

## Relationship between body composition, body mass index and bone mineral density in a large population of normal, osteopenic and osteoporotic women

### *Relazione tra composizione corporea, indice di massa corporea e densità minerale ossea in una vasta popolazione di donne normali, osteopeniche e osteoporotiche*

A. Andreoli<sup>1</sup> • A. Bazzocchi<sup>2</sup> • M. Celi<sup>3</sup> • D. Lauro<sup>4</sup> • R. Sorge<sup>5</sup> • U. Tarantino<sup>3</sup> • G. Guglielmi<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup>Human Nutrition and Physiology Unit, University of Rome “Tor Vergata”, Via Montpellier 1, 00173 Rome, Italy

<sup>2</sup>Imaging Division, Clinical Department of Radiological and Histocytopathological Sciences, University of Bologna, Sant’Orsola-Malpighi Hospital, Via Massarenti 9, 40138 Bologna, Italy

<sup>3</sup>Department of Orthopaedics and Traumatology, University Hospital “Policlinico Tor Vergata”, Viale Oxford 81, 00133 Rome, Italy

<sup>4</sup>Endocrinology Department, University Hospital “Policlinico Tor Vergata”, Viale Oxford 81, 00133 Rome, Italy

<sup>5</sup>Institute of Medical Informatics and Biometry, University “Tor Vergata”, Rome, Italy

<sup>6</sup>Department of Radiology, University of Foggia, Viale Luigi Pinto 1, 71100 Foggia, Italy

<sup>7</sup>Department of Radiology, Hospital San Giovanni Rotondo, 71013 San Giovanni Rotondo, Italy

Correspondence to: A. Andreoli, Tel.: +39-067-2596415, Fax: +39-067-2596407, e-mail: angela.andreoli@uniroma2.it

Received: 13 January 2011 / Accepted: 17 February 2011 / Published online: 4 June 2011

© Springer-Verlag 2011

#### Abstract

**Purpose.** The knowledge of factors modulating the behaviour of bone mass is crucial for preventing and treating osteoporotic disease; among these factors, body weight (BW) has been shown to be of primary importance in postmenopausal women. Nevertheless, the relative effects of body composition indices are still being debated. Our aim was to analyze the relationship between body mass index (BMI), fat and lean mass and bone mineral density (BMD) in a large population of women. Moreover, this study represents a first important report on reference standard values for body composition in Italian women.

**Materials and methods.** Between 2005 and 2008, weight and height of 6,249 Italian women (aged 30–80 years) were measured and BMI was calculated; furthermore BMD, bone mineral content, fat and lean mass were measured by dual-energy X-ray absorptiometry.

Individuals were divided into five groups by decades (group 1, 30.0–39.9; group 2, 40.0–49.9; group 3, 50.0–59.9; group 4, 60.0–69.9; group 5, 70.0–79.9). Differences among decades for all variables were calculated using a one-way analysis of variance (ANOVA) and Bonferroni test by the SPSS programme.

**Results.** Mean BW was  $66.8 \pm 12.1$  kg, mean height

#### Riassunto

**Obiettivo.** La conoscenza dei fattori che modulano il comportamento della massa ossea è cruciale nella prevenzione e nel trattamento della malattia osteoporotica; tra questi fattori, il peso corporeo (BW) ha dimostrato di essere di primaria importanza nelle donne in postmenopausa. Tuttavia gli effetti relativi degli indici di composizione corporea sono oggi ancora dibattuti. Il nostro obiettivo è stato quello di analizzare la relazione tra l'indice di massa corporea (BMI), la massa grassa, la massa magra e la densità minerale ossea (BMD) in una vasta popolazione di donne. Inoltre questo studio rappresenta un primo importante report sui valori di riferimento standard di composizione corporea nella popolazione femminile italiana.

**Materiali e metodi.** Nel periodo compreso tra il 2005 e il 2008 sono stati rilevati peso e altezza di 6249 donne italiane (età 40–80 anni), ed è stato calcolato il BMI; inoltre sono stati misurati BMD, contenuto minerale osseo, massa grassa e massa magra attraverso assorbimetria a raggi X a doppia energia. La popolazione dello studio è stata ripartita in 5 gruppi per decade di età (gruppo 1 da 30,0 a 39,9; gruppo 2 da 40,0 a 49,9; gruppo 3 da 50,0 a 59,9; gruppo 4 da 60,0 a 69,9; gruppo 5 da 70,0 a 79,9).

159.1±6.3 cm and mean BMI 26.4±4.7 kg/m<sup>2</sup>. According to BW and BMI, there was an increase of obesity with age, especially in women older than 50 years ( $p<0.001$ ). Lean mass increased until 50 years of age but significantly decreased after this age ( $p<0.001$ ). The percentage of osteopenia and osteoporosis in the examined population was 43.0% and 16.7%, respectively.

**Conclusions.** Our data show that obesity significantly decreased the risk for osteoporosis but did not decrease the risk for osteopenia. It is strongly recommended that a strong policy regarding prevention of osteopenia and osteoporosis be commenced. An overall examination of our results suggests that both fat and lean body mass can influence bone mass and that their relative effect on bone could be modulated by their absolute amount and ratio to total BW.

**Keywords** Osteoporosis · Body composition · Body mass index · Bone mineral density · Dual X-ray absorptiometry · Photon

*Per tutte le variabili sono state calcolate le differenze e la loro significatività tra le decadi di età attraverso l'analisi della varianza a una via (ANOVA) e il test di Bonferroni, utilizzando il software SPSS.*

**Risultati.** Il BW medio è stato 66,8±12,1 kg, l'altezza media 159,1±6,3 cm, e il BMI medio 26,4±4,7 kg/m<sup>2</sup>. Con l'aumento del BW e del BMI si è osservato un aumento dell'obesità con l'età, soprattutto sopra i 50 anni ( $p<0,001$ ). La massa magra ha dimostrato di aumentare fino ai 50 anni ma è significativamente diminuita dopo questa età ( $p<0,001$ ). La percentuale di osteopenia e osteoporosi nell'intera popolazione è stata rispettivamente del 43,0% e 16,7%.

**Conclusioni.** I nostri dati hanno mostrato che l'obesità diminuisce il rischio di osteoporosi ma non diminuisce il rischio di osteopenia. È fortemente raccomandato iniziare una rigorosa politica di prevenzione dell'osteopenia e dell'osteoporosi. Un'analisi generale dei nostri risultati suggerisce quindi che sia la massa grassa sia la massa magra possono influenzare la massa ossea e che gli effetti relativi sull'osso possono essere modulati dalla loro quantità assoluta e dal rapporto sul peso corporeo complessivo.

**Parole chiave** Osteoporosi · Composizione corporea · Indice di massa corporea · Densità minerale ossea · Densitometria ossea a raggi X a doppia energia · Fotone

## Introduction

Osteoporosis is becoming increasingly prevalent with the aging of the world population. Osteoporotic disease is a major public health problem associated with increased mortality and morbidity rates [1]. In Italy, >18% of the population is older than 75 years and 4% older than 85 years. The Epidemiologic Study on the Prevalence of Osteoporosis in Italy showed that the prevalence of osteoporosis among women and men ≥60 years is 22.8% and 14.5%, respectively, giving rise to about 80,000 new fractures per year [2].

Body mass index (BMI), a height-standardised measure of body weight (BW), has been found to be related to the risk of osteoporotic fractures [3, 4]. BMI is inversely related with the risk of osteoporotic hip fracture [3], although its relationship with other limb fragility fractures is still debated [5]. Further, Gnudi et al. recently suggested that there are no BMI categories that protect against these fragility fractures compared with that of normal BW after adjusting for bone mineral density (BMD) and age [6]. Beck et al. showed that traumatic forces increase with BW, but fracture rates at the hip and central body were less frequent with increasing

## Introduzione

*A causa del progressivo invecchiamento della popolazione mondiale, l'osteoporosi sta diventando una patologia sempre più diffusa e rappresenta un grave problema di sanità pubblica associata ad un incremento della mortalità e della morbilità [1]. In Italia più del 18% della popolazione ha un'età superiore a 75 anni e il 4% è al di sopra degli 85. Lo Studio Epidemiologico sulla Prevalenza dell'Osteoporosi in Italia ha mostrato che la prevalenza all'età di 60 anni è al di sopra del 22,8% e del 14,5%, rispettivamente nelle donne e negli uomini ed è responsabile di circa 80.000 nuove fratture ogni anno [2].*

*È stata, inoltre, riscontrata una relazione tra le fratture osteoporotiche e l'indice di massa corporea (BMI), parametro biometrico espresso come rapporto tra peso (body weight, BW) e altezza [3, 4]. L'indice di massa corporea è risultato inversamente proporzionale al rischio di frattura osteoporotica del collo del femore [3], anche se è ancora oggetto di dibattito l'eventuale correlazione con altre fratture da fragilità degli arti [5]. Inoltre, Gnudi et al. [6] hanno recentemente suggerito che, dopo correzione per età e densità minerale ossea (bone mineral density, BMD), non*

BMI, possibly due to greater soft-tissue padding. There was no evident protective effect in fracture rates at less padded distal-extremity sites. Upper-extremity fractures showed no variation with BMI, and lower-extremity fracture rates were higher only in the overweight population (BMI 25–29.9 kg/m<sup>2</sup>) [7].

Several changes in body composition may occur with ageing, including reduced fat-free tissue mass and increased fat mass, leading to a higher percentage of body fat at any given BW in older adults. A decrease in height will increase BMI without an increase in fat mass. BMI is normally used in population studies in which overweight and obesity are related to morbidity and mortality rates. However, predictive methods have a relatively large error at an individual level, and thus, if individuals must be classified into categories, misclassification can occur.

The aim of this study was to evaluate the relationship between BMI, body composition and BMD and to determine the prevalence of osteopenia and osteoporosis in Italian women. This study also represents a first important report on reference standard values for body composition in Italian women.

## Materials and methods

### Study participants

In a cross-section study, we retrospectively analyzed data of 6,249 Italian women ranging in age from 30 to 80 years who participated in ongoing studies on body composition and/or energy metabolism at our university from 2005 to mid-2008. The Medical Ethical Committee of the university approved the measurements, and all participants signed informed consent. Participants were divided into five groups by decade (group 1, 30.0–39.9; group 2, 40.0–49.9; group 3, 50.0–59.9; group 4, 60.0–69.9; group 5, 70.0–79.9).

### Body weight, height, and body mass index

BW was measured to the nearest 0.1 kg on an electronic beam scale, without clothes and shoes and after participants had voided. Height was measured to the nearest 0.5 cm using a stadiometer. BW and height were each measured twice per time point, and the average of the two measures was used. BMI was calculated. Participants were categorised in BMI groups according to World Health Organisation (WHO) criteria: normal weight, BMI <24.9 kg/m<sup>2</sup>; overweight, BMI >25 <29.9 kg/m<sup>2</sup>; obesity, BMI >30 kg/m<sup>2</sup>. In addition, they were classified into categories according to body fat percentage (BF%): normal BF%, <35% in women; high BF >35% in women; very high BF%, >40% in women.

*esistono categorie di BMI che proteggano dalle fratture da fragilità se confrontate a soggetti di peso normale. Beck et al. [7] hanno dimostrato che le forze traumatiche incrementano con l'aumentare del peso corporeo, ma la percentuale di fratture del rachide e del collo femorale risulta inferiore, probabilmente a causa dell'aumento del tessuto adiposo. Non sono stati, invece, evidenziati effetti protettivi nelle regioni distali per la minor presenza di tessuto adiposo. Le fratture alle estremità superiori non hanno evidenziato variazioni rispetto al BMI, mentre le percentuali di fratture alle estremità inferiori sono risultate maggiori solo nei soggetti in sovrappeso (BMI 25–29,9 kg/m<sup>2</sup>) [7].*

*L'invecchiamento può comportare molteplici cambiamenti nella composizione corporea (body composition, BC), in particolare può verificarsi una riduzione della quota di massa magra e un incremento di quella grassa. Questo processo porta a una maggior percentuale di grasso corporeo nei soggetti anziani, qualunque sia il loro peso. Il BMI è usato di solito in studi di popolazione nei quali il sovrappeso e l'obesità sono correlate a morbilità e mortalità. Comunque, i metodi predittivi hanno un errore relativamente ampio a livello individuale perciò, se i soggetti devono essere inseriti in categorie, può verificarsi un'errata classificazione.*

*Lo scopo di questo studio è stato sia quello di valutare la relazione tra BMI, BC e BMD sia quello di determinare la prevalenza dell'osteopenia e dell'osteoporosi nella popolazione femminile italiana. Questo studio rappresenta anche il primo importante contributo scientifico relativo ai valori standard di riferimento per la composizione corporea delle donne italiane.*

## Materiali e metodi

### Soggetti

*In questo studio trasversale abbiamo analizzato retrospettivamente i dati di 6249 donne italiane di età compresa tra 30 e 80 anni. I soggetti hanno partecipato agli studi sulla BC e/o sul metabolismo energetico presso la nostra università dal 2005 a metà 2008. Il Comitato Medico Etico dell'università ha approvato le misurazioni e tutte le donne hanno firmato un consenso informato. Tutti i soggetti sono stati divisi in 5 gruppi per decenni di età (gruppo 1 da 30,0 a 39,9; gruppo 2 da 40,0 a 49,9; gruppo 3 da 50,0 a 59,9; gruppo 4 da 60,0 a 69,9; gruppo 5 da 70,0 a 79,9).*

### Peso corporeo, altezza e BMI

*BW è stato misurato con l'approssimazione di 0,1 kg su una bilancia elettronica, senza abiti e senza scarpe. L'altezza è stata misurata con l'approssimazione di 0,5 cm,*

**Table 1** T-score values and diagnosis by the World Health Organization

Diagnosis	T-score
Normal (0)	$\geq -1$
Osteopenia (1)	$-1 < T < -2.5$
Osteoporosis (2)	$\leq -2.5$

**Tabella 1** Valori di T-score e diagnosi secondo la WHO

Diagnosi	T-score
Normale (0)	$\geq -1$
Osteopenia (1)	$-1 < T < -2,5$
Osteoporosi (2)	$\leq -2,5$

According to WHO, obesity in young to middle-aged individuals (BMI  $>30$  kg/m<sup>2</sup>) corresponds with BF% values  $>35\%$  in women [8].

#### BMD, bone mineral content and body composition

Total body measurements of BMD, bone mineral content (BMC), fat mass, and lean mass were made using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA – Hologic QDR 4500A, Hologic Inc., Waltham, MA, USA). The scanner was calibrated daily against the standard calibration block supplied by the manufacturer to control for possible baseline drift. DXA measured total BMD and BMC with a precision (coefficient of variation) of 0.7%. For total body lean tissue and fat mass, these values were 0.8% and 1.6%, respectively. The diagnosis of osteoporosis was done according to T-score values and diagnosis by WHO as showed in Table 1.

#### Statistical analysis

All data analysis was performed using the Statistical Package for the Social Sciences Windows, version 15.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). Descriptive statistics consisted of the mean  $\pm$  standard deviation (SD). Differences among decades for all variables were calculated using a one-way analysis of variance (ANOVA) and multiple comparison of Bonferroni test. Trend and association between variables was performed using Pearson's analysis of correlation. A *p* value of  $<0.05$  was considered statistically significant.

## Results

Anthropometric results are listed in Table 2. There was an increase of BMI with age. In particular, from age group 3

usando uno stadio metro. BW e altezza sono state misurate due volte ed è stata utilizzata la media tra le due misure. In seguito è stato calcolato il BMI. I soggetti sono stati inseriti in gruppi di BMI, secondo i criteri dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO): peso normale, BMI  $<24,9$  kg/m<sup>2</sup>; sovrappeso,  $25 < \text{BMI} < 29,9$  kg/m<sup>2</sup>; obesità, BMI  $>30$  kg/m<sup>2</sup>. Inoltre sono stati classificati in categorie secondo la percentuale di grasso corporeo (body fat, BF) nel sesso femminile (normale BF%,  $<35\%$ ; elevata BF%,  $>35\%$ ; molto elevata BF%,  $>40\%$ ). Secondo i criteri WHO l'obesità nei soggetti giovani e di mezza età corrisponde a valori percentuali di BF superiori al 35% nelle donne [8].

BMD, contenuto minerale osseo e misurazioni della composizione corporea

Le misurazioni del BMD, del contenuto minerale osseo (BMC), della massa grassa e di quella magra sono state effettuate in tutte le sedi corporee, utilizzando la tecnica assorbimetrica a raggi X a doppia energia (DXA, Hologic QDR 4500A, Hologic Inc., Waltham, MA, USA). Lo scanner è stato calibrato quotidianamente usando il phantom standard di riferimento fornito dal produttore per controllare eventuali variazioni dai valori di base. La DXA ha misurato la BMD e BMC con una precisione (coefficiente di variazione) dello 0,7%. Per la massa magra e per quella grassa, questi valori sono stati rispettivamente dello 0,8% e dell'1,6% in tutte le sedi corporee. La diagnosi di osteoporosi è stata effettuata secondo i criteri ed i valori di T-score della WHO espressi in Tabella 1.

#### Analisi statistica

L'analisi di tutti i dati è stata ottenuta utilizzando il programma statistico Social Science Windows versione 15.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). L'analisi statistica ha preso in considerazione media  $\pm$  deviazione standard (SD). Le differenze tra le decadi di età per tutte le variabili sono state calcolate usando un'analisi della varianza (ANOVA) a una variabile (one-way) e la comparazione multipla del test Bonferroni. L'andamento e l'associazione tra le variabili è stata effettuata utilizzando l'analisi di correlazione di Pearson. È stato considerato statisticamente significativo un valore  $p < 0,05$ .

## Risultati

I risultati antropometrici sono stati elencati nella Tabella 2. Vi è stato un incremento del BMI in relazione all'età, in particolare è stato osservato un significativo aumento dell'obesità ( $p < 0,001$ ) dalla classe 3 di età (50–59 anni) alla classe 5 (70–80 anni). La massa magra aumenta fino

**Table 2** Anthropometric values (no., mean±standard deviation) of individuals by age

Age (years) (no. participants)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Fat mass (%)
30-39 (140)	60.4±12.7	162.5±6.6	22.8±4.5	30.9±7.8
40-49 (725)	65.9±12.3	161.3±6.3	25.4±4.5	34.6±5.9
50-59 (2,425)	66.4±11.8	159.6±6	26.1±4.5	36.2±5.5
60-69 (2,043)	68.3±12	158.5±6.2	27.2±4.7	37.9±5
70-80 (916)	67±11.5	156.7±6.4	27.3±4.5	37.9±5.2
Total 30-80 (6,249)	66.9±12	159.1±6.3	26.5±4.62	36.7±5.6

BMI, body mass index

**Tabella 2** Valori antropometrici (media±DS) della popolazione suddivisa per età

Decade di età (anni) (pazienti n)	Peso (kg)	Statura (cm)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Massa grassa (%)
30-39 (140)	60,4±12,7	162,5±6,6	22,8±4,5	30,9±7,8
40-49 (725)	65,9±12,3	161,3±6,3	25,4±4,5	34,6±5,9
50-59 (2425)	66,4±11,8	159,6±6	26,1±4,5	36,2±5,5
60-69 (2043)	68,3±12	158,5±6,2	27,2±4,7	37,9±5
70-80 (916)	67±11,5	156,7±6,4	27,3±4,5	37,9±5,2
Totale 30-80 (6249)	66,9±12	159,1±6,3	26,5±4,62	36,7±5,6

BMI, indice di massa corporea

**Table 3** BMD, BMC and body composition (mean±SD) of participants by age

Age (years) (no. participants)	BMD (g/cm <sup>2</sup> )	BMC (g)	Lean mass (kg)	Fat mass (kg)
30-39 (140)	1.06±0.102	1976.2±337.0	42.1±6.3	19.3±8.5
40-49 (725)	1.06±0.098	1990.7±296.5	43.1±6.1	23.7±8.2
50-59 (2,425)	1.01±0.097	1851.3±283.3	42.9±5.6	24.7±7.5
60-69 (2,043)	0.96±0.101	1713.9±289.6	42.6±5.7	26.4±7.5
70-80 (916)	0.93±0.099	1617.3±286.9	41.5±5.5	25.9±7.2
Total 30-80 (6,249)	0.99±0.108	1791.1±310.6	42.2±5.7	25.2±7.7

BMD, bone mineral density; BMC bone mineral content; SD, standard deviation

**Tabella 3** Densità minerale ossea (BMD), contenuto minerale osseo (BMC) e composizione corporea della popolazione suddivisa per età. I dati sono espressi come media±DS

Decade di età (anni) (pazienti n)	BMD (g/cm <sup>2</sup> )	BMC (g)	Massa magra (kg)	Massa grassa (kg)
30-39 (140)	1,06±0,102	1976,2±337,0	42,1±6,3	19,3±8,5
40-49 (725)	1,06±0,098	1990,7±296,5	43,1±6,1	23,7±8,2
50-59 (2425)	1,01±0,097	1851,3±283,3	42,9±5,6	24,7±7,5
60-69 (2043)	0,96±0,101	1713,9±289,6	42,6±5,7	26,4±7,5
70-80 (916)	0,93±0,099	1617,3±286,9	41,5±5,5	25,9±7,2
Totale 30-80 (6249)	0,99±0,108	1791,1±310,6	42,2±5,7	25,2±7,7

(50–59 years) to age group 5 (70–80 years), a significant increase in obesity was observed ( $p<0.001$ ). Lean mass increased until 50 years of age but significantly decreased after this age ( $p<0.001$ ) (Table 3). The correlation between BMD and fat mass ( $R=0.141$ ;  $p<0.001$ ) did not show a linear trend (Table 4). The correlation between BMD and lean mass ( $R=0.627$ ;  $p<0.001$ ) was higher and with a linear trend (Table 4; Fig. 1). BMD decreased with age but it is

ai 50 anni ma decresce significativamente dopo questa età ( $p<0,001$ ) (Tabella 3). La correlazione tra la BMD e la massa grassa ( $R=0,141$ ,  $p<0,001$ ) non mostra un andamento lineare (Tabella 4). La correlazione tra la BMD e la massa magra ( $R=0,627$ ,  $p<0,001$ ), invece, si è mostrata più alta e con un andamento lineare (Tabella 4; Fig. 1). La BMD decresce con l'aumentare dell'età ed è importante rilevare che nella nostra popolazione vi è un'impor-

**Table 4** Linear regression analysis: body composition vs. BMC and BMD

		Age	Fat mass	Lean mass	Fat mass (%)	BMC
Fat mass	R	0.155				
	<i>p</i>	0.0001				
	N	6,249				
Lean mass	R	−0.047	0.670			
	<i>p</i>	0.0001	0.0001			
	N	6,249	6,249			
% Fat mass	R	0.250	0.875	0.263		
	<i>p</i>	0.0001	0.0001	0.0001		
	N	6,249	6,249	6,249		
BMC	R	−0.382	0.334	0.627	0.055	
	<i>P</i>	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
	N	6,249	6,249	6,249	6,249	
BMD	R	−0.403	0.141	0.386	−0.056	0.899
	<i>P</i>	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	N	6,249	6,249	6,249	6,249	6,249

BMC, bone mineral content; BMD, bone mineral density

**Tabella 4** Analisi della regressione lineare: composizione corporea rispetto a densità minerale ossea (BMD) e contenuto minerale osseo (BMC)

		Età	Massa grassa	Massa magra	Massa grassa (%)	BMC
Massa grassa	R	0,155				
	<i>p</i>	0,0001				
	N	6249				
Massa magra	R	−0,047	0,670			
	<i>p</i>	0,0001	0,0001			
	N	6249	6249			
Percentuale massa grassa	R	0,250	0,875	0,263		
	<i>p</i>	0,0001	0,0001	0,0001		
	N	6249	6249	6249		
BMC	R	−0,382	0,334	0,627	0,055	
	<i>p</i>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
	N	6249	6249	6249	6249	
BMD	R	−0,403	0,141	0,386	−0,056	0,899
	<i>p</i>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	N	6249	6249	6249	6249	6249

important to highlight the relevant finding in our population of significant percentage of osteopenia in the young age groups (Table 4). Osteoporosis increased with age (from 2.9% to 36.6%), with relative risk (RR) of 12.6. Osteopenia drastically increased from 29.3% to 45.4%, with RR=1.7 (Fig. 2).

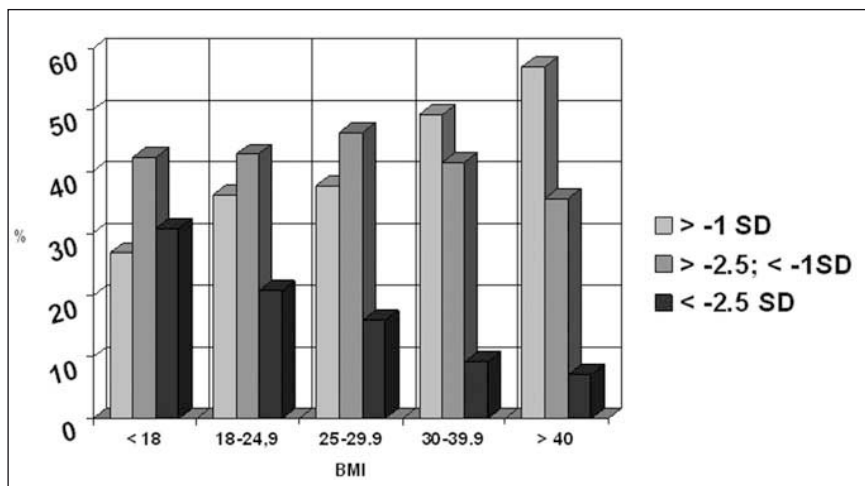
## Discussion

Clinical consequences and economic burden of osteoporosis indicate a need for intervention in women at high

tante percentuale di osteopenia in giovane età (Tabella 4). L'osteoporosi aumenta con l'aumentare dell'età (dal 2,9% al 36,6%) con rischio relativo (RR)=12,6. La condizione osteopenica incrementa drasticamente dal 29,3% al 45,4% con RR=1,7 (Fig. 2).

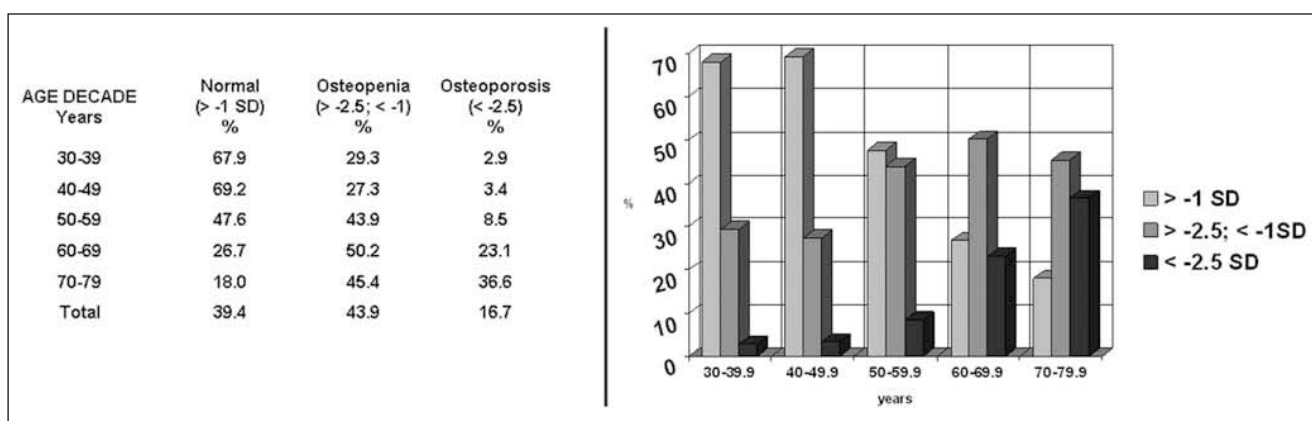
## Discussione

Le conseguenze cliniche e il peso economico dell'osteoporosi indicano una necessità di intervento nelle donne ad alto rischio. La conoscenza dell'osteoporosi ci insegna



**Fig. 1** Percentage of osteopenia/osteoporosis in our population for BMI class.

*Fig. 1* Percentuali di osteopenia/osteoporosi nella nostra popolazione per classi di BMI.

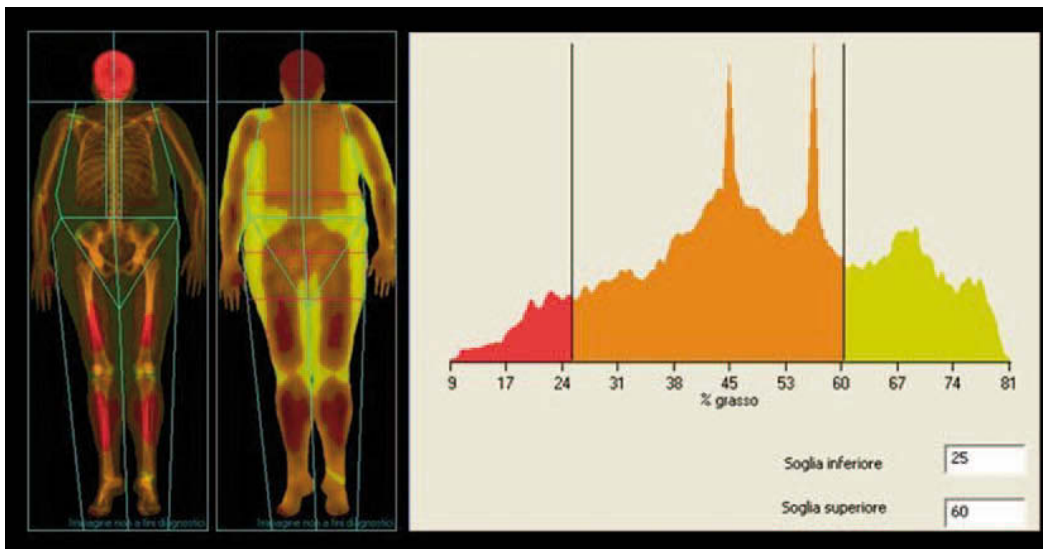


**Fig. 2** Percentage of osteopenia/osteoporosis in our population for age (decade).

*Fig. 2* Percentuali di osteopenia/osteoporosi nella nostra popolazione per decenni di età.

risk of the disease. A firm policy on the prevention of osteoporosis is strongly recommended. The history of osteoporosis teaches us that it is crucial to acquire normative databases on BMD for different techniques involved in the diagnosis of the disease. Reference standard data for densitometric values have been collected for DXA as well as for quantitative computed tomography (QCT) and peripheral QCT [9–11]. It is well known that all these data are essential for the application of imaging densitometric methods in the diagnosis of bone metabolic diseases. Hence, it clearly appears to be important to determine standard references for body composition values, especially with techniques that will play a prominent role in the next clinical generation. Among all methods used in the analysis of body composition, DXA has demonstrated to be one of the most suitable for clinical practice as a three-compartment (bone, fat, lean mass) model-based technique (Fig. 3) [12]. The collection and analysis of references for body composition in men and women will be difficult, as differences in fat mass and lean mass may be marked between countries and popula-

quanto sia cruciale acquisire dei dati normali di riferimento sulla BMD considerando le varie tecniche utilizzate nella diagnosi della malattia. Infatti, sono stati raccolti valori standard di riferimento per la DXA, ma anche per la quantitative computed tomography (QCT) e per la peripheral-QCT (pQCT) [9–11]; è risaputo quanto questi valori siano essenziali per l'applicazione dei metodi di imaging nella diagnosi delle malattie del metabolismo osseo. Di conseguenza appare importante determinare gli standard di riferimento per i valori di BC, specialmente per le tecniche che acquisiranno un ruolo prominente nella pratica clinica in un prossimo futuro. Rispetto a tutti gli altri metodi usati nell'analisi della BC, la DXA si è dimostrata una delle tecniche più adatte in quanto basata su tre compartimenti (osso, grasso e masse muscolari) (Fig. 3) [12]. La raccolta e l'analisi dei dati di riferimento per la BC nei maschi e nelle femmine sarà un compito difficile a causa delle differenze nella massa grassa e muscolare riscontrabili tra paesi e popolazioni differenti tra loro. Di conseguenza, un database normativo nazionale è assolutamente necessario



**Fig. 3** DXA analyses of human body composition with a whole-body scan. Total and regional amounts of fat mass (yellow), lean mass (red) and bone mineral content are measured.

*Fig. 3* DXA analizza la composizione corporea umana attraverso una scansione del corpo intero, misurando la quantità complessiva e regionale di massa grassa (giallo), massa magra (rosso) e contenuto minerale osseo.

tions. Therefore, a national normative database is definitely necessary on a country basis to provide the specific phenotype of the population in whole-body DXA analysis of body composition.

Some authors have performed research on the relationships between bone mass and BW or BMI [13, 14] and between bone mass and nonbone mass [15–17]. Nevertheless, our study population represents one of the larger to have been studied from this point of view. The most significant relationships between bone and fat/lean mass are reported in the “Results” section. Tables 2 and 3 present important data on body composition of this large population of adult women that can be correlated with disease-specific reports. Forecast important relationships between body composition values and risks or prognostic factors for a wide range of diseases will be a challenge.

The social problem of obesity is becoming better understood, but the endocrine function and the role of adipose tissue is still one of the main subjects of study and debate. Hence, body composition analysis may provide an important contribution to understanding “how fat is fat” and the function and physiopathology of adipose tissue [18, 19]. Our data showed that obesity significantly decreased the risk for osteoporosis but did not decrease the risk for osteopenia. An overall examination of our results therefore suggests that both fat and lean body mass can influence bone mass and that their relative effect on bone could be modulated by their absolute amount and ratio to total body mass weight. An important building block in the reference values of body composition by DXA in Italian women has now been laid.

per fornire il fenotipo specifico della popolazione in base all’analisi whole-body della BC ottenuta con DXA.

Al giorno d’oggi, alcuni autori hanno pubblicato ricerche sulle relazioni tra tessuto osseo e BW o BMI [13, 14], e tra tessuto osseo e parti molli [15–17]. A questo riguardo, la popolazione del nostro studio rappresenta una delle più ampie studiate finora da questo punto di vista. Le relazioni più significative tra tessuto osseo e massa grassa/muscolare sono state riportate nella sezione dei Risultati. Dalla Tabella 2 e dalla Tabella 3 si possono cogliere informazioni importanti sulla BC di questa ampia popolazione di donne adulte da correlare con i dati specifici. Sarà una sfida prevedere correlazioni significative tra i valori di BC e i rischi o i fattori prognostici per un ampio spettro di malattie.

Il problema sociale dell’obesità sta diventando man mano sempre più conosciuto, ma la funzione endocrina e il ruolo del tessuto adiposo sono ancora oggetto di studio e di dibattito. Quindi, la BC può fornire un contributo importante per capire la percentuale di massa grassa, la funzione e la fisiopatologia del tessuto adiposo [18, 19]. I nostri dati hanno dimostrato che l’obesità riduce significativamente il rischio di osteoporosi, nonostante non riduca il rischio di osteopenia. Una valutazione complessiva dei nostri risultati suggerisce, pertanto, che sia la massa grassa che quella muscolare possono influenzare il tessuto osseo, e che il loro effetto sul tessuto osseo potrebbe essere modulato dalla loro somma e dalla percentuale rispetto al peso della massa corporea. Infine, il nostro lavoro rappresenta un importante contributo per i dati normali di riferimento per la popolazione femminile italiana per quanto riguarda l’analisi della BC ottenuta con la DXA.



**Conflict of interest** None**References/Bibliografia**

1. Wallace LS, Ballard JE (2002) Lifetime physical activity and calcium intake related to bone density in young women. *J Womens Health Gend Based Med* 11:389–398
2. Crepaldi G, Romanato G, Tonin P, Maggi S (2007) Osteoporosis and body composition. *J Endocrinol Invest* 30(6 Suppl):42–47
3. Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS et al (1995) Risk factors for hip fracture in white women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *N Engl J Med* 332:767–773
4. Porthouse J, Birks YF, Torgerson DJ et al (2004) Risk factors for fracture in a UK population: a prospective cohort study. *QJM* 97:569–574
5. Chu SP, Kelsey JL, Keegan TH et al (2004) Risk factors for proximal humerus fracture. *Am J Epidemiol* 160:360–367
6. Gnudi S, Sitta E, Lisi L (2009) Relationship of body mass index with main limb fragility fractures in postmenopausal women. *J Bone Miner Metab* 27:479–484
7. Beck TJ, Petit MA, Wu G et al (2009) Does obesity really make the femur stronger? Bone mineral density, geometry and fracture incidence in the Women's Health Initiative-Observational Study. *J Bone Miner Res* 24:1369–1379
8. WHO (1995) Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Technical Report Series 854. WHO, Geneva
9. Pedrazzoni M, Girasole G, Bertoldo F et al (2003) Definition of a population-specific DXA reference standard in Italian women: the Densitometric Italian Normative Study (DINS). *Osteoporos Int* 14:978–982
10. Guglielmi G, Giannatempo GM, Blunt BA et al (1995) Spinal bone mineral density by quantitative CT in a normal Italian population. *Eur Radiol* 5:269–275
11. Guglielmi G, De Serio A, Fusilli S et al (2000) Age-related changes assessed by peripheral QCT in healthy Italian women. *Eur Radiol* 10:609–614
12. Andreoli A, Scalzo G, Masala S et al (2009) Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Radiol Med* 114:286–300
13. Chumlea WC, Guo SS (1999) Body mass and bone mineral quality *Curr Opin Rheumatol* 11:307–311
14. De Laet C, Kanis JA, Odén A et al (2005) Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 16:1330–1338
15. Capozza RF, Cointry GR, Cure-Ramírez P et al (2004) A DXA study of muscle–bone relationships in the whole body and limbs of 2512 normal men and pre- and post-menopausal women. *Bone* 35:283–295
16. Cure-Cure C, Capozza RF, Cointry GR et al (2005) Ferretti Reference charts for the relationships between dual-energy X-ray absorptiometry-assessed bone mineral content and lean mass in 3,063 healthy men and premenopausal and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 16:2095–2106
17. Hsu YH, Venners SA, Terwedow HA et al (2006) Relation of body composition, fat mass, and serum lipids to osteoporotic fractures and bone mineral density in Chinese men and women. *Am J Clin Nutr* 83:146–154
18. WHO (1998) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report on a WHO Consultation on Obesity, Geneva, 3–5 June, 1997 WHO/NUT/NCD/98.1. WHO, Geneva
19. De Lorenzo A, Deurenberg P, Pietrantuono M et al (2003) How fat is obese? *Acta Diabetol* 40:S254–S257