



TATHYANE KRAHENBÜHL

**AVALIAÇÃO DA MASSA ÓSSEA DE
ADOLESCENTES ATLETAS DO SEXO FEMININO
UTILIZANDO O ULTRASSOM QUANTITATIVO DE
FALANGES**

**Campinas
2014**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Médicas

TATHYANE KRAHENBÜHL

**AVALIAÇÃO DA MASSA ÓSSEA DE ADOLESCENTES ATLETAS DO SEXO
FEMININO UTILIZANDO O ULTRASSOM QUANTITATIVO DE FALANGES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da
Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos
exigidos para obtenção do título de Mestra em Ciências, na
área de concentração Saúde da Criança e do Adolescente.

Orientador: ANTONIO DE AZEVEDO BARROS FILHO

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA TATHYANE
KRAHENBÜHL E ORIENTADA PELO PROF. DR. ANTONIO
DE AZEVEDO BARROS FILHO

Assinatura do(a) Orientador(a)

Campinas
2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Maristella Soares dos Santos - CRB 8/8402

K856a Krahenbühl, Tathiane, 1985-
Avaliação da massa óssea de adolescentes atletas do sexo feminino utilizando o ultrassom quantitativo de falanges / Tathiane Krahenbühl. -- Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador : Antonio de Azevedo Barros Filho..
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Densidade óssea. 2. Esportes. 3. Ultrassonografia. 4. Mulheres. 5. Adolescente. I. Barros Filho, Antonio de Azevedo, 1947-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Bone mass evaluation in female adolescent athletes using quantitative ultrasound of phalanges

Palavras-chave em inglês:

Bone density
Sports
Ultrasonography
Woman
Adolescent

Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente

Titulação: Mestra em Ciências

Banca examinadora:

Antonio de Azevedo Barros Filho [Orientador]
Odilon Iannetta
Roberto Régis Ribeiro

Data de defesa: 21-02-2014

Programa de Pós-Graduação: Saúde da Criança e do Adolescente

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

TATHYANE KRAHENBUHL

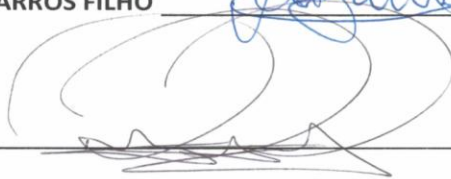
Orientador (a) PROF(A). DR(A). ANTONIO DE AZEVEDO BARROS FILHO

MEMBROS:

1. PROF(A). DR(A). ANTONIO DE AZEVEDO BARROS FILHO



2. PROF(A). DR(A). ROBERTO REGIS RIBEIRO



3. PROF(A). DR(A). ODILON IANNETTA



Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas

Data: 21 de fevereiro de 2014

AGRADECIMENTOS

Há muitos a quem agradecer neste momento. Sou abençoada por encontrar tantas pessoas boas e generosas em minha vida, por isso gostaria de começar agradecendo a pessoa que tornou esta pesquisa possível, o Prof. Dr. Antônio de Azevedo Barros Filho, que me orientou, me deu a oportunidade e transmitiu tantos conhecimentos nessa jornada.

Não poderia deixar de agradecer à minha família por sempre me apoiar em meus estudos, aos meus pais Sílvia e Hermal Jr, pois me ensinaram o valor da educação e me educaram a ser a pessoa que sou hoje. À minha irmã, por compartilhar estes ensinamentos comigo.

Agradeço ao meu marido Lucas Leonardo, que sempre é paciente e amigo, que me apoia nas minhas decisões e me ajuda prosseguir nos planos acadêmicos, profissionais e pessoais. Amo você.

Tenho muitos amigos a agradecer nessa trajetória, peço desculpas se deixo de mencionar algum nome, mas todos têm a sua participação seja direta ou indiretamente. Gostaria de deixar o meu obrigado especial ao Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves, pela amizade e inúmeros e incontáveis auxílios neste trabalho. Agradeço aos amigos do grupo de estudos, da pós-graduação da FCM e do CIPED.

Agradeço a minha amiga e comadre Simone Cristina Ferreira, que desde a minha atuação como secretária da pós-graduação tem ajudado em meu caminhar pelos caminhos da universidade.

Em especial, tenho que agradecer aos professores e treinadores que abriram as portas de suas escolas, clubes, piscinas e ginásios e, dessa forma, permitiram a realização deste trabalho. E também as voluntárias que participaram e aos responsáveis que autorizaram a coleta de dados desta pesquisa. Muito obrigada!

Em especial, por tudo que realizo em minha vida, agradeço a Deus. O Senhor tem sido maravilhoso e misericordioso, e só tenho a agradecer por mais esta benção. Obrigada Jesus.

AGRADECIMENTOS	vii
SUMÁRIO	ix
SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUÇÃO	16
OBJETIVOS	20
CAPÍTULO I	21
FATORES QUE INFLUENCIAM A MASSA ÓSSEA DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES SAUDÁVEIS MENSURADA PELO ULTRASSOM QUANTITATIVO DE FALANGES:	
REVISÃO SISTEMÁTICA	21
Resumo	22
Abstract	23
Introdução	24
Métodos	25
Resultados e Discussão	27
Limitações e Conclusões	34
Agradecimentos	35
Referências	38
CAPÍTULO II	42
MASSA ÓSSEA DE ADOLESCENTES DO SEXO FEMININO, ATLETAS DE HANDEBOL E NATAÇÃO, UTILIZANDO O ULTRASSOM QUANTITATIVO DE FALANGES.	42
Resumo	43
Abstract	44
Introdução	45
Métodos	46
Análise Estatística	48
Resultados	48
Discussão	52
Limitações do estudo	57
Agradecimentos	58
Referências	58
DISCUSSÃO GERAL	61
CONCLUSÃO GERAL	64
REFERÊNCIAS	65
ANEXOS	68

AD-SoS *Amplitude Dependent Speed of Sound*

BTT *Bone Transmission Time*

UBPI *Ultrasound Bone Profile Index*

Fwa *Fast wave amplitude*

Sdy *Dynamics of ultrasound signal*

FT *Time Frame*

SOS *Speed of Sound*

QUS *Quantitative Ultrasound*

DXA *Dual-energy X-ray Absorptiometry*

MHz *Megahertz*

m *Metros*

s *segundos*

mV *milivolts*

g *gramas*

cm *centímetros*

µs *microsegundos*

DMO *Densidade Mineral Óssea*

CMO *Conteúdo Mineral Ósseo*

IMC *Índice de Massa Corporal*

FTS *Frequência de treinamento semanal*

TT *Tempo total de treinamento*

SD *Desvio Padrão*

CIPED *Centro de Investigação em Pediatria*

UNICAMP *Universidade Estadual de Campinas*

FCM *Faculdade de Ciências Médicas*

PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*

SPSS *Statistical Package for the Social Sciences*

Objetivos: Analisar quais os principais fatores que influenciam a massa óssea de crianças e adolescentes avaliada pelo ultrassom quantitativo de falanges, e avaliar a massa óssea de adolescentes do sexo feminino, envolvidas em esportes com e sem sobrecarga corporal, utilizando o ultrassom quantitativo de falanges para verificar a influência da prática esportiva no tecido ósseo.

Métodos: Este trabalho foi escrito no método alternativo, onde consiste de uma introdução, um artigo de revisão sobre o tema e um artigo original com os dados da pesquisa. No primeiro capítulo foi realizada uma revisão sistemática da literatura utilizando como referência as normas propostas pelo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). No segundo capítulo foi realizado um estudo transversal, no qual 192 adolescentes do sexo feminino divididas em três grupos: atletas de handebol (n=67), atletas de natação (n=62) e grupo controle (n=63) foram avaliadas pelo ultrassom quantitativo de falanges para avaliar a massa óssea através dos parâmetros AD-SoS e BTT, além de avaliados as variáveis de peso, altura, índice de massa corporal (IMC) e estádios de Tanner.

Resultados: No primeiro capítulo foram incluídos 21 artigos na revisão sistemática, que apresentaram valores superiores de AD-SoS para as meninas em relação aos meninos durante o desenvolvimento fisiológico puberal. Os valores dos parâmetros do QUS de falanges aumentavam com o incremento do estágio maturacional. Variáveis antropométricas como idade, peso, altura, IMC, massa magra demonstraram correlações positivas com os valores do QUS de falanges. A atividade física também demonstrou estar positivamente relacionada com o aumento da massa óssea. No segundo capítulo foram encontrados valores superiores de AD-SoS para as nadadoras em relação ao grupo controle, os dois grupos de atletas apresentaram valores superiores de BTT em relação ao grupo controle. Também foram encontrados valores superiores de AD-SoS para as atletas quando comparados os grupos pelos estádios de Tanner. Não houve diferença estatística entre os grupos de atletas e os parâmetros ósseos.

Considerações finais: Na revisão da literatura os parâmetros AD-SoS e BTT como indicadores de massa óssea em crianças e adolescentes saudáveis demonstraram ser influenciados por variáveis como idade, altura, peso e desenvolvimento puberal, além de que o QUS de falanges demonstrou ser indicado para avaliar a massa óssea em populações pediátricas, podendo ser útil na identificação precoce de doenças osteogênicas. No estudo transversal foi possível observar que os parâmetros ósseos do QUS de falanges tem correlação com as variáveis de desenvolvimento maturacional, entretanto a atividade física frequente e programada exerce influência positiva na massa óssea, sendo que a ação está mais associada com o tempo de prática e a frequência semanal de treinamento do que com as características das modalidades, seja com ou sem sobrecarga corporal.

Palavras-chaves: massa óssea, ultrassom quantitativo, esporte, adolescente, mulher.

Objectives: To analyze the main factors that influence bone mass in children and adolescents assessed by quantitative ultrasound of the phalanges, and to evaluate bone mass in female adolescents involved in sports with and without body burden using quantitative ultrasound of the phalanges to verify the influence of sports practice in the bone tissue.

Methods: This dissertation was written in the alternative method, which consists of an introduction, a review article on the topic and a original article with the survey data. In the first chapter a systematic literature review using as reference the standards proposed by the PRISMA was performed. In the second chapter a cross-sectional study in which 192 female adolescents divided into three groups was performed: handball players (n=67), swimmers (n=62) and control group (n=63) were evaluated by ultrasonography quantitative phalanges to assess bone mass through the AD-SoS and BTT parameters, and evaluated the variables weight, height, BMI and Tanner Stage.

Results: In the first chapter 21 articles was included in the systematic review, this articles showed higher values of AD-SoS for girls than boys during the pubertal development. The values of the parameters of QUS of phalanx increased with the increase of the maturational stage. Anthropometric variables such as age, weight, height, body mass index (BMI) and lean mass showed positive correlations with the values of QUS of the phalanges. Physical activity has also been shown to be positively associated with increased bone mass. In the second chapter, swimmers showed higher values of AD-SoS compared with the control group, the two groups of athletes had higher values of BTT compared to the control group. Higher values of AD-SoS for athletes were also found when comparing the groups by Tanner Stage. There was no statistical difference between the groups of athletes and bone parameters.

Conclusions: In the literature review the AD-SoS and BTT parameters as indicators of bone mass in healthy children and adolescents. These parameters were influenced by variables such as age, height, weight and pubertal development, and that QUS of phalanx proved to be suitable for measuring bone mass in pediatric populations, and may be useful in early diagnosis of osteogenic diseases. In cross-sectional study we observed that bone parameters of the QUS phalanges correlates with variables of maturational development, however frequent and scheduled physical activity exerts a positive influence on bone mass, and the action is more associated with the practice time and weekly frequency of training than with the characteristics of modalities, either with or without body weight-bearing.

Keywords: bone mass, quantitative ultrasound, sport, teenager, woman.

INTRODUÇÃO

Há muitas vantagens em utilizar o ultrassom quantitativo (QUS) de falanges na avaliação da massa óssea, pois é uma tecnologia facilmente acessível, de baixo custo, não invasiva, sem radiação ionizante, fácil de manusear e o aparelho é portátil ^(01,02). O ultrassom quantitativo de falanges avalia o estado esquelético periférico. O método foi introduzido na Europa entre 1992-1993 e muitos estudos têm sugerido a sua validade na prática clínica ^(01,03,04).

O método utiliza como princípio a velocidade do som para analisar as propriedades quantitativas e qualitativas do material ósseo. A técnica é baseada na transmissão de sinais de ultrassom por meio de um compasso que acopla dois transdutores, um emissor e um receptor, que devem ser posicionados na extremidade distal da falange proximal, dos dedos II ao V ^(01,02,05). O acoplamento das sondas com a pele é mediada por gel, para melhor transmissão da onda sonora reduzindo a interferência externa.

O transdutor emite uma onda sonora de 1,25 MHz, que atravessa os elementos constitutivos do tecido ósseo, enquanto o outro transdutor recebe a onda ultrassônica emitida, gerando um sinal elétrico correspondente que permite calcular a velocidade da propagação do som através da falange ^(01,02). Ao realizar a avaliação, primeiro o avaliador deve analisar a velocidade com que a onda ultrassônica atravessa o tecido mole, posicionando os transdutores na região em que não há presença do tecido ósseo, entre o polegar e o indicador. Após esta etapa é realizada a avaliação nos dedos II a V.

O primeiro parâmetro calculado é o *Amplitude-Dependent Speed of Sound* (AD-SoS). Este parâmetro permite avaliar a velocidade de ultrassom (m/s) do tecido ósseo nas quatro falanges proximais. Ele é calculado no momento em que o sinal recebido atinge a amplitude do sinal pré-definido de 2 mV (ponto C da figura 1), quando utilizado o equipamento DBM Sonic Igea® 3ª geração ^(01,02,05,06). A velocidade pode ser relacionada com as propriedades mecânicas do osso, tais como o módulo de elasticidade e resistência à compressão, sendo influenciada pela densidade e arquitetura do osso, tendo a capacidade de determinar a qualidade óssea, tanto em relação à mineralização quanto em estrutura ^(01,02,07,08,09). O AD-SoS é dependente da amplitude da onda ultrassônica e parece ser menos influenciado pelo tamanho do osso ^(05,06).

Outro parâmetro, o *Bone Transmission Time* (BTT) é calculado como a diferença entre o tempo em que o primeiro pico de sinal recebido atinge o seu máximo (ponto D da figura 1) e o momento em que seria medido sem osso. Este parâmetro é calculado a partir das falanges II a IV ⁽⁰²⁾. Como foi calculada a velocidade do tecido mole sem osso e considerando a distância do osso com a do tecido mole, calcula-se o tempo que demoraria para chegar o pulso no transdutor receptor (subtraindo do tempo calculado do tecido mole mais osso), imaginando que tivesse somente osso. Ao medir o AD-SoS, tem-se o ponto D da figura 1. Assim, o BTT é corretamente calculado fazendo a diferença de tempo entre os pontos E e D, que representa o tempo de transição no osso. Este parâmetro, ao contrário da AD-SoS, é independente da atenuação do ultrassom e depende apenas das propriedades do osso, seria igual a zero se nenhum osso estivesse presente ⁽⁰²⁾.

De acordo com a literatura, temos que os baixos valores de AD-SoS estão associados com a baixa densidade óssea, quando comparados com as avaliações do DXA

⁽¹⁰⁾, e o BTT está diretamente relacionado com as características de elasticidade e de qualidade da microarquitetura óssea ⁽⁰⁵⁾.

Há também outros parâmetros do ultrassom quantitativo de falanges como o *Ultrasound Bone Profile Index* (UBPI), onde ocorre a análise do comportamento dos três tipos de ossos (endostal, trabecular e cortical) representado no perfil biofísico ósseo. Este parâmetro é obtido a partir de uma fórmula matemática onde três parâmetros do sinal são combinados para discriminar os fraturados em relação aos não fraturados. O UBPI pode estar relacionado com a maioria das características do tecido ósseo como a elasticidade e estrutura, e por isso é concebido como um valor preditivo de fratura, expressado em centésimos, onde assume valores de 0 a 1 ^(01,02,05).

Os parâmetros envolvidos na fórmula são o *Fast wave amplitude* (Fwa) em mV, o *Dynamics of ultrasound signal* (Sdy) mV/ms² e o *Time Frame* (FT) em µs. Logo, a fórmula para o cálculo do UBPI fica da seguinte forma: $UBPI = -(-0,0018 \times Sdy - 0,0560 \times Fwa - 1,1467 \times FT + 3,0300)$ ⁽⁰¹⁾.

Além disso, também são calculados o T-Score, que apresenta números de desvio padrão (SD) para o pico dos valores de AD-SoS, e o Z-score que apresenta números de desvio padrão dos valores de AD-SoS para a população de indivíduos saudáveis da mesma idade ^(01,02).

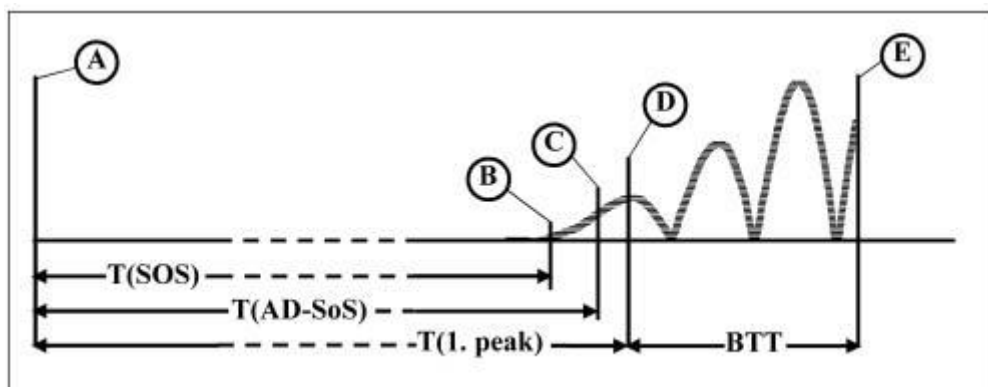


Figura 1. Representação do sinal elétrico emitido pelo ultrassom quantitativo e a representação dos parâmetros (pontos de medição das variáveis) obtidos através desse sinal - Retirado de Barkmann ⁽⁰²⁾. A: Início do sinal elétrico aplicado ao transdutor emissor (geração da onda ultrassônica); B: primeiro sinal (onda ultrassônica gerada em “A”) recebido no transdutor receptor; C: altura em que o sinal atinge uma constante (nível de disparo de 2 mV); D: Instante de tempo em que o sinal atinge seu pico máximo; E: altura em que o sinal seria recebido após a transmissão somente através dos tecidos moles.

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS DO CAPÍTULO I:

O objetivo deste capítulo foi analisar quais os principais fatores que influenciam a massa óssea de crianças e adolescentes avaliada pelo ultrassom quantitativo de falanges.

2.2 OBJETIVOS DO CAPÍTULO II:

O objetivo deste capítulo foi avaliar a massa óssea de adolescentes do sexo feminino, envolvidas em esportes com e sem sobrecarga corporal, utilizando o ultrassom quantitativo de falanges para verificar a influencia da prática esportiva no tecido ósseo.

FATORES QUE INFLUENCIAM A MASSA ÓSSEA DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES SAUDÁVEIS MENSURADA PELO ULTRASSOM QUANTITATIVO DE FALANGES: REVISÃO SISTEMÁTICA

*FACTORS THAT INFLUENCE BONE MASS IN HEALTHY CHILDREN AND
ADOLESCENTS MEASURED BY PHALANGEAL QUANTITATIVE ULTRASOUND:
SYSTEMATIC REVIEW*

Artigo aceito para publicação na Revista Paulista de Pediatria – volume 32(3), 2014.

Autores:

Tathyane Krahenbühl: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Ezequiel Moreira Gonçalves: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Eduardo Tavares Costa: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Antonio de Azevedo Barros Filho: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Resumo

Objetivo: Analisar quais os principais fatores que influenciam na massa óssea de crianças e adolescentes avaliada pelo ultrassom quantitativo (QUS) de falanges.

Fonte de dados: Foi realizada revisão sistemática da literatura, de acordo com o método PRISMA, com buscas nas bases de dados do Pubmed/Medline, Bireme e Scielo, referente ao período de 2001 a 2012, nos idiomas inglês e português, utilizando os descritores children, adolescent, ultrasonography finger phalanges, quantitative ultrasound of phalanges, phalangeal quantitative ultrasound.

Síntese dos dados: Foram incluídos 21 artigos. As meninas apresentaram no QUS valores de Amplitude Dependent Speed of Sound (AD-SoS) superiores aos meninos durante o desenvolvimento puberal. Os valores dos parâmetros do QUS de falanges assim como do Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA) aumentavam com o incremento do estágio maturacional. Variáveis antropométricas como idade, peso, estatura, índice de massa corporal (IMC), massa magra demonstraram correlações positivas com os valores do QUS de falanges. A atividade física também demonstrou estar positivamente relacionada com o aumento da massa óssea. Fatores como etnia, genética, ingestão calórica e perfil socioeconômico ainda não mostraram relação conclusiva e necessitam um número maior de estudos.

Conclusões: O QUS de falanges é um método indicado para avaliar a progressiva aquisição da massa óssea durante o crescimento e maturação dos indivíduos em fase escolar, por acompanhar as alterações que ocorrem com o aumento da idade e do estágio puberal. Observou-se influência positiva principalmente das variáveis de sexo, maturação, estatura, peso e IMC, sendo seus dados semelhantes quando comparados com o método padrão ouro, o DXA.

Palavras-chaves: criança, adolescente, falanges dos dedos da mão, ultrassonografia, desenvolvimento ósseo, densidade óssea.

Abstract

Objective: To analyze the main factors that influence bone mass in children and teenagers assessed by quantitative ultrasound (QUS) of the phalanges

Data source: A systematic literature review was performed according to the PRISMA method with searches in databases Pubmed / Medline, SciELO and Bireme for the period 2001-2012, in English and Portuguese languages, using the keywords: children, teenagers, adolescent, ultrasound finger phalanges, quantitative ultrasound of phalanges, phalangeal quantitative ultrasound.

Data synthesis: 21 articles were included. Girls had in QUS values Amplitude Dependent Speed of Sound (AD-SoS) higher than boys during pubertal development. The values of the parameters of QUS of the phalanges and dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA) increased with the increase of the maturational stage. Anthropometric variables such as age, weight, height, body mass index (BMI), lean mass showed positive correlations with the values of QUS of the phalanges. Physical activity has also been shown to be positively associated with increased bone mass. Factors such as ethnicity, genetics, caloric intake and socioeconomic profile yet shown conclusive relationship and need a larger number of studies.

Conclusions: QUS of the phalanges is a method used to evaluate the progressive acquisition of bone mass during growth and maturation of individuals in school phase, by monitoring changes that occur with increasing age and pubertal stage. There was positive mainly influences the variables of sex, maturity, height, weight and BMI, with their similar data when compared with the gold standard method, the DXA.

Key-words: children; adolescent; finger phalanges; ultrasonography; bone development; bone density

Introdução

A infância e adolescência são períodos importantes para o desenvolvimento do pico de massa óssea, pois é nesta época que ocorre o incremento gradual do tecido ósseo, com predomínio da formação em relação à absorção⁽¹⁾. Diversos fatores podem influenciar o processo de incremento de massa óssea, tais como fatores genéticos, hormonais, nutricionais e atividade física^(1,2).

Há vários métodos para avaliar a massa óssea em idades pediátricas, diferentes quanto à técnica e locais avaliados, todos apresentando vantagens e desvantagens. O método considerado padrão-ouro é o Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA)⁽³⁾, porém tal método é influenciado pelas alterações no tamanho do osso durante o crescimento, podendo tanto subestimar a densidade mineral óssea (DMO) em indivíduos pequenos, como superestimar em indivíduos maiores, além de não fornecer informações sobre a qualidade do osso⁽²⁾. Nos últimos anos a ultrassonometria quantitativa (QUS) de falanges tem sido um método bastante utilizado por ser uma tecnologia facilmente acessível, de baixo custo, não invasiva, não ionizante e portátil^(4,5,6) que utiliza como princípio a velocidade do som para avaliar a massa óssea nas falanges proximais da mão, local sensível às mudanças ósseas gerais que ocorrem durante o crescimento^(7,8,9) e sofre menor influência do tamanho do osso^(9,10).

A compreensão de quais são os fatores que determinam o processo de aquisição durante o período de maturação do tecido ósseo e quais técnicas podem ser utilizadas corretamente para avaliar a massa óssea permite criar estratégias para a intervenção e prevenção de alterações e distúrbios nesse tecido, prevenindo precocemente doenças

osteogênicas. Entretanto, ainda não são conhecidos quais fatores são mais importantes ou interferem mais nestes períodos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar quais os principais fatores que influenciam a massa óssea de crianças e adolescentes avaliada pelo ultrassom quantitativo de falanges (QUS).

Métodos

Este estudo é uma revisão sistemática da literatura sobre o método de ultrassom quantitativo de falanges (QUS) em crianças e adolescentes saudáveis. O método utilizado como referência para a pesquisa foi o PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)⁽¹¹⁾.

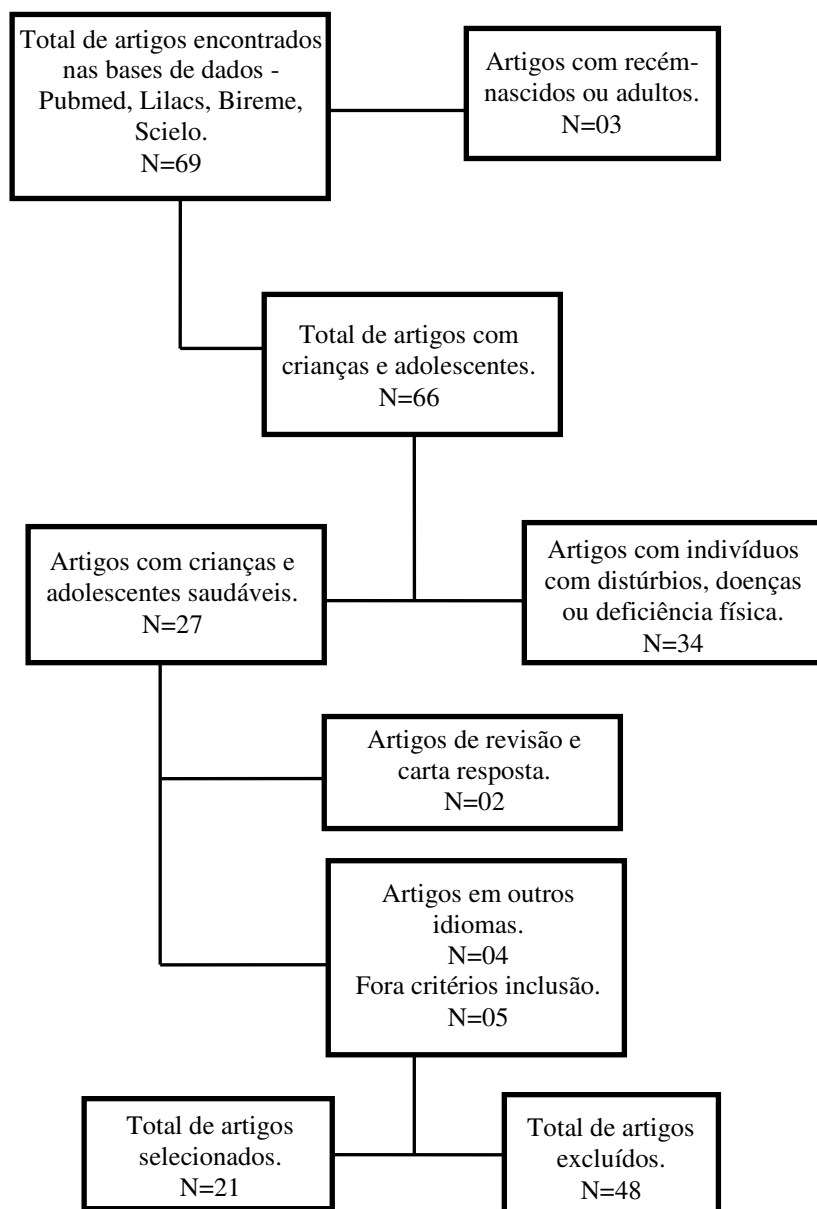
Inicialmente foram buscados artigos na base de dados do Pubmed, Bireme e Scielo entre 2001 e 2012. A busca foi realizada por dois autores (TK e EMG) em momentos independente, orientados por um bibliotecário, nos idiomas inglês e português. Os descritores utilizados para a pesquisa foram: children, adolescent, ultrasonography finger phalanges, quantitative ultrasound of phalanges, phalangeal quantitative ultrasound, utilizando “AND” ou “OR”.

A partir da análise de títulos e resumos, foram identificados 69 artigos nas bases de dados, 48 excluídos e 21 incluídos neste estudo. Os critérios para seleção de artigos foram: estudos com o QUS de falanges com crianças e/ou adolescentes saudáveis e escritos em português ou inglês, a partir de 2001 até a data da pesquisa.

Os critérios para a exclusão de artigos foram: estudos com indivíduos com distúrbios ou doenças (n=33), em outros idiomas que não fossem inglês ou português (n=04), público fora da faixa etária determinada como recém-nascidos e adultos (n=03),

com deficiência física (n=01), artigos de revisão (n=01), cartas resposta (n=01) e outros que não atendiam aos critérios de inclusão (n=05), como ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1. Prisma Fluxograma



Resultados e Discussão

As sínteses dos artigos são apresentadas na **Tabela 1**. Todos os artigos selecionados foram publicados no período de 2001 a 2012. Esses artigos apresentaram relação entre os parâmetros do ultrassom e variáveis como sexo (10), atividade física (01), etnia (02), genética (02), dados antropométricos (21), ingestão calórica (02), perfil socioeconômico (02) e estágio puberal (10).

Sexo

A maioria dos estudos apresenta medidas da Amplitude dependent Speed of Sound (AD-SoS) que mostravam valores superiores para as meninas, quando comparadas aos meninos^(4,5,8,10,12-15). Essas diferenças são encontradas principalmente entre 11 a 16 anos^(4,5,7,8,10,16). Os estudos que compararam o desenvolvimento utilizando o estágio púbere também notaram valores maiores de AD-SoS para o sexo feminino nos estádios II, III e IV^(5,10,12) e no estágio V⁽¹⁶⁾ em comparação ao sexo masculino. Além disso, meninas de 11 a 13 anos apresentaram valores superiores de Bone transmission time (BTT)^(5,14) em comparação com meninos da mesma idade. Entretanto, o sexo masculino apresentou valores superiores do BTT nas idades de seis a oito anos, 15 a 21⁽¹⁴⁾ e aos 18 anos⁽¹⁰⁾ e, em relação ao desenvolvimento puberal, o sexo masculino obteve superiores valores nos estádios I, II e V⁽¹⁴⁾.

Em contrapartida, os estudos com DXA apresentam valores superiores de DMO principalmente para o grupo masculino. Os meninos apresentam valores superiores na DMO do colo do fêmur, de corpo inteiro, quadril e braço⁽¹⁷⁻²⁰⁾ enquanto que as meninas apresentam valores superiores de DMO para a coluna lombar^(18,20). Após o final da fase de

crescimento, com o aumento da idade, a curva obtida pelo DXA fica significativamente maior para o sexo masculino, com valores superiores de DMO a partir dos 19 anos⁽²¹⁾.

Foi possível observar que as meninas frequentemente apresentaram valores maiores de AD-SoS em relação aos meninos em idades em que há maior influência da puberdade. Nas idades observadas, normalmente, as meninas encontram-se em fase de desenvolvimento adiantado devido ao início anterior do seu processo de maturação em relação aos meninos⁽²⁴⁾, o que pode explicar os resultados obtidos pelo ultrassom de falanges, uma vez que este sítio ósseo é sensível às mudanças de crescimento e maturação.

Maturação

A avaliação da maturação por meio dos estádios de desenvolvimento puberal é dividida em pré-púbere (estádio I), puberdade (estádios II e III) e final da puberdade (estádios IV e V).

A maioria dos estudos demonstrou incremento da massa óssea de acordo com o incremento do estágio puberal. No sexo feminino ocorreu incremento nos valores da AD-SoS em todos os estádios púberes^(7,10,14,23) ou em pelo menos de um estágio para o outro^(5,12,24,25). Quanto ao BTT, a maioria dos estudos apresentou incremento em relação a todos os estádios púberes^(5,10,14). No sexo masculino o AD-SoS aumentou progressivamente com o estágio púbere^(10,25) ou em algum estágio^(5,7,12,24). O BTT aumentou significativamente em todos os estádios púberes^(10,14), nos estádios de I a IV⁽⁵⁾ e na puberdade tardia (estádios IV-V)⁽²⁴⁾. Apenas dois estudos não encontraram relação entre os estádios puberais e os parâmetros do ultrassom (QUS)^(15,26).

Em relação aos estádios maturacionais, os resultados do DXA são bastante parecidos com os do BTT. Os meninos obtêm valores superiores do que as meninas em todos os estádios puberais para a DMO do corpo total, rádio, quadril e fêmur⁽¹⁸⁾.

Quando comparados os grupos pelo estágio púbere, o sexo feminino demonstrou valores superiores de AD-SoS nos estádios III e IV em relação ao masculino. Este resultado pode ser explicado pelo fato do período da infância e da adolescência ser marcado por uma grande taxa de formação óssea e, conseqüentemente, de ganho na quantidade do tecido ósseo. Como as falanges são locais mais sensíveis às mudanças hormonais e osteometabólicas gerais, por terem grande quantidade de tecido ósseo trabecular⁽¹⁶⁾, o fato das meninas estarem maturacionalmente adiantadas pode influenciar diretamente nos resultados encontrados nos estudos com QUS de falanges.

Os resultados do ultrassom são semelhantes aos encontrados pelo DXA quando comparados os estádios maturacionais entre indivíduos do mesmo sexo. A DMO aumenta progressivamente entre os estádios maturacionais em ambos os sexos nos diferentes sítios analisados, como coluna lombar, fêmur e corpo inteiro^(19,20,27-29), corroborando os resultados do QUS. Ou seja, os dados indicam que o desenvolvimento puberal é um dos fatores que interfere na massa óssea, além de relacionar-se positivamente com idade, peso, estatura e IMC, confirmando que o desenvolvimento e incremento da massa óssea estão diretamente associados aos aspectos maturacionais e de crescimento.

Os estudos também demonstraram que, após o período de incremento do pico de massa óssea, os meninos apresentaram valores superiores dos parâmetros do ultrassom, indicando maior quantidade de massa óssea para o sexo masculino, assim como demonstrado por estudos que utilizam o DXA.

Antropometria e composição corporal

Estudos demonstraram que tanto o AD-SoS quanto o BTT aumentaram progressivamente com a idade e a estatura em ambos os sexos^(4,10,12-14,23,25,30). Também, os estudos relatam uma correlação positiva entre o AD-SoS e as variáveis antropométricas como peso e estatura^(4,13,15,16,25,31-33), IMC^(15,16), largura média dos dedos⁽¹²⁾, circunferência da cintura e do quadril⁽¹⁶⁾, a massa corporal magra^(10,15), massa gorda, índice de massa gorda e porcentagem de gordura corporal⁽¹⁶⁾. O BTT mostrou correlação positiva com idade, peso, estatura, IMC^(5,14,25) e massa magra⁽¹⁰⁾. Da mesma forma, os estudos que analisaram a relação entre DMO, avaliada em vários sítios utilizando o DXA e os parâmetros antropométricos (idade, peso, estatura, IMC), observaram correlação positivas em ambos os sexos^(19,21,27), observando-se que a massa magra exerce influência na DMO da coluna lombar⁽²⁰⁾ e se relaciona com a DMO de braços e pernas em ambos os sexos⁽³⁴⁾.

Atividade Física

Apenas um estudo encontrou que os valores de AD-SoS, T-Score e Z-Score foram significativamente maiores para os homens que praticavam Karatê do que para os controles e o AD-SoS relacionou-se positivamente com o tempo e a frequência semanal de treinamento⁽³⁵⁾.

Em um estudo semelhante, utilizando o DXA, o grupo de atletas de lutas obteve valores maiores de DMO de corpo inteiro, coluna lombar, pernas e braços do que o grupo sedentário⁽³⁴⁾. Quando avaliada a prática de atividade física e a massa óssea por DXA nota-se que a atividade física tem correlação positiva com a DMO do colo do fêmur, quadril e de

corpo inteiro⁽²⁹⁾. Pesquisas realizadas com crianças e adolescentes atletas sugerem que o exercício físico está positivamente associado aos resultados da DMO dos indivíduos^(36,37).

Devido aos poucos estudos existentes que tratam da avaliação do ultrassom (QUS) com a atividade física, não há como estabelecer parâmetros em relação aos dados apresentados. Logo, são necessários mais estudos envolvendo a prática de atividade física e a avaliação do ultrassom de falanges (QUS) para elucidar a confiabilidade da sua utilização.

Genética

Foram encontradas duas pesquisas envolvendo fatores genéticos. Drozdowska *et al*⁽³¹⁾ e Guglielmi *et al*⁽³⁸⁾ encontraram que as diferenças entre os pares de gêmeos monozigóticos e dizigóticos são influenciadas principalmente pelos fatores ambientais e pelo estilo de vida e que o AD-SoS aumentou significativamente com a idade para ambos os sexos. Os autores também observaram que o coeficiente de correlação do AD-SoS intrapares é mais forte nos pares monozigóticos do que nos dizigóticos.

Quando utilizado o DXA, são encontrados resultados semelhantes, havendo maior correlação da DMO entre os gêmeos monozigóticos e menor correlação entre pais e filhos, demonstrando que 51-76% da variação na DMO é hereditária⁽³⁹⁾. Mais estudos são necessários em relação aos fatores genéticos, uma vez que as pesquisas com esse enfoque demonstraram haver afinidade genética em relação à massa óssea em gêmeos monozigóticos e dizigóticos, com diferenças preditas pelas variáveis antropométricas.

Etnia

Na questão envolvendo classificação étnica, dois estudos mostraram diferenças entre os grupos classificados como negros ou brancos. Quando divididos em negros e brancos, independente do sexo, o grupo negro mostrou valores menores de AD-SoS do que os brancos. Quando divididos por etnia e sexo, as meninas brancas tiveram valores maiores de AD-SoS do que os outros três grupos (meninos brancos, meninos negros e meninas negras). Os meninos brancos apresentaram valores superiores de AD-SoS do que meninos negros^(23,40).

De encontro aos resultados do QUS de falanges, Fonseca *et al*⁽²⁷⁾ observou correlação negativa da DMO com a pigmentação da pele em meninas adolescentes. Contudo o autor relata que esta correlação é equivocada devido a grande diversidade da população brasileira. Outro estudo mostrou que indivíduos brancos, não hispânicos, tem maior chance de fratura do que indivíduos não brancos, com valores menores de DMO de corpo inteiro, coluna lombar, antebraço e fêmur⁽⁴⁴⁾. Além disso, estudos demonstram valores de DMO significativamente maiores em meninos negros, comparados aos brancos^(41,42).

Adicionalmente em pesquisas com DXA, notou-se que asiáticos contavam com valores mais baixos de DMO do que caucasianos da mesma idade e sexo⁽⁴³⁾. Entretanto, as diferenças encontradas nos resultados podem estar mais relacionadas a fatores hereditários e ambientais, uma vez que os estudos foram realizados em países e grupos étnicos diferentes e grande diversidade na herança genética das populações, impossibilitando comparações.

Perfil Socioeconômico

Dois estudos investigaram o perfil socioeconômico, porém a classificação foi utilizada como descrição do grupo, não havendo análises em relação aos parâmetros do QUS de falanges e o perfil socioeconômico^(16,23). Com isso, sugere-se mais estudos utilizando o QUS de falanges para avaliar a massa óssea nos diferentes perfis socioeconômicos, uma vez que os resultados obtidos com o método do DXA mostraram que grupos de nível socioeconômico inferior tiveram valores menores da DMO quando comparados com níveis socioeconômicos mais elevados⁽¹⁸⁾.

Ingestão de Nutrientes

Dois estudos observaram a relação entre a ingestão calórica e a relação com os parâmetros do QUS de falanges. Dib *et al*⁽¹⁰⁾ avaliaram o consumo de cálcio e vitamina D e não encontraram correlação significativa entre consumo de cálcio e os parâmetros de ultrassom em ambos os sexos. Lavado-Garcia *et al*⁽¹⁵⁾ mostraram que o AD-SoS foi negativamente correlacionado ao consumo de cálcio, ferro, magnésio, relação cálcio/proteína nas meninas, não havendo associação entre ingestão de nutrientes e parâmetros do ultrassom nos meninos.

Apesar de a alimentação exercer grande influência na saúde óssea dos indivíduos, ainda são poucos os estudos que investigam a relação da ingestão calórica e os parâmetros do QUS de falanges e, devido a pequena quantidade, sugere-se mais estudos nessa área.

Limitações e Conclusões

A primeira limitação relevante é que os estudos incluídos nesta revisão sistemática são, em sua maioria, transversais, sendo apenas dois foram longitudinais, com acompanhamento de um e dois anos. Além disso, os estudos diferem em relação à dominância do membro avaliado e apresentam número diferente de sujeitos avaliados, o que pode ser um viés nos achados encontrados pelos diversos estudos.

Apesar das limitações acima descritas, pode-se concluir que o QUS de falanges é um método indicado para avaliar a progressiva aquisição da massa óssea durante o crescimento e maturação dos indivíduos em fase escolar, por acompanhar as alterações que ocorrem com o aumento da idade e do estágio puberal. Observou-se influência positiva principalmente das variáveis de sexo, maturação, estatura, peso e IMC, sendo seus dados semelhantes quando comparados com o método padrão ouro, o DXA. Contudo, ainda é pequeno o número de estudos que comparam os dois métodos. A literatura científica é escassa quanto à atividade física, níveis hormonais, etnia, genética e ingestão calórica e, por isso, não é possível esclarecer a influência desses fatores e os parâmetros do QUS de falanges. Além disso, ainda são poucos os estudos comparando os métodos do QUS e do DXA, não esclarecendo a diferença de resultados encontrados quando comparados os parâmetros de massa óssea em relação ao sexo.

Apesar das vantagens já descritas do QUS de falanges, e mesmo sendo um método acessível, de baixo custo, não invasivo e portátil, ainda são necessários mais estudos quanto a sua utilização na avaliação óssea regular de crianças e adolescentes.

Agradecimentos

À Faculdade de Ciências Médicas, à Universidade Estadual de Campinas e ao Laboratório de Crescimento e Composição Corporal pelo apoio acadêmico e a FAPESP (Processo nº 2011/23460-1) pelo suporte financeiro a um dos autores (E. M.G).

Tabela 1. Principais características e resultados dos artigos de ultrassom quantitativo (QUS) de falanges.

Estudo	Amostra	Design	Parâmetros	Mão	Resultados
04	1328 alemães (♀♂) – 03 a 17 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Direita	Ambos aumentaram com idade e altura. Valores de AD-SoS maiores para sexo feminino.
10	256 libaneses (♀♂) 11 a 18 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Não Dominante	Aumentaram com idade e estágio púbere, correlação positiva com idade e altura e massa magra. Maior AD-SoS para o sexo feminino
14	1083 italianos (♀♂) 03 a 21 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Aumentou com a idade e estágio púbere. Maiores valores para sexo feminino.
15	1020 poloneses (♀♂) 7 a 19 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Aumentou com a idade. Maiores valores para o sexo feminino.
17	245 espanhóis (♀♂) 4 a 16 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Maiores valores para o sexo feminino. Aumentou com a idade.
05	1227 italianos (♀♂) 03 a 16 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Não dominante	Aumentou com a idade e estágio púbere. Maiores valores para o sexo feminino.
08	150 poloneses (♀♂) 14 a 19 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Maiores valores para o sexo feminino. Positivamente correlacionada com idade, altura e estágio púbere.
16	3044 italianos (♀♂) 02 a 21 anos.	Transversal	AD-SoS BTT	Não dominante	Ambos aumentaram com idade, peso, altura, IMC e estágio púbere. Maior AD-SoS para sexo feminino e BTT para sexo masculino.
18	267 brasileiros (♀♂) 08 a 18 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Correlação positiva com idade, peso, altura, IMC, massa magra, circunferência da cintura e circunferência do quadril. Correlação negativa com cintura-quadril.
27	1775 brasileiras (♀) 8 a 17 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Não dominante	Aumentou com idade e estágio púbere. Correlação positiva com idade, altura e estágio púbere.
32	2850 polonesas (♀) 07 a 77 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Aumentou significativo de 11-16 anos. Pico aos 19 anos. De 7-11 anos, idade e altura positivo e peso negativo. De 12 -19 anos, é dependente da idade.
34	1175 poloneses (♂) 07 a 80 anos.	Transversal	AD-SoS	Dominante	Aumento significativo após 13 anos. Correlação com peso e altura. De 14-28 anos altamente dependente da idade.
40	106 gêmeos Monozigóticos (♀♂) - 05 a 71 anos	Transversal	AD-SoS UBPI SDy, BTT	Não dominante	Idade e altura são preditores das diferenças entre os pares.
33	Gêmeos poloneses (83 mono e dizigóticos) (♀♂)	Transversal	AD-SoS	Dominante	Correlação mais forte com gêmeos monozigóticos. Diferença intrapares influenciado pela idade.
37	226 caratecas e 44 sedentários poloneses (♂) – 8 a 62 anos	Transversal	AD-SoS T-Score Z-Score	Dominante	Maiores valores para os caratecas.

Continuação Tabela 1.

28	38 pré-termos e 50 termo poloneses (♀♂) – 9 a 11 anos	Transversal	AD- SoS	Dominante	Não houve diferenças estatísticas entre os grupos.
42	1356 brasileiros (♀♂) 6 a 11 anos	Transversal	AD- SoS	Não dominante	Aumentou com a idade. Maiores valores para meninas brancas.
25	1356 brasileiros (♀♂) 06 a 11 anos	Transversal	AD- SoS UBPI	Não dominante	Aumentou com a idade e estágio púbere. Ambos maiores para meninas brancas do que negras. UBPI maior para meninos brancos do que negros.
32	50 fraturas e 154 sem fraturas, austríacos (♀♂) - 08 a 12 anos	Transversal	SOS	Dominante	Menor valor para o grupo com fratura. No controle, valores maiores para o sexo feminino.
30	662 italianos (♀♂) 03 a 16 anos	Longitudinal	AD- SoS BTT	Não dominante	Aumentou com a idade e estágio púbere. Sexo masculino maiores valores na puberdade tardia.
07	269 poloneses (♀♂) 07 a 12 anos	Longitudinal	AD- SoS	Dominante	Maiores valores para o sexo feminino. Aumentou significativamente após 1 ano. Aumentou com o estágio púbere.

AD-SoS – Amplitude Dependent Speed of Sound

BTT – Bone Transmission Time

UBPI – Ultrasound Bone Profile Index

SDy - Dynamics of ultrasound signal

Referências

1. Mora S, Gilsanz V. Establishment of peak bone mass. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2003;32:39-63.
2. Binkley TL, Berry R, Specker BL. Methods for measurement of pediatric bone. *Rev Endocr Metab Disord* 2008;9:95-106.
3. International Atomic Energy Agency – IAEA [homepage on the Internet]. Dual energy x-ray absorptiometry for bone mineral density and body composition assessment. IAEA Human Health Series. Viena; 2010 [cited 28/07/2013]. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
4. Barkmann R, Rohrschneider W, Vierling M, Tröger J, de Terlizzi F, Cadossi R *et al.* German pediatric reference data for quantitative transverse transmission ultrasound of finger phalanges. *Osteoporos Int* 2002;13:55–61.
5. Vignolo M, Brignone A, Mascagni A, Ravera B, Biasotti B, Aicardi G. Influence of age, sex and growth variables on phalangeal quantitative ultrasound measures: a study in health children and adolescent. *Calcif Tissue Int* 2003, 72:681–8.
6. Ianneta O. Osteoporose: uma ex-enfermidade silenciosa. Ribeirão Preto: Tecmedd; 2006.
7. Halaba ZP. Quantitative ultrasound measurements at hand phalanges in children and adolescents: a longitudinal study. *Ultrasound Med Biol* 2008;34:1547–53.
8. Halaba ZP, Konstantynowicz J, Pluskiewicz W, Kaczmarek M, Piotrowska-Jastrzebska J. Comparison of phalangeal ultrasound and dual energy x-ray absorptiometry in health male and female adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2005; 31:1617-22.
9. Duarte SB, Carvalho WR, Gonçalves EM, Ribeiro RR, Farias ES, Magro D de O *et al.* Preliminary comparison between phalangeal quantitative ultrasonography and bone densitometry for bone mass evaluation in adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2012;56:19-24.
10. Dib L, Arabi A, Maalouf J, Nabulsi M, El-Hajj GF. Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone* 2005;36:736-42.
11. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Loannidis JP *et al.* The prisma statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Plos Med* 2009;6:1-28.

12. Baroncelli G, Federico G, Bertelloni S, De Terlizzi F, Cadossi R, Saggese G. Bone quality assessment by quantitative ultrasound of proximal phalanges of the hand in healthy subjects aged 3-21 years. *Pediatr Res* 2001;49: 713-8.
13. Halaba ZP, Pluskiewicz W. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2004;30:239-43.
14. Baroncelli GI, Federico G, Vignolo M, Valerio G, del Puente A, Maghnie M *et al.* Cross-sectional reference data for phalangeal quantitative ultrasound from early childhood to young-adulthood according to gender, age, skeletal growth, and pubertal development. *Bone* 2006;39:159-73.
15. Lavado-Garcia JM, Calderon-Garcia JF, Moran JM, Canal-Macias ML, Rodriguez-Dominguez T, Pedrera-Zamorano JD. Bone mass of Spanish school children: impact of anthropometric, dietary and body composition factors. *J Bone Miner Metab* 2012;30:193-201.
16. Carvalho WR, Gonçalves EM, Ribeiro RR, Farias ES, Carvalho SSP, Guerra-Junior G. Influence of body composition on bone mass in children and adolescents. *Rev Assoc Med Bras* 2011;57:662-7.
17. Baxter-Jones AD, Mirwald RL, McKay HA, Bailey DA. A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in health 8-19 year old boys and girls. *Ann Hum Biol* 2003;30:160-75.
18. Arabi A, Nabulsi M, Maalou J, Choucair M, Khalifé H, Vieth R, [El-Hajj](#) GF. Bone mineral density by age, gender, pubertal stages, and socioeconomic status in health Lebanese children and adolescents. *Bone* 2004;1169-79.
19. Lee SH, Desai SS, Shetty G, Song HR, Lee SH, Hur CY *et al.* Bone mineral density of proximal femur and spine in Korean children between 2 and 18 years of age. *J Bone Miner Metab* 2007;25:423-30.
20. Ausili E, Rigante D, Savaggio E, Focarelli B, Rendeli C, Ansuini V *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. *Rheumatol Int* 2012;32:2737-43.
21. Wu XP, Yang YH, Zhang H, Yuan LQ, Luo XH, Cao XZ *et al.* Gender differences in bone density at different skeletal sites of acquisition with age in Chinese children and adolescents. *J Bone Miner Metab* 2005;23:253-60.
22. Malina R M, Bouchard C, Bar-Or O, editors. Crescimento, maturação e atividade física. 2nd ed. São Paulo: Phorte; 2009.

23. Ribeiro RR, Guerra-Junior G, Barros-Filho AA. Bone mass in school children in Brazil: the effect of racial miscegenation, pubertal stage, and socioeconomic differences. *J Bone Miner Metab* 2009; 27: 494–501.
24. Vignolo M, Parodi A, Mascagni A, Torrisi C, de Terlizze F, Aicardi G. Longitudinal assesment of bone quality by quantitative ultrasonography in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2006;32:1003–10.
25. Santos KD, Petroski EL, Ribeiro RR, Guerra-Junior G. Bone quantity and quality in Brazilian female schoolchildren and adolescents. *J Bone Miner Metab* 2009; 27:507-12.
26. Halaba ZP, Bursa J, Kaplon UK, Pluskiewicz W, Marciniak S, Drzewiecka U. Phalangeal quantitative ultrasound measurements in former pre-term children aged 9–11 years. *Br J Radiol* 2007;80:401-5.
27. Fonseca RM, de Oliveira RJ, Pereira RW, França NM. Bone mineral density associated with physical traits and lifestyle in adolescents. *Rev Bras Med Esp* 2012;18: 381-4.
28. Maïmoun L, Coste O, Jaussent A, Mariano-Goulart D, Sultan C, Paris F. Bone mass acquisition in female rhythmic gymnasts during puberty: no direct role for leptin. *Clin Endocrinol* 2010;72:604-11.
29. Yilmaz D, Ersoy B, Bilgin E, Gümüşer G, Onur E, Pinar ED. Bone mineral density in girls and boys at different pubertal stages: relation with gonadal steroids, bone formation markers, and growth parameters. *J Bone Miner Metab* 2005;23:476–82.
30. Drozdowska B, Pluskiewicz W, Halaba Z, Misiolek H, Beck B. quantitative ultrasound at the hand phalanges in 2850 females aged 7 to 77 yr: a cross-sectional study. *J Clin Densitom* 2005;8:216–21.
31. Drozdowska B, Pluskiewicz W, de Terlizzi T. Quantitative ultrasound at the hand phalanges in monozygotic twins: a preliminary report. *Ultrasound Med Biol* 2002;28: 1153-6.
32. Drozdowska B, Pluskiewicz W. Skeletal status in males aged 7–80 years assessed by quantitative ultrasound at the hand phalanges. *Osteoporos Int* 2003;14:295-300.
33. Schalamon J, Singer G, Schwantzer G, Nierosvaara Y. Quantitative ultrasound assessment in children with fractures. *J Bone Miner Res* 2004;19:1276-79.
34. Nasri R, Zrour SH, Rebai H, Najjar MF, Neffeti, F, Bergaoui N, Mejdoub H, Tabka Z. Grip strenght is a predictor of bone mineral density among adolescent combat sport athletes. *J Clin Densitom* 2013;16:92-7.

35. Drozdowaska B, Münzer U, Adamczyk P, Pluskiewicz W. Skeletal status assessed by quantitative ultrasound at the hand phalanges in karate training males. *Ultrasound Med Biol* 2011;37:214-9.
36. Silva CC, Teixeira AS, Goldberg TB. Sport and its implications on the bone health of adolescent athletes. *Rev Bras Med Esp* 2003;9:433-8.
37. Cadore EL, Brentano MA, Kruel LF. Effects of the physical activity on the bone mineral density and bone remodeling. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:373-9.
38. Guglielmi G, de Terlizzi F, Torrente I, Mingarelli R, Dallapiccola B. Quantitative ultrasound of the hand phalanges in a cohort of monozygotic twins: influence of genetic and environmental factors. *Skeletal Radiol* 2005;34:727-35.
39. Park JH, Song YM, Sung J, Lee K, Kim YS, Park YS. Genetic influence on bone mineral density in Korean twins and families: the healthy twin study. *Osteoporos Int* 2012;23:1343-9.
40. Ribeiro RR, Santos-Ribeiro D, Guerra-Junior G, Barros-Filho AA. Comparison of bone quantity by ultrasound measurements of phalanges between white and black children living in Paraná, Brazil, with Europeans. *Braz J Med Biol Res* 2010; 43:976-81.
41. Bell NH, Shary J, Stevens J, Garza M, Gordon L, Edwards J. Demonstration that bone mass is greater in black than in white children. *J Bone Miner Res* 1991;6:719-23.
42. Nelson DA, Simpson PM, Johnson CC, Barondess DA, Kleerekoper M. The accumulation of whole body skeletal mass in third- and fourth-grade children: effects of age, gender, ethnicity, and body composition. *Bone* 1997;20:73-8.
43. Cauley JA, Lui LY, Stone KL, Hillier TA, Zmuda JM, Hochberg M, Beck TJ, Ensrud KE. Longitudinal study of changes in hip bone mineral density in Caucasian and African-American women. *J Am Geriatr Soc* 2005;53:183-9.

MASSA ÓSSEA DE ADOLESCENTES DO SEXO FEMININO, ATLETAS DE HANDEBOL E NATAÇÃO, UTILIZANDO O ULTRASSOM QUANTITATIVO DE FALANGES.

BONE MASS IN ADOLESCENT FEMALE ATHLETES OF HANDBALL AND SWIMMING, USING PHALANGEAL QUANTITATIVE ULTRASOUND

Autores:

Tathiane Krahenbühl: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Ezequiel Moreira Gonçalves: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Antonio de Azevedo Barros Filho: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil.

Resumo

Objetivo: avaliar a massa óssea de adolescentes do sexo feminino, envolvidas em esportes com e sem sobrecarga corporal, utilizando o ultrassom quantitativo de falanges para verificar a influência da prática esportiva no tecido ósseo.

Métodos: Estudo é transversal, no qual foram avaliadas 192 adolescentes do sexo feminino, com idade entre 13 a 17 anos, divididos em 3 grupos: atletas de handebol (n=67), atletas de natação (n=62), e grupo controle (n=63). Para a avaliação dos parâmetros ósseos foi utilizado o QUS nas falanges da mão não dominante, com o aparelho DBM Sonic® Bone Profiler de 3ª geração (IGEA, Carpi, Itália). Dois parâmetros principais foram medidos por meio do equipamento do QUS: o AD-SoS (*Amplitude Dependent Speed of Sound*) e o BTT (*Bone Transmission Time*). Além de peso, estatura, IMC e estágio puberal de Tanner.

Resultados: As nadadoras obtiveram valores significativamente superiores de AD-SoS e zAD-SoS do que o grupo controle, e tanto as nadadoras quanto as jogadoras de handebol obtiveram valores significativamente superiores de BTT do que o grupo controle. Não houve diferença entre os parâmetros ósseos e os grupos de atletas.

Conclusões: O esporte exerce influência positiva nos resultados dos parâmetros de massa óssea avaliado pelo QUS de falanges. É possível observar que os valores superiores desses parâmetros estão relacionados com incremento da frequência e tempo de treinamento.

Palavras-chaves: esporte, massa óssea, ultrassonografia.

Abstract

Objective: To evaluate bone mass in female adolescents involved in sports with and without weight-bearing using quantitative ultrasound of the phalanges to verify the influence of sports practice in the bone tissue.

Methods: The study is cross-sectional, in which 192 female adolescents, aged between 13 and 17 years, divided into 3 groups: handball athletes (n=67), swimmers (n=62) and control group (n=63). For the evaluation of bone mass was used the phalangeal QUS of the non dominant hand, with the DBM Sonic Bone Profiler® 3rd generation (IGEA, Carpi, Italy). Two main parameters are measured: AD-SoS (*Amplitude Dependent Speed of Sound*) and BTT (*Bone Transmission Time*). Besides weight, height, BMI and Pubertal Stage by Tanner was measurement.

Results: The swimmers have significantly higher AD-SoS and zAD-SoS values than the control group, and both swimmers as the players handball have significantly higher values of BTT than the control group. There was no difference between bone parameters and groups of athletes.

Conclusions: The sport has a positive influence on the results of the parameters of bone mass assessed by QUS of the phalanges. It can be observed that higher values of these parameters are consistent with increased frequency and duration of training.

Keywords: sport, bone mass, ultrasonography.

Introdução

A infância e adolescência são períodos fundamentais para melhor desenvolvimento do pico de massa óssea, pois ocorre o gradual incremento do tecido ósseo nestes períodos, com predomínio da formação em relação à absorção ^(1,2,3). Diversos fatores podem influenciar o processo de incremento de massa óssea em crianças e adolescentes, entretanto o nível de atividade física parece ser a variável com grande influência nesse tecido ^(2,4,5), pois o exercício físico está positivamente associado ao aumento da massa óssea dos indivíduos atletas, principalmente em mulheres ^(5,6).

A massa óssea em adolescentes atletas pode ser afetada pela natureza do esporte praticado e mudanças na composição corporal. Os efeitos dos esportes sobre a saúde óssea variam em relação à modalidade praticada, que vão desde as que não suportam o peso corporal, atividades de baixo impacto, moderadas e de alto impacto ^(5,7).

Níveis elevados de atividade física, o estresse repetitivo do treinamento a longo prazo podem aumentar a massa óssea na adolescência e são as razões para a maior massa óssea observada em atletas ^(8,9). Entretanto, não são conhecidos os efeitos das diferentes modalidades esportivas com diferentes níveis de sobrecarga no osso e os parâmetros avaliados pelo Ultrassom Quantitativo (QUS) de falanges.

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a massa óssea de adolescentes do sexo feminino, envolvidas em esportes com e sem sobrecarga corporal, utilizando o ultrassom quantitativo de falanges para verificar a influência da prática esportiva no tecido ósseo.

Métodos

Trata-se de um estudo transversal, no qual foram avaliadas 192 adolescentes do sexo feminino, com idade entre 13 a 17 anos, divididas em 3 (três) grupos: atletas de handebol (n=67), atletas de natação (n=62) e grupo controle (n=63). O número de indivíduos da amostra foi definido por meio de um estudo piloto.

Para que as adolescentes fossem incluídas nos grupos de atletas (handebol e natação) deveriam atender os seguintes critérios: a) treinar regularmente com frequência de três ou mais sessões semanais com duração mínima duas horas por sessão de treino; b) estar participando, com o mínimo de seis meses, de competições oficiais (regionais, estaduais e/ou nacionais) em sua categoria e na respectiva modalidade.

Os critérios de inclusão para o grupo controle foram: a) não praticar de forma regular atividades físico-esportivas fora das aulas de educação física escolar (≤ 3 vezes na semana).

Os critérios de não-inclusão do estudo para todos os grupos foram: a) suspeita de distúrbios alimentares; b) uso prolongado de medicamentos; c) estar em período gestacional; d) fraturas recentes (menos de seis meses).

As atletas foram avaliadas nos locais de treinos, e alocadas na pesquisa de acordo com a sua prática esportiva. O grupo controle foi obtido em escolas públicas de ensino regular.

Todos receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e só participaram da pesquisa aqueles que foram autorizados pelos pais ou responsáveis. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCM/Unicamp, sob parecer nº947/2011.

Para a avaliação dos parâmetros ósseos foi utilizado o QUS nas falanges da mão não dominante, com o aparelho DBM Sonic® Bone Profiler de 3ª geração (IGEA, Carpi, Itália). Dois parâmetros principais são medidos por meio do equipamento do QUS: o AD-SoS (*Amplitude*

Dependent Speed of Sound) e o BTT (*Bone Transmission Time*). O AD-SoS avalia a velocidade (m/s) da onda sonora nas quatro falanges proximais ^(10,11). Essa variável reflete a velocidade com que a onda atravessa tanto o osso quanto o tecido mole, e baixos valores de AD-SoS estão associados com a baixa densidade óssea, quando comparados com as avaliações do DXA ^(12,13).

O BTT é obtido a partir da diferença entre o tempo em que o primeiro pico de sinal recebido atinge o seu máximo e o momento em que seria medido sem osso, como se apenas os tecidos moles estivessem entre os transdutores. Este parâmetro é calculado a partir falanges II a IV. E, ao contrário da AD-SoS, é independente de atenuação de ultrassom e depende apenas das propriedades do osso, seria igual a zero se nenhum osso estivesse presente ^(10, 14, 15).

Todas as atletas foram questionadas sobre o tempo total de treinamento (data que iniciou os treinos e competições) bem como a frequência de treinos durante a semana (sessões e duração de cada sessão). Todos os indivíduos foram avaliados uma única vez, no próprio local de treinamento ou escola, em dia previamente agendado, por um mesmo avaliador treinado para o teste.

As idades cronológicas foram estabelecidas por meio de cálculo das idades decimais, tendo como referência a data de nascimento e a data de coleta de dados, adotando-se os intervalos decimais entre 0,50 a 0,49 ⁽¹⁶⁾. Ou seja, para que uma criança fosse incluída no grupo etário de 13 anos deveria apresentar idade centesimal de 12,50 a 13,49 anos na data da coleta de dados.

Também foram coletadas as variáveis de peso, por balança digital portátil com escala de 100g e estatura por estadiômetro (escala de 0,1mm). Utilizando estas variáveis foi calculado o Índice de Massa Corporal ($IMC = \text{peso em kg} / \text{altura em m}^2$). O estadiamento puberal foi realizado por meio da auto avaliação dos estádios de mamas para meninas de acordo com critérios de Marshall e Tanner ⁽¹⁷⁾. As voluntárias foram previamente orientadas individualmente sobre cada

estadio para então fazer a auto avaliação. A fase I é considerada a pré-puberdade, fases II e III classificadas como puberdade, e estágio final ou pós-pubere nas fases IV e V.

Análise Estatística

Para análise dos dados foi utilizado o software SPSS versão 16. Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para comparação entre os grupos foi utilizada a análise de variância (ANOVA), seguida do teste *pos-hoc* de Tukey, quando necessário. Quando os dados não apresentaram distribuição normal ou quando as variâncias não demonstraram homogeneidade, avaliada pelo teste de Levene, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste não paramétrico de comparações múltiplas. Para as comparações entre os grupos e os parâmetros do QUS ajustados pela idade foi utilizada a análise de covariância (ANCOVA). Para verificar as correlações entre os parâmetros de massa óssea (AD-SoS e BTT) e a idade, as variáveis antropométricas e variáveis relativas ao desenvolvimento puberal foram utilizados os coeficientes de correlação de Pearson ou de Spearman. A análise de regressão linear, por meio do método *stepwise*, foi utilizada para verificar quais variáveis independentes (peso, estatura, idade, IMC, Tanner) explicavam melhor a variância do AD-SoS e do BTT nos diferentes grupos. O nível de significância adotado inicialmente foi de 5% ($p \leq 0,05$).

Resultados

As características gerais dos três grupos (handebol, natação e controle) são apresentadas na Tabela 1. O grupo controle apresentou valores significativamente inferiores nas variáveis de idade ($p=0,030$ e $p= 0,022$) e estatura ($p=0,002$ e $p= 0,001$) na comparação com o grupo de atletas de handebol e natação, respectivamente. O grupo de atletas de handebol apresentou

valores superiores no peso corporal ($p=0,024$ e $p=0,015$) respectivamente com natação e controle e IMC ($p=0,041$) quando comparadas com o grupo natação.

Tabela 1. Características dos indivíduos como idade, Peso, Altura e IMC.

	Handebol (n = 67)		Natação (n = 62)		Controle (n = 63)	
	Média ± DP	(Range)	Média ± DP	(Range)	Média ± DP	(Range)
Idade (anos)	14.6 ± 1.0 [†]	(12.5 – 17.3)	14.7 ± 1.2 [†]	(12.6 – 17.4)	14.1 ± 0.9	(12.8 – 16.6)
Estatura (cm)	162.4 ± 5.7 [§]	(150 – 177)	162.9 ± 6.2*	(148 – 178)	158.7±6.3	(136 – 172)
zEstatura (SDS)	0.2 ± 0.8	(-1.6 – 2.1)	0.4 ± 0.9 [¥]	(-2.1 – 2.3)	-0.1 ± 0.9 [¥]	(-3.6 – 2.1)
Peso (kg)	59.8 ± 10.1	(40.5 - 89.4)	55.9 ± 9.7	(39.1 – 87.0)	55.8 ± 14.6 [£]	(35.1 – 98.0)
zPeso (SDS)	0.7 ± 0.7	(-1.1 – 2.1)	0.3 ± 0.8 [‡]	(-2.3 – 2.1)	0.3 ± 1.1 [‡]	(-1.9 – 2.7)
IMC (kg/m²)	22.6 ± 3.5	(16.4 – 32.3)	21.0 ± 2.9 [‡]	(15.9 – 29.6)	22.1 ± 5.6 [‡]	(14.8 – 39.0)
zIMC(SDS)	0.8 ± 0.9	(-1.4 – 2.5)	0.2 ± 0.9 [£]	(-1.9 – 2.3)	0.4 ± 1.4 [£]	(-2.3 – 3.3)

*Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,001$ (ANOVA).

§Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,01$ (ANOVA).

£Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,05$ (ANOVA).

†Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

‡Diferente significativamente do grupo Handebol, $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

£Diferente significativamente do grupo Handebol, $p \leq 0,01$ (Kruskal-Wallis).

¥Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,01$ (Kruskal-Wallis).

£Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

ªDiferente significativamente do grupo Handebol, $p \leq 0,001$ (Mann-Whitney)

A tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros ósseos do ultrassom dos três grupos e a frequência semanal de treinamento (FTS) e tempo total de treinamento (TT) das atletas. As nadadoras obtiveram maiores resultados do AD-SoS do que o grupo controle ($p=0,003$), mesmo quando comparadas pelo zAD-SoS. O grupo controle apresentou menores valores de BTT do que

os dois grupos de atletas ($p=0,015$ e $p=0,005$ para handebol e natação, respectivamente). Não houve diferença estatística entre os grupos de atletas.

Tabela 2. Resultados da média e range do AD-SoS, BTT, Frequência Semanal de Treinamento e Tempo de Treinamento.

	Handebol (n=67)		Natação (n=62)		Controle (n=63)	
	Média \pm DP	Range	Média \pm DP	Range	Média \pm DP	Range
AD-SoS (m/s)	2067 \pm 38.9	(1994 – 2160)	2083 \pm 44.7 [‡]	(1984 – 2207)	2051 \pm 56.8	(1934 – 2162)
zAD-SoS	0.8 \pm 0.8	(-1.0 – 2.9)	1.1 \pm 1.0 [‡] ^ε	(-1.2 – 3.7)	0.6 \pm 1.2	(-2.1 – 2.9)
BTT (μs)	1.4 \pm 0.2 ^ε	(1.0 – 1.9)	1.5 \pm 0.2 ^ε	(1.0 – 2.1)	1.3 \pm 0.2	(0.9 – 1.9)
FTS (dias/sem)	3.3 \pm 0.7	(3.0 – 5.0)	5.4 \pm 1.2 ^α	(3.0 – 8.0)	-	-
TT (meses)	35.1 \pm 17.8	(6.0 – 72.0)	51.8 \pm 26.4 ^α	(7.0 – 120.0)	-	-

[‡]Diferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,01$ (Kruskal-Wallis).

^εDiferente significativamente do grupo Controle, $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

^αDiferente significativamente do grupo Handebol, $p \leq 0,001$ (Mann-Whitney)

Quando normalizado a idade cronológica entre os grupos para 14,5 anos, o grupo controle apresentou menores valores de AD-SoS do que as nadadoras ($p=0,004$) e menores valores de BTT do que os dois grupos de atletas ($p=0,037$ e $p=0,02$) para handebol e natação, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de AD-SoS e BTT dos três grupos comparados de acordo com o desenvolvimento puberal. O grupo controle apresentou valores inferiores de AD-SoS do que as nadadoras no estágio IV ($p=0,023$), e no estágio V apresentaram valores inferiores de AD-SoS em relação aos dois grupos de atletas ($p=0,018$ e $p=0,006$) para handebol e natação, respectivamente.

Tabela 3. Média do AD-SoS e BTT ajustados pelos Estádios Puberais de Tanner⁽¹⁷⁾.

	AD-SoS			BTT	
	N (%)	Média ±DP	Range	Média ±DP	Range
Tanner III					
Handebol	7 (10,4%)	2054,6±25,2	(2010-2092)	1,36±0,10	(1,25-1,55)
Natação	10 (16,1%)	2061,7±35,9	(2010-2146)	1,44±0,23	(1,23-1,82)
Controle	3(4,7%)	2012,3±61,5	(1971-2083)	1,11±0,04	(1,07-1,15)
Total	20 (10,4%)	2051,8±38,9	(1971-2146)	1,36±0,20	(1,07-1,82)
Tanner IV					
Handebol	36 (53,7%)	2065,0±43,5	(1994-2160)	1,43±0,19	(1,03-1,87)
Natação	39 (62,9%)	2087,6±46,5*	(1984-2207)	1,46±0,27	(0,98-2,07)
Controle	47 (74,6%)	2058,4±58,0	(1940-2162)	1,33±0,17	(0,93-1,78)
Total	122 (63,5%)	2069,7±51,6	(1940-2207)	1,40±0,22	(0,93-2,07)
Tanner V					
Handebol	24 (35,8%)	2073,6±34,6*	(2021-2142)	1,46±0,16	(1,15-1,75)
Natação	13 (20,9%)	2085,8±43,4*	(2014-2148)	1,47±0,20	(1,08-1,8)
Controle	13 (20,6%)	2034,1±47,3	(1934-2109)	1,41±0,22	(1,07-1,93)
Total	50 (26,1%)	2066,5±44,4	(1934-2148)	1,45±0,18	(1,07-1,93)

*Diferente significativamente do grupo controle, $p \leq 0,05$ (Anova)

A tabela 4 apresenta os resultados da correlação dos parâmetros do QUS entre os grupos. Na variável AD-SoS, nos três grupos avaliados, as correlações mais elevadas foram observadas com a idade (valores de r entre 0,35 a 0,43). No grupo controle o AD-SoS se correlacionou negativamente com o peso corporal e IMC. Já o BTT apresentou correlação positiva com idade

nos três grupos, positiva com o peso e altura nos grupos de atletas, e com IMC no grupo natação. O grupo controle apresentou correlação positiva com estágio de Tanner.

Tabela 4. Correlações entre os parâmetros ósseos do ultrassom (AD-SoS e BTT) em relação às variáveis antropométricas (idade, peso, altura e IMC) e maturacional (Tanner).

	Handebol		Natação		Controle	
	<i>ADSOS</i>	<i>BTT</i>	<i>ADSOS</i>	<i>BTT</i>	<i>ADSOS</i>	<i>BTT</i>
Idade	0,43** <0,001	0,43** <0,001	0,35** 0,006	0,30* 0,016	0,37** 0,003	0,30* 0,018
Peso	0,03 0,795	0,36** 0,003	0,10 0,436	0,39** 0,002	-0,38** 0,002	0,15 0,236
Altura	0,10 0,414	0,37** 0,002	0,29* 0,021	0,25* 0,046	0,02 0,861	0,17 0,175
IMC	0,004 0,971	0,22 0,075	-0,05 0,685	0,35** 0,006	-0,40** 0,001	0,09 0,474
Tanner	0,12 0,322	0,19 0,13	0,18 0,154	0,08 0,519	-0,08 0,519	0,27* 0,031

Para a variável do estágio maturacional de Tanner foi utilizado a correlação de Spearman. Para as demais variáveis foi utilizada a correlação de Pearson.

Utilizando a análise de regressão, dividido os parâmetros entre os três grupos, temos que para o AD-SoS a idade explica 17% da variância no grupo handebol (11% natação e 12% controle). Já para as análises do BTT, obtivemos na regressão o peso explicou 13% da variação (natação) e 17% e 7% da variação são explicados pela idade nos grupos handebol e controle, respectivamente.

Discussão

Que seja de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que faz a comparação entre os parâmetros do QUS de falanges em adolescentes do sexo feminino, atletas de modalidades esportivas com diferentes níveis de impacto sobre o osso e um grupo de meninas saudáveis.

As nadadoras apresentaram valores significativamente superiores de AD-SoS quando comparadas com o grupo controle, e no BTT os dois grupos de atletas (handebol e natação)

apresentaram valores superiores aos observados no grupo controle. Entretanto, o grupo controle apresentou resultados inferiores na média de idade cronológica, o que deve ser considerado na interpretação dos resultados dos parâmetros ósseos do ultrassom, que é bastante influenciado pelas variáveis de crescimento como a idade ^(11,18,19).

Dessa forma, realizados as comparações dos parâmetros do AD-SoS e BTT entre os grupos ajustados pela idade normalizada (14,5 anos), os resultados do ultrassom continuaram inferiores para o grupo controle em relação ao grupo de nadadoras e jogadoras de handebol. Nesse sentido, os resultados superiores nos indicadores de massa óssea observados no grupo de atletas apontam para a possível ação que o treinamento físico exerce sobre a massa óssea, corroborando com estudos envolvendo atletas, que demonstram que há um aumento na quantidade de massa óssea entre os períodos de pré e pós treinamento demonstrando a influência do treinamento e da competição esportiva sobre o tecido ósseo ^(02,03,08,20). Este incremento parece ser devido ao estresse repetitivo gerado pelas sobrecargas do treinamento físico sobre o osso em atletas competitivos, assim o maior nível de atividade física na adolescência e um treinamento em longo prazo podem ser as razões para a maior densidade mineral óssea (DMO) observada em atletas ^(03,08, 09, 21).

Nossos resultados estão em acordo com outros estudos em que as nadadoras tiveram valores maiores de massa óssea do que o grupo controle ⁽²²⁾. Porém, a maioria dos estudos apresentam resultados a respeito das diversas modalidades praticadas e mostram que os praticantes de esportes com maior impacto como voleibol, hóquei, ginástica apresentam DMO significativamente maior quando comparados com desportos de baixa ou nenhuma sobrecarga corporal, como natação ^(07, 08, 21).

Por isso, era esperado que o grupo de handebol obtivesse valores maiores de AD-SoS e BTT do que os outros dois grupos, incluindo natação, uma vez que os esportes com sobrecarga corporal apresentam maior influência na massa óssea dos indivíduos do que os esportes sem esta sobrecarga. Porém, neste estudo foi possível observar que não houve diferença estatística entre os grupos de atletas.

Possivelmente, estes resultados são explicados por alguns motivos. Primeiro, as nadadoras avaliadas iniciaram a vida esportiva mais cedo do que as jogadoras de handebol (aproximadamente 1,5 anos antes) e apresentam maior volume de treinamento durante a semana, com média de 02 (dois) dias a mais por semana. A hipótese é de que se as jogadoras de handebol tivessem o mesmo tempo e volume de treinamento do que as nadadoras poderiam obter valores superiores aos encontrados dos parâmetros ósseos, pois estudos com o ultrassom de falanges encontrou correlação positiva entre o tempo e a frequência semanal de treinamento com o AD-SoS em caratecas quando comparados com o grupo controle ⁽²³⁾. Segundo, a maioria dos estudos que envolvem a avaliação da massa óssea de atletas utiliza como método o DXA, que avalia locais específicos como coluna lombar, quadril e fêmur. Com isso, a avaliação óssea fica bastante restrita e demonstra a adaptação que ocorre de maneira localizada, uma vez que alguns sítios ósseos sofrem maior variação de acordo com o impacto da sobrecarga corporal oferecida pelas características específicas de cada modalidade, não apresentando um efeito no tecido ósseo geral.

Estudos com ginastas, jogadores de futebol, levantadores de peso, bailarinos relataram ter de 10 a 25% maior DMO comparado com indivíduos sedentários, ressaltando que o aumento da DMO foi encontrado apenas em partes do esqueleto, e não em todo o tecido ósseo ⁽³¹⁾. Estudos comparando o impacto da atividade física sobre os membros encontraram que a DMO foi 25-35% maior no braço dominante em comparação com o braço não dominante em tenistas

profissionais, demonstrando a ação do impacto localizada somente no sítio ósseo que é submetido ao impacto, sem demonstrar uma ação efetiva no metabolismo ósseo geral ^(25,26).

Dessa forma, os estudos envolvendo o DXA apresentam resultados da DMO favoráveis aos esportes com maior sobrecarga corporal por avaliarem os locais ósseos que são mais afetados pela sobrecarga, diferente das falanges que são locais mais sensíveis às mudanças osteometabólicas gerais, por terem grande quantidade tecido ósseo trabecular e não estarem diretamente associadas ao impacto de atividades físico-esportivas, refletindo assim a ação metabólica que o exercício pode promover no tecido ósseo de maneira generalizada e periférica, diferindo dos locais avaliados pelo DXA, como fêmur, quadril e coluna lombar. Suas variáveis são menos dependentes do tamanho do osso e pode fornecer valores de quantidade e qualidade do tecido ósseo ^(12, 18, 27, 28).

Os baixos valores de AD-SoS estão associados com a baixa densidade óssea, quando comparados com as avaliações do DXA ^(13,15), e o BTT está diretamente relacionado as características de elasticidade e de qualidade da microarquitetura óssea ⁽¹⁴⁾, dessa forma, os resultados demonstram que a atividade física exerce influência positiva sobre a quantidade e qualidade do osso.

Contudo, os resultados corroboram com outros estudos utilizando o ultrassom. Falk ⁽²⁹⁾, avaliando a massa óssea através do ultrassom distal do radio e da tibia não encontrou diferenças entre o grupo de nadadoras e ginastas, porém tanto as ginastas quanto as nadadoras apresentaram maiores valores de SOS na tibia do que o grupo controle, assim como observado com o BTT neste estudo.

No estudo atual foi possível observar que as atletas de handebol tiveram maiores valores dos parâmetros ósseos quando comparadas com o grupo controle. Este resultado corrobora com

os resultados obtidos com o DXA, onde as jogadoras de handebol tiveram maiores valores de CMO e DMO do que meninas da mesma faixa etária, tanto em locais ósseos específicos que são submetidos ao estresse da carga mecânica (colo do fêmur e coluna lombar), quanto valores de CMO do corpo inteiro ⁽³⁰⁾.

Com isso, é possível observar que o esporte exerce influência positiva sobre a massa óssea de adolescentes atletas do sexo feminino, e esportes com sobrecarga corporal como o handebol apresenta resultados positivos tanto em locais específicos quanto em locais que avaliam a ação osteometabólica geral ⁽³¹⁾. Além disso, o método do QUS de falanges pode avaliar o incremento da massa óssea em adolescentes, mesmo com esportes que não apresentam uma sobrecarga em locais específicos do esqueleto, como a natação, indicando o efeito benéfico da atividade física, com ou sem sobrecarga corporal, sobre a massa óssea de meninas, sendo dependente do tempo de prática na modalidade esportiva.

Por meio desses resultados, há indícios de que a atividade física praticada de maneira regular e periodizada é um importante fator para o incremento de massa óssea em adolescentes, independente da sobrecarga corporal imposta por cada modalidade, sendo mais relacionada com o tempo e frequência de treinamento.

Quando analisados os dados pelo estágio maturacional de Tanner, temos que as nadadoras apresentaram maiores valores de AD-SoS do que o grupo controle no estágio IV, e o no estágio V tanto as nadadoras quanto as jogadoras de handebol tiveram maiores valores de AD-SoS do que o grupo controle. Isso pode ocorrer, pois nos estágios mais avançados as atletas além da influência do crescimento e desenvolvimento maturacional acumulam os efeitos das atividades esportivas sobre o tecido ósseo, indicando que além da ação natural do incremento da massa óssea influenciada pelo processo de desenvolvimento e maturação, há também a ação do exercício

físico que fica mais evidente na fase final de desenvolvimento puberal, indicando que a prática de atividade física regular e programada tem influência positiva no pico de massa óssea das atletas.

Isso explica a importância da atividade física na faixa etária pediátrica, pois este período é marcado por uma taxa de formação óssea muito importante para o incremento do pico de massa óssea, com predomínio da formação em relação à reabsorção ⁽⁰¹⁾.

Entretanto, não houve diferença estatística entre os valores de BTT para os três grupos divididos pelos estádios de Tanner, indicando que as possíveis alterações da microarquitetura óssea nessa faixa etária sofrem grande influência das variáveis do crescimento e maturação.

Dessa forma, podemos observar que o QUS de falanges é um método com aplicabilidade para a avaliação da massa óssea de atletas, possibilitando a avaliação do metabolismo ósseo geral e periférico. Também foi possível observar que a frequência e o tempo de treinamento são fatores de grande influência na massa óssea de adolescentes atletas, sendo mais influentes nos resultados do QUS de falanges do que o tipo de sobrecarga de cada modalidade.

Logo, sugere-se mais estudos envolvendo a prática de atividade física e a avaliação do ultrassom, pois há poucos estudos utilizando este método para avaliar a massa óssea de adolescentes em relação a atividade física e prática esportiva.

Limitações do estudo

Este é um estudo transversal, o que pode influenciar nos resultados obtidos, pois foram avaliados indivíduos diferentes nas diversas idades apresentadas e sugerimos um acompanhamento em longo prazo para que as alterações na massa óssea possam ser verificadas em cada indivíduo. Também há diferença entre os grupos de atletas em relação a tempo e frequência de treinamento, porém são características específicas de cada modalidade, pois

nadadoras geralmente iniciam a prática competitiva antes de jogadoras de esportes coletivos, como handebol. E, por fim, a auto avaliação dos estádios maturacionais de Tanner, por ser subjetivo pode ocorrer equívocos quando o voluntário se auto avalia.

Agradecimentos

À Faculdade de Ciências Médicas, à Universidade Estadual de Campinas e ao Laboratório de Crescimento e Composição Corporal pelo apoio acadêmico e a FAPESP (Processo nº 2011/23460-1) pelo suporte financeiro a um dos autores (E. M.G).

Referências

1. Mora S, Gilsanz V. Establishment of peak bone mass. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2003; 32:39-63
2. Cadore EL, Brentano MA, Kruel LFM. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e a remodelação do tecido ósseo. *Rev Bras Med Esp* 2005;11:373-79.
3. Nichols DL, Sanborn CF, Essery EV. Bone Density and Young Athletic Women. *Sports Med.* 2007; 37:1001-14.
4. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino H, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 33: 507-511.
5. Bailey CA, Brooke-Wavell K. Exercise for optimising peak bone mass in women. *Proc Nutr Soc.* 2008; 67: 9–18.
6. Silva, C.C; Teixeira, A. S. e Goldberg, T.B.L. Sport and its implications on the bone health of adolescent athletes. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9:433-38.
7. Groudyté R, Jurimäe J, Saar M, Jurimäe T. The relationships among bone health, insulin-like growth factor-1 and sex hormones in adolescent female athletes. *J Bone Miner Metab* 2010; 28:306–13.
8. Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *J Appl Physiol.* 2001; 90:565-70.

9. Madsen KL, Adams WC, Van Loan MD. Effects of physical activity, body weight and composition, and muscular strength on bone density in young women. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30:114-20.
10. Barkmann R, Rohrschneider W, Vierling M, Troger J, De Terlizzi F, Cadossi R, et al. German Pediatric Reference Data for Quantitative Transverse Transmission Ultrasound of Finger Phalanges. *Osteoporos Int* 2002; 13:55–61.
11. Dib L, Arabi A, Maalouf J, Nabulsi M, Fuleihan GE. Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone* 2005; 36:736–42.
12. International Atomic Energy Agency – IAEA [homepage on the Internet]. Dual energy x-ray absorptiometry for bone mineral density and body composition assessment. IAEA Human Health Series. Viena; 2010 [cited 28/07/2013]. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
13. Vignolo M, Parodi A, Mascagni A, Torrisi C, De Terlizze F, Aicardi G. Longitudinal assessment of bone quality by quantitative ultrasonography in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol.* 2006; 32:1003–10.
14. Ianneta O, editor. Osteoporose: uma ex-enfermidade silenciosa. Ribeirão Preto: Tecmedd; 2006.
15. Halaba ZP, Konstantynowicz J, Pluskiewicz W, Kaczmarek M, Piotrowska-Jastrzebska J. Comparison of phalangeal ultrasound and dual energy x-ray absorptiometry in healthy male and female adolescents. *Ultrasound Med Biol.* 2005; 31:1617–22.
16. Araújo, CGS (coordenador). Fundamentos biológicos medicina desportiva. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico; 1985.
17. Marshall, W.A; Tanner, J.M. Variations in Pattern of Pubertal Changes in Girls. *Arch. Dis. Childh.* 1969; 44: 291.
18. Halaba ZP. Quantitative Ultrasound Measurements at hand phalanges in children and adolescents: a longitudinal study. *Ultrasound Med Biol* 2008; 34: 1547–53.
19. Baroncelli G I, Federico G, Bertelloni S, De Terlizze F, Cadossi R, Saggese G. Bone Quality Assessment by Quantitative Ultrasound of Proximal Phalanxes of the Hand in Healthy Subjects Aged 3–21 Years. *Intern Ped Res Found.* 2001; 49:713-18.
20. Carbuhn AF, Fernandez TE, Bragg AF, Green JS, Crouse SF. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. *J Stre Cond Res.* 2010; 24:1710-17.

21. Mudd LM, Fornetti L, Pivarnik JM. Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports. *J. Athl. Train.* 2007; 42:403–08.
22. Falk B, Bronshtein Z, Zigel L, Constantini N, Eliakim A. Higher tibial quantitative ultrasound in young female swimmers. *Br J Sports Med.* 2004; 38:461–65.
23. Drozdowaska B, Munzer U, Adamczyk P, Pluskiewicz W. Skeletal status assessed by quantitative ultrasound at the hand phalanges in karate training males. *Ultrasound Med Biol* 2011; 37: 214-19.
24. Karlsson MK, Nordqvist A and Karlsson C. Physical activity increases bone mass during growth. *Food Nutr Res.* 2008;1-10.
25. Jones HH, Priest JD, Hayes WC, Tichenor CC, Nagel DA. Humeral hypertrophy in response to exercise. *J Bone Joint Surg [Am].* 1977; 59: 204-8.
26. Bass SL, Saxon L, Daly RM, Turner CH, Robling AG, Seeman E, et al. The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls: a study in tennis players. *J Bone Miner Res.* 2002; 17: 2274-80
27. Gowin W, Felsenberg D. Methods in osteodensitometry. In: Schönau, E. *Paediatric Osteology*. Amsterdam: Elsevier; 1996; 73-81.
28. Baxter-Jones, AD. Mirwald RL, McKay HA, Bailey DA. A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in health 8-19 year old boys and girls. *Ann Hum Biol.* 2003; 30: 160-75.
29. Falk B, Bronshtein Z, Zigel L, Constantini NW, Eliakim A. Quantitative ultrasound of the tibia and radius in prepubertal and early-pubertal female athletes. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2003;157:139-43.
30. Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JAL. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone.* 2004; 35:1208–15.
31. Karlsson MK, Magnusson H, Karlsson C, Seeman E. The Duration of Exercise as a Regulator of Bone Mass. *Bone.* 2001; 28:128–32.

Por meio dos estudos apresentados é possível observar que o ultrassom quantitativo de falanges é um instrumento seguro para avaliar a massa óssea de acordo com as variáveis de crescimento e maturação. Os parâmetros AD-SoS e BTT aparecem como os mais indicados para avaliar a progressiva aquisição de massa óssea durante a faixa etária pediátrica e são indicadores relacionados à idade, altura, peso e estágio púbere, tendo seus dados corroborados com avaliações do método padrão ouro, além de ser um instrumento acessível para a avaliação óssea em populações, facilitando o diagnóstico e auxiliando em pesquisas.

Dessa forma, a avaliação da massa óssea pelo método de ultrassom quantitativo de falanges pode ser uma ferramenta útil na identificação precoce de doenças ósseas, por controlar alterações que ocorrem durante o desenvolvimento e crescimento do esqueleto, pois as falanges são sensíveis às mudanças osteometabólicas gerais que ocorrem na parte periférica do esqueleto e fornecem um ponto conveniente para a avaliação e como não tem uma placa de crescimento não é um fator de confusão para a medição ^(11,12,13,14,15).

Muitos estudos que utilizam o método do DXA apresentam que os esportes com maior sobrecarga corporal apresentam valores maiores de DMO do que os esportes com pouca sobrecarga corporal, como no caso da natação, e também em relação ao grupo controle. Além disso, estes estudos apresentam que as nadadoras apresentam DMO do fêmur, quadril, coluna lombar igual ao de indivíduos sedentários ^(16,17,18).

Porém, neste estudo as nadadoras obtiveram valores superiores de AD-SoS do que o grupo controle, e não apresentou diferença estatística em relação ao grupo de jogadoras de handebol. Vários fatores podem explicar as diferenças do resultado deste estudo com os

resultados encontrados na literatura. O primeiro fator e de maior importância é a questão das diferenças entre as técnicas utilizadas nesta pesquisa e nas pesquisas encontradas na literatura. A maioria dos estudos que envolvem a avaliação da massa óssea de atletas utiliza como método o DXA e quase não existem estudos que envolvam a avaliação por meio do ultrassom quantitativo de falanges, e não foram encontrados estudos que utilizem esta técnica em adolescentes do sexo feminino praticantes de handebol ou natação. O DXA avalia locais específicos como coluna lombar, quadril e fêmur, ou seja, locais que são bastante influenciados pelo impacto gerado pela atividade física com sobrecarga corporal. Com isso, é possível compreender por que os estudos que avaliam estes locais ósseos em específico têm valores superiores de DMO para os esportes com maior sobrecarga corporal.

Portanto, a avaliação óssea pelo DXA demonstra a adaptação que ocorre de maneira localizada, uma vez que alguns sítios ósseos sofrem maior variação de acordo com o impacto da sobrecarga corporal oferecida pelas características específicas de cada modalidade, não apresentando um efeito no tecido ósseo geral, ressaltando que em muitos estudos o aumento da DMO foi encontrado apenas em partes do esqueleto, e não em todo o tecido ósseo ^(19,20,21).

Entretanto, o ultrassom quantitativo de falanges não avalia a ação direta do impacto do exercício de sobrecarga corporal, pois as falanges não sofrem diretamente o impacto de atividades físico-esportivas, sendo um ponto que pode refletir a ação metabólica que o exercício pode promover no tecido ósseo de maneira generalizada e periférica. Assim, os resultados das medições do ultrassom quantitativo de falanges realizados neste estudo permitem observar que o esporte exerce influência positiva sobre a massa óssea de adolescentes atletas do sexo feminino, tanto em esportes com sobrecarga corporal, como o handebol, quanto em esportes sem sobrecarga

corporal, como a natação, com ambos os grupos de atletas apresentando resultados positivos em relação ao grupo controle.

Os resultados estão em acordo com outros estudos em que as nadadoras tiveram valores superiores de DMO do que o grupo controle ⁽²²⁾. Os resultados também corroboram com outros estudos utilizando outros métodos de ultrassom. Falk ⁽²³⁾, avaliando a massa óssea através do ultrassom distal do rádio e da tíbia não encontrou diferenças entre o grupo de nadadoras e ginastas, porém tanto as ginastas quanto as nadadoras apresentaram maiores valores de SOS na tíbia do que o grupo controle.

Dessa forma, há indícios de que a atividade física praticada de maneira regular, frequente e periodizada é um importante fator de incremento de massa óssea em adolescentes, independente da sobrecarga corporal imposta por cada modalidade, sendo mais relacionada com o tempo e frequência de treinamento, sendo possível a sua avaliação pelo método do ultrassom quantitativo de falanges. Com isso, o método do QUS de falanges aparenta ter tanta aplicabilidade quanto o método padrão ouro. Um estudo com jogadores de futebol ⁽²⁴⁾ apresentou os resultados do DXA e QUS, em que os jogadores tiveram maiores valores de DMO do corpo inteiro, coluna lombar e membros inferiores, além de maiores valores de AD-SoS quando comparados com o grupo controle, demonstrando a aplicabilidade destes métodos.

Com isso, podemos observar que o QUS de falanges é um método com aplicabilidade quando a finalidade é observar o incremento da massa óssea com a idade e também com a prática esportiva. Porém, ainda são poucos os estudos que utilizam esta técnica e, por isso, sugerimos mais pesquisas envolvendo crianças e adolescentes e a prática de atividades físico esportiva para confirmar estes achados.

CONCLUSÃO GERAL

As variáveis do ultrassom podem indicar alterações metabólicas do tecido ósseo de forma indireta, avaliando o progressivo incremento da massa óssea com o incremento da idade e do estágio maturacional. Também consegue avaliar os efeitos que agentes externos como a atividade física pode exercer sobre o tecido ósseo, indicando o efeito do tempo de prática e da frequência semanal do treinamento sobre o tecido ósseo, independente da sobrecarga imposta por cada modalidade.

Porém, sugere-se mais estudos que envolvam a avaliação da massa óssea e o método do ultrassom de falanges, pois ainda são poucos os estudos encontrados na literatura.

REFERÊNCIAS

1. Wuster C, Albanese C, De Aloysio D, Duboeuf F, Gambacciani M, Gonelli S, *et al.* Phalangeal Osteosonogrammetry Study: Age-Related Changes, Diagnostic Sensitivity, and Discrimination Power. *J Bone Min Res.* 2000; 15:1603-14.
2. Barkmann R, Rohrschneider W, Vierling M, Troger J, De Terlizzi F, Cadossi R, *et al.* German Pediatric Reference Data for Quantitative Transverse Transmission Ultrasound of Finger Phalanges. *Osteoporos Int.* 2002; 13:55–61.
3. Baroncelli GI, Federico G, Vignolo M, Valerio G, del Puente A, Maghnie M *et al.* Cross-sectional reference data for phalangeal quantitative ultrasound from early childhood to young-adulthood according to gender, age, skeletal growth, and pubertal development. *Bone.* 2006; 39:159-73.
4. Binkley TL, Berry R, Specker BL. Methods for measurement of pediatric bone. *Rev Endocr Metab Disord.* 2008; 9:95-106
5. Ianneta O, editor. Osteoporose: uma ex-enfermidade silenciosa. Ribeirão Preto; Tecmedd, 2006.
6. Vignolo M, Brignone A, Mascagni A, Ravera B, Biasotti B, Aicardi G. Influence of age, sex and growth variables on phalangeal quantitative ultrasound measures: a study in health children and adolescent. *Calcif Tissue Int.* 2003; 72:681–88.
7. De Terlizzi F, Battista S, Cavani F, Canè V, Cadossi R. Influence of bone tissue density and elasticity on ultrasound propagation: an in vitro study. *J Bone Miner Res.* 2000; 15:2458–2466.
8. Gimeno Ballester J, San Julián, C; Ariznabarreta LS. Estudio de la densidad mineral ósea mediante osteosonografía en niños y adolescentes sanos: valores de normalidad. *An Esp Pediatr.* 2001; 54: 540-546.
9. Halaba ZP, Pluskewicz W. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status in children and adolescents. *Ultrasound Med. Biol.* 2004; 30:239–243.
10. Vignolo M, Parodi A, Mascagni A, Torrisi C, de Terlizze F, Aicardi G. Longitudinal assement of bone quality by quantitative ultrasonography in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol.* 2006; 32:1003–10.
11. Gowin W, Felsenberg D. Methods in osteodensitometry. In: Schönau, E. *Paediatric Osteology.* Amsterdam: Elsevier; 1996;73-81.

12. Baxter-Jones, AD, Mirwald RL, McKay HA, Bailey DA. A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in health 8-19 year old boys and girls. *Ann Hum Biol.* 2003; 30:160-75.
13. Baroncelli GI, Federico G, Vignolo M, Valerio G, Del Puente A, Maghnie M, et al. Cross-sectional reference data for phalangeal quantitative ultrasound from early childhood to young-adulthood according to gender, age, skeletal growth, and pubertal development. *Bone.* 2006; 39:159–73.
14. Halaba ZP. Quantitative Ultrasound Measurements at hand phalanges in children and adolescents: a longitudinal study. *Ultrasound Med Biol.* 2008; 34:1547–53.
15. International Atomic Energy Agency – IAEA [homepage on the Internet]. Dual energy x-ray absorptiometry for bone mineral density and body composition assessment. IAEA Human Health Series. Viena; 2010 [cited 28/07/2013]. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
16. Heirinch CH, Going SB, Pamentor RW, Perry CD, Boyden TW, et al. Bone Mineral Content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22:558-63.
17. Lee EJ, Long KA, Risser WL, Poindexter HBW, Gibbons WE, et al. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27:1354-61.
18. Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Gunnar Brolinson P. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *J Appl Physiol.* 2001; 90:565-70.
19. Jones HH, Priest JD, Hayes WC, Tichenor CC, Nagel DA. Humeral hypertrophy in response to exercise. *J Bone Joint Surg [Am]* 1977; 59: 204-8.
20. Bass SL, Saxon L, Daly RM, Turner CH, Robling AG, Seeman E, et al. The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls: a study in tennis players. *J Bone Miner Res.* 2002; 17: 2274-80.
21. Karlsson MK, Nordqvist A and Karlsson C. Physical activity increases bone mass during growth. *Food Nut Res.* 2008; 52:1-10.
22. Falk B, Bronshtein Z, Zigel L, Constantini N, Eliakim A. Higher tibial quantitative ultrasound in young female Swimmers. *Br J Sports Med.* 2004; 38:461–65.
23. Falk B, Bronshtein Z, Zigel L, Constantini NW, Eliakim A. Quantitative ultrasound of the tibia and radius in prepubertal and early-pubertal female athletes. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2003; 157:139-43.

24. Karlsson MK, Magnusson H, Karlsson C, Seeman E. The Duration of Exercise as a Regulator of Bone Mass. *Bone*. 2001; 28:128–32.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisa: Avaliação da densidade mineral óssea em adolescentes atletas

Pesquisador Responsável e avaliador: Tathiane Krahenbuhl, professora de educação física, que apresenta este documento e fará a avaliação dos voluntários.

Objetivo da pesquisa: avaliar a massa óssea de adolescentes atletas e não atletas a fim de observar os possíveis benefícios do esporte na prevenção de doenças ósseas.

Procedimentos da Pesquisa: se concordar em participar da pesquisa através da assinatura deste termo, os indivíduos irão responder a ficha de avaliação e ao questionário de estágio puberal e serão avaliadas as medidas de peso e altura. Após será avaliada a densidade mineral óssea na mão. Este aparelho não oferece riscos ao voluntário, pois se trata de ultrassom.

Desconforto e riscos de participação: ao participar desta pesquisa, os voluntários não terão nenhum risco previsível.

Benefícios da Pesquisa: Os voluntários não terão nenhum benefício direto com sua participação, mas estará contribuindo para a melhor compreensão dos riscos ou benefícios da prática regular de esportes competitivos na adolescência.

Esclarecimentos: Os voluntários serão convidados a participar da pesquisa, portanto não serão obrigados a aceitar e pode se recusar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem qualquer problema para sua pessoa e também poderá pedir mais informações ou esclarecimentos sobre a pesquisa e sua participação, basta entrar em contato com o pesquisador. Para denúncias e/ou reclamações referentes aos aspectos éticos da pesquisa, entrar em contato com o Comitê de ética da FCM/Unicamp: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126 – CEP 13083-887 Campinas – SP. Fone (019) 3521-8936 ou 3521-7187. E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Confiabilidade: a identidade de todos os voluntários será mantida em total sigilo, tanto pelo pesquisador como pela instituição onde serão analisados os dados.

Gastos: Com a participação na pesquisa o voluntário **não** terá gastos.

Consentimento Pós-informação:

Após ler e compreender as informações acima, eu _____, portador da Carteira de Identidade nº _____, esclarecido sobre todos os aspectos da pesquisa, autorizo a participação do voluntário _____ como sujeito da pesquisa.

Nome do participante voluntário

Assinatura do voluntário

Nome do responsável

Assinatura do responsável

Ficha de Avaliação

Nome: _____ Data de nascimento: ____/____/____

Etnia: _____ Você é: () Destro () Canhoto

Modalidade esportiva que pratica: _____

Quantas sessões de treinos você faz durante a semana? _____

Há quanto tempo você pratica o esporte? _____

Quais competições você participa? _____

As competições ocorrem em quais datas? _____

Com qual frequência você consome alimentos derivados de leite (exemplo: próprio leite, queijo, iogurtes):

() diária () ± 3 vezes na semana () ± 1 vez na semana () raramente () não consumo

Histórico Médico:

Possui algum tipo de doença? _____

Faz tratamento? () Sim () Não

Se sim, quais medicamentos utiliza? _____

Já teve a 1ª menstruação? () Sim () Não Quando? _____

Estágio Púbere:

Auto-avaliação: _____

Medidas Antropométricas:

Peso (Kg): _____ Massa Magra (Kg): _____ Massa Gorda (Kg): _____

(%) de Gordura: _____ IMC: _____

Altura Tronco-Cefálica(cm): _____ Altura (cm): _____

Densidade Óssea:

1º Dedo Indicador	2º Dedo Médio	3º Dedo Anular	4º Dedo Mínimo

AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA

Ao diretor(a):

Meu nome é Tathyane Krahenbuhl, sou professora de educação física e atualmente estou fazendo uma pesquisa sobre a densidade mineral óssea de adolescentes atletas. Nesta pesquisa serão avaliadas meninas de 13 a 17 anos atletas e não atletas a fim de observar os possíveis benefícios do esporte na prevenção de doenças ósseas. Os indivíduos irão responder a ficha de avaliação e ao questionário de estágio puberal e serão avaliadas as medidas de peso e altura. Após será avaliada a densidade mineral óssea na mão. Este aparelho não oferece riscos ao voluntário, pois se trata de ultrassom. Caso permita, a avaliação será feita na própria escola, com as alunas nas quais o termo de consentimento foi assinado pelos pais ou responsáveis.

Consentimento Pós-informação:

Eu, Alexandre Araújo Pereira diretora da escola
EMED. JORGE BIERRENBACH DE CASTRO autorizo a Sra Tathyane
Krahenbuhl a fazer a coleta de dados necessária a pesquisa "Avaliação da densidade mineral
óssea em adolescentes atletas". Sem mais para o momento.

Data: 14/09/2011

Assinatura: _____

RG: 17.793.087



CEP, 27/09/11

(Grupo III)

PARECER CEP: Nº 947/2011 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto).

CAAE: 0854.0.146.000-11

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "AVALIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM ADOLESCENTES ATLETAS".

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Tathiane Krahenbuhl

INSTITUIÇÃO: CIPED/FCM/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 12/09/2011

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 27/09/12 (O formulário encontra-se no site acima).

II – OBJETIVOS.

Avaliar a densidade mineral óssea de adolescentes atletas para verificar quais modalidades exercem efeito para a melhora do tecido ósseo. Comparar a densidade mineral óssea de adolescentes atletas de esporte de impacto como handebol e lutas, com atletas de esporte de menor impacto como natação e grupo de controle, representado por adolescentes não-atletas.

III – SUMÁRIO.

Projeto destinado à tese de mestrado, no qual serão avaliados alunos de idade escolar que fazem atividade física regularmente comparados com grupo controle que não exercem atividade física. Dentre as atividades físicas, serão comparados os exercícios de grande e de baixo impacto. Dentro deste contexto, os sujeitos da pesquisa serão avaliados quanto coleta de medida do parâmetro de quantidade óssea, utilizando US falanges da mão dominante. Também serão avaliados dados como peso, estatura, estágio puberal - este realizado por auto-avaliação. Análise estatística realizada em planilha Excel.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES.

Após análise do projeto de pesquisa não encontramos riscos ou prejuízos para os sujeitos da pesquisa (possibilidade e gravidade). Os autores do projeto se mostram com o compromisso de cumprir as exigências da Resolução 196/96 e suas complementares. O trabalho está elaborado dentro das normas éticas e científicas. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é adequado.

V - PARECER DO CEP.

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem



1312-3324-2000

**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

www.fcm.unicamp.br/fcm/pesquisa

restrições o Protocolo de Pesquisa, o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, bem como todos os anexos incluídos na pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.c).

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII – DATA DA REUNIÃO.

Homologado na IX Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 27 de setembro de 2011.

Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP