



UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



INFLUÊNCIA DO ZINCO SUPLEMENTAR NA
MATURAÇÃO BIOLÓGICA E NO CRESCIMENTO DE
JOVENS ATLETAS DE FUTEBOL DO SEXO MASCULINO

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Doutor em Motricidade Humana, na especialidade de Fisiologia do Exercício

Orientadora: Professora Doutora Maria Isabel Caldas Januário Fragoso
Co-orientadora: Professora Doutora Josely Koury

Júri:

Presidente:

Reitor da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutor José Alberto Ramos Duarte
Professor Catedrático
Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

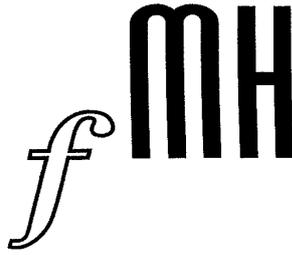
Doutor Manuel João Cerdeira Coelho e Silva
Professor Associado com Agregação
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Doutora Maria Isabel Januário Fragoso
Professora Associada com Agregação
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Doutora Analiza Mónica Lopes Almeida da Silva
Professora Auxiliar com Agregação
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Doutora Cristina Paula Fidalgo Negreiros Monteiro Bento
Professora Auxiliar
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Astrogildo Vianna de Oliveira Júnior
2016



UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



INFLUÊNCIA DO ZINCO SUPLEMENTAR NA
MATURAÇÃO BIOLÓGICA E NO CRESCIMENTO DE
JOVENS ATLETAS DE FUTEBOL DO SEXO MASCULINO

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Doutor em Motricidade Humana, na especialidade de Fisiologia do Exercício

Orientadora: Professora Doutora Maria Isabel Caldas Januário Fragoso
Co-orientadora: Professora Doutora Josely Koury

Júri:

Presidente:

Reitor da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutor José Alberto Ramos Duarte
Professor Catedrático
Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

Doutor Manuel João Cerdeira Coelho e Silva
Professor Associado com Agregação
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Doutora Maria Isabel Januário Fragoso
Professora Associada com Agregação
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Doutora Analiza Mónica Lopes Almeida da Silva
Professora Auxiliar com Agregação
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Doutora Cristina Paula Fidalgo Negreiros Monteiro Bento
Professora Auxiliar
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Astrogildo Vianna de Oliveira Júnior
2016

À minha mãe
(in memoriam)

Obrigado pelo exemplo de dedicação e perseverança, e principalmente
por prever e acreditar em onde chegaríamos.

À Sônia, Thálita e Taciana
As grandes propulsoras da minha existência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar a este momento e me dar a oportunidade magnífica de compartilhar com tantas pessoas, as incontáveis e indescritíveis experiências que fazem com que o conhecimento científico envolvido neste estudo se torne uma pequena parcela do real ganho deste período da minha vida.

Várias pessoas contribuíram para este trabalho, durante este longo período. Certamente não conseguirei enumerar todas a seguir, mas nunca deixarei de reconhecer o quanto me ajudaram. Meu coração emana a todas essas pessoas, meus sinceros e profundos agradecimentos.

Aos atletas e seus responsáveis, inicialmente pela confiança de aceitarem voluntariamente participar deste estudo e depois pela acolhida, respeito, companheirismo e colaboração que orientaram todos os nossos encontros, realizados muitas vezes às custas de seus deslocamentos em distâncias superiores a 30km, meu sincero muito obrigado.

À Professora Doutora Maria Isabel Caldas Januário Fragoso por me ter aceito como orientando, obrigado.

À Professora Doutora Josely Correa Koury pela orientação, incentivo, paciência, dedicação e empenho nas incontáveis horas dedicadas desde à elaboração do projeto deste trabalho, muito obrigado.

Ao Professor Doutor Paulo de Tarso Veras Farinatti que espontaneamente engajou-se neste projeto, por todas incontáveis orientações, revisões, incentivos e pela amizade, minha eterna gratidão.

Ao amigo Professor Doutor Gustavo Casimiro Lopes pelo apoio, companheirismo, incentivo, orientações e revisões, muito obrigado.

Ao amigo-irmão Professor Mestre e Médico José Silvio de Oliveira Barbosa pela presença constante e pelas inúmeras ocasiões de orientação, apoio e incentivo, muito obrigado.

Ao amigo-irmão Professor Doutor Carlos Barrigas pela paciência, compreensão, orientação, acolhidas e ajudas nas mais diversas situações, enfim, por sua amizade, meus sinceros e indescritíveis agradecimentos.

Ao amigo Cesar Luis da Rocha Pessoa pelo contato com a equipe de profissionais do clube Botafogo de Futebol e Regatas, ao professor Carlos Alberto Lanceta por carinhosamente nos ter franqueado acesso total e irrestrito ao plantel das equipes de base do futebol de campo, aos supervisores, técnicos, preparadores físico, fisioterapeutas, nutricionistas, massagistas, roupeiros, motoristas e demais profissionais que nas dezenas de contatos sempre nos acolheram com cordialidade e eficiência, meu eterno agradecimento.

À nutricionista Karla Oliveira pela inestimável colaboração e companhia nos incontáveis contatos realizados com os profissionais, os responsáveis pelos atletas e com os atletas, muito obrigado.

À amiga Teresa Vargas pelo acolhimento, apoio e amizade durante e após minha estada em Portugal, muito obrigada.

À amiga Professora Doutora Filomena Vieira pelos conselhos, apoio e amizade, muito obrigado.

Ao Professor Doutor Ricardo Brandão pelas inúmeras horas empregadas nas análises, discussões e orientações dos procedimentos estatísticos, meu muito obrigado.

Ao Professor Doutor Carlos Neto pelo inestimável apoio, muito obrigado.

Aos meus pais, exemplos que me guiam e alimentam minhas esperanças de uma sociedade melhor.

Finalmente a minha esposa Sônia e às minhas filhas, Thálita e Taciana, que conseguiram estar presentes quando eu estava ausente, que me nutriram de ânimo e forças para prosseguir quando por várias vezes titubiei, meu eterno reconhecimento e minhas desculpas por tudo que as levei a passar nesta nossa empreitada. Ao meu neto Daniel, começo pelo meu pedido de desculpas pelas inúmeras negativas aos seus convites para brincar e concluo por lhe agradecer pelo imenso incentivo através da sua constante alegria e molequice.

RESUMO

Introdução

O zinco é um importante elemento traço que auxilia na capacidade antioxidante, além de participar da maturação biológica. Em atletas, a suplementação de zinco tem efeito positivo nos parâmetros hematológicos e pode melhorar o rendimento esportivo. Sua deficiência é comumente observada nesses grupo e pode estar associada à diminuição da força física assim como da massa corporal, além de ter efeito significativo no crescimento. Assim os objetivos do presente estudo foram: comparar os métodos de avaliação da maturidade biológica e suas relações com variáveis antropométricas e de rendimento físico de acordo com o estado de zinco em jovens jogadores de futebol; comparar diferentes métodos de avaliação da composição corporal em jovens jogadores de futebol estratificados de acordo com os níveis plasmáticos de zinco e investigar o efeito do zinco suplementar na maturação biológica, no crescimento, na composição corporal e na força muscular de jogadores de futebol púberes do sexo masculino.

Materiais e métodos

Foram avaliados em dois momentos 48 jovens do sexo masculino (13 ± 1 anos, massa corporal de 48 ± 10 kg, estatura de 160 ± 10 cm e zinco plasmático de $12,1\pm 2,2$ $\mu\text{mol/L}$). Todos eram jogadores de futebol de um tradicional clube do Rio de Janeiro e foram divididos aleatoriamente em dois grupos. Durante 12 semanas o grupo placebo ($n=28$) recebeu cápsulas de amido de milho e o grupo suplementado ($n=20$) recebeu cápsulas de gluconato de Zn (22mg/dia). O valor de $11,0$ $\mu\text{mol/L}$ foi considerado como ponto de corte para classificação dos jovens em normozincêmicos ou hipozincêmicos. No início da manhã, após jejum noturno, foram coletados sangue e urina para determinação da concentração de zinco. A massa corporal, alturas (do vértex, acromial, dactiloidal, iliocristal, trocantérica e sentado), composição corporal, força e maturidade esquelética (TW3) também foram determinadas por metodologias validadas.

Resultados

As comparações entre as categorias maturacionais definidas por cada método de avaliação mostraram que a idade óssea foi o único método que permitiu a identificação de diferenças entre as três categorias, em ao menos duas variáveis relacionadas ao rendimento (massa livre de gordura (MLG) e força na mão dominante (FMD) – $p<0,0001$). O método da pilosidade axilar foi capaz de discriminar apenas para a FMD ($p<0,0001$). Embora tenha fornecido quatro categorias maturacionais, o método por dosagem da testosterona não possibilitou a identificação de diferenças entre as categorias relativas a MLG, a FMD e as dobras cutâneas(DC).

Quando observamos os métodos de avaliação da composição corporal não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos hipozincêmico e normozincêmico no percentagem de gordura(PG) nem na MLG obtidas através dos métodos da absorptometria de dupla energia (DXA) ($p=0,06076$ e $p=0,5638$

respectivamente), das DC ($p=0,6840$ and $0,5087$) e através da bioimpedância elétrica (BIA) ($p=0,3475$ and $p=0,3475$). Entre os diferentes métodos também não foi encontrada diferenças significativas (PG: $p=0,1272$ e $p=0,3231$ - MLG: $p=0,9229$ and $p=0,8933$ para os grupos hipozincêmico e normozincêmico, respectivamente). As correlações entre os métodos foram significativas (PG: $r=0,3414$ a $0,9765$ e $p<0,0001$ a $0,0133$ - MLG: $r=0,9533$ a $0,9998$ e $p<0,0001$). Fortes coeficientes de determinação foram obtidos nas regressões múltiplas dos valores do DXA com a equação de Slaughter na estimativa da PG ($r=0,86$; $r^2=0,928$ e $SEE=2,37\%$) e ainda maiores para MLG ($r=0,98$; $r^2=0,990$ e $SEE=1,18\text{kg}$). Valores menores foram encontrados para as outras equações com DC e para BIA.

Ao analisar os efeitos da suplementação de zinco sobre o crescimento, a maturação, a composição corporal e a força, observou-se que somente as alterações ocorridas nos indicadores de crescimento foram significativas ($p=0,0312$), sendo que todas as demais não foram significativas - idade óssea ($p=0,1391$), massa livre de gordura ($p=0,0593$), percentual de massa gorda ($p=0,2212$) e força na mão dominante ($p=0,6569$).

Conclusões

Observando diferentes métodos de avaliação da maturidade biológica e as categorias por eles definidas, o método da idade óssea (IO) mostrou ser melhor, visto que ele permitiu identificar diferenças entre as três categorias possíveis, nas variáveis MLG e FMD, ao contrário dos outros métodos.

Para a avaliação da composição corporal, os métodos baseados nas DC foram melhores que BIA, quando DXA não estiver disponível. A comparação entre os métodos baseados nas DC mostrou que a melhor associação foi obtida com a equação de Slaughter, seguida pela equação de Lohman com a utilização da IO ao invés da idade cronológica. Os níveis de zinco plasmático parecem não serem influenciados pela composição corporal, o que certamente justifica mais estudos.

Os resultados da análise dos efeitos da suplementação de zinco no crescimento, na maturação, na composição corporal e na força, nos levam a concluir que o crescimento teve alteração positiva significativa e que os valores das demais variáveis estudadas (maturação, composição corporal e força muscular) não sofreram alterações significativas relacionadas à suplementação de zinco nos jovens jogadores de futebol do sexo masculino, na faixa etária dos 12 aos 14 anos.

Palavras-chave: Maturidade biológica, crescimento, composição corporal, absorptometria de dupla energia, equações preditivas, força, zinco, puberdade, futebol, atletas.

ABSTRACT

Introduction

Zinc is an important trace element that assists in antioxidant capacity, aside from contributing in biological maturation. In athletes, zinc supplementation has a positive effect on hematological parameters and it may improve sports performance. In this group, Zinc deficit is generally observed and it can be associated to physical strength decrease as well as body mass decrease, beyond having significant effect in growth.

Thus the aims of this study were: to compare methods of assessing biological maturity and their relationship with anthropometric and physical fitness variables and zinc status in young soccer players; to compare different methods of body composition evaluation in young soccer players stratified by zinc plasma levels and to investigate supplementary zinc effect in biological maturation, growth, body composition and in muscular strength in pubertal male soccer players.

Materials and methods

Forty-eight young males (age 13 ± 1 years, body mass 48 ± 10 kg, stature 160 ± 10 cm, plasmatic zinc $12,1\pm 2,2$ $\mu\text{mol/L}$) were evaluated two times. Soccer players in a traditional sport entity in Rio de Janeiro composed the entire group and they were random divided into two groups. Over 12 weeks, the placebo group ($n=28$) received maize starch capsules and the supplemented ($n=20$) received Zn gluconate (22mg/day). The rate of $11,0$ $\mu\text{mol/L}$ was considered as a cut-off for normozincemic or hypozincemic groups. In early morning, after nocturnal fasting, blood and urine samples were collected to establish zinc level. Body mass, heights (vertex, acromial, dactiloid, iliocrystal, trocanterica and seated), body composition, strength and skeletal maturation (TW3) were also established by validated methods.

Results

Comparisons between maturational categories defined by each assessment method, show us that bone age was the only method that allowed the identification of differences between the three categories, in at least two performance-related variables (fat free mass (FFM) and dominant hand strength (DHS) – $p<0.0001$). The axillary hair method (AH) was able to discriminate only for DHS ($p<0.0001$). Although providing four maturation categories, the testosterone method was not able to identify differences between these categories with regard to skinfold thickness (ST), FFM, and DHS.

When we observed body composition evaluation methods any significant differences were observed in fat percentage and fat free mass, obtained by DXA ($p=0.06076$ and $p=0.5638$), ST ($p=0.6840$ and 0.5087) and electrical bioimpedance (BIA) ($p=0.3475$ and $p=0.3475$) methods between the two groups stratified by zinc status or between the different methods (fat percentage: $p=0.1272$ and $p=0.3231$ - fat free mass: $p=0.9229$ and $p=0.8933$ for hypozincemic and normozincemic groups respectively). Correlations between the assessment methods showed significant associations between the methods (fat percentage (FP): $r= 0.3414$ to 0.9765 and $p<0.0001$ to 0.0133 - FFM:

$r=0.9533$ to 0.9998 and $p<0.0001$). Multiple regressions from DXA has strong determination coefficients for the Slaughter skinfolds equation to estimate fat percentage ($r=0.86$; $r^2=0.928$ and $SEE=2.37\%$) and higher still for FFM ($r=0.98$; $r^2=0.990$ and $SEE=1.18\text{kg}$). Lower values were observed when others skinfolds equations or BIA were involved. When zinc supplementation effects were observed on growth, maturation, body composition and strength, significant variations were observed only in growth indicators ($p=0,0312$), however all the others were not significant – bone age ($p=0,1391$), fat free mass ($p=0,0593$), FP ($p=0,2212$) and DHS ($p=0,6569$).

Conclusion

Observing the different methods of biological maturity assessment and the categories defined by them, the bone age showed to be better, since it allowed us to identify differences between the three possible categories in the variables fat-free mass and strength in the dominant hand, unlike the other methods.

To evaluate the body composition, the skinfold thickness method was better than electric bioimpedance when dual energy X-ray absorptiometry scans are not available. The comparison of models based on skinfolds thickness showed that the best association with the values from DXA were obtained for the Slaughter equation, followed by the Lohman equation using bone age instead of chronological age. Plasma zinc levels seem not to influence the body composition assessment, which certainly warrants further studies.

The analysis results of zinc supplementation on growth, maturation, body composition and strength, lead us to conclude that growth had significant positive changes and that the values of others variables studied (maturation, body composition and strength) did not suffered significant variation related to zinc supplementation in young male soccer players, between 12 and 14 years old.

Keywords: biological maturity, growth, body composition, dual X-ray absorptometry, predictive equation, strength, zinc, puberty, soccer, athletes.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE QUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
PARTE I	
INTRODUÇÃO GERAL	3
ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	7
PARTE II	
CAPÍTULO I	
MATURAÇÃO BIOLÓGICA	13
ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO	14
MATURIDADE SEXUAL	15
MATURIDADE ESQUELÉTICA OU ÓSSEA	23
MATURIDADE DENTÁRIA	36
MATURIDADE MORFOLÓGICA OU SOMÁTICA	40
MATURIDADE HORMONAL E QUÍMICA	46
CONSIDERAÇÕES GERAIS	50
CAPÍTULO II	
ZINCO	65
ABSORÇÃO E UTILIZAÇÃO CELULAR	66
FUNÇÕES DO ZINCO	67
DISTRIBUIÇÃO CORPORAL E HOMEOSTASE DE ZINCO	68
DEFICIÊNCIA EM ZINCO	69
ZINCO E CRESCIMENTO	73
ZINCO E HORMÔNIO DE CRESCIMENTO	74
ZINCO E FATOR DE CRESCIMENTO DO TIPO INSULÍNICO (IGF-I)	76
ZINCO E EXERCÍCIO	79
CONSIDERAÇÕES GERAIS	81
CAPÍTULO III	
COMPOSIÇÃO CORPORAL	91
TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO	92
ABSORTOMETRIA DE RAIOS X DE DUPLA ENERGIA	93
ANTROPOMETRIA	94
BIOIMPEDÂNCIA	95
CONSIDERAÇÕES GERAIS	97

PARTE III	
CAPÍTULO IV	
METODOLOGIA GERAL	105
AMOSTRA	105
PROCEDIMENTOS	106
DAS VARIÁVEIS	107
ANTROPOMÉTRICAS	107
COMPOSIÇÃO CORPORAL	109
FORÇA MUSCULAR	112
MATURAÇÃO BIOLÓGICA	113
AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA	115
ANÁLISES ESTATÍSTICAS	117
PARTE IV	
CAPÍTULO V	
COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO BIOLÓGICA EM ADOLESCENTES JOGADORES DE FUTEBOL CONSIDERANDO-SE O ESTADO DE ZINCO	121
CAPÍTULO VI	
CONCORDÂNCIA METODOLÓGICA ENTRE OS MÉTODOS DE COMPOSIÇÃO CORPORAL EM JOVENS JOGADORES DE FUTEBOL ESTRATIFICADOS PELOS NÍVEIS DE ZINCO PLASMÁTICO	139
CAPÍTULO VII	
EFEITOS DO ZINCO SUPLEMENTAR NA MATURAÇÃO BIOLÓGICA, NO CRESCIMENTO, NA COMPOSIÇÃO CORPORAL E NA FORÇA DE JOVENS PÚBERES JOGADORES DE FUTEBOL	157
PARTE VI	
CAPÍTULO VIII	
DISCUSSÃO GERAL	179
CAPÍTULO IX	
CONCLUSÕES FINAIS	189
LIMITAÇÕES DO ESTUDO	191
RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	193
PARTE VII	
ANEXOS	195

ÍNDICE DE QUADROS

Capítulo I	
Quadro 1.1 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade sexual	22
Quadro 1.2 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade óssea	32
Quadro 1.3 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade dental	38
Quadro 1.4 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade morfológica	43
Quadro 1.5 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade hormonal	49
Capítulo III	
Quadro 3.1 - Métodos e técnicas de avaliação da composição corporal	92
Capítulo IV	
Quadro 4.1 - Características da amostra (n=53)	105
Quadro 4.2 - Cronograma de desenvolvimento das atividades	106
Quadro 4.3 - Equações para cálculo da porcentagem de gordura por meio das dobras cutâneas	111
Capítulo V	
Table 5.1 - General characteristics of adolescent soccer players grouped by zinc nutritional status (n=53)	128
Tabel 5.2 - Comparison between the categories defined by the different methods of biological maturation assessment (n=53)	131
Capítulo VI	
Table 6.1 - Descriptive data of individuals, expressed as mean and standart deviation	146
Table 6.2 - Comparison between the difference in fat percentage and fat free mass between different methods, considering zinc state	147
Table 6.3 - Spearman correlation coefficients between body fat percent provided by the different methods (n=53)	147
Table 6.4 - Pearson correlation coefficients between fat free mass provided by the different methods (n=53)	148
Table 6.5 - Regression between dual-energy X-ray absortometry (DXA) and predictive equations by skinfolds (Lohman - ic, Lohman - io, and Slaughter) and bioimpedance for measures of fat free mass (FFM) and fat mass percentage (%FM)	148

Capítulo VII

Quadro 7.1 – Dados descritivos da população e grupos e análise de variância entre os grupos no momento inicial do estudo ($p < 0,05$)	165
Quadro 7.2 – Valores das variáveis nos diversos subgrupos analisados (média \pm dp)	165
Quadro 7.3 - Valores de p para MANCOVAS ajustada pelas covariáveis idade óssea (IO) e estatura (ESTAT) considerando os fatores tratamento, estado de Zn e tempo ($p < 0,05$)	166
Quadro 7.4 - Médias (\bar{x}), médias ajustadas (\bar{x}_a) pelas covariáveis (idade óssea - IO e estatura -ESTAT) e erro padrão (ep) da concentração de zinco plasmático (ZnP), zinco eritrocítico (ZnE) e zinco urinário (ZnU) entre os grupos placebo hipozincêmicos (PH), placebo normozincêmicos (PN), suplementado hipozincêmicos (SH) e suplementado normozincêmicos (SN), nos momentos inicial (1) e final (2)	168
Quadro 7.5 - Médias (\bar{x}), médias ajustadas (\bar{x}_a) pelas covariáveis (idade óssea - IO e estatura -ESTAT) e erro padrão (ep) da massa corporal total (MCT) entre os grupos placebo hipozincêmicos (PH), placebo normozincêmicos (PN), suplementado hipozincêmicos (SH) e suplementado normozincêmicos (SN), nos momentos inicial (1) e final (2)	169
Quadro 7.6 - Médias (\bar{x}), médias ajustadas (\bar{x}_a) pelas covariáveis (idade óssea - IO e estatura -ESTAT) e erro padrão (ep) da força na mão dominante (FMD) entre os grupos placebo hipozincêmicos (PH), placebo normozincêmicos (PN), suplementado hipozincêmicos (SH) e suplementados normozincêmicos (SN), nos momentos inicial (1) e final (2)	170
Quadro 7.7 - Valores de p para MANCOVAS ajustada pelas covariáveis idade óssea (IO) e estatura (ESTAT) considerando os fatores tratamento, estado de Zn e tempo ($p < 0,05$)	170
Quadro 7.8 – Valores de p para a análise dos valores das variáveis através anova de dupla entrada tendo como fatores o tempo do estudo e o tratamento	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1.1 - Pontos de observação dos eventos de ossificação de modificações nas epífises analisados no método de Grave & Brown (1976) 28
- Figura 1.2 - Representação dos onze indicadores de maturidade esquelética (Fishman, 1982) 30

Capítulo V

- Figure 5.1- Comparison between hypozincemic and normozincemic groups in each category of the different biological maturation assessment methods 130
- Figure 5.2. Descriptive data about the amount of categories with statistically significant differences in each maturation assessment method 132

Capítulo VI

- Figure 6.1 – Flowchart of the study 144
- Figure 6.2 - Bland-Altman analysis comparing differences between fat percent assessed by BIA=bioimpedance; DXA=dual energy X-ray absorptiometry; and ST=skinfolds thickness 149
- Figure 6.3 - Bland-Altman analysis comparing differences between fat free mass assessed by BIA=bioimpedance; DXA=dual energy X-ray absorptiometry; and ST=skinfolds thickness 151

Capítulo VII

- Figura 7.1 - Comparação dos valores de zinco entre os dois momentos do estudo nos subgrupos segundo o estado de zinco 167

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I Carta de Esclarecimento e Termo de Consentimento	199
ANEXO II Questionário Biosocial - RAPIL	203
ANEXO III Ficha de anotação das medidas antropométricas	211
ANEXO IV - Ficha de avaliação da maturação sexual	215

PARTE I

INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de suplementos alimentares é amplamente difundido, especialmente entre atletas e adolescentes frequentadores de academias (Alves & Lima, 2009). Adolescentes praticantes de atividades físicas ou esportivas estão usando cada vez mais tais suplementos (Calfee & Fadale, 2006). Tal utilização é mais frequente na musculação e no fisiculturismo, entretanto ela varia de acordo com o tipo de esporte, aspectos culturais, faixas etárias (maior prevalência entre os adolescentes) e sexo (maior frequência de utilização entre homens) (Pereira, Lajolo, & Hirschbruch, 2003).

O uso de suplementos dietéticos é maior entre jovens que reportaram saúde muito boa ou excelente e menor entre os que relataram saúde boa ou regular (Gardiner, Buettner, Davis, Phillips, & Kemper, 2008), muito embora as principais razões para tal prática sejam: compensar dieta inadequada, melhorar a imunidade e prevenir doenças e ainda melhorar o desempenho físico e competitivo (Alves & Lima, 2009; Ciocca, 2005). Um estudo com jovens americanos apontou que 27% destes consumiram um ou mais suplementos dietéticos no mês que precedeu ao estudo e que a frequência no uso dos suplementos dietéticos era maior entre os jovens com renda mais alta (Gardiner et al., 2008).

A suplementação alimentar pode ser benéfica para um grupo específico de pessoas, entre os quais se inserem os atletas com dietas não balanceadas (Scofield & Unruh, 2006). Por sua vez, as deficiências nutricionais podem ter um efeito significativo não apenas no crescimento e desenvolvimento, mas também nos rendimentos esportivo e escolar (Hoch, Goossen, & Kretschmer, 2008). Quando um profissional competente identifica e avalia a deficiência de um nutriente deve, em primeiro lugar, preservar o aumento da sua ingestão, através da reorientação da alimentação diária ou, quando esta não for suficiente, através da suplementação (Ciocca, 2005).

Os alimentos fortificados são aliados na recomposição dos indivíduos com dietas desbalanceadas e consequente deficiência de zinco (Oberleas & Harland, 2008). Esses alimentos têm um impacto positivo sobre o zinco total absorvido em indivíduos que necessitam aumentar sua ingestão (Brown, Hambidge, Ranum, & Tyler, 2008).

Até o momento, com os dados disponíveis (a maioria proveniente de estudos em adultos) não se conseguiu demonstrar o benefício do uso de tais suplementos, a não ser em situações de carência, uma vez que a dieta pode fornecer a uma pessoa saudável, todos os nutrientes necessários, nas quantidades adequadas. A suplementação nutricional é recomendada apenas em situações específicas (Alves & Lima, 2009). Pode ser que alguns atletas necessitem de suplementação nutricional, especialmente nas seguintes situações: restrição da ingestão energética, perda de massa importante durante a prática, eliminação de um ou mais grupos alimentares da dieta, consumo de dieta desbalanceada e de baixo aporte de micronutrientes ou elementos traço (Rodriguez, DiMarco, & Langley, 2009; Volpe, 2007).

Participando desde os mais baixos níveis da vida celular até a atividade funcional dos maiores órgãos, os elementos traço (ou microlememntos, ou

micronutrientes) atuam como agentes anabólicos assumindo importante atividade no metabolismo celular e energético (Alves & Lima, 2009; Speich, Pineau, & Ballereau, 2001).

Muitos microelementos têm importantes papéis no metabolismo energético, já que durante a atividade física intensa a taxa de turnover de energia no músculo esquelético pode ser aumentada em até 20-100 vezes em relação ao basal (Maughan, 1999).

Speich et al. (2001) ressaltam que as necessidades desses microelementos, supridas essencialmente por uma dieta balanceada, não são idênticas para todas as pessoas.

O papel dos elementos traço depende da idade, sexo, estado fisiológico ou patológico e da atividade física praticada (Maughan, 1999).

Para atletas, o zinco, juntamente com outros elementos traço, aumenta a tolerância e a função imune, melhora a resistência, elimina toxinas e radicais livres (Speich et al., 2001). O zinco faz parte de metaloenzimas responsáveis pela eliminação de radicais livres gerados no exercício, além de participar como cofator em muitas reações enzimáticas. Sua deficiência poderia dificultar a reparação do dano tissular (Lukaski, 2000; Maughan, 1999).

Devido à grande prevalência da deficiência de zinco e a sua multiplicidade de funções biológicas essenciais, a correção nutricional da deficiência de zinco pode ter um impacto significativo em diferentes aspectos da saúde humana (Haase, Overbeck, & Rink, 2008). Por isso, embora tal deficiência possa ter pequeno efeito em pessoas sedentárias, ela pode, teoricamente, prejudicar o desempenho de atletas (Alves & Lima, 2009). Além de o exercício estimular as perdas urinárias, baixas concentrações de zinco são encontradas no suor, situações comuns aos atletas. Entretanto não há evidências de que estas perdas possam causar preocupação (Lukaski, 2000; Maughan, 1999). Já em atletas que apresentam deficientes concentrações de zinco foram observadas quedas na função cardiorrespiratória, força muscular e resistência aeróbia (Lukaski, 2000; Rodriguez et al., 2009).

Para alguns autores (Alves & Lima, 2009; Haase et al., 2008; Speich et al., 2001) a interpretação dos resultados sobre o uso de suplementos alimentares por adolescentes e atletas é dificultada pelas diversas variáveis que interferem e confundem a análise desses resultados (diferenças de sexo, estágio puberal, quantidade e tipo de atividade física, tamanho da amostra, randomização, etc.). Deste modo questiona-se em que momento da sua carreira esportiva devem ser administrados? Quais os elementos traço recomendados? Quais podem ser considerados inócuos ou mesmo prejudiciais? Deve-se lembrar que em alguns casos, a quantidade do elemento zinco nem mesmo pode ser determinada, como quando se utiliza o sulfato de zinco sem especificação de sua composição.

Outro aspecto relaciona-se ao conhecimento do estado de zinco dos sujeitos, já que indivíduos com e sem deficiência de zinco provavelmente reagirão de forma diferente à suplementação. Frequentemente, quando são apontados valores, muitos estudos medem o zinco sérico total ou plasmático, e este não é um método ótimo de determinar o estado de zinco de um indivíduo (Haase et al., 2008). Alguns autores consideram que o zinco sérico e plasmático são

parâmetros satisfatórios para o diagnóstico da deficiência clínica severa de zinco, mas não para identificar a deficiência marginal, que seria a aplicação principal para estudos nutricionais (Haase, Mocchegiani, & Rink, 2006). A reposição de múltiplos suplementos também pode dificultar a análise individual de seus efeitos, assim como o tipo de atividade física pode interferir na quantidade necessária de reposição. Nesse contexto, autores como Alves e Lima (2009) destacam a necessidade de investigações especificamente voltadas para adolescentes, a fim de avaliar os efeitos e a segurança do uso dos suplementos nutricionais nesse estágio do desenvolvimento.

Considerando que os estudos disponíveis não focalizaram adolescentes normozincêmicos ou atletas dessa faixa etária, o presente estudo tem como objetivo principal identificar a influência do zinco suplementar na maturação biológica, no crescimento longitudinal, na força muscular e na composição corporal de jovens atletas de futebol.

Visando discutir e analisar os diferentes métodos de avaliação da maturidade biológica e da composição corporal, foram também definidos os seguintes objetivos específicos:

- comparar as classificações obtidas por diferentes métodos de avaliação da maturidade e suas relações com o rendimento relacionado com variáveis físicas e antropométricas em jovens jogadores de futebol, com diferentes estados de zinco.
- comparar os resultados obtidos por diferentes métodos de avaliação da composição corporal (densitometria óssea de dupla energia, bioimpedância e dobras cutâneas) em jovens jogadores de futebol estratificados pelos níveis de zinco plasmático.
- comparar os resultados obtidos por dois métodos de referência baseados nas dobras cutâneas (equação de Slaughter e equação de Lohman), considerando os níveis de maturação biológica.

ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Para atender ao objetivo proposto, a presente tese apresenta-se organizada em nove capítulos, como se segue:

Capítulo I – Maturação Biológica, com a abordagem do conceito e das estratégias de avaliação da maturação biológica.

Capítulo II - Zinco - abordagem dos processos de absorção e utilização celular, das funções do zinco, de sua distribuição corporal e homeostase, dos efeitos da deficiência em zinco e de sua interferência no crescimento.

Capítulo III – Composição Corporal - apresentação das técnicas de avaliação com detalhamento das técnicas utilizadas no estudo.

Capítulo IV - Metodologia geral descrevendo amostras e procedimentos.

Capítulo V Artigo original: Comparação de métodos de avaliação da maturação biológica em jovens jogadores de futebol, considerando-se o estado de zinco.

Capítulo VI - Artigo original: Comparação de diferentes métodos de avaliação da composição corporal em jovens jogadores de futebol, de acordo com o estado de zinco.

Capítulo VII - Artigo original: Efeitos do zinco suplementar na maturação biológica e no crescimento de jovens púberes jogadores de futebol.

Capítulo VIII - Discussão geral.

Capítulo IX - conclusões finais, limitações do estudo e recomendações e sugestões.

REFERÊNCIAS

- Alves, C., & Lima, R. V. B. (2009). Dietary supplement use by adolescents. *Jornal de Pediatria (Rio de Janeiro)*, 85(4), 287-294.
- Brown, K. H., Hambidge, K. M., Ranum, P., & Tyler, V. (2008, April). *Zinc fortification of cereal flours: current recommendations and research needs*. Paper presented at the The Second Technical Workshop on Wheat Flour Fortification, Atlanta.
- Calfee, R., & Fadale, P. (2006). Popular ergogenic drugs and supplements in young athletes. *Pediatrics*, 117(3), e577-589.
- Ciocca, M. (2005). Medication and supplement use by athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 24(3), 719-738, x-xi.
- Gardiner, P., Buettner, C., Davis, R. B., Phillips, R. S., & Kemper, K. J. (2008). Factors and common conditions associated with adolescent dietary supplement use: an analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *BMC complementary and alternative medicine*, 8, 009.
- Haase, H., Mocchegiani, E., & Rink, L. (2006). Correlation between zinc status and immune function in the elderly. *Biogerontology*, 7(5-6), 421-428.
- Haase, H., Overbeck, S., & Rink, L. (2008). Zinc supplementation for the treatment or prevention of disease: current status and future perspectives. *Experimental Gerontology*, 43(5), 394-408.
- Hoch, A. Z., Goossen, K., & Kretschmer, T. (2008). Nutritional requirements of the child and teenage athlete. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 19(2), 373-398, x.
- Lukaski, H. C. (2000). Magnesium, zinc, and chromium nutrition and physical activity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 585S-593S.
- Maughan, R. J. (1999). Role of micronutrients in sport and physical activity. *British Medical Bulletin*, 55(3), 683-690.
- Oberleas, D., & Harland, B. F. (2008). Treatment of zinc deficiency without zinc fortification. *Journal of Zhejiang University. Science*, 9(3), 192-196.
- Pereira, R. F., Lajolo, F. M., & Hirschbruch, M. D. (2003). Consumo de suplementos por alunos de academias de ginástica em São Paulo. *Revista de Nutrição*, 16(3), 265-272.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.
- Scofield, D. E., & Unruh, S. (2006). Dietary supplement use among adolescent athletes in central Nebraska and their sources of information. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 452-455.
- Speich, M., Pineau, A., & Ballereau, F. (2001). Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clinica Chimica Acta*, 312(1-2), 1-11.
- Volpe, S. L. (2007). Micronutrient requirements for athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 26(1), 119-130.

PARTE II
REVISÃO DA LITERATURA

CAPÍTULO I

MATURAÇÃO BIOLÓGICA

Nas primeiras duas décadas de vida, a criança e o adolescente vivenciam três processos interativos: crescimento, maturação e desenvolvimento. O primeiro processo refere-se ao tamanho, às proporções, ao físico, à composição e ao sistêmico; o segundo refere-se ao aprimoramento das funções esquelética, reprodutora, somática, neuroendócrina e neuromuscular. O terceiro processo refere-se ao desenvolvimento cognitivo, emocional, social, motor e moral (Malina, 2004). Este capítulo preocupa-se primordialmente com o segundo processo, qual seja a maturação.

Frequentemente confundido com crescimento e mais difícil de definir, o termo maturação é muitas vezes descrito como o processo de se tornar maduro, ou progresso até o estado maduro (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004a). Estes autores esclarecem ainda que se trata de um conceito operacional, uma vez que o estado de maturidade varia de acordo com o sistema observado. Além de concordarem com esta afirmativa, Beunen, Rogol & Malina (2006), acrescentam que todos os tecidos, órgãos e sistemas do corpo amadurecem, alterando enzimas, composição química e funções, sendo que o fazem em diferentes momentos e ritmos (Baxter-Jones, Eisenmann, & Sherar, 2005; Malina et al., 2004a). Ritmo e momento relacionam-se aos termos maturação e maturidade, retratando respectivamente o processo e o estado, sendo que ambos variam consideravelmente entre indivíduos (Malina et al., 2004a). Um conceito mais amplo é apresentado por Bogin (1999), para quem a maturação representa uma progressão de alterações quantitativas e qualitativas que conduzem de um estado indiferenciado ou imaturo a um estado altamente organizado, especializado ou maturo. Assim, podemos entender que a maturação é um processo no qual se evidenciam alterações qualitativas evolutivas nas várias funções orgânicas as quais possibilitam uma melhoria e o estabelecimento de sua funcionalidade.

O ponto final da maturação, no contexto do crescimento, é o alcance da fase adulta, quando o indivíduo atinge a maturidade funcional, que no contexto biológico, implica na habilidade de procriar com sucesso e promover a descendência, a qual por si mesma procriará com sucesso (Cameron, 2002). Assim, a maturidade sexual é a capacidade funcional reprodutiva plena, a maturidade esquelética é a completa ossificação do esqueleto adulto e a maturidade morfológica é o alcance das dimensões corporais lineares de adulto. Todos esses processos são fortemente influenciados pela maturação dos sistemas nervoso e do endócrino (neuroendócrino), durante o final da infância e adolescência (Malina et al., 2004a).

De forma ainda mais ampla, a maturação é vista como um processo biológico contínuo e dinâmico, que se inicia na concepção e termina na morte. É pontuado por alterações visíveis na estatura, composição corporal e características sexuais secundárias, que culminam na transição da fase pré-reprodutiva para a reprodutiva do ciclo de vida humano (Cameron, 2002; Ellis, 2004). O ritmo desta transição é variável e tem substanciais implicações sociais e biológicas. Além do genótipo, fatores exógenos ambientais, sociais e étnicos (clima, estação do ano, altitude, nutrição, nível socioeconômico e número de

filhos na família, entre outros) também exercem considerável interferência sobre a maturação biológica (Duarte, 1993; Malina et al., 2004a; Tanner, 1962; Vieira, Fragoso, & Barrigas, 2006).

Estudos epidemiológicos indicam que fatores como a nutrição e as cerca de 80.000 substâncias químicas às quais os seres humanos estão expostos podem influenciar nas mudanças do início da puberdade. No entanto, os genes continuam sendo responsáveis por aproximadamente 75% dessa variação (Hughes & Kumanan, 2006).

A maioria dos estudos epidemiológicos utiliza a idade cronológica como delimitador temporal. O início da vida escolar, as categorias esportivas e mesmo o crescimento normalmente são equivocadamente associados à idade cronológica, uma vez que esta, por não considerar o ritmo ou o momento biológicos, não é um bom indicador da maturidade biológica (Beunen et al., 2006). Os indicadores da idade de desenvolvimento são mais informativos sobre as características dos jovens em comparação com a idade cronológica (Grave & Brown, 1976). O estirão de crescimento em estatura, por exemplo, está mais fortemente relacionado à maturação e é considerado um período vantajoso para determinados tipos de tratamentos ortodônticos (Hägg & Taranger, 1982).

A avaliação da idade biológica de adolescentes participantes de programas esportivos é importante devido às relações existentes entre o desempenho esportivo e as modificações decorrentes da maturação sexual que ocorrem no período da puberdade (Martin et al., 2001). Jovens de diferentes estágios maturacionais são frequentemente encontrados em um mesmo grupo de treinamento ou categoria esportiva, o que pode favorecer aos mais adiantados no processo de desenvolvimento biológico, além de desmotivar outros mais tardios (Ré, Bojikian, Teixeira, & Böhme, 2005).

A maturação biológica também parece estar relacionada à auto-estima. Ao avaliarem a auto-estima de 493 escolares portugueses com 8 a 11 anos de idade, divididos em três grupos de acordo com o IMC, Barrigas, Fragoso e Vieira (2007) constataram só haver diferença significativa entre os grupos quando a maturação não foi utilizada como covariante.

Posto isso, o objetivo do presente capítulo é revisar as metodologias atualmente empregadas para a avaliação da maturidade biológica, destacando-se suas vantagens, desvantagens e potencial aplicação a situações específicas.

ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO

A maturação dos diferentes órgãos e sistemas ocorre em diferentes ritmos e momentos, levando-nos a concluir que a avaliação do estado de maturidade biológica varia com o sistema corporal considerado (Beunen et al., 2006). Os sistemas mais comumente utilizados para avaliação da maturação são os sistemas esquelético, reprodutivo (sexual) e somático. A maturação dental (erupção e calcificação) é ocasionalmente utilizada, mas tende a comportar-se independentemente dos outros três sistemas. A maturação bioquímica e hormonal, como mecanismo guia dos outros três sistemas, também deve ser considerada (Beunen et al., 2006).

As técnicas empregadas avaliam a maturidade através da observação de indicadores maturacionais, determinando o estágio alcançado num determinado momento, através do ritmo que determinará a relação de sincronia com a idade cronológica. (Malina et al., 2004a; Martin et al., 2001; Nielsen et al., 1986; Vieira & Fragoso, 2006). Um indicador maturacional é um acontecimento que deve obedecer às seguintes condições: a) refletir mudanças em um sistema biológico; b) ocorrer em todos os indivíduos enquanto progredem para o estado adulto; c) alcançar o mesmo estágio final em todos os indivíduos; d) mostrar um progresso contínuo de tal forma que estágios discretos possam ser identificados em um continuum; e) ser aplicável durante todo processo de maturação orgânica; f) ser independente do crescimento corporal (Beunen et al., 2006; Guedes & Guedes, 1997).

Diferenças entre os métodos para avaliar a maturação são evidentes e e podem ser consideráveis (Coelho e Silva et al., 2010). A eficiência de uma estratégia está diretamente associada à sua capacidade de identificar os diferentes estágios de maturação biológica.

Como dito, as próximas seções buscam descrever as características principais das diferentes técnicas, vantagens e desvantagens de cada uma delas, além de apresentar um quadro com resumo das características de artigos que as empregaram.

MATURIDADE SEXUAL

A avaliação da maturação sexual baseia-se na idade de aparecimento e evolução das características sexuais primárias e secundárias. As características sexuais primárias, são aquelas diretamente envolvidas com a reprodução: desenvolvimento dos ovários, útero e vulva nas meninas; e desenvolvimento dos testículos, próstata e produção de esperma, nos meninos (Duarte, 1993). As características sexuais secundárias (CSS), associadas com o dimorfismo externo, são: desenvolvimento das mamas (DM) e idade da menarca (IM) nas meninas; desenvolvimento do pênis (DP) e dos pelos faciais e mudanças na voz, nos meninos, e desenvolvimento dos pêlos púbicos (PP) em ambos os sexos. Com exceção da mudança na voz, as características são geralmente avaliadas de acordo com os cinco pontos da escala descrita por Tanner (1962). As características sexuais secundárias refletem este importante sistema biológico e estão intimamente relacionadas com o eixo hormonal (Beunen et al., 2006) e com um importante período do desenvolvimento humano – a puberdade.

A puberdade ou maturidade do sistema reprodutor é uma das características mais marcantes da maturação biológica durante a adolescência. Trata-se do período de transição entre a infância e a idade adulta, resultando do despertar de um complexo mecanismo neuroendócrino cujo primeiro passo ainda não está esclarecido (Parent et al., 2003; Terasawa & Fernandez, 2001). Neste período ocorre a terceira fase de crescimento somático acelerado, a primeira fase tendo ocorrido na vida uterina e a segunda, menos intensa, no início da terceira infância, por volta dos 6 e 8 anos de idade (Duarte, 1993).

O início da puberdade parece estar relacionado ao aumento na liberação pulsátil do hormônio liberador do LH (LHRH). Este estimula a liberação do LH e do FSH pela glândula pituitária, os quais são essenciais para a produção de gametas maduros e secreção de esteróides gonadais. Neste período os CSS manifestam-se, ocorre o estirão (salto) no crescimento longitudinal (ECL) e as gônadas começam a produzir gametas maduros capazes de fertilização. Alterações psicológicas, comportamentais, cognitivas e emocionais também ocorrem durante a puberdade. Uma característica torna esta fase ainda mais interessante, as variações biológicas entre indivíduos tornam-se mais acentuadas devido as consideráveis diferenças individuais relativas ao ritmo e momento da maturação (Taranger, Engstrom, Lichtenstein, & Svennberg-Redegren, 1976; Terasawa & Fernandez, 2001; Beunen et al., 2006).

As idades nas quais são alcançados os estágios específicos de maturidade sexual foram descritas por estudos longitudinais (de Muinich Keizer & Mul, 2001; Dowthwaite, DiStefano, Ploutz-Snyder, Kanaley, & Scerpella, 2006; Schubert et al., 2005). Nestes estudos, as crianças são examinadas em intervalos regulares (3 ou 6 meses), começando na terceira infância (pré-puberdade) e continuando durante a puberdade até o início da fase adulta. Estudos longitudinais exigem, certamente, longos períodos de observação e têm mais limitações no tamanho e na representatividade da amostra (Beunen et al., 2006).

Frequentemente, os estágios de maturidade sexual são equivocadamente identificados como “estágios de Tanner”, responsável pela sua popularização, quando deveriam ser classificados como estágios de maturidade sexual com a nomeação de características específicas avaliadas (mamas, pêlos púbicos ou genitais). Os primeiros pesquisadores a estabelecerem os estágios de maturidade das CSS foram Reynolds e Wines, em 1948 e 1951, respectivamente. Os estágios de cada característica não são nem equivalentes nem intercambiáveis. O Estágio 1 de cada característica indica o estado pré-púbere (ausência de desenvolvimento) enquanto o Estágio 2 denota o início evidente do desenvolvimento de cada característica, marcando a transição para a puberdade. Os Estágios 3 e 4 marcam o progresso na maturação e o estágio 5 indica o estado maduro (adulto) (Beunen et al., 2006; Duarte, 1993).

Os primeiros sinais aparentes da maturação sexual são nas meninas, o desenvolvimento inicial das mamas, que ocorre em média por volta dos 10 anos e, nos meninos, o aumento dos testículos e do pênis, por volta dos 11 anos. Em ambos os sexos o sinal seguinte é o desenvolvimento dos pelos pubianos (Malina, 2004). Vários processos ocorrem durante este período (puberdade) que tipicamente dura 3-4 anos (Hughes & Kumanan, 2006).

A identificação dos estágios das CSS era inicialmente realizada por um médico, por observação individual no exame clínico (Marshall & Tanner, 1970). O controle de qualidade (reprodutibilidade intra e inter-observadores) deve ser considerado. Nesse contexto, pode-se acreditar que a reprodutibilidade entre avaliadores experientes seja geralmente boa, com cerca de 80% de concordância na atribuição dos estágios (Malina, 2004), enquanto entre avaliadores sem experiência prévia as percentagens de concordância são baixas, na ordem de 40% (Beunen et al., 2006; Malina, 2004; Malina et al.,

2004a). Em ambientes não-médicos, a autoavaliação com a utilização de fotografias ou desenhos, vem sendo mais utilizada (Martin et al., 2001; Matsudo & Matsudo, 1991; Petersen, Crockett, Richards, & Boxer, 1988; Saito, 1984). Em nossa prática, observamos que a autoavaliação deve realizar-se em ambiente privativo, numa sala tranqüila e equipada com espelho, utilizando-se fotografias de boa qualidade dos estágios e descrições simplificadas, além de estar o jovem, preferencialmente acompanhado por seu responsável. Sugerimos ainda que o avaliador seja do mesmo sexo do avaliado para evitar distorções na classificação ou constrangimentos.

Martin et al. (2001) compararam a avaliação da maturidade sexual por médico com a autoavaliação por meio de desenhos ou fotos, em 347 meninos, na faixa etária dos 10 a 16 anos de idade. As avaliações foram feitas em três momentos diferentes e os resultados revelaram que os jovens conseguem avaliar com precisão seu próprio estágio de desenvolvimento.

Coelho e Silva et al. (2004) analisaram a concordância entre a autoavaliação e a avaliação do desenvolvimento da pilosidade pubiana realizada por médico e constataram que a concordância foi maior (76%) nos jogadores mais velhos (13-14 anos de idade) que nos jogadores mais jovens, com idades de 11-12 anos (47%).

Por outro lado, aspectos desfavoráveis da avaliação da maturidade sexual através da observação dos CSS foram relatados por alguns autores: dificuldade de aplicabilidade na ausência de um médico especializado; as exigências específicas do local onde será feita a avaliação e os constrangimentos criados ao avaliado (Beunen et al., 2006; Hughes & Kumanan, 2006; Martin et al., 2001). Neste aspecto, pode haver hesitação de pais, organizações esportivas e comitês de ética em permitir a avaliação clínica dos caracteres sexuais secundários, devido a preocupações com a privacidade individual (Malina, Cumming, Morano, Barron, & Miller, 2005; Malina, Dompier, Powell, Barron, & Moore, 2007). Outras dificuldades apontadas remetem ao fato de as fotografias serem em preto-branco (Duarte, 1993) e os estágios serem arbitrários e discretos (Beunen et al., 2006). Ao considerar as alterações ocorridas durante a puberdade, esta técnica restringe a avaliação aos períodos próximos da puberdade, não diferenciando outros períodos mais distantes da puberdade.

O crescimento da pilosidade no púbis, escroto, períneo ou grandes lábios pode ocorrer muito antes da puberdade, em função da sinalização da gonadotrofina. Isso é resultado do aumento na produção de andrógenos adrenais, um evento fisiológico denominado adrenarca, cujo mecanismo permanece não inteiramente esclarecido (Havelock, Auchus, & Rainey, 2004). Esse comportamento sustenta a opinião de que a pilosidade pubiana sozinha não deveria ser usada como marcadores do início da puberdade (Hughes & Kumanan, 2006). A utilização das CSS para comparar características sexuais individuais entre sexos deve ser vista com restrições. Meninos e meninas diferem no ritmo e no momento da maturidade sexual e podem assim, não estar alinhados nas CSS quando estas são utilizadas para controlar os efeitos da maturidade (Sherar, Baxter-Jones, & Mirwald, 2004).

Além dos estágios de maturidade sexual, apresentados por Tanner (1962) e definidos de acordo com as características sexuais secundárias e apresentados, por vezes, como Escala de Maturação Sexual (EMS), pode-se utilizar a Escala de Desenvolvimento Puberal (EDP) proposta pela equipe liderada por Petersen (1988). Essa escala baseia-se numa série de perguntas sobre crescimento dos pelos faciais e mudanças na voz para os meninos, desenvolvimento das mamas e idade da menarca para as meninas, e o surto de crescimento, crescimento dos pelos corporais e mudanças na pele para ambos os sexos. Motivado pela dificuldade na aplicação da EMS em certos grupos populacionais, Bond et al. (2006) compararam-na com a EDP e concluíram que esta pode ser alternativamente utilizada para avaliar o status pubertário em estudos epidemiológicos.

A idade da menarca [a primeira menstruação] é o indicador de maturidade sexual mais comumente empregado em meninas (Malina, 2004). Segundo Beunen et al. (2006), ela pode ser observada de três diferentes maneiras, de acordo com o tipo de informação desejada: prospectivamente (estudo longitudinal), interrogando-se a mesma menina sobre a ocorrência da menarca em intervalos regulares de 3 a 6 meses; retrospectivamente, interrogando-se meninas ou mulheres que já tenham tido a menarca, perguntando-lhes quando a mesma ocorreu; e status quo, questionando grandes amostras de meninas de aproximadamente 9 a 16 anos sobre a menarca (pré ou pós menarca). Os dois primeiros métodos fornecem a idade individual da menarca, enquanto o método do *status quo* proporciona uma estimativa da idade da menarca de uma amostra populacional.

A idade da menarca média em escolares (Oliveira Junior, Silva, & Ferreira, 1998) e em jovens sambistas (Moreira, Fragoso, & Oliveira Junior, 2004) da cidade do Rio de Janeiro foi idêntica (12,2 anos), com pequenas diferenças no desvio padrão (respectivamente 1,3 e 1,5 anos). Estes valores equivalem aos valores iniciais encontrados por outros estudos com meninas brasileiras, nos quais a idade média variou de 12,2 a 14,0 anos (Duarte, 1993). Em meninas norteamericanas a ID média observada foi de 12,8 anos, numa variação que ia dos 9 aos 17 anos de idade (Malina, 2004).

Comparando vários estudos, Hughes e Kumanan (2006) chamaram a atenção para a variabilidade na ID média, de acordo com as condições da população. Aqueles autores citaram as idades de 13,2 anos e 14,6 anos, respectivamente de meninas norteamericanas negras pertencentes aos níveis socioeconômicos elevado e baixo. Compararam ainda, o norte e sul da Europa, relatando valores de 13,3 anos (Finlândia) e 12,3 anos (Grécia). Já nos Países Baixos a ID média observada em 3562 meninas maiores que 8 anos foi de 13,2 anos de idade (Mul et al., 2001).

O equivalente no desenvolvimento masculino à menarca das meninas é a espermarca ou oigarca, segundo Duarte (1993), definida como a primeira ejaculação, frequentemente um evento involuntário que ocorre durante o sono. Por ocorrer nestas condições, é uma medida impraticável em estudos epidemiológicos. Entretanto, o início da espermatúria, medida em amostras da primeira urina coletada de manhã cedo por 10 dias, prediz melhor o estágio clínico de puberdade do que a idade cronológica, podendo ser útil em estudos

que envolvam a identificação da puberdade masculina (Schaefer, Marr, Seidel, Tilgen, & Scharer, 1990). A espermatúria é um evento comum e regular nas fases inicial e média da puberdade, podendo ocorrer antes de qualquer outro sinal da puberdade (Nielsen et al., 1986; Schaefer et al., 1990). Quando avaliada repetidamente, é um procedimento sensível, eticamente aceitável e não invasivo de determinar o início da atividade espermatogênica em indivíduos púberes. A idade da espermarca é definida pela idade na qual a espermatúria pode ser identificada em 50% da população (Schaefer et al., 1990).

Guízar-Vázquez et al. (1992), num estudo com 669 mexicanos dos 8,9 aos 15,9 anos, referem os $13,4 \pm 1,0$ anos como a idade média da espermarca, não tendo sido identificada espermatúria nos jovens nos estágios 1 de desenvolvimento dos genitais (DG1) e 1 de desenvolvimento da pilosidade pubiana (PP1). Utilizando outro procedimento para análise da espermatúria (coleta de urina de 24h a cada três meses durante sete anos), Nielsen et al. (1986) observaram 40 meninos escoceses e encontraram uma idade média semelhante (13,4 anos) para a ocorrência da espermatúria. O volume testicular médio foi de 11,5 ml, mas foi identificada espermarca em meninos no estágio DP1, nos quais já havia ocorrido o surto de crescimento. Os autores concluíram que a espermarca é um evento precoce na puberdade e que existe uma grande variação quanto ao desenvolvimento dos testículos assim como dos caracteres sexuais secundários. Comparando a coleta por 10 dias da primeira urina com outras técnicas de identificação da espermatúria, Schaefer et al. (1990) referem uma idade média de 14,1 anos, com os meninos nos estágios 2 e 3 de pilosidade pubiana. A validade da espermatúria como indicador da puberdade também foi apresentada por Mol et al. (2002), ao observarem o efeito da exposição pré-natal de meninos ao bifenil policlorinado, produto encontrado entre os poluentes orgânicos.

As pilosidades axilar (PA) e facial não são amplamente utilizadas em estudos de maturação biológica por serem indicadores que se desenvolvem tardiamente durante a puberdade. O desenvolvimento da pilosidade depende da adrenerca, que ocorre em consequência da maturação da zona reticular do córtex adrenal, resultando no aumento da síntese e secreção dos andrógenos adrenais. A adrenerca é um evento independente da gonadarca (Havelock et al., 2004).

Apontada como método menos invasivo da privacidade dos adolescentes, a observação através do desenvolvimento da PA na avaliação da maturação biológica torna-se uma excelente opção em determinadas circunstâncias. Na sua avaliação são relatados três estágios maturacionais para ambos os sexos. No estágio 1 não há pelos axilares; no estágio 2 eles começam a crescer, são finos, curtos e de coloração ainda mais clara; e no estágio 3 eles assumem a quantidade e forma dos pelos adultos (grossos, mais longos e escuros, além de mais encaracolados) (Billewicz, Fellowes, & Thomson, 1981; Malina et al., 2004a). Em algumas culturas ocorre a depilação desta região, mesmo assim, pode-se observar o padrão remanescente. Em meninos, outra opção muito pouco utilizada é a avaliação por meio dos pelos faciais. Utiliza-se uma escala com quatro estágios: 1 – nenhum pelo, ou apenas pelos inferiores; 2 – aumento

no comprimento com pigmentação dos pelos nos cantos do lábio superior, os quais se estendem medialmente para completar o bigode; 3 – pelos na parte superior das bochechas e na linha medial logo abaixo do lábio inferior; e 4 – pelos nos lados e abaixo das bordas do queixo (Billewicz et al., 1981).

O volume da voz masculina diminui durante a puberdade. As cordas vocais aumentam em comprimento e espessura durante o progresso da infância para a fase adulta, proporcionando uma diminuição na frequência da voz, mais evidente durante a passagem do estágio de maturidade sexual DP3 para o DP4 (Harries, Hawkins, Hacking, & Hughes, 1998). Assim, outra característica sexual que pode ser observada em meninos durante a puberdade é a mudança no volume ou na frequência básica do cantar/falar da voz (Hughes & Kumanan, 2006). Essas modificações podem ser observadas de forma mais profunda considerando-se o volume, a intensidade e a variedade de qualidade de tons (Harries, Walker, Williams, Hawkins, & Hughes, 1997).

A avaliação da maturidade através da mudança da voz possibilita classificar os jovens em três estágios: VPP - voz pré-púbere ou inalterada: o tom da voz não se modificou; VP - voz púbere: o tom da voz apresenta sinais de modificação, mas ainda não adquiriu as características da fase adulta; e VM - voz masculina: o tom da voz adquiriu as características da fase adulta, alterou-se totalmente (Billewicz et al., 1981; Hagg & Taranger, 1980a; Hägg & Taranger, 1982). Outra classificação mais detalhada foi apresentada por Willis e Kenny (2007). Nesta classificação são adotados seis estágios: Inalterada, Voz média I, Voz média II, Voz média IIA, Voz Nova e Voz adulta emergente.

A mudança da voz é um evento tardio da puberdade masculina. As alterações na frequência básica da voz correlacionam-se com o volume dos testículos, mas não com os níveis de testosterona. Há uma clara relação, durante a puberdade masculina, entre os estágios de maturidade sexual por (DP) e a classificação musical de Cooksey (Harries et al., 1997). Estudo relatando eventos da adolescência em 122 jovens suecos do sexo masculino aponta a idade média de 13,9 anos para mudança na voz (Taranger et al., 1976) e a obtenção da voz de adulto entre os 12,5 e 17,5 anos de idade (Hagg & Taranger, 1980a) .

A estimativa mais direta da maturidade genital em meninos é proporcionada pelo volume testicular (Ramlau-Hansen, Thulstrup, Bonde, & Ernst, 2007). Os testículos possuem estrutura dinâmica do nascimento à puberdade, fase na qual se completa a terceira e última fase do desenvolvimento, com a espermatogênese. Os testículos crescem lentamente entre os 6 e 10 anos de idade e, a partir de então, mais rapidamente, com o início da estimulação mais intensa da gonadotrofina (Marshall & Tanner, 1970). Por volta dos 9 anos inicia-se a espermatogênese, coincidindo com a elevação do LH e as conseqüências desta elevação. As células de Leyding maturam e passam a produzir testosterona. Entre 11 e 14 anos o aumento de testosterona e de LH levarão à maturação das células de Sertoli, desenvolvimento das células germinativas e aparecimento do lúmen tubular, e aumento global do volume testicular (Scolfaro, Cardinali, & Guerra Junior, 2003).

Cinco métodos podem ser empregados para avaliar o volume testicular (Chipkevitch, Nishimura, Tu, & Galea-Rojas, 1996): ultrassonografia, gráfico,

medidas dimensionais, orquidometria de Prader ou orquidometria por anéis. O orquidômetro de Prader é o método mais empregado e é utilizado primariamente em ambiente clínico. Consiste em uma série de 12 modelos elipsóides numerados, com volumes crescentes (1-6, 8, 10, 12, 15, 20 e 25 mL) e que são comparados com os testículos (Ramlau-Hansen, Thulstrup, Bonde, & Ernst, 2007). O volume de 4 mL indica o início da puberdade (Beunen et al., 2006; Eveleth & Tanner, 1990; Hughes & Kumanan, 2006; Mul et al., 2001). Já o estágio maduro das gônadas pode ser esperada quando o volume testicular atinge 11,5 mL, embora coincida com o estágio DP3 (Delemarre-van de Waal, 2002). Antes dos testículos atingirem o tamanho adulto, as epífises ósseas estarão fechadas e as características sexuais secundárias desenvolvidas (Scolfaro et al., 2003). A principal restrição à utilização da orquidometria é obviamente, a invasão da privacidade do avaliado, pela manipulação dos testículos.

Preocupados com o custo dos equipamentos utilizados para avaliação da maturação biológica, Bhalla e Williams (2001) utilizaram uma bala (rebuçado) para substituir o orquidômetro de Prader. Esses autores constataram que, além do formato semelhante às contas do modelo, o rebuçado possuía um volume de 8 mL, o mesmo de uma das contas do orquidômetro. Isso permitiu sua utilização por cinco pediatras, os quais constataram poder identificar se os testículos avaliados eram maiores ou menores que o rebuçado. A referência de um volume que não reflete nem o início da puberdade nem o estágio maduro das gônadas, visto que o volume de 8 mL na se relaciona com qualquer evento importante deste processo, pode ser apontada como a principal desvantagem desta técnica.

Embora a praticidade de alguns métodos possa ser apontada como vantagem para a observação do sistema reprodutivo como meio de avaliação da maturidade biológica, outros aspectos mais relevantes podem ser apontados como desvantagens. Além das questões relativas à privacidade, o fato de as alterações no sistema reprodutivo ocorrerem de forma mais evidente durante a puberdade, restringe a aplicação dos métodos a uma faixa de tempo pequena

Quadro 1.1. Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade sexual.

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MS	menarca	metodologia	122	masculino	6 – 20 anos	(Hagg & Taranger, 1980a)
MM	mudança na voz		90	feminino	longitudinal	
MM	PVE	metodologia	122	masculino	0 – 18 anos	(Hägg & Taranger, 1982)
MO	IO - TW					
MS	menarca;					
MD	CSS - mudança na voz					
MO	IO – TW3	antropometria (IMC)	71	masculino	13 – 16 anos	(Fragoso et al., 2004)
MS	CSS – PP e DP	impulsão vertical força (dinamometria mãos e membros inferiores)				
MS	CSS – PP, PF e PA	metodologia	83	masculino	8 – 21 anos	(Sherar et al., 2004)
MM	CSS - PP e menarca		75	feminino	longitudinal	
MO	IO – TW3	metodologia	15	masculino	13 – 14 anos	(Oliveira Junior, Oliveira, Casimiro-Lopes, Koury, & Fragoso, 2005)
MS	CSS – DP e PP					
MM	EA -Preece-Baines	crescimento	15	feminino	6 – 12 anos	(Thomis et al., 2005)
MS	PVE					
MO	menarca					
MO	IO - TW 2	revisão das metodologias	150	feminino	14 – 18 anos	(Beunen et al., 2006)
MO	IO – GP; TW					
MS	CSS					
MM	PVC					
MD	Demirjian					
MH	testosterona					
MO	IO – TW2	crescimento	150	feminino	14 – 18 anos	(Claessens, Lefevre, Beunen, & Malina, 2006)
MS	menarca					

Legenda: MD = maturidade dental; MH = maturidade hormonal; MM = maturidade morfológica; MO = maturidade óssea; MS = maturidade sexual; EA = estatura em adulto; PVE = pico na velocidade em estatura; IC = idade cronológica; IO = idade óssea; CSS = características sexuais secundárias; PA = pilosidade axilar; PF = pilosidade facial; PP = pilosidade pubiana; DP = desenvolvimento do pênis; DM = desenvolvimento das mamas; PVE = pico na velocidade em estatura; GP = Greulich e Pyle; TW = Tanner e Whitehouse nd = não disponível

dentro do processo maturacional, o que impossibilita o acompanhamento durante todo o seu decorrer.

O Quadro 1.1 apresenta um resumo das características de estudos baseados na maturidade sexual. As características sexuais secundárias, segundo o trabalho de Tanner, é o procedimento mais utilizado, seguido pela identificação da menarca. Os estudos que abordaram apenas um método foram, em sua grande maioria, realizados com amostras de um único sexo. A quantidade de indivíduos das amostras variou consideravelmente, sendo que as maiores amostras tiveram a menarca como método único ou como um dos métodos de avaliação da maturação.

MATURIDADE ESQUELÉTICA OU ÓSSEA

A maturação do esqueleto é amplamente reconhecida como o melhor indicador isolado do estado de maturidade (Tanner, 1962). A idade óssea tem sido o indicador mais comumente usado nos estudos sobre crescimento e desenvolvimento, sendo considerada como um registro verdadeiro da idade biológica (Moscatiello et al, 2008). Todas as crianças iniciam com um esqueleto de cartilagem e progridem até um esqueleto totalmente ossificado, adulto. No caso dos ossos tubulares (ossos longos e curtos), a maturidade é atingida quando ocorre a completa fusão das epífises com suas diáfises correspondentes; no caso dos ossos com formato irregular, a maturidade é definida pela morfologia adulta (Beunen et al., 2006).

A maturidade esquelética apresenta vantagens como um indicador da maturidade biológica: fornece uma estimativa razoavelmente precisa e confiável, é aplicável durante todo o período de maturação pós-natal e reflete a maturação de um importante sistema biológico contínuo (Beunen et al., 2006), para além de, juntamente com a estatura numa certa idade, permitir predizer a estatura em adulto (Malina, 2004). Como desvantagens são apontadas a exposição a baixo nível de radiação, o requerer um treinamento específico do avaliador e controle de qualidade das avaliações e, o fato dos estágios serem um pouco arbitrários e sugerirem discretos degraus de um processo contínuo (Beunen et al., 2006). Por depender da radiografia, o método tem utilidade limitada fora do ambiente clínico (Malina, 2004), embora exista a possibilidade da utilização de equipamentos portáteis, como os utilizados em trabalhos de campo das forças armadas e em algumas universidades. Atualmente, a digitalização das radiografias e a evolução de programas para computadores têm possibilitado imagens melhores e conseqüentemente favorecido as análises (Oliveira, Veeck, Souza, & Fernandes, 2006).

Embora se afirme que o método ideal de avaliação da maturação óssea deva incluir o estudo de todo o esqueleto, por razões práticas e econômicas a maturação do esqueleto está focada principalmente sobre os ossos da mão e punho (Greulich & Pyle, 1959; Eklof & Ringertz, 1967; Grave & Brown, 1976; Tanner, Healy, Goldstein, & Cameron, 2001), embora outros segmentos corporais, como vértebras cervicais (Basaran, Ozer, & Hamamci, 2007; Hassel & Farman, 1995; Lai et al., 2008), joelho, quadril e pé, também sejam utilizados (Beunen et al., 2006). A orientação de radiografar apenas a mão

esquerda é questionada por Kovi et al. (2000), que relatam caso no qual foi identificada uma diferença de 2,5 anos entre a mão esquerda (6,0 anos) e a mão direita (3,5 anos), em uma menina de 8 anos de idade portadora deficiência de hormônio de crescimento (HC) e de doença celíaca.

Além de definir o momento maturacional, a idade óssea (IO) pode ser utilizada para definir o ritmo, quando dela se subtrai a idade cronológica. Com isso, podem-se classificar os jovens em síncronos, atrasados ou adiantados. Quando a diferença se mantém entre -1 e +1 eles são classificados em síncronos, atrasados quando ela é maior que -1, e adiantados quando maior que +1 (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004b; Malina et al., 2005).

Método Greulich-Pyle (GP)

O método mais utilizado de avaliação da maturidade esquelética é o de Greulich e Pyle (Adamsbaum et al, Chaumoitre, & Panuel, 2008; Gertych, Zhang, Sayre, Pospiech-Kurkowska, & Huang, 2007; Schmidt, Koch, Schulz, Reisinger, & Schmeling, 2008), inclusive pela radiologia clínica brasileira.

Sucessor do primeiro guia prático de avaliação da maturidade óssea por radiografia, idealizado por Wingate Todd, em 1937, o atlas de Greulich e Pyle, desenvolvido com crianças de famílias americanas de classe socioeconômica alta (Greulich & Pyle, 1959), é ainda muito utilizado, principalmente na avaliação clínica. Desde o primeiro guia prático, a avaliação é feita na mão e punho esquerdos. Greulich e Pyle (1959) sugeriram que a utilização de uma das mãos estaria associada a uma menor exposição à radiação e a um menor custo. Já a escolha da mão e punho esquerdos dever-se-ia a uma determinação do Acordo Internacional para Unificação das Medidas Antropométricas em indivíduos vivos, delineada nas Conferências de Antropologistas Físicos, em 1906 e 1912, no Mônaco e em Geneva, respectivamente. Outro aspecto citado, que pode ter sido considerado, é o fato de haver mais indivíduos destros que canhotos nas populações em geral, o que diminuiria a possibilidade de haver mais mãos esquerdas mutiladas ou lesionadas para serem utilizadas nas avaliações.

A utilização de uma única radiografia da mão de uma criança proporciona informações úteis. Ela permite determinar o estágio de desenvolvimento da criança e compará-lo com o de outras crianças do mesmo sexo e idade, através de uma medida objetiva da quantidade de progresso que a criança vivenciou para atingir a maturidade biológica. Distinguem-se diferentes níveis de mineralização, fornecendo importante informação suplementar a avaliação do estado nutricional. Desequilíbrios no desenvolvimento esquelético podem ser revelados, assim como cicatrizes de crescimento interrompido fornecendo evidências de doenças e outros transtornos passados. Se a mesma criança é radiografada duas vezes em um determinado período, é possível determinar a taxa do desenvolvimento esquelético, ou mesmo se um desequilíbrio ou deficiência está ocorrendo (Greulich & Pyle, 1959).

Para determinar a maturidade óssea, deve-se inicialmente procurar no atlas a figura da radiografia correspondente ao sexo e idade cronológica do indivíduo que estamos estudando e verificar nas radiografias adjacentes (mais velha e

mais nova) qual dos três filmes mais se assemelha superficialmente à radiografia a ser avaliada. Considerando-se o padrão de desenvolvimento para a idade, a ausência ou presença de alguns centros de ossificação carpais ou epifisiais, assim como a forma de determinados ossos pode fornecer pistas úteis quanto ao desenvolvimento ósseo.

A maturidade óssea é expressa através de uma idade esquelética, e determinada pela comparação dos ossos da mão e punho da criança com figuras padronizadas do atlas, entretanto há variações na forma de aplicação do método. Pode-se utilizar a idade correspondente à figura que possui mais aspectos semelhantes à radiografia da criança, ou analisar separadamente cada osso, registrar a idade correspondente às figuras utilizadas e, a seguir, calcular a IO média entre as figuras observadas. Gilli (1996) ressalta o fato de os autores não recomendarem formalmente a utilização de nenhuma técnica específica para a utilização do Atlas, mas encorajarem o leitor a encontrar seu próprio método, aquele que melhor se adapte às suas necessidades individuais ou preferências. Nota-se, mesmo assim, que o momento de ossificação do sesamóide do dedo polegar é bastante variável. Assim, este osso não deve ser usado como um indicador preciso quando se determina a idade óssea utilizando-se o Atlas por Greulich e Pyle (Chaumoitre et al., 2008).

Método Tanner-Whitehouse (TW)

A técnica apresentada por Tanner–Whitehouse encontra-se no seu segundo estágio de aprimoramento, sendo uma sucessão do método proposto por Greulich and Pyle (1959). Ela baseia-se na noção de maturidade fisiológica primeiramente proposta por Franz Boas, da Universidade de Berlim e Columbia. Como existe uma ordem invariável de acontecimentos relativamente ao desenvolvimento ósseo, na qual todos os ossos maturam no sentido próximo-distal e que todas as crianças, independente de suas condições, apresentam a mesma sucessão de acontecimentos maturacionais podemos assumir que o desenvolvimento ósseo tem validade universal (Vieira & Fragoso, 2006, p. 172). Este preceito ampara todas as técnicas que se utilizam da ossificação do esqueleto como método de avaliação da idade óssea. Esta técnica fundamenta-se no desenvolvimento dos centros de ossificação de alguns ossos para obtenção de um valor que resulta do somatório dos seus diferentes graus de ossificação. Em 1962, Tanner, Whitehouse e Healy propuseram uma nova metodologia de avaliação da maturidade óssea (TW1), com um constructo matemático mais sólido. Cada osso da mão e do punho era observado separadamente e registrava-se um dos oito ou nove estágios possíveis. Em 1975, foi publicada uma revisão desta metodologia (TW2), modificando os valores atribuídos a cada estágio. Atribuía-se maturidades diferenciadas para os ossos carpais, rádio, ulna e ossos curtos, incluindo-se uma diferenciação por sexo (Tanner, Whitehouse, Marshal, Healy, & Goldstein, 1975). Com isso, permitia-se a estimativa da estatura adulta. Essa revisão foi realizada sobre dados da mesma amostra utilizada anteriormente, de 3000 meninas e meninos britânicos. Na versão mais recente o TW3 (Tanner et al., 2001) considera apenas o escore RUS (rádio, ulna, metacarpos e falanges). Os

sete ossos do carpo (escore carpal) não são mais incluídos e a idade esquelética passou a ser determinada por apenas 13 ossos. A amostra foi ampliada, constituindo-se de crianças britânicas, belgas, italianas, espanholas, argentinas, norteamericanas e japonesas. O método é considerado como sendo o mais objetivo (Gertych et al., 2007).

Para observação do desenvolvimento ósseo é necessária uma radiografia, sendo que para tal a mão e o punho esquerdos são posicionados em pronação sobre o filme, atentando-se para que o cotovelo esteja apoiado no mesmo nível da mão. O eixo do dedo médio deve coincidir com o eixo do antebraço na horizontal. Os dedos devem estar afastados o suficiente apenas para não se tocarem. A palma da mão deve ser levemente pressionada sobre o filme. O posicionamento indevido da mão pode implicar num ângulo de observação inadequado e conseqüentes distorções na observação dos ossos (Tanner et al., 2001). O tubo dos raios-X deve estar centrado sobre a cabeça do terceiro metacarpo, com uma distância de 76 cm entre o tubo e o filme (Tanner et al., 2001).

Na leitura do filme identifica-se a quantidade de centros de ossificação presentes, o nível de ossificação apresentado pelos ossos e o número de fusões epifisárias ocorridas, segundo descrição do método TW3 (Tanner et al., 2001). Os ossos observados são: rádio, ulna, metacarpos (I, III e V), falanges proximais (I, III e V), falanges médias (III e V) e falanges distais (I, III e V). As classificações variam com a progressão do estágio de desenvolvimento, de A (estágio inicial) a I (estágio final – maduro) para a maioria dos ossos e H (estágio final) apenas para a ulna. Se nenhuma característica estiver presente no osso, é assumida a classificação A. Esta observação possibilita a determinação do escore RUS (radius, ulna and short bones).

Na análise das radiografias deve-se considerar que o filme é a representação bidimensional de uma estrutura tridimensional. Este fato produz, pela sobreposição de duas superfícies penetradas pelos raios X, um maior grau de branqueamento em comparação com o que se observa quando os raios X atravessam uma única superfície. Tanner et al. (2001) recomendam a utilização de uma régua ou um paquímetro para fazer a comparação dos diâmetros ósseos, quando o critério determina que um osso deva ter a metade ou mais do tamanho de um outro.

Ao avaliarem 88 crianças aborígenes australianas, Grave & Brown (1976) identificaram que o pico na velocidade de crescimento precede o envolvimento da diáfise pela epífise da falange média do terceiro dedo, da falange proximal do primeiro dedo e do rádio, tanto em meninos quanto em meninas. Conclui-se que os processos de ossificação relacionam-se fortemente com os eventos do crescimento. Comparado com o TW2, o TW3 mostrou-se mais acurado na determinação da maturidade esquelética, principalmente nas crianças perto da puberdade (Lynn Ahmed & Warner, 2007), mais rápido na avaliação, uma vez que não inclui os ossos do carpo, e com maior generalização populacional, uma vez que a amostra que serviu de base de referência foi composta por indivíduos com uma maior variabilidade étnica (Vieira et al., 2006). Ao compararem crianças brasileiras dos 7,0 aos 16,5 anos de idade Ortega et al. (2006) concluíram ser mais razoável recomendar o uso do TW3 para estudos

com a população brasileira. A maior abrangência e consequente representatividade da população utilizada, a abordagem mais analítica e a maior descrição numérica das IO, diferenciando-as em uma casa decimal (Vieira et al., 2006), são pontos que delineiam vantagem considerável sobre o método de Greulich e Pyle.

Eklof e Ringertz (ER)

O método de Eklof e Ringertz (ER) baseia-se em dez medidas lineares de determinados ossos da mão e punho esquerdos (largura da epífise distal do rádio, comprimento e largura do osso grande, do hamato, comprimentos do II, III e IV metacarpos e comprimento das falanges proximais do II e III dedos), que são comparados com valores tabulados pelo método. Esta tabela considera que a curva de regressão do crescimento destes ossos é uma função contínua, preferencialmente uma linha reta. O método foi desenvolvido em crianças de 1 a 15 anos (Eklof & Ringertz, 1967). A idade óssea é determinada pela observação de 10 medidas lineares de certos ossos da mão e punho, sendo estes valores comparados com valores tabulados pelo método (Eklof & Ringertz, 1967; Haiter-Neto, Kurita, Menezes, & Casanova, 2006). Aplicando o método na avaliação de 1013 crianças, Eklof e Ringertz (1967) concluíram que a avaliação da maturidade é facilmente executada e que o risco de distorção é pequeno, assim como a diferença entre examinadores. Ao verificar a variabilidade dos métodos de avaliação da idade óssea (ER vs GP) em 114 meninos e 130 meninas brasileiras, com idades entre 7 e 16 anos, Moraes, Moraes, Medici Filho e Graziosi (2003) concluíram que existe uma variabilidade nos resultados entre os métodos, mas que como esta variabilidade se mantém entre os 24 meses, ela pode ser considerada normal. O ER seria mais prático e, devido a alta correlação positiva entre os métodos, ambos poderiam ser aplicados em crianças brasileiras, sem apresentarem diferenças estatisticamente significativas entre si.

Método Grave e Brown

No método de Grave e Brown são observados 14 eventos de ossificação e de modificações nas epífises da mão e do punho (Figura 1.1). Os eventos individuais dos ossos incluem a ossificação inicial do pisiforme, ossificação inicial e avançada do gancho do hamate e a ossificação inicial do sesamóide metacarpofalangeal do primeiro dedo. As alterações epifisárias são observadas no primeiro, segundo e terceiro dedos e no rádio, onde se verifica se a largura da epífise igual a largura da diáfise na falange proximal no segundo dedo, na falange média no terceiro dedo, no rádio e o envolvimento (capping) na falange proximal no primeiro dedo, na falange média no terceiro dedo e no rádio; e a união das epífises nas falanges proximal, média e distal do terceiro dedo e do rádio. Um evento de ossificação é inicialmente discernível em uma radiografia de mão e punho um ano antes de se completar a ossificação (Grave & Brown, 1976).

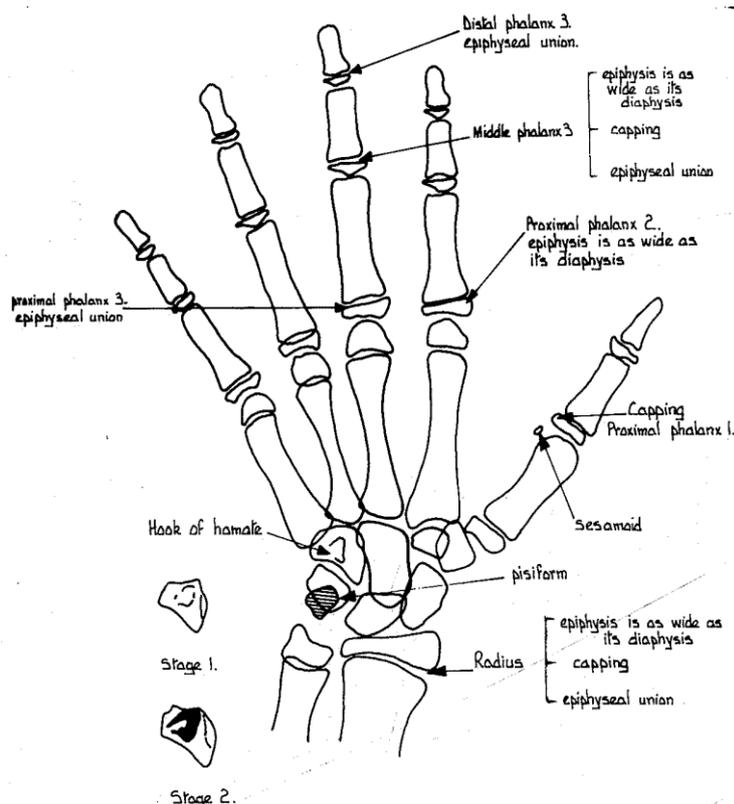


Figura 1.1 - Pontos de observação dos eventos de ossificação de modificações nas epífises analisados no método (Grave & Brown, 1976).

Método de Fels

O método de Fels, similarmente ao TW, também aborda ossos específicos: rádio, ulna, carpais (inclusive o pisiforme e o sesamóide do adutor), e metacarpos e falanges do primeiro, terceiro e quinto dedos. O segundo e o terceiro dedos também são excluídos, visto fornecerem informações redundantes. São utilizados 98 indicadores de maturidade, sendo que em 13 são medidas as razões entre a largura da epífise e da diáfise, sendo que o número de indicadores varia de acordo com a idade. Dois ou três estágios são descritos para cada indicador. Definido o estágio, este é introduzido em um programa de computador para o cálculo da idade óssea e o erro padrão para a avaliação (Gilli, 1996).

Ao compararem as classificações (atrasado, no tempo e adiantado) obtidas através das idades ósseas obtidas pelo TW com as idades ósseas obtidas pelo método de Fels em 72 jogadores de futebol (13,3-15,3 anos de idade), Coelho e Silva et al.(2010) encontraram uma concordância de 81,8%, embora as idades ósseas pelo método de Fels tenham apresentado valores mais altos.

Método da Radiografia Carpal e Epífises do Rádio e Ulna

A partir da radiografia da mão e punho esquerdo, em uma projeção anteroposterior e com os dedos ligeiramente afastados, são identificadas, com

a ajuda de um programa de computador (computer-aided drafting – CAD), as áreas do carpo e das epífises da ulna e do rádio. Os pixels das áreas dos ossos do carpo são calculados e somados para gerar o valor total da área óssea. Se dois ossos se sobrepõem, a área comum é utilizada apenas uma vez. A relação entre as áreas totais dos ossos e do carpo são calculadas e utilizadas na análise por regressão linear. Este método foi utilizado por Cameriere et al. (2006) com 150 crianças italianas com idades entre 5 e 17 anos, para analisar a possível aplicação da proporção da área de mineralização do carpo como critério de estimativa da idade. A equação de regressão gerada foi capaz de explicar 83% da variância total ($R^2 = 0,83$).

Método de Hassel e Farman (índice de maturação vertebral - IMV)

Nesse método utiliza-se a telerradiografia lateral para classificar visualmente as vértebras cervicais C2 ou axis, C3 e C4, de acordo com a morfologia do corpo de C3 e C4 e a formação de concavidade na borda inferior do processo odontóide do axis (C2), de C3 e C4, dentro das fases de maturação e do surto de crescimento puberal (Damian et al., 2006). Ao correlacionar as alterações morfológicas das vértebras cervicais com a idade cronológica e comparar a idade óssea entre 66 meninos e 74 meninas, com idades entre 3,5 e 13,7 anos, Moscatiello et al. (2008) concluíram que a avaliação dos estágios de maturação das vértebras cervicais é um método adicional útil e confiável na determinação do estágio de crescimento facial nas crianças em crescimento puberal, e que as meninas apresentaram crescimento mais precoce. Conforme citado, o método tem sido empregado para observar o crescimento puberal, não sendo mencionado sua eficiência fora desta fase do desenvolvimento biológico.

Método de Fishman

O método de Fishman (1982) utiliza apenas quatro estágio de maturação dos ossos, todos identificados em seis pontos anatômicos localizados no primeiro, terceiro e quinto dedos e no rádios (Figura 1.2). Todo o período do desenvolvimento adolescente é coberto por onze indicadores adolescentes discretos de maturidade esquelética.

A sequência de quatro estágios de maturação inicia-se no alargamento da epífise da falange selecionada, segue com a ossificação do sesamóide do adutor do primeiro dedo, o envolvimento das epífises por cima de suas diáfises e a fusão da epífise e diáfise selecionadas (alargamento das epífises de acordo com as diáfises nas falanges média e proximal do terceiro dedo e na falange média do quinto dedo; ossificação do sesamóide do adutor do primeiro dedo; o envolvimento das epífises nas falanges distal e média do terceiro dedo e na falange média do quinto dedo; e a fusão da epífises e diáfises nas falanges distal e proximal do terceiro dedo e na falange média do terceiro dedo).

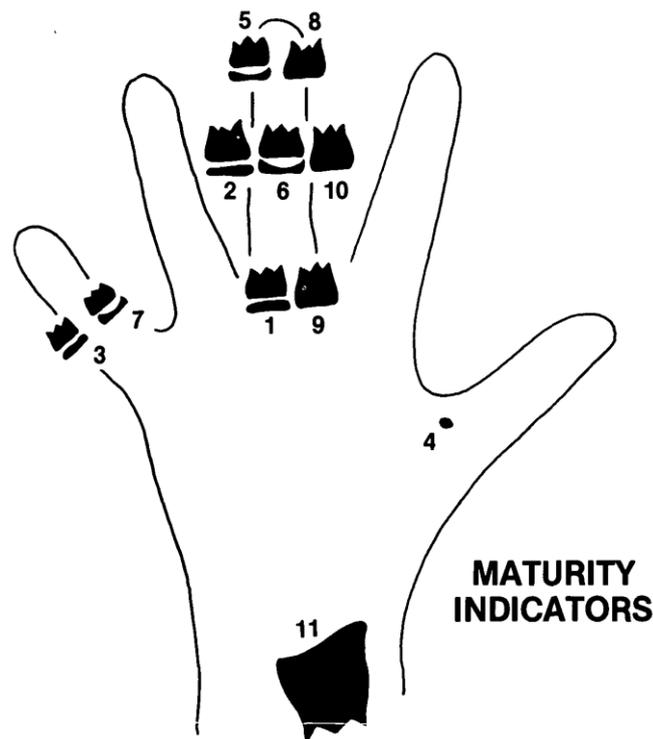


Figura 1.2 - Representação dos onze indicadores de maturidade esquelética (Fishman, 1982).

Outros Métodos

Outros métodos, aplicando o ultra-som como substituto da radiografia, têm sido experimentados, porém ainda sem resultados satisfatórios (Khan, Miller, Hoggard, Somani, & Sarafoglou, 2008). Resultados mais promissores têm sido observados com a densitometria óssea de dupla energia (DXA) para determinação da IO através do escama da mão (Pludowski, Lebedowski, & Lorenc, 2004, 2005).

Pesquisadores do Hospital Universitário Nacional da China, por acreditarem que pode haver diferença na forma dos ossos e no momento de ossificação entre diferentes grupos étnicos, propuseram um índice de maturação esquelética (NTUH-SMI) pela observação na radiografia, dos ossos da mão e punho e conseqüente classificação em nove estágios. Compararam este método com a avaliação de três vértebras cervicais, observadas por radiografia cefalométrica. Após analisarem dados de 709 jovens chineses de 8 a 18 anos, concluíram que a avaliação através das vértebras cervicais é válida na observação de sujeitos em crescimento (Lai et al., 2008).

Damian et al. (2006) observaram 389 pacientes de ortodontia de ambos os sexos, dos 7 aos 18 anos de idade, comparando os índices de maturação vertebral (Hassel & Farman, 1995) com o Carpal (Grave & Brown, 1976). Os autores concluíram que as duas técnicas poderiam ser utilizadas para avaliar a maturação óssea da população estudada. Num estudo com 360 jovens saudáveis de ambos os sexos e com idades entre 7 e 15 anos, Haiter-Neto et

al. (2006) compararam três métodos de determinação da idade óssea (IO) (GP x TW3 x ER) e não identificaram diferença estatisticamente significativa entre as IO obtidas pelos três métodos, mas recomendaram que fossem estabelecidas equações de regressão para cada método isoladamente, visto que os valores obtidos para as mesmas não coincidiram.

Horliana (2004) estudou a relação entre os estágios de maturidade óssea avaliados em radiografias de mão e punho e vértebras cervicais em telerradiografias. Concluiu que a avaliação da maturidade óssea pelas vértebras ofereceria confiabilidade para a identificação do início e pico do surto de crescimento puberal, mas não para a identificação dos seus estágios. A radiografia de mão e punho seria imprescindível para a identificação de algum potencial de crescimento. Dessa forma, os dados apresentados apontaram para a radiografia de mão e punho como o procedimento mais adequado, dentre os métodos radiológicos, para avaliação da maturidade óssea.

Ao compararem a validade do índice de maturação esquelética de Fishman (1982) com o IMV cervical para discriminar a ocorrência do pico na velocidade de crescimento em estatura (PVE), Soegiharto, Moles e Cunningham (2008) identificaram que a diferença na discriminação da detecção do PVE entre os dois métodos foi pequena. O confronto de informações sobre os estágios de maturidade esquelética em crianças indonésias e brancas, observados na mão e punho e nas vértebras cervicais, confirmou variações na idade cronológica para cada estágio de maturidade esquelética. Mostraram-se diferenças, igualmente, entre os momentos de maturidade esquelética com ambos os métodos entre sexos e grupos étnicos (Soegiharto, Cunningham, & Moles, 2008).

O Quadro 1.2 apresenta um resumo das características de estudos baseados na maturidade óssea. A recenticidade e a quantidade de estudos realizados no período são os primeiros aspectos a chamar a atenção. Nota-se uma preferência quanto ao esqueleto como indicador maturacional. A quase totalidade dos estudos envolveu ambos os sexos e abrangeram faixas etárias amplas, reforçando a utilidade do desenvolvimento do esqueleto como indicador maturacional durante as primeiras décadas da vida. Muitos dos estudos listados abarcam a maturidade dental, numa clara tendência de se buscarem metodologias menos invasivas para determinar o estágio de maturidade. Entretanto, as conclusões desses estudos ainda não são consensuais quanto à validade de tais métodos na determinação do estágio de maturidade. Por outro lado, os estudos que focalizaram as idades ósseas são também consideravelmente frequentes, apresentando resultados mais favoráveis à sua utilização na avaliação da maturação ou maturidade.

Quadro 1.2 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade óssea.

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MO	IO – Greulich & Pyle	antropometria	8 19	masculino feminino	1-16 anos	(Koda & Barbieri, 1983)
MO	IO – Fels	crescimento e composição corporal	24 23	masculino feminino	10 – 14 anos	(Roemmich, Clark, Weltman, & Rogol, 1997)
MO	IO – Greulich & Pyle	metodologia	26 21	masculino feminino	0 – 19 anos	(Groell et al., 1999)
MO	IO – Tanner e Whitehouse	alterações epifisiais	201	feminino	13 – 18 anos	(Beunen, Malina, Claessens, Lefevre, & Thomis, 1999)
MO	IO – Greulich & Pyle	mão direita x esquerda	1	feminino	8 anos	(Kovi et al., 2000)
MO	IO – Tanner e Whitehouse2	antropometria estado nutricional sucesso escolar	78 90	masculino feminino	6 – 10 anos	(Fragoso et al., 2002)
MO	IO – Grave-Brown	metodologia	111 129	masculino feminino	7 – 16 anos	(Schusterchitz & Haiter Neto, 2002)
MO	IO – Tanner e Whitehouse2	antropometria estado nutricional	78 90	masculino feminino	6 – 10 anos	(Vieira et al., 2002)
MO	IO – Greulich & Pyle e Eklöf & Ringertz	metodologia	114 130	masculino feminino	7 – 16 anos	(Moraes et al., 2003)
MO	IO - Fels	antropometria (IMC) somatotipo	66 24	masculino feminino	8 - 17 anos 8 – 14 anos	(Reyes & Malina, 2004)
MO	IO – Tanner e Whitehouse3	antropometria velocidade força impulsão vertical	62	masculino	13 – 16 anos	(Capela et al., 2005)
MO	IC – Razão carpal/(rádio/ulna)	metodologia	89 61	masculino feminino	5 – 17 anos	(Cameriere, Ferrante, Mirtella et al., 2006)
MO	IO – Eklöf & Ringertz e Greulich & Pyle	metodologia e desenvolvimento físico	49 51	masculino feminino	4 – 12 anos	(Oliveira et al., 2006)
MO	Tanner e Whitehouse2 x Tanner e Whitehouse3	metodologia	111 129	masculino feminino	7 – 17 anos	(Ortega et al., 2006)

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MO	IO – Fels	testosterona puberdade	30	meninos	9 – 14 anos	(Flor-Cisneros, Roemmich, Rogol, & Baron, 2006)
MO	IO - Björk-Grave MVC – Hassel-Farman	metodologia e IC	213 290	masculino feminino	5 – 24 anos	(Uysal, Ramoglu, Basciftci, & Sari, 2006)
MO	IO - Tanner e Whitehouse3	autoestima	261 232	masculino feminino	8 – 11 anos	(Barrigas et al., 2007)
MO	IO – Greulich & Pyle	metodologia PVCM	94	masculino	4 – 18 anos	(Hunter, Baumrind, Popovich, & Jorgensen, 2007)
MO	IO –Greulich & Pyle	idade forense estimada	251 492	masculino feminino	11 – 18 anos	(Buken, Safak, Yazici, Buken, & Mayda, 2007)
MO	MVC	erupção do canino maxilar	63 89	masculino feminino	9 – 14 anos	(Baccetti, Franchi, De Lisa, & Giuntini, 2008)
MO	IO – Greulich & Pyle	metodologia	780 592	masculino feminino	0 – 20 anos	(Chaumoitre et al., 2008)
MO	MVC	fases da dentição	125 125	meninos meninas	5 – 16 anos	(Franchi, Baccetti, De Toffol, Polimeni, & Cozza, 2008)
MO	IO – Greulich & Pyle IMVC – Hassel-Farman	metodologia	66 74	masculino feminino	4 – 14 anos	(Moscatiello et al., 2008)
MO	IO – Tanner e Whitehouse3	antropometria atividade física ingestão alimentar	41 45	masculino feminino	8 – 9 anos	(Fragoso et al., 2008)
MO	IO – ultra-som e Greulich-Pyle	metodologia	50 50	masculino feminino	2 – 19 anos	(Khan et al., 2008)
MO	IO – NTUH-SM1 MVC	metodologia	330 379	masculino feminino	8 – 18 anos	(Lai et al., 2008)
MO	IO – Greulich & Pyle ID – Haavikko – Demirjian – Willens	metodologia	134 25	masculino feminino	14 – 19 anos 11 – 19 anos	(Lynnerup, Belard, Buch-Olsen, Sejrsen, & Damgaard-Pedersen, 2008)

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MO	MVC	níveis de IGF-I	87	masculino feminino	5 – 25 anos	(Masoud, Masoud, Kent, Gowharji, & Cohen, 2008)
MO	Índices de Maturação: Esquelética – Fishman da Vértebra Cervical	metodologia	303 442	meninos meninas	10 – 17 anos 8 – 15 anos	(Soegiharto, Moles et al., 2008)
MO	Índices de Maturação: Esquelética – Fishman da Vértebra Cervical	metodologia	303 442	meninos meninas	10 – 17 anos 8 – 15 anos	(Soegiharto, Cunningham et al., 2008)
MO	ID – Demirjian	metodologia	457 443	masculino feminino	4 – 12 anos	(Tunc & Koyuturk, 2008)
MO MM	estágio de desenv. ósseo PVE	metodologia	122 90	masculino feminino	6 – 20 anos longitudinal	(Hagg & Taranger, 1980b)
MM MO MS	PVE IO - Tanner e Whitehouse menarca;	desenvolvimento dental	122 90	masculino feminino	0 – 18 anos longitudinal	(Hägg & Taranger, 1982)
MD	CSS - mudança na voz					
MO MD	IO – Greulich & Pyle ID – Nolla	metodologia	153	ambos	8 – 12 anos	(Sierra, 1987)
MM MO	EA – Bayley-Pineau IO – Greulich & Pyle	metodologia	72	feminino	x longitudinal	(Bar, Linder, Sobel, Saenger, & DiMartino-Nardi, 1995)
MD MO	ID IO – Greulich & Pyle	metodologia - acurácia	38 34	masculino feminino	12 – 19 anos	(Kullman, 1995)
MD MO	ID – Demirjian IO - Greulich & Pyle	metodologia	93 91	masculino feminino	5 – 15 anos	(Koshy & Tandon, 1998)
MO MS	IO – Tanner e Whitehouse3 CSS – PP e DP	antropometria (IMC) impulsão vertical força (dinamometria mãos e membros inferiores)	71	masculino	13 – 16 anos	(Fragoso et al., 2004)

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MM	PVE	potência aeróbia	210	masculino	10 – 18 anos	(Geithner et al., 2004)
MO	IO – Tanner e Whitehouse2			feminino	longitudinal	
MO	IO – Tanner e Whitehouse3	metodologia	15	meninos	13 – 14 anos	(Oliveira Junior et al., 2005)
MS	CSS – DP e PP					
MM	EA -Preece-Baines	crescimento	15	feminino	6 – 12 anos	(Thomis et al., 2005)
MS	PVE					
MO	menarca					
MO	IO - Tanner e Whitehouse2	revisão das metodologias				(Beunen et al., 2006)
MS	IO – Greulich & Pyle; Tanner e					
MM	Whitehouse					
MD	CSS					
MH	PVC					
	Demirjian					
MO	testosterona	crescimento	150	feminino	14 – 18 anos	(Claessens et al., 2006)
MS	IO – Tanner e Whitehouse2					
MD	menarca	crescimento facial	295	masculino	7 -18 anos	(Basaran et al., 2007)
MO	ID – Demirjian					
MO	IMVC - Lamparski	metodologia	89	masculino	5 – 15 anos	(Cameriere & Ferrante, 2008)
MD	IC – Razão carpal/(rádio/ulna)					
MD	desenvolvimento ápice/raiz	ID – Demirjian / Willems	61	feminino		

Legenda: MD = maturidade dental; MH = maturidade hormonal; MM = maturidade morfológica; MO = maturidade óssea; MS = maturidade sexual; MVC = maturidade da vértebra cervical; EA = estatura em adulto; IMVC = índice de maturação da vértebra cervical; PVE = pico na velocidade em estatura; PVC = pico na velocidade de crescimento da mandíbula; IC = idade cronológica; IO = idade óssea; CSS = características sexuais secundárias; PA = pilosidade axilar; PF = pilosidade facial; PP = pilosidade pubiana; DP = desenvolvimento do pênis; DM = desenvolvimento das mamas nd = não disponível

MATURIDADE DENTÁRIA

O desenvolvimento dentário também é utilizado como indicador maturacional. A maturidade dentária tem sido calculada tradicionalmente pelas idades de erupção dos dentes decíduos e/ou permanentes, o número de dentes presentes em certa idade cronológica, ou a idade na qual um número específico de dentes tenha aflorado. O rompimento da gengiva é frequentemente chamada erroneamente de erupção, uma vez que representa apenas um estágio do processo contínuo de erupção dental ou de migração para alcançar o estágio de oclusão. O rompimento pode ser influenciado por ancilose, extração precoce ou tardia dos dentes decíduos, impacto e empurrão dos dentes permanentes. Entretanto, se o aparecimento é usado como critério de avaliação da idade dental, ele somente pode ser aplicado até a idade de 30 meses (conclusão da dentição decídua) e após a idade de 6 anos (erupção do primeiro molar) (Demirjian, Goldstein, & Tanner, 1973).

Muitos estudos (Franchi, Baccetti, & McNamara, 2001; Kolltveit, Solheim, & Kvaal, 1998; Olze et al., 2005; Rai & Anand, 2006) têm investigado a associação entre a emergência e a formação da raiz. A emergência visível geralmente ocorre quando a formação da raiz está $\frac{3}{4}$ completada, entretanto variações consideráveis têm sido observadas (Demirjian et al., 1973). A erupção é só um evento no processo de calcificação dos dentes e possui limitado significado biológico. Além disso, os critérios para erupção dentária variam, por exemplo, da perfuração inicial da linha da gengiva até a completa erupção (Beunen et al., 2006). A maturidade dental também é observada com fins forenses, buscando estimar a idade cronológica de indivíduos abaixo e acima dos vinte anos (Cameriere, Ferrante, & Cingolani, 2006; Cameriere, Ferrante, Mirtella et al., 2006; Heuze & Cardoso, 2008; Mesotten, Gunst, Carbonez, & Willems, 2002, 2003; Solheim & Vonen, 2006).

A calcificação dental, como avaliada em radiografia, também promove uma indicação de estado de maturidade. Demirjian et al. (1973) desenvolveram uma escala de maturidade dental, baseada nos princípios do método de Tanner-Whitehouse (TW1) para avaliação de idade esquelética. O procedimento requer uma radiografia panorâmica dos sete dentes em um quadrante da boca (dois incisivos, o canino, dois pré-molares e os primeiro e segundo molares). Como no sistema de Tanner-Whitehouse, indicadores específicos de maturidade são identificados para cada dente, os estágios são classificados em uma escala de maturidade para cada dente, e os escores são subseqüentemente somados para prover um escore global de maturidade dental (Beunen et al., 2006).

A erupção e calcificação dos dentes refletem a maturação da dentição. Os dentes decíduos afloram aproximadamente entre os 6 e 30 meses, enquanto os dentes permanentes (exceto os terceiros molares) afloram aproximadamente entre os 6 e 13 anos de idade. A calcificação da dentição permanente começa no início da gestação e continua em média até aproximadamente os 16 anos de idade. Similarmente aos critérios para maturidade esquelética e sexual, os estágios de calcificação são discretos e os critérios são um pouco arbitrários. A diferença entre sexos na maturação dental

é menos pronunciada que para outros sistemas de maturidade (Beunen et al., 2006; Demirjian, 1986). As correlações entre as idades dental (baseado em calcificação, Método de Demirjian) e esquelética (baseado no método de Tanner-Whitehouse) são geralmente reduzidas em crianças de 7 a 13 anos de idade, devido as diferentes origens dos folhetos germinativos, ectoderme para os dentes e mesoderme para os ossos (Demirjian, 1986). Talvez a limitada faixa etária utilizada no estudo de Basaran et al. (2007) tenha provocado a distorção na análise. A maturidade dental (as idades nas quais os indivíduos atingem 14, 20 e 26 dentes permanentes) geralmente é independente das maturidades sexual, esquelética e somática durante a adolescência masculina (Beunen et al., 2006; Bielicki, Koniarek, & Malina, 1984).

Em estudo transversal com 590 crianças turcas de ambos os sexos e dos 7 aos 8 anos de idade, Basaran et al. (2007) compararam avaliações maturacionais realizadas através das vértebras cervicais com as realizadas através dos dentes, de acordo com o método de Demirjian (Demirjian et al., 1973). Os resultados obtidos apontaram para uma alta correlação (0,699 para meninos e 0,703 para meninas) entre a calcificação dos primeiros molares e os estágios de desenvolvimento das vértebras cervicais.

A avaliação da idade dental segundo a metodologia proposta por Demirjian et al. (1973) superestimou a maturidade em crianças caucasianas belgas, sugerindo que haja diferenças populacionais nas taxas de desenvolvimento dental (Willems, Van Olmen, Spiessens, & Carels, 2001). Em seu trabalho original, Demirjian et al. (1973) relataram a possibilidade de os padrões obtidos em uma grande amostra de origem franco-canadense poderem não ser válidos em outras populações. Essa possibilidade é reforçada quando se sabe que existem diferenças no desenvolvimento dental entre grupos de diferentes origens étnicas (australianos, belgas, ingleses, finlandeses, franceses, franco-canadenses e sul coreanos) (Chaillet, Nystrom & Demirjian, 2005).

A relação entre as quatro fases de dentição (precoce, intermediária e tardia mista e permanente) e a maturidade esquelética (maturação das vértebras cervicais) foi analisada por Franchi et al. (2008), os quais identificaram uma forte correlação entre a fase precoce mista de dentição com o estágio pré-púbere de maturidade esquelética. As demais fases de dentição foram muito fracas na identificação dos estágios de maturidade esquelética, assim como na identificação do início do estirão de crescimento. Já a erupção do canino permanente pode ocorrer em qualquer estágio de maturação da vértebra cervical, antes do fim do estirão de crescimento (Baccetti et al., 2008).

O Quadro 1.3 apresenta um resumo das características de estudos baseados na maturidade dental. Apesar de haver muitos estudos de maturação biológica com enfoque odontológico, poucos utilizam o desenvolvimento dental como indicador maturacional. Além disso, os poucos estudos existentes distribuem-se ao longo dos anos, não havendo concentração em qualquer período. Nos últimos anos observa-se que poucos estudos com determinação da idade dental foram publicados, o que demonstra o pequeno interesse dos

Quadro 1.3 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade dental.

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MD	ID – Demirjian	metodologia	1446	masculino	2 – 20 anos	(Demirjian et al., 1973)
			1482	feminino		
MD	ID – Demirjian	metodologia - validação	1209	masculino	3 – 18 anos	(Willems et al., 2001)
			1087	feminino		
MD	ID	metodologia – revisão	nd	nd	nd	(Willems, 2001)
MD	IC – desenvolvimento molar	metodologia	498	masculino	16 – 22 anos	(Mesotten et al., 2002)
			677	feminino		
MD	IC – desenvolvimento molar	metodologia	1055	masculino	15 – 22 anos	(Mesotten et al., 2003)
			1458	feminino		
MD	ID – Demirjian	metodologia	1268	masculino	2 – 18 anos	(Chaillet, Willems, & Demirjian, 2004)
			1255	feminino		
MD	ID - Kvaal	metodologia	102	masculino	19 – 75 anos	(Bosmans, Ann, Aly, & Willems, 2005)
			95	feminino		
MD	IO – Demirjian	metodologia	9577	masculino feminino	2 -25 anos	(Chaillet et al., 2005)
MD	ID – desenvolvimento molar	IC	650	masculino feminino	18 – 30 anos	(Olze et al., 2005)
MD	IO – Demirjian	crescimento	256	masculino feminino	8 – 9 anos	(Neves et al., 2005)
MD	desenvolvimento ápice/raiz	metodologia	213	masculino	5 – 15 anos	(Cameriere, Ferrante, & Cingolani, 2006)
			242	feminino		
MD	ID – Demirjian	metodologia	491	masculino	3 – 17 anos	(Maber, Liversidge, & Hector, 2006)
			455	feminino		
MD	IC - Cameriere	metodologia	355	masculino	5 – 15 anos	(Cameriere, Ferrante, Liversidge, Prieto, & Brkic, 2008)
			401	feminino		
MD	ID – Bayesian	IC	16	masculino feminino	3 – 15 aqnos	(Heuze & Cardoso, 2008)
MD	ID – Demirjian	metodologia	1323	masculino	1 – 20 anos	(Lee, Lee, Lee, Park, & Kim, 2008)
			1383	feminino		

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MM	PVE					
MO	IO - Tanner e Whitehouse	desenvolvimento dental	122	masculino	0 – 18 anos longitudinal	(Hägg & Taranger, 1982)
MS			90	feminino		
MD	CSS - mudança na voz					
MO	IO – Greulich-Pyle	metodologia	153	masculino	8 – 12 anos	(Sierra, 1987)
MD	ID – Nolla			feminino		
MD	ID	metodologia - acurácia	38	masculino	12 – 19 anos	(Kullman, 1995)
MO	IO – Greulich & Pyle		34	feminino		
MD	ID – Demirjian	metodologia	93	masculino	5 – 15 anos	(Koshy & Tandon, 1998)
MO	IO - Greulich & Pyle		91	feminino		
MO	IO – Greulich & Pyle; Tanner e Whitehouse	revisão das metodologias				(Beunen et al., 2006)
MS			CSS			
MM	PVE					
MD	Demirjian					
MH	testosterona					
MD	ID – Demirjian	crecimento facial	295	masculino	7 -18 anos	(Basaran et al., 2007)
MO	IMVC - Lamparski		295	feminino		
MO	IC – Razão carpal/(rádio/ulna)	metodologia	89	masculino	5 – 15 anos	(Cameriere & Ferrante, 2008)
MD	desenvolvimento ápice/raiz	ID – Demirjian / Willems	61	feminino		

Legenda: MD = maturidade dental; MH = maturidade hormonal; MM = maturidade morfológica; MO = maturidade óssea; MS = maturidade sexual; MVC = maturidade da vértebra cervical; EA = estatura em adulto; IMVC = índice de maturação da vértebra cervical; PVE = pico na velocidade em estatura; PVCM = pico na velocidade de crescimento da mandíbula; IC = idade cronológica; IO = idade óssea; CSS = características sexuais secundárias; PA = pilosidade axilar; PF = pilosidade facial; PP = pilosidade pubiana; DP = desenvolvimento do pênis; DM = desenvolvimento das mamas nd = não disponível

pesquisadores por esse tipo de abordagem para a avaliação da maturação. Pode ser que a exposição da cabeça à radiação, mesmo que em menor intensidade como nas radiografias panorâmicas, contribua para a não aplicação em maior escala destes métodos.

MATURIDADE MORFOLÓGICA OU SOMÁTICA

A avaliação do nível maturacional através da idade morfológica baseia-se no pressuposto de que as alterações da velocidade de crescimento longitudinal e de outras medidas lineares, tais como altura troncocefálica (sentado) e comprimento dos membros inferiores, apresentadas por um indivíduo ao longo do seu processo de crescimento refletem a sua evolução maturacional (Malina et al., 2005; Beunen et al., 2006; Vieira et al., 2006). Entretanto, uma vez que todos os indivíduos adultos não são iguais, o tamanho corporal isoladamente não é um indicador válido da maturidade biológica (Beunen et al., 2006).

O salto ou surto na velocidade de crescimento (SVC) indica um período da puberdade no qual a velocidade de crescimento aumenta e durante o qual ocorre o PVE. Nesse momento, no qual a velocidade de crescimento alcança o seu maior valor, representa-se a idade do pico da velocidade de crescimento (PVC). Para Petersen et al. (1988), o PVC é especialmente relevante como uma medida do momento puberal.

Durante o crescimento extrauterino a estatura e a massa corporal aumentam gradualmente, existindo momentos em que a velocidade de crescimento em estatura ou dos segmentos corporais aumenta substancialmente. O primeiro momento, menos intenso, é chamado salto da velocidade de crescimento pré-púbere ou crescimento intermediário (6 a 8 anos). A sua identificação, após ele ter ocorrido, pode ser difícil, uma vez que os aumentos na taxa de crescimento são frequentemente pequenos para serem clinicamente perceptíveis, especialmente nas meninas. O segundo momento ocorre durante a puberdade, podendo a velocidade de crescimento alcançar 7-10 cm/ano, com ligeira desvantagem para as meninas (Duarte, 1993; Eveleth & Tanner, 1990; Hägg & Taranger, 1982; Hauspie, 2002). O segundo aumento na velocidade de crescimento, mais intenso e tardio nos meninos, dá início ao salto de crescimento púbere, primeiro em estatura e depois em massa corporal (Malina, 2004). O PVC ocorre quando o crescimento linear atinge aproximadamente 92% da estatura em adulto (Preece & Baines, 1978).

A utilização de medidas corporais implica a obtenção de dados antropométricos individuais ao longo de um período de um ano ou mais (Vieira & Fragoso, 2006). Um acompanhamento longitudinal é necessário (Malina, 2004), sendo desejável um intervalo máximo de seis meses para o melhor acompanhamento das alterações. A avaliação de maturidade somática baseada nos parâmetros da curva de crescimento é limitada ao período da puberdade, e são considerados apenas um ou dois eventos biológicos (Beunen et al., 2006). Quando se consegue obter um valor preditivo da estatura final em adulto de crianças ou adolescentes a percentagem da estatura adulta alcançada em uma determinada idade pode ser usada como indicador de maturidade (Beunen et al., 2006; Hauspie, 2002).

Os indicadores de maturação somática mais utilizados são (Malina et al., 2005; Beunen et al., 2006; Vieira et al., 2006): a) idade de início do aumento da velocidade de crescimento púbere (primeiro ponto de inflexão na curva de crescimento púbere - SVC); b) idade em que se atinge a velocidade máxima de crescimento púbere (segunda inflexão na curva de crescimento púbere - idade do PVC); c) percentagem da estatura em adulto atingida até um determinado momento; d) idade morfológica que se obtém ao justapor a estatura alcançada pelo jovem num determinado momento, com valores de referência das curvas de crescimento.

Embora a estatura não seja um indicador de maturidade, quando comparada com referências por idade e sexo, é possível observar se o crescimento do indivíduo está dentro dos valores médios, acelerado ou atrasado (Hägg & Taranger, 1982). Esta conclusão só parece ser possível se observada a mudança na posição percentil nas curvas de crescimento de referência, e não o valor absoluto da estatura. Assim, o pico na velocidade de crescimento foi utilizado para determinar a idade biológica em estudos envolvendo atividade física (Thompson, Baxter-Jones, Mirwald, & Bailey, 2003) e ganho de mineral ósseo em ginastas do sexo feminino e não atletas (Nurmi-Lawton et al., 2004). Dois meninos da mesma idade cronológica podem ter a mesma estatura, mas um pode estar mais perto de estatura madura que o outro. O menino que está mais perto é avançado em sua maturidade comparado com o menino que está mais distante da estatura madura (Malina et al., 2007; Tanner, 1962). Desta forma, um método preciso de estimativa da estatura em adulto precisa incorporar um indicador de maturidade biológica (Sherar, Mirwald, Baxter-Jones, & Thomas, 2005).

A utilização da percentagem de estatura de adulto como um indicador de maturidade somática é uma técnica indireta que requer a estimativa de maturação esquelética (Roche, Wainer, & Thissen, 1975; Tanner et al., 2001), pelo menos para os sistemas mais precisos. Também é possível estimar a maturidade sem a utilização da idade esquelética (Beunen et al., 1997; Khamis & Roche, 1994). Dois protocolos de predição sem IO incluem: (1) idade, estatura, massa corporal e estatura média dos pais para jovens dos 4 aos 17 anos (Khamis & Roche, 1994; Roche, Tyleshevski, & Rogers, 1983); e (2) estatura, altura sentada e dobras cutâneas tricipital e subescapular em meninos dos 13 aos 16 anos (Beunen et al., 1997). Com ou sem idade esquelética podem ser aplicados ao longo da maior parte do período de maturação, começando na infância, além de refletirem o progresso para maturidade de uma importante característica biológica (Beunen et al., 2006).

Entre os métodos baseados nas idades cronológica e óssea e na estatura alcançada, o método de Bayley e Pinneau é mais frequentemente utilizado para predição da estatura em adulto, embora não seja o mais acurado (Khamis & Roche, 1994). Bar et al. (1995) mostraram que o método de Bayley e Pinneau foi preciso na estimativa da estatura em adulto, num estudo em que acompanharam, ao longo de 39 anos (1955 a 1994), 72 meninas com puberdade precoce.

Considerado o método mais acurado para crianças que não possuem condições patológicas importantes que alterem o potencial de crescimento em

estatura, o método Roche-Wainer-Thissen (RWT) baseia-se em regressão linear incluindo as variáveis: média de estatura dos pais biológicos, estatura atual, massa corporal e idade óssea determinada pelo método Greulich-Pyle (Khamis & Roche, 1994). A partir de uma modificação do método RWT, visando simplificá-lo com a exclusão da idade óssea, o método Khamis-Roche (Khamis & Roche, 1994) foi desenvolvido com crianças norte-americanas brancas e saudáveis (223 meninos e 210 meninas) participantes do Fels Longitudinal Study, valendo-se das seguintes variáveis: estatura atual, massa corporal, idade cronológica e média da estatura dos pais biológicos, ajustada por sexo. Este método é aplicável em crianças dos 4,0 aos 7,5 anos de idade, sendo o mais preciso para predição da estatura em adulto sem a idade óssea. Aplicado em 582 jogadores de futebol americano com 9 a 14 anos de idade, revelou-se um razoável indicador do estado de maturidade (Malina et al., 2005).

Já Mirwald, Baxter-Jones, Bayley e Beunen (2002) desenvolveram um método simples e não invasivo para avaliar o estado maturacional (maturity offset) em 113 meninos e 115 meninas com idades próximas à idade do PVE. Para tanto, partiu-se estatura e outras dimensões somáticas (altura troncocefálica e comprimento do membro inferior), obtidas duas vezes por ano no período de 1991 a 1997. As informações provenientes de três estudos longitudinais proporcionaram uma oportunidade única de desenvolver equações preditivas e aplicá-las na amostra.

Fatores como a impossibilidade de avaliar crianças adotadas ou crianças cujas estaturas dos pais não sejam conhecidas limita a utilização destas técnicas. A estatura relatada pelos pais é outro fator que tende a enfraquecer a precisão da abordagem, mesmo com os fatores de correção propostos.

O Quadro 1.4 apresenta um resumo das características de estudos baseados na maturidade morfológica. A importância e a preferência deste método estão ressaltadas pela quantidade de estudos que se basearam nesse critério para identificar a maturação. Entretanto, essa preferência está em grande parte associada a uma compreensível tendência de se buscarem métodos não invasivos, embora em detrimento da precisão. Apesar de muitos estudos longitudinais terem sido recentemente apresentados, seus resultados limitam-se às características das amostras observadas. Grandes grupos foram acompanhados por períodos consideráveis, mas os dados para aquela amostra específica não deveriam ser extrapolados, a não ser com grandes cuidados, para outros grupos populacionais.

Quadro 1.4 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade morfológica.

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MM	EA	CSS – PP, DM e menarca IO	119	feminino	8 – 20 anos longitudinal	(Onat, 1975)
MM	EA- TW1 e TW2	IO RUS	71	masculino	11 – 12 anos	(Cameron, Mirwald, Bailey, & Davies, 1985)
MM	EA - Khamis-Roche Roche-Wainer-Thissen	metodologia	223 210	masculino feminino	3 – 18 anos longitudinal	(Khamis & Roche, 1994)
MM	PVE	desenvolvimento do sinus frontal	53	masculino	12 -17 anos longitudinal	(Ruf & Pancherz, 1996)
MM	EA –Roche-Wainer-Thissen	habilidade motora	11 6	masculino feminino	6 e 10 anos	(Moreira, Fragoso, & Neto, 1997)
MM	PVE	atividade física, conteúdo mineral ósseo e sexo	60 53	masculino feminino	8 – 14 anos longitudinal	(Bailey, McKay, Mirwald, Crocker, & Faulkner, 1999)
MM	PVE – Mirwald	pico da taxa de deposição de cálcio	60 53	masculino feminino	8 – 14 anos	(Bailey, Martin, McKay, Whiting, & Mirwald, 2000)
MM	EA – Preece-Baines PVE	crescimento	198	masculino feminino	10 – 18 anos	(Beunen et al., 2000)
MM	EA -Preece-Baines	crescimento	818	masculino	7 – 16 anos	(de Onis, Dasgupta, Saha, Sengupta, & Blossner, 2001)
MM	PVE – Mirwald	potência aeróbia	73	masculino	8 – 16 anos longitudinal	(Beunen et al., 2002)
MM	EA -Preece-Baines	maturação biológica	79 73	masculino feminino	8 – 16 anos longitudinal	(Mirwald et al., 2002)
MM	PVE – Mirwald	conteúdo mineral ósseo	85 67	masculino feminino	8 – 19 anos longitudinal	(Baxter-Jones, Mirwald, McKay, & Bailey, 2003)
MM	PVE	força óssea	113 115	masculino feminino	8 – 20 anos longitudinal	(Forwood et al., 2004)
MM	PVE – Mirwald	maturidade biológica	171 245	masculino feminino	9 – 23 anos 7 – 22 anos	(Simmons, White, & Stager, 2004)
MM	PVE	conteúdo mineral ósseo	220	masculino feminino	8 – 14 anos	(Whiting et al., 2004)

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MM	EA	maturidade biológica e características físicas	653	masculino	9 -15 anos	(Malina et al., 2005)
MM	PVE	crescimento	224	masculino	7 – 9 anos	(Sherar et al., 2005)
			120	feminino	longitudinal	
MM	EA – Khamis-Roche	percepção de autonomia	43	masculino	9 – 15 anos	(Cumming, Battista, Standage, Ewing, & Malina, 2006)
		IMC	70	feminino		
MM	PVE	atividade física	109	masculino	8 – 22 anos	(Forwood et al., 2006)
		força óssea	121	feminino	longitudinal	
MM	PVE-Preece-Baines	metodologia	15	feminino	6 – 18 anos	(Malina et al., 2006)
					longitudinal	
MM	PVE -	conteúdo mineral ósseo		feminino	8 – 14 anos	(Matthews et al., 2006)
					longitudinal	
MM	PVE – Mirwald	gordura corporal, consumo de açúcar e atividade física	105	feminino	8 – 22 anos	(Mundt et al., 2006)
					longitudinal	
MM	PVE	atividade física	194	masculino	8 – 13 nos	(Sherar, Esliger, Baxter-Jones, & Tremblay, 2007)
			207	feminino		
MM	PVE	atividade física e IMC	207	masculino	7 – 16 anos	(Sherar, Mirwald, Erlandson, & Baxter-Jones, 2007)
					longitudinal	
MM	EA – Khamis-Roche	maturação biológica	143	masculino	9 – 14 anos	(Malina et al., 2007)
MM	PVE	MCM	108	masculino	8 – 22 anos	(Baxter-Jones, Eisenmann, Mirwald, Faulkner, & Bailey, 2008)
			113	feminino	longitudinal	
MM	PVE	densidade óssea	72	masculino	8 – 22 anos	(Baxter-Jones, Kontulainen, Faulkner, & Bailey, 2008)
			82	feminino	longitudinal	
MM	PVE -	rendimento	103	masculino	13 – 15 anos	(Cumming, Standage, Gillison, & Malina, 2008)
			83	feminino		
MM	PVE	conteúdo mineral ósseo	98	masculino	7 – 10 anos	(Gunter et al., 2008)
			107	feminino	longitudinal	

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MO	estágio de desenv. ósseo	metodologia	122	masculino	6 – 20 anos	(Hagg & Taranger, 1980b)
MM	PVE		90	feminino	longitudinal	
MS	menarca	metodologia	122	masculino	6 – 20 anos	(Hagg & Taranger, 1980a)
MM	mudança na voz		90	feminino	longitudinal	
MM	PVE	desenvolvimento dental	122	masculino	0 – 18 anos	(Hägg & Taranger, 1982)
MO	IO – Tanner e Whitehouse		90	feminino	longitudinal	
MS	menarca;					
MD	CSS - mudança na voz					
MM	EA – Bayley-Pineau	metodologia	72	feminino	nd	(Bar et al., 1995)
MO	IO – Greulich & Pyle				longitudinal	
MM	PVE	potência aeróbia	210	masculino	10 – 18 anos	(Geithner et al., 2004)
MO	IO – TW2			feminino	longitudinal	
MS	CSS – PP, PF e PA	metodologia	83	masculino	8 – 21 anos	(Sherar et al., 2004)
MM	CSS - PP e menarca			75	feminino	
MM	PVE	crescimento	15	feminino	6 – 12 anos	(Thomis et al., 2005)
MS	menarca					
MO	IO - Tanner-Whitehouse 2					
MO	IO – Greulich & Pyle; Tanner e	revisão das metodologias				(Beunen et al., 2006)
MS	Whitehouse					
MM	CSS					
MD	PVE					
MH	Demirjian					
	testosterona					

Legenda: MD = maturação dental; MH = maturação hormonal; MM = maturação morfológica; MO = maturação óssea; MS = maturação sexual; EA = estatura em adulto; PVE = pico na velocidade em estatura; IC = idade cronológica; IO = idade óssea; CSS = características sexuais secundárias; PA = pilosidade axilar; PF = pilosidade facial; PP = pilosidade pubiana; DP = desenvolvimento do pênis; DM = desenvolvimento das mamas nd = não disponível

MATURIDADE HORMONAL E QUÍMICA

O crescimento e a maturação em adolescentes seguramente dependem de um específico eixo hipotalâmico-pituitário-gonadal (Beunen et al., 2006). Tendo em vistas a característica da amostra utilizada neste estudo ser do sexo masculino, abordaremos a seguir os aspectos da maturidade hormonal e química apenas para este sexo.

Durante muito tempo acreditou-se simplesmente que os testículos amadureciam no período imediatamente anterior à puberdade, aumentando assim a produção dos hormônios sexuais masculinos. Entretanto, o aumento da testosterona induzida em crianças pré-púberes leva à inibição do hipotálamo, demonstrando que seu amadurecimento também é importante ao processo maturacional (Guyton, 1984).

O processo da puberdade é disparado pelo aumento da liberação do hormônio liberador do hormônio luteinizante (HLHL) e do hormônio liberador da gonadotrofina (HLGn) pelo hipotálamo, em um processo cujo estímulo ainda não está esclarecido. A liberação pelo hipotálamo destes dois hormônios induz a hipófise anterior a aumentar a liberação do hormônio folículo-estimulante (HFE) e do hormônio luteinizante (HL). O HFE induz a proliferação do epitélio germinativo dos túbulos seminíferos, ao mesmo tempo em que estimula as células de Sertoli. Estas, por sua vez, proporcionam a nutrição para os espermatozóides em desenvolvimento. O HL estimula a hiperplasia das células de Leydig nos testículos, bem como a produção de testosterona. A testosterona, então, retroalimenta de forma negativa o hipotálamo, inibindo a produção do HLHL e limitando o índice de produção da testosterona. Por outro lado, quando a produção de testosterona está muito baixa, a falta de inibição do hipotálamo leva à subsequente volta da secreção de testosterona a níveis normais (Delemarre-van de Waal, 2002; Schoeters, Den Hond, Dhooge, van Larebeke, & Leijs, 2008).

Secretada pelos testículos, a testosterona é o mais abundante e potente andrógeno, sendo por isso considerada significativamente responsável pelos efeitos hormonais masculinos. Sua secreção pelas células intersticiais de Leydig é maior no recém-nato e no adulto masculino após a puberdade. Após a secreção pelos testículos, a testosterona circula na corrente sanguínea durante 15 a 30 minutos, antes de fixar-se aos tecidos ou ser degradada em produtos inativos e ser excretada. A secreção de testosterona pela crista genital recém-diferenciada, por volta da sétima semana de vida embrionária, é responsável pelo aparecimento dos caracteres sexuais masculinos e supressão da formação dos órgãos genitais femininos (Delemarre-van de Waal, 2002).

Nos primeiros dias após o parto, o alto nível inicial de testosterona diminui, aumentando novamente para aproximadamente 8 nmol/L (230 ng/dL) entre 3 e 12 semanas de vida (Winter, 1972). Ao observar 630 meninos dinamarqueses e finlandeses com 3 meses de idade, Boas et al. (2006) encontraram valores de testosterona mediana de 3,23 nmol/l, com percentis 2,5 e 97,5 de 0,60 e 7,79 nmol/l, respectivamente, demonstrando uma grande variabilidade nas concentrações plasmáticas. Esse comportamento foi corroborado pelo estudo de Tsolakis et al. (2003) com 80 meninos pré-púberes de 11 a 13 anos de

idade, sedentários e praticantes de várias modalidades esportivas, nos quais os valores da concentração de testosterona variaram de 3nmol/L (levantadores de peso) a 17nmol/L (remadores). Durante o período quiescente do nascimento à primeira infância e do desenvolvimento pubescente (o chamado hiato pré-púbere ou pausa juvenil), as estruturas e caminhos para a síntese, secreção e ação dos andrógenos estão presentes e ativos, mas em um nível muito baixo (Beunen et al., 2006). O início da puberdade pode ser definido pela concentração sérica de testosterona maior ou igual a 30ng/dL (Flor-Cisneros et al., 2006).

Durante a puberdade os níveis de testosterona elevam-se exponencialmente, enquanto o eixo hipotalâmico-pituitário-gonadal recobra o estado ativo. Primeiro, há apenas pequenos pulsos de LH, o que estimula os testículos a produzir pequenos, mas mensuráveis, níveis de testosterona. Desde a prépuberdade, o sistema de controle de feedback negativo está operante e muito sensível a oscilações. Os baixos níveis de testosterona são capazes de reduzir a secreção do hormônio liberador da gonadotrofina (GnRH) e, então, reduzir a liberação de LH. À medida que os meninos maturam, o pulso gerador de GnRH opera mais como o gerador adulto, e os baixos, mas crescentes, níveis de testosterona não são mais capazes de ativar o controle de feedback negativo. A soma destes dois processos aumenta a produção de testosterona, a princípio apenas à noite (com o primeiro pulso no primeiro episódio de sono profundo), e então durante o dia, mas com uma variação muito distinta entre dia (manhã cedo) e noite (diferença de até 10 vezes). Com a maturação 'completa' há flutuações na concentração de testosterona (talvez 40%) durante as 24 horas e uma pequena variação diurna, com maiores níveis pela manhã cedo (Beunen et al., 2006; Styne & Grumbach, 2002).

Após a puberdade, a testosterona faz o pênis, o escroto e os testículos aumentarem de tamanho cerca de oito vezes até a idade adulta. Ela provoca, ao mesmo tempo, o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas, começando na puberdade e terminando na maturidade (Beunen et al., 2006; Pomerants, Tillmann, Jurimae, & Jurimae, 2007; Reynolds et al., 2007; Styne & Grumbach, 2002). Níveis mais elevados de testosterona foram encontrados em meninos com espermatúria (Mol et al., 2002), o que sustenta a utilização da testosterona como indicador maturacional.

Outros hormônios e substâncias reguladoras podem ter papel concorrente ao da testosterona na maturação. Por exemplo, ao analisarem 789 meninos e meninas (446 e 343 respectivamente) dos 5 aos 15 anos de idade, Garcia-Mayor et al. (1997) constataram que os níveis de leptina parecem aumentar em meninos e meninas antes do aparecimento de outros hormônios reprodutivos relacionados à puberdade. Nos meninos, os níveis de leptina diminuem enquanto os níveis de testosterona aumentam. Blum et al. (1997) confirmaram essa hipótese, o que sugere que a leptina possa ser um fator permissivo ao início dos eventos pubertários. Outro exemplo é o papel do zinco. Os níveis de testosterona não se alteraram em indivíduos normozincêmicos que receberam suplementação dietética de zinco (Koehler, Parr, Geyer, Mester, & Schanzer, 2009), embora em ratos submetidos a esforço físico, a suplementação de zinco

tenha conduzido a um aumento nos níveis de testosterona (Kaya, Gokdemir, Kilic, & Baltaci, 2006).

De fato o zinco, no meio celular, está intimamente envolvido na proliferação, diferenciação e apoptose (Maret & Sandstead, 2006). O zinco participa diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento celular, em diferentes processos metabólicos como estabilizador molecular dos constituintes sub-celulares e de membrana, da síntese e degradação dos carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, bem como está envolvido na síntese e liberação do HC, testosterona, fator de crescimento insulínico do tipo I (IGF-I), fosfatase alcalina, colágeno, osteocalcina, insulina, vitamina D3, leptina e outros (Koury et al., 2007). Desse modo, trata-se de uma substância reguladora essencial para a manutenção do equilíbrio homeostático, especialmente durante a fase de crescimento e maturação biológica. A deficiência de zinco, portanto, pode interferir no desenvolvimento puberal normal, favorecendo o retardo da maturação biológica (Duran & Cassorola, 1999).

Embora se acredite que a quantificação endócrina possa proporcionar uma avaliação mais direta das mudanças na puberdade, as exigências para a avaliação endócrina, a quantidade de hormônios envolvidos com a puberdade e os problemas práticos em obter medidas válidas são substanciais (Petersen et al., 1988). Os estudos apontam valores de concentrações de testosterona com grande variabilidade, o que aumenta a dificuldade na interpretação de seus valores isoladamente na determinação de um momento do processo maturacional. O horário da coleta, assim como o tipo e a intensidade da atividade física realizada antes da coleta do sangue também são fatores que interferem nos valores das concentrações de testosterona. O quadro 1.5 aponta estudos de maturação biológica baseados na maturidade hormonal. Os estudos listados não utilizaram a maturidade hormonal isoladamente para determinar o estágio de maturidade. Isso provavelmente está relacionado à impossibilidade de se determinar o estágio maturacional a partir das concentrações de testosterona, como de resto de qualquer outro hormônio por si só, em virtude da grande variabilidade de suas concentrações e fatores determinantes de sua produção.

Quadro 1.5 - Características dos estudos de maturação biológica baseados na maturidade hormonal.

Indicadores maturacionais	Metodologia	Variáveis observadas	Amostra			Referência
			n	sexo	Idade	
MH MS	testosterona CSS	parâmetros hormonais	80	masculino	11 – 13 anos	(Tsolakis et al., 2003)
MH MS	testosterona CSS	densidade mineral óssea, IGF-1	60	masculino	10 – 18 anos	(Pomerants et al., 2007)
MH MS	testosterona CSS – PP, PA, PF e mudança da voz	desordem no uso de substância (ilícitas) e comportamento social	179	masculino	10 – 22 anos longitudinal	(Reynolds et al., 2007)
MO MS MM MD MH	IO – GREULICH & PYLE e Tanner e Whitehouse CSS PVC Demirjian testosterona	revisão das metodologias				(Beunen et al., 2006)

Legenda: MD = maturidade dental; MH = maturidade hormonal; MM = maturidade morfológica; MO = maturidade óssea; MS = maturidade sexual; EA = estatura em adulto; PVE = pico na velocidade em estatura; IC = idade cronológica; IO = idade óssea; CSS = características sexuais secundárias; PA = pilosidade axilar; PF = pilosidade facial; PP = pilosidade pubiana; DP = desenvolvimento do pênis; DM = desenvolvimento das mamas nd = não disponível

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Vários são os métodos disponíveis para avaliação da maturação biológica. Todavia, nem todos atendem às condições listadas por Guedes & Guedes (1997) e por Beunen et al. (2006) como fundamentais para sua validade, quais sejam: a) refletir mudanças em um sistema biológico; b) ocorrer em todos os indivíduos enquanto progridem para o estado adulto; c) alcançar o mesmo estágio final em todos os indivíduos; d) mostrar um progresso contínuo de tal forma que estágios discretos possam ser identificados em um continuum; e) aplicabilidade durante todo processo de maturação orgânica; f) ser independente do crescimento corporal. Isso se reflete, aliás, na quantidade de estudos que adotaram as diferentes abordagens apresentadas na determinação do estado de maturação.

A maturidade morfológica, embora bastante utilizada e de fácil aplicabilidade, ao considerar a estatura como indicador maturacional questiona a importância da genética na determinação da estatura adulta. Sua aplicabilidade fica restrita aos indivíduos cujas estaturas dos pais é conhecida ou pode ser medida, inviabilizando-se para os demais indivíduos, a menos que seja determinada a idade óssea. No entanto, essa determinação por si só já seria suficiente para estimar a maturidade biológica.

Os métodos com foco na maturidade sexual restringem-se ao período peripuberal, determinando estágios discretos e descaracterizando o processo contínuo da maturação biológica. Além disso, existem questionamentos quanto à invasão da privacidade dos jovens em sua aplicação. A maturidade dental refere-se, especificamente, a um sistema biológico, além ser dependente dos cuidados na manutenção e da possibilidade de extração dos dentes. Sua utilização é, portanto, sensivelmente mais restrita que as demais abordagens. Já a maturidade hormonal, tomada isoladamente, não consegue discriminar convenientemente os estágios de maturação. Na verdade, um determinado valor de concentração de testosterona (ou de outro hormônio de referência qualquer) pode estar relacionado a mais de um estágio de crescimento e desenvolvimento.

A maturidade óssea, apesar da pequena exposição à radiação a que se submete o avaliado, é o método que parece melhor atender às condições propostas, uma vez que reflete mudanças em um sistema biológico, ocorre em todos os indivíduos enquanto progridem para o estado adulto e alcança o mesmo estágio final (esqueleto ossificado) em todos os indivíduos. Além disso mostra, através da idade óssea, um progresso contínuo de tal forma que estágios discretos podem ser identificados em um continuum. Assim, é aplicável durante todo processo de maturação orgânica e é independente do crescimento corporal. Conclui-se que a maturidade esquelética, através da identificação da idade óssea, constitua-se no método que reúne mais vantagens na determinação do estágio maturacional de jovens, mesmo que estes estejam no período peripuberal.

REFERÊNCIAS

- Adamsbaum, C., Chaumoitre, K., & Paniel, M. (2008). [Bone age determination in a medicolegal setting]. *Journal de Radiologie*, 89(4), 455-456.
- Baccetti, T., Franchi, L., De Lisa, S., & Giuntini, V. (2008). Eruption of the maxillary canines in relation to skeletal maturity. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(5), 748-751.
- Bailey, D. A., Martin, A. D., McKay, H. A., Whiting, S., & Mirwald, R. (2000). Calcium accretion in girls and boys during puberty: a longitudinal analysis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15(11), 2245-2250.
- Bailey, D. A., McKay, H. A., Mirwald, R. L., Crocker, P. R., & Faulkner, R. A. (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the university of Saskatchewan bone mineral accrual study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14(10), 1672-1679.
- Bar, A., Linder, B., Sobel, E. H., Saenger, P., & DiMartino-Nardi, J. (1995). Bayley-Pinneau method of height prediction in girls with central precocious puberty: correlation with adult height. *The Journal of Pediatrics*, 126(6), 955-958.
- Barrigas, C., Fragoso, I., & Vieira, F. (2007, junho 2007). *Is maturation an important measure for the study of self-esteem? In I. Fragoso, F. CARNIDE, & F. Vieira (Eds). The 3rd International Symposium on Measurement, Analysis and Modeling of Human Functions. (pp. 233-238). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.*
- Basaran, G., Ozer, T., & Hamamci, N. (2007). Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(4), 447 e413-420.
- Baxter-Jones, A. D. G., Eisenmann, J. C., Mirwald, R. L., Faulkner, R. A., & Bailey, D. A. (2008). The influence of physical activity on lean mass accrual during adolescence: a longitudinal analysis. *Journal of Applied Physiology*, 105(2), 734-741.
- Baxter-Jones, A. D. G., Eisenmann, J. C., & Sherar, L. B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science*, 17(1), 115-127.
- Baxter-Jones, A. D. G., Kontulainen, S. A., Faulkner, R. A., & Bailey, D. A. (2008). A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*, 43(6), 1101-1107.
- Baxter-Jones, A. D. G., Mirwald, R. L., McKay, H. A., & Bailey, D. A. (2003). A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in healthy 8-19-year-old boys and girls. *Annals of Human Biology*, 30(2), 160-175.
- Beunen, G. P., Baxter-Jones, A. D. G., Mirwald, R. L., Thomis, M., Lefevre, J., Malina, R. M. (2002). Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 503-510.
- Beunen, G. P., Malina, R. M., Claessens, A. L., Lefevre, J., & Thomis, M. (1999). Ulnar variance and skeletal maturity of radius and ulna in female gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 653-657.
- Beunen, G. P., Malina, R. M., Lefevre, J., Claessens, A. L., Renson, R., & Simons, J. (1997). Prediction of adult stature and noninvasive assessment of biological maturation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 225-230.
- Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4 Suppl Growth Standard), S244-256.

- Beunen, G. P., Thomis, M., Maes, H. H., Loos, R., Malina, R. M., Claessens, A. L. (2000). Genetic variance of adolescent growth in stature. *Annals of Human Biology*, 27(2), 173-186.
- Bhalla, P., & Williams, G. (2001). An inexpensive and edible aid for the diagnosis of puberty in the male: multispecies evaluation of an alternative orchidometer. *British Medical Journal*, 323(7327), 1486.
- Bielicki, T., Koniarek, J., & Malina, R. M. (1984). Interrelationships among certain measures of growth and maturation rate in boys during adolescence. *Annals of Human Biology*, 11(3), 201-210.
- Billewicz, W. Z., Fellowes, H. M., & Thomson, A. M. (1981). Pubertal changes in boys and girls in Newcastle upon Tyne. *Annals of Human Biology*, 8(3), 211-219.
- Blum, W. F., Englaro, P., Hanitsch, S., Juul, A., Hertel, N. T., Muller, J. (1997). Plasma leptin levels in healthy children and adolescents: dependence on body mass index, body fat mass, gender, pubertal stage, and testosterone. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 82(9), 2904-2910.
- Boas, M., Boisen, K. A., Virtanen, H. E., Kaleva, M., Suomi, A. M., Schmidt, I. M. (2006). Postnatal penile length and growth rate correlate to serum testosterone levels: a longitudinal study of 1962 normal boys. *European Journal of Endocrinology*, 154(1), 125-129.
- Bogin, B. (1999). *Patterns of Human Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bond, L., Clements, J., Bertalli, N., Evans-Whipp, T., McMorris, B. J., Patton, G. C. (2006). A comparison of self-reported puberty using the Pubertal Development Scale and the Sexual Maturation Scale in a school-based epidemiologic survey. *Journal of Adolescence*, 29(5), 709-720.
- Bosmans, N., Ann, P., Aly, M., & Willems, G. (2005). The application of Kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Science International*, 153(2-3), 208-212.
- Buken, B., Safak, A. A., Yazici, B., Buken, E., & Mayda, A. S. (2007). Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Science International*, 173(2-3), 146-153.
- Cameriere, R., & Ferrante, L. (2008). Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: a pilot study. *Forensic Science International*, 174(1), 60-63.
- Cameriere, R., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2006). Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *International Journal of Legal Medicine*, 120(1), 49-52.
- Cameriere, R., Ferrante, L., Liversidge, H. M., Prieto, J. L., & Brkic, H. (2008). Accuracy of age estimation in children using radiograph of developing teeth. *Forensic Science International*, 176(2-3), 173-177.
- Cameriere, R., Ferrante, L., Mirtella, D., & Cingolani, M. (2006). Carpals and epiphyses of radius and ulna as age indicators. *International Journal of Legal Medicine*, 120(3), 143-146.
- Cameron, N. (2002). Assessment of Maturation *Human Growth and Development* (pp. 363-382). San Diego: Academic Press.
- Cameron, N., Mirwald, R. L., Bailey, D. A., & Davies, P. S. (1985). The application of new height-prediction equations (Tanner-Whitehouse mark 2) to a sample of Canadian boys. *Annals of Human Biology*, 12(3), 233-239.
- Capela, C., Fragoso, I., Vieira, F., Mil-Homens, P., Pereira, J. G., Charrua, C. (2005). *Physical performance tests in young soccer players with reference to*

- maturation*. Paper presented at the Proceeding of the Fifth World Congress on Science and Football, Oxfordshire, UK.
- Chaillet, N., Nystrom, M., & Demirjian, A. (2005). Comparison of dental maturity in children of different ethnic origins: international maturity curves for clinicians. *Journal of Forensic Sciences*, *50*(5), 1164-1174.
- Chaillet, N., Willems, G., & Demirjian, A. (2004). Dental maturity in Belgian children using Demirjian's method and polynomial functions: new standard curves for forensic and clinical use. *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, *22*(2), 18-27.
- Chaumoitre, K., Adalian, P., Colavolpe, N., Ramis, O., Marciano, S., Leonetti, G. (2008). [Value of the sesamoid bone of the thumb in the determination of bone age]. *Journal de Radiologie*, *89*(12), 1921-1924.
- Chipkevitch, E., Nishimura, R. T., Tu, D. G., & Galea-Rojas, M. (1996). Clinical measurement of testicular volume in adolescents: comparison of the reliability of 5 methods. *Journal of Urology*, *156*(6), 2050-2053.
- Claessens, A. L., Lefevre, J., Beunen, G. P., & Malina, R. M. (2006). Maturity-associated variation in the body size and proportions of elite female gymnasts 14-17 years of age. *European Journal of Pediatrics*, *165*(3), 186-192.
- Coelho e Silva, M. J., Simões, F., Santos, J. V., Vaz, V., Figueiredo, A. J., Pena Reyes, M. E. (2010). Assessment of biological maturation in adolescent athletes – application of different methods with soccer and hockey players. In M. J. Coelho e Silva, A. J. Figueiredo, M. T. Elferink-Gemser & R. M. Malina (Eds.), *Youth Sports. Growth, Maturation and Talent* (pp. 33-50). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Cumming, S. P., Battista, R. A., Standage, M., Ewing, M. E., & Malina, R. M. (2006). Estimated maturity status and perceptions of adult autonomy support in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *24*(10), 1039-1046.
- Cumming, S. P., Standage, M., Gillison, F., & Malina, R. M. (2008). Sex differences in exercise behavior during adolescence: is biological maturation a confounding factor? *Journal of Adolescent Health*, *42*(5), 480-485.
- Damian, M. F., Woitchunas, F. E., Cericato, G. O., Cechinato, F., Moro, G., Massochin, M. E. (2006). Análise da confiabilidade e da correlação de dois índices de estimativa da maturação esquelética: índice carpal e índice vertebral. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, *11*(5), 110-120.
- de Muinich Keizer, S. M., & Mul, D. (2001). Trends in pubertal development in Europe. *Human Reproduction Update*, *7*(3), 287-291.
- de Onis, M., Dasgupta, P., Saha, S., Sengupta, D., & Blossner, M. (2001). The National Center for Health Statistics reference and the growth of Indian adolescent boys. *American Journal of Clinical Nutrition*, *74*(2), 248-253.
- Delemarre-van de Waal, H. A. (2002). Regulation of puberty. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology and Metabolism*, *16*(1), 1-12.
- Demirjian, A. (1986). Dentition *Human growth: a comprehensive treatise* (2 ed., Vol. 2, pp. 269-298). New York: Plenum Press.
- Demirjian, A., Goldstein, H., & Tanner, J. M. (1973). A new system of dental age assessment. *Human Biology*, *45*(2), 211-227.
- Dowthwaite, J. N., DiStefano, J. G., Ploutz-Snyder, R. J., Kanaley, J. A., & Scerpella, T. A. (2006). Maturity and activity-related differences in bone mineral density: Tanner I vs. II and gymnasts vs. non-gymnasts. *Bone*, *39*(4), 895-900.
- Duarte, M. F. S. (1993). Maturação física: uma revisão da literatura, com especial atenção à criança brasileira. *Cadernos de Saude Publica*, *9*(supl 1), 71-84.

- Duran, C. C., & Cassorola, F. (1999). Trace minerals in human growth and development. *Journal of Pediatrics Endocrinology and Metabolism*, 12(5), 589-601.
- Eklof, O., & Ringertz, H. (1967). A method for assessment of skeletal maturity. *Annales de Radiologie*, 10(3), 330-336.
- Ellis, B. J. (2004). Timing of pubertal maturation in girls: an integrated life history approach. *Psychological Bulletin*, 130(6), 920-958.
- Eveleth, P. B., & Tanner, J. M. (1990). *Worldwide variation in human growth* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Fishman, L. S. (1982). Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthodontist*, 52(2), 88-112.
- Flor-Cisneros, A., Roemmich, J. N., Rogol, A. D., & Baron, J. (2006). Bone age and onset of puberty in normal boys. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 254-255, 202-206.
- Forwood, M. R., Bailey, D. A., Beck, T. J., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., & Uusi-Rasi, K. (2004). Sexual dimorphism of the femoral neck during the adolescent growth spurt: a structural analysis. *Bone*, 35(4), 973-981.
- Forwood, M. R., Baxter-Jones, A. D., Beck, T. J., Mirwald, R. L., Howard, A., & Bailey, D. A. (2006). Physical activity and strength of the femoral neck during the adolescent growth spurt: a longitudinal analysis. *Bone*, 38(4), 576-583.
- Fragoso, I., Vieira, F., Barrigas, C., Baptista, F., Teixeira, P., Santa-Clara, H. (2008). Influence of maturation on morphology, food ingestion and motor performance variability of Lisbon children aged between 7 to 8 years *Kinanthropometry X* (pp. 9-23). Oxon, UK: Routledge.
- Fragoso, I., Vieira, F., Castro, L. C., Oliveira Junior, A., Capela, C., Oliveira, N. (2004). Maturation and Strength of Adolescent Soccer Players *Children and Youth in Organized Sports* (pp. 199-208). Coimbra: Coimbra University Press.
- Fragoso, I., Vieira, F., Ferreira, C., Oliveira, C., Barrigas, C., & Silva, L. (2002). A criança portuguesa entre os 6 e os 10 anos (RAPIL). Avaliação dimensional, maturacional, nutricional e sucesso escolar. *Livro de Actas do IX Congresso de Educação Física e Desporto dos Países de Língua Portuguesa: Cultura e Contemporaneidade na Educação Física e no Desporto. E Agora?* (pp. 126-132). S. Luís do Maranhão: Coleção Prata da Casa - UFMA.
- Franchi, L., Baccetti, T., De Toffol, L., Polimeni, A., & Cozza, P. (2008). Phases of the dentition for the assessment of skeletal maturity: a diagnostic performance study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(3), 395-400; quiz 476 e391-392.
- Franchi, L., Baccetti, T., & McNamara, J. A., Jr. (2001). Thin-plate spline analysis of mandibular growth. *Angle Orthodontist*, 71(2), 83-89.
- Garcia-Mayor, R. V., Andrade, M. A., Rios, M., Lage, M., Dieguez, C., & Casanueva, F. F. (1997). Serum leptin levels in normal children: relationship to age, gender, body mass index, pituitary-gonadal hormones, and pubertal stage. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 82(9), 2849-2855.
- Geithner, C. A., Thomis, M. A., Vanden Eynde, B., Maes, H. H., Loos, R. J., Peeters, M. (2004). Growth in peak aerobic power during adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1616-1624.
- Gertych, A., Zhang, A., Sayre, J., Pospiech-Kurkowska, S., & Huang, H. K. (2007). Bone age assessment of children using a digital hand atlas. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31(4-5), 322-331.
- Gilli, G. (1996). The assessment of skeletal maturation. *Hormone Research*, 45 Suppl 2, 49-52.

- Grave, K. C., & Brown, T. (1976). Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *American Journal of Orthodontics*, 69(6), 611-619.
- Greulich, W. W., & Pyle, S. I. (1959). *Radiograph Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist* (2nd ed.). Stanford, California: Stanford University Press.
- Groell, R., Lindbichler, F., Riepl, T., Gherra, L., Roposch, A., & Fotter, R. (1999). The reliability of bone age determination in central European children using the Greulich and Pyle method. *British Journal of Radiology*, 72(857), 461-464.
- Guedes, D. P., & Guedes, J. E. R. P. (1997). Crescimento, Composição Corporal e Desempenho Motor de Crianças e Adolescentes. São Paulo: CLR Balieiro.
- Guízar-Vázquez, J. J., Rosales-Lopez, A., Ortiz-Jalomo, R., Nava-Delgado, S. E., & Salamanca-Gomez, F. (1992). [Age of onset of spermaturation (spermache) in 669 Mexican children and its relation to secondary sexual characteristics and height]. *Boletín Medico del Hospital Infantil de Mexico*, 49(1), 12-17.
- Gunter, K., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Almstedt, H., Fuller, A., Durski, S. (2008). Jump starting skeletal health: a 4-year longitudinal study assessing the effects of jumping on skeletal development in pre and circum pubertal children. *Bone*, 42(4), 710-718.
- Guyton, A. C. (1984). *Tratado de Fisiologia Médica* (A. Kraemer, A. B. Lucion, A. L. d. S. Melgaço, A. A. Belló, B. P. B. d. Santos, C. S. Mundt, E. B. Cosendey, G. Taranto, H. Schmid, J. C. d. Costa, J. L. Gross, L. Biazús, M. D. Mortêo, N. J. Baldauf, N. P. Marroni, R. H. E. Kruter, T. W. Furlanetto & V. L. A. Machado, Trans. 6 ed.). Rio de Janeiro: Interamericana.
- Hagg, U., & Taranger, J. (1980a). Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontologica Scandinavica*, 38(3), 179-186.
- Hagg, U., & Taranger, J. (1980b). Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontologica Scandinavica*, 38(3), 187-200.
- Hägg, U., & Taranger, J. (1982). Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *American Journal of Orthodontics*, 82(4), 299-309.
- Haiter-Neto, F., Kurita, L. M., Menezes, A. V., & Casanova, M. S. (2006). Skeletal age assessment: a comparison of 3 methods. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(4), 435 e415-420.
- Harries, M., Hawkins, S., Hacking, J., & Hughes, I. (1998). Changes in the male voice at puberty: vocal fold length and its relationship to the fundamental frequency of the voice. *Journal of Laryngology and Otology*, 112(5), 451-454.
- Harries, M., Walker, J. M., Williams, D. M., Hawkins, S., & Hughes, I. A. (1997). Changes in the male voice at puberty. *Archives of Disease in Childhood*, 77(5), 445-447.
- Hassel, B., & Farman, A. G. (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 107(1), 58-66.
- Hauspie, R. C. (2002). Adolescence: Somatic Growth and Sex Differences *Human Growth and Development* (pp. 45-65). San Diego: Academic Press.
- Havelock, J. C., Auchus, R. J., & Rainey, W. E. (2004). The rise in adrenal androgen biosynthesis: adrenarche. *Seminars in Reproductive Medicine*, 22(4), 337-347.
- Heuze, Y., & Cardoso, H. F. (2008). Testing the quality of nonadult Bayesian dental age assessment methods to juvenile skeletal remains: the Lisbon collection children and secular trend effects. *American Journal of Physical Anthropology*, 135(3), 275-283.
- Horliana, R. F. (2004). Estudo da relação entre os estágios de maturidade óssea avaliados em radiografias de mão e punho e das vértebras cervicais em

- telerradiografias em norma lateral. (Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Hughes, I. A., & Kumanan, M. (2006). A wider perspective on puberty. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 254-255, 1-7.
- Hunter, W. S., Baumrind, S., Popovich, F., & Jorgensen, G. (2007). Forecasting the timing of peak mandibular growth in males by using skeletal age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(3), 327-333.
- Kaya, O., Gokdemir, K., Kilic, M., & Baltaci, A. K. (2006). Zinc supplementation in rats subjected to acute swimming exercise: Its effect on testosterone levels and relation with lactate. *Neuroendocrinology Letters*, 27(1-2), 267-270.
- Khamis, H. J., & Roche, A. F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics*, 94(4 Pt 1), 504-507.
- Khan, K. M., Miller, B. S., Hoggard, E., Somani, A., & Sarafoglou, K. (2008). Application of ultrasound for bone age estimation in clinical practice. *The Journal of Pediatrics*, in press.
- Koda, Y. K. L., & Barbieri, D. (1983). Análise da evolução de peso e estatura e da idade óssea em 27 crianças celíacas. *Pediatria (São Paulo)*, 5(2), 111-116.
- Koehler, K., Parr, M. K., Geyer, H., Mester, J., & Schanzer, W. (2009). Serum testosterone and urinary excretion of steroid hormone metabolites after administration of a high-dose zinc supplement. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(1), 65-70.
- Kolltveit, K. M., Solheim, T., & Kvaal, S. I. (1998). Methods of measuring morphological parameters in dental radiographs. Comparison between image analysis and manual measurements. *Forensic Science International*, 94(1-2), 87-95.
- Koshy, S., & Tandon, S. (1998). Dental age assessment: the applicability of Demirjian's method in south Indian children. *Forensic Science International*, 94(1-2), 73-85.
- Koury, J. C., Oliveira K, J., Casimiro-Lopes, G., Oliveira-Junior, A. V., Portella, E. S., Moura, E. G. (2007). Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 115(1), 23-30.
- Kovi, R., Korner, A., Varkonyi, I., & Kis, E. (2000). Bone age discrepancy on hand radiographs. *Pediatric Radiology*, 30(7), 500.
- Kullman, L. (1995). Accuracy of two dental and one skeletal age estimation method in Swedish adolescents. *Forensic Science International*, 75(2-3), 225-236.
- Lai, E. H., Liu, J. P., Chang, J. Z., Tsai, S. J., Yao, C. C., Chen, M. H. (2008). Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: hand-wrist bones or cervical vertebrae? *Journal of the Formosan Medical Association*, 107(4), 316-325.
- Lee, S. E., Lee, S. H., Lee, J. Y., Park, H. K., & Kim, Y. K. (2008). Age estimation of Korean children based on dental maturity. *Forensic Science International*, 178(2-3), 125-131.
- Lynn Ahmed, M., & Warner, J. T. (2007). TW2 and TW3 bone ages: time to change? *Archives of Disease in Childhood*, 92(4), 371-372. doi: 10.1136/adc.2005.090134
- Lynnerup, N., Belard, E., Buch-Olsen, K., Sejrsen, B., & Damgaard-Pedersen, K. (2008). Intra- and interobserver error of the Greulich-Pyle method as used on a Danish forensic sample. *Forensic Science International*, 179(2-3), 242 e241-246.
- Maber, M., Liversidge, H. M., & Hector, M. P. (2006). Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Science International, Suppl 1*, S68-73.

- Malina, R. M. (2004). Growth and maturation: basic principles and effects of training *Children and Youth in Organized Sports* (pp. 137-161). Coimbra: Coimbra University Press.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004a). *Growth, maturation and physical activity* (2nd. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004b). Biological Maturation: Concepts and Assessment *Growth, maturation and physical activity* (2nd. ed., pp. 277-306). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Claessens, A. L., Van Aken, K., Thomis, M., Lefevre, J., Philippaerts, R. (2006). Maturity offset in gymnasts: application of a prediction equation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(7), 1342-1347.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Morano, P. J., Barron, M., & Miller, S. J. (2005). Maturity status of youth football players: a noninvasive estimate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 1044-1052.
- Malina, R. M., Dompier, T. P., Powell, J. W., Barron, M. J., & Moore, M. T. (2007). Validation of a noninvasive maturity estimate relative to skeletal age in youth football players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(5), 362-368.
- Maret, W., & Sandstead, H. H. (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20(1), 3-18.
- Marshall, W. A., & Tanner, J. M. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of Disease in Childhood*, 45(239), 13-23.
- Martin, R. H. C., Uezu, R., Parra, S. A., Arena, S. S., Bojikian, L. P., & Böhme, M. T. S. (2001). Auto-avaliação da maturação sexual masculina por meio da utilização de desenhos e fotos. *Revista Paulista de Educação Física*, 15(2), 212-222.
- Masoud, M., Masoud, I., Kent, R. L., Jr., Gowharji, N., & Cohen, L. E. (2008). Assessing skeletal maturity by using blood spot insulin-like growth factor I (IGF-I) testing. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(2), 209-216.
- Matsudo, S. M. M., & Matsudo, V. K. R. (1991). Validade da auto-avaliação na determinação da maturação sexual. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 5(2), 18-35.
- Matthews, B. L., Bennell, K. L., McKay, H. A., Khan, K. M., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L. (2006). Dancing for bone health: a 3-year longitudinal study of bone mineral accrual across puberty in female non-elite dancers and controls. *Osteoporosis International*, 17(7), 1043-1054.
- Mesotten, K., Gunst, K., Carbonez, A., & Willems, G. (2002). Dental age estimation and third molars: a preliminary study. *Forensic Science International*, 129(2), 110-115.
- Mesotten, K., Gunst, K., Carbonez, A., & Willems, G. (2003). Chronological age determination based on the root development of a single third molar: a retrospective study based on 2513 OPGs. *Journal of Forensic Odontostomatology*, 21(2), 31-35.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694.
- Mol, N. M., Sorensen, N., Weihe, P., Andersson, A. M., Jorgensen, N., Skakkebaek, N. E. (2002). Spermaturia and serum hormone concentrations at the age of puberty in boys prenatally exposed to polychlorinated biphenyls. *European Journal of Endocrinology*, 146(3), 357-363.

- Moraes, M. E. L., Moraes, L. C., Medici Filho, E., & Graziosi, M. A. O. C. (2003). Fidelidade dos métodos Greulich & Pyle e Eklöf & Ringertz para avaliação da idade óssea em crianças brasileiras. *Revista de Odontologia da UNESP*, 32(1), 9-17.
- Moreira, D. M., Fragoso, M. I., & Oliveira Junior, A. V. (2004). Nível maturacional e socioeconômico de jovens sambistas do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(1), 16-23.
- Moreira, M. M., Fragoso, M. I., & Neto, C. (1997). Nível maturacional e habilidade motora na criança Actas do V Congresso de Educação Física e Ciências do Desporto dos Países de Língua Portuguesa - Educação Física: Contexto e Inovação (Vol. 1º, pp. 507-523): Universidade Pedagógica de Maputo - Moçambique.
- Moscatiello, V. A. M., Lederman, H., Moscatiello, R. A., Faltin Júnior, K., & Moscatiello, R. M. (2008). Maturação das vértebras cervicais e sua correlação com a idade óssea da mão e punho como indicadores no tratamento ortodôntico. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 13(4), 92-100.
- Mul, D., Fredriks, A. M., van Buuren, S., Oostdijk, W., Verloove-Vanhorick, S. P., & Wit, J. M. (2001). Pubertal development in The Netherlands 1965-1997. *Pediatric Research*, 50(4), 479-486.
- Mundt, C. A., Baxter-Jones, A. D., Whiting, S. J., Bailey, D. A., Faulkner, R. A., & Mirwald, R. L. (2006). Relationships of activity and sugar drink intake on fat mass development in youths. *Medicine and Science in Sports and Exercisc*, 38(7), 1245-1254.
- Neves, L. S., Pinzan, A., Janson, G., Canuto, C. E., de Freitas, M. R., & Cancado, R. H. (2005). Comparative study of the maturation of permanent teeth in subjects with vertical and horizontal growth patterns. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(5), 619-623.
- Nielsen, C. T., Skakkebaek, N. E., Richardson, D. W., Darling, J. A., Hunter, W. M., Jorgensen, M. (1986). Onset of the release of spermatozoa (spermarche) in boys in relation to age, testicular growth, pubic hair, and height. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 62(3), 532-535.
- Nurmi-Lawton, J. A., Baxter-Jones, A. D. G., Mirwald, R. L., Bishop, J. A., Taylor, P., Cooper, C. (2004). Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: a 3-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(2), 314-322.
- Oliveira, H. W., Veeck, E. B., Souza, P. H. C., & Fernandes, Â. (2006). Avaliação radiográfica da idade óssea em crianças infectadas pelo HIV por via vertical. *Radiologia Brasileira*, 39(1), 27-31.
- Oliveira Junior, A. V., Oliveira, K. J. F., Casimiro-Lopes, G., Koury, J. C., & Fragoso, I. C. J. (2005). Avaliação da maturação biológica de jovens jogadores de futebol. *Ação & Movimento*, 2(6), 305-312.
- Oliveira Junior, A. V., Silva, V. R. F. d., & Ferreira, M. I. (1998). A maturação sexual em escolares da cidade do Rio de Janeiro. *Praxis*, 1, 23-31.
- Olze, A., Mahlow, A., Schmidt, S., Wernecke, K. D., Geserick, G., & Schmeling, A. (2005). Combined determination of selected radiological and morphological variables relevant for dental age estimation of young adults. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*, 56(2), 133-140.
- Onat, T. (1975). Prediction of adult height of girls based on the percentage of adult height at onset of secondary sexual characteristics, at chronological age, and skeletal age. *Human Biology*, 47(1), 117-130.

- Ortega, A. I., Haiter-Neto, F., Ambrosano, G. M. B., Bóscolo, F. N., Almeida, S. M., & Casanova, M. S. (2006). Estudo comparativo das idades ósseas estimadas pelos métodos TW2 e TW3 numa população brasileira. *Journal of Applied Oral Science*, 14(2), 142-146.
- Parent, A. S., Teilmann, G., Juul, A., Skakkebaek, N. E., Toppari, J., & Bourguignon, J. P. (2003). The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity: variations around the world, secular trends, and changes after migration. *Endocrine Reviews*, 24(5), 668-693.
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M., & Boxer, A. (1988). A Self-Report Measure of Pubertal Status: Reliability, Validity, and Initial Norms. *Journal of Youth and Adolescence*, 17(2), 117-133.
- Pludowski, P., Lebidowski, M., & Lorenc, R. S. (2004). Evaluation of the possibility to assess bone age on the basis of DXA derived hand scans-preliminary results. *Osteoporosis International*, 15(4), 317-322.
- Pludowski, P., Lebidowski, M., & Lorenc, R. S. (2005). Evaluation of practical use of bone age assessments based on DXA-derived hand scans in diagnosis of skeletal status in healthy and diseased children. *Journal of Clinical Densitometry*, 8(1), 48-56.
- Pomerants, T., Tillmann, V., Jurimae, J., & Jurimae, T. (2007). The influence of serum ghrelin, IGF axis and testosterone on bone mineral density in boys at different stages of sexual maturity. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 25(3), 193-197.
- Preece, M. A., & Baines, M. J. (1978). A new family of mathematical models describing the human growth curve. *Annals of Human Biology*, 5(1), 1-24.
- Rai, B., & Anand, S. C. (2006). Tooth developments: An accuracy of age estimation of radiographic methods. *World Journal of Medical Sciences*, 1(2), 130-132.
- Ramlau-Hansen, C. H., Thulstrup, A. M., Bonde, J. P., & Ernst, E. (2007). Is self-measuring of testicular volume by a Prader orchidometer a valid method? *Fertility and Sterility*, 87(6), 1480-1482.
- Ré, A. H. N., Bojkian, L. P., Teixeira, C. P., & Böhme, M. T. S. (2005). Relações entre crescimento, desempenho motor, maturação biológica e idade cronológica em jovens do sexo masculino. *Revista Brasileira de Educação Física Esp (São Paulo)*, 19(2), 153-162.
- Reyes, M. E. P., & Malina, R. M. (2004). Growth and maturity profile of youth swimmers in Mexico *Children and Youth in Organized Sports* (pp. 222-230). Coimbra: Coimbra University Press.
- Reynolds, M. D., Tarter, R., Kirisci, L., Kirillova, G., Brown, S., Clark, D. B. (2007). Testosterone levels and sexual maturation predict substance use disorders in adolescent boys: a prospective study. *Biological Psychiatry*, 61(11), 1223-1227.
- Roche, A. F., Tyleshevski, F., & Rogers, E. (1983). Non-invasive measurements of physical maturity in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(4), 364-371.
- Roche, A. F., Wainer, H., & Thissen, D. (1975). The RWT method for the prediction of adult stature. *Pediatrics*, 56(6), 1027-1033.
- Roemmich, J. N., Clark, P. A., Weltman, A., & Rogol, A. D. (1997). Alterations in growth and body composition during puberty. I. Comparing multicompartiment body composition models. *Journal of Applied Physiology*, 83(3), 927-935.
- Ruf, S., & Pancherz, H. (1996). Frontal sinus development as an indicator for somatic maturity at puberty? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(5), 476-482.

- Saito, M. I. (1984). Maturação sexual: auto avaliação do adolescente / Sexual maturation: self-evaluation of the adolescent. *Pediatrics (São Paulo)*, 6(3), 111-115.
- Schaefer, F., Marr, J., Seidel, C., Tilgen, W., & Scharer, K. (1990). Assessment of gonadal maturation by evaluation of spermaturia. *Archives of Disease in Childhood*, 65(11), 1205-1207.
- Schmidt, S., Koch, B., Schulz, R., Reisinger, W., & Schmeling, A. (2008). Studies in use of the Greulich-Pyle skeletal age method to assess criminal liability. *Legal medicine (Tokyo, Japan)*, 10(4), 190-195.
- Schoeters, G., Den Hond, E., Dhooge, W., van Larebeke, N., & Leijts, M. (2008). Endocrine disruptors and abnormalities of pubertal development. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 102(2), 168-175.
- Schubert, C. M., Chumlea, W. C., Kulin, H. E., Lee, P. A., Himes, J. H., & Sun, S. S. (2005). Concordant and discordant sexual maturation among U.S. children in relation to body weight and BMI. *Journal of Adolescent Health*, 37(5), 356-362.
- Schusterchitz, T., & Haiter Neto, F. (2002). Estimativa da maturação óssea: relação entre a idade cronológica e os estágios de maturação carpal *Revista Gaucha de Odontologia*, 50(4), 199-203.
- Scolfaro, M. R., Cardinalli, I. A., & Guerra Junior, G. (2003). A importância da análise histológica morfométrica gonadal na identificação da gônada disgenética. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia [online]*, 47(2), 128-134.
- Sherar, L. B., Baxter-Jones, A. D., & Mirwald, R. L. (2004). Limitations to the use of secondary sex characteristics for gender comparisons. *Annals of Human Biology*, 31(5), 586-593.
- Sherar, L. B., Esliger, D. W., Baxter-Jones, A. D., & Tremblay, M. S. (2007). Age and gender differences in youth physical activity: does physical maturity matter? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(5), 830-835.
- Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics*, 147(4), 508-514.
- Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Erlandson, M. C., & Baxter-Jones, A. D. G. (2007). Is boys' physical activity in childhood associated with being overweight in mid-adulthood? A Longitudinal Study Spanning 35 Years. *Canadian Studies in Population*, 34(1), 85-99.
- Sierra, A. M. (1987). Assessment of dental and skeletal maturity. A new approach. *Angle Orthodontist*, 57(3), 194-208.
- Simmons, S. E., White, J. C., & Stager, J. M. (2004). Maturity Assessment in Competitive Swimmers [Annual Meeting Abstracts: C-22 - Free Communication/Slide: Musculoskeletal Mechanics]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5 Supplement), S103.
- Soegiharto, B. M., Cunningham, S. J., & Moles, D. R. (2008). Skeletal maturation in Indonesian and white children assessed with hand-wrist and cervical vertebrae methods. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(2), 217-226.
- Soegiharto, B. M., Moles, D. R., & Cunningham, S. J. (2008). Discriminatory ability of the skeletal maturation index and the cervical vertebrae maturation index in detecting peak pubertal growth in Indonesian and white subjects with receiver operating characteristics analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(2), 227-237.

- Solheim, T., & Vonen, A. (2006). Dental age estimation, quality assurance and age estimation of asylum seekers in Norway. *Forensic Science International*, 159 Suppl 1, S56-60.
- Styne, D. M., & Grumbach, M. M. (2002). Puberty in boys and girls *Hormones, Brain and Behavior* (Vol. Four, pp. 661 - 716): Elsevier Science.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence* (2 ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Tanner, J. M., Healy, M. J. R., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method)* (3rd ed.). London: W. B. Saunders.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., Marshal, W. A., Healy, M. J. R., & Goldstein, H. (1975). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 Method)*. London: Academic Press.
- Taranger, J., Engstrom, I., Lichtenstein, H., & Svennberg- Redegren, I. (1976). VI. Somatic pubertal development. *Acta Paediatrica Scandinavica Supplement*(258), 121-135.
- Terasawa, E., & Fernandez, D. L. (2001). Neurobiological mechanisms of the onset of puberty in primates. *Endocrine Reviews*, 22(1), 111-151.
- Thomis, M., Claessens, A. L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Beunen, G. P., & Malina, R. M. (2005). Adolescent growth spurts in female gymnasts. *The Journal of Pediatrics*, 146(2), 239-244.
- Thompson, A. M., Baxter-Jones, A. D. G., Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2003). Comparison of physical activity in male and female children: does maturation matter? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(10), 1684-1690.
- Tsolakis, C., Xekouki, P., Kaloupsis, S., Karas, D., Messinis, D., Vagenas, G. (2003). The influence of exercise on growth hormone and testosterone in prepubertal and early-pubertal boys. *Hormones (Athens)*, 2(2), 103-112.
- Tunc, E. S., & Koyuturk, A. E. (2008). Dental age assessment using Demirjian's method on northern Turkish children. *Forensic Science International*, 175(1), 23-26.
- Uysal, T., Ramoglu, S. I., Basciftci, F. A., & Sari, Z. (2006). Chronologic age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: is there a relationship? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(5), 622-628.
- Vieira, F., & Fragoso, I. (2006). *Morfologia e Crescimento* (2ª ed.). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Vieira, F., Fragoso, I., & Barrigas, C. (2006). *Maturação Morfologia e Crescimento* (2ª ed., pp. 135-216). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Vieira, F., Fragoso, I., Ferreira, C., Oliveira, C., Barrigas, C., & Silva, L. (2002). Maturation and nutritional levels of children aged between 6 and 10 years. *Humanbiologia Budapestinensis*, 27, 143-151.
- Whiting, S. J., Vatanparast, H., Baxter-Jones, A., Faulkner, R. A., Mirwald, R., & Bailey, D. A. (2004). Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *Journal of Nutrition*, 134(3), 696S-700S.
- Willems, G. (2001). A review of the most commonly used dental age estimation techniques. *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 19(1), 9-17.
- Willems, G., Van Olmen, A., Spiessens, B., & Carels, C. (2001). Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *Journal of Forensic Sciences*, 46(4), 893-895.

- Willis, E. C., & Kenny, D. T. (2007). *Variability in speaking fundamental frequency in the adolescent voice*. Paper presented at the International Conference on Music Communication Science - 5 -7 December 2007, Sydney, Australia.
- Winter, J. S., & Faiman, C. (1972). Pituitary-gonadal relations in male children and adolescents. *Pediatric Research*, 6(2), 126-135.

CAPÍTULO II

ZINCO

Elemento cuja participação em diversos aspectos da função celular é importante, o zinco é encontrado em muitos alimentos, especialmente nos produtos animais, incluindo peixes, nos grãos de cereais, legumes e nozes. Contudo, essa oferta variada não garante aportes nutricionais satisfatórios (8,0mg/dia e 11,0mg/dia respectivamente para meninos de 9 a 13 anos e 14 a 18 anos) (Food and Nutrition Board, 2000), uma vez que a absorção do zinco depende da biodisponibilidade, ou seja, do ambiente químico promovido pelos demais alimentos ingeridos. A absorção fracionada do zinco da dieta geralmente varia entre 5% e 65%, dependendo do tipo de alimento com o qual está associado e de seus níveis pré-existentes (Dreosti, 1996).

Os fatores que contribuem para a biodisponibilidade de zinco nos alimentos bem como a inclusão dos alimentos nos hábitos alimentares, as modas e costumes, suas relações com as zonas geográficas e/ou nível socioeconômico são bem discutidos por Zeitune, Ramón & Cadena (2001). Sabe-se que a percentagem de zinco absorvido a partir dos alimentos varia inversamente com o teor de zinco da dieta. No entanto, a quantidade de zinco absorvido parece diminuir em função da quantidade desse mineral na própria dieta (Brown, Wessells, & Hess, 2007). Assim, os fatores determinantes da absorção do zinco são muitos. Por exemplo, numerosos nutrientes podem modificar a sua biodisponibilidade, apesar das interações apenas se exercerem quando estas substâncias se encontram em proporções específicas e de serem pouco expressivas na alimentação ocidental média (Arnaud, 2001). Nesse contexto, foram identificados três fatores da dieta que influenciam a absorção e utilização do zinco: hexafosfato de inositol (fitato), nível e fonte de proteína e o conteúdo total de zinco da dieta (Dibley, 2001).

O fitato, presente nos farelos, cereais de grãos integrais, leguminosas e em menor quantidade em outros vegetais, contribui para inibir a absorção do zinco, já que, por apresentar carga negativa, atrai cátions bivalentes [tais como o próprio zinco], formando complexos pouco solúveis e tornando-os menos biodisponíveis (Dibley, 2001). Esse efeito é potencializado se os alimentos ingeridos tiverem um elevado teor de cálcio (Arnaud, 2001). No que toca à proteína, a carne magra vermelha revela-se uma excelente fonte de zinco, além de estar presente numa forma altamente disponível. De fato, a biodisponibilidade do zinco é superior a partir de produtos de origem animal, relativamente aos de origem vegetal (Arnaud, 2001). A presença na dieta de alguns aminoácidos tais como a histidina, triptofano ou lisina, ou ainda de ácidos orgânicos, na medida em que aumentam a sua solubilidade e/ou formam complexos solúveis, também favorece a absorção do zinco (Arnaud, 2001). O mesmo se dá para a presença da glicose, lactose e vinho tinto (Dibley, 2001).

As características do solo e a sua exploração intensiva e/ou técnicas do processamento e de conservação dos alimentos podem contribuir para diminuição do teor de zinco nos alimentos. No entanto, o processamento dos alimentos pode contribuir para aumentar a sua biodisponibilidade, ao reduzir simultaneamente a quantidade de nutrientes que dificultam a assimilação do

zinco. Temos como exemplo o pão integral, que é mais rico em zinco que o pão branco; por outro lado, o zinco é mais facilmente absorvido a partir do pão branco, menos rico em fitatos (Arnaud, 2001; Brown, 2007).

Aportes nutricionais adequados de zinco são essenciais ao bom desenvolvimento dos indivíduos, já que o zinco participa também do metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas. A primeira manifestação clínica relacionada à deficiência de zinco e ao seu papel essencial na nutrição humana são hipogonadotrofismo e o retardo no crescimento (Salgueiro et al., 2002). Durante a atividade física intensa as perdas de zinco pelo suor e urina aumentam (Cordova & Navas, 1998), dificultando os mecanismos de proteção antioxidante através da atividade da cobre-zinco superóxido dismutase. Isso pode facilitar as lesões musculares e danos na membrana de eritrócitos (Koury & Donangelo, 2003).

Dessa forma, o objetivo do presente capítulo foi revisar os efeitos do zinco no organismo de jovens, com ênfase nas suas relações com a maturação biológica, o crescimento em estatura e o exercício físico.

ABSORÇÃO E UTILIZAÇÃO CELULAR

O zinco é liberado dos alimentos durante a digestão, como cátion divalente estável que não participa em reações redox. É absorvido na porção distal do duodeno e na proximal do jejuno, por difusão passiva simples ou através de transporte mediado por transportadores (saturável). A expressão genética desses transportadores é regulada pela quantidade de zinco ingerida, diminuindo-se o número de transportadores quando a quantidade de zinco ingerida aumenta muito (Cragg et al., 2005).

O controle homeostático da captação de zinco tem sido demonstrado repetidamente em animais e parece ser o mesmo em humanos. O controle parece ser determinado principalmente através da rápida secreção de zinco no trato gastrointestinal seguido por um lento ajuste na taxa de absorção (Dreosti, 1996).

A absorção do zinco também é regulada pela quantidade de metalotioneínas presente nas células intestinais. Essas proteínas ligam-se ao zinco, retendo-o dentro da célula e dificultando a sua passagem para a circulação portal. Tal como acontece para os transportadores, a síntese de metalotioneínas também é regulada pelos níveis de zinco na dieta, ocorrendo maior síntese quando as ingestões são elevadas (Krebs, 2000). Assim, a porcentagem de absorção aumenta rapidamente quando o teor de zinco dietético é baixo e diminui para ingestões elevadas.

O pâncreas excreta diariamente para o duodeno duas a quatro vezes mais zinco do que a quantidade ingerida (Oberleas & Harland, 2008). A reabsorção desse mineral é, pois, de grande importância para a manutenção dos seus níveis no organismo. O zinco absorvido é transportado diretamente para o fígado, sendo posteriormente liberado no sistema circulatório para ser distribuído aos outros tecidos. Cerca de 70% do zinco circulante está ligado à

albumina, de modo que qualquer alteração na concentração de albumina induz um efeito secundário na concentração de zinco.

A concentração de zinco circulante é alterada também por condições que afetam a absorção pelos tecidos, como no caso das infecções, traumas agudos e outras condições de estresse que induzem o aumento da secreção de cortisol e de algumas citocinas (como a interleucina-6), as quais induzem o aumento da absorção local de zinco e, conseqüentemente, diminuem sua concentração plasmática (Brown et al., 2004). Como o exercício proporciona aumento da concentração de cortisol (Daly, Seegers, Rubin, Dobridge, & Hackney, 2005; Purge, Jurimae, & Jurimae, 2006; Cadore, Brentano, Lhullier, & Kruehl, 2008), a prática de atividades físicas pode também alterar a concentração de zinco circulante. Os períodos de crescimento rápido, conforme durante o surto de crescimento, são particularmente mais vulneráveis à carência de zinco dietético (Toral, Rhein, Cintra, & Fisberg, 2005).

FUNÇÕES DO ZINCO

Classificado como oligoelemento essencial devido à baixa concentração encontrada no corpo humano, o zinco é fundamental para o sucesso de importantes funções fisiológicas e bioquímicas, tais como a modulação da liberação hormonal (Chen, Song, & Lin, 2000; Konukoglu, Turhan, Ercan, & Serin, 2004; Koury et al., 2007) e o metabolismo ósseo, protéico, lipídico e de carboidratos (Cha & Rojhani, 1997; Wada, 2004). Participa na estrutura e função de mais de 200 enzimas específicas envolvidas na catálise da maioria dos processos metabólicos importantes (enzimas zinco-dependentes), na estrutura de metaloproteínas e nas interações proteína-proteína e proteína-oligonucleotídeos, fazendo com que os níveis adequados sejam críticos para o normal funcionamento celular e metabólico (Dreosti, 1996; Reyes, 1996; Brown et al., 2004), incluindo as funções imune (Szczyrek, Bjornsson, & Taylor, 2001; Gleeson, Nieman, & Pedersen, 2004; Sena & Pedrosa, 2005) e antioxidante (Koury et al., 2004; Koury, Oliveira, Portella, Oliveira Junior, & Donangelo, 2005)

No meio celular, o zinco está intimamente envolvido na proliferação, diferenciação e apoptose (Maret & Sandstead, 2006), participando diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento da célula, em diferentes processos metabólicos como estabilizador molecular dos constituintes subcelulares e de membrana, bem como da síntese e degradação dos carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos. Além disso, participa da síntese e liberação do hormônio do crescimento, testosterona, fator de crescimento insulínico do tipo I (IGF-I), fosfatase alcalina, colágeno, osteocalcina, insulina, vitamina D3 e leptina (Koury et al., 2007), dentre outras substâncias, o que demonstra a sua essencialidade na manutenção do equilíbrio homeostático e durante a fase de crescimento e maturação biológica (Brandão-Neto, Stefan, Mendonça, Bloise, & Castro, 1995).

DISTRIBUIÇÃO CORPORAL E HOMEOSTASE DO ZINCO

Em adultos, o conteúdo corporal total estimado de zinco encontra-se entre 1,2 g a 2,3 g (Richelle, Sabatier, Steiling, & Williamson, 2006), sendo superior nos homens do que nas mulheres. Num estudo realizado em meninas com uma idade aproximada de 10 anos, Griffin, King & Abrams (2000) encontraram concentrações corporais de zinco maiores em crianças que em adultos. A musculatura esquelética contém aproximadamente 60% do conteúdo corporal total e o tecido ósseo cerca de 30% (Arnaud, 2001); a pele 6%, o fígado 5%, o cérebro 1,5% e o restante distribui-se por todos os órgãos, tecidos e líquidos do organismo (Richelle et al., 2006). No plasma encontra-se apenas cerca de 0,1% do zinco total (OMS, 1998). Nos organismos multicelulares, praticamente todo o zinco é intracelular; 30 a 40% localizam-se no interior do núcleo, 50% no citoplasma, organelas e vesículas especializadas (no armazenamento de enzimas digestivas ou de hormônios) e o restante na membrana celular (Tapiero & Tew, 2003). O plasma de um homem adulto contém 1,5 g a 3,0 g de zinco (Brown et al., 2004; Maret & Sandstead, 2006).

As concentrações na musculatura esquelética, coração e pele mantêm-se estáveis, enquanto as concentrações nos ossos, fígado, testículos e plasma são sensíveis ao balanço de zinco. Um estudo com ratos citado por King, Shames e Woodhouse (2000) demonstrou que a concentração no corpo está também condicionada pela ingestão, alterando-se quando esta é muito baixa ou muito alta. Nestas condições, o mecanismo de homeostase é insuficiente para manter o conteúdo corporal de zinco, já que a sua absorção e excreção também interferem na concentração, reforçando a importância de uma ingestão adequada.

O principal mecanismo de regulação homeostática do zinco acontece no trato gastrointestinal e envolve adaptações dos processos de absorção e excreção às quantidades de zinco ingeridas e às necessidades do organismo. As adaptações na excreção urinária são menos relevantes do que as adaptações gastrointestinais, assumindo maior importância em situações extremas (King et al., 2000).

Não há reservas convencionais de zinco nos tecidos que possam ser liberadas ou armazenadas rapidamente em resposta à disponibilidade nutricional. Brown et al. (2004) afirmam que o tecido ósseo tem sido proposto como uma reserva passiva, ou seja, o zinco absorvido do tecido ósseo durante a atividade dos osteoclastos poderia ser liberado para suprir uma deficiência. Em situações de ingestão muito deficitária ou de ingestão marginal prolongada, foi descrita a redistribuição do zinco pelos tecidos com diminuição da sua concentração em órgãos como os ossos e manutenção nos músculos (King et al., 2000).

O zinco é perdido no organismo através dos rins, pele, intestino, menstruação, ejaculação (17%) e crescimento das unhas e cabelos. A inanição e o catabolismo muscular aumentam as perdas de zinco na urina (15%) e fezes (50%), podendo os exercícios extenuantes e temperaturas ambientes elevadas conduzir a maiores perdas (Koury & Donangelo, 2003). Assim como para os demais oligoelementos essenciais, é muito difícil diagnosticar as deficiências em zinco (Wada, 2004). O zinco plasmático ou sérico (ZP) é o indicador mais

frequentemente utilizado quando se quer avaliar sua possível deficiência, sendo que os valores variam durante o dia, diminuindo depois das refeições e parecendo ser dependentes do sexo e da idade (Maret & Sandstead, 2006). A alteração da concentração sérica de zinco pode ser usada como indicador prático para identificar se a suplementação de zinco foi entregue, consumida e absorvida com sucesso, em populações submetidas a programas de intervenção com zinco (Brown, Peerson, Rivera, & Allen, 2002).

DEFICIÊNCIA EM ZINCO

A deficiência em zinco em animais, em virtude de diminuição da ingestão de alimentos, tende a inibir o crescimento (Browning, MacDonald, Thornton, & O'Dell, 1998). Park, Grandjean, Antonson e Vanderhoof (1986) realçam que, nestas condições, com quantidade de zinco inadequada para manter o crescimento e o metabolismo celular, a redução da taxa de crescimento pode ser um mecanismo de proteção importante para permitir a sobrevivência. A disponibilidade limitada em zinco condicionará a sua utilização, fundamentalmente, para as funções vitais, em detrimento da utilização para o crescimento dos tecidos. Isso sugere que a falta de zinco seja um fator limitante do crescimento mais preponderante do que uma ingestão calórica deficitária. Clinicamente, a deficiência de zinco caracteriza-se pelo acúmulo de sintomas que alcançam grande extensão, devido ao papel crítico do zinco na divisão celular. Assim, sobrevém um profundo impacto não apenas no processo de crescimento, mas também na imunocompetência, integridade da pele, crescimento dos cabelos e, em casos mais severos, no desenvolvimento fetal (Dreosti, 1996).

Segundo Maret & Sandstead (2006), em muitos países a ingestão média de zinco é adequada. Contudo, todas as populações têm grupos de risco, dependentes de fatores como a pobreza, acesso limitado aos alimentos e as preferências nutricionais. As primeiras manifestações clínicas relatadas no que diz respeito à deficiência em zinco e ao seu papel essencial na nutrição humana foram o hipogonadismo (Sandstead et al., 1998), atraso no crescimento (Salgueiro et al., 2002), atraso na maturação sexual e esquelética, desenvolvimento de dermatite, diarreia, alopecia, deficiência no apetite e a aparição de mudanças comportamentais, além de falhas no sistema imunológico (Golub et al., 1996; OMS, 1998). Segundo Salgueiro et al. (2004), os efeitos da deficiência em zinco sobre o crescimento foram pela primeira vez descritos em humanos em 1963. Desde então, vários estudos têm abordado o tema (Brandão-Neto et al., 1995; MacDonald, 2000; Zeitune et al., 2001; Salgueiro et al., 2002; Salgueiro et al., 2004; Moriarty-Craige et al., 2007; Oberleas & Harland, 2008; Naheed et al., 2009).

As glândulas endócrinas produzem hormônios chave responsáveis por papéis críticos nos processos de crescimento e maturação, enquanto que moléculas semelhantes aos hormônios são sintetizadas em outros tecidos e órgãos (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004). A testosterona aumenta o crescimento linear e estimula o desenvolvimento das características sexuais secundárias

(Brandão-Neto et al., 1995). O zinco pode agir no sistema hormonal associado ao desenvolvimento sexual como um cofator de enzima ou ligando-se a hormônios peptídeos para lhes conferir a sua conformação espacial ativa ou modificando a conformação dos receptores destes hormônios (Sandstead et al., 1998).

A deficiência de zinco prejudica o crescimento diminuindo a atividade das enzimas que catalizam a síntese dos ácidos nucleicos, das proteínas de liberação do IGF-I (Sandstead, Penland, & Alcock, 1996; Siklar, Tuna, Dallar, & Tanyer, 2003). Mais ainda, há interferência na maturação, com prejuízos à diferenciação gonadal, crescimento testicular, desenvolvimento dos túbulos seminíferos, espermatogênese, gênese esteróide-testicular e metabolismo dos androgênios, bem como sua interação com os respectivos receptores (Salgueiro et al., 2004). Uma taxa de crescimento reduzida e baixa resistência à infecção são as manifestações observadas em portadores de deficiência suave. Outros efeitos menos relatados, tais como alteração do paladar e cicatrização lenta de feridas, ainda carecem de estudos mais esclarecedores (Brown et al., 2004; Maret & Sandstead, 2006).

Durante a adolescência, a necessidade acrescida de nutrientes (Food and Nutrition Board, 2000) pode não ser atendida pela frequente adoção de dietas com baixa densidade nutricional (Samuelson, 2000). De fato, ingestões inadequadas de zinco e outros micronutrientes são frequentemente observadas entre adolescentes (Dwyer, 1996; Stang, Story, Harnack, & Neumark-Sztainer, 2000; Arsenault & Brown, 2003; Thane, Bates, & Prentice, 2004). A ingestão inadequada de zinco é, especialmente, crítica para adolescentes fisicamente ativos, embora estudos específicos sejam escassos (Lukaski, 2001). A dieta pobre em zinco prejudica as respostas metabólicas durante o exercício (Lukaski, 2005). Embora não se tenham encontrado estudos sobre o comportamento em jovens, em adultos atletas as evidências indicam que uma ingestão inadequada de zinco (Lukaski, 1995; DeRuisseau, Chevront, Haymes, & Sharp, 2002; Montain, Chevront, & Lukaski, 2007) é insuficiente para compensar o aumento da perda desse mineral através do suor e urina devido à atividade física intensa (Brotherhood, 1984; Singh et al., 1991; Cordova & Navas, 1998).

Uma forma de adequar o estado nutricional em nutrientes, além do balanço dietético, é o uso de suplementação. A suplementação em zinco pode compensar uma ingestão insuficiente e minimizar os efeitos da sua deficiência, um dos dez fatores mais importantes que contribuem para a doença nos países em desenvolvimento com alta mortalidade (Maret & Sandstead, 2006). Em crianças guatemaltecas nas quais foram administrados suplementos com micronutrientes e altas quantidades de proteínas e energia, do nascimento até aos três anos de idade, a taxa de crescimento foi maior que nas crianças que receberam suplemento com micronutrientes, baixa quantidade de energia e sem proteínas. As análises deste estudo atribuíram a diferença à intervenção da suplementação (Habicht, Martorell, & Rivera, 1995).

Adultos entre 50 e 80 anos de idade, portadores de degeneração da mácula relacionada à idade, submetidos a experimento com suplementação de zinco apresentaram diminuição dos níveis plasmáticos de biomarcadores do estresse

oxidativo (Moriarty-Craige et al., 2007). Adultos de ambos os sexos, com idades entre 55 e 87 anos, submetidos à suplementação de gluconato de zinco (45mg Zn/dia) apresentaram incidência significativamente menor de infecções em comparação com grupo placebo (Prasad et al., 2007). Adultos de ambos os sexos (48 a 63 anos de idade) portadores de diabetes melito tipo 2 também apresentaram melhora da capacidade antioxidante após seis meses de suplementação de 30 mg/dia de gluconato de zinco (Roussel et al., 2003). Os estudos que descrevem efeitos benéficos da suplementação de zinco parecem restringir-se às populações com idades mais avançadas e/ou portadoras de alguma condição patológica, conforme descrito por Haase et al. (2008).

Por outro lado, embora o zinco seja importante na maturação sexual (Sandstead et al., 1998), no crescimento (MacDonald, 2000), na formação da massa óssea (Bougle et al., 2004), e no exercício (Lukaski, 2005), não há relatos na literatura de possíveis efeitos da suplementação de zinco nestas condições em atletas adolescentes normozincêmicos, muito embora esta população esteja aumentando o consumo de suplementos (Alves & Lima, 2009). Talvez isto esteja relacionado ao fato de os estudos não mostrarem benefícios da suplementação de zinco, a não ser nas condições de deficiência.

ZINCO E CRESCIMENTO

Durante os períodos de crescimento rápido, como no terceiro trimestre da gravidez, infância e adolescência, o organismo é particularmente vulnerável a dietas com restrição de zinco (Golub et al., 1996). Além de ser considerado um componente essencial à matriz de calcificação, o zinco aumenta os efeitos da vitamina D no metabolismo ósseo, através da estimulação da síntese de ADN nas células ósseas. Em estudos com animais em crescimento, a incorporação de zinco aos ossos, comparativamente com a incorporação em outros órgãos, revelou-se superior, indicando que o zinco nos ossos é muito importante durante os estágios de crescimento rápido e durante o desenvolvimento (Salgueiro et al., 2002).

A hipófise controla a liberação de hormônio de crescimento (HC), regulador endócrino primário do crescimento somático, o qual tem sua função hormonal aumentada pelo zinco. O HC estimula a secreção de IGF-I pelo fígado. Este fator é considerado um mediador da atividade somatogênica do HC no osso. Adicionalmente, o HC administrado a ratos com depleção de zinco falha no aumento da concentração de IGF-I circulante (MacDonald, 2000). Em um grupo de atletas de futebol com idades entre 15 e 18 anos, com ingestão energética e de zinco abaixo das recomendadas, foi observada influência na taxa de crescimento, em comparação com um grupo cuja ingestão calórica e de zinco era adequada (Hickson Jr et al., 1987). A ingestão de zinco, portanto, pode afetar o crescimento. De fato, retardo no crescimento e hipogonadismo foram observados já na década de 60 em pacientes com deficiência de zinco (Prasad, 1967). Resultados similares foram observados em animais (Golub et al., 1996; Prasad, Oberleas, Wolf, & Horwitz, 1967). Ao aplicar a metanálise na avaliação de 33 estudos envolvendo o impacto da suplementação de zinco em crianças, Brown et al. (2002) verificaram que a suplementação com zinco resulta em um aumento significativo na estatura, mas a magnitude desse efeito seria dependente da média inicial de estatura/idade. Nos trabalhos que incluem crianças com quadros mais graves de desnutrição, observado através do comprometimento acentuado da estatura, o aumento foi aproximadamente o dobro daquele observado entre os estudos que não consideraram tais casos. Num estudo realizado em Bangladesh, a suplementação de zinco em crianças com diarreia e idades entre 6 e 35 meses apresentou pequeno aumento da taxa de crescimento (Naheed et al., 2009). Resultado controverso foi observado por Muller et al. (2003) ao aplicar suplementação de 12,5 mg/dia de sulfato de zinco em crianças africanas de 6 a 31 meses de idade, durante seis meses. No final do estudo não foram observadas diferenças significativas, entre o grupo suplementado e o grupo placebo, nos ganhos em estatura, em massa corporal e na circunferência do braço, mesmo tendo sido identificada alta prevalência de desnutrição no início do estudo (36,3% das crianças abaixo de -2 escores Z para estatura para a idade e 24,6% abaixo de -2 escores Z para massa corporal). Resultado semelhante foi observado mais recentemente por Lutter et al. (2008) num estudo com crianças equatorianas de 6 a 11 meses de idade que receberam um composto que incluiu proteínas, lipídeos, ferro, ácido fólico e zinco. Apesar dos benefícios nas variáveis associadas ao ferro

(hemoglobina, anemia e transferrina), a concentração sérica de zinco e a estatura não apresentaram diferenças significativas entre os grupos com suplementação e placebo.

O zinco pode agir sobre os sistemas hormonais relacionados com o desenvolvimento da maturação biológica (Sandstead et al., 1998). Estudos com animais (macaco *rhesus*) demonstraram que a maturação é vulnerável a uma dieta com privação moderada de zinco (Golub et al., 1996). Os caracteres sexuais secundários e a maturação esquelética apresentaram retardo no desenvolvimento. Em meninos, o zinco influencia a diferenciação gonadal, o crescimento testicular, o desenvolvimento dos túbulos seminíferos e a espermatogênese, entre outros processos (Prasad, 1984). Portanto, a sua deficiência pode interferir no desenvolvimento pubertário normal, favorecendo o atraso da maturação biológica (Castillo-Duran & Cassorla, 1999) ao suprimir a produção do andrógeno testicular durante a pubescência (Salgueiro et al., 2004).

ZINCO E HORMÔNIO DE CRESCIMENTO

O crescimento envolve divisão celular que requer DNA, RNA e síntese protéica. É um processo regulado hormonalmente por vários sistemas, tendo HC e o fator de crescimento do tipo insulínico (IGF-I) como fatores determinantes do crescimento somático. A produção e ação desses hormônios, tal como já foi referido, são afetadas pela deficiência de zinco, embora as alterações observadas nos níveis destes hormônios não expliquem a totalidade das alterações de crescimento observadas. O zinco pode também afetar a via de sinalização de hormônios mitogênicos, os quais especificamente regulam a proliferação celular (MacDonald, 2000).

Dentre os vários hormônios que atuam no crescimento longitudinal pós-natal do osso, é geralmente aceito que o HC é o mais importante. Adicionalmente, foi demonstrado que este hormônio estimula o crescimento da cartilagem e de outros tecidos, aumentando o número e não o tamanho das células (Ohlsson, Bengtsson, Isaksson, Andreassen, & Słootweg, 1998). O HC contém um local de ligação ao zinco que é estruturalmente e funcionalmente importante (Cunningham, Mulkerrin, & Wells, 1991). Para concentrações de zinco superiores a 1 micromolar, o zinco promove a formação de dímeros de HC. Consequentemente, a elevada concentração de zinco na hipófise pode promover a formação de HC dimerizado, o qual é menos suscetível à degradação. O HC dimerizado, por sua vez, tem uma baixa afinidade para os receptores de HC (MacDonald, 2000). Assim, a presença de altas concentrações de zinco nas secreções da hipófise pode diminuir a ligação do HC aos seus receptores celulares próximos à hipófise. Isso pode ser vantajoso para assegurar que o HC alcance os receptores na periferia.

O efeito da suplementação com zinco sobre o crescimento e desenvolvimento ósseo tem sido associado ao aumento dos marcadores de turnover ósseo e da concentração de zinco sérico (Friis, Ndhlovu, Mduluzi, & et al, 1997; Lira, Ashworth, & Morris, 1998; Sayeg, Oliveira, Cunha, & et al, 2000). Por exemplo,

Ninh et al.(1996) observaram o aumento da concentração de zinco sérico, do IGF-I e de marcadores bioquímicos de turnover ósseo após a suplementação de crianças vietnamitas com 10mg de zinco por dia, durante 5 meses; Nakamura et al. (1993) verificaram que a suplementação de zinco induziu o aumento do IGF-I, osteocalcina e da atividade da fosfatase alcalina em 21 crianças japonesas com baixa estatura e estado marginal de zinco.

Considerando-se a importância da hipófise como fonte de HC, que por sua vez é o regulador endócrino primário do crescimento somático, vários estudos têm investigado o papel do HC na inibição do crescimento devido à deficiência de zinco (MacDonald, 2000). Em ratos, a deficiência de zinco causou a diminuição da concentração de HC circulante (Root, Duckett, Sweetland, & Reiter, 1979). O nível de HC no sangue de ratos alimentados com dieta deficiente em zinco ou pair-fed por 2 dias, foi menor que no placebo com dieta adequada (Kraus, Roth, & Kirchgessner, 1997). Prasad et al (1969) administraram HC bovino (40µg/d) por injeção subcutânea durante 2 semanas em ratos que tinham sido previamente alimentados com dietas pobres em zinco por 3 semanas. Não foi observado crescimento maior nos ratos do grupo injetado com HC, quando comparados aos ratos do grupo não injetados. Observou-se também um pequeno aumento do crescimento de ratos hipofisectomizados, alimentados com dieta pobre em zinco quando tratados com HC. Contudo, o aumento foi muito menor que o observado nos ratos alimentados com uma dieta rica em zinco. Uma dose menor de HC bovino (20µg/d) administrada por 3 semanas também foi ineficaz na estimulação do crescimento em ratos com deficiência em zinco (Oner, Bhaumick, & Bala, 1984).

Um primeiro alvo para a ação do HC é o osso (Ohlsson et al., 1998). Para determinar se o crescimento da tíbia respondia ao HC, Cha & Rojhani (1997) implantaram bombas miniosmóticas contendo HC na coxa traseira de ratos hipofisectomizados, alimentados com uma dieta pobre em zinco. Nos ratos com uma dieta adequada em zinco (controle), o HC estimulou o aumento da largura da cartilagem epifisial tibial do membro tratado, mas não do não perfundido. Nos ratos deficientes em zinco, não se observou estímulo do crescimento pelo HC. Esses resultados sugerem que a deficiência em zinco inibe o efeito direto do HC sobre o crescimento dos ossos longos, ou que o HC por si só não é suficiente para normalizar o crescimento em situações de deficiência em zinco. Como já referido, o HC estimula a secreção do IGF-I pelo fígado. O IGF-I, por sua vez, é tido como mediador da atividade somatogênica do HC no osso (Ohlsson et al., 1998). Todavia, quando administrado a ratos com dieta pobre em zinco, o HC não induziu o aumento da concentração do IGF-I circulante (Lefebvre, Beckers, Ketelslegers, & Thissen, 1998; Oner et al., 1984), o que pode explicar a incapacidade para estimular o crescimento. O zinco potencializa a ação do IGF-I (Matsui & Yamaguchi, 1995) e aumenta a sua síntese endógena (Yamaguchi & Hashizume, 1994) em células em cultura. Portanto, a incapacidade do HC para estimular o crescimento ósseo em animais com deficiência em zinco pode ter sido devida à limitada disponibilidade de zinco nas células ósseas, independentemente das concentrações de IGF-I ou HC. Siklar et al.(2003) ratificaram essa

possibilidade, ao tratarem durante dois anos 13 meninos e 11 meninas pré-púberes e com deficiência em HC. Constatou-se que o zinco pode afetar a resposta ao tratamento com HC, o que ressalta a importância dos níveis de zinco para a atividade deste hormônio.

ZINCO E FATOR DE CRESCIMENTO DO TIPO INSULÍNICO (IGF-I)

Dentre as seis somatomedinas (substâncias que possuem a capacidade de elevar a captação de sulfato marcado no ácido condroitino-sulfúrico da cartilagem) identificadas, encontra-se o IGF-I. Sua síntese ocorre em muitos órgãos, sendo o fígado considerado sua maior fonte. O IGF-I regula uma diversidade de eventos celulares, incluindo a estimulação de aminoácidos e captação e regulação da glicose no ciclo celular (De Meyts et al., 1994). Juntamente com o HC, o IGF-I medeia os efeitos dos hormônios sexuais sobre os ossos (Pomerants et al., 2007), além de ser o principal fator metabólico e mitogênico envolvido no crescimento corporal (Yu, Le, & Shi, 2005).

Com a ativação do receptor pelo IGF-I, ocorre uma cascata de fosforilações dentro da célula que induz as respostas celulares. Em circulação, o IGF-I associa-se a proteínas de ligação, tendo sido identificadas ao menos oito distintas (Rajaram, Baylink, & Mohan, 1997). Algumas evidências apontam para que essas proteínas não sejam proteínas transportadoras inertes, mas sim parte de um complexo sistema de regulação da disponibilidade de IGF-I para as células.

Os níveis circulantes de IGF-I são também influenciados pelo estado nutricional, diminuído em humanos e animais quando a ingestão de energia e proteínas é insuficiente (Underwood, 1996). Adicionalmente, em humanos, a deficiência de zinco diminui as concentrações de IGF-I circulante independentemente da ingestão total de energia (Cossack, 1991). A anorexia, ao implicar a diminuição da ingestão de energia e micronutrientes, nos quais se inclui o zinco, pode induzir uma diminuição do IGF-I sérico (MacDonald, 2000).

Para determinar se o efeito do zinco sobre os níveis plasmáticos de IGF-I seria independente de ingestão alimentar, Roth e Kirchgessner (1994) mantiveram, em ratos por via intragástrica, uma dieta pobre em zinco durante 14 dias. Como resultado encontraram níveis de IGF-I sérico 28% mais baixos do que em ratos alimentados com aporte adequado em zinco, embora a ingestão alimentar tenha sido semelhante. Há sustentação, portanto, para crer que, quando a dieta não fornece a quantidade de zinco adequada, as concentrações séricas de IGF-I não são mantidas, mesmo quando a ingestão energética é adequada.

Dado que os níveis séricos de IGF-I diminuem com a deficiência em zinco e que o IGF-I promove o crescimento, foi proposto que a manutenção dos níveis séricos de IGF-I durante a deficiência em zinco poderia prevenir a inibição do crescimento (MacDonald, 2000). O HC estimula a síntese hepática e a secreção do IGF-I por ligação aos respectivos receptores no fígado. A liberação diminuída de IGF-I hepático pode ser explicada por um defeito no receptor do HC hepático ou no sinal pós-receptor. Evidências de falha na estimulação da secreção do IGF-I pelo HC foram apresentadas por Roth e Kirchgessner (1994). Estes autores observaram em ratos que a deficiência em zinco é

caracterizada pela ingestão alimentar diminuída, crescimento diminuído, baixos níveis de HC e IGF-I circulantes, baixa produção de IGF-I hepático e de receptor do HC, diminuição dos níveis circulantes de proteína de ligação do HC e ausência de resposta ao HC exógeno.

Várias evidências sugerem que a diminuição da produção hepática de IGF-I, devido à falha na resposta ao HC, explica a inibição do crescimento observada na deficiência do zinco. Porém, em ratos com deficiência na concentração plasmática de zinco, a manutenção dos níveis séricos de IGF-I por administração exógena, acompanhada da manutenção da ingestão alimentar (Browning et al 1998), não corrige a inibição do crescimento. Desse modo, alterações no eixo HC-IGF-I, por si sós, não explicam a inibição de crescimento observada na deficiência de zinco. Conclui-se, assim, que o zinco é requerido para alguns aspectos da regulação do crescimento para além dos efeitos especificamente associados ao HC e IGF-I (MacDonald, 2000).

ZINCO E EXERCÍCIO

O exercício tem um pronunciado efeito sobre o metabolismo do zinco (Cordova & Navas, 1998). O exercício físico intenso induz a formação excessiva de espécies reativas de oxigênio associadas ao metabolismo energético acelerado, e estas espécies podem contribuir para danos tissulares e celulares e prejudicar o desempenho do atleta (Koury & Donangelo, 2003). O zinco participa da estrutura da enzima superóxido dismutase, além de ser um potente estabilizador das membranas celulares, de proteínas estruturais e da sinalização celular (Clarkson & Thompson, 2000) o que o torna um importante elemento no processo de regeneração celular.

A depleção aguda de zinco, provocada por dieta pobre em zinco (com doses diárias de 0,3 mg durante 33 ou 41 dias) alterou a capacidade total de trabalho do músculo esquelético de oito atletas adultos (Van Loan, Sutherland, Lowe, Turnlund, & King, 1999).

O aumento da excreção de zinco pela urina, em atletas de elite de voleibol, pode chegar a 20% em comparação com o grupo controle. O aumento da excreção pelo suor, nas mesmas condições, também é significativo e conduz a uma situação de fadiga latente com redução da resistência (Cordova & Navas, 1998).

Koury et al. (2003) avaliaram, em um estudo de caso, a influência do zinco sobre a capacidade antioxidante em atletas. Para tal, suplementaram um nadador adulto com 22 mg/d de gluconato de zinco, observando um aumento significativo da atividade da Zn-Cu superóxido dismutase e metalotioneína, elementos importantes na prevenção ou redução dos efeitos causados pelo estresse oxidativo gerado pelo exercício intenso. Esses dados demonstram a importância do zinco disponível para a regeneração celular e tecidual após a atividade física, que por sua vez aumenta a excreção de zinco, favorecendo ao balanço negativo deste microelemento.

Em lutadores de 16 a 22 anos foi observado um aumento do número de eritrócitos, leucócitos e trombócitos após suplementação com 3mg de zinco por kg durante 4 semanas (Kilic, Baltaci, & Gunay, 2004). Estes elementos favorecem respectivamente o rendimento físico, pela maior transporte de oxigênio e o sistema imunológico pelo aumento da quantidade de células sanguíneas de combate aos microorganismos e pela maior atividade de anticorpos.

Kilic et al. (2006) investigaram como o exercício exaustivo afeta os níveis de hormônios tireóideos e de testosterona em 10 lutadores de elite ($18,7 \pm 2,4$ anos de idade), suplementados oralmente por 4 semanas com sulfato de zinco (3mg/dia/kg). O exercício exaustivo provocou uma significativa inibição dos hormônios tireóideos e da testosterona, mas a suplementação por 4 semanas preveniu esta inibição. Concluiu-se que a administração de doses fisiológicas de zinco pode beneficiar o rendimento.

Alguns autores (Speich et al., 2001; Haase et al., 2008; Alves & Lima, 2009) relatam algumas variáveis que confundem a análise dos dados sobre o uso de suplementos alimentares por adolescentes e atletas. Em relação aos sujeitos da pesquisa, destacam-se diferenças de sexo, estágio de maturação biológica,

tipo de atividade física e sua natureza (por exemplo: indivíduos sedentários versus atletas; atletas amadores versus profissionais), tamanho da amostra, randomização e poder e diferenças na avaliação do desfecho e eficácia – se por critérios clínicos (antropométricos) ou laboratoriais (dosagens bioquímicas, avaliação de atividade enzimática). Lembram ainda que enquanto alguns estudos são controlados por placebo, outros confiam em grupos não tratados, ou relatam apenas estudo de caso. Questionam ainda se há necessidade de prover suplementos minerais para atletas, de acordo com suas idades, sexo, ou tipo e duração da atividade esportiva. Em caso positivo, em qual momento da sua carreira esportiva? Quais elementos podem ser recomendados para suplementação, e quais podem ser considerados inócuos ou mesmo prejudiciais? Em populações que são bem assistidas, as variações minerais durante o exercício ou durante as horas e dias de treino ou recuperação frequentemente parecem ser mais fisiológicas que patológicas. Além disso, parece haver um transiente normal de variação no volume sanguíneo e na homeostase.

Em adição, o suplemento de zinco e a quantidade de zinco que é administrada variam consideravelmente. Em alguns casos, a quantidade de zinco elementar não consegue mesmo ser determinada, uma vez que não é fornecida informação insuficiente para esse efeito. Este fato foi observado por Habicht et al. (1995) em crianças guatemaltecas, justificado com a necessidade de promover o maior crescimento físico decorrente da suplementação. Em muitos estudos nos quais o sulfato de zinco é utilizado, não é especificada a composição química do zinco utilizado como suplemento. Os estudos reforçam ainda que a comparação de estudos é dificultada por várias razões: o estado de zinco dos sujeitos tem que ser conhecido, já que indivíduos com deficiência de zinco provavelmente reagirão de forma diferente dos não deficientes em zinco. A absorção de zinco em humanos parece ser mais eficiente quando dieta rica em zinco é administrada após período com dieta pobres neste elemento (Chung et al., 2008; Hunt, Beiseigel, & Johnson, 2008). Frequentemente, quando são apontados valores, muitos estudos medem o zinco sérico total ou plasmático, e este não é um método ótimo para determinar o estado de zinco de um indivíduo. Como dito, o zinco sérico e plasmático são parâmetros satisfatórios para o diagnóstico da deficiência clínica severa de zinco, mas não para identificar a deficiência marginal, que seria a aplicação principal para estudos nutricionais (Haase et al., 2006).

Enfim, a necessidade de repor determinado suplemento nem sempre é avaliada antes do início de sua reposição e, quando identificada, nem sempre é corrigida por orientação dietética antes de se orientar o uso do suplemento (Haase et al., 2006).

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A importância do zinco no metabolismo humano parece incontestável. Entretanto, os mecanismos pelos quais exerce seus efeitos ainda não estão totalmente esclarecidos. A maior excreção pela urina e suor (Cordova & Navas, 1998), sua absorção e necessidade diárias de acordo com a biodisponibilidade (Chung et al., 2008; Hunt et al., 2008), alterações nas concentrações séricas pós exercício (Cordova & Navas, 1998), efeitos sobre o processo oxidativo (Koury & Donangelo, 2003), suas relações com a atividade hormonal durante e após o exercício (Kilic et al., 2006) são aspectos que precisam ser melhor entendidos. No caso de jovens em desenvolvimento, a vulnerabilidade do organismo durante a puberdade a dietas com restrição de zinco (Golub, Keen, & Gershwin, 1999), seus efeitos sobre os níveis plasmáticos de IGF-I e conseqüências para o crescimento são temas especialmente importantes. Assim, concorda-se inteiramente com Alves & Lima (2009), quando afirmar ser imperioso o investimento em investigação científica focalizando os efeitos e a segurança do uso de suplementos nutricionais em adolescentes, principalmente quando fisicamente ativos, como é o caso dos atletas.

REFERÊNCIAS

- Alves, C., & Lima, R. V. B. (2009). Dietary supplement use by adolescents. *Jornal de Pediatria (Rio de Janeiro)*, 85(4), 287-294.
- Arnaud, J. (2001). Minerais et Oligoéléments: zinc *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 155-158). Londres: Editions TEC & DOC.
- Arsenault, J. E., & Brown, K. H. (2003). Zinc intake of US preschool children exceeds new dietary reference intakes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78(5), 1011-1017.
- Bougle, D. L., Sabatier, J.-P., Guaydier-Souquieres, G., Guillon-Metz, F., Laroche, D., Jauzac, P. (2004). Zinc status and bone mineralisation in adolescent girls. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(1), 17-21.
- Brandão-Neto, J., Stefan, V., Mendonça, B. B., Bloise, W., & Castro, A. V. B. (1995). The essential role of zinc in growth. *Nutrition Research*, 15(3), 335-358.
- Brotherhood, J. R. (1984). Nutrition and sports performance. *Sports Medicine*, 1(5), 350-389.
- Brown, K. H. (2007). Assessing population zinc status with serum zinc concentration. *International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) Technical Brief*, 2.
- Brown, K. H., Peerson, J. M., Rivera, J., & Allen, L. H. (2002). Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(6), 1062-1071.
- Brown, K. H., Rivera, J. A., Bhutta, Z., Gibson, R. A., King, J. C., Lonnerdal, B. (2004). International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) technical document #1. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition Bulletin*, 25(1 Suppl 2), S99-203.
- Brown, K. H., Wessells, K. R., & Hess, S. Y. (2007). Zinc bioavailability from zinc-fortified foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 77(3), 174-181.
- Browning, J. D., MacDonald, R. S., Thornton, W. H., & O'Dell, B. L. (1998). Reduced food intake in zinc deficient rats is normalized by megestrol acetate but not by insulin-like growth factor-I. *Journal of Nutrition*, 128(1), 136-142.
- Cadore, E. L., Brentano, M. A., Lhullier, F. L. R., & Krueel, L. F. M. (2008). Fatores relacionados com as respostas da testosterona e do cortisol ao treinamento de força. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 14(1), 74-78.
- Castillo-Duran, C., & Cassorla, F. (1999). Trace minerals in human growth and development. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 12(5), 589-601.
- Cha, M. C., & Rojhani, A. (1997). Zinc deficiency inhibits the direct growth effect of growth hormone on the tibia of hypophysectomized rats. *Biological Trace Element Research*, 59(1-3), 99-111.
- Chen, M. D., Song, Y. M., & Lin, P. Y. (2000). Zinc may be a mediator of leptin production in humans. *Life Sciences*, 66(22), 2143-2149.
- Chung, C. S., Stookey, J., Dare, D., Welch, R., Nguyen, T. Q., Roehl, R. (2008). Current dietary zinc intake has a greater effect on fractional zinc absorption than does longer term zinc consumption in healthy adult men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5), 1224-1229.
- Clarkson, P. M., & Thompson, H. S. (2000). Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 637S-646S.

- Cordova, A., & Navas, F. J. (1998). Effect of training on zinc metabolism: changes in serum and sweat zinc concentrations in sportsmen. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 42(5), 274-282.
- Cossack, Z. T. (1991). Decline in somatomedin-C (insulin-like growth factor-1) with experimentally induced zinc deficiency in human subjects. *Clinical Nutrition*, 10(5), 284-291.
- Cragg, R. A., Phillips, S. R., Piper, J. M., Varma, J. S., Campbell, F. C., Mathers, J. C. (2005). Homeostatic regulation of zinc transporters in the human small intestine by dietary zinc supplementation. *Gut*, 54(4), 469-478.
- Cunningham, B. C., Mulkerrin, M. G., & Wells, J. A. (1991). Dimerization of human growth hormone by zinc. *Science*, 253(5019), 545-548.
- Daly, W., Seegers, C. A., Rubin, D. A., Dobridge, J. D., & Hackney, A. C. (2005). Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 93(4), 375-380.
- De Meyts, P., Wallach, B., Christoffersen, C. T., Urso, B., Gronskov, K., Latus, L. J. (1994). The insulin-like growth factor-I receptor. Structure, ligand-binding mechanism and signal transduction. *Hormone Research*, 42(4-5), 152-169.
- DeRuisseau, K. C., Cheuvront, S. N., Haymes, E. M., & Sharp, R. G. (2002). Sweat iron and zinc losses during prolonged exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12(4), 428-437.
- Dibley, M. J. (2001). Zinc. In B. A. Bowman & R. M. Russel (Eds.), *Present Knowledge in Nutrition*. Washington, DC.
- Dreosti, I. E. (1996). *Zinc: Nutritional aspects*. Paper presented at the III National Environmental Health Forum, Australia.
- Dwyer, J. (1996). Policy and healthy weight. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63(3 Suppl), 415S-418S.
- Food and Nutrition Board, I. M. (2000). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: National Academies Press, Institute of Medicine.
- Friis, H., Ndhlovu, P., Mduluza, T., & et al. (1997). The impact of zinc supplementation on growth and body composition: a randomized, controlled trial among rural Zimbabwean schoolchildren. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51, 38-45.
- Gleeson, M., Nieman, D. C., & Pedersen, B. K. (2004). Exercise, nutrition and immune function. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 115-125.
- Golub, M. S., Keen, C. L., & Gershwin, M. E. (1999). Behavioral and hematologic consequences of marginal iron-zinc nutrition in adolescent monkeys and the effect of a powdered beef supplement. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70(6), 1059-1068.
- Golub, M. S., Keen, C. L., Gershwin, M. E., Styne, D. M., Takeuchi, P. T., Ontell, F. (1996). Adolescent growth and maturation in zinc-deprived rhesus monkeys. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 274-282.
- Griffin, I. J., King, J. C., & Abrams, S. A. (2000). Body weight-specific zinc compartmental masses in girls significantly exceed those reported in adults: a stable isotope study using a kinetic model. *Journal of Nutrition*, 130(10), 2607-2612.
- Haase, H., Mocchegiani, E., & Rink, L. (2006). Correlation between zinc status and immune function in the elderly. *Biogerontology*, 7(5-6), 421-428.
- Haase, H., Overbeck, S., & Rink, L. (2008). Zinc supplementation for the treatment or prevention of disease: current status and future perspectives. *Experimental Gerontology*, 43(5), 394-408.

- Habicht, J. P., Martorell, R., & Rivera, J. A. (1995). Nutritional impact of supplementation in the INCAP longitudinal study: analytic strategies and inferences. *Journal of Nutrition*, 125(4 Suppl), 1042S-1050S.
- Hickson, J. F. J., Duke, M. A., & et al. (1987). Nutritional intake from food sources of high school football athletes. *Journal of the American Dietetic Association*, 87, 1656-1659.
- Hunt, J. R., Beiseigel, J. M., & Johnson, L. K. (2008). Adaptation in human zinc absorption as influenced by dietary zinc and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5), 1336-1345.
- Kilic, M., Baltaci, A. K., & Gunay, M. (2004). Effect of zinc supplementation on hematological parameters in athletes. *Biological Trace Element Research*, 100(1), 31-38.
- Kilic, M., Baltaci, A. K., Gunay, M., Gokbel, H., Okudan, N., & Cicioglu, I. (2006). The effect of exhaustion exercise on thyroid hormones and testosterone levels of elite athletes receiving oral zinc. *Neuroendocrinology Letters*, 27(1-2), 247-252.
- King, J., Shames, D., & Woodhouse, L. (2000). Zinc homeostasis in humans. *Journal of Nutrition*, 130(5S Suppl), 1360S-1366S.
- Konukoglu, D., Turhan, M. S., Ercan, M., & Serin, O. (2004). Relationship between plasma leptin and zinc levels and the effect of insulin and oxidative stress on leptin levels in obese diabetic patients. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(12), 757-760.
- Koury, J. C., & Donangelo, C. M. (2003). Zinco, estresse oxidativo e atividade física. *Revista de Nutrição*, 16(4), 433-441.
- Koury, J. C., Oliveira-Junior, A. V., Portella, E. S., Olilveria, C. F., Casimiro-Lopes, G., & Donangelo, C. M. (2004). Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 358-372.
- Koury, J. C., Oliveira, C. F., Aragão, M. V., & Donangelo, C. M. (2003). Metallothionein and superoxide dismutase in erythrocytes are influenced by sport impact in anaerobic modalities. *FASEB Journal, Abstract*, 17, 4-5.
- Koury, J. C., Oliveira, C. F., Portella, E. S., Oliveira Junior, A. V., & Donangelo, C. M. (2005). Effect of the period of resting in elite judo athletes: hematological indices and copper/ zinc-dependent antioxidant capacity. *Biological Trace Element Research*, 107(3), 201-211.
- Koury, J. C., Oliveira K, J., Casimiro-Lopes, G., Oliveira-Junior, A. V., Portella, E. S., Moura, E. G. (2007). Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 115(1), 23-30.
- Kraus, A., Roth, H. P., & Kirchgessner, M. (1997). Supplementation with vitamin C, vitamin E or beta-carotene influences osmotic fragility and oxidative damage of erythrocytes of zinc-deficient rats. *Journal of Nutrition*, 127(7), 1290-1296.
- Krebs, N. F. (2000). Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract. *Journal of Nutrition*, 130(5S Suppl), 1374S-1377S.
- Lefebvre, D., Beckers, F., Ketelslegers, J. M., & Thissen, J. P. (1998). Zinc regulation of insulin-like growth factor-I (IGF-I), growth hormone receptor (GHR) and binding protein (GHBP) gene expression in rat cultured hepatocytes. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 138(1-2), 127-136.
- Lira, P. I., Ashworth, A., & Morris, S. S. (1998). Effect of zinc supplementation on the morbidity, immune function, and growth of low-birth-weight, full-term infants in northeast Brazil. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68, 418-424.

- Lukaski, H. C. (1995). Micronutrients (magnesium, zinc, and copper): are mineral supplements needed for athletes? *International Journal of Sport Nutrition*, 5 Suppl, S74-83.
- Lukaski, H. C. (2001). Magnesium, zinc, and chromium nutrition and athletic performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26 Suppl, S13-22.
- Lukaski, H. C. (2005). Low dietary zinc decreases erythrocyte carbonic anhydrase activities and impairs cardiorespiratory function in men during exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(5), 1045-1051.
- Lutter, C. K., Rodriguez, A., Fuenmayor, G., Avila, L., Sempertegui, F., & Escobar, J. (2008). Growth and micronutrient status in children receiving a fortified complementary food. *Journal of Nutrition*, 138(2), 379-388.
- MacDonald, R. S. (2000). The role of zinc in growth and cell proliferation. *Journal of Nutrition*, 130(5S Suppl.), 1500S-1508S.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Hormonal regulation of growth and maturation *Growth, maturation and physical activity* (2nd. ed., pp. 399-428). Champaign, IL: Human kinetics.
- Maret, W., & Sandstead, H. H. (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20(1), 3-18.
- Matsui, T., & Yamaguchi, M. (1995). Zinc modulation of insulin-like growth factor's effect in osteoblastic MC3T3-E1 cells. *Peptides*, 16(6), 1063-1068.
- Montain, S. J., Cheuvront, S. N., & Lukaski, H. C. (2007). Sweat mineral-element responses during 7 h of exercise-heat stress. *International Journal of Sport Nutrition Exercise and Metabolism*, 17(6), 574-582.
- Moriarty-Craige, S. E., Ha, K. N., Sternberg, P., Jr., Lynn, M., Bressler, S., Gensler, G. (2007). Effects of long-term zinc supplementation on plasma thiol metabolites and redox status in patients with age-related macular degeneration. *American Journal of Ophthalmology*, 143(2), 206-211.
- Muller, O., Garenne, M., Reitmaier, P., Van Zweeden, A. B., Kouyate, B., & Becher, H. (2003). Effect of zinc supplementation on growth in West African children: a randomized double-blind placebo-controlled trial in rural Burkina Faso. *International Journal of Epidemiology*, 32(6), 1098-1102.
- Naheed, A., Walker Fischer, C. L., Mondal, D., Ahmed, S., Arifeen, S. E., Yunus, M. (2009). Zinc therapy for diarrhoea improves growth among Bangladeshi infants 6 to 11 months of age. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 48(1), 89-93.
- Nakamura, T., Nishiyama, S., Futagoshi, S. I., Matsuda, I., & Higashi, A. (1993). Mild to moderate zinc deficiency in short children: effect of zinc supplementation on linear growth velocity. *Journal of Pediatrics*, 123, 65-69.
- Ninh, N. X., Thissen, J. P., Collette, L., Gerard, G., Khoi, H. H., & Ketelslegeres, J. M. (1996). Zinc supplementation increases growth and circulating insulin-like growth factor I in growth retarded vietnamese children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63, 541-549.
- Oberleas, D., & Harland, B. F. (2008). Treatment of zinc deficiency without zinc fortification. *Journal of Zhejiang University. Science*, 9(3), 192-196.
- Ohlsson, C., Bengtsson, B. A., Isaksson, O. G., Andreassen, T. T., & Słotweg, M. C. (1998). Growth hormone and bone. *Endocrine Reviews*, 19(1), 55-79.
- OMS. (1998). Zinco (A. Favano, Trans.) *Elementos traço na nutrição e saúde humanas* (pp. 63-107). São Paulo: Roca.

- Oner, G., Bhaumick, B., & Bala, R. M. (1984). Effect of zinc deficiency on serum somatomedin levels and skeletal growth in young rats. *Endocrinology*, *114*(5), 1860-1863.
- Park, J. H., Grandjean, C. J., Antonson, D. L., & Vanderhoof, J. A. (1986). Effects of isolated zinc deficiency on the composition of skeletal muscle, liver and bone during growth in rats. *Journal of Nutrition*, *116*(4), 610-617.
- Pomerants, T., Tillmann, V., Jurimae, J., & Jurimae, T. (2007). The influence of serum ghrelin, IGF axis and testosterone on bone mineral density in boys at different stages of sexual maturity. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, *25*(3), 193-197.
- Prasad, A. S. (1967). Importance of zinc in human nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, *20*(6), 648-652.
- Prasad, A. S. (1984). Discovery and importance of zinc in human nutrition. *Federation Proceedings*, *43*, 2829-2834.
- Prasad, A. S., Beck, F. W., Bao, B., Fitzgerald, J. T., Snell, D. C., Steinberg, J. D. (2007). Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. *American Journal of Clinical Nutrition*, *85*(3), 837-844.
- Prasad, A. S., Oberleas, D., Wolf, P., & Horwitz, H. P. (1967). Studies on zinc deficiency: changes in trace elements and enzyme activities in tissues of zinc-deficient rats. *Journal of Clinical Investigation*, *46*(4), 549-557.
- Prasad, A. S., Oberleas, D., Wolf, P., & Horwitz, J. P. (1969). Effect of growth hormone on nonhypophysectomized zinc-deficient rats and zinc on hypophysectomized rats. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, *73*(3), 486-494.
- Purge, P., Jurimae, J., & Jurimae, T. (2006). Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training. *Journal of Sports Sciences*, *24*(10), 1075-1082.
- Rajaram, S., Baylink, D. J., & Mohan, S. (1997). Insulin-like growth factor-binding proteins in serum and other biological fluids: regulation and functions. *Endocrine Reviews*, *18*(6), 801-831.
- Reyes, J. G. (1996). Zinc transport in mammalian cells. *American Journal of Physiology*, *270*(2 Pt 1), C401-410.
- Richelle, M., Sabatier, M., Steiling, H., & Williamson, G. (2006). Skin bioavailability of dietary vitamin E, carotenoids, polyphenols, vitamin C, zinc and selenium. *British Journal of Nutrition*, *96*(2), 227-238.
- Root, A. W., Duckett, G., Sweetland, M., & Reiter, E. O. (1979). Effects of zinc deficiency upon pituitary function in sexually mature and immature male rats. *Journal of Nutrition*, *109*(6), 958-964.
- Roth, H. P., & Kirchgessner, M. (1994). Influence of alimentary zinc deficiency on the concentration of growth hormone (GH), insulin-like growth factor I (IGF-I) and insulin in the serum of force-fed rats. *Hormone and Metabolic Research*, *26*(9), 404-408.
- Roussel, A. M., Kerkeni, A., Zouari, N., Mahjoub, S., Matheau, J. M., & Anderson, R. A. (2003). Antioxidant effects of zinc supplementation in Tunisians with type 2 diabetes mellitus. *Journal of the American College of Nutrition*, *22*(4), 316-321.
- Salgueiro, M. J., Weill, R., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Goldman, C. (2004). Zinc deficiency and growth: current concepts in relationship to two important points: intellectual and sexual development. *Biological Trace Element Research*, *99*(1-3), 49-69.

- Salgueiro, M. J., Zubillaga, M. B., Lysionek, A. E., Caro, R. A., Weill, R., & Boccio, J. R. (2002). The role of zinc in the growth and development of children. *Nutrition*, *18*, 510-519.
- Samuelson, G. (2000). Dietary habits and nutritional status in adolescents over Europe. An overview of current studies in the Nordic countries. *European Journal of Clinical Nutrition*, *54 Suppl 1*, S21-28.
- Sandstead, H. H., Penland, J. G., & Alcock, N. W. (1996). *Essentiality of zinc in human nutrition*. Paper presented at the III National Environmental Health Forum, Australia.
- Sandstead, H. H., Penland, J. G., Alcock, N. W., Dayal, H. H., Chen, X. C., Li, J. S. (1998). Effects of repletion with zinc and other micronutrients on neuropsychologic performance and growth of Chinese children. *American Journal of Clinical Nutrition*, *68*(2 Suppl), 470S-475S.
- Sayeg, P. M. A., Oliveira, H. P., Cunha, A. J., & et al. (2000). Linear growth and zinc supplementation in children with short stature. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, *13*, 1121-1128.
- Sena, K. C. M. d., & Pedrosa, L. d. F. C. (2005). Efeitos da suplementação com zinco sobre o crescimento, sistema imunológico e diabetes. *Revista de Nutrição*, *18*(2), 251-159.
- Siklar, Z., Tuna, C., Dallar, Y., & Tanyer, G. (2003). Zinc deficiency: a contributing factor of short stature in growth hormone deficient children. *Journal of Tropical Pediatrics*, *49*(3), 187-188.
- Singh, A., Smoak, B. L., Patterson, K. Y., LeMay, L. G., Veillon, C., & Deuster, P. A. (1991). Biochemical indices of selected trace minerals in men: effect of stress. *American Journal of Clinical Nutrition*, *53*(1), 126-131.
- Speich, M., Pineau, A., & Ballereau, F. (2001). Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clinica Chimica Acta*, *312*(1-2), 1-11.
- Stang, J., Story, M. T., Harnack, L., & Neumark-Sztainer, D. (2000). Relationships between vitamin and mineral supplement use, dietary intake, and dietary adequacy among adolescents. *Journal of the American Dietetic Association*, *100*(8), 905-910.
- Szczurek, E. I., Bjornsson, C. S., & Taylor, C. G. (2001). Dietary zinc deficiency and repletion modulate metallothionein immunolocalization and concentration in small intestine and liver of rats. *Journal of Nutrition*, *131*(8), 2132-2138.
- Tapiero, H., & Tew, K. D. (2003). Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, *57*(9), 399-411.
- Thane, C. W., Bates, C. J., & Prentice, A. (2004). Zinc and vitamin A intake and status in a national sample of British young people aged 4-18 y. *European Journal of Clinical Nutrition*, *58*(2), 363-375.
- Toral, N., Rhein, S. O., Cintra, I. P., & Fisberg, M. (2005). O papel do zinco na infância e adolescência - The role of zinc in childhood and adolescence. *Pediatria Moderna*, *41*(4), 158-168.
- Underwood, L. E. (1996). Nutritional regulation of IGF-I and IGF-BPs. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, *9 Suppl 3*, 303-312.
- Van Loan, M. D., Sutherland, B., & et al. (1999). The effects of zinc depletion on peak force and total work of knee and shoulder extensor and flexor muscles. *International Journal of Sport Nutrition*, *9*(2), 125-135.
- Wada, O. (2004). What are Trace Elements? Their deficiency and excess states. *Japan Medical Association Journal*, *47*(8), 351-358.

- Yamaguchi, M., & Hashizume, M. (1994). Effect of parathyroid hormone and interleukin-1 alpha in osteoblastic MC3T3-E1 cells: interaction with beta-alanyl-L-histidinato zinc. *Peptides*, 15(4), 633-636.
- Yu, Z.-P., Le, G.-W., & Shi, Y.-H. (2005). Effect of Zinc sulphate and Zinc methionine on growth, plasma growth hormone concentration, growth hormone receptor and insulin-like growth factor-I gene expression in mice. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 32(4), 273-278. doi:doi:10.1111/j.1440-1681.2005.04183.x
- Zeitune, M. I. P. d., Ramón, A. N., & Cadena, M. E. y. C. d. (2001). Un nutriente esencial en la adolescencia – valoración nutricional del cinc (Um nutriente essencial na adolescência – valorização nutricional do zinco). *Adolescencia Latinoamericana*, 2(2), 61-66.

CAPÍTULO III

COMPOSIÇÃO CORPORAL

Os avanços na medição, avaliação e análise da composição corporal (CC), segundo Silva et al. (2013), contribuíram amplamente para o conhecimento da biologia humana, expressa em três áreas distintas e interconectadas: paradigmas, metodologia e respostas às influências externas. Esta ampliação do conhecimento vem estimulando os pesquisadores, visto que os componentes corporais constituem uma variável importante, tanto quando se abordam aspectos relativos à saúde quanto aspectos relativos ao rendimento esportivo.

A preocupação com a manutenção de uma baixa massa corporal, com uma adequada composição, faz com que atletas de esportes sensíveis à massa se utilizem, por vezes, de métodos extremos para ganho de uma vantagem esportiva (Ackland et al., 2012). Estes métodos extremos muitas vezes prejudicam tanto à saúde quanto o próprio desempenho esportivo destes indivíduos, uma vez que entre suas consequências, que por vezes são fatais, pode observar-se: massa corporal extremamente baixa, alterações bruscas na massa corporal devido à desidratação ou desordens alimentares, percentagem de gordura corporal extremamente baixa e densidade mineral óssea insuficiente. As variações na água corporal (total e intracelular) podem por vezes ser as responsáveis pelas alterações na composição corporal (Silva, Fields, Heymsfield, & Sardinha, 2010). Assim, torna-se necessário que as alterações nos depósitos magro e de gordura sejam rotineiramente monitorados nas ciências do esporte de forma mais específica (Gerasimidis, Shepherd, Rashid, Edwards, & Ahmed, 2014).

Durante o período da puberdade, os jovens passam por intensas modificações físicas, psicológicas e sociais, o que torna a estimativa da CC uma tarefa de grande complexidade, visto que a relação entre os componentes corporais durante o crescimento não é constante como nos adultos (Machado, Oikawa, & Barbanti, 2013). Aliás, esta afirmativa também é válida para outro fenômeno biológico que ocorre neste período, a maturação. Essa complexidade aumenta quando adicionamos às características destes jovens o fato de serem atletas. Numa proposta de orientar o atendimento destes indivíduos, Santos et al. (2014), após analisarem 898 atletas de ambos os sexos, de 21 diferentes esportes, apresentaram valores de referência da CC e de medidas antropométricas destes atletas, evidenciando as diferenças entre eles.

Ainda que irrefutáveis limitações éticas e metodológicas tenham imposto que a acurácia na avaliação da CC continue a basear-se em métodos indiretos, o significativo progresso na compreensão e quantificação da CC em humanos nos últimos 50 anos levou a acurácia a menos que 1%. (Ackland et al., 2012). Já nas últimas três décadas, as pesquisas voltaram-se mais para a precisão, visto que o treinamento também evoluiu, exigindo maior precisão nos procedimentos para otimização do rendimento, como a alimentação e a própria constituição física. Neste contexto inserem-se as técnicas de avaliação da CC.

TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO

Segundo Ackland et al.(2012), as várias técnicas disponíveis para descrever os componentes constituintes do corpo podem ser alocadas em três grandes grupos (Quadro 3.1). Quanto a abordagem, as técnicas podem ser classificadas em: *Química (Molecular)* ou *Anatômica (Tecidos e Sistemas)*. Quando considerada a quantidade de componentes obtidos na análise, elas podem estimar 2, 3 ou 4 componentes, sendo que a abordagem química possibilita a divisão em modelos de 2 componentes (massa gorda e massa livre de gordura), de 3 componentes (gordura, mineral ósseo e conteúdo magro) ou de 4 componentes (gordura, proteínas, água e outros componentes). Já a abordagem anatômica permite a divisão em tecidos adiposo, muscular e conectivo, esquelético e outros (4 componentes).

Quadro 3.1 - Métodos e técnicas de avaliação da composição corporal. (Adaptado de Ackland et al., 2012)

MÉTODOS	TÉCNICAS
Referência	dissecação de cadáver modelo multicomponentes Imagem médica (ressonância magnética e tomografia computadorizada)
Laboratório	absortometria de raios X de dupla energia densitometria hidrometria (água corporal) ultrassonografia escaneamento fotônico tridimensional
Campo	antropometria bioimpedância índice de massa corporal e índice de massa

De acordo com a forma de observação e estimativa dos componentes, as técnicas podem ainda ser classificadas como sendo: *Diretas* (dissecação de cadáveres), *Indiretas* (quando um parâmetro substituto é medido para estimar um tecido ou composição molecular) ou *Duplamente Indiretas* (quando uma medida indireta é utilizada para predizer outra medida indireta).

Visto que as técnicas dentro dos métodos de campo são as que melhor se adequam às condições de avaliação de atletas, seguidas pelas técnicas do método laboratorial, estes serão abordados no presente estudo, através das aplicações das técnicas de absortometria de raios X de dupla energia (DXA), antropometria e bioimpedância (BIA).

ABSORTOMETRIA DE RAIOS X DE DUPLA ENERGIA

Derivada de técnica de medida do tecido mineral ósseo publicada em 1957 (Cameron & Sorenson, 1963), a técnica foi beneficiada pelo grande avanço tecnológico ocorrido nas últimas duas décadas e evoluiu consideravelmente. Além do aumento na precisão, obtido por processos mais aprimorados de captação e contagem dos fótons entre outros fatores, o tempo de aplicação da técnica, que no início ultrapassava os 60 minutos hoje resume-se a menos de 10% deste tempo. Assim, ela é atualmente amplamente utilizada para diagnóstico da osteoporose e cada vez mais aplicada para a quantificação de tecidos moles.

Basicamente, a diferenciação entre osso e tecidos moles, decorre da emissão de fótons por dois diferentes níveis de feixes de raios-X com pequena variação, que são filtrados e atenuados pelos diferentes tecidos do avaliado, deitado sobre a mesa de escaneamento. O processo mapeia a massa e a composição de cada pixel em termos de mineral ósseo, gordura e tecido mole livre de gordura.

Um dos pontos críticos da DXA é o fato dela assumir a mesma composição tecidual para o tronco e para as extremidades corporais, entretanto Clarys et al (2010) esclarecem que tanto a hidratação quanto o fracionamento de gordura, pele, tecido adiposo, músculos e ossos varia em relação a estes segmentos corporais, embora a variação não seja a mesma entre os membros superiores e inferiores. Outro ponto que chama a atenção é o erro de medição, o qual limita a capacidade de detectar pequenas alterações na composição corporal (Ackland et al., 2012), muito embora Lands et al. (1996), numa pequena amostra de seis homens saudáveis, tenham considerado a acurácia suficiente para detectar pequenas diferenças na massa (menor que 2,5kg). Como ponto positivo cabe ressaltar as baixas doses de radiação e a possibilidade da obtenção de informações sobre a composição dos segmentos, por uma técnica razoavelmente acessível. Estes aspectos justificam a sua utilização como método de referência de laboratório (Ackland et al., 2012). Entretanto, os autores ressaltam que mesmo sendo baixas as doses de radiação, não se deve abusar da frequência na utilização do DXA, nem se deve descuidar de todas as precauções relativas às fontes utilizadas pelos equipamentos de imagens médicas.

Quando os indivíduos a serem avaliados são atletas, a estimativa através da DXA apresenta como vantagens sobre outras técnicas, o tempo necessário a realização do teste e a facilidade de aplicação, além de ser minimamente influenciado pela variação da hidratação. Uma das limitações para este grupo de indivíduos relaciona-se às dimensões corporais. Atletas com valores elevados de massa corporal (superior a 120kg) ou de estatura (192 centímetros) podem exceder os limites de escaneamento dos equipamentos. Em atletas magros, embora seja um método com razoável precisão para avaliação do corpo inteiro, a DXA não é confiável para estimativa de gordura, não obstante que os valores obtidos para a massa livre de gordura (MLG) total e regional sejam geralmente aceitáveis (Ackland et al., 2012).

Prior et al. (1997) em seu estudo com 72 atletas adultos jovens, do sexo masculino e de diferentes modalidades, concluíram pela precisão da DXA para a estimativa da CC, quando comparada com o modelo de 4 componentes. Isto levou alguns autores a adotá-la como método de referência, em detrimento à densitometria. Entretanto, Santos et al. (2010) em estudo com judocas adultos jovens (idade de $22,2 \pm 2,8$ anos) identificaram que o DXA superestima significativamente o percentual de gordura (%G) e a massa gorda (MG), além de subestimar a MLG em relação ao modelo de quatro componentes.

Ackland et al. (2012) citam que os diferentes algoritmos empregados nos equipamentos e nos programas das máquinas dos vários fabricantes impedem comparações de dados obtidos de diferentes aparelhos.

ANTROPOMETRIA

A antropometria é um método simples e confiável para quantificar o tamanho e a proporção corporal, através de medidas corporais de comprimentos, diâmetros, circunferências e dobras cutâneas (Wang, Thornton, Kolesnik, & Pierson, 2000).

Provavelmente esta é a técnica mais empregada para monitorar a CC dentre as técnicas do método de campo, tanto na área da saúde quanto na área esportiva. Duas razões contribuem para a aceitabilidade das dobras cutâneas (DC) como indicador da gordura corporal: cerca de 40-60% da gordura corporal total está na região subcutânea e as DC podem ser diretamente medidas utilizando-se um adipômetro (Wang et al., 2000). O baixo custo e a facilidade na aplicação também contribuem para sua preferência. Entretanto, a facilidade é relativa, visto que, para que sejam minorados os erros, as medições antropométricas exigem dos avaliadores um investimento considerável no treinamento da técnica, tanto na localização dos pontos de medição quanto no manuseio do instrumento. Para tal, é necessário que o avaliador, após o domínio da teoria, dedique um expressivo tempo à prática das medidas, de forma a familiarizar-se com os procedimentos. Na última década, o trabalho desenvolvido pela Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (ISAK) repercutiu favoravelmente na melhoria da confiabilidade inter e intraavaliadores (Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006). Na primeira, o avaliador demonstra a reprodutibilidade de suas medidas quando confrontadas com outro avaliador com medidas reconhecidamente confiáveis. Na segunda, o avaliador confronta suas próprias medidas repetidas, as quais não podem variar além de um determinado padrão. Isso demonstra que elas são realizadas sempre da mesma forma, já definida pela análise anterior como correta.

As medidas obtidas são utilizadas em equações preditivas da densidade corporal, convertida em gordura corporal. A utilização de equações preditivas e técnicas de medidas apropriadas resultam em estimativas da CC com erro padrão da estimativa entre 3 e 4% da gordura corporal e entre 2 a 2,5 kg da massa livre de gordura (Houtkooper, 1996). Esta afirmativa reforça a necessidade de se atentar para outro aspecto, que é o de se aplicar equações preditivas específicas para a população estudada.

Ackland et al. (2012) lembram que muitas equações generalizadas foram validadas para amostras específicas, e o seu uso na determinação de gordura em atletas se baseia em pressupostos da antropometria e da densitometria. Estes incluem as constâncias assumidas das espessuras da derme e epiderme, da distribuição de tecido adiposo, da fração de gordura no tecido adiposo, da densidade da massa magra, além da uniformidade da compressibilidade do tecido adiposo subcutâneo.

Em consequência, o erro na precisão da estimativa da %G corporal inclui necessariamente os erros adicionais do método de referência (geralmente densitometria), que foram identificados como sendo maior entre grupos atléticos (Ackland et al., 2012).

Em recente e minuciosa revisão, (Silva, Fields e Sardinha, 2013) apresentam um resumo com 17 trabalhos com proposições de equações preditivas da CC para crianças e adolescentes, baseadas nos modelos de 3 e 4 componentes. Destas, 11 utilizam medidas antropométricas em suas predições. Ainda nessa revisão, os autores concluem recomendando a equação de Slaughter como uma alternativa viável e válida para avaliação da composição corporal em crianças, posição corroborada por Silva, et al. (2013). Moreira et al. (2012) também concordam com essa recomendação, apesar de terem observado valores de %G subestimados. Por sua vez, Gobbo et al. (2013) ao analisarem a validade de equações antropométricas para identificar alterações na massa muscular esquelética identificaram que algumas destas se correlacionam significativamente com a DXA, salientando a validade e a importância da antropometria na avaliação dos componentes corporais.

Em resumo, a antropometria é um método de campo simples e de fácil deslocamento para estimar a CC através de medidas indicativas da gordura e musculabilidade, desde de que o avaliador possua a confiabilidade adequada e sejam utilizadas equações preditivas específicas ao grupo avaliado.

BIOIMPEDÂNCIA (BIA)

O avanço do conhecimento desde a descrição das propriedades elétricas dos tecidos, realizada em 1871 pelo cientista e filósofo alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) (Karpinski, 1921), permitiu que a partir de 1990 passassem a ser disponibilizados no mercado os equipamentos de bioimpedância multifrequências, ao invés dos equipamentos de frequência única (Kyle et al., 2004). Estes equipamentos, que possibilitam inclusive quantificar a distribuição de água extra e intracelular, apoiam-se no princípio de que a resistência do comprimento de um material condutivo homogêneo de secção de área transversa uniforme é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à área de secção transversa. Entretanto este princípio é válido para material homogêneo, e o corpo humano ou seus segmentos não possuem esta característica nem na morfologia nem na condutividade. Assim, assume-se este pressuposto e estabelece-se uma relação empírica entre o quociente de impedância ($\text{comprimento}^2 / \text{resistência}$) e o volume de água. Esta por sua vez contém eletrólitos que possibilitam a condução da corrente elétrica através do corpo.

Assim, a análise da CC através da BIA é baseada na condução de uma corrente elétrica indolor, de baixa amperagem, aplicada ao organismo por meio de eletrodos ou outras superfícies condutoras. A impedância, que depende da frequência de oposição ao fluxo de uma corrente elétrica alternada, se define a partir dos valores de reatância e resistência. A impedância é baixa no tecido magro, visto ser este basicamente constituído de líquidos intracelulares e eletrólitos, e é alta no tecido adiposo.

Desta forma, é possível a determinação da massa livre de gordura e da água corporal total (ACT), por meio de equações preditivas, atentando-se para o fato de que a anatomia dos segmentos, assim como a resistividade do condutor, no caso o corpo humano, interferem na precisão do método. Brodie et al. (1998) nos alertam para outros fatores que podem interferir nos valores obtidos através da BIA, tais como: configuração do eletrodos (bipolar ou tetrapolar), ciclo menstrual, temperatura da pele, uso de contraceptivo oral, desidratação induzida por exercício, ingestão recente de alimento e posição do corpo. Esclarece ainda que, se tais fatores forem controlados o erro de predição no cálculo da gordura corporal é de 3-5%. A confiabilidade e validade do técnica estão bem estabelecidas e já descritas por Brodie (1988).

Alguns autores (Gerasimidis et al., 2014; Goncalves, Faria, Franceschini Sdo, & Priore, 2013; Rezende et al., 2007), consideram a BIA indicada para a utilização na rotina diária e nas pesquisas de campo de avaliação da CC devido possuir as seguintes características: não invasiva, prática, rápida, fácil de aplicar, alta reprodutibilidade e proporcionar resultados imediatos, além de requerer uma cooperação mínima do avaliado.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As informações proveniente da avaliação da composição corporal são fundamentais ao planejamento do treino esportivo. Desta forma, faz-se indispensável que essas informações sejam confiáveis. A escolha da técnica mais adequada, dentre as várias disponíveis, não pode prescindir da confiabilidade das informações coletadas.

As técnicas laboratoriais, reconhecidamente mais precisas, são de difícil aplicabilidade no dia-a-dia dos treinadores. Assim, os esforços desenvolvidos pela International Society for the Advancement in Kinanthropometry e pela própria comunidade científica nas últimas décadas para que as medições antropométricas, mais ajustadas ao cotidiano esportivo, alcancem elevados graus de padronização e precisão são louváveis.

Divulgar e disponibilizar o conhecimento sobre as técnicas de campo passa a ser um elemento importante para que os profissionais do esporte possam fazer suas escolhas, baseados em estudos científicos.

REFERÊNCIAS

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D. (2012). Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine*, 42(3), 227-249.
- Brodie, D., Moscrip, V., & Hutcheon, R. (1998). Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. *Nutrition*, 14(3), 296-310.
- Brodie, D. A. (1988). Techniques of measurement of body composition. Part II. *Sports medicine (Auckland, N.Z)*, 5(2), 74-98.
- Cameron, J. R., & Sorenson, J. (1963). Measurement of Bone Mineral in Vivo: an Improved Method. *Science*, 142(3589), 230-232.
- Clarys, J. P., Scafoglieri, A., Provyn, S., Louis, O., Wallace, J. A., & De Mey, J. (2010). A macro-quality evaluation of DXA variables using whole dissection, ashing, and computer tomography in pigs. *Obesity (Silver Spring)*, 18(8), 1477-1485.
- Gerasimidis, K., Shepherd, S., Rashid, R., Edwards, C. A., & Ahmed, F. (2014). Group and individual agreement between field and dual X-ray absorptiometry-based body composition techniques in children from standard schools and a sports academy. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(1), 91-98.
- Gobbo, L. A., Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Silva, A. M., Coelho-e-Silva, M. J., & Cyrino, E. S. (2013). Changes in skeletal muscle mass assessed by anthropometric equations after resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 34(1), 28-33.
- Goncalves, V. S., Faria, E. R., Franceschini Sdo, C., & Priore, S. E. (2013). Predictive capacity of different bioelectrical impedance analysis devices, with and without protocol, in the evaluation of adolescents. *Jornal de Pediatria (Rio de Janeiro)*, 89(6), 567-574.
- Houtkooper, L. B. (1996). Assessment of body composition in youths and relationship to sport. *International Journal of Sport Nutrition*, 6(2), 146-164.
- Karpinski, L. C. (1921). Hermann Von Helmholtz. *The Scientific Monthly*, 13(1), 24-32.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243.
- Lands, L. C., Hornby, L., Hohenkerk, J. M., & Glorieux, F. H. (1996). Accuracy of measurements of small changes in soft-tissue mass by dual-energy x-ray absorptiometry. *Clinical and Investigative Medicine. Medecine Clinique et Experimentale*, 19(4), 279-285.
- Machado, D., Oikawa, S., & Barbanti, V. (2013). The multicomponent anthropometric model for assessing body composition in a male pediatric

- population: a simultaneous prediction of fat mass, bone mineral content, and lean soft tissue. *Journal of Obesity*, 2013, 428135.
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, J. E. L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment* (Revised 2006 ed.): The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Moreira, P. V. S., Silva, A. M., Crozara, L. F., Veloso, A. P., & Vieira, F. (2012). Análise de equações preditivas da gordura corporal em jovens atletas de “taekwondo”. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte (São Paulo)*, 26(3), 391-399.
- Prior, B. M., Cureton, K. J., Modlesky, C. M., Evans, E. M., Sloniger, M. A., Saunders, M. (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology*, 83(2), 623-630.
- Rezende, F., Rosado, L., Franceschini, S., Rosado, G., Ribeiro, R., & Marins, J. C. B. (2007). Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 57(4), 327-334.
- Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Allison, D. B. (2014). Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One*, 9(5), e97846.
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Fields, D. A., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2010). Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutrition & Metabolism (Lond)*, 7, 22.
- Silva, A. M., Fields, D. A., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2010). Body composition and power changes in elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 737-741.
- Silva, A. M., Fields, D. A., & Sardinha, L. B. (2013). A PRISMA-driven systematic review of predictive equations for assessing fat and fat-free mass in healthy children and adolescents using multicomponent molecular models as the reference method. *Journal of Obesity*, 2013, in press.
- Silva, A. M., Fields, D. A., Thomas, D., & Strauss, B. J. (2013). Body composition: assessment, regulation, and emerging techniques. *Journal of Obesity*, 2013, 125068.
- Silva, D. R. P., Ribeiro, A. S., Pavão, F. H., Ronque, E. R. V., Avelar, A., Silva, A. M. (2013). Validade dos métodos para avaliação da gordura corporal em crianças e adolescentes por meio de modelos multicompartimentais: uma revisão sistemática. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 59(5), 475–486.
- Wang, J., Thornton, J. C., Kolesnik, S., & Pierson, R. N., Jr. (2000). Anthropometry in body composition. An overview. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904, 317-326.

PARTE III

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA GERAL

AMOSTRA

Os critérios que presidiram à constituição da amostra foram o sexo, a idade, o estado nutricional e a condição de integrante do processo de formação de atletas de futebol de campo do Botafogo de Futebol e Regatas - Rio de Janeiro, Brasil. Além do grupo experimental, um grupo placebo foi composto por atletas que não receberam suplementação, sendo que a estes foram administradas cápsulas de maltodextrina isentas de zinco.

A população de atletas desta categoria era composta por 59 jovens eutróficos do sexo masculino, sendo que seis meninos não desejaram participar por motivos particulares e outros cinco desistiram de participar das fases seguintes ao momento inicial (T0).

A descrição da amostra, no momento inicial do estudo, anterior a qualquer intervenção (T0) é apresentada, com os resultados expressos como média (\bar{x}), desvio padrão (dp) e valores mínimo e máximo (Quadro 3.1).

Quadro 4.1 - Características gerais e estado de zinco dos participantes anterior à intervenção (n=53).

	\bar{x}	dp	mínimo	máximo
Idade cronológica (anos)	13,3	±0,7	11,8	14,2
Idade óssea (anos)	13,2	±2,0	8,5	16,5
Massa corporal total (kg)	48,5	±10,0	30,4	73,4
Estatura (cm)	160,3	±10,3	136,5	178,5
Massa livre de gordura (kg)	43,4	±9,0	25,3	63,2
Força na mão dominante (kg)	28,8	±7,9	17,0	52,0
Conteúdo mineral ósseo (g)	2118,0	±472,5	1141,0	3264,0
Zinco plasmático ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	12,2	±2,2	6,6	16,9
Zinco eritrocítico ($\mu\text{mol.gHb}^{-1}$)	0,7	±0,2	0,4	1,1
Zinco urinário ($\mu\text{mol.mmolcreatinina}^{-1}$)	0,5	±0,3	0,1	1,2

Assim, o estudo contou em T0 efetivamente com 53 (89,8%) jovens (Quadro 3.1) e no momento final (T1) com 48 jovens (81,4%) participantes do programa de treinamento em futebol de campo, na faixa etária dos 11,8 aos 14,2 anos (13,3 ±0,7).

Para cumprimento do ritual metodológico, definiu-se a amostragem como aleatória.

Em reuniões com os responsáveis pelos atletas foram prestados esclarecimentos (verbais e por escrito) sobre os procedimentos do estudo, envolvendo desconfortos, riscos e direitos dos participantes.

Quadro 4.2 - Cronograma de desenvolvimento das atividades.

Variáveis testadas	T0	T1	T2	T3
Avaliação antropométrica (alturas, perímetros e diâmetros ósseos (Norton & Olds, 1996))				
Avaliação antropométrica (estatura, mct e dobras cutâneas (Fragoso & Vieira, 2000; Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006))				
Avaliação antropométrica (bioimpedância (Houtkooper, Going, Lohman, Roche, & Van Loan, 1992))				
Avaliação maturacional (características Sexuais secundárias (Tanner, 1962))				
Avaliação maturacional (pilosidade axilar (Matsudo, 1987))				
Avaliação maturacional – idade óssea (Tanner et al., 2001))				
Avaliação antropométrica (Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006) – densitometria óssea (Sopher et al., 2004)				
Dinamometria – força (preensão manual e extensão dos membros inferiores (Bohannon, Peolsson, Massy-Westropp, Desrosiers, & Bear-Lehman, 2006))				
Avaliação bioquímica – (albumina, eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, proteínas totais e zinco (Donangelo et al., 2002; Koury et al., 2005))				
Avaliação bioquímica (testosterona(Kühnel, 2000))				
Avaliação dos aspectos biossociais (questionário RAPIL - (Fragoso et al., 2002))				

Legenda:

T0 – coleta 1 – coletas realizadas no período de 07/abr/05 a 12/mai/05.

T1 – coleta 2 – coletas realizadas no período de 02/jun/05 a 07/jul/05.

T2 – coleta 3 – coletas realizadas no período de 14/jul/05 a 14/ago/05.

T3 – coleta 4 – coletas realizadas no período de 23/ago/05 a 10/nov/05.

Ainda nestas ocasiões foram-lhes entregues o Termo de Consentimento (ANEXO I), o qual foi devolvido assinado pelos responsáveis que concordaram com a participação no estudo, além do questionário biossocial (ANEXO II), devolvido por ocasião da primeira coleta. A seguir foram agendadas as coletas em T0.

Os voluntários foram divididos aleatoriamente em dois grupos (suplementados [GS] n=24 e placebo [GP] n=29 -no momento inicial e GS=20 e GP=28 no momento final). O primeiro grupo recebeu cápsulas de gluconato de zinco (22mg/dia) e o segundo grupo cápsulas de amido de milho, todos durante um período de três meses. O Quadro 3.2 apresenta o cronograma sequencial das atividades desenvolvidas.

PROCEDIMENTOS

Os jovens, acompanhados pelos responsáveis, foram atendidos em grupos de seis atletas, em dois dias específicos por semana, até que todos tivessem seus dados coletados em cada um dos momentos do estudo.

Nos dias e horários agendados para as coletas, os indivíduos em jejum foram encaminhados para coleta de sangue e urina e a bioimpedância (BIA). A seguir receberam um lanche, prosseguindo para a radiografia da mão, antropometria e dinamometria. No período médio de uma semana a partir da coleta do sangue realizaram a densitometria óssea, em clínica especializada.

Para minimizar os erros de medida, a BIA foi aplicada seguindo os procedimentos propostos por Lukaski, Johnson, Bolonchuk, e Lykken, (1985).

As coletas de dados foram realizadas em quatro momentos distintos (T0, T1, T2 e T3), conforme ilustrado no Quadro 3.2, sendo que os dados coletados em T1 e T2 serviram apenas para controle. O primeiro momento foi o basal (T0), anterior a qualquer procedimento experimental, quando foram aplicados todos os procedimentos. Durante todo o período do estudo foram mantidos um ou dois (nas semanas de coleta) contatos com os jovens. Este contato possibilitou o acompanhamento e controle da frequência aos treinos e jogos, e posteriormente o consumo do suplemento ou placebo. A preparação para a suplementação demandou cerca de $8(\pm 2)$ semanas a partir de T0. Cerca de dez dias após completarem as 12 semanas consumindo o suplemento/placebo, iniciou-se T3.

DAS VARIÁVEIS

ANTROPOMÉTRICAS

Um conjunto de variáveis antropométricas foi medido, de forma a caracterizar a amostra e permitir a análise de suas associações com a maturação biológica. Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo antropometrista (o autor), então acreditado com o nível 3 da International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Desse modo foram medidas alturas, massa corporal total, comprimentos, perímetros e diâmetros ósseos (ANEXO III). Os pontos anatômicos foram marcados com lápis dermatográfico, permitindo verificação e repetição de qualquer medida. Para as medições foram utilizados os equipamentos (antropômetro para medidas lineares e transversais, braços curvos para o diâmetro torácico sagital, compasso de pontas rombas) que compõem a pasta antropométrica da GPM® Instruments (Siber Hegner Machines, Zurique, Suíça) e trena antropométrica Sanny® (São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil). Para a medida da massa corporal total foi utilizada uma balança antropométrica mecânica Filizola® (São Paulo, SO, Brasil) com precisão de 100 gramas.

As medidas antropométricas foram realizadas segundo as técnicas descritas em Marfell-Jones, Olds, Stewart e Carter (2006), a saber:

Estatura - distância perpendicular entre o vértex e o plano inferior dos pés, com o indivíduo de pé e ao final de uma inspiração máxima..

Massa Corporal Total - obtida com os sujeitos na posição antropométrica, com o mínimo de roupa e com uma aproximação às 100 gramas.

Altura acromial - distância linear do ponto *acromiale* até superfície que o indivíduo se encontra de pé, com o antebraço pronado.

Altura dactiloidal - distância linear do ponto *dactylion* até superfície que o indivíduo se encontra de pé, com o antebraço pronado, evitando afastamento do corpo.

Altura sentado - distância perpendicular entre o plano transversal do vértex e a superfície inferior das nádegas com o indivíduo sentado com as mãos apoiadas nas coxas e após uma inspiração profunda.

Altura trocantérica – distância linear do ponto *trochanterion* até superfície que o indivíduo se encontra de pé e com a mão direita no ombro esquerdo.

Diâmetro biacromial - distância linear entre os pontos mais externos dos *acromion*, com o indivíduo de pé e com os braços a long do corpo.

Diâmetro torácico transversal - diâmetro do tórax perpendicular ao seu eixo longitudinal no nível *mesoesternale* e com as lâminas num ângulo de 30° acima da horizontal.

Diâmetro torácico anterior-posterior - profundidade do tórax perpendicular ao seu eixo longitudinal no nível mesoestenale, com o indivíduo sentado, tronco ereto e as palmas apoiadas nas coxas.

Diâmetro biliocristal - distância linear entre os dois pontos mais laterais das cristas ilíacas, com o indivíduo de pé e com os braços cruzados no peito.

Diâmetro bicôndilo umeral - distância linear entre o ponto mais lateral do *epicondyle humeral* lateral e o ponto mais medial do *epicondyle humeral* medial, com o indivíduo de pé, braço direito elevado anteriormente até a horizontal e o antebraço supinado e flexionado num ângulo reto.

Diâmetro bicôndilo femoral - distância linear entre o processo mais lateral do *epicondyle femoral* lateral e o processo mais medial do *epicondyle femoral* medial, com o indivíduo sentado com o joelho flexionado num ângulo reto.

Perímetro do peito - circunferência do tórax ao nível do ponto *mesoesternale*, perpendicular ao eixo longitudinal do tórax.

Perímetro da cintura – circunferência do abdome no ponto de menor circunferência entre a última costela e o topo da crista ilíaca e perpendicular ao eixo longitudinal do tronco.

Perímetro do braço relaxado - circunferência do braço ao nível da meia distância entre os pontos *acromiale* e *radialel* e perpendicular ao eixo longitudinal do braço.

Perímetro do braço contraído - circunferência do braço perpendicular ao eixo longitudinal na maior circunferência durante a contração do *biceps brachii*, com o braço elevado na horizontal.

Perímetro glúteo (quadril) – circunferência das nádegas, na zona de maior proeminência glútea e perpendicular ao eixo longitudinal do tronco.

Perímetro da coxa - circunferência da coxa 1cm distalmente da prega glútea e perpendicular ao eixo longitudinal da coxa.

Perímetro da coxa média – circunferência da coxa medida no ponto médio entre os pontos *trochanterion* e o *tibiale laterale* e perpendicular ao eixo longitudinal do segmento.

Perímetro da perna - circunferência da perna na face medial, no ponto de maior circunferência e perpendicular ao seu eixo.

Para medição das dobras cutâneas foi utilizado o espessímetro de Lange® (Califórnia, EUA). As medidas foram realizadas em duplicata por um único

avaliador experiente (o autor), então creditado pela International Society for the Advancement in Kinanthropometry (ISAK). O erro técnico da medida foi aceitável, pois seguiu o padrão da ISAK, não excedendo 7,5%. As dobras cutâneas foram aferidas no Laboratório de Cineantropometria do Instituto de Educação Física e Desportos (IEFD) da UERJ.

As seguintes dobras cutâneas foram medidas, conforme descritas por Fragoso e Vieira (2000), com exceção da dobra cutânea supraenpinal que não é descrita pelas autoras:

Subescapular - dobra cutânea oblíqua para fora e para baixo, localizada no vértice inferior da omoplata.

Peitoral – dobra cutânea oblíqua localizada a meia distância entre o mamilo direito e a dobra cutânea axilar anterior.

Midaxilar (axilar média) - dobra cutânea horizontal (ou vertical) localizada ao nível da articulação xifoide-esternal (normalmente situada no alinhamento do sulco submamilar) e sobre a linha midaxilar.

Abdominal - dobra cutânea horizontal localizada entre a linha de Spiegel e o sulco médio abdominal ao nível da omphalion.

Supraílica (iliocristal) - dobra cutânea oblíqua, localizada sobre a crista ilíaca no cruzamento desta com a linha midaxilar.

Tricipital - dobra cutânea vertical localizada na face posterior do braço, sobre a linha média e a meia distância entre os pontos acromial e o olecrano.

Bicipital – dobra cutânea vertical localizada a meia distância entre os pontos acromial e olecrano.

Crural - dobra cutânea vertical localizada a meia distância entre a dobra cutânea inguinal e o ponto da rótula que mais se projeta anteriormente

Geminal - dobra cutânea vertical localizada no nível da maior circunferência da perna sobre a face interna.

Supraespinal - dobra cutânea oblíqua localizada na interseção das linhas que ligam o bordo anterior da axila com o ponto anatômico ilioespinal e a linha horizontal que passa pelo ponto anatômico iliocristal (Marfell-Jones et al., 2006).

COMPOSIÇÃO CORPORAL

A análise da composição corporal foi realizada por três técnicas: densitometria óssea de dupla energia (DXA), dobras cutâneas e bioimpedância. A DXA foi utilizada neste estudo como método de referência para a determinação da massa gorda.

Modelo de dois componentes

O modelo de dois componentes foi adotado para a avaliação da composição corporal, já que as técnicas utilizadas nos forneciam a porcentagem de gordura, ou a massa gorda ou a massa livre de gordura. Assim, quando fornecida a porcentagem de gordura, a massa gorda (MG) foi calculada a partir

da porcentagem de gordura e a seguir calculada a massa livre de gordura (MLG) pela subtração da MG da massa corporal total (MCT).

$$MG \text{ (kg)} = MCT \text{ (kg)} \times \%G$$

$$MLG \text{ (kg)} = MCT \text{ (kg)} - MG \text{ (kg)}$$

Onde, MG = massa gorda; MCT = massa corporal totas e %G = porcentagem de gordura e MLG = massa livre de gordura

Densitometria Óssea de Dupla Energia

A densitometria óssea de dupla energia é uma técnica que se baseia no princípio de que o conteúdo mineral é diretamente proporcional à quantidade de energia absorvida pelo osso estudado. Neste estudo foi utilizado o densitômetro ósseo pediátrico Lunar Prodigy Advance – GE® (Reino Unido) para análise do corpo inteiro. Foram seguidas as instruções descritas nos manuais do fabricante do equipamento e do fabricante do *software*, incluindo a execução diária dos procedimentos da "Garantia da Qualidade". Durante o teste, com o indivíduo vestindo apenas um avental e deitado em decúbito dorsal, um scanner passa sobre o corpo emitindo dois tipos de feixes estreitos e consecutivos de energia de baixo e alto níveis, por uma fonte de potencial constante a 76 kV. Os feixes atravessam rapidamente todo o corpo ou parte dele, sendo a energia que o transpassa detectada por um sensor de energia (cádmio, zinco e telureto) e quantificada. Ao passar pelos tecidos a energia é absorvida primeiro pelos tecidos moles, permitindo que a densidade mineral óssea (DMO) seja determinada por meio da absorção pelo osso de cada feixe de energia. Os equipamentos mais modernos, como o utilizado neste estudo, emitem feixes mais estreitos (4,5 graus) e com maior frequência, proporcionando imagens de alta resolução, menor tempo de escaneamento (cerca de 5 minutos) e boa precisão. As baixas doses de radiação permitem que sejam realizadas medidas repetidas ou freqüentes e que seja amplamente utilizado com crianças.

O *software* empregado foi o enCORE® Software Platform (Reino Unido). O *software* fornece, em gramas, o conteúdo mineral ósseo, a massa de gordura, a massa magra, a massa magra mais o conteúdo mineral ósseo e o percentual de gordura quer para o corpo inteiro, como para regiões específicas. Todos esses valores eram relativos aos membros superiores (direito e esquerdo), ao tronco, aos membros inferiores (direito e esquerdo) e à cabeça. Os exames e análises foram sempre realizadas pela mesma médica radiologista, em clínica especializada.

Atualmente a densitometria óssea é amplamente utilizada em aplicações clínicas e pesquisas. Desde sua introdução, a DXA tem sido a técnica mais empregada para a realização de estudos que envolvam a densitometria óssea (Blake & Fogelman, 1997). A DXA é geralmente aceita como padrão para medidas de massa óssea, sendo ainda o meio preferido para estimar a

composição dos tecidos moles em indivíduos pequenos (Koo, Hammami, & Hockman, 2004).

Heyward (1996) aponta a DXA como boa alternativa enquanto método de referência para avaliação da composição corporal porque é segura, rápida, requer a mínima cooperação do avaliado e, mais importante, quantifica a variabilidade individual do mineral ósseo. Para Sopher et al. (2004) as análises através do DXA estão cada vez mais disponíveis e facilmente aplicáveis em crianças de todas as idades, o que torna o método atrativo para a avaliação da composição corporal.

Equações antropométricas

Foram utilizadas duas equações específicas para crianças e adolescentes do sexo masculino (Quadro 3.3). A faixa etária das amostras utilizadas no desenvolvimento destas equações abrange a faixa etária analisada do presente estudo.

Quadro 4.3 - Equações para cálculo da porcentagem de gordura por meio das dobras cutâneas.

Autor	Idade (anos)	Equação
Lohman(1986)	6-17	$\%G = 1,35 (TR+SE) - 0,012 (TR+SE)^2 - I$
Slaughter et al.(1988)	8-29	$\%G = 0,735 (TR+GE) + 1$

%G = porcentagem de gordura; TR = dobra triceptal (mm); SE = dobra subescapular (mm); GE = dobra geminal (mm), I=constante por idade (4,4; 4,7; 5,0; 5,4 e 5,7 para 10, 11, 12, 13 e 14 anos, respectivamente)

Bioimpedância

A bioimpedância (BIA) é um método que avalia essencialmente a quantidade de água total do organismo através da aplicação de uma corrente elétrica de 50 Hz (800 μ A). Baseia-se no princípio de que só as substâncias ionizáveis têm capacidade de conduzir esta corrente. No organismo humano, os eletrólitos se encontram preferencialmente dissolvidos na água corporal e nos minerais ósseos. Assim, estando a maior parte da água corporal contida na massa livre de gordura, quanto maior for a sua proporção no organismo menor a resistência à passagem da corrente elétrica. A maior parte dos aparelhos utilizados empregam correntes de 500 a 800 μ A e de 50 KHz que, apesar de serem frequências baixas, já geram reactância.

Em frequências muito baixas (1 kHz) a impedância das membranas é tão elevada que não permite a passagem da corrente elétrica. Neste caso a corrente é conduzida apenas através dos líquidos extracelulares, não existe reactância, e a impedância é igual à resistência do próprio corpo. Com o aumento da frequência, a corrente já penetra nas membranas celulares, surge a reactância, e o valor do ângulo fase também aumenta. Se a frequência continuar a aumentar, as membranas celulares tornam-se outra vez muito difíceis de atravessar e a partir de uma determinada frequência tornam-se mesmo impenetráveis.

O corpo humano, enquanto condutor de corrente, é composto por diferentes estruturas com resistências específicas e pode decompor-se em cinco cilindros representando o tronco, os membros superiores e os membros inferiores. Cada um destes cilindros é formado por cilindros dispostos concentricamente representando as várias estruturas que o compõem (osso, vasos sanguíneos, músculo e tecido adiposo) (Chumlea & Baumgartner, 1990). Sabe-se que a resistência é diretamente proporcional à resistividade e ao comprimento do condutor, e inversamente proporcional à sua secção.

Como o osso e a gordura têm uma resistência maior que o músculo e os vasos sanguíneos, a corrente é conduzida preferencialmente por estas duas últimas vias. Logo, entende-se que a impedância de um corpo depende do seu volume (somatório dos volumes dos vários cilindros) e do seu comprimento.

Após retirar todos os objetos metálicos da superfície do corpo e esvaziar a bexiga, os indivíduos deitavam-se em decúbito dorsal, com os membros superiores e inferiores afastados 30° e 40°, respectivamente. Em seguida, desengordurava-se a pele nos locais onde eram colocados dois pares de elétrodos. O par de elétrodos distais ou emissores que estabelecem a entrada e saída da corrente eram colocados na mão, sobre a cabeça do 2º metacarpo, e no pé sobre a cabeça do 3º metatarso. Os elétrodos proximais ou sensores, que servem para detectar a diferença de potencial entre eles foram colocados paralelamente aos elétrodos emissores, na mão à altura do punho, e a meia distância entre as apófises estilóides do rádio e do cúbito, no pé na região dorsal da articulação tibio-társica à meia distância entre os dois maléolos.

Os testes foram aplicados com o equipamento RJL-101 QUANTUM® (Washington – EUA) tetrapolar, numa temperatura ambiente controlada entre 21° e 26° C, sempre pela manhã, respeitando-se o intervalo entre a última refeição, e após o atleta ter urinado.

A partir dos valores de resistência obtidos na BIA, calculou-se o %G conforme a equação de Houtkooper et al. (1992).

$$MLG \text{ (kg)} = 0,61 \text{ (RI)} + 0,25 \text{ (MCT)} + 1,31$$

$$\text{onde, RI (índice de resistência)} = (\text{estatura[cm]}^2 / \text{resistência } [\Omega])$$

FORÇA MUSCULAR

A força muscular foi avaliada de duas formas. A força de preensão manual foi aferida com um dinamômetro Lafayette® modelo 78010 (Lafayette Instrument Co. Lafayette, EUA, com escala em kg (0 a 100 kg) e com precisão de 1 kg. A força de membros inferiores e tronco foi medida por meio de dinamômetro de tração lombar (back and leg dynamometer), modelo T-2 (Takei Kiki Kogyo Co.,Ltd.®, Tóquio, Japão), com escala em kg (0 a 300 kg) e precisão de 1kg. Em ambas as medidas foram permitidas três tentativas, tomando-se o maior valor como resultado final. Houve alternância entre a mão direita e esquerda para a realização dos testes, sendo adotada a força da mão dominante (FMD) (Innes, 1999).

MATURAÇÃO BIOLÓGICA

Os métodos de avaliação maturacional citados na literatura como mais utilizados (Claessens, Beunen, & Malina, 2000) são: maturação óssea, maturação sexual e maturação morfológica. Optou-se neste estudo por aplicar os dois primeiros métodos.

Para avaliação da maturação sexual foram consideradas as características sexuais secundárias, de acordo com o trabalho clássico divulgado por Tanner (Tanner, 1962), no qual as características do avaliado, rapazes neste estudo, são confrontadas com duas pranchas contendo fotos de cinco estágios diferentes e progressivos do desenvolvimento dos pêlos pubianos em uma, e dos órgãos genitais (pênis e escroto) na outra (ANEXO IV). Optou-se pela classificação através da auto-avaliação (Martin et al., 2001; Matsudo & Matsudo, 1991) tendo em vista as características socioculturais do grupo avaliado.

Considerando que a amostra constituiu-se apenas de rapazes, a classificação dos pêlos pubianos varia de I (estágio pré-adolescente – P1) a V (estágio do tipo adulto – P5), como segue:

Estágio 1 - Pré-pubere. Não há pêlos pubianos

Estágio 2 - Escasso crescimento de pêlos longos, macios e pouco pigmentados, lisos ou pouco encaracolados, basicamente na base do pênis.

Estágio 3 - Os pêlos são mais grossos, escuros e encaracolados. Os pêlos se espalham pelo monte de Vênus.

Estágio 4 - Os pêlos, agora do tipo adulto, cobrem uma área menor que no adulto e não se estendem para superfície medial das coxas.

Estágio 5 - Adulto. Os pêlos são do tipo adulto, assim como a quantidade, e se estendem para as coxas.

A avaliação do desenvolvimento dos órgãos genitais também utiliza cinco estágios para a classificação do desenvolvimento dos genitais (G1 – G5).

Estágio 1 - Pré-pubere. Pênis e bolsa escrotal de tamanho infantil

Estágio 2 - A bolsa escrotal e os testículos aumentam com os testículos medindo mais de 2,5 cm de comprimento, (volume testicular de 4 a 6 ml). O pênis não apresenta crescimento. A pele da bolsa escrotal torna-se avermelhada ou escurece.

Estágio 3 - Crescimento adicional dos testículos (volume testicular de 8 a 10 ml) e da bolsa escrotal. Aumento do pênis, principalmente em termos de comprimento.

Estágio 4 - Crescimento adicional dos testículos (volume testicular de 10 a 15 ml) e da bolsa escrotal. Aumento do pênis, principalmente em termos de comprimento.

Estágio 5 - Adulto. A genitália é de tamanho (volume testicular de 20 a 25 ml) e de forma adulta.

A observação da pilosidade axilar, na qual são classificados 3 níveis também foi utilizada. A região axilar foi observada livre de roupas, com o braço elevado e atentando-se para a adequada luminosidade do ambiente. A avaliação dos pêlos axilares foi realizada, pelo avaliador, de acordo com Matsudo (1987) como a seguir:

NÍVEL I - “Ausência”, quando os pêlos axilares não estavam presentes em nenhuma forma;

NÍVEL II - “Presença parcial”, quando os pêlos axilares se caracterizavam por ser: a) em pequeno número, b) mais lisos, c) opacos, d) finos, e e) claros;

NÍVEL III - “Presença total”, quando os pêlos axilares se caracterizavam por ser: a) em grande número, b) mais encaracolados, c) brilhantes, d) espessos, e e) escuros.

A maturação óssea é amplamente reconhecida como o melhor indicador isolado de maturidade biológica (Beunen et al., 2006; Tanner, 1962) e pode ser aplicada como medida avaliativa desde logo após o primeiro ano de vida até cerca dos 17 anos de idade, razões suficientes para que tenha sido adotada como padrão de referência no presente estudo.

Dentre as diferentes técnicas de determinação da idade esquelética ou óssea optou-se por utilizar a técnica de Tanner-Whitehouse 3 (TW3) (Tanner et al., 2001) por se revelar como a mais precisa, apresentando uma confiabilidade superior a 98% e ainda um maior poder descritivo, já que classifica e diferencia idades com até um décimo de ano.

A TW3 é o resultado de dois estágios de aprimoramento da técnica inicial, TW1 desenvolvida em 1962. A técnica tem por base, assim como outras que utilizam a radiografia, a noção de maturidade fisiológica primeiramente proposta por Franz Boas da Universidade de Berlim e Colúmbia, partindo da premissa da observação do desenvolvimento dos centros de ossificação de alguns ossos para obtenção de um valor que resulta do somatório dos diferentes graus de ossificação desses mesmos ossos.

Para a observação do desenvolvimento ósseo é necessária uma radiografia, sendo que para tal a mão e o punho esquerdos são posicionados em pronação sobre o filme, atentando-se para que o cotovelo esteja apoiado no mesmo nível da mão. Tanner et al. (2001) alertam para a importância do posicionamento da mão uma vez que isso pode implicar num ângulo de observação inadequado, gerando distorções na observação dos ossos. O eixo do dedo médio deve coincidir com o eixo do antebraço na horizontal e o afastamento dos dedos deve ser apenas o suficiente para que não se toquem.

A palma da mão foi levemente pressionada sobre o filme (películas do tipo uniemulsionadas, fabricadas pela Kodak®).

O tubo dos raios-X foi centrado sobre a cabeça do terceiro metacarpo, com uma distância entre o tubo e o filme de 76cm. Todas as radiografias foram realizadas e reveladas no Serviço de Radiologia do Hospital Universitário Pedro Ernesto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Após a revelação dos filmes, procedeu-se à leitura da quantidade de centros de ossificação presentes, do nível de ossificação apresentado pelos ossos e do número de fusões epifisárias ocorridas, segundo o método TW3 (Tanner et al., 2001). Os ossos observados foram: rádio, ulna, metacarpos (I, III e V), falanges proximais (I, III e V), falanges médias (III e V) e falanges distais (I, III e V).

Na análise das radiografias teve-se em mente que o filme é a representação bidimensional de uma estrutura tridimensional. Este fato produz, pela sobreposição de duas superfícies penetradas pelos raios X, um maior grau de branqueamento que o observado pela penetração de uma única superfície. Foi

utilizada, como recomendado por Tanner et al. (2001), uma régua ou um paquímetro para fazer a comparação dos diâmetros ósseos, quando o critério determina que um osso deva ter a metade ou mais do tamanho de um outro.

A classificação foi realizada pela comparação do osso em questão com a descrição e diagramas específicos (Tanner et al., 2001). Se nenhuma característica estiver presente no osso, é assumida a classificação A. As classificações variam de A a I para a maioria dos ossos, com exceção da ulna, que possui na classificação H seu estágio mais adiantado.

Visando preservar a confiabilidade dos dados observados, os filmes foram avaliados por dois avaliadores diferentes. O primeiro, autor deste estudo, embora tenha participado, juntamente com outros pesquisadores, de treinamento específico ministrado por um dos autores do método (Professor Noël Cameron, do Departamento de Ciências Humanas da Universidade de Loughborough - Inglaterra), no Laboratório de Desenvolvimento Aprendizagem Motora (DAM) da Faculdade de Motricidade Humana, da Universidade Técnica de Lisboa submeteu os filmes a outro pesquisador desta Instituição, com expressiva experiência no método. A reprodutibilidade intra ($r=0,7003$ e $p<0,0001$; $t=0,1033$ e $p=0,9181$) e interavaliadores ($r=0,9610$ e $p<0,0001$; $t=0,4118$ e $p=0,6822$) foi determinada.

A classificação da maturação pela concentração de testosterona no plasma obedeceu às orientações do fabricante (Kühnel, 2000), a qual considera o estágio de Tanner (ET) e a concentração plasmática de testosterona (CT). Assim, foram definidas cinco categorias maturacionais (1 para ET1 e CT de 2 a 23 ng/dL; 2 para ET 2 e CT de 5 a 70 ng/dL; 3 para ET 3 e CT de 15 a 280 ng/dL; 4 para ET 4 e CT de 105 a 545 ng/dL e 5 para ET 5 e CT de 265 a 800 ng/dL).

AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA

Coletou-se aproximadamente 10 ml de sangue por punção venosa recebido em dois tubos de ensaio, um contendo heparina como anticoagulante (30U/tubo) e outro para obtenção de soro. Todo o material utilizado para manipulação do sangue foi lavado previamente em ácido nítrico para evitar contaminação por minerais. A coleta foi realizada após jejum noturno de 8 horas e após 24 horas de repouso. O sangue foi processado através de centrifugações (3000 RPM durante 15 minutos), primeiramente para separação do plasma e soro e posteriormente para lavagem de massa eritrocítica com solução salina a 0,9%. Também foi coletada amostra de urina (aproximadamente 50 ml) em frasco apropriado, que foi alíquotada em tubos contendo ácido clorídrico (25 μ l) a 6N, para preservá-la até o momento das análises. Em seguida as alíquotas de sangue e urina foram armazenadas em temperatura apropriada para posterior realização de análises.

Os indicadores bioquímicos foram determinados empregando-se metodologia já validada:

1) Proteínas totais e albumina plasmática – kit específica para dosagem Gold analisa® (Minas Gerais, Brasil).

2) Eritrócitos, hemoglobina e hematócrito – contador automático Cell Dynn-Cobas® (Califórnia, EUA).

3) Testosterona – kit de análise Gold analisa® (Minas Gerais, Brasil).

4) Zinco plasmático – espectrofotometria de absorção atômica. Leitura em Perkin-Elmer® (Califórnia, EUA) (Donangelo et al., 2002)

Considerando-se o ponto de corte para a concentração de zinco no plasma de 11,0 $\mu\text{mol} / \text{L}$ (Food and Nutrition Board, 2000), os atletas foram divididos em dois grupos: hipozincêmicos (n=16) e normozincêmicos (n=37).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para testar a normalidade de distribuição dos dados. O teste t de Student foi aplicado para testar as diferenças entre os normozincêmicos e os hipozincêmicos estratificados pelos métodos de avaliação da maturação, nos grupos com distribuição normal e o teste de Mann-Whitney nos que não satisfizeram.

A ANOVA de uma entrada seguida do post-hoc de Bonferroni foi utilizada para testar possíveis diferenças entre as classes formadas por cada método. Para as variáveis cuja distribuição não satisfiz os critérios de normalidade foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguida pelo teste post-hoc de Dunns.

Para verificar as associações entre os métodos entre si e entre os métodos e as variáveis foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson (variáveis com distribuição normal) ou de Spearman (variáveis sem distribuição normal).

O teste do Qui-quadrado foi utilizado para analisar a diferença entre o número de indivíduos em cada grupo definido pela maturação sexual.

A análise de concordância proposta por Bland e Altman (1986) foi aplicada para verificar a diferença média dos escores dos métodos de avaliação da CC investigados e o método de referência (DXA).

A análise de regressão foi aplicada para verificar a proximidade dos valores dos interceptos e das inclinações da linha de identidade (intercepto = 0 e inclinação = 1) (Silva, 2013).

A MANCOVA fatorial de três entradas ajustada pelas covariáveis maturação (idade óssea) e estatura com medidas repetidas foi utilizada para analisar o comportamento das variáveis nos diferentes grupos observados, nos dois momentos do estudo, considerando os fatores tratamento, estado de Zn e tempo. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas GraphPad Prism versão 5.00 para Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) e NCSS 2007 versão 7.1.5.

Para cálculo de potência dos testes, "effect size" e tamanho amostral foi utilizado o G*Power *software* versão 3.1.9.2 (Universitat Kiel, Germany). Utilizando 53 indivíduos, este estudo apresentou um poder estatístico de 62%, para detectar um "effect size" de 0,25.

Capítulo V

**COMPARISON OF BIOLOGICAL MATURATION ASSESSMENT
METHODS IN ADOLESCENT SOCCER PLAYERS CONSIDERING
ZINC STATUS.**

Running Title: Maturation of young soccer players

Astrogildo Vianna de Oliveira Junior¹⁻², Gustavo Casimiro Lopes², Paulo de Tarso Veras Farinatti², Carmem Marino Donangelo³⁻⁴, Josely Correa Koury⁵, Isabel Fragoso¹,
✉

1 - Faculdade de Motricidade Humana – Departamento de Ciências da Motricidade - Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Exercício - Universidade Técnica de Lisboa, Cruz Quebrada, Portugal.

2 - Instituto de Educação Física e Desportos – Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio e Janeiro, RJ, Brasil.

3 - Instituto de Bioquímica – Departamento de Bioquímica – Laboratório de Bioquímica Nutricional e de Alimentos - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

4 - Escuela de Nutrición - Universidad de la República - Uruguay

5 - Instituto de Nutrição – Departamento de Nutrição Básica e Experimental – Núcleo de estudos em nutrição e fatores do estresse - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Corresponding author:

✉ Isabel Fragoso

Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa

Estrada da Costa

CEP: 1499-002 Cruz Quebrada – Dafundo Portugal

Telefone: (351) 214196777

e-mail: ifragoso@fmh.utl.pt

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to compare methods of assessing biological maturity and their relationship with anthropometric and physical fitness variables and zinc status in young soccer players.

Method: Measurement of testosterone and zinc plasma concentration, hand-grip strength in the dominant hand, stature and fat-free mass of 53 healthy male young soccer players (age: 13 ± 1 yrs; body mass: 48 ± 10 kg; stature: 160 ± 10 cm) were performed. Biological maturity was evaluated by sexual maturity (genitals and pubic and axillary hair development), bone maturity (TW3 method) and testosterone plasma concentration methods. No differences among the categories formed by each method were determined using ANOVA following by Bonferroni post-hoc test ($p > 0.05$).

Results: Observing the different methods of biological maturity assessment and the categories defined by them, and considering the stature, strength, fat-free mass and zinc status variables, the bone age showed to be better, since it allowed us to identify differences between the three possible categories in the variables fat-free mass and strength in the dominant hand, unlike the other methods. The other methods allowed the identification of differences between only two categories in most variables, the same plasma testosterone concentration that formed four categories. Method showed no difference between the categories for the variable zinc state.

Conclusions: The assessment of biological maturation by bone age proved to be the most efficient method for stratification of soccer players in the age group studied, considering physical fitness and anthropometric and zinc state variables.

Keywords: puberty, testosterone, sports, biological maturation.

INTRODUCTION

In soccer, the chronological age is used to define the different categories of competition. It is not uncommon that subjects with different stages of maturation are included in the same categories, which may jeopardize long term training programs. The identification of biological maturation status is therefore relevant to design adequate physical training programs (Figueiredo, Coelho, & Malina, 2011; Fragoso et al., 2004; Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro, & Aroso, 2004).

The determination of the biological age is fundamental to estimate the potential performance of athletes, since some puberty characteristics can occur in distinct chronological ages. With such purpose, researchers commonly use maturity assessment methods based in secondary sexual characteristics, which may not reflect changes within narrow age ranges (Hoffman, Vicini, Sivitz, & Cobelli, 2000; Mortatti & Arruda, 2007; Travers, Jeffers, Bloch, Hill, & Eckel, 1995) in traits related to sports performance, for instance, stature, fat free mass, and strength (Figueiredo, Goncalves, Coelho, & Malina, 2009; Fragoso et al., 2004). In other words, some physical and fitness characteristics are expected in children with a particular maturation status – methods to assess maturation should be able to discriminate for these characteristics, in order to avoid bias in children evaluation. (Tanner, Healy, Goldstein, & Cameron, 2001).

On the other hand, some potentially confounding factors may affect the maturity values obtained by different methods of classification. The zinc status is one these factors, being an important health-related trace element (Bhowmik & Kumar, 2010; Hambidge, Krebs, Westcott, & Miller, 2006; Micheletti, Rossi, & Rufini, 2001). During growth and biological maturation, zinc participates in bone, protein, lipid and carbohydrate metabolism (Wada, 2004). Additionally it is involved in the synthesis of growth hormone, testosterone, insulin-like growth factor I (IGF-I), alkaline phosphatase, collagen, osteocalcin, insulin, vitamin D3 and leptin (Gleeson, Nieman, & Pedersen, 2004; Koury et al., 2007). Temporary zinc deficiency it is not a rare event (Micheletti et al., 2001). Increased levels of physical activity, stress, and poor dietary habits can negatively influence zinc homeostasis (Micheletti et al., 2001). This condition can promote growth retardation, delayed bone development, fatigue, loss of body mass, and impaired development (sexual, motor and cognitive), which could preclude normal pubertal development and impair biological maturation (Bhowmik & Kumar, 2010; Castillo-Duran & Cassorla, 1999; Koury, Oliveira, Portella, Oliveira Junior, & Donangelo, 2005; Salgueiro et al., 2004; Salgueiro et al., 2002).

In brief, it would be useful to investigate whether distinct techniques to determine maturation status can actually discriminate children with different biological age within initial soccer categories. Given the relevance of the zinc in organic functions and its possible influence on maturation assessment, it is also important to take into account how zinc status influences the maturity values obtained by these methods of classification. Thus, the aim of the present study was to compare different methods of maturity evaluation and their relation with

performance-related physical and anthropometric variables in young soccer players, with different nutritional zinc status.

METHODS

SUBJECTS

All subjects were registered as athletes from an initial category (12-14 years-old) in the organizational structure of the Brazilian Soccer Federation. A total of 56 children participating of systematic soccer training in a traditional club of Rio de Janeiro, Brazil, initially enrolled in the study.

From these, three did not participate of the whole protocol and dropped out. Therefore, 53 healthy male young subjects (age: 13 ± 1 y) participated in the study. None of the participants was using any vitamin or mineral supplementation. Information about the training volume (number of hours per week) was obtained through individual interviews. After detailed explanation of the study, all subjects' parents or legal guardians signed informed consent. The study was approved by the Ethical Committee of Pedro Ernesto University Hospital, Rio de Janeiro, Brazil, as recommended by the declaration of Helsinki.

EXPERIMENTAL DESIGN

Initially, groups of six children attended to the laboratory to perform blood and urine collection after an overnight fast. After eating a small meal, they performed hand x-ray, anthropometry and dynamometry measurements.

Considering the cut point $11.0 \mu\text{mol} / \text{L}$ for concentration of plasma zinc (Food and Nutrition Board, 2000), the athletes were divided in two groups: normozincemics ($n=37$) and hypozincemics ($n=16$). Due to their relation with soccer performance, stature (ST), fat-free mass (FFM), and strength were also assessed. These variables were used to analyze differences between groups and the ability of a given maturation technique to discriminate for characteristics related to performance.

ANTHROPOMETRIC AND STRENGTH MEASUREMENT

Body mass (BM) and stature (ST) were measured according ISAK recommendations (Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006). Hand grip strength was assessed by Lafayette® dynamometry (model 78010), with scale in kg (0 to 100 kg) and accuracy of 1 kg. The dominant hand higher value, after three attempts, was taken as final result (Innes, 1999).

BODY COMPOSITION

Fat free mass was determined from the fat percentage estimated by dual-energy radiograph absorptiometry (DXA) in a specialized clinic (Lunar Prodigy Advance - General Eletrics™, Chalfont St. Giles, United Kingdom).

BIOLOGICAL MATURATION ASSESSMENT

Biological maturity was evaluated by three methods: Sexual maturity (SM), bone maturity and testosterone plasma concentration. The evaluation of SM, based on secondary sexual characteristics, considered the development of pubic hair (PH) and genitals (GD), according to five categories (1 to 5). The axillary hair (AH) was evaluated according three categories (Tanner, 1962). PH and GD methods were performed by self evaluation (Cameron, 2002) to preserve subjects' privacy. Categories with small number of individuals ($n < 4$) were discarded. Three evaluations of sexual maturity were made in different moments throughout a period of six months, in order to verify the reproducibility of the self evaluations (Tanner, 1962).

Bone maturity was evaluated by the estimation of bone age (BA), according to Tanner-Whitehouse 3 method (TW3) (Tanner et al., 2001) based on x-ray measurements in 13 bones of the left hand. The x-ray radiation dose was within the range of 3 to 5 mrem (0.003 to 0.007 rads), corresponding approximately to 5% of the allowed annual dosage (Machado & Barbanti, 2007). The test-retest reproducibility of BA assessments was very high (within-observers: $r=0.7003$ and $p<0.0001$; $t=0.1033$ and $p=0.91$; between-observers: $r=0.9610$ and $p<0.0001$; $t=0.4118$ and $p=0.68$).

The BA standard deviation allowed the division of athletes into three classes (sd -3 to -1 = 11.1 to 12.5 years; sd -1 to +1 = 12.6 to 14.0 years; sd +1 to +3 = 14.1 to 15.5 years). The BA compared to chronological age (CA) allowed the evaluation of 'maturational tempo' (rate of maturation progress). The difference between BA and CA (BA - CA) produces the following classifications: later (LA) if $<$ than -1, synchronous (SY) if $>$ than -1 and $<$ than +1 and early (EA) if $>$ that +1 (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

BLOOD COLLECTION

Prior to blood collection, subjects were instructed to avoid physical activity for 16 hours. After an overnight fast (8h), a 10 mL blood sample was collected by antecubital vein puncture into heparinised (30U per tube) mineral-free tubes, being centrifuged at 1800 g for 10 min for separation of plasma, which was stored at -20°C to further analysis.

LABORATORY ASSAY

Plasma testosterone was analyzed by radioimmunoassay, using a Coat-A-Count kit (Diagnostic Products Corporation, USA). The maturation classification for the testosterone plasma concentration followed the orientations of the manufacturer (Kühnel, 2000), stratifying the individuals in five maturational categories (Tanner stages: 1 = 2 – 23 ng/dL; 2 = 5 – 70 ng/dL; 3 = 15 – 280 ng/dL; 4 = 105 – 545 ng/dL and 5 = 265 – 800 ng/dL). Plasma zinc was measured by inductively coupled plasma–optical emission spectrometry (Optima 4300 DV, PerkinElmer, USA PerkinElmer). Accuracy was validated by concordant results obtained from a reference material (whole blood, Seronorm™, lot 404109, NY AS, Pharma Diagnostics).

STATISTICAL ANALYSIS

The normality and homogeneity of variances were ratified by univariate analysis. Therefore, differences among categories formed by each method were determined using one-way ANOVA following by Bonferroni post-hoc tests. The Student t-test was used to identify differences between normozincemics and hypozincemics, stratified by the maturation assessment methods. To analyze differences between the number of subjects in each age group, the chi-square test was applied. All calculations were made with the software GraphPad Prism version 5.00 for Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA), and the significance level was fixed at $p \leq 0.05$.

To calculate the test power, effect size, and sample size G*Power software version 3.1.9.2 (Universitat Kiel, Germany) was used. Using 53 subjects, this study had a statistical power of 62% to detect an effect size of 0.25.

RESULTS

Children's characteristics are presented in Table 5.1.

Table 5.1. General characteristics of adolescent soccer players grouped by zinc nutritional status (n=53).

	Hypozincemic (n=16)		Normozincemic (n=37)		p
	mean	SD	mean	SD	
Chronological age(years)	13.3	±0.6	13.3	±0.7	0.9613
Bone age (years)	13.0	±2.5	13.3	±1.8	0.6444
Body mass (kg)	46.3	±9.6	49.5	±10.2	0.2972
Stature (cm)	160.1	±10.8	160.4	±10.2	0.9373
Testosterone (ng/dL)	329.7	±257.7	291.7	±205.9	0.7962
Plasma zinc (µmol/L)	9.7	±1.3	13.2	±1.5	<0.0001
Bone age - chronological age (years)	-0.29	±2.36	-0.02	±1.45	0.8215
Axillary hair development	1.8	±0.8	2.1	±0.8	0.5768
Genital development	3.0	±0.8	2.8	±1.0	0.7983
Pubic hair development	3.2	±1.2	3.4	±0.9	0.7902

They are compatible with the chronological age (percentiles 3 to 97 – NCHS) and sports modality. The overall sample had 6.1 ± 2.3 years of previous experience with soccer practice and trained 5.0 ± 1.8 hours per week.

Performance-related variables analyzed in hypozincemic and normozincemic groups are presented in Figure 5.1. Except for zincemia, no significant differences were identified between the two groups in any of the variables ($p > 0.05$). Since no difference related to zinc status was detected, data regarding to the potential value of maturation assessment techniques to discriminate for these variables were analyzed for the whole sample, regardless the zinc status. The chi-square revealed that the frequency of hypozincemics and normozincemics children stratified by BA-CA was similar in each category (late – 31.3% and 31.6%, synchronous – 37.4% and 36.8%, and early – 31.3% and 31.6%, respectively – $p=0.99$). The same pattern was observed following GD ($p=0.99$) and PP stratification ($p=0.95$).

Comparisons between maturational categories defined by each assessment method are shown in Figure 5.2 and in Table 5.2. The classifications by testosterone concentration, genitals development and pubic hair development produced five categories and the other methods only three. However the categories with less than four subjects were not considered in the analysis. The BA was the only method that allowed the identification of differences between the three categories, in at least two performance-related variables (FFM and DHS – $p < 0.0001$). The AH method was able to discriminate only for DHS ($p < 0.0001$). Although providing four maturation categories, the testosterone method was not able to identify differences between these categories with regard to ST, FFM, and DHS.

DISCUSSION

Few studies have examined the influence of zinc in factors related to biological maturation, including bone metabolism and hormonal regulation (Sandstead et al., 1998). In the present study, although plasma zinc was significantly higher in normozincemic over hypozincemic group, no relationship whatsoever was observed between zinc and maturation status.

A possible explanation for this result is the possible effect of exercise practice on plasma zinc. Other factors than the diet participate in zinc metabolism, like genetics, environment and disease (Cousins, 1986; Wastney, House, Barnes, & Subramanian, 2000). It is well accepted that due to enzymatic utilization by superoxide dismutase or carbonic anhydrase (Saliba, Tramonte, & Faccin, 2006) or by the muscle itself, the zinc concentration may decline as a consequence of low plasma concentration (Cordova & Alvarez-Mon, 1995). In conditions of low zinc availability, the body spares endogenous zinc through intestine wall. Hence low zinc levels in hypozincemic athletes could be due to regular training and not diet deficit (Arikan, Akkus, Halifeoglu, & Baltaci, 2008; Haralambie, 1981).

Although the maturation involves all organs and systems, it is not uncommon that a single indicator is adopted as representative of this process (Beunen, Rogol, & Malina, 2006). An efficient approach to assess the biological age should, among other characteristics, be able to identify discrete stages of the maturation (Beunen et al., 2006). In this sense, classification methods as SM are able to identify satisfactorily the maturation status of individuals in a restricted group, at least at the peri-pubertal period.

Although some previous studies suggested that the maturation of children aged between 8-15 years-old could be correctly classified by SM, and that this would reflect differences variables in FFM and ST (Herman-Giddens et al., 2001), such possibility was not fully ratified by our results.

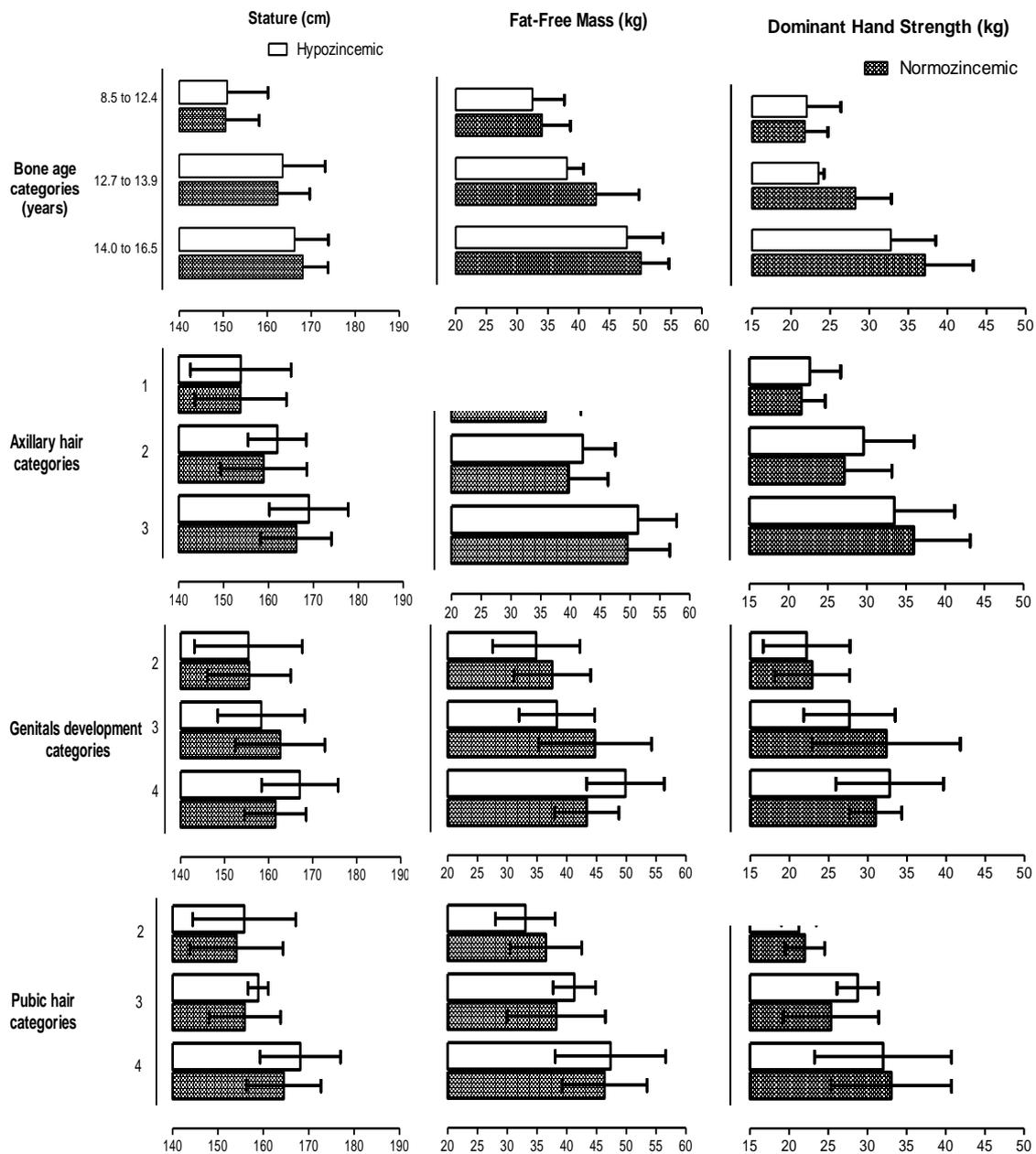


Figure 5.1. Comparison between hypozincemic and normozincemic groups in each category of the different biological maturation assessment methods.

Table 5.2 - Comparison between the categories defined by the different methods of biological maturation assessment (n=53).

Methods	Categories	n	Bone Age (years)	CA (years)	TBM (kg)	Stature (cm)	Testosterone (ng/dL)	DHS (kg)	BMD (g/cm ²)	pl Zn (µmol/L)
BA	8.5 – 12.4	19	11.1 ^a ±1.2	13.0 ^a ±0.6	40.0 ^a ±8.0	150.7 ^a ±7.9	142.3 ^a ±179.5	21.6 ^a ±3.3	0.993 ^a ±0.050	12.13 ^a ±1.91
	12.7 – 13.9	12	13.2 ^b ±0.4	13.1 ^a ±0.7	49.2 ^b ±6.5	162.6 ^b ±7.2	235.2 ^a ±167.1	27.4 ^b ±4.6	1.035 ^a ±0.063	12.56 ^a ±1.52
	14.0 -16.5	22	15.1 ^c ±0.9	13.7 ^b ±0.4	55.5 ^b ±7.4	167.4 ^b ±6.4	464.2 ^b ±163.0	35.6 ^c ±6.3	1.107 ^b ±0.086	11.96 ^a ±2.74
BA-CA	delayed	17	11.0 ^a ±1.3	13.1 ^a ±0.6	39.5 ^a ±7.9	149.8 ^a ±7.6	163.9 ^a ±191.6	22.5 ^a ±3.7	0.989 ^a ±0.051	12.07 ^a ±1.83
	synchronous	21	13.4 ^b ±0.8	13.2 ^a ±0.7	49.8 ^b ±6.2	163.7 ^b ±7.4	286.7 ^a ±181.7	28.5 ^b ±5.9	1.039 ^a ±0.064	12.23 ^a ±1.58
	advanced	15	15.5 ^c ±0.8	13.6 ^a ±0.6	57.0 ^c ±8.4	167.4 ^b ±6.5	462.1 ^b ±207.2	36.9 ^c ±7.1	1.134 ^b ±0.078	12.12 ^a ±3.25
T	0.42- 2.17	3	12.2 ±3.4	12.6 ±0.8	43.3 ±13.5	155.6 ±15.5	1.38 ±0.9	21.3 ±4.2	1.007 ±0.141	11.01 ±2.25
	5.24 – 52.63	7	11.1 ^{ab} ±1.4	12.8 ^a ±0.3	42.5 ^a ±11.1	151.8 ^a ±12.8	23.1 ^a ±20.8	22.1 ^a ±2.5	1.000 ^a ±0.025	12.28 ^a ±2.05
	26.58 – 146.31	9	12.3 ^{abd} ±0.9	12.7 ^a ±0.5	44.0 ^a ±6.7	156.7 ^a ±8.3	83.3 ^a ±44.2	23.6 ^{ab} ±4.1	1.006 ^a ±0.043	12.25 ^a ±1.98
	122.0 – 540.05	22	13.6 ^{ac} ±1.6	13.6 ^b ±0.5	51.2 ^a ±10.2	162.8 ^a ±8.8	363.7 ^b ±107.6	31.3 ^b ±8.2	1.060 ^a ±0.084	12.44 ^a ±1.81
	358.06–723.31	12	14.6 ^{acd} ±2.0	13.6 ^b ±0.5	51.9 ^a ±8.2	164.6 ^a ±11.0	568.3 ^c ±104.4	33.5 ^b ±6.6	1.104 ^a ±0.092	11.69 ^a ±3.62
AH	1	16	11.3 ^a ±1.7	13.0 ^a ±0.5	42.2 ^a ±9.5	153.8 ^a ±10.3	161.7 ^a ±190.2	22.1 ^a ±3.4	0.994 ^a ±0.049	11.76 ^a ±1.93
	2	19	13.2 ^b ±1.3	13.2 ^{ab} ±0.7	46.4 ^a ±5.9	159.7 ^{ab} ±8.8	278.9 ^a ±213.9	27.8 ^{bc} ±6.1	1.018 ^a ±0.052	12.13 ^a ±1.87
	3	18	14.9 ^c ±1.3	13.7 ^b ±0.6	56.3 ^b ±9.1	166.8 ^b ±7.8	461.8 ^b ±146.9	35.4 ^c ±7.2	1.133 ^b ±0.077	12.51 ^a ±2.74
GD	1	3	12.0 ±1.7	12.4 ±0.3	47.4 ±15.5	154.4 ±13.9	51.4 ±42.7	24.5 ±2.1	0.999 ±0.002	13.02 ±0.80
	2	15	12.1 ^a ±2.0	12.9 ^a ±0.5	43.1 ^a ±8.2	155.5 ^a ±10.0	208.9 ^a ±239.4	22.7 ^a ±4.9	1.003 ^a ±0.053	12.23 ^a ±2.06
	3	22	13.4 ^{ab} ±2.0	13.5 ^b ±0.5	49.6 ^a ±10.7	161.5 ^a ±10.0	363.7 ^a ±203.9	31.1 ^b ±8.8	1.057 ^a ±0.093	12.45 ^a ±2.16
	4	11	14.3 ^b ±1.4	13.7 ^b ±0.6	52.0 ^a ±7.0	164.1 ^a ±7.9	322.2 ^a ±203.5	31.8 ^b ±5.0	1.087 ^a ±0.076	10.79 ^a ±2.40
	5	2	15.0 ±1.7	13.6 ±0.9	60.1 ±4.0	172.1 ±7.1	451.4 ±132.0	37.5 ±3.5	1.200 ±0.008	14.44 ±0.28
PH	1	2	9.0 ±0.1	13.0 ±0.4	30.6 ±0.3	138.3 ±2.5	293.3 ±411.7	17.5 ±0.7	0.9095 ±0.016	11.88 ±2.37
	2	10	11.4 ^a ±1.6	12.7 ^a ±0.6	43.2 ^a ±10.1	154.8 ^a ±10.1	98.9 ^a ±152.4	21.7 ^a ±2.3	1.003 ^a ±0.029	12.12 ^a ±2.12
	3	13	13.0 ^b ±1.6	13.3 ^{ab} ±0.5	47.9 ^a ±9.3	157.9 ^{ab} ±7.6	277.6 ^{ab} ±233.6	26.8 ^a ±5.4	1.039 ^{ab} ±0.079	11.85 ^a ±1.92
	4	25	14.2 ^b ±1.3	13.5 ^b ±0.6	52.7 ^a ±9.5	165.2 ^a ±8.3	360.0 ^b ±176.3	32.8 ^b ±7.7	1.077 ^{ab} ±0.088	12.76 ^a ±2.00
	5	3	15.7 ±0.8	13.9 ±0.3	53.9 ±3.8	167.7 ±9.7	559.8 ±130.1	34.7 ±5.0	1.174 ±0.017	8.67 ±3.06

Legend: BA = bone age; CA = chronological age; T = testosterone concentration; AH = axillary hair; GD = genitals development; PH = pubic hair; TBM = total body mass; ST = stature; DHS = dominant hand strength; BMD = bone mineral density; pl Zn = plasma zinc concentration.

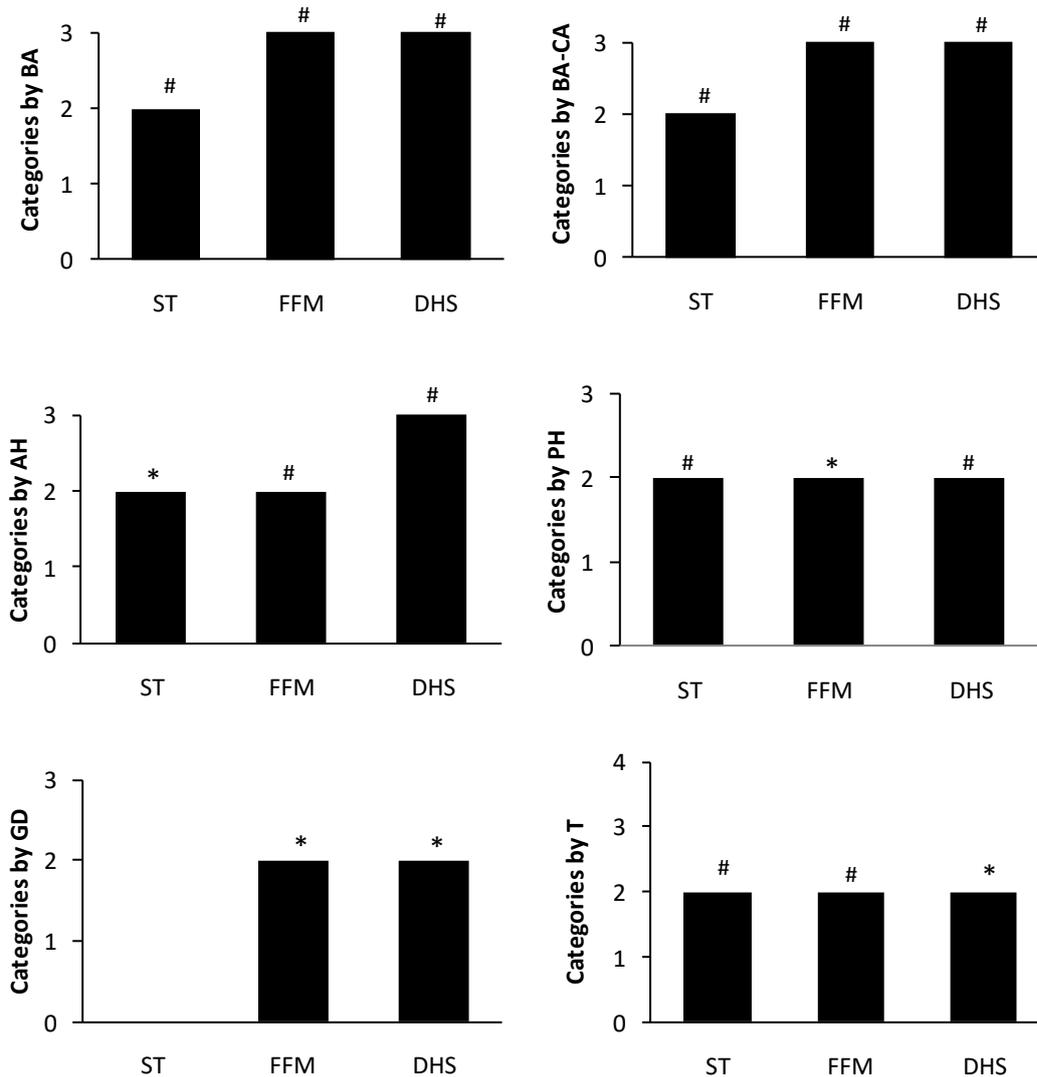


Figure 5.2. Descriptive data about the amount of categories with statistically significant differences in each maturation assessment method. BA = Bone Age; BA-CA = Bone Age - Chronological Age; T = Testosterone; AH = Axillary Hair; GD = Genital Development; PH = Pubic Hair; FFM = Fat-Free Mass; CA = Chronological Age; ST = stature; DHS = dominant hand strength.
 * $p < 0.05$; # $p < 0.0001$

Actually, significant differences in performance-related variables between the maturation categories were detected only for ST. As aforementioned, the discrimination potential of SM method is limited when children with close chronological age are evaluated, and this was indeed the case of the present study. Future research is warrant to investigate whether SM may be applied in the sports context.

Previous research indicated that BA would be strongly associated with handgrip strength in adolescent soccer players (Fragoso et al., 2004). In the present study, the classification using BA allowed the identification of significant differences between maturation categories with regard to all performance-

related variables, including DHS. This result agrees with other studies suggesting that BA would be efficient to discriminate distinct maturation stages (Beunen et al., 2006; Fragoso et al., 2004). Additionally, the 'maturation tempo' categories estimated from BA-CA (early, synchronous, and delayed) agreed with the directly assessed testosterone levels. Early mature boys (BA-CA ≥ 1) presented lower testosterone values compared to those with late maturation (BA-CA ≤ -1) ($p=0.0017$), but were not different than synchronous ($p>0.05$). Therefore, the BA technique seemed to be quite well related to the expected behavior of both performance-related and physiological variables in the different maturation stages.

The AH method is similar to SM in which concerns the application principle, since it is a secondary sexual characteristic. In comparison with SM, the AH can only be applied in later stages of maturation, since axillary hair develops after pubic hair and in the presence of higher testosterone concentration²¹. Interestingly, after BA, AH and PH were the best methods to discriminate for the performance-related variables, being able to identify differences across the two more advanced maturation categories for FFM and DHS. Since the application of AH is evidently easier than BA and PH, this could be a quite practical option to the practitioner, at least for children at the end of puberty.

Anthropometric parameters seem to be separately associated with maturational status and serum testosterone concentrations. Additionally, testosterone normally increases with age in boys (Ramos, Frontera, Llopart, & Feliciano, 1998), however in our study we did not find any significant differences between categories originated from testosterone levels with none of the maturation methods evaluated.

Some limitations of the present study must be acknowledged. Firstly, the results refer to young males within a narrow age range. Future research should investigate the applicability of different maturation assessment techniques in other age categories. Aspects such ethnicity and social class were not considered in the study. These factors should be controlled, given their influence on potential confounding factors as diet pattern, body composition, and strength. Studies with females should also be encouraged to a better understanding of the potential application of distinct maturation assessment techniques in the soccer context.

CONCLUSION

Zinc deficiency did not influence the results obtained for the maturation categories defined by the different assessment methods. The assessment of biological maturation by BA was shown to be the most effective for the stratification of performance-related and anthropometric variables in young soccer players. However, the AH method also proved to be efficient. Given its simplicity and low cost, this method should be considered after BA as a fair option to be used in field studies and practice.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was partially supported by FAPERJ and CNPq. Thank the soccer club and especially the athletes for their participation.

REFERENCES

- Arikan, S., Akkus, H., Halifeoglu, I., & Baltaci, A. K. (2008). Comparison of plasma leptin and zinc levels in elite athletes and sedentary people. *Cell Biochemistry And Function*, 26(6), 655-658.
- Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in Biological Maturation. *Food And Nutrition Bulletin*, 27(4 Suppl Growth Standard), S244-256.
- Bhowmik, D., & Kumar, K. P. S. (2010). A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic disease. *International Journal Of Pharmacology And Biomedical Sciences*, 1(1), 05-11.
- Cameron, N. (2002). *Assessment of Maturation Human Growth and Development* (Pp. 363-382). San Diego: Academic Press.
- Castillo-Duran, C., & Cassorla, F. (1999). Trace Minerals In Human Growth And Development. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 12(5), 589-601.
- Cordova, A., & Alvarez-Mon, M. (1995). Behaviour of zinc in physical exercise: a special reference to immunity and fatigue. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 19(3), 439-445.
- Cousins, R. J. (1986). Toward a molecular understanding of zinc metabolism. *Clinical Physiology and Biochemistry*, 4(1), 20-30.
- Figueiredo, A. J., Coelho, E. S. M. J., & Malina, R. M. (2010). Predictors of functional capacity and skill in youth soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(3), 446-54.
- Figueiredo, A. J., Goncalves, C. E., Coelho, E. S. M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60-73.
- Food And Nutrition Board, I. M. (2000). *Dietary Reference Intakes For Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, And Zinc*. Washington, Dc: National Academies Press, Institute Of Medicine.
- Fragoso, I., Vieira, F., Castro, L. C., Oliveira Junior, A., Capela, C., Oliveira, N. (2004). Maturation and strength of adolescent soccer players. *Children And Youth In Organized Sports* (Pp. 199-208). Coimbra: Coimbra University Press.
- Gleeson, M., Nieman, D. C., & Pedersen, B. K. (2004). Exercise, nutrition and immune function. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 115-125.
- Hambidge, K. M., Krebs, N. F., Westcott, J. E., & Miller, L. V. (2006). Changes in zinc absorption during development. *The Journal of Pediatrics*, 149(5 Suppl), S64-68.
- Haralambie, G. (1981). Serum zinc in athletes in training. *International Journal of Sports Medicine*, 2(3), 135-138.
- Herman-Giddens, M. E., Wang, L., & Koch, G. (2001). Secondary sexual characteristics in boys: estimates from the national health and nutrition examination survey III, 1988-1994. *Archives of Pediatrics And Adolescent Medicine*, 155(9), 1022-1028.

- Hoffman, R. P., Vicini, P., Sivitz, W. I., & Cobelli, C. (2000). Pubertal adolescent male-female differences in insulin sensitivity and glucose effectiveness determined by the one compartment minimal model. *Pediatric Research*, 48(3), 384-388.
- Innes, E. (1999). Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46, 120-140.
- Koury, J. C., Oliveira, C. F., Portella, E. S., Oliveira Junior, A. V., & Donangelo, C. M. (2005). Effect of the period of resting in elite judo athletes: hematological indices and copper/ zinc-dependent antioxidant capacity. *Biological Trace Element Research*, 107(3), 201-211.
- Koury, J. C., Oliveira K, J., Casimiro-Lopes, G., Oliveira Junior, A. V., Portella, E. S., Moura, E. G. (2007). Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 115(1), 23-30.
- Kühnel, W. (2000). Immulite And Immulite 2000: Reference Range Compendium (Pp. 75). Los Angeles, Ca: Diagnostic Products Corporation.
- Machado, D. R. L., & Barbanti, V. J. (2007). Maturação esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 9(1), 12-20.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Biological Maturation: Concepts and Assessment Growth, Maturation and Physical Activity* (2nd. Ed., Pp. 277-306). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology*, 91(5-6), 555-562.
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, J. E. L. (2006). *International Standards For Anthropometric Assessment* (Revised Ed.): The International Society For The Advancement Of Kinanthropometry.
- Micheletti, A., Rossi, R., & Rufini, S. (2001). Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Medicine And Arthroscopy Review*, 31(8), 577-582.
- Mortatti, A. L., & Arruda, M. (2007). Análise do efeito do treinamento e da maturação sexual sobre o somatotipo de jovens futebolistas. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 9(1), 84-91.
- Ramos, E., Frontera, W. R., Llopart, A., & Feliciano, D. (1998). Muscle strength and hormonal levels in adolescents: gender related differences. *International Journal of Sports Medicine*, 19(8), 526-531.
- Salgueiro, M. J., Weill, R., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Goldman, C. (2004). Zinc deficiency and growth: current concepts in relationship to two important points: intellectual and sexual development. *Biological Trace Element Research*, 99(1-3), 49-69.
- Salgueiro, M. J., Zubillaga, M. B., Lysionek, A. E., Caro, R. A., Weill, R., & Boccio, J. R. (2002). The role of zinc in the growth and development of children. *Nutrition*, 18, 510-519.
- Saliba, L. F., Tramonte, V. L. C. G., & Faccin, G. L. (2006). Zinco no plasma e eritrócito de atletas profissionais de uma equipe feminina brasileira de voleibol. *Revista de Nutrição* (Campinas), 19(5), 581-590.
- Sandstead, H. H., Penland, J. G., Alcock, N. W., Dayal, H. H., Chen, X. C., Li, J. S. (1998). Effects of repletion with zinc and other micronutrients on neuropsychologic performance and growth of chinese children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68(2 Suppl), 470s-475s.

- Tanner, J. M. (1962). *Growth at Adolescence* (2nd Ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Tanner, J. M., Healy, M. J. R., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (Tw3 Method)* (3rd Ed.). London: W. B. Saunders.
- Travers, S. H., Jeffers, B. W., Bloch, C. A., Hill, J. O., & Eckel, R. H. (1995). Gender and tanner stage differences in body composition and insulin sensitivity in early pubertal children. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 80(1), 172-178.
- Wada, O. (2004). What are trace elements? Their deficiency and excess states. *Japan Medical Association Journal*, 47(8), 351-358.
- Wastney, M. E., House, W. A., Barnes, R. M., & Subramanian, K. N. (2000). Kinetics of zinc metabolism: variation with diet, genetics and disease. *Journal of Nutrition*, 130(5s Suppl), 1355s-1359s.

Capítulo VI

Artigo aceito para publicação no International Journal of Morphology, volume 34, issue 1, 2016.

**CONCORDÂNCIA METODOLÓGICA ENTRE OS MÉTODOS DE
COMPOSIÇÃO CORPORAL EM JOVENS JOGADORES DE
FUTEBOL ESTRATIFICADOS PELOS NÍVEIS DE ZINCO
PLASMÁTICO**

**Methodological agreement between body-composition methods in young
soccer players stratified by zinc plasma levels.**

Astrogildo Vianna de Oliveira Junior¹⁻², Gustavo Casimiro Lopes², Carmem Marino Donangelo³, Josely Correa Koury⁴, Paulo de Tarso Veras Farinatti², Luís Massuça^{1,5}✉
Isabel Fragoso¹

- 1 - Faculdade de Motricidade Humana – Departamento de Ciências da Motricidade - Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Exercício - Universidade Técnica de Lisboa, Cruz Quebrada, Portugal.
- 2 - Instituto de Educação Física e Desportos – Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio e Janeiro, RJ, Brasil.
- 3 - Instituto de Bioquímica – Departamento de Bioquímica – Laboratório de Bioquímica Nutricional e de Alimentos - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- 4 - Instituto de Nutrição – Departamento de Nutrição Básica e Experimental – Núcleo de estudos em nutrição e fatores do estresse - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- 5 - Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Portugal

Corresponding author:

✉ Luís Miguel Massuça

Lusófona University, Faculty of Physical Education and Sport

Campo Grande, 376, room H.1.2., 1749-024 Lisbon, Portugal

e-mail: luis.massuca@gmail.com

Running title: Methodological agreement between body-composition methods and zinc status in young soccer players

ABSTRACT

Body composition estimation in young athletes is problematic, since its components can be directly influenced by the maturational process. On the other hand, zinc participates in the synthesis and liberation of factors that may influence the body composition. Thus the aim of this study was to compare different methods of body composition evaluation in young soccer players stratified by zinc plasma levels. Fifty five young soccer players (13.3 ± 0.7 years-old) were submitted to blood collection, electric bioimpedance (BIA), dual energy X-ray absorptiometry, anthropometric measures (body mass, stature and skinfold thickness (ST)) and hand-wrist X-ray. Body composition evaluation was performed by DXA, ST (Lohman and Slaughter equations), and BIA (Houtkooper equation) methods. Zinc status provided two groups: Normozincemic and Hypozincemic athletes, determined by cut-off point of $11.0 \mu\text{mol/L}$. Significant difference on descriptive data for all participants after zinc status stratification was observed only for plasma zinc concentration. Any significant differences were observed in fat percentage and fat free mass, obtained by DXA ($p=0.06076$ and $p=0.5638$), ST ($p=0.6840$ and 0.5087) and BIA ($p=0.3475$ and $p=0.3475$) methods between the two groups stratified by zinc status or between the different methods (fat percentage: $p=0.1272$ and $p=0.3231$ - fat free mass: $p=0.9229$ and $p=0.8933$ for hypozincemic and normozincemic groups respectively). Correlations between the assessment methods showed significant associations between the methods (fat percentage: $r= 0.3414$ to 0.9765 and $p<0.0001$ to 0.0133 - fat free mass: $r=0.9533$ to 0.9998 and $p<0.0001$). Multiple regressions from DXA has strong determination coefficients for the skinfolds equations to estimate fat percentage and higher still for fat free mass. In both analysis, lowers values were observed when electric impedance was involved. Bland-Altman plots across methods showed a closer agreement when DXA and ST were compared.

In conclusion, the ST method was better than BIA to assess the body composition in young soccer players when DXA scans are not available. The comparison of models based on skinfolds thickness showed that the best association with the values from DXA were obtained for the Slaughter equation, followed by the Lohman equation using BA instead of CA. Plasma zinc levels seem not to influence the body composition assessment, which certainly warrants further studies.

Keywords:

body composition, athletes, youth, biological maturation, zinc

INTRODUCTION

The correct assessment of body composition in sports is important, since errors may lead to mistakes in training prescription and diet elaboration, and therefore affect the athletic performance. In sports like soccer, a gravitational sport (Ackland et al., 2012), it is well known that excessive fat mass compromises the physical performance, while increased lean body mass is important to improve strength and power, which are relevant to soccer performance (Nikolaidis & Vassilios Karydis, 2011).

Hence sophisticated methods like dual energy X-ray absorptiometry (DXA) have been used in research sets to assess the body composition. However this kind of technique is highly expensive and somewhat difficult to be applied in actual training context. Therefore, more accessible methods like skinfolds thickness (ST) and bioelectric impedance (BIA) have been investigated as alternative options to assess the body composition.

On the other hand, the body composition estimation in young athletes is problematic, since muscle mass, fat mass, bone mass, and hydration status can be directly influenced by the maturational process (Lohman, 1986). In this sense, nutritional and maturational aspects of athletes constitute a fundamental issue in physical performance. One of the elements simultaneously related to maturation and nutrition is the ingestion of zinc, an essential micronutrient for adequate body function.

Zinc is an essential trace element with relevant functions in many pathophysiological mechanisms. It is a cofactor in numerous transcription processes and enzymes (Lansdown, Mirastschijski, Stubbs, Scanlon, & Ågren, 2007). Zinc deficiency seems to be related with deleterious effects information and maturation of spermatozoa, testicular growth, and testicular steroidogenesis (Nriagu, 2007). It is well known that physical exercise can modulate the biodisponibility and kinetics of this important mineral (Buchman et al., 1998; Koury, Oliveira, & Donangelo, 2007; Koury, Oliveira, Portella, Oliveira Junior, & Donangelo, 2005). Additionally, zinc participates in the synthesis and liberation of factors that may influence the body composition and strength, like growth hormone, insulin-like growth factor-1, leptin and testosterone (Chen, Song, & Lin, 2000; Devine, Rosen, Mohan, Baylink, & Prince, 1998; Prasad, Mantzoros, Beck, Hess, & Brewer, 1996).

It is therefore feasible to think that the body composition assessment may be influenced by maturational and zinc status, especially in young athletes which perform regularly high volume of physical training. It would be useful to investigate whether different strategies to assess body composition are affected by these factors. Additionally it is important to know if the zinc status could be related to the body composition of athletes that play in the same age category. Thus the aim of this study was to compare different methods of body composition evaluation (DXA, BIA, and skinfolds thickness) in young soccer players stratified by zinc plasma levels.

METHODS

SUBJECTS

Fifty tree young soccer players aged 11.8 to14.2 years-old (13.3mean \pm 0.7) and past 6.1 ± 2.3 years of regular soccer training in a first division soccer team in Rio de Janeiro, participated of the study. Training volume was 5.0 ± 1.8 hours per week.

During the study none of the athletes consumed any kind of dietary supplements which could influence physiological mineral balance. Exclusion criteria were: injuries or any other medical contra-indication to physical training, irregular training pattern, chronological age lower than 11 years old, and zinc deficiency. Written consent to children's participation in the study was provided by their parents. The study was previously approved by institutional ethics committee (1207 CEP/HUPE UERJ).

PROCEDURES

Data collection was made in two days. In the first day the following procedures took place: a) blood collection after 8-h fasting; b) BIA; c) brief meal; d) anthropometry and hand-wrist X-ray to bone age determination; e) assessment of body mass and stature. Anthropometric measures, except skinfolds, were made according to procedures of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006). Skinfolds were made according Fragoso e Vieira (2000). All procedures were performed by a single trained evaluator with satisfactory reliability (ICC = 0.98 – 0.84). In the second day DXA exam was performed. Figure 1 illustrates the sequence of procedures adopted in the study.

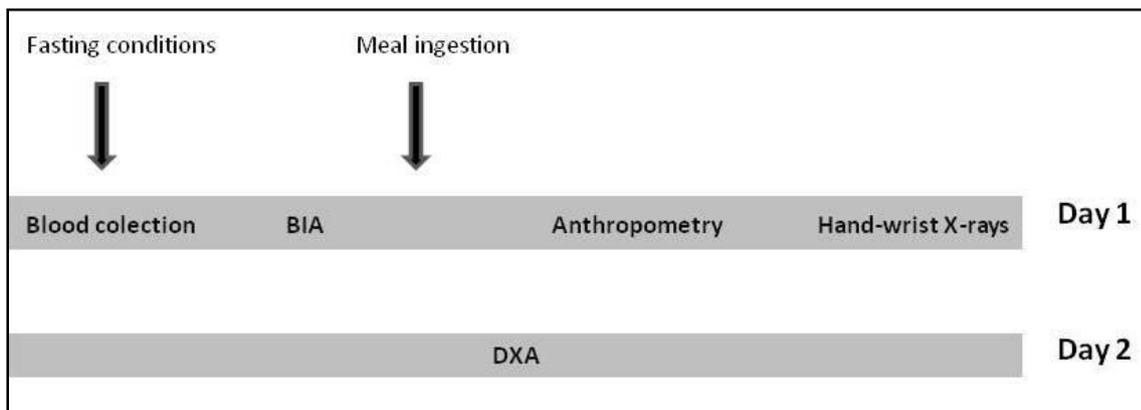


Figure 6.1 – Flowchart of the study.

Body composition assessment

Body composition evaluation was performed by DXA, skinfolds thickness (ST), and BIA methods for comparison and further analysis of agreement. DXA exam was made using a pediatric bone densitometer (Lunar Prodigy Advance -

General Eletrics™, Chalfont St. Giles, United Kingdom) to whole body analysis using specific software (enCORE™ Software Platform - Chalfont St. Giles, United Kingdom).

The following skinfolds thickness were measured as described elsewhere (Fragoso & Vieira, 2000): triceps, biceps, subscapular, chest, axillar, iliocrystal, supraspinal, abdominal, thigh and calf. All measurements were performed three times with a Lange™ caliper (Santa Cruz, CA, USA) and the mean value was recorded as final result. The percent body fat was calculated using equations proposed by Slaughter et al. (1988) and Lohman (1986) that consider chemical maturity, wich refers to the chemical stability of lean body mass (Lohman, 1986; p. 326). Since the Lohman's equation includes the age, both chronological (CA) and bone age (BA) were used to allow a more comprehensive analysis. Comparisons of whole body subcutaneous fat as represented by the sum of ten skinfolds with the two skinfolds used in Slaughter's equation and the two used in Lohman's equation were satisfactory, as suggested by Pearson correlation ($r=0.923$ and $r=0.911$)(Gutin et al., 1996).

BIA assessment used a tetrapolar device (RJL-101 Quantum™; Clinton Twp, MI, USA) and calculation of body composition was provided by the equation described by Houtkooper (1992). All measurements were performed in the morning with controlled temperature (21° to 26° C) and after bladder emptying. Electrodes were placed after metallic removal of any pieces in contact with the body, in supine position with arms and legs slightly separated by 30° and 40°, respectively. Surface electrodes were placed at the right side of the body on the dorsal surface of hands and feet, proximal to metacarpal-phalangeal, and metatarsal-phalangeal joints, respectively, and also medially between the distal prominences of radius and ulna and between medial and lateral malleoli at the ankle (Lukaski & Johnson, 1985). Since dehydration status could influence BIA results, we also ran blood test of some parameters related to hydration status (albumin, hematocrit, and hemoglobin). All these data were within normal ranges expected for young athletes.

Fat free mass(FFM) was determinated by subtracting fat mass(FM) from total body mass(TBM).

$$\text{FM (kg)} = \text{TBM (kg)} \times \text{Fat percentage}$$

$$\text{FFM (kg)} = \text{TBM (kg)} - \text{FM (kg)}$$

Blood collection and zinc determination

Blood collection was done after an overnight fast (8 hours) together with a minimum of 16 hours of abstention from any physical exercise. Aliquots of 10 mL were obtained by venous puncture in antecubital vein and placed in test tubes without trace minerals containing heparin as anticoagulant (30U/ tube). Precautions were taken to avoid trace mineral contamination during sample collection and processing. All materials were immersed for 24 h in a solution of ultrapure nitric acid (4:1; v/v) followed by thorough rising (four times) with deionized water. Samples were centrifuged during 15 min at 800g for plasma separation and immediately stored at -20°C in the laboratory for posterior

analysis. Plasma zinc was measured by flame atomic absorption spectrometry (Optima™ 4300 DV, PerkinElmer Norwalk, CT, EUA), as described elsewhere (Donangelo et al, 2002). Zinc status was determined by cut-off point of 11.0 µmol/L (National Research Council & Food and Nutrition Board, 2001), which provided two groups: Normozincemic (Normo) and Hypozincemic (Hypo) athletes.

STATISTICAL ANALYSIS

Data were normally distributed as defined by the Kolmogorov–Smirnov test, except fat percentage. Therefore intergroup comparisons were performed by one-way ANOVA test followed by Bonferroni post hoc comparisons or Kruskal-Wallis test followed by Dunns post hoc comparisons. The relationships between body composition methods were calculated by Pearson correlation and degree of agreement was tested by Bland-Altman (1986) plots. In all cases the significance level was fixed at 0.05. Multiple regressions were performed to calculate the relationship between %FM and FFM estimated by the different methods and DXA. The calculations were performed by the softwares GraphPad Prism 5 (GraphPad™ Software, San Diego, CA, USA) and NCSS 2007 (NCSS™, LLC, Kaysville, UT, USA).

RESULTS

Table 6.1 presents descriptive data for all participants after zinc status stratification, showing significant differences only for plasma zinc concentration.

Table 6.1. Descriptive data of individuals, expressed as mean and standart deviation.

	All (n=53)	Hypo (n=16)	Normo (n=37)	<i>p</i>
Chronological age (years)	13.3±0.7	13.3±0.6	13.3±0.7	0.0977
Bone age (years)	13.2±2.0	13.0±2.5	13.3±1.8	0.5803
Bone age-Chronological age (years)	-0,12±1.7	-0,34±2.4	-0.02±1.5	0.5574
Plasma zinc (µmol.L ⁻¹)	12.2±2.2	9.6±1.3	13.2±1.5	<0.0001
Total body mass (Kg)	48.4±10.1	45.9±9.8	49.5±10.2	0.2489
Stature (cm)	160.1±10.2	159.3±10.7	160.4±10.2	0.7298
Body mass index (Kg/ m ²)	18.7±2.3	18.9±1.8	19.1±2.3	0.0837

Legend: Hypo = hypozincemics; Normo = normozincemics

Fat percentage(%FM) and fat free mass(FFM) obtained by DXA, skinfolds thickness and BIA methods did not show any significant differences in groups stratified by zinc status or in the different methods (Table 6.2).

Table 6.2. Comparison between the difference in fat percentage and fat free mass between different methods, considering zinc state.

	Fat mass percentage			Fat free mass		
	hypo (16)	normo (37)	<i>p</i>	hypo (16)	normo (37)	<i>p</i>
DXA	12.0 ±4.8	13.7 ±7.4	0.6350	40.4 ±9.1	42.5 ±8.7	0.4496
ST L (ca)	12.2 ±2.7	14.8 ±6.6	0.3741	40.3 ±8.6	41.8 ±7.4	0.5146
ST L (ba)	12.4 ±2.7	14.8 ±6.6	0.4019	40.2 ±8.8	41.9 ±7.6	0.5030
ST S	13.6 ±3.2	15.4 ±7.3	0.6640	39.6 ±8.3	41.6 ±8.1	0.4256
BIA	14.6 ±5.1	14.6 ±6.8	0.8478	39.3 ±8.9	42.4 ±9.8	0.2906
<i>p</i>	0.2297	0.6648		0.9954	0.9882	

Legend: DXA = dual energy X-ray absorptiometry; ST = skinfold thickness; L = Lohman equation; S = Slaughter equation; ca = chronological age; ba = bone age; BIA = electric bioimpedance; hypo = hypozincemics; normo = normozincemics

Correlations between the assessment methods showed significant associations between the methods (Tables 6.3 and 6.4).

Table 6.3. Spearman correlation coefficients between body fat mass percent provided by the different methods (n=53).

		DXA	ST L (ca)	ST L (ba)	ST S	BIA
DXA	<i>r</i>	--	0.7797	0.8312	0.8748	0.6302
	<i>p</i>	--	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
ST L (ca)	<i>r</i>	0.7797	--	0.9765	0.8975	0.7797
	<i>p</i>	<0.0001	--	<0.0001	<0.0001	<0.0001
ST L (ba)	<i>r</i>	0.8312	0.9765	--	0.8954	0.4276
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	--	<0.0001	0,0016
ST S	<i>r</i>	0.8748	0.8975	0.8954	--	0.4376
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	--	<0.0001
BIA	<i>r</i>	0.6302	0.3414	0.4276	0.4367	--
	<i>p</i>	<0.0001	0.0133	0.0016	0.0012	--

Legend: DXA = dual energy X-ray absorptiometry; ST = skinfold thickness; L = Lohman equation; S = Slaughter equation; ca = chronological age; ba= bone age; BIA = electric bioimpedance; hypo = hypozincemics; normo = normozincemics

Table 6.5 summarize the performance of DXA as reference model in estimating body composition.

Table 6.4. Pearson correlation coefficients between fat free mass provided by the different methods (n=53).

		DXA	ST L (ca)	ST L (ba)	ST S	BIA
DXA	<i>r</i>	--	0.9885	0.9885	0.9899	0.9655
	<i>p</i>	--	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
ST L (ca)	<i>r</i>	0.9885	--	0.9998	0.9848	0.9625
	<i>p</i>	<0.0001	--	<0.0001	<0.0001	<0.0001
ST L (ba)	<i>r</i>	0.9894	0.9998	--	0.9859	0.9627
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	--	<0.0001	<0.0001
ST S	<i>r</i>	0.9899	0.9848	0.9859	--	0.9533
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	--	<0.0001
BIA	<i>r</i>	0.9655	0.9625	0.9627	0.9533	--
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	--

Legend: DXA = dual energy X-ray absorptiometry; ST = skinfold thickness; L = Lohman equation; S = Slaughter equation; ca = chronological age; ba= bone age; BIA = electric bioimpedance; hypo = hypozincemics; normo = normozincemics

Table 6.5 - Regression between dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and predictive equations by skinfolds (Lohman - ic, Lohman - io, and Slaughter) and bioimpedance for measures of fat free mass (FFM) and fat mass percentage (%FM).

	Independent method	Dependent variables by DXA				
		Slope	Intercept (kg)	R ²	R	SEE (kg)
FFM	Lohman - ic	0.87 ±0.02	5.00 ±0.79	0.98	0.989	1.17
	Lohman - io	0.89 ±0.02	3.97 ±0.78	0.98	0.990	1.16
	Slaughter	0.92 ±0.02	2.35 ±0.79	0.98	0.990	1.18
	BIA	1.06 ±0.02	-3.01 ±1.68	0.94	0.967	2.49
%FM	Lohman - ic	0.79 ±0.06*	3.75 ±0.84	0.79	0.889	2.78
	Lohman - io	0.80 ±0.05*	3.65 ±0.75	0.83	0.911	2.46
	Slaughter	0.87 ±0.05*	3.34 ±0.72	0.86	0.928	2.37
	BIA	0.63 ±0.09*	6.10 ±1.38	0.48	0.691	4.54

*Slope significantly different from 1 ($P < 0.05$).

Figure 6.2 shows the Bland-Altman plots for the comparison between groups stratified by zinc status, with regard to the %FM provided by the four assessment methods. There was a close agreement when DXA and ST were compared depending of zinc status (bias = -1.61 [hypozincemics] and -1.62 [normozincemics] - Slaughter equation; -0.24 and -1.05 - Lohman equation / chronological age; -0.40 and -1.02 - Lohman equation / bone age, respectively),

however such agreement was not detected when the comparison was done with DXA-BIA (2.64 and 0.83).

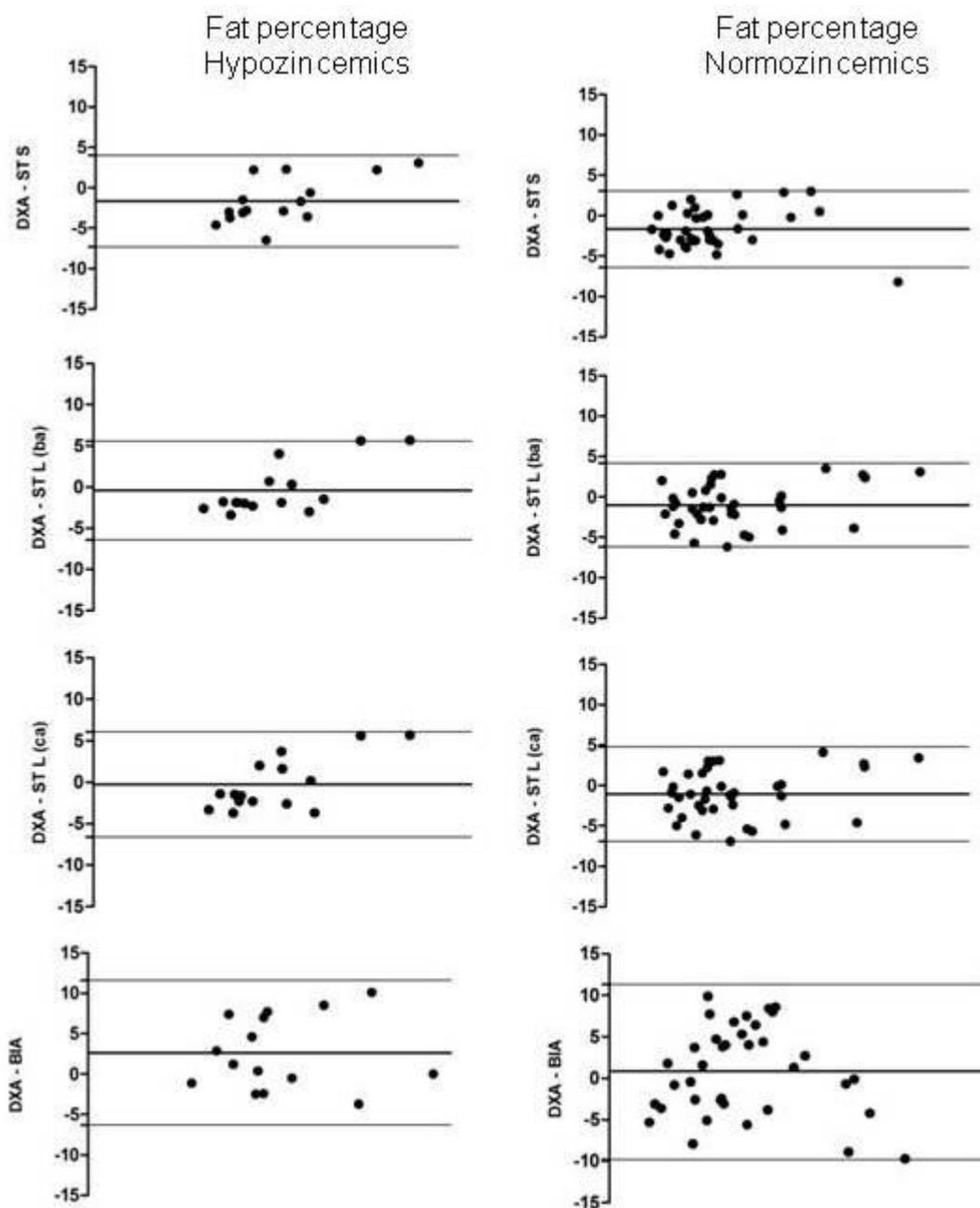


Figure 6.2 - Bland-Altman analysis comparing differences between fat mass percent assessed by BIA=bioimpedance; DXA=dual energy X-ray absorptiometry; and ST=skinfolds thickness (L = Lohman equation; S = Slaughter equation; ca = chronological age; ba= bone age).

Bland-Altman plots across methods and zinc groups were also calculated for the fat free mass. A close agreement was detected when DXA and ST were compared depending of zinc status (bias = 0.89 [hypozincemics] and 0.85

[normozincemics] - Slaughter equation; -0.63 and -0.23 - Lohman equation / bone age; -0.69 and 0.19 - Lohman equation / chronological age, respectively), which was not observed in the DXA and BIA methods (Figure 6.3).

DISCUSSION

The present study aimed to evaluate the influence of zinc status on the body composition assessment by three different methods (DXA, BIA and ST). Interestingly, Pearson's correlation coefficients showed strong intragroup associations in fat free mass between hypozincemic and normozincemic athletes ($r = 0.973$ to 0.997 and $p < 0.0001$), suggesting that plasma zinc levels could not influence the association between body composition parameters evaluated by the different methods. In a previous study, our group reported a negative correlation of zinc/copper ratio with percent body fat assessed by DXA, suggesting that lower zinc levels would be related to increased fat mass (Koury et al., 2007). Indeed zinc may influence the adipose tissue physiology, probably due to the recently described zinc α 2-glycoprotein, a lipid mobilizing factor (Bao et al., 2005). Additionally, zinc levels are positively associated with leptin concentrations (Casimiro-Lopes et al., 2009; Chen et al., 2000) and with thyroid hormones (Marques et al., 2011), which play an important role in fat metabolism.

Another purpose of our study was to compare assessment techniques in order to confirm that alternative and more accessible methods to assess the body composition could be used in field studies. The three equations based on skinfolds thickness (Slaughter and Lohman using CA and BA) provided similar results. When we observe %FM there is an increase in the correlation strength of Lohman equation by CA with DXA ($r=0.7797$; $p<0.0001$), through the Lohman equation by BA ($r=0.8312$; $p<0.0001$) to the Slaughter equation ($r=0.8748$; $p<0.0001$). For FFM differences are smaller (CA - $r=0.9885$; $p<0.0001$; BA - $r=0.9894$; $p<0.0001$ and Slaughter - $r=0.9899$; $p<0.0001$). Multiple regressions repeats this behavior more clearly.

Regression analysis indicated that the equation with the highest explanatory power was the Slaughter equation, whose determination coefficient (R^2) was 0.86 for %FM and 0.98% for FFM. Only in Lohman with chronological age and Houtkoper for bioimpedance equations were found R lower than 0.90, showing that they are unsuitable for linear regression because the sample size.

Bland-Altman plots are adequate to investigate the agreement between measurements, when the main focus is to compare a new method (or methodology) with a gold-standard approach (Altman & Bland, 1983; Bland & Altman, 1986).

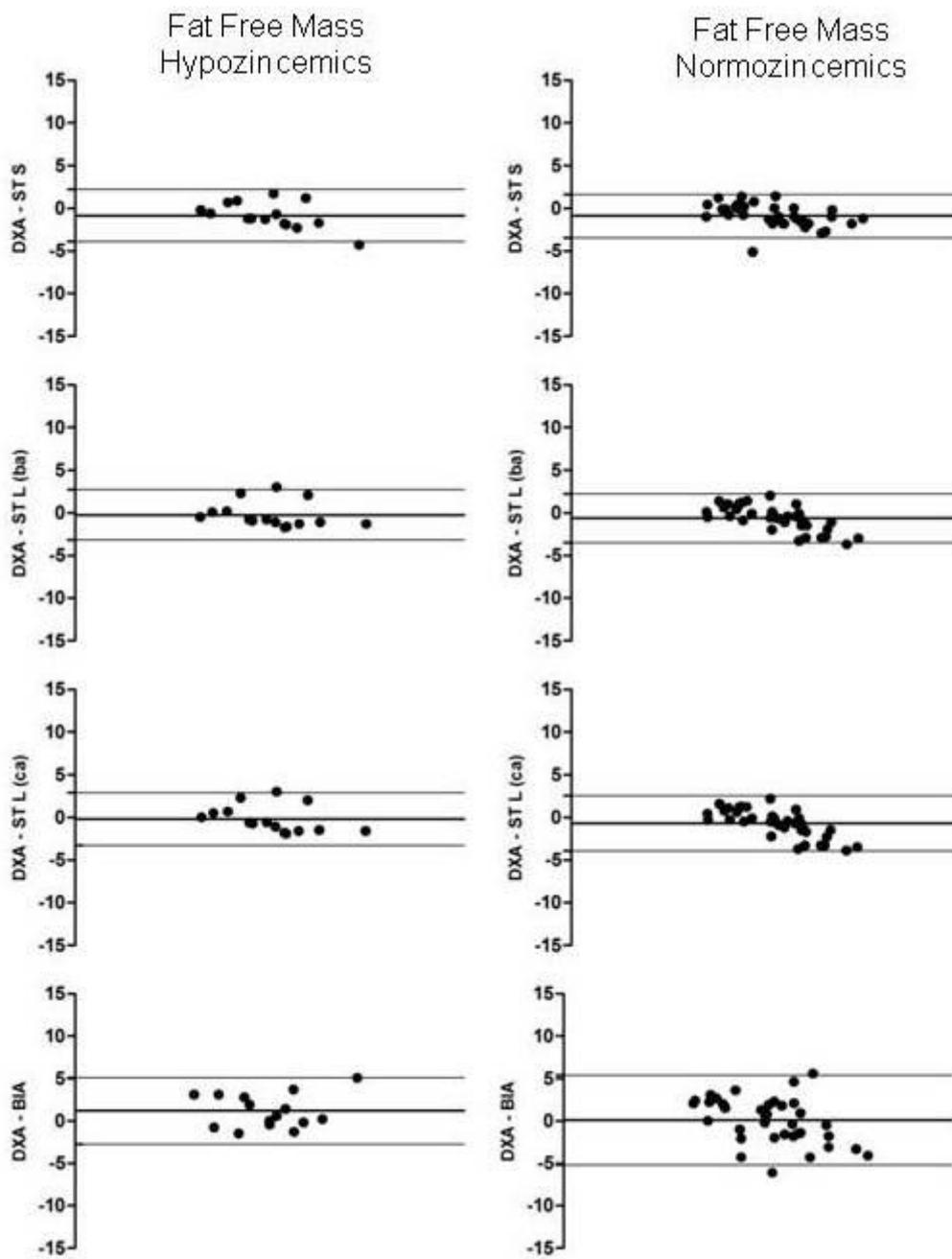


Figure 6.3 - Bland-Altman analysis comparing differences between fat free mass assessed by BIA=bioimpedance; DXA=dual energy X-ray absorptiometry; and ST=skinfolds thickness (L = Lohman equation; S = Slaughter equation; ca = chronological age; ba= bone age).

Figures 6.2 and 6.3 showed that skinfolds thickness (ST) technique was the best method when compared with DXA, at least to assess the body composition in young soccer players. Interestingly, we have observed that the level of agreement also relied on zinc status. The ST method is generally accepted as a body fat indicator, since 50-70% of body fat is located in subcutaneous adipose tissue (Lopes & Neto, 1996). Some authors argue against this method considering its precision and validity (Goran, Driscoll, Johnson, Nagy, & Hunter, 1996; Gutin et al., 1996), but the relatively low cost is a positive aspect that must be considered in actual training practice.

On the other hand, our results showed that BIA did not reach satisfactory levels of agreement with DXA in young soccer players. An important issue to take into account is that BIA analysis is not adjusted for the maturation level (Houtkooper et al., 1992), while the equations by Lohman (1986) and Slaughter (1988) consider the influence of this factor. Another potential source of error is the fact that BIA is based in the electrical conductivity of different body components (muscle mass and fat mass), and may be highly affected by hydration status (Barbosa-Silva & Barros, 2005). Since our athletes presented normal levels of hydration as confirmed by blood analysis, we can assume that the poorer agreement in comparison with the skinfolds technique was not an artifact produced by this factor.

In conclusion, the ST method was better than BIA to assess the body composition in young soccer players when DXA scans are not available. The comparison of models based on skinfolds thickness showed that the best association with the values from DXA were obtained for the Slaughter equation, followed by the Lohman equation using BA instead of CA. Plasma zinc levels seem not to influence the body composition assessment, which certainly warrants further studies.

REFERENCES:

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D. (2012). Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine*, 42(3), 227-249.
- Altman, D. G., & Bland, J. M. (1983). Measurement in Medicine: The Analysis of Method Comparison Studies. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, 32(3), 307-317.
- Bao, Y., Bing, C., Hunter, L., Jenkins, J. R., Wabitsch, M., & Trayhurn, P. (2005). Zinc-alpha2-glycoprotein, a lipid mobilizing factor, is expressed and secreted by human (SGBS) adipocytes. *FEBS Letters*, 579(1), 41-47.
- Barbosa-Silva, M. C., & Barros, A. J. (2005). Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8(3), 311-317.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307-310.

- Buchman, A. L., Keen, C., Commisso, J., Killip, D., Ou, C. N., Rognerud, C. L. (1998). The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations. *Journal of the American College of Nutrition*, 17(2), 124-127.
- Casimiro-Lopes, G., Oliveira-Junior, A. V., Portella, E. S., Lisboa, P. C., Donangelo, C. M., Moura, E. G. (2009). Plasma leptin, plasma zinc, and plasma copper are associated in elite female and male judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 127(2), 109-115.
- Chen, M. D., Song, Y. M., & Lin, P. Y. (2000). Zinc may be a mediator of leptin production in humans. *Life Sciences*, 66(22), 2143-2149.
- Devine, A., Rosen, C., Mohan, S., Baylink, D., & Prince, R. L. (1998). Effects of zinc and other nutritional factors on insulin-like growth factor I and insulin-like growth factor binding proteins in postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68(1), 200-206.
- Donangelo, C. M., Woodhouse, L. R., King, S. M., Viteri, F. E., & King, J. C. (2002). Supplemental zinc lowers measures of iron status in young women with low iron reserves. *Journal of Nutrition*, 132(7), 1860-1864.
- Fragoso, I., & Vieira, F. (2000). *Morfologia e Crescimento*. Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Goran, M. I., Driscoll, P., Johnson, R., Nagy, T. R., & Hunter, G. (1996). Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63(3), 299-305.
- Gutin, B., Litaker, M., Islam, S., Manos, T., Smith, C., & Treiber, F. (1996). Body-composition measurement in 9-11-y-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and bioimpedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63(3), 287-292.
- Houtkooper, L. B., Going, S. B., Lohman, T. G., Roche, A. F., & Van Loan, M. (1992). Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *Journal of Applied Physiology*, 72(1), 366-373.
- Koury, J. C., Oliveira, C. F., & Donangelo, C. M. (2007). Associação da concentração plasmática de cobre com metaloproteínas cobre-dependentes em atletas de elite. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(4), 235e-238e.
- Koury, J. C., Oliveira, C. F., Portella, E. S., Oliveira Junior, A. V., & Donangelo, C. M. (2005). Effect of the period of resting in elite judo athletes: hematological indices and copper/ zinc-dependent antioxidant capacity. *Biological Trace Element Research*, 107(3), 201-211.
- Koury, J. C., Oliveira K, J., Casimiro-Lopes, G., Oliveira Junior, A. V., Portella, E. S., Moura, E. G. (2007). Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 115(1), 23-30.
- Lansdown, A. B. G., Mirastschijski, U., Stubbs, N., Scanlon, E., & Ågren, M. S. (2007). Zinc in wound healing: Theoretical, experimental, and clinical aspects. *Wound Repair and Regeneration*, 15(1), 2-16.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 325-357.
- Lopes, A. d. S., & Neto, C. S. P. (1996). Composição corporal e equações preditivas da gordura em crianças e jovens. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, 1(4), 38-52.
- Lukaski, H. C., & Johnson, P. E. (1985). A simple, inexpensive method of determining total body water using a trace dose of D2O and infrared absorption of biological fluids. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41, 363-370.

- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, J. E. L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment* (Revised ed.): The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Marques, L. F., Donangelo, C. M., Franco, J. G., Pires, L., Luna, A. S., Casimiro-Lopes, G. (2011). Plasma zinc, copper, and serum thyroid hormones and insulin levels after zinc supplementation followed by placebo in competitive athletes. *Biological Trace Element Research*, 142(3), 415-423.
- National Research Council, & Food and Nutrition Board. (2001). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington, DC: National Academies Press, Institute of Medicine.
- Nikolaidis, P. T., & Vassilios Karydis, N. (2011). Physique and Body Composition in Soccer Players across Adolescence. *Asian J Sports Med*, 2(2), 75-82.
- Nriagu, J. (2007). Zinc deficiency in human health (Publication no. [http://www.extranet.elsevier.com/homepage_about/mrwd/nvrn/Zinc%20Deficiency%20in%20Humans.pdf] webcite). Retrieved set2012
- Prasad, A. S., Mantzoros, C. S., Beck, F. W., Hess, J. W., & Brewer, G. J. (1996). Zinc status and serum testosterone levels of healthy adults. *Nutrition*, 12(5), 344-348.
- Silva, A.M., Fields, D.A., Heymsfield, S.B., and Sardinha, L.B. (2010). Body composition and power changes in elite judo athletes. *Int. J. Sports Med.* 31, 737-741.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Van Loan, M. D. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60(5), 709-723.

Capítulo VII

**EFEITOS DO ZINCO SUPLEMENTAR NA MATURAÇÃO
BIOLÓGICA, NO CRESCIMENTO, NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL E NA FORÇA DE JOVENS PÚBERES JOGADORES
DE FUTEBOL**

Astrogildo V. Oliveira-Junior^{1,2}, Karla Oliveira³, Paulo Fariantti², Carmem Donangelo³⁻⁴, Isabel Fragoso¹, Josely Koury⁵

- 1 - Faculdade de Motricidade Humana – Departamento de Ciências da Motricidade - Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Exercício - Universidade Técnica de Lisboa, Cruz Quebrada, Portugal.
- 2 - Instituto de Educação Física e Desportos – Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio e Janeiro, RJ, Brasil.
- 3 - Instituto de Bioquímica – Departamento de Bioquímica – Laboratório de Bioquímica Nutricional e de Alimentos - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- 4 - Escuela de Nutrición - Universidad de la República - Uruguay
- 5 - Instituto de Nutrição – Departamento de Nutrição Básica e Experimental – Núcleo de estudos em nutrição e fatores do estresse - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Autor correspondente:

✉ Isabel Fragoso

Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa

Estrada da Costa

CEP: 1499-002 Cruz Quebrada – Dafundo Portugal

Telefone: (351) 214196777

e-mail: ifragoso@fmh.utl.pt

RESUMO

Introdução

O zinco é um importante elemento traço que auxilia na capacidade antioxidante, além de participar da maturação biológica. Em atletas, a suplementação de zinco tem efeito positivo nos parâmetros hematológicos e pode melhorar o rendimento esportivo. Sua deficiência é comumente observada nesses grupo e pode estar associada à diminuição da força física assim como da massa corporal, além de ter efeito significativo no crescimento. Assim, o presente estudo teve por objetivo investigar o efeito do zinco suplementar na maturação biológica, no crescimento, na composição corporal e na força muscular de jogadores de futebol púberes.

Método

Foram avaliados em dois momentos 48 jovens do sexo masculino, jogadores de futebol de um tradicional clube do Rio de Janeiro, (13 ± 1 anos, massa corporal de 48 ± 10 kg, estatura de 160 ± 10 cm e zinco plasmático de $12,1\pm 2,2$ $\mu\text{mol/L}$). Foram divididos aleatoriamente em dois grupos. O grupo placebo ($n=28$) recebeu cápsulas de gluconato de Zn (22mg/dia) e o grupo suplementado ($n=20$) recebeu placebo (cápsulas de amido de milho), todos durante um período de 12 semanas. Considerando-se o ponto de corte de $11,0$ $\mu\text{mol/L}$ para a concentração de zinco no plasma, os atletas foram classificados em normozincêmicos ou hipozincêmicos. Foram avaliadas a massa corporal, alturas, composição corporal, força, maturidade esquelética (TW3). Urina e sangue foram coletados para determinação das concentrações de zinco.

Resultados

Não foram observadas diferenças significativas entre o grupo placebo e suplementado no momento inicial do estudo, com exceções apenas nas medidas das alturas do vértex ($p = 0,0258$), sentado ($p = 0,0169$) e trocantérica ($p = 0,0121$). A análise de variância apontou para significância da interação do fator tratamento no zinco plasmático ($p=0,0414$), zinco eritrocítico ($p=0,0438$), zinco urinário ($p < 0,0001$), estatura ($p = 0,0312$), altura sentado ($p = 0,0201$) e altura trocantérica ($p = 0,0383$). Entretanto a análise multivariada da covariância, considerando-se os dois momentos do estudo e mesmo excluindo os efeitos da maturação e da estatura (isolados ou em conjunto), não identificou qualquer interação entre os fatores (estado de zinco, tempo e tratamento) em nenhuma das variáveis. Já o fator tempo apresentou significância em todas as variáveis ($p<0,0001$ e no zinco eritrocítico $p=0,0297$). Quando as médias foram ajustadas pela covariável idade óssea observou-se significância na interação do tratamento com o estado de zinco na altura acromial ($p=0,0364$) e do estado de zinco na altura trocantérica ($p=0,0267$). Quando ajustadas pela estatura apenas o estado de zinco mostrou significância na altura sentado ($p=0,0028$), na altura acromial ($p=0,0491$) e na altura trocantérica ($p=0,0267$). A composição corporal e força muscular apresentaram comportamentos semelhantes, não sendo observadas interações entre o tratamento e o tempo ($p=0,2134$ e $0,2662$, respectivamente), nem para o fator tratamento isolado ($p=0,0593$ e $0,6569$ respectivamente). Já o fator tempo isolado apresentou significância ($p<0,0001$) para ambas as variáveis.

Conclusão

As alterações observadas não puderam ser atribuídas ao fator suplementação. Logo, a suplementação de zinco não apresentou associação com qualquer das variáveis observadas (maturação óssea, crescimento, composição corporal e força muscular) nos jovens jogadores de futebol, na faixa etária dos 12 aos 14 anos.

INTRODUÇÃO

O consumo de suplementos alimentares vem sendo difundido amplamente entre praticantes de atividades físicas ou esportivas, especialmente os adolescentes e jovens (Alves & Lima, 2009; Calfee & Fadale, 2006; Pereira, Lajolo, & Hirschbruch, 2003). Uma vez que as necessidades nutricionais, supridas essencialmente por uma dieta balanceada não são as mesmas para todos (Speich, Pineau, & Ballereau, 2001), a suplementação alimentar pode ser adequada para um pequeno grupo de pessoas, no qual se inserem os atletas com dietas não balanceadas (Scofield & Unruh, 2006). Alguns atletas podem necessitar de suplementação nutricional, especialmente aqueles que experimentam as seguintes situações: restrição da ingestão energética, severa perda de peso durante a prática, eliminação de um ou mais grupos alimentares da dieta ou consumo de dieta desbalanceada e de baixo aporte de elementos traço (Rodriguez, DiMarco, & Langley, 2009; Volpe, 2007).

Os elementos traço participam diretamente no metabolismo energético, entre outras funções (Speich et al., 2001). Seu estado depende da idade, sexo e estado fisiológico ou patológico, bem como da atividade física praticada (Maughan, 1999). Em função da intensidade do exercício, pode haver um aumento da taxa de *turnover* de energia no músculo esquelético em até 20-100 vezes em relação ao basal (Maughan, 1999).

Dentre os elementos traço temos o zinco, cujas funções incluem: auxílio na capacidade antioxidante (Kara et al., 2010; Koury et al., 2004), melhora da função imune e participação na maturação biológica (José Brandão-Neto, Stefan, Mendonça, Bloise, & Castro, 1995). Em atletas, já foi observado que a administração de doses fisiológicas de zinco pode melhorar o rendimento esportivo (Kilic et al., 2006; Speich et al., 2001), com efeito positivo nos parâmetros hematológicos (Kilic, Baltaci, & Gunay, 2004) e contribuir para a saúde de forma geral (Kara et al., 2010). Os alimentos fortificados em elementos-traço podem ter um impacto positivo sobre o zinco total absorvido, principalmente em indivíduos que apresentem maior requerimento desse elemento em função do crescimento (Salgueiro et al., 2004; Siklar, Tuna, Dallar, & Tanyer, 2003) e prática de atividade física (Baltaci, Cumraligil, Kilic, & Kaya, 2006; Lukaski, Bolonchuk, Klevay, Milne, & Sandstead, 1984), mas que não garantem sua necessidade somente através da alimentação (Brown, Hambidge, Ranum, & Tyler, 2008).

Apesar disso, a deficiência de zinco nesses grupos é comumente observada (Hickson et al., 1987) e pode estar associada à redução na função cardiorrespiratória, força muscular e resistência aeróbia (Lukaski, 2000; Rodriguez et al., 2009), além de contribuir com perda significativa de massa corporal, fadiga latente e risco de osteoporose (Micheletti, Rossi, & Rufini, 2001). Assim, deficiências nutricionais de zinco podem ter um efeito significativo não apenas no crescimento e desenvolvimento, mas também nos rendimentos esportivo e escolar (Hoch, Goossen, & Kretschmer, 2008) além de dificultar a reparação do dano tissular (Lukaski, 2000; Maughan, 1999). Logo, a deficiência do zinco pode comprometer funções biológicas essenciais.

O zinco tem ainda importante papel no processo de crescimento e desenvolvimento, estando intimamente envolvido na proliferação, diferenciação e apoptose celulares (Maret & Sandstead, 2006). De fato, o zinco participa diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento celular, na síntese e liberação do hormônio do crescimento, da testosterona, do fator de crescimento IGF-I, da fosfatase alcalina, do colágeno, da osteocalcina, da insulina, da vitamina D3, leptina (Koury et al., 2007), dentre outras substâncias reguladoras.

Esses dados sugerem que a suplementação alimentar pode contribuir favoravelmente para o crescimento, maturação biológica e rendimento físico. Entretanto, estudos sobre suplementação alimentar de zinco em atletas adolescentes são raros. A maioria dos estudos com suplementação de zinco foi realizado com indivíduos adultos (Casimiro-Lopes et al., 2009; Chandyo et al., 2009; Kilic et al., 2004; Josely Correa Koury et al., 2007; Lukaski et al., 1984; Lukaski, Hoverson, Gallagher, & Bolonchuk, 1990), ou em crianças e jovens em com deficiências severas diversas (Dhingra et al., 2009; Imamoglu, Bereket, Turan, Taga, & Haklar, 2005; Siklar et al., 2003), o que desperta o interesse em avaliar a suplementação de zinco em adolescentes atletas e durante a fase de crescimento e maturação biológica (J Brandão-Neto, Stefan, & Mendonça, 1995). O questionamento que se faz é: seria necessário realizar suplementação em atletas jovens sob treinamento regular?

Assim, considerando a carência de estudos sobre as relações entre a suplementação com zinco em atletas em processo de crescimento e maturação, o presente estudo tem por objetivo investigar a associação da suplementação com zinco no crescimento, na maturação biológica avaliada a partir da idade óssea, na composição corporal e na força muscular em jogadores de futebol púberes e do sexo masculino que não apresentassem deficiência severa de zinco, nem baixa estatura idiopática.

MÉTODOS

AMOSTRA

Em um total de 56 participantes de um programa sistematizado de treinamento de futebol em um tradicional clube do Rio de Janeiro (Brasil), três jovens não desejaram participar e cinco desistiram durante o estudo. Assim, 48 jovens do sexo masculino (idade de 13 ± 1 anos, massa corporal de 48 ± 10 kg, estatura de 160 ± 10 cm e zinco plasmático de $12,1 \pm 2,2$ $\mu\text{mol/L}$) participaram do estudo, após receberem o esclarecimento dos procedimentos e seus responsáveis terem assinado termo de consentimento. Nenhum dos participantes fazia uso de vitaminas ou suplementos minerais durante o estudo. Informações sobre as horas de treino semanais foram obtidas através de entrevista individual. O tempo médio de prática de futebol relatado foi de $6,1 \pm 2,3$ anos e a carga média de treino-jogo semanal de $5,0 \pm 1,8$ horas.

Durante o estudo os adolescentes não consumiram suplementos nutricionais. Adicionalmente, foram adotados como critérios de exclusão: qualquer

tratamento de saúde em curso, frequência irregular aos treinos, idade cronológica inferior a 11 anos de idade e zincemia compatível com deficiência severa. O Comitê de Ética do Hospital Universitário Pedro Ernesto, Rio de Janeiro, Brasil, aprovou o protocolo do estudo.

DESENHO EXPERIMENTAL

Os dados foram coletados em dois momentos (inicial – T0 e final - T1) em um período de 103 (± 18) dias. Cada um dos momentos envolveu dois dias. No primeiro dia, os jovens em jejum, em grupos de seis indivíduos e sempre acompanhados por seus responsáveis, foram recebidos para a coleta de sangue e urina. Após um pequeno lanche eles foram encaminhados para realização da radiografia de mão e punho, antropometria e dinamometria. No segundo dia a massa livre de gordura (MLG) foi estimada através da densitometria de dupla energia (Lunar Prodigy Advance - General Eletrics^{MR}, Chalfont St. Giles, United Kingdom).

Logo após T0 os atletas foram divididos aleatoriamente em dois grupos (placebo [GP] n=28 e suplementados [GS] n=20), sem que cada um soubesse a que grupo pertencia. O primeiro grupo recebeu cápsulas de gluconato de Zn (22mg/dia) e o segundo grupo recebeu placebo (cápsulas de amido de milho), todos durante um período de 12 semanas.

Considerando-se o ponto de corte de 11,0 $\mu\text{mol/L}$ para a concentração de zinco no plasma, os atletas foram classificados em normozincêmicos ou hipozincêmicos. As alturas, a massa livre de gordura (MLG) e a força foram usadas para analisar as diferenças entre os grupos uma vez que estas variáveis podem interferir no desempenho em esportes como o futebol.

Medidas antropométricas e de força

A massa corporal (MC) e estatura (EST) foram medidas de acordo com as recomendações da "International Society for the Advancement of Kinanthropometry" (ISAK) (Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006). As alturas (do vértex, sentado, acromial e trocantérica), os diâmetros ósseos (biliocristal e biacromial) e os perímetros (torácico e abdominal) foram medidos com precisão de 0,1cm. e os equipamentos que compõem a pasta antropométrica da GPM[®] Instruments (Siber Hegner Machines, Zurique, Suíça). A força de preensão manual foi determinada através de um dinamômetro Lafayette[®] (modelo 78010), com escala em kg (0 a 100 kg) e precisão de 1 kg. O maior valor da mão dominante (FMD), após três tentativas, foi adotado como valor final. A reprodutibilidade de todas as medidas foi verificada por meio do coeficiente de correlação intraclassa (ICC = 0,98 a 0,84).

Composição corporal

Para a estimativa do percentual de gordura corporal (%G) foi utilizado o densitômetro ósseo pediátrico Lunar Prodigy Advance (General Eletrics[®], Chalfont St. Giles, Reino Unido) para análise do corpo inteiro. O software empregado foi o enCORE[®] Software Platform (Chalfont St. Giles, Reino Unido).

Avaliação da maturação óssea

A idade óssea (IO) foi determinada por radiografia da mão e punho esquerdos, segundo o método de Tanner-Whitehouse 3 (TW3) (Tanner, Healy, Goldstein, & Cameron, 2001). A radiografia, em sessão única, tem dose efetiva de radiação estimada entre 3 a 5 mrem (0,003 a 0,007 rads), o que corresponde aproximadamente a 5% da dosagem anual permitida (Machado & Barbanti, 2007). Todas as medidas foram realizadas por avaliador experiente e foi determinada a reprodutibilidade intra (ICC = 0,91) e interavaliadores (ICC = 0,87) para a estimativa da idade óssea. A diferença entre IO e IC permitiu classificar os jovens em atrasados (IO-IC < -1), síncronos (IO-IC ≥ -1 e ≤ +1) ou adiantados (IO-IC > 1) (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004; Malina, Cumming, Morano, Barron, & Miller, 2005).

Coleta de Sangue e Análises Laboratoriais

A coleta de sangue foi realizada com os indivíduos em jejum (8 horas) após um período mínimo de descanso de 16 horas. Uma amostra de sangue (10 mL) foi coletada por punção venosa e armazenada em tubos de ensaio livres de minerais, um contendo heparina como anticoagulante (30U/tubo) e outro para obtenção de soro. As amostras foram centrifugadas a 3000 RPM por 15 minutos, para separação do plasma e células sanguíneas, tendo sido armazenadas a -20°C até a análise.

Também foi coletada amostra de urina (aproximadamente 50 ml) em frasco apropriado, que foi alíquotada em tubos contendo ácido clorídrico (25µl) a 6N, para preservá-la até o momento das análises. A concentração de zinco plasmático foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica (Optima 4300 DV, Perkin-Elmer, Waltham, EUA) (Donangelo ET AL., 2002).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Uma vez confirmadas a normalidade e a homogeneidade das variâncias, as diferenças entre os grupo foram testadas pelo teste *t* de Student ou a ANOVA seguida de verificação *post-hoc* de Bonferroni. A MANOVA fatorial de três entradas ajustada pela covariáveis maturação (idade óssea) e estatura com medidas repetidas foi utilizada para analisar o comportamento das variáveis nos diferentes grupos, nos dois momentos do estudo. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas GraphPad Prism versão 5.00 para Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) e NCSS 2007 versão 7.1.5.

RESULTADOS

No Quadro 7.1 são apresentados os dados descritivos de todos os participantes do estudo, além dos grupos placebo e suplementado.

Quadro 7.1 – Dados descritivos da população e grupos e análise de variância entre os grupos no momento inicial do estudo ($p < 0,05$).

	Total (n=48)		Placebo (n=28)		Suplementado (n=20)		p
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	
idade cronológica (anos)	13,3	±0,7	13,3	±0,6	13,3	±0,7	0,8486
idade óssea (anos)	13,2	±2,0	13,7	±1,7	12,6	±2,3	0,0659
massa corporal (kg)	47,8	±9,8	50,0	±8,9	44,8	±10,3	0,0693
estatura (cm)	160,0	±10,2	163,1	±9,8	155,8	±9,5	0,0140
altura sentado (cm)	81,5	±5,4	83,1	±5,1	79,3	±5,2	0,0132
altura trocantérica (cm)	86,1	±5,5	87,9	±5,5	83,6	±4,7	0,0074
comprimento membros superiores (cm)	69,3	±5,9	70,0	±5,8	68,3	±6,1	0,1167
zinco plasmático ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)	12,1	±2,2	12,0	±2,3	12,4	±2,2	0,5419
zinco eritrocítico ($\mu\text{mol/ghb}$)	0,698	±0,184	0,694	±0,176	0,703	±0,197	0,7987
zinco urinário ($\mu\text{mol/mmolcreatinina}$)	0,495	±0,286	0,491	±0,218	0,501	±0,362	0,5871
percentagem de gordura (%)	12,9	±6,1	11,7	±5,8	14,5	±6,4	0,0771
massa livre de gordura (kg)	41,8	±8,7	44,1	±8,0	38,5	±8,8	0,0285
força na mão dominante (kg)	28,6	±7,8	29,1	±6,4	28,8	±9,7	0,5667

No Quadro 7.2 são apresentados os valores (média e desvio padrão) das variáveis observadas nos dois momentos do estudo, considerando os diferentes subgrupos.

Quadro 7.2 – Valores das variáveis nos diversos subgrupos analisados (média ± dp).

Grupos	Placebo				Suplementado			
	Hipozincêmicos (n=7)		Normozincêmicos (n=21)		Hipozincêmicos (n=7)		Normozincêmicos (n=13)	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
idade óssea (anos)	14,1 ±1,8	14,8 ±1,5	13,5 ±1,7	14,4 ±1,6	11,8 ±3,0	12,5 ±2,9	13,2 ±2,0	14,0 ±1,8
massa corporal (kg)	49,4 ±6,2	52,8 ±5,0	50,2 ±9,8	53,3 ±10,3	43,3 ±12,5	45,3 ±13,4	47,2 ±10,5	50,1 ±10,5
estatura (cm)	163,3 ±6,6	166,0 ±6,6	163,0 ±10,8	166,1 ±10,2	155,6 ±13,6	158,4 ±13,2	156,7 ±8,5	159,7 ±8,2
altura sentado (cm)	82,5 ±2,6	83,7 ±2,9	83,4 ±5,7	84,8 ±5,4	78,0 ±6,1	79,2 ±5,9	80,2 ±4,8	81,6 ±4,7
altura trocantérica (cm)	88,8 ±5,7	90,0 ±6,2	87,6 ±5,5	89,3 ±5,2	85,3 ±8,3	87,0 ±8,1	83,2 ±4,1	84,8 ±4,0
comprimento membros superiores (cm)	70,0 ±5,4	71,1 ±5,9	70,0 ±6,1	70,8 ±6,0	68,2 ±5,7	69,1 ±5,5	67,7 ±4,2	68,4 ±4,1
zinco plasmático ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)	8,9 ±1,5	16,4 ±2,2	13,0 ±1,5	17,0 ±2,1	10,1 ±0,7	17,9 ±3,9	13,6 ±1,6	19,1 ±3,5
zinco eritrocítico ($\mu\text{mol/ghb}$)	0,51 ±0,12	0,55 ±0,10	0,76 ±0,14	0,52 ±0,15	0,63 ±0,19	0,70 ±0,29	0,75 ±0,19	0,67 ±0,21
zinco urinário ($\mu\text{mol/mmolcreatinina}$)	0,58 ±0,21	0,49 ±0,26	0,46 ±0,21	0,45 ±0,23	0,74 ±0,34	1,10 ±0,30	0,42 ±0,32	1,31 ±0,51
massa livre de gordura (kg)	43,6 ±5,0	47,8 ±4,3	44,2 ±8,8	47,8 ±8,4	37,9 ±12,1	40,0 ±12,2	39,8 ±8,1	41,5 ±9,1
força na mão dominante (kg)	28,3 ±3,5	33,8 ±7,3	29,4 ±7,1	34,4 ±9,3	26,0 ±9,5	25,0 ±6,5	29,8 ±10,6	32,9 ±10,3

No Quadro 7.3 são apresentadas as análises de variância das diversas variáveis observadas, corrigidas pelas covariáveis idade óssea, estatura e

ambas, demonstrando não haver diferença significativa em nenhuma das circunstâncias.

Quadro 7.3 - Valores de p para MANCOVAS ajustada pelas covariáveis idade óssea (IO) e estatura (ESTAT) considerando os fatores tratamento, estado de Zn e tempo ($p < 0,05$).

	ANOVA	MANCOVA (IO)	MANCOVA (ESTAT)	MANCOVA (IO+ESTAT)
zinco plasmático	0,0037	0,5783	0,5776	0,5810
zinco eritrocítico	0,0009	0,6992	0,6997	0,6359
zinco urinário	<0,0001	0,1166	0,1172	0,1179
massa corporal total	0,6285	0,7498	0,7752	0,7140
altura sentado	0,8596	0,9280	0,9593	0,9397
altura acromial	0,7083	0,9663	0,9772	0,9672
altura trocantérica	0,5374	0,9426	0,8618	0,8185
comprimento membros superiores	0,6594	0,9689	0,9899	0,9932
diâmetros biacromial	0,6658	0,8234	0,8724	0,8205
diâmetro biliocrystal	0,1131	0,9529	0,8986	0,9151
dBA/dBC	0,9266	0,9189	0,8562	0,8712
perímetro do torácico	0,9162	0,9283	0,9725	0,9432
perímetro abdominal	0,1633	0,6110	0,6644	0,9221
pTX / pABD	0,1080	0,6769	0,6718	0,6814
massa livre de gordura	0,5249	0,4732	0,3702	0,2852
força na mão dominante	0,4587	0,3399	0,8560	0,4172

Na Figura 7.1 são apresentadas as comparações das concentrações de zinco plasmático, zinco eritrocítico e zinco urinário entre os grupos placebo e suplementado, considerando-se o estado de zinco dos indivíduos, evidenciando a diferença significativa, entre os dois momentos do estudo, do zinco urinário no grupo suplementado.

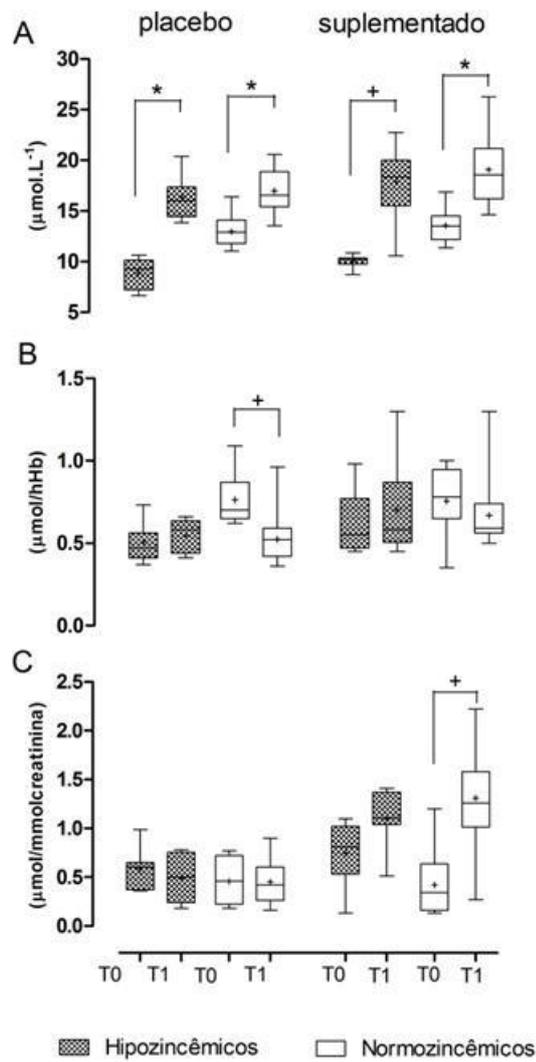


Figura 7.1 - Comparação dos valores de zinco entre os dois momentos do estudo nos subgrupos segundo o estado de zinco. A = Zinco plasmático; B = zinco eritrocítico e C = zinco urinário. * = $p < 0,0001$; + = $p < 0,05$.

No Quadro 7.4 observamos o comportamento das concentrações de zinco. Foram encontradas diferenças significativas em todas as concentrações de zinco, independentemente da covariável de ajuste. A interação dos fatores tempo, tratamento e estado de zinco também são apresentadas.

Quadro 7.4 - Médias (\bar{X}), médias ajustadas (\bar{X}_a) pelas covariáveis (idade óssea [IO] e estatura [ESTAT]) o erros padrão (ep) da concentração de zinco plasmático (ZnP), zinco eritrocítico (ZnE) e zinco urinário (ZnU) entre os grupos placebo hipozincêmicos (PH), placebo normozincêmicos (PN), suplementado hipozincêmicos (SH) e suplementados normozincêmicos (SN), nos momentos inicial (1) e final (2).

	n	ANOVA			ANCOVA (IO)			ANCOVA (ESTAT)			ANCOVA (IO+ESTAT)			
		\bar{X}	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	
ZnP	PH1	7	8,924	0,563		8,929	0,85		8,923	0,855		8,930	0,860	
	PH2	7	16,380	0,811		16,394	0,85		16,380	0,855		16,391	0,860	
	PN1	21	13,001	0,305		12,981	0,49		12,982	0,493	Tr*	12,970	0,496	Tr*
	PN2	21	17,000	0,456	Tr**	17,005	0,49	Tr*	16,994	0,493	Zn**	16,996	0,496	Zn*
	SH1	7	10,231	0,225	Zn*	10,038	0,85	Zn+Tp*	10,063	0,855	Tr**	10,032	0,860	Tr**
	SH2	7	17,862	1,467		17,847	0,85		17,862	0,855	Zn+Tp*	17,841	0,860	Zn+Tp*
	SN1	13	13,570	0,433		13,579	0,63		13,588	0,627		13,597	0,631	
	SN2	13	19,092	0,979		19,091	0,63		19,087	0,627		19,112	0,631	
ZnE	PH1	7	0,507	0,045		0,507	0,07		0,512	0,068		0,508	0,067	
	PH2	7	0,546	0,046		0,546	0,08		0,557	0,080		0,564	0,080	
	PN1	21	0,762	0,031		0,763	0,04		0,764	0,041		0,770	0,041	
	PN2	21	0,523	0,034	NS	0,523	0,04	Tr*	0,531	0,041	Tr*	0,529	0,041	Tr*
	SH1	7	0,612	0,058		0,628	0,07	Zn+Tp*	0,617	0,068	Zn+Tp*	0,635	0,067	Zn+Tp*
	SH2	7	0,753	0,117		0,753	0,07		0,748	0,068		0,761	0,067	
	SN1	13	0,761	0,047		0,755	0,05		0,746	0,050		0,739	0,049	
	SN2	13	0,667	0,058		0,667	0,05		0,664	0,050		0,648	0,049	
ZnU	PH1	7	0,581	0,081		0,579	0,12		0,583	0,117		0,581	0,118	
	PH2	7	0,486	0,097		0,481	0,12		0,490	0,117		0,485	0,118	
	PN1	21	0,442	0,049		0,458	0,07	Tr**	0,458	0,071	Tr**	0,463	0,071	Tr*
	PN2	21	0,450	0,053	Tr*	0,447	0,07	Tr*	0,453	0,071	Tr*	0,452	0,071	Tr*
	SH1	7	0,636	0,122	Tr*	0,750	0,12	Tr+Tp*	0,738	0,117	Tr+Tp**	0,755	0,118	Tr+Tp**
	SH2	7	1,097	0,112	Tr*	1,102	0,12	Tr+Tp*	1,095	0,117	Zn+Tp*	1,107	0,118	Zn+Tp*
	SN1	13	0,434	0,086		0,421	0,09		0,416	0,086		0,411	0,086	
	SN2	13	1,309	0,142		1,307	0,09		1,308	0,086		1,295	0,086	

Legenda: Tr = tratamento, Tp = tempo; Zn = estado de Zn; NS = não significativo, * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,0001$

No Quadro 7.5, no qual, considerado o estado de zinco, são analisadas a massa corporal e algumas alturas, ficou demonstrado não ter havido interação conjunta dos fatores (estado de zinco, tempo e suplementação) para nenhuma das variáveis. O estado de zinco interagiu com as alturas, proporcionando diferenças significativas, entretanto este comportamento não apontado para o efeito tratamento (suplementação).

Quadro 7.5 - Médias (\bar{X}), médias ajustadas (\bar{X}_a) pelas covariáveis (idade óssea - IO e estatura - ESTAT) e erro padrão (ep) da massa corporal total (MCT) e das alturas sentado, acromila e trocantérica entre os grupos placebo hipozincêmicos (PH), placebo normozincêmicos (PN), suplementado hipozincêmicos (SH) e suplementados normozincêmicos (SN), nos momentos inicial (1) e final (2)

	n	ANOVA			ANCOVA (IO)			ANCOVA (ESTAT)			ANCOVA (IO+ESTAT)			
		\bar{X}	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	
MCT	PH1	7	49,4	2,3		47,6	2,2		48,0	1,9		47,6	1,7	
	PH2	7	52,8	1,9		48,7	2,2		49,0	1,9		48,4	1,7	
	PN1	21	50,7	2,1		50,8	1,3		49,1	1,1		49,7	1,0	
	PN2	21	54,0	2,2	Tp**	50,2	1,3	NS	49,5	1,1	NS	49,4	1,0	NS
	SH1	7	43,9	3,8		51,0	2,2		48,6	1,9		50,3	1,7	
	SH2	7	46,5	4,1		50,0	2,2		48,2	1,9		49,4	1,7	
	SN1	13	47,6	2,7		49,3	1,6		51,6	1,4		51,1	1,3	
	SN2	13	50,5	2,8		48,4	1,6		51,9	1,4		50,6	1,3	
altura sentado	PH1	7	82,5	1,0		81,6	1,2		81,7	0,7		81,6	0,7	
	PH2	7	83,7	1,1		81,7	1,2		81,6	0,7		81,5	0,7	
	PN1	21	83,4	1,2		83,7	0,7		82,8	0,4		82,9	0,4	
	PN2	21	84,9	1,1	Tp**	83,3	0,7	NS	82,7	0,4	Zn*	82,7	0,4	Zn*
	SH1	7	79,0	2,0		Tr*	81,7		1,2	80,9		0,7	81,2	
	SH2	7	80,4	2,1		81,5	1,2		80,8	0,7		81,0	0,7	
	SN1	13	80,3	1,3		81,2	0,9		82,5	0,6		82,4	0,5	
	SN2	13	81,7	1,3		80,7	0,9		82,5	0,6		82,2	0,5	
altura acromial	PH1	7	132,3	2,4		130,9	2,2		130,9	0,6		131,0	0,6	
	PH2	7	134,4	6,3		131,2	2,2		130,7	0,6		130,8	0,6	
	PN1	21	131,6	1,9		132,1	1,3		130,5	0,4		130,4	0,4	
	PN2	21	134,3	1,8	Tp**	131,8	1,3	Tr+Zn*	130,5	0,4	Zn*	130,5	0,4	NS
	SH1	7	128,6	4,0		132,8	2,2		*	132,0		0,6	131,8	
	SH2	7	131,1	3,9		132,7	2,2		131,9	0,6		131,8	0,6	
	SN1	13	126,4	2,0		128,0	1,6		130,7	0,5		130,8	0,5	
	SN2	13	128,9	1,9		127,6	1,6		130,7	0,5		130,8	0,5	
altura trocantérica	PH1	7	88,2	2,2		88,1	1,8		88,0	1,0		88,2	0,9	
	PH2	7	90,0	2,4		88,5	1,8		87,9	1,0		88,2	0,9	
	PN1	21	87,3	1,2		87,8	1,0		87,0	0,6		86,7	0,5	
	PN2	21	89,1	1,1	Tp**	88,1	1,0	Zn*	87,1	0,6	Zn*	87,2	0,5	Zn*
	SH1	7	86,6	2,6		88,3	1,8		88,3	1,0		87,6	0,9	
	SH2	7	88,2	2,5		88,8	1,8		88,6	1,0		88,1	0,9	
	SN1	13	83,2	1,0		84,0	1,3		85,7	0,7		85,9	0,7	
	SN2	13	84,7	1,0		84,1	1,3		85,8	0,7		86,4	0,7	

Legenda: Tr = tratamento, Tp = tempo; Zn = estado de Zn; NS = não significativo, * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,0001$

A análise dos valores da força muscular (Quadro 7.6) mostrou que somente o fator tempo associou-se significativamente com as alterações.

Quadro 7.6 - Médias (\bar{X}), médias ajustadas (\bar{X}_a) pelas covariáveis (idade óssea - IO e estatura - ESTAT) e erro padrão (ep) da força na mão dominante (FMD) entre os grupos placebo hipozincêmicos (PH), placebo normozincêmicos (PN), suplementado hipozincêmicos (SH) e suplementados normozincêmicos (SN), nos momentos inicial (1) e final (2).

	n	ANOVA			ANCOVA (IO)			ANCOVA (ESTAT)			ANCOVA (IO+ESTAT)			
		\bar{X}	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	\bar{X}_a	ep	p	
FMD	PH1	7	28,3	1,3	Tp**	26,6	2,0	NS	27,1	2,4	NS	26,6	2,0	NS
	PH2	21	30,7	2,5		32,5	2,6		31,8	3,2		32,2	2,6	
	PN1	7	29,3	1,5		29,8	1,1		28,5	1,4		29,6	1,1	
	PN2	13	34,4	2,1		31,1	1,2		31,2	1,4		30,9	1,2	
	SH1	7	27,0	3,1		32,4	2,0		29,5	2,4		32,2	2,0	
	SH2	21	28,3	3,6		31,4	2,6		31,0	3,2		31,7	2,6	
	SN1	7	29,5	2,7		31,7	1,5		33,0	1,8		32,1	1,5	
	SN2	13	32,4	2,5		31,2	1,5		33,9	1,8		31,7	1,4	

Legenda: P = placebo; S = suplementado; H = hipozincêmico; N = normozincêmico; 1 = momento inicial; 2 = momento final.

Na análise da composição corporal (Quadro 7.7) não identificadas diferenças significativas nas médias ajustadas por quaisquer das covariáveis juntas ou isoladas.

Quadro 7.7 - Valores de p para MANCOVAS ajustada pelas covariáveis idade óssea (IO) e estatura (ESTAT) considerando os fatores tratamento, estado de Zn e tempo ($p < 0,05$).

	ANOVA	MANCOVA (IO)	MANCOVA (ESTAT)	MANCOVA (IO+ESTAT)
massa corporal total	0,6285	0,7498	0,7752	0,7140
massa livre de gordura	0,5249	0,4732	0,3702	0,2852

O Quadro 7.8 sumariza a análise da variação dos valores das variáveis nos dois momentos do estudo, verificando a interação global ou isolada dos fatores tempo do estudo e tratamento aplicado nos rapazes, no caso a suplementação de zinco.

Quadro 7.8 – Valores de *p* para a análise dos valores das variáveis através anova de dupla entrada tendo como fatores o tempo do estudo e o tratamento.

<i>Variáveis</i>	<i>Interação</i>	<i>Tempo</i>	<i>Tratamento</i>
idade óssea (anos)	0,8806	<0,0001	0,1391
massa corporal	0,2305	<0,0001	0,1151
estatura (cm)	0,8149	<0,0001	0,0312
zinco plasmático	0,0428	<0,0001	0,0414
zinco eritrocítico	0,0607	0,0297	0,0438
zinco urinário	<0,0001	<0,0001	<0,0001
massa livre de gordura	0,2134	<0,0001	0,0593
percentual de gordura	0,3471	0,8566	0,2212
força na mão dominante	0,2662	<0,0001	0,6569

DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou verificar o efeito da suplementação alimentar de zinco no crescimento e maturação óssea de jovens atletas de futebol. Os principais resultados obtidos apontam para a inexistência de diferença entre os grupos placebo e suplementado após ser administrada, ao primeiro grupo, suplementação de zinco por um período de 12 semanas. As diferenças encontradas demonstram o efeito da suplementação nas concentrações de zinco plasmático e urinário nos grupos placebo e suplementado entre os dois momentos do estudo, evidenciando o efeito do tratamento.

Embora a suplementação de zinco possa dificultar a utilização da glicose em determinados esportes (Marques et al., 2011), a administração de doses fisiológicas tem um efeito positivo nos parâmetros hematológicos de atletas (Kilic et al., 2004) e pode beneficiar o rendimento esportivo (Kilic et al., 2006). Entretanto, a participação em esportes não está associada com as alterações no estado dos elementos traço, o que sugere que a participação no treino esportivo não afete o crescimento ou a maturação durante a puberdade (Fogelholm, Rankinen, Isokaanta, Kujala, & Uusitupa, 2000).

A suplementação de 10 mg/dia/kg de zinco por quatro semanas foi capaz de proporcionar aumento significativo nos níveis plasmáticos de zinco em atletas, quando comparados com atletas não suplementados (Cinar, Mogulkoc, Baltaci, & Nizamlioglu, 2007), o que parece concordar com o comportamento do zinco no presente estudo. No grupo suplementado, independentemente do estado de zinco (hipozincêmico ou normozincêmico) observou-se aumento significativo ($p < 0,0001$) das concentrações de zinco plasmático e do zinco urinário. Em GP observou-se aumento semelhante no zinco plasmático, entretanto não foi identificada alteração significativa no zinco urinário ($p = 0,5600$). Tais comportamentos reforçam a ideia de que a suplementação teve influência no metabolismo do zinco. De fato, o GS passou a excretar uma quantidade maior de zinco, devido à sua maior ingestão.

A concentração de zinco eritrocítico foi significativamente menor em GP no momento final do estudo, embora ela não tenha se alterado em GS. Isso pode ser explicado pela redistribuição de zinco associada com o aumento da

demanda pelos tecidos, durante a puberdade (Imamoglu et al., 2005). No grupo suplementado, a ingestão extra de zinco parece ter sido eficiente na prevenção da diminuição da concentração do zinco eritrocítico, mantendo-se o nível encontrado em jovens fisicamente ativos. Tal resultado é consistente com os dados de estudo prévio, experimento randomizado controlado de suplementação de zinco em crianças pré-púberes (Brown, Peerson, Rivera, & Allen, 2002). A concentração do zinco eritrocítico não se alterou significativamente ($p = 0,6149$) no grupo suplementado em nosso estudo, contrariamente ao comportamento observado em GP ($p = 0,0036$), mas de forma consistente com o papel do zinco na manutenção da estabilidade da membrana celular (Brandão-Neto et al., 1995; Oliveira, Donangelo, Oliveira Jr, Silveira, & Koury, 2009; Woodhouse, Lederer, Lowe, & King, 1997).

Embora King e colaboradores (2000) tenham observado níveis estáveis de zinco urinário em indivíduos submetidos a dieta com aumento da oferta de zinco, observou-se em GS aumento significativo ($p < 0,0001$) dos valores de zinco excretado pela urina, enquanto GP manteve seus níveis iguais aos observados em T0 ($p = 0,5600$).

Embora o zinco seja importantes para o metabolismo lipídico e de carboidratos (Cha & Rojhani, 1997; Wada, 2004) não foram observadas diferenças significativas na massa livre de gordura nem no percentual de gordura nos grupos placebo e suplementados entre os dois momentos do estudo. A análise dos dados relativos aos dois momentos do estudo e às variáveis suplementação e estado de zinco indicaram não haver interação entre esses fatores para a maiorias dos indicadores (maturação óssea, composição corporal ou rendimento) estudados, sendo que na análise dos valores do indicador de crescimento (estatura) foi observada interação significativa ($p=0,0312$) do fator tratamento. Assim, somente as alterações ocorridas nos indicadores de crescimento podem ser atribuídas à suplementação de zinco, sendo que todas as alterações ocorridas na idade óssea ($p=0,1391$), na massa livre de gordura ($p=0,0593$), no percentual de massa gorda ($p=0,2212$) e na força na mão dominante ($p=0,6569$) poderiam ser atribuídas ao desenvolvimento dos jovens, e não à suplementação em si.

Esse comportamento diverge, em parte, dos resultados apresentados por Brown e colaboradores (2002), os quais não observaram efeito da suplementação de zinco sobre o crescimento, possivelmente devido aos adolescentes não apresentarem deficiência importante deste elemento. Cabe ressaltar a importância de estudo mais aprofundado com quantitativo suficiente de indivíduos classificados num mesmo estado de zinco. A força não sofreu influência que possa ser atribuída à suplementação, ratificando resultado obtido em estudo prévio com nadadores (Lukaski, 2004).

CONCLUSÃO

Em suma, as alterações observadas nas alturas podem ser atribuídas à suplementação de zinco, diferentemente das alterações observadas na massa corporal, massa livre de gordura e força que não puderam ser atribuídas à suplementação. Logo, a suplementação alimentar de zinco promoveu

alterações significativas apenas no crescimento, não sendo observadas alterações significativas dos valores dos indicadores de maturação óssea, de força e da composição corporal dos rapazes jogadores de futebol, na faixa etária dos 12 aos 14 anos.

REFERÊNCIAS

- Alves, C., & Lima, R. V. B. (2009). Dietary supplement use by adolescents. *Jornal de Pediatria (Rio de Janeiro)*, 85(4), 287-294.
- Baltaci, A. K., Cumraligil, B., Kilic, M., & Kaya, O. (2006). Effect of acute swimming exercise on lactate levels and its relation with zinc in pinealectomized rats. *Cell Biochemistry and Function*.
- Brandão-Neto, J., Stefan, V., & Mendonça, B. B. (1995). The essential role of zinc in growth. *Nutrition Research*, 15, 335-358.
- Brandão-Neto, J., Stefan, V., Mendonça, B. B., Bloise, W., & Castro, A. V. B. (1995). The essential role of zinc in growth. *Nutrition Research*, 15(3), 335-358.
- Brown, K. H., Hambidge, K. M., Ranum, P., & Tyler, V. (2008, April). *Zinc fortification of cereal flours: current recommendations and research needs*. Paper presented at the The Second Technical Workshop on Wheat Flour Fortification, Atlanta.
- Brown, K. H., Peerson, J. M., Rivera, J., & Allen, L. H. (2002). Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(6), 1062-1071.
- Calfee, R., & Fadale, P. (2006). Popular ergogenic drugs and supplements in young athletes. *Pediatrics*, 117(3), e577-589.
- Casimiro-Lopes, G., Oliveira-Junior, A. V., Portella, E. S., Lisboa, P. C., Donangelo, C. M., Moura, E. G., et al. (2009). Plasma leptin, plasma zinc, and plasma copper are associated in elite female and male judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 127(2), 109-115.
- Cha, M. C., & Rojhani, A. (1997). Zinc deficiency inhibits the direct growth effect of growth hormone on the tibia of hypophysectomized rats. *Biological Trace Element Research*, 59(1-3), 99-111.
- Chandyo, R. K., Strand, T. A., Mathisen, M., Ulak, M., Adhikari, R. K., Bolann, B. J., et al. (2009). Zinc deficiency is common among healthy women of reproductive age in Bhaktapur, Nepal. *Journal of Nutrition*, 139(3), 594-597.
- Cinar, V., Mogulkoc, R., Baltaci, A. K., & Nizamlioglu, M. (2007). Effect of magnesium supplementation on some plasma elements in athletes at rest and exhaustion. *Biol Trace Elem Res*, 119(2), 97-102.
- Dhingra, U., Hiremath, G., Menon, V. P., Dhingra, P., Sarkar, A., & Sazawal, S. (2009). Zinc deficiency: descriptive epidemiology and morbidity among preschool children in peri-urban population in Delhi, India. *Journal of Health, Population, and Nutrition*, 27(5), 632-639.
- Donangelo, C. M., Woodhouse, L. R., King, S. M., Viteri, F. E., & King, J. C. (2002). Supplemental zinc lowers measures of iron status in young women with low iron reserves. *Journal of Nutrition*, 132(7), 1860-1864.
- Fogelholm, M., Rankinen, T., Isokaanta, M., Kujala, U., & Uusitupa, M. (2000). Growth, dietary intake, and trace element status in pubescent athletes and schoolchildren. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(4), 738-746.
- Hickson, J. F., Jr., Duke, M. A., Risser, W. L., Johnson, C. W., Palmer, R., & Stockton, J. E. (1987). Nutritional intake from food sources of high school football athletes. *Journal of the American Dietetic Association*, 87(12), 1656-1659.

- Hoch, A. Z., Goossen, K., & Kretschmer, T. (2008). Nutritional requirements of the child and teenage athlete. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 19(2), 373-398, x.
- Imamoglu, S., Bereket, A., Turan, S., Taga, Y., & Haklar, G. (2005). Effect of zinc supplementation on growth hormone secretion, IGF-I, IGFBP-3, somatomedin generation, alkaline phosphatase, osteocalcin and growth in prepubertal children with idiopathic short stature. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 18(1), 69-74.
- Kara, E., Gunay, M., Cicioglu, I., Ozal, M., Kilic, M., Mogulkoc, R., et al. (2010). Effect of zinc supplementation on antioxidant activity in young wrestlers. *Biological Trace Element Research*, 134(1), 55-63.
- Kilic, M., Baltaci, A. K., & Gunay, M. (2004). Effect of zinc supplementation on hematological parameters in athletes. *Biological Trace Element Research*, 100(1), 31-38.
- Kilic, M., Baltaci, A. K., Gunay, M., Gokbel, H., Okudan, N., & Cicioglu, I. (2006). The effect of exhaustion exercise on thyroid hormones and testosterone levels of elite athletes receiving oral zinc. *Neuroendocrinology Letters*, 27(1-2), 247-252.
- King, J., Shames, D., & Woodhouse, L. (2000). Zinc homeostasis in humans. *Journal of Nutrition*, 130(5S Suppl), 1360S-1366S.
- Koury, J. C., Oliveira Junior, A. V., Portela, E. S., Oliveira, C. F., Casimiro-Lopes, G., & Donangelo, C. M. (2004). Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 358-372.
- Koury, J. C., Oliveira K, J., Casimiro-Lopes, G., Oliveira-Junior, A. V., Portella, E. S., Moura, E. G., et al. (2007). Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes. *Biological Trace Element Research*, 115(1), 23-30.
- Lukaski, H. C. (2000). Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 585S-593S.
- Lukaski, H. C. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 20(7-8), 632-644.
- Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Klevay, L. M., Milne, D. B., & Sandstead, H. H. (1984). Changes in plasma zinc content after exercise in men fed a low-zinc diet. *American Journal of Physiology and Endocrinology Metabolism*, 247(1 Pt 1), E88-93.
- Lukaski, H. C., Hoverson, B. S., Gallagher, S. K., & Bolonchuk, W. W. (1990). Physical training and copper, iron, and zinc status of swimmers. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51(6), 1093-1099.
- Machado, D. R. L., & Barbanti, V. J. (2007). Maturação esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 9(1), 12-20.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Biological Maturation: Concepts and Assessment *Growth, maturation and physical activity* (2nd. ed., pp. 277-306). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Morano, P. J., Barron, M., & Miller, S. J. (2005). Maturity status of youth football players: a noninvasive estimate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 1044-1052.
- Maret, W., & Sandstead, H. H. (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20(1), 3-18.

- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, J. E. L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment* (Revised ed.): The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Marques, L. F., Donangelo, C. M., Franco, J. G., Pires, L., Luna, A. S., Casimiro-Lopes, G., et al. (2011). Plasma zinc, copper, and serum thyroid hormones and insulin levels after zinc supplementation followed by placebo in competitive athletes. *Biological Trace Element Research*, 142(3), 415-423.
- Maughan, R. J. (1999). Role of micronutrients in sport and physical activity. *British Medical Bulletin*, 55(3), 683-690.
- Micheletti, A., Rossi, R., & Rufini, S. (2001). Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 31(8), 577-582.
- Oliveira, K. d. J., Donangelo, C. M., Oliveira Jr, A. V., Silveira, C. L., & Koury, J. C. (2009). Effect of zinc supplementation on the antioxidant, copper, and iron status of physically active adolescents. *Cell Biochem Funct*, 27(3), 162-166.
- Pereira, R. F., Lajolo, F. M., & Hirschbruch, M. D. (2003). Consumo de suplementos por alunos de academias de ginástica em São Paulo. [ORIGINAL ORIGINAL]. *Revista de Nutrição*, 16(3), 265-272.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.
- Salgueiro, M. J., Weill, R., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Goldman, C., et al. (2004). Zinc deficiency and growth: current concepts in relationship to two important points: intellectual and sexual development. *Biological Trace Element Research*, 99(1-3), 49-69.
- Scofield, D. E., & Unruh, S. (2006). Dietary supplement use among adolescent athletes in central Nebraska and their sources of information. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 452-455.
- Siklar, Z., Tuna, C., Dallar, Y., & Tanyer, G. (2003). Zinc deficiency: a contributing factor of short stature in growth hormone deficient children. *Journal of Tropical Pediatrics*, 49(3), 187-188.
- Speich, M., Pineau, A., & Ballereau, F. (2001). Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clinica Chimica Acta*, 312(1-2), 1-11.
- Tanner, J. M., Healy, M. J. R., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method)* (3rd ed.). London: W. B. Saunders.
- Volpe, S. L. (2007). Micronutrient requirements for athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 26(1), 119-130.
- Wada, O. (2004). What are Trace Elements? Their deficiency and excess states. *Japan Medical Association Journal*, 47(8), 351-358.
- Woodhouse, L. R., Lederer, L. J., Lowe, N. M., & King, J. (1997). *The effect of zinc status on the osmotic fragility of human erythrocytes*. Paper presented at the Trace Elements in Man and Animals - 9: Proceedings of the Ninth International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, Ottawa - Canada.

CAPÍTULO VIII
DISCUSSÃO GERAL

INTRODUÇÃO

O presente estudo objetivou verificar a associação entre a suplementação alimentar de zinco com o crescimento, a maturação óssea, a força muscular e a composição corporal de jovens atletas de futebol.

Tendo em vista as características da população estudada e a inexistência de estudos que apontassem para as técnicas e métodos mais adequados a indivíduos com as características específicas da população estudada, os métodos de avaliação da maturidade biológica e da composição corporal demandaram uma reflexão maior, gerando os dois estudos inicialmente apresentados. Desta forma, optou-se primeiramente por uma análise dos métodos de avaliação com maior impacto no estudo e que seriam posteriormente utilizados para o cumprimento do objetivo do estudo.

Num segundo momento do estudo, o efeito do zinco suplementar sobre o crescimento, a maturação, a composição corporal e a força muscular foi analisado, sendo que o elemento de impacto no estudo foi a suplementação de zinco.

Os dados iniciais do estudo apontam para poucas diferenças entre os grupos placebo e suplementado, antes de ser administrada, ao primeiro grupo, suplementação de zinco por um período de 12 semanas.

MATURAÇÃO BIOLÓGICA

Nos esportes de uma forma geral, a idade cronológica é utilizada para definir as diferentes categorias para as competições. Frequentemente indivíduos em diferentes estágios maturacionais são incluídos na mesma categoria e portanto submetidos aos mesmos estímulos no treinamento. A identificação da maturidade é portanto relevante para a determinação do programa de treino adequado (Figueiredo, Coelho, & Malina, 2010; Frago et al., 2004; Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro, & Aroso, 2004).

A determinação da idade biológica é fundamental para estimar o rendimento potencial de atletas, visto que os eventos da puberdade podem ocorrer em idades cronológicas distintas.

Assim, diferentes métodos de avaliação da maturação biológica foram empregados e analisados no primeiro momento do estudo, que teve como objetivo comparar os métodos de avaliação da maturidade e suas relações com variáveis antropométricas, de rendimento e com o estado de zinco de jovens jogadores de futebol. Os resultados nos levaram a concluir que a avaliação da maturação biológica pela idade óssea é o método mais eficiente para estratificar os jogadores de futebol do sexo masculino na faixa etária estudada, considerando a força muscular, a composição corporal e o estado de zinco.

Já na análise final do estudo, observou-se que na comparação das idades ósseas entre os grupos placebo e suplementado no momento inicial do estudo não foram observadas diferenças significativas ($p=0,1491$), nem mesmo entre os subgrupos de hipozincêmicos e normozincêmicos ($p=0,2762$). Após a aplicação do tratamento e considerando-se a interação dos fatores tratamento

e tempo, também não foi observada diferença significativa ($p=0,3884$). Quando analisados separadamente apenas o fator tempo demonstrou poder influenciar os valores ($p<0,0001$).

COMPOSIÇÃO CORPORAL

Atletas de esportes como o futebol, em cuja a composição corporal é um importante componente do rendimento, preocupam-se com manutenção de uma baixa massa corporal (Ackland et al., 2012). Esta preocupação, por vezes, os leva a comportamentos alimentares extremos e prejudiciais à saúde, assim como ao rendimento esportivo, como no caso do comprometimento da estado de hidratação (Silva, Fields, Heymsfield, & Sardinha, 2010). Desta forma fica evidente que as alterações nos depósitos magro e de gordura sejam acompanhados com bastante cuidado, incluindo-se neste cuidado a especificidade. É sabido que os métodos utilizados na situação de laboratório são bastante precisos, entretanto para o dia-a-dia são necessários métodos de campo capazes de serem executados a qualquer momento e de proporcionarem respostas fiáveis e imediatas aos treinadores e preparadores físico. Desta forma desenvolveu o segundo momento do estudo com a comparação dos métodos de avaliação da composição corporal no grupo estudado, o qual teve como conclusão que quando o DXA não está disponível, o método com maior associação com este é a utilização da equação preditiva por dobras cutâneas de Slaughter.

Na fase final do estudo, a comparação dos valores de massa corporal magra não apontou diferença significativa entre os grupos placebo e suplementado ($p=0,1113$) nem entre os subgrupos orientado pelo estado de zinco ($p=0,4235$). Após o tratamento não foi identificada qualquer interferência significativa isolada ou em conjunto.

TRATAMENTO E ZINCO

Embora a suplementação de zinco possa dificultar a utilização da glicose em determinados esportes (Marques et al., 2011), a administração de doses fisiológicas tem um efeito positivo nos parâmetros hematológicos de atletas (Kilic, Baltaci, & Gunay, 2004) e pode beneficiar o rendimento esportivo (Kilic et al., 2006). Entretanto, a participação em esportes não está associada com as alterações no estado dos elementos traço, o que sugere que a participação no treino esportivo não afete o crescimento ou a maturação durante a puberdade (Fogelholm, Rankinen, Isokaanta, Kujala, & Uusitupa, 2000).

A deficiência de zinco pode interferir no desenvolvimento puberal normal, favorecendo o retardo da maturação biológica (Duran & Cassorola, 1999). Assim é razoável supor que o aumento do nível de Zn poderia favorecer o adiantamento da maturação biológica. Nesta linha de pensamento, o consumo de suplementos alimentares vem sendo difundido amplamente entre praticantes de atividades físicas ou esportivas, especialmente os adolescentes

e jovens (Alves & Lima, 2009; Calfee & Fadale, 2006; Pereira, Lajolo, & Hirschbruch, 2003). A suplementação alimentar pode ser adequada para grupo de pessoas sob determinadas situações, tais como atletas com dietas não balanceadas (Scofield & Unruh, 2006), ou sob restrição da ingestão energética, ou submetidos a severa perda de peso durante a prática, ou que experimentem a eliminação na dieta de um ou mais grupos alimentares ou consumo de baixo aporte de elementos traço (Rodriguez, DiMarco, & Langley, 2009; Volpe, 2007). Dentre os elementos traço temos o zinco, cujas funções incluem: auxílio na capacidade antioxidante (Kara et al., 2010; Koury et al., 2004), melhora da função imune e participação na maturação biológica (Brandão-Neto, Stefan, Mendonça, Bloise, & Castro, 1995). O zinco tem ainda importante papel no processo de crescimento e desenvolvimento, estando intimamente envolvido na proliferação, diferenciação e apoptose celulares (Maret & Sandstead, 2006). Os alimentos fortificados em elementos-traço podem ter um impacto positivo sobre o zinco total absorvido, principalmente em indivíduos que apresentem maior requerimento desse elemento em função do crescimento (Salgueiro et al., 2004; Siklar, Tuna, Dallar, & Tanyer, 2003) e prática de atividade física (Baltaci, Cumralgil, Kilic, & Kaya, 2006; Lukaski, Bolonchuk, Klevay, Milne, & Sandstead, 1984), mas que não garantem sua necessidade somente através da alimentação (Brown, Hambidge, Ranum, & Tyler, 2008).

Apesar disso, a deficiência de zinco nesses grupos é comumente observada (Hickson et al., 1987) e pode estar associada à redução na função cardiorrespiratória, força muscular e resistência aeróbia (Lukaski, 2000; Rodriguez et al., 2009), além de contribuir com perda significativa de massa corporal, fadiga latente e risco de osteoporose (Micheletti, Rossi, & Rufini, 2001). Assim, deficiências nutricionais de zinco podem ter um efeito significativo não apenas no crescimento e desenvolvimento, mas também nos rendimentos esportivo e escolar (Hoch, Goossen, & Kretschmer, 2008).

O rendimento esportivo depende de inúmeros aspectos, sendo que no caso de jovens atletas a maturação biológica e as dimensões corporais assumem considerável importância. Desta forma, considerando que os estudos disponíveis não focalizaram adolescentes normozincêmicos ou atletas dessa faixa etária, o presente estudo tem como objetivo principal identificar a influência do zinco suplementar na maturação biológica, no crescimento longitudinal, na força muscular e na composição corporal de jovens atletas de futebol.

A eficácia do tratamento no presente estudo está claramente retratada nas análises comparativas dos valores do zinco antes e após a suplementação. A concentração do zinco plasmático no momento inicial do estudo não apresentou diferença significativa ($p=0,6235$) entre os grupos placebo e suplementado. Já quando comparados os subgrupos hipozincêmicos e normozincêmicos após a suplementação, como esperado, foi identificada diferença significativa ($p<0,0001$).

A suplementação de 10 mg/dia/kg de zinco por quatro semanas foi capaz de proporcionar aumento significativo nos níveis plasmáticos de zinco em atletas, quando comparados com atletas não suplementados (Cinar, Mogulkoc, Baltaci, & Nizamlioglu, 2007), o que parece concordar com o comportamento do zinco

no presente estudo. No grupo suplementado, independentemente do estado de zinco (hipozincêmico ou normozincêmico) observou-se aumento significativo ($p < 0,0001$) das concentrações de zinco plasmático e do zinco urinário. Após o tratamento embora não tenha sido identificada interação dos fatores estado de zinco, tratamento e tempo, estes ou interferiram isoladamente ou interagem em dupla (estado de zinco + tempo). Os ajustes pela covariáveis isoladas ou em conjunto não modificaram este comportamento.

Na comparação dos valores do zinco eritrocítico, no momento inicial do estudo só foi identificada diferença significativa entre os subgrupos definidos pelo estado de zinco ($p = 0,0012$). A concentração de zinco eritrocítico foi significativamente menor em GP no momento final do estudo, embora ela não tenha se alterado em GS. Isso pode ser explicado pela redistribuição de zinco associada com o aumento da demanda pelos tecidos, durante a puberdade (Imamoglu, Bereket, Turan, Taga, & Haklar, 2005). No grupo suplementado, a ingestão extra de zinco parece ter sido eficiente na prevenção da diminuição da concentração do zinco eritrocítico, mantendo-se o nível encontrado em jovens fisicamente ativos. Tal resultado é consistente com os dados de estudo prévio, experimento randomizado controlado de suplementação de zinco em crianças pré-púberes (Brown, Peerson, Rivera, & Allen, 2002). A concentração do zinco eritrocítico não se alterou significativamente ($p = 0,6149$) no grupo suplementado em nosso estudo, contrariamente ao comportamento observado em GP ($p = 0,0036$), mas de forma consistente com o papel do zinco na manutenção da estabilidade da membrana celular (Brandão-Neto et al., 1995; Oliveira, Donangelo, Oliveira Jr, Silveira, & Koury, 2009; Woodhouse, Lederer, Lowe, & King, 1997). Após o tratamento, não foi identificada interação entre os três fatores em conjunto, entretanto o tratamento e a interação dos fatores estado de zinco + tempo se mostraram significativas ($p < 0,05$).

Embora King e colaboradores (2000) tenham observado níveis estáveis de zinco urinário em indivíduos submetidos a dieta com aumento da oferta de zinco, observou-se em GS aumento significativo ($p < 0,0001$) dos valores de zinco excretado pela urina, enquanto GP manteve seus níveis iguais aos observados em T0 ($p = 0,5600$). Tais comportamentos reforçam a ideia de que a suplementação teve influência no metabolismo do zinco. De fato, o GS passou a excretar uma quantidade maior de zinco, devido à sua maior ingestão, o que foi confirmado pelo comportamento do zinco urinário. Embora no momento inicial do estudo não tenha sido identificada diferença significativa ($p = 0,2541$), nem quando os indivíduos foram agrupados de acordo com o estado de zinco, após o tratamento foram observadas interações significativas dos fatores tempo e tratamento isoladamente e ainda foram identificadas as interações dos fatores tratamento + tempo e tempo + estado de zinco.

CRESCIMENTO LONGITUDINAL

Além da estatura, foram analisadas as medidas da altura sentado, altura trocântica e comprimento dos membros superiores. Como foi identificada diferença significativa na estatura dos jovens entre os grupos placebo e

suplementado no momento inicial do estudo ($p=0,0356$), mesmo não tendo sido identificada quando da subdivisão em hipozincêmicos e normozincêmicos ($p=0,2228$), a estatura foi utilizada como covariável na análise multifatorial das diferenças. Após o tratamento não foi identificada interação dos fatores tempo e tratamento ($p=0,8149$) nos valores encontrados para estatura, embora separadamente ambos os fatores apresentem interações significativas (tempo - $p<0,0001$ e tratamento - $p=0,0312$).

As alturas sentado, acromial e trocantérica entre os grupos e subgrupos no momento inicial do estudo também apresentaram diferenças significativas ($p=0,0132$, $p=0,0288$ e $p=0,0074$ respectivamente), comportamento que se manteve após o tratamento na análise dos valores ajustados pelas covariáveis IO e ESTAT ($p=0,8595$, $p=0,9527$ e $p=0,7323$ respectivamente). O mesmo comportamento foi observado para o comprimento dos membros superiores ($p=0,6932$). Na análise após o tratamento, o fator tempo demonstrou interferir nos valores de todas as variáveis indicadoras do crescimento. Já o fator tratamento apresentou interação significativa apenas nas variáveis estatura ($p=0,0312$), na altura sentado ($p=0,0201$) e na altura trocantérica ($p=0,0383$). Como estes jovens se encontram numa faixa etária que envolve o pico na velocidade de crescimento e como citado por Malina, Bouchard e Bar-Or, (2004), os segmentos corporais têm seus picos na velocidade de crescimento em momentos distintos, é possível que este fato explique o comportamento destas variáveis. Outro aspecto a se considerar é o estado de zinco da mostra, composta por indivíduos hipozincêmicos e normozincêmicos.

Mesmo ajustadas por estatura e idade óssea não foi observada interação dos fatores estado de zinco, tratamento e tempo na comparação dos valores destas variáveis. Isoladamente o fator estado de zinco demonstrou alguma interferência nos valores das alturas ajustadas por estatura ou por idade óssea.

FORÇA MUSCULAR

No momento inicial do estudo não foi identificada diferença significativa nos valores de força na mão dominante entre os grupos placebo e suplementado ($p=0,4661$) ou entre os subgrupos orientados pelo estado de zinco ($p=0,8832$). Após o tratamento o comportamento não se alterou. Apenas o fator tempo mostrou interação significativa ($p<0,001$) na comparação dos valores antes e após tratamento.

REFERÊNCIAS

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D. (2012). Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine*, 42(3), 227-249.
- Alves, C., & Lima, R. V. B. (2009). Uso de suplementos alimentares por adolescentes. *Jornal de Pediatria (Rio de Janeiro)*, 85(4), 287-294.
- Baltaci, A. K., Cumraligil, B., Kilic, M., & Kaya, O. (2006). Effect of acute swimming exercise on lactate levels and its relation with zinc in pinealectomized rats. *Cell Biochemistry and Function*.
- Brandão-Neto, J., Stefan, V., Mendonça, B. B., Bloise, W., & Castro, A. V. B. (1995). The essential role of zinc in growth. *Nutrition Research*, 15(3), 335-358.
- Brown, K. H., Hambidge, K. M., Ranum, P., & Tyler, V. (2008, April). *Zinc fortification of cereal flours: current recommendations and research needs*. Paper presented at the The Second Technical Workshop on Wheat Flour Fortification, Atlanta.
- Brown, K. H., Peerson, J. M., Rivera, J., & Allen, L. H. (2002). Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(6), 1062-1071.
- Calfee, R., & Fadale, P. (2006). Popular ergogenic drugs and supplements in young athletes. *Pediatrics*, 117(3), e577-589.
- Cinar, V., Mogulkoc, R., Baltaci, A. K., & Nizamlioglu, M. (2007). Effect of magnesium supplementation on some plasma elements in athletes at rest and exhaustion. *Biol Trace Elem Res*, 119(2), 97-102.
- Duran, C. C., & Cassorola, F. (1999). Trace minerals in human growth and development. *Journal of Pediatrics Endocrinology and Metabolism*, 12(5), 589-601.
- Figueiredo, A. J., Goncalves, C. E., Coelho, E. S. M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60-73.
- Fogelholm, M., Rankinen, T., Isokaanta, M., Kujala, U., & Uusitupa, M. (2000). Growth, dietary intake, and trace element status in pubescent athletes and schoolchildren. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(4), 738-746.
- Fragoso, I., Vieira, F., Castro, L. C., Oliveira Junior, A., Capela, C., Oliveira, N. (2004). Maturation and Strength of Adolescent Soccer Players *Children and Youth in Organized Sports* (pp. 199-208). Coimbra: Coimbra University Press.
- Hickson, J. F., Jr., Duke, M. A., Risser, W. L., Johnson, C. W., Palmer, R., & Stockton, J. E. (1987). Nutritional intake from food sources of high school football athletes. *Journal of the American Dietetic Association*, 87(12), 1656-1659.
- Hoch, A. Z., Goossen, K., & Kretschmer, T. (2008). Nutritional requirements of the child and teenage athlete. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 19(2), 373-398, x.
- Imamoglu, S., Bereket, A., Turan, S., Taga, Y., & Haklar, G. (2005). Effect of zinc supplementation on growth hormone secretion, IGF-I, IGFBP-3, somatomedin generation, alkaline phosphatase, osteocalcin and growth in prepubertal children with idiopathic short stature. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 18(1), 69-74.

- Kara, E., Gunay, M., Cicioglu, I., Ozal, M., Kilic, M., Mogulkoc, R. (2010). Effect of zinc supplementation on antioxidant activity in young wrestlers. *Biological Trace Element Research*, 134(1), 55-63.
- Kilic, M., Baltaci, A. K., & Gunay, M. (2004). Effect of zinc supplementation on hematological parameters in athletes. *Biological Trace Element Research*, 100(1), 31-38.
- Kilic, M., Baltaci, A. K., Gunay, M., Gokbel, H., Okudan, N., & Cicioglu, I. (2006). The effect of exhaustion exercise on thyroid hormones and testosterone levels of elite athletes receiving oral zinc. *Neuroendocrinology Letters*, 27(1-2), 247-252.
- King, J., Shames, D., & Woodhouse, L. (2000). Zinc homeostasis in humans. *Journal of Nutrition*, 130(5S Suppl), 1360S-1366S.
- Koury, J. C., Oliveira Junior, A. V., Portela, E. S., Oliveira, C. F., Casimiro-Lopes, G., & Donangelo, C. M. (2004). Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 358-372.
- Lukaski, H. C. (2000). Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 585S-593S.
- Lukaski, H. C. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 20(7-8), 632-644.
- Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Klevay, L. M., Milne, D. B., & Sandstead, H. H. (1984). Changes in plasma zinc content after exercise in men fed a low-zinc diet. *American Journal of Physiology and Endocrinology Metabolism*, 247(1 Pt 1), E88-93.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 91(5-6), 555-562.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation and physical activity* (2nd. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Maret, W., & Sandstead, H. H. (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20(1), 3-18.
- Marques, L. F., Donangelo, C. M., Franco, J. G., Pires, L., Luna, A. S., Casimiro-Lopes, G. (2011). Plasma zinc, copper, and serum thyroid hormones and insulin levels after zinc supplementation followed by placebo in competitive athletes. *Biological Trace Element Research*, 142(3), 415-423.
- Micheletti, A., Rossi, R., & Rufini, S. (2001). Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 31(8), 577-582.
- Oliveira, K. d. J., Donangelo, C. M., Oliveira Jr, A. V., Silveira, C. L., & Koury, J. C. (2009). Effect of zinc supplementation on the antioxidant, copper, and iron status of physically active adolescents. *Cell Biochemistry and Function*, 27(3), 162-166.
- Pereira, R. F., Lajolo, F. M., & Hirschbruch, M. D. (2003). Consumo de suplementos por alunos de academias de ginástica em São Paulo. *Revista de Nutrição*, 16(3), 265-272. doi: 10.1590/S1415-52732003000300004
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.
- Salgueiro, M. J., Weill, R., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Goldman, C. (2004). Zinc deficiency and growth: current concepts in relationship to two important

- points: intellectual and sexual development. *Biological Trace Element Research*, 99(1-3), 49-69.
- Scofield, D. E., & Unruh, S. (2006). Dietary supplement use among adolescent athletes in central Nebraska and their sources of information. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 452-455.
- Siklar, Z., Tuna, C., Dallar, Y., & Tanyer, G. (2003). Zinc deficiency: a contributing factor of short stature in growth hormone deficient children. *Journal of Tropical Pediatrics*, 49(3), 187-188.
- Silva, A.M., Fields, D.A., Heymsfield, S.B., and Sardinha, L.B. (2010). Body composition and power changes in elite judo athletes. *Int. J. Sports Med.* 31, 737-741.
- Volpe, S. L. (2007). Micronutrient requirements for athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 26(1), 119-130.
- Woodhouse, L. R., Lederer, L. J., Lowe, N. M., & King, J. (1997). *The effect of zinc status on the osmotic fragility of human erythrocytes*. Paper presented at the Trace Elements in Man and Animals - 9: Proceedings of the Ninth International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, Ottawa - Canada.

CAPÍTULO IX

CONCLUSÕES FINAIS

Considerando-se os objetivos deste estudo e as restrições impostas pelas características da população estudada, concluímos que:

- a deficiência de zinco não influenciou nos resultados obtidos para as categorias maturacionais definidas pelos diferentes métodos de avaliação da maturação;
- a avaliação da maturação biológica pela idade óssea mostrou ser o mais eficaz na estratificação das categorias maturacionais, com a identificação das diferenças entre as categorias nas variáveis antropométricas e relacionadas ao rendimento;
- o método da observação da pilosidade axilar, embora menos eficiente, mostrou-se satisfatório para a avaliação da maturidade;
- os métodos baseados nas dobras cutâneas são mais precisos que a bioimpedância elétrica;
- dentre as equações preditivas de Lohman e de Slaughter, a equação de Slaughter mostrou melhor associação com os valores de referência obtidos através do DXA;
- os níveis de zinco plasmático não influenciaram na avaliação da composição corporal;
- a suplementação de zinco apresentou interação significativa nas variáveis indicadoras de crescimento (alturas do vértex, acromial e trocântérica);
- a suplementação de zinco não apresentou interação significativa na variável indicadora de maturação - idade óssea;
- a suplementação de zinco não apresentou interação significativa nas variáveis relacionadas à composição corporal - massa livre de gordura e percentagem de gordura;
- a suplementação de zinco não apresentou interação significativa na variável relacionada ao rendimento - força na mão dominante.

Todas as conclusões referem-se à jogadores de futebol, do sexo masculino e na faixa etária dos 12 aos 14 anos.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A principal limitação do estudo também é uma característica do mesmo - a faixa etária restrita. Entretanto, a complexidade do estudo nos impossibilitou de observar uma faixa etária mais ampla, mesmo que a análise se fracionasse em grupos etários mais fechados. Entender os comportamentos das variáveis analisadas neste estudo em diferentes momentos do processo maturacional é de suma importância para a segurança e eficiência dos programas de treinamento para jovens.

A impossibilidade de considerar a classificação socioeconômica dos jovens envolvidos foi outra limitação. O controle desta variável poderia contribuir para uma melhor compreensão do comportamento da variáveis.

O fato de analisarmos jogadores apenas de futebol também foi uma limitação. Outros esportes apresentam outros requerimentos levando seus praticantes a diferentes adaptações que podem influenciar os resultados encontrados. Mesmo no futebol, há uma diversidade de funções com diferentes estímulos. Um quantitativo maior nos possibilitaria mapear as respostas de acordo com as funções técnicas dos jogadores e permitiria ainda ampliar a compreensão do comportamento do zinco sobre o crescimento, visto que a diferença encontrada pode estar relacionado aos diferentes estados de zinco da amostra.

Ainda que este estudo tenha tido uma abordagem longitudinal, um acompanhamento por um período maior poderia permitir manifestações mais evidentes das variáveis estudadas.

Mesmo tratando de estudo que contou com a participação efetiva de uma co-orientadora, outros fatores, como a distância física entre orientando e a orientadora, apesar dos recursos tecnológicos de comunicação desde então disponíveis, e a dificuldade de obter respostas mais imediatas às consultas realizadas à orientadora, merecem ser citados como elementos dificultadores da realização deste estudo.

O autor reconhece ainda que foram observadas uma quantidades muito grande de variáveis e que teve muita dificuldade para administrar as análises e consequentemente as conclusões.

RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

A partir das limitações anteriormente apontadas, apresentamos as seguintes recomendações e sugestões:

- aumento da quantidade de indivíduos observados, de forma a permitir a observação de acordo com a função técnica e ainda de forma a fortalecer as análises;
- aumento do tempo de observação, ampliando longitudinalmente o estudo na expectativa de melhor acompanhar o comportamento das variáveis;
- controle de outras variáveis, tais como estatus socioeconômico e outros;
- inclusão de outras modalidades esportivas;
- estabelecimento de uma equipe multidisciplinar, de forma a aprofundar as observações nas diferentes áreas do comportamento humano;

ANEXOS

ANEXO I

(Carta de Esclarecimento e Termo de Consentimento)

CARTA DE ESCLARECIMENTO

O estudo em pauta tem por objetivo avaliar o estágio de maturação biológica e suas relações com alguns parâmetros hematológicos, antropométricos e de rendimento esportivo de jovens participantes das equipes de futebol de campo do Botafogo Futebol e Regatas. As técnicas hoje disponíveis para avaliação da maturação biológica são complexas, onerosas e de difícil aplicabilidade. Desta forma, buscamos identificar indicadores com determinação menos complexa, menos onerosa e de mais fácil aplicabilidade, possibilitando assim que treinadores, preparadores físicos e professores possam utilizar-se das informações referentes ao estágio maturacional na orientação e prescrição de suas atividades.

Os procedimentos a serem adotados, em dois momentos distintos de forma a garantir as indicações das informações, serão:

- 1 – radiografia da mão esquerda;**
- 2 – exame hematológico, coletado e realizado por laboratório especializado e conforme as normas vigentes;**
- 3 – exame antropométrico;**
- 4 – preenchimento de questionário biossocial e**
- 5 – teste físicos (corrida, salto e força).**

Os procedimentos 2 e 5 poderão ocasionar eventualmente os desconfortos relativos à hipotensão. O procedimento 1 exporá o avaliado a radiação ionizante, porém em dose mínima, já que será feita uma única radiografia por vez, e em instalações hospitalares, portanto com todo o aparato de segurança necessário. Os procedimentos 3 e 4 não apresentam qualquer desconforto ou risco.

Os dados obtidos serão informados aos profissionais que trabalham no treinamento dos avaliados, de forma a fornecer-lhes importantes subsídios na otimização do potencial maturacional de cada avaliado, possibilitando-lhes a aplicação de estímulos melhor ajustados ao estágio biológico de cada atleta.

Os profissionais envolvidos colocam-se à disposição, para a qualquer momento esclarecer qualquer dúvida que venha a surgir durante e após todo o desenvolvimento deste estudo. Para esclarecimentos poderão contatar o pesquisador e professor Astrogildo, no telefone 25877563.

Todos os participantes do estudo são voluntários, portanto qualquer indivíduo poderá se recusar a participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo das atividades de treinamento que já vinha desenvolvendo.

A equipe de profissionais compromete-se a manter sigilo sobre todas as informações coletadas sobre os voluntários. Estas informações somente poderão ser utilizadas pela equipe de profissionais responsável pelos treinamentos para intervir positivamente junto ao atleta. Os pesquisadores poderão utilizar os dados obtidos, desde que resguardada completamente a identidade dos voluntários.

Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos – Hospital Universitário Pedro Ernesto – UERJ. Endereço – Boulevard 28 de Setembro, n. 77, em Vila Isabel – CEP 20551-030 – Rio de Janeiro - RJ.

Rio de Janeiro, 02 de Fevereiro de 2005.

Prof. Astrogildo V. de Oliveira Jr.
UERJ matric. 33094-4

- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO -

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr.(a)

_____,
portador(a) da cédula de identidade _____, representante
legal do menor _____,
após leitura minuciosa da **CARTA DE ESCLARECIMENTO AO VOLUNTÁRIO**,
devidamente explicada pelos profissionais em seus mínimos detalhes, ciente dos
serviços e procedimentos aos quais será submetido, não restando quaisquer dúvidas a
respeito do lido e explicado, firma seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**
concordando em participar da pesquisa proposta.

Fica claro que o atleta e/ou seu representante legal pode a qualquer momento retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar desta pesquisa e ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional. E, por estarem de acordo, assinam o presente termo.

Rio de Janeiro, 02 de Fevereiro de 2005.

Assinatura do Representante Legal

Prof. Astrogildo V. de Oliveira Jr.
Assinatura do Pesquisador

ANEXO II
(Questionário Biosocial - RAPIL)

**QUESTIONÁRIO BISSOCIAL
fMH (colaboração da IEFD-UERJ)**

1/6

Código: _____
Data: ____/____/____
A preencher pela fMH

Nome: _____
Esporte _____ Posição _____ Categoria _____

1. Qual o teu sexo?
1 2

2. Em que mês nasceste?
1 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12

3. Em que ano nasceste?
85 86 87 88 89 90
91 92 93 94 95 96

4. Pede aos teus pais para procurarem no teu Boletim de Saúde Infantil os seguintes dados sobre:

4.1. O dia em que nasceste

Duração da gravidez	4.1 A	<input type="text"/>
I. Apgar aos 5 min	4.2 B	<input type="text"/>
Tipo de Parto	4.1 C	<input type="text"/>
Local do Parto	4.1 D	<input type="text"/>
Peso (kg)	4.1 E	<input type="text"/>
Comprimento (cm)	4.1 F	<input type="text"/>
Perímetro cefálico (cm)	4.1 G	<input type="text"/>

4.2. Os teus primeiros anos de vida

Data	Peso	Comprimento	P. Cefálico

5. Esta questão não se aplica a rapazes.

6. Em que país nasceste?
 Brasil _____

7. Se não nasceste no Brasil há quantos anos vives neste país? anos

8. Por favor indica o tipo de habitação em que vives.

Casa	A	<input type="text"/>	Apartamento	D	<input type="text"/>
Parte da casa	B	<input type="text"/>	Andar	E	<input type="text"/>
Quarto	C	<input type="text"/>	Outro	F	<input type="text"/>

8.1 Quantas cômodos tem?
Por favor escreva o número de divisões da casa sem contar com a cozinha e os banheiros.

9. Quantas pessoas moram na tua casa? (incluindo você)

9.1 Por favor indique quais destas pessoas vivem em casa contigo.

Pai	A	<input type="text"/>	Mãe	C	<input type="text"/>
Padrasto	B	<input type="text"/>	Madrasta	D	<input type="text"/>

9.2. Quantas das seguintes pessoas moram na tua casa?

Irmãos	A	<input type="text"/>	Avós	C	<input type="text"/>
Outras pessoas	B	<input type="text"/>			<input type="text"/>

10. Quantos irmãos tens?
Se for este o teu caso passe para a pergunta 12

A	<input type="text"/>	F	<input type="text"/>
B	<input type="text"/>	G	<input type="text"/>
C	<input type="text"/>	H	<input type="text"/>
D	<input type="text"/>	I	<input type="text"/>
E	<input type="text"/>		

Por Favor. A devolução deste documento é importante ao bom resultado deste estudo. Obrigado pela participação.
Prof. Astrogildo V. de Oliveira Jr – 88315056 – 25877563 Inquérito biossocial1 fMH-br.doc

10.1. Quantos dos teus irmãos são:

- mais novos que tu? A
- mais velhos que tu? B

11. Qual o sexo e idade dos teus irmãos?

Sexo	Idade

12. Qual a tua etnia?

Européia A

Africana B

Asiática C

Cigana D

E

13. Em relação aos teus pais procure saber as seguintes informações:

13.1.

Pai

Data de Nascimento	A	<input type="text"/>
Nacionalidade	B	<input type="text"/>
Tempo de residência no Brasil	C	<input type="text"/>
Etnia: Africana	D	<input type="text"/>
Européia	E	<input type="text"/>
Asiática /Indiana)	F	<input type="text"/>
Cigana	G	<input type="text"/>
Outra	H	<input type="text"/>
Nível de escolaridade	I	<input type="text"/>
Profissão	J	<input type="text"/>
Peso atual*	K	<input type="text"/>
Altura atual*	L	<input type="text"/>

* Muito importante

13.2.

2/6

Mãe

Data de Nascimento	A	<input type="text"/>
Nacionalidade	B	<input type="text"/>
Tempo de residência no Brasil	C	<input type="text"/>
Etnia: Africana	D	<input type="text"/>
Européia	E	<input type="text"/>
Asiática /Indiana)	F	<input type="text"/>
Cigana	G	<input type="text"/>
Outra	H	<input type="text"/>
Nível de escolaridade	I	<input type="text"/>
Profissão	J	<input type="text"/>
Peso atual*	K	<input type="text"/>
Altura atual*	L	<input type="text"/>

* Muito importante

14. Em relação aos teus avós procure saber as seguintes informações:

14.1.

Avô Paterno

Idade	A	<input type="text"/>
Nacionalidade	B	<input type="text"/>
Tempo de residência no Brasil	C	<input type="text"/>
Etnia: Africana	D	<input type="text"/>
Européia	E	<input type="text"/>
Asiática /Indiana)	F	<input type="text"/>
Cigana	G	<input type="text"/>
Outra	H	<input type="text"/>
Nível de escolaridade	I	<input type="text"/>
Sabe Português?	J	<input type="text"/>
Língua/Dialeto de origem	K	<input type="text"/>

14.2.

Avó Paterna

Idade	A	<input type="text"/>
Nacionalidade	B	<input type="text"/>
Tempo de residência no Brasil	C	<input type="text"/>
Etnia: Africana	D	<input type="text"/>
Européia	E	<input type="text"/>
Asiática /Indiana)	F	<input type="text"/>
Cigana	G	<input type="text"/>
Outra	H	<input type="text"/>
Nível de escolaridade	I	<input type="text"/>
Sabe Português?	J	<input type="text"/>
Língua/Dialeto de origem	K	<input type="text"/>

14.3.

Avô Materno	
Idade	A
Nacionalidade	B
Tempo de residência no Brasil	C
Etnia: Africana	D
Européia	E
Asiática /Indiana)	F
Cigana	G
Outra	H
Nível de escolaridade	I
Sabe Português?	J
Língua/Dialeto de origem	K

14.4.

Avó Materna	
Idade	A
Nacionalidade	B
Tempo de residência no Brasil	C
Etnia: Africana	D
Européia	E
Asiática /Indiana)	F
Cigana	G
Outra	H
Nível de escolaridade	I
Sabe Português?	J
Língua/Dialeto de origem	K

15. Quando te deslocas de casa para a escola e da escola para casa, costumam andar a pé?

A B

15.1. Se sim, quanto tempo andas a pé no percurso casa-escola-casa? (Assinala apenas uma resposta que esteja mais de acordo com o que costumam fazer mais vezes)

5 minutos	A	35 minutos	G
10 minutos	B	40 minutos	H
15 minutos	C	45 minutos	I
20 minutos	D	50 minutos	J
25 minutos	E	55 minutos	K
30 minutos	F	1 hora ou mais	L

16. Na tua escola existem aulas de Educação Física?

A B

17. Quantas vezes e quantas horas tens essas aulas por semana?

17.1 Qtas vezes		17.2 Quantas horas	
Uma vez	A	Cerca de ½ hora	A
Duas vezes	B	Cerca de 45	B
Três vezes	C	Cerca de 1 hora	C

18. Que modalidade praticas fora da escola?

Futebol	A	Judô	L
Basquetebol	B	Tênis	M
Andebol	C	Equitação	N
Voleibol	D	Vela	O
Atletismo	E	Canoagem	P
Ginástica	F	Surf/Bodyboard	Q
Ballet	G	Remo	R
Aeróbica/Step	H	Hóquei	S
Natação	I	Patinagem	T
Karatê	J	B.T.T.	U
Qual	K	Qual	

19. Quantas vezes e quantas horas de cada vez costumam praticar a atividade que assinalaste na pergunta anterior?

19.1 Quantas vezes		19.2 Quantas horas de cada vez	
Todos os dias	A	Cerca de ½ hora	A
6 vezes por semana	B	Cerca de 45 minutos	B
5 vezes por semana	C	Cerca de 1 hora	C
4 vezes por semana	D	Cerca de 1 hora e 15 minutos	D
3 vezes por semana	E	Cerca de 1 hora e 30 minutos	E
2 vezes por semana	F	Cerca de 1 hora e 45 minutos	F
1 vez por semana	G	Cerca de duas horas	G
		+ horas (quantas?)	H

20. Competições importantes (últimos 6 anos)

Ano	Nome Competição	Nível		Clube
		Regio	Naci	

21. Posição do Campo que jogas atualmente?

22. Membro superior dominante (mão que escreve?)

A B C

23. Membro inferior dominante (perna que chuta?)

A B C

24. Nos teus tempos livres, que outras modalidades costumam praticar?

Futebol	A		Judô	L	
Basquetebol	B		Tênis	M	
Andebol	C		Equitação	N	
Voleibol	D		Vela	O	
Atletismo	E		Canoagem	P	
Ginástica	F		Surf/Bodyboard	Q	
Ballet	G		Remo	R	
Aeróbica/Step	H		Hóquei	S	
Natação	I		Patinagem	T	
Karatê	J				
Outra	K		Qual		

25. Quanto tempo por semana costumam entreter-te com jogos de computador?

Dias da semana		Fim de semana	
Não jogo	A	Não jogo	A
½ hora	B	½ hora	B
1 hora	C	1 hora	C
1 hora e 30 minutos	D	1 hora e 30 minutos	D
2 horas	E	2 horas	E
2 horas e 30 minutos	F	2 horas e 30 minutos	F
3 horas	G	3 horas	G
3 horas e 30 minutos	H	3 horas e 30 minutos	H
4 horas	I	4 horas	I
Mais de 4 horas	J	Mais de 4 horas	J

26. Quantas horas por dia costumam ver televisão?

26.1 Dias da semana		26.2 Fim de semana	
Não vejo	A	Não vejo	A
½ hora	B	½ hora	B
1 hora	C	1 hora	C
1 hora e 30 minutos	D	1 hora e 30 minutos	D
2 horas	E	2 horas	E
2 horas e 30 minutos	F	2 horas e 30 minutos	F
3 horas	G	3 horas	G
3 horas e 30 minutos	H	3 horas e 30 minutos	H
4 horas	I	4 horas	I
Mais de 4 horas	J	Mais de 4 horas	J

27. Quantas horas por dia costumam dormir?

27.1 Dias da semana		27.2 Fim de semana	
Menos de 6 horas e ½	A	Menos de 6 horas e ½	A
6 horas e ½	B	6 horas e ½	B
7 horas	C	7 horas	C
7 horas e ½	D	7 horas e ½	D
8 horas	E	8 horas	E
8 horas e ½	F	8 horas e ½	F
9 horas	G	9 horas	G
9 horas e ½	H	9 horas e ½	H
10 horas	I	10 horas	I
Mais de 10 horas	J	Mais de 10 horas	J

Por Favor. A devolução deste documento é importante ao bom resultado deste estudo. Obrigado pela participação.

Prof. Astrogildo V. de Oliveira Jr – 88315056 – 25877563

Inquérito biossocial1 fMH-br.doc

28. Gostas de praticar a tua modalidade?

Não Gosto	A	<input type="checkbox"/>
Gosto pouco	B	<input type="checkbox"/>
Gosto	C	<input type="checkbox"/>
Gosto muito	D	<input type="checkbox"/>

29. Porque escolheste praticar esta modalidade? (Escolhe, colocando números, por nível de importância)

Porque gosto	A	<input type="checkbox"/>
Porque os meus Pais querem	B	<input type="checkbox"/>
Por recomendação médica	C	<input type="checkbox"/>
Para manter a forma	D	<input type="checkbox"/>
Para fazer amigos	E	<input type="checkbox"/>
Porque tenho amigos nesta modalidade	F	<input type="checkbox"/>
Para ganhar títulos e troféus	G	<input type="checkbox"/>
Para ser campeão	H	<input type="checkbox"/>
Outro motivo /Qual ? _____	I	<input type="checkbox"/>

30. Alguma vez tiveste alguma lesão durante os teus treinos?

A B

31. Alguma vez tiveste alguma lesão durante uma competição?

A B

32. Qual a tua opinião sobre o local de treino?

	Não Gosto A	Gosto Muito B	Gosto C	Gosto Muito D
Vestiário 32.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Material 32.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Campos 32.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

33. Quantas vezes por semana costumavas fazer as seguintes atividades? (Por favor preenche só um quadrado por linha)

Atividades	p/dia A	Nº de vezes										
		por semana B										
		1	2 ou +	1	2	3	4	5	6 ou +			
Ir às compras	A	<input type="checkbox"/>										
Tratar da roupa (pôr a roupa na máquina, pendurar, apanhar e dobrar a roupa)	B	<input type="checkbox"/>										
Fazer as camas	C	<input type="checkbox"/>										
Arrumar a casa (ex: arrumar objeto e roupas)	D	<input type="checkbox"/>										
Limpar o pé	E	<input type="checkbox"/>										
Varrer ou lavar o chão.	F	<input type="checkbox"/>										
Aspirar a casa	G	<input type="checkbox"/>										
Preparar refeições (preparar e arrumar alimentos cozinhá-los)	H	<input type="checkbox"/>										
Pôr e tirar a mesa	I	<input type="checkbox"/>										
Lavar e arrumar a louça	J	<input type="checkbox"/>										
Tratar do jardim	K	<input type="checkbox"/>										
Tratar da Horta	L	<input type="checkbox"/>										
Lavar carros	M	<input type="checkbox"/>										
Tomar conta de crianças pequenas e bebés	N	<input type="checkbox"/>										
Ajudar Pais no seu emprego	O	<input type="checkbox"/>										

34. Por favor indique quanto tempo demoras, cada vez que fazes as atividades que indicaste

Atividades	Tempo em minutos						h/m
	10	20	30	40	50	60	
A	<input type="checkbox"/>	—/—					
B	<input type="checkbox"/>	—/—					
C	<input type="checkbox"/>	—/—					
D	<input type="checkbox"/>	—/—					
E	<input type="checkbox"/>	—/—					
F	<input type="checkbox"/>	—/—					
G	<input type="checkbox"/>	—/—					
H	<input type="checkbox"/>	—/—					
I	<input type="checkbox"/>	—/—					
J	<input type="checkbox"/>	—/—					
K	<input type="checkbox"/>	—/—					
L	<input type="checkbox"/>	—/—					
M	<input type="checkbox"/>	—/—					
N	<input type="checkbox"/>	—/—					
O	<input type="checkbox"/>	—/—					

31. Quantas vezes comes ou bebes alguns dos seguintes alimentos?

	Nunca	Raramente	Vezes por semana							Vezes por dia	
			1	2	3	4	5	6	7	1	Mais do que 1
Fruta	<input type="checkbox"/>										
Vegetais crus (Ex. Tomate, alface)	<input type="checkbox"/>										
Vegetais cozidos	<input type="checkbox"/>										
Sopa	<input type="checkbox"/>										
Legumes secos (Ex: feijão, grão, favas)	<input type="checkbox"/>										
Cereais	<input type="checkbox"/>										
Farinhas lácteas	<input type="checkbox"/>										
Leite magro	<input type="checkbox"/>										
Leite $\frac{1}{2}$ gordo ou gordo	<input type="checkbox"/>										
Iogurtes	<input type="checkbox"/>										
Pão	<input type="checkbox"/>										
Doces (Ex: gomas, chocolate, bolas)	<input type="checkbox"/>										
Bolos ou doces	<input type="checkbox"/>										
Batatas fritas de pacote	<input type="checkbox"/>										
Batatas fritas	<input type="checkbox"/>										
Arroz	<input type="checkbox"/>										
Massas	<input type="checkbox"/>										
Hamburgers, Cachorros quentes ou Salsichas	<input type="checkbox"/>										
Peixe	<input type="checkbox"/>										
Carne de Vaca/boi	<input type="checkbox"/>										
Carne de Porco	<input type="checkbox"/>										
Galinha, Frango, Perú	<input type="checkbox"/>										
Outras carnes (Carneiro, Cabrito, Coelho)	<input type="checkbox"/>										
Ovos	<input type="checkbox"/>										
Café	<input type="checkbox"/>										
Chá	<input type="checkbox"/>										
Refrigerantes	<input type="checkbox"/>										
Vinho	<input type="checkbox"/>										
Água	<input type="checkbox"/>										
Outros Alimentos:											
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										
	<input type="checkbox"/>										

Por Favor. A devolução deste documento é importante ao bom resultado deste estudo. Obrigado pela participação.

Prof. Astrogildo V. de Oliveira Jr – 88315056 – 25877563

Inquérito biossocial1 fMH-br.doc

ANEXO III

(Ficha de anotação das medidas antropométricas)

n.º

UERJ - IEFD - Laboratório de Cineantropometria

Projeto: Efeitos da Suplementação de Zinco na Maturação

Data: ____ / ____ / 2005. (T3)

Avaliador: _____

Nome: _____

Data Nasc. ____ / ____ / 19 ____

Maturação Tanner: **Pêlos:** _____ **Genital:** _____ **Pelos axilares:** _____

FORÇA (kg) MMII 1 2 3 Mão dir. 1 2 3 Mão esq 1 2 3

Dominância mão _____ pé _____ Tempo prática _____ anos Posição _____

MCT (kg) _____ ENVERGADURA  _____
ALTURAS (cm) **PERÍMETROS (cm)**

ESTATURA					TORÁCIO <small>(mesoesternal)</small>				
SENTADO					TORÁCICO <small>xifoideano</small>				
ACROMIAL					CINTURA				
RADIAL					ABDÔMEN				
DACTILOIDAL					QUADRIS				
ILEOCRISTAL					BRAÇO dir				
TROCANTÉRICA					BRAÇO dir contraído				
TIBIAL					BRAÇO esq				
DIÂMETROS ÓSSEOS (cm)					BRAÇO esq contraído				
BIACROMIAL					CRURAL dir				
BI-ILEOCRISTAL					CRURAL esq				
TORÁCICO transv					GEMINAL dir				
TORÁCICO AP					GEMINAL esq				
BICOND. ÚMERO									
BIESTILOIDAL									
BICOND. FÊMUR									

DOBRAS CUTÂNEAS (mm)

SUBESCAPULAR								
TRICIPITAL								
BICIPITAL								
PEITORAL								
AXILAR MÉDIA								
ILEOCRISTAL								
ILEOESPINHAL								
ABDOMINAL								
CRURAL								
GEMINAL								

ANEXO IV

(Ficha de avaliação da maturação sexual)

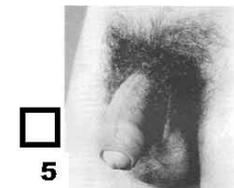
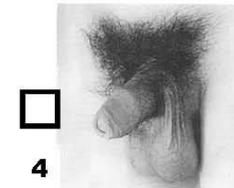
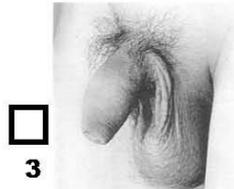
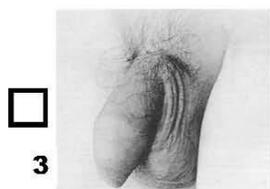
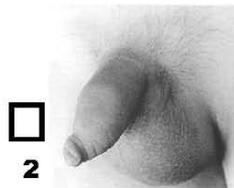
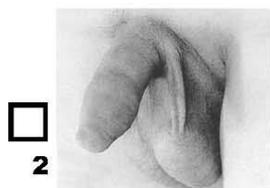
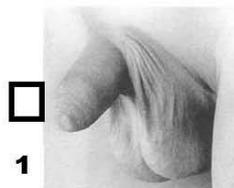
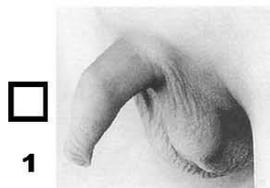
Características Sexuais Masculinas

ASSINALE COM UM O ESTÁGIO DE MATURAÇÃO EM QUE TE ENCONTRAS.

- (1) Ausência de pêlos púbicos e de alteração de voz
- (2) Existência de pêlos púbicos sem alteração de voz
- (3) Existência de pêlos púbicos e de alteração de voz há menos de 2 anos
- (4) Existência de pêlos púbicos e de alteração de voz entre 2 -3 anos
- (5) Existência de pêlos púbicos e de alteração de voz há mais de 3 anos

DESENVOLVIMENTO GENITAL

QUANTIDADE DE PÊLOS PÚBLICOS



Por Favor. A devolução deste documento é importante ao bom resultado deste estudo. Obrigado pela participação.

Prof. Astrogildo V. de Oliveira Jr – 88315056 – 25877563

MatSexMasc.br.doc

