

MICHELE FORGIARINI SACCOL

**Contribuição das forças musculares isocinéticas de
joelho e tronco para aquisição da massa óssea em
atletas de futebol feminino**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de concentração: Reumatologia

Orientadora: Dra. Fernanda Rodrigues Lima

São Paulo

2007

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu noivo **Braulio Kisner**, por seu amor incondicional e a minha família: **Valdir** e **Cleonir**, **Valdi**, **Fer**, a pequena **Sofi**, **Cris** e **Giuliano**.

Mesmo distantes fisicamente, vocês estiveram ao meu lado nessa etapa e são minha fortaleza e alicerce em todos os movimentos da vida.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelas ocasiões que permitem a todos percorrer os diferentes graus da escala para se aperfeiçoar.

Agradeço à **Profa. Dra. Eloísa Bonfá** pela oportunidade.

Agradeço à **Profa. Dra. Fernanda Rodrigues Lima** pela confiança e oportunidade de aprendizado na Pós-Graduação, por me ensinar a seguir minhas metas com o mínimo de desvio possível e por retomar em mim a visão do indivíduo como um todo, sem fragmentá-lo em segmentos.

À **Profa. Dra. Ana Lúcia de Sá Pinto** por sua disponibilidade, confiança, incentivo e, principalmente, pelas criativas soluções nos diversos momentos de *brainstorm* do trabalho.

À **Profa. Dra. Rosa Maria Rodrigues Pereira** pela disponibilidade do equipamento de densitometria óssea. Suas sugestões seguras, sua paciência e seus valiosos ensinamentos despertaram meu interesse por uma linha de pesquisa que eu desconhecia.

À **Profa. Dra. Júlia Maria D'Andréa Greve** pela disponibilidade do equipamento isocinético, fundamental no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço, sobretudo sua receptividade e incentivo nos momentos de dificuldade, compartilhando sempre seus conhecimentos e ensinamentos que muito contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico.

As professoras **Dra. Stela Márcia Mattiello-Rosa**, **Dra. Marília dos Santos Andrade** e **Ms. Anna Maria Fleury**, pelo exemplo como profissionais e pesquisadoras em Fisioterapia. A oportunidade e o ensino em diferentes momentos de minha formação foram fundamentais para a concretização desta etapa.

Às colegas de Pós, **Dra. Flávia Abdallah** e **Dda. Natália Oliveira Vargas e Silva**, pela amizade, incentivo e apoio nos momentos de angústia e dúvida. Em nosso trabalho de equipe, o respeito e conhecimento compartilhado profissionalmente foram tão importantes quanto às conversas descontraídas no corredor do ambulatório.

Agradeço em especial a biomédica **Lilium Takayama**, e aos técnicos **Marlete Ferreira de Almeida** e **Narcizio Gomes dos Santos**, pela enorme disposição e paciência com minha coleta de dados infinita. Além da força de trabalho, o companheirismo e a amizade foram fundamentais na execução desta dissertação.

Pelos momentos de alegria e descontração, mas também pelo apoio nos períodos difíceis; meu muito obrigado aos colaboradores e amigos do LEM/IOT (**Félix, Rachel, Lucia, Édina, Márcia e Odete**), LIM-17 (**Valéria e Dra. Jaqueline**) e secretária da Reumatologia (**Cláudia, Fátima, Iná e Marta**).

Ao **Rogério Ruscitto do Prado e Isabelle de Vasconcellos Corrêa**, agradeço a consultoria estatística e paciência nesta etapa final do trabalho

Agradeço a técnica **Magali Fernandes**, ao **Luís** e as **atletas da equipe de futebol feminino do Clube Atlético Juventus**, pela forma carinhosa e acolhedora que me receberam na família, bem como pela disponibilidade em realizar inúmeras vezes os testes.

Agradeço a minha família paulista: **Diego, Tex e Mavi**. Além do companheirismo nos momentos de alegria, vocês foram o amparo, segurança e constância quando havia desânimo e dificuldade. Vocês são a prova de que amigos são irmãos que a vida deixa a gente escolher.

Agradeço a amiga **Zaira Sikacz**, pela amizade sincera e auxílio incondicional, primordiais nessa etapa e fundamentais em meus progressos.

As amigas **Gisele Barbosa, Joice Naidon, Ligia Leme, Rafaella Della Giustina e Raquel Fava de Bitencourt** pelo carinho, cumplicidade e apoio em todos os momentos.

Enfim, a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho, na minha formação contínua como pesquisadora e ser humano, meus sinceros agradecimentos.

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento de sua publicação:

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Annelise Carneiro da Cunha, Maria Julia de A.L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2ª edição. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2005.

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Sumário

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Summary

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	9
3. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	11
3.1 Sujeitos.....	12
3.2 Protocolo de estudo.....	13
3.2.1 <i>Densitometria de dupla emissão de fontes de Raios-X (DXA)</i>	14
3.2.2 <i>Avaliação muscular isocinética</i>	15
3.3 Análise estatística.....	19
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSSÃO.....	28
6. CONCLUSÃO.....	35
7. ANEXOS.....	37
8. REFERÊNCIAS.....	42

Apêndice

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas

GAF	grupo de atletas de futebol
GC	grupo controle
CMO	conteúdo mineral ósseo
DMO	densidade mineral óssea
TM	torque máximo
TRM	trabalho na repetição máxima
TT	trabalho total
mg/dia	miligramas dividido por dia
DXA	Densitometria de dupla emissão de fontes de Raios-X
LIM-17	Laboratório de Metabolismo Ósseo da Divisão de Reumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
g/cm ²	gramas dividido por centímetro ao quadrado
g	gramas
L1-L4	região de coluna lombar
%	percentual
IMC	índice de massa corporal
kg	quilograma
m ²	metro ao quadrado
LEM	Laboratório de Estudos do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
°/s	graus por segundo

N.m	Newton vezes metro
TM/PC	torque máximo corrigido pelo peso corporal
N.m/kg	Newton vezes metro dividido por quilograma
J	Joules
TRM/PC	trabalho na repetição máxima corrigido pelo peso corporal
J/kg	Joules dividido por quilograma
r	coeficiente de correlação de Pearson
R ²	regressão linear simples
% Dif	percentual de diferença entre os grupos
kg/ m ²	quilograma dividido por metro ao quadrado
Mb Inferior	membro inferior

Lista de figuras

Figura 1 – Diferenças percentuais entre o grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e controles (GC) no torque máximo (TM), trabalho na repetição máxima (TRM) e trabalho total (TT) da força muscular isocinética concêntrica nos movimentos de flexão e extensão de joelho dominante e tronco.....	23
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1- Dados antropométricos e características do grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e do grupo controle (GC).....21

Tabela 2 – Valores da composição corporal, do conteúdo mineral ósseo (CMO) e da densidade mineral óssea (DMO) de corpo total, tronco, coluna lombar (L1-L4), fêmur total dominante, colo femoral dominante, membro inferior dominante e cabeça no grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e no grupo controle (GC).....22

Tabela 3 – Torque máximo corrigido pelo peso corporal (TM/PC, em N.m/kg) e trabalho na repetição máxima corrigido pelo peso corporal (TRM/PC, em J/kg) da força muscular isocinética concêntrica nos movimentos de flexão e extensão de joelho dominante e tronco no grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e controles (GC).....24

Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o conteúdo mineral ósseo (CMO) ou a densidade mineral óssea (DMO) e os dados antropométricos e de composição corporal no grupo de atletas de futebol feminino (GAF).....25

Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) e de regressão linear simples (R^2) em atletas de futebol feminino.....26

RESUMO

Saccol MF. *Contribuição das forças musculares isocinéticas de joelho e tronco para aquisição da massa óssea em atletas de futebol feminino* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2007. 49 p

OBJETIVO: Analisar a contribuição da força muscular isocinética de flexores e extensores do joelho dominante e tronco na aquisição da massa óssea das regiões correspondentes a aplicação dessas forças em atletas de futebol feminino (GAF). **MÉTODOS:** vinte e duas atletas de futebol feminino foram comparadas com 20 controles pareados (GC). O conteúdo mineral ósseo (CMO) e a densidade mineral óssea (DMO) foram avaliados em corpo total, coluna lombar e quadril dominante (fêmur total e colo femoral) pelo software pediátrico do densitômetro Hologic QDR (modelo Discovery, Bedford, MA, USA). Pela análise de corpo total, foram determinadas as variáveis de composição corporal e a massa óssea do membro inferior dominante, tronco e cabeça. A força muscular no movimento de flexão e extensão do joelho e do tronco foi avaliada pelo dinamômetro isocinético Biodex Multi-joint System 3 (Shirley, NY, USA) na velocidade de 60°/s, com 5 repetições do modo concêntrico/excêntrico. As variáveis concêntricas de pico de torque, trabalho na repetição máxima e trabalho total dos flexores e extensores foram considerados. Foram utilizados o teste t de Student para análise entre grupos e os coeficientes de correlação de Pearson e de regressão linear simples para o GAF. **RESULTADOS:** Os grupos foram semelhantes para idade, peso, altura, raça e ingestão de cálcio ($p > 0.05$), porém o GAF apresentou maior percentual de massa magra e menor percentual de

gordura corporal que o GC ($p < 0.001$). Todos os sítios ósseos submetidos à carga mecânica durante o exercício físico apresentaram valores significativamente superiores no GAF, assim como todas as variáveis de força isocinética concêntrica de joelho dominante e tronco ($p < 0.05$ e $p < 0.001$). As variáveis de massa óssea de todas as regiões avaliadas do GAF apresentaram correlações positivas com o peso, índice de massa corporal, massa magra total e do tronco. A DMO das regiões analisadas não apresentou nenhuma correlação significativa com as variáveis de força muscular. Porém, todas as variáveis de força de flexão do tronco correlacionaram-se positivamente com o CMO do corpo total e do tronco, assim como as variáveis de extensão do joelho demonstraram associações positivas com o CMO do quadril e do membro inferior dominante.

CONCLUSÃO: A força muscular exerceu uma contribuição positiva na aquisição do CMO dos sítios específicos. Esses resultados de correlação positiva entre a força e a quantidade mineral óssea de sítios específicos provêm evidências adicionais de um papel da força muscular na aquisição da massa óssea regional.

Descritores: força muscular, dinamômetro de força muscular, torque, densidade óssea, articulação do joelho/fisiologia, coluna vertebral/fisiologia, futebol, mulheres

SUMMARY

Saccol MF. *Contributions of knee and trunk isokinetic muscular strength to bone mass acquisition in female soccer players* [dissertation]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2007. 49 p

OBJECTIVE: to analyze the contribution of isokinetic muscular strength of dominant knee and trunk flexors and extensors in the acquisition of bone mass in the correspondent regions that these forces are applied in female soccer players. **METHODS:** twenty-two female soccer athletes (GAF) were compared with 20 matched-controls (GC). The bone mineral content (BMC) and bone mineral density (BMD) were evaluated in whole body, lumbar spine and dominant hip (femoral neck and total hip) with the paediatric software of Hologic QDR (Discovery model, Bedford, MA, USA). From whole body scan, the variables of body composition and bone mass of dominant leg, trunk and head were also determined. The muscular strength of flexion and extension movements in dominant knee and trunk were evaluated with the Biodex Multi-joint System 3 (Shirley, NY, USA) with 60°/s, and 5 repetitions at concentric/eccentric mode. The concentric variables peak torque, maximal repetition total work and total work of flexors and extensors were considered. Statistical analysis was performed using Student's t-test to compare groups and additionally Pearson's correlation coefficient and linear regression analysis to GAF. **RESULTS:** Both groups were similar regarding age, weight, height, race and calcium intake ($p > 0.05$), however GAF presented a higher percentage of lean body mass and a lower percentage of body fat compared to GC ($p < 0.001$). All loaded sites during exercise had significantly higher

values of bone mass for GAF, and so for all isokinetic concentric strength variables of dominant knee and trunk ($p < 0.05$ e $p < 0.001$). Bone mass variables of GAF regions presented positive correlations with weight, body mass index, total and trunk lean mass. The BMD of any region presents significant correlations with variables of strength performance. Nevertheless, all strength variables of trunk flexors were positively correlated with BMC of whole body and trunk, so as knee dominant extensors with BMC of hip and dominant leg. CONCLUSION: muscular strength exerted a positive contribution to BMC acquisition at specific sites. These results of positive correlation between force and bone mineral quantity of specific sites give us further evidences of the muscle strength role in the acquisition of regional bone mass.

Descriptors: muscle strength, muscle strength dynamometer, torque, bone density, knee joint/physiology, spine/physiology, soccer, women

1. INTRODUÇÃO

A genética é um dos principais determinantes na aquisição da massa óssea máxima em pessoas saudáveis, no entanto, aspectos como a nutrição e a atividade física também são considerados fundamentais nesse processo (Ginty et al., 2005; Bonjour et al., 2007).

A infância e os primeiros anos da vida adulta correspondem aos períodos em que os ossos estão mais adaptáveis aos fatores ambientais, representando um relativo curto espaço de tempo para otimizar o pico de massa óssea (Kohrt et al., 2004; Valdimarsson et al., 2005a). Por estar associado à redução no risco de osteoporose, maximizar o pico de massa óssea alcançado antes dos 20 anos é um determinante-chave na saúde óssea adulta (McGuigan et al., 2002; Vicente-Rodríguez, 2006).

As atividades físicas durante as fases de crescimento são associadas com o aumento nos componentes da massa óssea dos sítios ósseos submetidos à carga mecânica (Heinonen et al., 2000; Kontulainen et al., 2002; Greene et al., 2005). Esses componentes são comumente avaliados pela técnica de densitometria óssea, sendo representados por suas quantidades minerais totais - conteúdo mineral ósseo (CMO) - e suas quantidades por área óssea - densidade mineral óssea (DMO) (Vicente-Rodríguez, 2006).

Em termos de atividade física e saúde óssea, a prática de esportes com arrancadas e paradas bruscas, saltos e aterrissagens, e mudanças rápidas de direção conferem as melhores capacidades osteogênicas (Alfredson et al., 1997; Vicente-Rodríguez et al., 2004; Ginty et al., 2005).

Uma das modalidades esportivas com essas características e, possivelmente, a mais amplamente praticada no mundo por jovens é o futebol.

Tanto homens como mulheres submetidos à prática do futebol durante a fase de crescimento e adolescência apresentam de um a dois desvios padrões superiores na DMO de regiões submetidas à carga quando comparados à controles (Alfredson et al., 1996; Duppe et al., 1996; Soderman et al., 2000; Calbet et al., 2001). Ao comparar atletas adolescentes de futebol com controles sedentárias, Soderman et al. (2000) encontrou maior DMO na região do quadril e coluna lombar, além de maior massa magra e força muscular de membros inferiores, adaptações também esperadas na prática de exercícios (Kohrt et al., 2004).

A massa magra é equivalente à massa muscular de um segmento e apresenta uma correlação consistente com a massa óssea nas pesquisas. Estudos transversais e longitudinais comprovam a grande associação positiva entre as alterações na massa muscular e massa óssea durante o crescimento (Witzke e Snow, 1999; Young et al., 2001; Schoenau e Frost, 2002; Vicent-Rodriguez et al., 2004; Daly et al., 2004).

Como a massa óssea correlaciona-se positivamente com a massa magra, uma maior massa muscular pode facilitar a aquisição óssea. Essa relação funcional osso-músculo é baseada na premissa de que efeitos da carga no músculo também influenciariam o osso, permitindo sugerir a existência de um efeito direto e indireto do exercício físico na aquisição óssea (Cater et al., 1996; Schoenau e Frost, 2002; Rauch et al., 2004). A

carga mecânica exercida durante as atividades físicas, estimulando a osteogênese corresponde ao efeito direto. O efeito indireto ocorre pelo aumento na massa muscular e, conseqüentemente, da força gerada pelo músculo nos sítios ósseos da região em que ele atua (Schoenau e Frost, 2002; Rauch et al., 2004; Vincente-Rodríguez, 2006).

Apesar do sistema muscular e ósseo serem estruturalmente interdependentes, os estudos documentam efeitos sistêmicos da força muscular, a inexistência de associação e, também, de correlações positivas entre a força muscular e a massa óssea (Snow-Harter et al, 1990; Kritz-Silvestein e Barret-Connor, 1994; Madsen et al., 1998; Witzke e Snow, 1999; Duncan et al., 2002; Vicente-Rodríguez et al., 2004; Bayramoglu et al., 2005). Esses estudos têm metodologias diferentes principalmente em relação à idade da amostra e ao método de avaliação da força muscular.

Em termos de avaliação da força muscular de um segmento, uma forma reprodutível e fidedigna é a avaliação muscular isocinética (De Ste Croix et al., 2003). O dinamômetro isocinético é um equipamento que permite realizar movimento a uma velocidade angular constante, definida previamente pelo examinador e gerada por um dinamômetro eletromecânico. O esforço muscular realizado pelo indivíduo se acomoda à resistência gerada pelo aparelho, de forma que a força exercida pelos grupos musculares varia durante o arco de movimento. Como o braço de alavanca da força se altera conforme a amplitude de movimento, os dados gerados são referentes ao momento angular de força ou torque (Perrin, 1993; Dvir, 2002).

Ao final do teste, as variáveis geradas pelo equipamento permitem analisar informações como o valor máximo alcançado pelo torque na amplitude de movimento do teste (torque máximo, TM) e a produção de torque durante toda a amplitude de movimento (trabalho na repetição máxima, TRM). Esses dados são extraídos pelo equipamento da repetição em que o indivíduo obteve o melhor desempenho da variável, podendo ser expressos em valores absolutos ou pelo percentual do peso corporal (valores relativos) (Dvir, 2002). Ao final de todas as repetições, o trabalho desenvolvido pode ser avaliado pelo somatório da energia desenvolvida em cada repetição realizada (trabalho total, TT) (Perrin, 1993).

Em diferentes modalidades esportivas femininas, estudos correlacionando a força isocinética e a massa óssea encontraram baixos valores de correlação (Duncan et al, 2002), associação positiva apenas no grupo controle (Alfredson et al., 1996,1997; Soderman et al, 2000), e associação conjunta com massa magra e altura na análise de componentes principais (Pettersson et al., 2000). Limitações nesses trabalhos ocorrem na escolha das variáveis de massa óssea e avaliação da força de uma única articulação (joelho), considerando para as correlações o desempenho apenas de uma variável isocinética (TM).

Como a coluna lombar e o quadril são os locais com maior incidência de fraturas osteoporóticas no adulto (Kohrt et al., 2004), a avaliação muscular dessas regiões parece ser mais apropriada ao considerar a influência da força muscular na aquisição de massa óssea local.

A coluna apresenta uma anatomia e interação biomecânica complexa, não permitindo a fragmentação do desempenho de cada região durante uma avaliação isocinética (Perrin, 1993; Dvir, 2002). Assim, a avaliação da força muscular deste segmento é considerada como a força isocinética do tronco. Há poucas referências dessa avaliação em atletas saudáveis (Williams e Singh, 1997; Andersson et al., 1988; Ellebecker e Roetert, 2004) e encontramos apenas um estudo correlacionando o desempenho do tronco com a massa óssea. Em ginastas artísticas e rítmicas, foram encontradas correlações entre o TM de flexão e extensão do tronco e a DMO de corpo total, coluna lombar e colo femoral esquerdo, com forças de associação superiores entre as variáveis da coluna (Helge e Kanstrup, 2002).

Em atletas de futebol, há poucas referências da avaliação isocinética de tronco, nenhuma delas com o sexo feminino (Williams e Singh, 1997; Andersson et al., 1988). Apesar de subestimada pelas avaliações, a coluna é fundamental no desempenho dos gestos esportivos. Os músculos do tronco como abdominais, paraespinhais e iliopsoas devem estar ativos para auxiliar na estabilidade e direcionamento da atividade, prevenindo movimentos desnecessários do tronco e aceitação de altas cargas (Barr et al., 2005). Além disso, o desempenho do futebol exige movimentos torcionais e de inclinação da coluna (Williams e Singh, 1997) e a atividade da musculatura do iliopsoas durante todo o movimento do chute (Dörge et al., 1999).

O chute é considerado o principal fundamento do futebol, sendo o mais estudado em relação aos movimentos e a força aplicada pelo membro inferior. O quadríceps é crucial para corrida, saltos e chute, enquanto os

isquiotibiais controlam a corrida e estabilizam a articulação do joelho (Fried e Lloyd, 1992). Os músculos do quadril auxiliam na estabilização do membro inferior em apoio, sendo que os abdutores e adutores também são necessários para o movimento do chute (Nicholas e Tyler, 2002).

Apesar de sua importância e da provável associação com a massa óssea local, a avaliação da força muscular isocinética do quadril ainda não se mostrou reprodutível e fidedigna (Burnett et al., 1990; Emery et al., 1999). Esse pode ser um dos motivos pelos quais o joelho é a articulação preferencial nos estudos de correlação de massa óssea e força isocinética, inclusive em atletas de futebol.

Os estudos com atletas de futebol feminino, correlacionando a força isocinética de joelho e a massa óssea, não encontraram associação (Alfredson et al, 1996), ou encontraram apenas a correlação da DMO da região do colo femoral com o TM extensor do joelho (Soderman et al., 2000). Novamente, os estudos limitaram-se na avaliação isocinética exclusivamente do joelho e da variável TM, além de considerarem apenas a DMO para as correlações.

Tanto a DMO como o CMO são variáveis importantes, pois a DMO é um importante preditor do risco de fraturas (Kohrt et al., 2004), e alterações no CMO representam os efeitos do crescimento total nas fises, além dos efeitos de modelamento e remodelamento em outras superfícies (Cater et al., 1996). Além disso, estudos prospectivos em crianças e adolescentes, ao investigar o efeito de suas intervenções na massa óssea, utilizam os valores

do CMO para as correlações (Chad et al., 1999; Lilleby et al., 2005; Rauch et al., 2007).

As limitações nos estudos prévios podem ter contribuído para os resultados decepcionantes de não correlação entre as variáveis de força muscular isocinética e massa óssea. Por esses motivos, ainda não se sabe quanto a força muscular de joelho e coluna contribui para a aquisição da massa óssea desses locais em atletas de futebol feminino.

2. OBJETIVOS

1. Analisar a contribuição da força muscular isocinética de flexores e extensores do joelho e tronco na aquisição da massa óssea das regiões correspondentes à aplicação dessas forças em grupo de atletas de futebol feminino (GAF).

2. Analisar a associação da massa óssea (DMO e CMO) do GAF:

- os dados antropométricos (peso, altura e índice de massa corporal),

- a composição corporal (massa gorda total, massa magra total e regional),

- a força muscular isocinética concêntrica de joelho dominante e tronco (torque máximo, trabalho na repetição máxima e trabalho total).

3. Avaliar se existem diferenças na composição corporal, na massa óssea total e regional e na força muscular isocinética concêntrica de joelho dominante e tronco no GAF quando comparadas a um grupo controle (GC) sedentário pareado por idade, altura e peso.

3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

3.1 Sujeitos

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo aprovou todos os procedimentos deste estudo (CAPPesq 1199/05) (Anexo 1). Todas as participantes concordaram com o estudo de forma voluntária e um termo de consentimento foi assinado pelas maiores de idade ou seus responsáveis (Anexo 2).

O GAF foi composto por 22 atletas do sexo feminino (média de idade $15,95 \pm 1,65$ anos) pertencentes à mesma equipe há pelo menos um ano e com 15 horas semanais de treinamento técnico e físico, sem treinamento de força complementar. Essas atletas disputavam o principal campeonato da categoria no estado de São Paulo e treinavam futebol há pelo menos dois anos. Em média, as atletas treinavam o futebol em escolinhas desde $8,72 \pm 2,11$ anos de idade, iniciando a prática competitiva do esporte em média aos $12,54 \pm 1,92$ anos de idade.

As atletas foram comparadas ao GC em relação aos valores da massa óssea e à força muscular isocinética de joelho dominante e tronco. O GC foi composto por 20 voluntárias do sexo feminino (média de idade $16,75 \pm 2,07$ anos) pareadas por idade, altura e peso com as atletas de futebol, sendo recrutadas por contato direto em escolas próximas ao clube de futebol. As voluntárias nunca praticaram esportes de forma competitiva e, exceto pela Educação Física escolar uma a duas vezes por semana, não realizaram exercícios físicos nos últimos três anos.

As participantes do estudo já deveriam ter menstruado e serem eumenorréicas (10-12 ciclos menstruais no último ano) e não deveriam apresentar diagnósticos estabelecidos ou traumas e lesões prévios em joelho e coluna. Lesão ou trauma foram considerados os acometimentos que necessitaram contato com uma equipe médica ou o afastamento das atividades normais por pelo menos um dia nos últimos seis meses (Burke et al., 2003).

Foram excluídas do estudo as participantes com doenças crônicas e uso atual ou prévio de anticoncepcionais, tabagismo, alcoolismo, gravidez prévia e atual, história prévia ou atual indicando ausência de ciclos menstruais por um período superior a três meses e uso de medicamentos com interferência no metabolismo ósseo.

3.2 Protocolo de estudo

Os grupos foram submetidos a exame físico e entrevista individual, constando de dados pessoais, aspectos de saúde geral, história menstrual, história atual e pregressa de atividades físicas e dominância de membro inferior. Para ambos os grupos, o membro inferior dominante foi considerado como o utilizado (GC) ou preferido (GAF) ao chutar uma bola. Essa escolha ocorreu já que a força aplicada na perna de chute é a responsável por direcionar e determinar o desempenho do movimento, enquanto o membro inferior de suporte ou apoio fornece o equilíbrio e auxilia na trajetória da bola (Lees e Nolan, 1998).

Na entrevista, a classificação da etnia foi realizada considerando a etnia caucasiana como ausência de etnia afro nos familiares de primeira geração e a etnia não-branca como a presença de afro-descendentes.

A ingestão média diária de cálcio (em miligramas por dia, mg/dia) foi determinada nos grupos por uma entrevista individual, utilizando um questionário alimentar detalhado disponível no Osteoporosis Society Canada website (www.osteoporosis.ca).

3.2.1 Densitometria de dupla emissão de fontes de Raios-X (DXA)

A massa óssea foi analisada por DXA, utilizando o densitômetro Hologic QDR (modelo Discovery, Hologic, Bedford, MA, USA) pertencente ao Laboratório de Metabolismo Ósseo da Divisão de Reumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (LIM-17). O coeficiente de variação das medidas densitométricas no equipamento do LIM-17 é 1.5% para a coluna lombar, 1.54% para o fêmur total dominante e 0.6% para o corpo total.

A DMO (em g/cm²) e o CMO (em g) foram obtidos nas regiões de coluna lombar (L1-L4), quadril dominante (colo femoral dominante e fêmur total dominante) e corpo total. A partir da análise do corpo total, o CMO e a DMO do membro inferior dominante, tronco e cabeça foram determinados.

A composição corporal foi analisada pela massa total (peso), massa gorda total, massa magra total e das regiões de tronco e membro inferior dominante, utilizando-se o software pediátrico do densitômetro (Hologic QDR, modelo Discovery, Hologic, Bedford, MA, USA). Os valores foram

expressos de forma absoluta (em gramas, g) e relativa ao peso corporal (percentual, %).

A altura foi aferida antes da realização da densitometria óssea, utilizando um estadiômetro da balança de consultório (Filizola®) com aproximação de um cm. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado pela razão do peso corporal obtido na densitometria (em quilograma, kg) e o quadrado da altura (em metro ao quadrado, m²).

3.2.2 Avaliação muscular isocinética

Para análise do desempenho muscular, foi utilizado um dinamômetro isocinético modelo Biodex Multi-joint System 3 (Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY, USA) pertencente ao Laboratório de Estudos do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paul (LEM). A precisão e confiabilidade das medidas são asseguradas pela calibração mensal do dinamômetro no LEM, de acordo com as especificações do fabricante.

Antes do início de cada teste, as participantes realizaram alongamento e aquecimento em esteira ergométrica por 5 minutos na velocidade de 5 Km/h. Após o aquecimento, as voluntárias foram posicionadas para avaliação dos movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho dominante. As voluntárias permaneceram sentadas e estabilizadas por meio de cintos pélvicos e diagonais na cadeira do equipamento, com o quadril em 90° de flexão e o eixo mecânico do dinamômetro alinhado com o côndilo lateral do joelho (eixo do movimento da articulação do joelho). Os

movimentos foram realizados em uma amplitude total de 80° de movimento, partindo de 80° de flexão e atingindo 0° de extensão, com correção da força da gravidade na metade da amplitude, conforme as normas do fabricante.

Após a avaliação do joelho, as voluntárias foram posicionadas no módulo de coluna do equipamento (Biodex Dual Position Back Extension/Flexion Attachment). Este módulo é semelhante a uma cadeira e permite a avaliação na posição semi-em-pé: 10° de flexão do quadril, 15 a 20° de flexão dos joelhos, apoio da coluna no anteparo posterior do módulo e os pés apoiados em uma plataforma e seguros por um cinto. As regiões torácica, pélvica e da coxa foram contidas por cintos longitudinais e transversais, mantendo a região lombo-sacral livre para a realização dos movimentos de flexão e extensão do teste. O eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado com a espinha íliaca ântero-superior e a amplitude de teste foi de 40° de movimento, partindo de 20° de extensão para 20° de flexão. A amplitude total de movimento foi limitada em 40°, pois não é possível realizar a correção do efeito da gravidade nesse módulo do equipamento.

As avaliações dos movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho dominante e do tronco foram realizadas na velocidade de 60 graus por segundo (°/s), com cinco repetições contínuas do modo concêntrico/excêntrico. Esta velocidade angular foi escolhida, pois a força muscular avaliada em baixas velocidades permite o recrutamento de um maior número de unidades motoras, possibilitando uma melhor representação do trabalho máximo realizado pela musculatura avaliada (De

Ste Croix et al., 2003).

Previamente à obtenção de dados, foram realizadas três contrações submáximas no modo concêntrico/excêntrico para familiarização com o equipamento e teste. Para explicar o modo concêntrico/excêntrico de avaliação, usamos como exemplo o teste de extensão do joelho. Partindo de 80° de flexão do joelho, a avaliada realiza uma força para estender o joelho na velocidade angular dada pelo dinamômetro, movimentando a alavanca do equipamento até a amplitude final de movimento de 0° de extensão do joelho. Essa é a contração concêntrica de extensores do joelho, na qual o músculo diminui de comprimento (encurtamento das fibras musculares), enquanto a tensão aumenta de modo a superar ou movimentar a carga (Prentice, 2003) Na contração excêntrica, a carga é maior do que a força muscular produzida, o músculo resiste ao estiramento e se alonga enquanto produz tensão (Prentice, 2003). Assim, ao atingir a amplitude de 0° de extensão do joelho, o aparelho oferece uma resistência no sentido contrário ao teste; o indivíduo tenta vencer essa resistência, fazendo uma extensão, porém o aparelho movimentará no sentido da flexão. Como está fazendo um movimento de extensão e o dinamômetro oferece resistência contrária a esse movimento no sentido da flexão, a contração excêntrica de extensores do joelho é avaliada.

Após a familiarização e certificação da compreensão das orientações para realização do teste, um tempo de repouso de um minuto foi permitido, seguido de cinco repetições contínuas para obtenção de medidas. O encorajamento verbal padronizado e constante foi realizado durante os

testes para que as voluntárias realizassem o máximo de força durante as contrações.

Visando minimizar os efeitos da fadiga ou possíveis dores que poderiam ser geradas pela contração excêntrica, os movimentos de teste foram realizados em duas sessões diferentes, com pelo menos um e no máximo dois dias de intervalo. Para a primeira sessão, foi padronizado o modo concêntrico/excêntrico de extensão do joelho, seguido do teste de extensão do tronco. Na segunda sessão, houve a complementação dos testes, com o modo concêntrico/excêntrico de flexão do joelho, seguido do teste de flexão do tronco.

Para este trabalho, apenas as variáveis concêntricas dos movimentos de flexão e extensão de joelho dominante e tronco serão consideradas. Os dados foram gerados pelo software do programa ao final das avaliações (Biodex Medical Systems Inc, New York, USA) e as variáveis de desempenho muscular analisadas neste estudo foram o torque máximo absoluto (TM) em Newton vezes metro (N.m), o torque máximo corrigido pelo peso corporal (TM/PC) em Newton vezes metro dividido por quilograma (N.m/kg), o trabalho na repetição máxima (TRM) em Joules (J), o trabalho na repetição máxima corrigido pelo peso corporal (TRM/PC) em Joules dividido por quilograma (J/kg) e o trabalho total (TT) em Joules (J).

3.3 Análise estatística

Todas as variáveis apresentaram aderência à distribuição normal pelo teste de Kolmogorov Smirnov, sendo utilizados testes paramétricos na análise.

Os dados foram analisados pelo teste t de Student para avaliar as diferenças entre o GAF e GC. Os resultados são apresentados na forma de média e desvio padrão e também como percentual e percentual de diferença entre os grupos.

Apenas para as atletas foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r) para determinar quais variáveis antropométricas, de composição corporal e de força muscular isocinética estavam relacionadas aos valores de DMO e CMO.

As medidas de desempenho muscular que apresentaram correlações estatisticamente significantes foram submetidas à regressão linear simples (R^2), visando estabelecer o percentual de contribuição das variáveis de força muscular isocinética concêntrica na aquisição da massa óssea.

Os testes foram realizados ao nível de significância de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando a versão 13.0 do programa SPSS Windows (SSPS, Chigaco, IL, USA).

4. RESULTADOS

A distribuição das variáveis idade, etnia, peso, altura, IMC e ingestão de cálcio foram similares nos grupos ($p > 0,05$), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Dados antropométricos e características do grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e do grupo controle (GC). Valores expressos em média (desvio padrão), percentual e percentual de diferença entre os grupos (% Dif).

	Atletas de futebol GAF	Controles GC	% Dif
Idade (anos)	15,95 (1,65)	16,75 (2,07)	-4,7
Idade da menarca (anos)	12,91 (1,63)*	11,85 (1,39)	8,9
Etnia Caucasiana (%)	77,27	75	3
Peso (kg)	57,18 (8,39)	59,45 (11,17)	-3,8
Altura (m)	1,61 (0,07)	1,58 (0,06)	1,8
IMC (kg/m^2)	22,02 (2,15)	23,62 (3,75)	-6,7
Ingestão de cálcio (mg/dia)	631,5 (177,1)	679,75 (297,4)	-7

IMC: índice de massa corporal

* $p < 0,05$

O GAF apresentou maior percentual de massa magra e menor percentual de gordura corporal comparado ao GC. Para os valores de massa óssea, todas as regiões submetidas ao estresse durante o exercício físico apresentaram valores significativamente superiores da DMO e do CMO no GAF, quando comparado ao GC. Esses dados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores da composição corporal, do conteúdo mineral ósseo (CMO) e da densidade mineral óssea (DMO) de corpo total, tronco, coluna lombar (L1-L4), fêmur total dominante, colo femoral dominante, membro inferior dominante e cabeça no grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e no grupo controle (GC). Valores expressos em média (desvio padrão), percentual e percentual de diferença entre os grupos (% Dif).

	Atletas de futebol GAF	Controles GC	% Dif
Gordura total (%)	23,7 (3,67)	29,94 (5,75)**	-20,8
Massa magra total (%)	72,45 (3,52)**	66,75 (5,45)	8,5
Massa magra do tronco (%)	77,99 (4,02)*	72,29 (6,9)	7,8
Massa magra do Mb Inferior dominante (%)	67,4 (4,26)**	61,2 (5,18)	10,1
Massa óssea			
CMO (g)			
Corpo total	2199,9 (390,8)*	1947,1 (289,5)	12,9
Tronco	627,06 (130,2)*	517,81 (89,21)	21
Coluna lombar (L1-L4)	60,93 (14,92)*	52,05 (9,97)	17
Fêmur total dominante	34,43 (4,22)*	29,12 (4,89)	18,2
Colo femoral dominante	4,75 (0,71)**	3,87 (0,52)	22,7
Mb Inferior dominante	423,3 (70,32)*	349,99 (58,01)	20,9
Cabeça	428,03 (91,65)	463,68 (68,3)	-7,6
DMO (g/cm²)			
Corpo total	1,12 (0,11)*	1,04 (0,07)	7,6
Coluna lombar (L1-L4)	1,05 (0,16)*	0,95 (0,11)	10,5
Fêmur total dominante	1,08 (0,12)*	0,96 (0,08)	12,5
Colo femoral dominante	0,98 (0,12)**	0,84 (0,10)	16,6
Membro inferior dominante	1,16 (0,09)**	1,05 (0,07)	10,4
Cabeça	1,93 (0,34)	2,01 (0,25)	-3,9

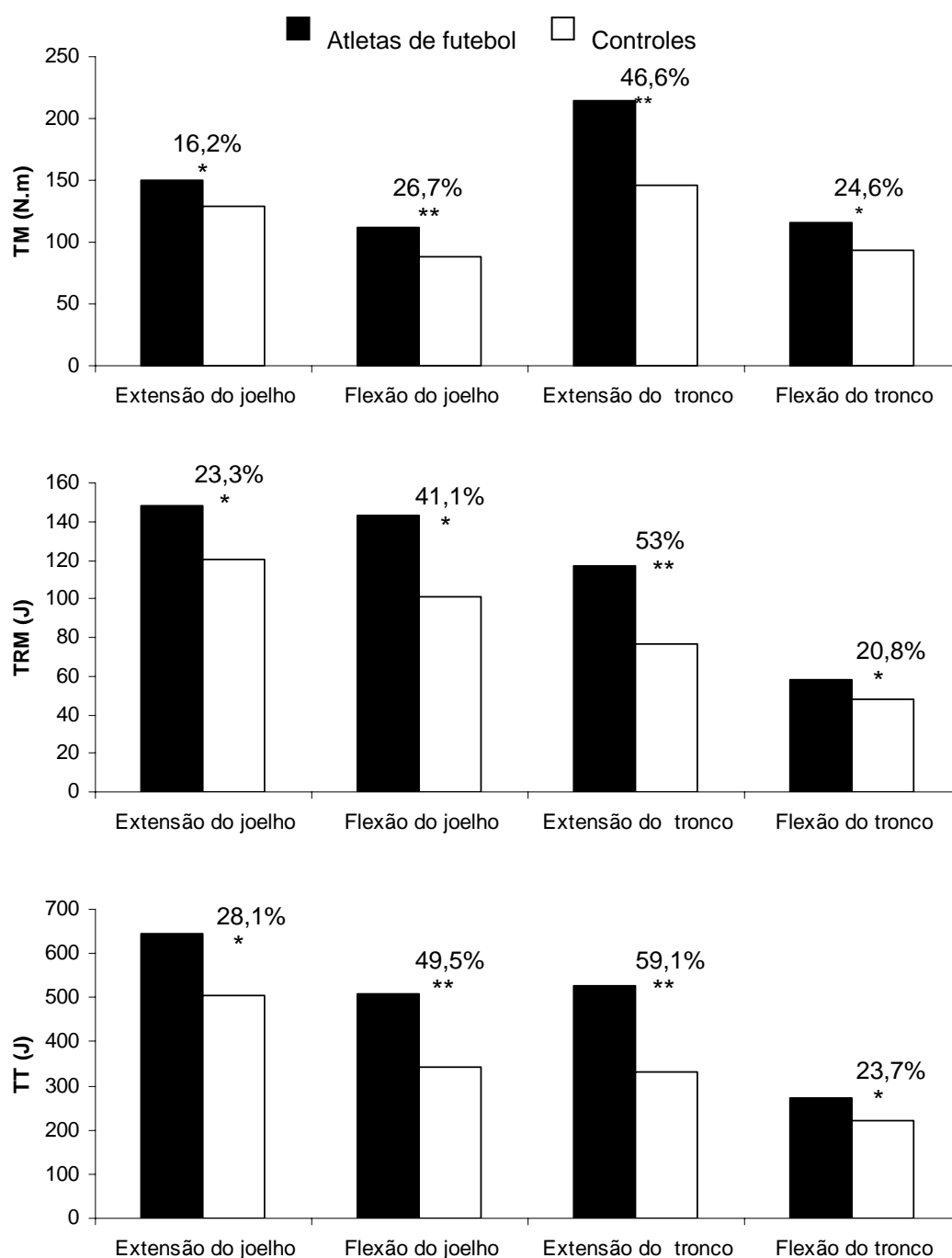
Mb Inferior: membro inferior

* p < 0,05

** p < 0,001

A figura 1 representa a força muscular isocinética concêntrica dos flexores e extensores de joelho dominante e tronco nos grupos do estudo.

Figura 1 – Diferenças percentuais entre os grupos no torque máximo (TM), trabalho na repetição máxima (TRM) e trabalho total (TT) da força muscular isocinética concêntrica nos movimentos de flexão e extensão de joelho dominante e tronco. * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$



Em todas as variáveis analisadas, a força muscular isocinética concêntrica de flexores e extensores de joelho dominante e tronco apresentaram valores significativamente superiores no GAF, quando comparado ao GC. Quando essas variáveis absolutas foram relacionadas ao peso corporal (TM/PC e TRM/PC), as diferenças percentuais entre os grupos foram ainda maiores (Tabela 3).

Tabela 3 – Torque máximo corrigido pelo peso corporal (TM/PC, em N.m/kg) e trabalho na repetição máxima corrigido pelo peso corporal (TRM/PC, em J/kg) da força muscular isocinética concêntrica nos movimentos de flexão e extensão de joelho dominante e tronco no grupo de atletas de futebol feminino (GAF) e controles (GC). Valores expressos média (desvio padrão) e percentual de diferença entre os grupos (% Dif).

	Atletas de futebol GAF	Controles GC	% Dif
TM/PC			
Extensão de joelho	267,85 (41,58)**	224,01 (32,33)	19,5
Flexão do joelho	199,47 (24,79)**	151,25 (24,93)	31,8
Extensão do tronco	381,86 (76,23)**	248,11 (90,33)	53,9
Flexão do tronco	215,87 (44,51)**	157,31 (35,88)	37,2
TRM/PC			
Extensão de joelho	263,92 (43,23)**	208,52 (32,65)	26,5
Flexão do joelho	261,58 (86,75)**	176,23 (69,85)	48,4
Extensão do tronco	208,89 (41,83)**	130,41 (46,92)	60,1
Flexão do tronco	102,75 (17,21)**	80,81 (17,59)	27,1

** p < 0,001

A análise de correlação foi realizada apenas para o GAF, sendo encontradas correlações positivas do CMO e DMO com os dados antropométricos e de composição corporal. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o conteúdo mineral ósseo (CMO) ou a densidade mineral óssea (DMO) e os dados antropométricos e de composição corporal no grupo de atletas de futebol feminino (GAF).

Atletas de futebol GAF	Idade	Altura	Peso	IMC	Massa Gorda Total	Massa magra		
						Total	Tronco	Mb Inferior
CMO								
Corpo total	0,44*	0,65*	0,82**	0,67**	0,61**	0,83**	0,84**	0,76**
Tronco	-	0,63**	0,78**	0,64**	0,57**	0,80**	0,82**	0,72**
L1-L4	-	0,65**	0,72**	0,54**	0,49*	0,76**	0,77**	0,69**
Fêmur Total	0,53**	0,64**	0,78**	0,63**	0,53*	0,81**	0,78**	0,76**
Colo femoral	0,45*	0,57	0,71**	0,59**	0,51*	0,71**	0,69**	0,67**
Mb Inferior	-	0,77**	0,89**	0,68**	0,69**	0,89**	0,88**	0,85**
DMO								
Corpo Total	0,52*	-	0,58**	0,58**	0,42*	0,59**	0,61**	0,51**
L1-L4	-	-	0,59**	0,52*	-	0,60**	0,61**	0,55**
Fêmur Total	-	-	0,50*	0,49*	-	0,45*	0,46*	-
Colo femoral	-	-	0,55**	0,54**	0,44*	0,50*	0,51*	-
Mb Inferior	-	0,45*	0,69**	0,64**	0,58**	0,64**	0,66**	0,58**

Mb Inferior: membro inferior

IMC: índice de massa corporal

* $p < 0,05$

** $p < 0,001$

O CMO e a DMO de todas as regiões avaliadas apresentaram correlações positivas com o peso, IMC, massa magra total e do tronco. A altura, massa gorda e massa magra do membro inferior dominante também demonstraram correlações positivas com o CMO de todos os locais considerados no estudo.

As variáveis isocinéticas de tronco e joelho dominante correlacionadas com o CMO de suas regiões específicas estão na tabela 5. Como nenhuma variável isocinética corrigida pelo peso corporal correlacionou-se com o CMO, somente as variáveis absolutas constam na tabela.

Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) e de regressão linear simples (R^2) em atletas de futebol feminino. O conteúdo mineral ósseo (CMO) das regiões correspondentes aos grupos musculares avaliados isocineticamente foi correlacionado com o torque máximo (TM), trabalho na repetição máxima (TRM) e trabalho total (TT) dos flexores e extensores concêntricos do tronco ou joelho dominante.

	Corpo total		Tronco		L1-L4	
	r	R^2	r	R^2	r	R^2
Tronco						
TM extensão	-	-	-	-	-	-
TRM extensão	-	-	-	-	-	-
TT extensão	-	-	-	-	-	-
TM flexão	0,438*	0,191	-	-	-	-
TRM flexão	0,576**	0,331	0,525*	0,276	-	-
TT flexão	0,568**	0,322	0,513*	0,263	-	-
	Fêmur total		Colo femoral		Membro Inferior	
	r	R^2	r	R^2	r	R^2
Joelho						
TM extensão	0,608*	0,370	0,490*	0,240	0,625*	0,390
TRM extensão	0,577*	0,333	0,461*	0,213	0,556*	0,309
TT extensão	0,513*	0,263	-	-	0,469*	0,220
TM flexão	0,645**	0,416	0,488*	0,239	0,546*	0,298
TRM flexão	-	-	-	-	-	-
TT flexão	-	-	-	-	-	-

* $p < 0,05$

** $p < 0,001$

Todas as variáveis isocinéticas de força de flexão do tronco correlacionaram-se positivamente com o CMO do corpo total e do tronco. A exceção foi para o TM flexor e o CMO do tronco.

Para a região da coluna lombar (L1-L4), não houve correlação entre o CMO e nenhuma variável isocinética de força do tronco considerada em nosso estudo.

O CMO do fêmur total e do membro inferior dominante demonstrou correlações positivas com todas as variáveis de força isocinética concêntrica de extensão do joelho. O CMO do colo femoral também se correlacionou com o TM e TRM dos extensores, porém não com a variável TT.

Por terem forças de associação que variaram da intensidade baixa à moderada, a regressão linear simples (R^2) apresentou índices inferiores a 40%. Assim, por exemplo, variáveis de desempenho máximo em uma repetição como o TM e TRM dos extensores do joelho foram responsáveis por 30 a 39% da variação do CMO do fêmur e membro inferior dominante.

Ao correlacionar a DMO das regiões analisadas e as variáveis de desempenho muscular isocinético, nenhuma correlação estatisticamente significativa foi encontrada.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstra que as atletas apresentam maiores valores de massa óssea, massa muscular e um melhor desempenho muscular isocinético concêntrico de tronco e joelho dominante em relação a controles sedentários. Esses achados são similares a previamente descritos em estudos anteriores (Alfredson et al., 1996; Soderman et al., 2000; Pettersson et al., 2000; Helge e Kanstrup, 2002).

Para estabelecer a correlação entre a massa óssea e as demais variáveis do GAF, além da DMO, o estudo analisou o CMO das regiões. A massa óssea do GAF apresentou associações positivas com variáveis antropométricas como o peso e a massa magra total e regional. Já com a força isocinética concêntrica, apenas o CMO de sítios específicos correlacionou-se positivamente com a força muscular local.

As diferenças da massa óssea entre os grupos foram superiores para o GAF, com diferenças percentuais de 7-14% para a DMO e 11-18% para o CMO, sendo o colo femoral dominante particularmente sensível ao estresse mecânico. Estudos prévios também demonstraram que atletas de futebol apresentam a DMO de corpo total, coluna lombar e membro inferior dominante significativamente superiores a controles (Alfredson et al., 1996; Duppe et al., 1996; Soderman et al., 2000), porém não mencionam os valores do CMO. Os ganhos em DMO e CMO são fundamentais, pois a aquisição de um pico de massa óssea máximo, durante as fases de crescimento, é fundamental para a saúde óssea (Kohrt et al., 2004). Além do ganho mineral, existe a possibilidade de melhora na qualidade óssea em termos de resistência, distribuição e quantidade de trabéculas no tecido

ósseo. Tais características não são mensuráveis pelo DXA e podem aumentar a força óssea, o que reduziria a incidência de fraturas futuramente (Valdimarsson et al., 2005b).

Essa associação entre uma melhor massa óssea e a prática de exercícios pode também estar relacionada a uma seleção natural. O esporte pode ser escolhido por mulheres que são geneticamente mais fortes que suas sedentárias de referência, apresentando maior massa muscular, CMO e DMO (Valdimarsson et al., 2005a). Na tentativa de limitar a influência dessa seleção natural, o GC selecionado foi pareado por idade, raça, altura e peso com o GAF, não apresentando diferenças também para a ingestão média diária de cálcio.

Pelo histórico de ciclos menstruais regulares, houve a avaliação indireta da presença de deficiências hormonais que influenciariam negativamente a aquisição da massa óssea (Nichols et al., 2007). No nosso estudo, o GC apresentou uma menarca mais precoce que o GAF. Mesmo assim, com menos tempo de exposição ao estrógeno, o GAF apresentou DMO e CMO maiores que o GC.

Não houve uma diferença significativa entre os grupos quanto a DMO e o CMO da cabeça, uma região que tem sido proposta como avaliação do componente hereditário da massa óssea, já que é pouca influenciada por fatores ambientais e não submetida ao impacto durante os exercícios (Valdimarsson et al., 2005a).

A massa óssea aumentada nas atletas apresentou correlações positivas com as variáveis antropométricas. Os valores de correlação mais

altos ocorreram entre o CMO e a variável peso, massa magra total, do tronco e do membro inferior. Apoiando esse achado, estudos prévios demonstram uma associação entre a composição corporal e a massa óssea, porém a mesma foi representada exclusivamente pela DMO (Witzke e Snow, 1999; Pettersson et al., 2000; Soderman et al., 2000; Duncan et al., 2002; Vicente-Rodríguez et al., 2004).

Contrastando com o estudo de Helge e Kanstrup (2002) em ginastas, no presente trabalho não foram encontradas associações entre a DMO e a força isocinética de flexores e extensores do tronco. Contudo, essas associações ocorreram entre o CMO do corpo total e do tronco e as variáveis selecionadas de força isocinética de flexão do tronco.

Se considerássemos para análise apenas a variável isocinética TM, é interessante observar que o CMO do tronco não apresentaria correlação com a força isocinética de flexão do tronco. Esse achado demonstra a necessidade de que os estudos analisem os outros parâmetros disponibilizados pelo teste isocinético, na tentativa de explorar melhor a condição muscular e suas associações.

Uma vez que a avaliação isocinética exige o desempenho do tronco como um todo e não apenas da região lombar, a inexistência de correlação entre o CMO de coluna lombar (L1-L4) e a força isocinética é um resultado esperado. Além das associações de força do tronco serem com o CMO dos sítios específicos, os resultados do estudo diferem também dos achados de Helge e Kanstrup (2002) na força da associação dessa relação. Uma das explicações é a especificidade do treinamento e do gesto esportivo. Na

ginástica, as forças de reação do solo são próximas a dez vezes o peso corporal e há grande solicitação das forças musculares do tronco (Helge e Kanstrup, 2002).

No futebol, as forças de reação são na magnitude de três a seis vezes o peso corporal e a solicitação das forças do tronco não é tão evidente (Pettersson et al., 2000). Isso pode ser comprovado pelo fato de a maioria dos estudos de análise dos movimentos do futebol negligenciarem sua existência. Analisando o principal fundamento do futebol, há uma fase inicial de preparo no chute, com extensão da coluna lombar, do quadril e a flexão do joelho; seguida por uma fase de contato com a bola com leve flexão da coluna lombar, do quadril e extensão do joelho. A fase final do movimento ocorre após o contato com a bola, necessitando de hiperflexão da coluna lombar, flexão do quadril e extensão do joelho (Rassi et al., 2005). Assim, o chute é uma atividade de impacto com todas as fases, requerendo amplitude de movimento e força da coluna lombar, quadril e joelho.

Como em estudos prévios com atletas de futebol feminino, este estudo também não demonstrou associação entre as variáveis de força isocinética do joelho e a DMO da região do quadril e do membro inferior dominante (Alfredson et al., 1996; Soderman et al., 2000). Porém, a força isocinética extensora do joelho dominante correlacionou-se de forma positiva com o CMO do membro inferior dominante, fêmur total e de forma mais fraca com o colo femoral. Apesar do TM flexor do joelho também ter se associado positivamente com o CMO dessas regiões, isso não ocorreu para as demais variáveis isocinéticas analisadas.

Essa associação entre o CMO e a força isocinética ainda não foi relatada em estudos anteriores com atletas femininas. Existem trabalhos associando tal variável ao desenvolvimento da massa muscular (Vicente-Rodríguez et al., 2005) e também utilizando-a como variável resposta às intervenções medicamentosas em estudos prospectivos de adolescentes (Lilleby et al., 2005; Rauch et al., 2007).

Apesar da pequena magnitude na associação do efeito da força muscular na aquisição da massa óssea demonstrada pela regressão linear, é importante salientar alguns cuidados ao interpretar os resultados. Por ser um estudo transversal, ele retrata a relação entre variáveis no momento de coleta e fatores não-controlados podem ter influenciado a relação, incluindo a predisposição genética, o estilo de vida e os hormônios. É possível que outras variáveis de desempenho muscular possam ter uma associação mais forte com a massa óssea, incluindo a potência e a resistência musculares avaliadas por testes mais funcionais de desempenho ou pela dinamometria isocinética.

Como a capacidade máxima de desenvolver força em um músculo é observada durante uma contração excêntrica (De Ste Croix et al., 2003), também seria importante verificar se existe uma melhor associação desse tipo de contração muscular com a massa óssea.

Em resumo, este estudo demonstrou que atletas de futebol feminino apresentam maiores valores da massa óssea e melhor desempenho muscular de tronco e joelho em relação a controles sedentárias. As variáveis antropométricas apresentaram associações tanto com o CMO como a DMO.

Já o desempenho da força isocinética das atletas não apresentou correlação com a DMO, mas sim com o CMO dos sítios específicos.

6. CONCLUSÃO

Os achados de correlação positiva da massa magra em sítios ósseos específicos reforçam a contribuição benéfica da massa muscular na aquisição da massa óssea (CMO e DMO).

A força muscular teve uma contribuição positiva na aquisição do CMO dos sítios específicos.

Esses resultados de correlação positiva entre a força e a quantidade mineral óssea de sítios específicos provêm evidências adicionais de um papel da força muscular na aquisição da massa óssea regional.

7. ANEXOS

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa; 2. procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais; 3. desconfortos e riscos esperados; 4. benefícios que poderão ser obtidos; 5. procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo

O futebol é um esporte que exige de você desde uma caminhada até corrida em alta velocidade, mudanças de direção e paradas rápidas, além de força dos músculos para os movimentos de passe e chute. Esse tipo de atividade física aumenta a massa dos ossos, o que pode reduzir seu risco futuro de osteoporose. A relação entre a força de um músculo e a massa de um osso ainda é pouco examinada em atletas de futebol feminino. Este trabalho vai avaliar em atletas de futebol feminino, como você, a relação entre a força muscular de joelho e tronco com a massa óssea desses locais.

Para a realização deste trabalho, você será avaliada por uma entrevista com dados pessoais, história de saúde física atual e anterior, nível de atividade esportiva, história de lesões e cirurgias. Você também será submetida a um exame físico verificando altura e peso, exame dos movimentos, além de exame ortopédico e testes especiais para determinação de possíveis alterações em membros inferiores e coluna não detectados anteriormente. Posteriormente, será realizada a densitometria óssea, um exame que avalia a massa dos ossos. Neste equipamento, você permanecerá deitada numa maca para o exame que dura cerca de 10 minutos. A seguir, você fará uma avaliação dos músculos do joelho e da coluna através de um equipamento de avaliação muscular isocinética. Este equipamento computadorizado pode ser comparado a um equipamento de musculação, e ele determinará se existem diferenças de força nestes locais.

Não existe nenhum risco nem desconforto durante a realização do exame físico. Na densitometria óssea não existe desconforto, porém você receberá uma pequena dose de radiação (inferior a de um raio X). Caso você esteja grávida ou com suspeita de gravidez, este exame não deve ser realizado, porque pode prejudicar o bebê que está se formando. Durante o teste muscular, poderá ocorrer cansaço ou dor leve, mas você poderá interrompê-lo a qualquer momento, sem maiores danos. No dia seguinte a essa avaliação muscular, poderá ocorrer dor leve nas pernas ou no tronco, que são solucionadas com repouso do seu treinamento físico. Essas orientações serão seguidas pela comissão técnica de sua equipe.

Você será avaliada e determinaremos possíveis alterações na coluna e joelho que possam estar limitando seu desempenho esportivo, bem como predispondo a lesões. A partir do reconhecimento de suas alterações, você receberá orientações individuais para a melhoria e correção das mesmas.

Durante todo o período do trabalho, você será acompanhada por profissionais da medicina, fisioterapia e educação física, e qualquer sintoma ou mudança na sua condição poderá ser avaliado e tratado de forma adequada.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA CONSIGNANDO:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas. 2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência. 3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade. 4. disponibilidade de assistência no HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa. 5. viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas quanto aos procedimentos, riscos e

benefícios da pesquisa. Para saber sobre questões referentes a seus direitos como indivíduo do estudo, entre em contato com a Comissão de Ética do Hospital das Clínicas, no telefone 3069-6442. Para qualquer pergunta sobre o estudo, entre em contato com a fisioterapeuta Michele Forgiarini Saccol no telefone 9944-3700.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade da assistência.

Os dados coletados no estudo serão analisados apenas pelos pesquisadores responsáveis, sendo garantida a confidencialidade, sigilo e privacidade. Você tem o direito de ser mantido atualizado sobre os seus resultados.

Caso ocorram danos eventuais à saúde, decorrentes das avaliações realizadas pela pesquisa, você terá disponibilidade de assistência no Ambulatório de Medicina Esportiva da Disciplina de Reumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação ou indenização por eventuais danos à saúde.

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Dra Fernanda Rodrigues Lima - Médica responsável pelo atendimento ambulatorial

Michele Forgiarini Saccol - Profissional de fisioterapia responsável pelas avaliações do programa de exercício

R.Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 255, 5º andar - Ambulatório de Reumatologia

Fone: 3069-6384 / Cel: 9944-3700

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, de de 200 .

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome Legível)



APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 14.12.05, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 1199/05, intitulado: "Correção entre torque e resistência muscular isocinética de tronco e joelho com a densidade mineral óssea em atletas femininas de futebol," apresentado pelo Departamento de CLÍNICA MÉDICA, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX, 2, letra "c")

Pesquisador(a) Responsável: Dra. Fernanda Rodrigues Lima

Pesquisador (a) Executante: Sra. Michele Forgiarini Saccol

A Rumatologia

20.01.06
Carvalho
ANDREA RIBEIRO DOS SANTOS
Secretaria do Departamento de Clínica Médica - HC

CAPPesq, 14 de Dezembro de 2005.

Euclides Ayres de Castilho
PROF. DR. EUCLIDES AYRES DE CASTILHO
Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

8. REFERÊNCIAS

Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R. Total and regional bone mass in female soccer players. *Calcif Tissue Int.* 1996; 59:438–42.

Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R. Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcif Tissue Int.* 1997; 60: 338-42.

Andersson E, Sward L, Thorstensson A. Trunk muscle strength in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20:587-93.

Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: Core concepts and current literature, part 1. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005; 84:473-80.

Bayramoglu M, Sözü S, Karatas M. Relationships between muscle strength and bone mineral density of three body regions in sedentary postmenopausal women. *Rheumatol Int.* 2005; 25: 513-17.

Bonjour JP, Chevalley T, Rizzoli R, Ferrari S. Gene-Environment Interactions in the Skeletal Response to Nutrition and Exercise during Growth. *Med Sport Sci.* 2007; 51:64-80.

Burke DT, Barfoot K, Bryant S, Schneider JC, Kim HJ, Levin G. Effect of implementation of safety measures in tae kwon do competition. *Br J Sports Med.* 2003; 37:401-4.

Burnett CN, Betts EF, King WM. Reliability of isokinetic measurements of hip muscle torque in young boys. *Phys Ther.* 1990; 70: 244-9.

Calbet JA, Dorado C, Diaz-Herrera P, Rodriguez-Rodriguez LP. High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33:1682-7.

Cater DR, Van Der Meunlen MCH, Beaupre GS. Mechanical factors in bone growth and development. *Bone*. 1996; 18:5S-10S.

Chad KE, Bailey DA, McKay HA, Zello GA, Snyder RE. The effect of a weight-bearing physical activity program on bone mineral content and estimated volumetric density in children with spastic cerebral palsy. *J Pediatr*. 1999; 135: 115-7.

Daly RM, Saxon L, Turner CH, Robling AG, Bass SL. The relationship between muscle size and bone geometry during growth and in response to exercise. *Bone*. 2004; 34:281-7.

De Ste Croix MBA, Deighan MA, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med*. 2003; 33:727-43.

Dörge HC, Andersen TB, Sørensen H, Simonsen EB, Aagaard H, Dyhre-Poulsen P, Klausen K. EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scand J Med Sci Sports*. 1999; 9:195-200.

Duncan CS, Blimkie CJR, Cowell CT, Burke ST, Briody JN, Howman-Giles R. Bone mineral density (BMD) in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34: 286-94.

Duppe H, Gardsell P, Johnell O, Ornstein E. Bone mineral density in female junior, senior and former football players. *Osteoporos Int*. 1996; 6:437-41.

Dvir Z. Isocinética: avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas. São Paulo: Manole, 2002.

Dvir Z, Keating JL. Trunk extension effort in patients with chronic low back dysfunction. *Spine*. 2003; 28:685-92.

Dvorak J, Junge A, Graf-Baumann T, Peterson L. Football is the most popular sport worldwide. *Am J Sports Med.* 2004; 32:3S-4S.

Ellebecker TS, Roetert EP. An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36:1959-63.

Emery CA, Maitland ME, Meeuwisse WH. Test-retest reliability of isokinetic hip adductor and flexor muscle strength. *Clin J Sport Med.* 1999; 9:79-85.

Ergun M, Islegen C, Taskiran E. A cross sectional analysis of saggital knee laxity and isokinetic muscle strength in soccer players. *Int J Sports Med.* 2004; 25: 594-8.

Fried T, Lloyd GJ. An overview of common soccer injuries. Management and prevention. *Sports Med.* 1992; 14:269-75

Ginty F, Rennie KL, Mills L, Stear S, Jones S, Prentice A. Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. *Bone.* 2005; 36: 101-10.

Greene DA, Naughton GA, Briody JN, Kemp A, Woodhead H, Corrigan L. Bone strength index in adolescent girls: does physical activity make a difference? *Br J Sports Med.* 2005; 39: 622-27.

Heinonen A, Sievanen H, Kannus P, Oja P, Pasanen M, Vuori I. High impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int.* 2000;11:1010– 7.

Helge EW, Kanstrup I. Bone density in female elite gymnasts: impact of muscle strength and sex hormones. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 174-80.

Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sport Sci.* 2004; 36:1985-96.

Kontulainen SA, Kannus PA, Pasanen ME, Sievanen HT, Heinonen AO, Oja P, Vuori I. Does previous participation in high-impact training result in residual bone gain in growing girls? One year follow-up of a 9-month jumping intervention. *Int J Sports Med.* 2002; 23:575-81.

Kritz-Silvestein D, Barret-Connor E. Grip strength and bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res.* 1994; 9:45-51.

Lees A, Nolan L. The biomechanics of soccer: A review. *J Sports Sci.* 1998; 16:211-234.

Lilleby V, Lien G, Frey Frosli K, Haugen M, Flato B, Forre O. Frequency of osteopenia in children and young adults with childhood-onset systemic lupus erythematosus. *Arthritis Rheum.* 2005; 52:2051-9.

Madsen KL, Adams WC, Van Loan MD. Effects of physical activity, body weight and composition, and muscular strength on bone density in young women. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 114-20.

McGuigan FEA, Murray L, Gallagher A, Davey-Smith G, Neville CE, Hof RV, Boreham C, Ralston SH. Genetic and Environmental Determinants of Peak Bone Mass in young men and women. *J Bone Miner Res* 2002; 17:1273–9.

Nichols JF, Rauh MJ, Barrack MT, Barkai HS. Bone mineral density in female high school athletes: interactions of menstrual function and type of mechanical loading. *Bone.* 2007; 41: 371-7.

Nicholas SJ, Tyler TF. Adductor muscle strains in sport. *Sports Med.* 2002; 32: 339-44.

Perrin DH. *Isokinetic Exercise and Assessment*. Champaign: Human Kinetics, 1993.

Pettersson U, Nordström P, Alfredson H, Henriksson-Larsén K, Lorentzon R. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int.* 2000; 67: 207-14.

Prentice WE. Resistência (endurance) deficiente: manutenção da capacidade aeróbia e da resistência. In: Prentice WE, Voight ML. *Técnicas em reabilitação musculoesquelética*. Porto Alegre: Artmed, 2003. p.75-82.

Rassi GE, Takemitsu M, Woratanarat P, Shah SA. Lumbar spondylolysis in pediatric and adolescent soccer players. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 1688-93.

Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R. The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. *Bone.* 2004; 34:771-5.

Rauch F, Cornibert S, Cheung M, Glorieux FH. Long-bone changes after pamidronate discontinuation in children and adolescents with osteogenesis imperfecta. *Bone.* 2007; 40: 821-7.

Schoenau E, Frost HM. The muscle-bone unit in children and adolescents. *Calcif Tissue Int.* 2002; 70:405-7.

Snow-Harter C, Bouxsein M, Lewis B, Charette S, Weinstein P, Marcus R. Muscle strength as a predictor of bone mineral density in young women. *J Bone Miner Res.* 1990; 5:589-95.

Soderman K, Bergstrom E, Lorentzon R, Alfredson H. Bone mass and muscle strength in young female soccer players. *Calcif Tissue Int.* 2000; 67: 297-303.

Valdimarsson Ö, Sigurdsson G, Steingrimsdóttir L, Karlsson MK. Physical activity in the post-pubertal period is associated with maintenance of pre-pubertal high bone density – a 5-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports.* 2005a; 15:280-6.

Valdimarsson O, Alborg HG, Düppe H, Nyquist F, Karlsson M. Reduced training is associated with increased loss of BMD. *J Bone Miner Res.* 2005b; 20:906-12.

Vicente-Rodríguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JAL. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone.* 2004; 35: 1208– 15.

Vicente-Rodríguez G, Ara I, Perez-Gomez J, Dorado C, Calbet JAL. Muscular development and physical activity are major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med.* 2005; 39:611-6.

Vicente-Rodríguez G. How does exercise affect bone development during growth? *Sports Med.* 2006; 36:561-9.

Williams CA, Singh M. Dynamic trunk strength of Canadian football players, soccer players, and middle to long distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997; 25: 271-6.

Witzke KA, Snow CM. Lean body mass and leg power best predict bone mineral density in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31:1558-63.

Young D, Hopper JL, Macinnis RJ, Nowson CA, Hoang NH, Wark JD. Changes in body composition as determinants of longitudinal changes in bone mineral measures in 8 to 26-year-old female twins. *Osteoporos Int.* 2001; 12:506-15.

APÊNDICE

De:  bjsm@bmjgroup.com
Para: Michele Forgiarini Saccol
Cc:
Assunto: BJSM/2007/043109 - Manuscript Submission

Enviada em: qua 12/09/2007 07:22

MS ID#: BJSM/2007/043109
MS TITLE: Contributions of knee and trunk isokinetic muscular strength to bone mass acquisition in female soccer players

Dear Michele Forgiarini Saccol,

BJSM has an electronic submission system. Your manuscript has now been entered on this system. This is an automatic message acknowledging your online submission to BJSM.

Thank you for submitting your work to The British Journal of Sports Medicine.

Yours sincerely,
Dr. Paul McCrory
Editor

The BMJ Group is one of the world's most trusted providers of medical information for doctors, researchers, health care workers and patients www.bmjgroup.bmj.com. This email and any attachments are confidential. If you have received this email in error, please delete it and kindly notify us. The recipient should check this email and attachments for viruses because the BMJ Group accepts no liability for any damage caused by viruses. Emails sent or received by the BMJ Group may be monitored for size, traffic, distribution and content. BMJ Publishing Group Limited trading as BMJ Group. A private limited company, registered in England and Wales under registration number 03102371. Registered office: BMA House, Tavistock Square, London WC1H 9JR. UK.

BMJ Publishing Group Limited
A private limited company, registered in England and Wales under registered number 03102371
Registered office: BMA House, Tavistock Square, London WC1H 9JR, UK.
<http://bmjgroup.bmj.com>

Contributions of knee and trunk isokinetic muscular strength to bone mass acquisition in female soccer players

Corresponding author: Michele Forgiarini Saccol
Postal address: Faculdade de Medicina da USP
Av. Dr. Arnaldo, 455, 3º andar – sala 3131
Cerqueira César
São Paulo, SP, Brazil; Cep: 01246-903

Email: michelefs@uol.com.br
Telephone: (55) (11) 30617490 – 30617492 - 99443700
Fax number: (55) (11) 30617490

Authors:

1. Michele Forgiarini Saccol, PT – Laboratório de Avaliação e Condicionamento em Reumatologia, Divisão de Reumatologia – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil
2. Natália Cristina Oliveira, PE – Laboratório de Avaliação e Condicionamento em Reumatologia, Divisão de Reumatologia – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil
3. Liliam Takayama, BSc – Laboratório de Metabolismo Ósseo, Divisão de Reumatologia - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil
4. Júlia Maria D'Andréa Greve, MD – Laboratório de Estudos do Movimento Humano, Instituto de Ortopedia e Traumatologia - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil
5. Ana Lúcia de Sá Pinto, MD – Laboratório de Avaliação e Condicionamento em Reumatologia, Divisão de Reumatologia – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil
6. Rosa Maria Rodrigues Pereira, MD - Laboratório de Metabolismo Ósseo, Divisão de Reumatologia - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil
7. Fernanda Rodrigues Lima, MD – Laboratório de Avaliação e Condicionamento em Reumatologia, Divisão de Reumatologia – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil

Key words: muscle strength, isokinetic, torque, bone mass, soccer, women.

Word account – 2948

Abstract

OBJECTIVE: to analyze the contribution of isokinetic muscular strength of dominant knee and trunk in the acquisition of bone mass in these respective regions in female soccer players.

METHODS: twenty-two athletes were compared with 20 matched-controls. The bone mineral content (BMC) and bone mineral density (BMD) were evaluated in whole body, lumbar spine, trunk and dominant leg and hip with the pediatric software of Hologic QDR (Discovery model, Bedford, MA, USA). The dominant knee and trunk flexors and extensors isokinetic strength were evaluated at 60°/s with 5 repetitions and concentric mode (Biodex Multi-joint System 3, Shirley, NY, USA). The variables peak torque, maximal repetition total work and total work were recorded. Statistical analysis was performed using Student t-test and Pearson's correlation.

RESULTS: groups were similar regarding age, weight, height and calcium intake ($p > 0.05$). However, compared to controls, athletes presents significantly higher percentage of lean body mass, lower percentage of body fat and higher values of bone mass (BMC, BMD) and dominant knee and trunk concentric flexors and extensors strength ($p < 0.05$ e $p < 0.001$). Correlation analyses were made only for female soccer group, and all strength variables of trunk flexors were positive correlated with BMC of whole body and trunk, so as knee dominant extensors with BMC of hip and dominant leg.

CONCLUSION: muscular strength exerted a positive contribution to BMC acquisition in specific sites. These results of positive correlation between force and bone mineral quantity give us further evidences of muscle strength role in the acquisition of regional bone mass.

Introduction

In healthy individuals, genetic factors are the strongest determinants of maximal bone mass [1], but environmental factors such as nutrition and physical activity are also considered to be a key lifestyle factor.[2] The childhood and the early adult years are periods when the skeleton seems to be most adaptable to environmental factors, and represents a relatively short window of time to maximize peak bone mass.[3] Attaining a maximum peak bone mass is a primary factor associated with reduced risk for osteoporosis later in life.[3]

In terms of physical activity and bone health, sports that require suddenly starts and stops, landing from jumping, and rapid changes in different directions appear to evoke the greatest osteogenic stimulus.[2-4] Soccer has all of these characteristics and it is probably the most commonly played sport throughout the world by youth. Both men and women subjected to soccer exercise during growth and adolescence are reported to have 1-2 standard deviation (SD) higher bone mineral density (BMD) in weight-loaded regions in comparison with controls.[5-7]

Soderman et al [7] compared adolescent female soccer players and sedentary controls. Besides higher values of hip and lumbar spine BMD, authors also found better results of lean body mass and isokinetic knee muscular strength in athletes, adaptations expected with regular sports practice.[3] The lean mass is an equivalent of a segmental muscular mass and studies consistently presents correlations with bone mass. There is a strong positive association between muscular and bone mass during growth.[8-12]

As bone mass correlates with lean tissue mass and muscle strength is proportional to muscle cross sectional area [13], a greater muscle mass may facilitate bone mass accumulation because greater forces are applied in the bone where muscles are attached.[9,12] The functional muscle-bone relation is based on a direct and indirect effect of physical activity in the bone mass acquisition.[9,12,14] Although the skeletal and muscular systems are structurally interdependent, their relation remains unclear.

Previous researches with female athletes from different sports did not demonstrate any correlation between BMD and strength [5,7,15], only a low correlation [16], and combined association with lean mass and height.[17] Limitations of these studies include only BMD variables to correlations and the evaluation of one variable of knee flexors and extensors isokinetic strength. We found only one study also evaluating trunk strength and bone mass in athletes, where BMD was strongly associated to isokinetic maximal flexors and extensors trunk strength.[18]

Since the lumbar spine region is an important site of osteoporosis fracture [3] and that changes in bone mineral content (BMC) represent the total growth effects at physes throughout the skeleton [19], the elimination of these variables in previous researches could influence the deceptive finding that muscle strength does not seem to be important for bone mass acquisition. The aim of this study was to analyze the contribution of isokinetic muscular strength of dominant knee and trunk in the acquisition of bone mass in these respective regions in female soccer players.

Materials and Methods

All subjects agreed to participate in the study on a voluntary basis and their legal guardians signed an informed consent. The Committee on Ethics Research of the University of São Paulo approved all procedures described in this study.

The soccer group (SG) consisted of 22 females (mean age 15.95 ± 1.65 years) that participated in at least 15 h.wk^{-1} of training during the previous year. All of them were active in the highest division of the State and were playing together in the same team for at least one year. These subjects didn't participate in supplemental strength training activities and had participated in soccer training since an average age of 8.72 ± 2.11 years old, and in competitive soccer since 12.54 ± 1.92 years old.

The control group (CG) consisted of 20 females (mean age 16.75 ± 2.07 years) recruited by advertisement at two schools and matched by age, height and weight with soccer players. Controls were not involved in

competitive sport or regular exercise in the last 2 years, except for school physical education.

To take part in the study, all subjects had begun menses and had no current or previous pathology in the knee or trunk. The general exclusion criteria were chronic diseases, current and past smoking, alcoholism, current and past use of oral contraceptives, history of or current status indicating oligomenorrhea or amenorrhea, pregnancy and use of any medication known to affect bone metabolism.

Subjects underwent a physical examination and were interviewed according to a questionnaire that evaluated lifestyle factors, current and past exercise history and dominant lower limb. For both groups, the dominant limb was considered the leg chosen (CG) or preferred (SG) to kick a ball. Calcium intake was calculated from a food frequency questionnaire that was fulfilled during one week prior to the measurement and it is available in the Osteoporosis Society Canada website (www.osteoporosis.ca).

BMD and BMC were measured in both groups by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) using the pediatric software of the Hologic QDR (Discovery model, Hologic, Bedford, MA, USA). The regions analyzed were the whole body, head, lumbar spine, dominant femoral neck, hip and leg. From whole body scan, fat mass and total and regional lean mass were also determined. In our laboratory, the coefficient of variation for repeated measurements is 1.5% for lumbar spine, 1.54% for dominant femur and 0.6% for whole body.

Trunk and knee dominant flexors and extensors isokinetic muscle strength was performed using the Biodex System 3 dynamometer (Multi-joint System 3 Pro; Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA) with knee or trunk attachment on. Before formal testing, all subjects performed warm-up, stretching and exercised on a treadmill for 5 minutes. To measure knee dominant strength, subjects were seated and secured to the chair with straps, the motor axis was aligned with the axis of the knee joint and the range of motion was set at 0° (extension) to 80° (flexion), with correction for gravitational force. For trunk strength measurements, subjects were

positioned in a semi standing position on the Biodex Dual Position Back Extension/Flexion Attachment (slightly bent knee position with 15-20° of knee flexion) with velcro straps fastened over the torso, waist and thigh to isolate back movement. The fixed axis of the machine was aligned with the subject's anterior superior iliac spine and the spinal range of motion was set from 20° (extension) to 20° (flexion). Subjects performed each contraction over a 40° arc of motion, since the performance of gravity correction is not possible.

Before testing each movement, isokinetic testing procedures were explained and subjects were asked to perform two sets of each movement as training. For both joints, a protocol of 60°/s and 5 pairs of continuous concentric contractions were performed, without resting between repetitions. During tests, vocal encouragement was consistent and standardized.

The muscle performance descriptive data analyzed in this study were absolute peak torque (PT) in N.m, peak torque in relation to body weight (PT/BW) in N.m per kg of body mass, maximal repetition total work (MR) in joules, maximal repetition total work relative to body weight (MR/BW) in joules per kg of body mass and total work (TW) in joules. These data were generated using the Biodex System program (Biodex Medical Systems Inc, New York, USA), and comparisons were made across the groups of subjects.

Statistical analysis

After tests for normality (Kolmogorov-Smirnov test), Student's *t*-test between means was used to compare soccer players and controls. For soccer group, bivariate relationships between bone density, isokinetic strength performance and selected descriptive characteristics were determined by correlation analysis (Pearson correlation coefficient). Additionally, linear regression analyses were performed for strength variables that were significantly correlated in the bivariate analysis. A *p* value of <0.05 was considered as a statistically significant difference.

Results

Both groups were similar regarding age, race, height, weight, body mass index and calcium intake (*p*>0.05). Female soccer players had higher

percentage of lean body mass and lower percentage of body fat compared to controls. For bone mineral values, the athletes demonstrated in all loaded sites during exercise significantly higher BMD and BMC compared to control group. All data are summarized in Table 1.

Table 1 Groups characteristic and group differences in percentage (% Dif). Values are given as mean (SD).

	Soccer group	Control Group	% Dif
Age (years)	15.95 (1.65)	16.75 (2.07)	-4.77
Age at menarche (years)	12.91 (1.63) *	11.85 (1.39)	8,9
Caucasian race (%)	77.27	75	3
Height (m)	1.61 (0.07)	1.58 (0.06)	1.86
Weight (kg)	57.18 (8.39)	59.45 (11.17)	-3.81
Body mass index (BMI, kg/m ²)	22.02 (2.15)	23.62 (3.75)	-6.77
Calcium intake (mg/day)	631.5 (177.11)	679.75 (297.43)	-7.09
Total fat mass (g)	13730.86 (3659.64)	18331 (6730.82) *	-25.09
Body fat (%)	23.7 (3.67)	29.94 (5.75) **	-20.84
Total lean mass (g)	41270.72 (5134.61)	39186.03 (4718.78)	5,05
Lean body mass (%)	72.45 (3.52) **	66.75 (5.45)	7.86
Trunk lean mass (%)	77.99 (4.02) *	72.29 (6.90)	7.03
Dominant leg lean mass (%)	67.4 (4.26) **	61.2 (5.18)	9.19
Bone mass			
BMC (g)			
Whole body	2199.95 (390.86) *	1947.08 (289.58)	11.49
Trunk	627.06(130.2) *	517.81 (89.21)	17.42
Lumbar spine	60.93 (14.92) *	52.05 (9.97)	14.57
Dominant Hip	34.43 (4.22) *	29.12 (4.89)	15.42
Dominant Femoral neck	4.75 (0.71) **	3.87 (0.52)	18.52
Dominant Leg	423.3 (70.32) *	349.99 (58.01)	17.31
Head	428.03 (91.65)	463.68 (68.3)	-7.68
BMD (g/cm ²)			
Whole body	1.12 (0.11) *	1.04 (0.07)	7.14
Lumbar spine	1.05 (0.16) *	0.95 (0.11)	9.52
Dominant Hip	1.08 (0.12) *	0.96 (0.08)	11.11
Dominant Femoral neck	0.98 (0.12) **	0.84 (0.10)	14.28
Dominant Leg	1.16 (0.09) **	1.05 (0.07)	9.48
Head	1.93 (0.34)	2.01 (0.25)	-3.98

* Significant at the 0.05 significance level

** Significant at the 0.001 significance level

Dominant knee and trunk isokinetic strength were also significantly higher for SG compared to CG (Figure 1).

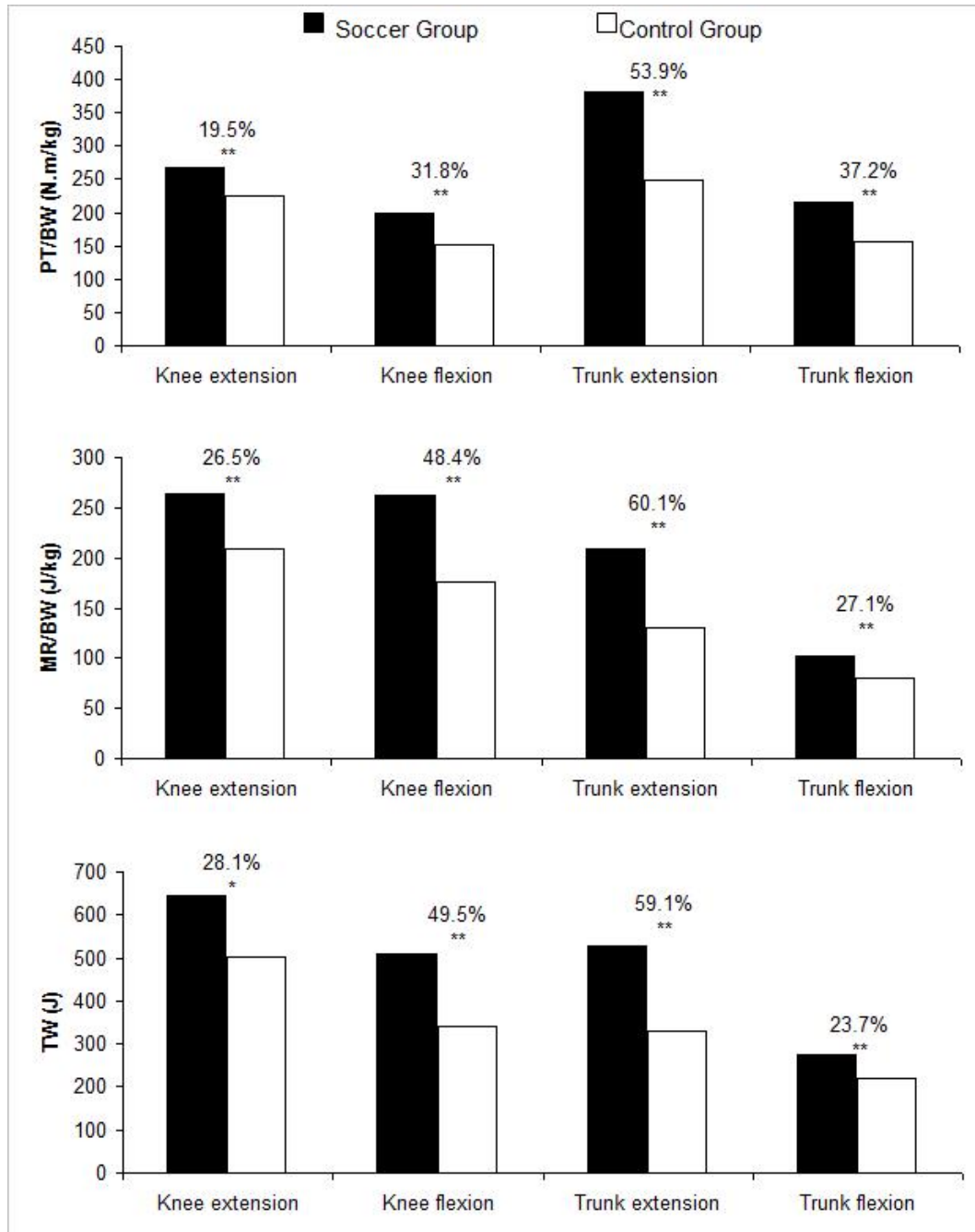


Figure 1. Percentual differences between groups for peak torque relative to body weight (PT/BW), maximal repetition total work relative to body weight (MR/BW) and total work (TW) of concentric isokinetic strength of trunk and knee dominant flexors and extensors. * p < 0.05; ** p < 0.001

Correlation analyses were made only for athletes, with no attempt within CG. Positive correlations were found for bone mass with weight and total lean mass, with the highest correlations for BMC. All BMC regions evaluated demonstrated positive association with height, BMI and total fat mass. Results are summarized in Table 2.

Table 2 Correlation between bone mass and selected descriptive variables.

Soccer Group	Age	Height	Weight	BMI	Total fat mass	Lean mass		
						Total	Trunk	Dominant leg
BMC								
Whole body	0,44*	0,65*	0,82**	0,67**	0,61**	0,83**	0,84**	0,76**
Trunk	-	0,63**	0,78**	0,64**	0,57**	0,80**	0,82**	0,72**
Lumbar spine	-	0,65**	0,72**	0,54**	0,49*	0,76**	0,77**	0,69**
Total hip	0,53**	0,64**	0,78**	0,63**	0,53*	0,81**	0,78**	0,76**
Femoral neck	0,45*	0,57	0,71**	0,59**	0,51*	0,71**	0,69**	0,67**
Dominant leg	-	0,77**	0,89**	0,68**	0,69**	0,89**	0,88**	0,85**
BMD								
Whole body	0,52*	-	0,58**	0,58**	0,42*	0,59**	0,61**	0,51**
Lumbar spine	-	-	0,59**	0,52*	-	0,60**	0,61**	0,55**
Total hip	-	-	0,50*	0,49*	-	0,45*	0,46*	-
Femoral neck	-	-	0,55**	0,54**	0,44*	0,50*	0,51*	-
Dominant leg	-	0,45*	0,69**	0,64**	0,58**	0,64**	0,66**	0,58**

* Indicates $p < 0.05$.

** Indicates $p < 0.01$.

There were no significant correlations for either trunk or knee strength performance and any of the BMD measures. Measures of knee and trunk strength relative to body weight were not significantly correlated to any BMC measure.

For trunk and knee dominant strength measures and BMC values, results of Pearson correlation coefficient (r) and regression analysis (R^2) for variables significantly correlated are presented in Table 3.

Table 3 Pearson correlation coefficient (r) and regression analysis (R²) in female soccer players. The bone mineral content of regions that muscles applied their forces were correlated with peak torque (PT), maximal repetition total work (MR) and total work (TW) of concentric flexors and extensors in trunk and dominant knee.

	Whole body		Trunk		Lumbar spine	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
Trunk						
PT extension	-	-	-	-	-	-
MR extension	-	-	-	-	-	-
TW extension	-	-	-	-	-	-
PT flexion	0,438*	0,191	-	-	-	-
MR flexion	0,576**	0,331	0,525*	0,276	-	-
TT flexão	0,568**	0,322	0,513*	0,263	-	-
	Total hip		Femoral neck		Dominant leg	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
Knee						
PT extension	0,608*	0,370	0,490*	0,240	0,625*	0,390
MR extension	0,577*	0,333	0,461*	0,213	0,556*	0,309
TW extension	0,513*	0,263	-	-	0,469*	0,220
PT flexion	0,645**	0,416	0,488*	0,239	0,546*	0,298
MR flexion	-	-	-	-	-	-
TT flexão	-	-	-	-	-	-

* p < 0,05

** p < 0,001

On trunk evaluation, all variables of flexors strength were positive associated with BMC of whole body and trunk. The exception was flexor PT and trunk BMC. For lumbar spine, no significant correlations were found with any trunk strength variable considered in our study.

The BMC of dominant total hip and leg demonstrated positive associations with all parameters of knee dominant extensors strength. The BMC of dominant femoral neck was also correlated with concentric PT and MR extension, but not with the TW variable.

Since the strength of the association between the variables was low to moderate, the linear regression analysis (R²) presents values below 40%. As an example, variables of maximum performance in one repetition as PT and MR accounted for 30 to 39% of BMC variance in BMC of dominant total hip and leg.

Discussion

The present study has shown that female soccer players present significantly higher bone mass, lean mass and a better performance of isokinetic muscular concentric flexors and extensors trunk and dominant knee strength when compared to sedentary controls. These findings are in accordance with previous studies.[5,7,17,18]

Differently from others studies, to establish the correlation between bone mass and isokinetic strength variables of SG, this study also analyzed the BMC of the regions besides the BMD. The bone mass of SG presents positive associations with anthropometrics variables such as weight, total and regional lean mass. With the isokinetic concentric strength, only the BMC of specific sites were positively correlated with the local muscle strength.

Bone mass differences between groups were superior for SG, with percentual differences ranging from 7-14% for BMD and 11-18% for BMC, with the dominant femoral neck been particularly sensitive to the mechanical stress. Previous studies also demonstrated that female soccer players presented a significantly higher BMD than controls in the whole body, lumbar spine and dominant lower limb [5-7], but they did not mention the BMC values. These gains in BMD and BMC are fundamental, since attaining a maximum peak bone mass during growth is a key determinant of adult skeletal health.[3] Moreover the mineral acquisition, there is a possible gain in osseous quality in terms of resistance, trabecular quantity and distribution in the osseous tissue. These characteristics are not measurable with DXA, but might improve the osseous strength, and could reduce the fracture risk later in life.[20]

The association between a higher bone mass and physical activity could be due to selection bias. Exercise may be preferred by genetically stronger girls than sedentary referents, with increased muscle mass accompanied by a higher BMD and BMC. In attempt to reduce this influence, we selected matched controls by age, race, height and weight with the athletes, and the groups also did not present differences in current calcium intake.

With the history of regular menses, the presence of hormonal deficiencies was indirectly assessed, since they can negatively influence the bone mass acquisition.[21] In our study, CG presents an earlier menarche compared to SG and, even with a shorter estrogen exposure; the SG presents higher values of bone mass.

There was also no significant difference between groups regarding BMC and BMD in the head, a region been proposed as a measure of bone mass heredity, since it is little affected by environmental factors and unloaded during exercise. [7,10]

Positive correlations between anthropometrics variables and bone mass were found for SG. In agreement with these results, previous studies demonstrated an association between body composition and bone mass, but this was represented exclusively by BMD.[7,8,10,16,17] The highest correlations values found in our study were for BMC and weight and lean mass (total, trunk and dominant lower limb).

Differently from the study with gymnasts by Helge and Kanstrup [18], our results did not find associations between BMD and isokinetic trunk flexors and extensors strength. Otherwise, these correlations occurred between BMC of whole body and trunk with the selected variables of isokinetic trunk flexors strength.

If we considered for analysis only the PT isokinetic variable, it is interestingly to realize that the trunk BMC did not present any correlation with flexors isokinetic trunk strength. This finding demonstrates the importance of observing others parameters displayed by isokinetic measurement reports, in an attempt to better explore the muscle conditions and their associations.

Since the trunk isokinetic assessment does not evaluate the muscles of lumbar spine in an isolate form, the non correlation between BMC of lumbar spine and the trunk strength is an expected outcome. Besides the different results of associations with BMC of specific sites, our results are also different from Helge and Kanstrup [18] in the strength of these associations. A possible explanation for these relates to sports specificity. The performance of sports skills in gymnastics involves twisting, turning,

back and forward trunk movements with ground reaction forces close to ten times body weight.[18]

In soccer, the ground reaction forces are three to six times the body weight and the trunk movements are not so evident.[17] In accordance with these, the majority of investigations of soccer movements do not consider the trunk participation. Kicking includes a setup phase with extension of lumbar spine and hip, and knee flexion. Then, the phase of foot contact with the ball requires a slightly trunk and hip flexion and knee extension. The final phase (follow-through) occurs after the contact with the ball, and requires a hyperflexion of the lumbar spine, hip flexion and knee extension.[22] Therefore, kicking is an activity of impact with all phases requiring degrees of motion and strength of lumbar spine, hip and knee.[22-24]

In accordance with others [5,7], this study also did not demonstrated associations between isokinetic knee strength and BMD of dominant hip and lower limb in female soccer players. Otherwise, the isokinetic knee dominant extensor strength was positive correlated with the BMC of dominant leg, total hip and femoral neck. Although the knee flexor PT was also positively associated with the BMC of these regions, this was not true for the others isokinetic variables considered.

To our knowledge, this association between BMC and isokinetic strength has not been mentioned yet in other studies with female athletes. There are researches relating the BMC to the development of lean mass [25] and also used as a response variable of drug interventions in prospective studies with adolescents.[26,27]

Due to the nature of cross-sectional analysis, caution should be used when interpreting these results. Several uncontrolled factors may have influenced the relation, including genetic predisposition, lifestyle history and hormones. It is also possible that other physical fitness variables may have a closer relation with bone mass, such as muscle power and endurance, that could be measured in more functional tests than isokinetic movement.[8,10]

Since the maximal capacity of a muscle to develop strength can be observed during eccentric contraction and that characteristics and controls

mechanisms of concentric and eccentric actions are very different [13], the assessment of both types of muscular action would be essential for a better understanding of strength correlation with bone mass.

In summary, this study demonstrated that female soccer players present higher values of bone mass and also a best performance in trunk and knee isokinetic strength than sedentary controls. The anthropometric variables of athletes were positively associated with BMC and BMD. The gains in strength performance were related to BMC at specific sites, which reinforces the role of muscle function on the acquisition of bone mass in these respective regions.

References

1. Bonjour JP, Chevalley T, Rizzoli R, *et al.* Gene-Environment Interactions in the Skeletal Response to Nutrition and Exercise during Growth. *Med Sport Sci* 2007;51:64-80.
2. Ginty F, Rennie KL, Mills L, *et al.* Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. *Bone* 2005;36:101-10.
3. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, *et al.* American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1985-96.
4. Lima F, De Falco V, Baima J, *et al.* Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. *Med Sci sports Exerc* 2001;33:1318-23.
5. Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R. Total and regional bone mass in female soccer players. *Calcif Tissue Int* 1996;59:438-42.
6. Duppe H, Gardsell P, Johnell O, *et al.* Bone mineral density in female junior, senior and former football players. *Osteoporos Int* 1996;6:437-41.
7. Soderman K, Bergstrom E, Lorentzon R, *et al.* Bone mass and muscle strength in young female soccer players. *Calcif Tissue Int* 2000;67: 297-303.
8. Witzke KA, Snow CM. Lean body mass and leg power best predict bone mineral density in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1558-63.
9. Schoenau E, Frost HM. The muscle-bone unit in children and adolescents. *Calcif Tissue Int* 2002;70:405-7.

10. Vicente-Rodríguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, *et al.* Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone* 2004;35:1208–15.
11. Daly RM, Saxon L, Turner CH, *et al.* The relationship between muscle size and bone geometry during growth and in response to exercise. *Bone* 2004;34:281-7.
12. Vicente-Rodríguez G. How does exercise affect bone development during growth? *Sports Med* 2006;36:561-9.
13. De Ste Croix MBA, Deighan MA, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med* 2003;33:727-43.
14. Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, *et al.* The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. *Bone* 2004;34:771-5.
15. Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R. Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcif Tissue Int* 1997; 60:338-42.
16. Duncan CS, Blimkie CJR, Cowell CT, *et al.* Bone mineral density (BMD) in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34: 286-94.
17. Petersson U, Nordström P, Alfredson H, *et al.* Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int* 2000;67:207-14.
18. Helge EW, Kanstrup I. Bone density in female elite gymnasts: impact of muscle strength and sex hormones. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:174-80.
19. Cater DR, Van Der Meulen MCH, Beaupre GS. Mechanical factors in bone growth and development. *Bone* 1996;18:5S-10S.
20. Valdimarsson O, Alborg HG, Düppe H, *et al.* Reduced training is associated with increased loss of BMD. *J Bone Miner Res* 2005;20:906-12.
21. Nichols JF, Rauh MJ, Barrack MT, *et al.* Bone mineral density in female high school athletes: interactions of menstrual function and type of mechanical loading. *Bone* 2007;41:371-7.
22. Rassi GE, Takemitsu M, Woratanarat P, *et al.* Lumbar spondylolysis in pediatric and adolescent soccer players. *Am J Sports Med* 2005;33:1688-93.

23. Williams CA, Singh M. Dynamic trunk strength of Canadian football players, soccer players, and middle to long distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;25:271-6.
24. Dörge HC, Andersen TB, Sørensen H, *et al.* EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scand J Med Sci Sports* 1999;9:195-200.
25. Vicente-Rodríguez G, Ara I, Perez-Gomez J, *et al.* Muscular development and physical activity are major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med* 2005;39:611-6.
26. Lilleby V, Lien G, Frey Frosli K, *et al.* Frequency of osteopenia in children and young adults with childhood-onset systemic lupus erythematosus. *Arthritis Rheum* 2005;52:2051-9.
27. Rauch F, Cornibert S, Cheung M, *et al.* Long-bone changes after pamidronate discontinuation in children and adolescents with osteogenesis imperfecta. *Bone* 2007;40: 821-7.