

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/11/2018.

Ricardo Ribeiro Agostinete

**MECANISMOS INFLAMATÓRIOS LIGANDO A PRÁTICA ESPORTIVA EM
ALTA INTENSIDADE E O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO ENTRE JOVENS**

Presidente Prudente

2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Ricardo Ribeiro Agostinete

**MECANISMOS INFLAMATÓRIOS LIGANDO A PRÁTICA ESPORTIVA EM ALTA
INTENSIDADE E O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO ENTRE JOVENS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"-FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Romulo Araújo Fernandes

Presidente Prudente

2017

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Seção de Pós-Graduação
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP
Tel. 18 3229-5352 fax 18 3223-4519

FICHA CATALOGRÁFICA

A221 m Agostinete, Ricardo Ribeiro.
Mecanismos inflamatórios ligando a prática esportiva em alta intensidade e o desenvolvimento ósseo entre jovens / Ricardo Ribeiro Agostinete. - Presidente Prudente : [s.n.], 2017
82 f.

Orientador: Romulo Araújo Fernandes
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Esporte. 2. Tecido ósseo. 3. Adolescente. I. Fernandes, Romulo Araújo. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA



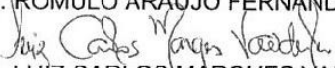
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de RICARDO RIBEIRO AGOSTINETE, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 26 dias do mês de maio do ano de 2017, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro 3, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ROMULO ARAÚJO FERNANDES - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP, Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI do(a) Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP/Presidente Prudente, Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de RICARDO RIBEIRO AGOSTINETE, intitulada **MECANISMOS INFLAMATÓRIOS LIGANDO A PRÁTICA ESPORTIVA EM ALTA INTENSIDADE E O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO ENTRE JOVENS**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: 1 - Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. ROMULO ARAÚJO FERNANDES


Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI


Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO

Dedicatória

Aos meus pais, Fernando e Cristina, e aos meus avós maternos (Newton e Leontina) e paternos (Paulo e Benedita).

Agradecimentos

Gostaria de forma sincera agradecer à todos que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento desta dissertação de mestrado, mas também aqueles que e contribuíram para meu desenvolvimento profissional e principalmente pessoal.

Primeiramente, agradeço aos meus pais por todo amor incondicional, educação, carinho, paciência e ensinamentos dados a mim durante minha vida. Sempre serei grato por vocês colocarem nossa educação em prioridade, independente das dificuldades. Gostaria que soubessem que todas as conquistas em minha vida são graças a vocês e espero um dia poder retribuir tudo o que fazem por mim.

Aos meus irmãos, Rodrigo e Rafael que apesar da distância, sempre me apoiaram e me deram forças para lidar com as dificuldades e continuar lutando por meus sonhos. “Seja legal com seus irmãos, eles são a melhor ponte com seu passado e possivelmente quem vai sempre mesmo te apoiar no futuro”.

Aos meus avós paternos (Paulo e Benedita [In memoriam]) e maternos (Newton [In memoriam] e Leontina). Dizem que ser avô e avó é ser pai e mãe duas vezes. Acredito que seja verdade e agradeço por vocês também serem meus pais, agradeço por todo amor e dedicação e por não medirem esforços para nos possibilitar alcançar nossos sonhos tão almejados.

A minha namorada Laura, por todo amor, carinho, amizade, compreensão e companheirismo (nossas viagens que o digam). Obrigado por compartilhar comigo todos os sonhos, anseios e desejos. Obrigado por me mostrar a vida de uma forma mais “leve” e me incentivar a nunca desistir dos meus sonhos. Estarei sempre ao seu lado e torcendo por você e suas vitórias.

A todos meus tios, tias, primos e primas por todo apoio e torcida. No qual mesmo com a distância física, sempre estiveram presentes em meu coração.

Ao meu orientador, Professor Dr. Romulo Araújo Fernandes, total responsável pelo meu processo de formação acadêmica. Toda paciência, conhecimento, conselhos, amizade e confiança sempre estarão guardados em meu coração como exemplo de professor, orientador e amigo. Gostaria que o senhor soubesse que para mim, tudo o que conquistei em minha vida acadêmica, devo ao senhor. Admiro muito o senhor e espero um dia poder ser um terço do Professor que o senhor é.

Agradeço ao Professor Dr. Fábio Santos Lira, pelo qual também tem sido um exemplo de Professor para mim. Professor que mesmo não apresentando vínculo direto de

orientação acadêmica, sempre se preocupou em me ensinar, auxiliar e proporcionar meu desenvolvimento profissional e deste trabalho da melhor forma possível. Agradeço também por toda amizade com o Professor. Amizade e carinho extensivos à família, em especial sua esposa Sabrina e filhos Bruno e Gabi.

Ao Professor Dr. Manuel João Coelho e Silva da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra-Portugal, pelo qual tive a honra de ter como orientador durante meu estágio no exterior. Obrigado por toda paciência e ensinamentos durante minha missão na FCDEF, foi um enorme prazer trabalhar juntamente com um dos maiores nomes sobre exercício e crescimento no mundo. Conte comigo no que for preciso, Professor.

Aos Professores membros de minha banca julgadora, Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto e Prof. Dr. Luiz Carlos Vanderlei por aceitarem nosso convite, acreditarem em meu trabalho e principalmente por toda paciência e contribuições no meu processo de formação. Tenho grande admiração pelos senhores.

Agradeço também ao Professor Dr. Eduardo Zapatterra Campos e Professor Ms. José Gerosa Neto pelos ensinamentos, principalmente sobre natação durante meu mestrado. Agradeço também por toda amizade de ambos.

Ao meu amigo, Eduardo Pereira que tem me acompanhado desde o início da graduação, sendo por muitas vezes, minha família em momentos onde a distância física falava mais “alto”. Serei sempre grato por sua amizade e companheirismo, obrigado du! Aos meus amigos de infância, em especial Breno e Adilson, juntamente com Santiago e Raoni, os quais cada um em seu momento, me mostraram o verdadeiro significado da palavra amizade.

Aos meus amigos de república (REP HOUR) os quais tenho um carinho imenso, obrigado por todas as risadas, brincadeiras e principalmente por amadurecimento propiciado. Da mesma forma, meus amigos de minha segunda “republica” que me acolheram de braços abertos.

Aos meus amigos e parceiros de trabalho do Live (laboratório de Investigação em Exercício) e GICRAF (Grupo de Investigações Científicas Relacionadas à Atividade Física) sem exceção. Principalmente os garotos e amigos que estão me acompanhando desde minha graduação e meu projeto de iniciação científica. Vocês são incríveis e gostaria que soubessem que devo boa parte deste trabalho a vocês. “Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe” Obrigado GICRAF.

A todos os membros do LAFICE (Laboratório de Fisiologia Celular) pela amizade, confiança e disponibilidade de material e infraestrutura. Sempre dispostos a me auxiliar, mesmo meu vínculo com o laboratório não sendo oficial. Obrigado pessoal, admiro o trabalho de vocês.

Ao CELAPAM (Centro de Estudos e Prescrição da Atividade Motora) e seus membros, pela disponibilidade e confiança.

Aos meus amigos de Mestrado, Ana Paula Rocha e Alan Magalhães, meus fieis companheiros de trabalhos na Pós-graduação. Pessoas comprometidas e determinadas as quais só me restam agradecer e admirar. Obrigado e saibam que estarei sempre à disposição.

Agradeço a secretaria de Esportes de Presidente Prudente (SEMEPP) principalmente as modalidades de basquete e Natação. Aos treinadores “Negativo”, David, “Pépe” e Máx, fica meu mais sincero muito obrigado por confiar em meu trabalho e eterna admiração pelo excepcional trabalho desenvolvido com as equipes.

Agradeço todos os atletas envolvidos neste estudo pela confiança, amizade, disponibilidade e responsabilidade. Sei das dificuldades dos estudos, rotinas de treinamento e ainda ter que ir à UNESP depois dos treinos fazer os exames do “Cielo”, responder os caderninhos do “Cielo”, ou até mesmo ter que ficar de jejum para os exames de sangue do “Cielo”. Sou muito grato a vocês e gostaria que soubessem que sempre estarei na torcida por toda equipe. Ainda vou ver vocês nas Olimpíadas!

Aos funcionários da FCT/UNESP, em especial o André Trindade Meira e Aparacida Tamae Otsuka, por todo esmero com que realizam suas funções.

Ao Laboratório de Análises Clínicas (Unilab) principalmente a Marcia Barbosa de Sousa e a todos os enfermeiros envolvidos pela parceria e confiança.

Por fim, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), agência de fomento que tive a oportunidade de ser bolsista em minha iniciação científica (2013/06963-5), em meu mestrado (2015/13543-8) e na realização de estágio de pesquisa no exterior (BEPE) (2016/06920-2). Obrigado pelo apoio financeiro e científico, os quais foram imprescindíveis para tornar esta pesquisa possível.

“As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP”.

Epígrafe

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.”*

Charles Chaplin

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Apresentação | 11 |
| Resumo | 12 |
| Abstract | 13 |
| Introdução- Contextualização do tema | 14 |
| Objetivo- Geral e Específico | 19 |
| Artigo 1- O impacto da carga de treinamento na densidade mineral óssea de adolescentes nadadores: Uma abordagem utilizando modelos de equação estrutural | 20 |
| Artigo 2- A influência da carga de treinamento no ganho de densidade mineral óssea de adolescentes do sexo masculino praticantes de natação e basquetebol: 9-meses de acompanhamento | 47 |
| Conclusões | 74 |
| Referências do Projeto de Pesquisa | 75 |
| Anexos | 78 |
| Anexo I- Questionário aplicado..... | 78 |
| Anexo II- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido | 81 |
| Anexo III- Parecer do Comitê de Ética..... | 82 |

Apresentação

A dissertação em questão está apresentada de acordo com as normas do modelo alternativo de dissertação do Programa de Pós-Graduação *Scripto Sensu* em Fisioterapia vinculado a Faculdade de Ciências e Tecnologia –FCT da UNESP-campus Presidente Prudente. Composta de uma introdução, métodos e de dois artigos científicos, originados de pesquisas realizadas no Laboratório LIVE do Departamento de Educação Física, provenientes do projeto de pesquisa intitulado “Mecanismos inflamatórios ligando a prática esportiva em alta intensidade e desenvolvimento ósseo entre jovens” .

- I- Análise transversal do relacionamento entre sobrecarga de treinamento e densidade mineral óssea em atletas de natação e seus pares sedentários, considerando o efeito de fatores de confusão. Artigo intitulado: “O impacto da carga de treinamento na densidade mineral óssea de adolescentes nadadores: Uma abordagem utilizando modelos de equação estrutural”.

- II- Análise longitudinal (9 meses) do ganho de massa óssea durante o segmento em atletas de natação, basquete e controle. Bem como, efeito da sobrecarga de treinamento no ganho de densidade mineral óssea em ambas modalidades considerando o efeito de fatores de confusão, ponderando as especificidades das modalidades da realização em solo e em meio líquido. Artigo intitulado: “A influência da carga de treinamento no ganho de densidade mineral óssea de adolescentes do sexo masculino praticantes de natação e basquetebol: 9-meses de acompanhamento”.

Artigo 1-“O impacto da carga de treinamento na densidade mineral óssea de adolescentes nadadores: Uma abordagem utilizando modelos de equação estrutural” está aceito para publicação e é apresentado nas normas do “*Pediatric Exercise Science*”.

Artigo 2- “A influência da carga de treinamento no ganho de densidade mineral óssea de adolescentes do sexo masculino praticantes de natação e basquetebol: 9-meses de acompanhamento” será submetido e é apresentado nas normas do “*Pediatric Exercise Science*”.

MECANISMOS INFLAMATÓRIOS LIGANDO A PRÁTICA ESPORTIVA EM ALTA INTENSIDADE E O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO ENTRE JOVENS

RESUMO

Introdução: Sabe-se que a prática de exercícios físicos é capaz de induzir respostas no tecido ósseo, como a elevação de concentrações de marcadores bioquímicos do metabolismo, secretados pelos osteoblastos no processo de formação da matriz óssea. Porém, o treinamento em alta intensidade está relacionado com elevadas concentrações de marcadores pró-inflamatórios, os quais podem retardar os processos relacionados ao ganho de massa óssea. **Objetivos:** Comparar o ganho de densidade óssea ao longo de 09 meses de seguimento entre jovens esportistas e seus pares sedentários, bem como identificar o impacto da carga de treinamento e inflamação neste ganho ósseo. **Métodos:** Coorte de 09 meses. A amostra é composta por adolescentes, divididos em grupo esportista (adolescentes engajados em natação e basquetebol) e grupo controle. Foram incluídos os jovens que apresentaram os seguintes critérios de inclusão: i) idade entre 11 e 17 anos; ii) ausência de distúrbios clínicos ou metabólicos; iii) não fazer consumo de qualquer medicamento que possa interferir no metabolismo ósseo; iv) prática de apenas uma modalidade esportiva nos últimos 12 meses; v) envolvimento prévio mínimo de 12 meses na modalidade esportiva; vi) o responsável legal assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Para o grupo controle (com ressalvas aos itens iv e v), foi adicionado o critério: não praticar atividades esportivas regulares nos últimos 12 meses. Os desfechos analisados referem-se à inflamação (PCR). Carga de treinamento, mensurada a partir da utilização de um caderno individual de controle diário, por meio de escala de percepção subjetiva de esforço. Além disso, a composição corporal foi analisada pelo DEXA (absortimetria de raio-x de dupla energia). Logo, também foram considerados fatores de confusão, maturação biológica, idade, hábitos alimentares e sexo. A significância estatística adotada foi de p-valor <0,05. **Resultados Transversais:** Os nadadores apresentaram menor densidade óssea do que o controle, entretanto superiores valores de PCR; Houve uma relação significativa e positiva entre a carga de treino e a massa livre de gordura. Em meninos, a carga de treinamento apresentou correlação negativa com a densidade óssea em membros inferiores ($r = -0,293$ [IC95%: -0,553 a -0,034]). Nas meninas, a carga de treinamento foi negativamente relacionada à DMO nos membros inferiores ($r = 0.563$ [IC95%: -0.770 a -0.356]) e corpo total ($r = -0.409$ [IC95%: -0.609 a -0.209]), independentes da inflamação. **Resultados Longitudinais:** Nadadores e jogadores de basquete apresentaram maiores valores de inflamação (PCR) no início do estudo. A carga de mensal de treinamento foi positivamente relacionada à massa livre de gordura independente dos fatores de confusão, tais como a inflamação, em ambas as modalidades. No entanto, não houve relação negativa entre a carga de treinamento e as mudanças na densidade mineral óssea após o ajuste. **Conclusão:** A carga de treino apresentou relação negativa sobre a densidade óssea dos nadadores de ambos os sexos, independentemente do efeito positivo da MLG na densidade óssea. Entretanto, os ganhos na massa óssea durante o acompanhamento de 9 meses foram semelhantes entre os grupos e a carga do treinamento não influenciou os ganhos de densidade óssea depois de considerar o efeito das covariáveis.

Palavras-chave: Esporte; Adolescentes; Tecido ósseo.

Abstract

Introduction: Physical exercise practice can induce bone mass responses, such as elevation of metabolism biochemical markers, secreted by osteoblasts in the bone matrix formation and calcification process. However, high intensity training is related with elevated pro-inflammatory markers, which can attenuate the process related with bone mass gain. **Objectives:** To compare bone mass/density gain during nine months, as well identify the impact of training load and inflammation in this outcome. **Methods:** Nine months cohort. Sample was composed by adolescents, divided in to groups: sports practitioners (adolescents engaged in swimming and basketball practice) and control group. The adolescents were included in the sample whether present the following inclusion criteria: i) aged 11 to 17 years old; ii) do not present any metabolic disorders; iii) do not consume regular medications for blood pressure and lipid profile control; iv) practice only on sport modality during the last 12 months; v) practice at least 12 months in the current sport modality; vi) signature of consent and clarified term by the tutor. For the control group (with the exception for iv and v items), this last criteria will be added: vii) do not practice any sport modalities during the last 12 months. Inflammation, measured using c-reactive protein (CRP), were the outcomes analyzed. Load training was measured using an individual notebook of daily load control, through the rating of perceived exertion (RPE) and body composition were analyzed using DXA (dual-energy x-ray absorptiometry scanner). Statistical analysis was controlled by confounders, such as biological maturation, age, food intake frequency and sex and were analyzed using the BioEstat software with p-value <0.05. **Cross Sectional Results:** Swimmers had lower bone density than control, however higher CRP values; there was a significant and positive relationship between training load and fat free mass (muscle mass). In boys, the training load presented a negative correlation with bone density in the lower limbs ($r = -0.293$ [95% CI: -0.553 to -0.034]). In girls, the training load was negatively related to BMD in the lower limbs ($r = 0.563$ [95% CI: -0.770 to -0.356]) and total body ($r = -0.409$ [95% CI: -0.609 to -0.209]). **Longitudinal Results:** Swimmers and basketball players presented higher values of inflammation (CRP) at baseline. The monthly training load was positively related to fat free mass independent of the effect of confounding factors, such as inflammation, in both modalities. However, there was no negative relationship between training load and gain of bone mineral density after adjustment. **Conclusion:** The training load had a negative relation on the bone density of swimmers of both sexes, regardless of the positive effect of MLG on bone density. However, gains in bone mass during the 9-month follow-up were similar between groups and the training load did not influence bone mineral density gains after considering the effect of the covariates (inflammation, maturation, age and practice of resistance training).

Keywords: Sport; Adolescence; Bone Tissue

Introdução

A osteoporose atualmente é considerada um problema de saúde pública mundial (VASIKARAN *et al*, 2011) e relacionada com elevados custos econômicos (SVEDBOM *et al*, 2014). Por ser caracterizada como distúrbio metabólico, no qual ocorre a diminuição da massa óssea e deterioração da microestrutura dos ossos trabeculares, resulta, conseqüentemente, no aumento de fraturas, principalmente em idosos (CONSENSUS DEVELOPMENT CONFERENCE, 1993). Estudos transversais e de coorte têm identificado que maiores ganhos de massa óssea durante a infância e adolescência (na qual há a formação de aproximadamente 90% de toda a massa óssea observada na idade adulta) são capazes de diminuir significativamente o risco de desenvolver osteoporose na idade adulta (LIMA *et al*, 2013; NORDSTRON *et al*, 2005; YOUNG *et al*, 1994). Desta forma, torna-se extremamente importante a obtenção de elevados picos de massa óssea durante a infância e adolescência.

Fatores genéticos e hormonais são determinantes no desenvolvimento do esqueleto, cerca de 70% da variação de massa óssea é causada por fatores genéticos (EISMAN, 1999). Porém, outros 30% são influenciados por fatores externos, como nutricionais e a prática de atividade física (estilo de vida do indivíduo). Dentre os fatores nutricionais, destaca-se a ingestão de cálcio. As recomendações para o seu consumo variam de acordo com a idade, sendo significativamente maiores na adolescência, pois leva em consideração que a mesma é o período de maior importância para a sua ingestão (CAMPOS *et al*, 2003). Entretanto, o consumo de cálcio não é suficiente para formação de massa óssea, pois a vitamina D realiza papel importante no processo de reabsorção de cálcio pelo intestino. Em crianças e adolescentes de 7 a 19 anos, a ingestão de

vitamina D está relacionada com maiores valores de densidade mineral óssea total (PEKKINEN *et al*, 2012). No entanto, ainda são necessárias pesquisas para entender melhor a relação entre vitamina D (quantidade/período mais adequado de ingestão) e ganho de massa óssea (WINZENBERG *et al*, 2011).

Em relação à atividade física, a prática de exercícios físicos é capaz de induzir respostas no tecido ósseo, como a elevação de concentrações de marcadores bioquímicos do metabolismo (tais como osteocalcina e fosfatase alcalina), ambos secretados pelos osteoblastos no processo de formação e calcificação da matriz óssea (CADORE *et al*, 2005). Em grande parte, tais respostas são ocasionadas pela ação muscular ocorrida durante a prática de exercício físico, a qual promove elevada carga e tensão sobre a matriz óssea e, assim, altera a mecânica e geometria dos ossos corticais e trabeculares (TENFORDE e FREDERICSON, 2011; SEEMAN,2002). Estudos transversais e longitudinais sugerem que exercícios físicos realizados de forma regular, em moderada/vigorosa intensidade com presença de saltos, corrida e mudanças rápidas de direção estão relacionados com maior efeito osteogênico em diferentes regiões corporais (QUITERIO *et al*, 2011; HEIDEMANN *et al*, 2013; TENFORDE e FREDERICSON, 2011). Além disso, a literatura ressalta que o ganho de densidade mineral óssea é mais evidente na área óssea que recebe o estímulo diretamente. Tenistas, por exemplo, apresentam maiores acúmulos de massa óssea na porção distal do radio (DUCHER *et al*, 2006) e jogadores de futebol em membros inferiores, especificamente no fêmur (TENFORDE e FREDERICSON, 2011).

Corroborando com a literatura, o Colégio Americano de Medicina do Esporte em 2004 construiu diretrizes voltadas para prática objetivando a saúde óssea de adolescentes. Segundo as recomendações, as atividades direcionadas deveriam

envolver: (i) Impacto físico (saltos, corrida, mudanças rápidas de direção, etc.); (ii) Intensidade moderada / vigorosa; (iii) Ser praticada por pelo menos três dias na semana; (iv) Com duração mínima de 40 minutos por dia. Entretanto, mesmo a diretriz apresentando recomendações semelhantes às oportunizadas pela prática esportiva, existem controvérsias e falta de comprovações (estudos longitudinais) sobre o real efeito da prática de diferentes modalidades esportivas, no ganho de massa óssea (ACSM, 2004).

Em estudo recente, após corte de 09 meses envolvendo atletas de nível regional, estadual e nacional de diversas modalidades esportivas (voleibol, futebol, judô, caratê e natação), foi possível evidenciar que existe menor ganho de densidade mineral óssea em nadadores (AGOSTINETE *et al*, 2016; AGOSTINETE *et al*, 2017). Esse resultado corrobora com estudos anteriores (FERRY *et al*, 2011; FERRY *et al*, 2013) e, inicialmente, pensou-se, como justificativa para este menor ganho, a ausência de impacto nas atividades realizadas em meio líquido (“hipogravidade”). Porém, neste mesmo estudo (AGOSTINETE *et al*, 2017), análises adicionais identificaram que o volume de treinamento semanal foi significativamente maior entre nadadores (nadadores gastam aproximadamente 17% do tempo acordado treinando) e, dentro desta modalidade esportiva, houve relacionamento inverso entre ganho de massa óssea e volume de treino, indicando que nadadores com maior volume de treino (tempo em minutos demandado à prática da modalidade durante uma semana) apresentaram os menores ganhos de massa óssea ao longo do seguimento.

Segundo revisão sistemática publicada em 2013 (GOMEZ-BRUTON *et al*, 2013), com objetivo de analisar se o tecido ósseo é realmente afetado pela natação, os autores concluíram após considerar 64 estudos envolvendo a prática da

modalidade (transversais, longitudinais, randomizados e não randomizados), que na grande maioria dos estudos, nadadores apresentaram valores semelhantes de densidade mineral óssea comparado com controles, independente do grupo etário (com exceção de idosos). Entretanto, alguns estudos elencados pela revisão também evidenciaram menores valores de densidade mineral óssea nestes grupos de atletas comparados a seus pares sedentários. Da mesma forma, nadadores em geral possuíram maiores valores de marcadores de remodelação óssea (*bone turnover*), todavia não refletindo em maior densidade mineral óssea. Ao considerar a ausência de consenso nos achados, os autores afirmam que novos estudos são necessários considerando fatores de confusão, tais como as rotinas de treinamento do atleta na modalidade (GOMEZ-BRUTON *et al*, 2013).

Diferentemente dos modelos tradicionais de treinamento, a prática esportiva apresenta algumas particularidades. Cada modalidade esportiva apresenta sua característica específica de periodização e mensuração de intensidade e volume de treinamento. A periodização da natação usualmente é determinada por zonas de treinamento (END 1, END 2, END 3 [treinamento de tolerância ao lactato-V1 e Treinamento de Velocidade-v2]) (CAMPOS *et al*, 2014; MAGLISCHO, 1999). Apesar de a modalidade apresentar apenas momentos específicos em uma sessão de treinamento em intensidade elevada (CAMPOS *et al*, 2014), especula-se que o elevado volume diário demandado na modalidade, juntamente com “momentos” em alta intensidade possa interferir no crescimento.

O treinamento em alta intensidade pode estar relacionado com elevadas concentrações de marcadores pró-inflamatórios como PCR (Proteína-C reativa), IL-1 (inter-leucina-1), IL-6 (inter-leucina-6) e TNF- α (fator de necrose tumoral) e, conseqüentemente, diminuição dos valores basais do eixo GH/IGF-1 (fator de

crescimento similar à insulina) derivando em resposta catabólica dos tecidos (NEMET *et al*, 2002). Especificamente em crianças e adolescentes, sabe-se que aqueles que apresentam doenças inflamatórias sistêmicas estão constantemente expostos a elevadas concentrações de PCR (a qual tem sua liberação ligada a outro marcador inflamatório, a IL-6) e têm reduzidas as concentrações basais de IGF-1, fato que pode impactar o crescimento somático dos mesmos (DE BENEDETTI *et al*, 1997).

Por outro lado, não se pode deixar de considerar que a prática de exercícios pode constituir importante agente anti-inflamatório (SABISTON *et al*, 2010) e tem sido largamente recomendada como fator promotor da saúde entre populações pediátricas. Nesse sentido, diante da problemática apresentada, pode-se dizer que não está completamente claro o papel da prática esportiva no crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo em jovens atletas, principalmente o efeito do treinamento em alta intensidade. A natação caracteriza-se como um esporte olímpico largamente difundido em todo o mundo, o qual agrega em sua rotina de treinamento momentos nos quais a prática de exercícios físicos é realizada em intensidade elevada (PYNE, 2014). Da mesma forma, não se pode deixar de considerar o efeito da ausência de impacto físico no esqueleto por períodos prolongados de tempo, bem como o papel de fatores extremamente importantes para o crescimento durante a infância e adolescência como a maturação biológica, sexo, idade e ganho de massa muscular.

CONCLUSÕES

A carga de treinamento parece afetar negativamente a densidade mineral óssea de membros inferiores entre nadadores de ambos os sexos, independente do efeito da massa livre de gordura e covariáveis (como inflamação). Estes resultados criam a hipótese de que devido à biomecânica do movimento realizada durante o ato de nadar, o efeito da modalidade na saúde óssea ocorra de forma distinta nos segmentos corporais.

Em análises longitudinais é possível concluir que o ganho de densidade mineral óssea foi similar entre os grupos (natação, basquete e controle) durante a coorte de nove meses. Além disso, a carga de treinamento parece não afetar negativamente o ganho de densidade mineral óssea em ambas as modalidades esportivas com contraste mecânico (natação e basquete) após considerar os possíveis efeitos da idade cronológica, mudanças na maturação, alterações na PCR e prática de treinamento resistido.

Referências do Projeto de Pesquisa

- 1- CADORE, E.L; BRENTANO, M.A; KRUEL, L.F. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. **Rev Bras Med Esporte** [online]. vol.11, n.6, p. 373-379, 2005
- 2-CAMPOS E.Z; et al. The response of the lactate minimum test to a 12-week swimming training. **Motriz: Rev. educ. fis.** Vol.20, n.3, p.286-291,2014.
- 3-CAMPOS, L.M.; et al. Osteoporose na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria.** v.79, n.6, p.481-8, 2003.
- 4-CONSENSUS DEVELOPMENT CONFERENCE: diagnosis prophylaxis and treatment of osteoporosis. **Am J Med.** v.94, p.646–650, 1993.
- 5- DE BENEDETTI F.; et al. Interleukin 6 causes growth impairment in transgenic mice through a decrease in insulin-like growth factor-I. A model for stunted growth in children with chronic inflammation. **J Clin Invest.** v.99, p.643–50, 1997
- 6- DUCHER, G; et al. Short-term and long-term site-specific effects of tennis playing on trabecular and cortical bone at the distal radius. **Journal of bone and mineral metabolism**, v. 24, n. 6, p. 484-490, 2006.
- 7- EISMAN, J.A. Genetics of osteoporosis. **Endocr Rev.** v.20, p.788–804, 1999
- 8- FERRY, B.; et al. Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. **Journal of bone and mineral metabolism**, v. 29, n. 3, p. 342-351, 2011
- 9- FERRY, B.; et al. Bone health during late adolescence: effects of an 8-month training program on bone geometry in female athletes. **Joint Bone Spine.** v.80, n.1, p.57-63, 2013.
- 10- GARBER, C. E et al. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine Science Sports and Exercise.** v. 43, n.7, p.1334-59, 2011.
- 11- GÓMEZ-BRUTON, A. t al. Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review. **PLoS One**, v. 8, n. 8, p. e70119, 2013.
- 12- HEIDEMANN, M.; et al. The impact on children's bone health of a school-based physical education program and participation in leisure time sports: The Childhood Health, Activity and Motor Performance School (the CHAMPS) study, Denmark. **Preventive Medicine.** v.57, n.2, p.87-91, 2013

- 13-LIMA, M.C.; et al. Estabilidade da prática esportiva durante a infância/adolescência e densidade mineral óssea na idade adulta. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**. v.18, n.4, p.445-452, 2013
- 14-MAGLISCHO, E. W. **Nadando Ainda Mais Rápido**, . São Paulo: Editora Manole. 1º edição 1999.
- 15- NEMET, D.; et al. Effect of intense exercise on inflammatory cytokines and growth mediators in adolescent boys. **Pediatrics**. v.110, n.4, p.681-9, 2002.
- 16- NORDSTROM A.; et al. Bone loss and fracture risk after reduced physical activity. **J Bone Miner Res**. v20, p. 202–07, 2005
- 17- PEKKINEN, M.; et al. Vitamin D is a major determinant of bone mineral density at school age. **PLoS One**. v.7, n.7, p.e40090, 2012.
- 18- POEHLMAN ET, COPELAND KC. Influence of physical activity on insulinlike growth factor I in healthy younger and older men. **J Clin Endocrinol Metab**. v.71, p.1468–1473, 1990
- 19- PYNE, D.B.; SHARP, R.L. Physical and energy requirements of competitive swimming events. **International Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism**. v.24, n.4, p.351-9, 2014.
- 20- QUITERIO, A.L.; et al. Skeletal mass in adolescent male athletes and nonathletes: relationships with high-impact sports. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. v.25, n.12, p. 3439-3447, 2011.
- 21- SABISTON, C. M et al. Vigorous physical activity and low-grade systemic inflammation in adolescent boys and girls. **International Journal of Pediatric Obesity**. v.5, n.6, p.509-15, 2010.
- 22- SEEMAN E. An exercise in geometry. **J Bone Miner Res**. v.17, n.2, p.373–80. 2002
- 23- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. III Diretrizes Brasileiras sobre Dislipidemias e Diretriz de Prevenção da Aterosclerose do departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.77, p.1-48, 2001.
- 24- SOUZA, A. M. et al. Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**. v.47, n.1, p.190S-9S, 2013.
- 25- SVEDBOM, A.; et al. Epidemiology and economic burden of osteoporosis in Switzerland. **Arch Osteoporos**. v.9, n.2, p.187, 2014

- 26- TENFORDE, A.S.; FREDERICSON, M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. **Physical Medicine and Rehabilitation**. v.3, n.9, p.861-7, 2011.
- 27- TIRAKITSOONTORN, P.; et al. Fitness, acute exercise, and anabolic and catabolic mediators in cystic fibrosis. **Am J Respir Crit Care Med**. v.164, p.1432–1437, 2001
- 28- VASIKARAN, S.; et al. International Osteoporosis Foundation and International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine position on bone marker standards in osteoporosis. **Clin Chem Lab Med**. v.49, p.1271–1274, 2011.
- 29- WALLACE, L. K. et al. J. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 23, no. 1, p. 33-38, 2009.
- 30- WINZENBERG, T.M.; et al. Vitamin D supplementation for improving bone mineral density in children. **Sao Paulo Medical Journal**. v.129, n.2, p.276, 2011.
- 31- YOUNG, N.; et al. Bone density at weightbearing and nonweight-bearing sites in ballet dancers: the effects of exercise, hypogonadism, and body weight. **J Clin Endocrinol Metab**. v.78, p. 449–454. 1994.