



MASSA ÓSSEA E ATIVIDADE FÍSICA NA INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA

Ronaldo Vilela Barros

César Cavinato Cal Abad

Maria Augusta Pedutti Dal'Molin Kiss

Júlio Cerca Serrão.

Universidade de São Paulo – Brasil

Resumo: O desenvolvimento de novas técnicas transcutâneas de análise densimétrica da mineralização óssea tem favorecido investigações relacionadas ao estudo dos componentes estruturais do osso, principalmente no sentido de identificar possíveis influências da atividade física sobre a modulação óssea entre a infância e adolescência. Estudos realizados nas últimas décadas indicam que exercícios caracterizados por compressões ósseas, induzem as adaptações da estrutura esquelética, tornando-a mais resistente aos estímulos externos. Exercícios como voleibol, basquetebol, ginástica artística e tarefas com implementos realizados na fase maturacional, são os mais indicados para elevar a densidade mineral óssea, favorecendo a otimização do pico de massa óssea na fase adulta e prevenindo a osteoporose na idade avançada. Ao contrário, há evidências de que exercícios aquáticos, como a natação, não apresentam contribuição efetiva para a modulação óssea total. Atletas femininas que praticam exercícios de forma crônica, repetitiva e persistente, também podem apresentar fragilidade óssea devido a redução da secreção do estrogênio conseqüente do exercício excessivo. O estudo dos processos maturacionais são complexos e multifatoriais, por isso há necessidade de investigações mais detalhadas relacionadas à influência do exercício em cada uma das fases do crescimento.

Palavras-Chave: Pico de massa óssea; densidade óssea; atividade física; criança.

BONE MASS AND PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDHOOD AND ADOLESCENCE

Abstract: The development of new transcutaneous techniques of densitometric analysis of bone mineralization has favoured investigations related the study of the structural components of the bone, mainly in the sense of identifying possible influences of the physical activity over the bone modulation between childhood and adolescence. Studies accomplished in the last decades indicate that exercises characterized by bone compression lead to new adaptations of the skeletal struture, turning her more resistant to the external stimulus. Land exercise such as volleyball, basketball, artistic gymnastics and resisted exercises when practiced during the maturational phase, are the most indicated for bone mineral density elevation, for peak bone mass optimization in the adult phase and for osteoporosis prevention in advanced aging. In opposite, there are evidences that aquatic exercises, like swimming, do not present effective contribution for the total bone modulation. Female athletes who practice chronic, repetitive and persistent exercises way, they can too present bone fragility due to reduction of the estrogen secretion consequent of the excessive exercise. The study of maturational processes is complex and multifactorial, so there's a need of more detailed investigations related to the exercise influence in each of the growing phases.

Keywords: Peak bone mass; bone density; physical activity; children.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas às variáveis intervenientes no crescimento humano sempre foi foco de interesse da comunidade científica, entretanto nos últimos anos, vem aumentando gradualmente o número de estudos relacionados especificamente a maturação óssea no período compreendido entre as duas primeiras décadas da vida (CROMER & HAREL, 2000; KAZIS & IGLESIAS, 2003; KIRCHNER, LEWIS & O'CONNOR, 1995; McGUIGAN, MURRAY, GALLAGHER, DAVEY-SMITH, NEVILLE, VAN'T HOF, BOREHAM & RALSTON, 2002; NICKOLS-RICHARDSON, MODLESKY & O'CONNOR, 2000).

O osso é um tecido que possui grande capacidade de regeneração, com características específicas e dependentes da conformação organizacional das matérias que as compõe. Porém, o estudo dos mecanismos de modelagem e remodelagem óssea é de difícil realização, haja vista a natureza rígida do osso, impossibilitando uma análise direta, sem a utilização de técnicas invasivas (FONSECA, 1999). A dificuldade em aplicar técnicas invasivas em crianças, sempre foi uma grande limitação para o estudo do crescimento ósseo na fase maturacional, mas com o avanço tecnológico da engenharia biomédica, houve um grande desenvolvimento de técnicas que possibilitam a investigação de tecidos biológicos profundos, transcutâneos, sem a necessidade de submeter os indivíduos a técnicas que possam comprometer a estrutura óssea da região estudada.

Atualmente é comum a utilização de técnicas precisas como a tomografia computadorizada e a dupla absorcimetria por raios X (DEXA), que possibilitam a observação da estrutura óssea em três dimensões. Estas novas técnicas favoreceram a elaboração de diagnósticos mais objetivos da morfologia óssea, permitindo um melhor controle do crescimento e desenvolvimento esquelético entre as fases da infância, adolescência e idade adulta.

Já foi constatado que o exercício tem uma fundamental importância na maximização da densidade mineral óssea (DMO), principalmente quando é realizado no período pubertário (NICKOLS-RICHARDSON et al., 2000). Segundo PARFITT (1994), a adolescência, por ser uma fase onde ocorre a maior velocidade de aumento da massa óssea, pode ser a época mais sensível às influências externas que atuam no crescimento. A modulação óssea, além de depender do tamanho corporal, da massa muscular, da carga mecânica imposta, das características hormonais, ambientais, genéticas e dietéticas, também parece ser influenciada pela prática de exercícios físicos. SILVERWOOD (2003), STEAR, PRENTICE, JONES & COLE (2003) e LIEL, EDWARDS, SHARY, SPICER, GORDON & BELL (1988), constataram que mulheres obesas, independentemente da raça, possuem valores de DMO superiores a mulheres sem sobrepeso e, principalmente, as mulheres anoréxicas.

Nesse sentido, considerando que a atividade física tem um papel fundamental no desenvolvimento das estruturas ósseas e que estas adaptações são dependentes da característica do exercício praticado, decidimos investigar o que a literatura apresenta a respeito da influência da atividade física praticada na infância e adolescência sobre o pico de massa óssea (PMO) adquirida na fase adulta.

COMPOSIÇÃO E PROCESSOS DE FORMAÇÃO ÓSSEA

A estrutura óssea pode ser dividida em 2 compartimentos: periférico ou cortical e axial ou trabecular. Todos os ossos possuem diferentes proporções do componente ósseo cortical (mais superficial) e trabecular (mais profundo), sendo o primeiro encontrado principalmente nos ossos longos (periféricos), constituindo 80% da massa esquelética total, e o segundo encontrado no esqueleto axial ou central constituindo 70% do volume deste esqueleto.

O osso está em constantes mudanças, as quais, segundo BAR-OR (1996) podem ser divididas em 3 processos: crescimento, modelagem e remodelagem. O crescimento compreende o desenvolvimento de toda estrutura esquelética, tanto na largura quanto no comprimento - fenômeno controlado principalmente pelo sistema endócrino. O desenvolvimento longitudinal é a característica principal do processo de crescimento, o qual é inibido pela redução dos espaços epifisiários, especialmente nos ossos longos. Por sua vez, a modelagem é responsável pelo aumento da resistência óssea, pelo ganho de massa e corresponde principalmente ao tamanho ósseo. Esta última, responde particularmente a atividades com predomínio de estresse mecânico, como mostra o estudo de SCHULTHEIS (1991), que relatou a possibilidade de estudantes praticantes de atividades com carga (musculação) adquirirem maior resistência óssea com menor possibilidade de fraturas ao longo da vida.

A remodelagem tem como principal função, a reparação de micro fraturas ocorridas no dia-dia por um contínuo ciclo de destruição e posterior renovação óssea, ou seja, a ativação dos osteoclastos leva a reabsorção óssea e as ações dos osteoblastos reconstróem a matriz óssea, levando a nova mineralização do tecido. Diferenças entre as ações dos osteoblastos e osteoclastos podem elevar ou reduzir a mineralização, sendo que é o equilíbrio dinâmico entre eles que possibilita a manutenção da DMO. Segundo LANYON, MAGEE & BAGGOT apud MAFFULLI & KING (1992), a remodelagem depende de três fatores: (1) a magnitude da força aplicada no osso; (2) a frequência com a qual as forças são aplicadas e (3) a direção de aplicação da força.

Segundo BAR-OR (1996), as forças mecânicas induzidas pelo exercício físico, agem sobre os osteoblastos para formar novo tecido, adaptando-o aos estímulos externos. De forma similar, a ação muscular resulta em estresse mecânico no osso gerando potenciais elétricos que afetam o equilíbrio da atividade osteoblástica e osteoclástica, induzindo-o a novas modificações. Com o avanço da idade, ocorre o predomínio da atividade osteoclástica aumentando o processo de desmineralização óssea, a qual é atribuída principalmente a degeneração dos constituintes trabeculares da estrutura óssea.

Embora haja alguma compreensão acerca das modificações ósseas em função de estímulos mecânicos, ainda não se sabe quais são os níveis e as frequências de estimulação mecânica necessários para desencadear o processo de controle/regulação da modelagem e remodelagem óssea (FONSECA, 1999), havendo, portanto, muitas dúvidas sobre a identificação de sinais que permitam a ocorrência deste processo. Segundo FONSECA (1999) os processos de modelagem e remodelagem óssea poderiam ser controlados/regulados por mecanismos como: a estimulação ultrassônica, a estimulação elétrica resultante de tração e compressão, o efeito piezoelétrico do osso (geração de sinal elétrico em ossos acelulares quando submetidos à tensão), o potencial gerado por tensão (efeito piezoelétrico em ossos “in vivo”) e o efeito eletroquímico (potencial elétrico gerado devido a fluxos iônicos).

Em função da complexidade metodológica e técnica para investigação dos mecanismos supracitados, percebe-se que a maior parte dos estudos que relacionam massa óssea e atividade física em humanos, sustenta-se na teoria do estímulo mecânico, limitando-se em apenas discutir o efeito da atividade física na massa óssea e não os mecanismos físicos e/ou biológicos que desencadeariam tais efeitos.

ATIVIDADE FÍSICA NA INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA

Para NICKOLS-RICHARDSON et al. (2000) a atividade física é um grande fator que influencia a maximização da DMO na infância, principalmente em atividades com aplicação de carga. Segundo GRIMSTON, WILLOWS & HANLEY (1993), a força aplicada por unidade de área, estimula a modelagem e o crescimento ósseo. BONJOUR, THEINTZ, BUCHS, SLOSMAN & RIZZOLI (1991) afirmaram que a quantidade e a qualidade óssea, encontrada em adultos, podem ser características desenvolvidas durante a infância e a adolescência.

O que ainda não está muito claro é qual atividade infantil que potencializa o crescimento ósseo sem prejuízos futuros. Segundo GRIMSTON et al. (1993), crianças que praticam modalidades com predomínio de saltos, possuem maior densidade óssea na cabeça do fêmur comparado com nadadores, pois durante as atividades de impacto, as compressões ósseas podem alcançar valores próximos ou superiores a 3 vezes o peso corporal, levando a reestruturação óssea dos pontos onde as forças de impacto são dissipadas. Adicionalmente, pesquisas como as de NICKOLS-RICHARDSON et al. (2000) e KIRCHNER et al. (1995) mostram que meninas que praticam ginástica artística por muitos anos, desenvolvem altos índices de mineralização óssea, comparada a grupos controle e este fenômeno pode ser devido às altas cargas mecânicas impostas por esta modalidade.

Segundo BAR-OR (1996), apesar do cálcio ser essencial para o desenvolvimento ósseo, o estresse mecânico induzido pela atividade física é de importância primária. É improvável que a maior densidade em ginastas esteja relacionada a fatores nutricionais, pois NICHOLS, SANBORN, BONNICK, BEN-EZRA, GENCH & DIMARCO (1994), encontraram uma maior DMO em ginastas, mesmo quando os valores de cálcio ingerido eram inferiores aos do grupo controle. Resultados semelhantes também foram encontrados por KIRCHNER et al. (1995). Pode-se então verificar que exercícios físicos que promovam suporte do próprio peso estão mais relacionados com a melhora da DMO independente da dieta de cálcio (SLEMENDA, MILLER, HUI, REISTER & JOHNSTON, 1991).

Diversos estudos (McCULLOCH, BAILEY, WHALEN, HOUSTON & FAULKNER, 1992; SLEMENDA et al., 1991; COOPER, CAWLEY, BHALLA, EGGER, RING, MORTON & BARKER, 1995) evidenciam as diferenças na DMO de crianças que praticam atividades de sustentação corporal e atividades sem sustentação. Em suma, verifica-se então que, crianças, com efetiva participação diária em treinamento de natação, apresentam uma menor DMO comparada com atividades terrestres. McCULLOCH et al. (1992) e SLEMENDA et al. (1991) sugerem que a corrida pode proporcionar um ganho de massa óssea superior à natação.

A possível influência da natação no desenvolvimento e no aumento da densidade óssea na infância ainda não está muito clara. Por exemplo, CASSELL, BENEDICT & SPECKER (1996) não encontraram diferenças entre meninas de 7 a 9 anos que praticavam a natação com outras ginastas da mesma idade. DYSON, BLIMKIE, DAVISON, WEBBER & ADACHI (1997) estudando ginastas do sexo feminino, entre 7 e 11 anos, que praticaram a modalidade nos últimos 2 anos anteriores ao estudo, compararam a DMO em termos absolutos e encontraram valores elevados apenas no trocanter e na cabeça do fêmur, não havendo diferença significativa na densidade óssea da coluna lombar e na densidade óssea total. Entretanto, quando a DMO foi corrigida pela massa corporal, os valores das ginastas foram superiores em todos os pontos examinados. Estes relatos levam a crer que a DMO, corrigida pela massa corporal, pode ser mais precisa que a utilização de valores absolutos. Adicionalmente, KIRCHNER et al. (1995), compararam ginastas colegiais na pré-menarca com grupo controle na mesma idade biológica e encontraram valores em torno de 13% a mais de DMO nas ginastas.

Com base nesses achados e nas diferenças metodológicas entre os diferentes estudos supracitados, parece haver um maior benefício na DMO nas crianças que praticam atividade física. Além disso, essa melhora parece ser mais evidente nas modalidades terrestres com impacto e sustentação do peso corporal, do que em atividades aquáticas que não expõem tanto o sistema esquelético a ação gravitacional.

PICO DE MASSA ÓSSEA

Segundo MATSUDO & MATSUDO (1991), o pico de massa óssea é o maior valor de massa óssea ou a máxima quantidade de osso que um indivíduo alcança quando o esqueleto está totalmente mineralizado ou consolidado. Até o presente momento não se tem com exatidão qual o período, idade biológica ou cronológica, onde ocorre o PMO, embora haja indícios de que ele

possa ocorrer no final da adolescência. SNOW-HARTER & MARCUS (1991), por exemplo, analisaram a DMO vertebral em amostra feminina com idade variando de 12 a 30 anos e encontraram um significativo aumento até os 17 anos e após esta idade nenhuma mudança foi observada. GILSANZ, GIBBENS, ROE, CARLSON, SENAC, BOECHAT, HUANG, SCHULZ, LIBANATI & CANN (1988), também encontraram significativo aumento da densidade óssea durante a puberdade em meninos e meninas, sendo que os valores alcançados permaneceram estáveis mesmo após o final da adolescência, o que indica um possível PMO logo no início da idade adulta.

Diferente dos achados de SNOW-HARTER & MARCUS (1991), há relatos de que durante a adolescência, ocorre um ganho substancial da massa óssea, seguido de uma manutenção (platô) que permanece até a terceira década de vida (GARN, ROHMAN & NOLAN apud SNOW-HARTER & MARCUS, 1991). Este platô se mantém estável até aproximadamente os 50 anos, ocorrendo uma perda óssea gradual após este período. Esta desmineralização óssea é mais evidente em mulheres quando comparadas aos homens, devido às alterações hormonais decorrentes em função da menopausa.

RODIN, MURBY, SMITH, CALEFFI, FENTIMAN, CHAPMAN & FOGELMAN (1990), relataram aumento da densidade óssea até os 35 anos, pressupondo alcance de PMO após esta idade. Para BAR-OR (1996) o PMO pode ser alcançado por volta de 10 a 15 anos, após a maturação esquelética. COOPER et al. (1995), utilizaram o DEXA e demonstraram uma aceleração na formação da ossatura axial entre as idades de 13 e 17 anos. Segundo esses autores, o pico de crescimento ósseo longitudinal ocorre no final da puberdade e o aumento da densidade óssea pode continuar por vários anos até alcançar o PMO.

Fatores hereditários e raciais parecem ser os mais importantes determinantes do PMO, pois crianças negras têm maior densidade óssea comparada às brancas e a densidade óssea de garotas adolescentes tem alta correlação com a densidade óssea dos pais (POLLITZER & ANDERSON, 1989). Estudos com gêmeos são bons indicativos da influência da hereditariedade sobre a massa óssea, principalmente, devido a maior correlação entre gêmeos homozigóticos do que gêmeos dizigóticos (POCOCK, EISMAN, HOPPER, YEATES, SAMBROOK & EBERL, 1987; McGUIGAN et al., 2002). Em função da discordância encontrada na literatura na determinação de um período exato para ganho de massa óssea, observa-se que este processo parece ser muito dinâmico e dependente de diferentes fatores, tais como o consumo dietético de cálcio, fatores hereditários, hormonais e mecânicos (produzido pela atividade física), bem como dos níveis iniciais de mineralização antes das intervenções, não sendo possível, pelo menos até o presente momento, determinar o período ideal para obtenção do PMO.

PICO DE MASSA ÓSSEA E ATIVIDADE FÍSICA

Apesar de a hereditariedade ser um dos maiores fatores na determinação do PMO de jovens (EL-HAJJ FULEIHAN, BADDOURA, AWADA, SALAM, SALAMOUN & RIZK, 2002), o estilo de vida e a atividade física também são fundamentais na determinação deste PMO (RUBIN, HAWKER, PELTEKOVA, FIELDING, RIDOUT & COLE, 1999). PARFITT (1994) e JANZ (2003) constataram que o exercício durante a fase de crescimento, em pouco tempo, produz um grande efeito na construção tecidual óssea, o que é essencial para a maximização do PMO. COOPER et al. (1995) também demonstraram que a atividade física durante a infância é um importante fator na determinação do PMO em mulheres e o tamanho da estrutura esquelética pode ser estabelecido de acordo com a trajetória da vida infantil. O período pré-puberal em mulheres, parece ser a fase mais importante para a formação óssea durante o crescimento ósseo (SLEMENDA, REISTER, HUI, MILLER, CHRISTIAN & JOHNSTON, 1994). Por isso sugere-se a fase principal para aquisição do PMO que compreende o intervalo de 3 anos, na média de 11 a 14 anos conforme os achados de COOPER et al. (1995). Embora para NEW (2001) ainda não esteja muito claro qual o tipo, duração, frequência e intensidade de exercício que aumentam o PMO, para CROMER & HAREL (2000), a prática

de exercício envolvendo produção de força para suportar cargas (inclusive a massa corporal), pode ter efeito positivo no aumento do PMO, o que leva a crer que há uma relação positiva entre atividade física, massa e densidade óssea.

PICO DE MASSA ÓSSEA NA PREVENÇÃO DA OSTEOPOROSE

Há indícios de que um elevado PMO possa reduzir o risco de aumentar a fragilidade óssea (osteoporose), ocorrida normalmente na terceira idade (BAR-OR, 1996). Segundo relatos de BAR-OR (1996), 3 fatores influenciam a diminuição da massa óssea na população idosa: a) alto PMO durante a fase de crescimento, b) manutenção do PMO por longo tempo na idade adulta, c) redução da perda óssea na idade avançada. E a melhor forma de prevenir a osteoporose senil é através da otimização do PMO na infância e na adolescência (SPECKER, 2002; CROMER & HAREL, 2000; JANZ, 1990). Segundo NEW (2001) são dois os principais mecanismos que determinam a estrutura óssea saudável na idade adulta: (1) a maximização do PMO na infância e, (2) a menor taxa de perda óssea com aumento da idade. Em suma, a literatura é clara em concordar que a otimização do PMO na adolescência é um importante, se não o principal, fator preventivo para a osteoporose senil (CROMER & HAREL, 2000).

DENSIDADE MINERAL ÓSSEA E ATIVIDADE FÍSICA

A força gravitacional (externa) e a contração muscular (interna) são duas forças mecânicas primárias aplicadas na estrutura óssea ao longo da vida desde o nascimento. Estas forças incidentes sobre o esqueleto, induzem reestruturações ósseas específicas conforme suas intensidades, tanto no sentido longitudinal (vertical) quanto transversal (horizontal), sob a forma de tração, compressão, deslizamento ou torção.

WHALEN, CARTER & STEELE apud SNOW-HARTER & MARCUS (1991), têm demonstrado que diferentes características de exercícios levam às específicas modificações na estrutura óssea, considerando que a intensidade da carga durante um exercício é mais importante na determinação da densidade óssea que seu número de repetições. Por este motivo, há indícios de que exercícios aeróbios possam não ter o mesmo efeito sobre a densidade óssea comparado a exercícios de compressões ósseas, tanto no sentido vertical como também no sentido horizontal. DAVEE, ROSEN & ADLER (1990), encontraram alta DMO em jovens colegiais do sexo feminino que praticavam musculação, quando comparadas às que praticavam exercícios aeróbios. HEINRICH, GOING, PAMENTER, PERRY, BOYDEN & LOHMAN (1990) também evidenciaram a eficiência do treinamento de força, comparando nadadoras, corredoras, fisiculturistas e colegiais inativas e encontraram elevado conteúdo mineral ósseo nas fisiculturistas quando comparadas as praticantes de outras modalidades e, principalmente, as inativas. Neste estudo, observa-se que os maiores benefícios são, em ordem, para: fisiculturistas, seguidas das corredoras, sendo as nadadoras as menos favorecidas e as inativas sem benefícios.

Na tentativa de demonstrar o efeito da carga sobre a osteoporose, AYALON, SIMKIN, LEICHTER & RAIFMANN (1987) submetem mulheres com diagnóstico dessa patologia a um programa de exercícios combinados: carga, compressão e torção no antebraço durante 5 meses. Assim, o grupo treinado obteve um significativo aumento na densidade óssea do antebraço (3,8%), ao contrário do grupo controle que obteve uma queda de 1,9% da DMO na mesma região. Logo, nota-se que as modelações ósseas também estão relacionadas à região corporal mais exposta à compressão, de acordo com a característica do exercício (BASSEY, LITTLEWOOD & TAYLOR, 1997), seguindo, portanto, o princípio da especificidade. No estudo de JACOBSON, BEAVER, GRUBB, TAFT & TALMAGE (1984), a DMO do osso radio foi maior em jogadoras de tênis e nadadoras

comparadas a colegiais do grupo controle. A densidade da coluna lombar foi maior nas tenistas devido ao efeito da massa corpórea incidindo sobre a coluna, comprovando o efeito específico do exercício sobre a estrutura óssea.

Por sua vez, *RISSER, LEE, LEBLANC, POINDEXTER, RISSER & SCHNEIDER (1990)*, encontraram baixa densidade mineral nas vértebras lombares de nadadoras, quando comparadas às jogadoras de voleibol, basquetebol e grupo controle. *BASSEY & RAMSDALE (1994)* encontraram um aumento da densidade óssea trocântérica em jovens do sexo feminino que praticavam atividade de alto impacto. *DOOK, JAMES, HENDERSON & PRICE (1997)*, não encontraram diferenças significativas na DMO corporal em nadadoras e não esportistas. Estes dados sugerem que as nadadoras podem ter o mesmo risco em desenvolver a osteoporose quando comparadas às sedentárias e um maior risco em relação a atletas de outras modalidades. Mesmo assim, *ROURKE, BOWERING, TURKKI, BUCKENMEYER, THOMAS, KELLER & SFONZO (1998)*, sugerem que não se pode afirmar concretamente a existência de grandes diferenças entre a DMO em praticantes de atividades aquáticas e atividades que sustentam a massa corporal devido a dificuldade em realizar estudos longitudinais em crianças e da complexidade das variáveis multifatoriais que influenciam a DMO.

DENSIDADE MINERAL ÓSSEA E ASPECTOS ENDÓCRINOS

O sistema hormonal e em particular hormônios sexuais, tem participação fundamental na regulação da mineralização óssea (*RIGGS, KHOSLA & MELTON, 2002*). *BUCHANAN, MYERS, LLOYD, LEUENBERGER & DEMERS, em 1988*, encontraram significativa correlação entre a DMO e a secreção de estrogênio ou androgênio em mulheres adultas. *DENNISON, HINDMARSH, KELLINGRAY, FALL & COOPER (2003)*, num estudo relacionado com mulheres idosas, verificaram que o conteúdo da massa óssea estava associado à concentração do hormônio de crescimento.

Embora muitos autores defendam exercícios físicos, em especial os que sustentam a massa corporal sobre a ação da gravidade, alguns estudos comprovam que o exercício crônico e repetitivo pode ser prejudicial, especialmente para mulheres, quando este leva a praticante a um quadro de amenorréia, provocando uma queda de hormônios sexuais e conseqüentemente uma redução da densidade óssea em função da ausência destes hormônios (*KAZIS & IGLESIAS, 2003*). Em concordância, *LINDBERG, FEARS, HUNT, POWELL, BOLL & WADE (1984)* demonstraram que mulheres atletas, que apresentavam quadro amenorréico, possuíam DMO mais baixa do que atletas da mesma idade sem amenorréia. Apesar destes achados, *DHUPER, WARREN, BROOKS-GUNN & FOX (1990)*, estudaram dançarinas adolescentes com níveis inferiores de estrogênio, porém não encontraram nenhuma alteração na DMO, justificando que tal comportamento da DMO ocorreu pelo fato das atletas terem sido submetidas a treinamento com carga mecânica.

Nesse sentido, parte desses dados sugere que a deficiência de estrogênio exerce um forte efeito negativo sobre a DMO, sendo então prejudicial para jovens do sexo feminino, que persistem na pratica de esportes aeróbios intensos e freqüentes, pois estas podem ter queda dos hormônios sexuais, na densidade óssea e ficarem mais vulneráveis a fraturas e desenvolverem osteoporose em idades avançadas.

CONCLUSÃO

Apesar de haver diversas teorias que tentam explicar o processo de modelação e remodelação óssea, ainda é um desafio para a ciência determinar o período da vida, o tipo de atividade, o mecanismo físico e/ou biológico que levam à reestruturação desse tecido. Mesmo assim, a atividade física, especialmente sob ação gravitacional, parece ser um importante fator para contribuição de aquisição da mineralização e reestruturação óssea. Uma limitação apresentada na maioria dos estudos que

reportam a essência da atividade física no desenvolvimento ósseo é a relevância da DMO como sendo o único fator condicional para a melhora da resistência esquelética. Deste modo, percebe-se que são necessárias investigações mais detalhadas, de preferência com modelos experimentais longitudinais, que permitam relacionar melhor a influência do exercício em cada uma das fases do crescimento (pré-púberes, púberes e pós-púberes).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALON, J.; SIMKIN, A.; LEICHTER, I.; RAIFMANN, S. Dynamic bone loading exercises for postmenopausal women: effect on the density of the distal radius. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.68, p.280-283, 1987.
- BAR-OR, O. **The child and adolescent athlete**. Oxford: Blackwell Science, 1996.
- BASSEY, E.J.; RAMSDALE, S.J. Increase in femoral bone density in young women following high impact exercise. **Osteoporos International**, v.4, p.72-75, 1994.
- BASSEY, E.J.; LITTLEWOOD, J.J.; TAYLOR, S.J.G. Relations between compressive axial forces in an instrumented massive femoral implant, ground reaction forces, and integrated electromyographs from vastus lateralis during various 'osteogenic' exercises. **Journal of Biomechanics**, v.30, p.213-223, 1997.
- BONJOUR, J.P.; THEINTZ, G.; BUCHS, B.; SLOSMAN, D.; RIZZOLI, R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.73, p.555-563, 1991.
- BUCHANAN, J.R.; MYERS, C.; LLOYD, T.; LEUENBERGER, P.; DEMERS, L.M. Determinants of peak trabecular bone density in women: The role of androgens, estrogens, and exercise. **Journal of Bone Mineral Research**, v.3, p.673-680, 1988.
- CASELL, C.; BENEDICT, M.; SPECKER, B. Bone mineral density in elite 7 to 9 years old female gymnasts and swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, p.1243-1246, 1996.
- COOPER, C.; CAWLEY, M.; BHALLA, A.; EGGER, P.; RING, F.; MORTON, L.; BARKER, D. Childhood growth, physical activity and peak bone mass in women. **Journal of Bone Mineral Research**, v.10, p.940-947, 1995.
- CROMER, B.; HAREL, Z. Adolescents: at increased risk for osteoporosis?. **Clinical Pediatrics**, v.39, p.565-574, 2000.
- DAVEE, A.M.; ROSEN, C.J.; ADLER, R.A. Exercise patterns and trabecular bone density in college women. **Journal of Bone Mineral Research**, v.5, p.245-250, 1990.
- DENNISON, E.M.; HINDMARSH, P.C.; KELLINGRAY, S.; FALL, C.H.; COOPER, C. Growth hormone predicts bone density in elderly women. **Bone**, v.32, p.434-440, 2003.
- DHUPER, S.; WARREN, M.P.; BROOKS-GUNN, J.; FOX, R. Effects of hormonal status on bone density in adolescent girls. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.71, p.1083-1088, 1990.
- DOOK, J.E.; JAMES, C.; HENDERSON, N.K.; PRICE, R.I. Exercise and bone mineral density in mature females athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.29, p.291-296, 1997.
- DYSON, K.; BLIMKIE, C.J.; DAVIDSON, K.S.; WEBBER, C.E.; ADACHI, J.D. Gymnastic training and bone density in pre-adolescent females. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.29, p.443-450, 1997.
- EL-HAJJ FULEIHAN, G.; BADDOURA, R.; AWADA, H.; SALAM, N.; SALAMOUN, M.; RIZK, P. Low peak bone mineral density in healthy Lebanese subjects. **Bone**, v.31, p.520-528, 2002.
- FONSECA, J.C.P. **Oso: um desafio à biologia**. In: Anais: VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, São Paulo, Brasil, 1999.
- GILSANZ, V.; GIBBENS, D.T.; ROE, T.F.; CARLSON, M.; SENAC, M.O.; BOECHAT, M.I.; HUANG, H.K.; SCHULZ, E.E.; LIBANATI, C.R.; CANN, C.C. Vertebral bone density in children: effect of puberty. **Radiology**, v.166, p.847-850, 1988.

- GRIMSTON, S.K.; WILLOWS, N.D.; HANLEY, D.A. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, p.1203-1210, 1993.
- HEINRICH, C.H.; GOING, S.B.; PAMENTER, R.W.; PERRY, C.D.; BOYDEN, T.W.; LOHMAN, T.G. Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.22, p.558-563, 1990.
- JACOBSON, P.C.; BEAVER, W.; GRUBB, S.A.; TAFT, T.N.; TALMAGE, R.V. Bone density in women: college athletes and older athletic women. **Journal of Orthopaedic Research**, v.2, p.328-232, 1984.
- JANZ, K. Physical activity and bone development during childhood and adolescence. Implications for prevention of osteoporosis. **Minerva Pediatrica**, v.54, p.558-563, 1990.
- KAZIS, K.; IGLESIAS, E. The female athlete triad. **Adolescent Medicine**, v.14, p.87-95, 2003.
- KIRCHNER, E.M.; LEWIS, R.D.; O'CONNOR, P.J. Bone mineral density and dietary intake of female college gymnasts. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.27, p.543-549, 1995.
- LIEL, Y.; EDWARDS, J.; SHARY, J.; SPICER, K.M.; GORDON, L.; BELL, N.H. The effects of race and body habitus on bone mineral density of the radius, hip, and spine in premenopausal women. **The Journal of Clinical Endocrinology Metabolism**, v.66, p.1247-1250, 1988.
- LINDBERG, J.S.; FEARS, W.B.; HUNT, M.M.; POWELL, M.R.; BOLL, D.; WADE, C.E. Exercise-induced amenorrhea and bone density. **Annals of Internal Medicine**, v.101, p.647-648, 1984.
- MAFFULLI, N.; KING, J.B. Effects of physical activity on some components of the skeletal system. **Sports Medicine**, v.13, p.393-407, 1992.
- MATSUDO, S.M.M.; MATSUDO, V.K.R. Osteoporose e atividade física. **Revista Brasileira da Ciência e Movimento**, v.5, p.33-59, 1991.
- McCULLOCH, R.G.; BAILEY, D.A.; WHALEN, R.L.; HOUSTON, C.S.; FAULKNER, R.A. Bone density and bone mineral content of adolescent soccer athlete and competitive swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v.4, p.319-330, 1992.
- McGUIGAN, F.E.; MURRAY, L.; GALLAGHER, A.; DAVEY-SMITH, G.; NEVILLE, C.E.; VAN'T HOF, R.; BOREHAM, C.; RALSTON, S.H. Genetic and environmental determinants of peak bone mass in young men and women. **Journal of Bone Mineral Research**, v.17, p.1273-1279, 2002.
- NEW, S.A. Exercise, bone and nutrition. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v.60, p.265-274, 2001.
- NICHOLS, D.L.; SANBORN, C.F.; BONNICK, S.L.; BEN-EZRA, V.; GENCH, B.; DIMARCO, N.M. The effects of gymnastics training on bone mineral density. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, p.1220-1225, 1994.
- NICKOLS-RICHARDSON, S.M.; MODLESKY, C.M.; O'CONNOR, P.J.; LEWIS, R.D. Premenarchel gymnasts possess higher bone mineral density than controls. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.63-69, 2000.
- PARFITT, A.M. The two faces of growth: benefits and risks to bone integrity. **Osteoporos International**, v.4, p.382-398, 1994.
- POCOCK, N.A.; EISMAN, J.A.; HOPPER, J.L.; YEATES, M.G.; SAMBROOK, P.N.; EBERL, S. Genetic determinants of bone mass in adults. A twin study. **The Journal of Clinical Investigation**, v.80, p.706-710, 1987.
- POLLITZER, W.S.; ANDERSON, J.J. Ethnic and genetic differences in bone mass: A review with a hereditary vs. environmental perspective. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.50, p.1244-1259, 1989.
- RIGGS, B.L.; KHOSLA, S.; MELTON, L.J. Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. **Endocrine Reviews**, v.23, p.279-302, 2002.
- RISSER, W.L.; LEE, E.J.; LEBLANC, A.; POINDEXTER, H.B.; RISSER, J.M.; SCHNEIDER, V. Bone density in eumenorreic female college athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.22, p.570-574, 1990.

- RODIN, A.; MURBY, B.; SMITH, M.A.; CALEFFI, M.; FENTIMAN, I.; CHAPMAN, M.G.; FOGELMAN, I. Premonopousal bone loss in the lombar spine and neck of femur: a study of 225 Caucasian women. **Bone**, v.11, p.1-5, 1990.
- ROURKE, K.M.; BOWERING, J.; TURKKI, P.; BUCKENMEYER, R.J.; THOMAS, F.D.; KELLER, B.A.; SFONZO, G.A. Bone mineral density in weight-bearing and nonweight-bearing female athletes. **Pediatric Exercise Science**, v.10, p.28-37, 1989.
- RUBIN, L.A.; HAWKER, G.A.; PELTEKOVA, V.D.; FIELDING, L.J.; RIDOUT, R.; COLE, D.E. Determinants of peak bone mass: Clinical and genetic analyses in a female canadian cohort. **Journal of Bone Mineral Research**, v.14, p.633-643, 1999.
- SCHULTHEIS, L. The mechanical control system of bone in weightless spaceflight and in aging. **Experimental Gerontology**, v.26, p.203-214, 1991.
- SILVERWOOD, B. Building healthy bones. **Paediatric Nursing**, v.15, p.27-29, 2003.
- SLEMENDA, C.W.; MILLER, J.Z.; HUI, S.L.; REISTER, T.K.; JOHNSTON, C.C. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. **Journal of Bone Mineral Research**, v.6, p.1227-1233, 1991.
- SLEMENDA, C.W.; REISTER, T.K.; HUI, S.L.; MILLER, J.Z.; CHRISTIAN, J.C.; JOHNSTON, C.C. Influences on skeletal mineralization in children and adolescents: Evidence for varying effects of sexual maturation and physical activity. **The Journal of pediatrics**, v.125, p.201-207, 1994.
- SNOW-HARTER, C.; MARCUS, R. Exercise, bone mineral density, and osteoporosis. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.19, p.351-388, 1991.
- SPECKER, B. Are activity and diet really important for children's bones? **Nutrition Today**, v.37, p.44-49, 2002.
- STEAR, S.J.; PRENTICE, A.; JONES, S.C.; COLE, T.J. Effect of calcium and exercise intervention on the bone mineral status of 16-18-y-old adolescent girls. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.77, p.985-992, 2003.

Contatos

Universidade de São Paulo
Fone: não fornecido pelo autor
Endereço: Rua Koichi Matsumura nº 173, apto.139, Cep: 12235-180 – São José dos Campos – SP – Brasil.
E-mail: ronaldob@usp.br

Tramitação

Recebido em: 01/12/07
Aceito em: 13/03/08