Universidade de São Paulo

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

**EFEITOS DE UMA TEMPORADA COMPETITIVA SOBRE A CINÉTICA DO EIXO
GH/IGF-I, PROTEÍNA DE LIGAÇÃO DO IGF E SUA RELAÇÃO COM
MATURAÇÃO E DESEMPENHO MOTOR EM JOGADORES DE FUTEBOL
ADOLESCENTES**

Eike Bianchi Kohama

Ribeirão Preto 2017

EIKE BIANCHI KOHAMA

**EFEITOS DE UMA TEMPORADA COMPETITIVA SOBRE A CINÉTICA DO EIXO
GH/IGF-I, PROTEÍNA DE LIGAÇÃO DO IGF E SUA RELAÇÃO COM
MATURAÇÃO E DESEMPENHO MOTOR EM JOGADORES DE FUTEBOL
ADOLESCENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde do Programa de Pós-Graduação em Aspectos Biodinâmicos da Atividade Física e do Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Tourinho Filho

Ribeirão Preto

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Kohama, Eike Bianchi

Efeitos de uma temporada competitiva sobre a cinética do eixo GH/IGF-I proteína de ligação do IGF e sua relação com maturação e desempenho motor em jogadores de futebol adolescentes, 2017.

65 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Aspectos Biodinâmicos da Atividade Física e do Esporte

Orientador: Tourinho Filho, Hugo.

1. GH/IGF-I. 2. Maturação. 3. Futebol. 4. Adolescentes. 5. Desempenho Motor.

Nome: KOHAMA, Eike Bianchi

Título: Efeitos de uma temporada competitiva sobre a cinética do eixo GH/IGF-I, proteína de ligação do IGF e sua relação com maturação e desempenho motor em jogadores de futebol adolescentes

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde do Programa de Pós-Graduação em Aspectos Biodinâmicos da Atividade Física e do Esporte da Universidade de São Paulo.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Marli, minha primeira e eterna orientadora, a professora que por inúmeras vezes que buscou ensinar, por a prova, corrigir as atitudes e a conduta que levo ao longo da minha vida. Com muito amor nunca cobrou menos do que empenho total em todas as fases da minha vida no âmbito acadêmico. Obrigado, hoje entendendo o quão importante foi cada vez que a senhora me obrigou a estudar, quando eu ainda era pequeno e mesmo na adolescência, ainda que cansada ou atarefada nunca se negou a me ajudar. Os teus conselhos sempre sábios, tenha certeza que os guardo e quando os demoro a segui-los é por falta de humildade ou compreensão. Todos estes passos foram e sempre serão essenciais para o processo de formação e amadurecimento pessoal. “Desafie o sucesso sem temer o fracasso”, é exatamente isso que busco em cada tarefa que me disponho a cumprir. Estendo esse parágrafo ao meu pai, Silvio (*in memoria*) mesmo não estando presente, sempre serviu como exemplo, motivação e inspiração!

A minha melhor amiga, atual namorada, futura esposa e grande companheira de vida, Victória. Vick, uma das grandes felicidades em minha vida é ter uma ligação tão forte com você. Você é um exemplo! Quando escrevo exemplo, me remeto a uma gama de qualidades enquanto pessoa. Respeito, carinho, conhecimento e acima de tudo amor. Mais uma vez muito obrigado por sua dedicação, empenho e confiança no nosso relacionamento, estamos semeando juntos para no futuro colher os frutos de nossas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, “O sábio ouvirá e crescerá em conhecimento, e o entendido adquirirá sábios conselhos”. Provérbios de Salomão, Bíblia Sagrada. Agradecer a Deus pelo dom da vida, provisão e força em cada uma das etapas da minha jornada. Nesta não seria diferente, obrigado Senhor por me iluminar e nunca me abandonar mesmo quando eu por diversas vezes falhei. Tudo só foi possível devido a Tua graça.

Esta é uma seção da qual tenho enorme prazer e satisfação de redigir, pela oportunidade de agradecer e descrever de forma sucinta, mas não menos importantes meus orientadores na vida, estes se enquadram em um grupo com familiares, companheiros profissionais, professores e grandes amigos. Logo, sem seguir ordem hierárquica de valorização, é aqui que escrevo de forma menos rígida, com sentimento, sem obrigações.

Agradeço:

Ao Prof. Dr. Hugo Tourinho Filho, por cada uma de suas brilhantes intervenções, o senhor possibilitou que eu aprendesse muito mais do que assuntos acadêmicos, aprendi com seu exemplo de ética e profissionalismo, uma figura ímpar na área que tenho imenso orgulho em chamar de professor e colega de profissão. Com a sua orientação, paciência e dedicação foi possível concluir este trabalho e uma das etapas mais importantes da minha vida. Obrigado pela confiança depositada em mim durante minha trajetória na Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto.

Aos jogadores e colaboradores do Botafogo Futebol Clube – BFC, instituição na qual foram realizadas todas as coletas de dados da presente dissertação.

Aos professores doutores, Enrico Fuini Puggina, Carlos Eduardo Martinelli Jr., Dalmo Lopes Roberto Machado, Adelino Sanches Ramos da Silva, pela contribuição teórica e prática deste estudo.

Aos amigos, Alisson Rocha (AVATAR), João Paulo Manechini (JONES), Henrique Panobianco (LEMAS), Rafael Fornel (TELÓ), José Arthur Berti Jr. (BERTIFUL) e Rodrigo Leal (NEY) dentre numerosos outros dos quais construí uma amizade sincera, honesta e mútua. Sem dúvida alguma aprendi muito com cada um de vocês, realmente espero ter ajudado e ser para cada um o amigo que vocês foram para mim. A vocês não desejo o sucesso, pois esse, vocês já o conquistaram e com muito mérito. Desejo que continuem empenhados na ciência e que façam de tudo para torná-la ainda mais completa e amplamente difundida, mantenham-se sendo honestos e honrados, pois foi dessa forma que conquistamos grandes vitórias. Que

venham muitos outros anos de amizade, obrigado amigos, ter compartilhado tantos momentos com vocês realmente foi uma experiência única.

RESUMO

KOHAMA, EB. **Efeitos de uma temporada competitiva sobre a cinética do eixo GH/IGF-I, proteína de ligação do IGF e sua relação com maturação e desempenho motor em jogadores de futebol adolescentes.** 2017, 54f Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

O eixo GH/IGF-I é um sistema de mediadores de crescimento, receptores e proteínas de ligação que controlam o crescimento somático e tecidual em muitas espécies e programas de exercícios estão relacionados a esta função anabólica por meio da ação deste eixo. Partindo deste pressuposto, o presente estudo tem como objetivo verificar o comportamento do eixo GH/IGF-I, da proteína de ligação do IGF e sua relação com a maturação ao longo de uma temporada competitiva de jogadores de futebol adolescentes e a sua relação com o desempenho dos atletas. 11 jogadores da categoria sub-15 do Botafogo Futebol Clube foram selecionados para o estudo. As concentrações de GH, IGF-I e IGFBP3 foram mensuradas por ensaios imunocolorimétricos específicos (*Immulite*) e as coletas ocorreram antes e após uma sessão de treino padrão (STP). A potência aeróbia e anaeróbia, velocidade, força rápida e agilidade foram avaliadas um dia antes da coleta de sangue através dos testes *Léger*, RAST, Velocidade de 30m, Salto Sêxtuplo e Teste T. A maturação foi controlada pelo Pico de Velocidade do Crescimento (PVC) uma ferramenta que apresenta a distância em anos que o indivíduo está de sua maturação. As coletas e testes ocorreram em 3 momentos (M1, M2 e M3) da competição. As concentrações hormonais foram analisadas pelo teste de *Wilcoxon and Friedman* e os resultados dos testes motores e PVC foram analisados por meio da ANOVA para medidas repetidas e post hoc de *Bonferroni*. Os níveis de IGF-I (ng/mL) apresentam uma redução após o STP na fase final da competição (461 ± 95 vs. 429 ± 87 ; $p=0,04$). Já a fase anabólica evidencia-se pelo aumento nos níveis de IGF-I após a STP no M2 (460 ± 68 vs. 519 ± 115 ; $p=0,05$). A variação nas concentrações de IGF-I após a STP foi significativamente maior no M2 em relação ao M3 (59 ± 95 vs. -32 ± 49 ng/ml; $p=0,04$). O IGFBP-3 (ng/mL) apresentou concentrações mais elevadas tanto antes quanto após a STP no M2 quando comparado ao M3 ($4,9 \pm 1,0$ vs. $4,6 \pm 1,0$ mg/l; $p=0,03$) ($5,5 \pm 1,7$ vs. $4,5 \pm 0,8$ mg/l; $p=0,04$). O GH (ng/mL) não apresentou variação significativa durante toda a competição. Os valores de potência (Watt) foram maiores no M2. O teste post hoc de Bonferroni mostrou que a Pot_Med nos momentos M1 ($409,1 \pm 87,3$) e M2 (458 ± 100) apresentam diferença significativa ($p=0,007$). O mesmo aconteceu para Pot_Pico M1 ($507,6 \pm 26,7$) M2 ($562,8 \pm 34,7$) ($p=0,031$) e também para Pot_Mín M1 ($305,5 \pm 28,9$) M2 ($376,75 \pm 25,01$) ($p=0,007$). A velocidade (s) também atingiu seu valor mais alto no M2, o teste post hoc de Bonferroni mostrou que os valores M2 ($4,47 \pm 0,17$) são significativamente maiores do que no M1 ($4,29 \pm 0,14$) ($p=0,03$). A agilidade acompanhou os demais resultados M2 ($8,91 \pm 0,33$) e M3 ($9,25 \pm 0,30$) ($p=0,004$). O IGF-I apresentou-se sensível aguda e cronicamente aos efeitos dos estímulos da competição. O IGFBP-3 foi sensível aos efeitos crônicos e os resultados de potência e velocidade acompanharam o comportamento do IGF-I e IGFBP-3. Ambos peptídeos se mostraram sensíveis marcadores de estado de treinamento de jovens futebolistas. A maturação não influenciou no processo visto que os atletas já estavam maturados no M1.

Palavras-chave: GH/IGF-I, maturação, futebol, adolescentes, desempenho motor.

ABSTRACT

KOHAMA, EB. **Effects of a competitive season on the kinetics of the GH / IGF-I axis, IGF binding protein and its relationship with maturation and motor performance in adolescentes soccer players.** Dissertação (Mestrado) – 2017, 54f Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

The GH/IGF-I axis is a mediator system of growing, receptors and binding proteins that control somatic and tissue growth in many species and physical exercises programs are related to this anabolic function through this system. From this point of view, the objective of this study is to verify possible changes in the GH/IGFs axis, IGF binding protein during a competition season in young soccer players and the relation of these variables with athletic performance and maturation. 11 male athletes under-15 to Botafogo Futebol Clube was selected for this study. GH, IGF-I, IGFBP3 were measured by specific immunocolorimetric assays (Immulite) and collections occurred before and after a standard training session (STP). The aerobic and anaerobic power, velocity, fast force and agility were evaluated one day before the blood collection through the Léger, RAST, 30m Velocity, Six Jump and T-tests. The maturation was controlled by the Peak of Growth Velocity) a tool that presents the distance in years that the individual is of its maturation. The collections and tests occurred in 3 moments (M1, M2 and M3) of the competition. Hormone concentrations were analyzed by the Wilcoxon and Friedman test and the results of the motor and PVC tests were analyzed by ANOVA for repeated and post hoc Bonferroni measurements. IGF-I levels (ng / mL) showed a reduction after PTS in the final phase of competition (461 ± 95 vs. 429 ± 87 ; $p = 0,04$). The anabolic phase is evidenced by the increase in IGF-I levels after PTS in M2 (460 ± 68 vs. 519 ± 115 , $p = 0,05$). The variation in IGF-I concentrations after STP was significantly higher in M2 compared to M3 (59 ± 95 vs. -32 ± 49 ng / ml; $p = 0,04$). IGFBP-3 (ng / mL) had higher concentrations both before and after PTS in M2 when compared to M3 ($4,9 \pm 1,0$ vs. $4,6 \pm 1,0$ mg / l; $p = 0,03$) ($5,5 \pm 1,7$ vs. $4,5 \pm 0,8$ mg / l, $p = 0,04$). GH (ng / mL) did not show significant variation during the whole competition. The power values (Watt) were higher in M2. The post hoc Bonferroni test showed that Pot_Med at moments M1 ($409,1 \pm 87,3$) and M2 (458 ± 100) presented a significant difference ($p = 0.007$). The same occurred for Pot_Pico M1 ($507,6 \pm 26,7$) M2 ($562,8 \pm 34,7$) ($p = 0.031$) and also for Pot_Mín M1 ($305,5 \pm 28,9$) M2 ($376,75 \pm 25,01$) ($p = 0,007$). The velocity (s) also reached its highest value in M2, the Bonferroni post hoc test showed that M2 values ($4,47 \pm 0,17$) are significantly higher than in M1 ($4,29 \pm 0,14$) ($p = 0,03$). Agility followed the other M2 ($8,91 \pm 0,33$) and M3 ($9,25 \pm 0,30$) ($p = 0,004$) results. IGF-I was acutely and chronically sensitive to the effects of competition stimuli. IGFBP-3 was sensitive to chronic effects and the results of potency and speed followed the behavior of IGF-I and IGFBP-3. Both peptides proved to be sensitive markers of training for young footballers. The maturation did not influence the process since the athletes were already matured in M1.

Keywords: GH/IGF-I, maturation, soccer, teenagers, motor skills

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão de estatura, massa corporal, idade e PVC da amostra.....	34
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão dos hormônios que compõem o Eixo GH/IGF-I e IGFBP3 pré e pós STP.....	44
Tabela 3. Valores médios e desvio padrão obtidos nos testes motores ao longo da temporada.....	46
Tabela 4. Cinética da atividade plasmática da CK nos momentos Pré e Pós – STP, valores médios, desvio padrão e Δ da alteração.....	47
Tabela 5. Cinética da atividade plasmática da LDH nos momentos Pré e Pós – STP, valores médios, desvio padrão e Δ da alteração.....	47
Tabela 6. Valores médios e desvio padrão da avaliação da maturação ao longo da temporada.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cinética sugerida do IGF- ao longo da temporada de treinamento ng/ml= nanograma/mililitro por Eliakin e Nemet 2013.....	26
Figura 2. Sequência de avaliação antropométrica e das baterias de testes motores.....	35
Figura 3. Organização da coleta de sangue pré e pós STP.....	35
Figura 4. Esquema do teste T, com direcionamento da corrida.....	40

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATC: Altura tronco-cefálica;

CK: Creatina quinase;

CK-MM: isoforma muscular da creatina quinase;

CP: creatina fosfato;

DCAb: Dobra cutânea abdominal horizontal;

DCSi: Dobra cutânea supra-ilíaca;

EDTA: Ácido etilenodiamino tetra-acético

FSH: Hormônio folículo estimulante;

GH: Hormônio do crescimento;

GHBP: Proteína de ligação do GH;

GHRH: Hormônio liberador do hormônio do crescimento;

IF: Índice de fadiga;

IGFBP: Proteína de ligação dos IGFs;

IGFBP2: Proteína de ligação dos IGFs tipo 2;

IGFBP3: Proteína de ligação dos IGFs tipo 3;

IGFBP4: Proteína de ligação dos IGFs tipo 4;

IGFBP6: Proteína de ligação dos IGFs tipo 6;

IGF-I: Fator de crescimento semelhante a insulina tipo 1;

IGF-2: Fator de crescimento semelhante a insulina tipo 2;

IGF-IR: Receptor de IGF tipo 1;

IGF-2R: Receptor de IGF tipo 2;

IL-1 β : Interleucina tipo 1 beta;

IL-1ra: Receptor antagonista de IL-1

IL-6: Interleucina 6;

JEC: Jogos esportivos coletivos;

kDa: kilodaltons;

Km/h: quilômetros por hora;

LH: Hormônio luteinizante;

LDH: Lactato desidrogenase;

M1: Momento onde foi realizado a primeira coleta;

M2: Momento onde foi realizado a segunda coleta;

M3: Momento onde foi realizado a terceira coleta;

MG: Massa gorda;

MMR: Massa muscular e resíduos;

MO: Massa óssea;

mL: mililitro

ng/mL: Nanograma por mililitro;

PFK: enzima fosfofrutokinase;

Pot_Pico; Maior potência entre os seis esforços;

Pot_Med; Média entre as potências dos seis esforços;

Pot_Min; Menor potência entre os seis esforços

Pré-STP: Momento anterior a sessão de treino padrão;

Pós-STP: Momento posterior a sessão de treino padrão;

PVA: Pico de velocidade em crescimento estatural;

PVC: Pico de velocidade do crescimento;

RAST: *Running-based Anaerobic Sprint Test*;

RPM: rotações por minuto;

SPSS *Statistical Package for Social Science for Windows*;

SRIF: Somatostatina;

STP: Sessão de treino padrão;

TNF- α : Fator de necrose tumoral tipo alfa;

TT: Somatória do tempo dos seis esforços;

$\dot{V}O_{2\text{máx}}$: Consumo máximo de oxigênio;

$\dot{V}O_{2\text{pico}}$: Valor referente ao pico do consumo máximo de oxigênio;

μL : Microlitro;

Δ : Delta;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	A fisiologia do eixo GH/IGF-I.....	16
2.2	Exercício físico e supressão do eixo:	18
2.3	Comportamento do eixo ao longo da temporada:	22
2.4	Comportamento do eixo GH/IGF-I mediante a puberdade:.....	27
2.5	Influências do processo maturacional sobre o desempenho físico e motor:	28
2.6	Futebol, da formação ao rendimento um campo de estudos	31
3.	OBJETIVO GERAL.....	34
3.1	Objetivos específicos	34
4.	MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1	População e amostra	35
4.2	Coleta de dados	35
4.3	Sessão de Treino Padrão	36
4.4	Coleta de Sangue.....	37
4.5	Imunoensaios	37
4.5.1	Determinação sérica de GH, IGF-I e IGF-BP3	37
4.5.2	Determinação da concentração de CK e LDH	38
4.6	Avaliação da maturação somática.....	38
4.7	Testes Motores	39
4.7.1	Determinação da potência aeróbia – Teste de Léger	39
4.7.2	Determinação da potência anaeróbia – RAST (Running-based Anaerobic Sprint Test) 39	
4.7.3	Determinação da Agilidade – Teste T.....	40
4.7.4	Determinação da Força Rápida – Salto Sêxtuplo.....	41
4.7.5	Determinação da Velocidade Linear Cíclica – Corrida de 30m	41
4.8	Análise Estatística	41

5.	RESULTADOS	43
5.1	Eixo GH/IGF-I e IGFBP3	43
5.2	Testes Motores	45
5.3	Correlação Entre Testes Motores e Eixo GH/IGF-I.....	48
6.	DISCUSSÃO	49
6.1	Eixo GH/IGF-I e IGFBP3	49
6.2	Biomarcadores de dano muscular indireto.....	51
6.3	Maturação no Futebol	52
7.	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
8.	Anexo	66

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O crescimento principal característica da infância e adolescência, pode ser definido como o aumento das dimensões corporais, este processo apresenta padrão semelhante na maioria dos indivíduos, diversos fatores podem influenciar no crescimento, porém existem dois que agem de maneira direta, a herança genética e os componentes do eixo GH/IGF-I (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, OLIVEIRA, 2008).

Neste âmbito, a puberdade, em especial, é profundamente marcada pela ativação do eixo GH/IGF-I, suas interações com os esteroides gonadais estão relacionadas diretamente com o pico de velocidade em crescimento estatural – PVA (PHILLIP, LAZAR, 2003).

A prática regular de exercícios físicos durante a infância e adolescência pode influenciar o crescimento e desenvolvimento tanto da massa muscular assim como da massa óssea. Assim, a avaliação da maturação biológica é essencial pois este processo interfere nas relações motoras dos jovens, logo, parece importante adequar os estímulos de treino para respeitar a interação de fatores como crescimento, desenvolvimento e maturação (MALINA, BOUCHARD, BAR-OR, 2009).

Programas de exercício físico estão intimamente ligados a função anabólica provocada pela ação do eixo GH/IGF-I, um sistema de mediadores de crescimento, receptores e proteínas de ligação que controlam o crescimento somático e tecidual.

Níveis basais de IGF-I estão correlacionados positivamente com massa muscular e aptidão física em crianças, adolescentes e adultos (POEHLMAN, COPELAND, 1990; TIRAKITSOONTORN et al, 2001; MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, OLIVEIRA, 2008).

Para Nemet e Eliakin (2010), parece haver uma linha tênue entre as respostas anabólicas e as respostas catabólicas/inflamatórias ao exercício que determinará a eficiência do programa de treinamento. Se a resposta anabólica é mais forte, provavelmente, o programa de treinamento levará a um aumento da massa muscular e melhora da aptidão. Uma resposta catabólica/inflamatória maior e, particularmente, se persistir por um longo tempo, poderá levar ao *overtraining*. Por este motivo, o processo de treino deve ser periodizado visando uma progressão geral do sistema, e é função de toda comissão técnica adequar os treinos de acordo com o calendário. Além de adequar cargas, volume, intensidade e densidade do treino (BARROS;GUERRA, 2004).

A adolescência é o período no qual o desenvolvimento das capacidades motoras condicionais apresenta as condições mais favoráveis desde que exista um planejamento racional, sistemático e pedagógico (ALTINI NETO et al, 2006). Mediante a este contexto de puberdade e adolescência vale ressaltar que a idade cronológica nem sempre é um parâmetro muito seguro para caracterização biopsicossocial, visto que indivíduos de mesma idade podem apresentar fases maturacionais diferentes (MALINA, BOUCHARD, BAR-OR, 2009).

Especificamente, com relação ao futebol, o presente estudo escolheu esta modalidade esportiva em função de que, ao longo dos tempos, o esporte vem sendo objeto de estudo da ciência, em função da crescente profissionalização e comercialização do mesmo, no entanto, ainda carecem de mais investigações que relacionam os efeitos do eixo GH/IGF-I em atletas jovens.

A literatura já é bastante ampla e rica no que tange a caracterização das demandas fisiológicas do jogo (DRUST; REILLY; CABLE, 2000; STOLEN et al., 2005), assim como a otimização do condicionamento físico (LITTLE; WILLIAMS, 2007). No entanto, os métodos de avaliação ainda necessitam de explicações mais claras sobre a relação atletas adolescentes, combinação de rápido crescimento aliado aos níveis elevados de atividade física concomitantemente com o aumento espontâneo de hormônios anabólicos e de mediadores de crescimento – eixo GH/IGF-I (ABRANTES et al., 2004; SVENSON; DRUST, 2005).

De forma sucinta, o futebol é caracterizado por ações de alta intensidade que definem o resultado (sprints e atividades de movimentos rápidos tipificadas por acelerações e desacelerações com mudanças de direção; finalizações; passes) e ações de cunho aeróbico que duram a maior parte da partida (LITTLE; WILLIAMS; 2005).

Kraemer (2004) cita que a força é uma variável de destaque para o rendimento físico de atletas de futebol, principalmente nos membros inferiores, atuando fundamentalmente na produção de potência. Assim como diversas outras características, esta capacidade motora sofre forte influência de processos maturacionais e de treino, ambos aqui investigados.

Mejri et al. (2005), ao avaliarem os efeitos do treinamento de futebol em jogadores jovens em diferentes momentos da temporada verificaram um aumento dos valores de GH no início da temporada e uma estabilização no meio e final do período competitivo, enquanto os níveis de IGF-I e IGFBP-3 mantiveram-se constantes. Ainda, para os autores, os efeitos do treinamento sobre o eixo GH/IGF-I permanecem inconclusivos.

Atualmente questiona-se se as respostas agudas ao exercício sobre os níveis de IGF-I e IGFBPs podem diferir daquelas observadas em respostas ao treinamento ou mudanças crônicas nos níveis de atividade física, além da possibilidade de poder variar entre os vários tipos de

esportes (individuais ou coletivos) e nas suas diferentes formas de planejamento (ELIAKIN et al, 1998; ELIAKIN, NEMET, 2013).

Nesse sentido parecem ser pertinentes as seguintes questões:

- Qual será a cinética dos componentes do eixo GH/IGF-I, em especial do GH, IGF-I e sua proteína de ligação IGFBP3 ao longo de uma temporada competitiva?
- Como tais hormônios podem se relacionar com desempenho motor?
- Por se tratarem de adolescentes, qual foi o comportamento da maturação ao longo da temporada competitiva?

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A fisiologia do eixo GH/IGF-I

Os hormônios, particularmente os componentes do eixo GH/IGF-I (hormônio do crescimento – fatores de crescimento insulina-símile ou *insulin-like growth factors*), juntamente com a herança genética constituem o grupo de fatores que diretamente influenciam o crescimento.

O GH também conhecido como somatotropina ou hormônio somatotrópico é produzido pelos somatotrofos da hipófise anterior (adenohipófise) e em sua forma predominante corresponde a aproximadamente 75% do GH circulante. É constituído por uma cadeia única de 198 aminoácidos com duas pontes dissulfídicas internas, o que lhe oferece peso molecular de 22 kilodaltons (kDa) (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008; CRUZAT et al., 2008).

A secreção do GH ocorre em pulsos, principalmente no início das fases III e IV do sono, com meia-vida de aproximadamente 20min. A amplitude dos pulsos e a massa de GH secretada variam com a idade, aumentando durante a puberdade, período em que ocorre a maior secreção deste hormônio, e decaindo na vida adulta para concentrações semelhantes às observadas em indivíduos pré-púberes com posterior diminuição progressiva (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008; ROWLAND, 2008).

A modulação da secreção de GH na adenohipófise ocorre por influências estimuladoras e inibitórias. Uma complexa inter-relação entre dois peptídios hipotalâmicos regula a liberação do GH na adenohipófise: a somatostatina (SRIF, *growth hormone inhibit hormone*) que inibe a secreção do GH, e o hormônio liberador de GH (GHRH – *growth hormone releasing hormone*). Tanto a síntese de GHRH como a de SRIF são influenciados por diversos neurotransmissores, tais como a serotonina, a dopamina, a acetilcolina e a noradrenalina. Hormônios periféricos como a insulina e os glicocorticóides também influenciam a produção de GHRH e de SRIF, alterando a síntese do GH (CRUZAT et al., 2008). Por outro lado, o sistema de retroalimentação negativo (*feedback* negativo) exercido pelo GH e pelos IGFs, regulando as concentrações de GHRH e SRIF ou atuando diretamente sobre as células hipofisárias, é determinante na regulação da síntese e na secreção do GH (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008; CRUZAT et al., 2008).

Outros diversos fatores podem influenciar a secreção do GH, incluindo o estado nutricional, a quantidade de sono e de gordura corporal, o estresse e a prática da atividade física ou grau de treinamento (CRUZAT et al., 2008; WIDDOWSON et al., 2009).

O GH exerce sua ação anabólica (estimula o crescimento tecidual) e ação metabólica (altera o fluxo, a oxidação e o metabolismo de, praticamente, todos os nutrientes da circulação) mediante receptor específico (GHR), membro da família dos receptores de citocinas (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008; CRUZAT et al., 2008).

Os mecanismos envolvidos com estas ações são bastante complexos e podem ser divididos em: ações diretas, que são mediadas pela cascata de sinalizações intracelulares, desencadeadas pela ligação do GH ao seu receptor na membrana plasmática; e ações indiretas, mediadas, principalmente, pela regulação da síntese de fatores de crescimento semelhantes à insulina (IGFs) e de suas proteínas de ligação (IGFBP – insulin-like growth factor binding proteins). Os IGFs associam-se à família de proteínas transportadoras denominadas IGFBPs que, além de aumentarem a vida média dos IGFs modulam suas ações autócrinas, parácrinas e endócrinas, podendo tanto potencializá-las quanto inibi-las. Assim como os IGFs, as IGFBPs são produzidas em diversos órgãos e tecidos do organismo. Cada IGFBP possui regulação independente e algumas características próprias, podendo apresentar ações independentes dos IGFs na apoptose e no crescimento celular (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008).

Em relação ao metabolismo lipolítico e glicolítico, as ações diretas do GH são antagonistas aos efeitos provocados pela insulina e são justamente esses efeitos que caracterizam o GH como um hormônio “diabetogênico”, ou seja, que aumenta a concentração de glicose circulante e, conseqüentemente, estimula a liberação de mais insulina para manter a glicemia adequada (PELL, 1990). Nesse sentido, o GH promove diminuição da oxidação da glicose e de sua captação em vários tecidos, aumento da lipólise e da oxidação de ácidos graxos no tecido adiposo e na musculatura esquelética e cardíaca, e estímulo para a produção hepática de glicose, principalmente, pela ativação da glicogenólise (PELL, 1990; CRUZAT et al., 2008).

Entre os efeitos indiretos do GH, de fato, o mais importante é a modulação da síntese do IGF-I. O IGF-I, que antigamente era chamado de somatomedina C, é o grande mediador dos efeitos anabólicos do GH, principalmente relacionados ao crescimento estatural. Os IGFs (IGF-I e IGF-2) são fatores de crescimento peptídicos que apresentam elevado grau de homologia estrutural com a pró-insulina e tem atividade sobre o metabolismo intermediário, a proliferação, o crescimento e a diferenciação celular. Os IGFs exercem suas ações mediante interação com dois diferentes receptores denominados receptores de IGF tipo 1 (IGF-IR) e tipo 2 (IGF-2R).

A maioria das ações conhecidas dos IGFs é mediada via IGF-IR não sendo ainda claro o papel fisiológico do IGF-2R (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008).

A principal fonte de IGF-I na circulação é o fígado, sendo que sua síntese e liberação são influenciadas por diversos fatores, entre os quais: a concentração de GH, o estado nutricional, a composição corporal, e a concentração de hormônios e metabólitos (CRUZAT et al., 2008). O IGF-I hepático age como hormônio estimulando o crescimento de diversos tecidos, como o ósseo e o muscular. Atualmente sabe-se que diversos tecidos são capazes de sintetizar fatores de crescimento locais, incluindo o IGF-I. Nesse caso, o IGF-I de origem extra-hepática tem ação, predominantemente, autócrina e parácrina, todavia, o GH também influencia a expressão do IGF-I extra-hepático e de outros fatores de crescimento locais (MARTINELLI JUNIOR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008; CRUZAT et al., 2008; WIDDOWSON et al., 2009).

Embora o eixo GH/IGF-I seja bastante investigado, vários de seus aspectos fisiológicos ainda não estão integralmente esclarecidos, incluindo sua relação com o exercício físico. Especificamente, no caso de atletas adolescentes a combinação de rápido crescimento e desenvolvimento, níveis elevados de atividade física e aumento espontâneo de hormônios anabólicos relacionados à puberdade (GH, IGF-I, e esteroides sexuais) sugere a possibilidade de mecanismos integrados ligando o exercício com uma variedade de respostas anabólicas/catabólicas que ainda precisam ser melhor compreendidas (ELIAKIN, NEMET, COOPER, 2005).

A literatura tem se mostrado, até certo ponto ambígua com relação ao comportamento do eixo GH/IGF-I durante o exercício.

2.2 Exercício físico e supressão do eixo:

O eixo GH/IGF-I é um sistema de mediadores de crescimento, receptores e proteínas de ligação que controlam o crescimento somático e tecidual em muitas espécies e programas de exercícios estão relacionados a esta função anabólica por meio da ação deste eixo. Por outro lado, alguns estudos têm demonstrado uma diminuição na circulação destes elementos que compõe o eixo GH/IGF-I em adolescentes e crianças em resposta a sessões de treinamento (NEMET et al., 2002; NEMET et al., 2003; SCHEETT et al., 2002; ELIAKIN et al., 2001; PILZ-BURSTEIN et al., 2010).

Uma possível explicação para esta situação envolve a elevação de citocinas, que pode ser provocada por séries intensas de exercícios. As citocinas são conhecidas por inibir diretamente a atividade anabólica do eixo GH/IGF-I, das quais se destacam a IL-6, IL-1 β , IL-1ra e TNF- α (NEMET et al., 2002; 2003). As citocinas são moléculas de sinalização intercelular

associadas com o controle e a coordenação de respostas imunes, sendo secretadas pelos macrófagos e linfócitos em resposta a lesão ou infecção

A fim de verificar os efeitos de uma sessão de treinamento típica de luta greco-romana sobre o eixo GH/IGF-I, doze adolescentes masculinos com idade entre 14 e 18,5 anos foram avaliados (amostras de sangue) antes e após a sessão de treino (NEMET et al., 2002). Os autores encontraram diminuições significantes nos níveis dos seguintes mediadores anabólicos: IGF-I total ($-11,2 \pm 2,3\%$), IGF-I *bound* ($-11,2 \pm 2,4\%$), e insulina ($-42 \pm 10\%$). Notavelmente, também foram observados aumentos nas citocinas IL-6 ($795 \pm 156\%$), TNF α ($30 \pm 12\%$), IL-1 β ($286 \pm 129\%$), além do aumento nos níveis da proteína de ligação IGFBP-1, conhecida por inibir os efeitos do IGF-I. Para Nemet et al. (2002), estes dados demonstram que uma série intensa de exercício em atletas jovens praticantes de luta greco-romana levou a uma redução nos níveis dos mediadores anabólicos e um profundo aumento nas citocinas, levando a uma resposta, predominantemente, catabólica. Ainda para os autores, os efeitos destas alterações sobre o processo de crescimento/desenvolvimento de adolescentes ainda não estão bem determinados.

Dentro dessa mesma linha de raciocínio, Nemet et al. (2003) avaliaram os efeitos de uma sessão de treino de polo aquático em garotas adolescentes sobre o eixo GH/IGF-I, citocinas e certos aspectos da função imunológica. Os autores explicam que a escolha por este esporte se deu em função da alta demanda fisiológica imposta pela prática do pólo aquático, pela sua característica de intermitência e, por fim, pela sua alta popularidade entre estudantes femininas do ensino médio americano. Em síntese, o estudo de Nemet et al. (2003), demonstrou que a prática de uma sessão de treinamento típica de pólo aquático levou a mudanças substanciais em alguns mediadores de crescimento, citocinas e componentes celulares do sistema imune. As reduções nos níveis de insulina e o grande aumento nos níveis circulantes de IL-6 e IGFBP-1 são consistentes com a hipótese que exercício agudo em adolescentes do sexo feminino leva a uma resposta, predominantemente, catabólica. Especificamente, com relação ao comportamento do IGF-I, Nemet et al. (2003) verificaram que, embora, o padrão de mudanças nos valores de IGF-I observado nas jogadoras de polo aquático foi quantitativamente similar ao observado nos garotos praticantes de luta greco-romana, não foi possível detectar significância estatística nesse estudo.

Scheett et al. (2002), levantaram a hipótese que a redução nos níveis de IGF-I observados em estudos realizados com crianças e adolescentes seria acompanhada pelo aumento de citocinas provocado pelo estímulo proveniente do exercício físico. Para tal, os autores acompanharam crianças pré-púberes (nível II e III de Tanner) que foram divididas em

grupo controle (n=14) e grupo experimental (n=12). O grupo experimental participou de um programa de exercícios com duração de 90 minutos que incluía atividades aeróbias realizadas cinco vezes por semana durante cinco semanas. O programa de atividades aeróbias incluiu jogos, corridas, dança aeróbica e jogos competitivos (futebol, rugby, futebol americano, etc.). Estas atividades variaram em intensidade e duração através da semana e foram desenhadas, primariamente, para encorajar a participação das crianças em programas de exercícios. Os resultados do estudo apontaram para um aumento significativo nos níveis de IL-1 β , TNF α e IGFBP2, com concomitante diminuição nos níveis de IGF-I e IGFBP3. Esses dados sugeriram que o programa de exercícios que durou cinco semanas induziu a um estado catabólico em garotos pré-púberes. Os achados deste estudo surpreenderam pelo fato de que, mesmo neste suposto estado catabólico foi possível verificar uma melhora da aptidão dos garotos por meio do aumento significativo nos valores de VO₂pico. Finalmente, os autores especularam que os níveis de atividade física poderiam influenciar o crescimento por alterar tanto o comportamento dos mediadores catabólicos como dos anabólicos.

Eliakin et al. (2001) também utilizando um programa de exercícios físicos com garotas pré-púberes (8 a 10 anos) durante cinco semanas buscaram avaliar os efeitos do exercício sobre o eixo GH/IGF-I. Divididas em grupo controle (n=20) e grupo de treinamento (n=19), o programa de exercício realizados duas vezes por semana com duração de 45min consistia em trabalhos com característica aeróbia que incluía corridas, dança aeróbica e jogos pré-desportivos (basquete, futebol, etc.). Neste estudo o IGF-I foi correlacionado significativamente com o VO₂pico e volume de massa muscular ($r=0,44$; $r=0,58$), enquanto que, o IGFBP-1 e IGFBP2 foram negativamente correlacionados com volume de massa muscular ($r=-0,71$; $r=-0,42$). Surpreendentemente, aumentos significativos nos níveis de IGF-I foram notados no grupo controle, porém, não foi possível detectar nenhuma mudança significativa do IGF-I no grupo treinamento. O nível de IGFBP-3 declinou significativamente no grupo treinamento, mas nenhuma mudança ocorreu no grupo controle. Nenhum efeito específico do exercício foi observado sobre os níveis de IGFBP-1, IGFBP-2, IGFBP-6 e o IGFBP-4 aumentou significativamente em ambos os grupos. Para Eliakin et al. (2001), o programa de exercícios de curta duração (cinco semanas) utilizado no estudo, parece ter resultado em uma resposta catabólica ao invés de anabólica do eixo GH/IGF-I, apesar do fato de que o programa de treinamento tenha levado a aumentos no volume da massa muscular e melhora da resposta cardiorrespiratória ao exercício. Ainda, de acordo com os autores, o mecanismo que permite que grupos musculares melhorem seu rendimento sob uma suposta condição catabólica e se esta condição se modifica ao longo de um programa de treinamento permanece totalmente obscuro.

Eliakin et al. (2001) especulam que o exercício associado com a elevação dos níveis de citocinas levam a uma redução dos níveis de IGF-I no início de um programa de treinamento – primeiras semanas de treinamento.

A fim de testar a hipótese de que citocinas podem afetar o comportamento do eixo GH/IGF-I em resposta aos estímulos provenientes de sessões de treinamento Scheett et al. (1999), avaliaram os efeitos de um protocolo de exercícios que consistia de sessões de treinamento de futebol para crianças pré-púberes que durou em torno de 1h30min. O treino de futebol levou a um aumento significativo na circulação de TNF α ($18\pm 7\%$, $p<0,05$) e IL-6 ($125\pm 35\%$, $p<0,05$). Os níveis de IGF-I diminuíram em menor grau, porém de forma significativa ($-6,4\pm 3,2\%$, $p<0,05$), embora os níveis IGFBP-1- conhecidos por inibir o IGF-I – foram substancialmente aumentados ($156\pm 40\%$, $p<0,001$). Para os autores os aumentos nos níveis circulantes de citocinas provocado por sessões de treinamento podem alterar, criticamente, os agentes anabólicos como o IGF-I e suas proteínas de ligação.

Há uma estreita relação entre níveis de citocinas, especialmente da IL-6 com a intensidade e duração do exercício – quanto maior a duração e intensidade do exercício maior serão os níveis de citocinas circulantes (PEDERSEN, 2000; OSTROWSKI, SCHJERLING, PEDERSEN, 2000). Nesse sentido, Pedersen (2000) exemplifica que os níveis de IL-6 aumentaram em até 100 vezes em corredores após uma maratona. Para BRUUNSGAARD et al. (1997) os maiores aumentos nos níveis de citocinas ocorrem na fase excêntrica do movimento e os autores ainda encontraram uma forte relação ($r = 0,725$) entre os níveis de IL-6 e da enzima creatinoquinase (CK) no plasma. No entanto, o aumento nos níveis circulantes de citocinas não estão relacionados apenas às questões de dano ou reparo muscular – microtrauma adaptativo (PEDERSEN, 2000; STEINACKER, REISSNECKER, LIU, 2004).

De acordo com Steinacker, Reissnecker e Liu (2004) o conteúdo de glicogênio muscular influencia a extensão de liberação de IL-6 durante o exercício. Quando os estoques de glicogênio se aproximam de uma depleção total a glicogenólise e os transportadores de glicose precisam ter suas ações diminuídas (*downregulated*) nos músculos e no fígado, assim como a produção de IGF-I em função de seu efeito semelhante à insulina sobre as concentrações de glicose no sangue, por essa razão uma resistência à insulina transitória se desenvolve durante a prática de exercícios realizada em condições de depleção de glicogênio (KIRWAN, JING, 2002). Por esse motivo Steinacker, Reissnecker e Liu (2004) acreditam que a deficiência em glicogênio está associada com os aumentos da expressão local de citocinas (IL-6 nos músculos), da diminuição de transportadores de glicose, do aumento de cortisol, da diminuição da secreção de insulina e da estimulação β adrenérgica e que as citocinas agem, especificamente, neste

processo como sinalizadores para o hipotálamo que atuando sobre o eixo GH/IGF-I por consequência reduz os níveis de IGF-I.

Com o objetivo de avaliar os efeitos de uma simulação de luta de Taekwondo (três lutas de 6min com 30min de intervalo entre as lutas) sobre os hormônios anabólicos IGF-I, LH, FSH, estradiol e testosterona e sobre o hormônio catabólico cortisol de lutadores adolescentes correspondente a elite nacional, com idade entre 12 e 17 anos (10 garotos e 10 garotas), Pilz-Burstein et al. (2010) verificaram que a simulação das lutas levou a uma diminuição significativa ($p < 0,05$) nos níveis de IGF-I (masculino – $27,1 \pm 25,6$; feminino – $22,4 \pm 36,3$ ng/ml) LH (masculino - 0.7 ± 1.2 ; feminino - 2.3 ± 3.3 U/L), e FSH (masculino - 0.9 ± 0.5 ; feminino - 1.5 ± 1.1 U/L), e um aumento significativo ($p < 0,05$) nos níveis de cortisol (masculino - 141.9 ± 30.1 ; feminino - 64.1 ± 30.6 mcg/dL) em ambos os gêneros. O protocolo de lutas também reduziu de forma significativa os níveis de testosterona (masculino - 1.9 ± 1.6 ; feminino - 0.02 ± 0.06 ng/mL).

Em síntese os autores concluíram que os estímulos provenientes do protocolo realizado com lutas de Taekwondo levaram a uma resposta hormonal típica de um estado catabólico. Os autores ainda afirmam que tais respostas hormonais podem afetar não só o sistema muscular como outros sistemas (imunológico, cardiorrespiratório) e que por isso as respostas hormonais analisadas no presente estudo podem ser usadas como uma ferramenta complementar para aprimorar os ciclos de treino de esportes de lutas além de monitorar a carga de treinamento. Steinacker, Reissnecker e Liu (2004) vão mais longe ainda, e afirmam que o entendimento da função dos hormônios e citocinas e do papel regulatório que o sistema muscular pode realizar durante a prática de exercícios será fundamental para a obtenção de uma compreensão mais profunda do complexo mecanismo de adaptação do organismo ao exercício e treinamento físico

2.3 Comportamento do eixo ao longo da temporada:

A literatura não apresenta muitos estudos que tem examinado a duração da redução nos níveis de IGF-I ou do eixo GH/IGF-I após uma série de exercícios intensos (NINDL et al., 2001) porém mais reduzido ainda são os que se propõe a avaliar o comportamento dos mediadores anabólicos e catabólicos ao longo de uma temporada de treinamento (NEMET, ELIAKIM, 2010; ELIAKIM, NEMET, 2010; ELIAKIM, NEMET, COOPER, 2014) .

Alguns autores especulam uma possibilidade de haver um comportamento do eixo GH/IGF-I em bifásico ao longo de uma temporada de treinamento – onde inicialmente ocorra uma fase denominada catabólica evidenciada nas primeiras três a cinco semanas de treinamento

seguida por uma fase anabólica que poderia ser verificada a partir de cinco, seis semanas após o início de um programa de treinamento (ELIAKIM et al., 1998; ROSENDAL et al., 2002; NEMET, ELIAKIM, 2010; ELIAKIM, NEMET, 2010) .

Eliakim e Nemet (2013) sugerem que as respostas dos componentes do eixo GH/IGF-I aos diferentes tipos de esportes, sessões de treinamento ou protocolos de treino podem ser usadas como uma ferramenta bastante objetiva para monitorar a carga de treinamento ou para planejar de forma mais adequada os ciclos de treinamento ao longo das temporadas dos atletas

Os aumentos nos níveis de IGF-I hipotetizados após um programa de treinamento ideal mais prolongado (4 a 9 semanas) apoiam-se em estudos utilizando modelo animal onde verificou-se aumentos na expressão do gene de IGF-I do tecido muscular esquelético (ZANCONATO et al., 1994) e sobre os níveis circulantes de IGF-I (YEH et al., 1994). Mas tal hipótese ainda não é consenso na literatura visto que, talvez o comportamento do eixo GH/IGF-I passando por uma fase catabólica e outra anabólica não ocorra em seres humanos durante um programa de treinamento prolongado (ROSENDAL et al., 2002).

Corroborando com a idéia de haver um comportamento do eixo GH/IGF-I em duas fases – catabólica/anabólica – Eliakim et al. (1998) especularam que a fase catabólica é acompanhada pela diminuição dos níveis de GHBP e que num momento mais à frente do programa de treinamento, presumivelmente acima de cinco semanas, um ajuste anabólico do eixo GH/IGF-I ocorrerá dependendo do estado nutricional e do balanço energético de cada atleta. Ainda de acordo com os autores, durante a fase inicial (catabólica) os níveis de IGF-I muscular poderiam de fato aumentar quando os níveis circulantes deste hormônio diminuem, refletindo um importante papel do efeito autócrino/parácrino do IGF-I em resposta ao treinamento.

Koziris et al. (1999) investigaram a hipótese supracitada de que um programa de treinamento realizado durante um período mais longo (em torno de cinco meses) com nadadores experientes com idade entre 18 e 22 anos de ambos os sexos, resultaria em alterações nos níveis séricos de IGF-I total, IGF-I livre e de suas proteínas de ligação IGFBP-1 e 3. As amostras de sangue foram coletadas com os nadadores em repouso no início da temporada de treinamento, após 2 meses, após 4 meses (momento em que o treinamento se encontrava com o maior volume) e após cinco meses – próximo do final do período de polimento (*tapering*), e alguns dias após o fim da temporada. Os resultados obtidos mostraram um efeito positivo do treinamento sobre os níveis séricos de IGF-I. Mas o fato de que após dois meses de treinamento apenas uma modesta elevação nos níveis de IGF-I tenha ocorrido sugere que é necessário um

tempo relativamente longo para se verificar o pico de aumento nos níveis de IGF-I com este tipo de treino. Os dados do estudo também mostraram que as concentrações elevadas de IGF-I persistiram mesmo com uma marcada redução no volume do treinamento.

Sendo assim os autores concluíram através dos resultados de seu estudo que os níveis de IGF-I livre e total e de IGFBP-3 podem ser elevados com treinamento intenso e esse aumento mantido, mesmo durante a fase de redução do volume do treino (fase de polimento).

Os efeitos de quatro semanas de treinamento sobre a aptidão, auto-avaliação da condição física e sobre os níveis de IGF-I circulante foram determinados em jogadores de elite de handebol de Israel durante a preparação para o Campeonato Mundial de Handebol Junior. O treinamento consistiu em duas semanas de treino intenso seguido por duas semanas de treinos mais leves (polimento). Os níveis circulantes de IGF-I diminuíram significativamente após as duas primeiras semanas de treinamento e retornaram aos níveis basais após as quatro semanas de preparação para o campeonato mundial (ELIAKIM et al., 2002).

Mejri et al. (2005) com o intuito de avaliar os efeitos de um programa de treinamento de futebol sobre os níveis de GH e IGF-I, investigaram 13 jovens jogadores de futebol (19 ± 1 anos) por meio de um teste submáximo realizado em um cicloergômetro no início, meio e fim da temporada dos atletas que se estendeu de outubro a maio. As amostras de sangue venoso foram coletadas em repouso, ao final do teste submáximo e 30 e 60min durante o período de recuperação. Após a análise dos dados os autores verificaram um aumento nos níveis de GH com o exercício realizado durante o teste submáximo, entretanto as respostas significativamente mais altas foram observadas no início da temporada quando comparadas com o meio e final do programa de treinamento, contrariando o que foi observado por Koziris et al. (1999) durante a temporada de treino de nadadores .

Para Mejri et al. (2005) este comportamento do GH ao longo da temporada de treinamento de futebol pode representar uma adaptação ao exercício com o treinamento. Com relação aos níveis de IGF-I, os mesmos permaneceram estáveis ao longo da temporada, indicando que as concentrações de IGF-I após a realização de exercícios podem estar dissociadas dos mecanismos que estimulam a produção de GH.

Especificamente, no estudo conduzido por Mejri et al. (2005), não foi possível observar a hipótese de um comportamento bifásico do eixo GH/IGF-I ao longo de uma temporada de treinamento.

Mas contrariamente ao que foi observado por Koziris et al. (1999), Eliakim et al. (2002) e Mejri et al. (2005), os estudos realizados por Eliakim et al. (1998) e Rosendal et al. (2002) verificaram um efeito negativo sobre os níveis circulantes de IGF-I. Ainda, segundo estes

estudos, os efeitos do treinamento intenso sobre o comportamento do IGF-I difere entre indivíduos treinados e não praticantes de exercício físico, sendo mais pronunciadas as mudanças que ocorrem nos níveis de IGF-I dos sujeitos menos aptos fisicamente quando expostos ao treinamento intenso.

Eliakim et al. (1998) a fim de testarem a hipótese de que a atividade física aumentaria os níveis de IGF-I, acompanharam 38 adolescentes randomizados em grupo controle e grupo de atividade física durante cinco semanas. Antes e após a intervenção foram mensurados o volume muscular da coxa usando um aparelho de ressonância magnética e níveis de GH e GHBP (proteína de ligação do GH), IGF-I e IGFBPs 1-5. Nos sujeitos treinados houve um aumento significativo no volume muscular da coxa, um maior gasto de energia quando comparado ao grupo controle e nenhuma evidência de perda de peso. Em contraste, nos sujeitos treinados houve uma diminuição significativa de IGF-I. Além do mais, o programa de treinamento reduziu substancialmente os níveis de GHBP e aumentou os níveis de IGFBP-2.

De acordo com os autores, o programa de treinamento que durou cinco semanas aumentou a massa muscular dos garotos adolescentes e, surpreendentemente, influenciou os níveis não apenas do IGF-I, mas também de GHBP e IGFBP-2 de uma forma tipicamente observada em sujeitos em estado catabólico (ELIAKIM et al., 1998).

Em um estudo que acompanhou jovens treinados ($n = 12$) e destreinados ($n = 7$) que passaram por um mesmo programa de treinamento físico intenso por onze semanas, foi hipotetizado que as possíveis mudanças que pudessem ocorrer sobre os níveis de IGF-I seriam mais pronunciadas no grupo de jovens que não pratica exercício físico em função de seu mais baixo nível de aptidão física (ROSENDAL et al., 2002).

Os dados obtidos no estudo confirmaram a hipótese formulada, já que o programa de treinamento intenso resultou em influência sobre o sistema IGF-I e suas proteínas de ligação com mudanças mais acentuadas no grupo dos jovens destreinados, indicando que o treinamento intenso afeta o comportamento do eixo GH/IGF-I de indivíduos treinados e não treinado de forma diferente. Nos dois grupos os níveis de IGF-I total diminuíram de forma significativa, principalmente após quatro semanas de treinamento (as coletas foram realizadas no início do programa, após quatro semanas e ao final das onze semanas de treinamento intenso). Apesar de o estudo identificar um estado tipicamente catabólico em ambos os grupos, também foi possível verificar um aumento significativo nos valores de consumo máximo de oxigênio (VO_{2pico}) dos sujeitos não treinados, enquanto nenhuma mudança foi observada no grupo de jovens bem treinados.

Para Rosendal et al. (2002), uma possível explicação para esta situação paradoxal baseia-se no fato de que mesmo com uma diminuição significativa nos níveis circulantes de IGF-I, não pode ser excluída a possibilidade de aumentos nos níveis teciduais deste hormônio, e que uma ação autócrina/parácrina ocorreria para explicar a melhora por exemplo do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ verificada em um dos grupos, ou então que um número aumentado de receptores de IGF-I (ou uma sensibilidade alterada) poderia ser responsável por uma resposta anabólica local mais diferenciada.

Permanece ainda controverso o que causa a diminuição dos níveis de IGF-I durante períodos de treinamento intenso ou qual deveria ser uma elevação adequada desta substância durante a fase de polimento (*tapering*) e de treino reduzido. No entanto, acredita-se que a incapacidade para aumentar os níveis circulantes de IGF-I antes de uma competição importante deve ser entendida como um sinal de alerta para atletas e treinadores, pois pode indicar que o atleta ainda não se encontra em seu melhor estado atlético (ELIAKIM, NEMET, 2013).

Em síntese, pesquisas recentes têm contribuído para um progresso substancial na área de endocrinologia do exercício. Em particular, parece razoável sugerir que mudanças no balanço anabólico/catabólico e mediadores inflamatórios seguidos de diferentes tipos de sessões de treinamento e programas de treinamento em diferentes momentos da temporada podem ajudar técnicos e atletas no planejamento de seus treinos na busca por melhores desempenhos (ELIAKIM, NEMET, 2013).

De maneira hipotética Eliakin e Nemet 2013, construíram uma curva que ajuda a compreender melhor como deve ser o comportamento do IGF-I mediante a determinadas fases de treinamento. Sendo assim, tem-se um valor basal anotado na pré temporada, conforme o período de treino avança e progride de intensidade há uma queda acentuada na concentração sérica do hormônio. Se respeitado a estratégia de polimento (onde há uma atenuação no volume do treino porém a intensidade é mantida com devido descanso) o resultado final deve ser uma super compensação, ao inverso desta proposta, caso o treino continue de forma intensa sem respeitar a densidade ideal, pode-se instaurar um quadro de *over-training*, com queda de desempenho.

Figura 1. Cinética sugerida do IGF- ao longo da temporada de treinamento.

ng/ml = nanograma/mililitro por Eliakin e Nemet 2013

2.4 Comportamento do eixo GH/IGF-I mediante a puberdade:

A puberdade é um período de mudanças físicas que ocorrem durante o crescimento e o termo está diretamente relacionado a uma fase de transição entre a infância e idade adulta. Como principais manifestações físicas deste evento notam-se a aceleração do processo de crescimento, o desenvolvimento das características sexuais primárias e secundárias, as alterações na composição corporal e mudanças no sistema circulatório e também no respiratório (STEINBERG, 2010)

Três fenômenos englobam a puberdade, sendo eles:

- I) **O estirão do crescimento** – com duração aproximada de dois a três anos, sendo caracterizado por uma fase mais lenta na velocidade de crescimento que ocorre na fase pré-púbere, seguido por um intenso e rápido crescimento conhecido como pico máximo de velocidade de crescimento (PVA) e uma fase de onde há o encerramento do crescimento (SILVA et al., 2004);
- II) **Aquisição de conteúdo mineral ósseo** – reconhecida como o pico de massa óssea, onde o processo de formação sobrepõe o de reabsorção óssea e que se apresenta como um incremento linear durante a infância e exponencial na segunda década de vida, apresentando maior intensidade entre os 13 e 17 anos, precisamente na fase crítica que ocorre entre os 14 e 15 anos (SILVA et al., 2004);

III) Processo de maturação esquelética – que se encerra com o fechamento epifisário (SILVA et al., 2004).

Durante o estirão do crescimento há um aumento na secreção de três hormônios: esteroides sexuais, GH e IGF-I. As concentrações de GH secretadas nessa fase chegam a ser até duas vezes maiores a cada pulso, o que aumenta significativamente a concentração sérica média do hormônio nas 24 horas, assim sendo o pico de GH acaba coincidindo com o PVC (MARTINELLI JR, CUSTÓDIO, AGUIAR-OLIVEIRA, 2008).

Nos homens a testosterona parece estimular o aumento de GH e IGF-I e posteriormente acelerar o crescimento, já nas mulheres esse estímulo se dá através do estradiol (SILVA; ADAN, 2003).

Visando investigar quais mecanismos que facilitariam alterações fisiológicas sob as concentrações de GH circulantes durante a puberdade, Martha et al. (1989) avaliaram por 24 horas a amplitude dos pulsos de GH em indivíduos do sexo masculino, com idades entre 7 e 27 anos. A amostra foi dividida de acordo com o nível maturacional, em cinco níveis. Como resultado os autores encontraram que garotos com puberdade atrasada apresentam concentrações médias de GH e níveis de IGF-I plasmáticos superiores a dos outros grupos, concluindo assim que garotos com puberdade tardia tem aumentos transitórios na concentração de GH circulante.

Na mesma linha de raciocínio, Rose et al. (1991) propuseram-se a testar a hipótese de que a secreção de GH é maior durante a puberdade e para isso avaliaram os níveis de GH de 132 crianças e adolescentes, como design experimental executaram coletas a cada 20 minutos durante 24 horas. Os resultados corroboram com a hipótese e apresentam que em ambos os sexos os níveis de GH aumentaram durante a puberdade. Alguns dados interessantes deste estudo mostram que, as meninas apresentam aumento nos níveis médios, observados no período da noite, mais cedo que os garotos.

2.5 Influencias do processo maturacional sobre o desempenho físico e motor:

A maturação pode ser definida como uma série de mudanças qualitativas que capacitam o organismo a progredir para os melhores níveis de funcionamento. Para melhor compreensão do processo maturacional é necessário antes entender alguns conceitos, como o de crescimento, processo biológico no qual a matéria viva torna-se maior, tão importante quanto o crescimento tem-se o desenvolvimento, o qual compreende-se como um processo contínuo de mudanças

graduais de um nível mais simples ao mais complexo (MALINA, BOUCHARD, & BAR-OR, 2009).

Estes processos interferem diretamente nas relações sociais, afetivas e motoras dos jovens; por consequência é necessário adequar os estímulos ambientais em função destes fatores (MASSA, RÉ, 2010).

Adolescentes de forma geral atingem a puberdade de maneira extremamente individual, puberdade e adolescência são coisas distintas e não devem ser confundidas. O início da primeira em alguns casos pode coincidir com o da outra, mas há casos onde existem adiantamentos ou atrasos relacionados a esses dois aspectos (FARINATTI, 1995).

A idade cronológica não é um bom indicador para avaliar de forma mais ampla o adolescente, devido a variabilidade no desenvolvimento, esse período é marcado por alterações no tamanho, proporção, composição corporal e desempenho físico. Sendo assim o tempo de crescimento e a maturação biológica variam muito na adolescência (LOURENÇO; QUEIROZ, 2010; MALINA, 2011).

Gallahue (1989) cita que o tempo do processo maturacional é altamente variável independente do sexo.

O indicador mais utilizado em estudos longitudinais é a idade do pico de velocidade do crescimento (PVC), que considera a maturidade somática do adolescente (MALINA et al., 2005).

Mirwald et al. (2002) elaboraram uma metodologia extremamente aplicável e não invasiva, onde com uma avaliação única de poucas variáveis antropométricas, capaz de prever a distância em anos que o indivíduo avaliado se encontra da sua idade do PVC

É possível constatar que mais claro são os eventos púberes e não o período cronológico em que os quais acontecem, obviamente pensando em um programa de treinamento para adolescentes é importante que o profissional tenha consciência destes eventos

Com o desenvolvimento do processo maturacional é esperado que ocorram alterações fisiológicas nos indivíduos. O ganho de força, assim como o aumento de massa muscular podem exemplificar tais mudanças. O treinamento desta capacidade motora possibilita uma diversidade de ajustes estruturais e funcionais que acontecem no sistema neuromuscular ocasionando uma melhora na produção de força, resultando também como efeito cascata aumentos consideráveis na agilidade e velocidade, capacidades fundamentais para o rendimento de um bom atleta (MILLER, et al., 2006).

A potência aeróbia mostra-se fortemente influenciada para níveis de melhor desempenho como resposta as interações provenientes dos processos de crescimento,

desenvolvimento e maturação (MALINA, BOUCHARD e BAR-OR, 2004). Tal influência mostra-se como resposta ao aumento da massa muscular isenta de gordura, provocando assim um maior valor absoluto de VO₂máx principalmente em homens. Outras respostas seriam um melhor funcionamento do sistema cardiorrespiratório e da atividade simpática natural nesse processo de progressão à maturidade.

Beunen et al. (2002) mostram que o aumento do VO₂máx é muito próximo a linearidade na faixa dos 7 aos 16 anos de idade em ambos os sexos, porém os valores dos meninos são quase duas vezes maiores do que os mensurados nas meninas. Outra variável fisiológica importante é a potência anaeróbia, resultante das atividades de altíssima intensidade e duração curta, no presente estudo foi utilizado o RAST para mensuração da mesma.

Inbar & Bar-Or (1996) apresentam que o valor de CP muscular em repouso são menores em indivíduos pré-adolescentes quando comparados a outros de nível maturacional mais elevado. De maneira geral o desempenho desta variável mostra-se muito mais ligado ao processo maturacional do que a idade cronológica.

Existe uma tendência que indivíduos com maturação precoce apresentem resultados de potência anaeróbia maiores do que os tardios, essa variação no desempenho é provocada por modificações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e neuromotores que ocorrem próximo ao pico de estirão do crescimento. Como exemplo a essas modificações temos um aumento na atividade das enzimas fosfofrutquinase (PFK) e lactato desidrogenase (LDH), aumento da taxa de glicólise anaeróbia e nos níveis de lactato muscular e sanguíneo em intensidades máximas e submáximas (MALINA, BOUCHARD e BAR-OR 2004).

Ainda não há um consenso na literatura quando se trata destas questões combinadas à *performance* do desempenho motor, se por um lado os achados evidenciam não existir diferenças significantes quando comparados grupos que se encontravam em diferentes estágios maturacionais (Ré et al. 2005). Por outro os dados apresentam indícios de uma correlação positiva entre o nível de desempenho motor e o estágio de maturação biológica (FERREIRA et.al., 1990 ; BALE et al., 1992).

Nesse contexto parece ser mais claro que o desenvolvimento da força assim como a velocidade passam por variações em função da idade e da maturação (BERALDO, 2003; MALINA et al., 2005). Vale ressaltar que é necessário realizar a classificação maturacional não apenas de jovens no contexto esportivo, mas em qualquer pesquisa que envolva tal população (BERGMANN et al. 2007).

Com o término do processo de maturação sexual notam-se concentrações mais elevadas de hormônios anabólicos, juntamente com o crescimento da massa muscular e a redução da

gordura corporal. Mediante a estas condições há um quadro extremamente favorável para a melhora do desempenho esportivo (MORTATTI; ARRUDA, 2007).

Devido a tais resultados notou-se que há necessidade de classificar maturacionalmente crianças e adolescentes, visto que existe a possibilidade de haver diferença de performance motora entre sujeitos com a maturação adiantada, normal ou atrasada (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009; MATSUDO, 1995).

Fica evidenciado que o bom desempenho dos jovens atletas masculinos pode ser explicado através das vantagens que os mais avançados maturacionalmente apresentam, variando desde aumento na resistência e força o que proporciona uma base para que estes indivíduos suportem esforços de curta e/ou média duração por mais tempo (MALINA, 2004).

Os dados de Malina (2005) evidenciam que atletas maturacionalmente avançados, tem maior chance no processo seletivo que ocorre nas categorias de base. Sabe-se que a habilidade técnica no futebol parece ser independente do estado maturacional, porém o desempenho motor parece apresentar dependência.

Assim sendo é possível concluir que o conhecimento sobre a potência aeróbia e a sua relação com o status maturacional é uma ferramenta importante para determinação do desempenho motor.

2.6 Futebol, da formação ao rendimento um campo de estudos

Modalidade esportiva de grande expressão mundial, devido a sua enorme popularidade e reconhecimento pode se dizer que o simples ato de chutar uma pedra ou qualquer objeto que se desloque já remete a ideia do tradicional desporto nascido na Inglaterra (GARGANTA, 2006).

O futebol é um objeto de estudo para diferentes áreas do campo científico, a modalidade se enquadra na definição de Jogos Esportivos Coletivos (JEC), caracterizados pelo confronto de duas equipes, com caráter aleatório, em estado variável e de imprevisibilidade, mediante à relação de cooperação– oposição, delimitado por tempo-espço e situação (Garganta, 2001; Greco & Benda, 1998) desta forma a modalidade pode ser considerada a mais imprevisível e aleatória dos JEC (Dufour, 1993), devido ao número de jogadores e da dimensão do espaço (Costa et al., 2002).

O entendimento tático e a ocupação dos espaços em campo envolvem processos cognitivos tais como, percepção e tomada de decisão (Matias & Greco, 2009). O processo de

ensino-aprendizagem-treinamento vem sendo estudado afim de melhorar os aspectos supracitados, desta maneira uma gama estudos buscaram avaliar a compreensão tática de atletas de Futebol e Futsal (Giacomini, 2008; Praça, 2014; Silva, Praça, Torres, & Greco, 2013; Soares, 2011) a partir de instrumentos especificamente desenvolvidos e validados como o KORA (Memmert, 2002) e o FUT-SAT (Costa, Garganta, Greco, Mesquita, & Maia, 2011).

A aprendizagem tática resulta do processo de ensino-aprendizagem-treinamento experimentado ao longo da vida de cada um dos atletas (Greco & Benda, 1998). Neste contexto, o conhecimento do jogo não é apenas geral, mas específico para a modalidade em questão (Garganta, 1997). Assim, cabe ao atleta ser capaz de um eficiente processamento cognitivo (Afonso et al., 2012) afim de responder às problemáticas apresentadas no jogo (Mesquita, 2013).

Atualmente existe uma enorme diversidade de pesquisas em busca de métodos de otimização do condicionamento físico do futebolista, dando ênfase no treinamento (HELGERUD et al., 2001; LITTLE; WILLIAMS, 2007; BRAVO et al., 2008), assim como nas avaliações físicas (ABRANTES et al., 2004; SVENSON; DRUST, 2005), caracterização fisiológica (TUMILTY, 1993; WISLOFF; HELGERUD; HOFF 1998;), a relação de índices que melhor se relacionam com o desempenho (HOFF et al., 2002; RAMPININI et al., 2007) e análise dos padrões do jogo.

Em meados dos anos 80 surgiu na Europa uma iniciativa que tinha como intuito sistematizar o conhecimento em futebol, através de congressos que promovessem um aumento na produção bibliográfica. Apesar da modalidade em questão não ser uma ciência exata é de extrema importância estudar o futebol. Os pesquisadores da área podem auxiliar a comissão técnica em diversos problemas relacionados ao entendimento do jogo, como o comportamento das equipes, através da análise e identificação de padrões (GARGANTA, 2001).

Nota-se que o desporto pode ser visto e referenciado por diversas áreas do conhecimento científico, objeto de estudo desde as áreas mais básicas até o campo das ciências aplicadas.

A crescente profissionalização e comercialização do esporte, acompanhado pelo aumento da iniciativa privada e possibilidades de independência econômica têm levado os profissionais envolvidos na área esportiva a uma constante busca pelo sucesso, essa pretensão pelo alto rendimento implica em aprimoramentos tecnológicos e domínios de conhecimentos científicos para uma melhor preparação dos atletas.

Do ponto de vista fisiológico o futebol é extremamente complexo com ações específicas que claramente envolvem fontes energéticas distintas. A literatura apresenta dados mostrando que na maioria das ações do jogo há o predomínio do metabolismo oxidativo, porém o resultado

final é decidido em lances rápidos de estímulos glicolíticos como o passe, arremate, dribles e sprints curtos. A posição onde o atleta atua também é um aspecto de diferenciação que corroboram com estes dados (BANGSBO, 1991 e 1993; REILLY, 1990).

Dentre as várias possíveis vertentes quando se estuda o futebol, a preparação física surge num cenário de extrema importância, visto que recentemente Aquino et al. (2017) evidenciaram que a definição do resultado ocorre por meio de ações de alta intensidade, logo conclui-se que a equipe com melhor condição física irá suportar a demanda fisiológica para tais ações por mais tempo garantindo assim mais chances de sucesso.

Mediante a todo esse cenário supra-citado soma-se o processo de formação de novos atletas, sendo assim a iniciação esportiva é cada vez mais precoce o que está relacionado com o interesse de formar campeões olímpicos e/ou mundiais a qualquer custo. Desta forma vários institutos e pesquisadores tem se preocupado em quantificar aspectos do treinamento em crianças e adolescentes, porém é necessário ressaltar que durante as fases pré-púbere e púbere a maturação biológica pode diferir consideravelmente para a mesma idade cronológica por causa do resultado das modificações ocasionadas pelo crescimento e desenvolvimento, sendo assim o treino deve ser adequado ao nível maturacional, para que seja melhor aproveitado pelo atleta, na idade que estiver (ROWLAND, 1996).

Através de um levantamento bibliográfico para verificar a interação das capacidades motoras com a maturação nota-se que já existem relações bem delimitadas, para Rowland (2008) e Ford et al. (2011) a resistência aeróbia tem sua fase sensível de treinamento no período antecede o PVC. Com relação a velocidade e a força Philippaerts et al. (2006), Mendez-Villanueva et al. (2010) e Ford et al. (2011) citam que essa fase ocorre durante e logo após o PVC.

As vantagens que o processo maturacional proporciona a indivíduos engajados em programas de treinamento já foram bem descritas na literatura (HESPANHOL et al., 2008; MALINA, 2011).

3. OBJETIVO GERAL

Verificar a cinética das concentrações de diferentes componentes do eixo GH/IGF-I ao longo de uma temporada competitiva de jogadores de futebol adolescentes, sua relação com desempenho motor e maturação.

3.1 Objetivos específicos

- Medir a concentração sérica de GH e IGF-I e a proteína de ligação IGFBP-3 em jogadores de futebol adolescentes ao longo da temporada competitiva;
- Monitorar a atividade plasmática das enzimas creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) (indicadores de dano muscular) dos jovens futebolistas nas diferentes fases da competição;
- Identificar o nível maturacional pela avaliação do pico de velocidade de crescimento (MIRWALD, 2002);
- Medir a potência aeróbia por meio do teste de *Léger* na fase inicial, intermediária e final da competição;
- Medir a potência anaeróbia dos jogadores com o auxílio do teste RAST nos diferentes momentos da competição;
- Medir a agilidade dos jogadores através do Teste T ao longo da competição;
- Medir a força rápida através do teste de Salto Sêxtuplos, em todos os momentos da competição;
- Medir a velocidade linear cíclica dos jogadores por meio do teste de Velocidade de 30m nas fases inicial, intermediária e final da competição;
- Relacionar a cinética do eixo GH/IGF-I, das proteínas de ligação dos IGFs e da maturação com o desempenho dos jogadores de futebol ao longo da competição.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 População e amostra

A amostra foi selecionada de forma não aleatória, sendo composta por atletas voluntários que estavam treinando regularmente e que completaram toda a bateria de testes e avaliações nos diferentes momentos. O tamanho da amostra foi determinado por conveniência, mediante a disponibilidade e aceitação dos jogadores de futebol em participar do estudo.

Inicialmente o estudo era composto por 21 jogadores de futebol adolescentes, como critério de inclusão era necessário que os atletas realizassem a bateria de testes motores assim como os demais procedimentos (coleta de sangue e sessão de treino padrão) de maneira completa em todos os momentos em que seriam avaliados, porém ao longo dos 7 meses que o estudo ocorreu houve uma perda amostral de 10 atletas, desta maneira foram considerados como amostra neste estudo, 11 jogadores de futebol adolescentes da categoria sub-15 expostos à uma temporada de competitiva.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão de estatura, massa corporal, idade e PVC da amostra.

	ESTATURA	MASSA CORPORAL	IDADE	PVC
Média	174,76±7,59	62,05±7,84	14,93±0,12	0,43±0,58
	(cm)	(kg)	(anos)	(anos)

4.2 Coleta de dados

Após serem informados verbalmente e por escrito, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido a respeito dos procedimentos que foram adotados na pesquisa, os atletas passaram por uma avaliação antropométrica, avaliação da potência aeróbia, anaeróbia, agilidade, força rápida e velocidade linear cíclica.

Figura 2. Sequência de avaliação antropométrica e das baterias de testes motores.

A coleta de sangue foi realizada antes do início da sessão de treino, antecedida por 30 minutos de repouso e após o término da sessão realizada depois de mais 30 minutos de repouso, totalizando duas picadas em cada momento de coleta e seis picadas ao longo da temporada (pré e pós-treino), com um intervalo entre a coleta pré-treino e a coleta pós-treino de aproximadamente 3 horas. Respeitando um intervalo de 48 horas entre a realização da bateria de testes motores e medidas antropométricas da sessão de treino onde realizou-se a coleta de sangue. Cabe ainda ressaltar que nos dias em que ocorreram as baterias de testes e medidas não houve sessão de treino. Todos os procedimentos ocorreram na fase inicial (M1), fase intermediária (M2) e na fase final (M3) da temporada dos atletas que teve uma duração aproximada de sete meses.

Figura 3. Organização da coleta de sangue pré e pós STP

4.3 Sessão de Treino Padrão

A STP adotada foi composta por aquecimento (aproximadamente 15'), onde os atletas realizavam exercícios coordenativos e educativos de corrida seguidos por saltos sobre uma corda elástica, pausa para hidratação e explicação da próxima atividade (5'). A parte principal da sessão consistia em um jogo com espaço reduzido onde os atletas eram instruídos a dar apenas 2 toques na bola, o campo foi dividido em 2 quadrantes e os atletas executaram a tarefa

proposta durante 2 tempos com duração de 20' cada e intervalo de 10', tal estratégia foi utilizada visando simular a intensidade e demanda do jogo real (adaptado de Coelho et al. 2008). Na parte final da sessão todos trotavam por 10' como estratégia de “volta à calma” e desaquecimento.

4.4 Coleta de Sangue

A coleta de sangue venoso foi realizada por um enfermeiro via punção através de acesso ao vaso sanguíneo pela face anterior do antebraço. Sendo realizada em uma sala localizada no próprio centro de treinamento dos atletas. Antes do acesso, a região onde houve a coleta foi devidamente higienizada com etanol a 70%. Foram coletados 5 mL de sangue de cada atleta em tubos com anti-coagulante (EDTA) para obtenção de plasma, e, 5mL em tubos sem adição de anticoagulante para aquisição do soro (10mL pré-treino e 10mL pós-treino) totalizando 60ml ao longo da temporada, que ficaram armazenados entre 0 e 4°C imediatamente após o procedimento. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas entre 0 e 4°C a 1200rpm por 15 minutos para separação do plasma e do soro. Uma vez completada essa etapa, o plasma e o soro são retirados do tubo de coleta e armazenados em tubos de 1,5mL para posterior congelamento a -80°C para as dosagens descritas a seguir. O conteúdo restante dos tubos de coleta foi descartado em lixo biológico (resíduo classe A) e coletado para descarte final pela prefeitura municipal de Ribeirão Preto.

4.5 Imunoensaios

4.5.1 Determinação sérica de GH, IGF-I e IGFBP3

As determinações das concentrações séricas de GH, IGF-I e IGFBP3 foram realizadas por ensaios imunocolorimétricos específicos (Immulite 2000, Siemens, Los Angeles, CA, USA), utilizando-se *kit* comercial (DSL, Diagnostic Systems Laboratories, USA) expressas em ng/mL.

Para as dosagens de IGF-I, as amostras foram submetidas a processo de extração dos IGFs de suas proteínas carreadoras utilizando solução contendo 12,5% de ácido clorídrico 2N e 87,5% de etanol absoluto.

Os ensaios acima descritos ocorreram no Laboratório de Pediatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

4.5.2 Determinação da concentração de CK e LDH

As atividades plasmáticas da CK e da LDH foram determinadas com *kits* comerciais da Bioliquid® (Pinhais, Brasil), que seguem o método proposto pela manufaturadora, que utiliza a inclusão de N-Acetil-Cisteína (NAC) na reação de forma a assegurar a total ativação de CK-MM (isoforma muscular). Os procedimentos de análises bioquímicas foram realizados a partir da junção da solução tampão (frasco de 2,5ml) a um reativo específico, deixando-os em banho-maria a 37°C por um minuto. Logo após, adicionou-se 20µL de plasma à solução reativa, deixando novamente a mistura em banho-maria a 37°C por mais um minuto. Imediatamente ao final desse um minuto, processou-se quatro leituras, esses momentos foram: imediatamente a colocação e um minuto de intervalo entre uma leitura e outra para que fosse obtido o valor do Δ , com absorbâncias de uma onda de 334nm. Os cálculos da atividade da CK (U/A) e LDH (U/A) nas amostras foram realizados por meio da equação $CK = 8252 \times \Delta \text{ absorvância/minuto}$ e $LDH = 8321 \times \Delta$ respectivamente.

4.6 Avaliação da maturação somática

O Pico de Velocidade de Crescimento (PVC) da população amostral foi obtido através da determinação da idade do PVC, nas interações das medidas antropométricas: massa corporal, estatura, altura tronco cefálico, e comprimento da perna com a idade cronológica, sendo estimada pela equação descrita por Mirwald et al., (2002). A estatura assim como a altura tronco-cefálica foi mensurada com um estadiômetro de madeira, no qual a escala possuía precisão de 0,1cm. É importante salientar que a altura tronco-cefálica foi obtida através método de tríplice coincidência, já que era esta foi uma das medidas mais solicitadas na formula preditiva do PVC. O comprimento de membros inferiores foi encontrado pela diferença entre a altura tronco-cefálica e estatura.

O PVC é um indicador muito comum em pesquisas longitudinais que considera a maturidade somática do adolescente. Através dessa ferramenta pode-se acompanhar as variáveis de crescimento, e é possível encontrar o momento em que o indivíduo atinge o PVC (BAXTER-JONES; EISENMANN; SHERAR, 2005). O PVC, concebido por Mirwald et al (2002), se resume a uma técnica extremamente prática e não invasiva, que necessita avaliar uma única vez poucas variáveis antropométricas, e é capaz de predizer a distância em anos que o indivíduo avaliado esta da sua idade do PVC.

Equação:

$$\text{PVC} = -9,236 + 0,0002708 (\text{CP} \cdot \text{ATC}) - 0,001663(\text{I} \cdot \text{CP}) + 0,007216(\text{I} \cdot \text{ATC}) + 0,02292 (\text{P}/\text{EST})$$

CP = Comprimento da Perna;

ATC = Altura Tronco Cefálico;

I = Idade;

P = Peso;

EST = Estatura;

4.7 Testes Motores

4.7.1 Determinação da potência aeróbia – Teste de *Léger*

Para inferência da potência aeróbia dos jogadores de futebol, foi utilizado o teste de corrida de ida-e-volta (LÉGER et al., 1988). Neste teste, os indivíduos deslocam-se de uma linha à outra sobre uma distância de 20 metros, mudando o sentido em concordância com sinais sonoros emitidos por um aparelho de som colocado entre as duas marcas que delimitam a distância. O sinal sonoro fica progressivamente mais rápido à medida que o teste está sendo realizado. Os estágios apresentam uma duração de um minuto, com numeração progressiva a cada 30 segundos. No teste, sempre que o sinal sonoro soa, os avaliados devem estar com o pé sobre a marca do início ou do final dos 20 metros.

O teste de corrida de ida-e-volta começa com uma velocidade inicial de 8,5 km/h e apresenta um aumento na velocidade de 0,5 Km/h a cada minuto. O teste é encerrado quando o indivíduo interrompe a corrida ou se atrasa em relação ao sincronismo do sinal sonoro por distância maior do que 2 metros. O último estágio completado é registrado para o cálculo do consumo máximo de oxigênio, que será realizado mediante a seguinte fórmula:

- Fórmula utilizada para menores de 18 anos:

$$\text{VO}_2\text{max} = 31,025 + 3,238 \times (\text{Vel.}) - 3,248 \times (\text{Idade.}) + 0,1536 \times (\text{Vel.}) \times (\text{Idade.})$$

4.7.2 Determinação da potência anaeróbia – RAST (*Running-based Anaerobic Sprint Test*)

Os atletas foram submetidos a seis esforços máximos de 35 metros, com 10 segundos de pausa passiva. A potência (P; W) para cada esforço obteve-se através do produto entre a

massa corporal total do atleta (MC; kg) e a distância de cada esforço elevada ao quadrado (35 m). O resultado foi dividido pelo tempo de cada esforço (T; s) elevado ao cubo (Equação 1):

$$\text{Equação 1} - P (W) = \frac{MC \times 35^2}{T^3}$$

Foram registrados como parâmetros anaeróbios do RAST: a potência máxima (Pmax; maior potência entre os seis esforços), potência média (Pmedia; média entre as potências dos seis esforços), potência mínima (Pmin; menor potência entre os seis esforços), tempo total (TT; somatória do tempo dos seis esforços), índice de fadiga (IF; W.s-1; Equação 2):

$$\text{Equação 2} - IF (W.s-1) = \frac{(P_{max} - P_{min})}{TT}$$

Os resultados de Pmax, Pmedia, Pmin e IF relativos à massa corporal total de cada atleta foram utilizados como parâmetros anaeróbios do RAST e por isso devem inferir a potência anaeróbia dos jogadores nos diferentes momentos da temporada (ROSEGUINI, SILVA, GOBATTO, 2008).

4.7.3 Determinação da Agilidade – Teste T

Para a realização do teste foram utilizados 4 cones, conforme nota-se na figura a baixo. Os atletas tiveram que iniciar a corrida deslocando-se até o meio do T onde teriam que tocar um cone, e então deslocar-se para o cone à sua direita, seguindo após para o cone da esquerda, voltar ao cone do meio e por fim retornar ao ponto de partida onde encerra-se a contagem do tempo. As distancias são de 10 metros do ponto de partida até o primeiro cone e 5 metros do cone central aos laterais. Os atletas realizaram o teste 3 vezes adotando o melhor tempo anotado.

Adaptado de Guincho, D., (2007).

Figura 4. Esquema do teste T, com direcionamento da corrida.

4.7.4 Determinação da Força Rápida – Salto Sêxtuplo

O avaliado iniciou o teste na posição em pé, parado atrás da linha inicial demarcada no solo, com as pernas na posição antero-posterior. O início do pé posicionado à frente se manteve no início da linha inicial. O avaliado realizou um salto contra movimento com auxílio dos braços, seguido de outros seis saltos unilaterais de forma alternada (direita / esquerda) e finalizou o teste no sexto salto com os dois pés. A medida foi realizada entre o ponto de partida e o calcanhar do pé mais próximo do ponto inicial, com precisão de 0,5 cm. Os atletas realizaram o teste 3 vezes adotando a melhor distancia anotada.

4.7.5 Determinação da Velocidade Linear Cíclica – Corrida de 30m

Objetiva medir a velocidade de aceleração, uma vez que a velocidade máxima alcançada, dependendo do treinamento, está localizada entre os 25 e 30 metros. Em um espaço de aproximadamente 45 metros, previamente demarcado, o avaliado se posicionou atrás da linha de partida e ao estímulo sonoro do primeiro avaliador, deslocou-se na máxima velocidade em direção a linha de chegada, onde estava posicionado o segundo avaliador. Quando o avaliado cruzou a linha de partida, o primeiro avaliador acionou o seu cronômetro e o segundo avaliador também. Assim que o avaliado ultrapassou com todo o corpo a linha de chegada, os dois avaliadores pararam os respectivos cronômetros. Os dois avaliadores se reuniram e simultaneamente compararam os seus cronômetros. O tempo obtido pela média entre os dois cronômetros foi utilizado. Os atletas realizaram o teste 3 vezes adotando o melhor tempo anotado (adaptado de Little T, Williams AG, 2005)

4.8 Análise Estatística

Para a análise do comportamento do eixo GH/IGF-I e IGFBP3 nos diferentes momentos da competição (M1 x M2 x M3) e antes e após a sessão de treino padronizada (pré x pós) foram utilizados os testes não-paramétricos de Friedman e Wilcoxon, respectivamente, adotando-se um nível de significância de 0,05. Como o teste de Friedman não apresenta um teste de Pós-Hoc, no caso de serem identificadas diferenças estatísticas ao longo da temporada competitiva nos valores séricos de GH, IGF-I foi aplicado o teste de Wilcoxon a fim de identificar onde tais diferenças ocorreram.

A comparação dos índices das capacidades motoras entre os três momentos da coleta de dados (M1, M2 e M3) foi realizada a partir do Anova para medidas repetidas, seguido, quando necessário, do teste *post-hoc* de Bonferroni.

Foi utilizado a correlação de *Spearman* entre os resultados dos testes motores e o eixo hormonal.

Para verificar se houve diferença entre os marcadores de dano muscular no sangue (CK e LDH) Pré-STP e Pós-STP nos 3 momentos da competição foi utilizado o Teste T de *Student* para amostras pareadas.

Para análise estatística foi utilizado o software SPSS (*Statistical Package for Social Science for Windows®*), versão 20.0.

O nível de significância adotado para este estudo foi de $p \leq 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1 Eixo GH/IGF-I e IGFBP3

Na tabela 2 encontram-se os valores médios e desvio padrão referente as concentrações séricas dos hormônios GH, IGF-I e IGFBP3 ao longo do Campeonato Paulista sub-15.

Por meio do teste de *Friedman* foi possível identificar diferenças estatisticamente significativas nas concentrações de IGF-I dosados nos diferentes momentos (M1, M2 e M3) do Campeonato Paulista Sub-15. Com o auxílio do teste de *Wilcoxon* foi encontrada diferença significativa entre os momentos Pré-STP M2 Vs Pós-STP M2 ($459,9 \pm 67,52$ Vs $519 \pm 115,39$, $p=0,05$) e Pré-STP M3 Vs Pós-STP M3 ($460,72 \pm 94,65$ Vs $428,72 \pm 87,33$, $p=0,04$), sendo que no M2 houve aumento na concentração deste hormônio ($59,09 \pm 95$ ng/ml, $p=0,05$) enquanto no M3, decréscimo desta variável (-32 ± 49 ng/ml, $p=0,04$), conforme demonstrado na tabela 2

Seguindo o mesmo procedimento anterior (teste de *Friedman*), foi possível verificar diferenças estatisticamente significativas para a proteína de ligação IGFBP3. Através do teste de *Wilcoxon* foi encontrada diferença quando comparado os valores Pré-STP M2 Vs Pré-STP M3 ($4,91 \pm 1,04$ Vs. $4,6 \pm 1,0$ mg/l; $p=0,03$) e Pós-STP M2 Vs Pós-STP M3 ($5,53 \pm 1,7$ vs. $4,5 \pm 0,8$ mg/l; $p=0,04$).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão dos hormônios que compõem o Eixo GH/IGF-I e IGFBP3 pré e pós STP

Momentos	GH	GH	GH Δ	IGF-I	IGF-I	IGF-I Δ	IGFBP3	IGFBP3	IGFBP3 Δ
	Pré - STP	Pós - STP	Pós/PréM1	Pré - STP	Pós - STP	Pós/PréM2	Pré - STP	Pós - STP	Pós/PréM3
M1	2,85 $\pm$ 2,94	1,75 $\pm$ 2,31	-1,1 $\pm$ 0,63	445,54 $\pm$ 91,1	455,09 $\pm$ 87,75	9,54 $\pm$ 3,36	4,46 $\pm$ 0,63	4,61 $\pm$ 0,79	0,14 $\pm$ 0,16
M2	4,29 $\pm$ 4,48	4,11 $\pm$ 6,15	-0,18 $\pm$ 1,67	459,9 $\pm$ 67,52*	519 $\pm$ 115,39*	59,09 $\pm$ 95	4,91 $\pm$ 1,04●	5,53 $\pm$ 1,66●	0,62 $\pm$ 0,65
M3	7,35 $\pm$ 7,36	2,5 $\pm$ 2,57	-4,85 $\pm$ 4,79	460,72 $\pm$ 94,65*	428,72 $\pm$ 87,33*	-32 $\pm$ 49	4,6 $\pm$ 0,97†	4,5 $\pm$ 0,79†	-0,01 $\pm$ 0,17

Nota: STP = Sessão de Treino Padrão. * Diferença entre momentos Pré e Pós – STP; ●Diferença entre momentos Pré-STP M2 Vs Pré-STP M3;

†Diferença entre momentos Pós-STP M2 Vs Pós-STP M3.

5.2 Testes Motores

Na tabela 3 encontram-se os valores médios e desvio padrão referente ao desempenho motor dos atletas avaliados durante a competição, seguindo a dinâmica de 3 coletas em momentos diferentes (M1, M2 e M3).

Por meio do teste Anova para medidas repetidas, seguido, quando necessário, do teste *post-hoc* de Bonferroni foi observado que existe variação significativa entre os testes: velocidade de 30m VS. Momentos ($p=0,03$) sendo identificada diferença entre os momentos M1 ($4,47 \pm 0,14$) e M2 ($4,29 \pm 0,17$); Teste T de agilidade VS. Momentos ($p=0,004$) com diferença entre os momentos M2 ($8,91 \pm 0,33$) e M3 ($9,25 \pm 0,30$); nas variáveis do RAST, Potência Média VS. Momentos ($p=0,007$) sendo M1 ($409,1 \pm 87,3$) e M2 (458 ± 100), Potência Pico VS. Momentos ($p=0,03$) onde M1 ($507,6 \pm 26,7$) e M2 ($562,8 \pm 34,7$) e Potência Mínima VS. Momento ($p=0,007$) nos momentos M1 ($305,5 \pm 28,9$) e M2 ($376,75 \pm 25,01$).

Os demais testes, Sêxtuplo e $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ não apresentaram diferença significativa.

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão obtidos nos testes motores ao longo da temporada

Momentos	V30m (s)	Teste T (s)	Salto Sêxtuplo (m)	VO₂máx (ml/Kg/min)	Pot_Med (W)	Pot_Pico (W)	Pot_Min (W)
M1	4,47±0,17	9,33±0,28	13,99±0,40	50,82±2,79	409,08±87,27	507,58±92,42	305,50±100,12
Δ M1/M2	-0,18	-0,42	0,11	0,25	48,82	55,25	71,25
M2	4,29±0,14*	8,91±0,33†	14,10±0,82	51,07±3,67	457,90±100,93*	562,83±120,21*	376,75±86,63*
Δ M2/M3	0,14	0,34	-0,15	-2,14	-33,32	-13	-43,66
M3	4,43±0,2	9,25±0,3	13,95±0,72	48,93±3,55	424,58±50,68	549,83±83,39	333,09±39,58
Δ M3/M1	0,04	0,08	0,04	1,89	-15,5	-42,25	-27,59

Nota: M1 = Coleta inicial realizada em fevereiro. M2 = Coleta realizada em julho no quarto mês da temporada. M3 = Coleta realizada em outubro no sétimo mês da temporada. Pot_Med = Resultado da potência média obtida através do RAST. Pot_Pico = Resultado da potência pico obtida através do RAST. Pot_Min = Resultado da potência mínima obtida através do RAST. *Diferença entre momentos M1 X M2. †Diferença entre momentos M2 X M3.

Tabela 4. Cinética da atividade plasmática da CK nos momentos Pré e Pós – STP, valores médios, desvio padrão e Δ da alteração

	Pré STP	Pós STP	Δ da alteração
M1	188,6 $\pm$ 86,78	267,02 $\pm$ 87,5*	78,41
M2	194,15 $\pm$ 107,46	363,09 $\pm$ 226,2*	168,94
M3	299,5 $\pm$ 143,38	324,3 $\pm$ 181,45	25,24

Nota CK (U/A). *Diferença Pré e Pós STP

A tabela 4 apresenta os valores em média e desvio padrão referentes a atividade plasmática da CK.

Por meio do teste de Anova para medidas repetidas não foi possível identificar diferença significativa entre o Δ obtido Pré e Pós-STP dos valores de CK nos diferentes momentos (M1, M2 e M3). No entanto, com o auxílio do Teste “t” de *Student* para amostras pareadas foi possível identificar diferença significante no Pré e Pós STP no M1 e no M2.

Tabela 5. Cinética da atividade plasmática da LDH nos momentos Pré e Pós – STP, valores médios, desvio padrão e Δ da alteração.

	Pré STP	Pós STP	Δ da alteração
M1	137,67 $\pm$ 70,34	178,52 $\pm$ 129,83	40,84
M2	193,65 $\pm$ 129,76	209,53 $\pm$ 52,33	15,88
M3	206,51 $\pm$ 53,51	238,28 $\pm$ 75,28	31,77

Nota LDH (U/A)

A tabela 5 apresenta os valores em média e desvio padrão referentes a atividade plasmática da LDH.

Por meio do teste de Anova para medidas repetidas não se observou diferença significativa entre o Δ obtido Pré e Pós-STP dos valores de LDH nos diferentes momentos (M1, M2 e M3). Ao se comparar os valores com o auxílio do Teste “t” também não se observou diferença estatisticamente significativa.

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão da avaliação da maturação ao longo da temporada

	PVC
M1	0,43±0,58
M2	0,48±0,59
M3	0,85±0,47

Nota PVC (anos)

A tabela 6 apresenta os valores em média e desvio padrão referentes a idade do PVC dos atletas durante toda a competição.

Por meio do teste Anova de medidas repetidas não foi identificado diferença significativa na maturação em nenhum dos momentos em que os atletas foram avaliados.

5.3 Correlação Entre Testes Motores e Eixo GH/IGF-I

A fim de relacionar os resultados dos testes motores com as concentrações séricas dos hormônios GH, IGF e a proteína de ligação IGFBP3 utilizou-se a correlação *Spearman*.

Após a análise para a maioria dos dados não se observou correlação significativa entre as variáveis analisadas. A única correlação que apresentou de forma significativa foi entre os valores de GH e potência pico, no entanto com um $r = 0,36$ classificada apenas como uma relação de fraca a regular ($p = 0,03$).

Para os demais testes motores quando comparados a todos os outros hormônios e a proteína de ligação não houve correlação significativa. Valores de significância e coeficientes de variação do GH ($p = 0,13$ a $0,91$ e $r = -0,26$ a $0,17$); do IGF-I ($p = 0,16$ a $0,88$ e $r = -0,25$ a $0,13$); e do IGFBP3 ($p = 0,12$ a $0,96$ e $r = -0,007$ a $-0,27$).

6. DISCUSSÃO

6.1 Eixo GH/IGF-I e IGFBP3

Os principais achados da presente dissertação de mestrado foram:

- a) A cinética das concentrações séricas de IGF-I e IGFBP3 foram alteradas durante a competição.
- b) A cinética das concentrações séricas do GH não apresentou alteração durante a competição;
- c) Os teste motores com predominância do metabolismo anaeróbio tiveram seu melhor desempenho junto com as maiores concentrações de IGF-I observadas ao longo da temporada;
- d) O *status* de maturação dos atletas não apresentou variação ao longo da competição

Por meio da análise dos resultados apresentados é possível compreender que, em resposta aos estímulos provocados pelo Campeonato Paulista Sub-15, a cinética hormonal do IGF-I dos atletas pode ser caracterizada com alterações de forma aguda, uma vez que, o hormônio variou dentro de uma mesma sessão (Pré Vs Pós M2) e também cronicamente aos estímulos da competição, pois houve alteração entre momentos (M2 Vs M3) (Tabela 2). O presente estudo corrobora com a teoria de um comportamento bifásico do eixo GH/IGF-I. Este comportamento foi hipotetizado na literatura por diversos autores como a “Teoria das duas fases” (ELIAKIM et al., 1998; ROSENDAL et al., 2002; NEMET, ELIAKIM, 2010; ELIAKIM, NEMET, 2010; ELIAKIM, NEMET, 2013).

Apesar das concentrações de GH não diferirem significativamente durante a temporada, os resultados de IGF-I apresentam uma fase anabólica evidenciada pelo aumento na concentração pós STP no M2. Além disso, o Δ pré e pós STP foi maior no M2 quando comparado ao M3 ($p=0,05$).

Recentemente, Tourinho et al. (2016) demonstraram, de forma pioneira, a redução significativa nos valores de IGF-I durante a fase específica e um aumento nestes mesmos valores durante a fase de polimento ao longo de uma temporada de treinamento de natação para adolescentes.

Os resultados encontrados no presente estudo discordam da revisão publicada por Eliakim, Nemet e Cooper (2014), onde nenhuma das sessões típicas de treinamento para os esportes avaliados (Voleibol, Cross-Country, Polo Aquático e Luta Greco-Romana) foi capaz de produzir aumento significativo nos níveis séricos de IGF-I. Outro ponto

importante nesta riquíssima revisão é que os autores citam que apenas os estudos realizados no laboratório com séries de esforços curtos com intensidade supra-máxima (três testes consecutivos de *Wingate*) e exercício aeróbio intenso (10min de cicloergômetro em intensidade acima do limiar anaeróbio) levaram a aumentos nos níveis de IGF-I. O que se sugere, neste sentido, é que possivelmente as sessões de treinamento utilizadas no cotidiano dos atletas não apresentam estímulos fortes o suficiente para provocar aumentos nos valores de IGF-I.

Nota-se, por meio de revisão da literatura de Eliakin, Nemet, Cooper, 2014, algumas questões que ainda podem ser melhor explicadas, havendo necessidade de mais pesquisas e experimentos, evidenciando uma lacuna que o presente estudo ajuda a preencher. A análise de parâmetros hormonais, motores e maturacionais em resposta às exigências impostas por uma competição. Ainda para os autores da revisão supracitada, esta é uma lacuna importante a ser investigada, visto que poucos estudos têm examinado o comportamento do eixo GH/IGF-I em repostas aos estímulos provocados pelos programas de treinamento utilizados no cotidiano dos atletas, principalmente com a amostra selecionada, ou seja, adolescentes.

No estudo dirigido por Mejri et al. (2005), e que serviu como parâmetro para a presente pesquisa, foram verificados os efeitos de um programa de treinamento de futebol sobre os níveis de GH e IGF-I. Foram investigados 13 jogadores de futebol jovens (19 ± 1 anos) por meio de um teste submáximo realizado em um cicloergômetro no início, meio e fim da temporada dos atletas, que se estendeu de outubro a maio. Através da análise de amostras de sangue coletadas em repouso, ao final do teste submáximo e 30 e 60min durante o período de recuperação, os autores verificaram que os níveis de GH aumentaram com o exercício realizado durante o teste submáximo, porém as respostas significativamente mais altas foram observadas no início da temporada quando comparadas com as obtidas no meio e final do programa de treinamento.

Estes dados não corroboram com os achados no presente estudo, uma vez que as concentrações de GH não apresentaram variação. Ainda para os autores, o comportamento do GH ao longo da temporada de treinamento de futebol pode representar uma adaptação ao exercício com o treinamento. Com relação aos níveis de IGF-I, estes permaneceram estáveis ao longo da temporada, outro ponto que difere dos resultados aqui encontrados, indicando que as concentrações de IGF-I após a realização de exercícios podem estar dissociadas dos mecanismos que estimulam a produção de GH. Em particular, no estudo supracitado, não foi possível observar a hipótese que especula a

possibilidade de um comportamento do eixo GH/IGF-I ocorrer em duas fases: catabólica e anabólica ao longo de uma temporada de treinamento. As diferenças nos resultados apresentados por Mejri et al. (2005), com o presente estudo talvez sejam em função dos procedimentos metodológicos utilizados por ambos. Uma vez os jogadores foram avaliados em cicloergômetro, enquanto que neste trabalho houve um monitoramento através de uma sessão que simula as condições de jogo.

Após uma extensa revisão foi possível encontrar o estudo realizado por Koziris et al. (1999). O trabalho teve como objetivo determinar se um programa de treinamento realizado durante 5 meses com nadadores experientes com idade entre 18 e 22 anos de ambos os sexos, iria provocar alterações nos níveis séricos de IGF-I total, IGF-I livre e de suas proteínas de ligação, IGFBP-1 e 3. Para tal análise foram coletadas amostras de sangue em 5 momentos da temporada. Os resultados obtidos mostraram um efeito positivo do treinamento sobre os níveis séricos de IGF-I. Mas, é preciso atentar ao fato de que, após dois meses de treinamento, apenas uma modesta elevação nos níveis de IGF-I tenha ocorrido, o que leva a crer que é necessário um tempo relativamente longo para se verificar o pico de aumento nos níveis de IGF-I com este tipo de treino. Em conclusão ao estudo, os autores definem que os níveis de IGF-I livre, total e de IGFBP-3 podem ser aumentados com treinamento intenso.

O IGFBP3, importante proteína de ligação, também foi analisado no presente estudo e nota-se através dos resultados que esta proteína foi sensível aos efeitos crônicos da temporada competitiva.

De forma resumida, atualmente existem dados sugerindo que as respostas dos hormônios que compoem o eixo GH/IGF-I, mediante a sessões de treinamento ou protocolos de treino, podem ser usadas como uma ferramenta bastante objetiva para monitorar a carga de treinamento ou para planejar de forma mais adequada os ciclos de treinamento ao longo das temporadas dos atletas (Eliakin e Nemet, 2013).

6.2 Biomarcadores de dano muscular indireto

Com relação aos demais marcadores de dano muscular vistos neste estudo, observa-se que diversos pesquisadores têm buscado investigar quais os efeitos da prática do futebol sobre a musculatura por meio do monitoramento da CK e da LDH, caracterizados como marcadores confiáveis para verificação de dano muscular (ASCENÇÃO et al., 2008). Reilly e Ekblom (2005) estudaram o comportamento da CK

durante um jogo de futebol, e verificaram um aumento significativo após o jogo (74% de aumento da CK). Além disso, os mesmos autores apresentaram uma correlação significativa entre a CK e o número de *sprints* realizados em uma partida. Ademais, foram encontradas correlações significantes entre a porcentagem de aumento da CK e a distância percorrida em alta intensidade e em *sprinting* na partida.

No presente estudo, tal relação não foi bem estabelecida, conforme visto nas tabelas 4 e 5. Nota-se que a STP foi suficiente para provocar alterações no comportamento da CK, porém quando comparados os diferentes momentos ao longo da competição, não é possível observar diferença significativa tanto para CK quanto para LDH. Este resultado pode ser visto como efeito de adaptação positiva aos estímulos, por meio da qual os atletas tendem a suportar melhor as cargas de treinamento impostas, não alterando, assim, o padrão indireto de dano muscular, mas o que vale atentar-se é para o seguinte questionamento: seria esta a melhor maneira de monitoramento, ou será que cabem novas estratégias e biomarcadores de estado de treinamento?

Em acréscimo, como já visto, existem marcadores sanguíneos de dano muscular validados na literatura e utilizados em grande escala para monitoramento de cargas e avaliação de dano muscular que ainda apresentam dificuldades em apontar com clareza um biomarcador de estado de treinamento. Hecksteden et al. (2016) comparou os resultados encontrados através da análise de CK e do IGF-I para atletas de jogos com bola, ciclistas e atletas que treinavam exclusivamente força durante 11 dias. Como resultado, foi possível notar que nem sempre a CK se mostrou sensível o suficiente para acompanhar o estado de treinamento.

6.3 Maturação no Futebol

Os resultados desse estudo demonstraram que todos os atletas, quando avaliados, estavam com sua maturação próxima ao momento em que ocorreu o PVC, visto que os valores do PVC foram sempre positivos e sem diferença significativa entre os momentos coletados. Existem diversas classificações para o período pubertário. Silva (2013), através de um levantamento estabelecido pelo escore Z, determina que sujeitos que estejam com o resultado do PVC entre -1,00 a -2,99 ainda estão na fase anterior ao PVC, valores entre 0,99 a -0,99 são classificados como a fase onde o PVC está ocorrendo e valores que variam de 1,00 a 2,99 já estão no período posterior ao PVC.

Em paralelo ao que é demonstrado na literatura, é possível notar que tal resultado se enquadra com as demais pesquisas, Lefreve et al., (1990); Beunen et al., (1997); Iuliano-Burns; Mirwald; Bailey (2001); Sherar; Baxter-Jones; Mirwald (2004), os quais apresentaram valores de 14,3 anos; 14,2 anos; 13,40 anos; e 13,70 anos de idade no PVC, respectivamente. Em uma realidade mais próxima à do estudo, Bergmann *et al.*, (2007) encontraram médias de idade do PVC apresentando valores entre 12 e 13 anos para escolares brasileiros e Machado, Bonfim e Costa (2009), em estudo com jovens futebolistas brasileiros, encontraram média de 14,70 anos para o PVC.

Especificamente sobre o desempenho nos testes motores, foi possível verificar que as capacidades força rápida e potência aeróbia não apresentaram diferença nos momentos observados. Com relação a potência aeróbia, definida como máximo volume de oxigênio que um indivíduo é capaz de consumir em nível muscular por unidade de tempo, tem-se que esta capacidade passa por alterações importantes na direção de um melhor desempenho, seguindo o aumento das dimensões corporais, principalmente dos órgãos e sistemas que são determinantes para a performance aeróbia, os sistemas cardiovascular, respiratório, músculo esquelético e ainda o sistema metabólico e termorregulatório. Neste trabalho, tal variável foi mensurada pelo teste *Léger* e está expressa em valores relativos ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (MALINA, BOUCHARD e BAR-OR, 2004).

A literatura demonstra um padrão da evolução do $\dot{V}\text{O}_2\text{máx}$ nos meninos durante o crescimento que segue uma dinâmica linear ao status maturacional quando expressos em de maneira absoluta ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$), logo, evidencia-se um incremento da potência aeróbia com o aumento da idade biológica. Esse aumento parece ser próximo a 10% ao ano durante o período que vai dos 8 aos 16 anos de idade (MIRWALD & BAILEY, 1986). Porém, quando o mesmo valor é expresso de maneira relativa, os resultados do $\dot{V}\text{O}_2\text{máx}$ para os meninos parecem ser relativamente independentes da maturação, uma vez que há uma estabilização dos valores encontrados dos 8 aos 16 anos (ARMSTRONG & WELSMAN, 2007). Estes dados corroboram com os achados no presente estudo e ajudam a compreender melhor o resultado do $\dot{V}\text{O}_2\text{máx}$.

O desempenho anaeróbio, seja ele da potência e/ou capacidade das crianças e dos adolescentes, segue uma ordem de desenvolvimento intimamente relacionada ao processo maturacional. De maneira sucinta, ocorre uma série de alterações no organismo que podem ser estabelecidas por: aumento progressivo na massa muscular, na taxa de glicólise anaeróbia, na atividade da enzima fosfofrutoquinase (PFK) e nos níveis de

lactato muscular e sanguíneo em intensidades máximas e submáximas; decréscimo do pH do sangue em esforços máximos e uma melhora no controle motor desses jovens.

Elegantemente ainda sobre essa ampla questão, Malina, Bouchard e Bar-Or (2004) citam que o treinamento de maneira estruturada e sistematizada pode ser um fator influenciador na performance anaeróbia das crianças e adolescentes.

Os resultados apresentados neste trabalho ajudam a elucidar este fato, pois os testes onde há predominância do metabolismo anaeróbio como o RAST, V30m e o Teste T apresentaram um momento com melhor desempenho durante a competição sem que houvesse mudança no status da maturação. Concomitante a tais resultados, é sabido que a questão maturacional parece ser muito relevante, ao analisar o estudo de Siqueira (2008), no qual o autor comparou a potência anaeróbia em jovens futebolistas. Os atletas foram classificados de acordo com o nível maturacional, pré-púbere, púbere e pós-púbere, e concluiu-se que há diferença significativa entre os estágios. Desta forma evidencia-se o desenvolvimento progressivo desta capacidade associada a mudança no estágio de maturação, fato que não ocorreu no presente estudo.

Em outros apontamentos da literatura que ajudam na compreensão destes fatores, Asano et al. (2009) encontrou resultados que corroboram com os encontrados na literatura, ao constatar que a categoria mais jovem analisada em seu estudo, sub-13, apresentou resultados significativamente abaixo dos encontrados nas categorias sub-15 e sub-17. Tal fato parece ser explicado devido à categoria dos sub-13 ainda não apresentar a capacidade anaeróbia totalmente desenvolvida. De maneira similar, Spigolon et al. (2007) comparou através do RAST quatro categorias, sendo elas, profissionais, juniores, sub-17 e sub-15. Os resultados demonstram que com o avançar da idade há um melhor desempenho anaeróbio. Contudo, as idades nas quais se atingem as maiores potências musculares (15-16 anos) não devem ser confundidas com o estado de treinamento (MACHADO, 2009).

Outra importante relação aos resultados da literatura é no sentido de que a capacidade anaeróbia é dependente da idade cronológica em jogadores de futebol, ainda mais quando se trata dos primeiros estágios pós-maturação, como a amostra analisada no presente estudo, pois é nessa fase quando ocorrem as mudanças hormonais e morfológicas. Como já foi explicado previamente, neste trabalho tais alterações são responsáveis pelo incremento de massa muscular (DENADAI; GUGLIENO; DENADAI, 1997).

Especificamente, no presente estudo, as cinéticas das concentrações séricas dos mediadores de crescimento mostraram-se sensíveis tanto aos efeitos agudos como aos efeitos crônicos dos estímulos causados pela competição; com relação ao desempenho motor, parece pertinente dizer que principalmente quando se trata de metabolismo anaeróbio há uma tendência de que os melhores resultados acompanhem o comportamento do IGF-I e de sua proteína de ligação IGFBP3. Somado este cenário com a avaliação da maturação, parece razoável sugerir que alguns componentes do eixo, principalmente o IGF-I e o IGFBP3, podem servir como importantes marcadores de estado de treinamento para jovens futebolistas dentro de uma temporada competitiva.

7. CONCLUSÃO

Por meio da análise dos dados foi possível verificar que a cinética das concentrações séricas do GH não se alterou em nenhum dos momentos coletados. Em paralelo a este resultado o IGF-I assim como o IGFBP3 apresentaram variações durante a competição. As alterações do IGF-I representam sensibilidade aos estímulos agudos e crônicos provocados pela competição enquanto a proteína de ligação respondeu de forma crônica, isto é, ao longo da temporada. O M2 é o momento onde notam-se estas conclusões.

Os marcadores de dano muscular observados, CK e LDH não apresentaram diferença entre os momentos coletados (M1, M2 e M3). Com relação a análise realizada dentro do mesmo momento (Pré e Pós STP) nota-se que a STP provocou um aumento na atividade plasmática da CK em 2 momentos, M1 e M2. Enquanto o LDH não demonstrou nenhuma diferença significativa.

A maturação foi avaliada durante toda a temporada competitiva e nota-se que os atletas estavam no momento de ocorrência do PVC. Os resultados obtidos demonstraram sempre valores positivos, não ultrapassando um ano do evento e não houve mudança de estágio maturacional ao longo dos momentos.

Especificamente no M2, os atletas apresentaram melhor resultado no desempenho motor para alguns testes. A velocidade, a agilidade e as variáveis do RAST neste momento (M2) tiveram os melhores resultados. As capacidades mensuradas nos testes de salto sêxtuplo e *Léger* não apresentaram mudança significativa em nenhum momento da competição.

Acompanhando as conclusões apresentadas, fica evidenciado o fato que no momento em que os hormônios sensíveis aos estímulos da competição apresentaram seus maiores valores, os testes motores dependentes do metabolismo anaeróbio também demonstraram melhores rendimentos, desta maneira apesar de não ter sido possível verificar correlação significativa, parece pertinente sugerir uma possível tendência de uma variável influenciar a outra.

Acredita-se ser importante a realização de novos estudos de campo que possibilitem o acompanhamento de programas de treinamento de jovens atletas e os possíveis efeitos sobre o organismo, incluindo citocinas, testosterona, cortisol, níveis glicêmicos e outras proteínas de ligação do IGF-I (IGFBP1), assim como testes que aproximem ainda mais a realidade e a fidedignidade das modalidades esportivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, C.; MAÇÃS, V.; SAMPAIO, J. Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v.3, p.44-49, 2004.

AFONSO, J.; GARGANTA, J.; MESQUITA, I. Decision-making in sports: the role of attention, anticipation and memory. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. Vol. 14. Num. 5. p. 592-601. 2012.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. Exercise Metabolism. In: ARMSTRONG, N. (Ed.). **Pediatric Exercise Physiology**. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone Elsevier, 2007, p. 435-476

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. Young people and physical activity. Oxford: Oxford Univerity Press, 2002.

ASCENSAO, A.; REBELO, A.; OLIVEIRA, E.; MARQUES, F.; PEREIRA, L.; MAGALHAES, J. Biochemical impact of a soccer match - Analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical Biochemistry**, v.41, p.841-851, 2008.

ASANO, R.; BARTHOLOMEU-Neto, J.; RIBEIRO, D.; BARBOSA, A., & SOUSA, M. Potência anaeróbia em jogadores jovens de futebol: Comparação entre três categorias de base de um clube competitivo. **Brazilian Journal of Biomotricity**, São Paulo v.3, n.1, p. 76-82, 2009.

ALTINI NETO A.; PELLEGRINOTTI I. L.; MONTEBELO M. I. L. Efeitos de um programa de treinamento neuromuscular sobre o consumo máximo de oxigênio e salto vertical em atletas iniciantes de voleibol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.12, n.1, p.33-38, 2006.

AQUINO R.L.Q; VIEIRA L.H.P; MENESES R.P. Influence of match location, quality of opponents and match status on movement patterns in brazilian professional football Players. **Journal of Strength and Conditioning Research (Publish Ahead of Print)**. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001674. 2017.

BALE, P.; MAYHEW, J.L.; PIPER, F.C.; BALL, T.E.; WILLMAN, M.K. Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.32, n.2, p.142-8, 1992.

BARROS, T., GUERRA, I. **Ciência do Futebol**. São Paulo: Manole, 2004.

BAXTER-JONES, A. D. G.; EISENMANN, J. C.; SHERAR, L. B. Controlling for maturation in pediatric exercise science. **Pediatric Exercise Science**, v. 17, n. 1, p. 18-30, 2005.

BEHNKE, A.R.; WILMORE, J.H. **Field Methods**. New Jersey, Prentice Hall, 1974.

BERALDO, S. Il miglioramento della forza nell' adolescenza. **AtleticaStudi**, v. 314, p.65-74, 2003.

BERGMANN, G. G.; BERGMANN, M. L. A.; LORENZI, T. D. C.; PINHEIRO, E. S.; GARLIPP, D. C.; MOREIRA, R. B.; MARQUES, A. C.; GAYA, A. C. A. Pico de velocidade em estatura, massa corporal e gordura subcutânea de meninos e meninas dos 10 aos 14 anos de idade. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, n. 4, p. 333-338, 2007.

BEUNEN, G. *et al.* Prediction of adult stature and noninvasive assessment of biological maturation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n. 2, p. 225-230, 1997.

BEUNEN, G.; THOMIS, M. Muscular strength development in children and adolescents. **Pediatric Exercise Science**. v.12, p. 174-197, 2000.

BEUNEN, G.; BAXTER-JONES, A.D.G.; MIRWALD, R.L., THOMIS, M., LEFEVRE, J.; MALINA, R.M.; BAILEY, D.A. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. **Medicine and Science and Sports & Exercise**, vol.33, n.3, p. 503-510, 2002.

COELHO, D.B.; RODRIGUES, V.M.; CONDESSA, L.A.; MORTIMER, L.A.C.F.; SOARES, D.D.; GARCIA, E.S. Intensidade de sessões de treinamento e jogos oficiais de futebol. **Rev. Bras. Educ. Fis. Esp.**, v.22, n. 3, p. 211-218, 2008.

COSTA, I. T., GARGANTA, J. M., FONSECA, A., & BOTELHO, M. (2002). Inteligência e conhecimento específico em jovens futebolistas de diferentes níveis competitivos. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, 2(4).

COSTA, I. T.; GARGANTA, J.; GRECO, P. J.; MESQUITA, I. MAIA, J. *System of tactical assessment in Soccer (FUT-SAT): Development and preliminary validation*. **Motricidade**. Vol. 7. Num. 1. p. 69-83. 2011.

CRUZAT, V.F.; DONATO Jr, J.; TIRAPGUI, J.; SCHENEIDER, C.D. Hormônio do crescimento e exercício físico: considerações atuais. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.4, p.449-562, 2008

DUFOUR, W. (1993). Computer-Assisted Scouting in soccer. In T. REILLY, J. Larsys & A. Stibbe (Eds.), **Science and Football II** (pp. 160-166). Londres: E & FN Spon.

DRUST, B.; REILLY, T.; CABLE, N. T. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermitente and continuous exercise. **Journal of Sports Science**, London, no.18, p. 885-892, 2000.

ELIAKIM, A.; BRASEL, J.A.; MOHAN, S.; BARSTOW, T.J.; BERMAN, N.; COOPER, D.M. Physical fitness, endurance training, and the GH-IGF-I system in adolescent females. **J Clin Endocrinol Metab.**, v. 81, p. 3986-3992, 1996.

ELIAKIN, A.; NEMET; D.; BAR-SELA, S.; HIGER, Y.; FALK, B. Changes in circulation IGF-I and their correlation with self-asesment and fitness among elite athletes. **Int. J. Sports Med.**, v.23, n.8, p.600-603, 2002.

ELIAKIM, A.; NEMET, D. Interval training and the GH/IGF-I axis – a new look into an old training regimen. *J. Pediatr. Endocr. Met.*, v.25, n.9-10, p. 815-821, 2012.

ELIAKIN, A.; NEMET, D. Exercise and the GH/IGF-I axis. IN: CONSTANTINI, N.; HACKNEY, A.C. (eds). *Endocrinology of Physical activity and sport: Springer Science + Business Media*: New York, p. 69-83, 2013.

ELIAKIM, A.; BRASEL, J.A.; MOHAN, S.; WONG, W.L.T.; COOPER, D.M. Increased physical activity and the growth hormone insulin-like growth factor-I axis in adolescent males. *Am J Physiol* v. 275, R308-314, 1998.

ELIAKIM, A.; NEMET D. **Exercise training, physical fitness and the growth hormone-Insulin-Like growth factor-1 axis and cytokine balance.** JÜRIMÄE J.; HILLS A.P.; JÜRIMÄE, T. (eds): Cytokines, Growth Mediators and Physical Activity in Children during Puberty. *Med Sport Sci. Basel*, Karger, vol 55, p.128–140, 2010.

ELIAKIN, A.; SCHEETT, T.P.; NEWCOMB, R.; MOHAN, S.; COOPER, D.M. Fitness, training, and the growth hormone - insulin-like growth factor I axis in prepubertal girls. *J. Clin Endocrinol. Metab*, v. 86, p. 2797-2802, 2001.

ELIAKIN, A.; NEMET, D.; COOPER D.M. Exercise, training and the GH-IGF-I axis. In: KRAEMER, W.J.; ROGOL, A.D (eds). *The Endocrine System in Sports and Exercise*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell Publishing, p. 165-179, 2005.

FARINATTI, P.T.V. Criança e atividade física. Rio de Janeiro. **Sprint**. 1995.

FERREIRA, M.; FRANÇA, N.M.; SOUZA, M.T.; MATSUDO, V.K.R. Comparação da aptidão física de escolares de Itaquera (zona leste São Paulo) e São Caetano do Sul. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Caetano do Sul, v.4, n.2, p.1927, 1990.

FORD, P.; CROIX, M. S; LLOYD, R.; MEYES, R.; MOOSAVI, M.; OLIVER, J. TILL, K.; WILLINAS, C. The long-term athlete development model: physiological evidence and application. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 4, p. 389-402, 2011.

GALLAHUE, D. L.; Understanding motor development: infants, children, adolescents. Indianópolis. **Brown e Benchmark Publishers**. Ed.2. 1989.

GARGANTA, J. **Modelação táctica do jogo de futebol**: estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento. 1997. Tese (Doutorado) – Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Porto, 1997. 105

GARGANTA, J. A análise da performance nos jogos desportivos. Revisão acerca da análise do jogo. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.1, n.1, p.57-64, 2001.

GARGANTA, J. Futebol: Uma arte em busca da ciência e da consciência. Horizonte, **Revista de Educação Física e Desporto**, Porto, v. 21, n. 123, p. 21-25, 2006.

GIACOMINI, D. S.; GRECO, P. J. Comparação do conhecimento tático processual em jogadores de diferentes categorias e posições. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**. Vol. 1. 2008

GRECO, P. J.; BENDA, R. N. **Iniciação esportiva universal**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 232p., v. 1, 1998.

GUEDES, D.P. **Composição corporal: princípios técnicas e aplicações**. 2.ed. Londrina-APEF, 1994.

GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. **Manual prático para avaliação em educação física**. Barueri, SP: Manole, 2006.

GUINCHO, D. Relação entre três teste de agilidade: Teste T, Teste 505 e Teste ZIG-ZAG. Influencia do estatuto matuacional, idade cronologica e idade de treino na performance dos três testes. Porto: D. Guincho. Dissertação de Licenciatura apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, 2007.

HECKSTEDEN A, SKORSKI S, SCHWINDLING S, HAMMES D, PFEIFFER M, KELLMANN M, et al. Blood-Borne Markers of Fatigue in Competitive Athletes – Results from Simulated Training Camps. **PLoS ONE**11(2): e0148810. 2016.

HESPAÑHOL, J. E.; ARRUDA. M.; PRATES, J. M.; MATHIAS, F. H. Associação entre maturação e desempenho do salto vertical em jovens voleibolistas. **CONEXÕES: Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP**, Campinas, v. 6, n. 3, p. 55-67, set/dez. 2008.

HELGERUD, J.; ENGEN, L.C.; WISLOFF, U.;HOFF, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison v.33, n.11, p.1925-1931,2001

HOFF, J.; WISLÖFF, U.; ENGEN, L. C.; HELGERUD, J. Soccer specific aerobic endurance training. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.36, p.218-221, 2002.

INBAR, O.; BAR-OR, O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.18, n.3, p.264-269, 1986.

IULIANO-BURNS, S.; MIRWALD, R. L.; BAILEY, D. A. Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average and late maturing boys and girls. **American Journal of Human Biology**, v. 13, n. 1, p. 1-8, 2001.

KRAEMER, W. J.; HÄKKINEN, K. **Treinamento de força para o esporte**. Porto Alegre: Armed, 2004. p. 15-47, 79-142.

KOZIRIS, L.P.; HICKSON, R.C.; CHATTERTON, R.T.; GROSETH, R.T.; CHRISTIE, J.M.; GOLDFLIES, D.G.; UNTERMAN, T.G. Serum levels of total and free IGF-1 and IGFBP3 are increased and maintained in long-term training. **J. Appl. Physiol.**, v.86, n.4, p.1436-1442, 1999.

LÉGER, L.A; MERCIER, D.; GADOURY, C.; LAMBERT, J. The multistage 20 metro shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, v.6, p.93-101, 1988.

LEFREVE, J. *et al.* Motor performance during adolescence and age thirty as related to age at peak height velocity. *Annals of Human Biology*, v. 17, n. 5, p. 423-435, 1990.

LITTLE, T.; WILLIAMS, A.G. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Champaign, no. 19, p. 76-78, 2005.

LITTLE, T.; WILLIAMS, A. G. Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lincoln, v.21, n.2, p.367-371, 2007.

LOURENÇO, B.; QUEIROZ, L. B. Crescimento e desenvolvimento pubertal na adolescência. *Revista Medicina*, v. 89, n.2, p.70-5, 2010

MACHADO D.R.L; **Análise multivariada da composição corporal em jovens esportistas e não esportistas**. 2009. 159 f. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009

MACHADO, D. R. L.; BONFIM, M. R.; COSTA, L. T. Pico de velocidade de crescimento como alternativa para classificação maturacional associada ao desempenho motor. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. v. 11, n. 1, p. 14-21, 2009.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR O. **Crescimento, maturação e atividade física**. São Paulo, Phorte, 2009.

MALINA, R. M.; CUMMING, S. P.; KONTOS, A. P.; EISENMANN, J. C.; RIBEIRO, B.; AROSO, J. Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *Journal of Sports Science*, v.23, p. 515-22, 2005

MALINA, R. M.; EISENMANN, J. C.; CUMMING, S. P.; RIBEIRO, B.; AROSO, J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *European Journal Applied Physiology*, v.91, p.555-62, 2004.

MALINA, R. M. Skeletal age and age verification in youth sport. *Sports Medicine*, v.41, n.11, p.925-47, 2011.

MARTINELLI JUNIOR, C.E.; CUSTÓDIO, R.J.; OLIVEIRA, M.H.A. Fisiologia do eixo GH-Sistema IGF. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab**, v. 52, n. 5, p.717-725, 2008.

MATIAS, C. J. A. S., & GRECO, P. J. Análise de jogo nos jogos esportivos coletivos: a exemplo do voleibol. **Revista Pensar a Prática**, 12(3), 1-16. (2009).

MASSA, M.; RÉ, A. H.; Características de Crescimento e Desenvolvimento. In L. R. Silva, Desempenho esportivo: Treinamento com crianças e adolescentes v.2, p. 71-108. São Paulo Phorte, 2010

MARTHA, P. M. et al. Alterations in the Pulsatile Properties of Circulating Growth Hormone Concentrations during Puberty in Boys. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. New York, v. 69, n.3, p. 563-570, 1989.

MATSUDO V.K.R.; MATSUDO S.M.M. Avaliação e prescrição de atividade física na criança. *Revista da Associação dos Professores de Educação Física*, Londrina v.10, p.46-55, 1995.

MEJRI, S.; BCHIR, F.; BEN RAYANA, M.C; BEN HAMIDA, J.; BEN SLAMA, C. Effect of training on GH and IGF-I response to a submaximal exercise in football players. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.95, p.496-503, 2005.

MEMMERT, D. Diagnostik Taktischer Leistungskomponenten: Spieltestsituationen und Konzeptorientierte Expertenratings. 2002. (**Doutorado**). Instituto de Esportes e Ciências do esporte. Universidade de Heidelberg. Heidelberg

MESQUITA, I. Perspectiva construtivista da aprendizagem no ensino do jogo. In Nascimento, J. V.; Ramos, V.. (Ed.). **Jogos Desportivos: formação e investigação**. Porto. Editora Porto. 2013

MENDEZ-VILLANUEVA, A. BUCHHEIT, M.; KUITUNEN, S.; DOUGLAS, A.; PELTOLA, E.; BOURDON, P. Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in young soccer players affected by maturation. **Pediatric Exercise Science**, v. 22, p. 497-510, 2010.

MILLER, M. G.; HERNIMAN, J. J.; RICARD, M. D.; CHEATHAM, C.C.; MICHAEL, T. J. The effects of a 6 week plyometric training program on agility. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 5, p. 459-465, 2006

MIRWALD, R. L. BAXTER-JONES, D. A.; BEUNEN, G. P. An assessment of maturity from anthropometric measurement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, p.689-694, 2002.

MORTATTI, A. L.; ARRUDA, M. Análise do efeito do treinamento e da maturação sexual sobre o somatotipo de jovens futebolistas. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, Florianópolis**, v. 9, n. 1, p. 84-91, 2007

NINDL, B.C.; KRAEMER, W.J.; MARX, J.O.; ARCIERO, P.J.; DOHI, K.; KELLOGG, M.D.; LOOMIS, G.A. Overnight responses of the circulating IGF-I system after acute heavy-resistance exercise. **Journal of Appl. Physiol**, v. 90, p. 1319-1326, 2001.

NEMET, D.; OH, Y.; KIM, H.S.; HILL, M.A.; COOPER, D.M. Effect of intense exercise on inflammatory cytokines and growth mediators in adolescents boys. *Pediatrics*, v.110, n. 4, p. 681- 689, 2002.

NEMET, D.; ROSE-GOTTRON, C.M.; MILLS, P.J.; COOPER, D.M.. Effect of water polo practice on cytokines, growth mediators, and leukocytes in girls. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 35, n. 2, p. 356-363, 2003.

NEMET, D.; ELIAKIM, A. **Growth hormone-insulin-like growth factor-1 and inflammatory response to a single exercise bout in children and adolescents.** NEMET, D.; PORTAL, S.; ZADIK, Z.; PILZ-BURSTEIN, R.; ADLER-PORTAL, D.; MECKEL, Y.; ELIAKIN, A. Training increases anabolic response and reduces inflammatory response to a single practice in elite male adolescent volleyball players. *J. Pediatr Endocr Met.* v. 25, n. 9-10, p. 875-880, 2012.

OSTROWSKI, K.; SCHJERLING, P.; PEDERSEN, B.K. Physical activity and plasma interleukine-6 in humans – effect of intensity of exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v.83, p.512-515, 2000

PELL, J.M. The nutritional regulation of growth hormone action. *Nutr. Res. Rev.*, v.3, p.163-192,1990.

PHILIPPAERTS, R. M.; VAEYENS, R.; JANSSENS, M.; RENTERGHEM, B. V.; MATTHYS D.; CRAEN, R.; BOURGOIS, J.; VRIJENS, J.; BEUNEN, G.; MALINA, R. M. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, v.24, n.3, p.221 – 230, 2006.

PHILLIP, M.; LAZAR, L. The regulatory effect of hormones and growth factors on the pubertal growth spurt. *Endocrinology*, v. 3, n. 6, p. 65-69, 2003

PILZ-BURSTEIN, R.; ASHKENAZI, Y.; YAAKOBOVITZ, Y.; COHEN, Y.; ZIGEL, L.; NEMET, D.; SHAMASH, N.; ELIAKIN, A. Hormonal response to Taekwondo fighting simulation in elite adolescent athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v.110, p.1283-1290, 2010.

POEHLMAN ET, COPELAND KC. Influence of physical activity on insulin like growth factor-I in healthy younger and older men. *J Clin Endocrinol Metab.*, v.71, p.1468–1473, 1990.

PRAÇA, G. M. Pequenos Jogos no Futebol: comportamento tático e perfil motor em superioridade numérica. **Dissertação Mestrado.** Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2014

RÉ, A.H.N.; et al. Relações entre crescimento, desempenho motor, maturação biológica e idade cronológica em jovens do sexo masculino. **Revista Brasileira Educação Física e Esporte**, v.19, n.2, p.153-62, abr./jun., 2005

REILLY T.; Secher N.; SNELL P.; WILLIAMS C. **Physiology of sports.** p.372-401, London, 1990.

REILLY, T.; BANGSBO, J.; FRANK, A.; Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. **Journal of sports Sciences**, London, v.18, n.9, 2000.

REILLY, T.; EKBLOM, B. The use of recovery methods post-exercise. **Journal of Sports Science**, v.23, p.619-627, 2005.

ROSENDAL, L.; LANGBERG, H.; FLYVBJERG, A.; FRYSTYK, J.; ORSKOV, H.; KJAER, M. Physical capacity influences the response of insulin-like growth factor and its binding proteins to training. **J. Appl. Physiol.**, v. 93, p.1669-1675, 2002.

ROSE, S. R. et al Spontaneous growth hormone secretion increases during puberty in normal girls and boys. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**. New York. v. 73, n. 2, p. 428-435, 1991.

ROSEGUINI, A.Z.; SILVA, A.S.R.; GOBATTO, C. Determinações e relações dos parâmetros anaeróbios do RAST, do limiar anaeróbio e da resposta lactacidêmica obtida no início, no intervalo e ao final de uma partida oficial de Handebol. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 14, n.1, jan/fev., 2008.

ROWLAND, T.W. **Fisiologia do exercício na criança**. 2ed. Barueri, SP: Manole, p.22-26, 2008

SILVA, A. C. S. S.; ADAN, L. F. F. Crescimento em meninos e meninas com puberdade precoce. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**. São Paulo, v. 47, n. 4, p. 422-431, 2003

SILVA, C.C. et al. O exercício físico potencializa ou compromete o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes? Mito ou verdade? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 10, n. 6, p. 520-524, 2004.

SILVA, M. V., PRAÇA, G. M., TORRES, C. G., & GRECO, P. J. Comportamento tático individual de atletas de Futebol em situações de Pequenos Jogos. **Revista Mineira de Educação Física - Viçosa, Edição Especial (9)**, 676-683. 2013

SPIGOLON, L. M. P.; BORIN, J. P.; LEITE, G. S.; PADOVANI, C. R. P.; PADOVANI, C. R. Potência anaeróbia em atletas de futebol de campo: diferenças entre categorias.

STEINBERG, L. D. Part 1 – The Fundamental Changes of Adolescence. In:_____. **Adolescence**. 9. Ed. New York: McGraw-Hil, 2010. Cap 1, p. 21-57

STOLEN, T. et al. Physiology of soccer: an update. **Sports Medicine**, Auckland, v. 35, no. 6, p. 501-536, 2005.

SVENSSON, M.; DRUST, B. Testing soccer players. **Journal of Sports Science**, London, no. 23, p. 601-618, 2005. **Coleção Pesquisa em Educação Física**, São Paulo, v. 6: 421-428, 2007.

TIRAKITSOONTORN P, NUSSBAUM E, Moser C, Hill M, Cooper DM. Fitness, acute exercise, and anabolic and catabolic mediators in cystic fibrosis. **Am J Respir Crit Care Med.**, v.164, p.1432–1437, 2001.

TOURINHO Filho H., PIRES M., PUGGINA, E.F. MARTINELLI Jr. C.E. Serum IGF-I, IGFBP-3 and ALS concentrations and physical performance in young swimmers during a training season. DOI: 10.1016/j.ghir.2016.12.004, 2016

TUMILTY, D. Physiological characteristics of Elite Soccer Players. **Sports Medicine**, Auckland v.16, n.2, p.80- 96, 1993.

WIDDOWSON, W.M.; HEALY, M.L.; SONKSEN, P.H.; GIBNEY, J. The physiology of growth hormone and sport. *Growth hormone & IGF Research*, v.19, p.308-319, 2009.

WISLOFF, U.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Strength and endurance of elite soccer players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison v.30, p.462-467, 1998.

YEH, J.K.; ALOIA, J.F.; CHEN, M.; LING, N.; KOO, H.C.; MILLARD, W.J. Effect of growth hormone administration and treadmill exercise on serum and skeletal IGF-I in rats. *Am. J. Physiol.Endocrinol. Metab.*, v. 266, p. E129-E135, 1994.

ZACHAROGIANNIS. E.; PARADISIS. G.; TZIORTZIS. S; An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison v. 36, n. 5, p.116, 2004.

ZANCONATO, S.; MOROMISATO, D.Y.; MOROMISATO, M.Y.; WOODS, J.; BRASEL, J.A.; LEROITH, D.; ROBERTS, C.T.Jr.; COOPER, D.M. Effect of training and growth hormone suppression on insulin-like growth factor I mRNA in young rats. *J. Appl. Physiol.*, v. 76, p.2204-2209, 1994.

8. Anexo

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa:

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Efeitos do treinamento físico sobre o eixo GH/IGF-1 de jogadores de futebol adolescentes ao longo de uma temporada.

Pesquisador: Hugo Tourinho Filho

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 22252313.9.0000.5440

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 711.038

Data da Relatoria: 25/06/2014

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto e à luz da Resolução CNS 466/2012, o projeto de pesquisa Versão 3 – 18/06/2014, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Revisado em 18/06/2014, e o Termo de Assentimento para adolescentes Revisado em 18/06/2014, podem ser enquadrados na categoria APROVADO.

Situação do Parecer:

Aprovado