebrali prospettandone un ruolo specifico nella patogenesi delle prime, ruolo che ovviamente necessita di ulteriori verifiche e conferme.

#### RIASSUNTO

La densità e la geometria ossea sono i principali fattori correlati alla resistenza ossea al carico. In questo studio verificammo se differenze nella geometria del femore prossimale caratterizzano differenti tipi di frattura da osteoporosi. A tale scopo abbiamo valutato se la lunghezza del collo femorale (LCF) e l'angolo cervico-diafisario (ACD) di donne osteoporotiche post-menopausali, con fratture del collo femorale (FCF) o del gran trocantere (FGT), si differenziano da quelli di donne con fratture vertebrali (FV) aventi identica densità ossea al femore prossimale. I risultati hanno evidenziato che l'ACD è più ampio e la LCF maggiore nei soggetti osteoporotici con FCF rispetto a quelli con FV. Questo può avere un ruolo predisponente per la FCF.

**Parole chiave** - Densità minerale ossea, osteoporosi, geometria del femore prossimale, fattori di rischio, fratture vertebrali, fratture di femore.

**Key words** - Bone mineral density, osteoporosis, proximal femur geometry, risk factors, vertebral fractures, hip fractures.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Weber TG, Yang KH, Woo R, Fitzgerald RH Jr. Proximal femur strength: correlation of the rate of loading and bone mineral density. *ASME Adv Bioeng* 1992; 22: 111-4.
2. Courtney AC, Wachtel EF, Myers ER, Hayes WC. Effects of loading rate on strength of the proximal femur. *Calcif Tissue Int* 1994; 55: 53-8.
3. Cheng XG, Lowet G, Boonen S, Nicholson PH, Brys P, Nijs J, et al. Assessment of the strength of proximal femur in vitro: relationship to femoral bone mineral density and femoral geometry. *Bone* 1997; 20: 213-18.
4. Martin RB. Determinants of the mechanical properties of bones. *J Biomech* 1991; Suppl. 24: 79-88.
5. Greenspan SL, Myers ER, Maitland LA, Resnick NM, Heyes WC. Fall severity and bone mineral density as risk factors for hip fracture in ambulatory elderly. *JAMA* 1994; 271: 128-33.
6. Black DM, Cummings SR, Genant HK, Nevitt MC, Palermo L, Browner W: Axial and appendicular bone density predicts fracture in older women. *J Bone Miner Res* 1992; 7: 633-8.
7. Faulkner KG, Cummings SR, Black D, Palermo L, Gluer CC, Genant HK. Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture: The study of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1993;10: 1211-7.
8. Alonso CG, Curiel MD, Carranza FH, Cano RP, Perez AD. Femoral bone mineral density, neck-shaft angle and mean femoral neck width as predictors of hip fracture in men and women. Multicenter project for research in osteoporosis. *Osteoporos Int* 2000; 11: 714-20.
9. Ross PD, Genant HK, Davis JW, Miller PD, Wasnich RD. Predicting vertebral fracture incidence from prevalent fractures and bone density among non-black, osteoporotic women. *Osteoporos Int* 1993; 3: 120-6.

10. Pinilla TP, Boardman KC, Bouxsein ML, Myers ER, Hayes WC. Impact direction from a fall influences the failure load of the proximal femur as much as age related loss. *Calcif Tissue Int* 1996; 58: 231-5.
11. Boonen S, Koutri R, Dequeker J, Aerssens J, Lowet G, Nijs J, et al. Measurement of femoral geometry in type I and Type II osteoporosis: differences in Hip Axis length consistent with heterogeneity in the pathogenesis of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 1908-12.
12. Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS, Stone K, Fox KM, Ensrud KE, et al. Risk factors for hip fracture in white women. *N Engl J Med* 1995; 332: 767-3.
13. Melton LJ, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Wahner HW, Riggs BL. Long-term fracture prediction by bone mineral assessed at different skeletal sites. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 1227-3.
14. Sernbo I, Johnell O. Background factors in patients with hip fractures-differences between cervical and trochanteric fractures. *Compr Gerontol (A)* 1987; 1: 109-11.
15. Rosso R, Minisola S. Hip axis length in an italian osteoporotic population. *BJR* 2000; 73: 969-2.
16. Gnudi S, Ripamonti C, Gualtieri G, Malavolta N. Geometry of proximal femur in the prediction of hip fracture in osteoporotic women *BJR* 1999; 72: 729-33.