

Relação da idade óssea e marcadores hormonais com a capacidade física de adolescentes

Relationship between skeletal age, hormonal markers and physical capacity in adolescents

Vanessa Carla Monteiro Pinto¹, Petrus Gantois Massa Dias dos Santos¹, Matheus Peixoto Dantas¹, João Paulo de Freitas Araújo¹, Suzet de Araújo Tinoco Cabral¹, Breno Guilherme de Araújo Tinoco Cabral¹

Doi: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.127658>

Resumo

Introdução: A capacidade física é um importante parâmetro do desenvolvimento funcional a ser investigado em crianças e adolescentes, não apenas pela idade cronológica e sim pelo seu estado maturacional, já que sujeitos com mesma idade cronológica podem apresentar desempenho diferente ao seu par menos maturado.

Objetivo: Comparar e relacionar as capacidades físicas e marcadores hormonais de acordo com o sexo e maturação de adolescentes.

Método: A amostra foi composta por 89 adolescentes de ambos os sexos de 10 a 13 anos. Foram avaliados a maturação obtida através de uma equação preditora da idade óssea, capacidades físicas (força explosiva de membros superiores e inferiores, velocidade de membros superiores e agilidade) e marcadores hormonais (testosterona e estradiol) através do método de quimioluminescência.

Resultados: Na comparação entre os sexos as meninas obtiveram estado maturacional mais avançado, maior peso, estatura corporal e níveis de estradiol; já os meninos apresentaram melhor desempenho na força explosiva de membros superior e inferior, velocidade de membro superior, agilidade e níveis de testosterona. Relativo à maturação, os meninos em estado maturacional normal apresentaram maior idade óssea, peso e estatura corporal, força explosiva de membros superior e inferior, e níveis de testosterona; já as meninas no estado maturacional normal obtiveram maior idade óssea, peso, estatura corporal, força explosiva de membro superior e níveis de estradiol. Na análise de correlação dos meninos a idade óssea se relacionou com a força explosiva de membros superior e inferior e testosterona; já a idade óssea das meninas se relacionou com a força explosiva de membro superior e estradiol.

Conclusão: Desta forma, se conclui que maturação e os níveis de testosterona e estradiol exercem um importante papel nos aspectos físicos e no desempenho das habilidades motoras das crianças e dos adolescentes, principalmente na força de membro superior a qual se mostrou mais relacionada com a maturação obtida pela idade óssea de meninos e meninas.

Palavras-chave: testosterona, estradiol, força muscular, aptidão física.

■ INTRODUÇÃO

A puberdade é um período de transitoriedade entre a infância e a vida adulta marcado por sucessivas e rápidas mudanças anatômicas e fisiológicas que acarretam em modificações no tamanho, forma e composição

corporal¹. De acordo com Cole *et al.*², é comumente aceito que o processo de desenvolvimento na adolescência é guiado por uma gama de hormônios, os quais afetam mais precocemente o ritmo maturacional das meninas, sendo iniciado principalmente pelo aumento dos hormônios sexuais. Nesse sentido, em consonância com a puberdade

1 Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Educação Física - Av. Sen. Salgado Filho, 3000, Campus Universitário Lagoa Nova Natal/RN 59072-970

Corresponding Author: Petrus Gantois Massa Dias dos Santos. Email: ptrs.gantois@hotmail.com

Suggested citation: Pinto VCM, Santos PGMD, Dantas MP, Araújo JPF, Cabral SAT, Cabral BGAT. Relationship between bone age, hormonal markers and physical capacity in adolescents. *J Hum Growth Dev.* 2017; 27(1): 77-83. Doi: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.127658>

Manuscript submitted: 2016, accepted for publication Aug 2016

ocorre o avanço da maturação sexual e óssea³, no qual o desenvolvimento das características sexuais é um importante indicador do estado puberal.

A modulação no processo maturacional é influenciada por diversas alterações no sistema endócrino, principalmente pela ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal que induz uma liberação progressiva de androgênios, como a testosterona⁴ e pela ativação do eixo hipotálamo-hipófise-ovário que resulta na produção de estrogênio pelos ovários⁵. Logo, Goswani et al.,¹ reportam que estas alterações na secreção destes dois tipos de hormônios desempenham um importante papel nas mudanças tanto no perfil físico quanto nas habilidades motoras concomitante ao avanço puberal.

Dentro deste contexto, é possível identificar diferenças em aspectos físicos e motores de jovens de acordo com o sexo e na mesma idade cronológica em virtude do seu estágio maturacional, enfatizando a necessidade de sua avaliação⁶. No que diz respeito aos estudos que investigaram o desempenho motor em crianças e adolescentes, a maturação sexual e óssea são consideradas os métodos de avaliação mais comumente utilizados para verificar o estágio maturacional dos sujeitos⁷. Além disso, ressalta-se que a maturação óssea através da radiografia de mãos seja o método de avaliação mais adequado para determinar o nível de maturação biológica, em virtude do acompanhamento do processo de ossificação⁸.

Apesar de ser considerada o padrão ouro da literatura, Malina *et al.*⁹, ilustram as principais limitações quanto à utilização deste método para a avaliação da maturação biológica como, a utilização de equipamentos de alto custo, exposição à radiação e a falta de amplo conhecimento sobre o método. Diante destas limitações, Cabral *et al.*¹⁰, observaram a necessidade de desenvolver um protocolo não-invasivo, de fácil acessibilidade e interpretação baseado num modelo preditor da idade óssea através da utilização de variáveis antropométricas.

Nesse sentido, a literatura aponta a relação da maturação e de marcadores hormonais com a capacidade física, sendo esta temática abordada principalmente com atletas inseridos em diferentes modalidades esportivas, a fim de obter informações valiosas no processo de orientação e detecção de talentos⁹. Apesar de sua ampla relação com o âmbito esportivo, é notória a necessidade de investigar essa temática num contexto mais abrangente, tendo em vista que a análise do desempenho motor também pode fornecer informações acerca de um desenvolvimento funcional adequado, já que um padrão apropriado de aptidão dos jovens aparenta estar associado com as exigências de diferentes tarefas diárias, bem como na inserção da criança e adolescentes em programas de atividade física¹¹.

Diante disto, a relação da maturação obtida pela idade óssea com o desempenho motor se torna alvo de interesse das áreas da atividade física e ciências do esporte⁷, em virtude de sua influência com parâmetros motores e físicos como enfatizado recentemente em estudo de Malina *et al.*⁹. Diante do exposto o objetivo do presente estudo é comparar o perfil físico, capacidades físicas e marcadores hormonais de acordo com o sexo e estado maturacional e relacionar a idade óssea e marcadores hormonais com as capacidades físicas de adolescentes. A hipótese do estudo

é de que os sujeitos com estado maturacional mais avançado apresentem um maior tamanho corporal e desempenho motor e que a idade óssea e os marcadores hormonais apresentem uma relação com as capacidades físicas dos meninos e meninas.

■ MÉTODO

Desenho Experimental

O presente estudo é de natureza descritiva com delineamento transversal. Inicialmente, foi explanado os procedimentos de coleta dos dados seguido da entrega do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a assinatura dos responsáveis e do Termo de Assentimento para os participantes, os quais foram entregues no dia posterior. Após a entrega dos termos devidamente preenchidos, os voluntários foram submetidos, no primeiro dia, à coleta sanguínea e posterior avaliação antropométrica, sendo realizadas em três dias consecutivos. A avaliação das capacidades físicas foi realizada em dois dias, no qual cada um englobou um teste de membro superior e inferior (Dia 1 = força explosiva de membro superior + agilidade; Dia 2 = força explosiva de membro inferior + velocidade de membro superior). A coleta foi realizada diretamente na escola, no qual a punção venosa e mensurações antropométricas foram coletadas em uma sala reservada para tais procedimentos e os testes das capacidades físicas na quadra poliesportiva.

Participantes

A seleção da amostra foi de forma intencional e não probabilística, sendo composta por 89 sujeitos de ambos os sexos com faixa etária entre 10 e 13 anos, escolares da rede pública de ensino da Cidade de Natal – RN. Foram excluídos da composição da amostra aqueles sujeitos que apresentassem qualquer restrição psicomotora e que estivessem em tratamento hormonal.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da instituição local (CAEE: 1249937/2015), seguindo as diretrizes para a coleta de dados em seres humanos, conforme a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, em 12/12/2012, assim como foi respeitado rigorosamente os princípios éticos contidos na Declaração de Helsinki.

Variáveis do Estudo

Capacidades físicas

As capacidades motoras avaliadas foram a força explosiva de membros superiores (FEMS) através do teste de arremesso de *medicine ball* (2kg)¹²; a força explosiva de membros inferiores (FEMI) empregando o teste de salto com contra-movimento sem auxílio dos braços em uma plataforma de contato *Cefise*® conectada ao software *Jump Test Pro 2.10*¹³; a agilidade foi verificada pelo teste de 30 metros¹⁴ e a velocidade do membro superior (VMS) através do golpeio de placas inserido na bateria de teste da EUROFIT¹⁵. Para efeito de análise foram analisados os melhores desempenhos em cada teste após duas tentativas intervaladas num período de um minuto.

Mensurações antropométricas

Para efeito desse estudo foram mensuradas a massa e estatura corporal através de uma balança eletrônica (filizola® 110, com capacidade para 150 kg e divisões de 1/10 de kg e precisão de 100 gramas) e por um estadiômetro (Sanny ES2020®) com escala de 0,5 cm, respectivamente, o perímetro corrigido do braço, a dobra cutânea tricipital (adipômetro *Harpender*® (John Bull Indicators Ltd)) e os diâmetros ósseos biepicondiliano do úmero e do fêmur. A fidedignidade das mensurações foi testada pelo erro técnico de medida (<5%) e pelo coeficiente de teste-reteste (>0,97). Todos os procedimentos foram realizados por um único avaliador e seguiram rigorosamente as diretrizes da *International Society for Advancement in Kinanthropometry* - ISAK¹⁶.

Idade óssea e maturação

A idade óssea foi obtida através da equação proposta por Cabral *et al.*¹⁰, no qual é determinada a partir das variáveis antropométricas conforme a equação:

$$\text{Idade Óssea} = -11,620 + 7,004(\text{estatura}) + 1,226.D_{\text{sexo}} + 0,749(\text{idade}) - 0,068(\text{Tr}) + 0,214(\text{Pcb}) - 0,588(\text{Du}) + 0,388(\text{Df}).$$

Onde: Tr = dobra cutânea tricipital, Pcb = perímetro do braço DU = diâmetro ósseo do úmero, Df = diâmetro ósseo do fêmur e Dsexo = 0 para o sexo masculino e Dsexo = 1, para o sexo feminino.

Para determinar a maturação recorreu-se a subtração da idade óssea pela idade cronológica em anos (soma dos meses de vida dividida por 12). Para efeito do estudo a maturação foi estratificada de acordo com os seguintes pontos de corte: atrasado (resultado acima de 12 meses negativos em relação à idade cronológica), normal (até 12 meses positivos ou negativos em relação à idade cronológica), ou acelerado (acima de 12 meses positivos em relação a idade cronológica)¹⁷.

Avaliação hormonal

A coleta venosa aconteceu na região antecubital sendo retirado aproximadamente 10 ml de sangue periférico (sangue circulante nas veias), a análise e armazenamento da coleta hormonal foram realizados por um laboratório e profissionais especializados. A partir dessa amostra o método utilizado foi à quimioluminescência para as dosagens hormonais: testosterona e estrógeno do tipo estradiol.

Análise estatística

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, no qual os dados apresentaram uma distribuição não paramétrica. A descrição dos dados foi reportada em média e desvio padrão. A comparação das capacidades físicas e marcadores hormonais entre os sexos e o estado maturacional foi realizada através do teste de Mann-Whitney e o teste de correlação de Spearman foi utilizado para analisar a relação entre a idade óssea e os marcadores hormonais com as capacidades físicas. A análise dos dados foi realizada pelo software Statistical Package for the Social Sciences – SPSS versão 20.0. O nível de significância estabelecido foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Vale ressaltar que no presente estudo não se identificou sujeitos classificados no estado maturacional acelerado. A tabela 1 reporta a descrição da amostra em média e desvio padrão e compara as características, maturação, capacidades físicas e níveis hormonais de acordo com o sexo. É possível identificar que as meninas apresentaram maturação mais avançada (32,11%) do que os meninos, sendo mais pesadas (13,40%) e altas (2,76%); em contrapartida os meninos apresentaram maior desempenho para as capacidades físicas, FEMS (18,95%), FEMI (9,80%), Agilidade (5,02%), VMS (12,20%); e os respectivos hormônios sexuais obtiveram diferenças significativas (meninos (120,13%) > testosterona; meninas (200,68%) > estradiol) (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição e comparação das características, maturação, aptidão física e níveis hormonais dos meninos e meninas

	Total (n = 89) Média (±)	Meninos (n = 45) Media (±)	Meninas (n = 44) Media (±)	p
Idade Óssea	10,64 ± 1,55	10,50 ± 1,34	10,71 ± 1,68	0,53
Idade Cronológica	11,54 ± 1,23	11,60 ± 1,06	11,45 ± 1,39	0,56
Maturação	-0,89 ± 0,77	-1,09 ± 0,61	-0,74 ± 0,83	0,024
Peso (kg)	39,85 ± 10,78	36,95 ± 9,14	41,90 ± 10,19	0,023
Estatura (m)	1,47 ± 0,09	1,45 ± 0,07	1,49 ± 0,09	0,018
FEMS (m)	1,69 ± 0,51	1,82 ± 0,44	1,53 ± 0,49	0,005
FEMI (cm)	21,93 ± 3,65	22,96 ± 3,62	20,91 ± 3,68	0,011
Agilidade (s)	8,37 ± 0,76	8,16 ± 0,63	8,57 ± 0,82	0,018
VMS (s)	13,20 ± 2,9	12,46 ± 3,58	13,98 ± 1,72	0,014
Testosterona (ng/ml)	60,34 ± 77,78	83,21 ± 103,70	37,80 ± 20,45	0,005
Estradiol (ng/ml)	34,65 ± 54,42	17,59 ± 42,26	52,89 ± 60,24	0,002

FEMS= força explosiva de membro superior, FEMI = força explosiva de membro inferior, VMS = velocidade de membro superior.

A tabela 2 ilustra os resultados da comparação dos componentes da maturação, capacidades físicas e níveis hormonais dos meninos e meninas de acordo com o estado maturacional. Relativo aos componentes da maturação foi observado que os meninos em estado maturacional normal apresentaram maior idade óssea (12,46%), peso (32,83%) e estatura corporal (7,09%), o que também foi verificado

para as capacidades de FEMS (26,51%), FEMI (13,84%) e níveis de testosterona (107,54%); resultados semelhantes foram verificados para as meninas, no qual as classificadas no estado normal obtiveram maior idade óssea (21,66%), peso (36,50%) e estatura corporal (9,29%), assim como maior desempenho na FEMS (50%) e níveis de estradiol (146,76%) (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição e comparação das características, maturação, aptidão física e níveis hormonais dos meninos e meninas

	Maturação (Meninos n= 45)		p
	Atrasado n= 28 Média (±)	Normal n= 17 Média (±)	
Idade Cronológica	11,50 ± 0,86	11,77 ± 0,86	0,251
Idade Óssea	10,03 ± 1,29	11,28 ± 1,05	0,002
Peso Corporal (kg)	32,87 ± 7,43	43,66 ± 7,73	0,001
Estatura (m)	1,41 ± 0,05	1,51 ± 0,06	0,001
FEMS(m)	1,66 ± 0,35	2,10 ± 0,45	0,002
FEMI(cm)	21,81 ± 24,84	24,84 ± 4,38	0,010
VMS(s)	13,21 ± 3,07	11,23 ± 4,08	0,147
Agilidade (s)	8,25 ± 0,72	8,02 ± 0,43	0,392
Testosterona(ng/ml)	59,17 ± 83,87	122,80 ± 122,58	0,016
Estradiol(ng/ml)	22,01 ± 52,45	10,31 ± 13,35	0,374

	Maturação (Meninas n= 44)		p
	Atrasado n= 16 Média (±)	Normal n= 28 Média (±)	
Idade Cronológica	10,99 ± 0,94	11,76 ± 1,52	0,136
Idade Óssea	9,37 ± 1,07	11,40 ± 1,56	0,001
Peso Corporal (kg)	33,64 ± 7,29	45,92 ± 8,86	0,001
Estatura (m)	1,40 ± 0,05	1,53 ± 0,06	0,001
FEMS (m)	1,16 ± 0,26	1,74 ± 0,49	0,001
FEMI (cm)	20,01 ± 3,10	21,46 ± 3,99	0,207
VMS (s)	14,10 ± 1,43	13,88 ± 1,89	0,557
Agilidade (s)	8,68 ± 0,57	8,42 ± 0,80	0,146
Testosterona (ng/ml)	35,75 ± 27,46	38,98 ± 17,27	0,296
Estradiol (ng/ml)	27,61 ± 20,38	68,13 ± 70,06	0,011

FEMS = força explosiva de membro superior; FEMI = força explosiva de membro inferior; VMS = velocidade de membro superior

A correlação entre a idade óssea e marcadores hormonais com as capacidades físicas dos meninos e meninas é ilustrada na tabela 3. Foi verificado que idade óssea dos meninos

se relacionou com a FEMS e FEMI e com os níveis de testosterona; para as meninas tanto a idade óssea como o estradiol apresentaram relação entre si e com a FEMS (Tabela 3).

Tabela 3: Correlação da idade óssea e marcadores hormonais com as capacidades físicas de meninos e meninas

Variáveis	Meninos (n= 45)			
	Idade Óssea		Testosterona	
	r	p	r	p
Idade Óssea	-	-	0,296	0,048
FEMS (m)	0,660	< 0,001	0,260	0,085
FEMI (cm)	0,430	< 0,001	0,200	0,188
Agilidade	-0,012	0,937	0,068	0,655
Velocidade membro superior	-0,419	0,004	-0,136	0,373
Testosterona	0,296	0,048	-	-

Variáveis	Meninas (n=44)			
	Idade Óssea		Estradiol	
	r	p	r	p
Idade Óssea	-	-	0,514	0,001
FEMS (m)	0,586	< 0,001	0,377	0,013
FEMI (cm)	0,191	0,219	0,158	0,312
Agilidade	-0,212	0,173	-0,220	0,156
Velocidade membro superior	-0,110	0,487	0,035	0,827
Estradiol	0,514	0,001	-	-

FEMS = força explosiva de membro superior; FEMI = força explosiva de membro inferior.

DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo suportam a hipótese inicial de que os sujeitos com estado maturacional mais avançado apresentaram diferenças quanto ao perfil corporal, desempenho das capacidades físicas e níveis hormonais e que a idade óssea e marcadores hormonais obtiveram relação com as capacidades físicas, apesar de

não ser observada a relação com a testosterona para os meninos. Essa ideia é suportada pela revisão da literatura que ilustram a influência da maturação e dos marcadores hormonais no desempenho da capacidade física de crianças e adolescentes^{1,9}.

Relativo às comparações por sexo, às meninas se apresentaram mais avançadas quanto ao estado maturacional concomitantemente ao peso e estatura corporal quan-

do comparadas com os meninos, de fato, estes achados estão em concordância com a literatura e com estudo de Silva *et al.*¹⁸, no qual verificaram que as meninas foram mais pesadas e altas do que os meninos. Estes mesmos autores atribuem estas diferenças à influência hormonal, no qual as meninas são afetadas mais precocemente do que os meninos, e ainda complementam que o estrogênio é responsável pelo alargamento da pelve, desenvolvimento das mamas e aumento nos estoques de gordura, resultando num maior peso corporal. Concernente as habilidades motoras nossos achados também corroboram com a literatura. Os estudos reportam que a maior força muscular para os meninos pode ser explicada em parte pelo possível aumento da massa muscular associado à testosterona, o que provavelmente acarretará em maior produção de força¹. O melhor desempenho da VMS e agilidade para os meninos pode ser atribuído a influência da maturação das meninas nestes testes. Alguns estudos verificaram uma relação negativa do estado maturacional com testes de coordenação motora, atribuindo esse declínio ao aumento do crescimento corporal^{7,19}. Sendo assim, parece que o perfil físico e as capacidades físicas são afetados pelo sexo, em paralelo com outros fatores como maturação e concentração hormonal.

Concernente à comparação do perfil físico e das capacidades físicas dos meninos e meninas de acordo com o estado maturacional, resultados similares foram encontrados para ambos os sexos. O maior peso e estatura corporal dos meninos e das meninas em estado maturacional 'normal' pode estar atribuído a participação da testosterona no ganho de massa muscular nos meninos e na formação óssea, e nas meninas em virtude da ação dos níveis de estrogênio¹⁸. Na última década, alguns estudos identificaram um maior peso e estatura corporal dos sujeitos com estado maturacional mais avançado, sendo observada uma relação positiva entre o sobrepeso e obesidade com a maturação precoce, como demonstrado em estudo de Ribeiro *et al.*²⁰, tanto para meninos quanto para meninas. Recentemente, estudo de Zhai *et al.*²¹, reportou que meninas obesas se apresentaram mais relacionadas com o avanço maturacional, bem como uma maior concentração de estradiol e atribuíram que a obesidade é um fator contribuinte para o avanço da maturação. Logo, a identificação precoce destas variáveis, pode contribuir para intervenções que visem a prevenção da obesidade. Além das diferenças no perfil físico, também se observou diferenças no desempenho da FEMS e FEMI para os meninos enquanto que as meninas apresentaram apenas para a FEMS. De acordo com Goswami *et al.*¹, a força muscular é um componente da aptidão física afetado pela alteração da secreção dos hormônios sexuais o que pode ter contribuído para o melhor desempenho dos sujeitos em estado maturacional mais avançado, os quais apresentaram, em paralelo, um aumento da concentração dos marcados hormonais. Nesse sentido, Volver *et al.*²², ainda complementam que as ações andrógenas anabólicas no período puberal estimulam o desenvolvimento de fibras musculares de contração rápida, responsáveis pela geração de força explosiva. Estes dados podem ser tomados como parâmetros para uma vida

adulta mais adequada no que diz respeito às demandas diárias, já que a força muscular é considerada um importante indicador de aptidão física relacionada à saúde. Além disso, a maturação deve ser levada em consideração para as exigências das atividades físicas, já que os jovens mais maturados apresentam uma produção de força maior do que os seus pares menos maturados, o que pode ser um fator limitante para a realização de determinadas atividades.

Relativo a análise de correlação se observa que a FEMS foi a variável de aptidão física que se apresentou mais relacionada com a idade óssea. Estudo de Cabral *et al.*²³, apresentou achados similares ao deste estudo. Além dos fatores já elucidados sobre o aumento da capacidade de gerar força, se especula com base na literatura que o peso corporal possa refletir nesta relação. Estudo de Marta *et al.*²⁴, verificou uma associação entre o peso corporal e o teste de FEMS reportando que crianças obesas apresentaram melhor desempenho no teste, seguido das com sobrepeso, além deste, Casajús *et al.*²⁵, também verificaram que crianças obesas e com sobrepeso obtiveram melhores resultados em teste de força estática (*handgrip*) quando comparadas com as eutróficas. Apesar da literatura reportar a relação da testosterona com a aptidão física, os nossos achados divergiram deste fato, provavelmente, a faixa etária possa ter sido um fator que contribuiu para estes achados, partindo da premissa que o pico de testosterona ocorre para os meninos por volta dos 13 anos, enquanto nas meninas a ação hormonal ocorre por volta dos 11 anos¹⁸. Diante dos nossos achados, é razoável supor que a idade óssea se relaciona mais com a FEMS do que a testosterona na faixa etária investigada, entretanto outros fatores devem ser levados em consideração com o desempenho desta capacidade.

De uma forma geral, este estudo apresenta relevante contribuição acerca da relação da maturação e dos marcadores hormonais no desempenho de capacidades físicas, destacando a importância de se investigar parâmetros que possam interferir de forma inter-relacionada com outras variáveis capazes de afetar o desenvolvimento das crianças e adolescentes, que possam influenciar o desempenho esportivo e conseqüentemente os processos de formação, orientação ou detecção de futuros atletas. Para isto, também se sugere a realização de estudos longitudinais a fim de compreender o comportamento destas variáveis durante o processo de desenvolvimento do jovem.

■ CONCLUSÃO

É possível concluir que o perfil físico e o desempenho motor se diferem de acordo com o sexo e estágio maturacional de adolescentes, mesmo em faixa etária semelhante. Além disto, se observou que a idade óssea se apresentou relacionada com o desempenho motor tanto nos meninos quanto nas meninas, principalmente na força de membros superiores, a qual apresentou maior correlação com a idade óssea. Relativo a relação hormonal, é possível sugerir que a mesma se correlaciona de forma diferente entre os sexos, já que apenas o estradiol se rela-

REFERÊNCIAS

- Goswami B, Roy AS, Dalui R, Bandyopadhyay A. Impact of Pubertal Growth on Physical Fitness. *Am J Sport Sci Med.* 2014;2(5A):34-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.12691/ajssm-2-5A-8>
- Cole TJ, Ahmed ML, Preece MA, Hindmarsh P, Dunger DB. The relationship between Insulin-like Growth Factor 1, sex steroids and timing of the pubertal growth spurt. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2015;82(6):862-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/cen.12682>
- Macedo MM, Vidal-Linhares R, Fernandes Filho J. Equações para a determinação da idade óssea e maturação sexual de crianças e adolescentes. *Rev Salud Pública.* 2015;17(2):267-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v17n2.36506>
- Arruda AFS, Aoki MS, Freitas CG, Spigolon LMP, Franciscon C, Moreira A. Testosterone concentration and lower limb power over an entire competitive season in elite young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2015;29(12):3380-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000000993>
- Biro FM, Pinney SM, Huang B, Baker ER, Walt Chandler D, Dorn LD. Hormone changes in peripubertal girls. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014;99(10):3829-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2013-4528>
- Pinto Júnior JAD, Sousa MSC, Gaya ACA, Alves JVMH, Nascimento JA. Idade Óssea, Cronológica e Desempenho Físico de Jovens Atletas. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2014;22(1):37-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.18511/0103-1716/rbcm.v22n1p37-44>
- Freitas DL, Lausen B, Maia JA, Lefevre J, Gouveia ÉR, Thomis M, et al. Skeletal maturation, fundamental motor skills and motor coordination in children 7-10 years. *J Sports Sci.* 2015;33(9):924-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2014.977935>
- Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, Myer GD, De Ste Croix MB. Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1454-64. DOI: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000000391>
- Malina RM, Rogol AD, Cumming SP, Coelho e Silva MJ, Figueiredo AJ. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med.* 2015;49(13):852-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- Cabral BGAT, Cabral SAT, Vital R, Lima KC, Alcantara T, Reis VM, et al. Equação preditora de idade óssea na iniciação esportiva através de variáveis antropométricas. *Rev Bras Med Esporte.* 2013;19(2):99-103. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922013000200005>
- Vedul-Kjelsås V, Sigmundsson H, Stensdotter AK, Haga M. The relationship between motor competence, physical fitness and self-perception in children. *Child Care Health Dev.* 2012;38(3):394-402. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01275.x>
- Gaya A, Silva G. Projeto Esporte Brasil PROESP - Bateria de Medidas e Testes Somatomotores do Proesp. Porto Alegre: 2007.
- Komi P V, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports.* 1978;10(4):261-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01275.x>
- Buligin M. Models for improving a volleyballer's physical qualities. *Sov Sport Rev.* 1981;
- Giannichi R, Marins J. Avaliação e prescrição de atividade física: guia pratico. Rio Janeiro: 2003.
- Marfell-Jones M, Stewart A, Ridder J. International standards for anthropometric assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry; 2001;
- Malina R, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2004;
- Silva DAS, Pelegrini A, Petroski EL, Gaya ACA. Comparison between the growth of Brazilian children and adolescents and the reference growth charts: data from a Brazilian project. *J Pediatr (Rio J).* 2010;86(2):115-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.2223/JPED.1975>
- Luz LGO, Seabra A, Padez C, Duarte JP, Rebelo-Gonçalves R, Valente-dos-Santos J, et al. Perímetro de cintura como mediador da influência da maturação biológica no desempenho em teste de coordenação motora em crianças. *Rev Paul Pediatr.* 2016;34(3): 352-8 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpped.2016.01.002>
- Ribeiro J, Santos P, Duarte J, Mota J. Association between overweight and early sexual maturation in Portuguese boys and girls. *Ann Hum Biol.* 2006;33(1):55-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00207390500434135>
- Zhai L, Liu J, Zhao J, Liu J, Bai Y, Jia L, et al. Association of obesity with onset of puberty and sex hormones in Chinese girls: a 4-year longitudinal study. *PLoS One.* 2015;10(8):e0134656. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0134656>
- Volter A, Viru A, Viru M. Sexual maturation effect on physical fitness in girls: a longitudinal study. *Biol Sport.* 2010;27:11-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.5604/20831862.907769>
- Cabral SAT, Cabral BGAT, Pinto VCM, Andrade RD, Borges MVO, Dantas PMS. Relação da idade óssea com antropometria e aptidão física em jovens praticantes de voleibol. *Rev Bras Ciênc Esporte.* 2016;38(1):69-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbce.2015.12.003>
- Marta C, Marinho DA, Costa AM, Barbosa TM, Marques MC. Somatotype is More Interactive with Strength than Fat Mass and Physical Activity in Peripubertal Children. *J Hum Kinet.* 2011;29A:83-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10078-011-0063-4>
- Casajús JA, Leiva MT, Villarroya A, Legaz A, Moreno L a. Physical performance and school physical education in overweight Spanish children. *Ann Nutr Metab.* 2007;51(3):288-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000105459>

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

Abstract

Introduction: Physical capabilities are an important parameter of the functional development of adolescents, not only by chronological age but also by their maturational state, as individuals with the same chronological age can have different performance to their less mature counterparts.

Objective: To compare and relate the physical capabilities and hormonal markers according to sex and maturity of adolescents.

Methods: The sample consisted of adolescents of both sexes, aged 10 to 14 years. We evaluated the maturity achieved by a predictive equation of skeletal age, physical capabilities (explosive power of upper and lower limbs, velocity of upper limbs and agility) and hormonal markers (testosterone and oestradiol) via chemiluminescence.

Results: Females showed more advanced maturational status, higher weight, body height and oestradiol levels; males performed better in the explosive force of upper and lower limbs, upper limb speed, agility and testosterone levels. In the normal maturational state males showed greater skeletal age, body weight, body height, explosive strength of upper and lower limbs, and testosterone levels; the females in the normal maturational state had higher skeletal age, body weight, body height, explosive upper limb strength and oestradiol levels. In the male correlation analysis, bone age was related to the explosive strength of upper and lower limbs and testosterone; while bone age in females was related to explosive upper limb strength and oestradiol.

Conclusion: It is concluded that maturation, testosterone and oestradiol levels play an important role in the physical aspects and performance of motor skills of adolescents, especially in upper limb force which was more related to the maturation obtained by skeletal age of males and females.

Keywords: testosterone, oestradiol, muscle strength, physical aptitude.