

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Estudo da densidade mineral óssea em jovens atletas – Uma revisão literária.

Mateus Candido Rêgo

Porto Alegre, dezembro de 2012

Mateus Candido Rêgo

Estudo da densidade mineral óssea em jovens atletas – Uma revisão literária.

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à disciplina de TCC2 da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciatura em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Oliva

Porto Alegre, dezembro de 2012

Mateus Candido Rêgo

Estudo da densidade mineral óssea em jovens atletas – Uma revisão literária.

Conceito final:

Aprovado em de de.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flávia Meyer – ESEF/UFRGS

Orientador – Prof. Dr. João Carlos Oliva – ESEF/UFRGS

“Em homenagem aos meus pais Luécio Dantas Rêgo e Eliana Beatriz Candido Rêgo e a minha irmã Gabriela Candido Rêgo pelo apoio durante essa jornada e ao meu avô Ten. Pedro Bapstista Candido por servir de inspiração.”

Mateus Candido Rêgo

Agradecimentos

Em primeiro lugar aos meus familiares, meus pais pelo apoio incondicional ao longo desses seis anos e meio, a minha irmã que mesmo tendo ficado longe por alguns anos sempre se fez presente.

Ao Prof. Dr João Carlos Oliva pela orientação nesse momento crucial da minha jornada e pelo convite para fazer parte do projeto de ginástica artística da UFRGS, o NEB nb (Núcleo de Esportes de Base).

Aos meus colegas, companheiros e parceiros do NEB por tudo que passamos nesses três anos de trabalho juntos, pelo aprendizado, conhecimento e as muitas risadas que demos juntos.

As minhas alunas de ginásticas artística do NEB que fizeram minha vida mais feliz durante todo esse tempo que estivemos juntos e aos pais delas que foram fundamentais para o andamento de todo o treinamento delas.

A todos os meus amigos e colegas da barra roxa 2006/2 que vou levar no peito comigo depois dessa longa caminhada.

Ao meu avô o Ten. Pedro Baptista Candido que sempre esteve ao meu lado apoiando e incentivando que infelizmente não poderá estar presente, mas certamente estará olhando lá de cima por mim.

A UFRGS e todos os seus professores que contribuíram para o meu conhecimento e amadurecimento durante a faculdade.

Aos meus amigos e amigas Ariele Borges, Jonas Rodrigues da Luz, Carlos Augusto Folly Zettermann e Marcela Zimmermann Casal pelo auxílio na confecção desse trabalho.

RESUMO

Estudo da densidade mineral óssea em jovens atletas – Uma revisão literária.

Os períodos da infância e adolescência são fundamentais para o ganho de massa óssea. Em virtude do estresse mecânico imposto à estrutura óssea de atletas em período maturacional o pico de massa óssea pode vir a apresentar um maior incremento do que em não atletas. O objetivo dessa revisão foi investigar o papel do exercício físico com estresse mecânico na densidade mineral óssea de atletas crianças e adolescentes. Por meio dessa revisão de literatura é possível concluir que a densidade mineral óssea na população em questão é potencializada pelos exercícios, quando comparado com grupos controle. Contudo, ainda existem muitas discussões na literatura quanto à intensidade adequada de exercício físico para esta população, uma vez que, caso o treinamento se torne excessivo, pode vir a minimizar ou até mesmo anular os benefícios à densidade mineral óssea.

Sugere-se a partir deste estudo pesquisas que envolvam a comparação de variáveis, tais como a intensidade de treinamento, nutrição e secreção de hormônios como o GH, tendo em vista que nenhum dos fatores age sozinho o crescimento e a densidade mineral óssea.

Palavras chave: Crianças e adolescentes, densidade mineral óssea e exercício físico.

ABSTRACT

Study of bone mineral density in young athletes - A literature review.

The Childhood and adolescence period are fundamental for gain of bone mass. Because of the mechanical stress on the bone structure in the maturational period, the bone mass peak can show a bigger increase over the non-athletes. The goal of this review was investigate the job of physical exercise with the mechanical stress in the athletes bone mass, on childhood or adolescence. Hereby is possible conclude that mineral bone density in this population is potentiated by exercise when compared with the control group. However still exist lots discussions about on literature regarding the adequate quantity of exercise for this population since, in case of overtraining, can minimalize or even annul the benefits of mineral bone density.

From this study it is suggested researches that involved compare between de variables such as the training intensity, nutrition and secretion of hormones like GH, considering that none of the factors act alone, the growing of the mineral bone density.

Keywords: Children and adolescents, bone mineral density and physical exercise.

Sumário

RESUMO	6
ABSTRACT	7
Lista de Figuras	9
Lista de quadros	9
Introdução	10
1 Problema de Pesquisa	11
2. Objetivo	11
3. Metodologia	11
3.1 Traçado do Estudo.....	11
3.2 Identificação e localização das fontes do estudo.....	11
3.3 Análise do material.....	11
3.4 Redação	12
4. Revisão de Literatura.....	12
4.1 Classificação dos ossos	12
4.1.1 Estrutura dos ossos	13
4.1.2 Desenvolvimento ósseo	19
4.1.3 Desequilíbrio Homeostático	20
5 Densidade Mineral Óssea (DMO)	20
5.1 Processos de formação óssea	20
5.1.1 Infância e adolescência e a atividade física.....	22
5.2 Densidade mineral óssea e os efeito do exercício	25
5.3 Influência da sobrecarga imposta pelo peso corporal durante o exercício físico e o aumento da massa óssea.....	25
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS.....	29,30,31 e 32

Lista de Figuras

Figura 1 Estrutura de um osso longo.....	14.
Figura 2 Estrutura de um osso largo.....	15.
Figura 3 Esquema de sistemas haversianos.....	17.
Figura 4 Micrografia de um osteônio.....	18.
Figura 5 Micrografia de um osteócito.....	19.
Figura 6 Ação dos osteoblastos vs osteoblastos.....	22.

Lista de quadros

Quadro 1 Os efeitos da prática de algumas modalidades esportivas na densidade mineral óssea.....	24.
Quadro 2 Classificação de reação do solo relativa ao peso corporal.....	26.
Quadro 3 Impacto relativo ao peso corporal de diferentes modalidades esportivas.....	26.
Quadro 4 Efeitos da prática de diferentes modalidades esportivas na DMO.....	27.

Introdução

Em tempos passados não se sabia muito sobre a densidade mineral óssea (DMO) e as implicações que os exercícios físicos e atividades esportivas traziam a esse elemento. Mas com o avanço da tecnologia e da medicina tornou-se possível fazer análises dessa variante por meios não invasivos e com uma margem de erro muito pequena com o surgimento do DEXA (*dual X-ray absorptiometry*).

Como já foi dito por Campo et al. (2003), com o aumento da expectativa de vida também vieram junto o aumento na incidência de doenças crônico-degenerativas, entre elas estão, a osteopenia e a osteoporose.

Com esse estudo de revisão de literatura tenho por objetivo analisar artigos e teses sobre o assunto citado no início deste texto e seus efeitos em atletas crianças e adolescentes para que se possível possamos juntos, pesquisadores da área, resolver o impasse que diz respeito ao volume e intensidade de exercícios necessários para um incremento da massa óssea sem ou com o mínimo de efeitos negativos para que atletas e até mesmo os não atletas possam vir a se beneficiar disso e venhamos a conseguir a diminuição dos casos futuros de osteopenia e osteoporose ou se não ao menos dar a possibilidade de uma melhor qualidade de vida a todos desde as mais tenras idades, infância e adolescência, até a vida adulta e a terceira idade.

1 Problema de Pesquisa

Quais as principais alterações na densidade mineral óssea de atletas crianças e adolescentes devido ao exercício e intensidade do treinamento?

2. Objetivo

Partindo da hipótese acima estabelecida, o objetivo desse estudo foi buscar elementos para a análise da densidade mineral óssea em atletas em idade maturacional, através de uma revisão de literatura. Com isso, espera-se contribuir para futuros trabalhos e pesquisas.

3. Metodologia

3.1 Traçado do Estudo

Este estudo é caracterizado por ser uma revisão de literatura ou revisão teórica.

Visa fazer uma análise através de publicações teóricas, sobre densidade mineral óssea, crianças e adolescentes, exercício físico.

3.2 Identificação e localização das fontes do estudo

Para a realização desta pesquisa os dados foram coletados através de base de dados eletrônicos: GOOGLE ACADEMICO, CAPES, SCIELO, PUBMED. Utilizou-se também a literatura impressa (livros, artigos, teses e dissertações) pesquisada na biblioteca da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e na biblioteca do Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Foram utilizadas as descrições “bone mineral density” , “physical exercise” “childrens” e “adolescents” para a busca nessas bases de dados. As buscas iniciais com essas descrições geraram inúmeros artigos científicos.

3.3 Análise do material

Foi feita a leitura do material selecionado, buscando a síntese e comparação dos dados extraídos, principalmente as palavras chave densidade mineral óssea,

exercício físico, crianças e adolescentes. Do total dos artigos encontrados foram selecionados 34 artigos que se encaixavam, a partir do título, palavras chave e resumo.

3.4 Redação

Etapa final da pesquisa foi feito o enquadramento e digitação do trabalho segundo as normas da ABNT, pelo Manual de Normatização de Trabalhos Acadêmicos da Escola de Educação Física.

4. Revisão de Literatura

4.1 Classificação dos ossos

Os ossos são classificados de acordo com a sua forma em: longos, curtos, planos e irregulares (SPENCE, 1991).

- **Ossos longos (ou tubulares):** compõem a estrutura do chamado esqueleto apendicular. São formados por uma diáfise, constituindo o corpo cilíndrico do osso, e os tubérculos (ou tuberosidades ou côndilos), em suas extremidades. Possuem, ainda, uma cartilagem articular que envolve cada côndilo, com a função de proteger as extremidades de desgastes pelo contato com outros ossos (SALTER, 2001).
- **Ossos curtos (ou cuboidais):** Sua forma se aproxima a de um cubo e incluem apenas os ossos do carpo e do tarso. Possuem limitados movimentos de deslizamento e a função de absorver impactos (SALTER, 2001).
- **Ossos planos (ou chatos):** Como sugere o nome, estes ossos possuem o formato achatado, como o caso das escápulas, costelas, patelas e alguns ossos do crânio. Possuem a função de proteger os órgãos internos e tecidos

moles, além de oferecem amplas áreas de inserção para músculos e ligamentos (WATKINS, 2001).

- **Ossos irregulares:** Estes ossos caracterizam-se por apresentarem formas diferentes e funções específicas. As vértebras são ossos que apresentam formas irregulares e funções especiais, por isso são classificadas como ossos irregulares. Elas fornecem o canal ósseo protetor para a medula espinhal, inclusive, oferecem vários processos para inserção de músculos e ligamentos, além de sustentarem a carga da parte superior do tronco (WATKINS, 2001).

4.1.1 Estrutura dos ossos

O osso é um tecido conjuntivo especializado e caracteriza-se como o tecido mais duro, forte, resistente e rígido do corpo (WATKINS, 2001; WHITING, 2001). A estas características deve-se ao sal ósseo, uma substância basal que consiste de uma combinação de pirofosfato de cálcio e carbonato de cálcio, com quantidades menores de magnésio, sódio e cloro combinado com o colágeno. Sendo o colágeno responsável pela propriedade elástica do osso, (ALEXANDER, 1975 apud WATKINS, 2001). Com o colágeno sendo responsável pela propriedade elástica do osso, permitindo a absorção do impacto súbito sem quebra.

- **Anatomia Macroscópica**

“Um típico osso longo (Figura 1) tem uma haste, chamada **diáfise**, e duas extremidades, chamadas **epífises** proximal e distal. A diáfise é formada por um cilindro oco de **osso compacto** que rodeia uma cavidade medular. A cavidade medular que é usada como reserva de gordura é também chamada de **cavidade da medula óssea amarela**. Ela é revestida por uma fina camada de tecido conjuntivo chamado **endósteo**. A superfície externa das epífises também é formada por osso compacto, mas suas regiões centrais são preenchidas por placas interligadas de **osso esponjoso**. As cavidades entre as placas de osso esponjoso são revestidas por endósteo. O osso esponjoso da epífise de certos ossos contém **medula óssea vermelha**. Nas crianças e nos adultos jovens a diáfise e a epífise estão separadas por uma **cartilagem ou disco epifisário**, responsável pelo crescimento do osso em comprimento. No adulto, quando o crescimento do esqueleto já se completou, a cartilagem epifisária é substituída por osso, unindo firmemente a epífise ao resto do osso. Esta junção é chamada de **linha epifisária**. Não há cavidade medular num osso plano. Este tipo de osso é formado por osso esponjoso chamado **díplloe** que fica prensado

entre duas camadas superficiais de osso compacto (Figura 2). O osso esponjoso contém medula vermelha.

Os ossos são recobertos por uma dupla camada de tecido conjuntivo fibroso chamado periosteio. Não há periosteio nas articulações onde o osso é recoberto por uma cartilagem articular. A camada externa do periosteio é suprida por vasos sanguíneos e nervos, alguns dos quais penetram no osso. A camada interna está fixada ao osso por feixes colágenos – **fibras perfurantes** do osso (fibras de Sharpey) que penetram no osso, ancorando-a.” (SPENCE, 1991, p.97).

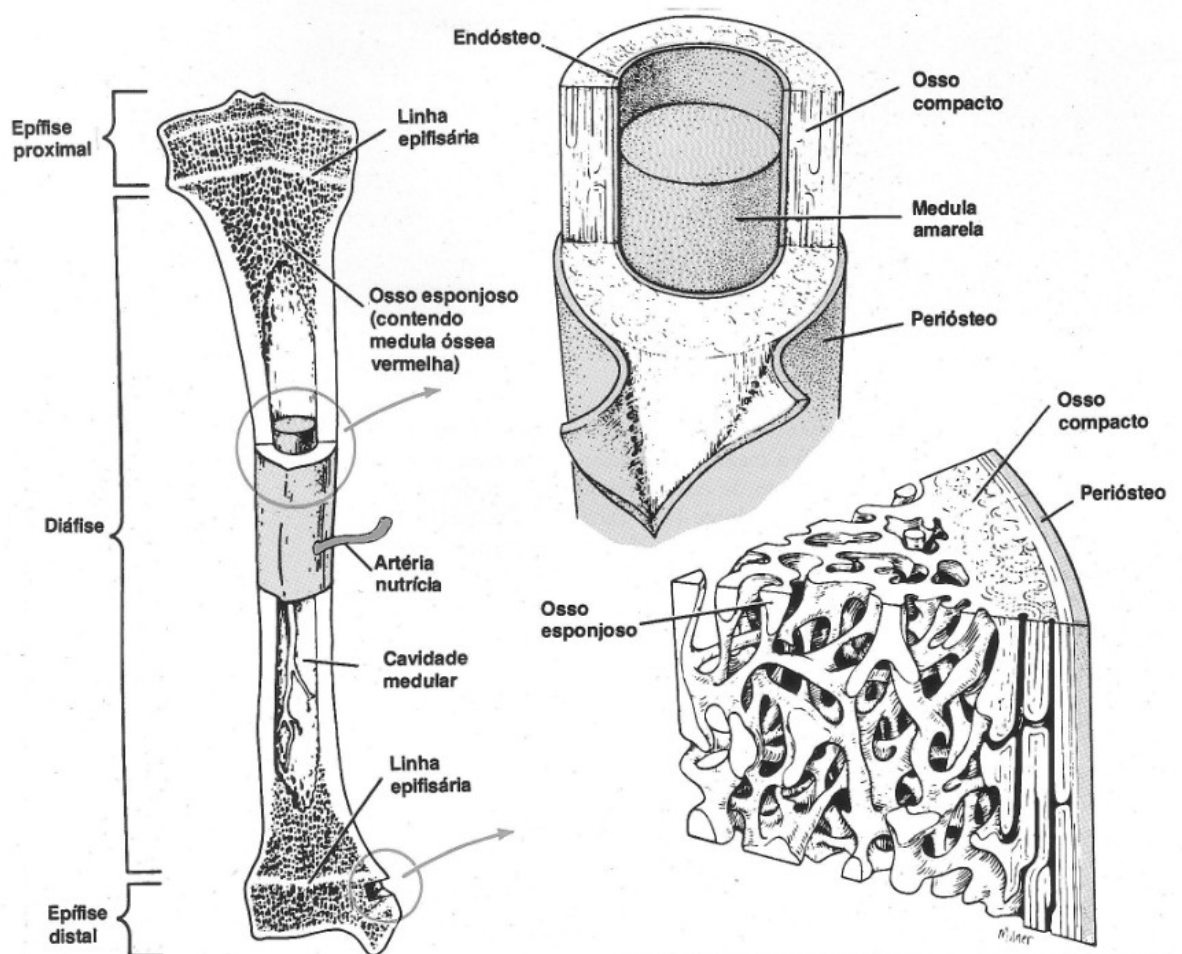
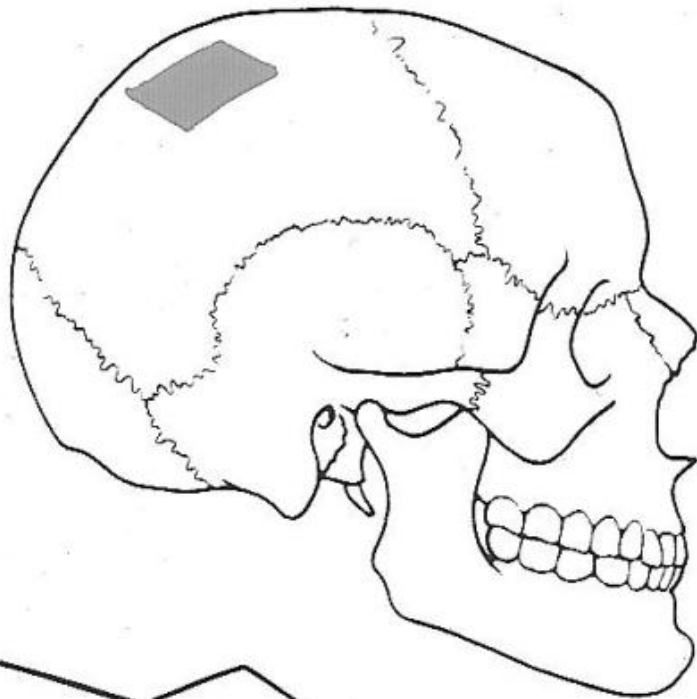
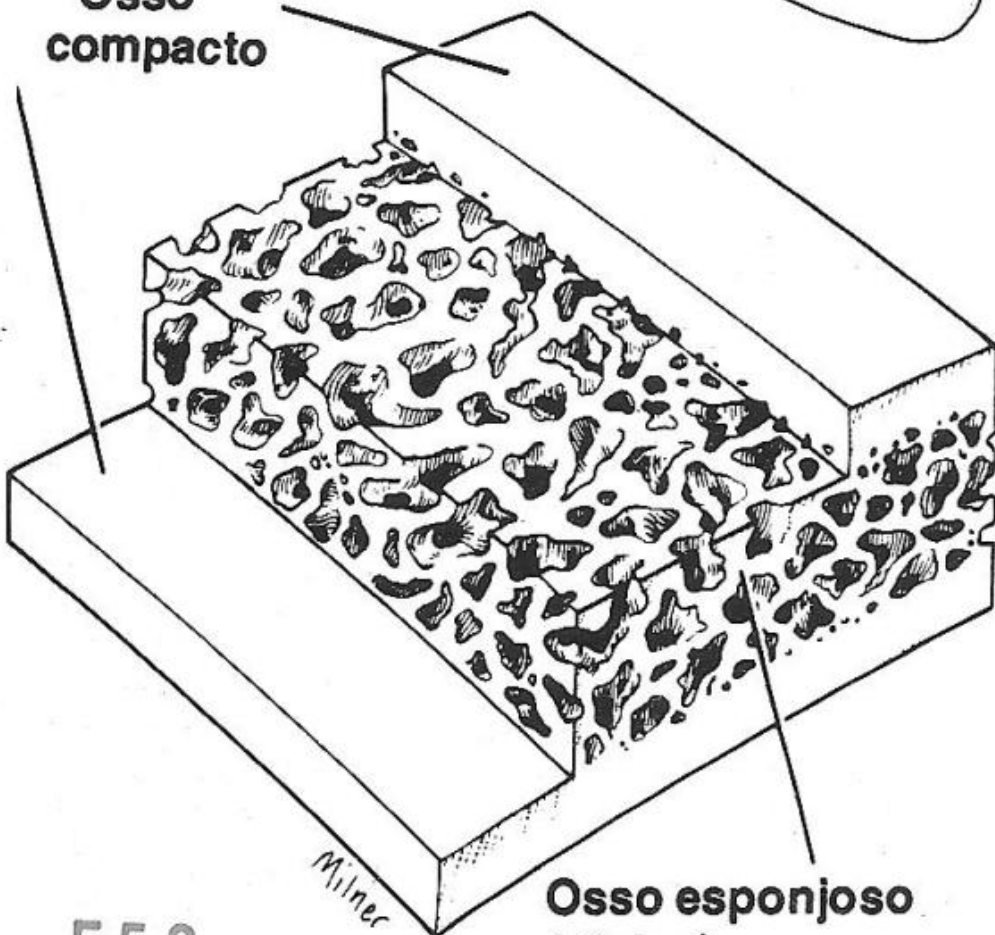


Figura 1 – Estrutura de um osso longo – secção longitudinal.
Fonte: SPENCE, p 96 (1991).

F 5-1



Osso compacto



F 5-2

Osso esponjoso (diploe)

Figura 2 – Secção transversal mostrando a estrutura de um osso largo.
 Fonte: SPENCE, p 97 (1991).

- **Anatomia Microscópica**

“Quando examinado sob microscópio, o osso compacto é visto como sendo formado por muitos sistemas organizados de canais interconectados (Figura 3 e Figura 4). A unidade estrutural do osso compacto adulto é o **sistema haversiano (osteônio)**. Cada sistema haversiano tem um canal central – **canal central do osteônio** – (canal haversiano) que é rodeado de **lamelas** (camadas) concentricamente arranjadas de osso. Pelo fato do osteônio geralmente correr paralelamente ao longo do eixo do osso, os canais aparecem em secção longitudinal como longos tubos. Esta orientação do sistema haversiano contribui para a capacidade do osso em resistir a forças compressivas. Localizadas entre lamelas adjacentes num osteônio estão diminutas cavidades chamadas **lacunas**. Cada lacuna contém uma célula chamada **osteócito**. Todas as lacunas num sistema haversiano estão interconectadas por finíssimos canais denominados **canalículos**. Os osteócitos têm pequenos processos protoplasmáticos nas suas superfícies que entram nos canalículos e contactam com os processos celulares dos osteócitos localizados em lacunas adjacentes. No ponto de contato, dentro dos canalículos, os processos celulares dos osteócitos adjacentes são mantidos unidos por junções comunicantes que tornam possível a rápida passagem de nutrientes e resíduos de um para o outro (Figura 5).

Cada canal central do osteônio (canal haversiano) contém pelo menos um capilar sanguíneo, que proporciona uma fonte de nutrientes e um meio de eliminação de resíduos dos osteócitos que estão alojados nas lacunas. Os nutrientes e resíduos somente podem se difundir a curta distância através do tecido fluido das lacunas e canalículos, seja para entrar ou sair do canal haversiano. Após entrar no osteócito, os nutrientes provenientes dos vasos sanguíneos são distribuídos para osteócitos adjacentes por meio dos processos citoplasmáticos dentro dos canalículos. Os vasos sanguíneos que alcançam os canais são provenientes de vasos maiores que se encontram localizados ou na superfície do osso (na camada vascular do periósteo) ou na cavidade medular. Os vasos sanguíneos, bem como os vasos linfáticos e nervos, entram e saem da cavidade medular por meio dos **canais nutritivos** que perfuram o osso desde a superfície e se comunicam com a cavidade medular. Os vasos sanguíneos de ambas as fontes alcançam os canais centrais do osteônio (canais haversianos) através dos **canais perfurantes** (antigos canais de Volkmann) que correm perpendicularmente aos canais centrais dos osteônios. Na superfície externa do osso, logo por baixo do periósteo, são encontradas várias **lamelas circunferenciais**, que acompanham a circunferência da diáfise, como que rodeando à distância um canal haversiano.

O osso esponjoso não mostra a organização que é característica do osso compacto. Embora os osteócitos estejam alojados em lacunas e estas se comuniquem através de canalículos, como no osso compacto, as lamelas não estão arranjadas em camadas concêntricas. Mais propriamente, elas estão arranjadas em várias direções que correspondem às linhas de máxima pressão ou tensão.

Os capilares sanguíneos alcançam a vizinhança dos osteócitos passando nos espaços da medula óssea entre as placas de osso formadas por lamelas.

A partir destas considerações sobre a estrutura microscópica do osso, fica bem evidente que o sistema esquelético é um sistema vivo bem suprido por vasos sanguíneos e nervos. Desse modo, ele é capaz de executar suas funções dinâmicas de formar células do sangue e reservar minerais, bem como suas funções estáticas de suporte, movimento e proteção.” (SPENCE, 1991, p.97-98).

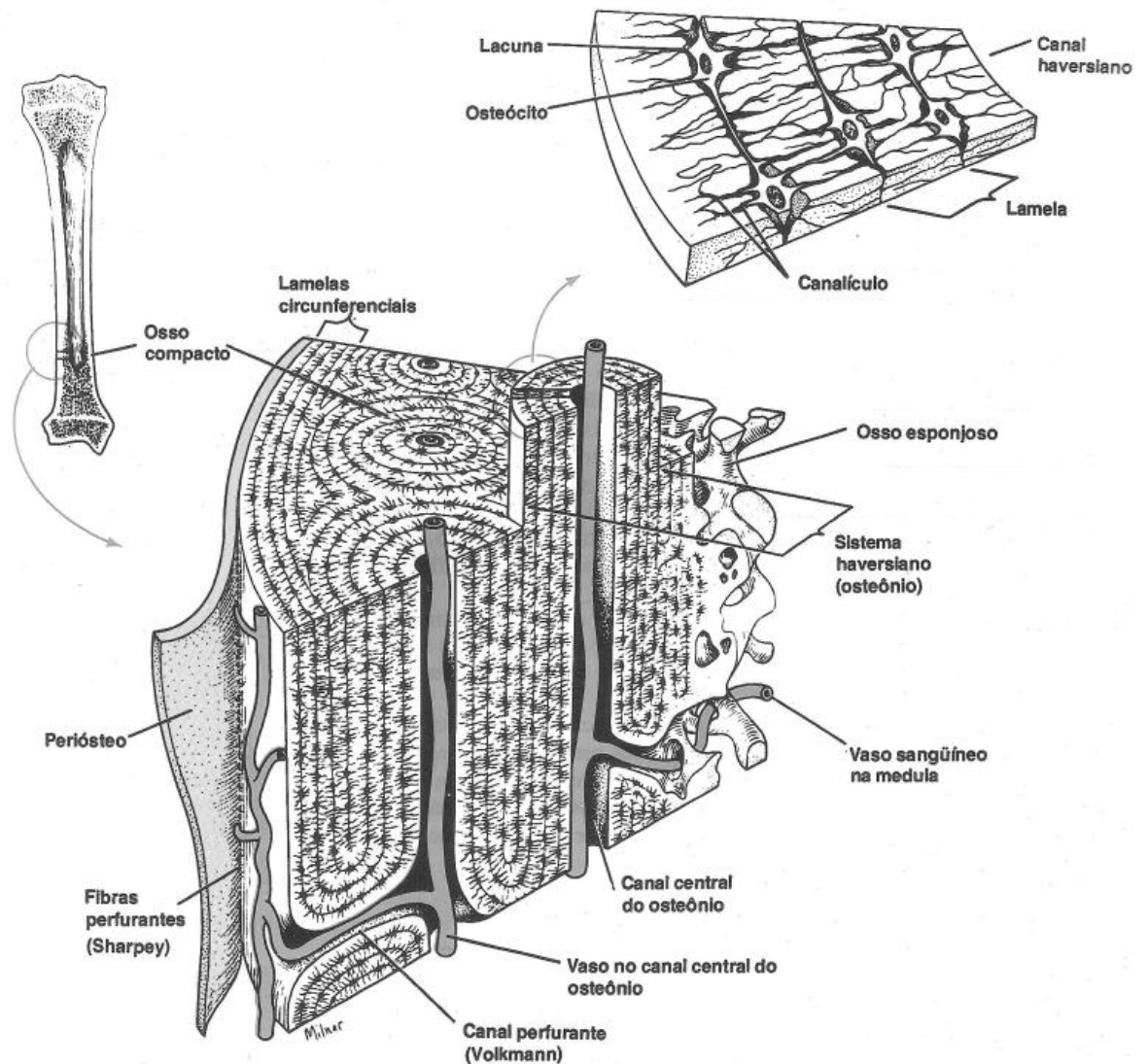


Figura 3 – Esquema de sistemas haversianos (osteônios) ampliados, como estão dispostos no osso compacto. O periosteio foi retirado para mostrar um vaso sanguíneo entrando no osteônio através de um canal perforante (antigo canal de Volkmann). O detalhe superior representa, em grande aumento, osteócitos nas lacunas. Observe que as lacunas estão interconectadas por canalículos.
Fonte: SPENCE, p 98 (1991).

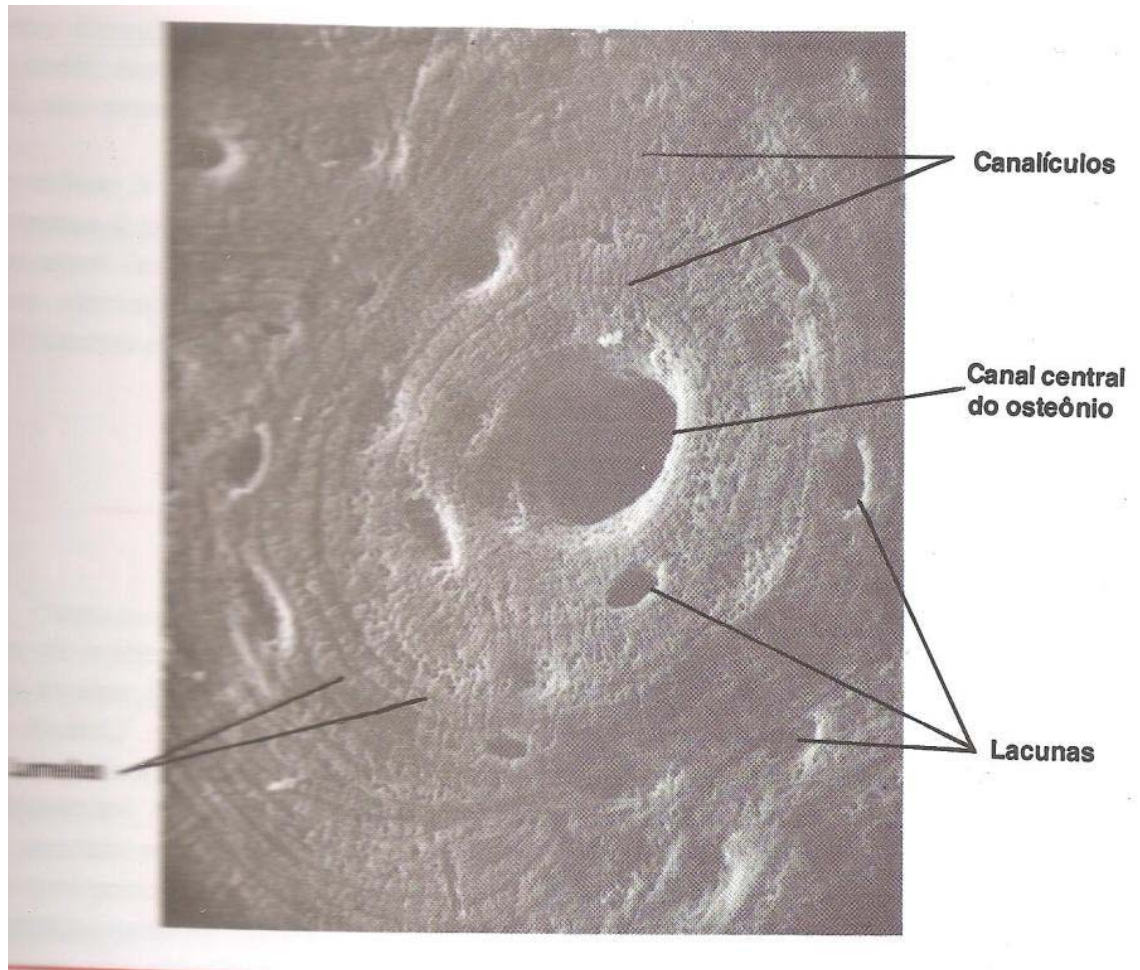


Figura 4 – Micrografia eletrônica de um osteônio (x587). (De *Tissues and Organus: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy* de Richard G. Kessel e Randy H. Kardon. W.h. Freeman and Company. Copyright 1979).

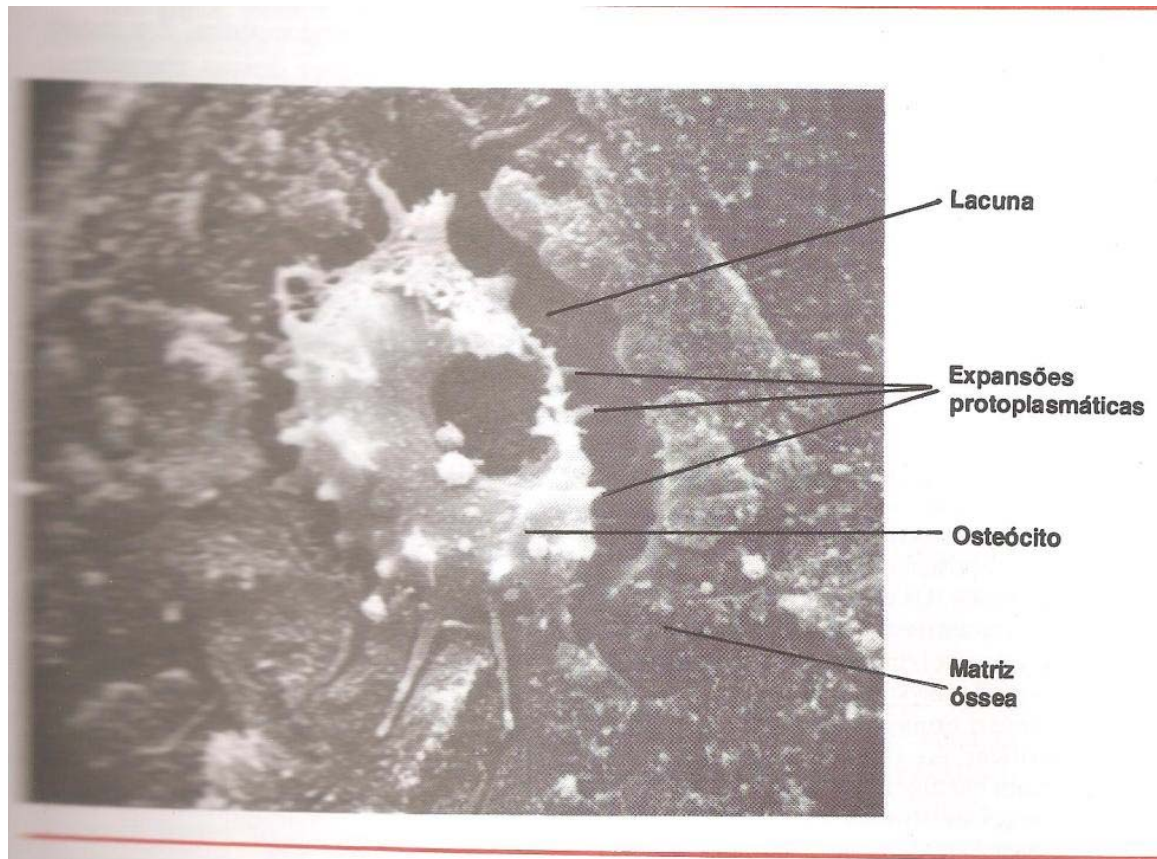


Figura 5 – Micrografia eletrônica de um osteócito na lacuna (x5326). Observe as extensões citoplasmáticas da superfície da célula entrando nos canalículos. (De *Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy* de Richard G. Kessel e Randy H. Kardon. W.h. Freeman and Company. Copyright 1979).

• Composição

“A substância intercelular (matriz) do osso é formada de dois componentes principais: um **arcabouço orgânico** e **sais inorgânicos**. O arcabouço orgânico, no qual estão contidos os sais minerais, é formado de *fibras colágenas* semelhantes às encontradas nos demais tecidos conjuntivos. Rodeando tais fibras há uma substância fundamental homogênea. Os sais inorgânicos do osso são formados principalmente de *cálcio* e *fosfato*.

As fibras colágenas dão ao osso grande força e tensão – isto é, podem resistir ao alongamento e a torção. Os sais permitem ao osso resistir à compressão. Esta combinação de fibras e sais confere ao osso excepcional força sem torna-lo quebradiço.” (SPENCE, 1991, p.100).

4.1.2 Desenvolvimento ósseo

Os termos **ossificação** e **osteogênese** são sinônimos que significam o processo de formação do osso (os = osso; gênese = começo). Em

embriões, esse processo leva à *formação do esqueleto ósseo*. Mais tarde, outra forma de ossificação conhecida como *crescimento ósseo* ocorre até o início da vida adulta enquanto o corpo continua a crescer em tamanho. Os ossos são capazes de crescer em espessura ao longo da vida. Entretanto, a ossificação nos adultos serve principalmente para o *remodelamento* e reparo do osso. (MARIEB & HOEHN, 2009, p.164).

4.1.3 Desequilíbrio Homeostático

Segundo Cadore, Brentano & Kruehl (2005), um método de treinamento que tem sido utilizado, com o objetivo de compreender o mecanismo fisiológico que provê o efeito osteogênico da atividade física, é a mensuração das concentrações de alguns marcadores bioquímicos de formação (i.e. secreção osteoblástica) e reabsorção óssea (i.e. subprodutos do colágeno ósseo) e suas variações em decorrência do treinamento. A possível variação dessas concentrações, poderia indicar um estado de anabolismo ou catabolismo ósseo. (VINCENT & BRAITH, 2002).

- Resposta ao estresse mecânico: além da regulação hormonal, outros fatores interferem no remodelamento, como a resposta do osso ao estresse mecânico (tração muscular) e à gravidade. Esses fatores atendem às necessidades do esqueleto, mantendo os ossos fortes no local de ação desses estressores. (MARIEB & HOEHN, 2009).

5 Densidade Mineral Óssea (DMO)

A densidade mineral óssea (DMO) é o resultado de um processo dinâmico de reabsorção e formação do tecido ósseo que se chama remodelação. A reabsorção causa a deteriorização do tecido ósseo enquanto a formação do mesmo é a responsável construção, reconstrução e fortalecimento do tecido lesado (CREIGHTON et al, 2001).

O processo de reabsorção e formação conhecido por remodelação ocorre ao longo de toda a vida em ciclos que tem de quatro a seis meses de duração (BEMBEN et al, 2001).

5.1 Processos de formação óssea

Segundo BAR-OR (1996) nosso osso estão em constantes mudanças, que podem ser divididas em três processos: crescimento, modelagem e remodelagem.

- Crescimento: controlado principalmente pelo sistema endócrino, que entende toda a estrutura esquelética e seu desenvolvimento tanto em largura quanto

comprimento. A principal característica do crescimento é o desenvolvimento longitudinal, o qual é inibido pela redução dos espaços epifisários, em especial nos ossos longos.

- Modelagem: responsável pela amplificação da resistência óssea, pelo incremento de massa e corresponde principalmente com o tamanho do osso.
- Remodelagem: sua principal função é a reparação de micro fraturas ocorridas no dia-dia por um sucessivo ciclo de destruição e renovação óssea, que significa a ativação dos osteoclastos que leva a reabsorção óssea e a ação dos osteoblastos que reconstroem a matriz óssea, o que leva a uma nova mineralização do tecido. As diferenças entre a ação dos osteoclastos e osteoblastos podem aumentar ou reduzir a mineralização óssea, sendo que o equilíbrio entre as duas ações possibilita a manutenção da DMO.

Ainda segundo BAR-OR (1996), forças mecânicas induzidas pelo exercício físico tem ação sobre os osteoblastos na formação de um novo tecido, fazendo-os se adaptar aos estímulos externos. Similarmente, a ação muscular resulta em estresse mecânico no osso gerando potenciais elétricos que afetam o equilíbrio das atividades osteoblásticas e osteoclásticas, inculindo a novas modificações. Com o avançar da idade existe um predomínio da ação osteoclástica aumentando o processo de desmineralização óssea, a qual é atribuída principalmente à degeneração dos constituintes trabeculares da estrutura óssea.

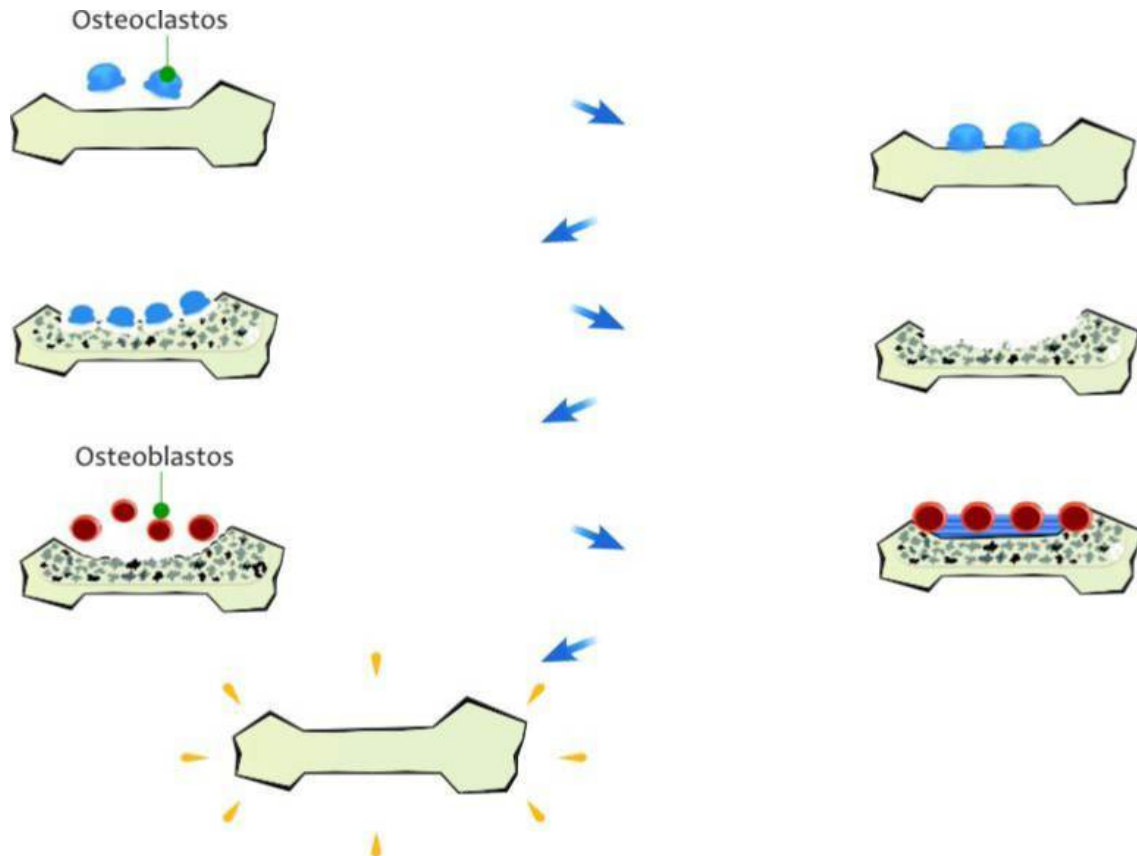


Figura 6 : Ilustração da ação dos osteoclastos VS osteoblastos.

Fonte: ciclo de vida das células ósseas [imagem online]

Disponível em <http://www.acaciadeamericana.com.br/polifenois-da-maca-30-capsulas.html>

Acessado em 17 de Dezembro de 2012

5.1.1 Infância e adolescência e a atividade física

De acordo com Nickols-Richardson et al. (2000) um grande fator que influencia a maximização da DMO na infância é a atividade física, principalmente aquelas com aplicação de carga. A estimulação à modelagem e o crescimento ósseo é dada pela força aplicada por unidade de área (GRIMSTON, WILLOWS & HANLEY, 1993). Causadas pelo exercício, as forças mecânicas induzem o tecido ósseo a uma adaptação. Logo, o exercício sendo um fator de estresse mecânico, se torna uma ótima ferramenta para prevenção da osteoporose e um dos principais moduladores deste tecido (SILVA et al., 2003). A afirmação de Bonjour et al (1991) de que a quantidade e qualidade do tecido ósseo, encontrada nos indivíduos

adultos, poder vir a ser características desenvolvidas durante a infância e adolescência vai ao encontro do que diz Gunnes & Lehmann, (1996) de que é importante adquirir na fase pré-púbere e adolescência um bom depósito de cálcio nos ossos, pois toda a densidade mineral atingida nessa idade é o que vai definir a incidência ou não de osteoporose no futuro.

Ainda não ficou muito claro qual é o tipo de atividade física que potencializa o crescimento ósseo sem prejuízos futuros.

Estímulos osteogênicos são causados tanto pelo treinamento de força que leva a hipertrofia muscular, quanto atividades de maior sobrecarga decorrente do peso corporal (CADORE et al., 2005; BRENTANO et al., 2008) trazendo independente do sexo e idade dos indivíduos um aumento da DMO (SILVA et al., 2003). Em contraposição a falta ou diminuição das ações musculares com acontece em acamados, imobilizações de membros ou falta de gravidade exerce uma influência negativa na DMO (CAMPOS et al., 2003).

Segundo Grimston et al. (1993), crianças praticantes de modalidades esportivas onde há o predomínio de saltos, possuem maior densidade óssea na cabeça do fêmur se comparadas com nadadores, já que durante a atividade de impacto, as compressões ósseas podem alcançar valores próximos ou superiores a três vezes o peso corporal, o que leva a reestruturação óssea dos pontos onde as forças de impacto são dissipadas. Além disso, pesquisas como as de Nickols-Richardson et al. (2000) e Kirchner et al., (1995) mostram que atletas de ginástica artística do sexo feminino que praticam a modalidade por um período de vários anos, comparadas a grupos controle desenvolvem altos índices de mineralização óssea, e este fenômeno pode ser devido às altas cargas mecânicas que esta modalidade impõe.

É significativa a importância do estresse mecânico induzido pela atividade física no desenvolvimento dos ossos apesar de o cálcio também ser segundo BAR-OR (1996). Ainda que a atividade física venha a influenciar positivamente a remodelação óssea, ainda não ficou muito claro o processo bioquímico responsável por esse efeito e outros fatores, entre eles a nutrição, a genética do indivíduo e a homeostase hormonal podem mediar os efeitos da atividade física na saúde óssea (ADREOLI A et al, 2001). A relação da maior densidade relacionada a fatores nutricionais em ginastas é improvável segundo Nichols et al. (1994), pois foram encontrados resultados maiores de DMO em ginastas, quando os valores de cálcio

ingerido pelo grupo controle eram maiores. Podendo verificar então que independente na dieta de cálcio a melhora da DMO está mais relacionada a exercícios físicos que promovem o suporte do próprio peso (SLEMENDA et al, 1991).

A prática de exercícios que utilizam como sobrecarga grande produção de força ou o peso corporal causam efeito osteogênico (MADSEN et al, 1998; LIU et al, 2003) vem sendo sugeridos já que atletas com envolvimento em esportes com essas características possuem maior DMO que a população em geral (CREIGHTON et al, 2001; LIU et al, 2003).

Os resultados de estudos de diversas modalidades esportivas e seus efeitos na DMO estão apresentados no quadro 1. De posse desses resultados é permitido sugerirmos que algumas dessas modalidades possuam efeito estimulador da remodelação do tecido ósseo quando o mesmo é submetido a um esforço crônico que venha a exceder a sobrecarga habitual (ANDREOLI et al, 2001).

QUADRO 1 Os efeitos da prática de algumas modalidades esportivas na densidade mineral óssea			
Autor	Modalidade esportiva	Amostra	Resultados
Madsen et al. ⁽¹⁸⁾	Ginástica artística, futebol, voleibol, atletismo e <i>cross-country</i>	Mulheres entre 18 e 26 anos, atletas ou sedentárias	DMO total, lombar, femoral e CMO maior nas atletas.
Sandström et al. ⁽²⁰⁾	Hóquei no gelo	Mulheres entre 18 e 26 anos, atletas ou sedentárias	DMO total, lombar e femoral maior nas jogadoras de hóquei.
Morris et al. ⁽²³⁾	Remo	Mulheres entre 15 e 25 anos, remadoras ou sedentárias	DMO lombar maior nas remadoras.
Creighton et al. ⁽¹⁾	Esportes de alta sobrecarga gravitacional (vôlei e basquete), média (futebol e corrida) e nenhuma (natação)	Mulheres entre 18 e 26 anos, atletas ou sedentárias	Maior DMO total e femoral no grupo de alta sobrecarga do que os demais. Maior DMO total e femoral no grupo de média sobrecarga do que nos grupos de nenhuma sobrecarga e controle.
Andreoli et al. ⁽¹⁵⁾	Judô, caratê e pólo aquático	Homens entre 18 e 25 anos, atletas ou sedentários	Maior DMO de braços em judocas em relação aos outros. Maior DMO de pernas em caratê em relação ao pólo e grupo controle. Maior DMO de tronco e CMO nos grupos judô e caratê.
Gremion et al. ⁽²⁴⁾	Corredoras de longa distância	Mulheres entre 19 e 31 anos, corredoras com e sem distúrbios menstruais	DMO lombar menor em corredoras oligoamenorreicas do que eumenorreicas e corredoras usuárias de contraceptivos com estrogênio.
Helge e Kanstrup ⁽²⁵⁾	Ginástica artística e ginástica rítmica	Mulheres entre 15 e 20 anos, atletas ou sedentárias	DMO lombar, radial e femoral maior nas ginastas artísticas e DMO lombar maior nas ginastas rítmicas do que no grupo controle.
Maimoun et al. ⁽²⁶⁾	Triatlo, ciclismo e natação	Homens entre 18 e 39 anos, atletas ou fisicamente ativos	DMO femoral dos triatletas maior que o grupo controle.

DMO: densidade mineral óssea; CMO: conteúdo mineral ósseo.

QUADRO 2

Quadro 1
Fonte : MOTTINI et al, (2008).

5.2 Densidade mineral óssea e os efeitos do exercício

A lei de Wolf “Toda alteração no formato e na função dos ossos ou somente de sua função é seguida por certas alterações, definidas na sua arquitetura interna, e igualmente em sua conformação externa” (WOLF, 1892) é uma possível explicação para a remodelação estimulada pelo exercício. Quer dizer que os ossos são fortalecidos de acordo com a maneira e as regiões mais estimuladas (NUNES et al., 2001).

Sabendo que as cargas que são impostas pelos exercícios atingem seguimentos diferentes, vários estudos fazem a comparação do aumento do conteúdo mineral ósseo (CMO) ganho em várias partes do corpo (CREIGHTON et al., 2001; GINTY et al., 2005; EGAN et al., 2006; KAVOURAS et al., 2006). Com isso é possível notar que a estimulação osteoblástica ocorre principalmente no local onde o estresse mecânico foi aplicado. Kavouras et al., (2006) consideram carga-dependente a deposição óssea localizada em determinadas partes do corpo em resposta ao exercício físico. Assim sendo, o limiar de estresse de cada osso necessário para a hipertrofia é específico. Enquanto a resposta dos ossos ao estresse mecânico é localizada, o sistema esquelético responde aos níveis de cálcio como um todo. Se a dieta de cálcio é inadequada e ossos específicos forem estimulados, o cálcio pode vir a ser mobilizado de ossos com menos estresse mecânico (MATSUDO & MATSUDO, 1992).

Moser et al. (2004) destacaram a maior importância da atividade física na infância e adolescência como um melhor método de prevenção da osteoporose do que um programa de exercícios na fase adulta.

5.3 Influência da sobrecarga imposta pelo peso corporal durante o exercício físico e o aumento da massa óssea

Durante exercícios que contêm impacto com o solo são geradas cargas mecânicas, cargas essas que refletem uma força de reação. Para se obter indicadores sobre os níveis de carga na esfera dos desportos, estudos utilizando a plataforma de força medem a força de reação do solo (FRS) relativa ao peso corporal (PC) (GROOHAUSEN et al., 1997). Nos quadros 2 e 3 são apresentados os valores de FRS em relação à força vertical.

Assim sendo, podemos classificar as modalidades esportivas de acordo com a sua graduação de impacto em modalidades de alto, baixo e sem impacto (GINTY et al., 2005), de acordo com o índice de FRS relativo ao PC que elas apresentam (BRUNIERA et al, 1994; AVILA apud KRUEL, 2000). Atento aos valores apresentados no quadro 2 podemos classificar as modalidades esportivas em baixo, alto e altíssimo impacto.

Quadro 2		
Classificação de reação do solo relativa ao peso corporal		
Autor	FRS (PC)	Classificação
Bruniera e Amadio, 1993	0,5 - 1,2	baixo impacto
	1,6 - 2	alto impacto - para vel de 3m/s
	3 - 3,5	alto impacto - para vel de 7m/s
Avia apud Krueel, 2000	> 4,8	altíssimo impacto
Nigg e Herzog, 1994	5 - 12,5	altíssimo impacto

*FRS: força de reação; PC: peso corporal; >: maior que

Quadro 2

Fonte : Fonte : MOTTINI et al, (2008).

O quadro 3 apresenta a FRS em algumas modalidades esportivas.

Quadro 3		
Impacto relativo ao peso corporal de diferentes modalidades esportivas		
Autor	Modalidade	FRS (PC)
Groothausen et al.; 1997	pedalar	< 1
	dança de salão	1 - 2
	judô, caminhada	1,2 - 1,6
	badminton, baseball e tênis	2 - 4
	basquete	4,1 - 6
	ginástica rítmica	5
Creighton et al.; 2001	ginástica artística: salto mortal	11
	futebol	2 - 3
Michaud et al.; 1993	vôlei	3 - 6
	ginástica aeróbica	2,8
Egan et al.; 2006	corrida leve de longa distância	2 - 4

*FRS: força de reação do solo PC: peso corporal; <: menor que

Quadro 3

Fonte : Fonte : MOTTINI et al, (2008).

Ao envolver saltos os esportes podem ter a FRS aumentada em até 4 vezes ou mais. Enquanto aqueles esportes com rápidas mudanças de direção realizados em velocidade tendem a multiplicar o PC de 2 a 4 vezes (GROOTHAUSEN et al., 1997). Para Moser et al. (2004) o mais importante não é a duração do estímulo e sim a intensidade, esta tendo de ser tão potente a ponto de ser detectada pelo osso. De acordo com Ginty et al. (2005) é na fase onde ocorre o pico de massa óssea, adolescência, que são praticadas nas escolas modalidades com maior carga mecânica, mantendo um estímulo constante resultando numa maior atividade

osteoblástica. Grimston et al (1993) mostram em seus estudos uma maior DMO em crianças praticantes de esportes como ginástica, dança e corrida, já que apresentam mais de 3 PC do que em crianças praticantes de natação. Assim como Ginty et al. (2005), Egan et al. (2006) também mostram que a DMO parece ter uma relação estreita com o volume de treinamento em atividades de alto impacto.

Levando em consideração os benefícios dos exercícios, o quadro 4 mostra as diferentes modalidades e seus efeitos na DMO.

Quadro 4			
Efeitos da prática de diferentes modalidades esportivas na DMO			
Autor	Modalidade Esportiva	Amostra	Resultados
Grimston et al., 1993	Natação e esportes com FRS > de 3PC (ginástica e corrida)	17 crianças que competem regularmente	DMO significativamente maior no fêmur e nas vértebras lombares das crianças envolvidas em esportes com FRS > de 3PC.
Creighton et al., 2001	Alto impacto (vôlei e basquete), médio (futebol e corrida) e sem impacto (natação)	41 mulheres entre 18 e 26 anos	Maior DMO total no grupo de alto impacto do que nos demais. Maior DMO no grupo de médio impacto do que no grupo sem impacto e controle.
Helge e Kanstrup, 2002	Ginástica artística e ginástica rítmica	11 mulheres entre 15 e 20 anos	DMO lombar, radial e femoral maior nas ginastas artísticas e DMO lombar maior nas ginastas rítmicas do que no grupo controle.
Ginty et al., 2005	Modalidades de alto, moderado, baixo e sem impacto	128 homens entre 16 e 18 anos	CMO maior em todo corpo (3,4%) e no quadril (8,5%) no grupo de alto impacto comparado a grupo de baixo impacto. Resultados significativos no incremento de CMO nos indivíduos que praticam mais de 1h/dia em atividades de alto impacto.
Ducher et al., 2006	Tênis	28 crianças e 47 adultos jogadores de tênis + 12 crianças e 58 adultos controle	Maior DMO na parte distal do antebraço dos jogadores adultos.
Egan et al., 2006	Alto impacto: rugby, netball e corredoras de longa distância	86 mulheres atletas com média de idade de 21,25 anos	Maior DMO nas atletas de rugby em todas as partes, regiões e segmentos do corpo quando comparadas ao grupo sedentário. 7,7% maior nos braços e 22,6% no quadril.
Kavouras et al., 2006	Pólo aquático, handebol e sedentários	48 homens de 17-34 anos	Maior DMO total nos jogadores de handebol, mas com valores semelhantes nos membros superiores.

CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; FRS: força de reação do solo; PC: peso corporal.

Quadro 4

Fonte : Fonte : MOTTINI et al, (2008).

CONCLUSÃO

Ainda que os principais fatores que determinam o metabolismo ósseo sejam os intrínsecos como (sexo, raça herança genética), devemos dar uma especial atenção também aos fatores extrínsecos como (alimentação, atividade física, aspectos mecânicos, medicamentos, hábitos de vida), pois eles é que irão moldar e estimular o fortalecimento do tecido ósseo.

Embora haja na literatura indicações dos efeitos positivos do exercício físico e da atividade física esportiva sobre a saúde óssea, ainda existem muitas discussões sobre a prescrição mais adequada de exercícios físicos, tanto quanto a intensidade e a duração, quando se tem por objetivo amplificar a modulação do tecido ósseo, pois como é dito em vários artigos, se for feito um trabalho extremamente intenso ao invés de efeitos positivos e ganho de massa óssea poderemos ter uma inversão acarretando malefícios a essa estrutura como micro fraturas e fraturas por estresse. Sugerem-se a partir dessa revisão que sejam realizados cada vez mais estudos sobre o assunto para que possamos encontrar os melhores métodos de treinamento com o intuito de aumentar a densidade mineral óssea ao que se refere a volume e intensidade para essa e outras faixas etárias tornando os exercícios físicos e atividades físicas esportivas mais seguras.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, A.; MONTELEONE, M.; VAN LOAN, M.; PROMENZIO, L.; TARANTINO, U.; DE LORENZO, A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 33, n.4, p.507-11, 2001.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922005000600013&script=sci_arttext Acessado em: 06 Outubro 2012.

BAR-OR, O. The child and adolescent athlete. Oxford: Blackwell Science, 1996.

BONJOUR, J. P.; THEINTZ, G.; BUCHS, B.; SLOSMAN, D.; RIZZOU, 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.

BEMBEN DA, FETTERS NL, BEMBEN MG, NABAVI N, KOH ET. Musculoskeletal responses to high and low intensity resistance training in early postmenopausal women. **Med Sci Sports Exerc** 2000; 32: 1949-57.

BRENTANO, M. A.; CADORE, E. L.; SILVA, E. M.; AMBROSINI, A. B.; COERTJENS, M.; PETKOWIKS, R. KRUEL, L. F. M. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lawrence, 2008. In Press.

BRUNIERA, C. A. V.; AMADIO, A. C. Análise da força de reação do solo para o andar e correr em adultos normais do sexo masculino durante a fase de apoio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 5., 1993, Santa Maria. **Anais do Congresso Brasileiro de Biomecânica.1993**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1993. P.19-24.

CADORE, E. L.; BRENTANO, M. A.; KRUEL, L. F. M.; Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n.6, p.373-379, 2005.

CAMPOS, L. M. A.; LIPHAUS, B.L.; SILVA, C. A. A.; PEREIRA, R. M. R. Osteoporose na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v.79, n.6, p.481-488, 2003.

CREIGHTON, D. L.; MORGAN, A. L.; BOARDLEY, D.; BROLINSON, P.G. Weight bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.2, p.565-70, 2001. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/90/2/565.short> Acessado em: 06 de Outubro 2012.

EGAN, E.; REILLY, T.; GIACOMONI, M.; REDMOND, L.; TURNER, C. Bone mineral density among female sports participants. **Bone**, New York, v.38, p. 227-233, 2006.

GINTY, F.; RENNIE, K. L.; 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 years old boys. **Bone**, New York, v.36, p.101-110, 2005.

GRIMSTON, S. K.; WILLOWS, N. D.; HANLEY, D. A. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.25, n.11, p.1203-10, 1993. Disponível em: <http://europemc.org/abstract/MED/8289606/reload=0;jsessionid=zASN25E23VCF2JEX8Xne.12> Acessado em: 06 de Outubro 2012.

GROOHAUSEN, J.; SIEMER, H.; KEMPER, H. C. G.; TWISK, J.; WELTEN, D. C. Influence of peak strain on lumbar BMD: an analysis of 15-year physical activity in young males and females. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v.9, p.159-173, 1997.

GUNNES, M.; LEHMANN, E. H. Physical activity and dietary constituents as predictors of forearm cortical and trabecular bone gain in healthy children and adolescents: a prospective study. **Acta Paediatrica**, v 85, n. 1, p. 19-25, 1996.

KAVOURAS, S. A.; MAGKOS, F.; YANNAKOULIA, M.; PERRAKI, M.; KARIPIDOU, M.; SIDOSSIS, L. S. Water polo is associated with an apparent redistribution of bone

mass and density from the lower to the upper limbs. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v.97, n.3, p.316-321, 2006.

KRUEL, L. F., M. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. 2000. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

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.

LIU L, MARUNO R, MASHIMO T, SANKA K, HIGUCHI T, HAYASHI K, ET AL. Effects of physical training on cortical bone at midtibia assessed by peripheral QCT. **J Appl Physiol** 2003; 95: 219-24.

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.

MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K. R. Exercício, densidade óssea e osteoporose. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v.27, n.10, p.730-42, 1992.

MOSER, D. C.; MELO, S. I. L.; SANTOS, S. G. Influência da atividade física sobre a massa óssea de mulheres. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v.6, n.1, p.46-53, 2004. Disponível em: files.adriano.belem.webnode.com.br/200000168-73cce7444f/influencia-da-atividade-fisica-sobre-a-massa-ossea-de-mulheres.pdf Acessado em: 06 de Outubro 2012.

MOTTINI D.U.; CADORE E.L.; KRUEL L.F.M.; Efeitos do exercício na densidade mineral óssea. **Revista Motriz**, Rio Claro, v 14, n 1, p 85-95, 2008.

MARIEB, E. N.; HOEHN, K.; **Anatomia e Fisiologia**, tradução Adriane Belló Klein ...[et al.]. – 3. Ed.- Porto Alegre, Artmed, 2009.

NIGG, B. M.; HERZOG, W. Biomechanics of the muscle-skeletal system. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

NUNES, J. F.; DUARTE, M. F.; OURIQUES, E. P. M. Relação entre força muscular e densidade mineral óssea em mulheres. **Revista Brasileira de Reumatologia**, São Paulo, v.41, n2, p.63-70, 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.

SILVA, C. C.; TEIXEIRA, A. S.; GOLDBERG, T. B. L. O esporte e suas implicações na saúde óssea de atletas adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.9, n.6, p.426-32, 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.

SPENCE, A. P. **Anatomia Humana Básica**, tradução Edson Aparecido Liberti, São Paulo, Manole, 1991.

SALTER, R. B. *Distúrbios e lesões do sistema musculoesquelético*. 3.ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Médica e Científica, 2001. VINCENT, K. R.; BRAITH, R. W. Resistance training and bone turnover in elderly men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n.1, p.17-23, 2002.

VINCENT, K. R.; BRAITH, R. W. Resistance training and bone turnover in elderly men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n.1, p.17-23, 2002.

WATKINS, J. *Estrutura e Função do Sistema Musculoesquelético*. Porto Alegre: ArtMed, 2001.

Wolff, J. **Lei de Wolff**, 1892. Disponível em:

http://implantodontia.blog.br/wiki/index.php/Lei_de_Wolff Acessado em: 06 de Outubro de 2012.

Ciclo de vida das células ósseas [imagem online]

Disponível em <http://www.acaciadeamericana.com.br/polifenois-da-maca-30-capsulas.html> Acessado em 17 de Dezembro de 2012