

Massa óssea cortical e fraturas de fragilidade na Coleção de Esqueletos Identificados do séc. XXI

Cortical bone mass and fragility fractures in the 21st century Identified Skeletal Collection

Andreia Perinha^{1a*}, Catarina Nogueira^{1b*}, Cláudia Umbelino^{1,2,4c}, Ana Maria Silva^{1,2,5,6d}, Eugénia Cunha^{1,3,6e}, Francisco Curate^{1,2,3,4f}



33

Resumo A osteoporose é uma patologia metabólica óssea com maior incidência nas mulheres pós-menopáusicas e nas camadas mais idosas das populações atuais. Caracteriza-se pelo decréscimo da massa e da resistência ósseas, com aumento subsequente do risco de fratura. No presente trabalho, propõe-se, como objetivo principal, a compreensão dos padrões epidemiológicos da perda de massa óssea cortical numa amostra de indivíduos pertencente à Coleção de Esqueletos Identificados do século XXI (CEI/XXI) e da sua relação com as fraturas de fragilidade. Foram analisados 136 indivíduos {♀=68; ♂=68} pertencentes à CEI/XXI. Para a avaliação da perda de massa óssea procedeu-se à análise radiogramétrica do 2.º metacárpico. Verificou-se também a presença/ausência de

Abstract Osteoporosis is a metabolic bone disease with greater incidence in postmenopausal women and the elderly from both sexes in present-day populations. It is characterized by a decline of bone mass and strength, resulting in an increased risk of fracture. The main purpose of this article is to assess the epidemiological patterns of cortical bone loss from the 21st century identified skeletal collection (CEI/XXI) and its relation with fragility fractures. Therefore, 136 individuals {♀=68; ♂=68} from the CEI/XXI were studied. Cortical bone loss was evaluated through radiogrammetric analysis at the second metacarpal. Skeletal fragility fractures (vertebrae, hip, distal radius and proximal humerus) were also evaluated. The results suggest that bone mass loss is directly related with aging, be-

¹ Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, Portugal.

² CIAS — Centro de Investigação em Antropologia e Saúde, Universidade de Coimbra, Portugal.

³ Laboratório de Antropologia Forense, Universidade de Coimbra, Portugal.

⁴ ICAREHB — Centro Interdisciplinar de Arqueologia e Evolução do Comportamento Humano, Universidade do Algarve, Portugal.

⁵ UNIARQ, Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa, Portugal.

⁶ Centro de Ecologia Funcional, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, Portugal.

^a orcid.org/0000-0001-8602-3614, ^b orcid.org/0000-0002-5385-5147, ^c orcid.org/0000-0003-4834-7364,

^d orcid.org/0000-0002-1912-6581, ^e orcid.org/0000-0003-2998-371X, ^f orcid.org/0000-0002-0480-209X

* Autor correspondente/Corresponding author: afbperinha@gmail.com; catarinagns.nogueira@gmail.com

fraturas de fragilidade (anca, úmero proximal, rádio distal e corpo vertebral). Os resultados obtidos sugerem que a perda de massa óssea está intimamente relacionada com o envelhecimento, sobretudo no sexo feminino. As fraturas de fragilidade são mais comuns nos indivíduos femininos e a idade aparenta ser um fator de risco para a sua ocorrência, contrariamente ao que acontece nos indivíduos masculinos.

Palavras-Chave: Osteoporose; perda óssea; radiogrametria; fraturas osteoporóticas; paleopatologia.

Introdução

A osteoporose, definida como uma doença metabólica de fragilidade esquelética, atribuída ao decréscimo da massa óssea e à deterioração da microarquitetura do tecido ósseo, aumenta o risco de fratura (Consensus Development Conference, 1993; Iñiguez-Ariza e Clarke, 2015). A osteoporose constitui um grave problema de saúde pública que afeta sobretudo mulheres pós-menopáusicas, bem como o segmento geriátrico da população, independentemente do sexo (NIH, 2001; Holroyd et al., 2008). Esta doença metabólica é, provavelmente, a patologia com maior incidência nos idosos das sociedades atuais (Guglielmi et al., 2011). A perda patológica de massa óssea é assintomática e o seu impacto clínico radica nas complicações que lhe estão as-

ing more intense in females. In contrast to females, the aging process does not seem to be a risk factor to the occurrence of fractures in males.

Keywords: Osteoporosis; bone loss; radiogrammetry; osteoporotic fractures; paleopathology.

sociadas, particularmente as fraturas da anca, do rádio distal, do úmero proximal e da compressão dos corpos vertebrais (Curate, 2014).

A fragilidade óssea é muitas vezes considerada um problema próprio das sociedades contemporâneas. Não obstante, um corpo volumoso de estudos em bioarqueologia e paleopatologia sugere que esta asserção é incorreta, fornecendo ainda informações relevantes sobre a sua evolução ao longo do tempo em diversos contextos culturais (Curate et al., 2013; Curate, 2014; Umbelino et al., 2016) e traduzindo a complexidade causal das alterações do tecido ósseo (Brickley, 2002; Agarwal et al., 2004; Brickley e Ives, 2008).

A osteoporose não afeta apenas o compartimento trabecular. A maior exposição do osso trabecular aos processos de remodelação relaciona-se com a

sua maior área de superfície, no entanto, esta representa apenas 20% do volume da matriz óssea (Seeman, 2013). Assim, é igualmente necessária uma avaliação da ação do osso cortical sobre a estabilidade e resistências ósseas, uma vez que este tem uma influência importante sobre a reação aos impactos externos e sobre o risco de fratura (Holzer et al., 2009). Apesar da perda de osso cortical ser mais lenta, este compartimento ósseo equivale a 80% do volume esquelético, causando uma perda de osso comparativamente semelhante à perda de osso trabecular nos primeiros anos após a menopausa e superior após os 60 anos de idade (Zebaze et al., 2010; Seeman, 2013). Desse modo, a avaliação dos padrões de perda de osso cortical e a sua associação com as fraturas de fragilidade é relevante.

No presente estudo, pretende-se avaliar e interpretar a fragilidade óssea cortical no segundo metacárpico (II MTC) de uma amostra da Coleção de Esqueletos Identificados do séc. XXI (Ferreira et al., 2014) e analisar as suas relações com a idade à morte e o sexo dos indivíduos estudados, assim como com o risco de fratura. Os dados obtidos nesta amostra poderão servir como referência para estudos de massa óssea cortical em populações arqueológicas.

Materiais e Métodos

A Coleção de Esqueletos Identificados do séc. XXI (CEI/XXI), alojada no Laboratório de Antropologia Forense da

Universidade de Coimbra, é composta por indivíduos que faleceram no final do século XX e início do século XXI e, de acordo com a última publicação, conta com cerca de 159 indivíduos (Ferreira et al., 2014). No entanto, a coleção tem vindo a ser enriquecida, contando atualmente com cerca de 300 indivíduos.

Para cada um dos indivíduos, existem dados biográficos como o nome, a idade à morte, o sexo e a nacionalidade (Ferreira et al., 2014). A amostra selecionada compreende um total de 136 indivíduos (♀=68; ♂=68), com idades compreendidas entre os 25 e os 99 anos (♀=80,41, DP=12,25; ♂=71,68, DP=17,31) (Tabela 1). Todos os indivíduos nasceram entre 1896 e 1982 e morreram entre 1982 e 2009.

A radiogrametria quantifica a amplitude do osso cortical em ossos tubulares (Brickley e Agarwal, 2003; Umbelino et al., 2016) e, embora seja ineficaz para o diagnóstico da osteoporose, é útil para a avaliação da perda de osso cortical (Mays, 2008; Curate, 2014). A radiogrametria convencional foi aplicada preferencialmente ao II MTC esquerdo com o intuito de obter os seguintes parâmetros corticais: Largura Total da Diáfise [LTD], Largura do Canal Medular [LCM] e Índice de Massa Cortical [IMC] (Meema e Meema, 1987; Ives e Brickley, 2004). O IMC resulta da seguinte fórmula, seguindo Ives e Brickley (2004):

$$\text{IMC} = \left(\frac{\text{LTD} - \text{LCM}}{\text{LTD}} \right) \times 100$$

Tabela 1. Distribuição dos indivíduos da amostra da CEI/XXI pela sua classe etária e sexo.

Classe Etária	♀		♂	
	N	%	N	%
20–29	–	–	3	4,4
30–39	1	1,5	4	5,9
40–49	1	1,5	1	1,5
50–59	2	3,0	2	3,0
60–69	8	11,7	12	17,6
70–79	8	11,7	21	30,9
80+	48	70,6	25	36,8
Total	68	100	68	100

Tabela 2. Definição das fraturas osteoporóticas analisadas nas extremidades proximais do úmero (Mostofi, 2006) e do fémur e na extremidade distal do rádio (Nolla e Rozadilla, 2004; Curate, 2011; 2014).

DEFINIÇÃO DA FRATURA	
Úmero Extremidade proximal	Terço superior do osso envolvendo normalmente a sua diáfise na região do colo cirúrgico ou os locais de inserção muscular, nomeadamente as tuberosidades maior e menor
Fémur Extremidade Proximal	Podem ocorrer desde a cabeça do fémur até aproximadamente aos cinco centímetros distais em relação ao pequeno trocânter
Rádio Extremidade distal	Zona metafiso-epifisária distal do rádio, ou a menos de três centímetros da articulação radiocárpica <u>Distinguem-se dois tipos de fraturas:</u> Colles Porção óssea distal sofre o impacto e desloca-se posterior e lateralmente Smith Luxação do fragmento distal é palmar

As radiografias foram obtidas com recurso ao sistema radiográfico digital (Senographe DS, da GE Healthcare), no Serviço de Imagiologia dos Hospitais da Universidade de Coimbra (distância focal de 50 cm em que as constantes foram Kv 27-30 e mAseg 14–20, de acordo com as características dos ossos), e as medidas foram realizadas e obtidas no programa Centricity DICOM Viewer 3.1.1 (GE Healthcare).

Observou-se macroscopicamente a presença/ausência de fraturas osteoporóticas (i.e., de fragilidade) na zona distal do rádio, nas zonas proximais do fémur e do úmero (Tabela 2) e na coluna vertebral. Para cada fratura identificada, foram assinalados o osso afetado, a sua lateralidade, a posição e o tipo de fratura sofrida.

Na observação de possíveis fraturas vertebrais de compressão do corpo vertebral, aplicou-se uma avaliação semi-quantitativa, representada classicamente pelo método de Genant et al. (1993) modificado por Curate et al. (2016) para o uso em amostras esqueléticas.

A estatística descritiva, incluindo médias de grupo, desvios-padrão (DP) e intervalos de confiança (IC) de 95%, foi estimada para cada variável em estudo. Para confirmar a normalidade da distribuição das variáveis quantitativas recorreu-se ao achatamento (Sk) e à assimetria (Ku). Deste modo, perante valores de $|Sk| < 3$ e $|Ku| < 7$, assumiu-se não existir uma violação grave da normalidade (Kli-

ne, 2010). Para testar a homocedasticidade da variância, foi utilizado o teste de Levene. Para a comparação de médias de amostras independentes de dois grupos, recorreu-se ao teste *t-student*. Para a comparação de mais de duas médias, utilizou-se o teste *Anova one-way*, sendo que, ao concluir-se a rejeição da hipótese nula, se aplicou o teste *post-hoc* com correção de Bonferroni. Para a quantificação da associação de duas variáveis (e.g., LCM e idade à morte), aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Para avaliar se a distribuição observada dos elementos das amostras pelas diferentes classes da variável era aleatória, aplicou-se o teste exato de Fisher. Para variáveis do tipo dicotómico, como as fraturas de fragilidade, procedeu-se à estatística univariada e à regressão logística. Valores de p menores ou iguais a 0,05 foram considerados estatisticamente significativos.

A amostra selecionada foi analisada em duas observações distintas de modo a estimar o erro intraobservador. Para o cálculo do erro interobservador, foram analisados 25 esqueletos pela observadora CN. O erro de medida foi estimado pelo ETM relativo (ETMr). Aos valores menores do ETMr, associa-se uma maior precisão das mensurações (Weinberg et al., 2005); assim, valores de medidas abaixo dos 5% foram considerados precisos. A análise estatística foi realizada com recurso ao software IBM® SPSS® 20.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

Resultados

Erro intra e interobservador

De modo a aferir a precisão dos dados obtidos, calculou-se o erro intra e interobservador. Na Tabela 3, encontram-se descritos os valores do ETMr intra e interobservador das mensurações obtidas nas radiografias do II MTC. No presente trabalho, os valores de ETMr intra e interobservador são aceitáveis para todas as medidas.

Massa óssea cortical

Os parâmetros corticais do II MTC apresentam padrões distintos de acordo com o sexo. Desse modo, o valor médio da LCM não é significativamente diferente entre os sexos ($t[134]=1,606$, $p=0,111$; ♀=4,77, DP=1,03 e ♂=4,47, DP=1,14). Tal não acontece com a LTD, em que o sexo feminino apresenta valores inferiores ($\bar{x}=7,47$, DP=0,67) ao sexo masculino ($\bar{x}=8,22$, DP=0,81), sendo a média significativamente diferente entre os sexos ($t[134]=5,954$, $p<0,001$). O ICM apresenta também valores médios

significativamente diferentes entre os sexos (♀=36,36, DP=11,60 e ♂=45,94, DP=10,99; $t[134]=4,942$, $p<0,001$).

Existe uma correlação positiva entre os valores da LCM e a idade à data da morte, sendo que esta é mais forte no sexo feminino (Pearson: $r=0,596$, $p<0,001$) do que no sexo masculino (Pearson: $r=0,329$, $p=0,006$). O mesmo não é verificável para a LTD, em que apenas o sexo feminino manifesta uma associação média com o avanço da idade (Pearson: $r=0,261$, $p=0,03$), inexistente no sexo masculino (Pearson: $r=0,106$, $p=0,388$). O valor do índice cortical varia negativamente face à idade em ambos os sexos, embora na amostra do sexo feminino a associação seja mais evidente (Pearson: $r=0,609$, $p<0,001$) do que no sexo masculino (Pearson: $r=0,388$, $p=0,001$). A estatística descritiva é sumariada nas Tabelas 4 a 6.

Fraturas de fragilidade

A prevalência de fraturas osteoporóticas na presente amostra é de 26,0% (IC de 95%: 19,0%–34,0% [36/136]). O sexo feminino apresenta maior prevalência de fra-

Tabela 3. Valores de ETMr intra e interobservadores para as medidas da largura total da diáfise (LTD) e da largura do canal medular (LCM) do II MTC.

	ETMr	
	INTRA OBSERVADOR	INTER OBSERVADOR
LTD	1,50%	4,00%
LCM	3,50%	3,00%

turas osteoporóticas do que o sexo masculino (♀: 32,4%, IC de 95%: 21–44 [22/68]; ♂: 20,6%, IC de 95%: 11–31 [14/68]) e essa diferença é marginalmente significativa

(3,116, p=0,078). A estatística descritiva encontra-se discriminada na Tabela 7.

A idade à morte é maior nos indivíduos com fratura de fragilidade, mas a

Table 4. Valores médios da largura do canal medular (LCM) dos II MTC de acordo com o sexo e classe etária na amostra da CEI/XXI analisada

Classe Etária	♀				♂			
	Média (mm)	DP	IC de 95%	N	Média (mm)	DP	IC de 95%	N
20–29	-	-	-	-	2,92	0,45	1,82–4,03	3
30–39	1,18	-	-	1	4,97	2,38	1,18–8,75	4
40–49	3,80	-	-	1	2,54	-	-	1
50–59	3,78	0,14	2,50–5,05	2	4,41	0,44	0,48–8,35	2
60–69	3,90	0,82	3,21–4,59	8	3,97	0,83	3,44–4,50	12
70–79	4,48	1,10	3,56–5,41	8	4,50	1,05	4,02–4,98	21
80+	5,10	0,81	4,86–5,33	48	4,87	0,92	4,50–5,25	25
Total	4,77	1,03	4,52–5,02	68	4,47	1,14	4,20–4,75	68

DP=desvio padrão; IC=intervalo de confiança

Tabela 5. Valores médios da largura total da diáfise (LTD) nos II MTC de acordo com o sexo e classe etária na amostra da CEI/XXI analisada.

Classe Etária	♀				♂			
	Média (mm)	DP	IC de 95%	N	Média (mm)	DP	IC de 95%	N
20–29	-	-	-	-	7,91	0,76	6,02–9,80	3
30–39	6,91	-	-	1	8,67	1,07	6,97–10,37	4
40–49	6,03	-	-	1	7,87	-	-	1
50–59	7,68	0,83	0,24–15,11	2	7,50	1,17	2,99–17,98	2
60–69	7,10	0,60	6,60–7,60	8	8,21	0,62	7,83–8,61	12
70–79	7,33	0,80	6,67–7,99	8	8,05	0,91	7,64–8,47	21
80+	7,59	0,60	7,42–7,76	48	8,40	0,74	8,13–8,69	25
Total	7,47	0,66	7,31–7,63	68	8,21	0,81	8,03–8,41	68

DP=desvio padrão; IC=intervalo de confiança

Tabela 6. Valores médios do índice cortical (ICM) dos II MTC de acordo com o sexo e classe etária na amostra da CEI/XXI analisada.

Classe Etária	♀				♂			
	Média	DP	IC de 95%	N	Média	DP	IC de 95%	N
20–29	-	-	-	-	62,46	9,40	39,11–85,80	3
30–39	82,92	-	-	1	44,63	21,40	10,58–78,69	4
40–49	36,98	-	-	1	67,73	-	-	1
50–59	50,57	3,49	19,24–81,89	2	40,90	3,35	10,79–71,01	2
60–69	45,35	8,41	38,32–52,38	8	51,96	8,47	46,58–57,35	12
70–79	39,51	9,07	31,93–47,09	8	44,58	8,77	40,59–48,57	21
80+	32,77	9,24	30,09–35,45	48	41,95	9,11	38,19–45,71	25
Total	36,36	11,60	33,56–39,17	68	45,94	10,99	43,28–48,60	68

DP=desvio padrão; IC=intervalo de confiança

diferença é significativa apenas no grupo feminino (♀: $t[56]=3,388$, $p=0,001$; ♂: $t[66]=0,625$, $p=0,534$). As mulheres com fratura têm uma idade à morte média de 85,5 anos (DP=3,67), enquanto as sem fratura apresentam uma média de idade de 77,98 anos (DP=14,09). Nos homens com fratura, a idade à morte média é de 74,00 anos (DP=15,24) e de 71,07 anos (DP=17,89) nos homens sem fratura.

A prevalência de indivíduos multifraturados (com pelo menos duas fraturas de fragilidade) é de 2,9% (IC de 95%=0,7–6,3 [4/136]). A média de idade destes é de 77,50 anos (DP=13,33), valor etário superior ao apresentado por indivíduos sem qualquer tipo de fratura de fragilidade ($\bar{x}=74,17$, DP=16,38).

Na análise da prevalência de fraturas, também são notáveis as diferenças que os grupos de indivíduos fraturados e não

fraturados apresentam para os parâmetros corticais analisados. Assim, a média dos valores da LCM são significativamente maiores nos indivíduos com fraturas ($\bar{x}=5,13$, DP=0,87) comparativamente aos indivíduos sem fraturas ($\bar{x}=4,44$, DP=1,11; $t[134]=3,343$, $p=0,01$). O mesmo se verifica para a LTD, em que os indivíduos sem fratura têm um valor médio de 7,81 mm (DP=0,78) face aos 7,94 mm (DP=0,94) dos indivíduos com fraturas ($t[134]=0,839$, $p=0,403$). O índice cortical do II MTC é significativamente menor nos indivíduos fraturados ($\bar{x}=35,07$, DP=10,10) do que nos indivíduos com fratura ($\bar{x}=43,26$, DP=12,25; $t[134]=3,557$, $p=0,010$).

Utilizou-se a regressão logística (método *Forward:LR*, Marôco, 2007) para delinear a ocorrência, em termos probabilísticos, de fraturas de fragilidade,

Tabela 7. Prevalência de fraturas osteoporóticas (anca, rádio distal e vértebras) na amostra da CEI/XXI analisada, de acordo com o sexo e classe etária.

Classe Etária	♀			♂		
	%	n	N	%	n	N
20–29	-	-	-	0,00	0	3
30–39	0,00	0	1	25,00	1	4
40–49	0,00	0	1	0,00	0	1
50–59	0,00	0	2	50,00	1	2
60–69	0,00	0	8	16,70	2	12
70–79	12,50	1	8	19,00	4	21
80+	43,80	21	48	24,00	6	25
Total	32,35	22	68	20,60	14	68

avaliando-se a significância das variáveis “sexo”, “idade à morte”, “LTD”, “LCM” e “ICM”. Desse modo, afere-se que o valor do índice cortical do II MTC é o único a exercer um efeito significativo sobre a probabilidade de os indivíduos apresentarem uma fratura de fragilidade ($B_{ICM}=0,932$, Wald=11,433, $p=0,001$). Na análise especificada por sexos, o ICM parece exercer influência sobre a ocorrência de fraturas de fragilidade apenas na amostra feminina ($B_{ICM}=0,915$, Wald=7,190, $p=0,007$). Na amostra masculina, por seu lado, a probabilidade de ocorrência de fratura é influenciada significativamente pelo valor da largura total da diáfise ($B_{LTD}=4,274$, Wald=7,662, $p=0,006$).

Fraturas vertebrais

A prevalência de fraturas de compressão do corpo vertebral é elevada

(64,00%; IC de 95%=46–79 [22/34]). O sexo feminino, comparativamente ao sexo masculino, apresenta uma maior prevalência de fraturas nas vértebras (Tabela 8) (♀: 20,9%; IC de 95%=10–31 [14/67]; ♂: 11,8%; IC de 95%=5–20 [8/68]) contudo, a diferença não é estatisticamente significativa ($\bar{x}=2,063$, $p=0,151$).

O oposto sucede com a média etária dos indivíduos femininos analisados, que revela ser um fator significativo na ocorrência de fraturas vertebrais ($t[64]=2,989$, $p=0,04$). As mulheres com fratura vertebral são, em média, significativamente mais velhas ($\bar{x}=85,21$ anos, DP=3,89) do que as mulheres sem fratura no corpo vertebral ($\bar{x}=78,92$, DP=13,37; $t[64]=2,989$, $p=0,04$). O mesmo não se verifica no sexo masculino ($t[66]=0,597$, $p=0,552$), visto que os indivíduos com fraturas vertebrais não são, em média, significativamente mais velhos ($\bar{x}=75,13$,

DP=18,87) do que os indivíduos sem fraturas vertebrais ($\bar{x}=71,22$, DP=17,20).

Na Tabela 9, encontram-se discriminados os valores médios das variáveis LTD, LCM e ICM em indivíduos com e sem fraturas vertebrais de acordo com o sexo. Os valores da LTD, embora não significativos ($t[65]=1,116$, $p=0,259$), são superiores em indivíduos femininos com fraturas por comparação com mulheres sem fraturas. O sexo masculino revela diferenças significativas entre indivíduos com e sem fraturas ($t[66]=3,403$, $p=0,01$). Os valores da LCM são estatisticamente diferentes em homens com e sem fraturas vertebrais ($t[66]=2,568$, $p=0,013$), sendo que os primeiros têm valores significativamente maiores. No sexo feminino não foram encontradas diferenças significativas ($t[65]=1,552$, $p=0,125$).

Na amostra total, os valores do índice cortical do II MTC são significativamente inferiores em indivíduos com fraturas ($t[133]=2,374$, $p=0,019$). Todavia, este padrão não se observa numa análise particularizada do sexo feminino ou do sexo masculino ($t[65]=1,321$, $p=0,191$ e $t[66]=1,467$, $p=0,147$, respetivamente).

A vértebra L1 (29,4%, 5/17) foi a mais afetada, seguida da L5 (17,6%, 3/17). A deformação em cunha (72,7%, 16/22; Figura 1) é a mais prevalente, seguida da forma cuneiforme (22,1%; 5/22). Apenas uma vértebra se deformou de forma biconcava (4,5%). As fraturas vertebrais de grau 2 são as mais frequentes (57,1%, 12/21), seguidas pelas fraturas de grau 3 (33,3%, 7/21; Figura 2). As fraturas de grau mínimo foram apenas duas (4,5%, 2/21).

Tabela 8. Prevalência de fraturas de compressão do corpo vertebral na amostra da CEI/XXI analisada, de acordo com o sexo e classe etária.

Classe Etária	♀			♂		
	%	n	N	%	n	N
20–29	-	-	-	0,00	0	3
30–39	0,00	0	1	25,00	1	4
40–49	0,00	0	1	0,00	0	1
50–59	0,00	0	2	0,00	0	2
60–69	0,00	0	8	8,33	1	12
70–79	12,50	1	8	4,76	1	21
80+	27,08	13	47	20,0	5	25
Total	20,90	14	68	11,76	8	68

Tabela 9. Valores médios das variáveis largura do canal medular (LCM), largura total da diáfise (LTD) e índice cortical (ICM) nos II MTC de acordo com o sexo em indivíduos com e sem fraturas de compressão do corpo vertebral de compressão do corpo vertebral.

		♀		♂		Total	
		Com Fratura (n=14)	Sem fratura (n=54)	Com Fratura (n=8)	Sem fratura (n=60)	Com Fratura (n=22)	Sem Fratura (n=114)
LTD	\bar{x}	7,64	7,42	9,06	8,11	8,16	7,78
	DP	0,58	0,68	0,65	0,76	0,91	0,80
LCM	\bar{x}	5,14	4,67	5,40	4,35	5,24	4,49
	DP	0,83	1,07	1,07	1,09	0,91	1,09
ICM	\bar{x}	32,80	37,41	40,63	46,65	35,65	42,31
	DP	8,54	12,24	9,63	11,05	9,54	35,65

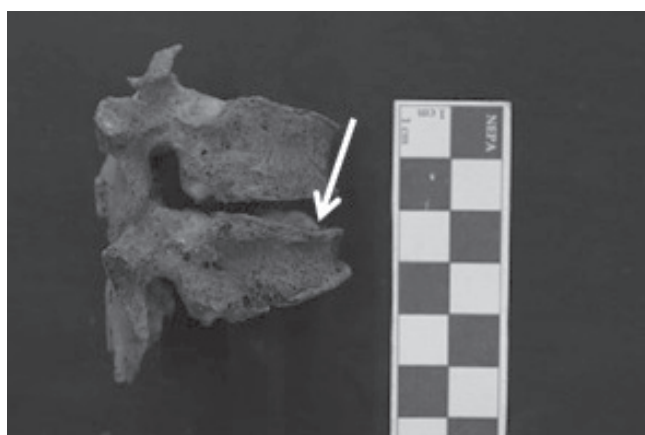


Figura 1. Fratura vertebral em cunha; Indivíduo do sexo masculino, 88 anos (CEI/XXI).

Fraturas da anca

A prevalência de fraturas da anca é de 6,00% (IC de 95%=0–11 [2/34]). Os indivíduos afetados são todos do sexo feminino e com idade à morte superior a 80 anos (Tabela 10).

Fraturas do rádio distal

A extremidade distal do rádio é o segundo local esquelético mais afetado por fraturas de fragilidade na presente amostra (35,00%; IC de 95%=21–55 [12/34]). Entre estas, foram observadas fraturas do tipo “Smith” em dois indivi-

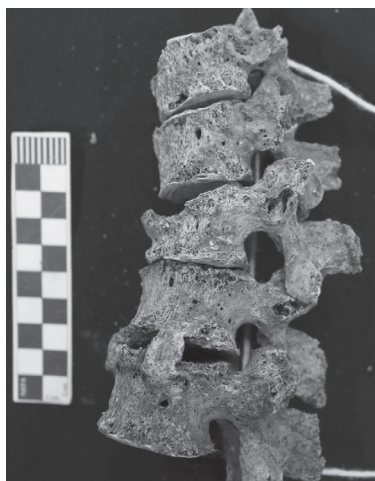


Figura 2. Fratura vertebral de grau 3 em cunha; Indivíduo do sexo masculino, 84 anos (CEI/XXI).

Tabela 10. Valores médios e respetivo desvio-padrão das variáveis largura do canal medular (LCM), largura total da diáfise (LTD) e índice cortical (ICM) do II MTC dos indivíduos com e sem fratura na anca.

♀	LTD (mm)		LCM (mm)		ICM	
	\bar{x}	DP	\bar{x}	DP	\bar{x}	DP
Com Fratura (n=2)	7,04	1,07	5,29	0,13	24,12	9,78
Sem fratura (n=66)	7,47	0,65	4,77	1,05	36,56	11,51

\bar{x} =média; DP=desvio padrão

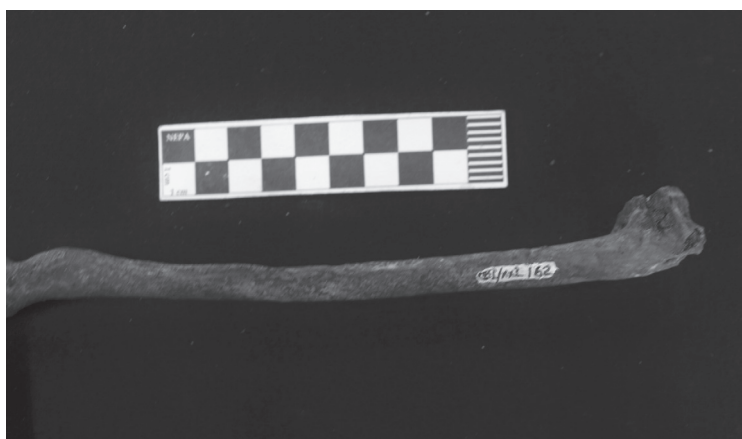


Figura 3. Fratura de Smith no rádio esquerdo; Indivíduo do sexo feminino, 81 anos (CEI/XXI).



Figura 4. Fratura de Colles no rádio direito onde se visualiza um encurtamento no seu comprimento máximo (185 cm) comparativamente ao de lateralidade contrária (199 cm); Indivíduo do sexo feminino, 88 anos (CEI/XXI).

Tabela 11. Prevalência de fraturas na extremidade distal do rádio na amostra da CEI/XXI analisada, de acordo com o sexo e classe etária.

Classe Etária	♀			♂		
	%	n	N	%	n	N
20–29	0,00	0	0	0,00	0	3
30–39	0,00	0	1	25,00	0	4
40–49	0,00	0	1	0,00	0	1
50–59	0,00	0	2	0,00	0	2
60–69	0,00	0	8	0,00	0	12
70–79	0,00	0	8	9,50	2	21
80+	23,68	9	38	4,00	1	25
Total	15,52	9	58	4,41	3	68

duos (16,7%; IC de 95%=0,0–42,8 [2/12]; ver Figura 3) e as restantes eram do tipo “Colles” (83,3%; IC de 95% IC=60–100 [10/12]; Figura 4). A prevalência deste

tipo de fratura é maior no sexo feminino do que no masculino (♀: 13,4%; IC de 95%=5 22 [9/58]; ♂: 4,4%; IC de 95%=0-10 [3/65], ver Tabela 11).

Tabela 12. Valores médios das variáveis largura do canal medular (LCM), largura total da diáfise (LTD) e índice cortical (ICM) do II MTC de acordo com o sexo em indivíduos com e sem fraturas na extremidade distal do rádio.

		♀		♂		Total	
		Sem fratura (n=49)	Com Fratura (n=9)	Sem fratura (n=65)	Com Fratura (n=3)	Sem Fratura (n= 14)	Com Fratura (n=12)
LTD	\bar{x}	7,51	7,22	8,19	8,81	7,87	7,62
	DP	0,67	0,52	0,80	0,78	0,82	0,91
LCM	\bar{x}	4,72	5,04	4,42	5,39	4,57	5,13
	DP	1,09	0,63	1,14	0,47	1,12	0,60
ICM	\bar{x}	37,51	29,95	46,28	38,71	42,14	32,14
	DP	11,69	9,32	11,13	2,45	12,17	8,94

A Tabela 12 apresenta os valores médios das variáveis LTD, ICM e LCM do II MTC de acordo com o sexo em indivíduos com e sem fraturas na extremidade distal do rádio.

Fraturas da extremidade proximal do úmero

Não foram observadas quaisquer fraturas na extremidade proximal do úmero.

Discussão

Os processos de senescência atuam sobre o organismo de forma complexa e variada, fomentando uma deterioração dos diversos órgãos, incluindo o esqueleto (Rachner et al., 2011). Desse modo, os resultados obtidos interpretam-se no contexto geral das doenças gompertzianas (Curate, 2011), isto é, doenças cróni-

cas que refletem as alterações degenerativas associadas ao envelhecimento.

Os valores da LCM mostram uma correlação positiva com a idade, com uma associação mais forte no sexo feminino. No que concerne à LTD, apenas as mulheres apresentam uma correlação — positiva — com a idade. A expansão da cavidade medular com o aumento da idade, motivada pela perda de osso endosteal, caracteriza o processo de fragilidade óssea em ambos os sexos (Chen et al., 2010). A superfície endosteal alarga mais rapidamente do que a superfície periosteal, o que resulta na perda de osso cortical (Dequeker, 1975; Szulc et al., 2006). A perda óssea afeta indivíduos de ambos os sexos a partir dos 30 anos de idade (Seeman, 2003) devido a uma menor deposição de osso do que aquele que é reabsorvido aquando da remodela-

lação. Este desequilíbrio é a causa proximal de perda e deterioração da estrutura óssea (Seeman, 2013).

Seria expectável que o sexo feminino apresentasse valores na LCM significativamente superiores aos do sexo masculino a partir dos 50 anos, visto ser esta a idade média em que ocorre a menopausa nas populações ocidentais (Wood, 1994). Este evento particular das mulheres é marcado por uma deficiência no estrogénio, que vai intensificar e acelerar o processo irreversível de perda óssea (Seeman, 2003). Na presente amostra, esta diferença não é aparente e está em consonância com estudos em que a análise do canal medular da extremidade proximal do fémur também expressou uma reabsorção endocortical superior mas não significativa no sexo feminino (Riggs et al., 2004). No entanto, é importante salientar que os indivíduos do sexo feminino possuem geralmente ossos de menores dimensões e, por conseguinte, valores totais da LCM também menores. Este aspeto remete para a importância da análise da variação relativa dos valores da LCM a partir dos 50 anos, que revelam que o sexo feminino sofre um aumento de 30,77% na sua LCM face a um aumento de 22,67% no sexo masculino (variação entre os 60 anos e a faixa etária acima dos 80 anos). Assim, é verdade que a perda endosteal ocorre quer no sexo masculino, quer no feminino; no entanto, a “taxa” de perda óssea é muito mais elevada nas mulheres. Este padrão de perda óssea em ambos os sexos —

mais intenso no sexo feminino devido à menopausa — foi também observado em populações arqueológicas, como em amostras dos concheiros de Muge, datada entre 8680–5080 cal BP (Umbelino et al., 2016), numa amostra romano-inglesa, com balizas cronológicas compreendidas entre 300 e 400 anos d.C. (Mays, 2006) ou numa população romana, de 300 anos d.C. (Cho e Stout, 2011).

A largura total da diáfise funciona como indicadora indireta da aposição periosteal — esta pode compensar a perda óssea provocada pela reabsorção e permite que a resistência do osso a flexões ou a forças compressivas se preserve (Duan et al., 2001; Seeman, 2008; Bouxsein, 2013). Com o avançar da idade, este comportamento oposto nas superfícies ósseas culmina num aumento do diâmetro dos ossos longos mas numa menor espessura cortical (Seeman, 2002; 2008). Szulc et al. (2006) e Seeman (2008) consideram que, no período perimenopáusicos, a reabsorção de osso cortical é mais intensa e, em concomitância, observa-se um decréscimo na deposição de osso no periosteio, acarretando o declínio das propriedades estruturais do osso feminino. Pelo contrário, Ahlborg e colaboradores (2003) sugerem que a perda de massa óssea continua apesar do aumento da deposição de osso na superfície periosteal, com consequente aumento da largura dos ossos. Esta reação do osso pode ser justificada, além da hipótese de ser um mecanismo de compensação para continuar a responder ao *stress* mecânico

exercido no esqueleto, pelo facto de o estrogénio ser um inibidor da formação óssea no perióstio (Gosman et al., 2011). Contudo, importa salientar que, mesmo com a aposição periosteal no sexo feminino, a perda de osso cortical é bastante mais rápida do que no sexo masculino (Kalichman et al., 2008).

Apesar de o sexo masculino não revelar uma correlação entre os valores da LTD e a idade como os seus pares femininos, continua a apresentar os maiores valores totais. Tal está relacionado com o esqueleto maior e mais robusto e com a maior massa óssea no sexo masculino face ao sexo feminino, algo que não é alterado ao longo da vida (Riggs et al., 2004). O desenvolvimento do esqueleto tem um maior período de maturação nos indivíduos masculinos. Para além disso, as hormonas sexuais masculinas estimulam a deposição de perióstio, fomentando o aumento da espessura do osso ao longo da vida. Por seu lado, no sexo feminino, a maturação cessa mais cedo e o estrogénio inibe a formação de osso no perióstio (Martin, 2003; Seeman, 2003; 2008; Callewaer et al., 2010; Gosman et al., 2011).

O índice cortical do II MTC, que permite deduzir a massa cortical óssea e o risco para as fraturas de fragilidade (Haara et al., 2006), é significativamente maior no sexo masculino. A perda de massa óssea é um fenómeno fisiológico relacionado com o envelhecimento e, desse modo, é expectável que ambos os sexos apresentem uma associação negativa entre a idade e o IMC. Tal é observável nesta

amostra, mas o declínio é mais evidente nas mulheres. Em amostras arqueológicas, o padrão de perda óssea não é uniforme. Contudo, em algumas pesquisas obtiveram-se resultados semelhantes aos de populações modernas. São disso exemplo estudos como o de Mays et al. (1998) na aldeia de Wharram Percy, em Inglaterra, que mostra uma perda óssea relacionada com a idade mais precoce no sexo feminino, ou o da população Egípcia de 2687–2191 a.C. (Zaki et al., 2009) que refere uma perda óssea relacionada com a idade, entre outros (Mays, 2000; Cho e Stout, 2011; Glencross e Agarwal, 2011).

A prevalência total de fraturas da amostra estudada é de 26,00%, sendo que a coluna vertebral é a zona mais afetada, seguindo-se a extremidade distal do rádio. A prevalência de fraturas da anca é baixa e na região proximal do úmero não foi registada qualquer fratura. Foi encontrada uma diferença significativa entre a idade dos indivíduos com ossos fraturados e não fraturados: os indivíduos com fratura de fragilidade são, em média, mais velhos. Os dados empíricos corroboram a noção de que o risco de sofrer uma fratura de fragilidade aumenta exponencialmente com a idade (Holroyd et al., 2008; Åkesson, 2014; Piscitelli et al., 2014). Isso deve-se não apenas à perda de massa óssea, mas também à destruição da microestrutura trabecular, ao declínio das propriedades biomecânicas dos ossos e à maior probabilidade de quedas entre pessoas idosas (Holroyd et al., 2008; Åkesson, 2014).

A prevalência total de fraturas de fragilidade é maior no sexo feminino, embora a diferença não seja significativa. Os dados obtidos em populações contemporâneas (e.g., Cummings e Melton III, 2002; Johnell e Kanis, 2006) encontram-se em sintonia com os resultados aqui apresentados. A maior suscetibilidade à fratura dos indivíduos femininos é atribuída ao dimorfismo sexual consolidado durante a puberdade, face à ação das hormonas sexuais (Seeman, 2001; Gregory e Aspden, 2008), bem como às alterações hormonais a que estão sujeitas as mulheres após a menopausa (Brickley, 2002). O sexo masculino não apresenta uma relação entre a idade mais avançada e a prevalência de fraturas, contrariamente ao sexo feminino. De facto, o padrão de ocorrência de fraturas nos homens é diferente do que é observado nas mulheres (Oyen et al., 2010). Este padrão é bimodal no sexo masculino, com um pico durante a adolescência, em que as fraturas sofridas estão relacionadas com a exposição a traumas de grande energia, e um segundo pico em idades mais avançadas, devido à diminuição da resistência óssea (Stini, 2003; Holroyd et al., 2008). Assim, a prevalência de fraturas observada nesta amostra encontra-se em consonância com estudos epidemiológicos (Court-Brown e Caesar, 2006; Johnell e Kanis, 2006).

Os valores do ICM são menores em indivíduos com ossos fraturados, o que é facilmente interpretável pelo facto de as fraturas serem resultado de uma força aplicada ao osso que excede a sua capa-

cidade de resistência (Silva, 2007). Assim, quanto menor a massa óssea, maior é o risco de desenvolver uma fratura (Nolla e Rozadilla, 2004) e um osso osteoporótico fratura quando a sua estrutura óssea falha em suportar o peso e as forças normais sobre si exercidas (Grynpas, 2003). A regressão logística sugere que a presença de fraturas no sexo feminino é mais bem prevista pelo ICM, e no sexo masculino, somente pela largura total da diáfise.

As fraturas vertebrais são um traço distintivo da osteoporose (Guglielmi et al., 2011), sendo as fraturas mais comumente associadas à perda de massa óssea e à fragilidade do esqueleto (Schousboe, 2016). Em contextos arqueológicos, este é também o local esquelético mais afetado (Brickley, 2002; Curate, 2014; Umbelino et al., 2016). Na amostra estudada, a região da coluna vertebral onde são encontradas as fraturas cinge-se às vértebras compreendidas entre a T6 e a L5. O padrão típico de fratura vertebral é encontrado nas junções da T7 e T8 e da T12 e L1 (Guglielmi et al., 2011).

A extremidade distal do rádio é o segundo local esquelético mais afetado, não mostrando diferenças entre sexos. Este tipo de fraturas afeta principalmente as mulheres logo após a menopausa (Schulz, 2003), mas também idosos de ambos os sexos (Holroyd et al., 2008). As fraturas da anca foram observadas apenas em mulheres com uma idade à morte média de 90 anos. De facto, em populações modernas as fraturas da anca ocorrem sobretudo entre os 80 e os

90 anos (Herrera et al., 2006; Johnell e Kanis, 2006). Os indivíduos analisados não sofreram nenhuma fratura na região proximal do úmero, um local de risco para a ocorrência de fratura de fragilidade em idades mais avançadas (Strømsøe, 2004).

O ICM apresenta valores inferiores, quer nos indivíduos com fraturas na coluna, quer na extremidade distal do rádio, face aos indivíduos sem fraturas: este fenómeno ocorre também em populações arqueológicas como foi revelado por Mays (2006) e Mays et al. (2006), estudos que corroboram também a sugestão de Curate et al. (2010; 2011) de que as fraturas de fragilidade são moderadamente comuns no registo arqueológico.

Conclusão

A perda de massa óssea é multifatorial e, embora apresente padrões similares em diferentes populações e períodos históricos, apresenta diferenças individuais e populacionais de acordo com fatores genéticos, sociais, económicos ou ecológicos. Nesse sentido, o estudo de amostras antropológicas desempenha um papel relevante na criação de um panorama diacrónico da perda de massa óssea. Neste estudo, confirma-se que a perda de massa óssea é mais intensa no sexo feminino, bem como a associação da idade e da resistência óssea com o risco de fratura. Este trabalho apresenta algumas limitações, incluindo a natureza transversal dos dados e, sobretudo, a baixa representação na amostra de indi-

víduos com idade à morte inferior a 50 anos. No futuro, é desejável a inclusão de indivíduos mais jovens na análise.

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BPD/74015/2010 e PEst-OE/SADG/UI0283/2013); Dr.^a Teresa Rafael, Serviço de Imagiologia do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra; Comissão Organizadora das V Jornadas Portuguesas de Paleopatologia.

Este trabalho foi apresentado nas V *Jornadas Portuguesas de Paleopatologia*.

Referências bibliográficas

- Agarwal, S. C.; Dumitriu, M.; Tomlinson, G. A.; Grynpas, M. D. 2004. Medieval trabecular bone architecture: the influence of age, sex, and lifestyle. *American Journal of Physical Anthropology*, 124(1): 33–44. DOI: 10.1002/ajpa.10335.
- Ahlborg, H. G.; Johnell, O.; Turner, C. H.; Rannevik, G.; Karlsson, M. K. 2003. Bone loss and bone size after menopause. *New England Journal of Medicine*, 349(4): 327–334. DOI: 10.1056/NEJMoa022464.
- Åkesson, K. 2014. Capture the Fracture: an IOF initiative to break the cycle of fragility fracture. *Medicographia*, 36(2): 184–191. Disponível em <https://www.medicographia.com/2014/11/medicographia-119>.
- Bouxsein, M. L. 2013. Overview of bone structure and strength. In: Thakker, R. V.; Whyte, M. P.; Eisman, J.; Igarashi, T. (eds.). *Genet-*

- ics of bone biology and skeletal disease.* San Diego, Academic Press: 25–34. DOI: 10.1016/B978-0-12-387829-8.00002-0.
- Brickley, M. 2002. An investigation of historical and archaeological evidence for age-related bone loss and osteoporosis. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12(5): 364–371. DOI: 10.1002/oa.635.
- Brickley, M.; Agarwal, S. 2003. Techniques for the investigation of age-related bone loss and osteoporosis in archaeological bone. In: Agarwal, S.; Stout, S. (eds.). *Bone loss and osteoporosis — an anthropological perspective.* New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers: 157–172. DOI: 10.1007/978-1-4419-8891-1_10.
- Brickley, M.; Ives, R. 2008. *The bioarchaeology of metabolic bone disease.* Oxford, Academic Press.
- Callewaert, F.; Boonen, S.; Vanderschueren, D. 2010. Sex steroids and the male skeleton: a tale of two hormones. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 21(2): 89–95. DOI: 10.1016/j.tem.2009.09.002.
- Chen, H.; Zhou, X.; Shoumura, S.; Emura, S.; Bunai, Y. 2010. Age-and gender-dependent changes in three-dimensional microstructure of cortical and trabecular bone at the human femoral neck. *Osteoporosis International*, 21(4): 627–636. DOI: 10.1007/s00198-009-0993-z.
- Cho, H.; Stout, S. D. 2011. Age-associated bone loss and intraskeletal variability in the Imperial Romans. *Journal of Anthropological Sciences*, 89: 109–125. DOI: 10.4436/jass.89007.
- Consensus Development conference. 1993. Diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *The American Journal of Medicine*, 94(6): 646–650. DOI: 10.1016/0002-9343(93)90218-E.
- Court-Brown, C. M.; Caesar, B. 2006. *Epidemiology of adult fractures: a review.* *Injury*, 37(8): 691–697. DOI: 10.1016/j.injury.2006.04.130.
- Cummings, S. R.; Melton III, L. J. 2002. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *The Lancet*, 359(9319): 1761–1767. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)08657-9.
- Curate, F. 2011. *O perímetro do declínio: osteoporose e fraturas de fragilidade em três amostras osteológicas identificadas portuguesas — séculos XIX & XX.* Dissertação de Doutoramento em Antropologia Biológica, Departamento de Antropologia, Universidade de Coimbra.
- Curate, F. 2014. Osteoporosis and paleopathology: a review. *Journal of Anthropological Sciences*, 92: 119–146. DOI: 10.4436/JASS.92003.
- Curate, F.; Albuquerque, A.; Correia, J.; Ferreira, I.; Pedroso de Lima, J.; Cunha, E. 2013. A glimpse from the past: osteoporosis and osteoporotic fractures in a Portuguese identified skeletal sample. *Acta Reumatológica Portuguesa*, 38: 20–27. Disponível em http://www.actareumatologica.pt/archive_detail.php?id=53.
- Curate, F.; Assis, S.; Lopes, C.; Silva, A. M. 2011. Hip fractures in the Portuguese archaeological record. *Anthropological Science*, 119(1): 87–93. DOI: 10.1537/ase.100211.
- Curate, F.; Lopes, C.; Cunha, E. 2010. A 14th–17th century osteoporotic hip fracture from the Santa Clara-a-Velha Convent in Coimbra (Portugal). *International Journal*

- of *Osteoarchaeology*, 20(5): 591–596. DOI: 10.1002/oa.1076.
- Curate, F.; Silva, T. F.; Cunha, E. 2016. Vertebral compression fractures: towards a standard scoring methodology in Paleopathology. *International Journal of Osteoarchaeology*, 26(2): 366–372. DOI: 10.1002/oa.2418.
- Dequeker, J. 1975. Bone and ageing. *Annals of Rheumatic Diseases*, 34: 100–115. DOI: 10.1136/ard.34.1.100.
- Duan, Y.; Turner, C. H.; Kim, B. T.; Seeman, E. 2001. Sexual dimorphism in vertebral fragility is more the result of gender differences in age-related bone gain than bone loss. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(12): 2267–2275. DOI: 10.1359/jbmr.2001.16.12.2267.
- Ferreira, M. T.; Vicente, R.; Navega, D.; Gonçalves, D.; Curate, F.; Cunha, E. 2014. A new forensic collection housed at the University of Coimbra, Portugal: The 21st century identified skeletal collection. *Forensic Science International*, 245: 202.e1–202.e5. DOI: 10.1016/j.forsciint.2014.09.021.
- Genant, H.; Wu, C.; Vankuijk, C.; Nevitt, M. 1993. Vertebral fracture assessment using a semi-quantitative technique. *Journal of Bone and Mineral Research*, 8(9): 1137–1148. DOI: 10.1002/jbmr.5650080915.
- Glencross, B.; Agarwal, S. C. 2011. An investigation of cortical bone loss and fracture patterns in the Neolithic community of Çatalhöyük, Turkey using metacarpal radiogrammetry. *Journal of Archaeological Science*, 38(3): 513–521. DOI: 10.1016/j.jas.2010.10.004.
- Gosman, J. H.; Stout, S. D.; Larsen, C. S. 2011. Skeletal biology over the life span: a view from the surfaces. *American Journal of Physical Anthropology*, 146(S53): 86–98. DOI: 10.1002/ajpa.21612.
- Gregory, J. S.; Aspden, R. M. 2008. Femoral geometry as a risk factor for osteoporotic hip fracture in men and women. *Medical Engineering & Physics*, 30(10): 1275–1286. DOI: 10.1016/j.medengphy.2008.09.002.
- Grynepas, M. D. 2003. The role of bone quality on bone loss and bone fragility. In: Agarwal, S.; Stout, S. (eds.). *Bone loss and osteoporosis — an anthropological perspective*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publisher: 33–44. DOI: 10.1007/978-1-4419-8891-1_3.
- Guglielmi, G.; Muscarella, S.; Bazzocchi, A. 2011. Integrated imaging approach to osteoporosis: state-of-the-art review and update. *Radiographics*, 31(5): 1343–1364. DOI: 10.1148/rq.315105712.
- Haara, M.; Heliövaara, M.; Impivaara, O.; Arokoski, J. P.; Manninen, P.; Knekt, P.; Kärkkäinen, A.; Reunanen, A.; Aromaa, A.; Kröger, H. 2006. Low metacarpal index predicts hip fracture: a prospective population study of 3,561 subjects with 15 years of follow-up. *Acta Orthopaedica*, 77(1): 9–14. DOI: 10.1080/17453670610045632.
- Herrera, A.; Martínez, A. A.; Ferrandez, L.; Gil, E.; Moreno, A. 2006. Epidemiology of osteoporotic hip fractures in Spain. *International Orthopaedics*, 30(1): 11–14. DOI: 10.1007/s00264-005-0026-2.
- Holroyd, C.; Cooper, C.; Dennison, E. 2008. Epidemiology of osteoporosis. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 22(5): 671–685. DOI: 10.1016/j.

- beem.2008.06.001.
- Holzer, G.; von Skrbensky, G.; Holzer, L. A.; Pichl, W. 2009. Hip fractures and the contribution of cortical versus trabecular bone to femoral neck strength. *Journal of Bone and Mineral Research*, 24(3), 468–474. DOI: 10.1359/jbmr.081108.
- Iñiguez-Ariza, N. M.; Clarke, B. L. 2015. Bone biology, signaling pathways, and therapeutic targets for osteoporosis. *Maturitas*, 82(2): 245–255. DOI: 10.1016/j.maturitas.2015.07.003.
- Ives, R.; Brickley, M. 2004. A procedural guide to metacarpal radiogrammetry in archaeology. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14(1): 7–17. DOI: 10.1002/oa.709.
- Johnell, O.; Kanis, J. A. 2006. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*, 17(12): 1726–1733. DOI: 10.1007/s00198-006-0172-4.
- Kalichman, L.; Malkin, I.; Bigman, G.; Matias, R.; Seibel, M. J.; Kobylansky, E.; Livshits, G. 2008. Age-related changes in bone-strength-associated geometry indices in Naive human population. *The Anatomical Record*, 291(7): 835–844. DOI: 10.1002/ar.20707.
- Kline, R.B. 2010. *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, The Guildford Press.
- Marôco, J. 2007. *Análise estatística com utilização do SPSS*. Lisboa, Edições Sílabo.
- Martin, R. B. 2003. Functional adaptation and fragility of the skeleton. In: Agarwal, S.; Stout, S. (eds.). *Bone loss and osteoporosis — an anthropological perspective*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publisher: 121–138. DOI: 10.1007/978-1-4419-8891-1_8.
- Mays, S. 2000. Age-dependent cortical bone loss in women from 18th and early 19th century London. *American Journal of Physical Anthropology*, 112(3): 349–361. DOI: 10.1002/1096-8644(200007)112:3<349::AID-AJPA6>3.0.CO;2-0.
- Mays, S. 2006. Age-related cortical bone loss in women from a 3rd–4th century AD population from England. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(4): 518–528. DOI: 10.1002/ajpa.20365.
- Mays, S. 2008. Radiography and allied techniques in the palaeopathology of skeletal remains. In: Pinhasi, R.; Mays, S. (eds.). *Advances in human palaeopathology*. Chichester, John Wiley & Sons: 77–100. DOI: 10.1002/9780470724187.ch5
- Mays, S.; Lees, B.; Stevenson, J. 1998. Age-dependent bone loss in the femur in medieval population. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8(2): 97–106. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1212(199803/04)8:2<97::AID-OA412>3.0.CO;2-U.
- Mays, S.; Turner-Walker, G.; Syversen, U. 2006. Osteoporosis in a population from medieval Norway. *American Journal of Physical Anthropology*, 131(3): 343–351. DOI: 10.1002/ajpa.20445.
- Meema, H. E.; Meema, S. 1987. Postmenopausal osteoporosis: simple screening method for diagnosis before structural failure. *Radiology*, 164(2): 405–410. DOI: 10.1148/radiology.164.2.3602377.
- Mostofi, S. 2006. *Fracture classification in clinical practice*. London, Springer-Verlag.

- NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. 2001. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *Journal of the American Medical Association*, 285(6): 785–795. DOI: 10.1001/jama.285.6.785.
- Nolla, J.; Rozadilla, A. 2004. *Atlas de osteoporose*. Revisfarma, Lisboa.
- Oyen, J.; Rohde, G. E.; Hochberg, M.; Johnsen, V.; Haugeberg, G. 2010. Low-energy distal radius fractures in middle-aged and elderly women—seasonal variations, prevalence of osteoporosis, and associates with fractures. *Osteoporosis International*, 21(7): 1247–1255. DOI: 10.1007/s00198-009-1065-0.
- Piscitelli, P.; Brandi, M.; Cawston, H.; Gauthier, A.; Kanis, J. A.; Compston, J.; Borgström, F.; Cooper, C.; McCloskey, E. 2014. Epidemiological burden of postmenopausal osteoporosis in Italy from 2010 to 2020: estimations from a disease model. *Calcified Tissue International*, 95(5): 419–427. DOI: 10.1007/s00223-014-9910-3.
- Rachner, T. D.; Khosla, S.; Hofbauer, L. C. 2011. Osteoporosis: now and the future. *The Lancet*, 377(9773): 1276–1287. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)62349-5.
- Riggs, B. L.; Melton III, L. J.; Robb, R. A.; Camp, J. J.; Atkinson, E. J.; Peterson, J. M.; Rouleau, P. A.; McCollough, C. H.; Bouxsein, M. L.; Khosla, S. 2004. Population based study of age and sex differences in bone volumetric density, size, geometry, and structure at different skeletal sites. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(12): 1945–1954. DOI: 10.1359/jbmr.040916.
- Schousboe, J. T. 2016. Epidemiology of vertebral fractures. *Journal of Clinical Densitometry*, 19(1): 8–22. DOI: 10.1016/j.jocd.2015.08.004.
- Schultz, M. 2003. Differential diagnoses of intravital and postmortem bone loss at the Micro-Level. In: Agarwal, S.; Stout, S. (eds.). *Bone loss and osteoporosis — an anthropological perspective*. New York, Academic/Plenum Publisher: 173–187. DOI: 10.1007/978-1-4419-8891-1_11.
- Seeman, E. 2001. Sexual dimorphism in skeletal size, density, and strength. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(10): 4576–4584. DOI: 10.1210/jcem.86.10.7960.
- Seeman, E. 2002. Pathogenesis of bone fragility in women and men. *The Lancet*, 359(9320): 1841–1850. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)08706-8.
- Seeman, E. 2003. Invited review: pathogenesis of osteoporosis. *Journal of Applied Physiology*, 95(5): 2142–2151. DOI: 10.1152/jap-physiol.00564.2003.
- Seeman, E. 2008. Structural basis of growth-related gain and age-related loss of bone strength. *Rheumatology*, 47(S4): iv2–iv8. DOI: 10.1093/rheumatology/ken177.
- Seeman, E. 2013. Age- and menopause-related bone loss compromise cortical and trabecular microstructure. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(10): 1218–1225. DOI: 10.1093/gerona/glt071.
- Silva, M. J. 2007. Biomechanics of osteoporotic fractures. *Injury*, 38(3): 69–76. DOI: 10.1016/j.injury.2007.08.014.

- Stini, W. A. 2003. Bone loss, fracture histories, and body composition characteristics of older male. In: Agarwal, S.; Stout, S. (eds.). *bone loss and osteoporosis — an anthropological perspective*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publisher: 63–89. DOI: 10.1007/978-1-4419-8891-1_5.
- Strømsøe, K. 2004. Fracture fixation problems in osteoporosis. *Injury*, 35(2): 107–113. DOI: 10.1016/j.injury.2003.08.019.
- Szulc, P.; Seeman, E.; Duboeuf, F.; Sornay-Rendu, E.; Delmas, P. D. 2006. Bone fragility: failure of periosteal apposition to compensate for increased endocortical resorption in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 21(12): 1856–1863. DOI: 10.1359/jbmr.060904.
- Umbelino, C.; Curate, F.; Perinha, A.; Ferreira, T.; Cunha, E.; Bicho, N. 2016. Cortical bone loss in a sample of human skeletons from the Muge Shell middens. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1–13. DOI: 10.1007/S12520-016-0402-4.
- Weinberg, S. M.; Scott, N. M.; Neiswanger, K.; Marazita, M. L. 2005. Intraobserver error associated with measurements of the hand. *American Journal of Human Biology*, 17(3): 368–371. DOI: 10.1002/ajhb.20129.
- Wood, J. 1994. *Dynamics of human reproduction*. New York, Aldine de Gruyter.
- Zaki, M.; Hissien, F.; El Banna, R. 2009. Osteoporosis among ancient Egyptians. *International Journal of Osteoarchaeology*, 19(1): 78–89. DOI: 10.1002/oa.978.
- Zebaze, R. M.; Ghasem-Zadeh, A.; Bohte, A.; Iuliano-Burns, S.; Mirams, M.; Price, R. I.; Mackie, E. J.; Seeman, E. 2010. Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and post-mortem femurs of women: a cross-sectional study. *The Lancet*, 375(9727): 1729–1736. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)60320-0.