UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

ESTADO MINERAL ÓSSEO ENTRE NADADORES, SEDENTÁRIOS, IDOSOS E ATLETAS DE ESPORTES COM ALTA DEMANDA DE FORÇA MUSCULAR

NILSON DIOGO DE SOUZA MARTINS

Rio Claro (SP)
2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

ESTADO MINERAL ÓSSEO ENTRE NADADORES, SEDENTÁRIOS, IDOSOS E ATLETAS DE ESPORTES COM ALTA DEMANDA DE FORÇA MUSCULAR

NILSON DIOGO DE SOUZA MARTINS

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, sob orientação do Prof. Dr. Dalton Müller Pessôa Filho.

Rio Claro (SP)
2019

M386e

Martins, Nilson Diogo de Souza
Estado mineral ósseo entre Nadadores, Sedentários, Idosos e atletas de esportes com alta demanda de força muscular / Nilson Diogo de Souza Martins. -- Rio Claro, 2019
76 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Dalton Müller Pessôa Filho

1. Saúde óssea. 2. Esportes. 3. Condição Física. 4. Idade. 5. Sexo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **Estado mineral ósseo entre nadadores, sedentários, idosos e atletas de esportes com alta demanda de força muscular**

AUTOR: NILSON DIOGO DE SOUZA MARTINS
ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. DAVID MICHEL DE OLIVEIRA
Faculdade de Educação Física / Universidade Federal de Goiás - Jataí/GO

Prof. Dr. ANDERSON GEREMIAS MACEDO
Pós Doutorando do Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru/ SP

Rio Claro, 30 de agosto de 2019

Dedico este trabalho aos meus amados
pais Nelson e Cecília; minha irmã Elaine e a minha namorada Helia.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a DEUS por ter me guiado e iluminado em cada decisão a ser tomada em minha vida.

Aos meus pais Nelson e Cecília; minha irmã Elaine, que sempre estiveram ao meu lado em todas as etapas da minha vida.

A minha namorada que sempre me apoiou sempre me incentivando a estudar e a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu orientador Dalton Müller, por me receber e acolher em Bauru sempre compreensivo e disposto a ajudar em qualquer momento e com qualquer assunto, e pelas aulas espetaculares que pude ter e aprender seja em sala de aula ou em 5 minutos de conversa.

A todos os integrantes do LABOREH, Leandro, Andrei, Astor, Valter, Danilo, Daniel, Larissa, Luiz Gustavo, Camila e todos os demais. Pois me acolheram e me ajudaram muito nessa caminhada sempre alegres e dispostos ajudar.

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios.
Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche
e a peça termine sem aplausos.”

Charles Chaplin

RESUMO

O processo de modelação e remodelação óssea pela influência dos impactos mecânicos não contribui para o aumento da massa e da força óssea em esportes onde a gravidade é baixa, como em atividades aquáticas. O objetivo do estudo foi comparar a massa e a densidade mineral (BMC/BMD) corporal e regional de nadadores (ambos os sexos) com outros atletas da mesma faixa etária, pessoas sedentárias e idosas. Participaram do estudo 114 indivíduos, sendo 87 do sexo masculino, divididos em seis grupos: natação (n=12), Kendo (n=10), Jiu-Jitsu (n=10), musculação (n=14), sedentários (n=30) e idosos (n=11); e 27 do sexo feminino, divididos em dois grupos: sedentárias (n=13) e nadadoras (n=14). Os participantes foram avaliados quanto à composição regional e corporal através de absorciometria de raio-X com duplo feixe (DXA), fornecendo informações sobre o conteúdo mineral ósseo (BMC) e densidade mineral óssea (BMD). As diferenças entre os grupos quanto à BMC e BMD foram analisadas pela ANOVA (uma entrada e Sidak como post-hoc) estabelecendo-se $p \leq 0,05$. Os resultados obtidos mostraram que os valores de BMC do corpo todo (2442,81 ± 359,45 g), membros inferiores (MI) (909,78 ± 136,53 g), membros superiores (MS) (326,85 ± 51,61 g) e pélvis (P) (261,73 ± 49,13 g) para nadadores homens, mostraram-se diferentes do grupo de musculação (3148,29 ± 314,07 g/cm^2, $p<0,001$; 1217,64 ± 161,08 g/cm^2, $p<0,001$; 444,34 ± 58,82 g/cm^2, $p<0,001$; 405,20 ± 75,06 g/cm^2, $p<0,001$, respectivamente). Em relação aos valores de BMD do corpo todo (1,09 ± 0,07 g/cm^2), MI (1,12 ± 0,07 g/cm^2), MS (0,78 ± 0,04 g/cm^2), P (1,07 ± 0,08 g/cm^2) os nadadores também diferem do grupo de musculação (1,28 ± 0,06 g/cm^2, $p<0,001$; 1,39 ± 0,09 g/cm^2, $p<0,001$; 0,88 ± 0,05 g/cm^2, $p<0,006$; 1,36 ± 0,12 g/cm^2, $p<0,001$, respectivamente). Todavia, homens atletas de natação não diferem em qualquer medida de BMC e BMD quando comparados aos homens sedentários e idosos. A BMD de membros superiores de nadadoras (0,704 ± 0,025 g/cm²) *vs*. sedentárias (0,659 ± 0,051 g/cm²) mostraram-se diferentes ($p=0,008$). Em relação à BMD de MI, nadadoras (1,007 ± 0,060 g/cm²) e sedentárias (1,043 ± 0,075 g/cm²) não apresentaram diferenças ($p=0,190$). Tampouco houve diferenças ($p=0,167$) para BMD de P entre nadadoras (1,042 ± 0,084 g/cm²) e sedentárias (1,095 ± 0,108 g/cm²), assim como BMD corporal total de nadadoras (1,065 ± 0,071 g/cm²) e sedentárias (1,040 ± 0,077 g/cm²) também não diferiu ($p=0,402$). Destaca-se, em consonância com a literatura, que a natação é um esporte neutro quanto aos efeitos osteogênicos, ou seja, não se distingue daqueles oriundos da maturação biológica e envelhecimento saudável do osso, mas difere-se daqueles com elevado efeito osteogênico, como a musculação. Há, no entanto, a exceção da resposta dos membros superiores entre nadadoras e sedentárias, que se caracteriza pode estar relacionado tanto à demanda da tensão muscular da própria modalidade, sendo um efeito sexo específico da natação, ou mesmo devido ao efeito balanceado das demais atividades físicas fora do ambiente aquático, que complementam o treinamento.

Palavras-chave: Saúde óssea, Esportes, Condição física, Idade, Sexo

BONE MINERAL STATUS BETWEEN SWIMMERS, SEDENTARY, ELDERLY AND SPORT ATHLETES DEMANDING HIGH MUSCULAR STRENGTH

ABSTRACT

The process of modeling and bone remodeling by the influence of mechanical impacts does not contribute to the increase of mass and bone strength in sports where gravity is low, such as in aquatic activities. The objective of the study was to compare the body mass and mineral density (BMC/BMD) of swimmers (both sexes) with other athletes of the same age group, sedentary and elderly people. The 114 individuals, 87 males, were divided into six groups: swimming (n=12), Kendo (n=10), Jiu-Jitsu (n=10), Resistance Training (n=14), sedentary (n=30) and olders (n=11); and 27 females were divided into two groups: sedentary (n=13) and swimmers (n=14). Participants were evaluate for regional and whole-body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DXA), providing information on bone mineral content (BMC) and bone mineral density (BMD). The differences between the groups for BMC and BMD were analyzed by ANOVA (one way with Sidak as post-hoc), setting $p \leq 0.05$. The results showed that the BMC values for whole-body (2442.81 ± 359.45 g), lower limbs (LL) (909.78 ± 136.53 g), upper limbs (UL) (326.85 ± 51,61 g) and pelvis (P) (261.73 ± 49.13 g) for male swimmers were different from resistance training group (3148.29 ± 314.07, $p<0.001$, 1217.64 ± 161.08, $p<0.001$, 444.34 ± 58.82, $p<0.001$, 405.20 ± 75.06, $p<0.001$, respectively). Regarding BMD values for whole-body (1.09 ± 0.07 g/cm^2), LL (1.12 ± 0.07 g/cm^2), UL (0.78 ± 0.04 g/cm^2), P (1.07 ± 0.08 g/cm^2) male swimmers also differed from resistance training group (1.28 ± 0.06 g/cm^2, $p<0.001$, 1.39 ± 0.09 g/cm^2, $p<0.001$, 0.88 ± 0.05 g/cm^2, $p<0.006$, 1.36 ± 0.12 g/cm^2, $p<0.001$, respectively). However, male swimmers do not differ in any measure of BMC and BMD when compared to sedentary and elderly men. The BMD of UL for female swimmers (0.704 ± 0.025 g/cm²) vs. sedentary (0.659 ± 0.051 g/cm²) were different ($p=0.008$). In relation to BMD of LL, female swimmers (1,007 ± 0,060 g/cm²) and sedentary (1,043 ± 0,075 g/cm²) had not differences ($p = 0,190$). There were also no differences ($p=0.167$) for pelvis BMD between swimmers (1,042 ± 0,084 g/cm²) and sedentary (1,095 ± 0,108 g/cm²), as well as for whole-body BMD of swimmers (1,065 ± 0,071 g/cm²) and sedentary 1.040 ± 0.077 g/cm²) also did not differ ($p=0.402$). In line with the literature, it is emphasized that swimming is a sport neutral in terms of osteogenic effects, that is, it is not different from those derived from biological maturation and healthy aging of the bone, but differs from those with high osteogenic effect, such as resistance training. There is, however, the exception of upper limb response between swimmers and sedentary women, which may be related either to the demand of the muscular tension of the modality itself, being a specific sex effect of swimming, or even due to the balanced effect of the other physical conditions activities outside the aquatic environment, which complement the training.

Key words: Bone health, Sports, Conditioning, Age, Sex.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Massa óssea ao longo da vida com escolhas de estilo de vida ideais e sub-ótimas. Autorizado pelo autor Weaver et. al., (2016) 17

Figura 2 – Pico de ganho de BMC e pico de velocidade de crescimento. Autorizado pelo autor Weaver et. al., (2016) 18

Figura 3 – Relação entre acumulo de Massa Magra Corporal (LBM) e Conteúdo Mineral Ósseo (BMC). Autorizado pelo autor Rauch et. al. (2014) 27

Figura 4 – Absorciometria por feixe duplo de raios-X (DXA) 47

Figura 5 – BMC e BMD Corporal Total de homens Nadadores, Sedentários, Idosos e Praticantes de Kendo, Jiu-Jitsu e Musculação. (N=87) 50

Figura 6 – BMC e BMD Membro Superior e Inferior de homens Nadadores, Sedentários, Idosos e Praticantes de Kendo, Jiu-Jitsu e Musculação. (N=87) 52

Figura 7 – BMC e BMD de Pélvis de homens Nadadores, Sedentários, Idosos e Praticantes de Kendo, Jiu-Jitsu e Musculação. (N=87) 53

Figura 8 – BMC e BMD de Pélvis, Membro Superior, Membro Inferior e Corporal Total de Mulheres Sedentárias e Praticantes de natação. (N=27) 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos que demostram o efeito da natação comparado com sedentários e praticantes de outras modalidades consideradas osteogênicas 38

Tabela 2 – Estudos que demostram o efeito da musculação comparado com sedentários e grupos controle. 41

Tabela 3 – Estudos que demostram o efeito da pratica de lutas comparado com sedentários. 43

Tabela 4 – Caracterização dos atletas. 46

Tabela 5 – Valores de médias e (DP) de BMC(g) e comparação estatística das áreas ósseas analisadas entre os grupos de modalidades representando diferentes tipos de carga de exercício 49

Tabela 6 – Valores de médias e (DP) de BMD(g/cm²) e comparação estatística das áreas ósseas analisadas entre os grupos de modalidades representando diferentes tipos de carga de exercício 50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 REVISÃO DE LITERATURA 13
2.1 Osteoporose 13
2.2 Conteúdo Mineral Ósseo (BMC), Densidade Mineral Óssea (BMD) e tecnicas de avaliação 14
2.3 Aquisição Óssea durante a Vida 17
2.4 Determinantes para aquisição Óssea 20
2.4.1 Genética 20
2.4.2 Etnia 22
2.4.3 Hormônios 23
2.4.4 Cálcio e Vitamina C 24
2.4.5 Relação Músculo-Osso 26
2.4.6 Relação Gordura_Osso 28
2.5 Exercicio físico 30
2.5.1 Natação 35
2.5.2 Musculação 39
2.5.3 Lutas 41
3 JUSTIFICATICA 44
4 OBJETIVOS 45
4.1 Objetivos Gerais 45
4.2 Objetivos Especificos 45
5 METODOS 46
5.1 Sujeitos 46
5.2 Procedimentos 46
5.3 Tratamento Estatistico 48
6 RESULTADOS 49
7 DISCUSSÃO 55
8 CONCLUSSÃO 61
REFERÊNCIAS 63

1. INTRODUÇÃO

Para a teoria mecanostato de Frost, a magnitude das deformações induzidas por carga dentro do tecido ósseo, é a principal força motriz na adaptação óssea. O efeito osteogênico do exercício é produzido principalmente pelos impactos e cargas mecânicas aplicadas ao osso. O processo de remodelação óssea de modelagem e remodelação adapta o osso a novas demandas e, consequentemente, modificado o conteúdo mineral ósseo (BMC) e a densidade (BMD) (NIKANDER et al., 2010; GÓMEZ-BRUTON et al., 2013).

É cada vez mais aceito que o aumento de 10% no pico da massa óssea atrase o início da osteoporose em 13 anos e reduza o risco de fraturas osteoporóticas em até 50% nas mulheres após a menopausa, mas espera-se que um pico de massa óssea menor aumente o risco de osteoporose precoce e fraturas relacionadas (VICENTE-RODRIGUEZ, 2006; BERGMANN et al., 2011). Assim, a participação esportiva, especialmente durante o crescimento, parece ser eficaz na redução da prevalência de fraturas relacionadas à osteoporose (VICENTE-RODRIGUEZ, 2006). No entanto, nadadores apresentam valores de BMD semelhantes ou menores em comparação aos não-atletas e inferiores aos atletas e, portanto, no máximo, podem apresentar valores de osteoporose mais tardios na vida (GÓMEZ-BRUTON et al., 2013). Em termos práticos, esses achados sugerem que a prática sistemática de natação não tem efeito sobre a massa óssea e, portanto, não é tão osteogênica quanto os esportes de sustentação de peso (GÓMEZ-BRUTON et al., 2015).

Para resumir, parece que a natação não produz estímulo suficiente para o crescimento ósseo acima do padrão regular, com a maioria dos estudos mostrando valores similares de BMD ou BMC para indivíduos saudáveis que não são atletas.

Porém, é bom afirmar que o osso é lento para se adaptar ao estímulo do exercício físico e parece mais responsivo às forças de impacto, portanto, esportes realizados em um ambiente sem suporte de peso que envolvem principalmente a carga ativa dos ossos devido a contrações musculares, não são adequados para promover o desenvolvimento da massa óssea (BELLEW; GEHRIG, 2006). Por outro lado, cargas de exercício de alto impacto, ímpares e repetitivas e de baixo impacto foram associadas a um córtex mais espesso na tíbia distal. No entanto, a carga de impacto não foi associada apenas ao córtex mais espesso, mas também a uma área transversal maior. Assim, a carga de exercício de alta magnitude não mostrou tais associações em nenhum dos sítios ósseos, mas se compara aos dados de exercícios com carga repetitiva e grupo de referência (população ou exercício) sem impacto. Coletivamente, isso apoia a relevância da alta taxa de deformação juntamente com moderada a alta magnitude de deformação como principais determinantes da carga osteogênica do osso (NIKANDER et al., 2010; HEINONEN et al., 2002).

Além disso, cabe lembrar que o grupo de referência sempre é formado por estudantes saudáveis que praticam vários esportes recreativos e exercícios em média três vezes por semana. Sendo este o caso, é possível que as influências reais associadas à carga na geometria e densidade óssea tenham sido ainda maiores se comparadas a um grupo de referência sedentário. Por isso, o presente estudo teve por propósito comparar o efeito de diferentes modalidades esportivas sobre a BMC e BMD, incluindo como referência populações saudáveis de pessoas sedentárias e idosas, como referência do efeito da maturação e do envelhecimento, sem interferência do exercício de qualquer natureza de estímulo ósseo, a não ser aquele

próprio das atividades físicas do cotidiano não relacionadas ao exercício formalmente estruturado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Osteoporose

De acordo com US Department of Health and Human Services (2004), o esqueleto ósseo é um órgão notável que serve tanto a uma função estrutural, proporcionando mobilidade, suporte e proteção para o corpo, quanto uma função de reservatório, como o depósito de minerais essenciais. Não é um órgão estático, mas está constantemente mudando para melhor desempenhar suas funções. O esqueleto cresce à medida que o corpo cresce, em comprimento, largura e massa. Para indivíduos com peso corporal normal, a massa total do esqueleto atinge um pico alguns anos após a fusão das epífises do osso longo. A idade exata em que o acúmulo ósseo atinge um patamar varia com a região esquelética e com a forma como a massa óssea é medida. A densidade, atinge o auge antes dos 20 anos nos locais femorais proximais (BONJOUR et al., 1991), enquanto a massa esquelética total atinge o pico seis a dez anos mais tarde (MATKOVIC et al., 1994; RECKER et al., 1992).

O processo de remodelação óssea que mantém um esqueleto saudável pode ser considerado um programa de manutenção preventiva, removendo continuamente osso mais antigo e substituindo-o por osso novo. A perda óssea ocorre quando esse equilíbrio é alterado, resultando em maior remoção óssea do que na reposição. O desequilíbrio ocorre com a menopausa e com o avançar da idade. Com o início da menopausa, a taxa de remodelação óssea aumenta, ampliando o impacto do desequilíbrio da remodelação. A perda de tecido ósseo leva à arquitetura esquelética desordenada e aumenta o risco de fratura (COSMAN et al., 2014).

A Osteoporose é um distúrbio osteometabólico caracterizado pela diminuição da densidade mineral óssea (BMD), com deterioração da microarquitetura óssea, levando a um aumento da fragilidade esquelética e do risco de fraturas (WHO, 2004). Segunda a World Health Organization (1994) a osteoporose pode ser definida com um valor de desvio padrão de 2,5 ou mais, abaixo da média dos adultos jovens tanto da BMD ou conteúdo mineral ósseo (BMC).

A osteoporose causa mais de 8,9 milhões de fraturas anualmente em todo o mundo, dos quais mais de 4,5 milhões ocorrem nas Américas e Europa, um pouco mais do que a hipertensão e artrite reumatoide, mas menos que o diabetes mellitus ou doenças pulmonares obstrutivas crônicas (KANIS, 2007) e segundo a US Department of Health and Human Services (2004) tem maior prevalência em mulheres, etnia branca ou Oriental.

2.2. Conteúdo Mineral Ósseo (BMC), Densidade Mineral Óssea (BMD) e técnicas de avaliação.

Como descrito por Kanis (2007) o Conteúdo Mineral Ósseo (BMC) descreve a quantidade de mineral no local específico do osso analisado em gramas. O conteúdo mineral ósseo pode então ser usado para derivar um valor para a BMD dividindo a quantidade de mineral pela área medida. A densidade mineral óssea (BMD) é caracterizada pela quantidade de massa óssea por unidade de volume “densidade volumétrica”, ou por unidade de área “densidade de área”.

As técnicas densiométricas que podem ser medidas in vivo mais utilizadas baseiam-se na absorciometria de raios-X no osso, uma vez que a absorção de raios-X é particularmente sensível ao conteúdo de cálcio do tecido, sendo o osso a fonte mais importante. E também técnicas que usam ultra-som quantitativo (QUS)

fornecem informações sobre a atenuação do ultra-som ou a velocidade do som no tecido esquelético. Pode-se esperar, portanto, que os resultados derivados de QUS não se correlacionem com os de Raios-X, devido aos diferentes aspectos do estado do esqueleto que são capturados e às diferentes fontes de erro. Essas técnicas para avaliar a integridade mineral óssea podem ser divididas em técnicas periféricas aplicadas ao antebraço e ossos da mão, perna e pé e técnicas centrais que fornecem informações sobre a coluna ou quadril e corpo todo. (KANIS, 2007).

Sendo que a Absorciometria com raio-x duplo (DXA) e Tomografia computadorizada quantitativa (QCT) são as mais utilizadas em estudos.

Absorciometria com raio-x duplo (DXA) de acordo com o US Department of Health and Human Services (2004) é muito segura, pois envolve níveis de radiação muito baixa sendo menor que a de um raio X das costas. O DXA mede a BMD na coluna vertebral e no quadril e também pode ser usada para medir a densidade óssea no antebraço e no corpo inteiro. O termo “conteúdo mineral ósseo” descreve a quantidade de mineral no local específico do osso analisado. O conteúdo mineral ósseo pode então ser usado para derivar um valor para a BMD dividindo a quantidade de mineral pela área medida. A BMD é, portanto, uma densidade de área (g/cm^2) em vez de uma densidade volumétrica verdadeira (g/cm^3), uma vez que a varredura é bidimensional. O cálculo da BMD é sensível a mudanças no tamanho do osso. Por exemplo, a densidade óssea de área superestimará a densidade óssea volumétrica em indivíduos com ossos grandes. Em adultos, esse erro é fortuitamente benéfico, pois os ossos maiores em geral têm maior resistência. Assim, esse "erro" pode melhorar a previsão de fraturas em adultos. A vasta quantidade de informação disponível para a DXA central fez com que ela se tornasse agora o padrão de referência.

Tomografia computadorizada quantitativa (QCT) usa equipamento de tomografia computadorizada padrão. Ele fornece uma verdadeira medição volumétrica da densidade do osso esponjoso. Embora envolva maior exposição à radiação, ela pode ser usada como alternativa às medições DXA da coluna e do quadril. A (QCT) tem sido aplicada tanto no esqueleto apendicular como na coluna vertebral. A principal vantagem do QCT é que, na avaliação de osso esponjoso, o resultado fornece uma medida da densidade volumétrica verdadeira (mg/mm^3) em vez de um resultado ajustado à área, como é o caso da DXA. A técnica é, portanto, uma das técnicas mais sensíveis para a avaliação das perdas esqueléticas na pós-menopausa precoce. A técnica evita a influência da doença degenerativa, que é um problema particular com a DXA na coluna. Também está livre do artefato do tamanho do osso, mas não é preciso com objetos metálicos no campo de visão da varredura. Na QCT os níveis de radiação são um pouco maiores do que para DXA. Novas abordagens disponíveis em scanners de TC helicoidais permitem a medição da BMC volumétrica em níveis mais elevados de resolução espacial e são capazes de gerar imagens tridimensionais da disposição de elementos trabeculares no osso esponjoso, mas à custa de uma dose de radiação mais alta. A técnica foi aplicada com sucesso em pesquisa no fêmur proximal e pode estar disponível no futuro para uso clínico. A principal desvantagem com o QCT de acordo com US Department of Health and Human Services (2004) é a exposição à radiação relativamente alta em comparação com o DXA, dificuldades com o controle de qualidade e os altos custos em comparação com o DXA.

O teste de BMD continua sendo o padrão ouro para verificar o risco de osteoporose (KANIS, 2007). E segundo Marshall, Johnell e Wedel (1996) a relação encontrada entre BMD e fratura é tão forte quanto a relação entre pressão arterial e

acidente vascular cerebral e mais forte que a relação entre colesterol e ataque cardíaco.

2.3 Aquisição óssea durante a vida

De acordo com Heaney *et. al.,* (2000) o pico de massa óssea (PBM) é considerado um importante determinante da saúde esquelética global e é alcançado entre a segunda e terceira década de vida (figura 1). A incapacidade de alcançá-lo pode ser um fator de risco significativo para osteoporose e fraturas relacionadas em idosos.

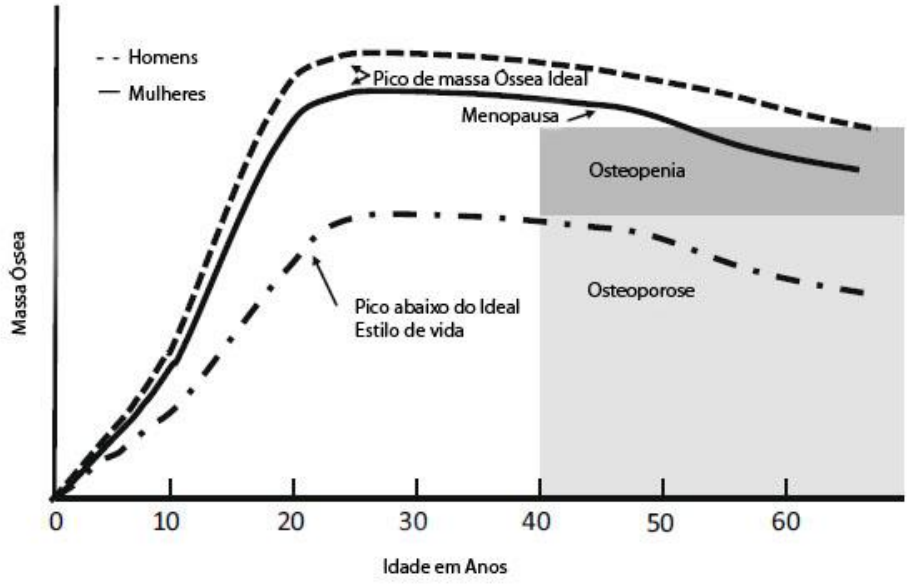

Figura 1 – Massa óssea ao longo da vida com escolhas de estilo de vida ideais e sub-ótimas. Autorizado pelo autor Weaver et. al., (2016).

Entre a primeira e segunda década de vida ocorre o período onde mais se acumula BMC por ano em toda vida, chamado de pico de acumulo de massa óssea essa fase ocorre lago após o pico de velocidade de crescimento, o pico de acumulo de BMC ocorre aproximadamente 1,5 anos depois em meninos do que em meninas, sendo que nas meninas o pico de acumulo de massa óssea ocorre por volta do 12,5 anos enquanto no meninos por voltas dos 14,1 anos, a magnitude deste pico é maior

em meninos que em meninas, de modo que os meninos têm maior massa óssea aos 14 anos (figura. 2).

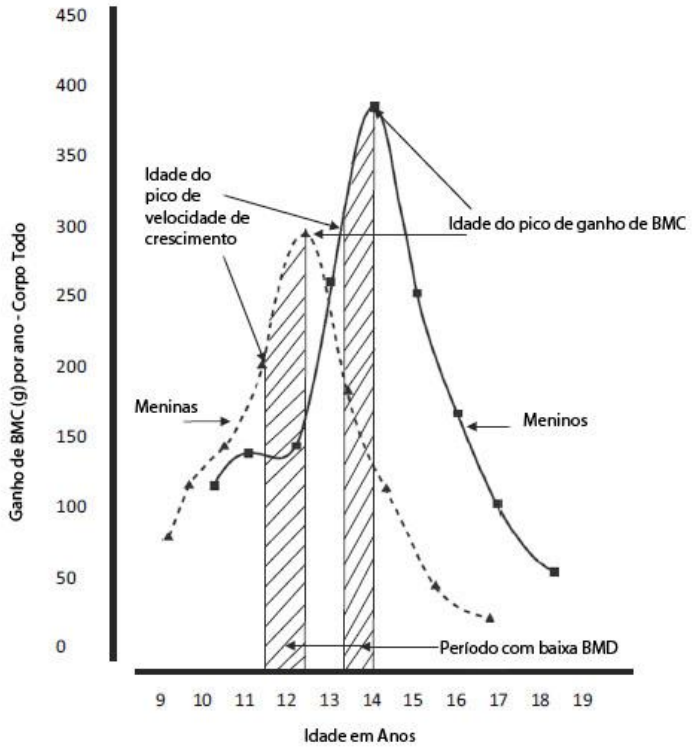

Figura 2 – Pico de ganho de BMC e pico de velocidade de crescimento. Autorizado pelo autor Weaver et. al., (2016).

Em Contrapartida antes de atingirem a puberdade, a quantidade de osso acumulado foi semelhante em ambos quando analisados de 9 a 11 anos (BAILEY et al., 1999; MAYNARD et al., 1998; THEINTZ et al., 1992). De acordo com Baxter-Jones et. al., (2003) que utilizou esses dados, porém em um modelo estatístico que controlava a idade biológica, o tamanho corporal e a composição corporal, e mostrou que os meninos tinham uma massa óssea significativamente maior em todos os níveis de maturidade.

Além disso, aproximadamente 35% do total do BMC da coluna lombar e do corpo e mais de 27% do BMC do colo femoral foram estabelecidos durante os dois anos em torno do pico de velocidade de altura (BAILEY et al., 2000). Em média, 26% do BMC total do corpo adulto foi acumulado durante esses dois anos críticos e,

dependendo do local do esqueleto, 33% a 46% do BMC adulto foi acumulado ao longo de todo o crescimento adolescente (BAILEY et al., 2000; BAXTER-JONES et al., 2011).

Existem resultados conflitantes quanto ao momento exato do PBM, sendo que estudos DEXA mostram estimativas da segunda até a quarta década de vida. (THEINTZ et al., 1992; BACHRACH et al., 1999; BERGER et al., 2010; BAXTER-JONES et al., 2011; WEAVER et al., 2016). Muitas das discrepâncias na literatura atual podem ser devidas a resultados de estudos transversais comparados com dados longitudinais, métodos inadequados usados para controlar diferenças na idade biológica e falha em explicar a influência de mudanças na composição corporal. Por exemplo, erros nas medidas de DXA do BMC devido à distribuição de massa gorda não homogênea podem levar os pesquisadores a concluir que a massa óssea continua a aumentar até a idade adulta (WREN et al., 2007).

A idade no PBM também varia em todos os locais do esqueleto o platô na PBM total do corpo foi atingido cerca de 7 anos após o PHV em mulheres e homens. Isso corresponde a aproximadamente 18,8 anos em mulheres e 20,5 anos em homens. Na coluna lombar e no quadril total, a PBM foi alcançada cerca de 5 anos após a PHV (idade 16,8 anos em mulheres e 18,5 anos em homens, em média) e a PBM no colo femoral foi alcançada em 3 anos após o PHV (idade 14,8 anos em mulheres e 16,5 anos em homens, em média) (BAXTER-JONES et al., 2011). Na opinião de Recker et. al., (1992) este é um achado notável, dado que a visão prevalecente na literatura é que o PBM é alcançado na terceira década, quando na verdade parece ser alcançado vários anos antes.

O objetivo principal da modelagem e remodelação óssea durante a fase de crescimento não é estabelecer um esqueleto com a maior massa, mas sim um esqueleto com força suficiente para suportar as cargas físicas impostas (SCHONAU, 2004; SEEMAN; DELMAS, 2006).

2.4 Determinantes para aquisição óssea

De acordo com o modelo de desenvolvimento ósseo proposto por Rauch e Schoenau (2001) baseado na teoria do mechanostat de Frost (1987) nossos genes fornecem um modelo esquelético no qual a ação das células ósseas (osteoblastos, osteoclastos) é coordenada por requisitos mecânicos. Quando a distensão óssea aumenta além do nível habitual, ou ponto de ajuste, a formação óssea ocorre em superfícies que experimentam as maiores cargas. Aumentos no comprimento do osso e na força muscular relacionados ao crescimento representam os principais desafios mecânicos durante a adolescência, enquanto outros fatores, como hormônios e nutrição, podem afetar o osso modificando o ponto de ajuste da tensão ou influenciando o crescimento longitudinal e a força muscular. Sendo assim alguns fatores não mecânicos como (genética, etnia, hormônios, cálcio) e mecânicos (músculo, gordura, atividade física) podem influenciar esse modelo funcional de desenvolvimento ósseo.

2.4.1 Genética

Estima-se que de 60% a 80% da variabilidade da massa óssea e do risco de osteoporose sejam explicados por fatores hereditários. Segundo Seeman et al. (1989) as filhas de mulheres osteoporóticas possuem uma menor BMD do que em filhas de mulheres com saúde óssea, seguindo a mesma linha Soroko et al. (1994) observou que a BMD também é menor em homens e mulheres com parentes de

primeiro grau que têm osteoporose. A semelhança familiar do BMC é expressa antes da puberdade (DUREN et al., 2007).

Para Ferrari et. al. (1998) existe uma considerável variabilidade individual na massa óssea, e os estudos de gêmeos e famílias confirmam que os fatores hereditários representam entre 60 e 80% dessa variabilidade. Para Guéguen et al. (1995) a predisposição genética determina até 80% do pico de massa óssea; e os 20% restantes são modulados por fatores ambientais e níveis de hormonais durante a puberdade.

De acordo com Havill et. al. as medidas da estrutura do osso também são altamente hereditárias, embora a hereditariedade possa diferir entre várias medidas da geometria óssea e entre os compartimentos seja cortical e ou trabecular (WANG et al., 2007a, 2007b).

A hereditariedade da BMD da estrutura óssea é complexa e não demonstra padrões clássicos de herança recessiva ou dominante mendeliana que podem ser atribuídos a um único gene. Em vez disso, o BMD e as medidas da estrutura óssea são características poligênicas que são explicadas por uma coleção de genes candidatos (XU et al., 2010). Os estudos de gêmeos de Seeman et. al. (1996), Young et. al. (1995) sugeriram a presença de determinantes genéticos compartilhados de BMD, BMC e outros aspectos do tamanho do corpo, como massa magra. A herdabilidade da massa magra está entre 50% e 80% e quando a massa magra é controlada, a estimativa da herdabilidade da massa óssea é reduzida em 5% a 20% (PRENTICE et. al., 2001).

2.4.2 Etnia

De acordo com Bhudhikanok et al. (1996) para indivíduos com idades entre 9 e 25 anos, a BMD foi maior em todos os locais para afro-americanos em comparação com outros grupos, enquanto os caucasianos tiveram valores maiores do que os asiáticos e hispânicos, de acordo com Gilsanz et al (1991) e McCormick et al (1991) diferenças étnicas também foram relatadas em crianças.

Segundo Baron et. al. (1994) e Barrett-connor et. al. (2005) diferenças étnicas nas taxas de osteoporose e fratura provavelmente têm seus antecedentes na infância e adolescência. Por exemplo, a incidência de taxas de fratura por osteoporose é significativamente menor entre adultos negros em comparação com adultos não negros. Isso pode ser devido, em parte, à maior BMC massa óssea que já é evidente na infância entre crianças negras em comparação com crianças não negras - mesmo após o ajuste para diferenças no tamanho ósseo (BACHRACH et al., 1999). O momento preciso desta diferença étnica não é conhecido. Evidências de estudos longitudinais sugerem que pode emergir antes da puberdade como resultado de taxas mais altas de acumulação óssea e crescimento no tamanho do osso entre crianças negras comparadas com crianças brancas (HUI et al., 2010).

Diferenças étnicas na taxa de ganho de densidade mineral óssea também foram observadas, sendo que o acúmulo mineral ósseo se estabilizou primeiro em crianças asiáticas do que crianças brancas (BACHRACH et al., 1999).

As meninas e meninos asiáticos atingiram PHV dois e cinco meses antes, respectivamente, do que meninas e meninos caucasianos. As crianças asiáticas eram, em média, 3,2 e 6,2 cm mais baixas que as meninas e meninos brancos, respectivamente. E a BMC foi menor em sítios esqueléticos (fêmur proximal, coluna

lombar e corpo inteiro) em meninos e meninas asiáticas em comparação com seus pares caucasianos (BURROWS et al., 2009). Em contraste com as diferenças entre crianças negras e brancas, as diferenças entre asiáticos e caucasianos podem se tornar mais aparentes na puberdade precoce (MACKELVIE et al., 2001).

Diferenças entre caucasianos, asiáticos e hispânicos são menores do que entre negros e outros grupos; assim, faixas de referência pediátrica para BMC e a BMD são apresentadas para afro-americanos e não afro-americanos, e a Sociedade Internacional para Densitometria Clínica recomenda o uso de faixas de referência específicas para a raça na infância porque refletem o potencial genético para acréscimo ósseo (CRABTREE et al., 2014). De acordo com Wetzsteon et. al., (2009) devido à alta herdabilidade da massa e estrutura óssea, é provável que essas diferenças étnicas sejam geneticamente pré-programadas. No entanto, como os resultados ósseos também variam consideravelmente dentro dos grupos étnicos isso leva a suspeita da influência de outros fatores ambientais e de estilo de vida. Por exemplo, tanto a atividade física quanto a ingestão de cálcio são menores entre crianças asiáticas do que crianças caucasianas que vivem na mesma região geográfica (BURROWS et al., 2009; MACKELVIE et al., 2001).

2.4.3 Hormônios

O meio hormonal, especificamente estrogênio, testosterona, fator de crescimento semelhante à insulina I (IGF-I) e hormônio do crescimento (GH), durante a puberdade, é responsável pelas dramáticas alterações no crescimento linear, massa óssea e estrutura e composição corporal. Além disso, os esteroides sexuais e o eixo GH-IGF-I podem regular o ponto de ajuste do mecanostato de Frost (SCHIESSL; FROST; JEE, 1998; FROST, 2000).

Durante a puberdade, o estrogênio e a testosterona influenciam a secreção de GH e IGF-I e são, portanto, importantes contribuintes para o crescimento linear (CLARK; ROGOL, 1996). Além disso, de acordo com Nilsson et al. (2005) o estrogênio desempenha um papel fundamental na fusão epifisária em meninas e meninos e pode inibir a formação óssea periosteal e promover a aposição endosteal em meninas (TURNER; RIGGS; SPELSBERG, 1994). Em contrapartida a testosterona teve um forte efeito independente no crescimento do comprimento tibial e da circunferência periosteal por tomografia computadoriza periférica (pQCT) durante os anos antes da menarca, mas não na pós-menarca. O estrogênio também foi positivamente associado ao crescimento ósseo longitudinal anterior à menarca, mas inibiu o crescimento linear do osso após a menarca. Ao contrário da testosterona, o estrogênio não estava associado ao crescimento da largura óssea em nenhum momento da puberdade. (XU et al., 2011).

Para Kirmani et al. (2009) a testosterona também pode influenciar as diferenças sexuais na microestrutura trabecular durante a puberdade. As concentrações séricas de testosterona foram positivamente associadas com a fração de volume ósseo trabecular e espessura trabecular (por HR-pQCT) em meninos, mas não em meninas. Esses achados ilustram os efeitos diferenciais do estrogênio e da testosterona na macro e microestrutura óssea e explicam o dimorfismo sexual na força óssea que emerge durante a puberdade e é mantido na idade adulta (SEEMAN, 2004).

2.4.4 Cálcio e vitamina D

Para os estudos de Winzenberg (2005) o cálcio é um dos principais constituintes do osso, no entanto, os resultados dos ensaios de suplementação de

cálcio são equivocados quanto à eficácia da suplementação de cálcio para aumentar o acúmulo ósseo. Especificamente, uma revisão sistemática e meta-análise dos muitos ensaios de suplementação de cálcio não encontraram efeito significativo da suplementação na BMD do colo femoral ou da coluna lombar.

Houve um pequeno efeito positivo da suplementação de cálcio na massa óssea do membro superior; entretanto, é improvável que esse benefício tenha um impacto significativo no risco de fratura (WINZENBERG et al., 2006a). Da mesma forma, uma revisão de estudos dietéticos de cálcio encontrou quase nenhuma evidência para sustentar que o aumento do consumo de produtos lácteos ou cálcio total na dieta forneceu benefícios para a saúde óssea da criança ou do adulto jovem (LANOU, 2005).

A falta de resultados positivos dos estudos de suplementação não é surpreendente quando se considera que o cálcio é um nutriente limiar e provavelmente tem seu efeito mais profundo na aquisição óssea em indivíduos que estão em um estado de deficiência de cálcio (BASS; ESER; DALY, 2000).

No entanto, um estudo de suplementação de cálcio em 96 meninas adolescentes (com 12 anos de idade) com baixa ingestão de cálcio (média: 636 mg / dia) resultou em ganhos significativamente maiores (2–6%) no BMC total do corpo e da coluna lombar em comparação com um placebo após 18 meses (LAMBERT et al., 2008). Níveis de marcadores de reabsorção óssea também foram menores no grupo suplementado; no entanto, os ganhos de massa óssea e as diferenças nos marcadores de reabsorção deixaram de ser aparentes 2 anos após a cessação da suplementação.

Semelhante ao cálcio, a vitamina D tem seu maior efeito na aquisição óssea em estados de deficiência. Clinicamente, a deficiência grave de vitamina D está associada a raquitismo e osteomalácia (PETTIFOR; PRENTICE, 2011) e até mesmo a deficiência leve de vitamina D pode estar associada à aquisição óssea deficiente durante a adolescência (LEHTONEN-VEROMAA et al., 2002). Para Holick (2006) o ressurgimento do raquitismo entre durante a infância e adolescência no mundo desenvolvido tem chamado a atenção para o papel da vitamina D na aquisição óssea (HOLICK, 2006).

No entanto, ensaios clínicos randomizados de suplementação de vitamina D relataram resultados inconsistentes para massa óssea (por DXA). Em particular, os suplementos de vitamina D não parecem benéficos para a aquisição óssea em crianças com níveis normais de vitamina D (WINZENBERG et al., 2011).

2.4.5 Relação Músculo-Osso

A massa muscular corporal magra está fortemente correlacionado a massa, densidade e força estrutural óssea durante a infância (ACKERMAN et al., 2006; ARABI et al., 2004; AUSILI et al., 2012; RODRÍGUEZ MARTÍNEZ et al., 2002). A teoria do Mechanostat de Frost (1987) sustenta que as contrações musculares são as principais forças motrizes por trás da adaptação óssea, pois colocam estresses no esqueleto que são várias vezes maiores que os da gravidade (BURR, 1997). Durante a adolescência, o pico de acúmulo de massa magra total do corpo ocorre logo antes do pico de acúmulo de BMC (PARFITT et. al., 1994; JACKOWSKI et al., 2009), embora em locais específicos, aumentos de pico na massa magra e na resistência óssea possam ser coordenados (XU et al., 2009).

De acordo com o estudo de Rauch et al. (2004) pico de acúmulo de massa magra total do corpo precedeu o pico de BMC acumulado em 4 meses em meninos e 6 meses em meninas, em média como pode-se observar na figura 3.

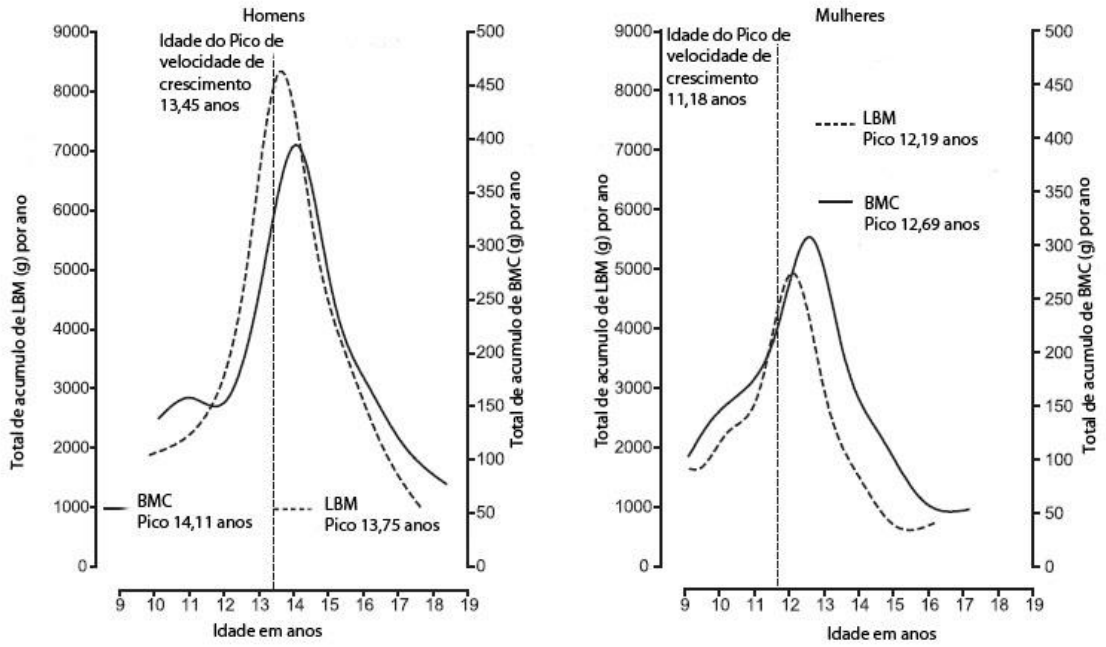

Figura 3 – Relação entre acumulo de Massa Magra Corporal (LBM) e Conteúdo Mineral Ósseo (BMC). Autorizado pelo autor Rauch et. al. (2014)

Da mesma forma, o pico de massa magra precedeu o pico do colo do fêmur (JACKOWSKI et al., 2009). O osso se adapta continuamente ao aumento de cargas mecânicas por meio de mudanças na massa, estrutura e força para manter as deformações dentro de limites seguros e sem fraturas. Por outro lado, na ausência de estímulos musculares adequadas, os ossos longos não desenvolvem sua largura, massa e curvatura longitudinais normais (LANYON, 1980).

Vários estudos transversais (MACDONALD et al., 2006; LEONARD et al., 2010; SCHOENAU et al., 2002) e longitudinais (MACDONALD et al., 2005; JACKOWSKI et al., 2009; RAUCH et al., 2004; PETIT et al., 2004) fornecem evidências em apoio à forte associação positiva entre músculo e osso em vários locais do esqueleto. Se aceitarmos que as forças musculares (cargas mecânicas)

fornecem um estímulo importante para o desenvolvimento saudável dos ossos, então os ganhos na força muscular durante o crescimento devem preceder os ganhos em massa ou força óssea.

Na última fase do surto de crescimento da adolescência, após o pico, ganhos contínuos na massa magra são fortes preditores de aumentos no BMC (ASHBY et al., 2011).

2.4.6 Relação Gordura-Osso

A influência da adiposidade na aquisição óssea é pouco compreendida. Embora segundo Margolis et al. (2000) o peso corporal proteja fraturas em pessoas idosas, para Taylor (2006) crianças com sobrepeso sofrem mais fraturas e relatam mais complicações ortopédicas do que seus pares saudáveis. Por exemplo, descobriu que crianças com sobrepeso apresentam um risco 33% maior de fratura do antebraço do que crianças com peso saudável (GOULDING; GRANT; WILLIAMS, 2005). Achados de estudos baseados em DXA demonstraram associações positivas (LEONARD et al., 2004; ELLIS et al., 2003; CLARK; NESS; TOBIAS, 2006) e negativas (DIMITRI; WALES; BISHOP, 2010; GOULDING et al., 2000) entre adiposidade e massa óssea em crianças e adolescentes.

Para Petit et. al. (2005) e Wetzsteon et al. (2008) os músculos produzem as maiores cargas fisiológicas no esqueleto, os indivíduos com sobrepeso devem ter maior massa muscular absoluta para movimentar seu peso corporal extra. Por sua vez, a força óssea absoluta é maior em crianças e adolescentes com excesso de peso e está adaptada ao aumento da massa muscular.

A forte associação entre força óssea e massa magra, em vez de massa gorda, foi relatada em vários outros estudos. Em alguns casos, os pesquisadores relataram uma associação positiva entre a gordura corporal e a BMD, a macroestrutura óssea ou a força óssea (DUCHER et al., 2009; FARR et al., 2010; SAYERS; TOBIAS, 2010; JANICKA et al., 2007; LORENTZON et al., 2006). No entanto, após ajustes feitos para substitutos de força muscular, a associação tornou-se não significativa (LORENTZON et al., 2006) ou negativa, (POLLOCK et al., 2007; FRICKE et al., 2008b). Assim, é provável que o esqueleto de uma criança com excesso de peso não se adapte ao excesso de gordura corporal, particularmente nos membros superiores (DUCHER et al., 2009). Essa “má adaptação” pode explicar parcialmente o aumento do risco de fraturas do antebraço em crianças e adolescentes com excesso de peso (GOULDING; GRANT; WILLIAMS, 2005).

Segundo os achados de Fricke et. al. (2008a) Gilsanz et al. (2009) e Farr et. al. (2011) há evidências crescentes de que não apenas a quantidade absoluta de adiposidade, mas também sua distribuição, podem influenciar a massa e a força óssea em crianças e adolescentes. Por exemplo, após o ajuste do comprimento do membro e da musculatura, o tecido adiposo visceral foi um preditor negativo da área óssea da metade do fêmur e estimativas da força óssea em meninas adolescentes. Curiosamente, o inverso foi observado para a relação entre os parâmetros ósseos e gordura subcutânea (GILSANZ et al., 2009). Diferenças nas propriedades endócrinas da gordura visceral e subcutânea podem mediar a associação entre massa gorda regional e estrutura óssea e força (RUSSELL et al., 2010).

2.5 Exercício físico

Com Inúmeras evidências encontradas nos últimos anos, diversos órgãos como American College of Sports Medicine (2004), Sports Medicine Australia (2005), International Osteoporosis Foundation (2005), U.S. Department of Health and Human (2008), Word Health Organization (2010), National Health and Medical Research Council (2010), Osteoporosis Australia (2011) reconhecem e estimulam a atividade física e o exercício como meio de ajudar no desenvolvimento e manutenção da saúde e aptidão musculoesquelética e prevenção de fraturas osteoporóticas. Sendo que o fator importante para a desenvolvimento e manutenção são as contrações musculares que colocam as maiores cargas no esqueleto (BURR, 1997). Que podem ser resultantes de atividade física, que se refere a qualquer movimento corporal produzido por contrações musculares esqueléticas sem planejamento prévio, resultando em um aumento no gasto energético ou do exercício físico que é representado por movimentos planejados, estruturados e repetitivos, para melhorar ou manter um ou mais componentes da aptidão física (KIRANDI, 2016)

Várias revisões focadas na prevenção e no manejo da osteoporose incluem exercício ou atividade física como uma estratégia preventiva e de tratamento (GRONHOLZ, 2008; GASS; DAWSON-HUGHES, 2006; RIZZOLI et al., 2009).

Atualmente, diretrizes consensuais do American College of Sports Medicine (2004) para saúde óssea e prevenção de fraturas recomendam a participação regular em atividades físicas e exercícios em crianças e adolescentes para aumentar o acumulo ósseo, ou em adultos e idosos para manter a força óssea e a função muscular e diminuir os efeitos da idade sobre a saúde óssea.

Há evidências consistentes indicando que as respostas osteomusculares ao exercício variam ao longo da vida. O exercício físico durante a infância e a adolescência tem mostrado ganhos relativamente grandes na massa, estrutura e força dos ossos em locais treinados, enquanto o exercício durante a idade adulta parece produzir ganhos modestos e conservar ou reduzir a taxa de perda e resistência óssea existente, decorrentes do processo de envelhecimento (ZEALAND; SOCIETY, 2000).

A inatividade física não é apenas a quarta principal causa de mortalidade global segundo a Word Health Organization (2010), mas também causa efeitos deletérios tanto no esqueleto em desenvolvimento quanto no adulto. Isto também é encontrado em casos extremos de desuso esquelético onde os ossos não sofrem ações da gravidade ou estímulos musculares como resultado de um ambiente de baixa gravidade, como no voo espacial (LANG et al., 2006), pacientes que ficam acometidos e confinados em leito de hospitais (SPECTOR; SMITH; SIBONGA, 2009), ou em função de acidente sofrem uma lesão da medula espinhal (KIRATLI et al., 2000), tudo isso, inclusive a inatividade física resulta em perdas ósseas substanciais.

De acordo com (AVRUNIN; TSES, 2016) o princípio orientador original subjacente à adaptação do esqueleto como resultado do exercício físico é referido como Lei de Wolff, que afirma que o osso acomoda as forças aplicadas a ele, alterando sua quantidade e distribuição de massa para suportar cargas futuras de natureza similar. Embora várias teorias tenham sido propostas para explicar como os ossos reagem às mudanças frente ao treinamento, a teoria do mecanostato de Frost propõe que os ossos possuam um ponto fixo ou limiar para adaptação chamado de tensão mínima efetiva (FROST, 1990). Sob condições normais de carga fisiológica,

onde a tensão não excede um dado limiar, não ocorre resposta adaptativa e a massa e força ósseas são mantidas. Por outro lado, se as deformações excederem um limite superior ou ponto de ajuste, a formação de novo osso é iniciada para fornecer resistência a mais deformação e reduzir as deformações dentro da faixa fisiológica ideal. Por outro lado, quando a tensão de carga habitual é reduzida, como ocorre durante o repouso no leito ou em um ambiente de microgravidade, há uma perda rápida e dramática no osso.

Em outras palavras as contrações musculares ou impactos gerados pelos exercícios geram um estimulo no osso, cada osso possui um set point chamado de mecanismo de tensão mínima efetiva que dependendo da magnitude o estimulo aciona a modelagem óssea que desencadeara uma resposta positiva no osso contudo se esse estimulo for muito baixo ativara o remodelagem óssea que é um processo que inicialmente esta relacionado com a atividade de absorção óssea dos osteoclastos e depois uma modelagem exercida pelo osteoclastos, esse processo pode levar a um efeito negativo no BMC.

Além disso, tem sido sugerido que a tensão mínima efetiva se torna menos sensível durante a velhice, o que pode explicar por que as respostas morfológicas ao treinamento mecânico parecem ser atenuadas na idade adulta em comparação com a infância e adolescência (RUBIN; BAIN; MCLEOD, 1992; RUFF; HOLT; TRINKAUS, 2006; TURNER; TAKANO; OWAN, 1995).

De acordo com as recomendações do American College of Sports Medicine (2004) ao avaliar os efeitos osteogênicos dos programas de treinamento físico, os seguintes princípios devem ser observados:

Especificidade – Apenas os locais esqueléticos expostos a uma mudança nas forças de carga diárias sofrem adaptação.

Sobrecarga – Uma resposta adaptativa ocorre apenas quando o estímulo de carga excede as condições de carga usuais; A adaptação contínua requer uma sobrecarga progressivamente crescente.

Reversibilidade – Os benefícios do exercício no osso podem não persistir se o exercício for acentuadamente reduzido.

Contudo segundo (BASS; NOWSON; DALY, 2003) as repostas adaptativas do osso frente os estímulos mecânicos são controlados por diferentes características de carga:

1. Cargas dinâmicas intermitentes geram melhoras resposta adaptativas nos ossos quando comparada com cargas continuas (LANYON; RUBIN, 1984);

2. Cargas de alta magnitude que são aplicadas rapidamente (alta taxa de deformação) são particularmente mais eficazes para produzir uma resposta osteogênica quando comparadas com cargas que geram uma pequena tensão na estrutura óssea (O’CONNOR; LANYON; MACFIE, 1982; RUBIN; LANYON, 1985);

3. Apenas uma breve duração ou número de cargas mecânicas são necessárias para iniciar uma resposta adaptativa, e a capacidade de resposta do osso ao treinamento contínuo diminui e, portanto, reduz qualquer adaptação posterior (RUBIN; LANYON, 1984; UMEMURA et al., 1997);

4. Padrões de carga incomuns ou diversos, diferindo daqueles aos quais o osso é tipicamente acostumado, podem ser tão importantes para iniciar uma resposta óssea adaptativa quanto a magnitude ou número de ciclos de carga (LANYON et al., 1982);

5. Períodos de descanso inseridos entre as sessões de carga parecem produzir uma maior resposta osteogênica do que uma única carga contínua de carga (ROBLING et al., 2002).

Para Frost (2003) o treinamento físico desempenha um papel importante não apenas no processo de modelagem e remodelação óssea, mas também na modelagem de uma estrutura óssea mecanicamente apropriada, que é capaz de lidar eficientemente com a sobrecarga que o osso é tipicamente submetido. De acordo com os estudos de (HEINONEN et al., 1993, 1995, 2001 e 2002; LIU et al., 2003) fica bem estabelecido que a carga física inerente a diferentes modalidades esportivas está associada não apenas ao aumento da massa mineral óssea, mas também a uma estrutura óssea mais forte.

É proposta uma divisão dos diferentes esportes em cinco tipos de imposição de carga de exercícios divididos em alto impacto, impacto-ímpar, alta magnitude, repetitivo de baixo impacto e repetitivo de não impacto. Esta classificação considera não apenas o desempenho esportivo típico, mas também as formas típicas de treinamento, que juntos estabelecem o tipo predominante de carga de exercício nos esportes dados. Aparentemente, essa classificação não é totalmente exclusiva, mas é considerada uma base qualitativa razoável para caracterizar as diferentes cargas de exercício e sua associação com características ósseas (NIKANDER et al., 2005, NIKANDER et al. 2006).

Resumidamente, a carga de alto impacto refere-se a saltos verticais máximos e os impactos do solo que o acompanham (vôlei, salto triplo e em altura e corrida com barreiras); carga de impacto ímpar refere-se a mudança de direção e paradas rápidas durante o impulso ou corrida e os impactos do solo que a acompanham (futebol e esportes de raquete); carga de alta magnitude refere-se a forças musculares aplicadas em movimentos lentos e bem coordenados, sem impactos no solo (treinamento de força); carga repetitiva de baixo impacto refere-se a impactos no solo que ocorrem durante performances de corrida de longa duração a uma velocidade relativamente constante (corrida de endurance); e carga repetitiva sem impacto refere-se às forças musculares aplicadas que ocorrem durante performances de longa duração sem impactos no solo (ciclismo e natação).

2.5.1 Natação

Exercícios de baixo impacto ou sem carga, como andar de bicicleta ou nadar, não tem o mesmo efeito de carga nos ossos. Sendo assim a International Osteoporosis foudation (2005) enfatiza que natação e ciclismo, são benéficos para a saúde cardiovascular e melhoram a força muscular, mas não promovem a formação óssea, seguindo a mesma linha de raciocínio a Osteoporosis Australia (2006) enfatiza que nadar ou andar de bicicleta não aumentam a densidade óssea.

De acordo com Nikander et al., 2010 quando comparou mulheres não praticantes de esportes e atletas de diversas modalidades (alto impacto; impacto-impar; alta magnitude; repetitivo de baixo impacto, repetitivo de baixo impacto) as atletas de natação (repetitivo de baixo impacto) mostraram não se diferenciaram do grupo controle (não-atletas) para a BMC de tíbia ($p = 0,05$).

De Acordo com Gomez-Bruton et. al (2016) em sua revisão sistemática e meta analise que analisou o efeito da natação sobre a BMD (corpo todo; cabeça do fêmur; coluna lombar) durante a infância e adolescência não foram identificadas diferenças entre nadadores e sedentários em nenhuma parte analisada. Quando avaliado nadadores com atletas praticantes de esportes osteogênicos foi mostrado um efeito negativo da pratica da natação para cabeça do fêmur e coluna lombar ($p=0,001$).

Segundo Gomez-Bruton et. al (2013) em sua revisão sistemática que verificou se o tecido ósseo é realmente afetado pela pratica da natação identificou que a natação não mostra diferenças para homens, mulheres, crianças adolescentes, jovens adultos e população idosa quando comparado com sedentários. De todos os textos analisados em sua revisão apenas dois mostraram uma maior BMD de copo todo comparado com o grupo controle. No entanto alguns estudos demonstram a superioridade de BMD de membros superiores de nadadores comparados com sedentários. Esses maiores valores de BMD membro superior em nadadores podem ser devidos tanto ao nível de força aplicado pelos músculos do antebraço durante a natação quanto ao fato de que essa parte do corpo não é excessivamente usada na vida diária pela população em geral. No estudo de (MAGKOS et al., 2007), que analisou a resposta óssea de esportes aquáticos entre homens e mulheres em diversas partes do corpo, verificou que mulheres apresentam uma superioridade em BMD comparada a sedentárias em membros superiores enquanto que os homens não diferem de sedentários. (AGOSTINETE et al., 2017) encontrou dados parecidos ao analisar as características dos grupos de seu estudo não encontrou diferenças de BMC tampouco de BMD membros superiores de nadadores e praticantes de basquetebol e futebol, mas uma diferença significativa ($p< 0,05$) mostrando uma

superioridade da natação comparada a sedentários ao analisar BMC e BMD de membros superiores.

A prática prolongada da natação aprece ter efeitos negativos tanto em adolescentes do sexo feminino quanto masculino, contudo a pratica da natação parece gerar respostas distintas nos sitio analisados quando comparamos os sexos, após 9 meses de pratica de natação as mulheres apresentaram uma perca mais acentuada na coluna enquanto que os homens a coluna foi o local analisado que menos se diferiu de sedentários. Nos homens membros superiores foi o local que mais foi acometido pelo efeito negativo da natação enquanto que nas mulheres os membros superiores foi o local onde as mulheres tiveram menor perda de BMD. (RIBEIRO-DOS-SANTOS et al., 2016)

Estudos especulam que a relação negativa entre natação e ganho de massa óssea é decorrente do exercício ser realizado em hipogravidade (FERRY et al., 2013; GÓMEZ-BRUTON et al., 2015).

Mesmo nadadores geralmente têm maior massa magra quando comparados a adolescentes sedentários, o que pode ser devido a longas rotinas de treinamento dentro da água (PAYNE; SHARP, 2014) a natação não afeta de maneira positiva a massa óssea, sendo assim, não é considerado um bom esporte para se praticar objetivando melhoria da saúde óssea (GÓMEZ-BRUTON et al., 2013).

Os valores mais baixos de BMC achados em nadadores quando comparados com outros esportes, servem como alerta a treinadores para acrescentarem exercícios com caráter osteogênico em seu treinamento a fim de garantir em adolescentes uma aquisição óssea desejável para prevenir osteoporose ao final da vida (GOMEZ-BRUTON et al., 2016).

Tabela 1 – Estudos que demostram o efeito da natação comparado com sedentários e praticantes de outras modalidades consideradas osteogênicas.

Estudo	Variáveis	Grupos avaliados	Sujeitos	Resultados
Nikander et. al. 2010	BMC, tíbia	Alto impacto; impacto-impar; alta magnitude; repetitivo de baixo impacto, repetitivo sem impacto e controle	254 mulheres	Repetitivo sem impacto(natação) não diferiu do grupo controle
Gomez-Bruton et. al. 2015	BMD, Corpo todo, cabeça do fêmur e coluna lombar	Nadadores, sedentários, praticantes de esportes osteogênicos	Revisão sistemática e meta analise	Nadadores não diferem de sedentários. Nadadores e praticantes de esportes osteogênicos não diferem para corpo, mas sim para cabeça do fêmur e coluna lombar
Gomez-Bruton et. al. 2015	BMD, corpo todo, membros superiores	Nadadores, sedentários, idosos, homem, mulher, crianças	Revisão sistemática e meta analise	Praticante de natação não difere para sedentário em corpo todo. Superioridade de nadadores para MMSS
Magkos et. al. 2007	BMD, total, braços, pernas e tronco	Polo aquático, nadadores, sedentários	52 homens e 46 mulheres idade 17-34 anos	Efeito positivo para MMSS de mulheres x sedentárias, mas não para homens x sedentários. Homens e mulheres se diferem negativamente para MMII e total comparado com sedentários.
Agostinete et. al 2017	BMD e BMC membros superiores, inferiores, coluna e corpo todo	Sedentários, basquete/futsal e nadadores	190 adolescente entre 11-17 anos	Nadadores não diferem de modalidades osteogênicas para MMSS, mas sim para MMII e não apresentam diferenças para MMII de sedentário, mas sim para MMSS.

Ribeiro dos Santos et. al. 2016	BMD, corpo todo, coluna, membros superiores membros inferiores	Nadadores, sedentários	29 homens 26 mulheres entre 11-17 anos	Mulheres e homens respondem negativamente a pratica de natação. Mulheres são mais afetadas na coluna enquanto que homens nos MMSS.

2.5.2 Musculação

Para American College of Sports Medicine (2004), participar de esportes que envolvem forças de carga de alta intensidade, como ginástica, levantamento de peso e musculação garantem uma maior BMD quando comparados com atletas que participam de esportes que não suportam peso, como natação.

Em seu estudo Ryan et al. (2004) verificou o efeito da musculação após seis meses de treinamento em homens e mulheres jovens e idosos verificou que a prática de musculação três vezes na semana durante seis meses mostra um efeito positivo ($p<0,05$) no aumento da BMD após seis meses de pratica de musculação para cabeça do fêmur, triângulo de Ward's e trocânter maior. Um estudo de Bembem D., Bembem M. (2011) que verificou quatro diferentes protocolos de treinamento em homens e mulheres entre 55-74 anos durante 40 semanas os protocolos eram divididos em alta intensidade, três series de oito repetiçoes a 80% RM realizados por um grupo duas vezes na semanas e por outro três vezes na semana, e baixa intensidade, três series de 16 repetições a 40% RM também realizado por um grupo duas vezes na semana e outro três vezes na semana, todos os quatro grupos mostraram aumentos para BMD de trocânter e coluna mas não para corpo todo, sendo que os homens parecer ter resposta mais positivas na coluna quando comparados com as mulheres.

A musculação também tem se mostrado benéfica para proteger a saúde óssea em pessoas que já sofreram o efeito do envelhecimento de acordo com o estudo de Bocalini, Serra, Dos Santos (2010) onde verificaram a manutenção do BMD em mulheres pós menopausa com um treinamento de musculação moderado realizado três vezes por semana de 60-70 RM após 24 semanas foi verificado que a musculação exerce um efeito protetivo onde a mulheres praticantes de musculação mantiveram sua BMD enquanto que o grupo controle que não estava engajado na pratica de musculação teve uma perda significativa de BMD tanto para coluna lombar quanto para cabeça do fêmur. Esses dados encontrados por Bocaline (2010) reforçam o estudo de Rhodes et. al (2000), onde apesar dos resultados não terem significância, pode observar que um protocolo de treinamento de apenas três meses se mostrou eficaz para manutenção de BMD de mulheres que seguiam um protocolo de treino de corpo todo três vezes na semana enquanto que o grupo controle formadas por mulheres que não estavam engajadas em treinamento, houve uma perda com relação a BMD comparada com início do programa para cabeça do fêmur, trocânter maior e coluna lombar. Em comum acordo Zhao, R., Zhao, M., Xu (2015) em sua meta analise, identificou um efeito positivo da pratica de musculação em diversos protocolos de treinamento para melhora de BMD de coluna lombar e cabeça de fêmur em mulheres pós menopausa, sendo que quando combinado com exercícios de alto impacto os benefícios são mais evidentes.

Tabela 2 – Estudos que demostram o efeito da musculação comparado com sedentários e grupos controle.

Estudo	Variáveis	Protocolo do TF	Sujeitos	Resultados
Bemben & Bemben (2011)	BMD corporal, lombar e quadril, colo femoral e trocânter	TF: 2 e 3 sessões semanais, 3 séries, 8 repetições com 80% 1RM e 3 séries, 16 repetições a 40% 1RM, por 40 semanas	45 Homens e 79 Mulheres entre 55-74 anos	Alterações de BMD lombar 1,2% (2 sessões 80% 1RM) e BMD trocânter 1,5% (3 sessões 40% 1RM)
Bocaline, Serra e dos Santos (2010)	BMD, cabeça do fêmur e coluna lombar	TF: 3 series de 10-12 repetições, 3 vezes por semana a 60-70% RM, durante 24 semanas.	30 mulheres entre 57-75 anos	O grupo TF não teve alterações significativas após 24 semanas enquanto que o grupo de sedentários teve uma redução significativa.
Rhodes et. al (2000)	BMD, BMC cabeças do fêmur, triangulo de ward's, trocânter e coluna lombar	Tf: 3 series de 8 repetições 75% RM 52 semanas	44 mulheres entre 65-75 anos	Não foram encontradas diferenças significativas porem enquanto as praticantes de musculação aumentaram a BMD as sedentárias tiveram um decréscimo.
Zhao, R., Zhao, M., Xu (2015)	BMD, coluna lombar e cabeça do fêmur	Diversos protocolos	Meta analise	Efeito positivo da pratica de musculação, com benefícios mais evidentes quando a musculação combinada com exercícios de impacto

2.5.3 Lutas

Em um estudo realizado por Ito et. al. (2016) que comparou a BMD de adolescentes de ambos os sexos praticantes de artes marciais e não praticantes identificou que apenas o grupo de praticantes de Judô (p=0,042) tiveram maior BMD de membros superiores quando comparados com não praticantes, mostrando um efeito da natureza da modalidade por se utilizar muito membros superiores, os lutadores de Judô não se mostraram superior ao grupo de não praticantes em mais

nenhuma parte analisa sendo elas membros inferiores, coluna, tronco, pelve e corpo todos, esses dados também foram apresentados quando foi comparado praticantes de Karatê e Kung-Fu com não praticantes de artes marciais sendo que os praticantes de Karatê e Kung-Fu não se diferiram do grupo de não praticantes também para membro superior.

O estudo de Matsui et. al. (2017) identificou que BMD de membros superiores de praticantes de Kendo do sexo feminino com uma média de treinamento de 23 anos, treinando pelo menos duas vezes na semana são superiores a não praticantes da mesma faixa etária. De acordo com Kim et. al. (2013) a pratica de Judô durante o período de crescimento se mostra eficiente no aumento da BMD em garotos Coreanos de aproximadamente 17 anos. Os praticantes de Judô tinham de três a dez anos de experiência na modalidade enquanto que o grupo controle não tinha nenhuma experiencia em esportes. Sendo assim os praticantes de Judô mostraram uma maior BMD de coluna lombar, fêmur e antebraço quando comparados com o grupo sedentário não engajado em atividades esportivas. Dados parecidos foram encontrados no estudo de (MISSAWI et al., 2017) onde investigou as resposta da pratica regular do Judô durante período escolar com garotos não envolvidos em esportes frequentando apenas das aulas de educação física regular.

Os praticantes de Judô tiveram uma superioridade de BMD comparados com o grupo controle para membros superiores e inferiores, mas não se diferiram quanto a coluna lombar. Em um estudo de (NASRI et al., 2013) onde verificou o benefício de esportes de combate na BMD de atletas adolescente do sexo masculino, o grupo de esportes de combate era composto por praticantes de Judô, Kung-Fu, Boxe e praticantes de 2 estilos de Caratê distintos. Foi observado uma superioridade

(p<0,001) em todas as partes analisadas, corpo todo, pélvis, coluna lombar, membros superiores e inferiores quando comparados com o grupo de sedentários.

Tabela 3 – Estudos que demostram o efeito da pratica de lutas comparado com sedentários.

Estudo	Variáveis	Grupos avaliados	Sujeitos	Resultados
Ito et. al (2016)	BMD braços, pernas, tronco, pelve, coluna e corpo todo	Praticantes de artes marciais (Judô Karatê e Kung-Fu) e sedentários	138 adolescentes entre 11-14 anos de ambos os sexos	Lutadores de Judô se diferem para MMSS de sedentários. Não foi encontrado nenhuma diferença pra todas as outras partes corporais analisadas
Matsui et. al. (2016)	BMD braço direito (radio)	Praticantes de Kendo e sedentários	80 mulheres com idade média de 47,6 ± 10,4 anos	Praticantes de Kendo tem maior BMD no braço direito (radio) do que o grupo não envolvido em pratica esportivas
Kim et. al (2013)	BMD fêmur, coluna e antebraço	Praticantes de Judô e sedentários	60 alunos Coreanos em idade escolar 16-18 anos	O grupo de praticantes de judô se mostraram superior quando comparados com sedentários em todos os sítios analisados
Missawi, et. al (2017)	BMD e BMC corpo todo, coluna lombar, pernas e braços	Praticantes de judô e sedentários	130 meninos entre 9-12 anos	Os praticantes de judô não apresentaram diferença do grupo controle quando analisado coluna lombar, nos demais sítios analisados se mostrou superior tanto par BMC quanto para BMD
Narsi et. al (2015)	BMD corpo todo, pélvis, coluna lombar, braços e pernas	Sedentários e praticantes de lutas	80 meninos com idade média de 17±0,2 anos	Os praticantes de luta se mostraram superior em todos os sítios analisados

3. JUSTIFICATIVA

As diferenças entre os estímulos em ambiente aquático ou terrestre, ou seja, entre exercícios sem e com sustentação do peso corporal, respectivamente, podem ser explicadas pelo fato de que enquanto os nadadores gastam várias horas por dia em um meio hipogravitatório gerando forças musculares relativamente baixas (os músculos dos nadadores não precisam neutralizar a gravidade), os atletas osteogênicos realizam algum tipo de atividade de impacto que envolve altas forças musculares e que melhorará gradualmente a BMD (GÓMEZ-BRUTON et al., 2013). Portanto, pequenas diferenças emergem entre nadadores e atletas de alto-impacto no início da adolescência, que parecem aumentar ao longo dos anos. Resultados semelhantes podem ser encontrados quando comparados nadadores a controles não-sedentários, pois parece que a natação é neutra ao osso (GÓMEZ-BRUTON et al., 2015). Portanto, a realização de qualquer outro tipo de atividade poderia ser melhor para a massa óssea do que para a natação. Porém, pode haver uma falta de estudos comparando as diferenças entre nadadores e controles sedentários e idosos, porque se os nadadores foram seriamente comprometidos quanto aos valores de BMD e BMC, então estes estarão reduzidos, significando um aconselhamento problemático da natação como exercício único ao longo da vida.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivos Gerais

Avaliar o BMC e BMD de indivíduos de ambos os sexos praticantes de modalidades esportivas, sedentários e pessoas que já sofreram o efeito do envelhecimento.

4.2 Objetivos Específicos

Comparar o efeito da natureza da modalidade no BMC e BMD entre homens e mulheres praticantes de modalidades esportivas, sedentários pessoas que já sofreram o efeito do envelhecimento.

5. MÉTODOS

5.1 Sujeitos

Participaram do estudo 114 indivíduos, sendo 87 do sexo masculino, divididos em seis grupos: Natação (n=12; 16,42 ± 2,61 anos; 179,75 ± 6,98 cm; 69,49 ± 7,76 kg), Kendo (n=10; 29,00 ± 7,56 anos; 173,65 ± 8,54 cm; 82,06 ± 14,24 kg), Jiu-Jitsu (n=10; 24,90 ± 5,90 anos; 178,50 ± 7,02 cm; 76,46 ± 8,20 kg), Musculação (n=14; 21,86 ± 1,99 anos; 180,79 ± 5,82 cm; 83,19 ± 10,42 kg), Sedentários (n=30; 21,83 ± 3,35 anos; 175,68 ± 6,46 cm; 73,20 ± 13,67 kg) e Idosos (n=11; 62,55 ± 6,61 anos; 169,41 ± 6,51 cm; 79,86 ± 10,72 kg) e 27 do sexo feminino divididos em 2 grupos: Sedentárias (n=13; 22,46 ± 3,33 anos; 162,35 ± 5,41 cm; 60,00 ± 6,75 kg) e Nadadoras (n=14; 15,50 ± 2,47 anos; 163,67 ± 6,59 cm; 56,50 ± 6,96 kg).

Tabela 4 – Caracterização dos atletas.

GRUPOS	***Experiencia Mínima na Modalidade***	***Frequência semanal mínima de treinamento***
Musculação	18 meses	3 vezes por semana
Natação	24 meses	25 km por semana
Kendo	36 meses	3 vezes por semana
Jiu-Jitsu	12 meses	2 vezes por semana
Sedentários Idosos	Pelo menos 6 meses sem pratica esportiva regular	

5.2 Procedimentos e instrumentos

Os participantes foram orientados sobre os procedimentos e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que autorizou a sua participação no processo. Foi utilizado o método de absorciometria por feixe duplo

de raios-X utilizando um aparelho (DXA, modelo Hologic®, QDR Discovery Wi®) juntamente com o software de composição corporal (Hologic APEX®) que apresentou valores de área óssea (cm²) conteúdo mineral ósseo (g) densidade mineral óssea (g/cm²), massa gorda (g), percentual de gordura (%), massa magra (g) e massa total (g) para corpo todo, pélvis, braços direito e esquerdo, que juntos forneceram as referências de membros superiores (MS) e pernas direita e esquerda que juntas forneceram referencias de membros inferiores (MI). O equipamento foi calibrado por um técnico de laboratório com experiencia nesses procedimentos. Os participantes apresentaram-se para a avaliação com roupas leves e sem qualquer objeto metálico ou acessórios no corpo; e foram instruídos a permaneceram deitados em decúbito dorsal sobre a mesa até o final da verificação. Os pés se mantiveram unidos e os braços dispostos paralelamente ao tronco (Figura 4). As linhas foram ajustadas pelo mesmo técnico através de pontos anatômicos específicos determinados pelo fabricante (GUIMARÃES et al., 2017).

Figura 4 – Absorciometria por feixe duplo de raios-X (DXA).

5.3 Tratamento estatístico

Os dados foram avaliadas em torno da média ± desvio padrão, mínimos e máximos. A normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As diferenças entre os grupos esportivos, sedentário e idoso, quanto à BMC e BMD entre homens, foram analisadas pela ANOVA de medidas repetidas (conjugada a Sidak como post-hoc). Entre mulheres, foi realizado em teste t para medidas independentes, considerando o grupo de nadadoras e sedentárias. Foi estabelecido $p \leq 0,05$ para todas as análises.

6. RESULTADOS

Os valores obtidos para BMC e BMD dos atletas analisados são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Valores de médias e desvio-padrão de BMC (g) regional e corporal entre os grupos de modalidades, sedentários e idosos.

HOMENS	Corporal (g)	MMSS (g)	MMII (g)	Pélvis (g)
Natação (n=12)	2442,8 ± 359,4[a]	326,8 ± 51,6[a,d]	909,8 ± 136,5[a]	261,7 ± 49,1[a]
Kendo (n=10)	2675,9 ± 431,6	373,8 ± 61,1	1041,1 ± 209,5	271,6 ± 62,6[a]
Jiu-Jitsu (n=10)	2909,8 ± 473,8	409,6 ± 68,8[f]	1054,7 ± 193,0	333,3 ± 69,3[b]
Sedentários (n=30)	2517,0 ± 391,9[a]	350,6 ± 64,7[a]	972,7 ± 181,2[a]	279,3 ± 64,9[a]
Idosos (n=11)	2428,8 ± 313,5[a]	355,8 ± 36,5[a]	906,2 ± 129,7[a]	230,0 ± 47,7[a,d]
Musculação (n=14)	3148,3 ± 14,0[b,c,f]	444,3 ± 8,8[b,c,f]	1217,6 ± 161,1[b,c,f]	405,2 ± 75,1[b,c,e,f]
MULHERES				
Natação (n=14)	1986,5 ± 311,4	245,8 ± 46,9	628,9 ± 110,8	211,3 ± 45,81
Sedentárias (n=13)	1934,1 ± 245,0	239,2 ± 33,5	673,9 ± 93,8	206,7 ± 49,7

[a]Significativamente diferente do grupo Musculação;
[b]Significativamente diferente do grupo idosos;
[c]Significativamente diferente do grupo Sedentários;
[d]Significativamente diferente do grupo Jiu-Jitsu;
[e]Significativamente diferente do grupo Kendo;
[f]Sgnificativamente diferente do grupo Natação.

As diferenças entre os atletas, quanto à BMC e BMD corporal total, estão ilustrados na Figura 5 (Painéis A e B, respectivamente). Nota-se que BMC corporal total (Figura 5, Painel A) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p<0,01$), sedentários ($p<0,01$) e atletas de natação ($p<0,01$), mas não difere dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu ($p = 0,055$ e $p = 0,888$, respectivamente). Os resultados de BMD corporal total (Figura 5, Painel B) difere-se entre praticantes de musculação

e idosos (p<0,01), sedentários (p<0,01) e atletas de natação (p<0,01), mas não difere dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu (p = 0,385 e p = 0,998, respectivamente).

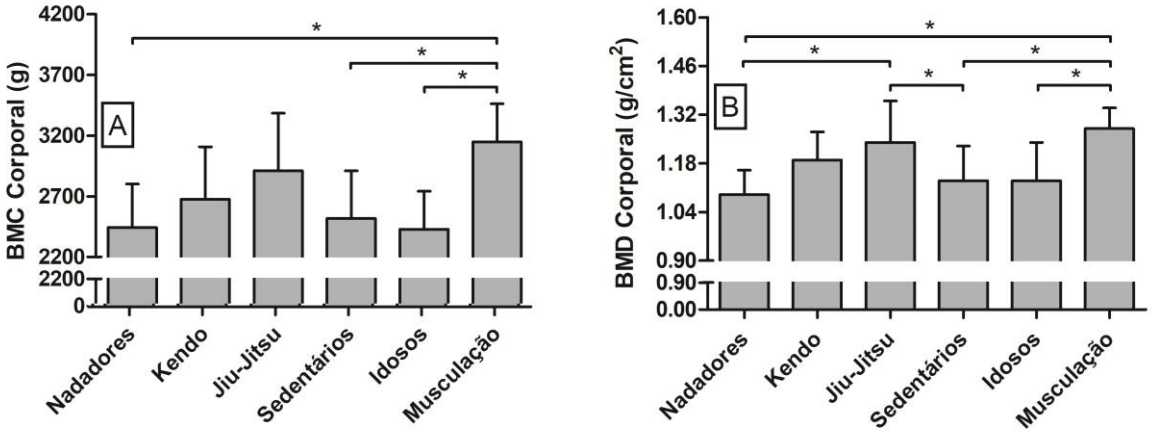

Figura 5 – BMC e BMD Corporal Total de Nadadores, Sedentários, Idosos e Praticante

Tabela 6 – Valores de médias e desvio-padrão de BMD (g/cm²) regional e corporal entre os grupos de modalidades, sedentários e idosos.

HOMENS	**Corporal (g/cm²)**	**MMSS (g/cm²)**	**MMII (g/cm²)**	**Pélvis (g/cm²)**
Natação (n=12)	1,094 ± 0,072[a,d]	0,784 ± 0,038[a,d]	1,121 ± 0,69[a,e]	1,072 ± 0,081[a,d]
Kendo (n=10)	1,192 ± 0,082	0,839 ± (,087	1,302 ± 0,118[f]	1,237 ± 0,151
Jiu-Jitsu (n=10)	1,241 ± 0,119[c,f]	0,874 ± 0,073[c,f]	1,273 ± 0,133	1,270 ± 0,174[f]
Sedentários (n=30)	1,130 ± 0,103[a,d]	0,787 ± (0,073[a,d]	1,225 ± 0,144[a]	1,182 ± 0,170[a]
Idosos (n=11)	1,125 ± 0,108[a]	0,796 ± 0,058) [a]	1,192 ± 0,120[a]	1,160 ± 0,176[a]
Musculação (n=14)	1,278 ± 0,060[b,c,f]	0,880 ± 0,053[b,c,f]	1,387 ± 0,093[b,c,f]	1,356 ± 0,118[b,c,f]
MULHERES				
Natação (n=14)	1,064 ± 0,071	0,704 ± 0,025[c]	1,007 ± 0,060	1,042 ± 0,084
Sedentárias (n=13)	1,040 ± 0,077	0,659 ± 0,051[f]	1,043 ± 0,076	1,095 ± 0,109

[a]Significativamente diferente do grupo Musculação;
[b]Significativamente diferente do grupo idosos;
[c]Significativamente diferente do grupo Sedentários;
[d]Significativamente diferente do grupo Jiu-Jitsu;
[e]Significativamente diferente do grupo Kendo;
[f]Significativamente diferente do grupo Natação.

As diferenças entre os atletas, quanto à BMC e BMD de membros superiores e membros inferiores, estão ilustrados na Figura 6 (Painéis A, B, C e D). Nota-se que BMC de membros superiores (Figura 6, Painel A) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p<0,01$), sedentários ($p<0,01$) e atletas de natação ($p<0,01$), da mesma forma foi encontrado diferença entre praticantes de Jiu-Jitsu e atletas de natação ($p = 0,027$) mas os praticantes de musculação não se diferem dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu ($p = 0,083$ e $p = 0,935$, respectivamente). Os resultados de BMC de membros inferiores (Figura 6, Painel B) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p<0,01$), sedentários ($p<0,01$) e atletas de natação ($p<0,01$), mas praticantes de musculação não difere dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu ($p = 0,205$ e $p = 0,312$, respectivamente).

Os resultados encontrados para BMD de membros superiores (Figura 6, Painel C) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p = 0,037$), sedentários ($p<0,01$) e atletas de natação ($p<0,01$), da mesma forma foi encontrado diferença entre praticantes de Jiu-Jitsu e atletas de natação ($p = 0,034$) e sedentários ($p<0,01$) mas os praticantes de musculação não se diferem dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu ($p = 0,893$ e $p = 1,000$, respectivamente). Os resultados de BMD de membros inferiores (Figura 6, Painel D) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p<0,01$), sedentários ($p<0,01$) e atletas de natação ($p<0,01$), encontrando-se da mesma forma uma diferença entre praticantes de Kendo e atletas de natação ($p = 0,012$) mas praticantes de musculação não se diferem dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu ($p = 0,780$ e $p = 0,327$, respectivamente).

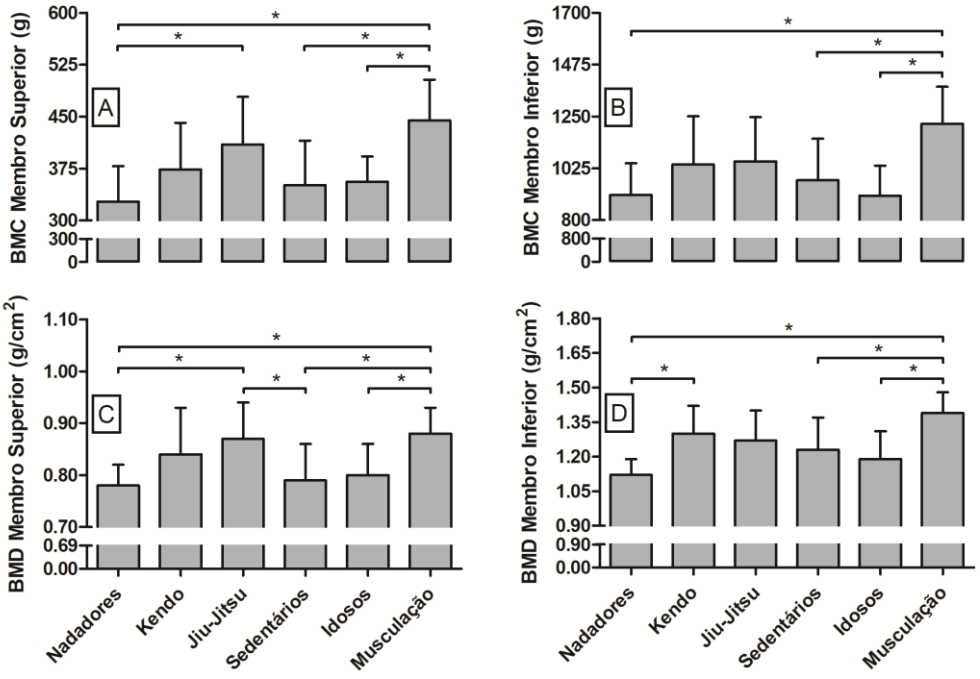

Figura 6 – BMC e BMD Membro Superior e Inferior de Nadadores, Sedentários, Idosos e Praticantes de Kendo, Jiu-Jitsu e Musculação.

As diferenças entre os atletas, quanto à BMC e BMD de pélvis, estão ilustrados na Figura 7 (Painéis A e B). Nota-se que BMC de pélvis (Figura 7, Painel A) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p<0,01$), sedentários ($p<0,01$), atletas de natação ($p<0,01$) e Kendo ($p<0,01$), da mesma forma foi encontrado diferença entre praticantes de Jiu-Jitsu e idosos ($p<0,01$) mas os praticantes de musculação não se diferem dos atletas de Jiu-Jitsu ($p = 0,105$). Os resultados de BMD de pélvis (Figura 7, Painel B) difere-se entre praticantes de musculação e idosos ($p = 0,030$), sedentários ($p =0,011$) e atletas de natação ($p<0,01$), encontrando diferença da mesma forma entre atletas de Jiu-Jitsu e atletas de natação ($p = 0,49$) mas praticantes de musculação não difere dos atletas de Kendo e Jiu-Jitsu ($p = 0,623$ e $p = 0,944$, respectivamente).

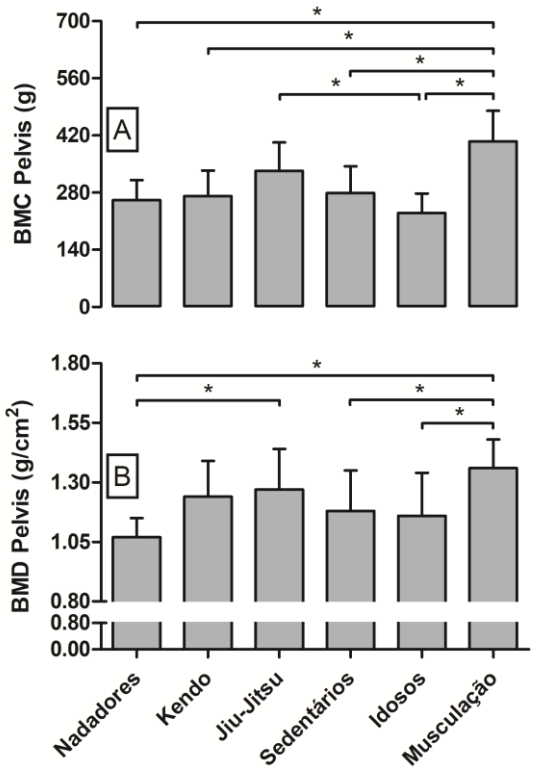

Figura 7 – BMC e BMD de Pélvis de Nadadores, Sedentários, Idosos e Praticantes de Kendo, Jiu-Jitsu e Musculação.

As diferenças entre atletas e sedentários do sexo feminino, quanto à BMC e BMD corporal total, membros superiores, membros inferiores e pélvis estão ilustrados na Figura 4 (Painéis A e B). Nota-se que BMC para todos os sítios analisados (Figura 8, Painel A) não foi encontrado diferenças entre atletas de natação e sedentários para corporal total ($p = 0,633$), membros superiores ($p = 0,679$), membros inferiores ($p = 0,266$) e pélvis ($p = 0,804$) contudo para BMD (Figura 8, Painel B) atletas de natação se diferem de sedentárias para membro superior ($p<0,01$) contudo essa diferença não foi encontrada nos demais sítios analisados, corporal total ($p = 0,402$) membros inferiores ($p = 0,190$) e pélvis ($p = 0,167$).

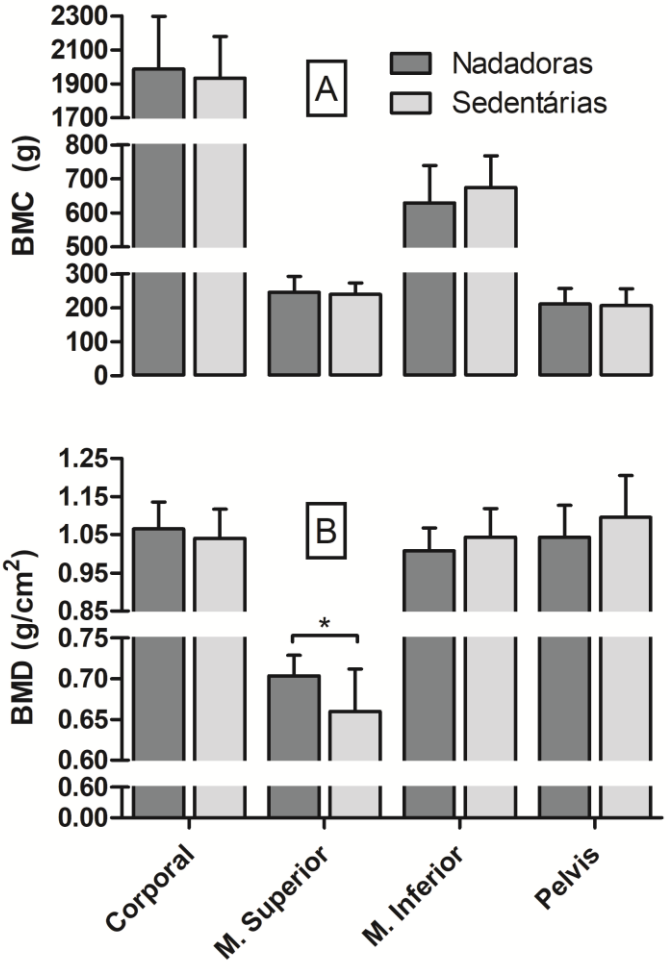

Figura 8 – BMC e BMD de Pélvis, Membro Superior, Membro Inferior e Corporal Total de Mulheres sedentárias e praticantes de natação.

7. DISCUSSÃO

Entre os grupos esportivos destacou-se o efeito osteogênico de praticantes de musculação sobre a atletas de natação, ao serem comparados quanto à BMC e BMD corporais. Destaca-se também que praticantes de musculação apresentam BMC e BMD corporais diferentes de sedentários e idosos, mas nadadores, sedentários e idosos não diferiram entre si quanto aos valores corporais de BMC e BMD. Essas diferenças entre praticantes de musculação, nadadores, sedentários e idosos se repetem ao comparar valores regionais (braços, pernas e pélvis) de BMC e BMD. Essas observações podem ser interpretadas como um reflexo do principal princípio da adaptação óssea, ou seja, a quantidade de tecido ósseo (massa) é utilizada para construir uma estrutura óssea que seja mais apropriada para o ambiente mecânico predominante e finalidade funcional (WOLFF et al., 1999). No caso do presente estudo, a musculação e os esportes de combate parecem exercer tal função efetivamente.

No entanto, sobre a prática da musculação, enquanto exercício com demanda de força muscular máxima, a velocidade de movimento em um desempenho típico como de "*powerlifting"* for constante e lenta, aparentemente as taxas de deformação óssea induzidas pela contração muscular serão baixas. No que diz respeito ao estímulo de impacto, a taxa de deformação óssea induzida pela carga será alta, como pode ser o caso no levantamento olímpico, atingindo bom estímulo ao menos em certas circunstâncias. No entanto, se reconhece que alguns aspectos do treinamento de peso podem se sobrepor, reduzindo a distinção entre essas demandas de cargas entre cada tipo de treinamento (NIKANDER et al., 2010; HEINONEN et al., 2002). Pelos resultados do presente estudo, acrescenta-se que as

modalidades esportivas de luta reúnem tais características de estímulos, cada qual com suas particularidades de taxa e intensidade de tensão, tal como os praticantes de musculação analisados, que raramente se expõem às tensões musculares elevadas e lentas.

Parece, portanto, que a natação não afeta negativamente a massa óssea. Na sua maioria, os nadadores apresentaram valores de BMD mais baixos do que qualquer outro esporte independentemente da idade e prática esportiva da população amostrada. De fato, estudos longitudinais mostraram menores aumentos de BMD durante um período de treinamento no grupo-esporte específico em ambiente aquático. No entanto, os nadadores apresentaram maiores valores de remodelagem óssea do que os controles sedentários, que não se refletiram em maior BMD. Esse maior remodelamento ósseo parece estar associado a uma estrutura óssea mais eficiente dos nadadores, que parece ser mais fraca quando comparada aos esportes de alto-impacto e mais forte quando comparada aos controles sedentários, independentemente do método de análise (GÓMEZ-BRUTON et al., 2013).

Cabe ressaltar que os grupos de pessoas sedentárias e idosas apresentam valores de BMC e BMD baixos, porém dentro da normalidade, isto é, os valores de “score t” não estão definidos em zonas de osteopenia ou osteoporose. De qualquer forma, a ausência de engajamento em práticas de atividade física propiciou valores que podem conduzir à um estado de saúde óssea que demanda preocupação em pouco período de tempo, o que pode ser também pontuado para nadadores. Essas observações corroboram as observações que baixos níveis de atividade física têm sido associados negativamente à massa óssea em crianças e adolescentes (GRACIA-MARCO et al., 2012). O pico de massa óssea, que é considerado a melhor

proteção contra perda óssea relacionada à idade e suscetibilidade a fratura óssea, é 60-80% geneticamente determinado, enquanto os 40-20% restantes são determinados por fatores ambientais, como nutrição e atividade física (POCOCK et al. 1987). Portanto, se dois adolescentes atletas (nadador vs. esportivo de impacto) com os mesmos determinantes genéticos, mas com diferentes hábitos ambientais foram comparados, é possível que eles não alcancem o mesmo pico de massa óssea, apresentando o nadador menor pico de massa óssea (devido às diferenças do estímulo ambiental) e, portanto, um maior risco de sofrer osteoporose mais tarde na vida. Isso foi reforçado pelos resultados encontrados quando se comparou nadadores com outros indivíduos envolvidos em esportes de alto impacto, pois estes últimos apresentaram valores mais altos para BMC e BMD regionais e corporais (UBAGO-GUISADO et al., 2015).

Muitos estudos também mostraram valores de BMC de membros inferiores em nadadores adolescentes e adultos (FEHLING et al., 1995; FERRY et al., 2011). Mais importante do que os valores da massa óssea da perna são os valores da coluna lombar e do quadril, onde as fraturas osteoporóticas podem ocorrer mais tarde na vida. Com foco na coluna lombar, uma menor BMD nesse local também foi encontrado em crianças, adolescentes e adultos nadadores, quando comparado ao grupo de esportistas. (FEHLING et al., 1995; FERRY et al., 2011). Muitos estudos também encontraram valores mais baixos nos ossos pélvicos, como o colo femoral, a área intertrocanteriana do fêmur ou o quadril per se, em crianças, nadadores adolescentes e adultos quando comparados a ginastas, corredores de pista, vôlei, futebol ou basquete (GRIMSTON, WILLOWS, HANLEY et al., 1993; TAAFFE et al., 1995; FEHLING et al., 1995; FERRY et al., 2011; CASSELL, BENEDICT, SPECKER, 1996; MAGKOS et al., 2007; CARBUHN et al., 2010; MUDD, FORNETTI, PIVARNIK,

2010; GÓMEZ-BRUTON et al., 2013). No presente estudo, inclui-se nessa lista de esportes com capacidade osteogênica maior que a natação o Jiu-Jitsu e Kendo, destacando o potencial dessas modalidades em melhorar a BMD de membros inferiores (Kendo, provavelmente pelo uso de saltos na execução das habilidades), braços e pelve (Jiu-Jistsu, provavelmente pela tensão isométrica na execução da habilidade de agarrar o oponente).

Ainda, os menores valores de BMD encontrados no colo do fêmur em nadadores quando comparados com outros atletas foram acompanhados por valores menores na coluna lombar. As fraturas neste local podem resultar em dor nas costas grave, diminuição da atividade e, consequentemente, aumento dos dias de repouso no leito (MELTON et al., 1999). Além disso, sofrer uma fratura da coluna lombar está associado a um aumento do risco de novas fraturas vertebrais, resultando em perda de altura e cifose, bem como um risco aumentado de fraturas não vertebrais, pois essas fraturas estão intimamente relacionadas à baixa densidade óssea da coluna lombar (GOMÉZ-BRUTON et al. 2015). Essas consequências certamente prejudicaram o treinamento, ocasionando o abandono prematura da modalidade e o engajamento em outras práticas esportivas futuras.

Curiosamente, entre mulheres nadadoras e sedentárias, a única diferença ocorreu para a comparação de BMD de MS. Resultados semelhantes foram encontrados em outro estudo, onde as nadadoras apresentaram maior BMD no braço; no entanto, essas diferenças eram inexistentes entre os machos (MAGROS et al., 2007; GÓMEZ-BRUTON et al., 2013). Em relação ao papel adicional das contrações musculares, nota-se também que a carga repetitiva, sem impacto, representado pela natação, não diferente da população de referência para qualquer modificação da forma da geometria tibial. Aparentemente, o número similarmente

alto de cargas sucessivas causadas por movimentos de pernas contra o arrasto dinâmico da água e contrações musculares decorrentes, não seja um estímulo suficiente para adaptação óssea, seja em termos de magnitude ou taxa, na medida em que anularia a influência da atividade osteogênica normal pelas formas de locomoção habitual (NIKANDER et al., 2010). No presente estudo, portanto, esse fato não se constatou para os MS, indicando que o estímulo para essa região corporal se mostrou suficientemente osteogênico para ser maior que as pares sedentárias. No entanto, esses valores exclusivos de BMD de braço maior em nadadores podem ser devidos tanto ao nível de força aplicado pelos músculos do antebraço durante a natação quanto ao fato de que essa parte do corpo não é excessivamente usada na vida diária pela população em geral (GOMÉZ-BRUTON et al. 2013). Para Orwoll et al. (1989), que incluiu homens e mulheres em seu estudo, as diferenças foram observadas apenas no grupo masculino. Segundo os autores, isso se deve às forças maiores aplicadas pelos homens, não atingidas pelas mulheres que apresentaram valores semelhantes aos seus pares controles. Em uma revisão usando DXA, poucos estudos mostraram maior BMD de corpo inteiro em nadadores do que em pares controles, mas os estudos observaram que a massa magra, que é bem conhecida por influenciar a BMD (GNUDI, SITTA, FIUMI, 2007), foi significativamente maior em nadadores do que nos pares controle e não foi incluída como covariável nas comparações (GOMÉZ-BRUTON et al. 2013). O presente estudo não comparou homens e mulheres atletas de natação quanto aos valores regionais e corporais de BMC e BMD, tampouco comparou nadadores e sedentários quanto às diferenças de massa magra regional ou corporal. Todavia, o fato de as nadadoras apresentarem valores mais elevados de BMD em MS em

relação às sedentárias também pode ser explicada pelo baixo uso dos MS por mulheres sedentárias em seu cotidiano.

Então, apesar das diferenças de gênero no pico de aquisição de massa óssea estarem bem documentadas em humanos (RICO et al., 1992), as observações do presente estudo não corroboram o estudo de Orwoll et al. (1989), que primeiro incluiu nadadores masculinos e femininos, e um estudo adicional (DERMAN et al., 2008), que observaram valores mais altos de BMD em nadadores do sexo masculino do que em seus pares controle, enquanto mulheres nadadoras apresentaram valores ósseos semelhantes aos pares controles. Tampouco corrobora o pressuposto que estas diferenças são exclusivas para o grupo masculino, dado ao fato de serem as forças maiores geradas por homens, resultando em um maior efeito sobre a remodelação óssea. Porém, também não corrobora com Grimston et al. (1993) que encontraram menores valores de massa óssea apenas em nadadores do sexo masculino, quando comparados aos pares controle.

8. CONCLUSÃO

A atividade física, exceto a natação, pode ser a causa da maior BMD e, portanto, deve ser levada em conta em outros estudos voltados para a avaliação óssea em uma população adulta posterior. O presente estudo observou que a natação parece não afetar negativamente a massa óssea e pode proporcionar uma estrutura óssea mais forte, ou tão forte quanto a dos pares controle, porém mais fraca que a de outros esportes de impacto, independentemente da faixa etária estudada: adolescentes adultos. Portanto, como dito anteriormente, parece que a natação pode ser mais benéfica em mulheres do que homens, a fim de manter os ossos. No entanto, pode-se assumir que o osso pode ser simultaneamente rígido em sua estrutura, mas relativamente leve entre nadadores de ambos os sexos.

De fato, considera-se que as mulheres são mais fracas que os homens em todas as idades, e a viabilidade do sistema musculoesquelético definitivamente diminui com a idade (GÓMEZ-BRUTON et al., 2013). No entanto, nos últimos anos, o exercício resistido progressivo tem se mostrado eficaz na melhora da força em homens e mulheres em todo as idades (ROGER et al., 1993; UBAGO-GUISADO et al., 2015). A melhora da força, por sua vez, tem sido associada à melhora da massa muscular e óssea, ao equilíbrio e também à mobilidade, sendo todos esses fatores importantes na prevenção de fraturas e na melhora da qualidade de vida, principalmente entre idosos.

Além disso, estudos futuros devem levar em conta as evidências de confusão, como: (a) cargas de treinamento mudam de acordo com o período de treinamento e isso pode afetar o osso que está constantemente se adaptando; (b) os nadadores

realizam treinamento com pesos para melhorar seu desempenho; (c) tempo de prática e horas semanais treinadas; (d) é importante distinguir nadadores de velocidade e nadadores de longa distância pelo fato de poderem apresentar diferentes tipos de rotinas de treinamento, que podem afetar os ossos de uma maneira diferente, e (e) com crianças ou adolescentes, o estágio de maturidade biológica deve sempre ser registrado, pois as diferenças no osso podem ser parcialmente devidas ao desenvolvimento natural.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETE, R. R. et al. Maturação somática e o relacionamento entre variáveis minerais ósseas e modalidades esportivas em adolescentes: Estudo transversal. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 135, n. 3, p. 253–259, 2017.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Physical activity and bone health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 36, n. 11, p. 1985–1996, 2004

ACKERMAN, A.; et. al. Sex difference in the effect of puberty on the relationship between fat mass and bone mass in 926 healthy subjects, 6 to 18 years old. **Obesity**, [s. l.], v. 14, n. 5, p. 819–825, 2006.

ARABI, A.; et. al. Sex differences in the effect of body-composition variables on bone mass in healthy children and adolescents. **The American journal of clinical nutrition**, [s. l.], v. 80, n. 5, p. 1428–1435, 2004.

ASHBY, R. L.; et. al. The muscle-bone unit of peripheral and central skeletal sites in children and young adults. **Osteoporosis International**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 121–132, 2011.

AUSILI, E.; et. al.Determinants of bone mineral density, bone mineral content, and body composition in a cohort of healthy children: Influence of sex, age, puberty, and physical activity. **Rheumatology International**, [s. l.], v. 32, n. 9, p. 2737–2743, 2012.

AVRUNIN, A. S.; TSES, E. A. The birth of a new scientific field — biomechanics of the skeleton. Julius Wolff and his work “Das Gesetz der Transformation der Knochen”. **History of Medicine/ru**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 372–376, 2016.

BACHRACH, L. K.; et. al. Bone mineral acquisition in healthy Asian, Hispanic, black, and Caucasian youth: A longitudinal study. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 84, n. 12, p. 4702–4712, 1999.

BAILEY, D. A.; et. al. Calcium Accretion in Girls and Boys During Puberty: A Longitudinal Analysis. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 15, n. 11, p. 2245–2250, 2000.

BAILEY, D. A.; et. al. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 14, n. 10, p. 1672–1679, 1999.

BARON, J. A.; et. al. Racial Differences in Fracture Risk. **Epidemiology**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 42–47, 1994.

BARRETT-CONNOR, E.; et. al. Osteoporosis and fracture risk in women of different ethnic groups. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 185–

194, 2005.

BASS, S. L.; NOWSON, C.; DALY, R. M. **Reducing the risk of osteoporosis: The role of exercise and diet**. Second Edi ed. [s.l.] : Elsevier Science Ltd, 2003.

BASS, S. L.; ESER, P.; DALY, R. The effect of exercise and nutrition on the mechanostat. **Journal of musculoskeletal & neuronal interactions**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 239–54, 2000.

BAXTER-JONES, A. D. G.; FAULKNER, R. A.; FORWOOD, M. R.; et. al. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 26, n. 8, p. 1729–1739, 2011.

BAXTER-JONES, A. D. G.; et. al. A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in healthy 8-19-year-old boys and girls. **Annals of Human Biology**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 160–175, 2003.

BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Dose-response effect of 40 weeks of resistance training on bone mineral density in older adults. **Osteoporosis International**, v. 22, n. 1, p. 179–186, 2011.

BELLEW JW, GEHRIG L. A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters. **Pediatric Physical Therapy.** v. 18, p. 19–22, 2006.

BERGMANN P, et. al. Loading and skeletal development and maintenance. **Journal of Osteoporosis** 786752, 2011.

BERGER, C.; et. al. Peak bone mass from longitudinal data: Implications for the prevalence, pathophysiology, and diagnosis of osteoporosis. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 25, n. 9, p. 1948–1957, 2010.

BHUDHIKANOK, G. S.; et. al. Differences in bone mineral in young Asian and Caucasian Americans may reflect differences in bone size. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 1545–1556, 1996.

BOCALINI, D. S.; SERRA, A. J.; DOS SANTOS, L. Moderate resistive training maintains bone mineral density and improves functional fitness in postmenopausal women. **Journal of Aging Research**, v. 2010, 2010.

BONJOUR, J.-P.; et. al. Critical Years and Stages of Puberty for Spinal and Femoral Bone Mass Accumulation during Adolescence*. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, [s. l.], v. 73, n. 3, p. 555–563, 1991.

BURR, D. B. Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. **Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 12, n. 10, p. 1547–1551, 1997.

BURROWS, M.; et. al. Bone mineral accrual across growth in a mixed-ethnic group of children: Are asian children disadvantaged from an early age? **Calcified Tissue**

International, [s. l.], v. 84, n. 5, p. 366–378, 2009.

CARBUHN AF, et. al. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. **Journal of Strength and Conditioning Reserach** v. 24, p. 1710–1717, 2010.

CASSELL C, BENEDICT M, SPECKER B. Bone mineral density in elite 7- to 9- yr-old female gymnasts and swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v. 28, p. 1243–1246, 1996.

CLARK, E. M.; NESS, A. R.; TOBIAS, J. H. Adipose tissue stimulates bone growth in prepubertal children. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 91, n. 7, p. 2534–2541, 2006.

CLARK, P. A.; ROGOL, A. D. Growth hormones and sex steroid interactions at puberty. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 665–681, 1996.

COSMAN, F.; et. al. Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. **Osteoporosis International**, [s. l.], v. 25, n. 10, p. 2359–2381, 2014.

CRABTREE, N. J.; et. al. Dual-energy x-ray absorptiometry interpretation and reporting in children and adolescents: The revised 2013 ISCD pediatric official positions. **Journal of Clinical Densitometry**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 225–242, 2014.

DERMAN O, et. al. Effect of swimming on bone metabolism in adolescents. **Turkish Journal of Pediatry** 50: 149–154, 2008.

DIMITRI, P.; WALES, J. K.; BISHOP, N. Fat and bone in children: Differential effects of obesity on bone size and mass according to fracture history. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 527–536, 2010.

DUCHER, G.; et. al. Overweight children have a greater proportion of fat mass relative to muscle mass in the upper limbs than in the lower limbs: Implications for bone strength at the distal forearm. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 90, n. 4, p. 1104–1111, 2009.

DUREN, D. L.; et. al. Quantitative genetics of cortical bone mass in healthy 10-year-old children from the Fels Longitudinal Study. **Bone**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 464–470, 2007.

ELLIS, K. J.; et. al. Bone mineral mass in overweight and obese childre: Diminished or enhanced? **Acta Diabetologica**, [s. l.], v. 40, n. SUPPL. 1, p. 274–277, 2003

FARR, J. N.; et. al. Relationship of total body fat mass to weight-bearing bone volumetric density, geometry, and strength in young girls. **Bone**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 977–984, 2010.

FARR, J. N.; et. al. Skeletal muscle fat content is inversely associated with bone strength in young girls. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 26, n. 9, p.

2217–2225, 2011.

FEHLING PC, et. al. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. **Bone** v. 17, p. 205–210, 1995.

FERRARI, S.; et. al. Familial resemblance for bone mineral mass is expressed before puberty. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 83, n. 2, p. 358–361, 1998.

FERRY, B. et al. Bone health during late adolescence: Effects of an 8-month training program on bone geometry in female athletes. **Joint Bone Spine**, v. 80, n. 1, p. 57–63, 2013.

FERRY B, et. al. Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. **Journal of Bone Mineral Metabolism** v. 29, p. 342–351, 2011.

FRICKE, O.; et. al. Subcutaneous fat and body fat mass have different effects on bone development at the forearm in children and adolescents. **Calcified Tissue International**, [s. l.], v. 82, n. 6, p. 436–444, 2008. a.

FRICKE, O.; et. al. Local Body Composition Is Associated with Gender Differences of Bone Development at the Forearm in Puberty. **Hormone Research**, [s. l.], v. 70, n. 2, p. 105–111, 2008. b.

FROST, H. M. Bone “mass” and the “mechanostat”: A proposal. **The Anatomical Record**, [s. l.], v. 219, n. 1, p. 1–9, 1987.

FROST, H. M. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff’s Law: The bone modeling problem. **The Anatomical Record**, [s. l.], v. 226, n. 4, p. 403–413, 1990.

FROST, H. M. Growth hormone and osteoporosis: an overview of endocrinological and pharmacological insights from the Utah paradigm of skeletal physiology. **Hormone research**, [s. l.], v. 54 Suppl 1, n. suppl 1, p. 36–43, 2000.

FROST, H. M. Bone’s Mechanostat: A 2003 Update. **Anatomical Record - Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology**, [s. l.], v. 275, n. 2, p. 1081–1101, 2003.

GASS, M.; DAWSON-HUGHES, B. Preventing osteoporosis-related fractures: An overview. **American Journal of Medicine**, [s. l.], v. 119, n. 4 SUPPL. 1, p. S3–S11, 2006.

GILSANZ, V.; et. al. Changes in Vertebral Bone Density in Black Girls and White Girls during Childhood and Puberty. **New England Journal of Medicine**, [s. l.], v. 325, n. 23, p. 1597–1600, 1991.

GILSANZ, V.; et. al. Reciprocal relations of subcutaneous and visceral fat to bone structure and strength. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.],

v. 94, n. 9, p. 3387–3393, 2009.

GNUDI S, SITTA E, FIUMI N. Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass. **Journal of Bone Mineral Metabolism** v. 25, p. 326–332, 2007.

GÓMEZ-BRUTON, A. et al. Is Bone Tissue Really Affected by Swimming? A Systematic Review. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, 2013.

GOMEZ-BRUTON, A. et al. The Effect of Swimming During Childhood and Adolescence on Bone Mineral Density: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 3, p. 365–379, 2016.

GÓMEZ-BRUTON, A. et al. The effects of swimming training on bone tissue in adolescence. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, n. 6, p. e589–e602, 2015

GOULDING, A.; GRANT, A. M.; WILLIAMS, S. M. Bone and body composition of children and adolescents with repeated forearm fractures. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 20, n. 12, p. 2090–2096, 2005.

GOULDING, A.; et. al. Overweight and obese children have low bone mass and area for their weight. **International Journal of Obesity**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 627–632, 2000.

GRONHOLZ, M. J. Prevention, Diagnosis, and Management of Osteoporosis-Related Fracture: A Multifactoral Osteopathic Approach. **J Am Osteopath Assoc**, [s. l.], v. 108, n. 10, p. 575–585, 2008.

GUÉGUEN, R.; et. al. Segregation analysis and variance components analysis of bone mineral density in healthy families. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 2017–2022, 1995.

GUIMARÃES, B. et al. Força Muscular E Massa Magra Regional Influenciam a Saúde Mineral Óssea Entre Jovens Mulheres. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 3, p. 186–181, 2017.

GRACIA-MARCO L, et. al. Sedentary behaviours and its association with bone mass in adolescents: the HELENA Cross-Sectional Study. **BMC Public Health**. v. 12, p. 971, 2012.

GRIMSTON SK, WILLOWS ND, HANLEY DA. 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.

HAVILL, L. M.; MAHANEY, M. C.; BINKLEY, T. L.; SPECKER, B. L. Effects of genes, sex, age, and activity on BMC, bone size, and areal and volumetric BMD. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 737–746, 2007.

HEANEY, R. P.; et. al. Peak bone mass. **Osteoporosis International**, [s. l.], v. 11, n.

12, p. 985–1009, 2000.

HEINONEN, A.; et. al. Bone mineral density of female athletes in different sports. **Bone and Mineral**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 1–14, 1993.

HEINONEN, A.; et. al. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. **Bone**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 197–203, 1995.

HEINONEN, A.; et. al. Mineral mass, size, and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. **Bone**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 279–285, 2001.

HEINONEN, A.; et. al.. Site-specific skeletal response to long-term weight training seems to be attributable to principal loading modality: A pQCT study of female weightlifters. **Calcified Tissue International**, [s. l.], v. 70, n. 6, p. 469–474, 2002.

HOLICK, M. F. Science in medicine Resurrection of vitamin D deficiency and rickets. **The journal of clinical investigation**, [s. l.], v. 116, n. 8, p. 2062–2072, 2006.

HUI, S. L.; et. al. Velocities of bone mineral accrual in black and white American children. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 25, n. 7, p. 1527–1535, 2010.

INTERNATIONAL OSTEOPOROSIS FOUNDATION. Invest in your bones Move it or Lose it How exercise helps to build and maintain strong bones , prevent falls and fractures , and speed rehabilitation. [s. l.], 2005.

ITO, I. H. et al. Prática de artes marciais e densidade mineral óssea em adolescentes de ambos os sexos. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 34, n. 2, p. 210–215, 2016.

JACKOWSKI, S. A.; et. al. Peak lean tissue mass accrual precedes changes in bone strength indices at the proximal femur during the pubertal growth spurt. **Bone**, [s. l.], v. 44, n. 6, p. 1186–1190, 2009.

JANICKA, A.; et. al. Fat mass is not beneficial to bone in adolescents and young adults. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 92, n. 1, p. 143–147, 2007

KANIS, J. a. Assessment of osteoporosis at the primary health care level. **World Health**, [s. l.], p. 339, 2007.

KIRANDI, O. The effects of regular exercise on the physical fitness levels. **International Journal of Environmental and Science Education**, [s. l.], v. 11, n. 16, p. 9457–9468, 2016.

KIRATLI, B. J.; et. al. Bone mineral and geometric changes through the femur with immobilization due to spinal cord injury. **Journal of rehabilitation research and development**, [s. l.], v. 37, n. April, p. 225–233, 2000.

KIRMANI, S.; et. al. Bone structure at the distal radius during adolescent growth. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 1033–1042, 2009.

KOHRT, W. M. et al. Physical Activity and Bone Health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 11, p. 1985–1996, 2004.

KIM, P. S. et al. BENEFICIAL EFFECTS OF JUDO TRAINING ON BONE MINERAL DENSITY OF HIGH-. p. 295–299, 2013.

LAMBERT, H. L.; et. al. Calcium supplementation and bone mineral accretion in adolescent girls: An 18-mo randomized controlled trial with 2-y follow-up. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 87, n. 2, p. 455–462, 2008.

LANG, T. F.; et. al. Adaptation of the proximal femur to skeletal reloading after long-duration spaceflight. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 21, n. 8, p. 1224–1230, 2006.

LANOU, A. J. Calcium, Dairy Products, and Bone Health in Children and Young Adults: A Reevaluation of the Evidence. **Pediatrics**, [s. l.], v. 115, n. 3, p. 736–743, 2005.

LANYON, L. E. The influence of function on the development of bone curvature. An experimental study on the rat tibia. **Journal of Zoology**, [s. l.], v. 192, n. 4, p. 457–466, 1980.

LANYON, L. E.; GOODSHIP, A. E.; PYE, C. J.; MACFIE, J. H. Mechanically adaptive bone remodelling. **Journal of Biomechanics**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 141–145, 1982.

LANYON, L. E.; RUBIN, C. T. Static vs dynamic loads as an influence on bone remodelling. **Journal of Biomechanics**, [s. l.], v. 17, n. 12, p. 897–905, 1984.

LEHTONEN-VEROMAA, M. K. M.; et. al. Vitamin D and attainment of peak bone mass among peripubertal Finnish girls: A 3-y prospective study. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 76, n. 6, p. 1446–1453, 2002.

LEONARD, M. B.; et. al. Effects of sex, race, and puberty on cortical bone and the functional muscle bone unit in children, adolescents, and young adults. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 95, n. 4, p. 1681–1689, 2010.

LEONARD, M. B.; et. al. Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions. **The American journal of clinical nutrition**, [s. l.], v. 80, n. 2, p. 514–523, 2004.

LIU, L.; et. al. Effects of physical training on cortical bone at midtibia assessed by peripheral QCT. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 95, n. 1, p. 219–224, 2003.

LORENTZON, M.; LANDIN, K.; MELLSTRÖM, D.; OHLSSON, C. Leptin is a negative independent predictor of areal BMD and cortical bone size in young adult Swedish men. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 21, n. 12, p. 1871–1878,

2006.

MACDONALD, H.; et. al. Bone strength and its determinants in pre- and early pubertal boys and girls. **Bone**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 598–608, 2006.

MACDONALD, H. M.; et. al. Maturity- and sex-related changes in tibial bone geometry, strength and bone-muscle strength indices during growth: A 20-month pQCT study. **Bone**, [s. l.], v. 36, n. 6, p. 1003–1011, 2005.

MACKELVIE, K. J.; MCKAY, H. A.; KHAN, K. M.; CROCKER, P. R. E. Lifestyle risk factors for osteoporosis in Asian and Caucasian girls. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 33, n. 11, p. 1818–1824, 2001.

MAGKOS F, et. al. The bone response to non-weight-bearing exercise is sport-, site-, and sex specific. **Clinical Journal of Sport Medicine** v. 17, p. 123–128, 2007.

MAGKOS, F. et al. 7 Bone respons exercise 2007.pdf. v. 17, n. 2, p. 123–128, 2007.

MISSAWI, K. et al. Judo Practice in Early Age Promotes High Level of Bone Mass Acquisition of Growing Boys ' Skeleton. **Journal of Clinical Densitometry**, n. 1, p. 1–9, 2017.

MARGOLIS, K. L.; ENSRUD, K. E.; SCHREINER, P. J.; TABOR, H. K. Body size and risk for clinical fractures in older women. **Annals of Internal Medicine**, [s. l.], v. 133, n. 2, p. 123–127, 2000.

MARSHALL, D.; JOHNELL, O.; WEDEL, H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. **Bmj**, [s. l.], v. 312, n. 7041, p. 1254–1259, 1996.

MATSUI, D. et al. Japanese female Kendo practitioners are associated with high radial bone mineral density. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 18, p. 1788–1793, 2017.

MATKOVIC, V.; et. al. Timing of peak bone mass in Caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. Inference from a cross-sectional model. **Journal of Clinical Investigation**, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 799–808, 1994.

MAYNARD, L. M.; et. al. Total-body and regional bone mineral content and areal bone mineral density in children aged 8-18 y: The Fels Longitudinal Study. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 68, n. 5, p. 1111–1117, 1998 .

MELTON LJ, ATKINSON EJ, COOPER C, et al. Vertebral fractures predict subsequent fractures. **Osteoporosis International** v.10, n. 3, p. 214–21, 1999.

MCCORMICK, D. P.; PONDER, S. W.; FAWCETT, H. D.; PALMER, J. L. Spinal bone mineral density in 335 normal and obese children and adolescents: Evidence for ethnic and sex differences. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 507–513, 1991.

MUDD LM, FORNETTI W, PIVARNIK JM. Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports. **Journal of Athletic Training** v. 42, p. 403–408, 2007.

NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL. **Clinical guideline for the prevention and treatment of osteoporosis in postmenopausal women and older men**. [s.l: s.n.].

NASRI, R. et al. Combat Sports Practice Favors Bone Mineral Density Among Adolescent Male Athletes. **Journal of Clinical Densitometry**, n. 2, 2013.

NIKANDER, R. et al. Cross-sectional geometry of weight-bearing tibia in female athletes subjected to different exercise loadings. **Osteoporosis International**, v. 21, n. 10, p. 1687–1694, 2010.

NIKANDER, R.; SIEVÄNEN, H.; HEINONEN, A.; KANNUS, P. Femoral neck structure in adult female athletes subjected to different loading modalities. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 520–528, 2005.

NIKANDER, R.; et. al. Loading modalities and bone structures at nonweight-bearing upper extremity and weight-bearing lower extremity: A pQCT study of adult female athletes. **Bone**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 886–894, 2006

NILSSON, O.; MARINO, R.; DE LUCA, F.; PHILLIP, M.; BARON, J. Endocrine regulation of the growth plate. **Hormone Research**, [s. l.], v. 64, n. 4, p. 157–165, 2005.

O'CONNOR, J. A.; LANYON, L. E.; MACFIE, H. The influence of strain rate on adaptive bone remodelling. **Journal of Biomechanics**, [s. l.], v. 15, n. 10, p. 767–781, 1982.

ORWOLL ES, et. al. The relationship of swimming exercise to bone mass in men and women. **Archives of International Medicine** v. 149, p. 2197–2200, 1989.

OSTEOPOROSIS AUSTRALIA. Exercise & Fracture Prevention Health Professionals. **Medicine Today**, 2006.

OSTEOPOROSIS AUSTRALIA. Exercise & Fracture Prevention A guide for GPs and Health Professionals. **Medicine Today**, [s. l.], 2011.

PARFITT, A. M. The two faces of growth: Benefits and risks to bone integrity. **Osteoporosis International**, [s. l.], v. 4, n. 6, p. 382–398, 1994.

PETIT, M. A.; et. al. Femoral bone structural geometry adapts to mechanical loading and is influenced by sex steroids: The Penn State Young Women's Health Study. **Bone**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 750–759, 2004.

PETIT, M. A.; et. al. Proximal femur bone geometry is appropriately adapted to lean mass in overweight children and adolescents. **Bone**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 568–576, 2005.

PETTIFOR, J. M.; PRENTICE, A. The role of vitamin D in paediatric bone health. **Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 573–584, 2011.

POCOCK, N. A.; et. al. N.; EBERL, S. Genetic determinants of bone mass in adults: A twin study. **Journal of Clinical Investigation**, [s. l.], v. 80, n. 3, p. 706–710, 1987.

POLLOCK, N. K.; et. al. Is adiposity advantageous for bone strength? A peripheral quantitative computed tomography study in late adolescent females. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 86, n. 5, p. 1530–1538, 2007.

PRENTICE, A. The relative contribution of diet and genotype to bone development. **Proceedings of the Nutritional Society**, [s. l.], v. 60, p. 45–52, 2001.

PAYNE, D. B.; SHARP, R. L. Physical and energy requirements of competitive swimming events. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 24, n. 4, p. 351–359, 2014.

RAUCH, F.; et. al.The “muscle-bone unit” during the pubertal growth spurt. **Bone**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 771–775, 2004.

RAUCH, F.; SCHOENAU, E. The developing bone: slave or master of its cells and molecules? **Pediatric research**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 309–314, 2001.

RECKER, R.; et. al. Bone gain in young adult women. **Journal of the American Medical Association**, [s. l.], v. 268, n. 17, p. 2403–2408, 1992.

RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, G.; et. al. Association of fat mass with bone mineral content in female adolescents. **Obesity Research**, [s. l.], v. 10, n. 7, p. 715, 2002.

RUSSELL, M.; et. al. Visceral fat is a negative predictor of bone density measures in obese adolescent girls. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 95, n. 3, p. 1247–1255, 2010.

RICO H, et. al. Sex differences in the acquisition of total bone mineral mass peak assessed through dual-energy X-ray absorptiometry. **Calcified Tissue International** v. 51, p. 251–254, 1992.

RIZZOLI, R.; et. al. Management of osteoporosis in the elderly. **Current Medical Research and Opinion**, [s. l.], v. 25, n. 10, p. 2373–2387, 2009.

ROBLING, A. G.; HINANT, F. M.; BURR, D. B.; TURNER, C. H. Improved Bone Structure and Strength After Long-Term Mechanical Loading Is Greatest if Loading Is Separated Into Short Bouts. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 17, n. 8, p. 1545–1554, 2002.

ROGERS MA, EVANS WJ. Changes in skeletal muscle with aging: Effects of exercise training. **Exercise and Sport Science Review** v. 21, p. 65–102, 1993.

RUBIN, C. T.; BAIN, S. D.; MCLEOD, K. J. Suppression of the osteogenic response in the aging skeleton. **Calcified Tissue International**, [s. l.], v. 50, n. 4, p. 306–313, 1992.

RUBIN, C. T.; LANYON, L. E. **regulation of bone formation by apllied dynamic loads***, 1984.

RUBIN, C. T.; LANYON, L. E. Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. **Calcified Tissue International**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 411–417, 1985.

RUFF, C.; HOLT, B.; TRINKAUS, E. Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's law" and bone functional adaptation. **American Journal of Physical Anthropology**, [s. l.], v. 129, n. 4, p. 484–498, 2006.

RHODES, E. C. et al. Effects of One Year of Resistance Training on Strength and Bone Density in Elderly Women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 27, n. Supplement, p. S21, 2000.

RIBEIRO-DOS-SANTOS, M. R. et al. Prolonged Practice of Swimming Is Negatively Related to Bone Mineral Density Gains in Adolescents. **Journal of Bone Metabolism**, v. 23, n. 3, p. 149, 2016.

RYAN, A. S. et al. Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 14, n. 1, p. 16–23, 2004.

SAYERS, A.; TOBIAS, J. H. Fat mass exerts a greater effect on cortical bone mass in girls than boys. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 95, n. 2, p. 699–706, 2010.

SOROKO, S. B.; BARRETT-CONNOR, E.; EDELSTEIN, S. L.; KRITZ-SILVERSTEIN, D. Family history of osteoporosis and bone mineral density at the axial skeleton: The rancho bernardo study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 761–769, 1994.

SCHIESSL, H.; FROST, H. M.; JEE, W. S. S. Estrogen and bone-muscle strength and mass relationships. **Bone**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 1–6, 1998.

SCHOENAU, E.; et. al. Bone Mineral Content per Muscle Cross-Sectional Area as an Index of the Functional Muscle-Bone Unit. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 1095–1101, 2002.

SCHÖNAU, E. The peak bone mass concept: is it still relevant? **Pediatric Nephrology**, [s. l.], v. 19, n. 8, p. 825–831, 2004.

SEEMAN, E. Estrogen, androgen, and the pathogenesis of bone fragility in women and men. **Current osteoporosis reports**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 90–96, 2004.

SEEMAN, E.; DELMAS, P. D. Bone Quality — The Material and Structural Basis of Bone Strength and Fragility. **New England Journal of Medicine**, [s. l.], v. 354, n. 21,

p. 2250–2261, 2006.

SEEMAN, E.; et. al. Do genetic factors explain associations between muscle strength, lean mass, and bone density? A twin study. **The American journal of physiology**, [s. l.], v. 270, p. E320–E327, 1996.

SEEMAN, E.; et. al. Reduced Bone Mass in Daughters of Women with Osteoporosis. **New England Journal of Medicine**, [s. l.], v. 320, n. 9, p. 554–558, 1989.

SOIMAKALLIO, S.; HEINONEN, A.; HYTTINEN, J.; SIEVÄNEN, H. Targeted exercises against hip fragility. **Osteoporosis International**, [s. l.], v. 20, n. 8, p. 1321–1328, 2009.

SPECTOR, E. R.; SMITH, S. M.; SIBONGA, J. D. Skeletal Effects of Long-Duration Head-Down Bed Rest. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, [s. l.], v. 80, n. 5, p. A23–A28, 2009.

SPORTS MEDICINE AUSTRALIA. A physical activity guide for older Australians An initiative of the Australian Government in association with Sports Medicine Australia Choose Health: Be Active Choose Health: Be Active: A physical activity guide for older Australians. **Commonwealth of Australia and the Repatriation Commission**, [s. l.], 2005.

TAAFFE DR, et. al.Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. **Journal of Bone Minereral Reserach** v. 10, p. 586–593, 1995.

TAYLOR, E. D. Orthopedic Complications of Overweight in Children and Adolescents. **Pediatrics**, [s. l.], v. 117, n. 6, p. 2167–2174, 2006.

TENFORDE, A. S.; FREDERICSON, M. Influence of Sports Participation on Bone Health in the Young Athlete: A Review of the Literature. **PM and R**, v. 3, n. 9, p. 861–867, 2011

THEINTZ, G.; et. al. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: Evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 75, n. 4, p. 1060–1065, 1992.

TURNER, R. T.; RIGGS, B. L.; SPELSBERG, T. C. Skeletal effects of estrogen. [Review] [308 refs]. **Endocr Rev**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 275–300, 1994.

TURNER, C. H.; TAKANO, Y.; OWAN, I. Aging changes mechanical loading thresholds for bone formation in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 1544–1549, 1995.

UBAGO-GUISADO E, GOMEZ-CABELLO A, SANCHEZ-SANCHEZ J, et al. Influence of different sports on bone mass in growing girls. **Journal of Sports Science** v. 21, p. 1–9, 2015.

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Bone health and osteoporosis: a report of the Surgeon General. **US Health and Human Services**, [s. l.], p. 437, 2004.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SER. 2008 Physical Activity. **Health (San Francisco)**, [s. l.], 2008.

UMEMURA, Y.; et. al. Five jumps per day increase bone mass and breaking force in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 12, n. 9, p. 1480–1485, 1997.

VICENTE-RODRIGUEZ G. How does exercise affect bone development during growth? **Sports Medicine** v. 36, p. 561–569, 2006.

WANG, X.; et. al. Genetic and environmental determinants of volumetric and areal BMD in multi-generational families of african ancestry: The Tobago family health study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 527–536, 2007. a.

WANG, X.; et. al. Pleiotropy and heterogeneity in the expression of bone strength-related phenotypes in extended pedigrees. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 22, n. 11, p. 1766–1772, 2007. b.

WEAVER, C. M.; et. al. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. **Osteoporosis International**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 1281–1386, 2016.

WETZSTEON, R. J.; et. al. Ethnic differences in bone geometry and strength are apparent in childhood. **Bone**, [s. l.], v. 44, n. 5, p. 970–975, 2009.

WETZSTEON, R. J.; et. al. Bone structure and volumetric BMD in overweight children: A longitudinal study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 23, n. 12, p. 1946–1953, 2008.

WHO. ASSESSMET OF FRACTURE RISK AND ITS APPLICATION TO SCREENING FOR POSTMENOPAUSAL OSTEOPOROSIS. **World Health**, geneva, 1994.

WHO. WHO SCIENTIFIC GROUP ON THE ASSESSMENT OF OSTEOPOROSIS AT PRIMARY HEALTH Care Level. **World Health Organization**, [s. l.], v. May, n. May 2004, p. 5–7, 2004.

WINZENBERG, T. M.; SHAW, K. A.; FRYER, J.; JONES, G. Calcium supplementation for improving bone mineral density in children. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, [s. l.], n. 2, 2006. a.

WINZENBERG, T.; POWELL, S.; SHAW, K. A.; JONES, G. Effects of vitamin D supplementation on bone density in healthy children: systematic review and meta-analysis. **BMJ**, [s. l.], v. 342, n. jan25 1, p. c7254–c7254, 2011.

WINZENBERG, T.; SHAW, K.; FRYER, J.; JONES, G. Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: Meta-analysis of randomised controlled trials. **British Medical Journal**, [s. l.], v. 333, n. 7572, p. 775–778, 2006. b.

WREN, T. A. L.; et. al. Timing of peak bone mass: Discrepancies between CT and DXA. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 92, n. 3, p. 938–941, 2007.

WOLFF I, et. al. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. **Osteoporosis International** v. 9, p. 1–12, 1999.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Recommendation on Physical Activity for health**. [s.l: s.n.].

XU, L.; et. al. Concerted actions of insulin-like growth factor 1, testosterone, and estradiol on peripubertal bone growth: A 7-year longitudinal study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 26, n. 9, p. 2204–2211, 2011.

XU, L.; et. al. Bone and muscle development during puberty in girls: A seven-year longitudinal study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 24, n. 10, p. 1693–1698, 2009.

XU, X.-H.; et. al. Molecular genetic studies of gene identification for osteoporosis: the 2009 update. **Endocrine reviews**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 447–505, 2010.

YOUNG, D.; et. al. Determinants of bone mass in 10- to 26-year-old females: A twin study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 558–567, 1995.

ZEALAND, N.; SOCIETY, M. Exercise recommendations for osteoporosis. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s. l.], v. 29, n. 8, p. 761–764, 2000.

ZHAO, R.; ZHAO, M.; XU, Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. **Osteoporosis International**, v. 26, n. 5, p. 1605–1618, 2015.