



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO A DIFERENTES CARGAS MECÂNICAS NA MINERALIZAÇÃO E DIMENSÃO DO ESQUELETO DE CRIANÇAS DE 8 E 9 ANOS DE IDADE

Dissertação elaborada com vista à obtenção do grau de Mestre
na especialidade de Exercício e Saúde

Orientadora: Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista

Júri:

Presidente: Doutor Luís Fernando Cordeiro Bettencourt Sardinha

Vogais: Doutora Maria Isabel Caldas Januário Fragoso

Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista

Doutor Jaime da Cunha Branco

Raquel Maria Correia Lopes

Mai de 2009



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO A DIFERENTES CARGAS MECÂNICAS NA MINERALIZAÇÃO E DIMENSÃO DO ESQUELETO DE CRIANÇAS DE 8 E 9 ANOS DE IDADE

Dissertação elaborada com vista à obtenção do grau de Mestre
na especialidade de Exercício e Saúde

Orientadora: Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista

Júri:

Presidente: Doutor Luís Fernando Cordeiro Bettencourt Sardinha

Vogais: Doutora Maria Isabel Caldas Januário Fragoso

Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista

Doutor Jaime da Cunha Branco

Raquel Maria Correia Lopes

Mai de 2009

Agradecimentos

Agradeço a todos os amigos que me acompanharam nesta caminhada e, principalmente à minha mãe e irmã que em todos os momentos de maior cansaço procuraram estar sempre presentes para fazer-me acreditar de que era capaz.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Marcelina Baptista pela oportunidade de crescimento acadêmico, pela paciência e disponibilidade que apresentou durante o decorrer deste trabalho.

ÍNDICE

Lista de Quadros	V
Lista de Abreviaturas	VII
Resumo	VIII
Abstract	IX
<hr/>	
Capítulo 1 – Apresentação do Problema.....	01
Introdução	01
Definição do Problema	02
Âmbito do Estudo	03
Pressupostos	04
Limitações	04
Significado do Estudo	06
Definições Operacionais	06
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	08
Processos de desenvolvimento ósseo	08
Crescimento ósseo na infância e adolescência.....	09
Sensibilidade do esqueleto à actividade física	10
Diminuição da actividade física e manutenção dos benefícios ao nível ósseo.....	18
Capítulo 3 – Metodologia	20
Amostra	20
Equipamento e procedimentos	20
Composição corporal e mineral ósseo	20
Actividade física habitual	21
Actividade física passada e exposição à carga mecânica	21
Análise estatística	23
Capítulo 4 – Apresentação dos Resultados	25
Caracterização da amostra	25
Variáveis ósseas e actividade física habitual	28

Actividade física habitual e exposição à carga mecânica	30
Variáveis ósseas e exposição à carga mecânica	32
Capítulo 5 – Discussão dos Resultados	36
Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações	40
Referências	42

LISTA DE QUADROS

Capítulo 1

Quadro 1.1. Quantificação da intensidade de diferentes modalidades desportivas através do sistema metabólico, da força de reacção no solo e da unidade de carga mecânica	04
---	----

Capítulo 2

Quadro 2.1. Características dos estudos de intervenção que analisaram o efeito do exercício físico no mineral ósseo de crianças e adolescentes, através da densitometria de dupla energia (DXA).....	13
---	----

Capítulo 3

Quadro 3.1. Valor da unidade de carga mecânica para cada modalidade desportiva, na anca e na coluna	22
Quadro 3.2. Valor utilizado para o cálculo da carga mecânica, consoante a época desportiva	22
Quadro 3.3. Valor utilizado para o cálculo da carga mecânica, consoante a frequência.	22
Quadro 3.4. Cálculo da exposição à carga mecânica	23

Capítulo 4

Quadro 4.1. Caracterização da amostra: idade, composição corporal, consumo energético e consumo de cálcio.	26
Quadro 4.2. Caracterização da amostra: actividade física habitual e participação desportiva	26
Quadro 4.3. Caracterização da amostra: variáveis ósseas	27
Quadro 4.4. Caracterização da amostra: carga mecânica total e exposição à carga mecânica	27
Quadro 4.5. Distribuição do número de praticantes pelas diferentes modalidades desportivas	28
Quadro 4.6. Correlação entre as variáveis ósseas e a actividade física habitual, ajustada para o peso, altura e idade óssea	29
Quadro 4.7. Correlação entre actividade física habitual e a exposição à carga mecânica e carga mecânica total	31
Quadro 4.8. Correlação entre variáveis ósseas e os valores de carga mecânica média e total da actividade física passada, ajustada para o peso, altura e idade óssea	33

Quadro 4.9. Correlação entre variáveis ósseas e os valores de carga mecânica média e total (ECM com valores inferiores a 15 ucm/ano e CMtotal com valores inferiores a 40 ucm) da actividade física passada, ajustada para o peso, altura e idade óssea	34
Quadro 4.10. Correlação entre variáveis ósseas e os valores de carga mecânica média e total (ECM com valores superiores a 15 e inferiores a 40 ucm/ano e, CMtotal com valores superiores a 40 e inferiores a 100 ucm) da actividade física passada, ajustada para o peso, altura e idade óssea	35

LISTA DE ABREVIATURAS

CMO	–	conteúdo mineral ósseo
CMtotal	–	carga mecânica total
DME	–	deformação mínima efectiva
DMO	–	densidade mineral óssea
DXA	–	absorciometria de raio X de dupla energia
ECM	–	exposição à carga mecânica
FRS	–	força de reacção ao solo
IMC	–	índice de massa corporal
1RM	–	1 repetição máxima
TAC	–	tomografia axial computadorizada
UCM	–	unidade de carga mecânica

RESUMO

Propósito: Averiguar a associação entre a exposição a diferentes cargas mecânicas, utilizando a unidade de carga mecânica, e a mineralização/dimensão do esqueleto, em crianças de 8 e 9 anos de idade. **Métodos:** A amostra foi constituída por 48 raparigas e 62 rapazes caucasianos, entre os 8 e 9 anos de idade. As variáveis ósseas (CMO, área e DMO) foram avaliadas através da DXA. A actividade física habitual foi categorizada através da acelerometria em unidades metabólicas, a actividade física passada foi categorizada através de questionário em unidades de carga mecânica. Para analisar as principais associações entre as variáveis foram realizadas correlações parciais ajustadas para a idade óssea, altura e peso. **Resultados:** Os principais resultados observados foram: (1) Nos rapazes a prática de actividade física moderada a vigorosa está associada de forma positiva a valores de exposição de carga mecânica da coluna lombar; (2) Nas raparigas, a prática de exercício aeróbio está correlacionada de forma positiva à exposição à carga mecânica, tanto na coluna lombar como no colo do fémur. (3) Os rapazes não apresentam associações entre as variáveis ósseas e os valores de exposição à carga mecânica. (4) As raparigas apresentam uma correlação positiva entre o CMO e a área dos membros inferiores, e a exposição à carga mecânica. Também a exposição à carga mecânica da coluna lombar correlacionou-se de forma positiva com a área total. A carga mecânica total da coluna lombar e da anca apresentaram-se correlacionadas com a DMO dos membros inferiores. **Conclusões:** Os rapazes apresentam níveis superiores às raparigas de actividade física habitual, ainda que não tenham sido encontradas diferenças quanto à exposição à carga mecânica (média e total) da actividade física passada. Nos rapazes, a actividade física habitual de intensidade pelo menos moderada correlacionou-se de forma positiva com variáveis ósseas dos membros inferiores e corpo inteiro. Quando limitada a carga mecânica média entre os 15 e os 40 ucm/ano, é observada uma associação entre a exposição à carga mecânica na coluna lombar e a área do corpo inteiro. Neste intervalo de carga mecânica observou-se uma relação positiva entre a carga mecânica média e os valores de massa e dimensões ósseas. Nas raparigas, verificaram-se associações positivas entre a carga mecânica média e total e os valores de massa e dimensões ósseas, nomeadamente no membro inferior.

PALAVRAS-CHAVE: questionário de actividade física passada e carga mecânica, unidade de carga mecânica, CMO, DMO, actividade física, crianças

ABSTRACT

Purpose: Analyze the correlation between bone loading exposure and bone mineral contents in 8 and 9 years old boys and girls. **Methods:** Subjects were 110 caucasian child between 8 and 9 years old (62 boys and 48 girls). Analysis of BMC and DMO were measured by DXA and current physical activity by accelerometry. Bone loading history questionnaire was used to access the bone loading exposure. The analysis of the correlations between mineral contents and bone loading exposure was based on partial correlations adjusted for bone age and body height and weight. **Results:** (1) Boys who practise moderate or vigorous physical activity were associated to bone loading exposure at lumbar spine; (2) Girls who practise aerobic physical activity were associated to bone loading exposure, at lumbar spine and femoral neck. (3) In boys, bone measurements were not correlated with bone loading exposure; (4) Girls showed a positive correlation between bone loading exposure and BMC and lower limbs area. Total mechanical loading at lumbar spine was also correlated with total area. Total mechanical loading at lumbar spine and neck femur was associated with BMD of lower limbs. **Conclusions:** Boys showed highest values than girls on current physical activity, even differences on bone loading exposure were not observed. In boys, moderate and vigorous physical activity was associated with bone measurements of lower limbs and total body. Only using bone loading units between 15 and 40 blu/year was observed in boys an association between bone loading exposure at lumbar spine and total body area. In girls the association between bone loading exposure values and mineral contents of lower limb was occurred.

KEY-WORDS: bone loading history questionnaire, bone loading unit, BMC, BMD, physical activity, child

Capítulo 1 - Apresentação do Problema

Introdução

A osteoporose é uma doença óssea metabólica, caracterizada por uma redução da massa óssea e por uma deterioração da micro-arquitetura do tecido ósseo, que se traduz por um aumento da fragilidade e da susceptibilidade à fractura (Hind e Burrows, 2007).

Uma das formas de prevenção da fragilidade óssea consiste na optimização do máximo valor de conteúdo mineral acumulado no tecido ósseo ao longo da vida (Hind e Burrows, 2007), ou seja, na optimização do pico de massa óssea (PMO) (Heaney et al, 2000).

Sabendo que a massa óssea é influenciada por factores genéticos, endócrinos, nutricionais e mecânicos, torna-se fundamental desenvolver estilos de vida que possibilitem uma interacção positiva ao longo dos diferentes períodos da vida: crescimento, maturidade e envelhecimento.

Diferentes artigos de revisão (Ondrak e Morgan, 2007; Vicente-Rodriguez, 2006; MacKelvie et al, 2002) apresentam valores superiores de conteúdo mineral ósseo (CMO) e densidade mineral óssea (DMO) em indivíduos que praticam actividade física, quando comparados aos de indivíduos inactivos. Por outro lado, indivíduos que praticam actividade física de alto impacto, apresentam valores de CMO e DMO mais elevados relativamente aos indivíduos que praticam actividades de baixo impacto. Estes estudos, realizados desde a infância à idade adulta, adquirem um significado de prevenção durante o período que antecede o pico de massa óssea, ou seja, na primeira e segunda década de vida, uma vez que são etapas importantes para o desenvolvimento do esqueleto.

A maioria dos estudos no âmbito da saúde óssea avalia a actividade física através do número total de movimentos registados num determinado tempo, do gasto metabólico ou energético total, ou ainda, através das forças de reacção no solo (FRS).

Tanto o dispêndio metabólico como as forças de reacção no solo ou o número de movimentos por minuto parecem influenciar positivamente a massa e a força óssea de diversas regiões do fémur proximal, mas também do corpo inteiro, desde que a intensidade da actividade física praticada seja moderada a vigorosa, ou seja, superior ou igual a 7 MET's,

equivalente a 4 vezes o peso corporal, ou superior ou igual a 3000 counts por dia (Kemper et al, 2006; Stager et al, 2006; Janz et al, 2006, 2007).

No entanto, Janz et al., (2003) afirma que os coeficientes de correlação entre o método de acelerometria e as FRS são significativos quando se considera a marcha e a corrida, mas não os saltos. O método de acelerometria subestima a FRS durante a realização de actividades físicas importantes para a modelação e remodelação óssea.

Com base nesta informação e, sabendo que os factores mecânicos da actividade física são importantes na actividade osteogénica do osso (Ondrak e Morgan, 2007), torna-se importante utilizar nos estudos que relacionem a actividade física e a saúde óssea, instrumentos e unidades de medida, que possibilitem quantificar a actividade física de acordo com a carga mecânica. Segundo Ainsworth et al, (2002) a unidade que expressa a intensidade da resposta, deve reflectir o mecanismo biológico entre o estímulo e a resposta. Assim como no âmbito da saúde cardiovascular a unidade apropriada é o MET ou a kcal, que reflectem a activação do sistema metabólico, torna-se necessário utilizar uma unidade de medida que reflecta o potencial osteogénico nos diferentes locais ósseos.

Dolan et al, (2006) desenvolveram e utilizaram num grupo de mulheres pré-menopausicas, unidades de carga mecânicas (ucm), como unidade de medida da exposição à carga mecânica através da prática de actividade física ao longo da vida. Desta forma, utilizou uma unidade de medida que reflecte o potencial osteogénico que as diferentes actividades físicas podem provocar em dois locais distintos do esqueleto, nomeadamente a anca (colo do fémur) e a coluna lombar (L1-L4).

Nesta investigação, pretendeu-se avaliar, pela primeira vez num grupo de crianças (8 e 9 anos de idade), a relação existente entre a exposição à carga mecânica e o mineral e dimensão óssea.

Definição do Problema

O propósito desta investigação foi averiguar a associação entre a exposição à carga mecânica (actual e passada) e a mineralização/dimensão do esqueleto, em crianças de 8 e 9 anos de idade.

Mais especificamente, este estudo foi efectuado para determinar a associação da exposição a diferentes cargas mecânicas, utilizando a unidade de carga mecânica, específica de cada modalidade desportiva, no desenvolvimento ósseo, numa fase que antecede o pico de velocidade de deposição de massa óssea.

Âmbito do Estudo

Vários autores recorreram ao uso de questionário como método de identificação das actividades físicas realizadas no passado e, concomitantemente, de quantificar a intensidade (metabólica e mecânica) das diferentes actividades reportadas. Investigadores como Kemper et al, 2002; Daly et al, 2006 e Nilsson et al, 2009 de forma a identificarem a carga mecânica provocada pelas diversas actividades utilizaram o cálculo do índice osteogénico, que é obtido através da multiplicação entre o produto da frequência semanal com o número de anos de prática da modalidade e, a escala de tensão (*strain score*) aplicada à actividade física através da força de reacção no solo (FRS). Tendo como base a FRS, cada actividade física era classificada em quatro categorias:

- Actividade física com FRS superior a 4 vezes o peso corporal, em que era atribuída uma escala de tensão de 3;
- Actividade física com FRS entre 2 e 4 vezes o peso corporal, em que era atribuída uma escala de tensão de 2;
- Actividade física com FRS entre 1 e 2 vezes o peso corporal, em que era atribuída uma escala de tensão de 1;
- Actividade física com FRS inferior a 1 vez o peso corporal, em que era atribuída uma escala de tensão de 0.

Tanto estes autores, como para Dolan et al, (2006) tomaram em consideração não só a actividade física habitual, como também a influência que a actividade física passada possui no desenvolvimento do mineral ósseo. No entanto, a necessidade de quantificar a intensidade do exercício tendo como referência o sistema esquelético e não o sistema cardiovascular, levou ao desenvolvimento de um questionário que possibilita a demonstração dos benefícios da magnitude e da taxa de forças mecânicas que são aplicadas no esqueleto. Assim, foi

desenvolvida a unidade de carga mecânica que reflecte o potencial osteogénico que as diferentes actividades físicas podem provocar em dois locais distintos do esqueleto (colo do fémur e L2-L4), tendo como referência a força de reacção no solo e a força de tensão exercida sobre o osso. No quadro 1.1 são apresentadas para diferentes modalidades desportivas, as diferentes formas de quantificação da intensidade de actividade física que têm sido utilizadas em diversos estudos: através do sistema metabólico (MET's), através de força de reacção no solo e através da unidade de carga mecânica.

Quadro 1.1- Quantificação da intensidade de diferentes modalidades desportivas através do sistema metabólico, da força de reacção no solo e da unidade de carga mecânica

Modalidade Desportiva	Intensidade Metabólica*		Carga Mecânica*		Unidade de Carga Mecânica**	
	MET	Escala	FRS	Escala	UCM colo do fémur	UCM L2-L4
Ioga	<4	0	0.5-1.0	0	4.0	5.0
Voleibol	4-7	1	5-10	3	11.9	11.3
Skate	7-10	2	1-3	1	7.4	4.4
Futebol	7-10	2	3-5	2	8.4	8.3
Corrida	>10	3	1-3	1	8.1	8.1
Natação	>10	3	0.5-1	0	4.0	4.0
Basquetebol	>10	3	5-10	3	11.7	8.4

* *Kemper et al, (2002)* e ***Dolan et al, (2006)*

FRS – força de reacção no solo, UCM – unidade de carga mecânica

Pressupostos

A partir dos resultados obtidos em estudos já realizados, pressupõe-se que:

- Crianças com níveis de prática de actividade física habitual mais elevados apresentam uma maior exposição à carga mecânica;
- Crianças que evidenciam uma maior exposição à carga mecânica apresentam maior mineralização e dimensão, particularmente nas regiões do esqueleto com acção anti-gravítica.

Limitações

Relativamente aos instrumentos utilizados, o uso de questionário auto-reportado como meio de caracterizar a quantidade, o tipo e a duração da actividade física passada, bem como a

exposição à carga mecânica, pode falsear a veracidade dos resultados, já que podem ser omissos ou transmitidos factos que não se enquadram totalmente à realidade.

Na medição das variáveis ósseas, o uso da DXA constitui um equipamento de referência na avaliação da massa óssea, pois abrange um método com grande precisão para medidas de CMO utilizando baixa quantidade de radiação (Castro, 2004). Esta é a principal razão para que seja o método mais utilizado, no entanto, apenas permite a análise da massa óssea em 2 dimensões, e não da estrutura óssea, excluindo assim dados relevantes para a força óssea. Turner e Robling, (2003) realizaram um estudo em ratos em que observaram que mesmo pequenas alterações da massa óssea (detectadas pela DXA), podem aumentar significativamente a força óssea, devido a alterações em simultâneo da forma e do tamanho do osso. Este facto levou os investigadores a concluir que a DMO pode não ser o melhor parâmetro para analisar a eficácia da actividade física, devendo os estudos também incluir análises a 3 dimensões.

Em estudos que utilizaram a tomografia axial computadorizada (TAC) (Heinonen et al, 2000; Specker e Binkley, 2003; Johannsen, et al, 2003; Binkley e Specker, 2004; Macdonald et al, 2007), os resultados demonstraram que indivíduos pré-pubertários que praticam actividade física tendem a ter um índice de força óssea superior comparativamente com indivíduos sedentários e que, exercícios de elevada intensidade e carga mecânica durante 12 meses estão associados a aumentos do perímetro do perióstio da tíbia. Mesmo sabendo que a TAC permite distinguir diferenças de densidade óssea de cerca de 0,5%, ao passo que na radiologia convencional este limiar situa-se nos 5%, neste estudo foi utilizada a DXA, já que a exposição à radiação é prejudicial para o organismo humano e particularmente em jovens. Assim, há que ter em consideração, que a utilização deste método em crianças e adolescentes apresenta algumas limitações, visto que a densidade adquirida é por área e não por volume. Considerando que a área não aumenta na mesma proporção do que o volume durante a fase de crescimento/desenvolvimento, a DMO calculada como CMO/área óssea, é significativamente influenciada pelo tamanho ósseo (Molgaard, 1997). Certamente, ossos de maior dimensão sobrestimam, enquanto que, em ossos de menor dimensão a DXA subestima a DMO devido a limitação técnica do método.

O questionário utilizado não contempla a actividade física informal do dia-a-dia, fazendo referência apenas às modalidades desportivas formais e estruturadas. Desta forma, os

valores de carga mecânica poderão estar subestimados já que, diversas actividades físicas como diferentes formas de jogo ou simplesmente o transporte a pé ou de bicicleta para a escola não foram contabilizadas.

Significado do Estudo

Estudos anteriores realizados em crianças e adolescentes, têm reportado a actividade física expressa em dispêndio energético ou equivalentes metabólicos, não considerando a carga mecânica implícita durante a prática de actividade física ao longo da vida.

Esta investigação, pôs o objectivo de estudo, num grupo de crianças de 8 e 9 anos de idade, onde foi considerada a unidade de carga mecânica (ucm), específica de cada modalidade desportiva, proveniente da história da actividade física, em dois locais do esqueleto (anca e coluna lombar). Esta metodologia foi utilizada anteriormente num estudo que procurou analisar em mulheres pré-menopausicas a associação existente entre a exposição à carga óssea e a DMO em diferentes regiões do esqueleto (coluna lombar, L2-L4 e colo do fémur) (Dolan et al, 2006).

Definições Operacionais

Unidade de carga mecânica (ucm) (*bone loading unit*) - valor de carga mecânica a que uma determinada região do esqueleto (anca ou coluna lombar) é submetida durante a realização de actividade física anti-gravítica no âmbito de uma modalidade desportiva específica. (Dolan et al, 2006).

Exposição à carga mecânica (ECM) (*bone loading exposure*) – valor de carga mecânica total a que uma determinada região do esqueleto (anca ou coluna lombar) é submetida durante a realização de actividade física anti-gravítica no âmbito de uma modalidade desportiva específica, num determinado período de tempo (Dolan et al, 2006).

Pico de massa óssea (PMO) – máximo valor de conteúdo mineral acumulado no tecido ósseo ao longo da vida (Hind e Burrows, 2007).

Capítulo 2 - Revisão da Literatura

A osteoporose é uma doença incapacitante que pode estar associada a diversas complicações de saúde e, conseqüentemente, à redução da qualidade de vida. Em termos clínicos, considera-se existir osteoporose quando os valores da densidade mineral óssea (DMO), em mulheres pós-menopausicas e em homens com mais de 50 anos, apresentam valores iguais ou inferiores a $-2,5DP$, comparativamente aos valores de indivíduos adultos do mesmo género (*T-Score*) (ISCD, 2005).

O desenvolvimento de tecnologias de medição óssea, permitiu sobretudo nas duas últimas décadas, a realização de investigações em que os principais objectivos foram a prevenção, o diagnóstico e o tratamento desta doença.

Os factores mais importantes na determinação da quantidade de massa óssea num indivíduo adulto, são caracterizados pelo seu pico de massa óssea (PMO), ou seja, pela quantidade máxima de tecido ósseo que consegue adquirir ao longo das primeiras três décadas de vida, assim como, pela quantidade de massa óssea que é subsequentemente perdida. Desta forma, a identificação, o mais cedo possível, de quais os mecanismos que possibilitam o fortalecimento ósseo, tornou-se essencial.

Diversas investigações, identificaram quatro diferentes factores como os principais responsáveis do aumento do mineral ósseo: factores genéticos, hormonais, endócrinos e mecânicos. Neste estudo, os factores mecânicos como potenciadores da aquisição do mineral ósseo, constitui a principal variável independente. Segundo a Lei de Wolf, o osso possui a capacidade de se adaptar à carga mecânica resultante da tracção que os tendões exercem nos ossos, da contracção muscular e, do suporte do peso contrariando a força da gravidade. Este mecanismo, baseado no facto de que todas as alterações na função de um osso são acompanhadas por modificações na sua estrutura interna, dá resposta às necessidades intrínsecas do osso, capacitando-o a suportar forças deformantes exercidas sobre ele. Assim, a arquitectura interna do osso reflecte muito especificamente o tipo de carga a que é submetido, adaptando-se continuamente a esta.

Uma grande variação do mineral ósseo em crianças e adolescentes, pode ser atribuída a factores genéticos (Ondrak et al, 2007). No entanto, diversos estudos têm demonstrado a

influência positiva da actividade física e da ingestão de cálcio no desenvolvimento do esqueleto ósseo. Segundo o mesmo autor, a saúde óssea pode ser promovida através da participação em actividades com acção antigravítica e que potenciem o trabalho de grandes grupos musculares.

A sensibilidade do esqueleto a estímulos mecânicos foi comprovada por diversas investigações que apresentaram essencialmente quatro áreas de estudo: (1) comparar a massa óssea de atletas com a de indivíduos inactivos ou com níveis de actividade física reduzidos; (2) comparar a massa óssea de sujeitos com diferentes níveis de actividade física; (3) comparar a massa óssea de membros dominantes e não dominantes tanto em atletas como em não atletas; (4) comparar atletas de vários desportos tendo em vista a análise dos efeitos do exercício na massa óssea.

É neste âmbito que se realiza uma revisão da literatura sobre os efeitos da actividade física no mineral ósseo, após uma síntese sobre os processos de desenvolvimento ósseo durante a infância e adolescência.

Crescimento ósseo na infância e adolescência

Durante a infância e adolescência, o osso cresce em comprimento através da cartilagem de conjugação ou epifisária (cartilagem presente na junção da diáfise com a epífise nos ossos imaturos) segundo um mecanismo complexo que está dependente de dois elementos principais: (1) da proliferação das células cartilagíneas que, ao adicionar novas células e substância fundamental, resulta num aumento de comprimento da peça esquelética; (2) da substituição progressiva dessa cartilagem por tecido ósseo.

A paragem do crescimento acontece no final da adolescência, cerca dos 18 anos de idade para as mulheres e 21 para os homens. No crescimento do osso em espessura, o perióstio desempenha um papel fundamental, pois são as células da camada profunda que sintetizam o tecido ósseo que se deposita em camadas, enquanto que, no lado oposto, isto é, no interior do canal medular, os osteoclastos destroem a substância óssea (Espanha, 1999). O crescimento do esqueleto durante a fase fetal é muito rápido, no entanto, a maioria da aquisição óssea durante a infância acontece de forma lenta. Durante a puberdade dá-se início a uma nova aceleração no processo de desenvolvimento ósseo. Por volta dos 10 anos de idade, a

média de velocidade de crescimento é de 5,5 cm/ano nas raparigas, e aumenta para uma velocidade máxima (Pico de Velocidade em Altura - PVA) de 8,5 cm/ano aos 12 anos. Nos rapazes, a velocidade de crescimento observada aos 12 anos de idade é de 5 cm/ano e atinge a sua velocidade máxima aos 14 anos com 9,5 cm/ano (Heaney et al, 2000). Tanto nas raparigas, como nos rapazes, o PVA antecede em cerca de 1,5 anos o pico de velocidade de deposição do CMO, tanto nos rapazes, como nas raparigas.

Aproximadamente 85-90% da massa óssea final do adulto é adquirida até aos 18 anos de idade nas raparigas e aos 20 anos nos rapazes (Heaney et al, 2000) e, 26% do osso adulto final é acumulado durante os dois anos que medeiam o pico de velocidade de deposição do CMO, entre os 11 e os 13 anos de idade nas raparigas e, os 13 e os 15 anos nos rapazes (MacKelvie et al, 2002).

Os indivíduos que adquirem valores elevados de CMO no final da terceira década de vida, deverão ter um risco reduzido de fragilidade óssea e de fractura em anos mais tardios (Greene e Naughton, 2006) ou seja, os que alcançarem um pico de massa óssea mais elevado levarão mais tempo a atingir níveis de maior fragilidade óssea.

Sensibilidade do esqueleto à actividade física

Os efeitos da actividade física sobre a modelação óssea, abordam essencialmente as alterações que ocorrem no comprimento e diâmetro dos ossos longos e na densidade óssea durante o período de crescimento.

No que respeita à densidade óssea, o seu aumento em consequência de esforços de elevada intensidade, deve-se, ao aumento da densidade mineral da matriz, ao aumento do conteúdo em colagénico, ou, devido a ambos.

Alguns estudos revelam que o efeito da actividade física no CMO embora geralmente benéfico, pode ser limitado devido ao estado nutricional e hormonal. No entanto, mesmo com a grande diversidade de factores que influenciam o metabolismo ósseo, a actividade física intensa pode compensar eventuais distúrbios nutricionais e/ou hormonais. O exercício diminui a excreção urinária e fecal de cálcio, pelo que potencia a sua deposição no osso. A par deste processo, também ocorre uma menor reabsorção do cálcio da matriz óssea (Espanha, 1999).

Todos estes factores evidenciam a prática de exercício físico como um importante factor que previne a fragilidade óssea.

Diversas investigações, quer tenham comparado atletas e não atletas, como indivíduos com diferentes níveis de actividade física ou diferentes tipos de prática desportiva, assim como, comparado a massa óssea de membros dominantes e não dominantes tanto em atletas como em não atletas, encontraram associações positivas entre a prática de actividade física e o mineral ósseo.

Nilsson et al, (2009) verificou numa amostra de 1068 adultos jovens masculinos (18.9 ± 0.6 anos) que, os que sempre praticaram actividade física ($n=678$) bem como, os que à data do estudo se encontravam inactivos, mas que no passado haviam sido activos ($n=285$) possuíam maior diâmetro cortical (4.5% e 3.2% respectivamente) com aumento da área de secção transversal (12.5% e 6.9% respectivamente), relativamente aos indivíduos que sempre foram inactivos ($n=82$). Estes resultados sugerem que a prática de actividade física durante o período que antecede a cessação do crescimento, confere efeitos positivos na arquitectura óssea, mesmo depois da cessação da actividade. Também Gunter et al, (2008^a e 2008^b) realizaram intervenções em meio escolar com crianças de 8 e 9 anos de idade para analisarem o impacto da cessação da actividade física no esqueleto após período de intervenção. A intervenção consistiu na realização de 100 saltos por sessão de 30 minutos, com uma frequência de 3 vezes por semana a decorrer nas aulas de educação física durante 7 meses. Após 7 meses os alunos do grupo de intervenção apresentaram CMO mais elevado do que os alunos do grupo controlo na coluna lombar, anca, colo do fémur e corpo total em 7-8% e, esses ganhos persistiram após 3 anos da cessação da intervenção. Num segundo estudo, os autores, com uma amostra de apenas 57 indivíduos e uma intervenção semelhante ao estudo anterior, realizaram um acompanhamento do grupo durante 8 anos. Após 7 meses de intervenção os indivíduos participantes na actividade de elevada intensidade possuíam mais 3.6 % CMO na anca do que o grupo de controlo e, 8 anos após o final da intervenção, continuavam a apresentar mais 1.4% de CMO na anca comparativamente ao grupo que apenas realizou actividades sem impacto e de alongamento muscular. Estes resultados sugerem a importância da prática de actividade física de elevado impacto, mesmo durante um curto período de tempo, para o aumento do pico de massa óssea e, conseqüentemente para a redução da fragilidade óssea na idade adulta.

Janz et al, (2006) estudou as associações entre o ganho de CMO e a actividade física em 370 crianças com uma média de idade de 5,3 anos. No início do estudo e após um período de 3 anos, foram registados o nível de actividade física através da acelerometria, e o valor do CMO em diferentes regiões do esqueleto. Os autores observaram uma diferença média de 13% no CMO do grande trocanter entre as crianças que mantiveram níveis elevados de actividade física total, comparativamente às que apresentaram níveis mais baixos. Este efeito não foi observado em mais nenhum local esquelético. Este resultado sugere que a prática de actividade física moderada a vigorosa (≥ 3000 counts/dia, ou seja, ≥ 7 MET's) tem um importante efeito remodelador, já que os principais músculos usados para esta actividade, tal como os saltos, têm como inserção o grande trocanter. Por outro lado, a constituição histológica do grande trocanter é de aproximadamente 50% de osso trabecular e 50% cortical, tornando-o menos denso, mas metabolicamente mais activo. Estes factos levam os autores a sugerir que durante a infância, a actividade física proporciona mais benefícios esqueléticos em ambos os géneros. Também Nordstrom et al, (2008) encontraram valores superiores na DMO e CMO da anca, no CMO do colo do fémur e úmero em rapazes de 17 anos de idade que praticavam badminton, comparativamente a jogadores de hóquei no gelo de igual idade. Ambos os grupos, apresentaram no entanto valores de CMO e DMO superiores ao grupo de controlo (sedentários). Os autores observaram que após 4 anos de observação, os jogadores de badminton apresentaram aumentos de DMO no colo do fémur e no úmero, assim como de CMO no úmero. Estes jogadores, possuíam também maiores ganhos no CMO e área da anca relativamente ao grupo de jogadores de hóquei no gelo. Estes resultados evidenciam que a prática de actividades que envolva saltos e rápidas mudanças de direcção está associada a um maior potencial osteogénico, e que a modelação óssea não está limitada em jovens adultos.

Outros estudos de intervenção, demonstraram a possibilidade de efeitos favoráveis da actividade física no desenvolvimento ósseo. Estes trabalhos sugerem que a prática de exercícios com saltos (de 90 a 100 saltos por sessão), 3 vezes por semana em sessão de 30 minutos, durante pelo menos 7 meses, aumentam o CMO nos indivíduos intervenientes quando comparados ao grupo de controlo em ambos os géneros. As diferenças persistem até cerca de 6 anos após a cessação da intervenção (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Características dos estudos de intervenção que analisaram o efeito do exercício físico no mineral ósseo de crianças e adolescentes, através da densitometria de dupla energia (DXA)

Autores	Estudo	Amostra (n)	Idade (anos)	Programa	Duração (Follow-Up)	Medidas e locais ósseos	Efeito (%)
Gunter et al. (2008)a	A	I: 33	7,6±1,0	I: 3d/sem x 20 min. (±100 saltos /sessão) + 1d/sem x 30 min (EF)	7 meses (19,43,55,67, 79,91 meses)	CMO anca;	I: 7meses CMO anca – 3,6%*↑
		C: 24	7,9±1,0	C: 3d/sem x 20 min (alogramentos) + 1d/sem x 30 min (EF)			91 meses CMO anca – 1,4%*↑
Gunter et al. (2008)b	A	I: 101	8,7±0,9	I: 3d/sem x 30 min (EF- 90 a 100 saltos /sessão)	7 meses (19,31,43 meses)	CMO corpo total; CMO L1-L4; CMO anca; CMO trocanter; CMO colo do fémur	I: 7meses CMO corpo total- 7,3%*↑ CMO L1-L4; 7,9%*↑ CMO trocanter – 8,4%*↑ CMO colo do fémur – 7,7%*↑
		C: 104	8,6±0,9	C: 3d/sem x 30 min (EF)			43 meses CMO corpo total- 2,9%*↑ CMO L1-L4; 2,3%*↑ CMO trocanter – 3,2%*↑ CMO colo do fémur – 4,4%*↑

A - aleatória; NA – não aleatória; I – grupo de intervenção; C – grupo de controlo; d/sem – dias por semana; min – minutos;

EF – aula de educação física; CMO – conteúdo mineral ósseo; DMO – densidade mineral óssea; minf. – membros inferiores; ♂ - rapazes ; ♀ - raparigas; preM – pré-menarca; posM – pós-menarca; AF – actividade física

↑ efeito positivo devido a aumento do mineral ósseo no grupo de intervenção, comparativamente ao grupo de controlo

*p < 0,05 **p < 0,01 ***p < 0,001

Quadro 2.1 – (continuação)

Autores	Estudo	Amostra (n)	Idade (anos)	Programa	Duração (Follow-Up)	Medidas e locais ósseos	Efeito (%)
Valdimarsson et al. (2006)	A	I: 53	7,7±0,6	I: 5d/sem x 40 min. (EF- jogos com bola, saltos, corrida)	1 ano	CMO e DMO corpo total; CMO e DMO L2-L4; CMO e DMO colo do fémur; CMO e DMO L3; CMO e DMO minf.	I: CMO L2-L4 – 4,7%**↑ L3 – 9,5%**↑ DMO L2-L4 – 2,8%*↑ CMO trocanter – 3,2%**↑ L3 – 3,1%**↑
		C: 50	7,9±0,6	C: 2d/sem x 30 min (EF)			
Mckay et al. (2006)	A	I: 51	10,1±0,5	I: 2d/sem x 40 min (EF) + 5d/sem x 3x/dia x 3 min (saltos)	8 meses	CMO corpo total; CMO L1-L4; CMO fémur (proximal) CMO trocanter	I: CMO trocanter – 27%*↑ fémur (proximal) – 2%*↑
		C: 71	10,2±0,4	C: 2d/sem x 40 min (EF)			
Mackelvie et al. (2006)	A	I: 31	10,2±0,5	I: 3d/sem x 40 min (12 min. saltos)	20 meses	CMO L1-L4; CMO colo do fémur CMO trocanter	I: CMO colo do fémur – 4,3%**↑
		C: 33	10,1±0,5	C: 2d/sem x 40 min (EF)			

A - aleatória; NA – não aleatória; I – grupo de intervenção; C – grupo de controlo; d/sem – dias por semana; min – minutos;

EF – aula de educação física; CMO – conteúdo mineral ósseo; DMO – densidade mineral ósseo; minf. – membros inferiores; ♂ - rapazes ; ♀ - raparigas; preM – pré- menarca; posM – pós-menarca; AF – actividade física

↑ efeito positivo devido a aumento do mineral ósseo no grupo de intervenção, comparativamente ao grupo de controlo

p < 0,05 **p < 0,01 *p < 0,001*

Quadro 2.1 – (continuação)

Autores	Estudo	Amostra (n)	Idade (anos)	Programa	Duração (Follow-Up)	Medidas e locais ósseos	Efeito (%)
Fuchs et al. (2001)	A	I: 45	7,5±0,2	I: 3d/sem x 20 min. (saltos) + 1d/sem x 30 min. (EF)	7 meses	CMO e DMO L1-L4; CMO e DMO colo do fémur;	I: CMO L1-L4 – 3,1%*↑ Colo do fémur – 4,5%***↑ DMO L1-L4 - 2,0%**↑
		C: 44	7,6±0,2	C: 3d/sem x 20 min (alongamentos) + 1d/sem x 30 min. (EF)			
Heinonen et al. (2000)	A	I: 64 preM - 25 posM - 39	11,7±1,3 13,7±0,9	I: AF habitual + 2d/sem x 50 min (exercícios aeróbios e saltos)	9 meses	CMO L1-L4; CMO fémur (proximal)	I: preM CMO L1-L4 – 3,3%*↑ CMO colo do fémur – 4,0%*↑
		C: 62 preM - 33 posM - 29	11,0±0,9 13,7±1,0	C: AF habitual			

A - aleatória; NA – não aleatória; I – grupo de intervenção; C – grupo de controlo; d/sem – dias por semana; min – minutos;

EF – aula de educação física; CMO – conteúdo mineral ósseo; DMO – densidade mineral óssea; minf. – membros inferiores; ♂ - rapazes; ♀ - raparigas; preM – pré-menarca; posM – pós-menarca; AF – actividade física

↑ efeito positivo devido a aumento do mineral ósseo no grupo de intervenção, comparativamente ao grupo de controlo

** p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001*

Diversos autores defendem que a variação do valor máximo de massa óssea na população é determinada por factores genéticos. No entanto, é importante perceber que a hereditariedade e o envolvimento não são separáveis. Os factores genéticos influenciam os processos celulares que intervêm na construção e manutenção do conteúdo ósseo, mas factores do estilo de vida, como a actividade física e a nutrição podem influenciar os factores genéticos de forma a potenciar ou limitar crescimento e a saúde óssea (Heaney et al, 2000). A actividade física durante a infância e adolescência é de extrema importância e, é considerada como uma janela de oportunidade para promover benefícios em favor da saúde óssea para toda a vida.

Heinonen et al, (2000) observou num grupo de raparigas que se encontravam em duas fases distintas de desenvolvimento (pré-menarca e pós-menarca, com médias de idades entre 11,0 e 13,7, respectivamente) benefícios obtidos após 9 meses de prática de actividade de alto impacto em diversas medidas ósseas. As raparigas pertencentes ao grupo de intervenção da pré-menarca, apresentaram comparativamente ao grupo de controlo, valores significativamente mais elevados no CMO da coluna lombar (8,6% vs 5,4%, $p=0,012$), e no colo do fémur (9,3% vs 5,3%, $p=0,014$). As raparigas do grupo pós-menarca não apresentaram diferenças, comparativamente ao respectivo grupo de controlo. Em conformidade com estes resultados, também Sundberg et al (2002) encontrou benefícios da actividade física no CMO e DMO em crianças com idade inferior a 13 anos de idade, não observando resultados semelhantes num grupo entre os 13 e os 16 anos de idade. Contrariamente Witzke e Snow (2000) observaram um aumento de 2,2% no CMO do trocanter em raparigas de 14,6 anos após 9 meses de intervenção com exercícios de impacto, comparativamente ao grupo de controlo. Também Johannsen et al, (2003) observaram na infância e adolescência (3-18 anos de idade) um aumento de CMO no corpo total e na anca em consequência da prática de exercícios de alto impacto durante 12 semanas com uma frequência de 5 vezes por semana. No entanto, parece ser na infância e pré-puberdade onde surgem os maiores ganhos (Valdimarsson et al, 2006).

Actividade física e saúde óssea

A maioria dos resultados apresentados pelos estudos onde é investigado o efeito da actividade física na massa e diâmetro ósseo, permitem afirmar que o tipo, a intensidade, a

frequência e a duração da actividade física influenciam as respostas ósseas observadas (Ondrak e Morgan, 2007).

Vários estudos, sugerem que a actividade física com acção anti-gravítica apresenta efeitos positivos e possivelmente duradouros na saúde óssea. São vários os autores que relatam a forte evidência entre a actividade física de alto impacto e, valores mais elevados de mineral ósseo, em distintos locais do esqueleto.

Numa revisão, Vicente-Rodriguez, (2006) conclui que existem duas estratégias para o osso beneficiar das actividades físicas: (i) através da participação em actividades de alto impacto, como a ginástica e; (ii) através da participação em actividades desportivas como o futebol e o andebol, que são caracterizadas pela acção anti-gravítica do esqueleto e pela contracção muscular, onde o osso é submetido a frequentes pressões, e em diferentes direcções. A carga mecânica necessita de uma determinada amplitude e frequência de forma a ser efectiva na estimulação osteogénica. Assim, actividades físicas que produzam diversas forças no osso, constituem actividades potenciais para a modelação óssea, e consequentemente para a mineralização óssea.

Wang et al, (2007) salienta a importância das actividades físicas de alto impacto, já que podem induzir uma carga mecânica 4 a 9 vezes superior ao peso corporal, sendo esta carga dificilmente obtida apenas com a contracção muscular. No entanto, considera importante a inclusão destes dois tipos de estímulo, visto que programas que combinam o treino de força com alto impacto parecem resultar numa resposta óssea maior, comparativamente à utilização de um dos tipos de exercício.

Segundo a posição do Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM, 2007) sobre a actividade física e saúde óssea, as crianças deverão praticar actividades aeróbias com impacto (exercícios pliométricos e saltos) de intensidade moderada a vigorosa, assim como o treino de força, que deve ser realizado com cargas até 60% de 1 repetição máxima (1RM). Quer o treino aeróbio, quer o treino de força deve ser realizado pelo menos 3 vezes por semana e com a duração de 10 a 20 minutos quando se considera a repetição de 2 ou mais vezes por dia. No que respeita aos adultos, estes deverão praticar actividades de resistência que possibilitem o transporte ou o suporte do peso corporal e, que envolvam saltos, tais como o voleibol e o basquetebol, numa intensidade moderada. A frequência deve ser de pelo menos

2 a 3 vezes por semana para os exercícios de resistência e 3 a 5 vezes para os exercícios de força. Ambos os tipos de exercício devem ter a duração de 30 a 60 minutos.

No entanto, os efeitos obtidos apenas podem prevenir a fragilidade óssea se as alterações observadas persistirem a longo prazo, nomeadamente na idade adulta e no envelhecimento.

Diminuição da actividade física e manutenção dos benefícios ao nível ósseo

A diminuição da actividade física, assim como a perda de massa e força muscular, induz uma acentuada perda de massa óssea, resultante de um aumento da reabsorção óssea. O desuso está associado à atrofia do osso e, conseqüentemente conduz a uma modificação das suas características mecânicas, nomeadamente da sua resistência. Um aspecto importante destas alterações é o facto de serem reversíveis, já que a atrofia óssea é recuperável a partir do momento em que são repostas as condições normais de utilização (Espanha, 1999).

Nordstrom et al, (2005) observou que jogadores de badminton e hóquei no gelo que cessaram a sua actividade desportiva, comparativamente a outros que continuaram a praticar a mesma modalidade, apresentaram uma perda significativa de DMO ao longo de cerca de 6 anos. Mais recentemente, Rautava et al, (2007) verificaram após 7 anos de observação de um grupo de jovens dos 9 aos 15 anos, que com uma redução de 50% ou mais na prática de actividade física, existe uma tendência para a perda de CMO e DMO no colo de fémur. Os valores médios de aumento do CMO na coluna lombar e no colo do fémur, ao longo do período de acompanhamento pós intervenção, eram superiores no grupo de raparigas que mantiveram um nível elevado de actividade física, quando comparadas com as raparigas que foram diminuindo a sua actividade física.

Vários autores, tais como Baxter-Jones et al, (2008) e Forwood et al, (2006) procuraram estudar a associação entre a prática de actividade física e o ganho de mineral ósseo em fases da vida que antecedem o do pico de massa óssea. Os resultados sugerem que os benefícios obtidos com a actividade física durante a infância e adolescência são mantidos até à idade adulta, se existir continuidade na participação desportiva. Em conformidade com estes resultados, Daly e Bass, (2006) observaram que a participação regular a longo prazo em

actividades de lazer e desportivas é um factor determinante no tamanho, qualidade e força óssea.

Outros investigadores encontraram resultados opostos. Warden et al, (2007) ao estudar a influência de cargas de compressão axial no osso em ratos, durante 7 semanas de intervenção (3 sessões/ semana), observaram que logo após a cessação da intervenção, os ratos que haviam sido expostos a cargas mecânicas mostraram ganhos na massa e estrutura ósseas. Contudo, após os 92 semanas de restrição a cargas mecânicas, os benefícios induzidos pelo treino não persistiram, demonstrando apenas uma maior resistência à fadiga que era 10 vezes superior.

Entre os factores que podem influenciar a deposição de mineral ósseo a aplicação de cargas mecânicas pode ser induzida pela prática de actividade física. Suportados pela teoria do Mecanostato, baseada na Lei de Wolf, diversos investigadores sugerem que a prática de actividade física em que exista acção anti-gravítica, como nas actividades de alto impacto, deve fazer parte das rotinas diárias, principalmente de crianças e jovens, uma vez que, é neste período que a resposta osteogénica é superior, obtendo-se assim maiores benefícios na saúde.

Capítulo 3 – Metodologia

Este estudo teve como objectivo analisar a influência da exposição a diferentes cargas mecânicas na mineralização e dimensão do esqueleto de crianças de 8-9 anos de idade.

Este capítulo tem como finalidade apresentar a concepção do estudo, a constituição da amostra, a identificação dos equipamentos e procedimentos utilizados, para a avaliação das variáveis e a análise estatística de dados.

Amostra

A amostra inicial foi constituída por 55 raparigas e 64 rapazes. No entanto, devido a problemas nas medições ósseas necessárias ou a incorrecções no preenchimento do questionário relativo à participação desportiva composta por 48 raparigas e 62 rapazes, perfazendo um total de 110 crianças caucasianas entre os 8 e 9 anos de idade. As crianças envolvidas neste estudo foram recrutadas em escolas e clubes desportivos do concelho de Oeiras. Nenhum dos indivíduos encontrava-se a tomar qualquer medicação que afectasse o metabolismo ósseo.

Instrumentos e procedimentos

Composição corporal e mineral ósseo

Para medição da altura foi utilizado um estadiometro com aproximações de 0,1 cm, em que o indivíduo é medido em posição erecta, roupa interior e descalço. O peso corporal foi determinado em kilogramas com aproximações de 0,1 kg, utilizando uma balança electrónica (Secca 770, Hamburg, Germany). O índice de massa corporal (IMC) foi calculado a partir da razão peso/altura² (kg/m²).

A composição corporal total e regional, particularmente a massa gorda e a massa magra, assim como o CMO e a DMO, foram avaliados utilizando a absorciometria de raio X de dupla energia (DXA) (QDR-1500; Hologic, Waltham, MA; pencil bean mode, software

version 5.73 enhanced whole body analysis). Os coeficientes de variação da DMO foram de 0,9% para os membros inferiores, 1,7% para o colo do fémur e 2,3% para a coluna lombar.

Actividade física habitual

A actividade física habitual foi avaliada através de acelerometria (model WAM 7164) durante 7 dias. A primeira variável registada foi a actividade física total, expressa em counts/minuto e, é um indicador da intensidade total de actividade física. A segunda variável foi o número de minutos passados em diferentes níveis de intensidade. Para este efeito utilizaram-se os seguintes valores de corte: 100, 1952, 5724 e 9498 counts/minuto de forma a representar respectivamente as diferentes intensidades de actividade física: inactividade, actividade física leve, actividade física moderada e actividade física vigorosa.

Actividade física passada e exposição à carga mecânica

A história da participação desportiva foi avaliada através de questionário. Este questionário, adaptado do “Bone Loading History Questionnaire” (Dolan et al, 2006), foi preenchido pelos encarregados de educação, para que a informação disponibilizada correspondesse o mais possível à realidade. Os dados obtidos através do questionário, permitiram identificar a prática de actividade física a partir dos 5 anos de idade (tipo de actividade física, número total de anos praticados, frequência anual e frequência mensal/semanal) das crianças da amostra.

Foi utilizado uma base de dados em Excell (Microsoft Excell Office 2007) de forma a calcular para cada indivíduo, nos dois locais ósseos considerados (colo do fémur e coluna lombar -L1-L4): o valor de carga mecânica em cada local ósseo; a carga mecânica total e a exposição à carga mecânica.

Para o cálculo do valor de carga mecânica procede-se do seguinte modo:

1. Selecção da carga mecânica induzida por cada modalidade desportiva (quadro 3.1)
2. Selecção do valor de ponderação associado à duração da exposição a cada modalidade desportiva (quadro 3.2)

3. Selecção do valor de ponderação associado à frequência de exposição em cada modalidade desportiva (quadro 3.3)

Quadro 3.1 – Valor da unidade de carga mecânica para cada modalidade desportiva, na anca e na coluna.

Modalidade Desportiva	ucm anca	ucm coluna
Andebol	8,1	8,3
Ballet	8	4,9
Basquetebol	11,7	8,4
Dança	7,3	4,3
Futebol	8,3	7,9
Ginástica	12	12
Hóquei	8	5
Karaté	8	5
Natação	4	4
Patinagem	7,4	4,4
Raguebi	8	8
Surf	5	5
Ténis	8	11

Dolan, S.H., Williams, D.P., Ainsworth, B.E., Shaw, J.M., (2006)

Ucm – unidade de carga mecânica

Quadro 3.2 – Valor utilizado para o cálculo da carga mecânica, consoante a época desportiva

Duração	valor
12 meses	1,0
9 meses	0,75
6 meses	0,50
3 meses	0,25

Dolan, S.H., Williams, D.P., Ainsworth, B.E., Shaw, J.M., (2006)

Quadro 3.3 – Valor utilizado para o cálculo da carga mecânica, consoante a frequência

Número de vezes(x)/semana ou mês	valor
1-3x/mês	1
1-2x/sem	2
3-5x/sem	3
≥5x/sem	4

Dolan, S.H., Williams, D.P., Ainsworth, B.E., Shaw, J.M., (2006)

A carga mecânica total foi obtida através da soma dos diferentes valores de carga mecânica, referentes à prática de mais do que uma modalidade desportiva. Por fim, o valor médio de exposição à carga mecânica obteve-se através da razão entre a carga mecânica total e o número de anos de participação, ou seja, o número de anos correspondente ao período de prática de actividade física em que a carga mecânica foi contabilizada (quadro 3.4).

Quadro 3.4 – Cálculo da exposição à carga mecânica (ECM)

Ex.: Caracterização de um indivíduo da amostra: 8 anos de idade, praticou ballet durante 6 meses (2x/sem) e ginástica durante 1 ano (2x/sem e época de 9 meses)

Passo 1: Cálculo do valor de CM

$$\text{Ballet: } CM_{\text{anca}} = 8 * 0,5 * 0,5 * 2 = 4$$

$$CM_{\text{coluna}} = 4,9 * 0,5 * 0,5 * 2 = 2,45$$

$$\text{Ginástica: } CM_{\text{anca}} = 12 * 0,75 * 1 * 2 = 18$$

$$CM_{\text{coluna}} = 12 * 0,75 * 1 * 2 = 18$$

Passo 2: Cálculo do valor de CMtotal

$$CM_{\text{total anca}} = 4 + 18 = 22$$

$$CM_{\text{total coluna}} = 2,45 + 18 = 20,45$$

Passo 3: Cálculo do valor de ECM

$$\begin{aligned} ECM_{\text{anca}} &= CM_{\text{total anca}} / n^{\circ} \text{ anos prática desportiva} \\ &= 22 / 1,5 = 14,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ECM_{\text{coluna}} &= CM_{\text{total coluna}} / n^{\circ} \text{ anos prática desportiva} \\ &= 20,45 / 1,5 = 13,6 \end{aligned}$$

Dolan, S.H., Williams, D.P., Ainsworth, B.E., Shaw, J.M., (2006)

CM – carga mecânica, CMtotal – carga mecânica total, ECM – exposição à carga

Análise estatística

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 15,0 para Windows.

Para a caracterização da amostra nomeada, a comparação entre rapazes e raparigas utilizou-se o teste T para amostras independentes.

Consideraram-se como variáveis dependentes a idade cronológica e óssea, a composição corporal, o consumo energético e de cálcio, a inatividade e a actividade f e passada.

Para analisar a influência da exposição à carga mecânica (actual e passada) e a mineralização/dimensão do esqueleto, em crianças de 8 e 9 anos de idade, utilizaram-se correlações parciais ajustadas para a idade óssea, altura e peso. O nível de significância estatístico foi definido para $p < 0,05$. Os rapazes e as raparigas foram analisados separadamente.

Capítulo 4 – Apresentação dos Resultados

Neste capítulo são descritos os resultados obtidos, nomeadamente a caracterização da amostra relativamente à idade, composição corporal, aporte diário em energia e em cálcio, actividade física habitual e participação desportiva, variáveis ósseas, carga mecânica total e exposição à carga mecânica. São também apresentadas as associações entre as variáveis ósseas e a actividade física habitual e a exposição à carga mecânica da actividade física passada (ambas ajustadas para o peso, altura e idade óssea). É também apresentada a correlação entre a actividade física (habitual e passada) e a exposição à carga mecânica.

Caracterização da amostra

A idade, a composição corporal, o aporte diário em energia e em cálcio das crianças que integraram a amostra são descritos no quadro 4.1.

Os rapazes apresentam valores superiores no peso, IMC e massa magra, comparativamente às raparigas. Não foram apresentadas diferenças nas outras variáveis.

Os valores de IMC apresentados pelos rapazes e raparigas encontram-se ligeiramente acima do percentil 50, ou seja, entre o percentil 5 e 85, considerado como o intervalo de peso saudável (CDC, 2000).

O valor de aporte diário recomendado de cálcio para crianças entre os 8 e os 9 anos é de 800 a 1300mg (IOM, 1997). Ambos os géneros encontram um aporte médio de consumo de cálcio dentro dos valores recomendados.

Quadro 4.1. Caracterização da amostra: idade, composição corporal, consumo energético e consumo de cálcio.

	RAPAZES n= 62	RAPARIGAS n= 48	p
Idade (anos)	8,6 ± 0,4	8,5 ± 0,4	0,551
Idade Óssea (anos)	8,9 ± 1,1	8,5 ± 1,2	0,098
Peso (Kg)	32,1 ± 7,4	28,9 ± 5,5	0,010
Altura (cm)	133,4 ± 6,8	131,4 ± 5,2	0,095
IMC (Kg/m ²)	17,9 ± 2,9	16,6 ± 2,3	0,017
MG (Kg)	8,3 ± 4,8	7,6 ± 3,8	0,429
MM (Kg)	22,8 ± 3,1	20,3 ± 2,5	< 0,001
Consumo Energético (Kcal/d)	2657 ± 1263,2	2108,2 ± 773,2	0,054
Consumo de Cálcio (mg/d)	1270,8 ± 557	1111,4 ± 456,5	0,126

IMC - Índice de Massa Corporal, MG - Massa Gorda, MM - Massa Magra (sem osso)

Relativamente à actividade física habitual (caracterizada através da acelerometria) e passada (caracterizada através de questionário), os dados são apresentados no quadro 4.2. Pode observar-se diferenças significativas entre os géneros na actividade física de intensidade moderada, actividade física total e exercício aeróbio, em que os rapazes demonstram valores superiores quando comparados com as raparigas. Não foram observadas diferenças nas restantes variáveis.

Quadro 4.2. Caracterização da amostra: actividade física habitual e participação desportiva

	RAPAZES n= 62	RAPARIGAS n= 48	p
Inactividade (min/d)	876 ± 90	894 ± 75	0,274
AF leve (min/d)	385 ± 72	395 ± 50	0,402
AF mod + vig (min/d)	87 ± 27	61 ± 25	<0,001
AF total (counts/min)	695 ± 142	575 ± 157	<0,001
Exercício Aeróbio (d/sem)	4,3 ± 1,7	3,2 ± 1,5	0,001
Exercício Força (d/sem)	1,5 ± 1,3	1,4 ± 1,6	0,755
Exercício Flexibilidade (d/sem)	1,9 ± 1,6	1,7 ± 1,5	0,539
Participação Desportiva (anos)	2,3 ± 1,9	2,2 ± 1,8	0,741

AF - Actividade Física, mod + vig - moderada + vigorosa

A caracterização da amostra no que se refere às variáveis ósseas é apresentado no quadro 4.3. Observa-se que os rapazes apresentam valores superiores às raparigas em todas as medidas e locais ósseos, com excepção da DMO da coluna lombar -L1-L4 e da área do colo do fémur.

Quadro 4.3. Caracterização da amostra: variáveis ósseas

	RAPAZES n= 62	RAPARIGAS n= 48	P
CMO Total (g)	1026,7 ± 197,6	922,7 ± 163,7	0,005
Area Total (cm ²)	1153,3 ± 180,3	1064,5 ± 149,5	0,008
DMO Total (g/cm ²)	0,886 ± 0,048	0,863 ± 0,045	0,013
CMO L1-L4 (g)	18 ± 3,1	16,7 ± 3,0	0,034
Area L1-L4 (cm ²)	27,3 ± 3,2	25,6 ± 2,5	0,003
DMO L1-L4 (g/cm ²)	0,657 ± 0,064	0,649 ± 0,063	0,533
CMO colo do fémur (g)	3,3 ± 0,6	2,9 ± 0,3	<0,001
Area colo do fémur (cm ²)	4,6 ± 0,7	4,5 ± 0,3	0,348
DMO colo do fémur (g/cm ²)	0,708 ± 0,076	0,641 ± 0,051	<0,001
CMO minf (g)	353 ± 109,3	308,8 ± 87,5	0,026
Area minf (cm ²)	395,9 ± 86,8	361,5 ± 73,4	0,033
DMO minf (g/cm ²)	0,877 ± 0,080	0,841 ± 0,074	0,020

CMO - Conteúdo Mineral Ósseo, DMO - Densidade Mineral Óssea, minf - membros inferiores

Ao caracterizar a população de estudo relativamente à carga mecânica total acumulada através da prática de diferentes modalidades desportivas, não são observadas diferenças entre os géneros (quadro 4.4).

Quadro 4.4. Caracterização da amostra: carga mecânica total e exposição à carga mecânica

	RAPAZES n= 62	RAPARIGAS n= 48	P
CMTotal colunalombar (ucm)	46,0 ± 46,8	39,3 ± 30,3	0,390
CMTotal anca (ucm)	48,3 ± 48,7	45,1 ± 35,3	0,706
ECM colunalombar (ucm/ano)	16,3 ± 14,4	14,2 ± 10	0,391
ECM anca (ucm/ano)	17,2 ± 15,0	16,3 ± 11,6	0,724

CMTotal – Carga Mecânica Total; ECM - Exposição à Carga Mecânica; ucm - unidade de carga mecânica

No quadro 4.5 é apresentada a distribuição por ambos os géneros das diferentes modalidades desportivas que possibilitaram o cálculo dos valores de carga mecânica.

Quadro 4.5 – Distribuição do número de praticantes pelas diferentes modalidades desportivas

Modalidades Desportivas	Rapazes	Raparigas
Andebol	0	2
Ballet	0	12
Basquetebol	1	0
Dança	2	3
Futebol	22	2
Ginástica	19	18
Hóquei	3	1
Karaté	16	0
Natação	33	25
Patinagem	2	10
Raguebi	1	0
Surf	0	2
Ténis	9	3

Variáveis ósseas e actividade física habitual

A correlação entre as variáveis ósseas e a actividade física habitual são apresentadas no quadro 4.6.

Nos rapazes observaram-se associações positivas entre a actividade física de intensidade moderada a vigorosa e o CMO, a área e a DMO do colo do fémur e, entre a actividade física total e o CMO e a DMO total, a DMO do colo do fémur e a área dos membros inferiores. Nas raparigas foram encontradas associações positivas entre a inactividade e o CMO total e, entre o exercício aeróbio e o CMO e área dos membros inferiores.

As associações entre as variáveis não são alteradas com ajustamento adicional para a ingestão de cálcio, IMC e massa magra.

Quadro 4.6. Correlação entre as variáveis ósseas e a actividade física habitual, ajustada para o peso, altura e idade óssea

	RAPAZES n= 62						RAPARIGAS n= 48					
	Inactividade	AF leve	AF mod+vig	AF total	Ex. Aeróbio	Ex. Força	Inactividade	AF leve	AF mod+vig	AF total	Ex. Aeróbio	Ex. Força
CMOTotal (g)	0,003	-0,078	0,189	0,287*	0,100	0,093	0,315*	-0,327*	0,096	0,046	0,237	0,201
AreaTotal (cm ²)	-0,177	0,100	0,251	0,347**	0,059	-0,023	0,213	-0,209	0,089	0,015	0,209	0,303
DMOTotal (g/cm ²)	0,121	-0,195	0,136	0,195	0,084	0,195	0,309*	-0,332*	0,075	0,072	0,224	0,043
CMO L1-L4 (g)	-0,042	0,032	0,110	0,137	-0,118	-0,016	0,153	-0,020	-0,025	-0,034	-0,054	0,034
Area L1-L4 (cm ²)	-0,038	0,062	-0,005	-0,011	-0,060	0,130	0,081	0,015	0,012	0,019	-0,023	0,109
DMO L1-L4 (g/cm ²)	-0,067	0,038	0,185	0,220	-0,095	-0,095	0,172	-0,024	-0,062	-0,078	-0,086	-0,075
CMO colo do fémur (g)	-0,130	0,065	0,337*	0,359	0,246	0,111	-0,004	-0,059	0,270	0,232	0,133	0,201
Area colo do fémur (cm ²)	-0,157	0,071	0,280*	0,248	0,215	0,102	-0,025	-0,064	0,212	0,184	0,005	-0,045
DMO colo do fémur (g/cm ²)	-0,035	0,016	0,291*	0,339*	0,192	0,108	0,023	-0,043	0,179	0,152	0,173	0,292
CMO minf (g)	0,035	-0,056	0,116	0,242	0,169	-0,020	0,241	-0,299	0,028	-0,005	0,312*	0,301
Area minf (cm ²)	-0,081	0,021	0,179	0,270*	0,161	-0,052	0,159	-0,228	0,090	0,061	0,316*	0,300
DMO minf (g/cm ²)	0,036	-0,055	0,112	0,223	0,096	0,132	0,237	-0,295	-0,083	-0,089	0,261	0,266

AF - Actividade Física, mod + vig - moderada + vigorosa, ECM - Exposição à Carga Mecânica, CMO - Conteúdo Mineral Ósseo, DMO - Densidade Mineral Óssea, minf - membros inferiores

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Actividade física habitual e exposição à carga mecânica

O quadro 4.7 apresenta os resultados da associação entre a actividade física habitual e a exposição à carga mecânica da actividade física passada. Observou-se que, o número de anos de participação desportiva está positivamente relacionado com a exposição à carga mecânica média e a carga mecânica total, em ambos os géneros. Observou-se ainda, nos rapazes uma associação positiva entre a actividade física moderada e vigorosa e a carga mecânica total na coluna lombar e, nas raparigas, uma associação positiva entre o exercício aeróbio e a exposição à carga mecânica e carga mecânica total, em ambos os locais ósseos (anca e coluna lombar).

Quadro 4.7. Correlação entre actividade física (habitual e passada); e a exposição à carga mecânica e carga mecânica total

	RAPAZES n= 62				RAPARIGAS n= 48			
	ECM		CMtotal		ECM		CMtotal	
	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca
Inactividade	0,047	0,070	-0,035	< 0,001	-0,040	0,091	0,018	0,122
AF leve	-0,179	-0,200	-0,123	-0,154	0,053	-0,021	0,036	-0,019
AF mod + vig	0,219	0,191	0,267*	0,230	-0,023	-0,090	-0,098	-0,152
AF total	0,099	0,073	0,126	0,089	-0,081	-0,139	-0,130	-0,174
Exercício Aeróbio	-0,006	0,001	-0,014	-0,009	0,296*	0,290*	0,348*	0,336*
Exercício Força	0,185	0,212	0,149	0,177	0,261	0,210	0,322*	0,259
Exercício Flexibilidade	0,151	0,163	0,086	0,097	-0,027	-0,014	0,042	0,040
Participação Desportiva	0,444**	0,471**	0,422**	0,455**	0,444**	0,424**	0,504**	0,473**

AF - Actividade Física, mod + vig - moderada + vigorosa, ECM - Exposição à Carga Mecânica

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Variáveis ósseas e exposição à carga mecânica

A correlação entre as variáveis ósseas e a exposição à carga mecânica da actividade física passada são apresentadas nos quadros 4.8, 4.9 e 4.10.

No grupo masculino, quando considerados todos os valores de exposição à carga mecânica e carga mecânica total, as associações realizadas apresentaram-se negativas e sem significância (quadro 4.8). No entanto, quando observados os resultados durante a correlação entre os valores de exposição à carga mecânica acima do limiar médio, o grupo dos rapazes apresentam associações positivas e até significativa entre a exposição à carga mecânica da coluna lombar e a área total (quadro 4.10).

Nas raparigas foram encontradas associações positivas entre a exposição à carga mecânica da coluna lombar e, a área total, o CMO e a área dos membros inferiores. Entre a exposição à carga mecânica da anca, também foram correlacionadas de forma positiva o CMO e a área dos membros inferiores. No mesmo género, também foram encontradas associações positivas entre a carga mecânica total da coluna lombar e anca e, o CMO, área e DMO dos membros inferiores (quadro 4.8).

No grupo feminino, quando considerados os valores acima do limiar médio, são encontradas associações positivas entre a carga mecânica total na coluna lombar e a área total e, entre a carga mecânica total na anca e CMO total e dos membros inferiores e, área total e dos membros inferiores (quadro 4.10).

As associações entre as variáveis não são alteradas com ajustamento adicional para a ingestão de cálcio, IMC e massa magra.

Quadro 4.8. Correlação entre variáveis ósseas e os valores de carga mecânica média e total da actividade física passada, ajustada para o peso, altura e idade óssea

	RAPAZES n= 62				RAPARIGAS n= 48			
	ECM		CMtotal		ECM		CMtotal	
	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca
CMOTotal (g)	-0,135	-0,153	-0,135	-0,157	0,215	0,224	0,262	0,262
AreaTotal (cm ²)	-0,087	-0,119	-0,095	-0,132	0,312*	0,298	0,302	0,282
DMOTotal (g/cm ²)	-0,122	-0,124	-0,121	-0,126	0,054	0,080	0,135	0,153
CMO L1-L4 (g)	-0,198	-0,229	-0,153	-0,194	0,155	0,212	0,087	0,146
AreaTotal L1-L4 (cm ²)	-0,139	-0,137	-0,118	-0,126	0,097	0,171	0,015	0,088
DMO L1-L4 (g/cm ²)	-0,156	-0,199	-0,110	-0,159	0,172	0,203	0,127	0,161
CMO colo do fémur(g)	-0,085	-0,098	-0,112	-0,131	0,149	0,163	0,086	0,103
AreaTotal colo do fémur (cm ²)	-0,044	-0,031	-0,072	-0,063	0,093	0,104	0,079	0,091
DMO colo do fémur (g/cm ²)	-0,080	-0,116	-0,082	-0,123	0,119	0,124	0,047	0,055
CMOminf (g)	-0,202	-0,223	-0,213	-0,233	0,330*	0,322*	0,397**	0,375*
AreaTotalminf (cm ²)	-0,210	-0,225	-0,227	-0,242	0,360*	0,347*	0,399**	0,376*
DMOminf (g/cm ²)	-0,119	-0,144	-0,135	-0,158	0,258	0,239	0,334*	0,305*

AF - Actividade Física, mod + vig - moderada + vigorosa, ECM - Exposição à Carga Mecânica, CMO - Conteúdo Mineral Ósseo, DMO - Densidade Mineral Óssea,

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Quadro 4.9. Correlação entre variáveis ósseas e os valores de carga mecânica média e total (ECM com valores inferiores a 15 ucm/ano e CMtotal com valores inferiores a 40 ucm) da actividade física passada, ajustada para o peso, altura e idade óssea

	RAPAZES				RAPARIGAS			
	ECM n= 29		CMtotal n= 32		ECM n= 23		CMtotal n= 23	
	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca
CMOTotal (g)	-0,016	-0,41	-0,113	-0,095	-0,042	-0,110	-0,030	-0,111
AreaTotal (cm ²)	-0,130	-0,132	-0,152	-0,124	-0,136	-0,182	0,106	0,008
DMOTotal (g/cm ²)	0,165	0,129	0,003	0,016	0,010	-0,076	-0,199	-0,251
CMO L1-L4 (g)	0,073	0,022	0,107	0,120	-0,088	-0,079	0,036	0,006
AreaTotal L1-L4 (cm ²)	0,136	0,110	0,254	0,279	-0,277	-0,209	0,091	0,077
DMO L1-L4 (g/cm ²)	-0,036	-0,062	-0,098	-0,093	0,066	0,032	-0,019	-0,060
CMO colo do fémur(g)	0,126	0,074	0,014	0,050	-0,418	-0,522*	-0,259	-0,385
AreaTotal colo do fémur (cm ²)	0,237	0,162	0,245	0,225	-0,302	-0,354	-0,218	-0,308
DMO colo do fémur (g/cm ²)	0,029	0,017	-0,105	-0,052	-0,250	-0,336	-0,174	-0,273
CMOminf (g)	-0,192	-0,204	-0,242	-0,245	-0,185	-0,214	0,011	-0,043
AreaTotalminf (cm ²)	-0,203	-0,187	-0,223	-0,191	-0,280	-0,306	0,072	-0,006
DMOminf (g/cm ²)	-0,091	-0,118	-0,200	-0,219	-0,042	-0,140	-0,236	-0,297

AF - Actividade Física, mod + vig - moderada + vigorosa, ECM - Exposição à Carga Mecânica, CMtotal – Carga Mecânica total, CMO - Conteúdo Mineral Ósseo, DMO - Densidade Mineral Óssea, * p < 0,05, ** p < 0,01

Quadro 4.10. Correlação entre variáveis ósseas e os valores de carga mecânica média e total (ECM com valores superiores a 15 e inferiores a 40 ucm/ano e, CMtotal com valores superiores a 40 e inferiores a 100 ucm) da actividade física passada, ajustada para o peso, altura e idade óssea

	RAPAZES				RAPARIGAS			
	ECM n= 23		CMtotal n= 23		ECM n= 20		CMtotal n= 16	
	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca	coluna lombar	anca
CMOTotal (g)	0,244	0,204	-0,120	-0,138	-0,268	-0,097	0,556	0,750**
AreaTotal (cm ²)	0,658**	0,319	0,100	-0,122	-0,083	-0,095	0,762**	0,635*
DMOTotal (g/cm ²)	0,023	0,129	-0,175	-0,098	-0,310	-0,054	-0,390	0,061
CMO L1-L4 (g)	0,309	0,184	0,121	0,035	0,224	0,400	0,059	0,460
AreaTotal L1-L4 (cm ²)	0,265	0,172	0,307	0,272	0,212	0,380	0,118	0,542
DMO L1-L4 (g/cm ²)	0,294	0,175	-0,045	-0,145	0,173	0,306	-0,027	0,148
CMO colo do fémur(g)	0,294	0,197	-0,167	-0,184	0,061	0,117	0,201	0,490
AreaTotal colo do fémur (cm ²)	0,201	0,183	-0,003	0,001	-0,151	-0,031	0,197	0,297
DMO colo do fémur (g/cm ²)	0,439	0,260	-0,180	-0,241	0,190	0,168	0,144	0,476
CMOminf (g)	0,265	0,080	0,057	-0,016	-0,593*	-0,420	0,546	0,707*
AreaTotalminf (cm ²)	0,327	0,149	0,118	0,092	-0,452	-0,197	0,594	0,667*
DMOminf (g/cm ²)	0,276	0,181	0,002	-0,038	-0,583*	-0,492	0,099	0,380

AF - Actividade Física, mod + vig - moderada + vigorosa, ECM - Exposição à Carga Mecânica, CMtotal – Carga Mecânica total, CMO - Conteúdo Mineral Ósseo, DMO - Densidade Mineral Óssea, * p< 0,05, ** p< 0,01

Capítulo 5 - Discussão dos Resultados

Nesta investigação, pretendeu-se avaliar, pela primeira vez num grupo de crianças, a relação existente entre a exposição à carga mecânica e a mineralização e dimensão do esqueleto.

Baseado na observações de Janz et al, (2003), de que os coeficientes de correlação entre o método de acelerometria e as forças de reacção no solo não se apresentam significativos, quando se analisa actividades de alto impacto, como a corrida ou os saltos, pretendeu-se utilizar uma unidade de medida que reflectisse o potencial osteogénico de diferentes actividades em diversos locais ósseos.

Assim, durante este estudo, foram estimuladas e utilizadas unidades de carga mecânica propostas por Dolan et al, (2006), de forma a analisar a associação existente entre a exposição à carga mecânica passada e a mineralização e dimensões de diversas regiões do esqueleto.

Neste capítulo será apresentada a discussão dos resultados obtidos através da análise estatística efectuada com base nos pressupostos apresentados. É também realizada a comparação dos resultados observados na presente investigação com os de outros estudos, identificados na revisão de literatura. No entanto, apenas as correlações efectuadas entre as variáveis ósseas e a actividade física habitual podem ser comparadas com resultados de outros estudos, visto que até à data não foram realizadas investigações em crianças em idade pré-pubertária, onde tenha sido utilizada a unidade de carga mecânica, como forma de quantificar a intensidade da actividade física do ponto de vista mecânico e, de a relacionar com a saúde óssea.

Tendo como base os pressupostos apresentados, este estudo chegou aos seguintes resultados:

1) Nos rapazes, a prática de actividade física moderada a vigorosa está associada de forma positiva a valores de exposição de carga mecânica da coluna lombar;

2) Nas raparigas, a prática de exercício aeróbio está correlacionado de forma positiva à exposição de carga mecânica, tanto na coluna lombar como no colo do fémur.

3) Os rapazes não apresentam associações entre as variáveis ósseas e os valores de exposição à carga mecânica.

4) As raparigas apresentam uma correlação positiva entre o CMO e a área dos membros inferiores, e a exposição à carga mecânica. Também a exposição à carga mecânica da coluna lombar correlacionou-se de forma positiva com a área total. A carga mecânica total da coluna lombar e anca apresentaram-se correlacionadas com a DMO dos membros inferiores.

Quanto ao primeiro pressuposto, nomeadamente em crianças com níveis de prática de actividade física habitual mais elevados apresentam uma maior exposição à carga mecânica, constatou-se que os rapazes apresentam níveis de actividade física habitual mais elevados do que as raparigas, mas não de participação desportiva passada, determinando a inexistência de diferenças quanto a valores de exposição de carga mecânica entre os dois géneros.

Relativamente ao segundo pressuposto, designadamente crianças que evidenciam uma maior exposição à carga mecânica apresentam maior mineralização e dimensão, particularmente nas regiões do esqueleto com acção anti-gravítica, observaram-se associações entre a actividade física habitual total ou de intensidade pelo menos moderada e a massa e/ou dimensões ósseas sobretudo a nível dos membros inferiores e colo do fémur, mas também no corpo inteiro. Não se observou qualquer correlação entre estas variáveis ósseas e a exposição à carga mecânica nos rapazes.

Nas raparigas, verificou-se uma associação positiva entre a inactividade habitual (ausência de carga mecânica) e a massa óssea do corpo inteiro e uma associação negativa entre a actividade física de leve intensidade e também a massa óssea do corpo inteiro. Observou-se igualmente uma associação positiva entre o exercício aeróbio e o CMO e área dos membros inferiores. Quanto à exposição à carga mecânica, observou-se uma associação positiva entre esta variável e a massa e dimensões ósseas dos membros inferiores e também entre a exposição à carga mecânica da coluna lombar e a área óssea do corpo inteiro.

Os resultados relacionados com a actividade física habitual obtidos no presente estudo são semelhantes aos encontrados em estudos anteriores. Janz, et al, (2006), observou em crianças com idades que precedem o pico de velocidade de deposição do mineral ósseo, valores superiores no CMO em crianças que mantêm a prática regular de actividade física

com níveis de intensidade moderada a vigorosa, quando comparadas com crianças que possuem uma prática de actividade física leve.

Embora os rapazes apresentem valores mais elevados em todas as variáveis ósseas quando comparados com as raparigas, estes não revelaram a existência de associação entre as variáveis de carga mecânica e as variáveis ósseas. Contudo, observou-se uma associação positiva entre a exposição à carga mecânica da coluna lombar e a área total quando limitada a exposição à carga mecânica entre 15 e 40 ucm/ano. Ao contrário do observado quando considerados todos os valores de exposição à carga mecânica, neste intervalo de exposição a relação entre as variáveis ósseas e as variáveis de exposição à carga mecânica apresentou-se positiva.

Janz et al, (2006) tal como outros investigadores, encontraram uma resposta óssea num local específico e de acordo com o tipo de carga mecânica que o osso sofreu. Ou seja, uma carga mecânica solicitada nos membros inferiores, a resposta óssea deve ser encontrada de forma positiva principalmente no colo do fémur ou outras medições efectuadas no membro inferior, e nunca em locais ósseos onde a solicitação mecânica não ocorra. foi induzida. As associações realizadas no nosso estudo entre a exposição à carga mecânica e a carga mecânica total, e as diferentes variáveis ósseas, apresentam correlações com variáveis ósseas nos membros inferiores. Este resultado é confirmado com o facto de nas modalidades desportivas mais praticadas pela amostra (quadros 3.1 e 4.5) a unidade de carga mecânica da anca ser superior à unidade de carga mecânica da coluna lombar; ou seja, proporcionam uma maior solicitação mecânica nos membros inferiores, principalmente nas raparigas, quando comparada com a estimulação mecânica ocorrida na coluna lombar (L2-L4).

Ao analisar a ingestão de cálcio, em ambos os géneros, verificou-se que os valores médios de consumo encontram-se dentro dos valores diários recomendados, assim como não são encontradas diferenças entre rapazes e raparigas. Verificou-se também que os factores nutricionais não influenciam os resultados obtidos, no que respeita ao conteúdo mineral ósseo, uma vez que não foram observadas alterações nas associações realizadas, quando ajustadas para esta variável.

Este estudo utilizou pela primeira vez, num grupo de jovens de 8 e 9 anos de idade, a unidade de carga mecânica, tomando em consideração não só a força de reacção no solo, como também as forças de tensão exercidas sobre o osso. Embora o recurso ao questionário

não seja uma medida objectiva, este método de quantificação da intensidade da actividade física tem em consideração diferentes valores de estimulação mecânica, consoante a região do esqueleto e de acordo com as características específicas de cada modalidade desportiva.

Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações

O objectivo geral deste trabalho foi o de averiguar a associação entre a exposição à carga mecânica (actual e passada) e a mineralização/dimensão do esqueleto, em crianças de 8 e 9 anos de idade; mais concretamente, visou-se determinar a associação da exposição a diferentes cargas mecânicas no desenvolvimento ósseo, utilizando a unidade de carga mecânica específica de cada modalidade desportiva.

Conclusões

Em relação ao primeiro pressuposto, concluiu-se que os rapazes apresentam níveis superiores às raparigas de actividade física habitual, ainda que não tenham sido encontradas diferenças quanto à exposição à carga mecânica (média e total) da actividade física passada.

Relativamente ao segundo pressuposto, foram alcançadas as seguintes conclusões; a saber: **1)** nos rapazes, a actividade física habitual de intensidade pelo menos moderada correlacionou-se de forma positiva com variáveis ósseas dos membros inferiores e corpo inteiro; **2)** nas raparigas, verificaram-se associações positivas entre a carga mecânica média e total e os valores de massa e dimensões ósseas, nomeadamente no membro inferior; **3)** nos rapazes, quando considerados todos os valores de carga mecânica (média e total), não foram observadas associações entre estes valores e os de massa e dimensão ósseas. Quando limitada a carga mecânica média entre os 15 e os 40 ucm/ano, é observada uma associação entre a exposição à carga mecânica na coluna lombar e a área do corpo inteiro. Neste intervalo de carga mecânica observou-se uma relação positiva entre a carga mecânica média e os valores de massa e dimensões ósseas.

Recomendações

Sugere-se que o instrumento de quantificação da intensidade da actividade física passada, através da carga mecânica média e total (adaptação do *Bone Loading History Questionnaire*), seja utilizado em simultâneo com outros métodos de quantificação da

intensidade da actividade física, por forma a encontrar valores de comparação em diferentes populações e idades.

Parece igualmente importante que se utilize, em futuras investigações, uma amostra de jovens com idades médias superiores ao PMO, de forma a considerar mais significativamente as diversas etapas em que existe a predominância de acumulação de mineral ósseo e, conseqüentemente, possibilitar uma análise mais relevante da influência da prática de actividade física passada na saúde óssea.

Ao utilizar diferentes períodos, tendo como referência a metodologia empregue por Dolan et al (2006), na análise de correlações entre variáveis, deve ser considerada a exposição à carga mecânica, dado tratar-se da representação de uma média anual. Tanto mais que a carga mecânica total pode ser muito diferenciada de período para período, consoante a actividade física praticada.

REFERÊNCIAS

- American College of Sports Medicine. (2007). <http://www.acsm.org>
- Ainsworth, B.E., Shaw, J.M., Hueglin, S. (2002). Methodology of activity surveys to estimate mechanical loading on bones in humans. *Bone*, 30, 787-791
- Baptista, M.F. (1999). Exercício Físico e Metabolismo Ósseo – Influência do tipo e da intensidade do exercício físico e da duração do programa de treino no metabolismo ósseo de mulheres idosas. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Doutor no ramo de Motricidade Humana na especialidade de Saúde e Condição Física.
- Bass, S.L., Eser, P., Daly, R. (2005). The effect of exercise and nutrition on the mechanostat. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 5, 239-254
- Bass, S.L., Saxon, L., Daly, R.M., Turner, C. H., Robling, A.G., Seeman, E., Stuckey, S. (2002). The effect of Mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls: A study in tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17, 2274-2280
- Baxter-Jones, A., Kontulainen, S., Faulkner, R., Bailey, D., (2008). A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*, 43, 1101-1107
- Bianchi, M.L. (2007). Osteoporosis in children and adolescents. *Bone*, 41, 486-495
- Binkley, T., Specker, B. (2004). Increased periosteal circumference remains present 12 months after an exercise intervention in preschool children. *Bone*, 35, 1383-1388
- Castro, M. (2004). Por que medir densidade mineral óssea em crianças e adolescentes? *J Pediatrics*, 80, 439-440

Centers for Disease Control and Prevention, www.cdc.gov

- Daly, R. M., Bass, S.L. (2006). Lifetime Sport and leisure activity participation is associated with greater bone size, quality and strenght in older men. *Osteoporosis International*, 17, 1258-1267
- Dolan, S.H., Williams, D.P., Ainsworth, B.E., Shaw, J.M. (2006). Development and Reproducibility of the bone loading history questionnaire. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1121-1131
- Espanha, M. (1999). *Anatomofisiologia, Tomo I – Sistema Osteo-Articular*. Edições FMH, 29-49, 109-140
- Forwood, M.R., Baxter-Jones, A.D., Beck, T.J., Mirwald, R.L., Howard, A., Bailey, A.A. (2006). Physical activity and strength of the femoral neck during the adolescent growth spurt: a longitudinal analysis. *Bone*, 38, 576-583
- Fuchs, R.K., Bauer, J.J., Snow, C.M., (2001). Jumping improves hip and lombar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16, 148-156
- Greene, D.A., Naughton, G.A. (2006). Adaptive skeletal responses to mechanical loading during adolescence. *Sports Medicine*, 36, 723-732
- Gunter, K., Baxter-Jones, A., Mirwald, R., Almstedt, H., Fuchs, R., Durski, S., Snow, C. (2008)^b. Impact exercise increases BMC during growth: an 8-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 23, 986-993
- Gunter, K., Baxter-Jones, A., Mirwald, R., Almstedt, H., Fuller, A., Durski, S., Snow, C. (2008)^a. Jump starting skeletal health: A 4-year longitudinal study assessing the effects of jumping on skeletal development in pre and circum pubertal children. *Bone*, 42, 710-718

-
- Heaney, R.P., Abrams, S., Dawson-Hughes, B., Looker, A., Marcus, R., Matkovic, V., Weaver, C. (2000). Peak Bone Mass. *Osteoporosis International*, 11, 985-1009
- Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M., Vuori, I. (2000). High-impact exercise and bones of growing girls: A 9-month controlled trial. *Osteoporosis International*, 11, 1010-1017
- Hind, K., Burrows, M. (2007). Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled trials. *Bone*, 40, 14-27
- Hsieh, Y., Turner, C.H. (2001). Effects of loading frequency on mechanically induced bone formation. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16, 918-924
- Institute of Medicine of the National Academies. 1997. <http://www.iom.edu>
- International Society for Clinical Densitometry. (2005). <http://www.iscd.org>
- Janz, K., Burns, T., Levi, S., Torner, J., Willing, M., Beck, T., Gilmore, J., Marshall, T. (2004). Everyday physical activity predicts bone geometry in children: the Iowa bone development study. *Med Sci Sports Exerc*, 36, 1124-1131
- Janz, K., Gilmore, J., Burns, T., Levy, S., Torner, J., Willing, M., Marshall, T. (2006). Physical activity augments bone mineral accrual in young children: the Iowa Bone Development Study. *The Journal of Pediatrics*, 148, 793-799
- Janz, K., Gilmore, J., Levy, S., Letuchy, E., Burns, T., Beck, T. (2007). Physical activity and femoral neck bone strength during childhood: the Iowa Bone Development Study. *Bone*, 41, 216-222
- Janz, K.F., Rao, S., Baumann, H.J., Schultz, J.L. (2003). Measuring children's vertical ground reaction forces with accelerometry during walking, running, and jumping: the Iowa Bone Development Study. *Pediatric Exercise Science*, 15, 34-43

-
- Johannsen, N., Binkley, T., Englert, V., Neiderauer, G., Specker, B. (2003). Bone response to jumping is site-specific in children: A randomized trial. *Bone*, 33, 533-539
- Karlsson, M-K., Magnusson, H., Karlsson, C., Seeman, E. (2001) The duration of exercise as a regulator of bone mass. *Bone*, 28, 128-132
- Kemper, H.C.G., Bakker, I., Twisk, J.W.R., Van Mechelen, W. (2002). Validation of a physical activity questionnaire to measure the effect of mechanical strain on bone mass. *Bone*, 30, 799-804
- Kohrt, W.M., Bloomfield, S.A., Little, K.D., Nelson, M.E., Yingling, V.R. (2004). Physical Activity and bone health - Position Stand. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1985-1996
- Kriemler, S., Zahner, L., Puder, J., Braun-Fahrlander, C, Schindler, C., Farpour-Lambert, N., Kranzlin, M., Rizzoli, R. (2008). Weight-bearing bones are more sensitive to physical exercise in boys than in girls during pre- and early puberty: a cross-sectional study. *Osteoporosis International*, 19, 1749-1758
- Langendonck, V., Claessens, A.L., Vlietinck, R., Derom, C., Beunen, G. (2003). Influence of weight-bearing exercises on bone acquisition in pre-pubertal monozygotic female twins: a randomized controlled prospective study. *Calcified Tissue International*, 72, 666-674,
- Lorentzon, M. , Mellstrom, D. , Ohlsson, C., (2005). Association of Amount of Physical Activity with Cortical Bone Size and Trabecular Volumetric BMD in Young Adult Men: The GOOD study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 20, 1936-1943
- Macdonald, H.M., Kontulainen, S.A., Khan, K.M., McKay, H.A. (2007). Is a school-based physical activity intervention effective for increasing tibial bone strength in boys and girls?. *Journal of Bone and Mineral Research*, 22, 434-446

-
- Macdonald, H.M., Kontulainen, S.A., Petit, M.A., Beck, T.J., Khan, K.M., McKay, H.A. (2008) Does a novel school-based physical activity model benefit femoral neck bone strength in pre- and early pubertal children?. *Osteoporosis International*, 19, 1445-1456
- MacKelvie, K.J., Khan, K.M., McKay, H.A., (2002). Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 250-257
- MacKelvie, K.J., McKay, H.A., Petit, M.A., Moran, O., Khan, K.M. (2002). Bone mineral response to a 7-month randomized controlled school-based jumping intervention in 121 prepubertal boys: associations with ethnicity and body mass index. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15, 834-844
- MacKelvie, K.J., Petit, M.A., Khan, K.M., Beck, T.J., McKay, H.A. (2004). Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone* 34, 755-764
- McKay, H., MacLean, L., Petit, M., MacKelvie-O'Brien, K, Janssen, P., Beck, T., Khan, K. (2005). "Bounce at the Bell": a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 521-526
- Molgaard, C., Thomsen, B., Prentice, A., Cole, T., Michaelsen, F. (1997). Whole body and mineral content in healthy children and adolescents. *Arch Dis Child*, 76, 9-15
- Nilsson, M. , Ohlsson, C. , Mellstrom, D. , Lorentzon, M. (2009). Previous sport activity during childhood and adolescence is associated with increased cortical bone size in young adult men. *Journal of Bone and Mineral Research*, 21, 125-133
- Nordstrom, A., Hogstrom, M., Nordstrom, P. (2008). Effects of different types of weight-bearing loading on bone mass and size in young males: A longitudinal study. *Bone*, 42, 565-571

-
- Nordstrom, A., Olsson, T., Nordstrom, P. (2005). Bone gained from physical activity and lost through detraining: a longitudinal study in young males. *Osteoporosis International*, 16, 835-841
- Ondrak, K.S., Morgan, D.W. (2007). Physical Activity, Calcium Intake and Bone Health in Children and Adolescents. *Sports Medicine*, 37, 587-600
- Rautava, E., Lehtonen-Veromaa, M, Kautiainen, H., Kajander, S., Heinonen, O., Viikari, J., Mottonen, T. (2007). The reduction of physical activity reflects on the bone mass among young females: a follow-up study of 142 adolescent girls. *Osteoporosis International*, 18, 915-922
- Riddoch, C.J., Mattocks, C., Deere, K., Saunders, J., Kirkby, L., Tilling, K., Leary, S., Blair, S., Ness, A. (2007). Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Archives of Disease in Childhood*, 92, 963-969
- Specker, B. Binkley, T. (2003). Randomized trial of physical activity and calcium supplementation on bone mineral content in 3- to 5-years-old children. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18, 885-892
- Stager, M., Harvey, R., Secic, M., Camlin-Shingler, K., Cromer, B. (2006) Self-reported physical activity and bone mineral density in urban adolescent girls. *J Pediatr Adolesc Gynecol*, 19, 17-22
- Sundberg, M., Gardsell, P., Johnell, O., Karlsson, M.K., Ornstein, E., Sandstedt, B., Sernbo, I. (2002). Physical activity increases bone size in prepubertal boys and bone mass in prepubertal girls: a combined cross-sectional and 3-year longitudinal study. *Calcified Tissue International*, 71, 406-415
- Teegarden, D., Proulx, W., Kern, M., Sedlock, D., Weaver, C., Johnston, C., Lyle, R. (1996). Previous physical activity relates to bone mineral measures in young women. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 28, 105-113

-
- Tobias, J.H., Steer, C.D., Mattocks, C.G., Riddoch, C., Ness, A.R. (2007). Habitual levels of physical activity influence bone mass in 11-years old children from the United Kingdom: findings from a large population-based cohort. *Journal of Bone and Mineral Research*, 22, 101-109
- Turner, C.H. (1998). Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone*, 23, 399-407
- Turner, C.H., Robling, A.G. (2003). Designing exercise regiments to increase bone strength. *Exercise and Sport Science Reviews*, 31, 45-50
- Valdimarsson, O., Linden, C., Johnell, O., Gardsell, P., Karlsson, M. (2006). Daily physical education in the school curriculum in prepubertal girls during 1 year is followed by an increase in bone mineral accrual and bone width – Data from the prospective controlled Malmö Pediatric Osteoporosis prevention Study. *Calcified Tissue International*, 78, 65-71
- Vicente-Rodríguez, G. (2006) How does exercise affect bone development during growth?. *Sports Medicine*, 36, 561-569
- Wang, Q., Alén, M., Nicholson, P., Suominen, H., Koistinen, A., Kroger, H., Cheng, S. (2007). Weight-bearing, muscle loading and bone mineral accrual in pubertal girls - A 2-year longitudinal study. *Bone*, 40, 1196-1202
- Ward, K.A., Roberts, S.A., Adams, J.E., Mughal, M.Z. (2005). Bone geometry and density in the skeleton of prepubertal gymnasts and school children. *Bone*, 36, 1012-1018
- Warden, S., Fuchs, R., Castillo, A., Nelson, I., Turner, C.H. (2007). Exercise when young provides lifelong benefits to bone structure and strength. *Journal of Bone and Mineral Research*, 22, 251-259
- Witzke, K.A., & Snow, C.M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 32, 1051-1057

