



REVISTA PAULISTA DE PEDIATRIA

www.spsp.org.br



ARTIGO ORIGINAL

Contribuição das características antropométricas na predição dos estádios de maturação puberal de jovens do sexo masculino[☆]

Radamés Maciel Vitor Medeiros*, Ricardo Fernando Arrais,
Jenner Chrystian Veríssimo de Azevedo, Jeferson Tafarel Pereira do Rêgo,
Jason Azevedo de Medeiros, Ricardo Dias de Andrade, Paulo Moreira Silva Dantas

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN, Brasil

Recebido em 7 de novembro de 2013; aceito em 2 de fevereiro de 2014

PALAVRAS-CHAVE

Antropometria;
Puberdade;
Maturidade sexual;
Análise discriminante

Resumo

Objetivo: Identificar a contribuição de variáveis antropométricas para a predição do estágio maturacional em jovens do sexo masculino.

Métodos: Estudo transversal, sendo investigados 190 sujeitos do sexo masculino, com idades entre 8 e 18 anos, selecionados aleatoriamente em escolas públicas e privadas de Natal. Foram selecionadas 32 variáveis antropométricas, todas avaliadas de acordo com as recomendações da International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). A avaliação da maturação sexual se baseou na observação de dois especialistas experientes, que identificaram o desenvolvimento da genitália, segundo as recomendações propostas por Tanner (1962).

Resultados: As variáveis antropométricas apresentaram um aumento significativo no decorrer do avanço do desenvolvimento puberal ($p < 0,05$). As variáveis de altura tronco-cefálica, diâmetro biepicôndilo femural, perímetro de antebraço, dobra cutânea de tríceps, alturas ósseas tibial e acrômio-radial apresentaram a melhor relação para predição dos grupos maturacionais, sendo responsáveis por estimar os estádios puberais com índice de 76,3% de chance de acerto.

Conclusão: As características antropométricas apresentaram diferenças significativas entre os momentos dos estádios maturacionais, sendo encontradas, de forma representativa, sete variáveis que melhor predizem os estádios de maturação sexual.

© 2014 Sociedade de Pediatria de São Paulo. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆]Estudo conduzido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

*Autor para correspondência.

E-mail: radames_medeiros@hotmail.com (R.M.V. Medeiros).

KEYWORDS

Anthropometry;
Puberty;
Sexual maturity;
Discriminant analysis

Contribution of anthropometric characteristics to pubertal stage prediction in young male individuals**Abstract**

Objective: To identify the contribution of anthropometric variables to predict the maturational stage in young males.

Methods: Cross-sectional study that enrolled 190 male subjects aged between eight and 18 years, randomly selected from public and private schools in Natal, Northeast Brazil. Thirty-two anthropometric variables were measured following the recommendations of the International Society for the Advancement of Kineanthropometry (ISAK). The assessment of sexual maturation was based on the observation of two experienced experts, who identified the pubertal development according to Tanner guidelines (1962).

Results: The anthropometric variables showed a significant increase of their values during the advancement of pubertal development ($p < 0.05$). The following variables showed the best value for prediction of maturational groups: sitting height, femoral biepicondylar diameter, forearm girth, triceps skinfold, tibiale laterale and acromiale-radiale bone lengths. These variables were able to estimate the pubertal stages in 76.3% of the subjects.

Conclusion: The anthropometric characteristics showed significant differences between the moments of maturational stages, being found, representatively, seven variables that best predict the stages of sexual maturation.

© 2014 Sociedade de Pediatria de São Paulo. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

A puberdade é definida como a fase de desenvolvimento que transforma o corpo infantil em adulto, com mudanças físicas e hormonais que culminam na maturação sexual e na capacidade de reprodução.^{1,3} Seu aparecimento pode ser visto como importante ferramenta de análise, pois ocorre num tempo individual e é regulado por mecanismos genéticos, neuroendócrinos e ambientais.^{4,5}

O método mais utilizado para a avaliação clínica do desenvolvimento pubertário foi proposto por Tanner com base na observação das características sexuais secundárias, com cinco estádios maturacionais. Nos meninos, esse método se baseia nas características da pilosidade genital e púbica e do desenvolvimento da própria genitália, sendo o estádio 1 referente ao período anterior à puberdade e, o estádio 5, à pós-puberdade.^{6,7} Mesmo amplamente utilizado no acompanhamento da maturação biológica, o método tem algumas desvantagens que podem comprometer sua utilização em ambientes externos ao consultório médico. De forma mais comum, as situações de constrangimento do avaliado ou a falta de privacidade do ambiente escolhido podem comprometer o transcorrer do processo avaliativo e tornar-se um fator limitante para seu uso.^{8,9}

Na tentativa de diminuir essas limitações, alguns estudos propõem a utilização da autoavaliação, que utiliza fotografias ilustrativas dos principais aspectos de cada estádio maturacional e possibilita uma identificação visual auxiliar para que o avaliado aponte a foto que mais se assemelha ao seu momento maturacional atual. Entretanto, estudos nacionais e internacionais demonstraram, em geral, uma baixa confiabilidade desse método, que também tem a limitação de promover situações de constrangimento aos indivíduos.^{6,10-13}

Diante dessa perspectiva, estudos demonstram que modificações morfológicas são comuns durante a puberdade nos meninos, uma vez que o aumento da produção de hormônios sexuais tem relação significativa com a modificação de algumas medidas corporais.^{14,15} Dessa forma, a análise dos parâmetros antropométricos e de composição corporal pode ser considerada uma importante ferramenta para o acompanhamento do desenvolvimento puberal, uma vez que as mudanças na morfologia corporal externa estão relacionadas ao avanço dos estádios de maturação sexual.¹⁶⁻¹⁸

Entre os métodos utilizados para verificar a relação entre essas variáveis, a análise multivariada pode ser reconhecida como o melhor, pois pode fornecer uma estimativa da contribuição de cada característica antropométrica para a predição dos estádios de maturação puberal ao levar em conta a existência de inter-relações de todas as variáveis.¹⁹ Para tal, o teste estatístico que melhor se aproxima desse objetivo é a análise discriminante, que, assim como a regressão linear múltipla, tem o papel de verificar o nível de relação entre as variáveis e criar uma equação de predição de uma variável não métrica com base em variáveis métricas.

Nesse contexto, o presente estudo tem por finalidade identificar as variáveis antropométricas que melhor predizem as diferenças apresentadas entre os estádios de maturação sexual.

Método

Estudo transversal de 190 sujeitos do sexo masculino com idades entre 8 e 18 anos, selecionados de forma aleatória em escolas públicas e privadas de Natal (RN). As escolas foram escolhidas por conveniência, de acordo com as

quatro regiões da cidade (Norte, Sul, Leste e Oeste). A partir disso, a pesquisa foi apresentada aos alunos, e aqueles que concordaram em participar e entregaram a assinatura de consentimento dos responsáveis foram selecionados.

Previamente às avaliações nas escolas, foi realizado um estudo-piloto no ambulatório do Hospital de Pediatria da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (HOSPED), que possibilitou o cálculo do tamanho amostral baseado num intervalo de confiança de 95%, desvio-padrão e erro padrão de estimativa dos dados. O resultado dessa estimativa definiu a necessidade de um número mínimo de 181 indivíduos.

Os critérios utilizados para a seleção da amostra excluíram os sujeitos com síndromes genéticas, déficit cognitivo, tratamento com hormônio de crescimento (GH), agonistas do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) e esteroides sexuais ou presença de doenças que comprometessem a interpretação dos resultados. Para os selecionados, a participação nas avaliações só foi permitida com a permissão dos pais ou responsáveis, mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Inicialmente, foram avaliados 196 indivíduos. Porém, com os critérios utilizados, houve uma perda amostral de seis pessoas. Os procedimentos utilizados neste estudo foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), sob o número 618/11.

Foram selecionadas 32 variáveis antropométricas, sendo todas avaliadas de acordo com as recomendações apresentadas pela International Society for the Advancement of Kineanthropometry (ISAK).²⁰ As variáveis mensuradas foram: peso, estatura, altura tronco-cefálica (ATC), comprimento de membros inferiores (MMII), 5 diâmetros ósseos (biacromial, bi-iliocristal, torácico transverso, biepicôndilo umeral e biepicôndilo femural), 5 alturas ósseas (acrômial-radial, radial-estiloidal, estiloidal-dactiloidal, trocântérica-tibial lateral e tibial lateral), 11 perímetros (cabeça, pescoço, braço relaxado, braço contraído, antebraço, punho, peitoral, cintura, abdômen, quadril e panturrilha) e 7 dobras cutâneas (tricipital, subescapular, bicipital, abdominal, supraespinhal, suprailíaca e panturrilha).

O peso e a estatura foram avaliados por uma balança eletrônica da marca Welmy (Electronic of Welmy Indústria e Comércio, São Paulo - Brasil), com capacidade de 300kg e precisão de 50g, e uma régua antropométrica acoplada com escala entre 1,00 e 2,00m e precisão de 0,1cm. As medidas de perímetros e altura tronco-cefálica foram realizadas com trena antropométrica da marca Sanny (Sanny, São Paulo - Brasil) com 2 m de comprimento e precisão de 0,1cm. Os diâmetros e as alturas ósseas foram mensurados por dois instrumentos: um segmômetro da marca Sanny com 2m de comprimento e precisão de 0,1cm e um paquímetro metálico da marca Cescorf (Cescorf, Rio Grande do Sul - Brasil) com precisão de 0,1cm. As medidas de dobras cutâneas foram realizadas por compasso Harpenden (John Bull British Indicators Ltd, West Sussex - Inglaterra) com escala de unidades de 0,2mm e interpolação de medida de 0,1mm.

As avaliações antropométricas foram realizadas por dois avaliadores experientes com níveis de erro técnico de medida (ETM) adequados, segundo os valores apresentados

na literatura de 5% para as dobras cutâneas e 1% para as demais.²¹ Nas variáveis em que o ETM ultrapassou os valores recomendados, optou-se por excluí-las da análise. Outros dois avaliadores foram treinados previamente e realizaram as medidas longitudinais e de perímetros, sob supervisão e orientação de um dos avaliadores com experiência.

A avaliação da maturação sexual foi baseada na observação de dois médicos especialistas e experientes, sendo seus índices de concordância interavaliador apresentados em um estudo anterior.⁶ Para isso, o estado puberal dos sujeitos foi avaliado de acordo com as recomendações propostas por Tanner,²² sendo separados pelo estágio de maturação sexual da genitália (G1-G5).

A análise descritiva foi realizada por valores de tendência central. A distribuição dos dados foi observada pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, sendo encontrada distribuição não paramétrica apenas para as dobras cutâneas. Estas foram representadas pela mediana e pela variação interquartil, e passaram pelo processo de transformação logarítmica neperiana. A análise inferencial ocorreu pela ANOVA one-way, com teste post-hoc de Scheffé.

Delineando uma abordagem multivariada, observou-se inicialmente as condições para as suposições da análise discriminante pelos testes de colinearidade (tolerância >0,1 e fator de inflação de tolerância <10) e M de Box (0,118). A partir disso, as variáveis foram avaliadas pela estimação simultânea, no intuito de gerar uma função que conseguisse prever a maturação sexual com base nas variáveis antropométricas.

O nível de significância foi de $p < 0,05$, sendo as análises realizadas pelo pacote estatístico SPSS 19.0 (IBM Corp. Released 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, Nova York - EUA).

Resultados

Os valores médios de cada característica antropométrica, separados pelos estádios puberais, são descritos na tabela 1. A idade cronológica apresentou-se maior com o avanço do desenvolvimento puberal, sendo a média e o desvio-padrão para G1 de $9,89 \pm 1,18$; para G2, de $11,89 \pm 1,37$; para G3, de $12,67 \pm 1,31$; para G4, de $13,84 \pm 1,21$; e para G5, de $15,75 \pm 1,19$.

Em relação às outras variáveis, também ocorreu aumento de seus valores com o avanço da puberdade. De forma mais detalhada, pode-se observar que todas as variáveis, exceto o perímetro de cabeça, o diâmetro biacromial e o MMII, apresentaram diferença significativa entre G1 e G2 ($p < 0,05$), porém não significativa entre G2 e G3. Além disso, as variáveis de tamanho corporal apresentaram modificações significativas de G1 para G2 ($p < 0,01$), ocorrendo uma estabilização em G3 e voltando a se diferenciar em G4 e G5 ($p < 0,05$).

Para as dobras cutâneas, não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre os estádios. Isso demonstra que, para valores absolutos, a adiposidade corporal representada pela gordura subcutânea não se modifica nos meninos, mesmo com a chegada da puberdade.

Das 32 variáveis antropométricas que passaram pela análise discriminante, seis (altura tronco-cefálica, diâme-

Tabela 1 Valores de medidas de tendência central e dispersão das variáveis antropométricas, segundo os estádios de maturação puberal (G1-G5)

	G1 n=62	G2 n=18	G3 n=20	G4 n=40	G5 n=50
Tamanho corporal					
Idade (anos)	9,89±1,18	11,89±1,37 ^a	12,67±1,31 ^a	13,84±1,21 ^{ab}	15,75±1,19 ^{ab}
Peso (kg)	35,29±9,05	41,35±10,10 ^a	51,82±17,73 ^a	57,33±11,47 ^a	67,89±16,95 ^{ab}
Estatura (m)	1,38±0,08	1,45±0,10 ^a	1,54±0,10 ^a	1,65±0,08 ^{ab}	1,71±0,07 ^{ab}
ATC (m)	0,71±0,04	0,74±0,04 ^a	0,78±0,05 ^a	0,84±0,04 ^{ab}	0,88±0,04 ^{ab}
MMII (m)	0,67±0,05	0,71±0,07	0,76±0,06 ^a	0,81±0,06 ^{ab}	0,83±0,05 ^a
Diâmetros Ósseos (cm)					
Bi-acrômio	30,76±2,04	32,17±3,31	34,46±2,76 ^a	36,64±2,54 ^a	39,10±3,25 ^{ab}
Torácico Transverso	22,78±2,67	23,89±2,25 ^a	26,19±4,03 ^a	27,23±2,23 ^a	29,22±3,21 ^{ab}
Bi-iliocristal	22,70±3,19	24,00±2,37 ^a	26,15±4,67 ^a	26,75±2,80 ^a	28,35±3,64 ^{ab}
Bi-epicôndilo Umeral	5,66±0,44	6,07±0,51 ^a	6,55±0,67 ^a	6,81±0,49 ^a	7,02±0,43 ^a
Bi-epicôndilo Femural	8,55±0,70	9,18±0,77 ^a	9,62±1,01 ^a	9,69±0,60 ^a	9,84±0,63 ^a
Alturas Ósseas (cm)					
Acromial-Radial	25,55±1,89	27,65±2,76 ^a	29,24±2,39 ^a	31,26±2,20 ^{ab}	32,20±2,04 ^a
Radial-Estiloide	21,68±1,69	23,31±2,82 ^a	24,78±2,47 ^a	26,09±1,94 ^a	27,42±2,08 ^a
Estiloide-Datiloide	15,52±1,01	16,19±1,65 ^a	17,37±1,31 ^a	18,60±1,06 ^{ab}	19,02±1,15 ^a
Trocantérica-Tibial lateral	34,35±3,63	37,34±5,74 ^a	39,90±4,74 ^a	43,41±3,53 ^{ab}	44,15±4,24 ^a
Tibial lateral	38,35±3,53	41,03±4,05 ^a	43,83±3,80 ^a	46,48±3,50 ^a	47,34±3,92 ^a
Perímetros (cm)					
Cabeça	53,34±1,62	53,42±1,48	54,32±1,81	54,74±1,07 ^a	56,37±1,78 ^{ab}
Pescoço	28,48±1,96	29,38±1,66 ^a	31,02±2,69 ^a	32,50±2,59 ^a	35,48±2,71 ^{ab}
Braço Contraído	21,92±3,12	23,39±2,96 ^a	25,75±4,76 ^a	26,89±3,47 ^a	29,87±3,84 ^{ab}
Braço Relaxado	20,90±3,49	22,44±3,28 ^a	24,86±5,21 ^a	25,22±3,38 ^a	28,00±4,18 ^{ab}
Antebraço	19,88±2,04	21,40±2,20 ^a	22,35±3,18 ^a	23,75±2,01 ^a	25,49±2,31 ^a
Punho	13,80±0,99	14,35±1,19 ^a	15,12±1,97 ^a	15,98±1,02 ^a	16,42±1,01 ^a
Tórax	68,07±9,09	71,85±7,67 ^a	76,07±15,93 ^a	81,86±8,41 ^a	88,23±12,43 ^a
Cintura	63,21±9,07	65,96±7,97 ^a	71,51±12,59 ^a	72,31±8,84 ^a	77,67±12,43 ^a
Abdômen	66,41±10,77	73,15±9,32 ^a	76,76±13,51 ^a	76,66±10,08 ^a	82,18±13,75 ^a
Quadril	73,49±8,97	79,05±10,55 ^a	84,74±12,55 ^a	88,30±8,30 ^a	94,51±10,79 ^a
Panturrilha	28,04±3,02	30,23±4,28 ^a	32,22±4,69 ^a	33,68±3,15	35,90±3,80 ^a
Dobras Cutâneas (mm) ^a					
Tríceps	12,9 (9,0-16,4)	15,0 (8,7-19,3)	14,9 (9,0-19,9)	10,1 (8,1-14,3)	10,8 (8,2-16,2)
Subscapular	8,1 (6,1-14,0)	9,2 (7,0-15,4)	9,8 (7,2-21,6)	9,2 (7,4-15,9)	10,8 (8,0-20,8)
Bíceps	8,0 (5,6-11,9)	9,4 (6,0-10,9)	9,0 (5,0-12,9)	6,4 (4,8-9,5)	5,3 (3,8-9,3)
Suprailíaca	12,1 (8,2-23,8)	18,0 (8,4-26,2)	20,0 (8,6-31,3)	13,2 (9,8-27,2)	14,2 (9,4-25,3)
Supraespinal	7,7 (5,5-15,6)	10,1 (5,7-16,1)	12,6 (5,9-21,8)	8,8 (6,5-17,8)	9,2 (6,2-17,2)
Abdominal	12,6(8,0-23,4)	19,1 (11,1-28,0)	23,4 (9,5-32,1)	16,9 (9,8-28,2)	15,0 (10,2-30,1)
Panturrilha	13,4 (9,3-18,1)	14,2 (10,8-23,0)	17,5 (9,0-21,8)	11,8 (9,7-16,0)	11,7 (8,7-15,8)

ATC, Altura tronco-cefálica; MMII, Comprimento de membros inferiores.

^a Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação a G1.

^b Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo maturacional anterior.

^c As variáveis apresentaram distribuição não paramétrica, sendo representadas pela mediana e variação interquartil.

tro biepicôndilo femural, perímetro de antebraço, dobra cutânea de tríceps, alturas ósseas tibial e acrômio-radial), mais a idade, foram selecionadas como os melhores preditores para os estádios de maturação puberal.

A partir disso, quatro funções discriminantes foram formadas com o objetivo de descrever algebricamente a separação entre os cinco grupos analisados. O impacto de cada função para a predição da maturação puberal e sua contribuição para explicar a relação entre todas as variáveis foram obtidos pela correlação canônica, que apresentou valores aceitáveis apenas para as três primeiras funções (0,927; 0,440; 0,352), sugerindo a pouca contribuição da função quatro (0,120) para as estatísticas posteriores. As tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, os valores das

cargas discriminantes de cada variável e os valores dos pontos médios (centroides) de cada função.

A idade e a ATC apresentaram-se como os melhores preditores para a função 1, que está relacionada à análise diferencial entre os estádios 4 e 5 vs. os demais estádios. Para a função 2, que está relacionada à diferença entre os estádios 2 e 3 vs. os demais estádios, houve grande contribuição do diâmetro ósseo biepicôndilo femural (D. femural) e do perímetro de antebraço.

As informações fornecidas na figura 1 apontam novamente para uma análise dos centroides de cada estágio puberal, porém enfatizando a dispersão de cada sujeito em relação a ele. A partir disso, nota-se a diferença entre os valores médios para os escores Z discriminantes dos cinco

Tabela 2 Nível de contribuição das variáveis antropométricas para o modelo de predição da maturação puberal, a partir da criação de funções discriminantes

	Funções			
	1	2	3	4
Idade	0,785 ^a	0,359	-0,173	-0,402
ATC	0,703 ^a	0,049	0,101	0,378
D. Femural	-0,051	0,759 ^a	-0,264	0,525
C. Antebraço	0,285	0,602 ^a	0,335	0,149
DC Tríceps	0,417	0,208	0,493 ^a	0,347
AO Tibial	0,529	0,297	0,426	0,590 ^a
AO Acrômio-Radial	0,381	0,394	-0,187	0,552 ^a

DC, Dobra cutânea; AO, Altura óssea; ^aMaior Correlação absoluta entre cada variável e a função discriminante, demonstrando seu alto poder preditivo para a maturação puberal.

Tabela 3 Média dos valores centrais (Centróides) das funções de predição da maturação puberal a partir das variáveis antropométricas

Genitália	Funções			
	1	2	3	4
Estádio 1	-2,874	-0,364	-0,119	-0,013
Estádio 2	-1,574	1,224	-0,344	0,163
Estádio 3	-0,388	0,616	0,532	-0,262
Estádio 4	1,421	-0,167	0,524	0,136
Estádio 5	3,149	-0,101	-0,360	-0,047

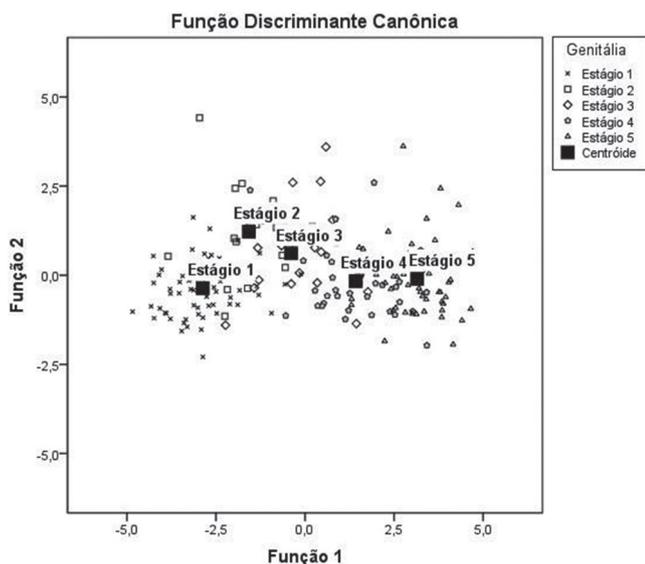


Figura 1 Representação gráfica dos centróides das funções discriminantes canônicas

estádios e verifica-se comparativamente a análise discriminante de forma geral.

A probabilidade de predição dos estádios puberais com base nas variáveis antropométricas foi de 76,3%, como demonstrado nos valores de classificação para a análise discriminante. Especificamente aos grupos, o estágio 2 obteve o valor percentual mínimo (61,1%), o estágio 1 obteve

o maior valor (87,1%) e os estádios 3, 4 e 5 obtiveram, respectivamente, 65%, 62,5% e 84%.

Discussão

As modificações antropométricas que ocorrem com o avanço dos estádios maturacionais podem ser reconhecidas como uma alternativa de análise para identificar as variáveis que melhor predizem esses momentos. Como observado anteriormente, das 32 variáveis antropométricas avaliadas, seis, além da idade, foram capazes de reclassificar um alto percentual dos grupos maturacionais, demonstrando a viabilidade dessa perspectiva.

No estudo realizado por Pérez *et al.*,⁹ os estádios maturacionais também foram preditos com sucesso a partir de oito variáveis antropométricas, indicando o significativo efeito do processo maturacional sobre as características antropométricas. Essa relação acaba sendo responsável pelas modificações corporais em indivíduos do sexo masculino, como observado na tabela 1.^{3,7,23}

Todas as variáveis antropométricas, exceto perímetro de cabeça, diâmetro biacômio e MMII, apresentaram diferença significativa entre G1 e G2, o que não foi confirmado para o período subsequente entre G2 e G3. Isso pode ter ocorrido por dois motivos. Primeiro, pela idade mínima utilizada, que, mesmo sendo similar a de outros estudos, pode incluir meninos ainda muito atrasados em relação à sua entrada na puberdade, subestimando os valores apresentados em G1. Por outro lado, essa diferença também pode ser explicada pela descrição encontrada no estudo de Wright *et al.*,²⁴ no qual o estágio 1 representa um período prévio à puberdade e tem uma pequena diferenciação em relação ao estágio 2. Posteriormente, os picos de velocidade do crescimento serão alcançados, aproximadamente, entre os estádios 3 e 4.^{3,25}

Em relação às dobras cutâneas, observa-se que a variação apresentada foi muito alta, demonstrando grande variabilidade entre os sujeitos. Dessa forma, foi necessária a aplicação de técnicas estatísticas para amenizar a distribuição das variáveis, e, após a análise de variância, não foram encontradas diferenças significativas para nenhuma comparação entre os estádios, corroborando com o estudo de Veldre e Jürimäe.⁸ Sabe-se que, nos meninos, o aumento do peso nessa fase é acompanhado principalmente pelo ganho de massa muscular (de 80% para 90%) e pela estabilidade nos níveis de massa de gordura, propiciando poucas modificações nos níveis absolutos de gordura subcutânea.^{26,27}

As sete variáveis utilizadas na análise discriminante foram responsáveis pela formação de quatro funções. A partir do teste de Lambda de Wilks, apenas as três primeiras funções foram capazes de separar os estádios de maturação ($p < 0,05$), sendo responsáveis, respectivamente, por 85,9%, 19,4% e 12,4% da quantidade de variância da análise discriminante. Esses índices são considerados adequados para prosseguir com as demais interpretações desse método, pois conseguem prever com alta precisão as diferenças existentes entre cada estágio de maturação sexual.¹⁹

As tabelas 2 e 3 apresentam as características específicas das funções para cada variável selecionada e os estádios puberais. Com base nelas, é possível identificar que

a idade (0,785) e a ATC (0,703) são as características mais preditoras da primeira função. O diâmetro femural (0,759) e o perímetro de antebraço (0,602) são mais preditores da segunda função. Pelos valores de centroide, observa-se que a função 1 pode contribuir para a separação entre os grupos G4 e G5 vs. os demais estádios, devido às diferenças demonstradas nas variáveis discriminantes. Já para a função 2, tal separação está representada por G2 e G3 vs. os demais estádios, ou seja, as melhores tendências para essa análise discriminante se baseia em três grupos: G1; G2+G3; G4+G5.

Os resultados apresentados são similares aos obtidos por Wright *et al.*²⁴ sobre a eficácia das características de crescimento na puberdade, que propõe sua análise em três fases específicas: pré-puberdade (estádio 1 de Tanner), “na puberdade” (estádios 2 e 3 de Tanner) e “completando a puberdade” (estádios 4 e 5 de Tanner).

A literatura mostra que a sequência de mudanças maturacionais durante a puberdade já é bem-definida. Os estádios 4 e 5, quando referenciados em relação à caracterização da genitália, representam um momento maturacional avançado em que o indivíduo se encontra próximo do estado adulto. É nesse período que ocorrem as principais modificações corporais, principalmente em relação ao pico de velocidade do crescimento, contribuindo para sua maior diferenciação em relação aos estádios maturacionais iniciais.^{3,28,29}

Para o percentual de viabilidade das predições corretamente classificadas, a análise discriminante foi responsável por um total de 76,3% de acertos, considerado um bom nível preditivo.¹⁹ Isso significa que as sete variáveis utilizadas nas funções foram responsáveis por um índice de 76,3% de predição dos estádios de maturação, o que representa um valor aceitável para esse tipo de método.

Os demais 23,7% estão relacionados ao índice de erro originado pelos vieses que acompanham o presente estudo, principalmente com relação à avaliação antropométrica, que se caracteriza como um método que necessita de um treinamento prévio e capacitação adequada, para que o erro intrínseco ao avaliador não seja tão acentuado. Porém, o cálculo dos erros inter e intra-avaliador foram realizados para minimizar esse problema.

Nas análises mais específicas, verifica-se que os estádios intermediários G2, G3 e G4 apresentaram os menores índices, indicando maior dificuldade na identificação das modificações antropométricas durante essas fases da puberdade. Por outro lado, os momentos relacionados a G1 e G5 tiveram um alto percentual de acerto, demonstrando uma alta precisão na sua predição, justificada por serem momentos “extremos” ao processo maturacional em que as modificações características da puberdade ainda não iniciaram (pré-puberdade) ou já foram finalizadas (pós-puberdade).

As modificações corporais ocorridas com o avanço da maturação puberal foram significativas e demonstram que podem ser utilizadas no contexto clínico em jovens do sexo masculino. Mesmo sendo caracterizado como estudo transversal e não substituindo o método direto utilizado na prática médica, esses resultados abrem caminho para uma proposta inovadora, uma vez que o presente estudo encontrou diferenças significativas das características

antropométricas entre os estádios de maturação sexual, identificando sete variáveis que melhor os discriminam e predizem, representadas por um índice de classificação considerado bom (76,3%).

Portanto, esses achados confirmam que a avaliação das características antropométricas tem alta relação com o momento maturacional em jovens do sexo masculino e representam uma nova perspectiva para o desenvolvimento de novos métodos de predição da maturação biológica, de forma que não seja limitada por seu caráter invasivo e de alto custo.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

1. Parent AS, Teilmann G, Juul A, Skakkebaek NE, Toppari J, Bourguignon JP. The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity: variations around the world, secular trends, and changes after migration. *Endocr Rev* 2003;24:668-93.
2. Sun SS, Deng X, Sabo R, Carrico R, Schubert CM, Wan W *et al.* Secular trends in body composition for children and young adults: the Fels Longitudinal Study. *Am J Hum Biol* 2012;24:506-14.
3. Coutinho MF, Freitas IC. Crescimento e puberdade. In: Lopez FA, Campos Junior D, editors. *Tratado de Pediatria*. 2nd ed. Barueri: Manole; 2009. p. 423-34.
4. Maakaroun MF, Souza RC. A consulta do adolescente. In: Lopez FA, Campos Junior D, editors. *Tratado de Pediatria*. 2nd ed. Barueri: Manole; 2009. p. 415-22.
5. Verreschi IT. Fisiologia da Puberdade. In: Monte O, Longui CA, Calliari LE, Kochi C, editors. *Endocrinologia para o pediatra*. 3rd ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 2006. p.145-9
6. Azevedo JC, Brasil LM, Macedo TB, Pedrosa LF, Arrais RF. Comparison between objective assessment and self-assessment of sexual maturation in children and adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2009;85:135-42.
7. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970;45:13-23.
8. Veldre G, Jurimae T. Anthropometric parameters and sexual maturation in 12- to 15-year-old Estonian boys. *Anthropol Anz* 2004;62:203-15.
9. Pérez BM, Vásquez M, Landaeta-Jiménez M, Ramírez G, Macías-Tomei C. Anthropometric characteristics of young venezuelan swimmers by biological maturity status. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2006;8:13-8.

10. Chan NP, Sung RY, Kong AP, Goggins WB, So HK, Nelson EA. Reliability of pubertal self-assessment in Hong Kong Chinese children. *J Pediatr Child Health* 2008;44:353-8.
11. Meneses C, Ocampos DL, de Toledo TB. Tanner stages: a study of reliability between the referred and the observed. *Adolesc Saude* 2008;5:54-6.
12. Leite N, Milano GE, Lazarotto L, Lopes MF, Pilotto V, Bento PC *et al.* Evaluation and self-assessment of pubertal stage in overweight children and adolescent. *Motriz Rev Educ Fis* 2009;15:641-7.
13. Raman A, Lustig RH, Fitch M, Fleming SE. Accuracy of self-assessed tanner staging against hormonal assessment of sexual maturation in overweight African-American children. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2009;22:609-22.
14. Ying-Xiu Z, Shu-Rong W. Secular trends in growth and body proportion among children and adolescents from 1985 to 2005 in Shandong, China. *Anthropol Sci* 2009;117:69-76.
15. Mandal A, Chaudhuri AB. Anthropometric - hormonal correlation: an overview. *J Life Sci* 2010;2:65-71.
16. Barbosa KB, Franceschini SC, Priore SE. Influence of the stages of sexual maturation in the nutritional status, anthropometrics and corporal composition of adolescents. *Rev Bras Saude Mater Infant* 2006;6:375-82.
17. Boyne MS, Thame M, Osmond C, Fraser RA, Gabay L, Reid M, *et al.* Growth, body composition, and the onset of puberty: longitudinal observations in Afro-Caribbean children. *J Clin Endocrinol Metab* 2010;95:3194-200.
18. Linhares RV, Matta MdeO, Lima JR, Dantas PM, Costa MB, Filho JF. Effects of sexual maturation on body composition, dermatoglyphics, somatotype and basic physical qualities of adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2009;53:47-54.
19. Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. *Análise multivariada de dados*. 5th ed. Porto Alegre: Bookman; 2005.
20. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. *International standards for anthropometric assessment*. Potchefstroom: Isak; 2006.
21. Pederson D, Gore C. Error en la medición antropométrica. In: Norton K, Olds T, editors. *Antropométrica*. Rosario: Biosystem; 2000.
22. Tanner JM. *Growth at adolescent*. 2nd ed. Oxford Blackwell Scientific; 1962.
23. Tinggaard J, Mieritz MG, Sørensen K, Mouritsen A, Hagen CP, Aksglaede L *et al.* The physiology and timing of male puberty. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2012;19:197-203.
24. Wright CM, Ahmed L, Dunger DB, Preece MA, Cole TJ, Butler G. Can we characterise growth in puberty more accurately? Validation of a new puberty phase specific (PPS) growth chart. *Arch Dis Child* 2012;97 (Suppl 1):A100.
25. Marcell AV. Adolescência. In: Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB, Stanton BF, editors. *Nelson - Tratado de Pediatria*. 18th ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2009.
26. Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA. Growth at puberty. *J Adolesc Health* 2002;31 (Suppl 6):192-200.
27. Mihalopoulos NL, Holubkov R, Young P, Dai S, Labarthe DR. Expected changes in clinical measures of adiposity during puberty. *J Adolesc Health* 2010;47:360-6.
28. Malina RM, Bouchard C. *Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação*. São Paulo: Roca; 2002.
29. Duarte MF. Physical maturation: a review with special reference to Brazilian children. *Cad Saude Publica* 1993;9 (Suppl 1):71-84.