

DIAPHRAGMATIC MOBILITY ASSOCIATED WITH ERGOSPIROMETRIC PARAMETERS  
AFTER CARDIAC REHABILITATION IN HEART TRANSPLANTED PATIENTS IN STATE  
OF PERNAMBUCO: A TRANSVERSAL STUDY

MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA ASSOCIADA AOS PARÂMETROS  
ERGOESPIROMÉTRICOS APÓS REABILITAÇÃO CARDÍACA EM PACIENTES  
TRANSPLANTADOS CARDÍACOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO: UM ESTUDO  
TRANSVERSAL.

Vinicius Augusto Serra de Lima <sup>1,2</sup>, Beatriz de Andrade Lima Netto <sup>2</sup>, Rafael de Melo Vianna  
Mostaert Lócio <sup>2</sup>, Bruno Maciel Veiga <sup>2</sup>, Marina da Silveira Lima <sup>2</sup>, Rafael Camerino Morais de  
Fontes <sup>2</sup>, Verônica Soares Monteiro, <sup>3</sup> Rodrigo Moreno Dias Carneiro, <sup>3</sup> Evandro Cabral de Brito <sup>3</sup>,  
Ana Eugênia Vasconcelos do Rêgo Barros <sup>4</sup>, Bruna Thays Santana de Araújo <sup>5</sup>, Juliana Andrade  
Ferreira de Souza <sup>5</sup>, Daniella Cunha Brandão <sup>6</sup>

Instituição:

<sup>1</sup> Aluno bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq. Recife – PE, Brasil.

<sup>2</sup> Alunos de graduação em Medicina pela Faculdade Pernambucana de Saúde. Recife – PE, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Cardiologia do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira. Recife – PE, Brasil.

<sup>4</sup> Aluna de mestrado em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, Brasil.

<sup>5</sup> Alunas de doutorado em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, Brasil.

<sup>6</sup> Departamento de Fisioterapia Cardiopulmonar da Universidade Federal de Pernambuco (LACAP-UFPE). Recife – PE, Brasil.

Correspondência:

Vinicius Augusto Serra de Lima

Avenida Engenheiro Domingos Ferreira 3647, apt 1502

Recife – PE. CEP 51020-035

E-mail: [vinipe08@gmail.com](mailto:vinipe08@gmail.com)

Tel. (55) 81 99504-4664

## RESUMO

**Fundamentação:** a ausência de publicações que abordam as mudanças da associação entre mobilidade diafragmática e parâmetros ergoespirométricos após o programa de reabilitação cardíaca (RC). **Objetivo:** conhecer as mudanças que a RC promove na mobilidade diafragmática e nos parâmetros ergoespirométricos em transplantados cardíacos após três meses. **Métodos:** Estudo transversal com componente analítico. O recrutamento dos pacientes foi realizado no IMIP. O local selecionado para a aplicação da RC, medição da mobilidade diafragmática e parâmetros ergoespirométricos foi o LACAP-UFPE. A avaliação da capacidade funcional, determinação da potência máxima e da tolerância ao exercício foi feito por meio do teste cardiopulmonar do exercício (TCPE). A ultrassonografia foi utilizada para avaliar a mobilidade diafragmática. **Resultados:** A amostra foi composta por 5 pacientes, (4 homens, 1 mulher) idades entre 53 e 58 anos; das variáveis do TCPE somente o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>p) e equivalente ventilatório de gás carbônico no início da lactoacidose (VE/VCO<sub>2</sub>-slope) foram relevantes, sendo as médias de 21,37ml/kg/min e 33,16ml/kg/min, respectivamente. A média das medidas da mobilidade diafragmática em repouso foi 1,84cm e a da mobilidade diafragmática em capacidade pulmonar total (CPT) foi 7,37cm. **Conclusão:** Conclui-se que nem todos os pacientes com resultados insatisfatórios no TCPE possuem mobilidade diafragmática reduzida, não significando, porém, que esses indivíduos não possuam redução na capacidade cardiopulmonar. Descritores: Transplante cardíaco, limitação da Mobilidade/diafragma, testes de função respiratória, reabilitação cardíaca.

## ABSTRACT

**Rationale:** the absence of publications that address changes in the association between diaphragmatic mobility and ergospirometric parameters after the cardiac rehabilitation (CR) program. **Objective:** to know the changes that CR promotes in diaphragmatic mobility and ergospirometric parameters in heart transplant recipients after three months. **Methods:** Cross-sectional study with an analytical component. The recruitment of patients was carried out at IMIP. The site selected for the application of CR, measurement of diaphragmatic mobility and ergospirometric parameters was LACAP-UFPE. The assessment of functional capacity, determination of maximum power and exercise tolerance was performed using the cardiopulmonary exercise test (CPET). Ultrasonography was used to assess diaphragmatic mobility. **Results:** The sample consisted of 5 patients, (4 men, 1 woman) aged between 53 and 58 years; of the CPET variables, only maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) and ventilatory equivalent of carbon dioxide at the beginning of lactoacidosis ( $VE/VCO_{2-slope}$ ) were relevant, with averages of 21.37ml / kg / min and 33.16ml / kg / min, respectively. The mean of the diaphragmatic mobility measures at rest was 1.84 cm and the diaphragmatic mobility at total lung capacity (CPT) was 7.37 cm. **Conclusion:** It is concluded that not all patients with unsatisfactory results on CPET have reduced diaphragmatic mobility, which does not mean, however, that these individuals do not have a reduction in cardiopulmonary capacity. **Descriptors:** Heart transplantation, Mobility / diaphragm limitation, respiratory function tests, cardiac rehabilitation.

## INTRODUÇÃO

O transplante cardíaco é atualmente a abordagem cirúrgica definitiva padrão-ouro no tratamento da insuficiência cardíaca (IC) refratária, situação na qual o paciente apresenta grande limitação funcional e elevada mortalidade.<sup>1</sup>

As doenças cardíacas são as principais causas de morte no Brasil. Devido a sua alta incidência, a demanda por transplantes cardíacos aumenta cronicamente. No ano de 2018, até setembro, foram feitos 266 transplantes de coração no Brasil, dos quais 35 foram realizados em Pernambuco, com destaque para o IMIP que foi responsável por 71,4%, ou seja, 25 transplantes cardíacos. O IMIP é o segundo maior serviço do Brasil nesse setor e tem o histórico de 176 transplantes cardíacos realizados até setembro de 2018, além de ter sido o serviço que atingiu em menor período de tempo a marca de 100 transplantes, consolidando-se como referência nesse quesito.<sup>2,3</sup>

Após o transplante cardíaco, ocorre melhora na qualidade de vida. Porém, frequentemente surgem problemas clínicos pós-operatórios, como a diminuição do condicionamento físico, atrofia, fraqueza muscular e menor capacidade aeróbia máxima. Tais alterações são decorrentes, em parte, da inatividade pré-operatória e de fatores como: diferença de superfície corpórea doador/receptor, denervação do coração, entre outros.<sup>4</sup>

A atividade física regular tem papel importante na terapêutica dos transplantados, devendo ser iniciada precocemente, se possível, ainda na fase hospitalar, dando prosseguimento após a alta hospitalar, permitindo um

convívio social adequado, com retorno a uma vida ativa e produtiva e desempenhando as funções respiratórias de forma satisfatória.<sup>4</sup>

Após a alta hospitalar, indivíduos estáveis hemodinamicamente realizam teste ergoespirométrico (TE) para avaliação cardiopulmonar e são, posteriormente, liberados para programas de condicionamento físico regular, sendo utilizados para prescrição de atividade física os limiares ventilatórios.<sup>5</sup>

O teste ergoespirométrico, também chamado teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) consiste na combinação de um teste ergométrico convencional (TEc), realizado na esteira ergométrica ou bicicleta estacionária, associado a um mecanismo de análise de parâmetros ventilatórios e gasométricos, possibilitando obter valores de: consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ), consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_{2p}$ ) - considerado padrão ouro para avaliação da capacidade funcional - gás carbônico ( $\text{VCO}_2$ ), ventilação por minuto (VE), limiar anaeróbico ou 1º limiar anaeróbico, ponto de compensação respiratória (PCR), equivalente ventilatório de oxigênio ( $\text{VE}/\text{VO}_2$ ), equivalente ventilatório de gás carbônico ( $\text{VE}/\text{VCO}_2$ ), equivalente ventilatório de gás carbônico no início da lactoacidose ( $\text{VE}/\text{VCO}_2\text{-slope}$ ), pressão expirada de  $\text{O}_2$  (PET  $\text{O}_2$ ), pressão expirada de  $\text{CO}_2$  (PET  $\text{CO}_2$ ), quociente respiratório ( $\text{QR} = \text{VCO}_2 / \text{VO}_2$ ) e pulso de oxigênio ( $\text{VO}_2/\text{frequência cardíaca}$ ).<sup>6,7</sup>

A partir da relação entre essas variáveis, é possível obter informações complementares que contribuem para a avaliação funcional, o diagnóstico e o prognóstico de determinadas afecções cardiovasculares e pulmonares para uma prescrição otimizada e individualizada de exercício físico.<sup>6,7</sup>

Embora o TCPE possa ser utilizado nas mesmas indicações do TEc, objetivando a melhor relação custo/efetividade, esse procedimento tem sido mais frequentemente indicado para a estratificação de risco, indicação de transplante cardíaco (classe I de recomendação) e prescrição otimizada de exercício através das determinações dos limiares ventilatórios, não só de atletas, mas também em indivíduos normais, cardiopatas e pneumopatas que iniciarão um programa de exercícios regulares.<sup>6</sup>

Após a alta hospitalar, a atividade física de escolha envolve a reabilitação cardíaca. Tal atividade tem sido definida como a soma coordenada de intervenções necessárias para assegurar as melhores condições físicas, psicológicas e sociais para que os transplantados possam, com seus próprios esforços, manter ou retomar suas funções na sociedade, através da melhora do seus hábitos de saúde, retardando, dessa forma, ou revertendo a progressão da doença. Embora seja uma intervenção complexa que envolve vários fatores como aspectos educacionais, psicossociais e terapia medicamentosa, o exercício físico permanece como o pilar principal desse programa.<sup>8,9</sup>

Um dos objetivos do exercício físico na reabilitação é o fortalecimento da musculatura que contribui para a respiração, melhorando a capacidade aeróbia, função fundamental para qualidade de vida do transplantado.<sup>4</sup>

Com relação direta na capacidade respiratória temos o diafragma, o principal músculo responsável pela respiração. A excursão craniocaudal desse músculo promove a efetiva atuação da mecânica pulmonar, provocando alterações morfológicas e funcionais na cavidade torácica e abdominal,

culminando com a entrada de ar nos pulmões.<sup>10</sup> Embora esse movimento seja frequentemente descrito como “descida do diafragma”, apenas as cúpulas descem, visto que a periferia permanece fixada às costelas e cartilagens das seis costelas inferiores. No momento dessa contração, as vísceras abdominais são deslocadas inferiormente, aumentando a cavidade torácica e reduzindo a pressão intratorácica, resultando na entrada de ar nos pulmões.<sup>11</sup>

Além disso, o movimento diafragmático contribui com a circulação sanguínea, porque o aumento da pressão intra-abdominal e diminuição da pressão intratorácica auxiliam o retorno do sangue venoso para o coração, já que na compressão das vísceras abdominais, o sangue da veia cava inferior (VCI) é forçado superiormente. Sendo assim, a preservação da mobilidade desse músculo é imprescindível para manutenção da função respiratória.<sup>11</sup>

A avaliação da mobilidade do diafragma tem sido tradicionalmente realizada pela fluoroscopia. Apesar de esse método ser considerado o padrão-ouro, ele apresenta algumas limitações, tais como visualização do diafragma através de uma única incidência, necessidade de cálculos corretivos e exposição à radiação ionizante. Nos últimos anos, a ultrassonografia também passou a ser utilizada na avaliação da mobilidade do diafragma por apresentar algumas vantagens em relação à fluoroscopia: portabilidade; desprovida de radiação ionizante; e por quantificar diretamente o movimento diafragmático.<sup>5</sup>

Diante da falta de estudos que relacionem mobilidade diafragmática e parâmetros ergoespirométricos com a reabilitação cardíaca em transplantados, estamos propondo avaliar, por meio da ultrassonografia, o



resultado de três meses de RC - método integrado pela prática de exercícios físicos, programas educacionais e orientacionais para reversão dos fatores de risco com objetivo de restituir as funções físicas e sociais - na mobilidade diafragmática e nos parâmetros ergoespirométricos.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal com componente analítico. O recrutamento dos pacientes e a organização do projeto foram realizados no IMIP, hospital de referência no estado de Pernambuco que realizou aproximadamente 203 transplantes cardíacos até setembro de 2019. O local selecionado para a aplicação da terapia de reabilitação cardíaca, medição da mobilidade diafragmática e parâmetros ergoespirométricos, coleta e análise de dados foi o LACAP-UFPE. Além de receber os pacientes do IMIP, todos os equipamentos necessários para as avaliações foram disponibilizados pelo laboratório. A amostra do estudo é composta por pacientes que se submeteram ao transplante cardíaco no IMIP e tem como critérios de inclusão: indivíduos saudáveis que aderiram ao programa de reabilitação cardíaca do LACAP-UFPE; e como critérios de exclusão: indivíduos com menos de 18 ou mais de 65 anos de idade e indivíduos com limitações físicas ou de qualquer outra natureza que o impeçam de realizar RC.

A avaliação da capacidade funcional, determinação da potência máxima e da tolerância ao exercício foi feito por meio do teste cardiopulmonar do exercício (TECP). Trata-se de um teste sintoma-limitante, considerado padrão-ouro na avaliação da capacidade funcional e foi realizado para todos os pacientes do estudo, sendo utilizado protocolo de rampa (12) em esteira (Centurium 300, Micromed, Brasil) através do software ErgoPC Elite® associado ao eletrocardiograma (Micromed, Brasil) com 12 canais. As variáveis respiratórias foram avaliadas por um analisador de gases (Cortex –

Metalyzer II, Alemanha), sendo obtidas em condições padrão de temperatura, pressão e umidade (StPD), respiração-por-respiração, estando o paciente respirando em uma máscara facial sem vazamentos durante o exercício. Antes de cada teste foi realizada uma calibração do equipamento para pressão, gás e volume. Para assegurar que os pacientes atingiram o esforço máximo durante o exame, serão considerados os exames onde eles apresentaram uma razão de troca respiratória ( $R \geq 1,1$ ). O teste foi realizado por um profissional médico cardiologista em um ambiente equipado para situações de emergência e equipe treinada.

O ultrassom GE-logic V2 no modo M foi utilizado para avaliar a mobilidade diafragmática, através de um transdutor convexo de 3MHz que foi colocado na região abdominal, na linha clavicular média direita, abaixo da margem costal, orientado em direção cranial.<sup>13</sup> O paciente foi posicionado a 45°, sendo feitas medidas na respiração tranquila e capacidade inspiratória máxima. A fim de reduzir a variabilidade inter-avaliador, foram utilizadas 5 manobras e foi feita a média dos 3 valores mais próximos, com uma diferença menor do que 10% entre eles.

Os dados coletados foram digitados na planilha do programa Microsoft Excel versão 2010 e foram utilizados os Softwares *Statistical Package for the Social Sciences - SPSS 13.0* para Windows. Todos os testes foram aplicados com 95% de confiança. Os resultados estão apresentados em forma de tabela com suas respectivas frequências absoluta e relativa. As variáveis numéricas estão representadas pelas medidas de tendência central e medidas de dispersão. Foi verificado a existência de associação: Teste Qui-Quadrado e o Teste Exato de Fisher para as variáveis categóricas e, Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para variáveis. Comparação com dois grupos: Teste t Student (Distribuição Normal) e Mann-Whitney (Não Normal).

Esse estudo está rigorosamente baseado na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). As pessoas só participaram mediante a concordância e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Houve completo sigilo das informações e opiniões fornecidas pelos participantes. Não houve patrocínio ou apoio por parte de nenhuma instituição. Além disso, não há interesse econômico atrelado ao estudo. Dessa forma, não houve conflitos de interesses. A presente pesquisa foi submetida e aprovada no Comitê de Ética do IMIP com CAAE nº24955919.4.0000.5201.

## **RESULTADOS**

A amostra obtida neste estudo foi composta por 5 indivíduos, dos quais 4 (80%) são homens e 1 (20%) mulher, com idades entre 53 e 58 anos, média de 55 anos e mediana de 55 anos; IMC entre 20,42 e 33,99, com média de 27,5 e mediana de 29,99. Com relação a dados sociais: 5 (100%) são procedentes do Recife e Região Metropolitana (RMR); 4 (80%) afirmaram ter baixa escolaridade, dos quais, 2 finalizaram o ensino fundamental e 1 (20%) completou o ensino médio; em relação a etnia, 1 (20%) se considera negro e 4 (80%) se consideram pardos.

No que se refere a presença de doenças crônicas, 3 (60%) indivíduos afirmaram possuir hipertensão arterial sistêmica (HAS), 1 (20%) diabetes, 2 (40%) possuem histórico de AVC e 1 (20%) refere uso de medicação para controle de crises convulsivas. Todavia, nenhum desses pacientes referiram praticar atividades físicas regulares. As cirurgias de transplante cardíaco dos pacientes avaliados neste estudo foram realizadas entre os anos de 2012 - 2019, sendo 2 (40%) do ano de 2012, 1 (20%) do ano de 2013 e 2 (40%) no ano de 2019.

Segundo os resultados obtidos no exame da mobilidade diafragmática, realizado de acordo com os métodos já descritos, as medidas da mobilidade diafragmática em repouso ficaram entre 1,60 cm e 2,10 cm, com média de 1,84 cm, mediana de 1,83 cm e desvio-padrão de 0,23; enquanto a mobilidade diafragmática em capacidade pulmonar total (CPT) foram obtidas medidas entre 4,01 cm e 10,05 cm com média de 7,37 cm, mediana de 7,88 cm e desvio-padrão de 2,28.

Segundo os resultados obtidos no teste cardiopulmonar de exercício (TCPE): a frequência cardíaca no início do exercício (FC início) teve mínima de 76 bpm e máxima de 122 bpm, com média de 101,50 bpm, mediana 104,00 bpm e desvio-padrão de 19,62; a frequência cardíaca máxima (FC máx) durante o exercício teve valores entre 100-173 bpm, com média de 137,00 bpm, mediana de 137,50 bpm e desvio-padrão de 30,03; o volume de oxigênio no pico (VO<sub>2p</sub>) teve valores entre 12,32-30,32 ml/kg/min, com média de 21,37 ml/kg/min, mediana de 21,42 ml/kg/min e desvio-padrão de 7,50; limiar do VO<sub>2p</sub> (L1VO<sub>2p</sub>) teve valores entre 9,00-23,81 ml/kg/min, média 15,11 ml/kg/min, mediana 13,78 ml/kg/min e desvio-padrão 6,28; o tempo necessário para atingir o VO<sub>2p</sub> (TVO<sub>2p</sub>) teve valores entre 6,65-10,81 min, média de 8,07min e mediana de 7,41 min e desvio padrão de 1,89; o tempo necessário para atingir o limiar ventilatório (TLV1) teve valores entre 3,15 min-4,98 min, com média de 4,11 min, mediana 4,16 min e desvio-padrão de 0,84; o equivalente de CO<sub>2</sub> (VE/VCO<sub>2</sub>) teve valores entre 24,10-40,80, com média de 33,25, mediana 34,05 e desvio-padrão de 7,66; o equivalente de CO<sub>2</sub> no início da lactoacidose (VE/VCO<sub>2</sub>-slope) teve valores entre 20,60-45,00 ml/kg/min, com média de 33,16 ml/kg/min, mediana de 33,53 ml/kg/min e desvio-padrão de 11,17; a pressão arterial sistólica no início do exercício (PAS início) teve valores entre 130-140 mmHg, com média de 132,50 mmHg, mediana de 130,00 mmHg e desvio-padrão de 5,00; a pressão diastólica de início (PAD início) teve um valor único de 80 mmHg; a pressão

arterial sistólica no VO<sub>2</sub>p teve valores entre 160-180 mmHg, com média de 165,00 mmHg, mediana de 160,00 mmHg e desvio padrão 10,00; a pressão arterial diastólica em VO<sub>2</sub>p teve valor único de 80 mmHg; o pulso de oxigênio teve valores entre 6,30-15,40 ml/batimento, com média de 11,00 ml/batimento, mediana 11,15 ml/batimento e desvio-padrão de 3,92.

## DISCUSSÃO

Devido a situação de saúde mundial, o presente estudo foi impossibilitado de ser finalizado e de ter seus objetivos plenamente alcançados por conta da pandemia global do COVID-19.

Dos 63 indivíduos triados, 14 foram prospectados para a avaliação dos parâmetros cardiopulmonares e início do programa de reabilitação. Destes, 5 passaram pelos exames pré-reabilitação cardíaca propostos neste estudo. Entretanto, apenas 2 iniciaram o programa de reabilitação cardiopulmonar. A suspensão das atividades do LACAP aliado ao isolamento social determinado pelo ministério da saúde e organização mundial da saúde impossibilitou os 9 pacientes restantes de realizar os exames e avaliações iniciais, bem como os 2 que iniciaram a reabilitação de concluir o programa proposto.

Os selecionados para integrar o estudo fazem parte de um grupo com limitações cardiopulmonares e metabólicas devido ao quadro de comprometimento cardiovascular que resultou em transplante cardíaco. Dentre essas limitações, podemos destacar: diminuição do condicionamento físico, sarcopenia, e menor capacidade aeróbia máxima.<sup>4</sup>

Os parâmetros ergoespirométricos refletem as limitações apresentadas, dentre essas, o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>p) é o mais importante para o condicionamento físico e parâmetro objetivo e independente de prognóstico para doença

cardiovascular. É definido como o ponto em que o VO<sub>2</sub> eleva-se menos que 50 ml/min ou 2,1 ml/kg/min a despeito do aumento do esforço.<sup>14</sup>

Os valores de referência para o VO<sub>2</sub>p para homens sedentários entre 45-54 anos é  $35,6 \pm 7,7$  e entre 55-64 anos é  $30,0 \pm 6,3$  e para mulheres sedentárias entre 55-64 anos é 23,9.<sup>14</sup>

Os indivíduos submetidos ao TCPE apresentaram os seguintes resultados (TABELA 1): 1º (MAN), masculino, de 55 anos, apresentou VO<sub>2</sub>p de 19,54; 2º (BEF), masculino, de 55 anos, apresentou VO<sub>2</sub>p de 23,3; 3º (YGS), feminino, de 58 anos, teve um VO<sub>2</sub>p de 12,32; 4º (SMS), masculino, de 54 anos, teve um VO<sub>2</sub>p de 30,32. Comparando os resultados obtidos com os valores de referência, observa-se que todos os indivíduos apresentam valores abaixo do esperado. A média obtida a partir desta avaliação foi de 21,37 ml/kg/min. O 5º não realizou o TCPE devido à pandemia.

Comparando os resultados encontrados com os valores de referência, foi observado que média do VO<sub>2</sub>p foi 28,4% abaixo da média dos valores de referência por grupo etário (29,87 ml/kg/min). Esta variável demonstrou consistente significância prognóstica e é o parâmetro de teste de exercício cardiopulmonar mais frequentemente analisado.<sup>14</sup>

Indivíduos com VO<sub>2</sub>p <12,2 ml/kg/min apresentaram uma mortalidade cardíaca em 1 ano de 66% e uma hospitalização cardíaca em 1 ano de 63%, enquanto aqueles que excederam este limite tiveram apenas 34% e 37%, respectivamente.<sup>15</sup> Como foi descrito, apesar de todos os pacientes estarem abaixo dos valores de referência, apenas 1 apresentou risco de 63% de hospitalização em 1 ano, com os demais apresentando risco de 37% e todos apresentaram um risco de 34% de morte em 1 ano.

Nos últimos anos, a inclinação VE/VCO<sub>2</sub> tem se mostrado semelhante ou até superior em muitos estudos ao VO<sub>2</sub>p.<sup>16</sup> O equivalente de CO<sub>2</sub> (VE/VCO<sub>2</sub>- slope) é uma importante variável prognóstica e significa a quantidade de ar necessária por minuto exalada para eliminar um litro de CO<sub>2</sub>, ou seja, o limiar anaeróbio.<sup>17</sup> Uma observação importante é que o V-slope é uma técnica que permite a identificação não-invasiva do início da lactoacidose durante um teste incremental.<sup>7</sup> Existe um contínuo ponto de corte com valores entre VE e VCO<sub>2</sub> que servem para delimitar valores com níveis prognósticos diferentes. Recentemente foi proposta uma classificação dividindo a inclinação VE/VCO<sub>2</sub> em 4 grupos distintos: muito baixo risco: <30; baixo risco 30-35,9; moderado risco: >36 a 44,9; alto risco: >45.<sup>6</sup>

Com relação à variável VE/VCO<sub>2</sub>-slope obtiveram-se os seguintes resultados: 1º (MAN), masculino, de 55 anos, apresentou VE/VCO<sub>2</sub> slope de 39,73 (moderado risco); 2º (BEF), masculino, de 55 anos, apresentou VE/VCO<sub>2</sub> slope de 27,34 ml/kg/min (muito baixo risco); 3º (YGS), feminino, de 58 anos, teve um VE/VCO<sub>2</sub> slope de 45 ml/kg/min (alto risco); 4º (SMS), masculino, de 54 anos, teve um VE/VCO<sub>2</sub> slope de 20,6 ml/kg/min (muito baixo risco). A média obtida a partir dessa avaliação foi de 33,16 ml/kg/min.

Os resultados do VE/VCO<sub>2</sub> slope  $\geq$  35,6 ml/kg/min revelaram uma mortalidade relacionada ao coração em 1 ano de 75% e 25% naqueles com VE/VCO<sub>2</sub> slope < 35,6. Além disso, uma hospitalização cardíaca de um ano de 77% em pacientes com VE/VCO<sub>2</sub> slope  $\geq$  32,5 e 23% naqueles com VE / VCO<sub>2</sub> slope <32,5.<sup>16</sup> Comparando tais resultados com os obtidos pelo TCPE, 2 pacientes apresentam um risco de mortalidade, em 1 ano, de 75%, tendo os outros 2 apresentado um risco de 25%. Em relação ao risco de hospitalização, 2 apresentaram risco de 77% de hospitalização em 1 ano, tendo os outros 2 apresentado um risco de 23%.

Além das alterações cardiovasculares, os transplantados cursam também com comprometimentos respiratórios. Com relação direta na capacidade respiratória temos o diafragma, o principal músculo responsável pela respiração. A excursão craniocaudal desse músculo promove a efetiva atuação da mecânica pulmonar, provocando alterações morfológicas e funcionais na cavidade torácica e abdominal, culminando com a entrada de ar nos pulmões.<sup>10</sup> Além disso, o movimento diafragmático contribui com a circulação sanguínea, porque o aumento da pressão intra-abdominal e diminuição da pressão intratorácica auxiliam o retorno do sangue venoso para o coração, já que na compressão das vísceras abdominais, o sangue da veia cava inferior (VCI) é forçado superiormente. Sendo assim, a preservação da mobilidade desse músculo é imprescindível para manutenção da função respiratória.<sup>11</sup>

Para a avaliação da função pulmonar, a medida da mobilidade diafragmática tem valor significativo e é utilizada em diferentes estudos com objetivo de: monitorar o impacto de doenças respiratórias e neuromusculares na mecânica diafragmática, quantificar benefícios de programas de reabilitação pulmonar direcionados ao treinamento diafragmático e avaliar o desempenho respiratório de paciente com doença pulmonar intersticial.<sup>5,18</sup>

Nos últimos anos, a ultrassonografia também passou a ser utilizada na avaliação da mobilidade do diafragma por apresentar algumas vantagens em comparação com outros métodos de imagem, tais como a ausência de radiação, a portabilidade, a imagem em tempo real, e o fato de que se trata de uma técnica não invasiva. A diminuição da mobilidade e da espessura do diafragma na ultrassonografia é comprovadamente um bom preditor de insucesso do desmame da ventilação mecânica e correlaciona-se significativamente com a gravidade da doença em pacientes com comprometimento pulmonar.<sup>5,18</sup>



Levando em conta a importância da relação entre a mobilidade diafragmática e o desempenho pulmonar e sabendo das repercussões respiratórias em pacientes pós-TX cardíaco, buscou-se avaliar as medidas da mobilidade diafragmática em repouso e na capacidade pulmonar total nestes indivíduos. A pesquisa utilizada como referência para o presente estudo, obteve resultados da mobilidade diafragmática no grupo controle, em repouso, de 1,78 cm e na capacidade pulmonar total de 7,62 cm.<sup>18</sup>

Os seguintes resultados foram obtidos para mobilidade diafragmática em repouso: 1- (MAN), de 55 anos, 1,64 cm; 2 - (BEF), de 55 anos, 2,1 cm; 3 - (YGS), de 58 anos, 1,60 cm; 4 - (SMS), de 54 anos, 2,06 cm; 5 - (MPR), de 53 anos, 1,83 cm. Comparando esses resultados com os valores de referência, podemos concluir que os indivíduos 1 e 3 estão com a mobilidade abaixo do esperado e os indivíduos 2, 4 e 5 estão com valores normais.

Quando avaliados para a mobilidade do diafragma na capacidade pulmonar total, foram obtidos os seguintes resultados: 1 - (MAN), de 55 anos, obteve 6,44 cm de mobilidade; 2 - (B.E.F), de 55 anos, 8,50 cm; 3 - (Y.G.S), de 58 anos, 4,01 cm; 4 - (S.M.S), de 54 anos, 7,88 cm; 5 - (M.P.R), de 53 anos, 10,05. Comparando esses resultados com os valores de referência da mobilidade diafragmática na capacidade pulmonar total, os indivíduos 1 e 3, assim como para a mobilidade diafragmática em repouso, obtiveram valores abaixo do esperado e os indivíduos 2, 4 e 5 obtiveram resultados normais.

Foram avaliados, ainda, indivíduos com doença pulmonar intersticial, encontrando valores de mobilidade diafragmática em repouso de 1,80 cm e na capacidade pulmonar total de 4,46 cm.<sup>18</sup> Comparando esses valores com os valores encontrados nos transplantados, observa-se que, para a mobilidade diafragmática em repouso, 1 e 3 apresentam valores ainda mais baixos que os com doença pulmonar intersticial e na

capacidade pulmonar total, a maioria dos transplantados, com exceção do paciente 3, apresenta valores superiores aos dos pacientes com doença pulmonar intersticial.

Além da pandemia, outra dificuldade para a adesão ao programa, foi a procedência. Dos 63 indivíduos triados, 30 não aderiram à pesquisa devido à impossibilidade de comparecer às três visitas semanais que compõem o programa de reabilitação cardíaca do HC-UFPE. Dos 30 que não aderiram à pesquisa, 21 são de Pernambuco, dos 21, apenas 4 residem na região metropolitana do Recife, 10 no agreste, 4 na zona da mata, 2 no sertão e 1 na região do São Francisco, os 9 restantes são de outros estados PB, MG, SE e AL, tornando difícil a adesão ao programa de reabilitação. Pensando nisso, a descentralização do serviço de reabilitação cardiopulmonar é de fundamental importância para a qualidade de vida desses pacientes.

### **CONCLUSÃO**

Os indivíduos submetidos ao transplante cardíaco obtêm melhora da qualidade de vida. Entretanto, frequentemente apresentam descondicional físico, atrofia, fraqueza dos músculos e menor capacidade aeróbia decorrentes, em parte, da inatividade pré-operatória, da doença de base e fatores como diferença de superfície corporal doador/receptor e denervação do coração 4.

Os resultados obtidos no TCPE demonstraram que todos os sujeitos transplantados possuem redução da capacidade cardiopulmonar. Entretanto, a medição da mobilidade diafragmática concluiu que a maior parte dos indivíduos estão dentro dos parâmetros da normalidade 18. Conclui-se que nem todos os pacientes com resultados insatisfatórios no TCPE possuem, necessariamente, redução na mobilidade diafragmática, não significando, porém, que esses indivíduos não possuam redução na capacidade cardiopulmonar.

Em suma, o programa de reabilitação cardiopulmonar está indicado para o grupo de pacientes avaliado e traria potenciais benefícios tanto na função cardíaca quanto pulmonar, melhorando os respectivos parâmetros. Apesar disto, essa intervenção proposta ainda enfrenta importantes limitações como a centralização do serviço e o problema de mobilidade nos grandes centros. Sendo assim, o aprofundamento no conhecimento das dificuldades enfrentadas para a adesão ao programa, bem como a formulação de alternativas para a prática de exercício remoto, necessidade evidenciada durante a pandemia do SARS-CoV2, para este grupo é pertinente como futuro objeto de estudo científico.

## AGRADECIMENTOS

1. Ao Programa de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/IMIP pelo apoio ao projeto de pesquisa.
2. Ao Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP)
3. À Dra Suely Arrua Vidal – Possui graduação em Medicina pela Universidade Federal de Pernambuco (1976), mestrado (1996) e doutorado (2010) em Saúde Materno Infantil pelo Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira - IMIP
4. Ao Hospital das Clínicas da Universidade Federal de pernambuco (HC-UFPE)
5. Ao Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFPE (Lacap)
6. À equipe do Lacap, em especial: Ana Eugênia Vasconcelos do Rêgo Barros (Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (2019) e membro do Laboratório Cardiopulmonar (LACAP - UFPE). Pós Graduanda de Fisioterapia em Terapia Intensiva Geral pelo grupo CEFAPP. Graduada em Fisioterapia pela Universidade Federal de Pernambuco (2018.); Juliana Andrade Ferreira de Souza (Doutoranda do Programa de Pós Graduação de Biologia Aplicada à Saúde (LIKA-UFPE). Mestre em Fisioterapia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Coordenadora da equipe de Fisioterapia do Hospital Correia Picanço (HCP) Pesquisadora colaboradora do Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) da UFPE.); Daniella Cunha Brandão (Professora Adjunta da Universidade Federal de Pernambuco nas disciplinas de Pneumofisioterapia, cardiofisioterapia e Fisioterapia na Unidade de Terapia Intensiva, Doutora em Ciências da Saúde pela UFRN, possui graduação em FISIOTERAPIA pela Universidade Federal de

Pernambuco (2004) e mestrado em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Pernambuco (2009).)

**Tabela 1**

<b>Variáveis</b>	<b>Média ± DP</b>	<b>Mediana (Q1; Q3)</b>	<b>Mínimo - Máximo</b>
Idade	55,0 ± 1,9	55,0 (53,5; 56,5)	53,0 – 58,0
Altura	168,6 ± 11,1	174,0 (158,0; 176,5)	151,0 – 179,0

Peso	79,0 ± 22,4	68,4 (60,8; 102,5)	55,6 – 108,9
IMC	27,6 ± 6,1	30,0 (21,1; 32,8)	20,4 – 34,0
mob.diaf.rep	1,8 ± 0,2	1,8 (1,6; 2,1)	1,6 – 2,1
mob.diaf.cpt	7,4 ± 2,3	7,9 (5,2; 9,3)	4,0 – 10,1
fc inicio	101,5 ± 19,6	104,0 (81,5; 119,0)	76,0 – 122,0
fc max	137,0 ± 30,0	137,5 (108,3; 165,3)	100,0 – 173,0
vo2p	21,4 ± 7,5	21,4 (14,1; 28,6)	12,3 – 30,3
l1vo2p	15,1 ± 6,3	13,8 (10,0; 21,6)	9,1 – 23,8
tvo2p	8,1 ± 1,9	7,4 (6,7; 10,1)	6,7 – 10,8
tlv1	4,1 ± 0,8	4,2 (3,3; 4,9)	3,2 – 5,0
ve/vco2-slope	33,2 ± 11,2	33,5 (22,3; 43,7)	20,6 – 45,0
ve/vco2	33,3 ± 7,7	34,1 (25,6; 40,2)	24,1 – 40,8
pas início	132,5 ± 5,0	130,0 (130,0; 137,5)	130,0 – 140,0
pas vo2p	165,0 ± 10,0	160,0 (160,0; 175,0)	160,0 – 180,0
pulso o2	11,0 ± 3,9	11,2 (7,1; 14,7)	6,3 – 15,4
pad início	80,0 ± 0,0	80,0 (80,0; 80,0)	80,0 – 80,0
pad vo2	80,0 ± 0,0	80,0 (80,0; 80,0)	80,0 – 80,0

IMC-Índice de Massa Corpórea; mob.diaf.rep- mobilidade diafragmática em repouso;  
mob.diaf.cpt-mobilidade diafragmática em capacidade pulmonar total;

**Tabela 2**

<b>Variáveis</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Sexo</b>		
Masculino	4	80,0
Feminino	1	20,0
<b>Residência</b>		
RMR	5	100,0
Outras Localidades	0	0,0
<b>Etnia</b>		
Negra	1	20,0
Pardo	4	80,0
<b>Escolaridade</b>		
EMC	1	20,0
FC	2	40,0
FI	2	40,0
<b>Ano do Transplante</b>		
2012	2	40,0
2013	1	20,0
2019	2	40,0

RMR- Região Metropolitana do Recife; EMC- Ensino Médio Completo; FC- Fundamental Completo; FI-Fundamental Incompleto .

**Tabela 3**

<b>Variáveis</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Estado</b>		
AL	1	3,3
BA	3	10,0
PB	3	10,0
PE	21	70,1
RN	1	3,3
SE	1	3,3
<b>Mesorregião de PE</b>		
AG	10	47,7
MTA	4	19,0
RMR	4	19,0
SF	1	4,8
ST	2	9,5



AG-Agreste; MTA- Zona da Mata; RMR- Região Metropolitana Recife; SF- São Francisco; ST- Sertão

## REFERÊNCIAS

1. Mangini Sandrigo, Alves Bárbara Rubim, Silvestre Odílson Marcos, Pires Philippe Vieira, Pires Lucas José Tachotti, Curiati Milena Novaes Cardoso et al . Transplante cardíaco: revisão. Einstein (São Paulo) [Internet]. 2015 June [cited 2020 Oct 05]; 13(2): 310-318. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-45082015000200025&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082015000200025&lng=en) <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-45082015RW3154>.
2. Registro brasileiro de transplantes- veículo oficial da associação brasileira de transplantes de órgãos, ano XXIV Nº 3. Disponível em: <http://www.abto.org.br/abtov03/default.aspx?mn=457&c=900&s=0>
3. IMIP notícias- informativo mensal impresso e digital/ ano XL Nº490 / julho 2017. Disponível em: [http://www.imip.org.br/site/ARQUIVOS\\_ANEXO/Informativo%20Setembro%202006;11;20061227.pdf](http://www.imip.org.br/site/ARQUIVOS_ANEXO/Informativo%20Setembro%202006;11;20061227.pdf)

4. Guimarães Guilherme Veiga, d'Avila Veridiana Moraes, Chizzola Paulo Roberto, Bacal Fernando, Stolf Noedir, Bocchi Edimar Alcides. Reabilitação física no transplante de coração. Rev Bras Med Esporte [Internet]. 2004 Oct [cited 2020 Oct 05] ; 10( 5 ): 408-411. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922004000500008&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922004000500008&lng=en). <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000500008>
5. Yamaguti Wellington Pereira dos Santos, Paulin Elaine, Shibao Simone, Kodaira Sérgio, Chammas Maria Cristina, Carvalho Celso Ricardo Fernandes. Avaliação ultra-sonográfica da mobilidade do diafragma em diferentes posturas em sujeitos saudáveis. J. bras. pneumol. [Internet]. 2007 Aug [cited 2020 Oct 05]; 33(4): 407-413. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132007000400009&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132007000400009&lng=en). <https://doi.org/10.1590/S1806-37132007000400009>.
6. Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra SM. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. Arq. Bras. Cardiol. [Internet]. 2010 [cited 2020 Oct 05]; 95(5 Suppl 1): 1-26. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2010002400001&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010002400001&lng=en). <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010000800001>.
7. Revista da sociedade de cardiologia do rio grande do sul – artigo: Teste cardiopulmonar de exercício: noções básicas sobre o tema - Ricardo Stein. Disponível em:

- [http://sociedades.cardiol.br/sbcers/revista/2006/09/Artigo\\_01\\_Testes\\_Cardiopulmonar.pdf](http://sociedades.cardiol.br/sbcers/revista/2006/09/Artigo_01_Testes_Cardiopulmonar.pdf)
8. Taylor RS, Brown A, Ebrahim S, Jolliffe J, Noorani H, Rees K, Skidmore B, Stone JA, Thompson DR, Oldridge N. Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med.* 2004 May 15;116(10):682-92. doi: 10.1016/j.amjmed.2004.01.009. PMID: 15121495. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15121495>
  9. Anderson, L; Oldridge, N; Thompson, DR; Zwister, AD; Rees, K; Martin, N et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary artery disease. Cochrane systematic review and meta-analysis. *J Am CollCardiol* 2016;67:1-12. doi: 10.1016/j.jacc.2015.10.044. PMID: 26764059. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26764059>
  10. Brüggemann Ana Karla Vieira, Leal Bruna Estima, Gonçalves Márcia Aparecida, Lisboa Liseane, Tavares Michelle Gonçalves de Souza, Paulin Elaine. Mobilidade diafragmática direita e esquerda em indivíduos saudáveis e na doença pulmonar obstrutiva crônica. *Fisioter. Pesqui.* [Internet]. 2018 June [cited 2020 Oct 05]; 25(2): 126-133. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-29502018000200126&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502018000200126&lng=en). <https://doi.org/10.1590/1809-2950/16155925022018>.
  11. MOORE, K. L.; DALEY II, A. F. Anatomia orientada para a clínica. 7ª.edição. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2014. ISBN-13 : 978-8527725170
  12. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre

- N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J; ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005 Aug;26(2):319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805. PMID: 16055882.
13. Testa A, Soldati G, Giannuzzi R, Berardi S, Portale G, Gentiloni Silveri N. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2011 Jan;37(1):44-52. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2010.10.004. PMID: 21144957.
14. Herdy Artur Haddad, Uhlendorf Dorian. Valores de referência para o teste cardiopulmonar para homens e mulheres sedentários e ativos. *Arq. Bras. Cardiol*. [Internet]. 2011 Jan [cited 2020 Oct 05] ; 96( 1 ): 54-59. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2011000100010&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2011000100010&lng=en). Epub Nov 26, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000155>.
15. Sarullo FM, Fazio G, Brusca I, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing in Patients with Chronic Heart Failure: Prognostic Comparison from Peak VO<sub>2</sub> and VE/VCO<sub>2</sub> Slope. *Open Cardiovasc Med J*. 2010;4:127-134. Published 2010 May 26. doi:10.2174/1874192401004010127 available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2908890/>
16. Poggio R, Arazi HC, Giorgi M, Miriuka SG. Prediction of severe cardiovascular events by VE/VCO<sub>2</sub> slope versus peak VO<sub>2</sub> in systolic heart failure: a meta-analysis of the published literature. *Am Heart J*. 2010 Dec;160(6):1004-14. doi: 10.1016/j.ahj.2010.08.037. PMID: 21146651. available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21146651/>
17. Frazão, Murillo & Maldaner, Vinicius & Silva, Paulo & Júnior, Gerson. (2015). Bases metodológicas do teste cardiopulmonar de exercício.

18. Santana Pauliane Vieira, Prina Elena, Albuquerque André Luis Pereira, Carvalho Carlos Roberto Ribeiro, Caruso Pedro. Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. *J. bras. pneumol.* [Internet]. 2016 Apr [cited 2020 Oct 05]; 42 (2): 88-94. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132016000200088&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132016000200088&lng=en). <https://doi.org/10.1590/S1806-37562015000000266>.

