

FUNÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE PACIENTES COM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

CARDIORESPIRATORY FUNCTION OF PATIENTS WITH ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS

FUNCIÓN CARDIORRESPIRATORIA DE PACIENTES CON ESCOLIOSIS IDIOPÁTICA DEL ADOLESCENTE

ROGÉRIO DOS REIS VISCONTI¹, VÍCTOR RODRIGUES AMARAL COSSICH^{3,4}, JUAN DANIEL AQUINO⁵, CONRADO TORRES LAETT⁴, LENIFRAN DE MATOS SANTOS⁴, LUIS EDUARDO CARELLI⁵, ALDERICO GIRÃO CAMPOS DE BARROS⁵, RICARDO DE SOUZA PORTES MEIRELLES⁵, UBIRATÃ FALEIRO GAVILÃO⁴, SIDNEI CAVALCANTE DA SILVA^{2,6}

1. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), Divisão de Ensino e Pesquisa (DIENP), Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), Laboratório de Pesquisa em Fisiologia do Exercício, Divisão de Pesquisa, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

3. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Escola de Educação Física e Desportos (EEFD), Laboratório de Biomecânica, Departamento de Biociências, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

4. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), Laboratório de Pesquisa Neuromuscular, Divisão de Pesquisa, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

5. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), Centro de Cirurgia da Coluna, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

6. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física – Universidade Salgado de Oliveira – Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

Objetivo: A escoliose idiopática do adolescente (EIA) é uma deformidade da coluna que pode ocasionar disfunções cardiorrespiratórias, contribuindo para a diminuição da tolerância ao exercício aeróbio (TEA) e da funcionalidade. O objetivo é avaliar a TEA e a capacidade pulmonar em pacientes no pré (PRÉ) e pós-operatório (PÓS) de correção da EIA. Métodos: Participaram 60 indivíduos PRÉ ($n = 30$, idade: $18,5 \pm 2,4$ anos) e PÓS ($n = 30$, idade: $24,5 \pm 4,5$ anos). A capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e a razão VEF1/CVF, assim como as pressões inspiratória e expiratória máximas, foram verificados. A TEA foi avaliada pela distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos (TC6), acompanhado de medidas de pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória e saturação periférica de oxigênio no início e no final do teste. Resultados: Um padrão restritivo leve na função pulmonar e força da musculatura expiratória reduzida foram observados em ambos os grupos, mas sem diferença entre PRÉ e PÓS. Não foi encontrada diferença entre PRÉ ($534 \pm 67,1$ m) e PÓS ($541 \pm 69,5$ m) para a distância percorrida no TC6, abaixo do predito para ambos os grupos ($82,8 \pm 10,0\%$ e $84,8 \pm 10,9\%$, respectivamente). Foram observadas alterações hemodinâmicas e respiratórias provocadas pelo TC6, exceto para a saturação periférica de oxigênio. Conclusões: Os resultados sugerem que mesmo após a correção cirúrgica os pacientes com EIA continuam apresentando baixa TEA. **Nível de evidência III; Estudos terapêuticos - Investigação dos Resultados do Tratamento / Estudo de caso-controle.**

Descritores: Escoliose; Tolerância ao Exercício; Testes de Função Respiratória; Teste de Caminhada de 6 Minutos.

ABSTRACT

Objective: Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a spinal deformity that can cause cardiorespiratory dysfunction, contributing to decreases in tolerance for aerobic exercise (TAE) and in functionality. The objective is to assess the TAE and lung capacity of patients who underwent corrective AIS surgery in the pre- (PRE) and postoperative (POST) periods. **Methods:** Sixty individuals, PRE ($n=30$, age: 18.5 ± 2.4 years) and POST ($n=30$, age: 24.5 ± 4.5 years), participated in the study. The forced vital capacity (FVC), the forced expiratory volume in the first second (FEV1) and the FEV1/FVC ratio, as well as the maximum inspiratory and expiratory pressure were verified. The TAE was assessed by the distance travelled in the 6-minute walk test (6MWT), together with blood pressure, heart rate, respiratory rate and peripheral oxygen saturation measured at the beginning and at the end of the test. **Results:** A mild restrictive pattern in lung function and reduced expiratory muscle strength were observed in both groups, but with no difference between the PRE and POST groups. No difference was found between the PRE (534 ± 67.1 m) and POST (541 ± 69.5 m) groups for the distance travelled in the 6MWT, though both were below the predicted percentage ($82.8 \pm 10.0\%$ and $84.8 \pm 10.9\%$, respectively). Hemodynamic and respiratory changes caused by the 6MWT were observed, except for in peripheral oxygen saturation. **Conclusion:** The results suggest that even after surgical correction, patients with AIS continue to have low TAE. **Level of evidence III; Therapeutics Study - Investigation of Treatment Results / Case-control study.**

Keywords: Scoliosis; Exercise Tolerance; Respiratory Function Tests; 6-Minute Walk Test.

RESUMEN

Objetivo: La escoliosis idiopática del adolescente (EIA) es una deformidad de la columna que puede causar disfunciones cardiorrespiratorias, contribuyendo para la disminución de la tolerancia al ejercicio aeróbico (TEA) y de la funcionalidad. El objetivo es evaluar la TEA y la capacidad pulmonar en pacientes en el pre (PRE) y postoperatorio (POS) de corrección de la EIA. **Métodos:** Participaron 60 individuos PRE ($n=30$, edad: $18,5 \pm 2,4$ años) y POS ($n=30$, edad: $24,5 \pm 4,5$ años). Fueron verificadas la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado en

Estudo realizado no Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Correspondência: Sidnei Cavalcante da Silva. Laboratório de Pesquisa em Fisiologia do Exercício, Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO). Av. Brasil, 500, Caju, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 20940-070. sydneys@uol.com.br

<http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120212002235949>



el primer segundo (VEF1) y la razón VEF1/CVF, así como las presiones inspiratoria y espiratoria máximas. La TEA fue evaluada por la distancia recorrida en el test de caminata de 6 minutos (TC6), acompañado de mediciones de presión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno al inicio y al final del test. Resultados: Fueron observados un patrón restrictivo leve y fuerza muscular espiratoria reducida en ambos grupos, pero sin diferencia entre PRE y POS. No fue encontrada diferencia entre PRE ($534 \pm 67,1$ m) y POS ($541 \pm 69,5$ m) para la distancia recorrida en el TC6, por debajo de los predicho para ambos grupos ($82,8 \pm 10,0\%$ y $84,8 \pm 10,9\%$, respectivamente). Se observaron alteraciones hemodinámicas y respiratorias provocadas por el TC6, excepto para la saturación periférica de oxígeno. Conclusiones: Los resultados sugieren que incluso después de la corrección quirúrgica, los pacientes con EIA continúan presentando baja TEA. **Nivel de evidencia III; Estudios Terapéuticos - Investigación de los Resultados del Tratamiento / Estudio de caso-control.**

Descriptor: Escoliosis; Tolerancia al Ejercicio; Pruebas de Función Respiratoria; Prueba de Paso de 6 Minutos.

INTRODUÇÃO

A escoliose é uma deformidade tridimensional da coluna, definida como o desvio lateral no plano frontal acima de 10° , medido pelo método de Cobb, através da radiografia panorâmica da coluna no plano anteroposterior (AP) na posição ortostática, com a presença de rotação vertebral.¹ Além do desvio lateral no plano frontal, os pacientes com escoliose apresentam uma retificação da coluna no plano sagital e uma rotação das vértebras no plano axial, causando alterações na geometria da caixa torácica.² A escoliose idiopática do adolescente (EIA) responde por aproximadamente 80% de todos os tipos de escoliose,³ com predominância no sexo feminino e de curvas rígidas com ápice torácico à direita.⁴ Há evidência da associação entre o grau da curvatura torácica e o comprometimento da função pulmonar.^{5,6} Newton et al.,⁵ estudaram 631 pacientes com EIA e encontraram um declínio da função pulmonar quando a curva principal excedia os 70° . Caso ao final da maturação esquelética o grau da escoliose chegue a valores críticos, considerados para a maioria dos autores entre $30-50^\circ$,⁷ há um aumento do risco de problemas de saúde na idade adulta, com queda da qualidade de vida, deformidade estética, dor e limitação funcional progressiva.⁸

As alterações encontradas na mecânica ventilatória e na capacidade funcional dos pacientes com EIA podem ser atribuídas à distorção da caixa torácica causada pela rotação vertebral, com diminuição do seu diâmetro sagital e de sua complacência,⁹ prejudicando o desenvolvimento normal dos pulmões durante o período de rápido crescimento pulmonar que ocorre durante a adolescência, resultando em um distúrbio ventilatório de padrão restritivo, por redução de espaço para o crescimento alveolar normal.¹⁰

O tratamento cirúrgico da escoliose é indicado quando os pacientes apresentam curvas acima de 50° ,¹¹ uma vez que quando não tratadas, 68% destas curvas progredirem após a maturação esquelética.¹² Enquanto a correção cirúrgica da EIA promove uma melhora da deformidade estrutural e da aparência dos pacientes, o efeito da cirurgia a longo prazo na função pulmonar permanece não totalmente esclarecido, tendo em vista que a literatura não tem mostrado concordância quanto aos resultados encontrados.^{13,14} Um dos fatores responsáveis pela discrepância seria a diferença de técnicas cirúrgicas empregadas nos estudos.¹⁴

É sabido que os pacientes com EIA comumente apresentam uma diminuição da tolerância ao exercício físico.¹⁵⁻¹⁷ As causas desta limitação ao exercício físico ainda não estão totalmente elucidadas.¹⁵ A restrição ventilatória e a subsequente falta de condicionamento cardiovascular são comumente aceitas.^{15,16} Nesse contexto, pouco ainda se sabe sobre o efeito da cirurgia de correção da deformidade em pacientes com EIA na tolerância ao exercício físico.¹⁸⁻²⁰ Lenke et al.,¹⁸ avaliaram pela primeira vez a eficiência ventilatória durante o exercício físico em pacientes com EIA submetidos à cirurgia de correção da deformidade e não encontraram melhora na eficiência ventilatória na maioria dos pacientes. Posteriormente, Jeans et al.,¹⁹ e Lorente et al.,²⁰ também observaram baixa tolerância cardiorrespiratória ao exercício físico máximo e ausência de melhora após a correção cirúrgica.

Tendo em vista que o ato de andar é uma das principais atividades da vida diária, os testes de caminhada têm sido propostos para medir o estado ou a capacidade funcional de pacientes.²¹ Suas principais vantagens são sua simplicidade, exigências tecnológicas mínimas e baixo custo operacional.²¹ A distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos (TC6) tem sido empregada

na estratificação do risco cirúrgico de pacientes com câncer de pulmão candidatos a lobectomia e de pacientes a serem submetidos às cirurgias de grande porte não cardíacas.²²⁻²³ Sendo assim, nosso objetivo foi verificar em um estudo transversal, a tolerância ao exercício aeróbio dos pacientes com EIA nos períodos pré e pós-operatórios por meio do TC6 e sua relação com a função pulmonar.

MÉTODOS

Participantes

Foi selecionado para o estudo um total de 60 voluntários de ambos os sexos com idade entre 15 e 35 anos, por essa faixa etária compreender um número representativo da realidade observada de pacientes com diagnóstico de EIA no ambulatório do Centro de Doenças da Coluna Vertebral do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO). Os voluntários foram recrutados consecutivamente através de convocação por carta ou telefone. Foram localizados e/ou concordaram em participar do estudo, 30 pacientes com EIA que estão na fila para a cirurgia de correção da deformidade de janeiro de 2015 a junho de 2018 (grupo PRÉ) e 30 pacientes que já foram submetidos ao procedimento de artrodeose vertebral por via posterior, de junho de 2012 a setembro de 2018, com no mínimo um ano de seguimento pós-operatório (grupo PÓS).

A magnitude das curvas foi medida através do método de Cobb, (nos planos frontal "AP" e sagital T5-T12 "P").²⁴ Nos dois grupos foram incluídos os pacientes com escoliose com Cobb $> 40^\circ$ que apresentavam indicação de correção cirúrgica. Como critérios de exclusão para os dois grupos foram utilizados a incapacidade cognitiva de compreensão dos procedimentos, qualquer outra deformidade física que incapacitasse a realização dos testes, a presença de história pregressa de patologias pulmonares ou cardiológicas, a participação prévia em programas de reabilitação nos últimos seis meses ou a participação em esportes organizados. Todos os participantes e/ou os responsáveis legais foram informados dos objetivos do projeto através de um termo de consentimento livre e esclarecido e de um termo de assentimento para os pacientes menores de idade. Esse estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (CAAE: 2.925.957) conforme Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466 de 12/12/2012.

Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em um único dia para cada participante, sempre no período da manhã. Após o consentimento foi aplicado o questionário IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*),²⁵ com o objetivo de verificar o volume de atividade física semanal do participante. A seguir, os voluntários passaram pela aferição das seguintes medidas hemodinâmicas e respiratórias em repouso: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e saturação periférica de oxigênio (SpO₂). Na sequência foi avaliada a morfologia corporal por meio da técnica de impedância bioelétrica. Adiante foram realizadas as medidas antropométricas, massa corporal total, estatura e semi-envergadura. Na sequência, a função pulmonar foi avaliada pela espirometria e a avaliação de força da musculatura respiratória foi feita através da manovacuometria. Posteriormente foi realizado o TC6, sendo aferidas novamente as medidas das variáveis hemodinâmicas e respiratórias antes e imediatamente após o término do teste. Neste momento foi registrada a percepção subjetiva de esforço por meio da Escala de Borg (Borg CR-10).²⁶

Medidas antropométricas

Para a medida da massa corporal total foi utilizada uma balança digital da marca Lider[®], modelo P150C (São Paulo, Brasil). A estatura foi mensurada com antropômetro da *Ghrum Polar Manufacture Instruments*[®] (Genebra, Suíça). Para a realização da medida da semi-envergadura foi utilizada uma trena antropométrica da marca Sanny[®] (São Paulo, Brasil). De acordo com o grau da deformidade vertebral dos participantes, tanto a estatura quanto a envergadura poderiam ser afetadas. Para minimizar o efeito da deformidade na envergadura utilizamos a medida da semi-envergadura multiplicada por dois para o cálculo da envergadura. A estatura foi estimada dividindo-se a envergadura por 1,03 para as mulheres e por 1,06 para os homens.²⁷ Para avaliação da composição corporal, foi utilizado um equipamento de bioimpedância tetrapolar, modelo 312 – *Byodynamics Corp*[®] (Shoreline, EUA). Os valores do percentual gordura e da massa corporal magra foram obtidos pelas equações disponibilizadas pelo equipamento. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado.

Medida das variáveis hemodinâmicas e respiratórias

A pressão arterial (PA) foi mensurada utilizando-se um aparelho digital modelo HEM-7113 – *ORON*[®] (Kyoto, Japão). A FC foi obtida utilizando-se o monitor de polar modelo FT1 – *Polar Electro Oy*[®] (Kempele, Finlândia). A SpO₂ foi medida por meio do oxímetro de pulso modelo AT101 – *Bioland*[®] (Alvital Technology Corporation, Taiwan). A FR foi medida em 60 segundos contando os ciclos completos da respiração (inspiração e expiração).

Prova de função pulmonar (Espirometria)

Para a realização da espirometria foi utilizado um Pneumotacômetro tipo *Fleisch*, modelo KoKo Sx1000 – *nSpireHealth*[®] (Longmont, EUA), conforme as recomendações da ATS/ERS.²⁸ Foram mensurados os seguintes parâmetros e expressos em percentual com relação ao predito: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e a razão VEF1/CVF. Foram utilizados os valores teóricos previstos de Knudson et al.²⁹

Força da musculatura respiratória (Manovacuometria)

Também foram realizadas medidas das pressões respiratórias estáticas máximas conforme as orientações da Sociedade Brasileira de Pneumologia,³⁰ através do Manovacuômetro analógico – *Wika*[®] (São Paulo, Brasil), com escala entre -150 e +150 cmH₂O, para aferição da pressão inspiratória máxima (P_{imáx}) e da pressão expiratória máxima (P_{emáx}). Os resultados foram expressos em percentual com relação ao predito para população brasileira adulta.³¹

Teste de caminhada de 6 minutos (TC6)

Para a execução do TC6, o participante foi incentivado a caminhar o mais rápido possível, ao longo de um corredor reto e plano, possuindo superfície rígida e distância de 30 m, com marcação a cada três metros, durante 6 minutos. O procedimento de realização do teste seguiu as recomendações da ATS.²¹ Como referência para as distâncias percorridas foram utilizados os valores teóricos previstos para a população brasileira.³²

Radiografias

As radiografias panorâmicas de coluna foram realizadas nos planos AP e P com o paciente em ortostase, através do equipamento de Raio-X modelo *RADspeed MF – Shimadzu do Brasil*[®] (São Paulo, Brasil). Todas as imagens radiológicas utilizadas no estudo faziam parte do arquivo médico de cada paciente, não tendo sido necessário expor os voluntários à radiação no decorrer do projeto. As medidas dos ângulos de Cobb foram realizadas por um único cirurgião ortopedista (JDA).

Análise dos resultados

Foi utilizada estatística descritiva (média ± DP). A distribuição da amostra foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Para comparar os grupos quanto as variáveis antropométricas, ângulo de Cobb

antes da cirurgia, função pulmonar e a distância percorrida no TC6, foram utilizados separados testes t para medidas independentes ou Mann-Whitney U. Diferenças entre os grupos quanto ao nível de atividade física foram comparados com o teste de Chi-quadrado. Para verificar diferenças nas variáveis hemodinâmicas e respiratórias entre o início e o final do TC6 foi utilizado uma ANOVA de modelo misto onde o grupo [PRÉ e PÓS] foi utilizado como fatores independentes e as medidas iniciais e finais [INICIAL e FINAL] das variáveis hemodinâmicas e respiratórias como fatores dependentes. Quando necessário foi utilizado o teste *post-hoc* de *Bonferroni* e o nível de significância estatística adotada foi o de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados demográficos, antropométricos e os achados radiológicos. Participaram do estudo um total de 24 mulheres e seis homens, tanto para o grupo PRÉ como para o grupo PÓS. Foram observadas diferenças significativas entre os grupos apenas para idade ($p < 0,001$) e para o ângulo Cobb P no momento antes da cirurgia ($p = 0,004$). Não foram observadas diferenças significativas nas demais variáveis estudadas. (Tabela 1) Não foram observadas diferenças significativas ($p = 0,74$) no nível de atividade física entre os grupos (IPAQ – PRÉ: baixo 3, moderado 19 e alto 8 sujeitos e PÓS: baixo 5, moderado 17 e alto 8 sujeitos).

As variáveis de espirometria e pressões respiratórias estão demonstradas na Tabela 2. Ambos os grupos demonstraram um padrão restritivo leve na função pulmonar. A avaliação das pressões respiratórias evidenciou redução na força da musculatura expiratória tendo como referencial os valores preditos. Não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos PRÉ e PÓS para nenhuma das variáveis estudadas. (Tabela 2)

Tabela 1. Dados demográficos, antropométricos e radiologia pré-operatória dos pacientes com escoliose idiopática do adolescente.

Variável	PRÉ	PÓS	Valor-p
Amostra (feminino (%))	24 (80)	24 (80)	---
Idade (anos)	18,5 ± 2,4*	24,5 ± 4,5	< 0,001
Estatura (cm)	162,3 ± 7,6	165,0 ± 7,9	0,83
Massa corporal total (kg)	54,1 ± 11,0	59,4 ± 14,8	0,12
Massa corporal magra (kg)	38,5 ± 9,3	42,3 ± 10,2	0,14
Gordura corporal (%)	29,0 ± 6,6	28,1 ± 8,8	0,65
IMC (kg/m ²)	20,5 ± 3,5	21,8 ± 5,2	0,33*
Cobb AP (°)	60,5 ± 16,7	67,1 ± 19,9	0,27*
Cobb P T5-T12 (°)	13,6 ± 7,1*	19,5 ± 10,7	0,004*

Grupo pré-operatório (PRÉ). Grupo pós-operatório (PÓS). Índice de massa corpórea (IMC). Magnitude da curva (Cobb). Plano frontal (AP). Plano sagital (P). Quando não especificado os valores, foram descritos em média ± desvio padrão. *Significativamente diferente entre os grupos. Quando assinalado com # o valor-p foi obtido com o teste não-paramétrico de Mann-Whitney U, caso contrário com o teste t para medidas independentes.

Tabela 2. Espirometria e pressões respiratórias dos participantes com escoliose idiopática do adolescente.

Variáveis	PRÉ	PÓS	Valor-p
Espirometria			
CVF (%)	78,6 ± 14,2	73,3 ± 18,2	0,20
VEF1 (%)	73,9 ± 14,9	69,2 ± 17,3	0,26
VEF1/CVF (%)	94,8 ± 7,9	95,8 ± 11,6	0,72
Pressões respiratórias			
P _{imáx} (%)	90,6 ± 30,2	101,8 ± 29,4	0,10*
P _{emáx} (%)	76,8 ± 19,4	85,6 ± 25,4	0,12*

Grupo pré-operatório (PRÉ). Grupo pós-operatório (PÓS). Capacidade Vital Forçada (CVF). Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1). Razão (VEF1/CVF). Pressão inspiratória máxima (P_{imáx}). Pressão expiratória máxima (P_{emáx}). Valores expressos em percentual ao predito. Média ± desvio padrão da amostra. * Diferença significativa. Valores foram descritos em média ± desvio padrão. Quando assinalado com # o valor-p foi obtido com o teste não-paramétrico de Mann-Whitney U, caso contrário com o teste t para medidas independentes.

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos PRÉ e PÓS para a distância percorrida (PRÉ $534 \pm 67,1$ m; PÓS $541 \pm 69,5$ m; $p = 0,07$ – Figura 1), nem para o percentual predito da distância percorrida (PRÉ $82,8 \pm 10,0\%$; PÓS $84,8 \pm 10,9\%$; $p = 0,47$), estando os dois grupos abaixo do valor predito. Tendência também observada no Borg CR10 ao término do TC6 (PRÉ $3,0 \pm 1,1$; PÓS $2,8 \pm 0,8$; $p = 0,71$).

A Figura 2 ilustra as respostas das variáveis hemodinâmicas e respiratórias antes e imediatamente após o TC6 para ambos os grupos. Foram observados efeitos significativos para os momentos do TC6 para FC (grupo: $p = 0,23$; momento: $p < 0,001$; interação: $p = 0,38$), PAS (grupo: $p = 0,81$; momento: $p < 0,001$; interação: $p = 0,11$), PAD (grupo: $p = 0,67$; momento: $p < 0,001$; interação: $p = 0,24$) e FR (grupo: $p = 0,42$; momento: $p < 0,001$; interação: $p = 0,98$). Somente a SpO_2 (grupo: $p = 0,15$; momento: $p = 0,91$; interação: $p = 0,33$) não demonstrou diferenças nem para grupo nem para o momento.

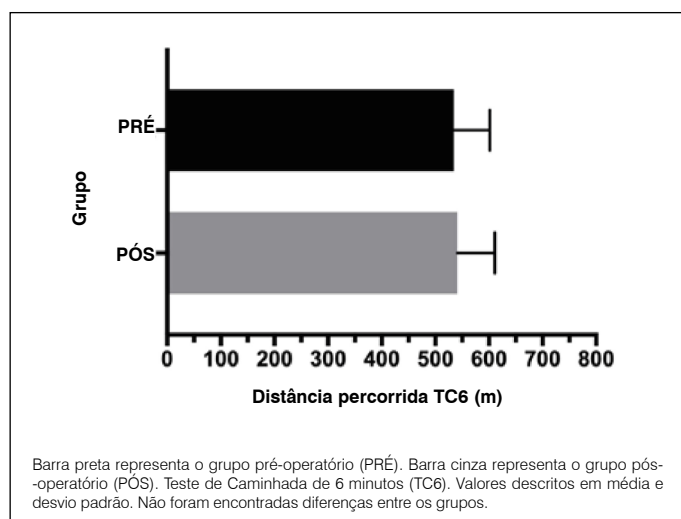


Figura 1. Distância percorrida no TC6 pelos grupos pré-operatório e pós-operatório.

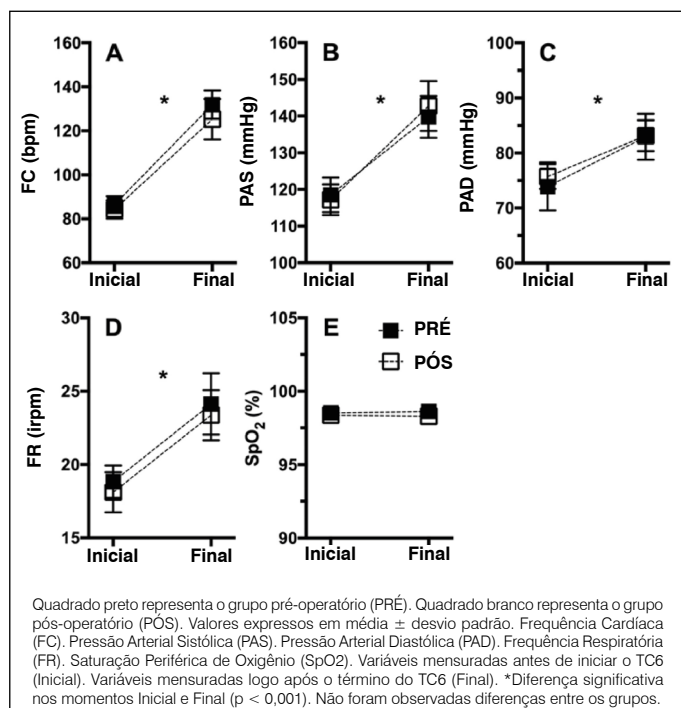


Figura 2. Variáveis hemodinâmicas e respiratórias no momento inicial e ao final do TC6 em ambos os grupos.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou a tolerância ao exercício aeróbio através da caminhada de 6 minutos, tendo como critério a distância percorrida em metros e seu efeito nas variáveis hemodinâmicas e respiratórias, em indivíduos portadores de EIA de ambos os sexos, na condição pré e pós-operatória, associadas às variáveis de espirometria e pressões respiratórias. O principal achado foi que mesmo tendo passado pela correção cirúrgica da EIA o grupo PÓS não demonstrou resultados superiores ao grupo PRÉ para nenhuma das variáveis estudadas.

Tem sido observado que a morbimortalidade está associada com a função pulmonar comprometida de indivíduos com EIA e ambas progredem juntamente com a deformidade da coluna.^{5,35} Assim, avaliar a eficiência cardiopulmonar e a tolerância ao exercício aeróbio dos indivíduos portadores de EIA durante a caminhada se torna extremamente importante para melhor compreensão dos efeitos da doença e do tratamento cirúrgico. Ambos os grupos apresentaram um padrão ventilatório restritivo leve ($CVF > 70\%$), o que era esperado, uma vez que as médias da curvas em ambos os grupos ficaram em torno de $60-70^\circ$, enquanto, são as curvas $> 70^\circ$ que causam maior impacto na função pulmonar.³³ Além disso, foram verificados valores baixos da $Pe_{máx.}$, indicando diminuição de força da musculatura expiratória, corroborando os achados de Martínez-Llorens et al.,³⁴ que observaram diminuição tanto da $Pe_{máx.}$ quanto da $Pi_{máx.}$ e atribuíram a diminuição da tolerância ao exercício dos pacientes com EIA à disfunção muscular generalizada. Contudo, não observamos diferenças significativas entre os grupos na distância percorrida e na resposta das variáveis hemodinâmicas e respiratórias durante a execução do TC6. No entanto, foi observada diferença nas variáveis hemodinâmicas e respiratórias entre os momentos (INICIAL e FINAL) para ambos os grupos. (Figura 2) O que já era esperado, dado que no momento FINAL, os participantes se apresentavam sob o efeito do estresse metabólico promovido pelo exercício, independente do seu nível de condicionamento físico. Ao contrário das outras variáveis analisadas, a SpO_2 não apresentou diferença significativa entre os grupos, nem entre os momentos, (Figura 2E) e acreditamos que esta resposta da SpO_2 possa ser justificada em função da intensidade da atividade executada (teste sub-máximo) e pelo fato dos grupos não apresentarem um comprometimento grave da função pulmonar ($VEF1$ abaixo de 50% do predito),²⁸

O IPAQ tem por objetivo verificar o volume de atividade física realizado por um indivíduo em uma semana, qualificando seu nível de atividade física em *Baixo*, *Moderado* e *Alto*.²⁵ De maneira interessante, os grupos não demonstraram diferença significativa quanto ao nível de atividade física. Poderia esperar-se que o grupo PÓS fosse mais ativo, em função de já ter passado pelo procedimento cirúrgico, o que em teoria, lhe garantiria mais autonomia e facilidade para prática de atividades físicas. No entanto, os dados apresentados nos levam a especular que talvez os hábitos de proteção adquiridos no período pré-operatório, a falta de oportunidade para prática de atividades físicas e/ou mesmo um comportamento sedentário, possam ter contribuído com os resultados encontrados. Infelizmente, não encontramos na literatura nenhum estudo que tivesse utilizado o IPAQ em população similar a nossa para eventuais comparações ou que pudessem auxiliar na explicação dos nossos achados.

Buscando compreender a tolerância ao exercício aeróbio de indivíduos portadores de EIA no pré e pós-operatório, foi possível verificar apenas três estudos na literatura.¹⁸⁻²⁰ Estes estudos não observaram melhora na tolerância ao exercício após a cirurgia de correção da deformidade da EIA no seguimento de dois anos de pós-operatório, e para esta análise os autores utilizaram o teste cardiopulmonar de exercício com a medida do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx.}$) dos participantes. A pesquisa que mais se assemelha ao presente estudo foi desenvolvida por Araújo et al.,³⁶ aonde os autores avaliaram a tolerância ao exercício através do teste de caminhada incremental, *Incremental Shuttle Walk Test* (ISWT), em pacientes com EIA no pós-operatório, comparados com um grupo controle de adolescentes saudáveis. Em seus resultados os pacientes com EIA no pós-operatório apresentaram uma redução significativa da capacidade de exercício associado à função pulmonar reduzida, curva residual na coluna vertebral e falta de condicionamento cardiovascular. É possível observar que poucos são os estudos que se dedicaram a entender o efeito da cirurgia na condição aeróbia de indivíduos

portadores de EIA. Vale ressaltar que nenhum dos trabalhos até o momento, estudou grupos no pré e pós-operatório no mesmo experimento, fazendo uso de um simples teste de caminhada – o que se assemelha às necessidades funcionais diárias – aliado às variáveis hemodinâmicas e respiratórias de fácil obtenção. Assim, esses dados podem ser de grande valia tanto no cuidado pré-operatório dos indivíduos portadores de EIA, como no acompanhamento clínico de um programa de reabilitação pós-operatória, visando um maior aproveitamento dos benefícios dessa intervenção na melhoria da condição aeróbia, fundamental na execução e autonomia das atividades diárias.

O desenho transversal do estudo tem suas limitações por restringir as conclusões que podemos obter acerca dos nossos resultados, devido ao fato de estarmos avaliando grupos com características semelhantes, (Tabela 1) mas formados por diferentes indivíduos, limitando desta forma as evidências diretas dos efeitos da correção cirúrgica. No entanto, é uma excelente oportunidade para avançarmos o conhecimento em uma área que se mostra muito incipiente de informações, a influência da artrodese vertebral sobre a condição aeróbia dos indivíduos portadores de EIA. Outra limitação deste estudo foi o fato de não termos realizado a análise de gases coletados (O₂ e CO₂) durante o TC6 (ergoespiometria), o que poderia contribuir para a discussão sobre a resposta das variáveis hemodinâmicas e respiratórias durante o teste. Porém, os dados aqui apresentados abrem uma nova perspectiva para realização de estudos longitudinais e acrescidos da análise metabólica dos gases expirados em conjunto com a avaliação das variáveis hemodinâmicas e respiratórias.

CONCLUSÃO

Os grupos estudados não apresentaram diferença na tolerância ao exercício durante a caminhada de seis minutos, sugerindo que mesmo após a correção cirúrgica os pacientes com EIA continuam apresentando baixa tolerância ao exercício aeróbio. Acreditamos que para melhoria da função pulmonar e da capacidade funcional, o incentivo à realização de exercícios com atividades aeróbias talvez seja uma estratégia a ser utilizada para um melhor preparo pré-operatório em ambos os grupos. Além disso, potencializará os benefícios que a cirurgia de correção possa trazer, aumentando a autonomia e a funcionalidade destes pacientes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os pacientes que se voluntariaram a participar do estudo. As estagiárias Ana Paula Oliveira de Souza e Larissa Oliveira Soares, que auxiliaram durante as coletas de dados. A equipe do setor de pesquisa clínica do INTO com a logística de agendamento e suporte físico para acolhimento dos participantes.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: RRV: Projeto, redação, conceito intelectual, coleta de dados e revisão; VRAC: Projeto, redação, conceito intelectual, coleta de dados e revisão; JDA: Projeto, redação, médico responsável pelas cirurgias; CTL: Projeto, coleta de dados e revisão; LMS: Projeto, coleta de dados e revisão; LEC: Projeto, redação, médico responsável pelas cirurgias; AGCB: Projeto, redação, médico responsável pelas cirurgias; CEF: Projeto, redação; RSPM: Projeto, médico responsável pelas cirurgias; UFG: Projeto, coleta de dados e revisão; SCS: Projeto, redação, conceito intelectual, coleta de dados e revisão.

REFERÊNCIAS

- Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13(3). doi: 10.1186/s13013-017-0145-8.
- Stokes IA. Three-dimensional terminology of spinal deformity. A report presented to the Scoliosis Research Society by the Scoliosis Research Society Working Group on 3-D terminology of spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994;19:236–48.
- Riseborough EJ. The effects of scoliotic deformities on pulmonary function. *Isr J Med Sci.* 1973;9:787–90.
- McMaster MJ. Infantile idiopathic scoliosis: can it be prevented? *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65:612–7. doi: 10.1302/0301-620X.65B5.6643567.
- Newton PO, Faro FD, Golligly S, Betz RR, Lenke LG, Lowe TG. Results of preoperative pulmonary function testing of adolescents with idiopathic scoliosis. A study of six hundred and thirty-one patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(9):1937–46. doi: 10.2106/JBJS.D.02209.
- Johnston CE, Richards BS, Sucato DJ, Bridwell KH, Lenke LG, Erickson M, et al. Correlation of preoperative deformity magnitude and pulmonary function tests in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(14):1096–102. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f8c931.
- Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, Peterson KK, Spoonamore MJ, Ponseti IV. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. *JAMA.* 2003;289(5):559–67. doi: 10.1001/jama.289.5.559.
- Lonstein JE. Scoliosis: surgical versus nonsurgical treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;443:248–59. doi: 10.1097/01.blo.0000198725.54891.73.
- Tsiligiannis T, Grivas T. Pulmonary function in children with idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2012;7(1):7. doi: 10.1186/1748-7161-7-7.
- Karol LA, Johnston C, Mladenov K, Schochet P, Walters P, Browne RH. Pulmonary function following early thoracic fusion in non-neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(6):1272–81. doi: 10.2106/JBJS.G.00184.
- Bridwell KH. Surgical treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(24):2607–16. doi: 10.1097/00007632-199912150-00008.
- Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(5):702–12.
- Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim KL, Steger-May K. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(7):1534–41. doi: 10.2106/JBJS.C.00978.
- Gitelman Y, Lenke LG, Bridwell KH, Auerbach JD, Sides BA. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure: a 10-year follow-up analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(20):1665–72. doi: 10.1097/BRS.0b013e31821bcf4c.
- Barrios C, Pérez-Encinas C, Maruenda JI, Lagüa M. Significant ventilatory functional restriction in adolescents with mild or moderate scoliosis during maximal exercise tolerance test. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(14):1610–5. doi: 10.1097/01.brs.0000169447.55556.01.
- Kearon C, Viviani GR, Killian KJ. Factors influencing work capacity in adolescent idiopathic thoracic scoliosis. *Am Rev Respir Dis.* 1993;148(2):295–303. doi: 10.1164/ajrccm/148.2.295.
- Alves VL, Avanzi O. Objective assessment of the cardiorespiratory function of adolescents with idiopathic scoliosis through the six-minute walk test. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(25):E926–9. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181afd1b2.
- Lenke LG, White DK, Kemp JS, Bridwell KH, Blanke KM, Engelsberg JR. Evaluation of ventilatory efficiency during exercise in patients with idiopathic scoliosis undergoing spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(18):2041–5. doi: 10.1097/00007632-200209150-00014.
- Jeans KA, Lovejoy JF, Karol LA, McClung AM. How Is Pulmonary Function and Exercise Tolerance Affected in Patients With AIS Who Have Undergone Spinal Fusion? *Spine Deform.* 2017;5(6):416–23. doi: 10.1016/j.jspd.2017.04.001.
- Lorente A, Barrios C, Burgos J, Hevia E, Fernández-Pineda L, Lorente R, et al. Cardiorespiratory Function Does Not Improve 2 Years After Posterior Surgical Correction of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(18):1391–7. doi: 10.1097/BRS.0000000000002105.
- ATS. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111–7. doi: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
- Sinclair RCF, Batterham AM, Davies S, Cawthorn L, Danjoux GR. Validity of the 6 min walk test in prediction of the anaerobic threshold before major non-cardiac surgery. *Br J Anaesth.* 2012;108(1):30–5. doi: 10.1093/bja/aer322.
- Wesolowski S, Orłowski TM, Kram M. The 6-min walk test in the functional evaluation of patients with lung cancer qualified for lobectomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2020;30:559–64. doi: 10.1093/icvts/ivz313.
- Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. *Inst Course Lect AAOS.* 1948;5:261–75.
- Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. Questionário internacional de atividade física (ipaq): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde.* 2001;6(2):5–18. doi: 10.12820/rbafs.v.6n2p5-18.
- Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health.* 1990;16 Suppl 1:55–8. doi: 10.5271/sjweh.1815.
- Rufino R, Costa CH, Antão VCS, Pinheiro GA, Jansen JM. Relação Envergadura/Altura: Um Valor para Estudos Espirométricos em Brasileiros. *Pulmão RJ.* 1996;5:40–4.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319–38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805.
- Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis.* 1983;127(6):725–34. doi: 10.1164/arrd.1983.127.6.725.
- Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Bras Pneumol.* 2002;28 (Supl3):S155–65.
- Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res.* 1999;32(6):719–27. doi: 10.1590/s0100-879x1999000600007.
- Soares MR, Pereira CAC. Teste de caminhada de seis minutos: valores de referência para adultos saudáveis no Brasil. *J Bras Pneumol.* 2011;37(5):576–83. doi: 10.1590/S1806-37132011000500003.
- Johnston CE, Richards BS, Sucato DJ, Bridwell KH, Lenke LG, Erickson M, et al. Correlation of preoperative deformity magnitude and pulmonary function tests in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(14):1096–102. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f8c931.
- Martínez-Llorens J, Ramírez M, Colomina MJ, Bagó J, Molina A, Cáceres E, et al. Muscle dysfunction and exercise limitation in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Respir J.* 2010;36(2):393–400. doi: 10.1183/09031936.00025509.
- Koumbouris AC. Scoliosis and the respiratory system. *Paediatr Respir Rev.* 2006;7(2):152–60. doi: 10.1016/j.prrv.2006.04.009.
- Araujo GS, Saraiva BMA, Sperandio EF, Toledo Filho M, Freira JM, Gotfred AO, et al. Funcional capacity in adolescent idiopathic scoliosis during the postoperative period. *Rev Bras Med Esporte.* 2019;25(2):127–32. doi: 10.1590/1517-869220192502185369.