

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



Aptidão Muscular e Massa Óssea

Relações entre a Força Muscular e o Mineral Ósseo de Diversas
Regiões do Esqueleto de Homens Idosos

Dissertação apresentada com vista à obtenção do Grau de
Mestre na especialidade de Exercício e Saúde

Professora Orientadora:

Doutora Maria de Fátima Baptista

Júri:

Presidente: Doutor Luís Fernando Cordeiro Bettencourt Sardinha

Vogais: Doutor Pedro Vítor Mil-Homens Ferreira Santos

Doutor Mário Rui Guerreiro Mascarenhas

Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista

Hugo Carlos Pereira

Junho, 2004

Índice

1. <u>Introdução</u>	1
2. <u>Revisão de literatura</u>	4
2.1. Factores determinantes do mineral ósseo em homens idosos	4
2.1.1. Carga Mecânica	12
2.2. Efeito de programas de exercício no mineral ósseo de homens idosos	15
2.3. Conclusão	21
3. <u>Metodologia</u>	22
3.1. Amostra	22
3.2. Peso, altura e composição corporal	22
3.3. Mineral ósseo	24
3.4. Força muscular	24
3.5. Programa de exercício	25
3.6. Análise quantitativa	25
4. <u>Resultados</u>	27
4.1. Influência da massa muscular na relação entre a força muscular e o mineral ósseo	27
4.2. Análise da influência da força muscular na taxa de modificação da massa óssea decorrente de um programa de intervenção com cargas adicionais	32
5. <u>Discussão geral</u>	36
6. <u>Sumário</u>	43
7. <u>Recomendações</u>	44
8. <u>Investigação futura</u>	46
9. <u>Conclusão</u>	47
<u>Referências</u>	48
<u>Anexos</u>	55

1. Introdução

A osteoporose é “uma doença caracterizada por uma redução do mineral ósseo e uma deterioração da microarquitetura do tecido ósseo, que leva à fragilidade e ao conseqüente aumento do risco de fractura” (WHO 1998).

Esta definição da Organização Mundial de Saúde (1998) reconhece a importância das características materiais e estruturais do osso na determinação do risco de fractura, como consequência da osteoporose. Todavia, face à relação exponencial entre a densidade mineral óssea (DMO), propriedade material, e a força de resistência do osso à fractura, em que reduções da DMO da ordem dos 10 a 15% constituem uma duplicação do risco de fractura (Faulkner 2000), a osteoporose passou a ser definida em termos densitométricos. Considera-se existir osteoporose na mulher quando a DMO é inferior à média da mulher adulta em pelo menos 2,5 desvios padrão (WHO 1998). No homem, alguns estudos defendem a utilização dos mesmos critérios para a definição de osteoporose (Selby, Davies et al. 2000; Kanis, Johnell et al. 2001). Outros autores referem a necessidade de estabelecer valores de corte específicos para o sexo masculino (Orwoll 2000a). Porém, por não se encontrarem estabelecidos valores de referência específicos da população masculina, utilizam-se os mesmos valores que para as mulheres.

A taxa de incidência e prevalência de fracturas osteoporóticas é geralmente superior na mulher comparativamente ao homem. As explicações para esta diferença encontram-se fundamentadas numa menor taxa de crescimento aposicional ou radial do osso, na mulher ao longo de diversos períodos da vida, a partir da puberdade (Seeman 2001b). Ossos com uma área de secção transversal maior são ossos que resistem melhor às forças de flexão, tipo de força aplicado com maior frequência ao esqueleto na actividade quotidiana (Duan, Seeman et al. 2001).

A incidência e a prevalência de fracturas osteoporóticas aumenta em ambos os sexos com a idade, particularmente a partir dos cinquenta anos, sobretudo devido à redução do nível de hormonas sexuais. Na mulher, esta redução é mais acentuada (menopausa), provocando uma aceleração da perda de mineral ósseo ao nível do tecido ósseo, com estreitamento do córtex e das trabéculas, podendo ocorrer uma eventual ruptura das últimas (Seeman 2001b).

Devido à maior prevalência de fracturas osteoporóticas na mulher, a maioria dos estudos nesta área têm sido centrados no sexo feminino (Pluijm, Visser et al. 2001). A acentuada preocupação com a osteoporose feminina poderá criar a ilusão de que esta doença não afecta os homens. Porém, este é um problema de saúde pública, também para o homem (Orwoll 2000a).

De acordo com dados da EC (1998), em Portugal, a taxa de incidência de fractura da anca no homem era de 1670 em 1995 e estima-se que vá aumentar para 4090 em 2050, representando cerca de 27% do total das fracturas de anca no território nacional (homens + mulheres). Relativamente às fracturas vertebrais, a prevalência era de 355000 em 1995 e prevê-se que seja de 599000 em 2050, representando cerca de 50% do total nacional.

Existe uma clara relação entre a fractura osteoporótica e a redução da qualidade de vida de homens e mulheres idosos (Adachi, Ioannidis et al. 2001; Johnell, Kanis et al. 2001; Martin, Sornay-Rendu et al. 2002). Indivíduos que sofrem fracturas podem perder a sua aptidão funcional, ficando dependentes de terceiros para desempenhar as suas tarefas diárias e, no caso de fracturas vertebrais e de anca, sujeitos às enfermidades decorrentes de uma recuperação com imobilização na cama (Melton III 2002). As consequências físicas, psicológicas e sociais da fractura conduzem a um maior número de adaptações necessárias na vida quotidiana e a um maior receio acerca do futuro.

De acordo com a National Osteoporosis Foundation (Bonner, Sinaki et al. 2003), existem estratégias específicas para lidar com esta doença e com as suas consequências. Entre elas, o exercício físico assume uma grande importância tanto na prevenção, como no tratamento. Dada a relação entre a carga mecânica e a adaptação óssea, são aconselhadas actividades que envolvam o suporte do peso do corpo e/ou exercício com cargas adicionais (Frost 1987).

A manutenção da massa e da força muscular durante o envelhecimento, tendo em vista a prevenção da osteoporose, têm constituído tópico de algumas publicações (Burr 1997; Uusi-Rasi, Sievanen et al. 2001). Porém, não se encontra bem explicada a função da força muscular na preservação da massa óssea de diversos locais do esqueleto, particularmente na população idosa do sexo masculino. Assim, os objectivos deste estudo foram:

1. Verificar se a massa muscular constitui um mediador da relação entre a força muscular e o mineral ósseo em diversos locais ósseos do esqueleto.
2. Analisar se a taxa de modificação do mineral ósseo decorrente de um programa de intervenção com cargas adicionais é influenciada pelas características iniciais dos sujeitos, nomeadamente pela sua força muscular.

2. Revisão de literatura

2.1. Factores determinantes do mineral ósseo em homens idosos

A massa óssea é influenciada por diferentes tipos de factores, nomeadamente, factores genéticos, nutricionais, hormonais e mecânicos.

A carga genética influencia o metabolismo ósseo nos processos de crescimento, de modelação e remodelação. Geralmente 50 a 80% da variabilidade da DMO é atribuída à carga genética, embora os resultados de alguns estudos sejam contraditórios devido à variabilidade da influência dos genes, de acordo com o sexo ou com o local ósseo avaliado (Gennari and Brandi 2001). Parece ser, no entanto, consensual que a massa óssea dos indivíduos com carga genética semelhante tende a diferenciar-se com o tempo. Sugere-se assim, que os genes desempenham um papel mais importante no desenvolvimento do pico de massa óssea do que durante o envelhecimento, período durante o qual se verifica uma redução do mineral ósseo (Kannus, Palvanen et al. 1999; Gennari and Brandi 2001).

Existe uma relação positiva entre a quantidade de mineral ósseo e a nutrição ao longo da vida. De entre os vários nutrientes, o cálcio e a vitamina D apresentam-se como aqueles cuja relação com o mineral ósseo se encontra mais frequentemente documentada. Vários são os estudos que observaram uma associação positiva entre o aporte de cálcio ou de vitamina D e a DMO de diversos locais ósseos e em diferentes faixas etárias, independentemente do aporte energético total (Bendavid, Shan et al. 1996; Weaver 2000; Huuskonen, Vaisanen et al. 2000a; Huuskonen, Vaisanen et al. 2000b; Nguyen, Center et al. 2000b; Uusi-Rasi, Sievanen et al. 2001; Heaney 2002; Prentice 2002).

A importância do cálcio deve-se ao facto de ser o principal constituinte do osso, sendo este a sua principal reserva. Durante o crescimento e na vida adulta, o organismo tem a capacidade de se ajustar ligeiramente às quebras de aporte de cálcio. Porém com o envelhecimento, essa capacidade tende a desaparecer, tornando-se o organismo mais sensível às variações do aporte.

Sintetizando recomendações de diferentes organismos, o aporte diário de cálcio deve encontrar-se entre os 700mg/d para adultos e os 1500mg/d para mulheres com mais de cinquenta anos de idade, que não façam terapia de substituição hormonal e para ambos os sexos acima dos sessenta e cinco anos (Prentice 2002).

A vitamina D funciona como uma hormona e a sua principal função é sobre a reabsorção de cálcio no rim, intestino e osso. No homem, a vitamina D é obtida através da alimentação ou sintetizada na pele e no rim. Deficiências de vitamina D produzem efeitos nefastos no esqueleto, por estimularem a produção de paratormona (PTH) e consequentemente o aumento da remodelação óssea e da perda de mineral (Khan, McKay et al. 2001). O envelhecimento conduz a uma redução dos níveis desta vitamina, quer pela eventual diminuição da exposição solar, quer pela redução da sua produção a nível renal. De acordo com este cenário, compreende-se a necessidade de suplementação de vitamina D em pessoas idosas (Khan, McKay et al. 2001). Em pessoas com menos de cinquenta anos, a suplementação de vitamina D só é aconselhada se a exposição solar diária for inferior a 1- 2 horas. Acima dos 50 anos, as recomendações encontram-se entre os 5 e os 15µg/d e variam de acordo com a latitude do país de origem, devido às diferenças na exposição solar (Prentice 2002).

O sistema endócrino influencia de forma determinante o metabolismo ósseo e o dimorfismo sexual que está na base da diferente prevalência de osteoporose nos homens relativamente às mulheres. Assim, poderemos distinguir dois tipos de hormonas. As que controlam directamente os níveis plasmáticos de cálcio (PTH, vitamina D e calcitonina) e as que influenciam o metabolismo ósseo (estrogénio, testosterona, hormona do crescimento (GH) e factor de crescimento insulino mimético 1 (IGF-1)).

As hormonas sexuais, nomeadamente o estrogénio e a testosterona, desempenham uma função fundamental na saúde do esqueleto e o estrogénio, geralmente associado à mulher, parece influir também no metabolismo ósseo do homem (Khosla, Melton III et al. 2001; Orwoll 2001). Existem algumas evidências de que, em homens idosos, a hormona sexual mais importante na determinação da taxa de redução do mineral ósseo seja o estrogénio. Embora a testosterona também intervenha na manutenção do mineral ósseo, os problemas de osteoporose no homem poderão ser, em parte, devido a uma deficiência de estrogénio (Khosla, Melton III et al. 1998; Falahati-Nini, Riggs et al. 2000; Khosla, Melton III et al. 2001; Orwoll 2001).

A testosterona parece contribuir para um maior pico de massa óssea e para um maior tamanho do esqueleto do homem relativamente à mulher, devido à sua acção na aposição periosteal (Orwoll 2001). De uma forma geral, os níveis de testosterona circulante diminuem com a idade (Díaz-Guerra, Hawkins et al. 2001) e poderão estar associados a valores mais baixos de DMO (Francis 2001; Khosla, Melton III et al. 2001; Orwoll 2001). Também a deficiência de GH parece estar associada a valores mais baixos de DMO. Pensa-se que promove o crescimento ósseo através de um mecanismo com o IGF-1 e com a PTH (Ahmad, Thomas et al. 2003). Assim, a insuficiência de GH ou de IGF-1 poderá provocar problemas no crescimento do esqueleto. Após os 35 anos, assiste-se a um decréscimo destas duas hormonas, o que poderá contribuir para a redução na formação óssea (Khan, McKay et al. 2001).

Além dos determinantes genéticos, nutricionais e hormonais, tem sido referida a existência de um conjunto de factores relacionados com o peso corporal, com os seus constituintes (massa muscular e massa gorda), com a força muscular e com a força de reacção ao impacto, que poderão condicionar o metabolismo ósseo. A influência de alguns destes factores encontra-se documentada por diversos autores (Quadro 2.1).

Quadro 2.1. Características dos estudos transversais sobre a influência da força e da composição corporal no mineral ósseo de adultos jovens e idosos do sexo masculino. Resultados expressos através do coeficiente de correlação (r) ou de regressão (β).

Autores	Amostra (n)	Idade	Amostra (caracterização)		Mineral Ósseo	Fatores Determinantes
Andreoli et al. (2001)	E ₁ : 12	22,5±3,0	E ₁ : Judo	Atletas com exercício 6 d/sem	DMO Total E ₁	MMA (0,61*); MG (0,51)
	E ₂ : 14	22,8±2,8	E ₂ : Karaté		DMO Total E ₂	MMA (0,61*); MG (0,51)
	E ₃ : 24	21,5±3,9	E ₃ : Pólo aquático		DMO Total E ₃	MMA (0,64*); MG (0,31)
	C: 12	22,4±3,2	C: Não atletas		DMO Total C	MMA (0,69*); MG (0,41)
Baumgartner et al. (1996)	E: 119	77,2±5,8	E: Idosos saudáveis		CMO Total	MMA (0,69*); MG (0,29)
Bendauid et al. (1996)	E: 218	58,0±3,7			CMO Coluna lombar	MMA (0,44*); MG (0,29)
					CMO Colo do fêmur	MMA (0,41*); MG (0,14*)
					CMO Braço	MMA (0,69*); MG (0,13*)
					CMO Perna	MMA (0,71*); MG (0,30)
					DMO Rádio médio	IMC ($\beta = 0,31^{***}$)
Bevier et al. (1989)	E: 36	70,0±0,7			DMO Rádio ultradistal	IMC ($\beta = 0,12$)
					DMO Coluna lombar	IMC ($\beta = 0,40^{***}$)
Coin et al. (2000)	E: 21 C: 30	80,8±8,0 77,4±7,2			DMO Fêmur	IMC ($\beta = 0,48^{***}$)
					DMO Coluna lombar	FM (0,46**) / FM (0,46**) / FP (0,37*)
					DMO Rádio médio	MMA (0,35*); MIG (0,34*); MG (0,20)
Dorado et al. (2002)	E: 15 C: 18	29,0±1,0 25,0±1,0			DMO Colo do fêmur	MMA (0,59**); MIG (0,68**); MG (0,53**)
					DMO Trocãter	MMA (0,46**); MIG (0,52**); MG (0,44*)
					DMO Braço dom	MMA (E: 0,35; C: 0,63**)
					DMO Braço n dom	MMA (E: 0,60*; C: 0,60**)
					DMO Perna D ^{1a}	MMA (E: 0,54*; C: 0,76**)
					DMO Perna E ^{da}	MMA (E: 0,48; C: 0,80**)

E, Grupo de estudo; C, Grupo de controlo; d/sem, dias por semana; h/sem, horas por semana; DMO, Densidade mineral óssea; MMA, Massa muscular apendicular; MG, Massa gorda; CMO, Conteúdo mineral ósseo e altura; IMC, Índice de massa corporal; FM, Força muscular; FP, Força de preensão; MIG, Massa isenta de gordura; MM, Massa muscular; dom, Dominante; n dom, Não dominante; D^{1a}, Direita; E^{da}, Esquerda; Ext, Músculos extensores; Flex, Músculos flexores; Proxi, Proximal; β , Coeficiente de regressão standardizado; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$.

Quadro 2.1 (continuação). Características dos estudos transversais sobre a influência da força e da composição corporal no mineral ósseo de adultos jovens e idosos do sexo masculino. Resultados expressos através do coeficiente de correlação (r) ou de regressão (β).

Autores	Amostra (n)	Idade	Amostra(caracterização)	Mineral Ósseo	Fatores Determinantes
Elkin et al. (2000)	E: 25 C: 25	28,0 \pm 8,0 28,0 \pm 7,0	E: Com fibrose cística C: Saudáveis	DMO Perna E: DMO Perna C:	MMA (0,73***); FM (0,50*) MMA (0,68***); FM (0,60**)
Hughes et al. (1995)	E: 89	60,6 \pm 8,0	E: Idosos saudáveis	DMO Rádio DMO Coluna lombar DMO Colo do fêmur DMO Trocater DMO Ward	MM (0,42**); MIG (0,50**); FM (Ext.: 0,40**; Flex: 0,36**); P (0,26*) MM (0,10); MIG (0,52**); FM (Ext.: 0,18 - Flex: 0,16); P (0,34**) MM (0,30*); MIG (0,46**); FM (Ext.: 0,11 - Flex: 0,23); P (0,31*) MM (0,36*); MIG (0,57**); FM (Ext.: 0,19 - Flex: 0,23); P (0,47**) MM (0,35*); MIG (0,50**); FM (Ext.: 0,26 - Flex: 0,31*); P (0,38**)
Huuskonen et al. (2000a)	E: 140	58,1 \pm 2,9	E: Indivíduos saudáveis	DMO Coluna DMO Colo do fêmur DMO Trocater DMO Ward	FM (0,18* - 0,35***); IMC (0,30***); P (0,29**) FM (0,19* - 0,28**); IMC (0,21*); P (0,27**) FM (0,21* - 0,33**); IMC (0,34**); P (0,38**) FM (0,20* - 0,27**); IMC (0,18**); P (23**)
Izumotani et al. (2003)	E: 686	49,2 \pm 5,4	E: Indivíduos saudáveis	DMO Coluna lombar	FM (β = 0,16*); IMC (β = 0,20****)
Petterson et al. (1999)	E: 20 C: 20	23,4 \pm 4,9 24,6 \pm 2,3	E: Atletas de hóquei no gelo C: Indivíduos saudáveis com menos de 3h/sem de actividade física	DMO Total DMO Coluna DMO Pévis DMO Colo fêmur DMO Trocater DMO Ward DMO Diáfise fêmur DMO Tíbia proxi DMO Diáfise tibia DMO Úmero	MIG (C: 0,56**; E: 0,48*); FM (C: 0,72**; E: 0,30) MIG (C: 0,55*; E: -0,01); FM (C: 0,66**; E: -0,33) MIG (C: 0,52*; E: 0,60**); FM (C: 0,70**; E: 0,43) MIG (C: 0,51*; E: 0,04); FM (C: 0,80**; E: 0,13) MIG (C: 0,59**; E: 0,14); FM (C: 0,76**; E: 0,29) MIG (C: 0,40; E: 0,07); FM (C: 0,73**; E: 0,10) MIG (C: 0,56**; E: 0,07); FM (C: 0,58**; E: 0,07) MIG (C: 0,25; E: 0,47*); FM (C: 0,46*; E: 0,28) MIG (C: 0,58**; E: 0,57**); FM (C: 0,39; E: 0,34) MIG (C: 0,63**; E: 0,36); FM (C: 0,68**; E: 0,26)

E, Grupo de estudo; C, Grupo de controlo; d/sem, dias por semana; h/sem, horas por semana; DMO, Densidade mineral óssea; MMA, Massa muscular apendicular; MG, Massa gorda; CMO, Conteúdo mineral ósseo e altura; IMC, Índice de massa corporal; FM, Força muscular; FP, Força de preensão; MIG, Massa isenta de gordura; MM, Massa muscular; dom, Dominante; n dom, Não dominante; D^a, Direita; E^a, Esquerda; Ext, Músculos extensores; Flex, Músculos flexores; Proxi, Proximal; β , Coeficiente de regressão standardizado; *p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001.

Quadro 2.1 (continuação). Características dos estudos transversais sobre a influência da força e da composição corporal no mineral ósseo de adultos jovens e idosos do sexo masculino. Resultados expressos através do coeficiente de correlação (r) ou de regressão (β).

Autores	Amostra (n)	Idade	População (caracterização)	Mineral Ósseo	Factores Determinantes	
					DMO fémur proxi	MMA ($\beta=0,26^{**}$); MG ($\beta=0,32^{***}$)
Pluijm et al. (2001)	E: 258	75,5 \pm 6,4	E: Idosos saudáveis	DMO fémur proxi	MMA ($\beta=0,26^{**}$); MG ($\beta=0,32^{***}$)	
Proctor et al. (2000)	E: 345	55,4 \pm 19,6	E: Indivíduos saudáveis	DMO Total DMO Coluna lombar DMO Colo do fémur DMO Trocarter DMO Rádio distal DMO Rádio ultra	MM (0,54 ***); MIG (0,53 ***) MM (0,25 ***); MIG (0,27 ***) MM (0,56 ***); MIG (0,53 ***) MM (0,49 ***); MIG (0,48 ***) MM (0,58 ***); MIG (0,56 ***) MM (0,54 ***); MIG (0,51 ***)	
Taaffe et al. (2001a)	E: 1282	73,7 \pm 2,9	E: Idosos saudáveis	DMO Total DMO Braço dom DMO Perna dom DMO Colo do fémur	MIG (0,33 ***); FM (0,20 ***); MG (0,17 ***); P (0,28 ***) MIG (0,36 ***); FM (0,23 ***); MG (0,18 ***); P (0,30 ***) MIG (0,36 ***); FM (0,27 ***); MG (0,26 ***); P (0,35 ***) MIG (0,41 ***); FM (0,19 ***); MG (0,38 ***); P (0,44 ***)	
Warner et al. (2002)	E ₁ : 16 E ₂ : 14 C: 15	26,2 \pm 5,0 31,4 \pm 5,5 30,4 \pm 5,8	E ₁ : Ciclistas montanha E ₂ : Ciclistas estrada C: Não atletas	DMO Total DMO Coluna lombar DMO Colo do fémur DMO Trocarter DMO Ward	MIG (0,47 **); FM (0,43 **); MG (0,21); P (0,52 ***) MIG (0,39 **); FM (0,33 *); MG (0,04); P (0,36 *) MIG (0,17); FM (0,13); MG (-0,06); P (0,11) MIG (0,34 *); FM (0,31 *); MG (-0,16); P (0,17) MIG (0,22); FM (0,22); MG (-0,20); P (0,04)	

E, Grupo de estudo; C, Grupo de controlo; d/sem, dias por semana; h/sem, horas por semana; DMO, Densidade mineral óssea; MMA, Massa muscular apendicular; MG, Massa gorda; CMO, Conteúdo mineral ósseo e altura; IMC, Índice de massa corporal; FM, Força muscular; FP, Força de preensão; MIG, Massa isenta de gordura; MM, Massa muscular; dom, Dominante; n dom, Não dominante; D^{da}, Direita; E^{da}, Esquerda; Ext, Músculos extensores; Flex, Músculos flexores; Proxi, Proximal; β , Coeficiente de regressão standardizado; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$.

Da leitura do quadro 2.1. pode constatar-se que a massa muscular é um dos estimadores mais importantes da massa óssea, seja expressa como massa muscular total (Hughes, Frontera et al. 1995; Proctor, Melton III et al. 2000), como massa muscular apendicular (Baumgartner, Stauber et al. 1996; Coin, Sergi et al. 2000; Elkin, Williams et al. 2000; Andreoli, Monteleone et al. 2001; Pluijm, Visser et al. 2001; Dorado, Sanchis et al. 2002), ou massa isenta de gordura (Coin, Sergi et al. 2000; Taaffe, Cauley et al. 2001a; Warner, Shaw et al. 2002). Em menor escala, a massa gorda é também associada à massa óssea (Baumgartner, Stauber et al. 1996; Coin, Sergi et al. 2000; Taaffe, Cauley et al. 2001a).

Esta associação pode ser explicada por uma forte influência da carga genética nas características morfológicas individuais. Todavia, estudos com tenistas, em que o membro superior não dominante constitui região óssea de controlo, anulando qualquer enviesamento genético, hormonal ou nutricional das observações, evidenciam a influência específica da carga mecânica no esqueleto. Os atletas estudados tendem a possuir uma DMO superior no braço dominante, o que reforça a ideia de que a carga mecânica produzida pela contracção muscular e transmitida ao esqueleto pelos tendões é específica dos locais de inserção dos mesmos (Haapasalo, Kontulainen et al. 2000).

Vários autores sugerem uma influência positiva da força muscular de um dado grupo muscular sobre a quantidade de massa óssea nos locais de inserção tendinosa respectivos, traduzindo a tensão exercida por esse músculo no referido local ósseo (Bevier, Wiswell et al. 1989; Petterson, Nordström et al. 1999; Elkin, Williams et al. 2000). Outros autores sugerem que a força de um determinado grupo muscular se encontra relacionada com uma maior massa óssea noutros locais do esqueleto, por representar uma estimativa da força muscular global (Hughes, Frontera et al. 1995; Huuskonen, Vaisanen et al. 2000b; Taaffe, Cauley et al. 2001a; Warner, Shaw et al. 2002).

O peso é frequentemente referido na literatura, como um determinante do mineral ósseo. As correlações encontradas entre o peso e a DMO são superiores em locais ósseos do fémur proximal e na coluna lombar, pois estes encontram-se sujeitos às cargas relacionadas com o suporte do peso do corpo (Hughes, Frontera et al. 1995; Bendavid, Shan et al. 1996; Petterson, Nordström et al. 1999; Huuskonen, Vaisanen et al. 2000b; Orwoll, Bevan et al. 2000b; Taaffe, Cauley et al. 2001a). Os estudos que compararam a influência destes determinantes no mineral ósseo de indivíduos com diferentes níveis de actividade física e praticantes de diferentes modalidades sugerem que as características da própria actividade podem exercer uma influência marcante na adaptação óssea. Nestes estudos, a relação entre as variáveis da composição corporal, a força muscular e a massa óssea é mais forte no grupo de controlo do que no de intervenção, sugerindo que o estímulo mecânico associado à actividade possa ser importante na adaptação óssea (Petterson, Nordström et al. 1999; Dorado, Sanchis et al. 2002; Warner, Shaw et al. 2002).

2.1.1. Carga mecânica

Segundo a teoria de Mecanostáto, são os factores mecânicos (peso corporal, contracção muscular voluntária e forças de reacção ao impacto), que controlam os processos de adaptação de esqueleto. Particularmente, a modelação e a remodelação óssea (Frost 1987). De acordo com esta teoria, os efeitos da carga mecânica na massa óssea dependem sobretudo da intensidade do estímulo. Quando a deformação óssea é baixa, inferior a 50 – 200 microstrains ($\mu\epsilon$), verifica-se uma perda de mineral ósseo (caso da imobilização). Quando a intensidade se encontra acima de 200/300 $\mu\epsilon$ (limiar da deformação mínima efectiva (DME) para a remodelação) e abaixo de 1500/2000 $\mu\epsilon$ (limiar da DME para a modelação), estamos na zona de estimulação fisiológica. Existe um equilíbrio entre a reabsorção e a formação, conservando assim o mineral ósseo. Se o estímulo se situar na zona de sobrecarga, acima da zona de estimulação fisiológica (2000 $\mu\epsilon$), dele resulta uma resposta de modelação, verificando-se um aumento da massa óssea. Estímulos mecânicos extremamente elevados conduzem a um processo de reparação do osso, através do qual se forma tecido ósseo para responder às necessidades imediatas.

Relativamente ao tipo e distribuição da carga, as forças compressivas e de tensão parecem ser mais importantes que as forças de corte (Turner 1998). Os gradientes hidrostáticos criados pela deformação do osso fazem circular fluidos extra celulares pelos canaliculos ósseos, provocando um fenómeno de mecanotransducção, que leva à formação óssea. Também as alterações da deformação potenciam a resposta de adaptação. Uma carga rotineira aplicada de forma diferente do habitual poderá produzir aumentos da massa óssea (Ehrlich and Lanyon 2002).

Para além da intensidade e da direcção do estímulo aplicado ao osso, também a frequência e a duração da deformação óssea revelaram a sua importância no processo de adaptação óssea (Lanyon and Rubin 1984). O aumento da frequência do estímulo de 1 para 20Hz, conduz a um aumento do seu efeito na quantidade de massa óssea de 28% para 69%. Este aumento de frequência do estímulo acompanha geralmente uma diminuição da sua intensidade, de modo a que o *strain rate* (produto da intensidade pela frequência) se mantenha constante. Estas evidências sugerem que a aplicação de estímulos de baixa intensidade ($< 10\mu\epsilon$) a uma alta frequência (10 a 100Hz) têm a capacidade de produzir aumentos da massa óssea (Rubin, Sommerfeldt et al. 2001). O exercício físico com impactos é caracterizado por cargas que correspondem às características referidas anteriormente.

Aumentos da duração de aplicação da carga não correspondem a aumentos proporcionais da massa óssea, pois as células ósseas entram num processo de saturação. As células ósseas tendem a acomodar-se aos estímulos, tornando-se menos sensíveis a estes (Turner 1998). São necessários períodos de repouso para que as células voltem a ganhar sensibilidade. Neste contexto, é preferível a aplicação de cargas mecânicas de duração mais reduzida mais mas mais frequentes do que a aplicação de cargas por períodos de tempo extensivos.

O estímulo mecânico necessário ao processo de adaptação óssea poderá ser induzido através de forças de reacção ao nível do apoio ou através de forças de contracção muscular produzidas pelos tendões nos locais de inserção óssea (Burr 1997; Mayoux-Benhamou, Leyge et al. 1999). Não é claro se o efeito positivo de desportos que envolvam saltos (voleibol, ginástica ou outros) será devido às forças de impacto proporcionadas durante a fase de recepção dos saltos, ou à componente de carga muscular elevada, apresentada nestes desportos (Wallace and Cumming 2000).

Os estudos acerca do efeito da imobilização (Bloomfield 1997) ou da ausência de gravidade (Vico, Lafage-Proust et al. 1998; Zerath, Holy et al. 2000) confirmam a importância da carga mecânica na adaptação óssea. Esta diminuição não ocorre de uma forma homogênea em todo o esqueleto. Le Blanc et al. (1990) verificaram que a imobilização durante quatro meses resulta na diminuição do mineral ósseo (entre os 2% na tíbia e os 10% no calcâneo).

Uma das explicações para o decréscimo da quantidade de mineral ósseo com a idade é baseada na redução do estímulo mecânico resultante da contracção muscular, por sarcopénia (Frontera, Hughes et al. 1991; Going, Williams et al. 1994; Bemben, Benjamin et al. 1995; Burr 1997; Aloia, Vaswani et al. 2000; Deng, Lai et al. 2001; Hughes, Frontera et al. 2001; Izquierdo, Häkkinen et al. 2001). Por um lado, a diminuição da massa e da força muscular deixa de exercer um estímulo suficientemente forte sobre o esqueleto, por outro limita o envolvimento em actividades mais intensas por parte do idoso. Assim, a sarcopénia é normalmente acompanhada de osteopénia (Uusi-Rasi, Sievanen et al. 2001).

2.2. Efeito de programas de exercício no mineral ósseo de homens idosos

Da análise da literatura publicada sobre o efeito do exercício no mineral ósseo de indivíduos do sexo masculino, poder-se-á distinguir dois tipos de estudos: 1) estudo transversais que comparam a densidade mineral óssea (DMO) de atletas com a de indivíduos sedentários (quadro 2.2.) e 2) estudos longitudinais que analisam a eficácia de uma intervenção específica num determinado subgrupo da população (quadro 2.3).

O exercício parece exercer um efeito benéfico no esqueleto ao contribuir tanto para o aumento na massa óssea em idade mais jovens (Margulies, Simkin et al. 1986; Bennell, Malcolm et al. 1997; Fuchs, Bauer et al. 2001), como para a redução da taxa de diminuição da massa óssea em pessoas mais velhas (Maddalozzo and Snow 2000; Vincent and Braith 2002).

De uma forma geral, as investigações que comparam atletas com não atletas e as que analisam a eficácia de diferentes intervenções com exercício, sugerem a utilização de exercícios que induzam um estímulo de elevada intensidade e frequência de estimulação, de curta duração e aplicado de um modo não usual, ou seja, em situações diferentes do habitual (Bennell, Malcolm et al. 1997; Maddalozzo and Snow 2000; Andreoli, Monteleone et al. 2001; Fuchs, Bauer et al. 2001; Warner, Shaw et al. 2002).

Podemos distinguir o tipo de intervenção pelo protocolo de exercício, em: exercício aeróbio, de força e programas que combinam os dois tipos de exercício.

Os programas aeróbios constituíram a principal forma de intervenção com exercício para a prevenção da osteoporose. Este tipo de intervenções, foi operacionalizado através de programas estruturados com (Maddalozzo and Snow 2000; Fuchs, Bauer et al. 2001; Vincent and Braith 2002) ou sem supervisão (Huuskonen, Vaisanen et al. 2000b).

Quadro 2.2. Características dos estudos transversais que analisaram o efeito do exercício físico no mineral ósseo de adultos do sexo masculino

Autores	Amostra (n)	Idade	Amostra (caracterização)		Mineral Ósseo	Efeito
			E1: Judo E2: Karaté E3: Pólo aquático C: Não atletas	Atletas com exercício 6 d/sem		
Andreoli et al. (2001)	E1: 12	22,5±3,0			DMO Total	E1 > C*, E1 > E3*, E2 > C*, E2 > E3*,
	E2: 14	22,8±2,8			DMO Braços	E1 > E3* > E2* > C*
	E3: 24	21,5±3,9			DMO Pernas	E2 > E3*, E2 > C*
	C: 12	22,4±3,2			DMO Tronco	E1 > C*, E2 > C*, E1 > E2*
Pettersen et al. (1999)	E: 20 C: 20	23,4±4,9 24,6±2,3	E: Atletas de hóquei no gelo C: Indivíduos saudáveis com menos de 3h/sem de actividade física		DMO Total	E > C**
					DMO Coluna	E > C*
		DMO Pélvis	E > C**			
		DMO Colo fémur	E > C**			
		DMO Trocarter				
		DMO Ward				
		DMO Diáfise fémur				
		DMO Tibia proxi	E > C**			
		DMO Diáfise tibia	E > C*			
		DMO Úmero	E > C**			
Warner et al. (2002)	E1: 16 E2: 14 C: 15	26,2±5,0 31,4±5,5 30,4±5,8	E1: Ciclistas montanha E2: Ciclistas estrada C: Não atletas		DMO Total	E1 > E2*, E1 > C*
					DMO Coluna lombar	E1 > E2*, E1 > C*
					DMO Colo do fémur	E1 > E2*, E1 > C*
					DMO Trocarter	E1 > E2*, E1 > C*
					DMO Ward	E1 > E2*, E1 > C*

E, Grupo de estudo; C, Grupo de controlo; d/sem, dias por semana; h/sem, horas por semana DMO, Densidade mineral óssea; *p<0.05 ** p<0.01 *** p<0,001; Proxi, Proximal.

Quadro 2.3. Características dos estudos que analisaram o efeito de programas de intervenção com exercício físico no mineral ósseo de crianças, adultos jovens e idosos do sexo masculino. Resultados expressos através da diferença percentual relativamente ao início do estudo.

Autores	Amostra (n)	Idade	Programa	Duração	Mineral Ósseo	Efeito
Bennell et al. (1997)	E ₁ : 27	19,9±1,7	E ₁ : Atletas de velocidade > 3d/sem	12 Meses	CMO Total	E ₁ : 1,7% ^{**} ; E ₂ : 1,6% ^{**} ; C: 1,8% ^{**}
	E ₂ : 31	20,7±2,1	E ₂ : Atletas de fundo >3d/sem		DMO Braço	E ₁ : 3,0% ^{**} ; E ₂ : 0,9% ^{**}
	C: 27	20,4±2,5	C: Actividade física < 3h/ sem		DMO Fémur DMO Coluna lombar	E ₁ : 1,6% ^{**} ; E ₂ : 0,7% ^{**} ; C: 1,5% ^{**}
Fuchs et al. (2001)	E: 25	7,5±0,2	E: Exercício 20' 3d/sem com saltos	7 Meses	DMO Coluna lombar	E: 3,8% ^{**}
	C: 26	7,6±0,2	C: Exercícios de alongamento		DMO Colo fémur	
Maddalozzo et al. (2000)	E ₁ : 12	55,2±3,3	E ₁ : 3d/sem 13 exercícios máquinas força 3x10 a 13 reps (40-60%RM)	6 Meses	DMO Total	E ₁ : -0,81% [*] ; E ₂ : 0,25% [*]
	E ₂ : 12	54,8±2,6	E ₂ : 3d/sem 12 exercícios pesos livres 3x10 reps (70%RM) a 3x 2a4 reps (90%RM)		DMO Coluna lombar	E ₂ : 2,27% ^{**}
					DMO Colo fémur DMO Trocater	E ₂ : -0,46% [*] E ₁ : 0,91% [*] ; E ₂ : 1,21% [*]
Marquies et al. (1986)	E: 244	18 a 21	E: Recrutas com exercício aeróbio e de força 8h/dia e 6d/sem	14 Sem	CMO Perna D ^{ta} CMO Perna E ^{da}	5,2% ^{**} 11,1% ^{***}
Vincent et al. (2002)	E ₁ : 24	67,6±6,0	E ₁ : 3d/sem exercício máquinas força - 50%RM	6 Meses	DMO Total	E ₁ : -0,42%; E ₂ : -0,21%; C: -0,73%
	E ₂ : 22	66,6±7,0	E ₂ : 3d/sem exercício máquinas força - 80%RM		DMO Colo fémur	E ₁ : 0,68%; E ₂ : 1,96%; C: -1,59%
	C: 16	71,0±5,0	C: Controlo		DMO Coluna lombar DMO Ward	E ₁ : -1,12%; E ₂ : 3,22%; C: 0,64% E ₁ : -0,74%; E ₂ : -0,17%; C: -1,94%

E, Grupo de estudo; C, Grupo de controlo; d/sem, dias por semana; h/sem, horas por semana; h/dia, horas por dia; DMO, Densidade mineral óssea; CMO, Conteúdo mineral ósseo e altura; RM, Repetição máxima; D^{ta}, Direita; E^{da}, Esquerda; *p<0.05 ** p<0.01 *** p<0,001.

No estudo de Huuskonen et al. (2000b), os participantes realizaram exercício aeróbio de baixa a moderada intensidade, sem acompanhamento. No final dos quatro anos, os grupos apresentaram decréscimos da DMO em todos os locais ósseos excepto na coluna lombar, sem se verificarem diferenças significativas entre os dois grupos. Este tipo de programa apresenta como problema, a limitação da intensidade do esforço a que os participantes podem ser submetidos e a fraca garantia de que a actividade quotidiana do grupo de controlo não atinge uma intensidade semelhante à dos grupos de intervenção.

Fuchs et al. (2001) encontraram resultados positivos em crianças no aumento da massa óssea da coluna lombar e do colo do fémur, com um programa de treino de sete meses, que incluía saltos. Embora ambos os grupos tenham aumentado, a taxa de aumento da DMO foi superior no grupo de intervenção ao nível do colo do fémur, mas não na coluna lombar.

Nos protocolos que utilizam o treino de força, o grupo de intervenção realiza uma rotina de treino com cargas adicionais, normalmente acompanhado por um professor. O treino é precedido de um aquecimento e termina com o retorno à calma e alongamentos. É frequente encontrarmos protocolos deste tipo, pois são os que oferecem maiores garantias de resultados.

De facto, os resultados com este tipo de programas são geralmente positivos, dependendo da intensidade de treino, da duração e da idade da amostra. Programas de treino mais intensos, aplicados em indivíduos mais novos e durante mais tempo promovem adaptações mais significativas. Estudos em que os sujeitos, divididos em dois grupos, um grupo de média intensidade (40 a 60%) e outro de alta intensidade (70 a 90%RM), realizaram treino de força com um treinador pessoal, durante seis meses, observaram maiores adaptações ósseas no grupo de treino com maior intensidade (Maddalozzo and Snow 2000; Vincent and Braith 2002).

O programa combinado poderá conduzir a maiores benefícios ao nível da saúde óssea, assim como da saúde em geral. Teoricamente, alia os benefícios do treino aeróbio e de força, ao seu potencial osteogénico. Porém, não é frequente encontrar referências a estudos deste tipo. Na pesquisa realizada apenas foi encontrado um estudo efectuado com recrutas militares entre os 18 e os 21 anos, que utilizou um programa de treino de alta intensidade e volume (8h diárias), tendo observado grandes incrementos no conteúdo mineral ósseo na perna direita (5.1%) e na esquerda (11.1%), em apenas 14 semanas (Margulies, Simkin et al. 1986).

A duração do programa de treino constitui um factor condicionante dos resultados, porém torna-se difícil estabelecer a comparação entre programas, pois diferem na idade da amostra, na composição e na frequência semanal do programa de exercício. Foram encontrados na literatura programas com uma duração entre as 14 semanas e os 4 anos. A maioria dos estudos utilizou programas de exercício com uma duração entre os 6 e os 12 meses (Margulies, Simkin et al. 1986; Bennell, Malcolm et al. 1997; Maddalozzo and Snow 2000; Huuskonen, Vaisanen et al. 2000b; Vincent and Braith 2002).

A generalidade dos autores refere que o estímulo osteogénico mais efectivo seria promovido através de programas de exercício aeróbio a uma intensidade compreendida entre os 60 e os 70% do consumo máximo de oxigénio e de programas de treino de força entre 70 e os 90% da carga máxima (Bennell, Malcolm et al. 1997; Maddalozzo and Snow 2000; Vuori 2001). Neste caso, torna-se igualmente difícil realizar comparações entre os diferentes estudos, uma vez que para além de diferirem na intensidade do estímulo, diferem também na duração do programa e na idade dos participantes.

Os estudos de Maddalozzo e Snow (2000) e de Vincent e Braith (2002) tiveram uma duração de 6 meses. No primeiro estudo, a média de idades dos participantes era de cinquenta e cinco anos e no segundo, de sessenta e oito anos. Apesar da diferença de idade dos sujeitos na amostra e dos resultados observados, ambos sugerem uma relação positiva entre a intensidade do treino de força, da ordem dos 70 a 90% da força máxima e a adaptação óssea na coluna, na anca e total de 3, 1 e 0%, respectivamente.

Tese M 1011



2.3. Conclusão

Para além dos factores genéticos, nutricionais e hormonais, a força muscular, a massa muscular e a massa gorda parecem desempenhar um papel determinante na saúde do esqueleto. As investigações efectuadas nesta área sugerem uma forte associação entre a força muscular, a massa muscular e a massa gorda com a DMO de diversas regiões do esqueleto, sendo as correlações entre a massa gorda e a DMO ligeiramente mais fracas (Coin, Sergi et al. 2000; Andreoli, Monteleone et al. 2001; Taaffe, Cauley et al. 2001a).

Assumida a associação entre estes factores e a DMO, seria de esperar que o aumento da massa e da força muscular através de um programa de intervenção adequado, conduzisse a um aumento da DMO nas regiões ósseas estimuladas. Porém, os poucos estudos longitudinais com o objectivo de verificar essa influência, obtiveram resultados pouco conclusivos (Maddalozzo and Snow 2000; Vincent and Braith 2002). Fica por estabelecer quais os factores que poderão tornar um indivíduo mais sensível à intervenção, isto é, quais as características individuais (massa muscular, massa óssea, força muscular, etc.) que distinguem os respondedores dos não respondedores.

3. Metodologia

3.1. Amostra

Foram incluídos neste estudo quarenta e dois homens, de 53 a 81 anos (idade média 69.2 ± 7.0). Os participantes eram previamente activos, tendo realizado no ano anterior ao início do estudo, duas sessões por semana de treino de força com cargas adicionais. A amostra foi constituída por um subgrupo de homens inscritos no programa de actividade física para a pessoa idosa do concelho de Oeiras.

Para analisar se a massa muscular constitui um mediador da relação entre a força muscular e o mineral ósseo em diversos locais ósseos do esqueleto foi utilizada a totalidade da amostra. Para a análise da taxa de modificação do mineral ósseo decorrente do programa de intervenção foram excluídos três participantes, por apresentarem uma assiduidade inferior a 50%. Apesar disso, todos os indivíduos completaram a intervenção.

3.2. Peso, altura e composição corporal

O peso e a composição corporal foram determinados a partir de um exame de corpo inteiro obtido através da densitometria radiológica de dupla energia (DXA) QRD-1500 (Hologic, Waltham, MA, USA) (*pencil beam, software version 5.73*), com os sujeitos em roupa interior. As medidas de composição corporal foram obtidas a partir da análise de dois compartimentos, nomeadamente da massa gorda e da massa isenta de gordura, à qual foi subtraída a massa óssea.

A massa muscular apendicular, ou seja, a massa muscular dos membros, foi estimada de acordo com o modelo de Fuller et al. (1992) a partir de um exame de corpo inteiro efectuado no DXA, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{MMA}(\text{kg}) = 1,029\text{MAT}(\text{kg}) - 0,905\text{MPA}(\text{kg}) - 2,800\text{MCA}(\text{kg}) - 1,286\text{MGA}(\text{kg})$$

Em que MMA é a massa muscular apendicular, MAT é a massa apendicular total, MPA é a massa da pele apendicular, MCA é a massa de cinzas apendicular e MGA é a massa gorda apendicular.

A massa total dos membros (MAT) superiores e inferiores, a massa gorda apendicular e a massa de cinzas apendicular (CMO) foram obtidas a partir de um exame de corpo inteiro efectuado no DXA.

Para calcular a massa da pele apendicular, estimou-se a área de superfície corporal, utilizando a equação de Dubois e Dubois (1916):

$$\text{ASC} (\text{cm}^2) = 71,84 \times P^{0,425} \times A^{0,725}$$

Em que P representa o peso em kg e A, a altura em cm.

Calculou-se 9% desse valor para a superfície de cada braço, 18% desse valor para cada perna e 0,5% para a mão ou o pé (Gardner, Gray et al. 1963). Por último, assumindo que a espessura média da pele dos membros é de 1560µm e que a pele das mão e pés é duas vezes mais espessa (Snyder, Cook et al. 1974), estimou-se a massa da pele.

O valor referente à massa muscular apendicular dos membros superiores resultou da soma do membro superior direito e do membro superior esquerdo. O valor referente à massa muscular apendicular dos membros inferiores foi calculado utilizando o mesmo procedimento, ou seja, somando a massa muscular apendicular do membro inferior direito com a do membro inferior esquerdo.

3.3. Mineral ósseo

As medições do conteúdo mineral ósseo, da área óssea e da DMO foram realizadas através do DXA QRD-1500 (Hologic, Waltham, MA, USA). Os valores dos membros superiores e inferiores foram obtidos a partir de um exame de corpo inteiro (*pencil beam, software version 5.73*) e neste estudo, são expressos através da média do lado direito e esquerdo. As medições da coluna lombar (L2-L4), do fémur proximal (colo, grande trocanter e intertrocanter) e do rádio (distal, médio e ultra-distal) foram realizadas através das respectivas densitometrias (*high speed performance mode, software version 4.76* para coluna lombar e fémur proximal; *software version 5.73* para o rádio).

As densitometrias da coluna lombar foram realizadas com os sujeitos em decúbito dorsal com as coxas e os joelhos flectidos. As densitometrias do fémur proximal foram realizadas do lado esquerdo. As medidas do rádio foram realizadas no braço não dominante. Nenhum dos sujeitos relatou qualquer história de fractura nos locais ósseos avaliados. Todos os sujeitos tinham como braço dominante o braço direito. Foram realizados testes de controlo de qualidade em todas as manhãs de utilização do DXA e a média do coeficiente de variação foi de 0,29%. Os exames foram realizados por técnicos treinados e a análise foi realizada sempre pelo mesmo técnico.

3.4. Força muscular

A força muscular foi avaliada através do método de uma repetição máxima (anexo A) em duas máquinas (*Technogym[®], Gambettola, Italy*) nomeadamente, a flexão do cotovelo (força dos membros superiores) e a extensão do joelho (força dos membros inferiores).

3.5. Programa de Exercício

O programa de exercício teve a duração de nove meses, com duas sessões de 60 minutos por semana. Cada sessão era composta por um período de aquecimento, pela realização de uma rotina de dez exercícios de força, concebida para solicitar os principais grupos musculares (anexo B), retorno à calma e alongamento. A intensidade do treino com cargas adicionais obedeceu a uma periodização pré-estabelecida e variou entre os 60 e os 80% da carga máxima. O registo da carga e das repetições era realizado em ficha própria (anexo C), sendo a carga ajustada para a sessão seguinte, sempre que o número de repetições executadas saísse fora do intervalo prescrito.

3.6. Análise quantitativa

A análise quantitativa foi realizada com o programa de análise de dados SPSS (*Statistical Package for Social Sciences; software version 11.5*). Todos os dados foram apresentados através da média \pm desvio padrão e da amplitude (mínimo e máximo), para a caracterização da amostra. A estatística descritiva inclui a idade, a altura, as medidas da composição corporal e estatura (peso, índice de massa corporal, massa gorda e massa muscular apendicular), a força muscular e as medidas da massa óssea.

A análise da influência da massa muscular na relação entre a força muscular e a massa óssea dos diferentes locais do esqueleto foi realizada através de correlações parciais. Para o efeito efectuaram-se correlações: 1) entre o conteúdo mineral ósseo e a massa muscular apendicular e entre o conteúdo mineral ósseo e a força muscular, corrigidas para a respectiva área óssea e altura; 2) entre o conteúdo mineral ósseo e a força muscular corrigida para a respectiva área óssea, altura e massa muscular apendicular (dos membros superiores quando se tratava da força muscular dos membros superiores e dos membros inferiores quando se tratava da força muscular dos membros inferiores).

Os efeitos do programa de exercício foram expressos através de taxas de modificação (Δ), calculados pela diferença entre o valor final e o inicial, de acordo com a equação:

$$[(\text{Final} - \text{Inicial}) / \text{Inicial}] \times 100$$

Para a análise da influência da força muscular na taxa de modificação da massa óssea, decorrente do programa de intervenção com cargas adicionais, a amostra foi dividida em dois grupos de acordo com o valor inicial de força (grupo I – força muscular mais baixa e grupo II – força muscular mais alta). A comparação dos dois grupos, relativamente às características iniciais, à taxa de modificação do mineral ósseo, da composição corporal e da força muscular, foi realizada com recurso ao teste T para amostras independentes. Complementarmente, foi efectuada comparação da taxa de modificação do mineral ósseo entre os dois momentos, através de uma análise de covariância (ANCOVA), com correcção para a taxa de variação da massa muscular perpendicular da respectiva região corporal.

4. Resultados

4.1. Influência da massa muscular na relação entre a força muscular e o mineral ósseo

A idade, a composição corporal e a força muscular dos participantes são apresentadas no Quadro 4.1.. Trata-se de um grupo de homens idosos, com uma idade média de $69,2 \pm 7,0$ anos e com excesso de peso (índice de massa corporal de $26,4 \pm 3,0$; percentagem de massa gorda de 27,9%) (ACSM 2000).

A caracterização da massa óssea, nomeadamente a DMO, o conteúdo mineral ósseo e a respectiva área óssea do esqueleto apendicular, da coluna vertebral e de varias regiões do fémur proximal e do rádio, está apresentada nos quadros 4.2. a 4.4..

Quadro 4.1. Caracterização da amostra: idade, estatura, composição corporal e força muscular

	Média±DP	Amplitude
Idade (anos)	$69,2 \pm 7,0$	53 - 81
Peso (kg)	$73,5 \pm 9,6$	56,4 - 96,7
Altura (cm)	$166,8 \pm 5,8$	155,6 - 183,0
IMC (kg/m^2)	$26,4 \pm 3,0$	21,8 - 32,4
<i>Massa gorda total</i>		
Absoluta (kg)	$19,5 \pm 5,9$	7,5 - 33,9
Relativa (%)	$27,9 \pm 5,7$	13,8 - 40,2
<i>Massa muscular apendicular (kg)</i>		
Total	$16,8 \pm 2,6$	12,5 - 23,2
Membros superiores	$4,0 \pm 0,8$	2,7 - 6,0
Membros inferiores	$12,8 \pm 1,9$	9,5 - 17,2
<i>Força Muscular (RM em kg)</i>		
Membros superiores	$28,4 \pm 6,3$	15 - 40
Membros inferiores	$49,2 \pm 12,2$	25 - 75

IMC, Índice de massa corporal; RM, Repetição máxima

Quadro 4.2. Caracterização da massa óssea dos membros superiores, inferiores e coluna lombar

	Média±DP	Amplitude
<i>Membros superiores</i>		
DMO (g/cm ²)	0,966 ± 0,106	0,760 - 1,200
CMO (g)	391,0 ± 62,9	288,8 - 532,2
AO (cm ²)	404,5 ± 40,9	333,9 - 481,3
<i>Membros Inferiores</i>		
DMO (g/cm ²)	1,434 ± 0,160	1,434 - 2,050
CMO (g)	1134,0 ± 196,5	802,3 - 1744,5
AO (cm ²)	787,1 ± 69,1	644,0 - 922,3
<i>Coluna Lombar (L2-L4)</i>		
DMO (g/cm ²)	1,061 ± 0,163	0,786 - 1,560
CMO (g)	62,9 ± 12,7	36,6 - 89,5
AO (cm ²)	57,2 ± 7,5	40,6 - 72,4

DMO, Densidade mineral óssea; CMO, Conteúdo mineral ósseo; AO, Área óssea

Quadro 4.3. Caracterização da massa óssea das diversas regiões do fêmur proximal

	Média±DP	Amplitude
<i>Colo do fêmur</i>		
DMO (g/cm ²)	0,811 ± 0,105	0,592 - 1,057
CMO (g)	4,7 ± 0,7	3,4 - 6,7
AO (cm ²)	5,8 ± 0,6	4,9 - 7,0
<i>Trocanter</i>		
DMO (g/cm ²)	0,778 ± 0,103	0,571 - 1,015
CMO (g)	9,4 ± 1,9	6,2 - 14,1
AO (cm ²)	12,1 ± 1,4	10,0 - 15,3
<i>Inter-trocanter</i>		
DMO (g/cm ²)	1,188 ± 0,148	0,845 - 1,474
CMO (g)	27,2 ± 4,0	19,9 - 36,1
AO (cm ²)	22,9 ± 2,6	18,1 - 29,7

DMO, Densidade mineral óssea; CMO, Conteúdo mineral ósseo; AO, Área óssea

Quadro 4.4. Caracterização da massa óssea das diversas regiões do rádio

	Média±DP	Amplitude
<i>Distal</i>		
DMO (g/cm ²)	0,783 ± 0,072	0,658 - 0,982
CMO (g)	2,6 ± 0,3	2,1 - 3,4
AO (cm ²)	3,3 ± 0,2	2,9 - 4,0
<i>Médio</i>		
DMO (g/cm ²)	0,657 ± 0,066	0,549 - 0,854
CMO (g)	5,6 ± 1,1	3,5 - 8,1
AO (cm ²)	8,4 ± 1,3	5,4 - 11,6
<i>Ultra-distal</i>		
DMO (g/cm ²)	0,501 ± 0,060	0,390 - 0,612
CMO (g)	2,0 ± 0,3	1,3 - 2,7
AO (cm ²)	3,9 ± 0,4	3,2 - 4,7

DMO, Densidade mineral óssea; CMO, Conteúdo mineral ósseo; AO, Área óssea

Os coeficientes de correlação parcial entre o conteúdo mineral ósseo e a massa muscular apendicular e entre o conteúdo mineral ósseo e a força muscular, corrigidos para a respectiva área óssea e altura são apresentados no quadro 4.5..

Massa Muscular Apendicular

Foram observadas correlações entre a massa óssea dos membros superiores e a massa muscular apendicular tanto dos membros superiores ($r = 0,52$; $p \leq 0,01$) como dos membros inferiores ($r = 0,39$; $p \leq 0,05$). Todavia, os coeficientes de correlação foram mais elevados entre a massa óssea dos membros superiores e a respectiva massa muscular apendicular.

Quadro 4.5. Coeficientes de correlação parcial entre a massa muscular, a força muscular e o conteúdo mineral ósseo das diversas zonas do esqueleto corrigidos para a respectiva área óssea e altura corporal

	L2-L4	MI	Colo	Trc	I-Trc	MS	RDistal	RMéd	RUltra
<i>MMA (kg)</i>									
M. Superiores	-0,06	-0,04	0,33*	-0,04	0,30*	0,52**	0,15	0,25	0,19
M. Inferiores	-0,02	-0,11	0,14	-0,02	0,35*	0,39*	0,10	0,23	0,22
<i>Força Muscular</i>									
M. Superiores	0,13	0,19	0,52**	0,30	0,57**	0,48*	-0,06	0,15	0,21
M. Superiores ^{a)}	0,03	0,31	0,51**	0,46*	0,41*	0,21	-0,07	-0,08	0,12
M. Inferiores	0,11	-0,01	0,13	0,02	0,20	0,17	-0,16	0,12	0,18
M. Inferiores ^{a)}	-0,06	-0,05	0,02	0,05	-0,05	-0,10	-0,27	-0,25	0,05

L2-L4, Coluna lombar; MI, Membros Inferiores; Colo, Colo do fémur; Trc, Trocanter; I-Trc, Área inter-trocantérica; MS, Membros superiores; RDistal, Rádio distal; RMéd, Rádio médio; RUltra, Rádio ultra-distal; ^{a)} Com correcção adicional para a respectiva massa muscular; *, $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Ao nível dos membros inferiores, foram encontradas correlações entre a massa óssea do inter-trocanter e a massa muscular apendicular dos membros superiores ($r = 0,30$; $p \leq 0,05$) e dos membros inferiores ($r = 0,35$; $p \leq 0,05$). Observou-se ainda uma correlação entre o conteúdo mineral ósseo do colo do fémur e a massa muscular apendicular dos membros superiores ($r = 0,33$; $p \leq 0,05$).

Força muscular

Não foram encontradas correlações entre a força muscular dos membros inferiores e a massa óssea das diferentes zonas do esqueleto analisadas.

Apenas a força dos membros superiores mostrou correlações com o conteúdo mineral ósseo de alguns locais ósseos. Foram observadas correlações da força muscular dos membros superiores com o colo do fémur ($r = 0,52$; $p \leq 0,01$), a zona inter-trocantérica ($r = 0,57$; $p \leq 0,01$) e com o conteúdo mineral ósseo dos membros superiores ($r = 0,48$; $p \leq 0,05$).

Após correção adicional para a respectiva massa muscular apendicular, verificou-se uma diminuição dos coeficientes de correlação entre o CMO ao nível das diversas regiões do fémur proximal e a força muscular, embora continuem a ser significativos. No grande trocanter, verificou-se todavia um aumento do coeficiente de correlação entre o conteúdo mineral ósseo e a força muscular dos membros superiores, quando corrigido adicionalmente para a massa muscular apendicular dos membros superiores ($r = 0,46$; $p \leq 0,05$). A correlação existente entre o conteúdo mineral ósseo dos membros superiores e a respectiva força muscular ($r = 0,48$; $p \leq 0,05$) desaparece com a correção adicional para a massa muscular apendicular dos membros superiores ($r = 0,21$; $p > 0,05$).

4.2. Análise da influência da força muscular na taxa de modificação da massa óssea decorrente de um programa de intervenção com cargas adicionais

A idade, a composição corporal, a força muscular e a massa óssea dos grupos I e II, estabelecidos de acordo com o valor inicial de força (grupo I – força muscular mais baixa e grupo II – força muscular mais alta) encontram-se apresentadas nos quadros 4.6. e 4.7.. No início do programa de intervenção verificaram-se diferenças entre os grupos no peso corporal, na massa muscular apendicular e na variável através da qual os grupos foram estabelecidos, isto é, na força muscular.

As taxas de modificação da DMO dos grupos I e II após a finalização do programa de exercício são apresentadas no quadro 4.8.. Embora o primeiro grupo tenda a apresentar um decréscimo da DMO de todas as regiões do membro superior analisadas e o segundo um ligeiro aumento, apenas se observaram diferenças relativamente à taxa de modificação da DMO do médio rádio ($p \leq 0,05$),.

Relativamente às modificações da composição corporal e da força muscular, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos (Quadro 4.9). De um modo geral, verificaram-se aumentos da força muscular em ambos os grupos, apesar da diminuição da massa muscular.

A comparação da taxa de modificação do mineral ósseo entre os dois grupos, corrigido para a taxa de variação da MMA da respectiva região corporal é apresentada no quadro 4.10.. Não foram observadas diferenças entre os grupos.

Quadro 4.6. Caracterização dos dois grupos divididos de acordo com o somatório do valor de força inicial (média \pm desvio padrão)

	Grupo I	Grupo II	p
Idade (anos)	68,87 \pm 6,31	65,88 \pm 7,56	0,243
Peso (kg)	72,35 \pm 8,75	78,54 \pm 8,08	0,050
Altura (cm)	164,37 \pm 5,39	168,02 \pm 5,31	0,068
IMC (kg/m ²)	26,81 \pm 3,28	27,83 \pm 2,68	0,350
Massa gorda Total (kg)	19,82 \pm 5,89	21,39 \pm 5,81	0,461
% massa gorda total	28,95 \pm 6,01	29,18 \pm 5,23	0,743
MMA Total (kg)	15,38 \pm 2,16	17,45 \pm 2,34	0,013
MMA Memb superiores (kg)	3,58 \pm 0,66	4,25 \pm 0,76	0,015
MMA Memb inferiores (kg)	11,81 \pm 1,60	13,25 \pm 1,76	0,018
Σ Força (kg)	64,90 \pm 9,43	91,09 \pm 12,52	0,000
Força Superior (kg)	23,73 \pm 3,91	32,66 \pm 5,36	0,000
Força Inferior (kg)	41,17 \pm 6,33	58,44 \pm 11,36	0,000

IMC, Índice de massa corporal; MMA, Massa muscular apendicular

Quadro 4.7. Caracterização da massa óssea (g/cm²) dos membros superiores, inferiores e coluna lombar (média \pm desvio padrão)

	Grupo I	Grupo II	p
Coluna Lombar (L2-L4)	1,08 \pm 0,19	1,07 \pm 0,16	0,854
Membros Inferiores	1,39 \pm 0,14	1,50 \pm 0,19	0,090
Colo do fêmur	0,78 \pm 0,12	0,83 \pm 0,11	0,209
Trocanter	0,77 \pm 0,11	0,79 \pm 0,11	0,648
Inter-trocanter	1,18 \pm 0,15	1,21 \pm 0,16	0,539
Membros Superiores	0,94 \pm 0,08	1,00 \pm 0,10	0,128
Distal	0,76 \pm 0,08	0,82 \pm 0,07	0,054
Médio	0,64 \pm 0,09	0,68 \pm 0,06	0,238
Ultra-distal	0,48 \pm 0,08	0,51 \pm 0,05	0,198

Quadro 4.8. Comparação da Taxa de Modificação (%) da DMO (média \pm desvio padrão)

	Grupo I	Grupo II	p
Coluna Lombar (L2-L4)	-0,09 \pm 3,1	0,3 \pm 3,3	0,768
Membros Inferiores	-0,6 \pm 1,7	0,4 \pm 1,8	0,140
Colo do fêmur	2,0 \pm 3,1	-0,3 \pm 2,3	0,055
Trocanter	0,7 \pm 2,1	0,6 \pm 1,6	0,912
Inter-trocanter	0,7 \pm 2,0	-0,2 \pm 2,5	0,332
Membros Superiores	-0,8 \pm 6,1	0,6 \pm 5,2	0,522
Distal	-0,7 \pm 1,6	0,2 \pm 2,3	0,265
Médio	-0,1 \pm 1,0	0,9 \pm 1,0	0,028
Ultra-distal	-0,3 \pm 2,4	1,0 \pm 1,9	0,153

Quadro 4.9. Comparação da Taxa de Modificação (%) da composição corporal e da força muscular (média \pm desvio padrão)

	Grupo I	Grupo II	p
MG _{Total}	-1,7 \pm 11,8	0,6 \pm 11,0	0,596
Peso	-1,7 \pm 4,2	-0,4 \pm 2,5	0,338
MMA _{Total}	-10,0 \pm 4,6	-8,2 \pm 4,5	0,302
MMA _{Memb Superiores}	-9,6 \pm 6,9	-5,9 \pm 6,0	0,147
MMA _{Memb Inferiores}	-10,2 \pm 4,6	-8,8 \pm 4,2	0,391
Σ Força	21,8 \pm 7,2	15,2 \pm 10,1	0,114
Força _{Superior}	15,4 \pm 15,2	12,7 \pm 13,9	0,660
Força _{Inferior}	23,2 \pm 11,0	16,4 \pm 12,6	0,217

MMA, Massa muscular apendicular

Quadro 4.10. Comparação da Taxa de Modificação (%) da DMO corrigido para a taxa de variação MMA da respectiva região corporal (média estimada \pm erro padrão)

	Grupo I	Grupo II	p
Coluna Lombar (L2-L4)	0,4 \pm 0,9	0,2 \pm 0,9	0,552
Membros Inferiores	-0,6 \pm 0,5	0,5 \pm 0,5	0,334
Colo do fémur	1,4 \pm 0,7	-0,7 \pm 1,0	0,246
Trocanter	0,2 \pm 0,7	0,2 \pm 0,7	0,970
Inter-trocanter	0,6 \pm 0,6	-0,1 \pm 0,7	0,534
Membros Superiores	-0,6 \pm 1,6	0,4 \pm 1,6	0,633
Distal	-0,7 \pm 0,6	0,3 \pm 0,5	0,480
Médio	-0,1 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	0,588
Ultra-distal	-0,5 \pm 0,6	1,1 \pm 0,6	0,175

5. Discussão geral

Os principais objectivos deste estudo foram analisar: 1) se a massa muscular constitui um mediador da relação entre a força muscular e o mineral ósseo em diversos locais ósseos do esqueleto; 2) se a taxa de modificação do mineral ósseo decorrente de um programa de intervenção com cargas adicionais é influenciada pelas características iniciais dos sujeitos, nomeadamente pela sua força muscular.

Vários investigadores procuram estabelecer relações entre a massa muscular, a força muscular e a massa óssea de diversas regiões corporais. Estes estudos foram efectuados com atletas de ambos os sexos e de vários escalões etários, com não atletas activos e com pessoas sedentárias (Baumgartner, Stauber et al. 1996; Petterson, Nordström et al. 1999; Coin, Sergi et al. 2000; Proctor, Melton III et al. 2000; Andreoli, Monteleone et al. 2001; Dorado, Sanchis et al. 2002; Warner, Shaw et al. 2002). O nível de actividade física e a zona do esqueleto considerada, apresentaram-se como factores determinantes da relação estabelecida entre a massa muscular, a força muscular e a massa óssea.

A massa e a força muscular têm revelado associações mais fracas com a massa óssea em atletas, que treinem regularmente (mínimo 3d/sem) do que em não atletas com actividade física esporádica (máximo 3h/sem) (Petterson, Nordström et al. 1999; Andreoli, Monteleone et al. 2001). Esta observação sugere a existência de outro tipo de factores, para além da massa e da força muscular, como estímulo mecânico inerente à actividade física. Dorado et al. (2002), num estudo com jogadores de golfe, sugerem que existe uma adaptação específica ao tipo de estímulo mecânico induzido. Estes dados parecem suportar a hipótese de que as forças exercidas no osso durante a actividade física exercem um papel determinante na adaptação óssea.

Relativamente à zona do esqueleto, foram observadas associações mais fortes entre a massa muscular, a força muscular e a massa óssea ao nível dos membros superiores do que ao nível dos membros inferiores ou da coluna lombar (Hughes, Frontera et al. 1995; Baumgartner, Stauber et al. 1996; Petterson, Nordström et al. 1999; Taaffe, Suominen et al. 2001b). Este fenómeno pode ficar a dever-se à interferência das forças de acção/reacção ao apoio no solo, na relação músculo/osso, particularmente nos locais ósseos que desempenham funções de suporte e/ou locomoção.

No presente estudo, a força muscular dos membros superiores apresentou uma correlação positiva com a massa óssea dos membros superiores e de várias regiões do fémur proximal. Quando corrigida adicionalmente para a massa muscular apendicular, a correlação observada deixou de se verificar ao nível dos membros superiores, evidenciando uma influência da massa muscular apendicular na relação entre a força muscular e o mineral ósseo desta zona do esqueleto.

A reduzida correlação entre a massa muscular apendicular ou a força muscular dos membros superiores e inferiores e a DMO da coluna lombar poderá ficar a dever-se ao facto desta zona do esqueleto estar sujeita ao efeito de forças compressivas, bem como à tracção da musculatura anti-gravítica (Bendavid, Shan et al. 1996). Note-se que no presente estudo, a força muscular apresentou correlação com a DMO de vários locais ósseos, quando se esperaria que a influência se exercesse unicamente nos locais de tracção dos músculos. Esta relação já anteriormente encontrada sugere uma associação da capacidade de produção de força entre os diferentes locais do corpo (Huuskonen, Vaisanen et al. 2000a; Vincent and Braith 2002; Warner, Shaw et al. 2002).

Os resultados obtidos apontam para uma associação entre a força muscular e a massa óssea dos membros superiores e de diversas regiões do fémur proximal. Ao nível dos membros superiores, esta associação encontra-se mediada pela massa muscular. Desta forma, a obtenção de benefícios na massa óssea dos membros superiores pode apresentar alguma dependência de um programa de intervenção que concorra para a manutenção e/ou aumento da força, através do aumento da massa muscular. De acordo com estes resultados, pode aceitar-se como método de prevenção da osteoporose ao nível dos membros superiores, o treino com cargas adicionais de moderada intensidade (65 a 75% da força máxima, correspondendo respectivamente a 15 e 10 repetições máximas), visando a hipertrofia muscular (Baechle, Earle et al. 2000). Esta poderá ser uma alternativa ao treino de alta intensidade, pois é um método de treino mais facilmente aplicável e que envolve menor risco de lesão do que os métodos de aumento da taxa de produção de força.

Relativamente ao fémur proximal, o treino de força poderá seguir a mesma linha, já que os métodos de aumento da massa muscular também contribuem para um aumento da força. No entanto, poderá ser mais eficaz um método de treino mais vocacionado para o aumento da força. Os métodos reactivos de baixa intensidade e elevada velocidade de execução (skipings ou passos com step), por envolverem a repetição de ciclos de alongamento-encurtamento, em lugar de cargas muito elevadas, enquadram-se melhor numa rotina de treino, destinada a pessoas idosas e menos aptas para treinos quase-máximos. O treino pliométrico contribui para um aumento da força, utilizando simultaneamente os componentes elásticos do músculo e os reflexos em resposta ao alongamento. Também poderá ser realizado para os membros superiores, através da recepção e lançamento de bolas ou outros objectos. Por ser um método que envolve alguns riscos, recomenda-se o despiste de algum problema osteo-articular ou neuromuscular, bem como a adequação do material e das instalações a utilizar a esta faixa da população (Mil-Homens 1996; Potach and Chu 2000).

Ao dividir a amostra em dois grupos de acordo com os valores iniciais de força muscular, verificou-se, ao nível dos membros superiores, que uma diferença entre os valores de força muscular da ordem dos 38% ($p \leq 0,01$), correspondia a uma diferença de 19% ($p \leq 0,05$), na massa muscular e de 6% ($p = 0,13$) na massa óssea. No que diz respeito aos membros inferiores, uma diferença entre os grupos de 42% ($p \leq 0,01$) no valor de força muscular correspondia a uma diferença de 12% ($p \leq 0,05$), na massa muscular e de 8% ($p = 0,09$) na massa óssea (figura 5.1.). Estes dados reforçam a importância da força muscular e da massa muscular na preservação do mineral ósseo do homem idoso, mas evidenciam igualmente a importância de outros factores determinantes do mineral ósseo que não foram avaliados neste estudo.

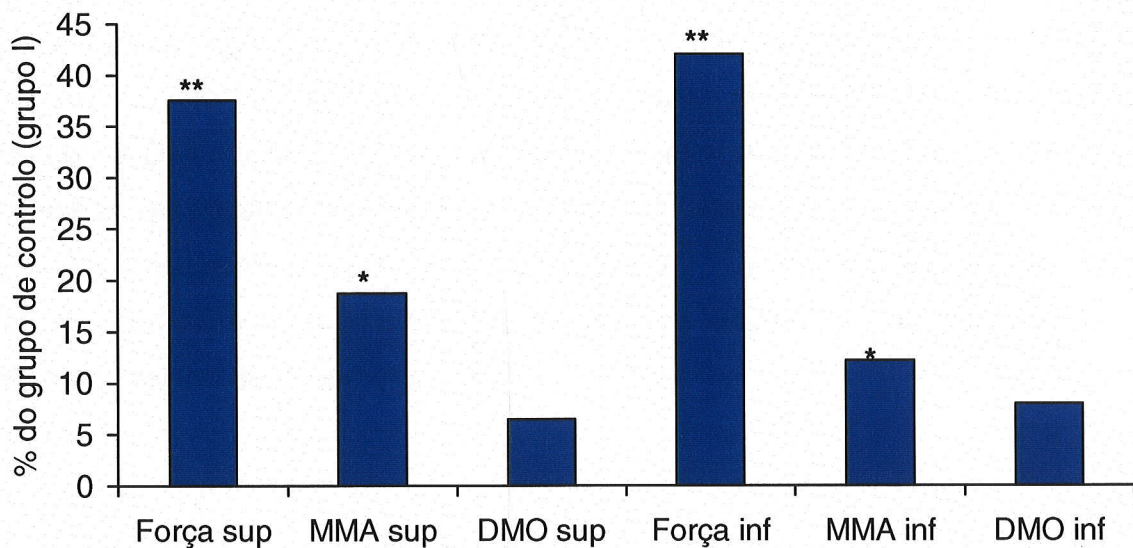


Gráfico 5.1. Comparação da força muscular, da massa muscular e da massa óssea dos membros superiores e inferiores entre o grupo I e o grupo II. Os resultados expressam as diferenças entre os grupos I e II, tendo como referência os valores das variáveis apresentadas pelo grupo I. *, $p \leq 0,05$; **, $p \leq 0,01$.

A hipótese de que indivíduos com maior aptidão muscular terão maior capacidade de desenvolver trabalho físico com carga absoluta mais elevada e, por isso maior probabilidade de promoverem adaptações favoráveis no mineral ósseo (Cussler, Lohman et al. 2003), parece ser suportada pelo presente estudo ao nível do rádio médio (grupo I = -0,1 vs. grupo II = 0,9%; $p < 0,05$).

Embora ambos os grupos tenham registado aumentos de força muscular, observou-se uma ligeira diminuição da MMA. Estes dados vão de encontro aos observados por Frontera e colaboradores (1988), em que um grupo de homens idosos apresentou aumentos de força muscular e de área de secção transversal do quadríceps, sem que se registassem aumentos da massa muscular. Os aumentos de força muscular ficarão a dever-se a adaptações nervosas e ao aumento da área de secção transversal das fibras. Supõem-se que esse aumento de área de secção transversal tenha sido feito à custa do espaço extracelular e por isso, sem aumentar necessariamente o peso ou a área total do músculo.

Na análise da explicação da variação da DMO dos diversos locais ósseos através das características iniciais dos participantes, nomeadamente, o peso, a massa muscular, a força muscular e a massa gorda, apenas ficou retida no modelo de regressão a força muscular para explicar a taxa de variação da DMO dos membros superiores. O valor inicial de força muscular encontra-se positivamente relacionado com as adaptações da DMO desta região do esqueleto ($\beta = 0,537$, $p = 0,006$, $r^2 = 0,37\%$) (figura 5.2.). Indivíduos com um valor inicial mais alto obtiveram melhores resultados com o treino, na DMO desta região do esqueleto.

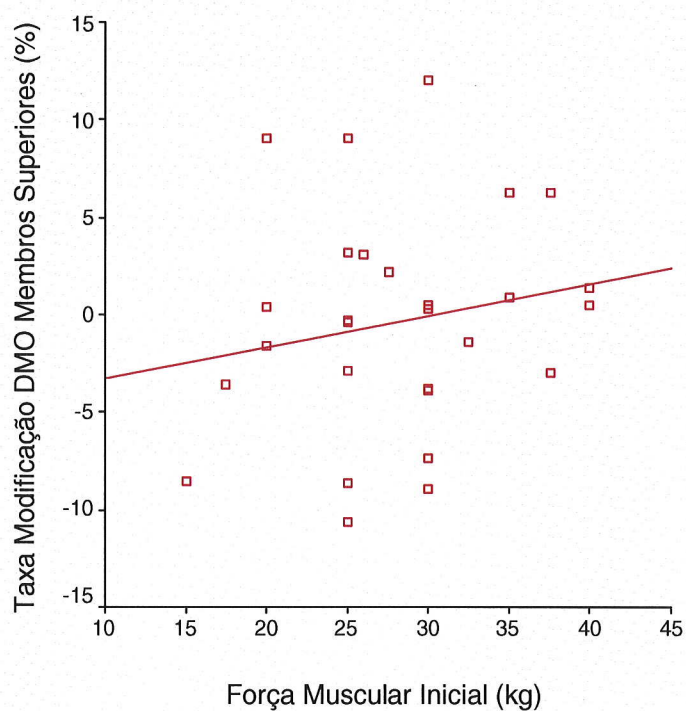


Figura 5.2. Relação entre a taxa de modificação da DMO dos membros superiores e o valor inicial da força muscular dos membros superiores.

Rhodes et al. (2000) efectuaram um estudo em mulheres idosas (entre 65 e 75 anos de idade), durante um ano, com uma intervenção baseada numa rotina de treino de força. Encontraram uma correlação positiva, embora moderada, entre a variação da força muscular (*leg press* e *leg curl*) e a DMO do colo do fémur, trocanter, triângulo de *ward* e coluna lombar apenas no grupo de intervenção. Contrariamente, no presente estudo a taxa de modificação da força muscular (ligeiramente inferior no grupo II) não se reflectiu na taxa de modificação da DMO dos locais ósseos analisados, já que foi o grupo II que apresentou alterações mais favoráveis na DMO, apesar de menores aumentos de força muscular comparativamente ao grupo I.

Os resultados observados sugerem que o valor absoluto de aptidão muscular inicial parece ser mais importante que a sua variação em resposta a um programa de treino, uma vez que, mesmo observando aumentos de FM maiores no grupo I, estes continuaram a registar valores inferiores de modificação da DMO relativamente aos do segundo grupo. Indivíduos com maior FM inicial apresentam uma melhor resposta adaptativa do mineral ósseo a um programa de treino com cargas adicionais. A influência da FM e da MMA faz-se sentir sobretudo na DMO dos membros superiores, isentos da acção da gravidade e por isso, mais dependente da tracção muscular.

6. Sumário

O principal objectivo desta tese foi o de clarificar a relação existente entre as características individuais, nomeadamente a força muscular e a massa óssea de homens idosos. Este objectivo advém da necessidade de estabelecer linhas orientadoras quanto à prescrição do exercício para este subgrupo da população. As hipóteses de trabalho foram:

1. Verificar se a massa muscular constitui um mediador da relação entre a força muscular e o mineral ósseo em diversos locais do esqueleto.
2. Verificar se a taxa de modificação do mineral ósseo decorrente de um programa de intervenção com cargas adicionais é influenciada pelas características iniciais dos sujeitos, nomeadamente pela sua força muscular.

Os resultados da presente investigação sugerem que a força muscular constitui um indicador do mineral ósseo nos membros superiores, que esta relação é mediada pela massa muscular apendicular e que a resposta adaptativa ao treino com cargas adicionais se verifica sobretudo ao nível do rádio de homens idosos com maior aptidão muscular.

7. Recomendações

Assumindo a importância da aptidão muscular na prevenção e tratamento da osteoporose, um programa de exercício que vise a prevenção da fractura terá entre outros objectivos, aumentar ou manter a força e a massa muscular dos membros superiores.

De acordo com a literatura, o treino com cargas adicionais representa uma intervenção efectiva na prevenção da fractura, uma vez que simultaneamente previne a sarcopénia (Porter 2001; Trappe, Williamson et al. 2002), a osteopénia e reduz o risco de quedas (ACSM 1995; Hurley and Roth 2000). O treino com resistências, com vista à preservação da DMO, deverá respeitar o princípio da especificidade das adaptações, da sobrecarga do estímulo, da reversibilidade das adaptações, da diminuição das adaptações com o treino e da importância do valor inicial (ACSM 1995; Mil-Homens 1996; Conroy and Earle 2000).

Deverá ser levado em consideração que a estimulação resultante da aplicação directa da carga apenas se faz sentir nos locais de inserção dos tendões e nos locais de aplicação da carga. Se a corrida parece exercer um efeito positivo ao nível do colo do fémur e da coluna vertebral, não representa estímulo para os membros superiores. Assim, a selecção dos exercícios deverá visar vários grupos musculares, para generalizar a estimulação, abordar exercícios estruturais, que exijam controlo postural, solicitando adicionalmente a musculatura estabilizadora. A rotina de treino deve variar no tempo para que as diversas zonas do esqueleto sejam submetidas a forças fora do habitual. A periodização do treino deverá consagrar um progressivo aumento da carga, que acompanhe a adaptação dos tecidos e sucessivas alterações nas variáveis do programa, para garantir a optimização da estimulação (Fleck and Kraemer 1997; Conroy and Earle 2000).

Como já foi referido anteriormente, recomenda-se o treino com cargas adicionais com uma intensidade compreendida entre 65 e 75% da força máxima, correspondendo respectivamente a 15 e 10 repetições até à fadiga e realizado a uma velocidade moderada (6 segundo por repetição) para estimular a hipertrofia muscular (Baechle, Earle et al. 2000; Conroy and Earle 2000) e o treino pliométrico de baixa intensidade para aumentar a força (Potach and Chu 2000).

Para assegurar um tempo de recuperação de 48 a 72 horas, a frequência semanal deverá ser de 2 a 3 sessões e nunca em dias consecutivos. O treino com cargas adicionais deverá ser precedido de um aquecimento geral e terminar com um retorno à calma e alongamentos. Complementarmente, deverá ser realizado treino cardiovascular, para manutenção da aptidão aeróbia, controlo da gordura corporal e de outros factores de risco. Salieta-se que todas as orientações expostas anteriormente deveram ser adequadas à especificidade do indivíduo, quer seja de ordem neuromuscular, articular ou outra (Faigenbaum 2000).

8. Investigação Futura

Considerando os resultados desta tese e os resultados de outras investigações publicadas sugerem-se algumas questões que carecem de estudo adicional:

- Relação entre a força muscular, a massa muscular e o mineral ósseo avaliadas por instrumentos que forneçam maior quantidade de informação relacionada com as propriedades do osso e da influência da actividade muscular (tomografia computadorizada, ressonância magnética ou marcadores de remodelação óssea e electromiografia).
- Eficácia de um programa que combine treino de força com treino aeróbio, utilizando para o efeito um período de intervenção mais alargado (2 ou 3 anos), em homens de vários escalões etários (influência da idade na resposta), com uma amostra maior (para aumentar a potência do estudo) e com grupo de controlo.

9. Conclusão

Em Portugal não existe qualquer investigação sobre programas de intervenção com exercício, com vista à prevenção e tratamento da osteoporose masculina relacionada com a idade. A nível internacional, a informação existente, quanto às linhas orientadoras para a prescrição do exercício deste subgrupo da população, com o objectivo de preservar ou aumentar a massa óssea, também é escassa.

No presente estudo a curta duração da intervenção condicionou a amplitude das modificações e a relevância estatística do que foi observado. Sugere-se porém, uma relação entre as diferenças individuais de força muscular e a resposta a um programa de treino com cargas adicionais. Verificou-se que existe uma associação entre a força muscular e a massa óssea dos membros superiores e de diversas regiões do fémur proximal. Ao nível dos membros superiores, esta associação encontra-se mediada pela massa muscular. Os resultados deste estudo sugerem ainda, que indivíduos com maior aptidão muscular nos membros superiores terão maior capacidade de desenvolver um trabalho com carga absoluta mais elevada e, por isso, maior probabilidade de promoverem adaptações favoráveis no mineral ósseo desta região do esqueleto.

Referências

- ACSM (1995). "American College of Sports Medicine position stand. Osteoporosis and exercise." Medicine & Science in Sports & Exercise **27**(4): i-vii.
- ACSM (2000). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia, Lippincott, Williams & Wilkins.
- Adachi, J. D., G. Ioannidis, et al. (2001). "The influence of osteoporotic fractures on health-related quality of life in a community-dwelling men and women across Canada." Osteoporosis International **12**(11): 903-908.
- Ahmad, A., J. Thomas, et al. (2003). "Effects of growth hormone replacement on parathyroid hormone sensitivity and bone mineral metabolism." Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism **88**(6): 2860-2868.
- Aloia, J. F., A. Vaswani, et al. (2000). "Differences in skeletal and muscle mass with aging in black and white women." American Journal Physiology Endocrinology and Metabolism **278**(6): E1153-E1157.
- Andreoli, A., M. Monteleone, et al. (2001). "Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes." Medicine & Science in Sports & Exercise **33**(4): 507-11.
- Baechle, T. R., R. W. Earle, et al. (2000). Resistance training. Essentials of Strength Training and Conditioning. T. R. Baechle and R. W. Earle. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Baumgartner, R. N., P. M. Stauber, et al. (1996). "Associations of fat and muscle masses with bone mineral in elderly men and women." American Journal of Clinical Nutrition **63**(3): 365-372.
- Bemben, M. G., H. M. Benjamin, et al. (1995). "Age-related patterns in body composition for men aged 20-79 yr." Medicine & Science in Sports & Exercise **27**(2): 264-269.
- Bendavid, E. J., J. Shan, et al. (1996). "Factors associated with bone mineral density in middle-aged men." Journal of Bone and Mineral Research **11**(8): 1185-90.
- Bennell, K. L., S. A. Malcolm, et al. (1997). "Bone mass and bone turnover in power athletes, endurance athletes, and controls: a 12-month longitudinal study." Bone **20**(5): 477-84.

- Bevier, W. C., R. A. Wiswell, et al. (1989). "Relationship of body composition, muscle strength, and aerobic capacity to bone mineral density in older men and women." Journal of Bone and Mineral Research **4**(3): 421-432.
- Bloomfield, S. A. (1997). "Changes in musculoskeletal structure and function with prolonged bed rest." Medicine & Science in Sports & Exercise **29**(2): 197-206.
- Bonner, F., M. Sinaki, et al. (2003). "Health professional's guide to rehabilitation of the patient with osteoporosis." Osteoporosis International **14** (suppl 2): S1-S22.
- Burr, D. B. (1997). "Muscle strength, bone mass, and age related bone loss." Journal of Bone and Mineral Research **12**(10): 1547-1551.
- Coin, A., G. Sergi, et al. (2000). "Bone mineral density and body composition in underweight and normal elderly subjects." Osteoporosis International **11**(12): 1043-50.
- Conroy, B. and R. W. Earle (2000). Bone, muscle and connective tissue adaptations to physical activity. Essentials of Strength Training and Conditioning. T. R. Baechle and R. W. Earle. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Cussler, E. C., T. G. Lohman, et al. (2003). "Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women." Medicine & Science in Sports & Exercise **35**(1): 10-17.
- Deng, H. W., D. B. Lai, et al. (2001). "Characterization of genetic and lifestyle factors for determining variation in body mass index, fat mass, percentage of fat mass and lean mass." Journal of Clinical Densitometry **4**(4): 353-361.
- Díaz-Guerra, G., F. Hawkins, et al. (2001). "Hormonal and anthropometric predictors of bone mass in healthy elderly men: major effect of sex hormone binding globulin, parathyroid hormone and body weight." Osteoporosis International **12**(3): 178-184.
- Dorado, C., M. J. Sanchis, et al. (2002). "Bone mass, bone mineral density and muscle mass in professional golfers." Journal of Sports Science **20**(8): 591-597.
- Duan, Y., E. Seeman, et al. (2001). "The biomechanical basis of vertebral body fragility in Men and Women." J Bone Miner Res **16**(12): 2276-2283.

- Dubois, D. and E. F. Dubois (1916). "A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known." Archives of Internal Medicine **17**: 863-871.
- EC (1998). Report on osteoporosis in the European community - action for prevention., European Commission/European Foundation for Osteoporosis.
- Ehrlich, P. J. and L. E. Lanyon (2002). "Mechanical strain and bone cell function: a review." Osteoporosis International **13**(9): 688-700.
- Elkin, S. L., L. Williams, et al. (2000). "Relationship of skeletal muscle mass, muscle strength and bone mineral density in adults with cystic fibrosis." Clinical Science **99**(4): 309-314.
- Faigenbaum, A. (2000). Age and sex-related differences and their implications for resistance exercise. Essentials of Strength Training and Conditioning. T. R. Baechle and R. W. Earle. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Falahati-Nini, A., B. Riggs, et al. (2000). "Relative contributions of testosterone and estrogen in regulating bone resorption and formation in normal elderly men." The Journal of Clinical Investigation **106**(12): 1553-1560.
- Faulkner, K. G. (2000). "Bone matters: are density increases necessary to reduce fracture risk?" Journal of Bone and Mineral Research **15**(2): 183-187.
- Fleck, S. T. and W. J. Kraemer (1997). Designing resistance training programs. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Francis, R. (2001). "Androgen replacement in aging men." Calcified Tissue International **69**(4): 235-238.
- Frontera, W. R., V. A. Hughes, et al. (1991). "A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45 to 78-yr-old men and women." Journal of Applied Physiology **71**(2): 644-650.
- Frontera, W. R., C. N. Meredith, et al. (1988). "Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function." Journal of Applied Physiology **64**(3): 1038-44.
- Frost, H. M. (1987). "The mechanostat: a proposed pathogenic mechanism of osteoporosis and the bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents." Bone and Mineral **2**(2): 73-85.

- Fuchs, R. K., D. C. Bauer, et al. (2001). "Jumping improves hip and lumbar spine mass in prepubescent children: a randomized controlled trial." Journal of Bone and Mineral Research **16**(1): 148-156.
- Fuller, N. J., A. Laskey, et al. (1992). "Assessment of the composition of major body regions by dual X-ray absorptiometry (DEXA), with special reference to limb muscle mass - appendix." Clinical Physiology **12**(3): 253-266.
- Gardner, E., D. J. Gray, et al. (1963). Anatomy. Philadelphia, WB Saunders.
- Gennari, L. and M. L. Brandi (2001). "Genetics of male osteoporosis." Calcified Tissue International **69**(4): 200-204.
- Going, S. B., D. P. Williams, et al. (1994). "Aging, body composition, and physical activity: a review." Journal of Aging and Physical Activity **2**: 38-66.
- Haapasalo, H., S. Kontulainen, et al. (2000). "Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: A peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players." Bone **27**(3): 351-357.
- Heaney, R. P. (2002). "The importance of calcium intake for lifelong skeletal health." Calcified Tissue International **70**(2): 70-73.
- Hughes, V. A., W. R. Frontera, et al. (1995). "Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects." Medicine & Science in Sports & Exercise **27**(7): 967-74.
- Hughes, V. A., W. R. Frontera, et al. (2001). "Longitudinal Muscle Strength Changes in Older Adults: Influence of Muscle Mass, Physical Activity, and Health." Journal of Gerontology Biological Sciences **56A**(5): B209-B217.
- Hurley, B. F. and S. M. Roth (2000). "Strength training in the elderly: effects on risk factors for age-related diseases." Sports Medicine **30**(4): 249-68.
- Huuskonen, J., S. B. Vaisanen, et al. (2000a). "Determinants of bone mineral density in middle aged men: a population-based study." Osteoporosis International **11**(8): 702-8.
- Huuskonen, J., S. B. Vaisanen, et al. (2000b). "Regular physical exercise and bone mineral density: a four-year controlled randomized trial in middle-aged men. The DNASCO study." Osteoporosis International **12**(5): 349-55.

- Izquierdo, M., K. Häkkinen, et al. (2001). "Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men." Medicine & Science in Sports & Exercise **33**(9): 1577-1587.
- Izumotani, K., S. Hagiwara, et al. (2003). "Risk factors for osteoporosis in men." Journal of Bone and Mineral Metabolism **21**(2): 86-90.
- Johnell, O., J. Kanis, et al. (2001). "Mortality, morbidity and assessment of fracture risk in male osteoporosis." Calcified Tissue International **69**(4): 182-184.
- Kanis, J., O. Johnell, et al. (2001). "Diagnosis of osteoporosis and fracture threshold in men." Calcified Tissue International **69**(4): 218-221.
- Kannus, P., M. Palvanen, et al. (1999). "Genetic factors and osteoporotic fractures in elderly people: prospective 25 year follow up of a nationwide cohort of elderly Finnish twins." British Medicine Journal **319**(7221): 1334-1337.
- Khan, K., H. McKay, et al. (2001). Physical activity and bone health. Champaign, Human Kinetics.
- Khosla, S., L. Melton III, et al. (1998). "Relationship of serum sex steroid levels and bone turnover markers with bone mineral density in men and women: a key role for bioavailable estrogen." Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism **83**(7): 2266-2274.
- Khosla, S., L. J. Melton III, et al. (2001). "Estrogens and bone health in men." Calcified Tissue International **69**(4): 189-192.
- Lanyon, L. E. and C. T. Rubin (1984). "Static vs dynamic loads as an influence on bone remodelling." Journal of Biomechanics **17**(12): 897-905.
- Le Blanc, A. D., V. S. Schneider, et al. (1990). "Bone mineral loss and recovery after 17 weeks of bed rest." Journal of Bone and Mineral Research **5**(8): 843-850.
- Maddalozzo, G. F. and C. M. Snow (2000). "High intensity resistance training: effects on bone in older men and women." Calcified Tissue International **66**(6): 399-404.
- Margulies, J. Y., A. Simkin, et al. (1986). "Effect of intense physical activity on the bone-mineral content in the lower limbs of young adults." Journal of Bone and Joint Surgery **68-A**(7): 1090-1092.
- Martin, A. R., E. Sornay-Rendu, et al. (2002). "Impact of osteoporosis on quality-of-life: The OFELY cohort." Bone **31**(1): 32-6.

- Mayoux-Benhamou, M. A., J. F. Leyge, et al. (1999). "Cross-sectional study of weight-bearing activity on proximal femur bone mineral density." Calcified Tissue International **64**(2): 179-83.
- Melton III, L. J. (2002). Report of the Surgeon General's Workshop on osteoporosis and bone health - Prevalence and burden of illness. Washington, D.C., Department of Health and Human Services: 5-8.
- Mil-Homens, P. (1996). Estudo sobre a força muscular. Metodologia do treino desportivo. J. Castelo. Lisboa, FMH: 251-322.
- Nguyen, T. V., J. R. Center, et al. (2000b). "Osteoporosis in elderly men and women: effects of dietary calcium, physical activity, and body mass index." Journal of Bone and Mineral Research **15**(2): 322-31.
- Orwoll, E. S. (2000a). "Assessing bone density in men." Journal of Bone and Mineral Research **15**(10): 1867-1870.
- Orwoll, E. S. (2001). "Androgens: basic biology and clinical implication." Calcified Tissue International **69**(4): 185-188.
- Orwoll, E. S., L. Bevan, et al. (2000b). "Determinants of bone mineral density in older men." Osteoporosis International **11**(10): 815-21.
- Pestana, M. H. and J. N. Gageiro (2000). Análise de dados para ciências sociais. A complementaridade do SPSS. Lisboa, Edições Sílabo.
- Petterson, U., P. Nordström, et al. (1999). "A comparison of bone mineral density and muscle strength in young male adults with different exercise level." Calcified Tissue International **64**: 490-498.
- Pluijm, S. F., M. Visser, et al. (2001). "Determinants of bone mineral density in older men and women: Body composition as mediator." Journal of Bone and Mineral Research **16**(11): 2142-2151.
- Porter, M. M. (2001). "The effects of strength training on sarcopenia." Canadian Journal of Applied Physiology **26**(1): 123-141.
- Potach, D. H. and D. A. Chu (2000). Plyometric training. Essentials of Strength Training and Conditioning. T. R. Baechle and R. W. Earle. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Prentice, A. (2002). "What are the dietary requirements for calcium and vitamin D?" Calcified Tissue International **70**(2): 83-88.

- Proctor, D. N., L. J. Melton III, et al. (2000). "Relative influence of physical activity, muscle mass and strength on bone density." Osteoporosis International **11**(11): 944-52.
- Rhodes, E. C., A. D. Martin, et al. (2000). "Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women." British Journal of Sports Medicine **34**(1): 18-22.
- Rubin, C. T., D. W. Sommerfeldt, et al. (2001). "Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli." Drug Discovery Today **6**(16): 848-858.
- Seeman, E. (2001b). "Sexual dimorphism in skeletal size, density and strength." The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism **86**(10): 4576-4584.
- Selby, P. L., M. Davies, et al. (2000). "Do men and women fracture bones at similar bone densities?" Osteoporosis International **11**(2): 153-7.
- Snyder, W. S., M. J. Cook, et al. (1974). Report of the task group on reference man. Oxford, Pergamon Press.
- Taaffe, D. R., J. A. Cauley, et al. (2001a). "Race and sex effects on the association between muscle strength, soft tissue, and bone mineral density in healthy elders: the Health, Aging, and Body Composition Study." Journal of Bone and Mineral Research **16**(7): 1343-52.
- Taaffe, D. R., H. Suominen, et al. (2001b). "Calcaneal bone mineral and ultrasound attenuation in male athletes exposed to weight-bearing and nonweight-bearing activity. A cross-sectional report." The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness **41**(2): 243-249.
- Trappe, S. W., D. Williamson, et al. (2002). "Maintenance of whole muscle strength and size following resistance training in older men." Journal of Gerontology Biological Sciences **57A**(4): B138-B143.
- Turner, C. H. (1998). "Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli." Bone **23**(5).
- Uusi-Rasi, K., H. Sievanen, et al. (2001). "Maintenance of body weight, physical activity and calcium intake helps preserve bone mass in elderly women." Osteoporosis International **12**(5): 373-9.
- Vico, L., M. H. Lafage-Proust, et al. (1998). "Effects of gravitational changes on the bone system in vitro and in vivo." Bone **22**(5 - supplement): 95S-100S.

- Vincent, K. R. and R. W. Braith (2002). "Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women." Medicine & Science in Sports & Exercise **34**(1): 17-23.
- Vuori, I. M. (2001). "Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis." Medicine & Science in Sports & Exercise **33**(6): S551-S586.
- Wallace, B. A. and R. G. Cumming (2000). "Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre and postmenopausal women." Calcified Tissue International **67**(1): 10-18.
- Warner, S. E., J. M. Shaw, et al. (2002). "Bone mineral density of competitive male mountain and road cyclists." Bone **30**(1): 281-286.
- Weaver, C. (2000). "Calcium requirements of physically active people." American Journal of Clinical Nutrition **72** (suppl): 579S-584S.
- WHO (1998). Guidelines for preclinical evaluation and clinical trials in osteoporosis. Geneve, World Health Organization.
- Zerath, E., X. Holy, et al. (2000). "Spaceflight inhibits bone formation independent of corticosteroid status in growing rats." Journal of Bone and Mineral Research **15**(7): 1310-1320.

ANEXOS

**Faculdade de Motricidade Humana
Laboratório de Exercício e Saúde
Protocolo de Avaliação da Força Máxima**

Aquecimento: 10 minutos de mobilização das articulações que irão ser solicitadas na avaliação: escapulo-umeral (elevação superior, lateral e inferior dos membros superiores), cotovelo, coluna vertebral, coxo-femural e joelhos. A mobilização é efectuada das articulações proximais para as distais através de alongamentos activos (movimentar a articulação até à sua amplitude máxima e manter por um período de 10 segundos).

Avaliação: Realizar na máquina de flexão do cotovelo e extensão do joelho:

- 1ª série: 8 repetições
- 2ª série: 4 repetições
- 3ª à 7ª série: 2 repetições

(até o sujeito não realizar um movimento completo)

REALIZAR DOIS MINUTOS DE INTERVALO ENTRE CADA SÉRIE

Flexão do cotovelo: o movimento é iniciado com os braços em extensão e com a pega (mãos) na posição neutral. Manter durante todo o movimento o contacto de braço (da axila ao cotovelo) com o suporte e pega em posição neutral. O eixo da articulação do cotovelo no movimento de flexão/extensão deverá permanecer coincidente com o eixo de rotação do braço da máquina.

Objectivo: flexão simultânea dos dois cotovelos até alcançar a vertical.

Extensão dos joelhos: o movimento é iniciado com os joelhos em flexão máxima. O eixo da articulação do joelho no movimento de flexão/extensão deverá permanecer coincidente com o eixo de rotação do braço da máquina.

Objectivo: extensão simultânea e completa de ambos os joelhos.

Ciclo 2 (6 semanas)

Pull Over	2 Séries de 12 a 15 repetições máximas com pausa de 1' no mínimo Abdominais até à fadiga e Lombar 30 repetições máximas.
Deltóides	
Tracção Vertical na Easypower	
Afundos na Easypower	
Flexão Joelho	
Lunge Lateral	
Bicípites Máquina	
Tricipite Máquina	
Abdominal Banco	
Lombar Máquina	

Ciclo 3 (2 semanas)

Afundos na Easypower	2 Séries de 15 a 20 repetições máximas com pausa de aproximadamente 30" Lombar e Abdominais 30 repetições e abdominais no banco até à fadiga
Tracção Vertical	
Deltóides	
Supino Plano	
Prensa de Pernas	
Abductor	
Adutor	
Flexão Joelho	
Abdominal no Banco ou na Máquina	
Lombar Máquina	

Ciclo 4 (2 semanas)

Pull over
Deltóides
Supino plano
Lunge Lateral
Flexão Joelho
Prensa de Pernas
Bicípites Máquina
Tricípites Máquina
Abdominal Chão
Lombar Máquina

2 Séries de 12 a 15 repetições máximas com pausa de 1' no mínimo
Lombares 30 repetições máximas e abdominais até à fadiga

Ciclo 5 (4 semanas)

Supino plano
Tracção Vertical
Deltóides
Prensa de Pernas
Aduitor
Abduitor
Tricípites Puxador
Bicípites Halter
Abdominal Banco
Lombar Máquina

2 Séries de 10 a 12 repetições máximas com pausa de 2' no mínimo
Lombares 30 repetições máximas e abdominais até à fadiga

Ciclo 6 (3 semanas)

Treino aeróbio de intensidade moderada e treino de força entre 20 e 25 repetições não máximas executadas numa só série.
Exercícios variados e que mobilizem as grandes massas corporais.

Ciclo 7 (4 semanas)

Remada Puxador	2 Séries de 15 a 20 repetições máximas com pausa de aproximadamente 30" Abdominal e Lombar Máquina 30 repetições máximas Invertidos até à fadiga
Peitoral Máquina	
Tracção Vertical	
Supino Inclinado	
Abdutor	
Aductor	
Lunge Lateral	
Abdominal Máquina	
Lombar Máquina	
Abdominal Invertido	

Ciclo 8 (6 semanas)

Remada Puxador	2 Séries de 12 a 15 repetições máximas com pausa de 1' no mínimo Abdominais até à fadiga e Lombar Máquina 30 repetições máximas
Supino Inclinado	
Flexão Joelho	
Extensão Joelho	
Bíceps Máquina	
Tríceps Máquina	
Abdutor	
Aductor	
Abdominal Banco	
Lombar Máquina	

Ciclo 9 (4 semanas)

Supino Plano	2 Séries de 10 a 12 repetições máximas com pausa de 2' no mínimo Abdominais até à fadiga e Lombar Máquina 30 repetições máximas
Remada Puxador	
Prensa de Pernas	
Abdutor	
Aductor	
Bicípites Halter	
Tricípites Puxador	
Deltóides	
Abdominal Banco	
Lombar Máquina	

Ciclo 10 (até às férias)

Treino aeróbio de intensidade moderada e treino de força entre 20 e 25 repetições não máximas executadas numa só série.
Exercícios variados e que mobilizem as grandes massas corporais.

