

# FOTOGRAMETRIA: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO OBJETIVA DA CAIXA TORÁCICA NA ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

Photogrammetry: a proposal of objective assessment of chest wall in adolescent idiopathic scoliosis

Anderson Sales Alexandre<sup>a</sup> , Evandro Fornias Sperandio<sup>a</sup> ,  
Liu Chiao Yi<sup>a</sup> , Josy Davidson<sup>a</sup> , Patrícia Rios Poletto<sup>a</sup> ,  
Alberto Ofenhejm Gotfryd<sup>b</sup> , Milena Carlos Vidotto<sup>a,\*</sup> 

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o formato da caixa torácica em pacientes com escoliose idiopática do adolescente (EIA), comparando-os com indivíduos saudáveis e analisar a associação do formato da caixa torácica com a deformidade da coluna vertebral e função pulmonar em pacientes com EIA.

**Métodos:** Estudo transversal que avaliou 30 pacientes com EIA e 20 indivíduos saudáveis com idade entre 11 e 18 anos. O ângulo de Cobb foi avaliado em pacientes com EIA. O formato da caixa torácica foi analisado pelo método da fotogrametria, utilizando o Software para Avaliação Postural (SAPO). Foram criados marcadores torácicos descritos como ângulos (A) e distâncias (D): A2 (acrômio direito/processo xifoide/acrômio esquerdo), A4E (ângulo formado entre o ponto externo da menor circunferência da cintura e suas bordas superior e inferior do lado esquerdo), A7 (ângulo formado pela interseção das retas tangentes aos ângulos superior e inferior das escápulas), D1D/D1E [distância entre o processo xifoide e a última costela falsa nos lados direito (D) e esquerdo (E)] e D3 (distância entre o processo xifoide e a espinha ílica anterossuperior).

**Resultados:** Os marcadores torácicos A2 e A7 foram significativamente maiores, enquanto o A4E e o D1D/D1E foram significativamente menores no grupo EIA em relação ao controle. Foram encontradas correlações moderadas entre: A2 e os ângulos de Cobb torácico principal e proximal ( $r=0,50$  e  $r=0,47$ , respectivamente); D1D/D1E e o ângulo de Cobb torácico principal ( $r=-0,40$ ); e o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) e D3D ( $r=0,47$ ).

**Conclusões:** O método da fotogrametria detectou alterações na caixa torácica de pacientes com EIA, além de apresentar correlações significativas entre os ângulos de Cobb e a função pulmonar.

**Palavras-chave:** Escoliose; Adolescente; Parede torácica; Coluna vertebral; Fotogrametria.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the chest wall shape in patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS) in comparison to healthy subjects and the association between the chest wall shape with the spine deformity and lung function in patients with AIS.

**Methods:** This cross-sectional study enrolled 30 AIS patients and 20 healthy subjects aged 11–18 years old. The Cobb angle evaluation was performed in AIS patients. The chest wall shape was assessed by the photogrammetry method, using the Postural Assessment Software (PAS). We created thoracic markers shaped as angles (A) and distances (D), as follows: A2 (right acromion/xiphoid/left acromion), A4L (angle formed between the outer point of the smallest waist circumference and its upper and lower edges on the left side), A7 (angle formed by the intersection of the tangent segments of the upper and lower scapulae angles), D1R/D1L [distance between the xiphoid process and the last false rib on the right (R) and left (L) sides], and D3 (distance between xiphoid process and anterior superior iliac spine).

**Results:** The thoracic markers A2 and A7 were significantly higher, while the A4L and D1R/D1L were significantly reduced in the AIS group compared to the control. Moderate correlations were found between: A2 and the main and proximal thoracic Cobb angles ( $r=0.50$ ,  $r=0.47$ , respectively); D1R/D1L and the main thoracic Cobb angle ( $r=-0.40$ ); and the forced expiratory volume in the first second (FEV<sub>1</sub>) and D3R ( $r=0.47$ ).

**Conclusions:** The photogrammetry method was able to detect chest wall changes in AIS patients, besides presenting correlation between Cobb angles and lung function.

**Keywords:** Scoliosis; Adolescent; Thoracic wall; Spine; Photogrammetry.

\*Autor correspondente. E-mail: [milenaividotto@hotmail.com](mailto:milenaividotto@hotmail.com) (M.C. Vidotto).

<sup>a</sup>Universidade Federal de São Paulo, Santos, SP, Brasil.

<sup>b</sup>Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil.

Recebido em 28 de agosto de 2017; aprovado em 28 de janeiro de 2018; disponível on-line em 24 de julho de 2019.

## INTRODUÇÃO

A escoliose idiopática do adolescente (EIA) é uma deformidade caracterizada pelo desvio lateral no plano frontal, hipocifose torácica no plano sagital e rotação no plano transversal.<sup>1</sup> A escoliose idiopática representa cerca de 90% de todos os casos de escoliose, sendo o tipo mais comum entre adolescentes.<sup>2,3</sup> A prevalência da EIA é de 2 a 3% em indivíduos com idade entre 11 e 17 anos<sup>4</sup> e acomete principalmente o sexo feminino.<sup>5</sup>

Existe uma correlação entre a intensidade da deformidade escoliótica e alterações na função pulmonar: quanto maior a curva, pior a função pulmonar.<sup>6</sup> A dificuldade respiratória é muitas vezes restritiva, sendo mais comum em casos de escoliose torácica. A deformidade tridimensional que afeta o tórax gera uma disfunção diafragmática, compressão do parênquima pulmonar e redução progressiva dos volumes e capacidades pulmonares.<sup>7,8</sup>

O método de Cobb é a medida radiográfica mais empregada para estimar a magnitude da escoliose.<sup>9</sup> Atualmente, há outras maneiras de avaliar as alterações posturais e da caixa torácica de forma objetiva utilizando técnicas fotográficas, chamadas de fotogrametria digital.<sup>10</sup> Entre as novas técnicas de fotogrametria digital disponíveis para análise postural e da caixa torácica, o Software para Avaliação Postural (SAPO) se destaca por ser não-invasivo, gratuito, fácil de usar e reprodutível.<sup>11</sup>

Há uma preocupação em encontrar novas ferramentas que avaliem a evolução da deformidade escoliótica utilizando métodos não-invasivos para evitar os efeitos nocivos da radiação ionizante. Acredita-se que o uso do SAPO pode auxiliar na avaliação clínica e, portanto, evitar exposições radiográficas em pacientes que aparentemente não apresentam piora clínica nas curvas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o formato da caixa torácica (utilizando a fotogrametria), a função pulmonar e a força muscular respiratória em pacientes com EIA e comparar estes dados com os de indivíduos saudáveis. Além disso, o formato da caixa torácica foi correlacionado com o método de Cobb e a função pulmonar em pacientes com EIA.

## MÉTODO

O estudo foi conduzido em delineamento transversal de março de 2014 a fevereiro de 2016. Foram incluídos pacientes com EIA Lenke tipo I,<sup>12</sup> que apresentavam a principal curva torácica à direita, de ambos os sexos e idade entre 11 e 18 anos. Pacientes da clínica ortopédica de um hospital local foram submetidos a avaliação radiográfica para mensurar os ângulos de Cobb. O médico chefe do ambulatório de coluna avaliou os seguintes ângulos de Cobb: torácico principal, torácico proximal e lombar. Foram excluídos pacientes com histórico de doenças cardíacas, respiratórias ou neuromusculares, malformações congênitas ou outras lesões musculoesqueléticas.

Adolescentes saudáveis, com idade, peso e altura semelhantes aos dos pacientes com EIA foram recrutados por meio de anúncios em jornais locais para triagem e avaliação fisioterápica. Seguindo as recomendações da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia,<sup>13</sup> um único examinador realizou a triagem clínica do grupo controle. O teste de inclinação anterior (teste de Adams) foi o principal exame adotado para excluir indivíduos que tivessem qualquer deformidade vertebral. Ademais, realizou-se uma avaliação postural subjetiva dos seguintes parâmetros: alinhamento dos ombros, escápulas e pelve.

Todos os participantes do estudo e seus responsáveis assinaram o termo de assentimento e o termo de consentimento livre e esclarecido. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local.

Foram avaliados 78 participantes, entre os quais 47 tinham sido previamente diagnosticados com EIA e 31 representavam indivíduos saudáveis. Dos 47 pacientes com EIA, 17 foram excluídos; 1 devido a um diagnóstico de asma, 13 por não pertencerem à classificação Lenke tipo I (Lenke tipo II: 3 pacientes; Lenke tipo III: 2 pacientes; Lenke tipo V: 5 pacientes; e Lenke tipo VI: 3 pacientes) e 3 por não apresentarem a principal curva torácica à direita. Os pacientes excluídos exibiam características demográficas e antropométricas semelhantes às dos pacientes incluídos. Onze participantes foram excluídos do grupo controle por alterações posturais detectadas na triagem, como presença de gibosidade no teste de Adams e assimetrias nos ombros, escápulas e triângulo de Tales.

Consequentemente, 30 pacientes e 20 indivíduos saudáveis compuseram a amostra final. Foi realizada uma análise de potência post-hoc, levando em consideração a média (DP) do marcador torácico A2 dos grupos, com um tamanho de efeito de 1,53 e erro alfa de 0,05. Este cálculo resultou em um poder amostral superior a 90%.

Após a triagem dos indivíduos, a sequência das avaliações foi a seguinte: antropométrica, respiratória e da caixa torácica (fotogrametria). O peso foi aferido com aproximação de 0,1 kg, e a estatura foi medida com aproximação de 0,5 cm. O índice de massa corporal foi calculado por meio da divisão da massa corporal pelo quadrado da estatura ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).<sup>14</sup>

As pressões inspiratória e expiratória máximas (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>, respectivamente) foram medidas com base nas diretrizes da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT)<sup>15</sup>. As pressões respiratórias foram aferidas por um manovacuômetro (MVD 300, GlobalMed, São Paulo, SP, Brasil), e a manobra foi realizada a partir da capacidade residual funcional. A função pulmonar foi avaliada com o uso de um espirômetro (Spiropalm; Cosmed, Pavona di Albano, Itália), seguindo as recomendações da SBPT.<sup>15</sup> O volume expiratório forçado no

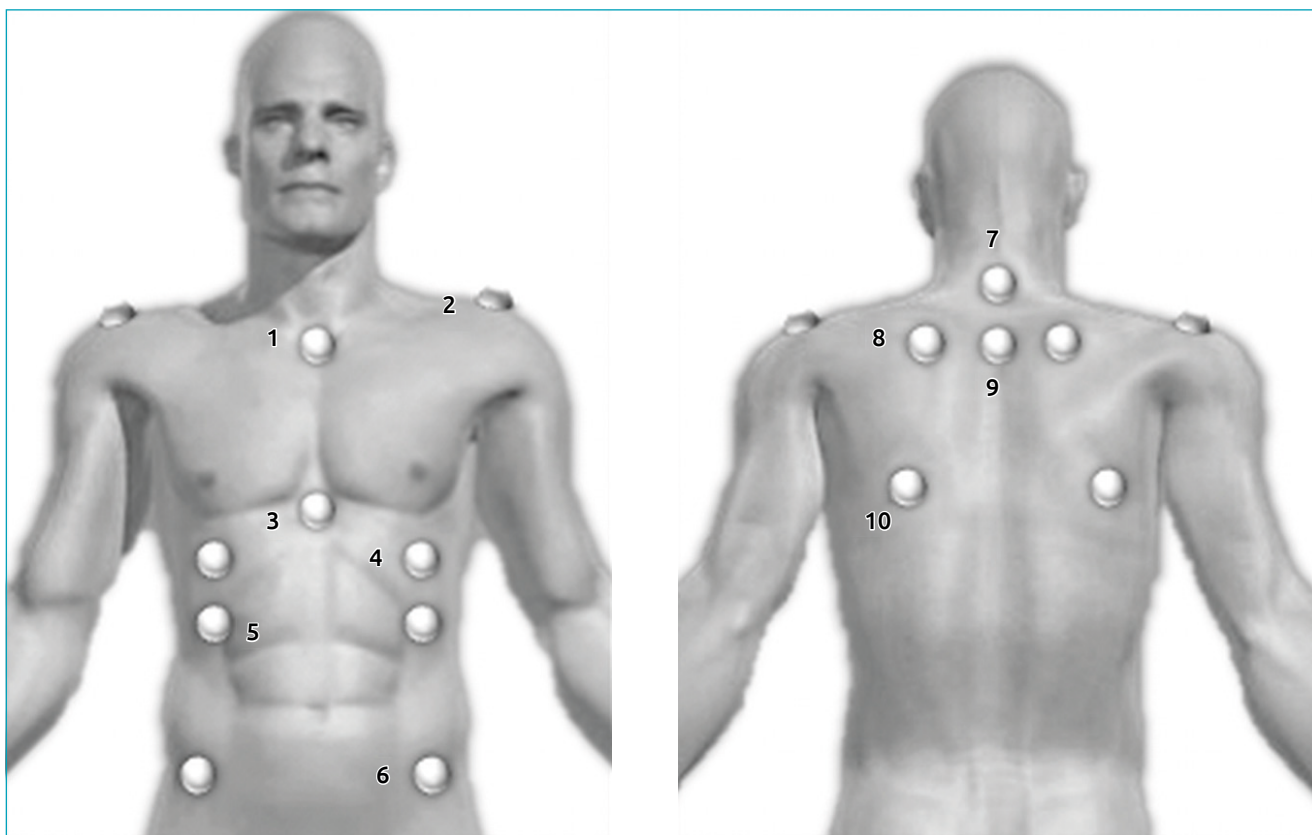
primeiro segundo ( $VEF_1$ ), a capacidade vital forçada (CVF) e a relação  $VEF_1/CVF$  foram analisados em valores absolutos e porcentagem de valores previstos.<sup>16</sup>

Deformidades na caixa torácica foram avaliadas por fotogrametria, utilizando o SAPO. O SAPO pode ser acessado gratuitamente no site (<http://demotu.org/sapo/>). Um tripé profissional com uma câmera digital (Cyber-shot DCS-W300, Sony Corporation, Tóquio, Japão) paralela ao chão foi posicionado a meia altura do indivíduo. Um fio de prumo marcando um metro foi pendurado no teto da sala para calibrar as fotos na posição vertical. As fotos foram tiradas nas vistas anterior, posterior e lateral esquerda e direita. A posição dos pés foi marcada com um tapete de etileno acetato de vinila (EVA). Para indicar os pontos anatômicos da região torácica, foram utilizadas uma meia-esfera de isopor de 25 mm de diâmetro e fita adesiva dupla face. Os pontos anatômicos são mostrados na Figura 1.

Os pontos anatômicos utilizados foram baseados no protocolo SAPO, com exceção do ponto 1<sup>11</sup> e dos pontos 3, 4 e 5, que foram criados pela equipe desta pesquisa. A análise dos pontos anatômicos foi realizada sempre pelo mesmo

examinador, seguindo estes passos: abrir a foto, aproximá-la em 75%, calibrar a imagem e analisar as medidas lineares e angulares entre os pontos anatômicos previamente marcados. Os marcadores torácicos foram avaliados por meio de ângulos (A) e distâncias (D):

- A1: acrômio direito/manúbrio/acrômio esquerdo;
- A2: acrômio direito/processo xifoide/acrômio esquerdo;
- A3: última costela falsa direita/processo xifoide/última costela falsa esquerda;
- A4: ângulo formado entre o ponto externo da menor circunferência da cintura e suas bordas superior e inferior;
- A5: ponto abaixo do mamilo/ângulo inferior da escápula/acrômio direito e esquerdo;
- A6: C7/acrômio direito e esquerdo/T3;
- A7: ângulo formado pela interseção das retas tangentes aos ângulos superior e inferior das escápulas;
- D1: processo xifoide — última costela falsa direita e esquerda;
- D2: manúbrio — última costela falsa direita e esquerda;
- D3: processo xifoide — espinha ílica anterossuperior direita e esquerda.



**Figura 1** 1: manúbrio; 2: acrômio; 3: processo xifoide; 4: ponto abaixo do mamilo (metade da distância entre o mamilo e a última costela falsa); 5: última costela falsa (interseção da linha do mamilo com a linha da última costela falsa); 6: espinha ílica anterossuperior (EIAS); 7: processo espinhoso da C7; 8: ângulo superior da escápula; 9: processo espinhoso da T3; 10: ângulo inferior da escápula.

Todos os As e Ds estão ilustrados na Figura 2 e foram criados pela equipe deste estudo, exceto o ângulo A1, reproduzido a partir do estudo de Davidson et al.<sup>11</sup>

Como o marcador torácico A4 foi medido a partir do ponto mais profundo da cintura e de suas bordas superior e inferior, uma ferramenta chamada *detector de borda*, disponível no software, foi utilizada para avaliar este ângulo. Esta funcionalidade melhora o contraste da imagem, permitindo uma melhor visualização das bordas para fornecer uma análise precisa e confiável. Para avaliar as distâncias (D1, D2 e D3), analisou-se a relação entre os lados direito e esquerdo (D1D/D1E, D2D/D2E e D3D/D3E).

A análise descritiva foi expressa como média e desvio padrão, frequência e porcentagem. A normalidade das variáveis foi investigada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para diferenciar os grupos (controle e escoliose) quanto às alterações nas variáveis torácica e respiratória, utilizou-se o teste t de Student não-pareado, uma vez que as variáveis apresentaram distribuição normal. Para estudar a correlação entre a fotogrametria torácica e a função pulmonar, a força muscular respiratória e os ângulos de Cobb, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson. A probabilidade de erro alfa foi fixada em 5% para todas as análises.

## RESULTADOS

Os dados demográficos e antropométricos, a função pulmonar e a força muscular respiratória dos 50 indivíduos avaliados e a média dos ângulos de Cobb dos pacientes com EIA analisados neste estudo são apresentados na Tabela 1, sendo os grupos homogêneos em relação a sexo, idade, estatura, massa corporal e índice de massa corporal.

A avaliação da caixa torácica pela fotogrametria indicou um aumento significativo nos marcadores torácicos A2 e A7 e redução significativa no A4E e no D1D/D1E no grupo EIA comparado ao grupo controle, conforme mostra a Tabela 2.

Houve correlação positiva moderada entre o marcador torácico A2 e os ângulos de Cobb torácico principal e proximal ( $r=0,50$  e  $r=0,47$ , respectivamente) e correlação negativa moderada entre o marcador torácico D1D/D1E e o ângulo de Cobb torácico principal ( $r=-0,40$ ), como demonstra a Tabela 2.

A P<sub>Imáx</sub> foi menor em pacientes com EIA quando comparada à de indivíduos saudáveis. Na avaliação da função pulmonar, todas as variáveis apresentaram redução em pacientes com EIA em comparação a indivíduos saudáveis, com exceção da relação VEF<sub>1</sub>/CVF, conforme indicado na Tabela 1. Houve correlação positiva moderada entre o VEF<sub>1</sub> e os marcadores torácicos D3D (r=0,47, p=0,009) e D3E (r=0,40, p=0,010).

## DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o formato da caixa torácica de pacientes com EIA utilizando a fotogrametria. A fim de quantificar as alterações na caixa torácica, foram criados alguns ângulos (A) e distâncias (D), chamados de marcadores torácicos. Este método foi capaz de detectar alterações nos marcadores torácicos A2, A7 e D1 de pacientes com EIA quando comparados a indivíduos saudáveis. Ademais, foi encontrada uma correlação entre os marcadores torácicos A2 e D1D/D1E e os ângulos de Cobb.

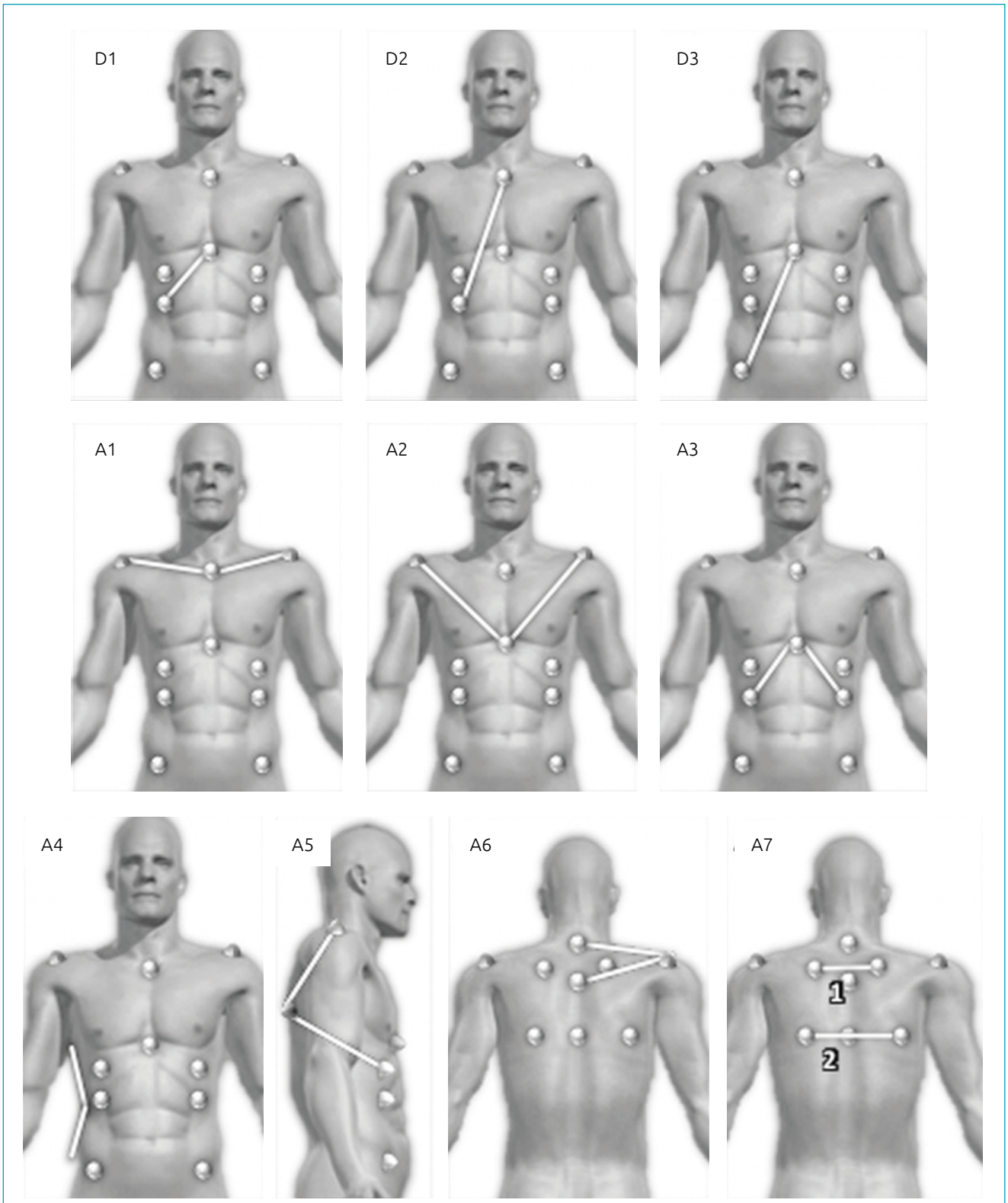
O método de fotogrametria utilizado no presente estudo foi o SAPO. Sugere-se as seguintes interpretações para cada marcador:

- A1, A2 e A3: inclinação e rotação das costelas e do esterno;
- A4: desvio e inclinação lateral do tronco;
- A5: cifose torácica e/ou presença de deformidade vertebral torácica;
- A6: elevação dos ombros;
- A7: escápulas desniveladas;
- D1 e D2: rotação da caixa torácica;
- D3: rotação da caixa torácica em relação à pelve.

Observou-se um aumento nos marcadores torácicos A2 e A7 e diminuição no ângulo A4E e na relação D1D/D1E em indivíduos com EIA quando comparados a indivíduos saudáveis. O crescimento do ângulo A2 no grupo EIA pode ser resultado da rotação vertebral, na qual o corpo vertebral vira para o lado convexo e o processo espinhoso gira para o lado côncavo. Dessa forma, as costelas são deformadas pela rotação para trás e para cima no lado convexo e para frente no lado côncavo.<sup>6</sup> Neste estudo, também foi encontrada uma correlação positiva entre o marcador torácico A2 e o ângulo de Cobb torácico principal, indicando que este marcador detectou a rotação e inclinação das costelas.

O marcador torácico A7 era maior em pacientes com EIA em relação a indivíduos saudáveis. De acordo com a Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, indivíduos com EIA Lenke tipo I e desvio na principal curva torácica à direita apresentam protrusão na escápula direita, a qual é mais alta que a esquerda, sugerindo, portanto, que este marcador pode detectar o deslocamento das escápulas, característico desses pacientes.

O ângulo A4E de indivíduos com EIA mostrou diminuição significativa em relação a sujeitos saudáveis. Ao comparar as médias dos ângulos A4 direito ( $161,5\pm 6,9$ ) e esquerdo ( $144,6\pm 9,6$ ) no grupo EIA, observou-se que o ângulo esquerdo era significativamente menor ( $p<0,001$ ). Isso mostra que essa população apresentou inclinação do tronco para a esquerda e que esse ângulo identificou a alteração. Esse resultado corrobora



**Figura 2** D1: processo xifoide — última costela falsa direita e esquerda; D2: manúbrio — última costela falsa direita e esquerda; D3: processo xifoide — espinha ílica anterossuperior direita e esquerda; A1: acrômio direito/manúbrio/acrômio esquerdo; A2: acrômio direito/processo xifoide/acrômio esquerdo; A3: última costela falsa direita/processo xifoide/última costela falsa esquerda; A4: ângulo entre o ponto mais profundo da cintura e as bordas superior e inferior da cintura; A5: ponto abaixo do mamilo/ângulo inferior da escápula/acrômio direito e esquerdo; A6: C7/acrômio direito e esquerdo/T3; A7: ângulo formado pela interseção das retas tangentes aos ângulos superior e inferior das escápulas.

os critérios de avaliação da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia que definem a inclinação do tronco para a esquerda como uma das características dos pacientes com esse tipo de escoliose.

A relação D1D/D1E foi menor no grupo EIA em comparação ao grupo controle. Como as costelas seguem a rotação vertebral, a rotação para trás e para cima no lado convexo e para a frente no lado côncavo<sup>6</sup> pode ter causado a redução na D1D e o aumento na D1E, levando a uma diminuição da relação. Devido à sua localização anatômica, pode-se inferir que a relação entre os marcadores D1D e D1E detectou a rotação da caixa torácica. Outro resultado que sustenta essa hipótese é o fato de que o ângulo de Cobb torácico principal apresentou correlação negativa com o D1D/D1E, demonstrando que quanto maior a deformidade torácica, menor o D1D/D1E.

Acredita-se que a diminuição no marcador torácico A5 pode detectar a presença de deformidade vertebral e/ou cifose torácica. Como os pacientes participantes deste estudo apresentaram gibosidade do lado direito, era esperado encontrar um A5D reduzido. Analisando este marcador em ambos os lados,

**Tabela 1** Valores demográficos, antropométricos, do ângulo de Cobb, da força muscular e da função pulmonar avaliados nos participantes.

Variáveis	EIA (n=30)	Controle (n=20)	p-valor
Sexo feminino	27 (90%)	17 (85%)	0,670
Idade (anos)	14,3±2,1	14,6±2,4	0,730
Altura (m)	1,58±0,07	1,60±0,07	0,410
Peso (kg)	47,6±6,9	50,4±9,1	0,500
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,8±2,2	19,4±2,5	0,410
Cobb TPro (°) (n=22)	24,9±11,3		
Cobb TPri (°)	48,6±19,3		
Cobb L (°) (n=23)	32,6±10,8		
Plmáx (cmH <sub>2</sub> O)	63,0±23,8	77,5±24,4	0,044*
PEmáx (cmH <sub>2</sub> O)	60,6±32,4	72±24,6	0,168
CVF (L)	2,68±0,6	3,26±0,64	0,003*
CVF (% do previsto)	85,3±14,2	96,8±13,3	0,006*
VEF <sub>1</sub> (L)	2,34±0,55	2,81±0,62	0,011*
VEF <sub>1</sub> (% do previsto)	82,3±15,1	93,4±13,2	0,010*
PFT (L)	5,75±1,36	6,74±1,58	0,032*
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	87,2±7,7	85,9±7,7	0,576

EAI: escoliose idiopática do adolescente; n: tamanho da amostra; IMC: índice de massa corporal; TPro: torácico proximal; TPri: torácico principal; L: lombar; Plmáx: pressão inspiratória máxima; PEmáx: pressão expiratória máxima; CVF: capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>: volume expiratório forçado no primeiro segundo; PFT: pico de fluxo da tosse; \*diferença estatisticamente significativa (p<0,05).

observou-se redução significativa (p<0,001) no lado direito (75,2±9,1) em relação ao esquerdo (82,9±9,8), revelando que o marcador A5 identificou a assimetria entre os lados.

Uma correlação positiva entre o ângulo de Cobb torácico proximal e o marcador torácico A2 também foi encontrada. Apesar da média do ângulo de Cobb torácico proximal ter sido de aproximadamente 25°, este ângulo foi considerado suficiente para mudar o eixo da coluna cervical, e o marcador

**Tabela 2** Avaliação da caixa torácica por fotogrametria em grupos de indivíduos com escoliose idiopática do adolescente (EAI) e de controle.

Marcadores torácicos	EIA (n=30)	Controle (n=20)	p-valor
Ângulos (graus)			
A1	171,8±11,2	168,8±9,4	0,314
A2	88,4±8,6	78,9±6,2	<0,001*
A3	87,9±13	90,6±9,9	0,413
A4D	161,5±6,9	158,6±7,6	0,179
A4E	144,6±9,6	158,3±6,8	<0,001*
A5D	75,2±9,1	78,2±6,7	0,182
A5E	82,9±9,8	78,3±6,1	0,051
A6D	17,4±4,4	18,4±3,5	0,414
A6E	17,4±4,0	18,6±3,5	0,257
A7	5,3±4,1	2,8±1,5	0,005*
Distâncias (cm)			
D1D/D1E	1,03±0,12	1,11±0,11	0,023*
D2D/D2E	1,02±0,46	1,04±0,47	0,081
D3D/D3E	1,00±0,57	1,02±0,03	0,195
Correlações		r	p-valor
A2	Cobb torácico proximal (°)	0,47	0,028*
A2	Cobb torácico principal (°)	0,50	0,005*
D1D/D1E	Cobb torácico principal (°)	-0,40	0,030*

n: tamanho da amostra; A1: acrômio direito/manúbrio/acrômio esquerdo; A2: acrômio direito/processo xifoide/acrômio esquerdo; A3: última costela falsa direita/processo xifoide/última costela falsa esquerda; A4: ângulo entre o ponto mais profundo da cintura e as bordas superior e inferior da cintura; A5: ponto abaixo do mamilo/ângulo inferior da escápula/acrômio direito e esquerdo; A6: C7/acrômio direito e esquerdo/T3; A7: ângulo formado pela interseção das retas tangentes aos ângulos superior e inferior das escápulas; D1: distância entre o processo xifoide e a última costela falsa; D1D/D1E: relação entre a D1 direita (D) e esquerda (E); D2: distância entre o manúbrio e a última costela falsa; D2D/D2E: relação entre a D2 D e E; D3: distância entre o processo xifoide e a espinha ílica anterossuperior; D3D/D3E: relação entre a D3 D e E; cm: centímetros; p: nível de significância; \*diferença estatisticamente significativa (p<0,05); r: coeficiente de correlação.

torácico A2 foi capaz de representar esta mudança. É provável que a correlação de ângulos e distâncias com a curva lombar torácica não tenha sido encontrada devido à ausência de um marcador localizado nesta região.

Identificou-se uma correlação entre os marcadores torácicos D3 em ambos os lados e o valor previsto de  $VEF_1$ , indicando que quanto menor a distância D3, menor o  $VEF_1$ . Assim, sugere-se que o marcador torácico D3 pode detectar a rotação da caixa torácica e que este componente rotacional pode causar distorções nas vias aéreas, levando a um aumento da resistência e redução do  $VEF_1$ .

A redução da PImáx, CVF e  $VEF_1$  em indivíduos com EIA foi correlacionada à diminuição da força muscular e dos volumes pulmonares em comparação a indivíduos saudáveis. Estudos têm mostrado que as curvas torácicas apresentam pior prognóstico devido à rotação da caixa torácica e seu efeito sobre o sistema respiratório. A literatura revela uma correlação negativa entre a magnitude da curva escoliótica e a função pulmonar.<sup>6,17</sup> No entanto, algumas investigações afirmam que a função pulmonar comprometida é clinicamente relevante quando os pacientes apresentam ângulos de Cobb superiores a 70°.<sup>8,18</sup>

Apesar dos valores reduzidos de CVF e  $VEF_1$  nos pacientes com EIA deste estudo, os valores previstos de CVF e  $VEF_1$  nesta população estavam dentro dos limites da normalidade, indicando que não houve defeito ventilatório restritivo. Isso pode ser explicado pelo fato de que a média do ângulo de Cobb torácico principal no presente estudo foi de 48°, valor classificado como escoliose moderada. Dessa forma, mesmo com a diminuição da CVF e  $VEF_1$ , esses valores não causam mudanças clinicamente importantes.

A PImáx reduzida encontrada nos pacientes com EIA deste estudo corrobora trabalhos que avaliaram pacientes com escoliose torácica, mostrando que esses indivíduos apresentam disfunção diafragmática relacionada à deformidade tridimensional do tórax, levando à fraqueza muscular inspiratória.<sup>8,19</sup>

O presente estudo adotou o método SAPO por seu baixo custo, facilidade de uso e capacidade de gerar bases de dados. Várias pesquisas têm mostrado que a reprodutibilidade do método SAPO é confiável.<sup>10,20-24</sup> Neste estudo, foram avaliados principalmente os marcadores torácicos baseados nos pontos anatômicos do protocolo SAPO (<http://demotu.org/sapo/>) e os marcadores torácicos empregados por Davidson et al.<sup>11</sup> De acordo com esses autores, a reprodutibilidade dos ângulos criados foi excelente, com valores de coeficiente de correlação intraclassa (CCI) variando de 0,83 a 0,95. Portanto, acredita-se que as medidas são confiáveis e reproduzíveis, uma vez que o estudo seguiu um protocolo validado.

Esta técnica deve ser usada em conjunto com o ângulo de Cobb e não o substituir. O exame padrão-ouro para o

acompanhamento de pacientes com escoliose é o método de Cobb, que usa radiografia simples. Durante a fase de crescimento, dois ou três estudos radiográficos são necessários, em média, por ano. Geralmente, as radiografias são panorâmicas e têm alto índice de radiação. Estima-se que a radiografia da coluna lombar tenha até 75 vezes mais radiação do que a de tórax.

Embora seja a modalidade padrão-ouro no diagnóstico da escoliose e uma ferramenta importante no acompanhamento da doença, deve haver uma preocupação em reduzir o número de radiografias para cada paciente a fim de minimizar os custos e exposição à radioatividade.<sup>25,26</sup>

Os indivíduos com EIA submetidos a exames radiográficos são jovens e, portanto, mais sensíveis à radiação ionizante. A radiação ionizante é conhecida por causar morte celular e mutação genética e está associada a doenças cancerígenas e não-cancerígenas.<sup>27</sup> Na verdade, a exposição excessiva à radiação ionizante em crianças com escoliose tem levado ao desenvolvimento de câncer de mama e ao aumento da mortalidade.<sup>28,29</sup>

Atualmente, existe um interesse em encontrar novas maneiras de avaliar as mudanças na escoliose utilizando métodos não-invasivos e sem os efeitos nocivos da radiação ionizante. Acredita-se que o método SAPO pode ser útil na identificação de casos que precisam do uso do raio X, já que o exame físico pode não ter a sensibilidade necessária para detectar mudanças sutis nas curvas.

O exame clínico da escoliose é feito pelo teste de Adams e pela avaliação da assimetria de tronco, ambos critérios subjetivos.<sup>30,31</sup> Considera-se que o SAPO pode auxiliar na avaliação clínica e, portanto, evitar exposições radiográficas em pacientes que aparentemente não apresentam piora clínica nas curvas.

A vantagem do método SAPO é que ele pode ser usado durante o exame de rotina, com o paciente sendo fotografado após a marcação dos pontos anatômicos. Por ser um método prático, ele permite que o avaliador meça os ângulos e compare-os com os de fotos anteriores, que podem estar armazenadas eletronicamente, tornando-se uma forma objetiva de analisar a evolução da deformidade. Como exemplo, pode-se citar o marcador torácico A2, que apresentou melhor correlação com o ângulo de Cobb torácico principal e maior diferença em relação a adolescentes saudáveis. Além disso, em outro estudo deste mesmo grupo (dados já publicados), observou-se que o marcador torácico A2 apresentou a maior alteração após tratamento cirúrgico da escoliose, demonstrando ser um importante marcador associado à deformidade. Portanto, acredita-se que o marcador torácico A2 pode ser uma ferramenta útil, complementando a avaliação clínica e evitando pelo menos um raio X por ano.

Uma limitação deste estudo é o fato de que o método SAPO fornece uma avaliação fotográfica bidimensional, e a escoliose é uma deformidade tridimensional da coluna vertebral. No entanto, os resultados encontrados por meio deste método

sugerem a presença do componente rotacional da caixa torácica. Por conseguinte, crê-se que esse fato não prejudica a avaliação do componente rotacional da deformidade.

Em conclusão, a fotogrametria utilizando o método SAPO detectou alterações na caixa torácica de pacientes com EIA, além de revelar correlações significativas entre os ângulos de Cobb e a função pulmonar. Pacientes com EIA demonstram redução da função pulmonar e da força muscular inspiratória. Assim, sugere-se que o uso do SAPO pode

auxiliar na avaliação clínica e evitar exposições radiográficas em pacientes que aparentemente não apresentam piora clínica nas curvas.

## Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

- Hattori T, Sakaura H, Iwasaki M, Nagamoto Y, Yoshikawa H, Sugamoto K. In vivo three-dimensional segmental analysis of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2011;20:1745-50.
- Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2008;371:1527-37.
- Weiss HR, Goodall D. The treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) according to present evidence. A systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2008;44:177-93.
- Romano M, Negrini S. Manual therapy as a conservative treatment for adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. *Scoliosis*. 2008;3:2.
- Rosales-Olivares LM, García J, Miramontes-Martínez VP, Alpizar-Aguirre A, Arenas-Sordo ML, Reyes-Sánchez AA. Surgical treatment for scoliosis. Minimal evolution control at 5 years. *Cir Cir*. 2007;75:93-7.
- Takahashi S, Suzuki N, Asazuma T, Kono K, Ono T, Toyama Y. Factors of thoracic cage deformity that affect pulmonary function in adolescent idiopathic thoracic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:106-12.
- Smiljanic I, Kovac V, Covic M. Changes in pulmonary functional parameters after surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Coll Antropol*. 2009;33(Suppl. 2):145-52.
- Johnston CE, Richards BS, Sucato DJ, Bridwell KH, Lenke LG, Erickson M. Correlation of preoperative deformity magnitude and pulmonary function tests in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36:1096-102.
- Tanure MC, Pinheiro AP, Oliveira AS. Reliability assessment of Cobb angle measurements using manual and digital methods. *Spine J*. 2010;10:769-74.
- Döhnert M, Tomasi E. Validity of computed photogrammetry for detecting idiopathic scoliosis in adolescents. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12:290-7.
- Davidson J, Santos AM, Garcia KM, Yi LC, João PC, Miyoshi MH, et al. Photogrammetry: an accurate and reliable tool to detect thoracic musculoskeletal abnormalities in preterm infants. *Physiotherapy*. 2012;98:243-9.
- Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83:1169-81.
- Rocha LE. Escoliose Idiopática do Adolescente. Manual básico de ortopedia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia; 2010.
- Garrow JS, Webster J. Quetelet's index (W/H<sup>2</sup>) as a measure of fatness. *Int J Obes*. 1985;9:147-53.
- Pereira CA, Neder JA. Diretrizes para testes de função pulmonar. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia; 2002. v. 28.
- Mallozi MC. Valores de referência. In: Pereira CA, editor. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *J Pneumol*. 1996;28:130-6.
- Arlet V, Reddi V. Adolescent idiopathic scoliosis. *Neurosurg Clin N Am*. 2007;18:255-9.
- Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63:702-12.
- Bansal R, Simakajornboon N, Cangiamella S, Beckerman RC, Kiernan M. The measurement of respiratory muscle function in adolescent idiopathic scoliosis. *Chest*. 2005;128(4 Suppl.):354S.
- Ferreira EA, Duarte M, Maldonado EP, Burke TN, Marques AP. Postural assessment software (PAS/SAPO): validation and reliability. *Clinics*. 2010;65:675-81.
- Ruivo RM, Perazat-Correia P, Carita AI, Vaz JR. Reliability and validity of angular measures through the software for postural assessment. *Postural Assessment Software. Rehabilitación*. 2013;47:223-8.
- Iunes DH, Castro FA, Salgado HS, Moura IC, Oliveira AS, Grossi DB. Confiabilidade intra e interexaminadores e repetibilidade da avaliação postural pela fotogrametria. *Rev Bras Fisioter*. 2005;9:327-34.
- Saad KR, Colombo AS, João SM. Reliability and validity of the photogrammetry for scoliosis evaluation: a cross-sectional prospective study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009;32:423-30.
- Sacco IC, Alibert S, Queiroz BW, Pripas D, Kieling I, Kimura A, et al. Reliability of photogrammetry in relation to goniometry for postural lower limb assessment. *Braz J Phys Ther*. 2007;11:411-7.
- Drummond D, Ranallo F, Lonstein J, Brooks HL, Cameron J. Radiation hazards in scoliosis management. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8:741-8.



26. Nottage WM, Waugh TR, McMaster WC. Radiation exposure during scoliosis screening radiography. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1981;6:456-9.
27. Baker JE, Moulder JE, Hopewell JW. Radiation as a risk factor for cardiovascular disease. *Antioxid Redox Signal*. 2011;15:1945-56.
28. Ronckers CM, Land CE, Miller JS, Stovall M, Lonstein JE, Doody MM. Cancer mortality among women frequently exposed to radiographic examinations for spinal disorders. *Radiat Res*. 2010;174:83-90.
29. Ronckers CM, Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Land CE. Multiple diagnostic X-rays for spine deformities and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2008;17:605-13.
30. Fortin C, Feldman DE, Cheriet F, Labelle H. Clinical methods for quantifying posture: a literature review. *Disabil Rehabil*. 2011;33:367-83.
31. Dunk NM, Chung YY, Compton DS, Callaghan JP. The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. *J Manipulative Physiol Ther*. 2004;27:91-6.